

Αρ. Πρωτ. 2660/23.11.95

ΧΑΡΤΗΣ ΕΝΕΡΓΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:300.000

Συνοδευτικό Επεξηγηματικό Τεύχος

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Καθηγητής Δημοσθένης Μουντράκης
Τμήμα Γεωλογίας
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Θεσσαλονίκη 1995

ΧΑΡΤΗΣ ΕΝΕΡΓΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:300.000

Συνοδευτικό Επεξηγηματικό Τεύχος

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Καθηγητής Δημοσθένης Μουντράκης
Τμήμα Γεωλογίας
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Θεσσαλονίκη 1995

**ΧΑΡΤΗΣ ΕΝΕΡΓΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:300.000
Συνοδευτικό Επεξηγηματικό Τεύχος**

**Επιστημονικός Υπεύθυνος: Καθηγητής Δημοσθένης Μουντράκης
Τμήμα Γεωλογίας
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης**

Ερευνητική Ομάδα:

1. Δημοσθένης Μουντράκης, Καθηγητής Τεκτονικής Γεωλογίας
2. Αδαμάντιος Κίλιας, Αναπλ. Καθηγητής Τεκτονικής Γεωλογίας
3. Σπυρίδων Παυλίδης, Αναπλ. Καθηγητής Τεκτονικής Γεωλογίας
4. Γεώργιος Κουφός, Καθηγητής Παλαιοντολογίας-Στρωματογραφίας
5. Νικόλαος Σπυρόπουλος, Διδάκτωρ Τεκτονικής Γεωλογίας
6. Μάρκος Τρανός, Υποψήφιος Διδάκτωρ Τεκτονικής Γεωλογίας
7. Κωνσταντίνος Παπαζάχος, Διδάκτωρ Γεωφυσικής
8. Νικόλαος Ζούρος, Διδάκτωρ Τεκτονικής Γεωλογίας
9. Χαράλαμπος Φασουλάς, Διδάκτωρ Τεκτονικής Γεωλογίας

**ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ ΧΑΡΤΗ ΕΝΕΡΓΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:300.000
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2. ΑΛΠΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΑΛΠΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	7
3. ΜΟΛΑΣΣΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	17
4. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΝΕΟΓΕΝΟΥΣ - ΤΕΤΑΡΓΟΓΕΝΟΥΣ	19
4.1. Λεκάνη Θεσσαλονίκης.....	19
4.2. Λεκάνη Μυγδονίας.....	25
4.3. Λεκάνη Δυτικής Χαλκιδικής	29
4.4. Λεκάνη Στρυμώνα.....	32
4.5. Λεκάνη Στρυμωνικού Κόλπου	35
4.6. Λεκάνη Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας.....	37
5. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ, ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ	41
5.1. Νεοτεκτονικό πλαίσιο και ενεργός τεκτονική του βορειοελλαδικού χώρου.....	41
5.2. Σεισμικότητα.....	44
5.3. Σεισμοτεκτονική περιγραφή των ενεργών ρηγμάτων.....	50
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπόνηση του χάρτη ενεργών ρηγμάτων της περιοχής Μακεδονίας εντάσσεται στην πρόθεση του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ) να συνταχθεί σταδιακά πλήρης ο “Χάρτης των ενεργών ρηγμάτων του Ελληνικού χώρου” κατά μεγάλες περιοχές (Θράκη, Μακεδονία, Ήπειρος, Στερεά Ελλάδα κλπ).

Η σύνταξη του “Χάρτη των Ενεργών ρηγμάτων του Ελληνικού χώρου” ορίστηκε να γίνει τμηματικά σε χάρτες κλίμακας 1:300.000 και είχε ως βασικό στόχο να παρουσιάσει τα μεγάλα (κυρίως) ενεργά ρήγματα με όσο το δυνατόν πιο σαφή και καταληπτό από την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα τρόπο.

Σύμφωνα με το σκεπτικό της απόφασης του ΟΑΣΠ οι επί μέρους χάρτες των περιοχών (Θράκης, Μακεδονίας κλπ) είναι συνθετικοί. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δημοσιευμένα κυρίως στοιχεία αφού μελετήθηκαν, ελέγχθηκαν και αξιολογήθηκαν κατά περίπτωση. Πρωτίστως χρησιμοποιήθηκαν οι υπάρχοντες νεοτεκτονικοί χάρτες κλίμακας 1:100.000 που είχαν εκπονηθεί από το Τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για λογαριασμό του ΟΑΣΠ (Φύλλα Θεσσαλονίκη και Λαγκαδάς) και της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας (φύλλο Ροδολίβος). Λήφθηκαν ακόμη υπόψη και αξιολογήθηκαν ανάλογες τεκτονικές-γεωλογικές επιστημονικές εργασίες του Πανεπιστημιακού χώρου και άλλων ερευνητικών φορέων.

Όλα τα ρήγματα που αναφέρονται στις παραπάνω επιστημονικές πηγές, μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν με υπαίθρια εργασία και με τη βοήθεια αεροφωτογραφιών κλίμακας 1:33.000, καθώς και δορυφορικών εικόνων. Το κύριο βάρος της έρευνας επικεντρώθηκε στα μεγάλα ρήγματα του χώρου της Μακεδονίας για να εκτιμηθεί ποιά από αυτά παρουσιάζουν συγκεκριμένες ενδείξεις ή βάσιμες υπόνοιες ότι είναι ενεργά και τότε δραστηριοποιήθηκαν στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν.

Εκτός από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προηγούμενων ερευνών έγιναν ακόμη όλοι οι απαραίτητοι συσχετισμοί με τη σεισμικότητα των διαφόρων περιοχών της Μακεδονίας και κυρίως επιχειρήθηκε η συσχέτιση των γεωλογικών ρηγμάτων με την κατανομή

των επικέντρων συγκεκριμένων σεισμικών ακολουθιών για να διαπιστωθεί ποιά από τα ρήγματα μπορούν να χαρακτηρισθούν ως “σεισμικά ενεργά” ως συνδεδεμένα με συγκεκριμένους σεισμούς.

Έγινε επίσης τμηματοποίηση (segmentation) του μεγάλου μήκους (πολλών δεκάδων χιλιομέτρων) ρηξιγενών γραμμών με σεισμοτεκτονικά και μορφοτεκτονικά κριτήρια για να διερευνηθεί ποιά τμήματά τους εμφανίζονται ενεργά.

Επειδή ο “Χάρτης των ενεργών ρηγμάτων” έχει ως βασικό στόχο να παρουσιάσει τα μεγάλα ενεργά ρήγματα με τρόπο σαφή και καταληπτό από την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα και να είναι άμεσα και γρήγορα αξιοποιήσιμος, τα ρήγματα διακρίθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες με τα παρακάτω κριτήρια:

- α. Τα **Σεισμικά ρήγματα** τα οποία αποδεδειγμένα συνδέονται με συγκεκριμένους πρόσφατους ή ιστορικούς σεισμούς ή ακόμη συμπεραίνεται η σχέση τους με την κατανομή των επικέντρων συγκεκριμένων σεισμικών ακολουθιών. Τα σεισμικά ρήγματα σχεδιάστηκαν στο “Χάρτη ενεργών ρηγμάτων” με κόκκινο χρώμα.
- β. Τα **Γεωλογικά ενεργά ρήγματα** τα οποία χαρακτηρίστηκαν ως ενεργά κυρίως με γεωλογικά κριτήρια λαμβάνονται υπόψη και ορισμένα άλλα έμμεσα κριτήρια (συσχέτιση με γνωστά σεισμικά ρήγματα, ιστορική σεισμικότητα των συγκεκριμένων περιοχών, γεωφυσικά δεδομένα κλπ). Ως βασικό πάντως γεωλογικό κριτήριο για να χαρακτηριστεί κάποιο ρήγμα ως ενεργό θεωρήθηκε το αν αυτό ενεργοποιήθηκε τα τελευταία 100.000 χρόνια, δηλαδή την περίοδο Άνω Πλειστόκαινο-Ολόκαινο. Τα γεωλογικά ενεργά ρήγματα σχεδιάστηκαν με πράσινο χρώμα.
- γ. Τα **Ανενεργά ρήγματα** για τα οποία μετά τη μελέτη τους ή χαρακτηρίστηκαν ως ανενεργά ή ακόμη δεν βρέθηκαν στοιχεία που να δείχνουν ότι έχουν ενεργοποιηθεί τα τελευταία 100.000 χρόνια, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι μπορεί να αποκλεισθεί απόλυτα το ενδεχόμενο κάποια από τα ρήγματα αυτά να είναι ενεργά και απλώς να μην έχουν αφήσει ίχνη των τελευταίων, πρόσφατων επαναδραστηριοποιήσεών τους λόγω κυρίως του ότι εμφανίζονται σε πετρώματα του αλπικού υποβάθρου και όχι στα νέα ιζήματα. Τα πιο σημαντικά από τα ρήγματα αυτά που υπάρχουν υπόνοιες

περιγράφονται στο κείμενο. Τα ανενεργά ρήγματα σχεδιάστηκαν στο “χάρτη των ενεργών ρηγμάτων” με μαύρο χρώμα.

- δ. Τα ρήγματα που προσδιορίστηκαν μόνο με γεωφυσικές μεθόδους ή από δορυφορικές εικόνες. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται αφ’ ενός μεν ρήγματα που αναφέρονται σε διάφορες επιστημονικές εργασίες (κυρίως του ΙΓΜΕ ή της ΔΕΠ) ότι εντοπίστηκαν με διάφορες γεωφυσικές μεθόδους, αφ’ ετέρου ρήγματα που προσδιορίστηκαν στην παρούσα μελέτη μόνο από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων. Τα πρώτα αναφέρονται κατά βάση ως ρήγματα που καλύπτονται από τα νέα ιζήματα και τις προσχώσεις των πεδινών περιοχών, δεν παρουσιάζουν καμμία επιφανειακή εκδήλωση σήμερα, επομένως δεν μπορούν να αναγνωρισθούν και να μελετηθούν στο ύπαιθρο και κατά συνέπεια δεν μπορούν να αξιολογηθούν αν είναι ενεργά ή ανενεργά. Τα δεύτερα είναι ορισμένα από τα ρήγματα που με την παρούσα μελέτη εντοπίστηκαν στις δορυφορικές εικόνες αλλά δεν αναγνωρίστηκαν στο ύπαιθρο για άγνωστους λόγους. Όλα τα παραπάνω ρήγματα σχεδιάστηκαν στο “χάρτη των ενεργών ρηγμάτων” από κοινού με διακεκομμένη μαύρη γραμμή διότι δεν υπάρχει κανένα στοιχείο αν είναι ενεργά ή ανενεργά. Ορισμένα από τα ρήγματα αυτά (ίσως απλές τεκτονικές γραμμές ή φωτογραμμώσεις) περιγράφονται στο κείμενο λόγω του μεγάλου μήκους που παρουσιάζουν, και επομένως αν πρόκειται για ενεργά ρήγματα που δεν φαίνονται καθαρά θα ήταν ενδεχόμενα πολύ επικίνδυνα.

Γενικά για να προβληθούν στο “Χάρτη των ενεργών ρηγμάτων” τα μεγάλα και επικίνδυνα ρήγματα έγινε σαφής διάκριση των κύριων (μεγάλου μήκους) ρηγμάτων που σχεδιάστηκαν με παχιά γραμμή του αντίστοιχου χρώματος, από τα δευτερεύοντα (μικρού μήκους) ρήγματα που σχεδιάστηκαν με εμφανώς λεπτότερη γραμμή του αντίστοιχου χρώματος.

Για να γίνουν όσο το δυνατόν περισσότερο εμφανείς οι θέσεις των ρηγμάτων, τα πετρώματα και οι σχηματισμοί σχεδιάστηκαν στο “Χάρτη των ενεργών ρηγμάτων” με απλό τρόπο. Συγκεκριμένα το Αλπικό και προ-αλπικό υπόβαθρο σχεδιάστηκε εννιαίο, αδιαίρετο με ελαφρά καφέ χρώμα, χωρίς διάκριση σε επιμέρους ενότητες, σχηματισμούς και ζώνες.

Για τον ίδιο λόγο δεν απεικονίσθηκαν οι αλπικές τεκτονικές γραμμές (επωθήσεις, εφιππεύσεις κλπ) που συχνά αποτελούν και όρια των αλπικών ενοτήτων ή ζωνών. Οι μεταλικοί σχηματισμοί διακρίθηκαν απλά σε:

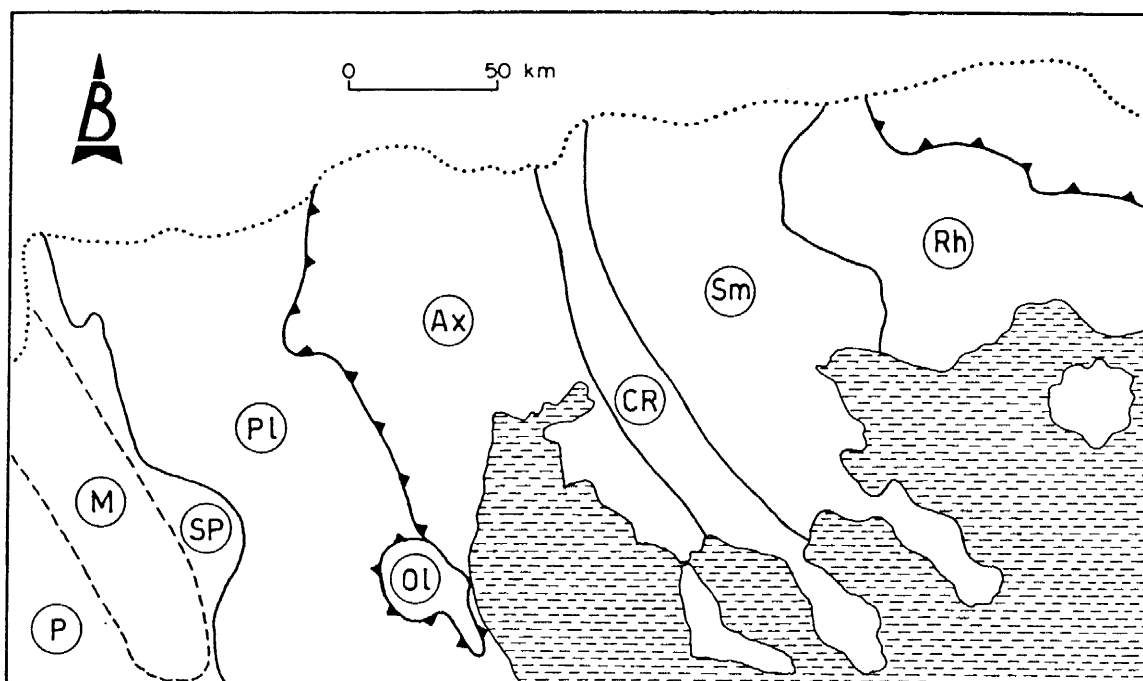
1. Μολασσικούς σχηματισμούς,
2. Ιζήματα Νεογενή (Άνω Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου) αδιαίρετα,
3. Ιζήματα του Πλειστοκαίνου,
4. Ολοκαινικές αποθέσεις.

Τέλος η σεισμικότητα του χώρου της Μακεδονίας δίδεται με το επίθεμα του χάρτη που απεικονίζει τα επίκεντρα των κυριότερων και πλέον αξιόπιστων σεισμών όπως αυτά αξιολογήθηκαν και προσδιορίσθηκαν από το Εργαστήριο Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Το επίθεμα δίδεται για τη δυνατότητα της άμεσης και ακριβούς συσχέτισης από τον αναγνώστη του Χάρτη των επικέντρων των σεισμικών ακολουθιών με τα ρήγματα. Για τις συσχετίσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της μελέτης μεταξύ ρηγμάτων και συγκεκριμένων σεισμικών ακολουθιών χρησιμοποιήθηκαν επί μέρους χάρτες, ορισμένοι από τους οποίους δίνονται μέσα στο κείμενο μαζί με ένα προσιτό χάρτη όλων των επικέντρων ανάλογο αυτού του επιθέματος.

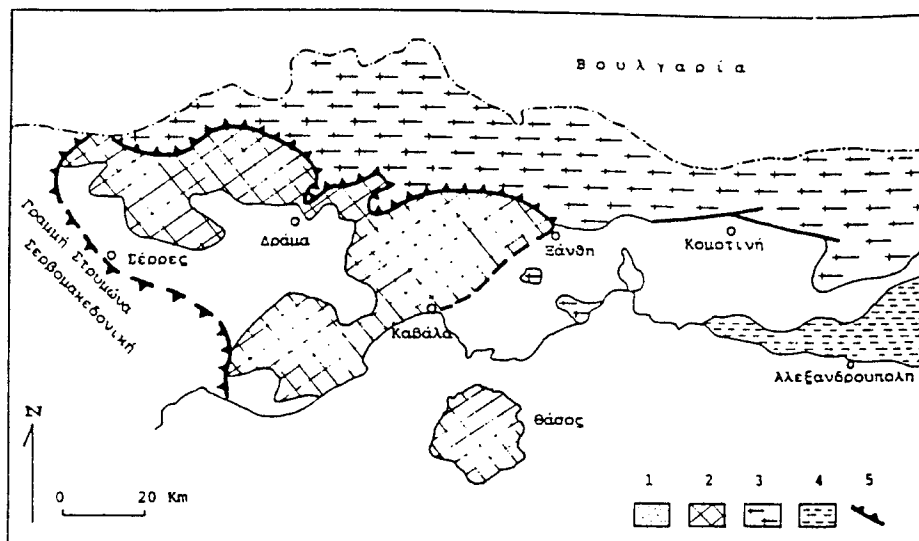
2. ΑΛΠΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΑΛΠΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, για να γίνουν περισσότερο εμφανή τα ρήγματα και ιδιαίτερα τα ενεργά, τα πετρώματα του αλπικού και προαλπικού υποβάθρου σχεδιάστηκαν στο "Χάρτη των ενεργών ρηγμάτων" απλά, εννιαία και αδιαίρετα χωρίς διάκριση σε επιμέρους σχηματισμούς, ενότητες και ζώνες. Για να υπάρξει όμως ολοκληρωμένη γεωλογική εικόνα στο συνοδευτικό επεξηγηματικό τεύχος περιγράφονται στη συνέχεια πολύ συνοπτικά οι σχηματισμοί του υποβάθρου, για να δοθεί και η απαιτούμενη πληροφόρηση στους μη γεωλόγους επιστήμονες χρήστες του χάρτη.

Ο χώρος της Μακεδονίας κατέχεται από πετρώματα της Ελληνικής Ενδοχώρας (Μάζες της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής) στην Ανατολική και σε τμήμα της Κεντρικής Μακεδονίας, και πετρώματα των Εσωτερικών Ελληνικών γεωτεκτονικών ζωνών (Περιροδοπική, Αξιού, Πελαγονικής και Υποπελαγονικής) στην Κεντρική και Δυτική Μακεδονία (σχ. 1).



Σχήμα 1. Σκαρίφημα με τις γεωτεκτονικές ζώνες στο χώρο της Μακεδονίας. Rh: μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, Ax: Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, P: Ζώνη Πίνδου, Ol: Τεκτονικό παράθυρο του Ολύμπου, M: Μεσοελληνική αύλακα.



Σχ. 2. Τεκτονικό σκαρίφημα της μάζας της Ροδόπης. 1: Μεταλικά ιζήματα, 2: ενότητα Παγγαίου, 3: ενότητα Σιδηρόνερου, 4: σχηματισμοί της Περιοδοπικής ζώνης, 5: γραμμή επώθησης.

Η Ανατολική Μακεδονία (περιοχές Καβάλας, Δράμας και Σερρών) καλύπτεται από πετρώματα της μάζας της Ροδόπης (σχ. 2), ενώ η Χαλκιδική και η περιοχή Κιλκίς της Κεντρικής Μακεδονίας ανήκει στη Σερβομακεδονική μάζα (σχ. 3). Οι δύο μάζες της Ροδόπης και Σερβομακεδονικής διαχωρίζονται από τη γνωστή “Τεκτονική γραμμή του Στρυμώνα” (σχ. 3).

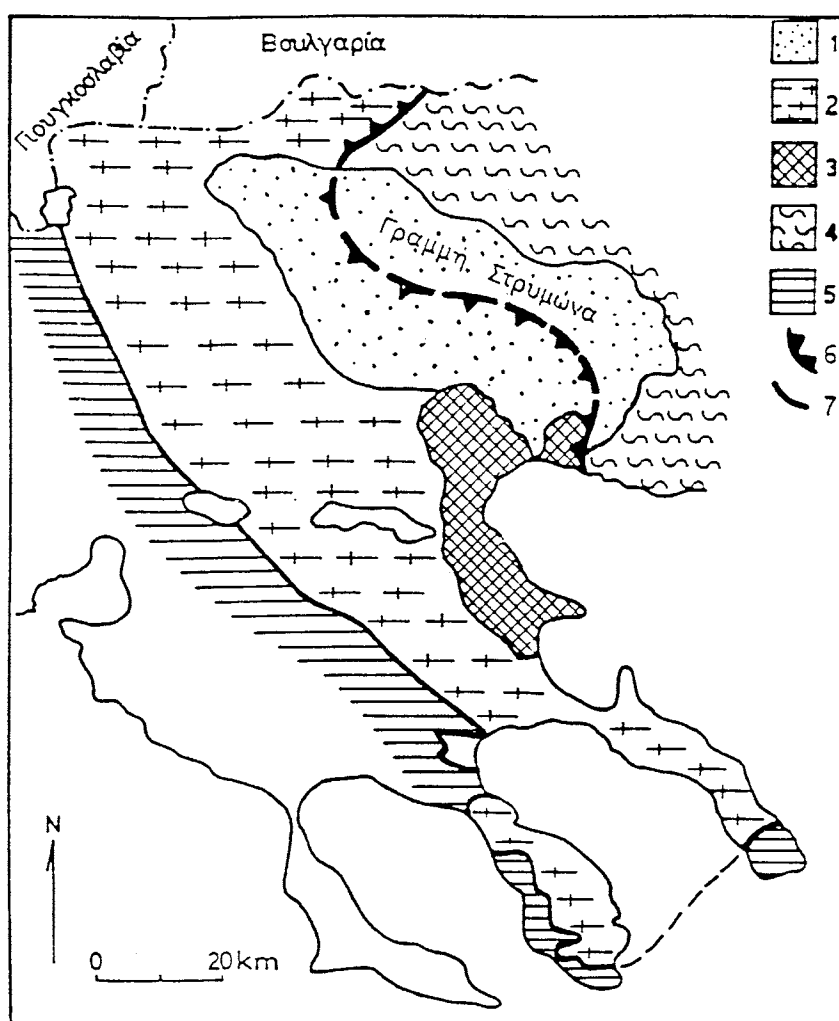
Η Μάζα της Ροδόπης συγκροτείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα τα οποία έχουν διαχωριστεί σε δύο τεκτονικές ενότητες (σχ. 2) :

- (Α) Την ανώτερη “Ενότητα Σιδηρόνερου” που βρίσκεται στα Βόρεια κατά μήκος των Ελληνοβουλγαρικών συνόρων και αποτελείται κυρίως από ορθογνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μιγματίτες,
- (Β) την κατώτερη “Ενότητα Παγγαίου” στη νοτιοδυτική Ροδόπη που συγκροτείται από έναν κατώτερο ορίζοντα με ορθογνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες, ένα μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων μεγάλου πάχους και ένα ανώτερο ορίζοντα με εναλλαγές σχιστολίθων και μαρμάρων.

Η ενότητα Σιδηρόνερου επιπλέον την ενότητα Παγγαίου από Βορρά προς Νότο κατά μήκος μιας μεγάλου μήκους τεκτονικής γραμμής γενικής διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ (110°).

Μέσα στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα και των δύο ενότητων διεισδύουν μεγάλα και μικρότερα όξινα πλουτωνικά σώματα γρανιτικής κυρίως σύστασης ηλικίας Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου (25-50 εκατομμυρίων ετών).

Η Σερβομακεδονική μάζα συγκροτείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, τα οποία τοποθετούνται σε δύο ενότητες (σχ. 3):

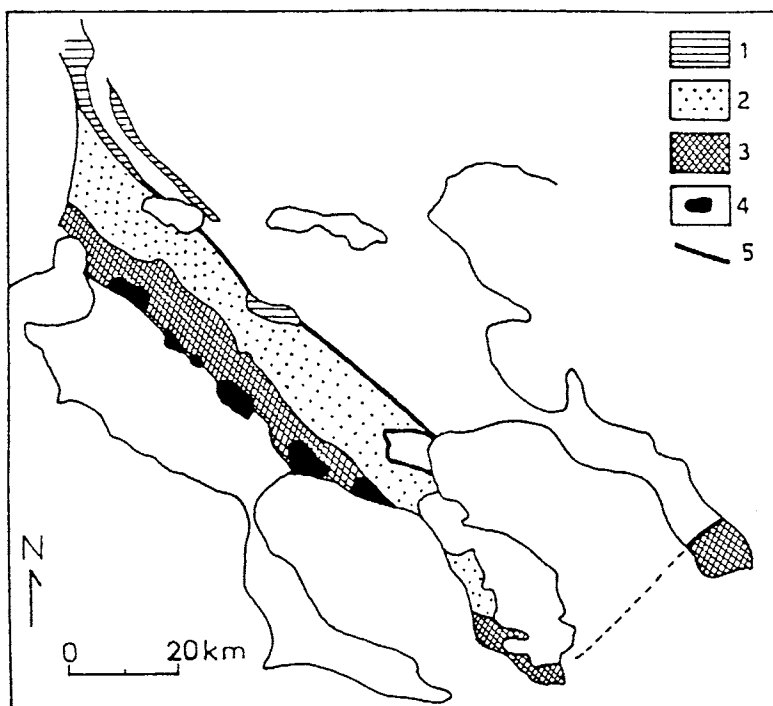


Σχήμα 3. Τεκτονικό σκαρίφημα της Σερβομακεδονικής μάζας. 1: μεταλικά ιζήματα της κοιλάδας του Στρυμώνα, 2: σειρά του Βερτίσκου, 3: σειρά των Κερδυλλίων, 4: μάζα της Ροδόπης, 5: Περιοδοπική ζώνη, 6: ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής (Γραμμή Στρυμώνα), 7: δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής (Μουντράκης 1985)

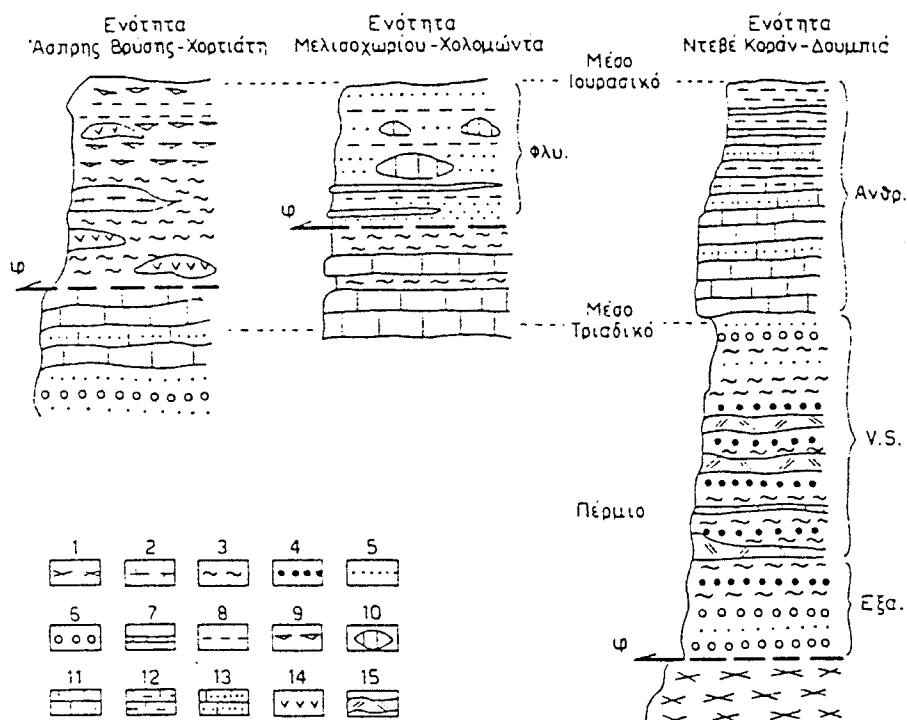
- (Α) την κατώτερη “Ενότητα Κερδυλλίων” που συνίσταται από αλλεπάλληλους ορίζοντες γνευσίων, αμφιβολιτών και μαρμάρων με συχνά τα φαινόμενα μιγματιτρώσεως των γνευσίων, και
- (Β) την ανώτερη “Ενότητα Βερτίσκου” που αποτελείται από γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, μεταγάββρους, μεταδιαβάσεις και αμφιβολίτες, που προήλθαν από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών. Συχνά μέσα στην ενότητα Βερτίσκου παρεμβάλλονται με τεκτονικές επαφές και οφειολιθικά πετρώματα.

Μέσα στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής διεισδύουν μεγάλα και μικρότερα όξινα πλουτωνικά σώματα Μεσοζωϊκής και Τριτογενούς ηλικίας, καθώς και πλήθος απλιτικών και πηγματιτικών φλεβών της ίδιας ηλικίας, πολλές από τις οποίες είναι οι φορείς της γνωστής πλούσιας μεταλλοφορίας μεικτών θειούχων της Χαλκιδικής.

Η Περιοδοπική ζώνη εκτείνεται ως ζώνη πλάτους 10-20 km με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ στη δυτική πλευρά της Σερβομακεδονικής (σχ. 4) από τα σύνορα προς τον κορμό της Χαλκιδικής και τη χερσόνησο της Σιθωνίας όπου κάμπτεται προς τα ΒΑ και περνάει από την άκρη της χερσονήσου του Άθω.



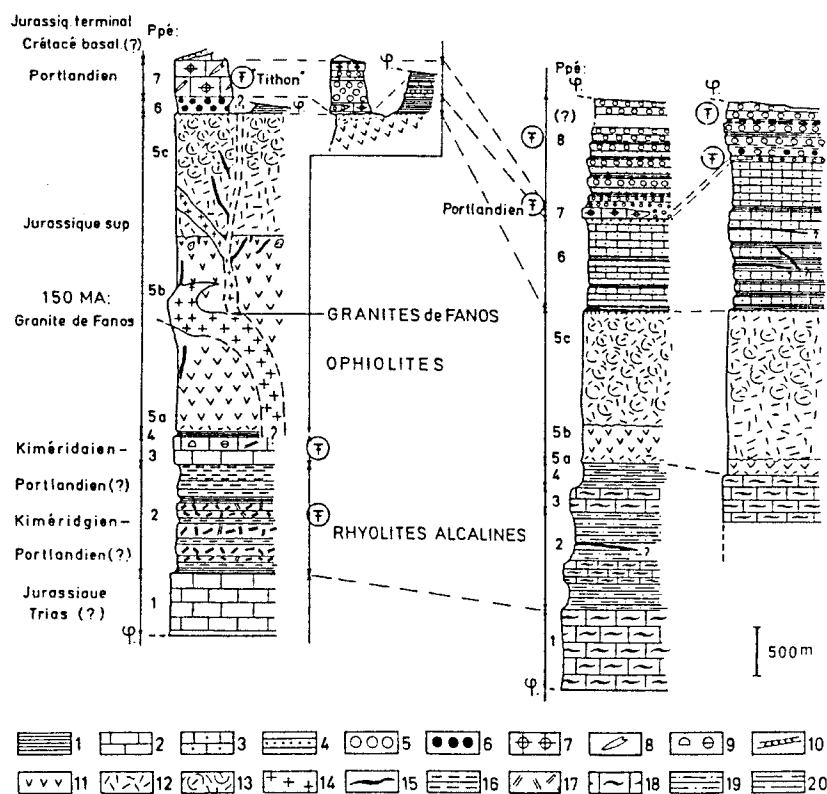
Σχήμα 4. Χάρτης της Περιοδοπικής ζώνης με τις τρεις ενότητες της και τις σημαντικότερες οφειολιθικές εμφανίσεις. 1. Ενότητα Ντεβέ-Κοράν-Δουμπιά. 2. Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα. 3. Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, 4. οφειόλιθοι. 5. όριο της ζώνης με τη Σερβομακεδονική. (Μουντράκης 1985, τροποποιημένο από Kockel et al 1971, 1977).



Σχήμα 5. Λιθοστρωματογραφικές στήλες των τριών ενότητων της Περιροδοπικής ζώνης. 1: κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής, 2: πράσινοι γνεύσιοι της Θεσσαλονίκης. 3: σχιστόλιθοι και φυλλίτες. 4: πυροκλαστικά υλικά. 5: μεταψαμμίτες, χαλαζίτες. 6: μετα-κροκαλοπαγή. 7: ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, 8: αργιλοί σχιστόλιθοι και μάργες, 9: κερατόλιθοι. 10: ολισθόλιθοι Τριαδικών ασβεστολίθων. 11: ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, 12: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι. 13: ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι. 14: οφειολιθικά πετρώματα. 15: ηφαιστειακά υλικά (σχιστοποιημένοι ρυόλιθοι, πορφυροειδή). Φ: τεκτονική επαφή. Εξα: σχηματισμός Εξαμιλίου V.S.: ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά. Ανθρ.: ανθρακική νηριτική σειρά. Φλυ.: φλύσχης. (Μουντράκης 1985)

Η Περιροδοπική ζώνη που θεωρείται ως η πιο Εσωτερική Ελληνική ζώνη περιλαμβάνει τρεις ενότητες σχηματισμών: (α) Ενότητα Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά, (β) Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα και (γ) Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη (σχ. 4,5). Οι σχηματισμοί που συγκροτούν τις τρεις ενότητες δείχνονται αναλυτικά στις λιθοστρωματογραφικές στήλες του σχήματος 5 και είναι γενικά ελαφρά μεταμορφωμένα ιζήματα Περμοτριαδικής ηλικίας (κλαστικά ιζήματα, ηφαιστειοϊζηματογενή και ανθρακικά), ημιμεταμορφωμένος φλύσχης και σχιστοκερατολιθική διάπλαση Ιουρασικής ηλικίας.

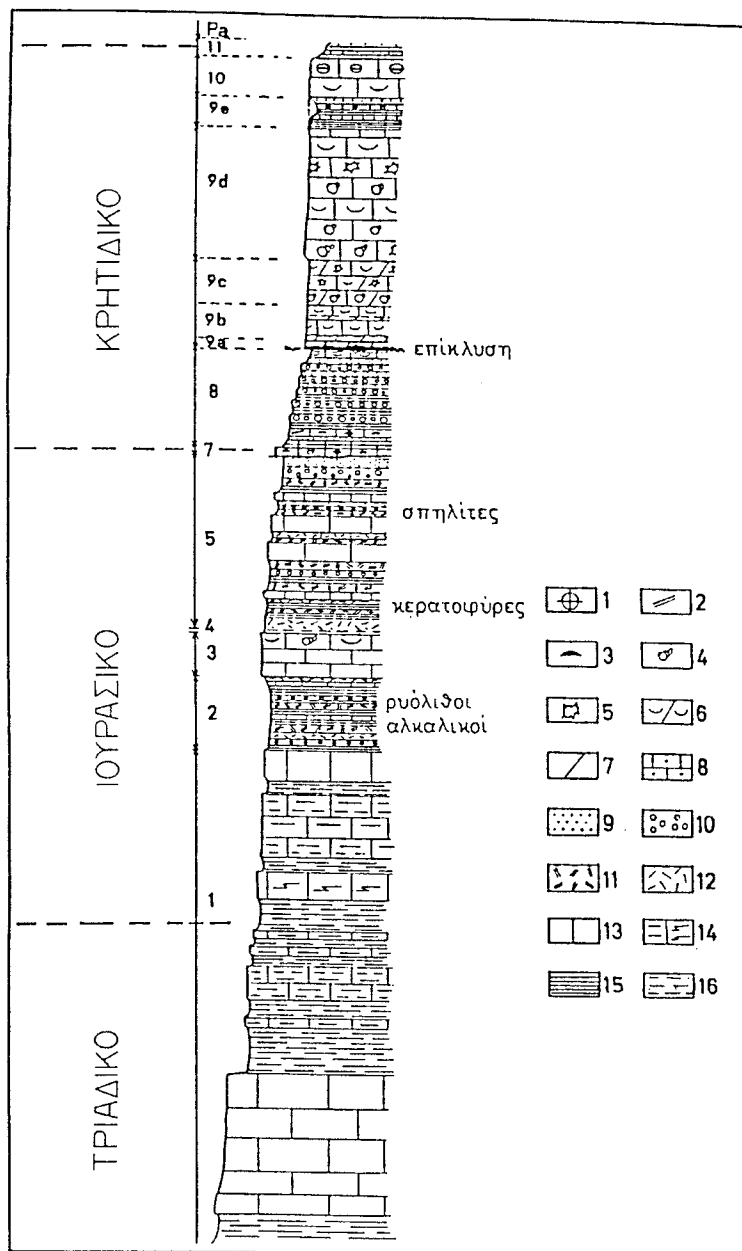
Ο υπόλοιπος χώρος της Κεντρικής Μακεδονίας (περιοχή λεκάνης Αξιού-Θεσσαλονίκης, περιοχές Έδεσσας και Βέροιας έχουν ως αλπικό υπόβαθρο πετρώματα της γεωτεκτονικής ζώνης Αξιού, η οποία παρ' όλο



Σχ. 6 . Σύγκριση λιθοστρωματογραφικής εξέλιξης των ενοτήτων της Προποντίδας. 1: σχιστόλιθοι και πηλίτες, 2: ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, 3: ασβεστόλιθοι ψαμμιτοειδείς, 4: ψαμμίτες, 5: κροκαλοπαγή, 6: κροκαλοπαγή με κροκάλες οφειολιθικές, 7: Κοράλλια, 8: Βελεμνίτες, 9: Τρηματοφόρα, 10: Φύκη, 11: γάββροι, 12: δολερίτες, 13: μικρολιθικά οφειολιθικά, 14: γρανίτες, 15: πηγματίτες και γρανοφύρες, 16: τοφφίτες, 17: σερικιτικά πορφυροειδή, 18: σιπολίτες, 19: σχηματισμοί μεταμορφωμένων πυροκλαστικών, 20: χαλαζίτες (κατά Mercier 1966).

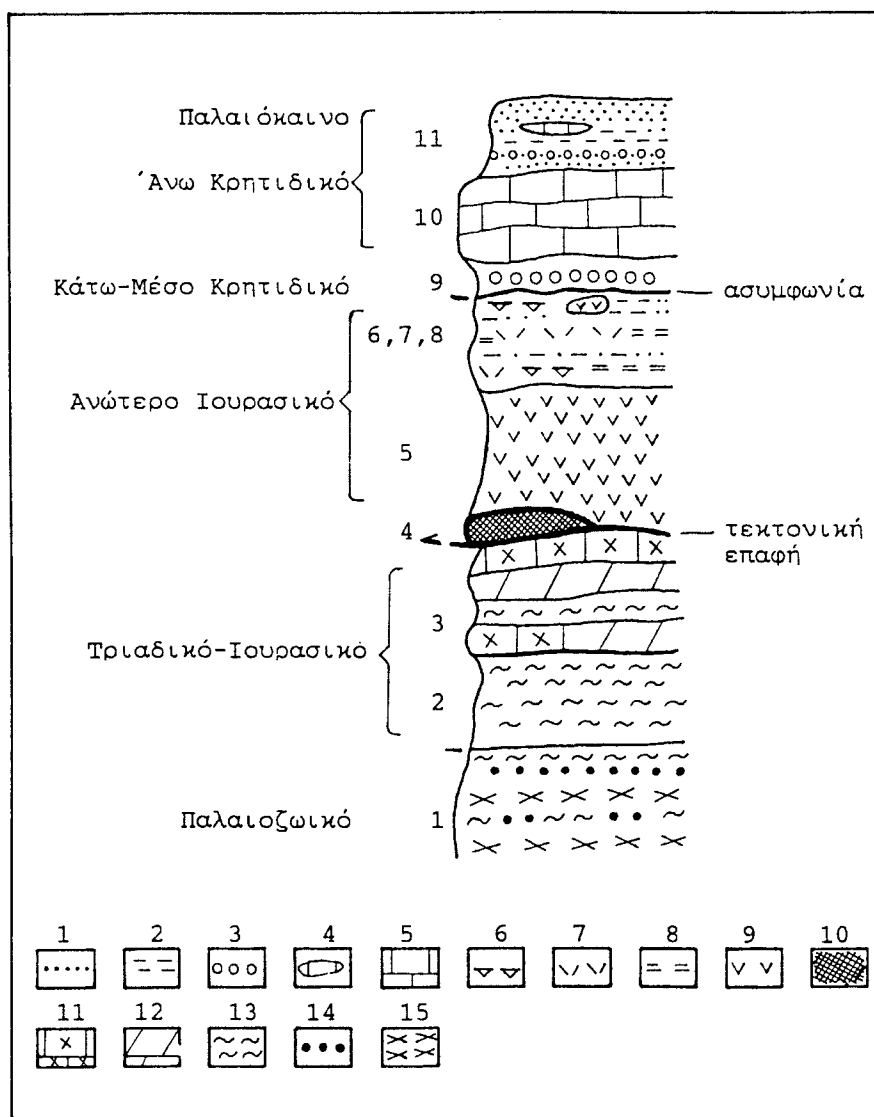
ότι έχει διαιρεθεί σε τρεις επιμέρους ζώνες Παιονίας, Πάικου και Αλμωπίας στις αντίστοιχες επαρχίες, εντούτοις εξακολουθεί να θεωρείται σαν μια ενιαία ζώνη Αξιού με χαρακτήρες παλιάς ωκεάνιας περιοχής από όπου προήλθαν οι οφειόλιθοι.

Οι αλπικοί σχηματισμοί της ζώνης Αξιού είναι πολύ συνοπτικά από τους βαθύτερους ορίζοντες προς τους ανώτερους: ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Κάτω Ιουρασικού, ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές Τριαδικού-Ιουρασικού, ασβεστόλιθοι Ανωτέρου Ιουρασικού, οφειολιθικά πετρώματα και τα συνοδά ιζήματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης ηλικίας Ιουρασικού, γρανίτες Ιουρασικής ηλικίας, μετακλαστικά ιζήματα Ανωτέρου Ιουρασικού-Κάτω Κρητιδικού και τέλος ΑνωΚρητιδικοί ασβεστόλιθοι και φλύσχης.

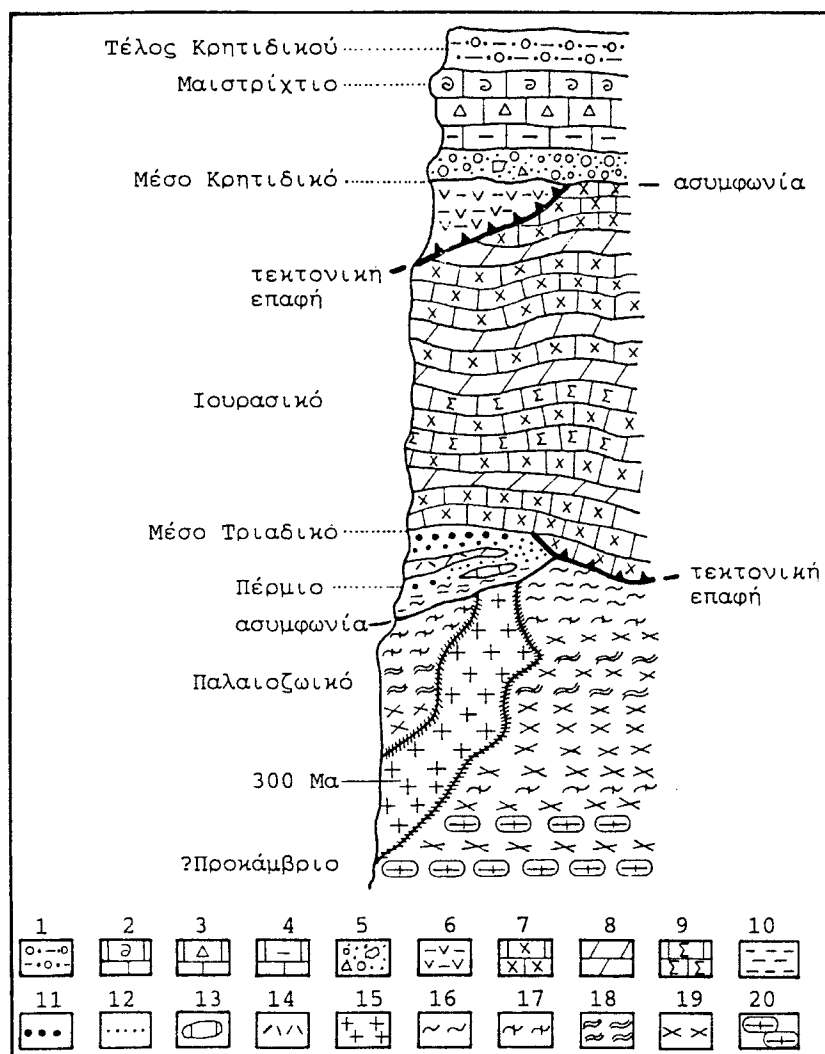


Σχ. 7. Λιθοστρωματογραφική στήλη της ζώνης Πάικου σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνονται από τον Mercier (1966). 1: Cladocoropsis, 2: φύκη, 3: τρηματοφόρα, 4: γαστερόποδα, 5: ρουδιστές, 6: ελασματοβράγχια, 7: δολομίτες, 8: ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι, 9: ψαμμίτες, 10: κροκαλοπαγή, 11: κερατοφύρες και σερίκτιτωμένα πορφυροειδή, 12: σπηλίτες και διαβάσεις, 13: μάρμαρα και μαρμαροειδείς ασβεστόλιθοι, 14: σιπολίνες, 15: σχιστόλιθοι και πηλίτες, 16: χλωριτικοί σχιστόλιθοι. Οι αριθμοί Pa, 1, 2, ..., 11 στη στήλη αναφέρονται στις σειρές που περιγράφονται στο κείμενο.

Αναλυτική περιγραφή της διαδοχής των παραπάνω σχηματισμών της ζώνης Αξιού φαίνεται στις λιθοστρωματογραφικές στήλες των επιμέρους ζωνών Παιονίας, Πάικου και Αλμωπίας που δίνονται στα σχήματα 6,7 και 8.



Σχ. 8. Συνοπτική λιθοστρωματογραφική στήλη της ζώνης Αλμωπίας. 1: ψαμμίτες, 2: άργιλοι και αργιλικόι σχιστόλιθοι, 3: κροκαλοπαγή και άλλα κλαστικά ιζήματα, 4: φακοί ασβεστόλιθων, 5: ασβεστόλιθοι, 6: κερατόλιθοι, 7: ηφαιστειακά υλικά, 8: τόφφοι και ηφαιστειοκλαστικά, 9: οφειόλιθοι, 10: οφειολιθικά μίγματα, 11: μάρμαρα και κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, 12: δολομίτες, 13: σχιστόλιθοι, 14: αμφιβολίτες, 15: γνεύσιοι. Οι αριθμοί 1,2,3... στη στήλη αναφέρονται στους σχηματισμούς που περιγράφονται στο κείμενο.



Σχ. 9. Συνοπτική λιθοστρωματογραφική - τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης. 1 - 5: Επικλυσιογενή ιζήματα Μέσου - Άνω Κρητιδικού. 1: Φλύσχης Άνω Μαιστριχτίου - Κάτω Παλαιοκαίνου, 2: ασβεστόλιθος Μαιστριχτίου, 3: μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 4: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 5: κροκαλο - λατυποπαγή της βάσης, 6: οφειόλιθοι και συνοδά πελαγικά ιζήματα, 7 - 9: πετρώματα των δύο ανθρακικών καλυμμάτων Τριαδικού - Ιουρασικού, 7: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, 8: δολομίτες, 9: σιπολίτες, 10 - 14: πετρώματα της μετακλαστικής σειράς Περμίου - Κάτω Τριαδικού, 10: μετα - πελίτες, φυλλίτες, 11: χαλαζιακά μετα - κροκαλοπαγή, 12: μετα - ψαμμίτες, μετα - αρκόζες, 13: φακοί ασβεστολίθων, 14: μετα - ρυόλιθοι, μετα - τόφφοι, 15: γνευσιωμένοι γρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου, 16 - 20: πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου Παλαιοζωικής ή και προ - Κάμβριας ηλικίας, 16: σχιστόλιθοι (χλωριτικοί, μαρμαρυγικοί, αμφιβολιτικοί, επιδοτιτικοί), 17: διμαρμαρυγικοί - γρανατούχοι σχιστόλιθοι, 18: αμφιβολίτες, 19: γνεύσιοι, 20: οφθαλμογνεύσιοι.

Η Δυτική Μακεδονία (περιοχές Φλώρινας, Καστοριάς, Κοζάνης, τμήματα της Ημαθίας, Πέλλας και Πιερίας) έχουν ως αλπικό-προαλπικό υπόβαθρο πετρώματα της Πελαγονικής γεωτεκτονικής ζώνης. Οι οροσειρές Βόρα (Καϊμκτσαλάν), Βέρνο, Τρικλάριο, Άσκιο, Καμβούνια,

Βέρμιο, Πιέρια, Όλυμπος συγκροτούνται από πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης.

Τα πετρώματα της Πελαγονικής δίνονται στη λθοστρωματογραφική στήλη του σχήματος 9 και είναι περιληπτικά τα εξής: Κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του παλαιοζωϊκού υποβάθρου (γνεύσιοι, αμφιβολίτες και σχιστόλιθοι), γνευσιωμένοι γρανίτες του Λιθανθρακοφόρου, ημιμεταμορφωμένα μετακλαστικά πετρώματα του Περμοτριάδικού, ασβεστόλιθοι και μάρμαρα Τριαδικού-Ιουρασικού, επωθημένοι οφειόλιθοι και ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι.

Μέσα στο χώρο της Πελαγονικής βρίσκεται και το γνωστό γεωλογικό παράθυρο του Ολύμπου με ασβεστολιθικά πετρώματα μεγάλου πάχους που ανήκουν στις εξωτερικές γεωτεκτονικές ζώνες.

Τέλος μικρές εμφανίσεις πετρωμάτων της Υποπελαγονικής ζώνης βρίσκονται σε ορισμένες περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας και είναι κατά βάση οι οφειολιθικές μάζες Βουρίνου, Κοζάνης και Καστοριάς.

Όλοι οι αλπικοί και προαλπικοί σχηματισμοί των ζωνών έχουν υποστεί επανειλημμένες πτυχώσεις που έχουν αποτυπωθεί με ποικίλες μορφές στα πετρώματα. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες εμφανίζονται σήμερα οι δομές που προκλήθηκαν από τις Τριτογενείς (Ηώκαινο-Ολιγόκαινο) παραμορφωτικές φάσεις, και είναι οι συνεχείς λεπιώσεις των στρωμάτων προς τα Δυτικά και οι μεγάλες επωθήσεις-εφιππεύσεις.

Όλα τα παραπάνω πετρώματα των ζωνών θεωρούνται στην παρούσα εργασία γενικά ως το αλπικό-προαλπικό υπόβαθρο των Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων των λεκανών.

3. ΜΟΛΑΣΣΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Τα μολασσικά ιζήματα αποθέτονται σε μεγάλες αύλακες που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της ορογένεσης της Ελληνικής οροσειράς ακριβώς πίσω από το μέτωπο της ορογένεσης και παράλληλα σ' αυτό. Δυο μολασσικές αύλακες αναπτύχθηκαν στο χώρο της Μακεδονίας κατά την ορογενετική περίοδο του Ανώτερου Ηωκαίνου, και τα μολασσικά ιζήματα των αυλάκων αυτών αποτέθησαν ασύμφωνα πάνω στους πτυχωμένους αλπικούς σχηματισμούς.

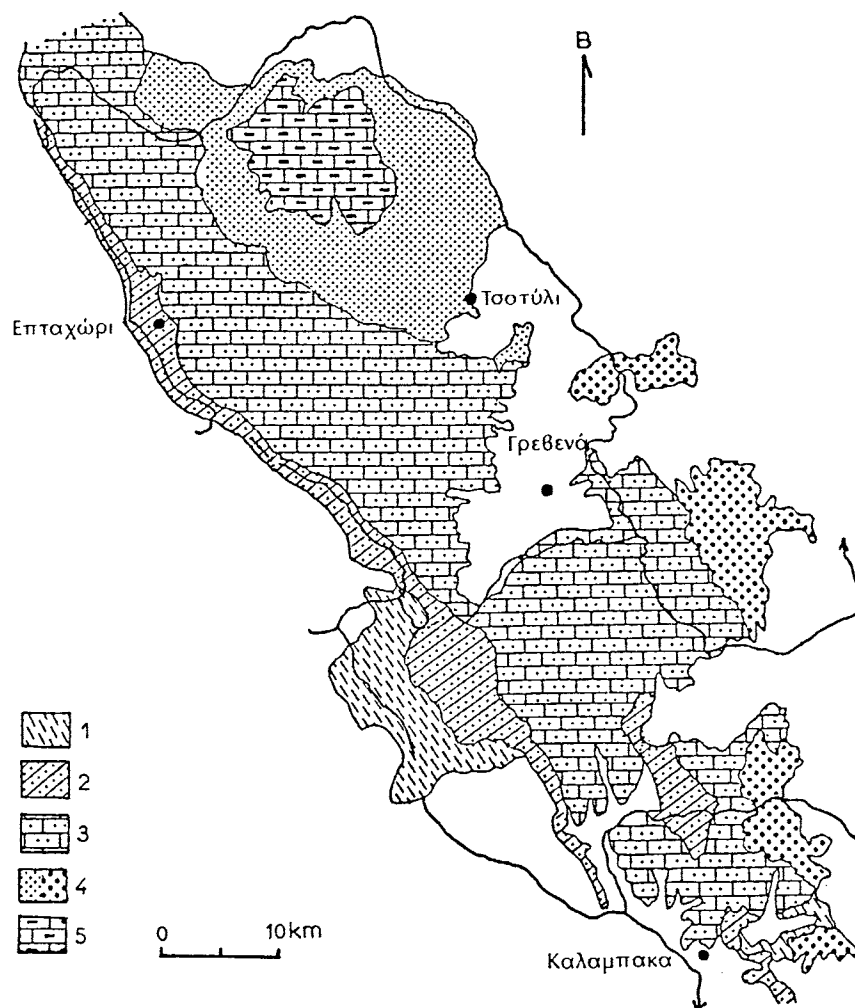
Η πρώτη είναι η "Τριτογενής αύλακα Αξιού" που αναπτύχθηκε στο γεωλογικό χώρο της ζώνης Παιονίας και γειτονικές περιοχές αλλά σήμερα λόγω της διάβρωσης και κυρίως λόγω της κάλυψης από τα νώτερα Νεογενή-Τεταρτογενή ιζήματα δεν εμφανίζει ορισμένο γεωγραφικό χώρο ανάπτυξης. Η δεύτερη είναι η Μεσοελληνική αύλακα που είναι η εκτενέστερη και πιο πλήρης μολασσική αύλακα του Ελληνικού χώρου και βρίσκεται στο χώρο μεταξύ των ζωνών Υποπελαγονικής και Πίνδου (σχ. 1).

Τα ιζήματα της Τριτογενούς αύλακας Αξιού είναι ψαμμίτες, μάργες, κροκαλολατυποπαγή, λατυποπαγή και τοφφώδεις ασβεστόλιθοι ηλικίας Ανωτέρου Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου, ενώ η Μεσοελληνική αύλακα έχει τα ίδια μολασσικά ιζήματα ηλικίας Ανωτέρου Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου-Μέσου Μειοκαίνου.

Τα ιζήματα της Μεσοελληνικής αύλακας έχουν διαιρεθεί στις εξής σειρές από τις βαθύτερες προς τις νεώτερες: σειρά Κρανιάς, σειρά Επταχωρίου, σειρά Πενταλόφου-Μετεώρων, σειρά Τσοτυλίου και σειρά Καστανοχωρίων Καστοριάς ή σειρά Οντρια. Η κατανομή των σειρών αυτών δίνεται στο σχήμα 10.

Οι μολασσικοί σχηματισμοί της Μεσοελληνικής αύλακας έχουν συνολικό πάχος περίπου 5000m και είναι θαλάσσιας, λιμναίας και χερσαίας φάσης.

Αξιοσημείωτο είναι ότι ο πρόσφατος σεισμός της 13ης Μαΐου 1995 στην περιοχή Γρεβενών-Κοζάνης προκλήθηκε από ρήγμα που κόβει εντυπωσιακά τα μολασσικά ιζήματα στην περιοχή Γρεβενών.



Σχ. 10. Χάρτης εξάπλωσης των μολασσικών σχηματισμών της Μεσσελληνικής αλάκας. 1: Ηώκαινο (σειρά Κρανιάς), 2: Άνω Ολιγόκαινο (σειρά Επιταχωρίου), 3: Ακουϊτάνιο (σειρά Πενταλόφου - Μετεώρων), 4: Βουρδιγάλιο (σειρά Τσοτυλίου) 5: Ελβέτιο (σειρά Όντρια). (Κατά Brunh 1956).

4. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΝΕΟΓΕΝΟΥΣ - ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΟΥΣ

4.1. ΛΕΚΑΝΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Πάνω στα πετρώματα του αλπικού-προαλπικού υποβάθρου και στα μολασσικά ιζήματα της Τριτογενούς αύλακας Αξιού βρίσκονται οι νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις που έχουν μεγάλη εξάπλωση σε όλη την έκταση της λεκάνης της Θεσσαλονίκης, η οποία περιλαμβάνει τις επιμέρους λεκάνες του Αξιού ποταμού, του Λουδία και του Γαλλικού ποταμού.

Η χαρτογράφηση των Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων της Λεκάνης Θεσσαλονίκης βασίστηκε κυρίως στα φύλλα των γεωλογικών χαρτών 1:50.000 Θεσ/νίκη, Κιλκίς, Πλατύ και Κουφάλια έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε.

Οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις θα περιγραφούν στη συνέχεια από τις παλιότερες προς τις νεότερες και θα δοθούν στοιχεία για την ηλικία τους με βάση απολιθώματα όπου έχουν βρεθεί.

4.1.1. Σχηματισμοί του Άνω Μειοκαίνου

Οι ανωμειοκαινικές αποθέσεις της λεκάνης Θεσσαλονίκης είναι χερσοποτάμιες και εμφανίζονται στα νότια τμήματα της λεκάνης. Οι αποθέσεις αυτές μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις σχηματισμούς:

4.1.1.1. Σχηματισμός Νέας Μεσημβρίας.

Αποτελείται εξ ολοκλήρου από ερυθροστρώματα σκληρά, πλούσια σε άμμους και χαλίκια. Κατά θέσεις αποτελείται από άμμο και χαλίκια καστανέρυθρου χρώματος. Το πάχος τους ποικίλλει και είναι μεγαλύτερο των 1000 m. Σε πολλές θέσεις του Σχηματισμού Νέας Μεσημβρίας βρέθηκαν απολιθώματα θηλαστικών και προσδιορίστηκε μια πλούσια πανίδα. Η πανίδα αυτή χρονολογεί το Σχηματισμό Νέας Μεσημβρίας στο Ανώτερο Βαλλέζιο (Κατώτερο τμήμα του Αν. Μειοκαίνου).

Ανατολικά της Θεσσαλονίκης εμφανίζονται επίσης ορισμένες Νεογενείς αποθέσεις που αποτελούνται από αργιλλομαργαϊκά υλικά με πανίδες μαλακίων Πόντιας ηλικίας που υπέρκεινται ενός σχηματισμού ερυθροστρωμάτων που θεωρείται ότι ανήκει στο Μεότιο (Άνω Μειόκαινο).

Τα ερυθροστρώματα αυτά φαίνεται ότι είναι παλαιότερα του τυπικού Πόντιου και μπορούν να θεωρηθούν ισόχρονα του Σχηματισμού Νέας Μεσημβρίας.

4.1.1.2. Σχηματισμός Βαθυλάκκου

Αποτελείται από ανοιχτόχρωμα (λευκοκίτρινα-λευκοφαιά) ιζήματα που αποτελούνται κυρίως από άμμους, χαλίκια, αμμώδεις μάργες και μάργες, που εναλλάσσονται μεταξύ τους. Πολλές φορές και ιδιαίτερα στις άμμους-χαλίκια παρατηρείται διασταυρωτή στρώση. Η συνεχής αυτή εναλλαγή αμμωδών-αργιλλικών υλικών δείχνει εποχιακές φάσεις πλημμυρών και πιο ήρεμης ιζηματογένεσης. Σ' άλλες θέσεις όμως του Σχηματισμού Βαθυλάκκου υπερτερούν τα αμμώδη υλικά όπως στην περιοχή του χωριού Βαθύλακκος.

Μέσα στο Σχηματισμό Βαθύλακκου και σε διάφορες θέσεις βρέθηκαν απολιθώματα θηλαστικών, που ο προσδιορισμός τους έδωσε μια πλούσια και χαρακτηριστική πανίδα. Με βάση την πανίδα αυτή η ηλικία του Σχηματισμού Βαθύλακκου υπολογίζεται ως Κατώτερο Τουρόλιο (ανώτερο τμήμα του Άνω Μειοκαίνου). Μαγνητοστρωματογραφικές μελέτες έδειξαν ότι ο Σχηματισμός Βαθυλάκκου χρονολογείται στα 8.9 Ma (KONDOPOULOU et al, 1993).

4.1.1.3. Σχηματισμός Δυτικού.

Ο σχηματισμός αυτός εκτείνεται κυρίως στη δυτική όχθη του ποταμού Αξιού. Αποτελείται από ανοιχτόχρωμα (λευκοφαιά-κίτρινα-λευκά) ιζήματα, που είναι μάργες, αμμώδεις μάργες, άμμοι, κροκάλες, χαλίκια σε εναλλαγές. Στην κορυφή του σχηματισμού συναντώνται λιμναίοι, λευκοί και ταφφώδεις ασβεστόλιθοι. Απολιθώματα θηλαστικών βρέθηκαν σε διάφορες θέσεις μέσα στο σχηματισμό και προσδιορίστηκε μια πανίδα που δείχνει την ηλικία Ανώτερου Τουρόλιου (Ανώτατο Μειόκαινο) (Bonis et al., 1985, Koufos, 1989). Παλυνολογικές μελέτες στους ασβεστόλιθους της οροφής του σχηματισμού έδειξαν ηλικία Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου. (Mercier-Sauvage, 1963, Mercier 1988). Με βάση την πανίδα αυτή ο Σχηματισμός Δυτικού χρονολογείται στο Ανώτερο Τουρόλιο (τέλος του Μειοκαίνου).

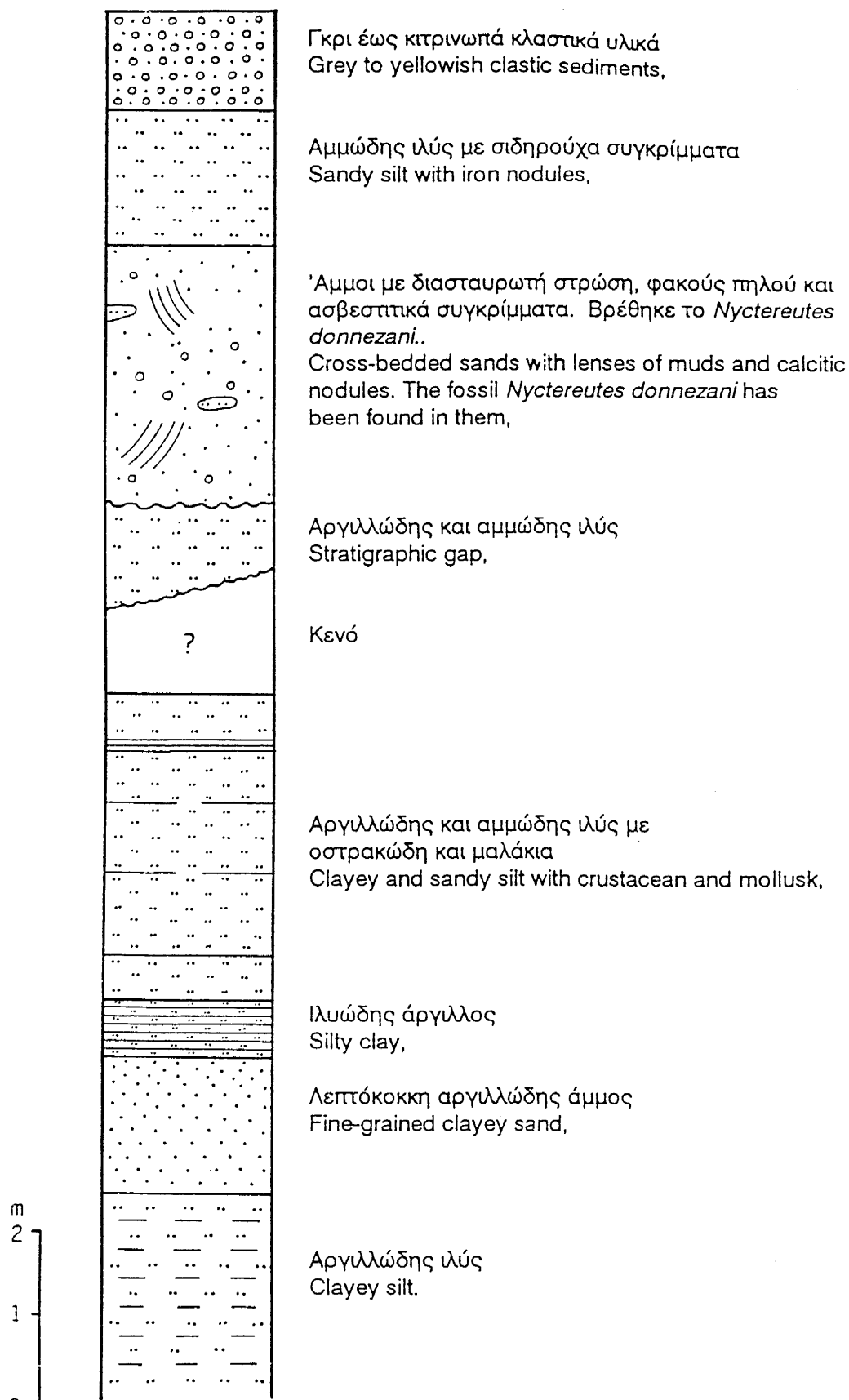
4.1.1.4. Σχηματισμός Αιγινίου-Μεγάλης Γέφυρας.

Εμφανίζεται σ' ένα μικρό τμήμα του νοτιοδυτικού άκρου της περιοχής μελέτης. Πρόκειται για υφάλμυρες-λιμναίες αποθέσεις, που αποτελούνται από κροκαλοπαγή και αργιλλοψαμμιτικά υλικά με ενστρώσεις μαργαϊκών ασβεστολίθων στη βάση, που συνεχίζονται με εναλλαγές άμμων, αμμωδών μαργών, αμμούχων πηλών και ενδιαστρώσεων αργίλλων και ψαμμιτών. Σε γειτονική περιοχή και μέσα στους σχηματισμούς αυτούς με βάση την πανίδα των οστρακωδών και τη χλωρίδα που προσδιορίστηκαν, οι σχηματισμοί Αιγινίου χρονολογούνται στο Άνω Μειόκαινο-Κάτω Πλειόκαινο.

4.1.2. Σχηματισμοί του Πλειοκαίνου

Το Πλειόκαινο στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης δεν διαχωρίζεται σαφώς από το Μειόκαινο. Εμφανίζεται σε αρκετές θέσεις, ιδιαίτερα στο νοτιοανατολικό άκρο της πόλης, στις θέσεις Τρίλοφος, Αλλατίνι και Μεγάλο Έμβολο. Στην θέση Τρίλοφος τα ιζήματα είναι λιμνοθαλάσσια από άμμους, αργίλλους, μάργες και ασβεστολίθους που εναλλάσσονται μεταξύ τους. Οι λιμνοθαλάσσιες αυτές αποθέσεις περιέχουν μια πλούσια πανίδα μαλακίων που δείχνει Πόντια ηλικία. Οι λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις του Τριλόφου υπέρκεινται των ερυθροστρωμάτων της Θέρμης, τα οποία βάση της πανίδας θηλαστικών που περιέχουν, θεωρήθηκαν Βαλλέζιας ηλικίας και ισοδύναμα του Σχηματισμού Νέας Μεσημβρίας δίνοντας έτσι Τουρόλια ηλικία για τη βάση τουλάχιστον των λιμνοθαλάσσιων αποθέσεων. Ακόμη οι αποθέσεις του Τριλόφου καλύπτονται από χερσαία ιζήματα κυρίως άμμους και χαλίκια όπου βρέθηκε το *Apodemus* που δείχνει ηλικία Ανώτερου Τουρολίου ή νεότερη. (Steffens et al, 1979). Με βάση τα στοιχεία αυτά τα χερσαία ιζήματα του ανώτερου τμήματος του Τριλόφου πρέπει να ανήκουν στο Κατώτερο Πλειόκαινο.

Ενδείξεις ύπαρξης του Πλειοκαίνου υπάρχουν και στα αργιλλορυχεία του Αλλατίνι στην ανατολική έξοδο της πόλης της Θεσσαλονίκης. Τα ιζήματα αποτελούνται κυρίως από αργίλλους, άμμους, πηλούς, ιλύ και στα ανώτερα τμήματά τους από άμμους και χαλίκια (Σχ. 11). Τα αργιλλικά υλικά περιέχουν πανίδα μαλακίων παρόμοια μ' εκείνη



Σχήμα 11. Τομή της θέσης Αλλατίνη, 2 km περίπου ανατολικά της Θεσ/νίκης (κατά STEFFENS et al., 1979)

του Τρίλοφου που δείχνει Πόντια ηλικία. Η ηλικία αυτή επιβεβαιώθηκε και από τη μελέτη των οστρακωδών (Gramann, 1969) καθώς επίσης και από την εύρεση της Ακολουθίας Σπορομόρφων του *Kizilhisar*. (Steffens et al., 1979). Ακόμη στην περιοχή της Θέρμης φαίνεται σαφώς ότι τα ιζήματα του Αλλατίνι υπέρκεινται των ερυθροστρωμάτων του Βαλλέζιου (Μεότιου) δείχνοντας Τουρόλια ηλικία γι' αυτά. Οι άμμοι που υπέρκεινται των αργιλλικών στρωμάτων του Αλλατίνι με την Πόντια πανίδα μαλακίων ανήκουν στο Πλειόκαινο. Με βάση όλα τα παραπάνω τα κατώτερα τμήματα της τομής του Αλλατίνι έχουν ηλικία Μειόκαινο, ενώ τα ανώτερα τμήματα της έχουν Πλειοκαινική ηλικία.

Η παρουσία του Πλειοκαίνου έχει διαπιστωθεί και στο ακρωτήριο του Μεγάλου Εμβόλου, νότια της Θεσσαλονίκης (σχ. 12). Πρόκειται για χερσαίες αποθέσεις που πιθανόν υπέρκεινται των λιμνοθαλάσσιων αποθέσεων του Τριλόφου χωρίς όμως να έχει βρεθεί κάπου η επαφή τους. Αποτελούνται από αμμούχες μάργες, αμμούχους ασβεστόλιθους, χαλίκια, άμμους που εναλλάσσονται. Με βάση πανίδα θηλαστικών που βρέθηκε στο Μ. Έμβολο οι αποθέσεις των άμμων χρονολογούνται στο Ρουσίνιο (Πλειόκαινο) (ΚΟΥΦΟΣ et al., 1992). Η ακολουθία σπορομόρφων του Μεγάλου Εμβόλου ανήκει στο Akca Assemblage, που επιβεβαιώνει την παραπάνω ηλικία. (Steffens et al., 1979).

Συνοψίζοντας το Πλειόκαινο της περιοχής Θεσσαλονίκης δεν διαχωρίζεται σαφώς από το Μειόκαινο εκτός ελαχίστων περιπτώσεων. Κυρίως είναι χερσαίες αμμώδεις αποθέσεις αν και είναι πιθανό το ανώτερο τμήμα των λιμνοθαλάσσιων ιζημάτων του Τριλόφου και του Αλλατίνι να ανήκουν στο Κατώτερο Πλειόκαινο.

4.1.3. Σχηματισμοί του Πλειστοκαίνου

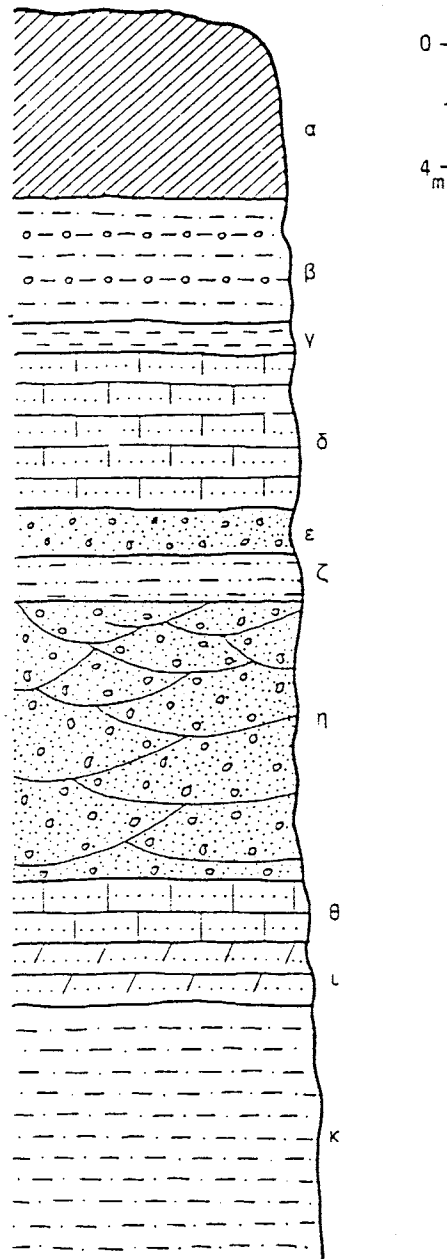
Οι Πλειστοκαινικές αποθέσεις της Λεκάνης Θεσσαλονίκης αποτελούνται κυρίως από καστενέρυθρα ιζήματα που δεν μπορούν να διαιρεθούν χρονικά λόγω της έλλειψης απολιθωμάτων. Αποτελούνται κυρίως από κροκάλες, χαλίκια, άμμους και ερυθρά αργιλλικά υλικά.

Στην περιοχή γύρω από την Πικρολίμνη υπάρχουν λιμναίες Πλειστοκαινικές αποθέσεις, που αποτελούνται από ερυθρές αργίλλους με πάγκους ασβεστιτικών συγκριμμάτων και πλευρικά από εναλλασσόμενα

λατυποπαγή, αμμούχους αργίλλους και πάγκους ασβεστιτικών συγκριμμάτων.

4.1.4. Σχηματισμοί του Ολοκαίνου

Οι αποθέσεις του Ολοκαίνου καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα της νότιας λεκάνης της Θεσσαλονίκης, όπου εκβάλουν μεγάλα ποτάμια και υπάρχει έντονη σύγχρονη ιζηματογένεση. Αποτελούνται κυρίως από αλλουβιακές αποθέσεις, προσχώσεις κοιλάδων, λιμναίες αποθέσεις, αποθέσεις δέλτα, αποθέσεις τεναγών και υφάλμυρες αποθέσεις.



Σχήμα 12. Τομή των Πλειοκαινικών αποθέσεων του Μεγάλου Εμβόλου 15 km περίπου νότια της Θεσσαλονίκης

α. Ερυθροπηλοί του Τεταρτογενούς, β. Καστανόφαια αμμώδης μάργα με χαλίκια, γ. Φαία μάργα, δ. Φαιοπράσινη αμμώδης μάργα, ε. Χαλίκια, άμμοι, ζ. Φαιοπράσινη ιλύς και λεπτόκοκκη άμμος, η. Λευκόφαιοι άμμοι και χαλίκια με διασταυρωτή στρώση και απολιθώματα θηλαστικών, θ. Λευκόφαιοι ασβεστοψαμμιτική μάργα, ι. Φαιοπράσινη αμμώδης μάργα, κ. Καστανέρυθη αμμώδης μάργα με ασβεστιτικά συγκρίμματα

4.2. ΛΕΚΑΝΗ ΜΥΓΔΟΝΙΑΣ

4.2.1. Γενικά

Η λεκάνη της Μυγδονίας (λεκάνη των λιμνών Λαγκαδά-Βόλβης) βρίσκεται βορειοανατολικά της Θεσσαλονίκης και αποτελεί ένα επίμηκες τεκτονικό βύθισμα με διεύθυνση περίπου Α-Δ.

Η λεκάνη της Μυγδονίας δημιουργήθηκε αρχικά εξαιτίας τεκτονικών κινήσεων στο τέλος του Παλαιογενούς-αρχές Νεογενούς. Στη φάση αυτή σχηματίστηκε ένα εκτεταμένο τεκτονικό βύθισμα που αποτέλεσε την Προμυγδονία. Στην αρχική αυτή λεκάνη αποτέθηκε μια σειρά ποταμοχειμάρριων-ποταμολιμναίων και λιμναίων ιζημάτων. Μια δεύτερη τεκτονική φάση στο Κάτω Πλειστόκαινο προκάλεσε την περαιτέρω διάρρηξη της λεκάνης και τη δημιουργία της Μυγδονίας λεκάνης, καθώς και μικρότερων λεκανών, όπως αυτές του Ζαγκλιβερίου, Δουμπιών, Μαραθούσας. Η Μυγδονία λεκάνη, μετά το σχηματισμό της, πληρώθηκε με νερό και άρχισε μια απόθεση λιμναίων ιζημάτων, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα μέσα στις λίμνες του Λαγκαδά και της Βόλβης, που αποτελούν υπολείμματα της αρχικής μεγάλης Μυγδονίας λίμνης.

4.2.2. Λιθοστρωματογραφία

Οι Νεογενείς/Τεταρτογενείς αποθέσεις της Μυγδονίας λεκάνης διαιρούνται σε δύο ομάδες την Προμυγδονιακή και τη Μυγδονιακή Ομάδα (ΚΟΥΦΟΣ et al. 1988). Η διαίρεση αυτή βασίστηκε στις δύο κύριες φάσεις εξέλιξης της λεκάνης κατά τις οποίες υπήρξαν και αντίστοιχες αποθέσεις διαφορετικής φάσης. Η περαιτέρω μελέτη των δύο ομάδων επέτρεψε τον πιο λεπτομερή διαχωρισμό των ιζημάτων, ιδιαίτερα της Προμυγδονιακής Ομάδας σε σχηματισμούς.

4.2.2.1. Προμυγδονιακή ομάδα

Η προμυγδονιακή ομάδα, που αποτελείται κυρίως από ποταμοχειμάρεια-ποτάμια-λιμνοποτάμια ιζήματα, αποτέθηκε στην αρχική λεκάνη της Προμυγδονίας αμέσως μετά το σχηματισμό της. Η μελέτη

των λιθολογικών χαρακτήρων των ιζημάτων της ομάδας αυτής επέτρεψε τη διάκριση των παρακάτω σχηματισμών.

4.2.2.1.1. Σχηματισμός Χρυσαιγής

Πρόκειται για τον παλαιότερο σχηματισμό της λεκάνης, ο οποίος τοποθετείται ασύμφωνα πάνω στο υπόβαθρο. Γεωγραφικά ο Σχηματισμός Χρυσαιγής εντοπίζεται στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης, κοντά στο χωριό Χρυσαιγή και αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων και ενστρώσεων κροκαλοπαγών, αργιλούχων άμμων και ιλύος. Τα κροκαλοπαγή, που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα του Σχηματισμού Χρυσαιγής, έχουν γκριζόλευκο χρώμα, είναι ασύνδετα και αποτελούνται από καλά στρογγυλεμένες κροκάλες μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, γνευσίων, γρανιτών, χαλαζιτών, πηγματιτών με διάμετρο έως 40 cm. Τα κροκαλοπαγή κυριαρχούν στο κατώτερο μέρος του σχηματισμού, ενώ παρατηρείται μια προοδευτική μείωση του μεγέθους των κροκαλών από τη βάση προς την κορυφή. Οι φακοί και οι ενστρώσεις των ιλύων, ιλυούχων άμμων και αργίλων είναι πιο συχνοί στα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού, ενώ δεν λείπουν και μαργαϊκές ενστρώσεις. Τα πλούσια σε άργιλο και ιλύ στρώματα χαρακτηρίζονται από έντονα τεφρά, πρασινωπά και κόκκινα χρώματα. Το πάχος του Σχηματισμού Χρυσαιγής εκτιμάται περίπου σε 40 με 50 m.

Με βάση πανίδα μικροθηλαστικών που βρέθηκε σ' ένα ιλυούχο φακό του Σχηματισμού προσδιορίστηκε η ηλικία του στο ανώτερο τμήμα του Μέσου Μειοκαίνου (KOUFOS et al., 1994).

4.2.2.1.2. Σχηματισμός Γερακαρούς

Πρόκειται για τον μεγαλύτερο σε έκταση σχηματισμό οι κύριες εμφανίσεις του οποίου τοποθετούνται στο νότιο και βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης με τυπική εμφάνισή του κοντά στο χωριό της Γερακαρούς. Ο Σχηματισμός Γερακαρούς αποτελείται, ως επί το πλείστον, από ερυθροστρώματα, δηλαδή ρυθμικές εναλλαγές χαλικιών, άμμων και αργίλων καστανέρυθρου χρώματος, τυπικών ενός χερσοποτάμιου περιβάλλοντος. Μεταξύ των ερυθροστρωμάτων παρεμβάλλονται ψαμμιτικές και μαργαϊκές ενστρώσεις κιτρινόλευκου χρώματος. τα ιζήματα του Σχηματισμού Γερακαρούς παρουσιάζουν ένα ιδιαίτερο τύπο

μορφών διάβρωσης, ο οποίος αποτελείται από βαθιές και στενές χαράδρες καθώς και γεωπυραμιδικές μορφές. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το χαρακτηριστικό χρώμα των ιζημάτων, οδηγεί στην εύκολη αναγνώριση του σχηματισμού. Το πάχος του σχηματισμού εκτιμάται, ότι είναι μεγαλύτερο των 100 m. Στα ανώτερα τμήματά του παρουσιάζεται βαθμιαία μετάβαση προς αργιλοαμμώδη υλικά, που αποτελούν και τη μεταβατική ζώνη προς το Σχηματισμό Πλατανοχωρίου.

Στα ανώτερα τμήματα του Σχηματισμού Γερακαρούς βρέθηκαν δύο απολιθωματοφόρες θέσεις θηλαστικών. Η πλούσια πανίδα που συλλέχθηκε επέτρεψε τη χρονολόγησή της. Έτσι τα ανώτερα τμήματα του Σχ. Γερακαρούς χρονολογούνται στο τέλος του Πλειοκαίνου - αρχές Πλειστοκαίνου, (KOUFOS et al., 1994). Συνεπώς για όλο το σχηματισμό ίσως μια ανωπλειοκαινική ηλικία να είναι η πιθανότερη.

4.2.1.3. Σχηματισμός Πλατανοχωρίου

Ο Σχηματισμός Πλατανοχωρίου υπέρκειται του σχηματισμού Γερακαρούς, ενώ μια μεταβατική ζώνη ιζημάτων εμφανίζεται μεταξύ των δύο σχηματισμών. Οι κύριες εμφανίσεις του σχηματισμού τοποθετούνται στο νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης και στην περιοχή, που ορίζεται από τα χωριά Ν. Απολλωνία, Πλατανοχώρι, Ριζά, Μαραθούσα. Στην πραγματικότητα τα ιζήματα του σχηματισμού εμφανίζονται στα ανώτερα ιζήματα των λόφων, ως υπολείμματα διάβρωσης. Τα ιζήματα του Σχηματισμού Πλατανοχωρίου αποτελούνται από άμμου, ψαμμίτες, ιλυώδεις αργίλους, μάργες και μαργαϊκούς ασβεστολίθους γλυκέων υδάτων, τυπικά ενός ποταμολιμναίου περιβάλλοντος. Οι αργιλικές αποθέσεις του σχηματισμού χαρακτηρίζονται από πρασινωπό χρώμα και είναι εύθρυπτες, ενώ οι άμμοι από κιτρινέρυθρο-κιτρινόλευκο κυρίως χρώμα. Η μεταβατική ζώνη ιζημάτων προς το Σχηματισμό Πλατανοχωρίου αποτελείται από εναλλαγές ερυθροστρωμάτων, ψαμμιτών και αμμούχων μαργών. Το πάχος του Σχηματισμού Πλατανοχωρίου ποικίλλει από θέση σε θέση σημαντικά και κυμαίνεται μεταξύ 10-20m.

Μέσα στο Σχηματισμό Πλατανοχωρίου εντοπίστηκαν δύο απολιθωματοφόρες θέσεις, η μια με θηλαστικά και η άλλη με μικροθηλαστικά. Ο προσδιορισμός του υλικού και των δύο πανίδων έδειξε

ότι αυτές χρονολογούνται στο τέλος του Κατωτέρου Πλειστοκαίνου. Συνεπώς ο Σχ. Πλατανοχωρίου χρονολογείται στο τέλος του Κάτω Πλειστοκαίνου (ΚΟΥΦΟΣ et al. 1994).

4.2.2.2. Μυγδονιακή ομάδα

Η Μυγδονιακή Ομάδα αποτέθηκε μετά το Κάτω Πλειστόκαινο ασύμφωνα πάνω στα ιζήματα της Προμυγδονιακής ομάδας. Η ασυμφωνία αυτή είναι καλά ορατή στη νότια πλευρά της λεκάνης (Ρέμα Λαγκαδικίων), όπου πάνω στα ερυθροστρώματα του Σχηματισμού Γερακαρούς αποτίθενται τα λεπτόκοκκα ιζήματα (λεπτοστρωμένοι τεφροπράσινοι-ιλυούχοι-αργιλούχοι άμμοι) της Μυγδονιακής Ομάδας με τη μεσολάβηση ενός κροκαλοπαγούς βάσης. Περιλαμβάνει κλαστικά ιζήματα (άμμοι, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ιλύες, άργιλοι), τα οποία έχουν μεταφερθεί με ποταμοχειμάρριες διεργασίες και έχουν αποτεθεί σ' ένα λιμναίο περιβάλλον. Τα ιζήματα της Μυγδονιακής Ομάδας αποτελούν τα υλικά πλήρωσης της Μυγδονίας λεκάνης και η κοκκομετρία τους είναι άμεση συνέπεια του περιβάλλοντος απόθεσης. Έτσι στο κέντρο της λεκάνης τα ιζήματα αυτά αποτελούνται από άμμους και ιλύες με λεπτή οριζόντια στρώση και ιλυούχους-αργιλούχους άμμους, ενώ στα περιθώριά της επικρατούν τα χονδροκλαστικά υλικά. Υπάρχουν επίσης και πολύ νέες αποθέσεις αλλουβιακών υλικών και τραβερτινών.

Δύο ενότητες ιζημάτων της Μυγδονιακής Ομάδας μπορούν να διακριθούν. Η πρώτη ενότητα εμφανίζεται στις βόρειες πλευρές της λίμνης Βόλβης. Πάνω στο υπόβαθρο έχουν αποτεθεί χονδροκλαστικά κροκαλοπαγή και άμμοι με κεκλιμένη στρώση και κροκάλες μεγέθους 0.5 m. Προς τα ανώτερα τμήματά τους και πλευρικά παρατηρείται βαθμιαία μείωση του μεγέθους, εμφάνιση οριζόντιας στρώσης και παρεμβολές-εναλλαγές στρωμάτων άμμων-ιλυούχων άμμων, με ripple marks, που φανερώνουν απόθεση σε υδάτινο (λιμναίο) περιβάλλον. Τα υλικά αυτά προέρχονται από τη διάβρωση του βασικής σύστασης, υποβάθρου στις νότιες παρυφές των βουνών της Βόλβης και θα μπορούσαν να ονομαστούν Σχηματισμούς Βόλβης. Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει πολύ λεπτόκοκκα ιζήματα με πολύ λεπτή οριζόντια στρώση. Εμφανίζονται στην περιοχή Βαμβακιάς, στη νότια πλευρά της Βόλβης και στην περιοχή

του Μελισσουργού. Αποτελούν υλικά που αποτέθηκαν σε πολύ ήρεμο υδάτινο (λιμναίο) περιβάλλον.

Μέχρι στιγμής δεν έχουν βρεθεί απολιθώματα μέσα στις αποθέσεις της Μυγδονιακής ομάδας. Συνεπώς η βιοχρονολόγησή τους δεν είναι δυνατή. Δεδομένου όμως ότι υπέρκειται του Σχηματισμού Πλατανοχωρίου (τέλος του Κ. Πλειστοκαίνου) μπορούν να χρονολογηθούν στο Μέσο-Άνω Πλειστόκαινο χωρίς όμως κάποια επιμέρους διαίρεση. Η απόθεση της Μυγδονιακής Ομάδας συνεχίζεται και στο Ολόκαινο μέχρι σήμερα με αποθέσεις αλλουβιακών υλικών, τραβερτινών και λιμναίων ιζημάτων στις λίμνες Λαγκαδά και Βόλβης.

4.3. ΛΕΚΑΝΗ ΔΥΤΙΚΗΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

4.3.1. Γενικά

Η λεκάνη της Δυτικής Χαλκιδικής περιλαμβάνει το δυτικό τμήμα του κορμού της Χαλκιδικής και τη χερσόνησο της Κασσάνδρας και καλύπτεται εξολοκλήρου από Νεογενή/Τεταρτογενή ιζήματα.

4.3.2. Λιθοστρωματογραφία

Το Νεογενές-Τεταρτογενές παχύ κάλυμμα της Δυτικής Χαλκιδικής αποτελείται κυρίως από χαλαρά κλαστικά ιζήματα, προϊόντα ποικίλων αποθετικών παλαιοπεριβαλλόντων, (χερσοποτάμιας, ποταμοδελταϊκής, λιμνο -δελταϊκής, λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις) που σχηματίστηκαν κατά την ταφρογένεση στο χώρο του Βορείου Αιγαίου. Τα ιζήματα εμφανίζονται ελαφρώς κεκλιμένα είτε προς τα ΝΝΑ (ΒΔ Χαλκιδική) είτε προς τα ΒΒΔ (Κασσάνδρα) και ελέγχουν σε μεγάλο βαθμό τη μορφολογία της περιοχής. Τα ιζήματα αυτά θεωρείται ότι αποτέθηκαν στις ανατολικές παρυφές μιας παλαιολεκάνης που δημιουργήθηκε στον ευρύτερο χώρο Αξιού-Θερμαϊκού κατά το Νεογενές, όπου η διάταξη και οι κλίσεις των ιζημάτων σε μεγάλο βαθμό ακολουθούν τη μορφολογία της. Η μελέτη των ιζημάτων αυτών από λιθο- χρονο- βιοστρωματοφασική άποψη οδήγησε (Συρίδης, 1990) στο διαχωρισμό τους στους παρακάτω σχηματισμούς από τον παλαιότερο προς το νεότερο.

4.3.2.1. Σχηματισμός Αντωνίου

Αποτελείται από εναλλαγές χαλαρών κροκαλοπαγών και λευκότεφρων άμμων. Η διαπίστωση της ύπαρξης παλαιορευμάτων οδήγησε στην υπόθεση ότι η κύρια μεταφορά των ιζημάτων έγινε στη μεν Δυτική Χαλκιδική από ΒΔ στη δε Κασσάνδρα από τα Νότια.

Η ηλικία του Σχηματισμού Αντωνίου υπολογίζεται από στρωματογραφικά στοιχεία ως παλαιότερη του Άνω Μειοκαίνου. Εξαιτίας έλλειψης όμως απολιθωμάτων δεν είναι δυνατή μια ακριβέστερη χρονολόγηση του σχηματισμού.

4.3.2.2. Σχηματισμός Τρίγλιας

Συνίσταται από ερυθροστρώματα οξειδωτικού χερσαίου περιβάλλοντος απόθεσης με επικράτηση πεδολογικών διεργασιών. Υπέρκειται του σχηματισμού Αντωνίου με βαθμιαία μετάβαση και υπόκειται του σχηματισμού Τριλόφου από τον οποίο διαχωρίζεται με επιφάνεια διάβρωσης. Τα ιζήματα αυτά συγχέονται με τα νεώτερα ερυθροστρώματα του Σχηματισμού Μουδανιών, που είναι αμέσως υπερκείμενα.

Με βάση μια μικρή πανίδα θηλαστικών που βρέθηκε μέσα στο σχηματισμό καθώς και από συγκριτικά στρωματογραφικά στοιχεία με τη λεκάνη της Θεσσαλονίκης ο Σχηματισμός Τρίγλιας χρονολογείται στο Βαλλέζιο (κατώτερο τμήμα του Άνω Μειοκαίνου).

4.3.2.3. Σχηματισμός Τριλόφου

Πρόκειται για απολιθωματοφόρα ιζήματα (άμμοι, άργιλοι, ασβεστόλιθοι) με λεπτές παράλληλες στρώσεις. Δείχνουν εκτεταμένο λιμναίο περιβάλλον απόθεσης, στα περιθώρια του οποίου παρατηρείται τροφοδοσία ποταμοχειμάρρειων υλικών. Ένα ανθεκτικό στρώμα απολιθωματοφόρου ασβεστολίθου που εμφανίζεται στα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού, σε συνδυασμό με τη μικρή κλίση δημιουργεί εκτεταμένη cuesta από τον Τρίλοφο έως την Κρήνη.

Με βάση κυρίως απολιθώματα μαλακίων ο Σχηματισμός Τριλόφου χρονολογείται στο τέλος του Άνω Μειοκαίνου ("Πόντιο").

4.3.2.4. Σχηματισμός Γωνιάς

Εναλλαγές ψαμμιτών, αργίλλων, κροκαλοπαγών, μαργών και μαζωδών ασβεστόλιθων. Περιέχει μεγάλες ποσότητες κροκαλών ηφαιστιτών. Η παρεμβολή τριών εκτεταμένων στρωμάτων μαζώδους ασβεστόλιθου δημιουργεί τρεις επάλληλες *questia* και υποδιαιρεί το Σχηματισμό σε τρία μέλη: Σιλάτων (κατώτερο), Ροδόκηπου και Καλλικράτειας (ανώτερο). Μετρήσεις παλαιορευμάτων σε συνδυασμό με την πετρογραφική σύσταση των κροκαλών των ηφαιστιτών δείχνουν ποταμοχειμάρρεια μεταφορά από τα ΒΔ προς τα ΝΑ, ίσως από την περιοχή της Αλμωπίας. Τα ιζήματα υποδηλώνουν αβαθές ποταμολιμναίο περιβάλλον με μεγάλες διακυμάνσεις και διαφοροποιήσεις.

Με βάση πανίδα μικροθηλαστικών που βρέθηκε στη βάση του, Σχηματισμού Γωνιάς χρονολογείται στο Ρουσίνιο (Κάτω Πλειόκαινο). Η ηλικία αυτή επιβεβαιώνεται και από άλλα στοιχεία που προέρχονται από την περιοχή του Μ. Εμβόλου Θεσσαλονίκης (βλ. λεκάνη Θεσσαλονίκης).

4.3.2.5. Σχηματισμός Μουδανιών

Πρόκειται για χερσοποτάμια ερυθροστρώματα με εναλλαγές φακών κροκαλοπαγών, άμμων-ψαμμιτών και αργίλων. Δεν βρέθηκαν απολιθώματα αλλά η ηλικία του Σχηματισμού από στρωματογραφικά στοιχεία υπολογίζεται ως Ανώτερο Πλειόκαινο-Κάτω Πλειστόκαινο (Βιλλαφράγκιο).

4.3.2.6. Σχηματισμός Ελαιοχωρίων

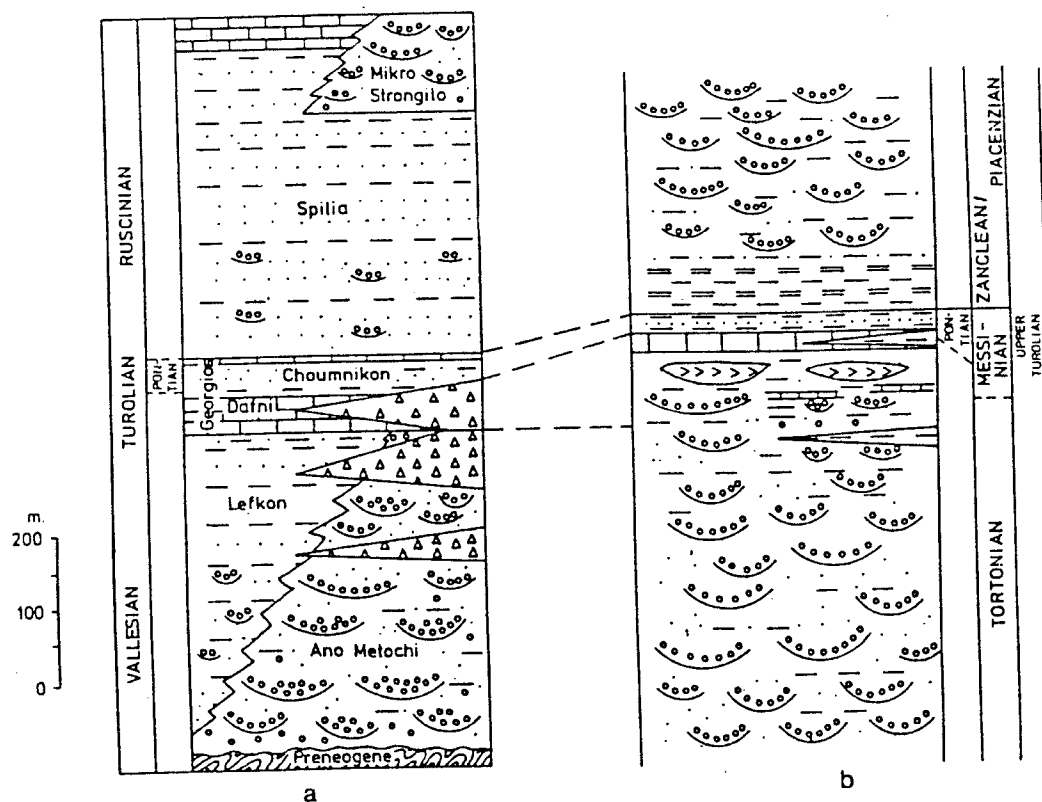
Αποτελείται από τοφφώδεις και τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους σε μη συνεχόμενα στρώματα. Η απόθεσή του έγινε διαχρονικά σε μικρά ελώδη-λιμναία, αβαθή μικροπεριβάλλοντα στις νότιες παρυφές του βουνού Κατσίκας. Η ηλικία του σχηματισμού υπολογίζεται από το Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα.

4.4. ΛΕΚΑΝΗ ΣΤΡΥΜΩΝΑ (σχ. 13)

4.4.1. Γενικά

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η γεωλογία (τεκτονική και στρωματογραφία) της ευρύτερης λεκάνης του Στρυμώνα παρουσιάζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα που αντανακλάται στις πολλές και διϊστάμενες απόψεις που έχουν εκφράσει μέχρι σήμερα οι διάφοροι ερευνητές (Freyberg 1951, Παρασκευαΐδης 1952, Gramman & Kockel 1969, Armour-Brown et al. 1977, Καρυστιναίος 1984).

Για το λόγο αυτό έγινε προσπάθεια με τις υπαίθριες παρατηρήσεις μας και τα διαθέσιμα στρωματογραφικά στοιχεία να δώσουμε μία συνθετική στρωματογραφική διάρθρωση των ιζημάτων για τις επιμέρους λεκάνες και ταυτόχρονα να είναι δυνατή μια παράλληλη συσχέτιση αυτών στο μεγαλύτερο τμήμα τους. Η περιγραφή που ακολουθεί γίνεται από τους παλαιότερους σχηματισμούς προς τους νεότερους με τις απαραίτητες συσχετίσεις και τους παραλληλισμούς.



Σχήμα 13. Συνθετικές λιθοστρωματογραφικές στήλες: (α) της περιοχής Σερρών, λεκάνη Στρυμώνα (κατά Armour-Brown et al. 1977), (β) της περιοχής Στρυμωνικού κόλπου (κατά Steffens et al. 1979).

4.4.1.1. Μειοκαινικές αποθέσεις

Οι αποθέσεις του κατώτερου Μειόκαινου αποτελούνται από πολύμεικτα αδιαβάθμητα κροκαλοπαγή με καλά αποστρογγυλεμένες κροκάλες μαρμάρου, οφειολίθων, γνευσίων-σχιστολίθων, μεγέθους έως 70 cm. Εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή Αμφίπολης επί του υποβάθρου, ενώ μικρότερες εμφανίσεις τους αναφέρονται Νότια του Κοκκινοχωρίου.

Δεν έχουν βρεθεί απολιθώματα, αλλά με στρωματογραφικά κριτήρια μπορούν να θεωρηθούν ως τα παλαιότερα Νεογενή της ευρύτερης λεκάνης του Στρυμώνα και του Στρυμωνικού Κόλπου.

Οι Άνω Μειοκαινικές αποθέσεις της λεκάνης του Στρυμώνα παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη επιφανειακή εξάπλωσή τους στα περιθώρια της λεκάνης, κυρίως στη βόρεια πλευρά του όρους Κερδύλλια ενώ στη δυτική πλευρά του Παγγαίου καλύπτονται από ένα εκτεταμένο κάλυμμα νεότερων τεταρτογενών ιζημάτων. Διακρίνονται δύο ομάδες ιζημάτων:

Η Κατώτερη ομάδα που αποτελείται από χερσαία, ποτάμια, λιμναία ιζήματα κυρίως κροκαλοπαγή, ψαμίτες, λεπτόκοκκα κλαστικά ιζήματα με λιγνίτες. Με βάση ορισμένα απολιθώματα μικροθηλαστικών που βρέθηκαν στη βάση καθώς και στα ανώτερα τμήματα της λιγνιτοφόρας στιβάδας αυτή χρονολογείται στο Άνω Μειόκαινο.

Η Ανώτερη ομάδα περιλαμβάνει απολιθωματοφόρα ιζήματα αρχικά θαλάσσιας και μετέπειτα λιμνοθαλάσσιας φάσης που έχουν αποτεθεί επικλυσιογενώς τόσο επάνω στα ιζήματα της κατώτερης ομάδας όσο και επάνω στο προ-Νεογενές υπόβαθρο. Τα κατώτερα τμήματα τους (Στρώματα Δάφνης, κατά Gramman & Kockel 1969) αποτελούνται από ψαμμίτες και ασβεστόλιθους θαλάσσιας φάσης. Τα ανώτερα τμήματα τους (Στρώματα Χουμνικού, κατά Gramman & Kockel 1969) αποτελούνται από μάργες, άμμους-ψαμμίτες, αργίλλους υφάλμυρης - λιμνοθαλάσσιας φάσης. Εμφανίζονται στους βόρειους πρόποδες του όρους Κερδύλλια και θεωρείται ότι αποτελούν την προς τα πάνω μετάβαση των υποκείμενων, θαλάσσιας φάσης, στρωμάτων Δάφνης. Η ηλικία της πιθανολογείται στο Ανώτατο Μειόκαινο.

4.4.1.2. Αποθέσεις Ανωτέρου Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου

Πρόκειται για μια ομάδα ιζημάτων, τα οποία αν και παρουσιάζουν

σημαντική εξάπλωση στη λεκάνη Στρυμώνα, εντούτοις τα διαθέσιμα στρωματογραφικά στοιχεία και απολιθώματα δεν επιτρέπουν προς το παρόν περαιτέρω διαχωρισμό και χρονολόγηση τους. Τα ιζήματα αυτά εμφανίζονται στις παρακάτω περιοχές:

α) Στην περιοχή Νότια της Νιγρίτας εμφανίζονται ερυθροστρώματα, τα οποία χαρακτηρίζονται ως Στρώματα Τερπνής. Η στρωματογραφική τους θέση δεν είναι σαφής. Επειδή βρίσκονται στα περιθώρια της λεκάνης είναι πολύ πιθανό να αποτελούνται από επάλληλες αποθέσεις ερυθροστρωμάτων διαφορετικής ηλικίας.

β) Στην περιοχή του Αηδονοχωρίου εμφανίζονται πολύμεικτα κροκαλοπαγή αποτελούμενα από εναλλαγές στρωμάτων-φακών κροκαλών και άμμου. Έχουν αποτεθεί ασύμφωνα με επιφάνεια διάβρωσης στα υποκείμενα ιζήματα και το περιβάλλον απόθεσής τους χαρακτηρίζεται λιμναίο-υφάλμυρο.

γ) Στα τμήματα του χαμηλού λοφώδους αναγλύφου που περιβάλλει την ευρύτερη περιοχή της αποξηρανθείσης λίμνης Αχινού, εμφανίζονται ως εναλλασσόμενα ποικίλου πάχους στρώματα, άμμων, ψαμμιτών, αργίλλων, λεπτοστρωμένων αργιλλούχων άμμων και λεπτών ενστρώσεων μαργαϊκών ψαμμιτών. Με βάση ορισμένες πανίδες μαλακίων μια ανωμειοκαινική-πλειοκαινική ηλικία είναι πιθανή για τις αποθέσεις αυτές (Syrides 1993) .

4.4.1.3 Πλειοκαινικές αποθέσεις

Πλειοκαινικά θαλάσσια ιζήματα εντοπίζονται στην περιοχή της Νιγρίτας. Αποτελούνται από τεφροκίτρινους άμμους και ψαμμίτες οι οποίοι περιέχουν απολιθώματα θαλάσσιων μαλακίων που δείχνουν ηλικία Πλειοκαίνου για τις αποθέσεις αυτές (Syrides, 1993).

4.4.1.4 Αποθέσεις Ανωτέρου Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου

Πρόκειται για κλαστικά ιζήματα που σχηματίστηκαν από τα υλικά διάβρωσης-αποσάθρωσης του υποβάθρου. Αποτελούνται από εναλλαγές φακοειδών ενστρώσεων λατυποκροκαλοπαγών και ερυθροστρωμάτων ποικίλου βαθμού συνοχής.

Τα ιζήματα αυτά καλύπτουν ασύμφωνα τα υποκείμενα νεογενή σε μεγάλη έκταση, σχηματίζοντας ένα εκτεταμένο παχύ (40-80 m) κάλυμμα

στη δυτική πλευρά του Παγγαίου, αποτελούμενο από πολλές επάλληλες "γενιές" ριπιδιοπαγών.

Δεν έχουν βρεθεί απολιθώματα, αλλά με συγκριτικές και λιθολογικές παρατηρήσεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν ότι αποτέθηκαν κυρίως κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου. Είναι όμως πιθανό οι κατώτεροι ορίζοντες τους να άρχισαν να αποθέτονται στο Ανώτερο Πλειόκαινο.

4.4.1.5. Αποθέσεις Τεταρτογενούς

Αποτελούνται κυρίως από πλευρικά κορήματα και αλλουβιακά ριπίδια διαφόρων ηλικιών, καθώς και από κλαστικά ιζήματα, άμμους, χαλίκια, κροκάλες και καστανέρυθρες ιλύες και αργίλλους.

Δυτικά του χωριού Δήμητρα στα υλικά μιας μικρής ποτάμιας αναβαθμίδας βρέθηκε και προσδιορίστηκε πανίδα χερσαίων μαλακίων και μικροθηλαστικών που χρονολογείται στο Ανώτερο Πλειστόκαινο (Syrides & Koliadimou, in press).

4.4.1.6. Ολοκαινικές αποθέσεις

Σύμφωνα με τα λιθολογικά τους χαρακτηριστικά και την προέλευσή τους διακρίνονται σε αλουβιακές αποθέσεις, προσχώσεις κοιλάδων και λιμναίες αποθέσεις. (αμμούχοι άργιλοι, άργιλοι ιλύες, λεπτόκοκκοι άμμοι, λιμναία ιζήματα των αποξηραμένων σήμερα Βρωμολιμνών και λίμνης Αχινού).

4.5. ΛΕΚΑΝΗ ΣΤΡΥΜΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

4.5.1. Γενικά

Πρόκειται για τη συνέχεια προς ΝΑ της λεκάνης του Στρυμώνα από την οποία διαχωρίζεται μ' ένα στενό έξαρμα του προ-Νεογενούς υποβάθρου στο χώρο της Αμφίπολης. Έχει πληρωθεί με αντίστοιχης ηλικίας ιζήματα, στα οποία όμως το θαλάσσιο περιβάλλον είναι πιο εκτεταμένο απ' ό τι στη λεκάνη Στρυμώνα.

4.5.1.1. Μειοκαινικές αποθέσεις

Είναι τα ίδια ιζήματα με τη λεκάνη Στρυμώνα

4.5.1.2. Αποθέσεις Ανωτέρου Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου

Νεογενή ιζήματα, τα οποία όμως δεν μπορούν να χρονολογηθούν και να διαχωριστούν λόγω έλλειψης απολιθωμάτων. Συμπεριλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία κλαστικών κυρίως ιζημάτων.

4.5.1.3. Πλειοκαινικές αποθέσεις

Αποτελούνται κυρίως από άμμους - ψαμμίτες λευκούκιτρινωπού χρώματος. Εμφανίζονται κυρίως στους νότιους πρόποδες του Παγγαίου στην περιοχή της Γαληψού. Περιέχουν πλούσια πανίδα απολιθωμάτων η οποία τα χρονολογεί στο Κάτω Πλειόκαινο (Psilonikos & Syrides 1983, Syrides 1993).

Στις πλειοκαινικές αποθέσεις ανήκουν και ορισμένα παράκτια κροκαλοπαγή και ψαμμίτες που αποτέθηκαν ασύμφωνα επάνω στα μάρμαρα του Παγγαίου (περιοχή Γαληψού) και αποτελούν τα ιζήματα της Κάτω Πλειοκαινικής παλαιοακτής.

4.5.1.4. Αποθέσεις Ανωτέρου Πλειοκαίνου-Κατωτέρου Πλειστοκαίνου

Πρόκειται για ερυθροστρώματα αποτελούμενα από εναλλαγές φακοειδών στρωμάτων, κροκαλών-άμμων-ιλύων-αργίλλων με ερυθροκαστανό χρώμα, τα οποία έχουν περιορισμένη εμφάνιση. Με βάση στρωματογραφικά στοιχεία χρονολογούνται στο Ανω Πλειόκαινο - Κάτω Πλειστόκαινο (Βιλαφράγκιο).

4.5.1.5. Αποθέσεις Πλειστοκαίνου

Πρόκειται για χερσαία πλευρικά κορήματα και αλλουβιακά ριπίδια διαφόρων ηλικιών, καθώς και κλαστικά ιζήματα παρόμοια της λεκάνης του Στρυμόνα.

4.5.1.6. Ολοκαινικές αποθέσεις

Κυρίως σύγχρονες παράκτιες αποθέσεις από άμμους και χαλίκια και αλλουβιακές αποθέσεις.

4.6. ΛΕΚΑΝΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ-ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ-ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ

4.6.1. Γενικά

Πρόκειται για μια μεγάλη ρηξιγενή λεκάνη που εκτείνεται από το Μοναστήρι (πρώην Γιουγκολασβία) μέχρι τα Σέρβια. Η λεκάνη φαίνεται ότι σχηματίστηκε πριν ή κατά το Μέσο Μειόκαινο. Η πλήρωσή της άρχισε αμέσως και τα Νεογενή/Τεταρτογενή ιζήματα καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα της ενώ σε μερικά σημεία υπάρχουν και εμφανίσεις του υποβάθρου.

Το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους Μεσοζωϊκού και κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα Παλαιοζωϊκού που ανήκουν όλα στην Πελαγονική ζώνη.

4.6.2. Λιθοστρωματογραφία

Τα Νεογενή/Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης διαιρούνται στους εξής σχηματισμούς (βλέπε συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη της Λεκάνης Πτολεμαΐδας, Σχ. 14).

4.6.2.1. Σχηματισμός βάσης

Πρόκειται για λιγότερο μελετημένα στρώματα της λεκάνης γιατί δεν υπάρχουν επιφανειακές εμφανίσεις τους. Διαπιστώθηκαν μόνο με γεωτρήσεις σ' ορισμένα σημεία της λεκάνης. Αποτελούνται κυρίως από κλαστικά ιζήματα και αρχίζουν με ένα χαρακτηριστικό ορίζοντα χαλαρού γνευσιακού κροκαλοπαγούς που συνεχίζεται με συμπαγή "ερυθρά ή ερυθροκίτρινα" κροκαλοπαγή με αργιλλούχα συνδετική ύλη.

Δεν υπάρχουν στοιχεία για την ηλικία του σχηματισμού αυτού. Με βάση την ηλικία του υπερκείμενου Σχηματισμού Βεγόρας θεωρείται ως παλαιότερος ή ισόχρονος του Άνω Μειοκαίνου.

4.6.2.2. Σχηματισμός Βεγόρας

Ο Σχηματισμός αυτός συνίσταται λιθολογικά από λεπτόκοκκους άμμους, μάργες, αμμούχους αργίλλους χρώματος τεφροκίτρινου ως τεφροπράσινου και από χαλαρά κροκαλοπαγή. Χαρακτηριστική η παρουσία λιγνιτών, τύπου ξυλίτη.

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΠΟΧΗ	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ (Δεσφύονται στο κλίμακα)	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
ΠΛΗΘΟΚΑΙΝΟ	Ολόκαινο (MNQ-20)	Σχηματισμός Πεδίκα		Αλλούβια, τυφοχώματα, τραβερτίνες
	Πλειστόκαινο (MNQ-19)	Σχηματισμός Προαστίου		Κοκκινοχώματα, άμμοι, κροκαλοπαγή Χαλαρά ή συνεκτικά λατυποκροκαλοπαγή
				Κροκαλοπαγή, λεπτές στρώσεις δια- σταυρωτής άμμου και αργίλου, ψηφιδωπαγή
				Λιμναίος ασβεστόλιθος
				Μάρκες, άργιλοι, άμμοι, ψηφιδωπαγή, κροκαλοπαγή
				Γαιώδης λιγνίτης τύπου Πτολεμαΐδας
				Μάρκες, άμμοι
				Γαιώδης λιγνίτης, μάρκες και άμμοι
				Αργιλομαργες Φακοειδής λιμναίοι ασβεστόλιθοι Στρώματα λεπτής άμμου Κίτρινη αμμόδης μάσα
				Τεφρή μάργα, άμμος. Ξυλίνης
ΜΕΣΟΚΑΙΝΟ Πόντιος s.l.				Πράσινη άμμος, μάργα
				Κροκαλοπαγές βάσης κρυσταλλοσχιστώδους προέλευσης
				Υπόβαθμο (ασβεστόλιθοι και κρυσταλλο- σχιστώδη πετρώματα)
ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ				

Σχήμα 14. Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη της λεκάνης Πτολεμαΐδας (Παυλίδης 1985).

Στο Σχηματισμό Βεγόρας συναντώνται κυρίως απολιθώματα, φυτών (φύλλα, σπόροι, άνθη). Με βάση τα οποία καθώς επίσης και με λιθostrωματογραφικές συσχετίσεις χρονολογείται στο Άνω Μειόκαινο-Κάτω Πλειόκαινο (Velitzelos, 1974).

4.6.3.2. Σχηματισμός Πτολεμαΐδας

Ο Σχηματισμός Πτολεμαΐδας συνίσταται από αργιλλοαμμώδη λιμναία ιζήματα που περιέχουν το γαιώδη λιγνίτη τύπου Πτολεμαΐδας. Ο Σχηματισμός μπορεί να διαιρεθεί σε τρία Μέλη από κάτω προς τα πάνω:

1. Κατώτερο Μέλος με την κατώτερη λιγνιτοφόρα στιβάδα και τα υποκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων ιζήματα, 2. Ενδιάμεσο Μέλος με τα ενδιάμεσα στείρα υλικά και 3. Ανώτερο Μέλος με τα ανώτερα στρώματα του λιγνίτη και τα υπερκείμενά του.

Ο Σχηματισμός Πτολεμαΐδας με βάση απολιθώματα μικροθηλαστικών, μεγάλων θηλαστικών και παλυνολογικά στοιχεία χρονολογείται στο Πλειόκαινο.

4.6.2.4. Σχηματισμός Προαστίου

Πρόκειται για ένα σύστημα ποταμοχειμάρριων αποθέσεων που βρίσκονται σε ασυμφωνία πάνω από τα λιμναία ιζήματα του Σχηματισμού Πτολεμαΐδας. Εμφανίζονται επιφανειακά στην περιοχή του χωριού Ανάργυροι (μέγιστο πάχος 133 μ.), στις περιοχές Σωτήρα και Πετρών, όπου σχηματίζουν λόφους, καθώς και στα υψώματα Λακκιάς, Φιλώτα, όπου το πάχος του ξεπερνά τα 30 μέτρα. Στη σύσταση του Σχηματισμού αυτού συμμετέχουν άμμοι χονδρόκοκκοι-μεσόκοκκοι, κροκαλοπαγή χαλαρά έως πολύ συνεκτικά και ψαμμίτες χαλαροί έως συνεκτικοί. Προς τα ανατολικά περιθώρια, λόγω διαβρώσεως των λιμναίων ιζημάτων, οι ποταμοχειμάρριες αυτές αποθέσεις συναντώνται σε ασυμφωνία πάνω ακριβώς από τα λιγνιτοφόρα στρώματα του Σχηματισμού Πτολεμαΐδας.

Με βάση ορισμένα απολιθώματα θηλαστικών, ο Σχηματισμός Προαστίου χρονολογείται στο Κατώτερο Πλειστόκαινο.

4.6.2.5. Σχηματισμός Περδίκας

Τα ιζήματα του Σχηματισμού Προαστίου συνεχίζουν ομαλά προς τις νεότερες αποθέσεις που αποτελούν το Σχηματισμό Περδίκας, ο οποίος έχει περισσότερο σαφή χερσαίο χαρακτήρα. Στη σύσταση του Σχηματισμού αυτού συμμετέχουν στρώματα λεπτόκοκκης άμμου με εναλλαγές ενστρώσεις αμμούχου αργίλου και μάργας κοκκινωπού χρώματος και φακοειδείς ενστρώσεις ψηφιδωπαγών και χαλαρών κροκαλοπαγών με κροκάλες μικρού μεγέθους. Στην περιοχή του κοιτάσματος Αναργύρων και όπου η διάβρωση δεν έχει επιδράσει έχουν πάχος μέχρι και 40 μέτρα. Το μέγεθός τους όμως μειώνεται σταδιακά από τα δυτικά προς τα ανατολικά, δηλαδή από τα περιθώρια προς το κέντρο της λεκάνης. Τα υλικά αυτά μεταφέρθηκαν από εποχιακούς ορμητικούς χειμάρρους και λασπορροές.

Στο Σχηματισμό Περδίκας εντάσσονται και οι νεότερες αλλουβιακές αποθέσεις, οι σύγχρονες ποτάμιες προσχώσεις καθώς και τα σύγχρονα λιμναία ιζήματα και τυρφοχώματα που αποτίθεται στις λίμνες της περιοχής (Πετρών και Χειμαδίτις).

Με βάση στρωματογραφικά στοιχεία και λίγα απολιθώματα θηλαστικών που βρέθηκαν κοντά στο χωριό Περδίκας η ηλικία του Σχηματισμού υπολογίζεται ως Μέσο Πλειστόκαινο-Ολόκαινο.

5. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ, ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

5.1. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Το νεοτεκτονικό πλαίσιο που διέπει τον Βορειοελλαδικό χώρο έχει προσδιοριστεί με νεοτεκτονικές και σεισμοτεκτονικές εργασίες που έγιναν τα τελευταία χρόνια στον ευρύτερο χώρο Μακεδονίας - Θράκης, αλλά και από γεωφυσικές μελέτες στον θαλάσσιο χώρο του Βορείου Αιγαίου.

Χρονικά σηματοδοτείται από την δημιουργία και την έναρξη πλήρωσης των μεγάλων λεκανών που υφίστανται στον Βορειοελλαδικό χώρο με τα μετα-Αλπικά Νεογενή ιζήματα, όπως της λεκάνης Στρυμόνα, Αξιού, Δράμας, Πτολεμαΐδας-Κοζάνης κλπ. Ωστόσο το νεοτεκτονικό πλαίσιο του Βορειοελλαδικού χώρου και η εξέλιξη της παραμόρφωσης μέσα σ' αυτό, σχετίζεται άμεσα με την υποβύθιση της Αφρικανικής ηπείρου κάτω από την Ευρωπαϊκή και τη διαμόρφωση του Ελληνικού τόξου, η έναρξη του οποίου τοποθετείται στα 13 My (Μέσο Μειόκαινο στο διάστημα μεταξύ Σεραβάλλιου και Τορτόνιου). Έτσι ο εσωτερικός Ελληνικός χώρος θεωρείται ως μια οπισθοτόξια περιοχή (back-arc area) σε άμεση συνάρτηση εξελικτικά με το Ελληνικό τόξο.

Ανέξαρτητα όμως από το χρόνο έναρξης του νεοτεκτονικού πλαισίου του Βορειοελλαδικού χώρου, και γενικότερα του Ελληνικού χώρου, η νεοτεκτονική παραμόρφωση και η σύγχρονη ενεργός τεκτονική του Βορειοελλαδικού χώρου χαρακτηρίζονται από ένα εκτεταμένο εφελκυστικό πεδίο με δημιουργία κανονικών και πλαγιοκανονικών ρηγμάτων κυρίως μέσα στις ιζηματογενείς αποθέσεις που πληρώνουν τις Νεογενείς και Τεταρτογενείς λεκάνες. Εξαιτίας του εφελκυσμού αυτού προκαλείται επίσης επαναδραστικοποίηση πολλών παλαιότερων ασθενικών τεκτονικών γραμμών, τόσο μέσα στα νεογενή ιζήματα όσο και μέσα στα πετρώματα του υποβάθρου, οι οποίες και επαναλειτουργούν ως κανονικά ή πλαγιοκανονικά ρήγματα. Πρέπει όμως να αναφέρουμε ότι η θραυστιγενής παραμόρφωση του υποβάθρου ίσως είναι πιο πολύπλοκη

δεδομένου ότι έχουν εντοπισθεί πολλά ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης η γεωδυναμική σημασία των οποίων δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί πλήρως.

Η διεύθυνση του μέγιστου εφελκυσμού προσδιορίζεται σε (1) BA-NA διεύθυνση κατά το διάστημα Ανω Μειοκαίνου-Κάτω Πλειστοκαίνου και (2) σε γενική διεύθυνση B-N από το Μέσο Πλειστόκαινο ως σήμερα. Μάλιστα η εξέλιξη του πρώτου BA-NA εφελκυστικού πεδίου στο δεύτερο B-N που ουσιαστικά είναι ο ενεργός εφελκυσμός, καθώς επίσης η λειτουργία των υφιστάμενων ρηγμάτων (γεωμετρία και κινηματική συμπεριφορά) είναι θέματα που παραμένουν υπό έρευνα, καθ' όσον μάλιστα πολλές φορές γίνονται περισσότερο πολύπλοκο με τις διάφορες περιστροφές των τεμαχίων που έχουν εντοπιστεί με παλαιομαγνητικές μεθόδους, όπως π.χ ο χώρος της NA Χαλκιδικής, η οποίος παρουσιάζει δεξιόστροφη περιστροφή των 30° .

Ιδιαίτερης όμως σημασίας είναι το γεγονός ότι ο ενεργός εφελκυσμός του Βορειοελλαδικού χώρου παρουσιάζει μια περίπου ακτινωτή ανάπτυξη (ή ανάπτυξη Βεντάλιας) με τη διεύθυνση του μέγιστου άξονα έκτασης σ_3 να στρέφεται από BBA-διεύθυνση στην Δυτική Μακεδονία σε B-N στην Κεντρική Μακεδονία και σε BBA-διεύθυνση στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Αυτά προκύπτουν κυρίως από τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών που έχουν καταγραφεί κατά τον παρόντα αιώνα στον Βορειοελλαδικό χώρο, αλλά ακόμη και τις *in situ* μετρήσεις της τάσης και τις τεκτονικές μετρήσεις των κινήσεων στα νεοτεκτονικά ρήγματα.

Η μικρή σχετικά αυτή μεταβολή του μέγιστου εφελκυσμού φαίνεται σε μεγακλίμακα να είναι σταδιακή (ή βαθμιαία) από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά και γίνεται αντιληπτή στη γεωμετρία των ρηγμάτων, όσο και στην κινηματική τους. Έτσι τα μεγάλα ενεργά ρήγματα στο χώρο της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης έχουν κυρίως διεύθυνση A-Δ μέχρι και ΔBA-ANA, με αποτέλεσμα τα περιθώρια των λεκανών με BA-NA ανάπτυξη να έχουν επηρεαστεί σημαντικά από την A-Δ διεύθυνση, ενώ στο χώρο της Δυτικής Μακεδονίας τα ενεργά ρήγματα έχουν ΔNA-ABA διεύθυνση όπως το πρόσφατο σεισμικό ρήγμα του Αλιάκμονα στην περιοχή Γρεβενών-Κοζάνης που η τελευταία δραστηριοποίηση του προκάλεσε τον μεγάλο καταστροφικό σεισμό της 13ης Μαΐου 1995 με μέγεθος $M_s=6.5$.

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο στο νεοτεκτονικό πλαίσιο του Βορειοελλαδικού χώρου είναι η Τάφρος του Βορείου Αιγαίου που αποτελεί μια μεγάλη μορφοτεκτονική δομή με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και η οποία δεσπόζει στο Βορειοελλαδικό ευρύτερο χώρο. Όπως προσδιορίζεται από τους μηχανισμούς γένεσης διαφόρων μεγάλων σεισμών στο χώρο της Τάφρου του Βορείου Αιγαίου η κινηματική συμπεριφορά των ρηγμάτων που την συγκροτούν δεν εμπίπτει σ' αυτή των μεγάλων κανονικών ρηγμάτων όπως προαναφέραμε, αλλά αντίθετα σε ρήγματα που χαρακτηρίζονται από δεξιόστροφη οριζόντια μετατόπιση.

Ακόμη όμως και η ίδια η γεωμετρική ανάπτυξη της Τάφρου του Βορείου Αιγαίου δημιουργεί ερωτηματικά για την συμβατότητα του χώρου αυτού ως τυπικής οπισθοτόξιας περιοχής συνδεδεμένης με μια ζώνη υποβύθισης. Για τους λόγους αυτούς πρόσφατα προτάθηκε από τους Pavlides et al. (1990) ότι ο χώρος του Βορείου Αιγαίου και της Κεντρικής Μακεδονίας παρουσιάζει μια εφελκυσμένη διατμητική ενδοηπειρωτική παραμόρφωση σαν αποτέλεσμα όχι μόνο της ενεργού εξέλιξης του Ελληνικού τόξου που προκαλείται από την υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας, αλλά και της κίνησης προς τα Δυτικά της Τουρκικής μικροπλάκας, με συνλειτουργία τόσο των κανονικών ρηγμάτων όσο και των ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης.

Πρόσφατα επίσης έχει διατυπωθεί μια διαφορετική άποψη για την εξέλιξη του Βορειοελλαδικού χώρου από τους Dinter et al. (1994), σύμφωνα με την οποία ο χώρος της Θράκης και της Κεντρικής Μακεδονίας μέχρι τον Αξιό, έχει παραμορφωθεί από το Ανω Μειόκαινο μέχρι το Κάτω Πλειόκαινο κυρίως με μικρής γωνίας παράλληλες εκτατικές ζώνες αποκόλλησης (κανονικά ρήγματα πολύ μικρής γωνίας βύθισης) με διεύθυνση κυρίως ΒΔ-ΝΑ και βύθιση προς τα ΝΔ, που συμπίπτουν σε διεύθυνση μ' αυτή των ΒΑ περιθωρίων των μεγάλων κύριων λεκανών. Από το Ανω Πλειόκαινο μέχρι σήμερα η παραμόρφωση του χώρου αυτού γίνεται με την συνλειτουργία μιας κύριας ζώνης αποκόλλησης, στην ανατολική πλευρά του Ολύμπου με βύθιση προς τα ΒΑ, τα μεγάλης γωνίας κανονικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης στα περιθώρια των λεκανών π.χ. Στρυμώνα και το σύστημα ρηγμάτων της Τάφρου του Βορείου Αιγαίου με κινήσεις δεξιόστροφης οριζόντιας μετατόπισης σαν ένα ρήγμα μεταβίβασης της παραμόρφωσης.

Τέλος μέσα σ' αυτό τον εκτεταμένο εφελκυσμό που δεσπόζει κατά την νεοτεκτονική παραμόρφωση πρέπει να σημειώσουμε ότι έχουν αναφερθεί από μερικούς γεωεπιστήμονες ρήγματα μέσα ακόμη και στα Νεογενή ιζήματα που προσδιορίζουν σμίκρυνση του χώρου σ' αντίθεση με το γενικότερο εφελκυστικό πλαίσιο. Οι παρατηρήσεις αυτές δημιουργούν σημαντικά ερωτηματικά εάν αποτελούν στοιχεία σμίκρυνσης του χώρου σε κάποια περίοδο μέσα στην νεοτεκτονική εξέλιξη. Παραταύτα, φαίνεται βάση των μέχρι σήμερα διαθέσιμων στοιχείων (μικρού αριθμού τους και της παρουσίας τους) ως πιο λογική εξήγηση να αποτελούν αποτέλεσμα συμπιεστικών δυνάμεων που δημιουργούνται τοπικά ή λόγω του γενικότερου εφελκυσμού, της βαρύτητας ή ακόμη της ύπαρξης κάποιων φυσικών στοιχείων-τοιχωμάτων (boundary elements) που υλοποιούνται από την παρουσία των μεγάλων ρηγμάτων.

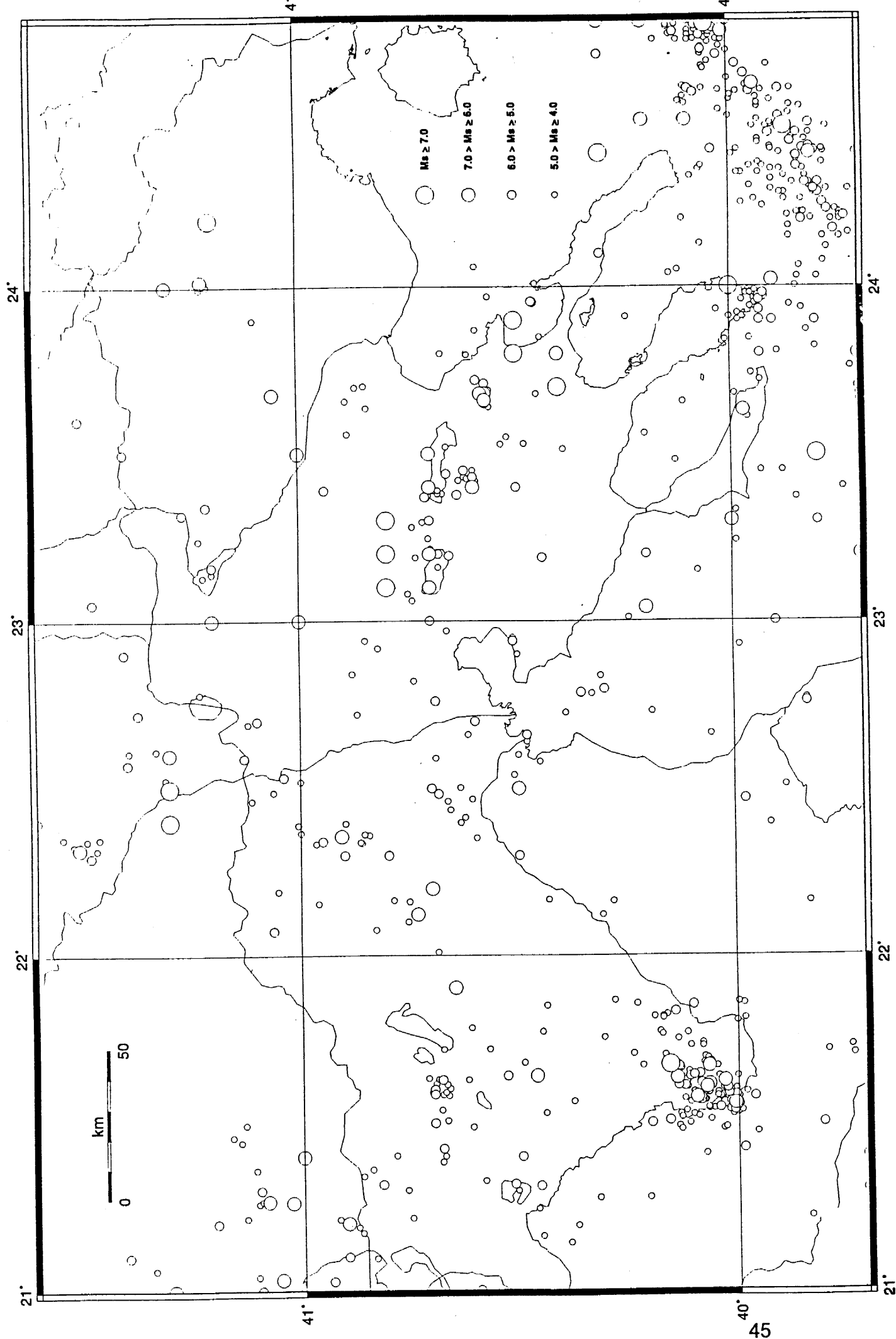
5.2. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

5.2.1. Σεισμικότητα της περιοχής κατά τον παρόντα αιώνα

Στο επίθεμα του χάρτη και στο σχήμα 15 φαίνονται τα επίκεντρα όλων των σεισμών με μέγεθος $M_s \geq 4.0$ του παρόντα αιώνα. Τα επίκεντρα αυτά αφορούν το σύνολο των σεισμών που ικανοποιούν τα κριτήρια πληρότητας τα οποία φαίνονται στο σχήμα. Είναι εμφανές ότι στην περιοχή της Μακεδονίας η υψηλότερη σεισμικότητα παρουσιάζεται στην περιοχή της Σερβομακεδονικής μάζας, όπου έχουμε και τους μεγαλύτερους επιφανειακούς σεισμούς του παρόντα αιώνα (Gresna, $M_s=7.6$ και Αγ.Ορος, $M_s=7.4$).

Ο πρώτος μεγάλος σεισμός της περιοχής είναι ο σεισμός της Ασσήρου τον Ιούλιο του 1902 με $M_s=6.6$. Στο βόρειο τμήμα της ζώνης είχαμε δύο μεγάλους σεισμούς το 1903 και 1904 στην περιοχή της Gresna της Βουλγαρίας με μεγέθη $M_s=7.6$ και άλλους δύο στην περιοχή Valandovo της Γιουγκοσλαβίας το 1931 με μεγέθη $M_s=6.1$ και $M_s=6.6$, αντίστοιχα. Στο νότιο τμήμα της ζώνης έχουμε το μεγάλο σεισμό του Αγίου Ορους με μέγεθος $M_s=7.4$ καθώς και τους σεισμούς του 1932 και 1933 στην περιοχή

Σχήμα 15. Χάρτης της σεισμικότητας της Μακεδονίας



Ιερισσού και Βόλβης με μεγέθη μέχρι $M_s=6.9$. Στους πρόσφατους χρόνους είχαμε το σεισμό της 20ης Ιουνίου 1978 στη Μυγδονία λεκάνη με μέγεθος $M_s=6.5$ καθώς και τον πρόσφατο σεισμό της 4 Μαΐου 1995 με μέγεθος $M_s=5.8$.

Στην υπόλοιπη Μακεδονία έχουμε διάφορες σεισμικές ακολουθίες σχεδόν σε όλες τις περιοχές. Η σύγχρονη καταγραφή της σεισμικότητας δείχνει συγκεντρώσεις σεισμικότητας σε διάφορες περιοχές, οι οποίες συχνά παρουσιάζουν γραμμική διάταξη η οποία μπορεί να συσχετιστεί με ενεργά ρήγματα. Οι πιο ακριβείς όμως πληροφορίες είναι αυτές οι οποίες αφορούν ισχυρές σεισμικές ακολουθίες μετά από το 1980, οπότε άρχισε η λειτουργία του τηλεμετρικού σεισμολογικού δικτύου του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Α.Π.Θ. Τρεις είναι οι κυριώτερες ισχυρές ακολουθίες: α) η ακολουθία της Γρίβας (21 Δεκεμβρίου 1990, $M_s=5.9$, β) η ακολουθία της Αρναίας (4 Μαΐου 1995, $M_s=5.8$) και, γ) η ακολουθία της Κοζάνης (13 Μαΐου 1995, $M_s=6.6$). Η περιοχή της Αρναίας εμπίπτει στο χώρο της Σερβομακεδονικής μάζας ενώ η Γρίβα βρίσκεται στα όρια αυτής της μάζας. Αντίθετα η Κοζάνη βρίσκεται σε περιοχή χαμηλής σεισμικότητας (Papazachos, 1990). Ο μόνος γνωστός σεισμός στην περιοχή είναι ο σεισμός του Φεβρουαρίου 896 ($M \approx 6.0$), 45 km ΒΔ της Κοζάνης, ο οποίος κατέστρεψε την πόλη της Βέροιας (Papazachos and Papazachou, 1989). Υπάρχουν ενδείξεις ότι κάποιες ζημιές έγιναν σε εκκλησίες στην Κοζάνη το 1721 αλλά δεν υπάρχουν σαφείς πληροφορίες για την ακριβή αιτία των ζημιών αυτών.

5.2.2. Πρόσφατη σεισμική δράση

Η λειτουργία του τηλεμετρικού δικτύου του εργαστηρίου Γεωφυσικής επέτρεψε τον ακριβή προσδιορισμό των παραμέτρων των σεισμικών εστιών για τον ευρύτερο βορειοελλαδικό χώρο. Η πληρότητα των δεδομένων που παράγονται αφορά σεισμούς με μέγεθος $M_s \geq 2.6$. Η κατανομή των σεισμικών εστιών έχει δείξει ότι πρόκειται για επιφανειακούς σεισμούς με βάθη μέχρι 15 km (Scordilis et al., 1992; Karakostas et al., 1995). Η μελέτη της σεισμικότητας αυτής δείχνει, εκτός από τις προαναφερθείσες τρεις σεισμικές ακολουθίες, σημαντικές

συγκεντρώσεις σεισμικότητας στην περιοχή της Μυγδονίας λεκάνης. Σημαντικές όμως συγκεντρώσεις έχουμε και στις περιοχές της Ιερισσού, στην είσοδο του κόλπου της Κασσάνδρας, στην ευρύτερη περιοχή της Γουμένισσας, στο Θερμαϊκό κόλπο και στο νότιο τμήμα της Σιθωνίας. Τόσο η συστηματική μελέτη της σεισμικότητας, όσο και μικροσεισμικές μελέτες (Scordilis et al., 1989; Hatzidimitriou et al., 1991) επιβεβαιώνουν αυτή την ανομοιογενή κατανομή και την ομαδοποίηση (clustering) της σεισμικότητας. Φαίνεται πάντως η έντονη σεισμικότητα της Μυγδονίας η οποία εκτείνεται προς την Ιερισσό είναι τμήμα της μετασεισμικής δραστηριότητας του σεισμού του 1978. Αυτό επιβεβαιώνεται από πρόσφατα στοιχεία (Hatzidimitriou et al., 1995), τα οποία δείχνουν σχεδόν ολοκληρωτική απουσία αξιόλογης σεισμικότητας στην περιοχή μεταξύ των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά, με αντίστοιχη υψηλή σεισμικότητα και ακολουθίες σε άλλες περιοχές της Σερβομακεδονικής (Αρναία, Νέα Σάντα-Νέα Μεσημβρία) ή της υπόλοιπης Μακεδονίας (Κοζάνη).

5.2.3. Το πεδίο τάσεων στην περιοχή

Η σεισμική ακολουθία του 1978 αποτέλεσε το κυριότερο κίνητρο για μελέτη του πεδίου τάσεων της περιοχής. Οι μελέτες στη περιοχή της Μυγδονίας (Papazachos et al., 1980; Soufleris, 1980; Carver and Bollinger, 1981) έδειξαν ένα πεδίο τάσεων περίπου B-N ως BBA-NNΔ. Όμως οι μελέτες οι οποίες ακολούθησαν στη συνέχεια σε άλλες περιοχές της Μακεδονίας έδειξαν ένα πεδίο τάσεων BBD-NNA. Πρόσφατες μελέτες (Papazachos et al., 1992; Papazachos and Kiratzi, 1995) δείχνουν ένα σχεδόν εφελκυστικό πεδίο τάσεων με διεύθυνση \approx B20°Δ. Οι ταχύτητες παραμόρφωσης είναι της τάξης των 1-2 mm/yr, οι οποίες όμως τοπικά φθάνουν μέχρι και τα 12 mm/yr στη Σερβομακεδονική ζώνη. Με τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν οι μηχανισμοί γένεσης των πρόσφατων σεισμών της Αρναίας, Ζαγκλιβερίου, και Νέας Σάντας-Νέας Μεσημβρίας οι οποίοι δείχνουν παρατάξεις B75°Α, B70°Α και B60°Α (Karacostas et al., 1995). Καθώς μεταβαίνουμε προς τα Δυτικά το πεδίο τάσεων παρουσιάζει μία αριστερόστροφη μεταβολή και γίνεται σταδιακά σχεδόν ΒΔ-ΝΑ (Papazachos and Kiratzi, 1995). Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώθηκε και από

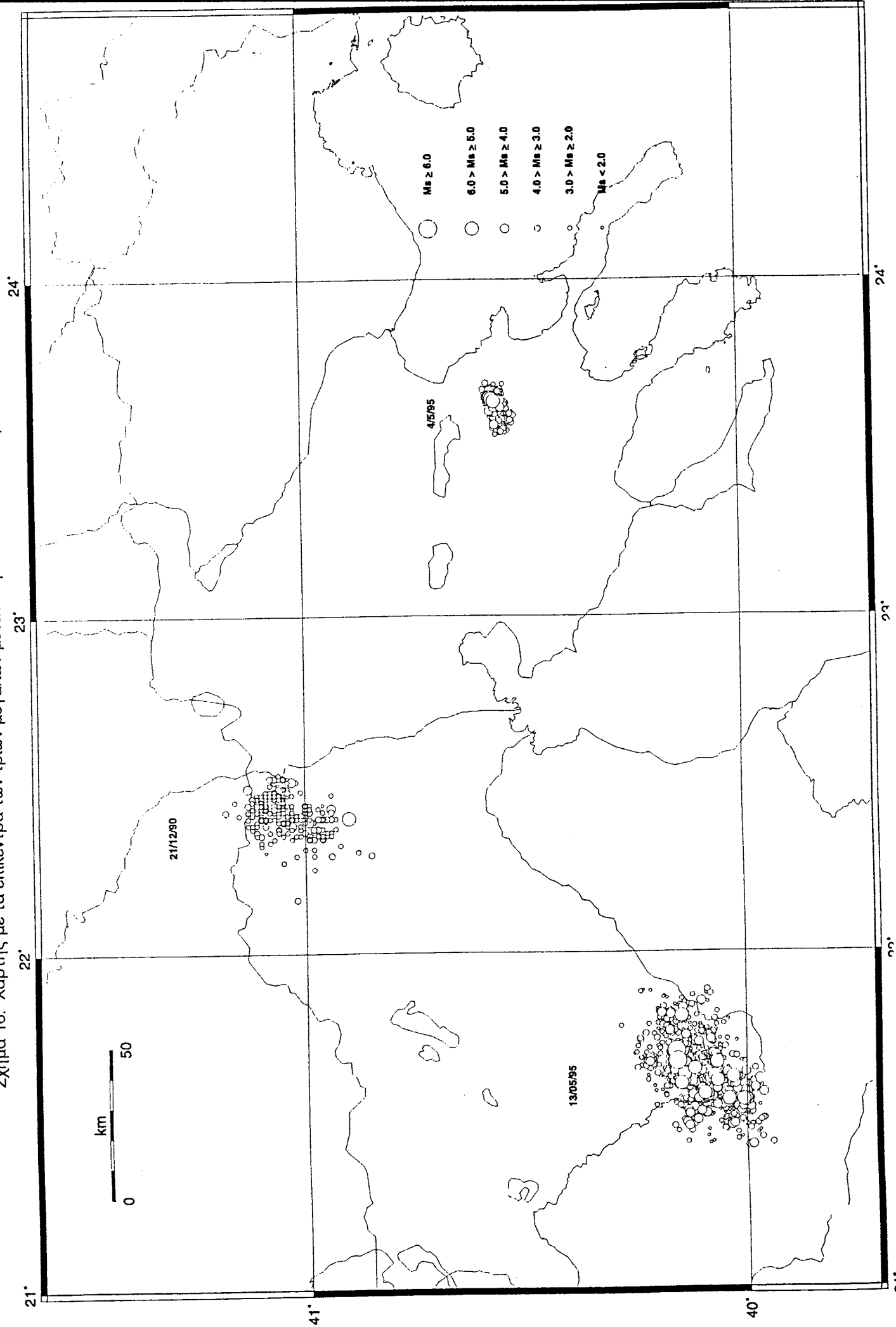
τον πρόσφατο σεισμό της Κοζάνης ο οποίος παρουσιάζει μία παράταξη περίπου $B50^{\circ}-60^{\circ}\Delta$ (Parazachos et al., 1995). Πάντως πρόσφατες γεωδαιτικές μελέτες (Bard et al., 1995) καθώς και ο άξονας μέγιστου εφελκυσμού του σεισμού της Αρναίας (Karakostas et al., 1995) επιβεβαιώνουν ότι ειδικά στην περιοχή των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδάς, το εφελκυστικό πεδίο είναι σχεδόν B-N ή και ελαφρά BBA-NNΔ ($\pm 10^{\circ}$), όπως προτείνουν και οι μελέτες του σεισμού του 1978.

Όπως αναμένεται και από το πεδίο τάσεων, τα ρήγματα των σεισμικών ακολουθιών της περιοχής είναι κανονικά. Σε πολλές όμως περιπτώσεις παρουσιάζεται σημαντική οριζόντια συνιστώσα, η οποία ορισμένες φορές είναι και η κυρίαρχη, καθώς πλησιάζουμε την τάφρο του Βορείου Αιγαίου. Η συνιστώσα αυτή φαίνεται ότι είναι αποτέλεσμα της δεξιόστροφης κίνησης του ρήγματος του Βορείου Αιγαίου, που αποτελεί προέκταση του ρήγματος της Ανατόλια, η οποία “επεκτείνεται” προς τα βόρεια δίνοντας αυτές τις δεξιόστροφες συνιστώσες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο πρόσφατος σεισμός της Αρναίας ο οποίος είχε μία αναλογία 1:2 της δεξιόστροφης προς την κανονική συνιστώσα. Αυτή η συνιστώσα είναι υπεύθυνη και για το ότι ενώ η παράταξη του ρήγματος συμπίπτει με αυτή που αναμένεται από ένα BBA-NNΔ πεδίο τάσεων, ο άξονας εφελκυσμού έχει διεύθυνση $B10^{\circ}\Delta$. Σε ορισμένες περιπτώσεις έχουμε ακόμα και την παρουσία ανάστροφων ρηγμάτων (Hazfeld et al., 1987, Karakostas et al., 1995) για τα οποία έχουν δοθεί διάφορες ερμηνείες για την παρουσία τους στο παρόν εφελκυστικό πεδίο της περιοχής.

5.2.4. Πρόσφατες σεισμικές ακολουθίες

Στο σχήμα 16 παρουσιάζονται τα πλήρη δεδομένα για τις μεγαλύτερες μετασεισμικές ακολουθίες της Γρίβας, Αρναίας και Κοζάνης, μετά το 1980 οπότε και έχουμε στοιχεία υψηλής ακρίβειας. Και στις τρεις περιπτώσεις η σεισμικότητα καθορίζει πολύ καλά τη παράταξη του ρήγματος, η οποία συσχετίζεται εξαιρετικά με τις παρατάξεις που προκύπτουν από τους μηχανισμούς γένεσης, όπως αυτοί υπολογίζονται από πρώτες αφίξεις και από μελέτες της χωροχρονικής εξέλιξης της

Σχήμα 16. Χάρτης με τα επίκεντρα των τριών μεγάλων μετασεισμικών ακολουθιών μετά το 1980.



μετασεισμικής ακολουθίας αυτών των σεισμών (Panagiotopoulos, 1994; Papazachos et al., 1995a,b; Karakostas et al., 1995). Και στις τρεις περιπτώσεις παρατηρείται η αναμενόμενη από το πεδίο τάσεων ABA-ΔΝΔ διεύθυνση των ρηγμάτων. Η συσχέτιση αυτή είναι καλύτερη για την Αρναία, όπου το επίκεντρο του σεισμού βρίσκεται μέσα στο σεισμολογικό δίκτυο του ΑΠΘ και λιγότερο καλή για την περίπτωση της Γρίβας, όπου το τότε υπάρχον δίκτυο είχε μικρότερο αριθμό σταθμών.

Είναι αρκετά ενδιαφέρον ότι ο σεισμός της Κοζάνης παρουσιάζει μέχρι σήμερα ιδιαίτερα υψηλή μετασεισμική δραστηριότητα. Επιπλέον, τόσο η μελέτη του σεισμού της Αρναίας, όσο και η μελέτη των μικρότερων σεισμών της Νέας Σάντας-Νέας Μεσημβρίας (Ιανουάριος-Φεβρουάριος 1995, $M_s \leq 4.8$), σε συνδυασμό με την υψηλή ακρίβεια των επικέντρων λόγω της θέσης των επικέντρων ως προς το σεισμολογικό δίκτυο, δείχνουν ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν έχουμε ενεργοποίηση όλου του ρήγματος, ούτε σε όλο το μήκος του, ούτε σε όλο το βάθος του. Αντίθετα φαίνεται ότι έχουμε τη θραύση κάποιων εμποδίων στο ρήγμα και πιθανότατα την παραμονή κάποιων φραγμάτων τα οποία παραμένουν άθραυστα. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές για την τελευταία σεισμική ακολουθία στην οποία η δραστηριοποίηση στην περιοχή της Νέας Σάντας οδηγεί σε δραστηριοποίηση στην περιοχή της Νέας Μεσημβρίας, και αντίστροφα (Χατζηδημητρίου, προσ.επικ.). Επιπλέον, η γενικότερη σεισμικότητα της περιοχής δείχνει την ύπαρξη ενός ρήγματος μεταξύ των δύο περιοχών με μήκος περίπου 30 km.

5.3. ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται αναλυτικά τα κυριώτερα ενεργά ρήγματα της Μακεδονίας. Ως βασικό κριτήριο για να χαρακτηριστεί κάποιο ως κύριο ρήγμα και να συμπεριληφθεί στον κατάλογο των “κυριώτερων ρηγμάτων” που αναλύονται παρακάτω, θεωρείται η σεισμική επικινδυνότητά του, η οποία καθορίζεται από το αν είναι συνδεδεμένο με συγκεκριμένους σεισμούς ή υπάρχουν βάσιμες γεωλογικές ενδείξεις ότι είναι ενεργό σε συνδυασμό βέβαια με το μεγάλο

μήκος ή το μεγάλο άλμα του, που εγείρει βάσιμες υπόνοιες ότι μπορεί να ενεργοποιηθεί να προκαλέσει σεισμό σχετικά μεγάλο ($M \geq 6.0$).

Επιπρόσθετα περιγράφονται και ορισμένα μόνο από τα μη ενεργά ρήγματα για τα οποία είτε υπάρχουν υπόνοιες ότι μπορεί να είναι ενεργά και απλώς δεν υπάρχουν γιαυτό στοιχεία παρατηρήσιμα στο ύπαιθρο, είτε πρόκειται για μεγάλου μήκους ρηξιγενείς γραμμές που δεν έχουν εντοπισθεί στο ύπαιθρο γεωλογικά (παρά μόνο από δορυφορικές εικόνες ή γεωφυσικές μεθόδους) αλλά λόγω του μεγάλου μήκους τους ή άλλων χαρακτηριστικών τους (διεύθυνση κλπ) οφείλεται να προσεχθούν.

Λόγω του μεγάλου γεωγραφικού χώρου της Μακεδονίας και για τη διευκόλυνση της παρουσίασης τα μεγάλα ρήγματα αριθμήθηκαν κατά σειρά και ομαδοποιήθηκαν αυθαίρετα σε τέσσερις (4) γεωγραφικές περιοχές:

- Η (Α) ομάδα περιλαμβάνει ρήγματα της Δυτικής Μακεδονίας.
- Η (Β) ομάδα περιλαμβάνει τον ευρύτερο χώρο της Λεκάνης Αξιού-Θεσσαλονίκης-Αλμωπίας.
- Η (Γ) ομάδα περιλαμβάνει την υπόλοιπη Κεντρική Μακεδονία, και κυρίως τις περιοχές Χαλκιδικής και Κιλκίς.
- Η (Δ) ομάδα την Ανατολική Μακεδονία.

(Α) ΟΜΑΔΑ ρηγμάτων Δυτικής Μακεδονίας.

Στην ομάδα αυτή περιγράφονται τα ενεργά ρήγματα που έχουν εντοπισθεί στον ευρύτερο χώρο της μεγάλης Νεογενούς-Τεταρτογενούς λεκάνης Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας-Κοζάνης, η οποία έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Τα ρήγματα αυτά κόβουν εγκάρσια τη λεκάνη, έχοντας διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ, με σημαντικότερο το ρήγμα του Αλιάκμονα που θεωρητικά αποτελεί το νότιο όριο της λεκάνης και τμήμα του οποίου ενεργοποιήθηκε πρόσφατα (13.5.1995) και προκάλεσε το μεγάλο σεισμό Κοζάνης-Γρεβενών.

1. Σύστημα ενεργών σεισμικών ρηγμάτων ζώνης Αλιάκμονα

Η τεκτονική γραμμή του ποταμού Αλιάκμονα είναι η σημαντικότερη νεοτεκτονική ρηξιγενής ζώνη στο χώρο της Δυτικής Μακεδονίας και προεκτείνεται μέχρι την Κεντρική Μακεδονία με συνολικό μήκος πάνω

από 70 km. Ακολουθεί στενά την κοίτη του ποταμού Αλιάκμονα από την περιοχή Γρεβενών, Κοζάνης, διασχίζει το Βέρμιο, πάντοτε με γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και καταλήγει στην πεδιάδα Βέρροιας-Θεσσαλονίκης.

Ασφαλώς πρόκειται για ρηξιγενή ζώνη που είχε σημαντική τεκτονική δράση για μακρά περίοδο στους νεοτεκτονικούς χρόνους (Νεογενούς-Τεταρτογενούς), και έχει κόψει εγκάρσια τις οροσειρές Βουρίνου και Βερμίου για να δημιουργηθεί η δίοδος του Αλιάκμονα ποταμού.

Η ρηξιγενής ζώνη του Αλιάκμονα αποτελείται από συνεχόμενα, αυτόνομα (;) τμήματα (segments) που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνίες. Η τμηματοποίηση (segmentation) της ρηξιγενούς ζώνης του Αλιάκμονα επιβεβαιώθηκε με το σεισμό της 13ης Μαΐου 1995 κατά τον οποίο ενεργοποιήθηκε ένα μόνο τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης και προκάλεσε το σεισμό μεγέθους $M=6.6$ (Μουντράκης et al. 1995).

Τα τμήματα της ρηξιγενούς ζώνης που θα περιγραφούν στη συνέχεια ως αυτόνομα ρήγματα είναι από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά τα εξής: α. Σεισμικό ρήγμα Ρυμνίου-Σαρακήνας, β. Ενεργό ρήγμα Σερβίων-Βελβενδού, γ. Ενεργό ρήγμα Βερμίου-Βεργίνας.

α. Σεισμικό ρήγμα Ρυμνίου-Σαρακήνας.

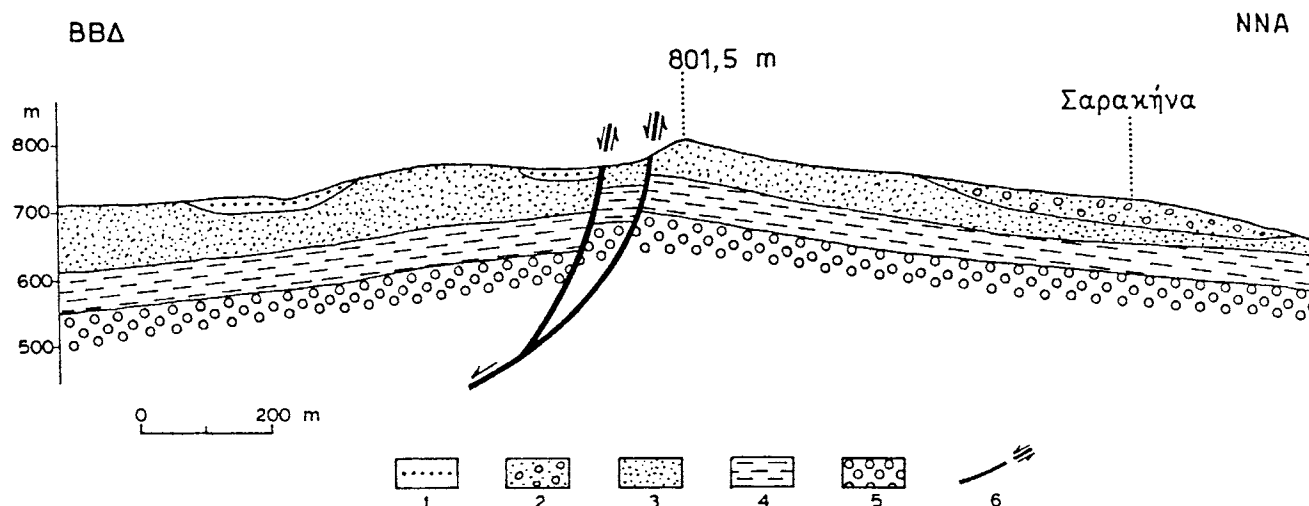
Είναι το τμήμα (segment) της ρηξιγενούς ζώνης του Αλιάκμονα που ενεργοποιήθηκε και προκάλεσε το σεισμό Κοζάνης-Γρεβενών, μεγέθους $M=6.6$, στις 13.5.95.

Το ρήγμα έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ ($60-70^\circ$) κλίση, υπολογιζόμενη από κατανομή των εστιών της σεισμικής ακολουθίας, περίπου $30-35^\circ$ προς ΒΔ και μετάπτωση του βορειοδυτικού τεμάχους. Πρόκειται για ρήγμα κανονικό, λιστρωτό.

Το συνολικό μήκος του σεισμικού ρήγματος είναι 30 km και διέρχεται από τα χωριά Ρύμνιο, Παλαιοχώρι, Σαρακήνα, Κέντρο, Νησί.

Στην περιοχή του Ρυμνίου το ρήγμα (ως νεοτεκτονικό ρήγμα) εμφανίζει την παλαιότερη του κατοπτρική επιφάνεια στους Μεσοζωϊκούς ασβεστόλιθους και τις νεότερες παράλληλες ρηξιγενείς του επιφάνειες στα Πλειοκαινικά-Τεταρτογενή ιζήματα που ανήκουν στην ευρύτερη λεκάνη Κοζάνης-Πολυφύτου. Στη συνέχεια το ρήγμα από το Ρύμνιο μέχρι σχεδόν το Παλαιοχώρι διασχίζει οφειολιθικά πετρώματα της μάζας του

Βουρινου (Υποπελαγονικής ζώνης) και από το Παλαιοχώρι προς τα ΝΔ μέχρι το χωριό Νησί διασχίζει τα μολασσικά ιζήματα (σχηματισμός Τσοτυλίου) της Μεσοελληνικής αύλακας και τις Πλειο-πλειστοκαινικές ποταμοχειμάρριες αποθέσεις της λεκάνης Γρεβενών (σχ. 17).



Σχήμα 17. Γεωλογική τομή που δείχνει την τεκτονική εικόνα στο ρήγμα που προκάλεσε το σεισμό ($M=6,6$) της 13ης Μαΐου 1995 στην περιοχή του χωριού Σαρακήνα των Γρεβενών.

1: Αλλουβιακές και πρόσφατες ποτάμιες αποθέσεις (Ολόκαινο), 2: Ποταμοχειμάρριες αποθέσεις με χαλαρά κροκαλοπαγή και άμμους (Πλειο-Πλειστόκαινο), 3-5: Μολασσικοί σχηματισμοί Τσοτυλίου της Μεσοελληνικής αύλακας (Μειόκαινο), 3: Εναλλαγές ψαμμιτών και αμμούχων μαργών με οριζόντες συμπαγών κροκαλοπαγών, 4: Τεφροκύανες μάργες και λεπτόκοκκοι ψαμμίτες, 5: Συνεκτικά κροκαλοπαγή, 6: Ρήγμα κανονικό.

Με την ενεργοποίηση του ρήγματος στο σεισμό της 13.5.1995 προκλήθηκε μετάπτωση του βόρειου τεμάχους, που επιφανειακά μετρήθηκε με την απογύμνωση των πετρωμάτων στο χωριό Σαρακήνα, 10-20 cm και μικρή δεξιόστροφη οριζόντια κίνηση 1-2 cm. Κατά μήκος των 30 km του ρήγματος παρατηρήθηκαν στο σεισμό διαδοχικές εφελκυστικές επιφανειακές διαρρήξεις στα μολασσικά πετρώματα και τις Πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις. Επίσης προκλήθηκαν κατά μήκος του ρήγματος έντονα φαινόμενα κατολισθήσεων και φαινόμενα ρευστοποίησης του εδάφους που εκδηλώθηκαν στην επιφάνεια ως “ηφαίστεια άμμου” (φαινόμενα liquefaction) στην περιοχή του Ρυμνίου πλησίον της λίμνης Πολυφύτου.

Συμπερασματικά όπως προκύπτει από την υπαίθρια γεωλογική μελέτη (Μουντράκης et al 1995) τη σεισμολογική μελέτη (Παπαζάχος et al 1995) και το μηχανισμό γέννησης του σεισμού (Harvard University και Geological Society of Japan) το ρήγμα που προκάλεσε το σεισμό της 13.5.1995 ήταν ρήγμα κανονικό, λιστρωτό με διεύθυνση 60-70°, βύθιση του Βόρειου τεμάχους και συμπίπτει με το ρήγμα Ρυμνίου-Σαρακήνας. Το πεδίο των εφελκυστικών τάσεων υπολογίστηκε με όλες τις παραπάνω μελέτες με τον άξονα μεγίστου εφελκυσμού σ_3 (T) οριζόντιο στη διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ.

Όλα τα επίκεντρα της σεισμικής ακολουθίας του σεισμού τοποθετούνται Βόρεια της γραμμής του ρήγματος και οι σοβαρότερες βλάβες προκλήθηκαν στα χωριά που βρίσκονται βόρεια της γραμμής του ρήγματος στο τέμαχος που βυθίστηκε (hanginwall).

Στον ίδιο αυτό χώρο Βόρεια του ρήγματος δημιουργήθηκαν μικρότερα, δευτερεύοντα, αντιθετικά ρήγματα στην ίδια κυρίως ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση και μετάπτωση προς ΝΑ. Τα σημαντικότερα από τα αντιθετικά ρήγματα παρατηρήθηκαν στα χωριά Φελί, Έξαρχος, Αιανή και βέβαια κατά μήκος του ρήγματος Χρωμίου-Κνίδης που θα περιγραφεί στη συνέχεια.

β. Ενεργό ρήγμα Σερβίων-Βελβενδού

Η συνέχεια του σεισμικού ρήγματος προς τα Ανατολικά στη ρηξιγενή ζώνη Αλιάκμονα αποτελεί το ενεργό ρήγμα Σερβίων-Βελβενδού.

Το ρήγμα έχει την ίδια ΒΑ-ΝΔ (60°) διεύθυνση, και κλίση επιφανειακά 60°-70° προς ΒΔ και συνολικό μήκος περίπου 24 km. Τοποθετείται στη νότια πλευρά της τεχνητής λίμνης Πολυφύτου με εντυπωσιακή κατοπτρική επιφάνεια στους Μεσοζωϊκούς ασβεστόλιθους της Πελαγονικής ζώνης.

Προφανώς η νεοτεκτονική δράση του ρήγματος αυτού έχει προκαλέσει το βύθισμα - λεκάνη που καλύπτεται σήμερα από τη λίμνη Πολυφύτου.

Η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος στους ασβεστόλιθους πάνω ακριβώς από την πόλη των Σερβίων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί δείχνει τις επανειλημμένες δράσεις του ρήγματος. Από τις

προηγούμενες (νεοτεκτονικές) δράσεις έχουν δημιουργηθεί ερυθρά τεκτονικά κορήματα, χαλαρά πάνω στα οποία δημιουργήθηκε με τη νεώτερη, ίσως πολύ πρόσφατη Ολοκαινική, δράση και νέα κατοπτρική επιφάνεια, σχηματίζοντας μάλιστα ένα εντυπωσιακά λειασμένο ανθρακικό επιφλοίωμα πάχους 2-3 cm.

Σαφώς πρόκειται για ενεργό τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης του Αλιάκμονα που δεν φαίνεται να επαναδραστηριοποιήθηκε με τον πρόσφατο σεισμό.

γ. Ενεργό ρήγμα Βερμίου-Βεργίνας

Αποτελεί τη συνέχεια του ρήγματος Σερβίων-Βελβενδού στη ρηξιγενή ζώνη Αλιάκμονα, ακολουθεί την κοίτη του ποταμού Αλιάκμονα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (50-60°), διασχίζοντας εγκάρσια την οροσειρά του Βερμίου, αποτελώντας και το φυσικό όριο ανάμεσα στα βουνά Βέρμιο και Φλάμπουρο.

Στα παραπάνω βουνά κόβει τα πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης, δηλαδή τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα και τους Μεσοζωϊκούς ασβεστόλιθους με συνολικό μήκος 20 km. Φαίνεται ότι αποτελείται από δύο επί μέρους αυτόνομα (:) τμήματα (segments) που ξεχωρίζουν Δυτικά του χωριού Πολύδενδρο, όμως δεν έχει απόλυτα διευκρινισθεί διότι αποτελεί ένα πολύ λίγο μελετημένο τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης Αλιάκμονα.

Υπάρχουν υπόνοιες ότι η ρηξιγενής γραμμή αυτή δεν σταματά στους πρόποδες του Βερμίου κοντά στη Βεργίνα όπως φαίνεται στο χάρτη, αλλά συνεχίζεται πιο Ανατολικά μέσα στις Τεταρτογενείς αποθέσεις της λεκάνης Βέρροιας-Θεσσαλονίκης όπου έχουν εντοπισθεί παλαιότερα με γεωφυσικές διασκοπήσεις δύο σχεδόν παράλληλες τεκτονικές γραμμές καλυμένες τελείως από τις προσχώσεις της πεδιάδας (διακεκομμένες γραμμές ρηγμάτων στο χάρτη). Ενδεχόμενη σύνδεση των γραμμών αυτών (ή μιας από τις δύο) με τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη Αλιάκμονα θα πρόσθετε στην τελευταία μεγαλύτερο μήκος και μεγαλύτερη επικινδυνότητα. Η σύνδεση όμως αυτή δεν αποδείχθηκε με την υπαίθρια παρατήρηση.

2. Σεισμικό ρήγμα Χρωμίου-Κνίδης

Με το σεισμό της 13.5.1995 στην περιοχή Κοζάνης-Γρεβενών, που προκλήθηκε όπως προαναφέρθηκε από το ρήγμα Ρυμνίου-Σαρακήνας, δημιουργήθηκαν πολλές επιφανειακές ρωγμές και διαρρήξεις ως εκδηλώσεις μικρών αντιθετικών ρηγμάτων στο βυθισμένο τέμαχος (hanging wall). Μια σειρά από τέτοια αντιθετικά ρήγματα τοποθετούνται ασυνεχώς ως διακοπτομένες επιφανειακές διαρρήξεις μήκους 100 m έως 1000 m, κατά μήκος μιας μεγάλης ρηξιγενούς γραμμής διεύθυνσης Α-Δ που είχε παλιά εντοπισθεί με τις αερομαγνητικές διασκοπήσεις (IGME) ως πιθανό ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης του αλπικού υποβάθρου που καλύπτεται από τα νέα ιζήματα.

Το μήκος του ρήματος αυτού υπολογίζεται χονδρικά στα 15 km και τοποθετείται στη θέση του “διαδρόμου” της οφειολιθικής μάζας του Βουρίνου κοντά στο χωριό Χρώμιο και επεκτείνεται βόρεια του χωριού Κνίδη. Αν και δεν υπάρχει καμιά παρατήρηση ότι το ρήγμα, που στο μεγαλύτερο του μήκος είναι καλυμμένο από νέα τεταρτογενή ιζήματα, έχει πρόσφατη (ενεργό) τεκτονική δράση, εντούτοις φαίνεται ότι δραστηριοποιήθηκε δευτερογενώς κατά το σεισμό της 13.5.95 και προκάλεσε αντιθετικές μεταπτώσεις προς Νότο κατά διαστήματα ασυνεχώς σε όλο το μήκος του. Λειτουργήσε επομένως ως δευτερεύον αντιθετικό κανονικό ρήγμα παρ’ όλο που αρχικά είχε δημιουργηθεί ως ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης.

Οι επιφανειακές διαρρήξεις που δημιουργήθηκαν βόρεια του χωριού Κνίδη στο ύψωμα Σαμαρά Ράχη, καθώς επίσης ΝΑ του χωριού Χρώμιο ήταν οι πλέον εντυπωσιακές με επιφανειακά ανοίγματα 10 - 20 cm.

3. Ενεργό ρήγμα Κομνηνών-(;) Ασβεστόπετρας

Το ρήγμα αυτό, που εντοπίζεται στη λεκάνη Κομνηνών και πιθανόν συνδέεται με ορισμένα μικρότερα ρήγματα στη λεκάνη Πτολεμαΐδας ίδιας διεύθυνσης και αποκτά μεγάλο μήκος, αποτελεί ένα από την ομάδα των έξι (6) μεγάλων ενεργών ρηγμάτων που έχουν εντοπισθεί με γεωλογικές έρευνες (Koukoulas et al. 1981, 1983, Μουντράκης 1983, Παυλίδης 1985, Pavlides & Mountrakis 1987) στη μεγάλη λεκάνη Φλώρινας-Αμυνταίου-

Πτολεμαΐδας. Τα ρήγματα αυτά με γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (από 40 έως 60°) διασχίζουν εγκάρσια τη μεγάλη Λεκάνη, που έχει διάταξη ΒΔ-ΝΑ και είχε δημιουργηθεί από το Μειόκαινο, και την έχουν τεμαχίσει με την Τεταρτογενή νεοτεκτονική δράση τους σε μικρότερες λεκάνες (βυθίσματα) που διαχωρίζονται από εξάρματα στην ίδια ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση των ρηγμάτων.

Τα ενεργά αυτά ρήγματα είναι τα παρακάτω από Νότο προς Βορρά: το ρήγμα Κομνηνών-Ασβεστόπετρας, το ρήγμα Εμπορίου-Περδίκια (Μπορντό), το ρήγμα Χειμαδίτιδας-Αναργύρων, το ρήγμα Περαίας-Μανιάκι, το ρήγμα Βεγορίτιδας-Αγ. Παντελεήμονα και το ρήγμα Νυμφαίου-Ξυνού Νερού-Λίμνης Πετρών.

Στη συνέχεια τα ρήγματα αυτά θα περιγραφούν με την παραπάνω σειρά από Νότο προς Βορρά.

Το ενεργό ρήγμα Κομνηνών-(:) Ασβεστόπετρας έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (40°) με κλίση και μετάπτωση προς ΒΔ και αποτελεί το νοτιοανατολικό κράσπεδο της λεκάνης Κομνηνών, που είναι μια μικρότερη λεκάνη, δορυφορική στη μεγάλη Λεκάνη Φλωρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας. Το ρήγμα στην πορεία της γεωλογικής εξέλιξης είναι αυτό που έχει κόψει την ανθρακική μάζα των πετρωμάτων του υποβάθρου (ασβεστόλιθοι Μεσοζωϊκού) και έχει δημιουργήσει τη λεκάνη Κομνηνών.

Το συνολικό άλμα του ρήματος στη γεωλογική εξέλιξη, στην περίοδο του Πλειο-Τεταρτογενούς, είναι πολύ μεγάλο, περίπου 400 m στην περιοχή των ιζημάτων Πτολεμαΐδας-Προαστείου, αλλά δεν έχει υπολογισθεί το πρόσφατο (Ολοκαινικό) άλμα.

Το μήκος του υπολογίζεται σε 18 km κατά μήκος της λεκάνης των Κομνηνών, αλλά υπάρχουν βάσιμες υπόνοιες ότι το ρήγμα συνεχίζεται προς τα ΝΔ διασχίζοντας εγκάρσια τη μεγάλη Λεκάνη Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας και πιθανότατα συνδέεται με ορισμένα μικρότερα ρήγματα μέσα στα ιζήματα της λεκάνης και ίσως φθάνει μέχρι το χωριό Ασβεστόπετρα στην άλλη πλευρά της λεκάνης.

Το τμήμα του ρήματος που βρίσκεται μέσα στη μεγάλη Λεκάνη καθώς και τμήμα του ρήματος στην έξοδο της λεκάνης των Κομνηνών Ανατολικά του χωριού Ανατολικό, επηρεάζουν Πλειστοκαινικά ιζήματα και για το λόγο αυτό το ρήγμα θεωρείται γεωλογικά ενεργό, καθώς επίσης και διότι το ρήγμα έχει την ίδια ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση των άλλων μεγάλων

ενεργών ρηγμάτων της Δυτικής Μακεδονίας και το πεδίο των τάσεων, που υπολογίσθηκε από τις ρηξιγενείς επιφάνειες της διεύθυνσης αυτής στην περιοχή, ταυτίζεται με το ενεργό εφελκυστικό πεδίο διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ (Παυλίδης 1985).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν θεωρηθεί ως ενιαία η τεκτονική γραμμή Κομνηνών-Ανατολικού-Ασβεστόπετρας (όπως φαίνεται πολύ πιθανό) τότε το συνολικό μήκος του ρήγματος φθάνει τα 30 km και για το λόγο αυτό θεωρείται σημαντικό και θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη δεδομένου ότι η συνέχειά του μεσα στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας αποτελεί το πλησιέστερο σημαντικό ρήγμα στην πόλη της Πτολεμαΐδας.

(4) Ενεργό ρήγμα Εμπορίου-Περδίκια (ύψωμα Μπορντό)

Είναι το δεύτερο από τα έξι ενεργά ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης που κόβουν εγκάρσια τη μεγάλη λεκάνη Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας και παρατηρείται μεταξύ του χωριού Εμπόριο στους πρόποδες του όρους Άσκιου (Σινιάτσιακου) και του χωριού Περδίκια στη μέση της Λεκάνης. Κυρίως παρατηρείται κατά μήκος του βορειοδυτικού βυθίσματος του υψώματος Μπορντό και προφανώς το εν λόγω βύθισμα οφείλεται στο μεγάλο αυτό εγκάρσιο ρήγμα που αποτελεί το όριο μεταξύ των Πλειοκαινικών ιζημάτων του υψώματος Μπορντό και των αντίστοιχων Πλειστοκαινικών του βυθίσματος.

Το ρήγμα έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (50°), μετάπτωση προς τα ΒΔ και συνολικό μήκος 15 km.

Μια σειρά μετρήσεων και παρατηρήσεων που έγιναν σε μικρά παράλληλα ρήγματα πολύ πλησίον του μεγάλου ρήγματος οδήγησαν στο συμπέρασμα (Παυλίδης 1985) ότι το ρήγμα του Μπορντό αντιπροσωπεύει την πλέον πρόσφατη Ανωτεταρτογενή έως και σύγχρονη τεκτονική δράση για τους λόγους που συνοψίζονται στα εξής:

- η μορφοτεκτονική εικόνα του εξάρματος είναι ενδεικτική της πρόσφατης τεκτονικής
- οι ρηξιγενείς επιφάνειες επηρεάζουν σύγχρονες χερσαίες αποθέσεις
- τα επίκεντρα μιας σειράς μικρών σεισμών της 25-10-1982 εντοπίζονται στην περιοχή του ρήγματος αυτού.

(5) Ενεργό ρήγμα Χειμαδίτιδας-Αναργύρων

Πρόκειται για το αμέσως επόμενο προς Βορρά μεγάλο κανονικό ρήγμα της μεγάλης Λεκάνης Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας που τοποθετείται στη νότια πλευρά της λίμνης Χειμαδίτιδας. Έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (60°), κλίση και μετάπτωση προς τα ΒΑ και προφανώς έχει δημιουργήσει το βύθισμα της λίμνης Χειμαδίτιδας ως ένα μεταγενέστερο (Τεταρτογενές) εσωτερικό βύθισμα μέσα στη μεγάλη Λεκάνη Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας (Μουντράκης 1983).

Το συνολικό μήκος του ρήγματος είναι 14 km. Αρχίζει από το δυτικό κράσπεδο της μεγάλης λεκάνης όπου κόβει τα πετρώματα του παλαιοζωϊκού κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου της Πελαγονικής ζώνης και συνεχίζεται προς τα ΒΑ μέσα στη Λεκάνη, όπου κόβει τα νέα ιζήματα, διέρχεται από το χωριό Ανάργυροι και δημιουργεί μια μικρή μορφοτεκτονική αναβαθμίδα κατά μήκος ενός αρδευτικού καναλιού (Παυλίδης 1985).

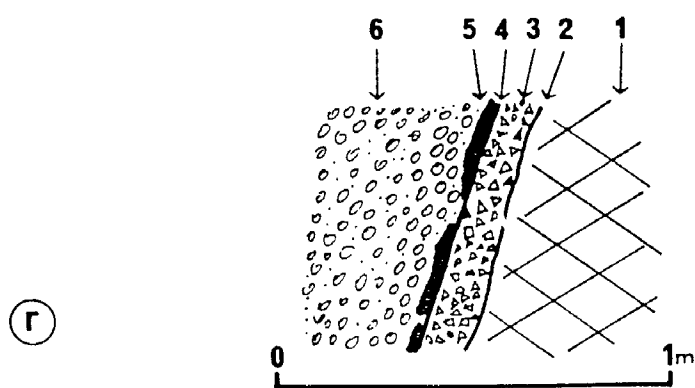
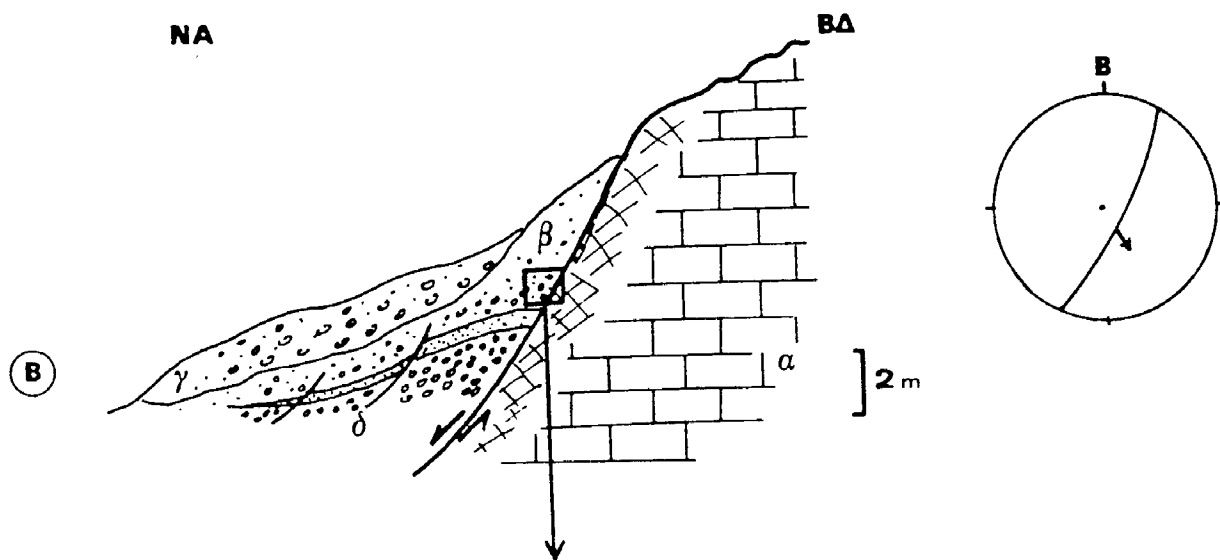
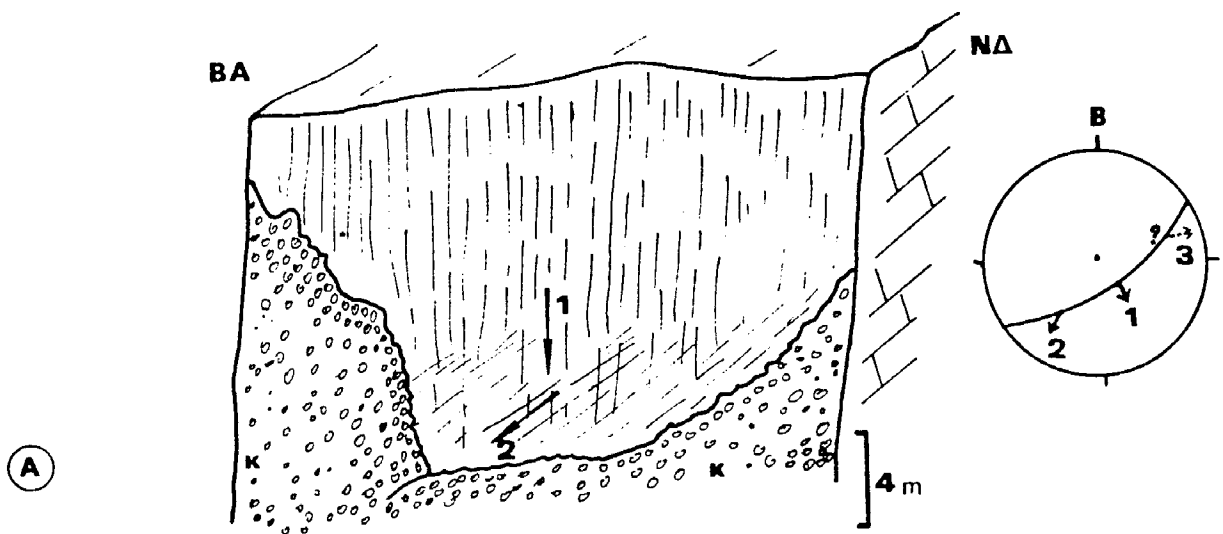
Το συνολικό άλμα του ρήγματος στη νεοτεκτονική δράση του υπολογίσθηκε με τη γεωτρητική διερεύνηση των λιγνιτικών στρωμάτων εκατέρωθεν του σε 130 m (Κουκουζας et al 1981).

Το ρήγμα διασχίζει ολόκληρη την Πλειοκαινική και Τεταρτογενή σειρά των ιζημάτων μέχρι τα πλέον πρόσφατα ολοκαινικά και έτσι χαρακτηρίζεται ως γεωλογικά ενεργό ρήγμα.

(6) Ενεργό ρήγμα Περαιάς-Μανιάκι

Το ρήγμα βρίσκεται ανατολικά της λίμνης Βεγορίτιδας, έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (περίπου 40°), κλίση $75-85^\circ$ και μετάπτωση προς τα ΝΑ. Τοποθετείται παράλληλα στον επιμήκη άξονα της λίμνης Βεγορίτιδας και έχει συνολικό μήκος 12 km. Παρατηρείται στο ύπαιθρο κατά μήκος του εθνικού δρόμου Θεσσαλονίκης-Πτολεμαΐδας στο τμήμα μεταξύ των χωριών Περαιά και Μανιάκι.

Το ρήγμα κόβει τους Μεσοζωϊκούς ασβεστόλιθους της Πελαγονικής ζώνης και δεν διαπιστώθηκε η ενδεχόμενη συνέχειά του στα νέα ιζήματα της Λεκάνης Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας. Όμως οι ρηξιγενείς κατοπτρικές επιφάνειες του καλύπτονται από σύγχρονα πλευρικά κορήματα Βούρμιας ηλικίας ή ακόμη νεότερα (σχ. 18). Η αφαίρεση των



Σχήμα 18. Α. Σχηματική απεικόνιση τμήματος της κατοπτρικής επιφάνειας του ρήγματος Περαίας-Μανιάκι (αριστερά) και στερεογραφική προβολή της ίδιας επιφάνειας (δεξιά). Τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση και τη φορά των τεκτονικών γραμμώσεων ολίσθησης που παρατηρήθηκαν (1, νεότερη κανονική κίνηση, 2, παλιότερη κανονική κίνηση με δεξιόστροφη συνιστώσα, 3, αβέβαιης ηλικίας και φοράς αμυδρά διακρινόμενη κίνηση). κ. σύγχρονα πλευρικά κορήματα.

Β. Σχηματική τομή του ίδιου ρήγματος σε θέση όπου ανιχνεύονται νεότερες επαναδραστηριοποιήσεις στα πλευρικά κορήματα (αριστερά) και η στερεογραφική προβολή των γεωμετρικών του στοιχείων (δεξιά), α. τριαδικοϊουρασικός ασβεστόλιθος, β. υπολιμναία χαλαρά ιζήματα με στρώσεις, γ. χερσαία κορήματα, δ. μικρές μεταπτώσεις που επηρεάζουν τα ιζήματα και τεκμηριώνουν τις πρόσφατες επαναδραστηριοποιήσεις του ρήγματος.

Γ. Λεπτομέρεια της ρηξιγενούς επιφάνειας. 1. κατακερματισμένος ασβεστόλιθος, 2. αρχική τεκτονική επιφάνεια του ρήγματος, 3. συμπαγές στρώμα μυλωνίτη, 4. στιλβωμένη κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος, 5. λεπτό ασβεστιτικό επίχρισμα και 6. χαλαρά κορήματα.

κορημάτων αυτών με τεχνητό τρόπο από ορισμένες θέσεις της κατοπτρικής επιφάνειας οδήγησε στη λεπτομερή μικροτεκτονική μελέτη του ρήγματος (Παυλίδης 1985) που οδήγησε στον χαρακτηρισμό του ως γεωλογικά ενεργού. Η νεότερη από τις κινήσεις που διακρίθηκαν πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος είναι κίνηση κανονικού ρήγματος που συμφωνεί με το σύγχρονο πεδίο των τάσεων στη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση

Το άλμα του ρήγματος μέσα στα ασβεστολιθικά πετρώματα εκτιμήθηκε από 2 m μέχρι 15 m.

(7) Ενεργό ρήγμα Βεγορίτιδας-Αγ. Παντελεήμωνα

Πρόκειται για τη δυτική ρηξιγενή όχθη της λίμνης Βεγορίτιδας η οποία σαφώς αποτελεί ένα μεγάλο κανονικό ρήγμα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ (30 έως 40°) με κλίση 60° ΝΑ και μετάπτωση προς τα ΝΑ.

Το συνολικό μήκος του ρήγματος είναι περίπου 20 km. Εμφανίζεται στο μεγαλύτερο μήκος του να κόβει τους Μεσοζωϊκούς ασβεστόλιθους της Πελαγονικής ζώνης και να δημιουργεί έτσι το τεκτονικό βύθισμα της λίμνης Βεγορίτιδας και μόνο σε ένα μικρό μήκος ιχνηλατείται η προέκτασή του προς τα ΝΔ στα Πλειο-τεταρτογενή ιζήματα της μεγάλης Λεκάνης Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας.

Το άλμα του υπολογίζεται μεταξύ 200 m και 500 m με στοιχεία του πυθμένα της λίμνης (Παυλίδης 1985).

Εκτιμάται ότι είναι γεωλογικά ενεργό ρήγμα από σειρά παρατηρήσεων στα τεκτονικά κορήματα που καλύπτουν την κατοπτρική του επιφάνεια και από την παρόμοια κινηματική συμπεριφορά και γεωμετρία με τα υπόλοιπα παράλληλα ενεργά ρήγματα της μεγάλης Λεκάνης.

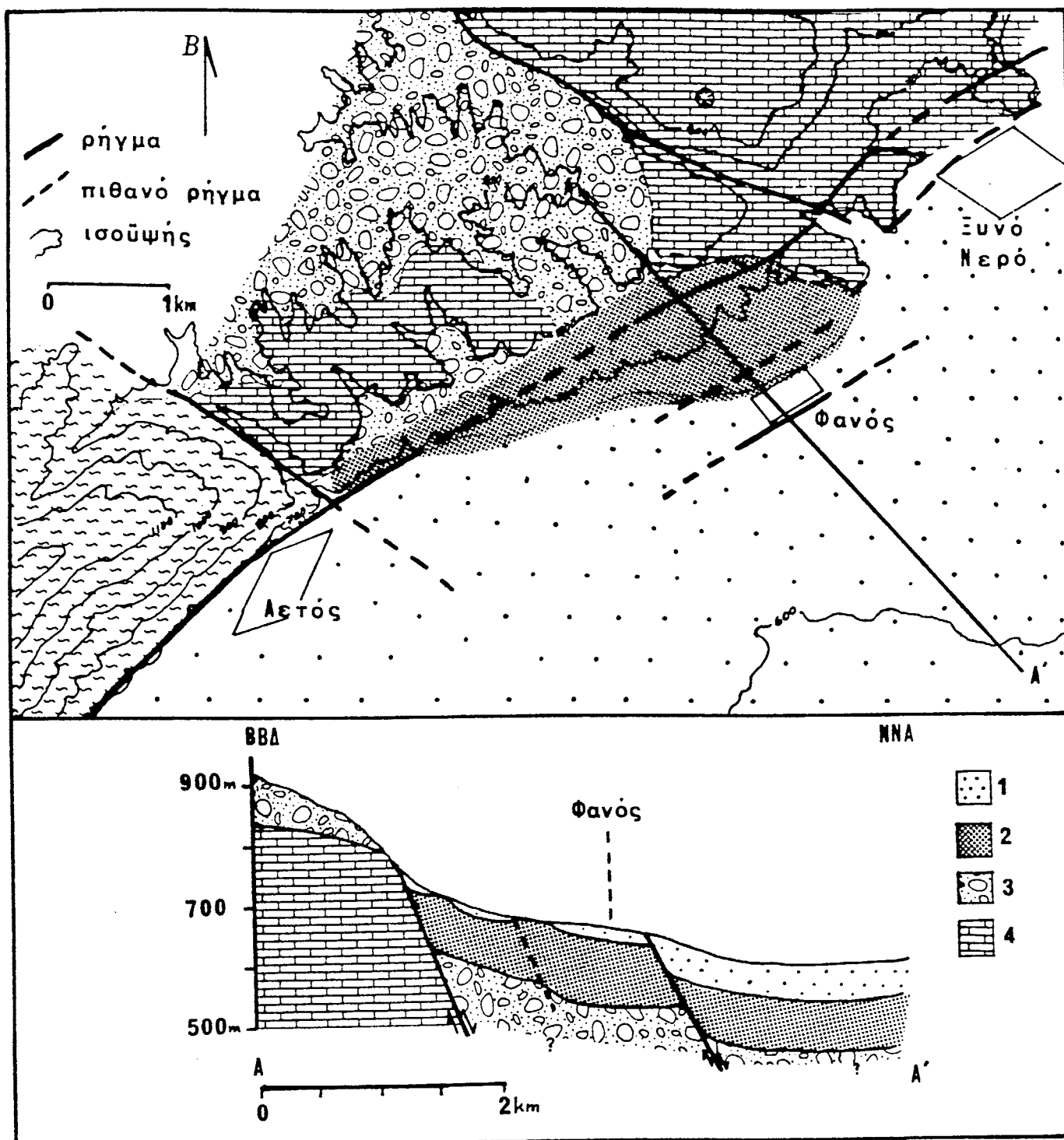
(8) Ενεργό ρήγμα Νυμφαίου-Ξυνού Νερού-Πετρών

Πρόκειται για το βορειότερο ενεργό ρήγμα της μεγάλης Λεκάνης Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας αλλά ίσως το σημαντικότερο.

Έχει γενικά διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ που κυμαίνεται από 40 έως 50° και κλίση 60° ΝΑ. Το συνολικό μήκος του είναι 30 km. Διασχίζει εγκάρσια τη μεγάλη λεκάνη και έχει δημιουργήσει με τη νεοτεκτονική του δράση το λοφώδες εξάρμα Ξυνού Νερού-Κλειδιού το οποίο διαχωρίζει επιμέρους της λεκάνη Φλώρινας στα Βόρεια από τη λεκάνη Αμυνταίου στα Νότια (Μουντράκης 1983).

Είναι ρήγμα κανονικό με μετάπτωση προς τα ΝΑ (σχ. 19). Στις κατοπτρικές του επιφάνειες διαπιστώθηκε μια παλιότερη κανονική κίνηση με αριστερόστροφη συνιστώσα και μια νεότερη κανονική κίνηση με μικρή δεξιόστροφη συνιστώσα (Παυλίδης 1985).

Στην περιοχή του χωριού Νυμφαίο και Αετός, δηλαδή στο νοτιοδυτικό τμήμα του το ρήγμα κόβει τα κρυσταλλοσχιστώδη



Σχ. 19. Γεωλογικός χάρτης (πάνω) και σχηματική γεωλογική τομή (κάτω) της περιοχής Αετού-Φανού-Ευνού Νερού. 1, Τεταρτογενείς αποθέσεις. 2, Άργιλοι, μάργες και άμμοι (Νεογενούς). 3, Κροκαλοπαγή Νεογενούς. 4, Κρυσταλλικός ασβεστόλιθος υποβάθρου.

πετρώματα (γνεύσιους και σχιστόλιθους) της Πελαγονικής ζώνης καθώς και Μεσοζωϊκούς ασβεστόλιθους της ίδιας ζώνης. Στη θέση αυτή παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ορατό άλμα του (πάνω από 500 m). Πιο Ανατολικά στα χωριά Ξυνό Νερό και Φανός το ρήγμα κόβει πλειοκαινικά λιμναία ιζήματα με ξυλίτη δημιουργώντας ανάλογο άλμα. Τέλος ακόμη ανατολικότερα το ρήγμα αποτελεί την βορειοδυτική ρηξιγενή όχθη της λίμνης Πετρών την οποία προφανώς δημιούργησε με τη βύθιση των Μεσοζωϊκών ασβεστόλιθων. Στη θέση αυτή το άλμα του ρήγματος υπολογίστηκε σε 250 m.

Το ρήγμα χαρακτηρίζεται ως ενεργό διότι στην περιοχή των χωριών Ξυνού Νερού και Φανού επηρεάζει Πλειστοκαινικά ιζήματα. Μέσα στα αμμωρυχεία Πετρών παρατηρούνται αλληπάλληλες μικρότερες ρηξιγενείς επιφάνειες παράλληλες και πολύ κοντά στο ρήγμα που δημιουργούν συνεχείς κλιμακωτές μικρές μεταπτώσεις στα πλειστοκαινικά στρώματα. Στην ίδια περιοχή των Πετρών οι νεότερες επαναδραστηριοποιήσεις του ρήγματος επηρεάζουν πρόσφατους τραβερτινικούς σχηματισμούς.

Το πεδίο των τάσεων που υπολογίστηκε από τις μετρήσεις των γραμμών τεκτονικής ολίσθησης εμφανίζει τον άξονα μεγίστου εφελκυσμού σ_3 στην ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση που θεωρείται και η ενεργός.

(Β) ΟΜΑΔΑ ρηγμάτων του ευρύτερου χώρου Λεκάνης Αξιού-Θεσσαλονίκης-Αλμωπίας

Στην ομάδα αυτή περιγράφονται τα ενεργά ρήγματα της Αλμωπίας και Γρίβας-Γουμένισας στους πρόποδες του βουνού Πάικου προς τη λεκάνη Θεσσαλονίκης και επιπλέον περιγράφονται ορισμένες μεγάλου μήκους ρηξιγενείς γραμμές που εντοπίστηκαν με γεωφυσικές διασκοπήσεις κάτω από τις αλλουβιακές προσχώσεις των λεκανών Θεσσαλονίκης, Αξιού και Κατερίνης αλλά δεν επιβεβαιώθηκαν στο ύπαιθρο, περιγράφονται όμως λόγω του μεγάλου μήκους τους και της ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσής τους.

(9) Σεισμικό ρήγμα Γρίβα-Γουμένισας

Το ρήγμα αυτό εντοπίζεται στους πρόποδες του βουνού Πάικου. Έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (40-50°) κλίση 80°/προς ΝΑ. Πρόκειται για ρήγμα

κανονικό με μετάπτωση προς τα ΝΑ, που κόβει τα πετρώματα των ζωνών Πάικου και Παιονίας δηλαδή τους Μεσοζωϊκούς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και τις αντίστοιχες γνωστές ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές των δύο ζωνών.

Το ρήγμα δεν έχει μελετηθεί επαρκώς από γεωλογική άποψη και δεν είναι με βεβαιότητα γνωστή η επέκτασή του πέραν της περιοχής των χωριών Γρίβα και Ασπρόχωμα. Προφανώς με τη νεοτεκτονική του δράση έχει προκαλέσει τη βύθιση των παραπάνω αλπικών πετρωμάτων των ζωνών Πάικου-Παιονίας προς τα ΝΑ και έχει συμβάλλει στη διαμόρφωση του βορείου ορίου της λεκάνης Αξιού-Θεσσαλονίκης στην οποία αποτέθηκαν τα νεογενή ιζήματα που καταλαμβάνουν την έκταση ΝΑ του ρήγματος.

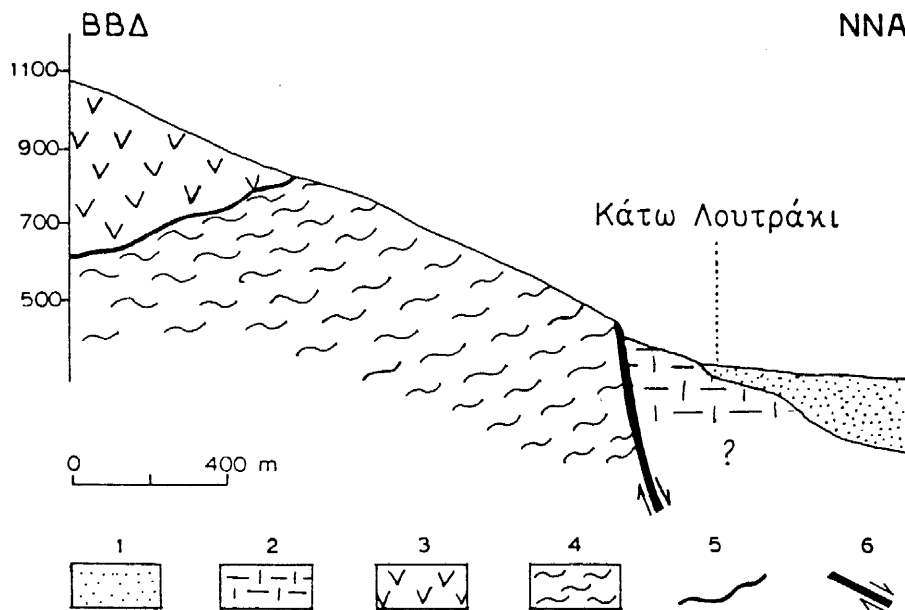
Το συνολικό ορατό μήκος του ρήγματος υπολογίζεται στα 12 km αλλά λόγω της μορφολογίας της ανάπτυξης του παραπάνω ορίου της λεκάνης πιθανολογείται η επέκταση του τόσο προς τα ΝΔ αλλά κυρίως προς τα ΒΑ και έτσι το συνολικό του μήκος να φθάνει τα 24 km.

Το ρήγμα χαρακτηρίζεται ως σεισμικό αποκλειστικά με σεισμολογικά κριτήρια αφού η λεπτομερής γεωλογική μελέτη δεν είναι πλήρης. Συγκεκριμένα στο ρήγμα αυτό αποδίδεται ο σεισμός μεγέθους $M=5.9$ της 21/12/1990 δεδομένου ότι τα επίκεντρα της συγκεκριμένης σεισμικής ακολουθίας (προσεισμών και μετασεισμών) κατανέμονται σε θεωρητική τεκτονική γραμμή που ταυτίζεται απόλυτα με το συγκεκριμένο ρήγμα (Βλέπε κατανομή επικέντρων στο επίθεμα του χάρτη και στο χάρτη του σχήματος 16).

(10) Ενεργό ρήγμα Αλμωπίας

Το ρήγμα της Αλμωπίας οριοθετεί την οροσειρά του Βόρα (Καϊμακτσαλάν), που εκτείνεται προς Βορρά κατά μήκος των Ελληνογιογκοσλαβικών συνόρων, από τη λεκάνη της Αλμωπίας (πεδιάδα της Αριδαίας) στο Νότο.

Έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (περίπου 60°) και κλίση προς ΝΑ και προφανώς με τη νεοτεκτονική του δράση έχει προκαλέσει το βύθισμα της λεκάνης Αλμωπίας με μετάπτωση προς ΝΑ (σχ. 20).



Σχήμα 20. Γεωλογική τομή που δείχνει την εικόνα του ρήγματος της Αλμωπίας στη θέση του χωριού Κάτω Λουτράκι. 1: αλλουβιακές προσχώσεις, 2: Τραβερτίνες και λιμναίοι ασβεστόλιθοι του Πλειστοκαίνου, 3: Οφειολιθικά πετρώματα, 4: σερικιτικοί σχιστόλιθοι-φυλλίτες, 5: ρήγμα κανονικό, 6: παλιά τεκτονική επαφή οφειλίθων-σχιστολίθων.

Το συνολικό του μήκος υπολογίζεται σε 30 km και διέρχεται από τα χωριά Κάτω Λουτράκι, Λυκόστομο, Προμάχοι, Νότια.

Το ρήγμα στους πρόποδες της οροσειράς του Βόρα επηρεάζει όλα τα αλπικά και προαλπικά πετρώματα της ζώνης Αλμωπίας, δηλαδή τα μεταμορφωμένα πετρώματα (σχιστόλιθους, γνεύσιους, μάρμαρα), τους οφειόλιθους και τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους δημιουργώντας συνεχείς κατοπτρικές επιφάνειες πάνω στις οποίες μετρήθηκαν δυο κινήσεις. Μια παλιότερη πλαγιοκανονική με έντονη συνιστώσα δεξιόστροφης οριζόντιας μετατόπισης και μια νεώτερη κανονική-πλαγιοκανονική με ασθενική δεξιόστροφη οριζόντια μετάτοπιση που ανάγεται στο πρόσφατο-ενεργό πεδίο των εφελκυστικών τάσεων.

Το ρήγμα χαρακτηρίζεται ως ενεργό διότι παρατηρήθηκε σε πολλές θέσεις κατά μήκος του ορίου του υποβάθρου του Βόρα και των Τεταρτογενών αποθέσεων της λεκάνης να επηρεάζει αφ' ενός μεν ηφαιστειακούς τόφφους ηλικίας Πλειο-πλειστοκαίνου και λιμναίους

ασβεστόλιθους Πλειστοκαίνου, αφ' ετέρου δε τραβερτινικούς σχηματισμούς Άνω (;) Πλειστοκαίνου.

Επίσης η διεύθυνση και η κινηματική του ρήγματος υπακούει στο ενεργό πεδίο των τάσεων που όπως περιγράφηκε και προηγουμένως δραστηριοποιεί ρήγματα στη διεύθυνση αυτή των 50-60-70° στο χώρο της Κεντρο-Δυτικής Μακεδονίας.

(11) Πιθανά ρήγματα της προέκτασης της ρηξιγενούς ζώνης Αλιάκμονα στην πεδιάδα Βέρροιας-Θεσσαλονίκης

Πρόκειται για δύο παράλληλες και σε μικρή απόσταση ρηξιγενείς γραμμές με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (60°) που εντοπίστηκαν με γεωφυσικές διασκοπήσεις κάτω από τις προσχώσεις της πεδιάδας Βέρροιας-Θεσσαλονίκης στην προέκταση της ενεργού ρηξιγενούς γραμμής του Αλιάκμονα, βόρεια της Μελίκης και μέχρι την Αλεξάνδρεια και το Πλατύ.

Δεδομένου ότι το μήκος τους είναι σημαντικό, περίπου 15-18 km και λόγω του ότι υπάρχει υπόνοια ότι ίσως αποτελούν προέκταση της ενεργού γραμμής Αλιάκμονα επισημαίνονται ως πιθανές ενδιαφέρουσες τεκτονικές γραμμές, παρ' όλο ότι δεν εντοπίστηκαν με την υπαίθρια γεωλογική παρατήρηση.

(12) Πιθανή τεκτονική γραμμή Πέλλας-Κρύας Βρύσης

Με γεωφυσικές διασκοπήσεις και με τις δορυφορικές εικόνες εντοπίστηκε μια μεγάλου μήκους (περίπου 60 km) τεκτονική γραμμή διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ (50-60°) που διατρέχει τις λεκάνες Βέρροιας-Θεσσαλονίκης, Αξιού και Γαλλικού ποταμού. Διέρχεται πλησίον των χωριών Κρύα Βρύση, Νέα Πέλλα, Κουφάλια, Νέο Αγιονέριο, Πικρολίμνη και Καμπάνη.

Δεν διαπιστώθηκε με την υπαίθρια γεωλογική έρευνα. Εντούτοις επισημαίνονται ιδιαίτερα το εξαιρετικά μεγάλο μήκος της τεκτονικής γραμμής, η διεύθυνσή της που ταυτίζεται με τη διεύθυνση των μεγάλων ενεργών ρηγμάτων Δυτικής-Κεντρικής Μακεδονίας και το γεγονός ότι βρίσκονται μέσα σε νέα ιζήματα.

(13) Πιθανή τεκτονική γραμμή Κατερίνης-Κορινού

Πρόκειται για μεγάλου μήκους (περίπου 30 km) τεκτονική γραμμή διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (50°) που εντοπίσθηκε με γεωφυσικές διασκοπήσεις και όχι με γεωλογική παρατήρηση.

Αναφέρεται για τους ίδιους λόγους όπως και το προηγούμενο ρήγμα δηλαδή: α. για την ταύτιση της διεύθυνσής του με τα γνωστά ενεργά ρήγματα, β. για το εξαιρετικά μεγάλο μήκος του που το καθιστά επικίνδυνο αν τυχόν είναι ενεργό ρήγμα, γ. γιατί τοποθετείται σε νέα (Τεταρτογενή) ιζήματα και δ. γιατί διέρχεται από μια μεγάλη πόλη την Κατερίνη.

(14) Πιθανή τεκτονική γραμμή Σίνδου-Καλοχωρίου

Εντοπίσθηκε με γεωφυσικές διασκοπήσεις και όχι με τη γεωλογική έρευνα στο ύπαιθρο. Τοποθετείται μέσα στις προσχώσεις της πεδιάδας Θεσσαλονίκης αλλά πολύ πλησίον του ορίου των προσχώσεων με τα νεογενή ιζήματα. Διέρχεται πολύ πλησίον της Σίνδου και του Καλοχωρίου. Έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ (110° περίπου) και το μήκος της υπολογίζεται στα 20 km.

Αναφέρεται για τους ίδιους λόγους, (παρ' όλο ότι δεν παρατηρήθηκε στο ύπαιθρο), δηλαδή το μεγάλο μήκος του, διότι η διεύθυνσή του προσομοιάζει με αυτή του σεισμικού ρήγματος Βόλβης που βρίσκεται σε σχετική γειτνίαση και κυρίως διότι βρίσκεται ουσιαστικά μέσα στη βιομηχανική περιοχή της πόλης της Θεσσαλονίκης.

Υπάρχει υπόνοια ότι η τεκτονική αυτή γραμμή αποτελεί συνέχεια της αντίστοιχης τεκτονικής γραμμής Πυλαίας-Χορτιάτη-Περιστεράς που εντοπίσθηκε από τις δορυφορικές εικόνες στην ίδια διεύθυνση από την ανατολική πλευρά του κόλπου της Θεσσαλονίκης. Επομένως αν οι δυο τεκτονικές γραμμές ενώνονται υποθαλάσσια στον κόλπο της Θεσσαλονίκης καθίστανται προβληματικές διότι ουσιαστικά διασχίζουν και την πόλη της Θεσσαλονίκης.

Δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία για τη συγκεκριμένη τεκτονική γραμμή.

(Γ) ΟΜΑΔΑ ρηγμάτων της υπόλοιπης Κεντρικής Μακεδονίας.

Στην ομάδα αυτή περιγράφονται τα ενεργά ρήγματα του υπόλοιπου χώρου της Κεντρικής Μακεδονίας εκτός δηλαδή αυτών που περιγράφηκαν στην ομάδα (Β) και ήταν τα ρήγματα του πεδινού κυρίως χώρου των λεκανών Αξιού-Θεσσαλονίκης και Αλμωπίας.

Επομένως στην ομάδα (Γ) περιγράφονται κυρίως τα ενεργά και σεισμικά ρήγματα που βρίσκονται στο λεγόμενο χώρο της “Σερβομακεδονικής” όπως συνηθίστηκε να αναφέρεται στις σεισμολογικές και γεωτεκτονικές εργασίες. Γεωγραφικά ο χώρος αυτός περιλαμβάνει τη Χαλκιδική, την περιοχή Κιλκίς μέχρι τα σύνορα και τις πλευρικές στη Σερβομακεδονική λεκάνες.

Ο χώρος αυτός έχει την υψηλότερη σεισμικότητα της Μακεδονίας και περιλαμβάνει τα ενεργά ρήγματα που έχουν προκαλέσει τους μεγαλύτερους σεισμούς στον παρόντα αιώνα όπως το σεισμό της Ασσήρου $M=6,6$ (1902), το σεισμό του Αγίου Όρους $M=7,4$ (1905), τους σεισμούς Ιερισσού και Βόλβης $M=6,9, 6,5$ (1931-1932, 1978).

(15) Σεισμική ρηξιγενής ζώνη Βόλβης

Η πιο σημαντική ρηξιγενή ζώνη που δεσπόζει στο χώρο της Κεντρικής Μακεδονίας, είναι αυτή που δημιούργησε και οριοθετεί στη νότια πλευρά του ολόκληρο το βύθισμα της Μυγδονίας λεκάνης. Η μεγάλη αυτή ρηξιγενή ζώνη είναι σεισμικά ενεργή και αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα (segments) ρηγμάτων: (i) Πιθανό ρήγμα Μελισσοχωρίου, (ii) Ενεργό ρήγμα Λητής - Λαγυνών - Αγ. Βασιλείου, (iii) Σεισμικό ρήγμα Γερακαρούς - Νικομηδινού - Στίβου - Περιστερώνα, (iv) Ενεργό ρήγμα Λουτρών Βόλβης - Απολλωνίας.

Το συνολικό μήκος της ρηξιγενούς ζώνης υπερβαίνει τα 45 km

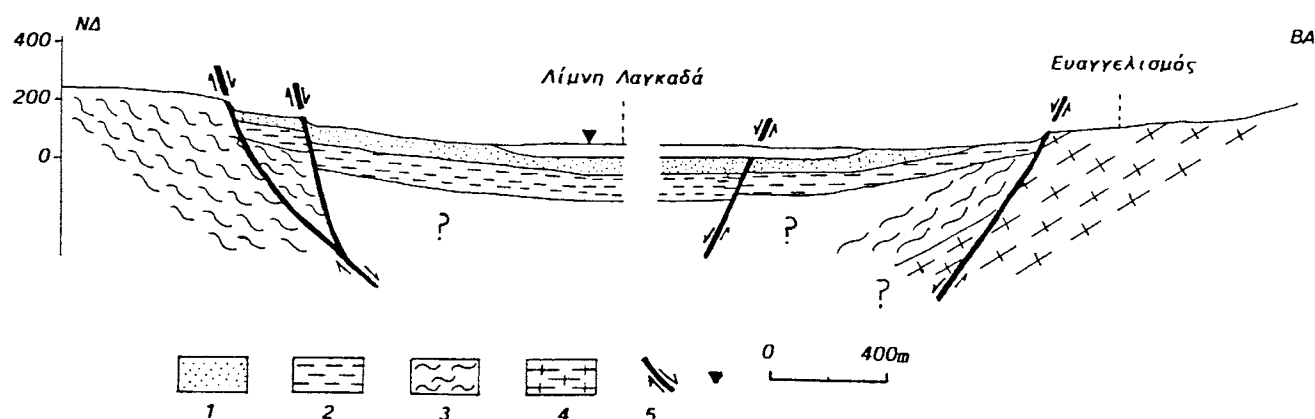
Στη συνέχεια θα περιγραφούν κατά σειρά σπουδαιότητας τα επιμέρους τμήματα (segments) της ρηξιγενούς ζώνης.

(α) Ρήγμα Γερακαρούς-Νικομηδινού-Στίβου-Περιστερώνα

Ξεχωρίζεται το τμήμα αυτό της ρηξιγενούς ζώνης και περιγράφεται σαν “Σεισμικό ρήγμα Γερακαρούς-Νικομηδινού-Στίβου-Περιστερώνα” γιατί

είναι το σημαντικότερο τμήμα ρήγματος της ζώνης αυτής και επομένως της ευρύτερης περιοχής αφού μ' αυτό κυρίως συνδέεται ο μεγάλος σεισμός της Θεσσαλονίκης (20 Ιουνίου 1978, 10:31:07, συντεταγμένες 40.8°N - 23.2°E, Ms = 6.5 VIII + Στίβος).

Η γενική διεύθυνση του σεισμικού ρήγματος είναι Α-Δ ενώ κατά θέσεις εμφανίζεται από ΔΒΔ-ΑΝΑ μέχρι ΑΒΑ-ΔΝΔ, αφού παρουσιάζει τοξοειδή ανάπτυξη, με μετάπτωση προς Βορρά (σχ. 21). Επιφανειακά εμφανίζεται με μεγάλη (75°-85°) γωνία κλίσης προς Βορρά, η οποία όμως μειώνεται συνεχώς με το βάθος λαμβάνοντας ως και την τιμή των 35°, όπως έχει διαπιστωθεί από τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών. Για το λόγο αυτό συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για λιστρωτού τύπου ρήγμα (listric fault).



Σχήμα 21. Γεωλογική τομή που δείχνει την τεκτονική εικόνα στην περιοχή της λίμνης Λαγκαδά μεταξύ των χωριών Ευαγγελισμός και Βασιλούδι. Απεικονίζονται το μεγάλο σεισμικό ρήγμα Γερακαρούς-Νικομηδηνού-Στίβου στη νοτιοδυτική πλευρά, το σεισμικό ρήγμα Σχολαρίου-Ασσήρου, στη βορειοανατολική πλευρά καθώς και μια πιθανή προέκταση ενός μικρού ενδιάμεσου ρήγματος σε υποτιθέμενη θέση κάτω από τη λίμνη Λαγκαδά. 1: Τεταρτογενείς αποθέσεις (προσχώσεις κοιλάδων), 2: Νεογενείς αποθέσεις (αργίλλο-αμμόδη ιζήματα), 3: φλύσχης Σβούλας της Περιοδοπικής ζώνης (Ιουρασικό), 4: δωμαρυγικοί γνεύσιοι της Σερβομακεδονικής μάζας (Παλαιοζωϊκό), 5: ρήγματα κανονικά και πλαγιοκανονικά.

Το ρήγμα είναι ευδιάκριτο στις δορυφορικές εικόνες και στις αεροφωτογραφίες. Στο ύπαιθρο εντοπίζεται από τις τεκτονικές αναβαθμίδες που δημιουργεί και αντιστοιχούν είτε στο γεωλογικό όριο μεταξύ του υποβάθρου και των νεότερων (Νεογενών και Τεταρτογενών) ιζημάτων της λεκάνης είτε στο γεωλογικό όριο των Κάτω Πλειστοκαινικών αποθέσεων (Σχηματισμός Γερακαρούς) και των Μέσο-

Ανω Πλειστοκαινικών ιζημάτων, όπου στα τελευταία παρατηρούνται επιπλέον δύο κλάδοι ρηγμάτων παρόμοιας γενικά γεωμετρίας με το κύριο ρήγμα.

Οι κατοπτρικές ρηξιγενείς επιφάνειες κατά μήκος του ρήγματος δεν είναι γενικά πολλές γιατί έχουν εξομαλυνθεί από τη διάβρωση των χαλαρών ιζημάτων. Παρακάτω δίνονται ορισμένες αντιπροσωπευτικές μετρήσεις ρηξιγενών επιφανειών με τις αντίστοιχες γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης (Σχ. 22):

- α. 55° - 60° ΒΔ, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 70° ΒΑ, κανονική συνιστώσα κίνηση
- β. 74° - 50° ΒΔ, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 73° Δ, κανονική συνιστώσα κίνηση
- γ. 40° - 55° ΒΔ, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 80° ΒΑ, κανονική συνιστώσα κίνηση
- δ. 90° - 70° Β, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 85° Δ, κανονική συνιστώσα κίνηση

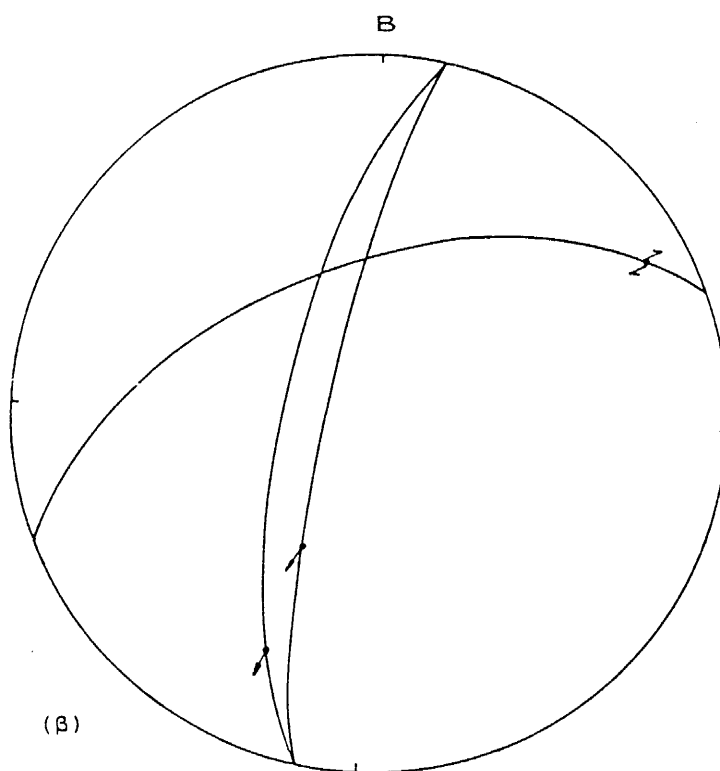
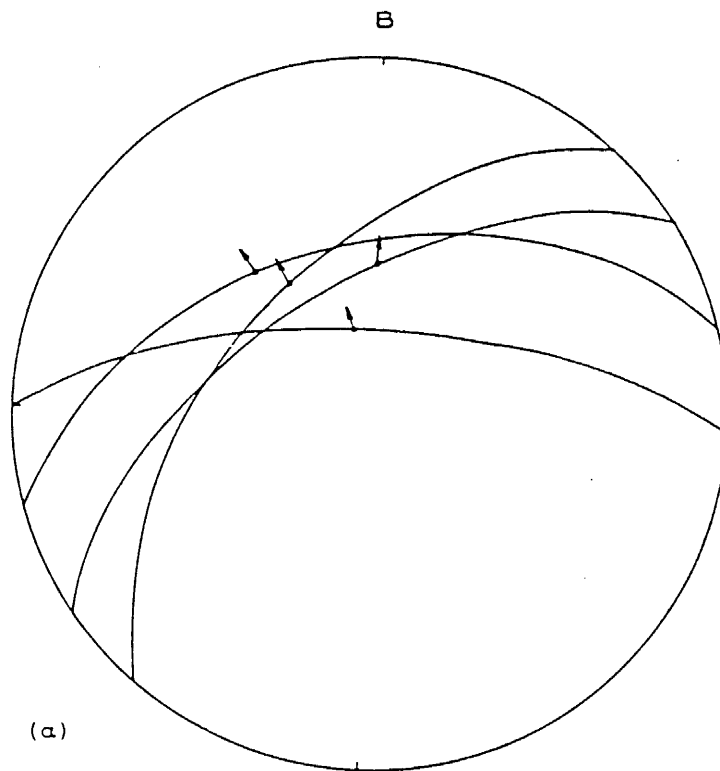
Με τη σεισμική δράση του 1978 ($M_s = 6.5$) δημιουργήθηκαν επιφανειακά ίχνη του ρήγματος σε μήκος 15-18 km περίπου. Το μέγιστο επιφανειακό άλμα της νέας διάρρηξης εμφανίσθηκε στα χωριά Γερακαρού (23 cm) και Στίβος (14 cm), ενώ σε πολλές άλλες θέσεις μεταξύ Γερακαρούς-Περιστερώνα το άλμα κυμάνθηκε μεταξύ 5-10 cm. Δημιουργήθηκαν επίσης ανοίγματα 4 -10 cm, καθώς και μικρή δεξιόστροφη μετατόπιση (2 cm περίπου) σε ένα σημείο στο χωριό Νικομηδινό.

Εκτός από το μεγάλο σεισμό ($M_s = 6.5$) με το ρήγμα αυτό συνδέεται γενικά ένας πολύ μεγάλος αριθμός μικροσεισμών ($M_s = 2.0 - 4.5$), το σύνολο των οποίων έχει εστιακά βάθη 8 - 14 km.

Το συνολικό άλμα του γεωλογικού ρήγματος σε όλη τη διάρκεια του Τεταρτογενούς υπολογίζεται με βάση τις ιζηματολογικές ενδείξεις σε 250 m.

(β) Ρήγμα Λητής-Λαγυνών-Αγίου Βασιλείου

Πρόκειται για το τμήμα ρήγματος που είναι η συνέχεια προς τα Δυτικά-Βορειοδυτικά του προηγούμενου σεισμικού ρήγματος Γερακαρούς-



Σχήμα 22. Στερεογραφικές προβολές (δίκτυο Schmidt, νότιο ημισφαίριο) των ρηγμάτων με τις αντίστοιχες γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης (βέλη) για τις νέες και σεισμικά ενεργά κινήσεις (α), και τις παλιότερες κινήσεις (β), που μετρήθηκαν κατά μήκος της μεγάλης ρηξιγενούς γραμμής Γερακαρούς-Νικομηδινού-Στίβου-Περιστερώνα

Νικομηδινού-Στίβου-Περιστερώνα, δια μέσου των χωριών Αγίου Βασιλείου-Λαγυνών-Λητής και σε μήκος που ξεπερνά τα 20 km. Ωστόσο για το τμήμα αυτό δεν έχουμε στοιχεία για συγκεκριμένη σεισμική δράση σε ιστορικούς χρόνους. Το ρήγμα Λητής-Λαγυνών-Αγ. Βασιλείου εμφανίζεται, όπως και το ρήγμα Γερακαρούς-Νικομηδινού-Στίβου-Περιστερώνα, σαν το γεωλογικό όριο μεταξύ σχηματισμών του υποβάθρου και των Νεογενών-Τεταρτογενών ιζημάτων που πληρώνουν το βύθισμα της Μυγδονίας.

Είναι ευδιάκριτο στις δορυφορικές εικόνες σαν μια ζώνη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης που αποτελείται στο μεγαλύτερο τμήμα της από δύο συνεχείς παράλληλους κλάδους ρηγμάτων με μετάπτωση προς τα ΒΑ, και οι οποίοι αναγνωρίζονται στο ύπαιθρο από τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά τους και τις καλά διαμορφωμένες τεκτονικές αναβαθμίδες και τις τριγωνικές επιφάνειες ρήγματος (triangular facets). Ο κλάδος στα ΝΔ, εντοπίζεται αποκλειστικά μέσα στα πετρώματα του υποβάθρου και οι τριγωνικές επιφάνειες είναι σημαντικά πιο διαβρωμένες από αυτές του, προς την λεκάνη, κλάδου, οι οποίες παρουσιάζουν πολύ μικρότερη διάβρωση. Ο τελευταίος κλάδος υλοποιεί το όριο ανάμεσα στο υπόβαθρο και τα Νεογενή και Πλειστοκαινικά ιζήματα.

Το ρήγμα χαρακτηρίζεται σεισμικό-ενεργό γιατί: (α) οριοθετεί το γνωστό ενεργό βύθισμα της Μυγδονίας στο τμήμα της λίμνης Λαγκαδά, (β) αποτελεί συνέχεια του γνωστού σεισμικού ρήγματος Γερακαρούς-Νικομηδινού-Στίβου-Περιστερώνα, (γ) διαμορφώνει άμεσα το σύγχρονο μορφοανάγλυφο, (δ) επηρεάζει τα Μέσο-Ανω Πλειστοκαινικά ιζήματα (δημιουργία αναβαθμίδων) και (ε) συνδέεται άμεσα με πλήθος μικροσεισμών, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο επίθεμα του χάρτη.

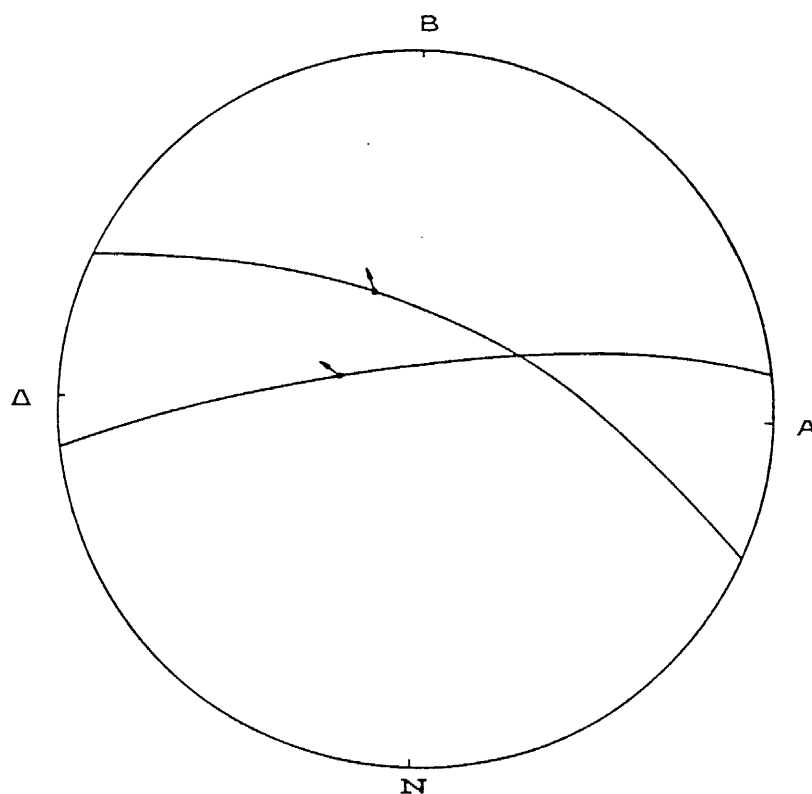
Το συνολικό άλμα του γεωλογικού ρήγματος στη διάρκεια του Τεταρτογενούς με βάση τις ιζηματολογικές ενδείξεις υπολογίζεται σε 220 m.

(γ) Ρήγμα Λουτρών Βόλβης-Απολλωνίας.

Το ρήγμα αυτό αποτελεί την προς τα Ανατολικά συνέχεια του σεισμικού ρήγματος από τον Περιστερώνα προς την Απολλωνία δια μέσου των Λουτρών Βόλβης.

Διαπιστώνεται τόσο στα πετρώματα του υποβάθρου, όσο και στα νέα ιζήματα (Τεταρτογενή), όπου αναγνωρίζεται είτε με μικρές ρηξιγενείς επιφάνειες, είτε με τεκτονικές αναβαθμίδες, είτε από τη γραμμική εμφάνιση χημικών ιζημάτων (τραβερτινών) κυρίως στην περιοχή βόρεια της Νέας Απολλωνίας.

Το ρήγμα έχει μήκος περίπου 10 km, γενική διεύθυνση Α-Δ μέχρι ΔΒΔ-ΑΝΑ και μετάπτωση προς Βορρά. Η κινηματική του εκφράζεται από τις αντιπροσωπευτικές γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης που μετρήθηκαν (Σχ. 23).



Σχήμα 23. Κινηματική του ρήγματος Λουτρών Βόλβης-Απολλωνίας. Δυο αντιπροσωπευτικές επιφάνειες του ρήγματος φαίνονται σε στερεογραφική προβολή (μέγιστος κύκλος), ενώ οι γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης (βέλη) δηλώνουν το είδος της νέας κίνησης που παρατηρείται στο ρήγμα.

- α. 110° - 50° BBA, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 70° Δ, κανονική συνιστώσα κίνησης
- β. 80° - 80° BBA, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 72° Δ, κανονική συνιστώσα κίνησης

Η σύνδεση του ρήγματος αυτού με τις θερμές πηγές της Βόλβης διαπιστώνεται από το γεγονός ότι κατά μήκος του ρήγματος και συγκεκριμένα εκεί που διασταυρώνεται με δύο μικρότερα ρήγματα BA-NA διεύθυνσης, εκδηλώνονται θερμές πηγές.

Το συνολικό άλμα του ενεργού ρήγματος Λουτρών Βόλβης-Απολλωνίας στο Τεταρτογενές θεωρείται ότι είναι ανάλογο με το αυτό του ρήγματος, του οποίου άλλωστε αποτελεί τη συνέχεια και υπολογίζεται στα 250 m.

(δ) Σεισμική επιφανειακή διάρρηξη μεταξύ των λιμνών Βόλβης-Λαγκαδά

Μέσα στη δράση της Σεισμικής ρηξιγενούς ζώνης Βόλβης συμπεριλαμβάνεται και σεισμική επιφανειακή διάρρηξη που δημιουργήθηκε στο χώρο μεταξύ των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά κατά το σεισμό της 20ης Ιουνίου 1978 ($M_s = 6.5$).

Η επιφανειακή αυτή διάρρηξη του σεισμού είχε συνολικό μήκος 5 km, άρχισε από το χωριό Στίβος και με διεύθυνση ANA-ΔBA προεκτείνονταν προς τη λίμνη Λαγκαδά διασχίζοντας σχεδόν εγκάρσια την εθνική οδό Θεσσαλονίκης-Καβάλας.

Η ακριβής διεύθυνση του επιφανειακού ίχνους κατά το σεισμό ήταν $N115^{\circ}$ και η γωνία κλίσης του στην επιφάνεια 73° προς τα BBA. Εμφανίστηκε ως κανονικό ρήγμα με μετάπτωση προς τα BBA και έκοψε τις πολύ πρόσφατες αλλουβιακές προσχώσεις του βυθίσματος στο χώρο μεταξύ των λιμνών. Το άλμα κυμαίνονταν από 2 έως 20 cm και το επιφανειακό άνοιγμα ήταν της τάξης των 15 cm.

Το επιφανειακό ίχνος της διάρρηξης δεν είναι ορατό σήμερα και δεν είναι δυνατόν να υπολογισθεί το συνολικό γεωλογικό άλμα του ρήγματος, που υπάρχει καλυμμένο και ενδεχόμενα αποτελεί μια αντιθετική ρηξιγενή επιφάνεια στο ρήγμα Σχολαρίου-Ανάληψης-Ασσήρου.

(16) Σεισμικό ρήγμα Σχολαρίου-Ανάληψης-Ασσήρου

Πρόκειται ουσιαστικά για τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη συνολικού μήκους πάνω από 30km, η οποία οριοθετεί τη βορειοανατολική πλευρά του βυθίσματος Λαγκαδά από το χωριό Σχολάρι μέχρι την Άσσηρο. Το τμήμα της ρηξιγενούς αυτής ζώνης που περιγράφεται ως το Σεισμικό ρήγμα Σχολαρίου (Μουντράκης et al. 1990) ενεργοποιήθηκε στο σεισμό της Θεσσαλονίκης $M_s = 6.5$ το 1978 σαν ένας κλάδος του συστήματος ρηγμάτων με επιφανειακά ίχνη ανάμεσα στα χωριά Ευαγγελισμός - Σχολάρι - Στίβος.

Πρόκειται για ρήγμα κανονικό γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ (περίπου $N128^\circ$) με μετάπτωση προς τα ΝΔ (σχ. 21) και σημαντική αριστερόστροφη συνιστώσα, όπως διαπιστώθηκε από την επιφανειακή διάρρηξη του σεισμού του 1978.

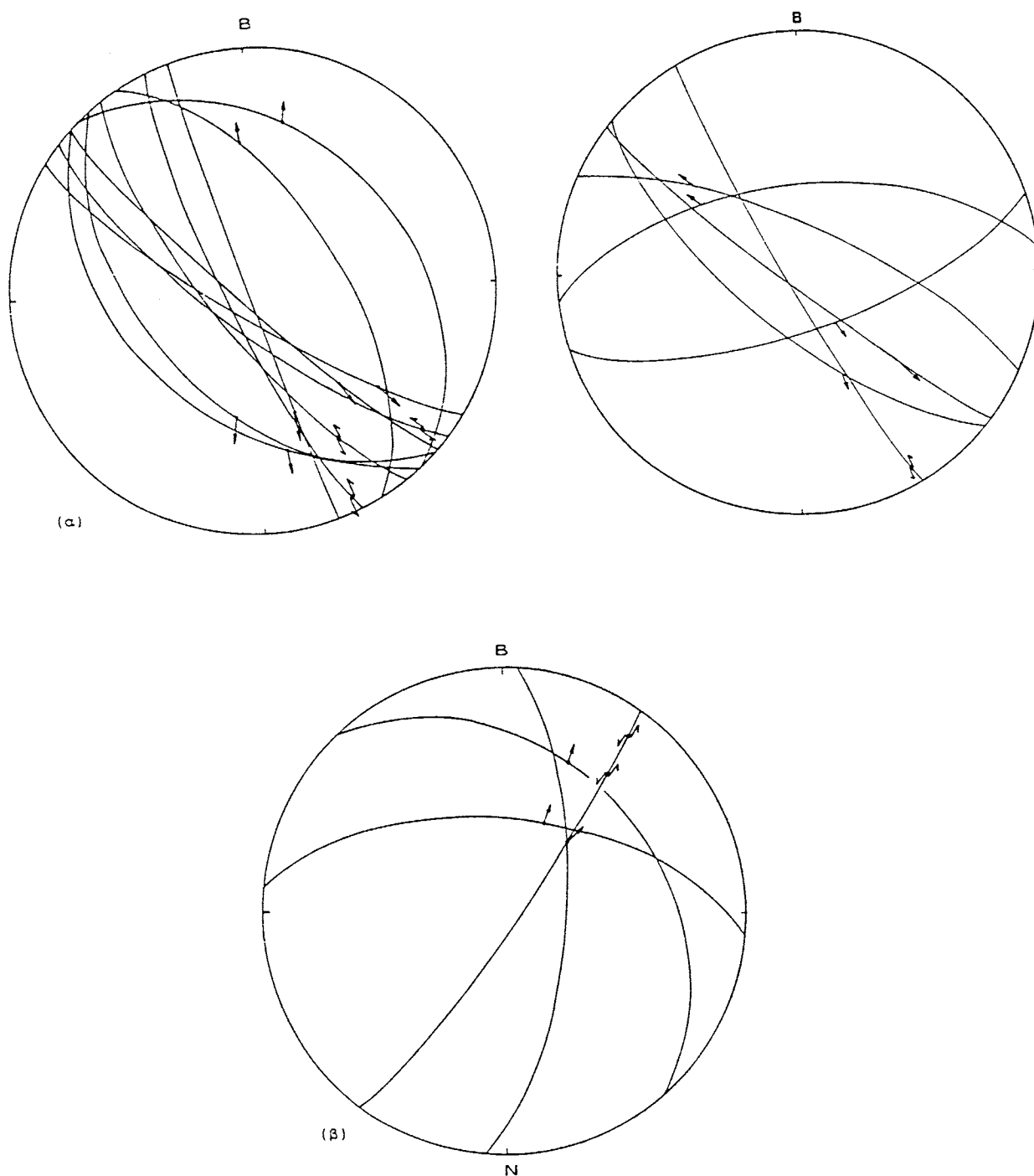
Το συνολικό μήκος του σεισμικού ρήγματος, δηλαδή το μήκος της επιφανειακής διάρρηξης στο σεισμό, υπολογίστηκε στα 8 km.

Το ρήγμα είναι ορατό στις αεροφωτογραφίες και στο ύπαιθρο ως μια ευθύγραμμη τεκτονική αναβαθμίδα κατά μήκος της λεκάνης Λαγκαδά παρά το χωριό Ευαγγελισμός. Αντίθετα το τμήμα του ρήγματος που διασχίζει το βύθισμα της Μυγδονίας μεταξύ των δύο λιμνών και κατευθύνεται προς το χωριό Στίβος δεν είναι ορατό σήμερα εκτός από μια τεκτονική αναβαθμίδα στο χωριό Σχολάρι.

Με το σεισμό του 1978 το ρήγμα παρουσίασε μέγιστο επιφανειακό άλμα 25 cm, άνοιγμα από 2 έως 16 cm και ορατή αριστερόστροφη μετατόπιση 2-3 cm σε πολλά σημεία, ιδιαίτερα όμως μέσα στο χωριό Σχολάρι.

Στοιχεία μέτρησης στο σεισμικό ρήγμα: $128^\circ - 85^\circ$ ΝΔ, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 45° ΝΑ, κανονική, αριστερόστροφη κίνηση (Σχ. 24). Το ρήγμα εξακολουθεί να παραμένει σεισμικά ενεργό και δίνει πολλούς μικροσεισμούς.

Το τμήμα ρήγματος στη συνέχεια, προς τα Βορειοδυτικά, του σεισμικού ρήγματος Σχολαρίου είναι κανονικό ρήγμα που οριοθετεί το βύθισμα του Λαγκαδά στο βορειοανατολικό του τμήμα και είναι το τμήμα ρήγματος Ανάληψης-Ασσήρου. Έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ ($N130^\circ - 150^\circ$) και



Σχήμα 24. Στερεογραφική προβολή των τεκτονικών επιφανειών και της κινηματικής του σεισμικού ρήγματος Σχολαρίου-Ανάληψης-Ασσήρου. (α) πρόσφατη ενεργός φάση κίνησης, (β) παλιότερη φάση.

μήκος 20 km. Ωστόσο, για το τμήμα αυτό δεν έχουμε στοιχεία για συγκεκριμένη σεισμική δράση σε ιστορικούς χρόνους.

Το τμήμα ρήγματος είναι ορατό στις δορυφορικές εικόνες και στις αεροφωτογραφίες. Στο ύπαιθρο η ρηξιγενής του επιφάνεια είναι παρατηρήσιμη σε αρκετές θέσεις όπως π.χ στο τμήμα Ανάληψης-Ευαγγελισμού. Ανατολικά της Ασσήρου εκτείνεται μέσα στα Τεταρτογενή ιζήματα και σε ορισμένες ρηξιγενείς επιφάνειες μετρήθηκαν γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης.

Χαρακτηρίστηκε ως ενεργό τμήμα ρήγματος γιατί επηρεάζει Πλειστοκαινικά ιζήματα και αποτελεί τη συνέχεια της γνωστής σεισμικής διάρρηξης Σχολαρίου. Επίσης στην ευρύτερη περιοχή του ρήγματος βρίσκεται μια σειρά επικέντρων μικροσεισμών με μικρό βαθμό συσχέτισης με το ρήγμα και το επίκεντρο του μεγάλου σεισμού της Ασσήρου στις 5 Ιουλίου 1902, 14:56:30, 40.8°N-23.1°E, Ms = 6.6 (ένταση IX MM), το οποίο όμως δεν είναι με ακρίβεια προσδιορισμένο ούτε υπάρχουν περιγραφές ή άλλα στοιχεία για εμφάνιση διαρρήξεων κατά τη σεισμική δράση του 1902. Για τους λόγους αυτούς δεν τεκμηριώνεται άμεσα η σύνδεση του ρήγματος αυτού με το μεγάλο σεισμό της Ασσήρου.

(17) Ενεργό ρήγμα Νέας Απολλωνίας-Νέας Μάδυτου-Ολυμπιάδας

Αποτελεί μια συνεχή ρηξιγενή γραμμή γενικής διεύθυνσης Α-Δ που διέρχεται σε απόσταση ενός χιλιομέτρου νότια του χωριού της Νέας Απολλωνίας. Το δυτικότερο τμήμα του ρήγματος εντοπίζεται στα πετρώματα του υποβάθρου με διεύθυνση που κυμαίνεται από ΒΔ-ΝΑ μέχρι Α-Δ και είναι σχεδόν παράλληλο με το σεισμικό ρήγμα της Βόλβης. Το υπόλοιπο τμήμα διασχίζει εγκάρσια, με διεύθυνση περίπου Α-Δ την υπολεκάνη Νέας Απολλωνίας-Μαραθούσας και συνεχίζει στα Ανατολικά στο χωριό Νέα Μάδυτος όπου αποτελεί το κρασπεδικό (περιθωριακό) ρήγμα που χωρίζει το υπόβαθρο από τα νέα ιζήματα, πάντοτε με διεύθυνση Α-Δ και μετάπτωση προς Βορρά.

Ακόμη πιο Ανατολικά η ρηξιγενής γραμμή υλοποιείται ως μια σειρά συνεχών ή ασυνεχών ρηξιγενών γραμμών (ρηγμάτων) με σταθερή γενικά διεύθυνση Α-Δ και μετάπτωση είτε προς Βορρά είτε προς Νότο, που

διαμορφώνει το μορφοανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής από τη Νέα Μάδυτο μέχρι το χωριό Ολυμπιάδα.

Στο χώρο της Ολυμπιάδας, αναγνωρίζονται στις αεροφωτογραφίες δύο παράλληλες συνεχείς ρηξιγενείς γραμμές με δεσπόζουσα αυτή που βρίσκεται πιο Βόρεια, η οποία είναι συνεχής (ενιαία) για ένα μήκος περίπου 10 km και παρουσιάζει γεωμετρικά στοιχεία ανάλογα μ' αυτά του ρήγματος Στρατωνίου.

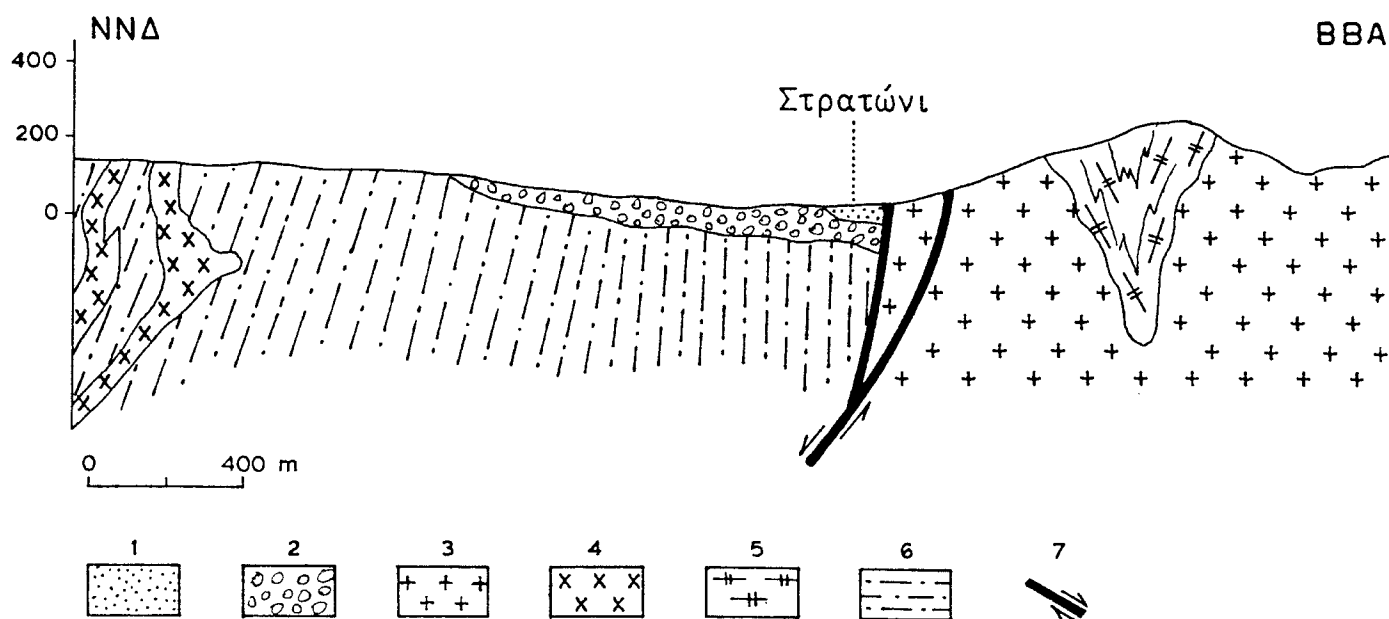
Έτσι στο σύνολο λαμβανόμενη η ρηξιγενής γραμμή Νέας Απολλωνίας-Νέας Μάδυτου-Ολυμπιάδας αποτελεί μια μεγάλου μήκους (30 km) ρηξιγενή ζώνη, η οποία έχει όλα τα χαρακτηριστικά του μεγάλου ενεργού ρήγματος. Συγκεκριμένα το ρήγμα χαρακτηρίστηκε ενεργό για τους ακόλουθους λόγους: (α) είναι σχεδόν παράλληλο με το σεισμικό ρήγμα Βόλβης, (β) φαίνεται να καθορίζει σε σημαντικό βαθμό το σύγχρονο μορφοανάγλυφο και ιδιαίτερα με το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, (γ) κατά μήκος του εμφανίζονται τραβερτινικές αποθέσεις, (δ) επηρεάζει Πλειστοκαινικά ιζήματα, κυρίως στις θέσεις νότια της Νέας Απολλωνίας και της Κοκαλούς, (ε) βρίσκεται σε μια περιοχή με έντονη μικροσεισμική δράση.

Μια σειρά μικροσεισμών (71) μεταξύ των οποίων και ο σεισμός της 19ης Φεβρουαρίου 1984 03:47:22.1, συντεταγμένες 40.63° N - 23.39° E, $M_s = 5.2$, βάθος $h = 14$ km, συγκεντρώνεται στην ευρύτερη περιοχή του ρήγματος κυρίως στο βόρειο τμήμα του και συνδέονται τόσο με το ρήγμα αυτό, όσο πιθανώς και με μια σειρά παράλληλων μικρότερων ρηγμάτων.

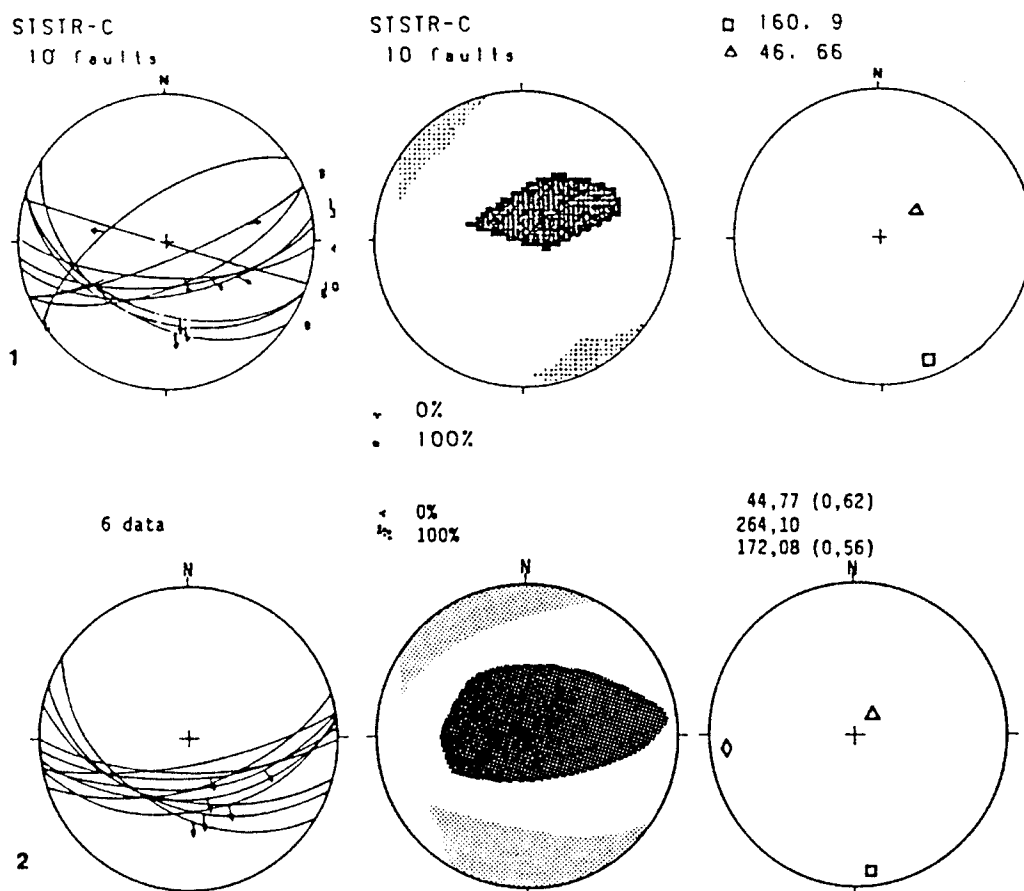
Από τη συνέχεια των Νεογενών ιζημάτων της υπολεκάνης στην περιοχή ΝΔ της Νέας Απολλωνίας, υπολογίζεται ότι το άλμα του ρήγματος στο Τεταρτογενές είναι της τάξης των 5 m, ενώ στο ανατολικό του άκρο όπου οριοθετεί τα νέα ιζήματα από το υπόβαθρο το άλμα εκτιμάται λίγο μεγαλύτερο.

(18) Σεισμικό Ρήγμα Στρατωνίου

Το ρήγμα του Στρατωνίου παρουσιάζει μια γενική Α-Δ διεύθυνση και μήκος περί τα 15 km. Πρόκειται για ένα κανονικό ρήγμα με μετάπτωση προς Νότο (Σχ. 25, 26), που στα Δυτικά ενώνεται με το ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρήγμα Βαρβάρας, και αποκτά έτσι συνολικό μήκος 20 km περίπου.



Σχήμα 25. Γεωλογική τομή που δείχνει την εικόνα του ρήγματος Στρατωνίου στη θέση του ομώνυμου χωριού. 1: Ελλουβιακός μανδύας, 2: Πλειστοκαινικές αποθέσεις (άμμοι, κροκάλες, χαλίκια), 3-6: πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας, 3: γρανίτης Στρατωνίου (Ολιγόκαινο), 4: όξινα-πορφυροειδή, 5: χαλαζιο-αστριούχοι βιοττιτικοί γνεύσιοι (Παλαιοζωϊκού), 6: αμφιβολίτες (Παλαιοζωϊκού), 7: ρήγμα κανονικό.



Σχήμα 26. Στερεογραφική προβολή: (1) των νεοτεκτονικών ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής του ρήγματος του Στρατωνίου, (2) των γραμμώσεων τεκτονικής ολίσθησης του σεισμικού ρήγματος Στρατωνίου και του εφελκυστικού εντατικού πεδίου που προσδιορίζουν

Διαχωρίζει γεωμορφολογικά την περιοχή σε δύο τμήματα: (1) το βόρειο (footwall block) που χαρακτηρίζεται από το υψηλό ανάγλυφο του Στρατονικού όρους, του οποίου οι νότιες πλευρές συμπίπτουν με το ρήγμα του Στρατωνίου και (2) το νότιο (hangingwall block) που συμπίπτει ευρύτερα με το μυχό της Ιερισσού, όπου αναπτύσσεται ένα χαμηλό και ομοιόμορφο ανάγλυφο με εκτενές υδρογραφικό δίκτυο.

Κατά μήκος του ρήγματος παρατηρούνται αρκετές αποθέσεις πλευρικών κορημάτων συνδεδεμένων με πρόσφατη δράση του ρήγματος, που σύμφωνα με τα γνωστά σεισμολογικά δεδομένα έλαβε χώρα το 1932 (σεισμός της Ιερισσού 1932, $M=7.0$). Τα σεισμικά ίχνη από το σεισμό της Ιερισσού έχουν χαρτογραφηθεί από τους Μαραβελάκη (1933), Georgalas & Galanopoulos (1953) και Pavlides & Tranos (1991). Επίσης το ρήγμα του Στρατωνίου ταυτίζεται σε διεύθυνση με την Α-Δ ανάπτυξη των ισόσειστων καμπυλών του παραπάνω σεισμού (Papazachos et al. 1982). Έτσι το ρήγμα του Στρατωνίου, το οποίο θεωρείται ως το σειсмоγόνο ρήγμα για το σεισμό της Ιερισσού, χαρακτηρίζεται ως σεισμικό ρήγμα.

(19) Σεισμικό ρήγμα Σοχού

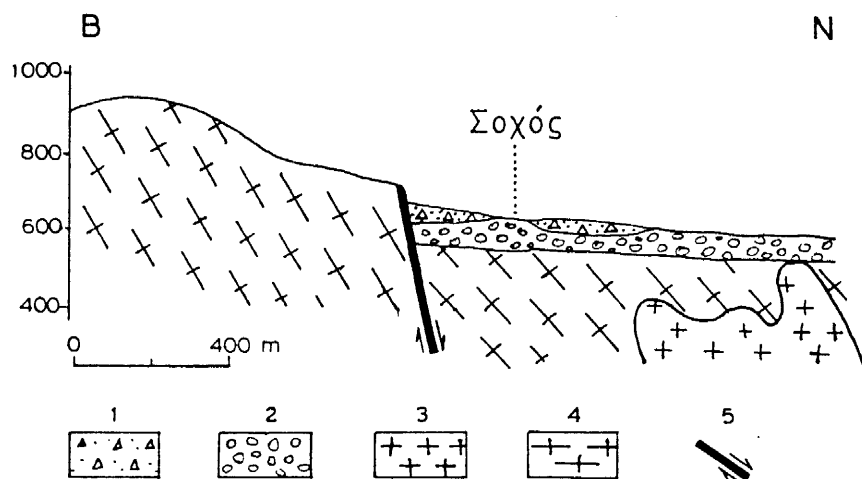
Αποτελεί μια μεγάλου μήκους συνεχή ρηξιγενή γραμμή γενικής διεύθυνσης Α-Δ που διέρχεται από τα χωριά Σοχός-Αυγή-Κρυονέρι-Πέντε Βρύσες και είναι πιθανή η συνέχεια του προς τα Ανατολικά στο χωριό Μαυρούδα στη βόρεια πλευρά της Βρωμολίμνης. Το συνολικό του μήκος μαζί με την πιθανή προέκταση προς τη Μαυρούδα δυνατόν να φθάνει τα 35 km.

Η ρηξιγενής γραμμή διακρίνεται εντυπωσιακά στις δορυφορικές (LANDSAT και SPOT) εικόνες σ' ολόκληρο το μήκος της, όσο και σε αεροφωτογραφίες καθώς επίσης και με υπαίθρια παρατήρηση σε μεγάλο τμήμα του.

Πρόκειται για τυπικό κανονικό ρήγμα με εντυπωσιακή μετάπτωση προς Νότο (Σχ. 27). Το μεγαλύτερό του ορατό άλμα παρατηρείται στην περιοχή των χωριών Σοχού και Αυγής. Το δυτικό τμήμα του ρήγματος, δυτικά του Κρυονερίου, παρουσιάζεται με συνεχώς μειούμενο ορατό άλμα μέχρι σχεδόν οριστικής εξαφάνισης του μεταξύ του χωριού Πέντε Βρύσες και ρέματος Μπογδάνου. Μια περαιτέρω προς τα δυτικά συνέχειά του

μέσα (εγκάρσια) στη λεκάνη Λαγκαδά θεωρείται πιθανή χωρίς όμως απόδειξη.

Σε όλο του το μήκος το ρήγμα επηρεάζει τα μεταμορφωμένα και γρανιτικά πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας, καθώς και σε ορισμένες θέσεις τα ιζήματα της Προμυγδονιακής Ομάδας (Ανω Μειόκαινο- Κάτω Πλειστόκαινο).



Σχήμα 27. Γεωλογική τομή που δείχνει την εικόνα του ρήγματος Σοχού. 1: Τεκτονικά κορήματα, 2: Πλειστοκαινικά ιζήματα (άμμοι, κροκάλες, χαλίκια, άργιλοι), 3: βιοτιτικός γρανοδιορίτης Μεσοζωϊκού, 4: διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι της Σερβομακεδονικής μάζας (Παλαιοζωϊκού), 5: ρήγμα κανονικό.

Υπάρχουν γεωμορφολογικά και γεωλογικά κριτήρια για την τεκμηρίωση της ενεργού δράσης του ρήγματος του Σοχού, όπως π.χ. η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου κατά μήκος του ρήγματος. Επίσης ένα πρόσφατο τεκτονικό βύθισμα (ημιτάφρος) που εντοπίζεται μεταξύ των χωριών Κρυονέρι και Σοχός, η απότομη μεταβολή της κλίσης των κλιτύων κατά μήκος του ρήγματος, η ανάπτυξη σύγχρονων πλευρικών κορημάτων, οι έντονα λειασμένες κατοπτρικές επιφάνειες στα χαμηλότερα σημεία του ρήγματος, με τις επίσης έντονες και πολύ ευδιάκριτες τεκτονικές γραμμώσεις ολίσθησης. (Σχ. 28).

Μετρήσεις κατοπτρικών επιφανειών:

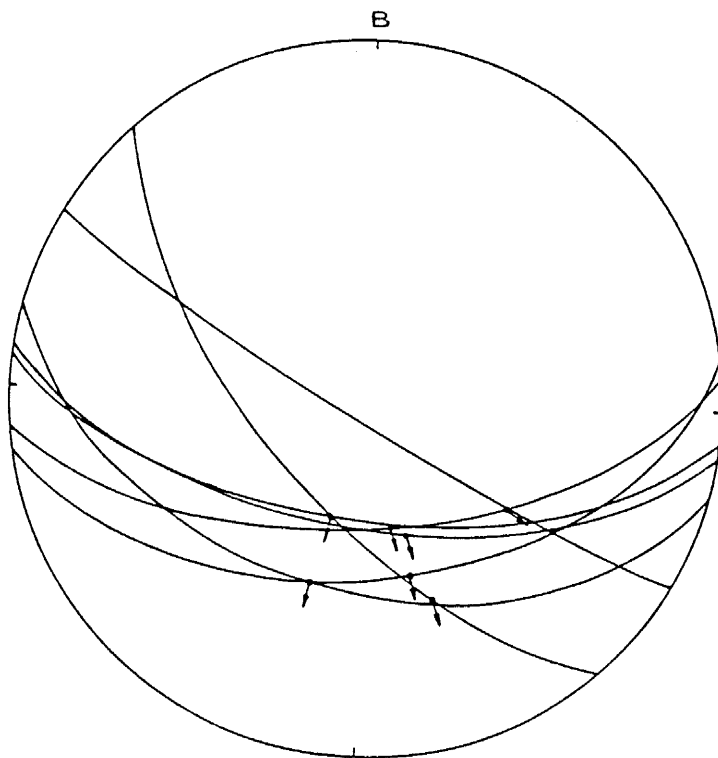
- α. 85° - 60° N, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 86° A, Κανονική κίνηση.
- β. 96° - 62° N, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 86° Δ, Κανονική κίνηση.

Η ποσοτική ανάλυση των τεκτονικών μετρήσεων δείχνει προσανατολισμό του ελλειψοειδούς των τάσεων ανάλογο με αυτόν που

παρουσιάζουν τα υπόλοιπα ενεργά και σεισμικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής, δηλαδή κύρια διεύθυνση εφελκυσμού Β-Ν. Επίσης είναι πολύ πιθανή η σύνδεση του ρήγματος αυτού με το σεισμό του 1932 μεγέθους $M_s = 6.2$ (συντεταγμένες $40.8^\circ\text{N} - 23.3^\circ\text{E}$), ο οποίος είχε μακροσεισμικό επίκεντρο το χωριό του Σοχού. Μια σειρά μικροσεισμών που θα μπορούσαν έμεσα να συσχετισθούν με το ρήγμα του Σοχού φαίνονται στον κατάλογο που ακολουθεί.

Για όλους τους παραπάνω λόγους το ρήγμα χαρακτηρίζεται ενεργό σεισμικό. Το μέγιστο συνολικό άλμα του γεωλογικού ρήγματος στο Τεταρτογενές με βάση τις ιζηματολογικές ενδείξεις στη Βρωμολίμνη και τις τεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή Σοχού, υπολογίζεται σε 130-150 m.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις οδηγούν στο χαρακτηρισμό του ρήγματος ως ενεργού.



Σχήμα 28. Τεκτονικές επιφάνειες (μέγιστοι κύκλοι) και οι αντίστοιχες γραμμές ολίσθησης (βέλη) που μετρήθηκαν κατά μήκος του ρήγματος του Σοχού

Πίνακας μικροσεισμών της περιοχής Σοχού

DATE	TIME	φ° N	λ° E	h km	Ms
6 - Απρ - 1983	04:55:27.1	40.84	22.91	4.	4.2
6 - Απρ - 1983	05:09:39.1	40.84	22.90	8.	2.6
6 - Απρ - 1983	07:58:04.2	40.84	22.90	8.	2.5
29 - Απρ - 1983	13:14:30.1	40.84	22.91	5.	2.6
11 - Αυγ - 1983	09:41:53.0	40.81	22.93	9.	2.6
23 - Μαρ - 1984	15:29:30.4	40.84	22.92	13.	2.4
3 - Μάη - 1984	19:56:44.9	40.90	22.89	6.	2.2
5 - Μάη - 1984	17:34:51.7	40.84	22.91	14.	2.1
6 - Σεπ - 1984	19:30:20.5	40.84	22.89	1.	2.2
9 - Σεπ - 1984	15:31:19.1	40.83	22.91	10.	2.4
24 - Οκτ - 1984	15:03:25.9	40.85	22.89	7.	1.6
28 - Ιαν - 1985	01:50:25.	40.85	22.90	10.	-
13 - Μάη - 1985	04:33:15.8	40.87	22.90	7.	-
15 - Μάη - 1985	14:53:04.6	40.84	22.86	14.	-
15 - Μάη - 1985	14:58:55.6	40.87	22.88	13.	-
15 - Μάη - 1985	17:43:55.1	40.86	22.88	12.	-
15 - Μάη - 1985	21:07:06.1	40.84	22.89	10.	-
17 - Μάη - 1985	08:56:05.2	40.88	22.88	12.	-
17 - Μάη - 1985	10:35:25.1	40.87	22.87	5.	-
21 - Μάη - 1985	17:26:08.4	40.86	22.85	14.	-
25 - Μάη - 1985	03:10:45.3	40.85	22.90	10.	-
25 - Μάη - 1985	10:18:45.1	40.84	22.84	9.	-
6 - Νοε - 1985	19:35:09	40.83	22.92	11.	3.0
21 - Νοε - 1985	21:32:49	40.85	22.92	7.	2.2

(20) Υποθαλάσσιο σεισμικό ρήγμα Νότια των Χερσονήσων Άθω και Σιθωνίας (Βορείου Αιγαίου)

Το ρήγμα αυτό με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ εντοπίζεται στο θαλάσσιο χώρο από τις ισοβαθείς που παρουσιάζουν σημαντικά ευθύγραμμη ανάπτυξη νότια από τις χερσονήσους της Σιθωνίας και του Άθω.

Το ρήγμα ουσιαστικά υλοποιεί το βόρειο περιθωριακό ρήγμα της Τάφρου του Βορείου Αιγαίου και λόγω αυτού του ρήγματος φαίνεται να τερματίζει η Χαλκιδική χερσόνησος προς Νότο.

Μορφολογικά χαρακτηρίζεται ως ρήγμα με μεγάλη γωνία κλίσης προς Νότο, γεγονός που γίνεται αντιληπτό στη χερσόνησο του Άθω με το γεωλογικό παράλληλο ρήγμα που σημειώνεται στον χάρτη στην άκρη της χερσονήσου.

Κινηματικά το ρήγμα αυτό έχει χαρακτηριστεί έμμεσα ως σεισμικά ενεργό ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης, αφού εντάσσεται στο σύστημα ρηγμάτων της Τάφρου του Βορείου Αιγαίου, που είναι γνωστή για την έντονη σεισμικότητά της και συνδέεται με μηχανισμούς γένεσης σεισμών που αντιστοιχούν σε ρήγματα δεξιόστροφης οριζόντιας μετατόπισης στην ίδια ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση, στην οποία τοποθετείται και πλήθος επικέντρων. Παρόλα αυτά μπορεί κάλλιστα να παρουσιάσει συμπεριφορά κανονικού ρήγματος βάση του προσανατολισμού του, όπως έχει παρατηρηθεί σε πολλά παρόμοιας διεύθυνσης ρήγματα στο χώρο της Χαλκιδικής, που παρουσιάζουν κανονική ως πλαγιοκανονική κίνηση.

(21) Ενεργό ρήγμα Ασβεστοχωρίου-Πολίχνης

Το ρήγμα τοποθετείται κατά μήκος της κοιλάδας του Ασβεστοχωρίου με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ (N120°) και μετάπτωση προς τα ΑΒΑ. Επηρεάζει κυρίως τους φυλλίτες και τους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους της ενότητας Σβούλας της Περιοδοπικής ζώνης.

Το ρήγμα διαπιστώνεται κυρίως από τη μορφολογία. Συνεχίζεται όμως στις νέες (Πλειοκαινικές-Τεταρτογενείς) αποθέσεις στα βόρεια προάστια της Θεσσαλονίκης, Πολίχνη, Σταυρούπολη, Βόρεια του Ευόσμου και Νέου Κορδελίου. Το συνολικό του ορατό μήκος είναι περίπου 15 km.

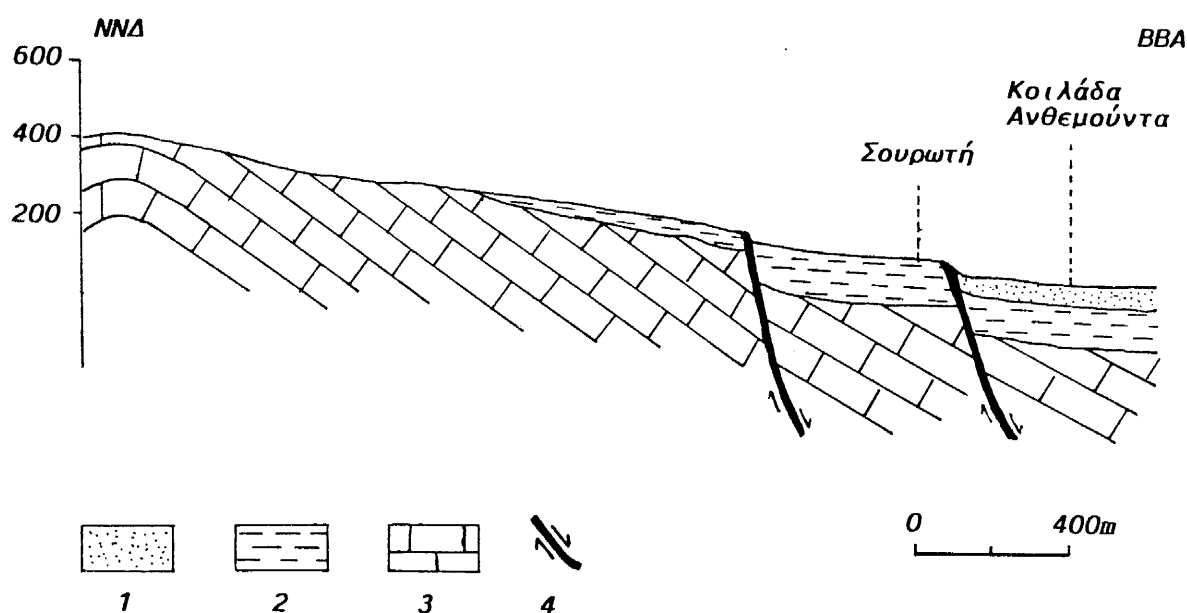
Οι υπαίθριες παρατηρήσεις απ' ευθείας επί της ρηξιγενούς του επιφάνειας είναι σχετικά λίγες, και περιορίζονται κυρίως κατά μήκος του ρέματος του Ασβεστοχωρίου γιατί η κοιλάδα παρουσιάζει στο μεγαλύτερο μήκος της ένα ήπιο αλλά και δασωμένο μορφοανάγλυφο. Πρόκειται πάντως για ρήγμα κανονικό με αριστερόστροφη συνιστώσα κίνησης.

Υπάρχουν πληροφορίες ότι το ρήγμα αυτό επαναδραστικοποιήθηκε κατά το μεγάλο σεισμό της Θεσσαλονίκης το 1978 (Ms - 6.5) και δημιουργήθηκε σε κάποια θέση του στη περιοχή Πολίχνης σε Τεταρτογενείς αποθέσεις μικρή ρωγμή με άνοιγμα 1-2 cm και μετάπτωση 10 cm αποτέλεσμα μιας αριστερόστροφης πλαγιοκανονικής κίνησης.. Για το λόγο αυτό και για το ότι συνεχίζεται στα νέα ιζήματα θεωρείται ενεργό ρήγμα. Θα μπορούσε μάλιστα να συνδεθεί με μια σειρά μικροσεισμών που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή του ρήγματος.

(22) Ενεργό ρήγμα Ανθεμούντα

Είναι το ρήγμα που οριοθετεί τη νότια πλευρά του βυθίσματος του Ανθεμούντα, που βρίσκεται νότια και νοτιοανατολικά της πόλης της Θεσσαλονίκης.

Η γενική διεύθυνση του ρήγματος είναι Α-Δ ως ΔΒΔ-ΑΝΑ (περίπου 90° - 100°) και παρουσιάζει στην επιφάνεια κλίση 70° προς τα Βόρεια (Σχ. 29).



Σχήμα 29. Γεωλογική τομή που δείχνει την εικόνα του ρήγματος του Ανθεμούντα στη θέση του χωριού Σουρωτή. 1: Πλειστοκαινικές αποθέσεις (άμμοι, χαλίκια, κροκαλοπαγή, προσχώσεις κοιλάδων), 2: Νεογενείς αποθέσεις (χερσοποτάμια και λιμναία ιζήματα), 3: ασβεστόλιθοι Ιουρασικού της ζώνης Παιανίας, 4: ρήγμα κανονικό.

Πρόκειται για μια σημαντική ρηξιγενή γραμμή που εύκολα αναγνωρίζεται στις δορυφορικές εικόνες και στις αεροφωτογραφίες, από τις τεκτονικές αναβαθμίδες (ιδιαίτερα στις θέσεις Μεγάλο Έμβολο, Αγία Τριάδα, Περαιά), από το γενικότερο μορφοανάγλυφο της περιοχής, τα μικρορήγματα που παρατηρούνται κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης. Επίσης το ρήγμα έχει εντοπιστεί και από τις γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις.

Επηρεάζει κατά κανόνα τα Ανω Μειοκαινικά-Πλειοκαινικά ιζήματα της περιοχής, αλλά και τις πιο πρόσφατες Τεταρτογενείς αποθέσεις.

Επίσης φαίνεται ότι συνδέεται με μια σειρά μικροσεισμικών δονήσεων που συνέβησαν στην περιοχή το Φθινόπωρο του 1988.

Το ρήγμα προεκτείνεται επί πολλά χιλιόμετρα προς τα ανατολικά - νοτιοανατολικά και έχει συνολικό ορατό μήκος που υπολογίζεται στα 35 km. Η προς τα δυτικά προέκταση του ρήγματος βρίσκεται στο θαλάσσιο χώρο του κόλπου της Θεσσαλονίκης και δεν είναι ανιχνεύσιμη. Σύμφωνα με προσωπικές πληροφορίες γεωλόγων της Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου στο θαλάσσιο χώρο του κόλπου της Θεσσαλονίκης βορειότερα από το ρήγμα του Ανθεμούντα, επισημάνθηκε με γεωφυσικές μεθόδους ένα ρήγμα διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ (περίπου $N110^{\circ}-120^{\circ}$) με κλίση προς Βορρά. Αν και δεν γνωρίζουμε με ακρίβεια την απόσταση αυτού από το ρήγμα Ανθεμούντα, εντούτοις είναι πιθανό να συνδέεται με την ρηξιγενή γραμμή του Ανθεμούντα αν υποθέσουμε ότι πρόκειται για λιστρωτό ρήγμα.

Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι η προς τα δυτικά νοητή επέκταση του ρήγματος Ανθεμούντα στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης, στις περιοχές των Δέλτα Αξιού και Αλιάκμονα, παρ' όλο που αναζητήθηκε επίμονα στο ύπαιθρο δεν επισημάνθηκε προφανώς λόγω των χαλαρών δελταϊκών αποθέσεων των ποταμών. Εντούτοις στην περιοχή αυτή του Δέλτα του Αξιού επισημάνθηκε με γεωφυσικές διασκοπήσεις μια μεγάλη ρηξιγενής γραμμή (μήκους 20 km), διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ η οποία κατά βάση ακολουθεί την κοίτη του Λουδία ποταμού και βρίσκεται στη νοητή προέκταση της ρηξιγενούς γραμμής Ανθεμούντα. Όμως κάποια πιθανή σύνδεση των δύο γραμμών δεν μπορεί να γίνει.

Το συνολικό άλμα του γεωλογικού ρήγματος του Ανθεμούντα στη διάρκεια του Τεταρτογενούς με βάση τις ιζηματολογικές ενδείξεις υπολογίζεται για την ηπειρωτική περιοχή της κοιλάδας του Ανθεμούντα σε 200m, ενώ για τη θαλάσσια περιοχή του κόλπου της Θεσσαλονίκης δεν μπορεί να προσδιοριστεί.

(23) Ρήγμα Γοματίου

Πρόκειται για ένα κανονικό ρήγμα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης (130°) και μετάπτωσης προς τα ΝΔ, το οποίο διαμορφώνει μια νεοτεκτονική ημιτάφρο πληρωμένη με Νεογενή και κυρίως Τεταρτογενή ιζήματα.

Μεταξύ των χωριών Γομάτι και Μεγάλη Παναγιά στην Ανατολική Χαλκιδική μέχρι τις ακτές του Σιγγιτικού κόλπου.

Το μήκος του είναι περίπου 24 km, και είναι πολύ καλά παρατηρήσιμο στις αεροφωτογραφίες και στο ύπαιθρο από την μεγάλη μορφολογική κλίση των πρανών του, ενώ χαρακτηριστική είναι η παρουσία Πλειστοκαινικών κορημάτων και αλλουβιακών ριπιδίων σ' όλο το μήκος του, τα οποία υποδηλώνουν την πρόσφατη δράση του ρήγματος και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται ως γεωλογικά ενεργό ρήγμα.

(24) Ρήγμα Βορείου Αγίου Όρους

Πρόκειται για ρήγμα με διεύθυνση Α-Δ και μετάπτωση του Βόρειου τέμαχους το οποίο διατρέχει σε μήκος 18 km την χερσόνησο του Αθω (Αγίου Όρους) στο βόρειο χώρο της ανάμεσα στα χωριά Νέα Ρόδα και Ουρανούπολη.

Το ρήγμα αυτό έχει εντοπιστεί από τις δορυφορικές εικόνες με ειδική επεξεργασία (Σουλακέλλης & Τρανός 1991) και είναι στην συνέχεια του ρήγματος του Γοματίου. Λόγω του γεγονότος ότι η περιοχή είναι έντονα σεισμική με πρόσφατο σεισμό αυτόν της Ιερισσού του 1932, με μέγεθος $M_s=7.0$ και δεδομένου ότι βρίσκεται στην συνέχεια του γεωλογικά ενεργού ρήγματος Γοματίου και επιπλέον έχει διεύθυνση παρόμοια μ' αυτή του σεισμικού ρήγματος του Στρατωνίου βορειότερα, οδηγεί στην υπόθεση ότι πιθανόν είναι ενεργό ρήγμα.

(25) Σύστημα ρηγμάτων Λαχανά-Ξυλόπολης - Νικόπολης-Νέας Φιλαδέλφειας

Πρόκειται για μια ομάδα κανονικών ρηγμάτων ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης που εμφανίζονται κατά μήκος του οδικού άξονα της Εθνικής οδού Θεσσαλονίκης-Σερρών στο τμήμα μεταξύ Εξαμιλίου-Δορκάδας-Νικόπολης-Ξυλόπολης-Λαχανά.

Τα ρήγματα αυτά επηρεάζουν αποκλειστικά τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας και τα γρανιτικά σώματα και επομένως δεν υπάρχουν τεκτονικά στοιχεία που να τεκμηριώνουν την

ενεργό ή όχι δράση τους, γιαυτό άλλωστε το λόγο δεν σχεδιάστηκαν στο χάρτη ως ενεργά ή πιθανά ενεργά. Εντούτοις τα ρήγματα αυτά φαίνεται να καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό το γενικότερο μορφοανάγλυφο της περιοχής και με τις αντιθετικές τους μεταπτώσεις (άλλα προς τα ΒΔ και άλλα προς τα ΝΑ) δημιουργούν ένα επιμήκες τεκτονικό βύθισμα κατά μήκος του άξονα της Εθνικής οδού γενικής διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ (N70°) και συνολικού μήκους 23 km, το οποίο έχει ανάλογη μορφολογική εικόνα με τα ενεργά βυθίσματα που εμφανίζονται στο χώρο της Σερβομακεδονικής μάζας. Σε ορισμένες μάλιστα θέσεις του βυθίσματος τα ρήγματα συνδέονται με την απόθεση πρόσφατων ιζημάτων (π.χ. περιοχή Ξυλόπολης).

Παρ' όλο που δεν υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία για να χαρακτηριστούν ως ενεργά ρήγματα και δεν καταγράφηκαν μικροσεισμικές ακολουθίες τα τελευταία χρόνια κατά μήκος των ρηγμάτων αυτών στην περιοχή Ξυλόπολης-Νικόπολης, εντούτοις η γραμμή του βυθίσματος που δημιουργούν βρίσκεται ακριβώς στη συνέχεια της μεγάλης φωτογράμμωσης μήκους 18 km που παρατηρείται μεταξύ των χωριών Νέα Μεσημβρία - Νέα Φιλαδέλφεια - Νέα Σάντα κατά μήκος της κοίτης του Γαλλικού ποταμού. Κατά μήκος της γραμμής αυτής, έχει καταγραφεί πρόσφατη σεισμική δράση με σεισμούς μικρού μεγέθους ($M \leq 4,8$) την περίοδο Ιανουαρίου-Φεβρουαρίου 1995. Τα επίκεντρα των σεισμών αυτών φαινόνται στο επίθεμα του χάρτη.

(26) Πιθανή τεκτονική γραμμή Πυλαίας-Χορτιάτη-Περιστεράς

Πρόκειται για πιθανή τεκτονική γραμμή που εντοπίσθηκε μόνο από τις δορυφορικές εικόνες, αλλά δεν εξακριβώθηκε στο ύπαιθρο.

Έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ (περίπου 100°) και συνολικό μήκος περίπου 27 km. Τοποθετείται Ανατολικά της πόλης της Θεσσαλονίκης, αρχίζει πολύ κοντά στα ανατολικά προάστεια (Πυλαία), συνεχίζεται προς την κορυφή του βουνού Χορτιάτη, Βόρεια του χωριού Περιστερά και καταλήγει στη λεκάνη Ζαγκλιβερίου.

Δεν υπάρχει κανένα γεωλογικό ή άλλο στοιχείο για το είδος της τεκτονικής γραμμής, αναφέρεται όμως στην παρούσα μελέτη λόγω του μεγάλου μήκους της γραμμής και διότι βρίσκεται σχεδόν μέσα στη

Θεσσαλονίκης και βρίσκεται σε παράλληλη θέση και διεύθυνση με τη σεισμική ρηξιγενή ζώνη της Βόλβης.

(27) Πιθανή τεκτονική γραμμή Νέας Ποτίδαιας-Λίμνης Βόλβης

Πρόκειται για φωτογράμμωση που παρατηρείται σε όλες τις δορυφορικές εικόνες αλλά και στις αεροφωτογραφίες και σημειώνεται σε όλους σχεδόν τους γεωλογικούς χάρτες της Χαλκιδικής με διεύθυνση BBA-NNΔ (10°) να διασχίζει στη μέση τον κορμό της Χαλκιδικής, από τη Νέα Ποτίδαια της Κασσάνδρας μέχρι τη λίμνη Βόλβη. Δεν υπάρχει όμως καμιά γεωλογική παρατήρηση υπαίθρου που να επιβεβαιεί την παρουσία της στους γεωλογικούς σχηματισμούς και να πληροφορεί για το είδος του πιθανού ρήγματος που αντιπροσωπεύει και την ηλικία της.

Αναφέρεται στην παρούσα μελέτη αποκλειστικά λόγω του εξαιρετικά μεγάλου μήκους της πιθανής τεκτονικής γραμμής (περίπου 50 km).

(Δ) ΟΜΑΔΑ ρηγμάτων της Ανατολικής Μακεδονίας

Στην ομάδα αυτή περιγράφονται τα ενεργά ρήγματα που βρίσκονται στο γεωγραφικό χώρο της Ανατολικής Μακεδονίας και κυρίως στις λεκάνες Στρυμώνα, Δράμας και Καβάλας.

(28) Ενεργός ρηξιγενής ζώνη Νότιας λεκάνης Στρυμώνα

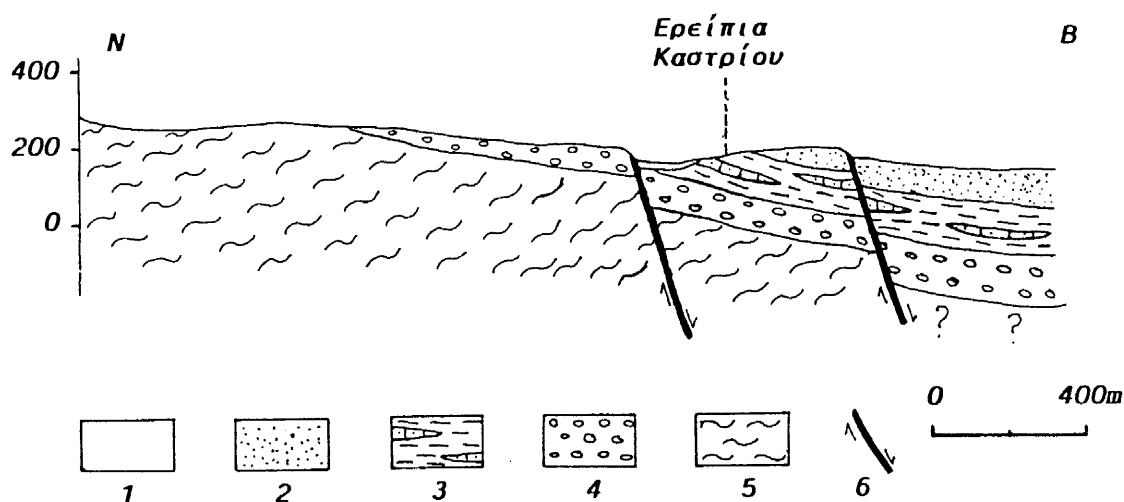
Το νότιο τμήμα της λεκάνης του Στρυμώνα διαμορφώνεται από μια σειρά κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ έως Α-Δ και κλίσης γενικά προς Βορρά, τα οποία οριοθετούν τη λεκάνη από τους πρόποδες του βουνού Κερδύλια. Τα ρήγματα αυτά πρέπει να δημιουργήθηκαν αρχικά στο Ανώτερο Μειόκαινο αφού διαχωρίζουν τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα των Κερδυλίων (της Σερβομακεδονικής μάζας) από τα ιζήματα Ανωτέρου Μειοκαίνου - Πλειοκαίνου της λεκάνης του Στρυμώνα. Οι παλιές γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης που μετρήθηκαν στις κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων αυτών αντιστοιχούν σε

πλαγιοκανονική κίνηση που συνδέεται με τον εφελκυσμό διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ που επικρατούσε στο χώρο το Ανώτερο Μειόκαινο-Πλειόκαινο.

Τα κανονικά αυτά ρήγματα που το καθένα έχει μήκος 2-5 km επηρεάζουν με παράλληλες κατοπτρικές επιφάνειες και τα νεώτερα Πλειοκαινικά και Τεταρτογενή ιζήματα της περιοχής και σχηματίζουν μια συνεχόμενη ρηξιγενή ζώνη μήκους συνολικά πάνω από 25 km με τοξοειδή μορφή βυθιζόμενη προς Βορρά η οποία φαίνεται πολύ νέα ίσως και ενεργός.

Τα ρήγματα αυτά συνδέονται με το εφελκυστικό πεδίο διεύθυνσης Β-Ν που κυριαρχεί από το Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα και θεωρείται ότι είναι υπεύθυνο για τους μεγάλους σεισμούς στο χώρο της Σερβομακεδονικής.

Σημαντικά και μεγάλα ρήγματα αυτής της διεύθυνσης, (ΔΒΔ-ΑΝΑ έως Α-Δ, είναι της Νιγρίτας, της Δάφνης, του Αηδονοχωρίου και του Καστρορέμματος, τα οποία με μετάπτωση προς τα ΒΒΔ καθορίζουν την ανάπτυξη των μεγάλων ρεμάτων του υφιστάμενου υδρογραφικού δικτύου (σχ. 30).



Σχήμα 30. Γεωλογική τομή που δείχνει την τεκτονική εικόνα δύο επί μέρους κανονικών ρηγμάτων της μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης της Νότιας Λεκάνης Στρυμώνα (Νιγρίτα-Δάφνη-Αηδονοχώρι) στη θέση Ερείπια Καστρίου (1 km ανατολικά του Αηδονοχωρίου) στο νότιο χώρο της λεκάνης του Στρυμώνα. 1: πλευρικά κορήματα πρόσφατα, 2-4: ιζήματα Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου, 2: άμμοι, χαλίκια, 3: άργιλλοι, ψαμμίτες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 4: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, 5: γνεύσιοι και σχιστόλιθοι του Παλαιοζωϊκού της Σερβομακεδονικής μάζας, 6: ρήγμα κανονικό.

Ορισμένα από τα ρήγματα αυτά που βρίσκονται στο μέσο της λεκάνης Στρυμώνα έχουν προσδιοριστεί και από τις σεισμικές τομές που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή από τη Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου, και εμφανίζονται να συνδέουν τα ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης περιθωριακά ρήγματα του όρους των Κερδυλλίων με τα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης ρήγματα της περιοχής του Παγγαίου όρους, (βλέπε επόμενο ρήγμα), διαμορφώνοντας έτσι το νότιο περιθώριο της λεκάνης του Στρυμώνα που έχει τοξοειδή ανάπτυξη παρόμοια με αυτή που παρατηρείται στην περιοχή Βασιλείου-Γερακαρούς-Νικομηδινού-Στίβου από τα αντίστοιχης διεύθυνσης ρήγματα στη σεισμική ρηξιγενή ζώνη της Βόλβης. Μάλιστα η κινηματική τους συμπεριφορά έχει προσδιοριστεί από παράλληλα ρήγματα μέσα στα ιζήματα και είναι συμβατή με το Β-Ν εφελκυσμό.

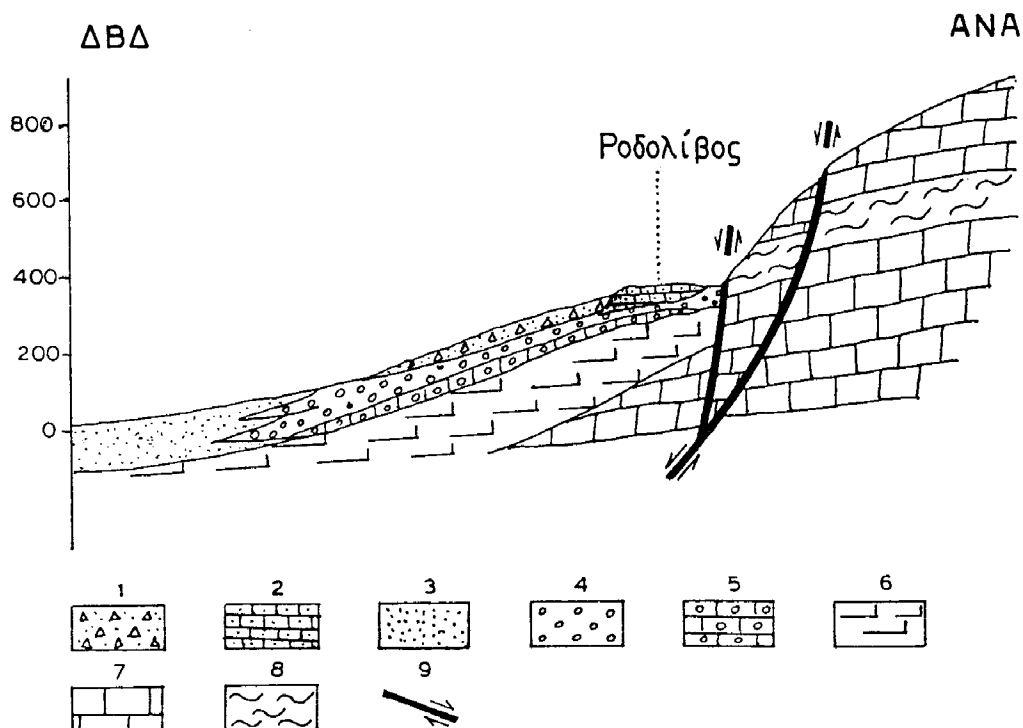
Η έντονη σεισμική συγκέντρωση των σεισμών της τελευταίας δεκαετίας στην περιοχή του περιθωρίου αυτού της λεκάνης Στρυμώνα καταδεικνύει ότι τόσο τα ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης όσο και τα Α-Δ διεύθυνσης ρήγματα είναι πιθανά για μια μελλοντική επαναδραστηριοποίηση και σε συνδυασμό με την ηλικία των ιζημάτων που επηρεάζουν, αλλά και την επίδραση τους στο υδρογραφικό δίκτυο έχουν χαρακτηριστεί ως ενεργά.

Το συνολικό μήκος όλης της τοξοειδούς ρηξιγενούς ζώνης συμπεριλαμβανομένου και του ρήγματος Παγγαίου είναι πάνω από 50 km.

(29) Ενεργό ρήγμα Παγγαίου-Δοξάτου (;

Το ρήγμα αυτό τοποθετείται στη βορειοδυτική πλευρά του Παγγαίου όρους με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ ($50-60^\circ$), κλίση και μετάπτωση προς ΒΔ, και οριοθετεί τα μάρμαρα της ενότητας Παγγαίου (μάζα της Ροδόπης) από τα Νεογενή-Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης του Αγγίτη ποταμού, δορυφορικής λεκάνης του Στρυμώνα (σχ. 31).

Ουσιαστικά αποτελείται από συνεχόμενα ρήγματα που συγκροτούν μια ρηξιγενή ζώνη της διεύθυνσης αυτής που διέρχεται από τα χωριά Νέα Φυλή, Ροδολίβος, Πρώτη με συνολικό μήκος πάνω από 20 km. Όπως φαίνεται στο "Χάρτη των Ενεργών Ρηγμάτων" είναι πιθανή η σύνδεση των ρηγμάτων αυτών του Παγγαίου με τη ρηξιγενή γραμμή που παρατηρείται (κυρίως στις αεροφωτογραφίες) προς τα ΒΑ μέσα στη λεκάνη της Δράμας κατά μήκος των χωριών Καλαμπάκιο, Δοξάτο, Νικηφόρος μέχρι σχεδόν το



Σχήμα 31. Γεωλογική τομή που δείχνει την εικόνα του ρήγματος Παγγαίου-Δοξάτου-Παρανεστίου στη θέση του χωριού Ροδολίβος. 1: πλευρικά κορήματα και ριπίδια (Ολόκαινο), 2: τραβερτίνης (Πλειστόκαινο), 3: ερυθροστρώματα με ενστρώσεις λατυποκροκαλοπαγών (Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο), 4: ασύνδετα χαλαρά κροκαλοπαγή και ενδιάμεσα ερυθροστρώματα (Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο), 5: συνεκτικά κροκαλοπαγή (Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο), 6: μάργες, άργιλλοι (Πλειόκαινο), 7-8: πετρώματα της Μάζας της Ροδόπης (Παλαιοζωικό), 7: μάρμαρα του Παγγαίου, 8: μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, 9: ρήγμα κανονικό.

Παρανέστι. Υπό αυτή την έννοια η συνολική ρηξιγενής γραμμή Παγγαίου-Δοξάτου αποκτά πολύ μεγάλο μήκος.

Σε όλο σχεδόν το μήκος της ρηξιγενούς γραμμής του Παγγαίου παρατηρούνται πολύ ισχυρά φαινόμενα κατάκλασης των μαρμάρων του Παγγαίου σε ζώνες πλάτους αρκετών μέτρων στο όριο των μαρμάρων με τα νέα ιζήματα της λεκάνης του Στρυμώνα γεγονός που δείχνει την έντονη νεοτεκτονική δράση των ρηγμάτων κατά τη διάρκεια της μορφοποίησης του ορίου του Παγγαίου με τη λεκάνη.

Τα ρήγματα αυτά παρουσιάζουν μια κλιμακωτή ανάπτυξη σε ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση και μετάπτωση προς τα ΒΔ. Κατά μήκος αυτών, συγκεκριμένα Νότια της Νέας Φυλής, παρατηρούνται και τραβερτινικές αποθέσεις οι

οποίες κι αυτές επηρεάζονται από τα ρήγματα αυτά καταδεικνύοντας έτσι την πολύ πρόσφατη νεοτεκτονική δράση των ρηγμάτων αυτών.

Κινηματικά βρέθηκε ότι συμπεριφέρονται ως πλαγιοκανονικά ρήγματα.

Ο πρόσθετος, κύριος λόγος για τον οποίο χαρακτηρίζεται το ρήγμα του Παγγαίου ως ενεργό είναι ότι παρατηρείται μια πολύ καλή ευθύγραμμη κατανομή των επικέντρων μικρών σεισμών, με μικρά εστιακά βάθη, κατά μήκος της γραμμής του ρήγματος.

(30) Ρήγμα Σερρών

Ως ρήγμα Σερρών ονομάζουμε το κανονικό ρήγμα συνολικού μήκους 40 km που εντοπίζεται με γενική Α-Δ διεύθυνση και μετάπτωση προς Νότο, στους νότιους πρόποδες του όρους Βροντού και του όρους Μενοίκιο. Έχει όλα τα χαρακτηριστικά ενός κρασπεδικού ρήγματος, που οριοθετεί προς Βορρά την κεντρική λεκάνη του Στρυμώνα και το δίαυλο επικοινωνίας της με τη λεκάνη Δράμας. Τοποθετείται Βόρεια της πόλης των Σερρών και εκτείνεται προς τα Ανατολικά στα χωριά Οινούσα, Αγριανή, Καλιθέα (Βόρεια της Αλιστράτης).

Το ρήγμα των Σερρών πλαισιώνεται από πολλά παράλληλα και μικρότερα σε μήκος ρήγματα τόσο στα πετρώματα του υποβάθρου, όσο και μέσα στα μεταλικά ιζήματα της λεκάνης. Το ρήγμα των Σερρών χαρακτηρίζεται γεωλογικά ενεργό γιατί μερικά από αυτά τα παράλληλα ρήγματα να οριοθετούν το όριο των Νεογενών και Πλειστοκαινικών ιζημάτων, κατά μήκος του οποίου παρατηρείται και γραμμική διάταξη πηγών, αλλά και επηρεάζουν ακόμη και τα Πλειστοκαινικά ιζήματα.

(31) Ρήγμα Δράμας-Προσοτσάνης

Το ρήγμα Δράμας-Προσοτσάνης βρίσκεται στη βόρεια πλευρά της λεκάνης της Δράμας και αποτελεί το κύριο βόρειο κρασπεδικό ρήγμα της λεκάνης αυτής με διεύθυνση Α-Δ και μετάπτωση του Νοτίου τεμάχους. Παρ' όλο που εμφανίζεται ως διακοπτόμενη ρηξιγενής γραμμή στη βάση των πρανών του Φαλακρού Όρους προς τη λεκάνη της Δράμας, εντούτοις το μήκος του συνολικά λαμβανόμενο υπολογίζεται σε 33 km γεγονός που

προκαλεί βάσιμες υπόνοιες ότι πιθανόν συνδέεται με το σεισμό της Δράμας $M=6.9$ του 1829. Άλλωστε η νεοτεκτονική δράση του ρήγματος είναι autaπόδεικτη από την πλήρωση της αντίστοιχης λεκάνης Δράμας με ιζήματα Πλειστοκαίνου τα οποία φαίνονται να επηρεάζονται από τη νεότερη επαναδραστηριοποίηση του ρήγματος αν και δεν παρατηρήθηκαν σημεία όπου να φαίνεται η επίδραση του ρήγματος στις αλλουβιακές αποθέσεις.

Το ρήγμα Δράμας-Προσοτάνης είναι ουσιαστικά ένα από τα μεγάλα ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης που αναγνωρίζονται στην Κεντρική και Ανατολική Μακεδονία, όπως π.χ αυτό της Κερκίνης, των Σερρών, της Ξάνθης κλπ., τα οποία χαρακτηρίζονται από κανονική έως πλαγιοκανονική κίνηση, ενώ η διεύθυνση τους είναι σημαντικά ευνοϊκή για την εκτόνωση των τάσεων του ευρύτερου χώρου (εγκάρσια ως προς τον ελάχιστο κύριο άξονα τάσης σ_3).

(32) Ενεργό υποθαλάσσιο ρήγμα του κόλπου της Καβάλας

Το ρήγμα έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ ($50-60^\circ$) και μετάπτωση προς τα ΝΑ. Είναι παράλληλο με τη ρηξιγενή γραμμή Παγγαίου-Δοξάτου που περιγράφηκε προηγουμένως.

Εντοπίσθηκε από τις υποθαλάσσιες γεωλογικές και γεωφυσικές έρευνες πετρελαίου που είχαν γίνει στο θαλάσσιο χώρο Καβάλας-Πρίνου και σύμφωνα με τη στρωματογραφία των υποθαλάσσιων ιζημάτων που επηρεάζει το ρήγμα πρέπει να θεωρηθεί ενεργό. Δεν υπάρχουν υπαίθριες γεωλογικές παρατηρήσεις στην πιθανή συνέχειά του στην ξηρά.

(33) Ρήγμα όρους Κερκίνη (Μπέλες)

Το ρήγμα αυτό με γενική διεύθυνση Α-Δ, κλίση και μετάπτωση προς Νότο οριοθετεί το όρος Κερκίνη (Μπέλες) που βρίσκεται κατά μήκος των Ελληνοβουλγαρικών συνόρων από τη λεκάνη του Στρυμώνα προς Νότο. Παρατηρείται στους πρόποδες του Μπέλες κατά μήκος των χωριών Πορόια και Νέο Πετρίτσι με συνολικό μήκος που ξεπερνά τα 40 km.

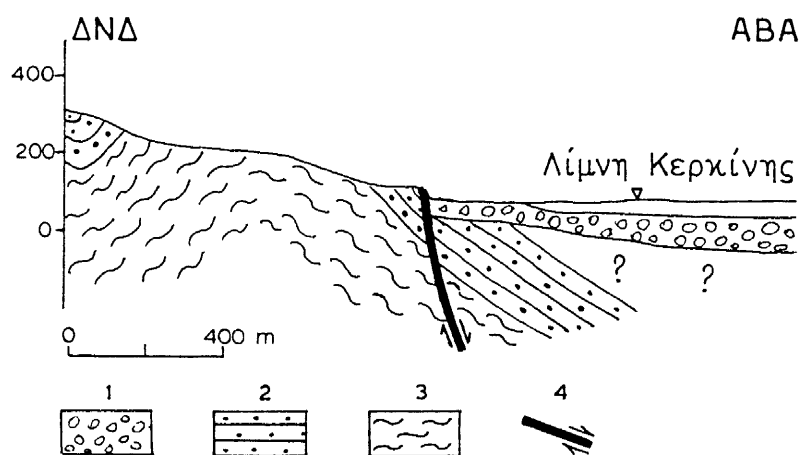
Το ρήγμα επηρεάζει στο Μπέλες τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας και προφανώς με τη νεοτεκτονική του δράση βύθισε τα αντίστοιχα πετρώματα προς Νότο και δημιούργησε τη λεκάνη που πληρώθηκε με τα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα.

Παρ' όλο ότι το ρήγμα έχει πολλά στοιχεία για τη νεοτεκτονική του δράση, όπως τη διεύθυνση Α-Δ που συμφωνεί με το ενεργό πεδίο των τάσεων που προκάλεσε τα ανάλογα ενεργά βυθίσματα της ίδιας διεύθυνσης στη Σερβομακεδονική, καθώς επίσης το ότι οριοθετεί τη λεκάνη με Τεταρτογενή ιζήματα, εντούτοις δεν υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις για το αν είναι ενεργό.

Αναφέρεται στην παρούσα μελέτη και διότι υπάρχουν υπόνοιες και διότι έχει μεγάλο μήκος και πολύ μεγάλο άλμα, πάνω από 600 m.

(34) Ρήγμα του Στρυμώνα

Με τον όρο "Ρήγμα του Στρυμώνα" αναφέρουμε το κρασπεδικό ρήγμα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης της δυτικής πλευράς της λεκάνης του Στρυμώνα, το οποίο με τη νεοτεκτονική του δράση στο Ανώτερο Μειόκαινο-Πλειόκαινο και στο πεδίο των εφελκυστικών τάσεων της περιόδου εκείνης οριοθέτησε τη λεκάνη από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής στα βουνά Βερτίσκος και Κρούσια (σχ. 32).



Σχήμα 32. Γεωλογική τομή που δείχνει το δυτικό κρασπεδικό ρήγμα της λεκάνης του Στρυμώνα στην περιοχή της τεχνητής λίμνης της Κερκίνης. 1: Τεταρτογενείς αποθέσεις, 2-3: Πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας του Παλαιοζωϊκού, 2: Μαρμαρυγικοί σχιστογενέσιοι, οφθαλμογενέσιοι και χαλαζίτες, 3: Εναλλαγές αμφιβολιτών, σχιστολίθων και σχιστογενευσίων, 4: Ρήγμα Στρυμώνα.

Στις κατοπτρικές επιφάνειες του ρήγματος πάνω στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα διαπιστώνεται σαφής κίνηση δεξιόστροφης οριζόντιας μετατόπισης χωρίς όμως να καταστεί δυνατή η χρονολόγηση της κίνησης αυτής ούτε να βρεθούν ενδείξεις ότι το ρήγμα αυτό έχει και ενεργό δράση.

Αναφέρεται στην παρούσα μελέτη διότι πρόκειται για ένα μεγάλο ρήγμα και διότι σε πολλές γεωλογικές και γεωφυσικές εργασίες περιγράφεται ως το “Ενεργό ρήγμα του Στρυμώνα” κυρίως λόγω του σημαντικού γεωθερμικού πεδίου της λεκάνης του Στρυμώνα. Στον επίσημο γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας κλίμακας 1:500.000 αναφέρεται ως ενεργό ρήγμα η διακεκομμένη τεκτονική γραμμή που βρίσκεται στη μέση της λεκάνης με διεύθυνση παράλληλη στο κρασπεδικό ρήγμα. Ο χαρακτηρισμός ως ενεργού ρήγματος οφείλεται στην επεξεργασία γεωφυσικών διασκοπήσεων.

Από την άποψη της γεωλογικής μελέτης υπαίθρου και τα διαθέσιμα σεισμολογικά δεδομένα δεν προκύπτουν βάσιμα στοιχεία για να χαρακτηριστεί το Ρήγμα του Στρυμώνα ως ενεργό, η δε παράλληλη τεκτονική γραμμή στη μέση της λεκάνης δεν διαπιστώθηκε στο ύπαιθρο.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ARMOUR-BROWN, A., DE BRUINJ, H., MANIATI, C., SIATOS, G., NIESEN, P. (1977): The geology of the Neogene Sediments North of Serre and the use of Rodent fauna for Biostratigraphic control. VII Colloquim on the Geology of the Aegean Region, 2, 615-622, Athens.
- BONIS, L. de; BOUVRAIN, G., GERAADS, D. & KOUFOS, G.D. (1986). Decouverte d' un nouveau gisement de Vertebres dans le Miocene superieur de Macedoine (Grece). - *Compte Rendus Academie Sciences Paris*, 303, ser. II, no 15, 1397-1400, Paris.
- CARVER, D. & BOLLINGER, G. A. Aftershocks of the June 20, 1978, Greece earthquake: a multimode faulting sequence. *Tectonophysics* 73, 343-363, 1981.
- COMNINAKIS, P.E. & PAPAZACHOS, B. C. (1986). A catalogue of earthquakes in Greece and the surrounding area for the period 1901-1985. *Publ. Geophys. Laboratory, Univ. Thessaloniki*, 1, 1167.
- DE BRUINJ H. (1989). Smaller mammals from the Upper Miocene and Lower Pliocene of the Strimon basin, Greece. Part 1. Rodentia and Lagomorpha, *Bull. Soc. Paleont. Italiana*, 28, 189-195.
- DERMITZAKIS, M., GEORGIADIS-DIKEOULIA, E. VELITZELOS, E. (1985/86). Ecostratigraphic observations on the Messinian deposits of Akropotamos area (Kavala, N. Greece). *Ann. Geol. pays Hell.* XXXIII/I, 367-376, Athens.
- DINTER, D.A. (1994). Tertiary structural evolution of the southwestern Rhodope metamorphic province: a fundamental revision. *Bull Geol. Soc. Greece* (in press).
- FOUNTOULIS, D. (1980). Etude neotectonique et seismotectonique du bassin de Langadha (Macedoine, Grece). Thesis 3e cycle, Univ. de Paris Sud.
- FREYBERG, B. VON, (1951). Geologie und Lagerstättenkunde des Braunkohlenreviers von Serrae (Makedonien). *Ann. Geol. de Pays Hell.*, 3, 81-154.
- GEORGALAS, G. & GALANOPOULOS, A. (1953). Das grosse Erdbeben der Chalkidike vom 26 September 1932. *Bull. geol. Soc. Greece* 1, 11-63.

- GEORGIADES-DIKEOULIA, E. VELITZELOS, E. (1983). Occurrence of Messinian sediments in the north Aegean region (Basin of Strymon, Akropotamos). *Terra cognita*, 3, 223-224, Strasbourg.
- GRAMANN, F. KOCKEL, F. (1969). Das Neogen im Strimonbecken (Griechisch-Ostmazedonien). Teil. I. Lithologie, Stratigraphie und Palaogeographie. *Geol. Jb.* 87 S. 445-484, 7 Abb. 4 Tab. 2 Taf. Hannover.
- HATZFELD, D., CHRISTODOULOU, A.A., SCORDILIS, E.M., PANAGIOTOPOULOS, D.G. & HATZIDIMITRIOU, P.M. (1987). A microearthquake study of the Mygdonian graben (Northern Greece). *Earth and Planetary Science letters*, 81, 379-396.
- HATZIDIMITRIOU, P.M., PAPAACHOS, B.C., and KARAKAISIS, G.F., (1995). Quantitative seismicity of the Aegean and surrounding area. "Appendix 2E, Final scientific report for EUROSEISTEST, EV. 5V. CT930281".
- HATZIDIMITRIOU, P.M., HATZFELD, D., SCORDILIS, E.M., PAPADIMITRIOU, E.E. and CHRISTODOULOU, A.A. Seismotectonic evidence of an active normal fault beneath Thessaloniki (Greece). "Terra Nova", 3, 648-654.
- KARAKOSTAS, B.G., PAPAIOANNOU, Ch.A., SCORDILIS, E.M. and PAPAACHOS, B.C., (1992). "Appendix 2C, Seismic sequancies and fault plane solutions, Final scientific report for EUROSEISTEST, EV. 5V. CT93 0281".
- KAPYΣΤΙΝΑΙΟΣ, Ν. (1984). Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης των Σερρών. Λιθοστρωματογραφία, Βιοστρωματογραφία και Τεκτονική. Διδ. διατρ. 1-230. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης.
- KARISTINEOS, N. GEORGIADES-DIKEIOULIA, E. (1985/86). The marine transgression in the Serres basin. *Ann. Geol. pays Hell.* XXXIII/I, 221-232, Athens.
- KARISTINEOS, N., IOAKIM, C. (1989). Palaeoenvironmental and palaeoclimatic evolution of the Serres basin (N. Greece) during the Miocene *Palaeogeogr. Palaeocl. Palaeoec.* 70/275-285.
- KIRATZI, A. (1991). Rates of crustal deformation in the North Aegean Trough-North Anatolian Fault deduced from seismicity. *Pageoph*, 136, 4, 422-432.

- KOCKEL, F., MOLLAT, H. & WALTHER, H. W. (1977). Erläuterungen zur geologischen karte der Chalkidiki und angrenzender Gebiete 1:100.000 (Nord Griechenland). Bund. Fur Geowiss, v. Rohstoffe, 110p. Hannover.
- KOCKEL, F. & WALTHER, H. W. (1965). Die Strimon-linie als Grenze zwischen Serbo-Mazedonischen und Rila-Rhodope Massiv in Ost-Mazedonien. Geol. Jb., 83, 576-602.
- KONDOPOULOU, D., BONIS, DE L, KOUFOS, G.D. & SEN., S. (1993). Palaeomagnetic and biostratigraphic data from the middle Miocene vertebrate locality of Thymiana (Chios island, Greece). - Proc. 2nd Congr. Geophys. Soc. Greece, 626-635.
- ΚΟΥΚΟΥΖΑΣ, Κ., ΚΩΤΗΣ, Θ., ΠΛΟΥΜΙΔΗΣ, Μ. & ΜΕΤΑΞΑΣ, Α. 1979. Γεωλογική-Κοιτασματολογική μελέτη λιγνιτικού κοιτάσματος Αναργύρων Αμυνταίου. ΙΓΜΕ, Κοιτ. Έρ., No 9, 1-69.
- ΚΟΥΚΟΥΖΑ, Κ., ΚΩΤΗ, Θ., ΠΛΟΥΜΙΔΗ, Μ. & ΜΕΤΑΞΑ, Α. 1981. Κοιτασματολογική έρευνα λιγνιτοφόρου πεδίου "Αποφύσεως" περιοχής Αναργύρων-Αμυνταίου ΙΓΜΕ, Ερευν. Ενεργ. Πρ. Υλών, No 1, 1-52.
- ΚΟΥΚΟΥΖΑ, Κ., ΚΩΤΗ, Θ., ΠΛΟΥΜΙΔΗ, Μ., ΜΕΤΑΞΑ, Α. & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, Δ. 1983. Κοιτασματολογική έρευνα λιγνιτικού κοιτάσματος Κομνηνών Πτολεμαΐδας. ΙΓΜΕ, Ερευν. Ενεργ. Πρ. Υλών. No 2, 103 σ.
- ΚΟΥΦΟΣ, Γ. 1980. Παλαιοντολογική και στρωματογραφική μελέτη των Νεογενών ηπειρωτικών αποθέσεων της λεκάνης του Αξιού ποταμού. Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Θεσ/νίκης, 322 σ.
- KOUFOS, G.D., SYRIDES, G. & KOLIADIMOU, K. (1988). A new Pleistocene mammal locality from Mygdonia basin (Macedonia, Greece). Contribution to the study of Villafranchian (Villanyian) in C. Macedonia. - Bull. Geol. Soc. Greece, 23/2, 113-124, Athens.
- KOUFOS, G.D., SYRIDES, G.E., KOSTOPOULOS, D.S. & KOLIADIMOU, K.K. (1992). Apollonia, a new vertebrate site in the Pleistocene of the Mygdonia basin (Macedonia, Greece); the first fossil fresh-water mollusks in the area. - Comptes Rendus Academie Sciences Paris, Paris, 315, ser. II, 1041-46.
- KOUFOS, G.D., SYRIDES, G.E., KOSTOPOULOS, D.S. & KOLIADIMOU, K.K. (1995). Stratigraphic and palaeoenvironmental data from

- Mygdonia basin, Macedonia, Greece. - Proc. 1st Cong. Europ. Palaeont. Association., Geobios 18.
- LALECHOS, N. & SAVOYAT, E. (1977). La Sedimentation Neogene dans le Fosse Nord Egeen. VII Colloquium on the Geology of the Aegean Region, 2, 591-603, Athens.
- LYBERIS, N. (1985). Geodynamique du domain egeen depuis le Miocene superier. These Doct. d'etat, Univ. Paris VI, 367pp., 1985.
- ΜΑΡΑΒΕΛΑΚΗΣ, Μ. (1933). Επί των γεωλογικών και μακροσεισμικών χαρακτηριστικών των σεισμών της Χαλκιδικής (Σεπτέμβριος 1932). Διδάκτ. Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- MELENTIS, I. (1966). Steneofiber jageri aus Ligniten von Serre und die Datierung der Fund-schichten Ann. Geol. Pays Hell. 17, 289-297.
- MERCIER, J. & SOUVAGE, J. (1963). Remarques sur la geologie de la Macedoine centrale: les calcaires a pollens et spores de la basse vallee de l' Axios. Ann. geol. des Pays Hell. XIX 330-338.
- MERCIER, J.-L., MOUYARIS, N., SIMEAKIS, C., RONDOGIANNIS, TH. & ANGELIDHIS, C. 1979a. Intra-plate deformation: a quantitative study of the faults activated by the 1978 Thessaloniki earthquakes. Nature, 278, 45-48.
- MERCIER, J.-L., DELIBASIS, N., GAUTHER, A., JARRIGE, J., LEMEILLE, F., PHILIP, H., SEBRIER, M. & SOREL, D. 1979b. La neotectonique de l' Arc Egeen Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn., 21, 67-92.
- MERCIER, J.-L., CAREY-GAILHARDIS, E., MOUYARIS, K., SIMEAKIS, K., ROUNDOYANNIS T. & ANGHELIDIS, C. (1983). Structural analysis of recent and active faults and regional state of stress in the epicentral area of the 1978 Thessaloniki earthquakes (Northern Greece). Tectonics 2, 577-600.
- MERCIER, J.-L., SIMEAKIS, K., SOREL, D. & VERGELY, P. (1989). Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic. Basin Research 2, 49-71.
- MEULENKAMP, J.E. (1977): The Aegean and the Messinian salinity crisis. VII Colloquium on the Geology of the Aegean Region, 3, 1253-1263, Athens.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. 1976. Συμβολή εις την γνώσιν της Γεωλογίας του βορείου ορίου των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής εις την περιοχήν Κ.

- Λουτρακίου-Όρμας (Αλμωπίας). Διδακτορική Διατριβή, Παν/μιο Θεσ/νίκης, 164 σ.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. 1983. Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των Εσωτερικών Ελληνίδων. Πραγματεία για Υψηγεία, Παν/μιο Θεσ/νίκης, 289 σ.
- MOUNTRAKIS, D., SAPOUNTZIS, E., KILIAS, A., ELEFTHERIADIS, G. and CHRISTOFIDES, G. 1983b. Paleogeographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area. *Can. J. Earth Sci.*, 20, 1673-1681.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδας. Univ. Stud. Press, Θεσσαλονίκη.
- MOUNTRAKIS, D., KILIAS, A., PAVLIDES, S., KOUFOS, G., VAVLIAKIS, E., PSILOVIKOS, A., SOTIRIADIS, L., ASTARAS, TH., TRANOS, M. & SPYROPOULOS, N. (1992). Neotectonic mapping of the Northern Greece: Problems and results. In: *Neotectonics and recent advances (Abs)* (edited by: Morner, N. A., Owen, L.A., Stewart, I. & Vita-Finzi, C.). 42p.
- MOUNTRAKIS, D., PSILOVIKOS, A. & PAPAACHOS, B. (1983). The geotectonic regime of the 1978 Thessaloniki earthquake. In: *The Thessaloniki, northern Greece, earthquake of June 20, 1978 and its seismic sequence* (edited by: Papazachos, B. & Karydis, P.). Technical Chamber of Greece, 11-27.
- MOUNTRAKIS, D., PAVLIDES, S., ZOUROS, N., CHATZIPETROS, A. and KOSTOPOULOS, D. (1995). The 13 May 1995 Western Macedonia (Greece) earthquake. Preliminary results on the seismic fault geometry and kinematics. *Proceedings of the XV congress of the Carpathobalkan geological association*. Athens (in press).
- OPPENHEIM, P. (1920). *Über Neogen am Golfe von Orfana im SO Mazedonien*. *Zbl. Miner. Geol. etc.* S. 9-14, 1Abb. Stuttgart.
- PANAGIOTOPOULOS, D.G., PAPADIMITRIOU, E.E., PAPAIOANNOU, CH.A., SCORDILIS, E.M., and PAPAACHOS, B.C., (1994). Source properties of the December 21, 1990, Goumenissa earthquake in Northern Greece. "Proc. 2nd congress of Hellenic Geophys. Union, Florina, May 5-7, 1993" 1, 286-296.

- PAPAZACHOS, B., MOUNTRAKIS, D., PSILOVIKOS, A. & LEVENTAKIS, G. (1979). Surface fault traces and fault plane solutions of May-June 1978 major shocks in the Thessaloniki area, Greece. *Tectonophysics* 53, 171-183.
- PAPAZACHOS, B., MOUNTRAKIS, D., PSILOVIKOS, A. & LEVENTAKIS, G. (1980). Focal properties of the 1978 earthquakes in the Thessaloniki area. *Bulgar. Geophys. Journal*, 6, 72-80.
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β. & ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, Κ. (1989). Οι σεισμοί της Ελλάδας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- PAPAZACHOS, B.C. (1990). Seismicity of the Aegean and surrounding area. *"Tectonophysics"*, 178, 287-308.
- PAPAZACHOS, B.C., PANAGIOTOPOULOS, D.G., SCORDILIS, E.M., KARAKAISIS, G.F., PAPAIOANNOU, CH.A., KARAKOSTAS, B.G., PAPADIMITRIOU, E.E., KIRATZI, A.A., HATZIDIMITRIOU, P.M., LEVENTAKIS, G.N., VOIDOMATIS, PH.S., PEFTITSELIS, K.I., SAVAYDIS, A., AND TSAPANOS, T.M., (1995). Focal properties of the 13 May 1995 large ($M_s=6.6$) earthquake in the Kozani area (north Greece). "Proceedings of the XV congress of the Carpatho-Balkan geological association, September 17-20, 1995, Athens", in press
- PAPAZACHOS, C.B., AND KIRATZI, A.A., (1995). A detailed study of the active crustal deformation in the Aegean and surrounding area. *"Tectonophysics"*, in press.
- PAPAZACHOS, C.B., KIRATZI, A.A., AND PAPAZACHOS, B.C., (1992). Rates of active crustal deformation in the Aegean and surrounding area. *"J. Geodynamics"*, 16, 147-179.
- ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΙΔΗΣ, Η. (1952). Σέρραι Παγγαίον το Νεογενές και η γεωλογία του λιγνίτου. *Ι.Γ.Ε.Υ. Γεωλ. Γεωφυσ. Μελ.* II/4 181-248.
- ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Σ. (1985). Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας-Βεγορίτιδας-Πτολεμαΐδας (Δ. Μακεδονία). Διδakt. Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 265pp.
- PAVLIDES, S. B. (1993). Active faulting in multi-fractured seismogenic areas; examples from Greece. *z. Geomorph. N.F.* 94, 57-92.
- PAVLIDES, S. B. & KILIAS, A. A. (1987). Neotectonic and active faults along the Serbomacedonian zone (Chalkidiki, N. Greece). *Annls. Tectonicae* 1, 97-104.

- PAVLIDES, S. & MOUNTRAKIS, D. (1987). Extensional tectonics of Northwestern Macedonia, Greece, since the Late Miocene. *J. Struct. Geol.* 9, 385-392.
- PAVLIDES, S., MOUNTRAKIS, D., KILIAS, A. & TRANOS, M. (1990). The role of strike-slip movements in the extensional area of Northern Aegean (Greece). A case of transtensional tectonics. In: *Active and recent strike-slip tectonics* (edited by: Boccaletti, M. & Nur, A.). *Spec. Publs Annls Tectonicae* 4, 2, 196-211.
- PAVLIDES, S. & TRANOS, M. (1991). Structural characteristics of two strong earthquakes in the North Aegean: Ierissos (1932) and Agios Efstratios (1968). In: *Characteristics of active faults* (edited by: Hancock, P. L., Yeats, R. S. & Sanderson, D. J.). *Spec. Publs J. Struct. Geol.* 13, 2, 205-214.
- POLLAK, W.H. (1979). Structural and lithological development of the Prinos-Kavala Basin, sea of Thrace, Greece. *Ann. Geol. de Pays Hell., Tome hors ser.*, 1979, 2, 1003-1011.
- PROEDROU, P. (1979). The evaporites formation in the Nestos-Prinos raben in the Northern Aegean sea. *Ann. Geol. de Pays Hell., Tome hors ser.*, 1979, 2, 1013-1020.
- PSILOVIKOS, A. (1984). Geomorphological and structural modification of the Serbomacedonian massif during the neotectonic stage. *Tectonophysics* 110, 27-45.
- PSILOVIKOS, A. SYRIDES, G. (1983). Stratigraphy, sedimentation and palaeogeography of the Strymon basin, Eastern Macedonia/N. Aegean sea, Greece. *Clausthaler Geol. Abh.* No 44, p. 55-87.
- PSILOVIKOS, A., SYRIDES, G. (1984). Neogene and Quaternary palaeoenvironments in the northern Aegean area. *Ann. Geol. Pays. Hell.* XXXII/105-114, Athens.
- ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-MANE, E. (1966). Συμβολή εις την γεωλογίαν της περιοχής του κόλπου Ορφανού Ανατολικής Μακεδονίας. *Επιστ. Επετ. Φυσικομαθ. Σχολής* 10/1-48.
- ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-MANE, E. & ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ, Ν. (1968). Στρωματογραφική έρευνα εις την περιοχήν της λεκάνης Νιγρίτης. *Ann. Geol. Pays Hell.* 18/21-29, Αθήνα.

- ΣΚΟΡΔΥΛΗΣ, Ε. Μ. (1985). Μικροσεισμική μελέτη της Σερβομακεδονικής ζώνης και των γύρω περιοχών. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- SCORDILIS, Ε. Μ., KARAKAISIS, G. F., PAPADIMITRIOU, Ε. Ε. & MARGARIS, Β. Ν. (1989). Microseismicity of the Serbomacedonian zone and the surrounding area. *Geologica Rhodopica* 1, 79-83.
- SCORDILIS, Ε. Μ., KARAKOSTAS, Β. G., PAPAIOANNOU, CH. Α., & PAPAZACHOS, Β. C. (1992). Seismic sources affecting the city of Thessaloniki. *Publ. Geophys. Laboratory, Univ. Thessaloniki*, 10, 1-27.
- SIMEAKIS, C., MERCIER, J-L., VERGELY, P. & KISSEL, C. (1989). Late Cenozoic rotations along the North Aegean trough fault zone (Greece): structural constraints. In: *Paleomagnetic rotations and continental deformation* (edited by: Kissel, C. & Laj), 131-143.
- SOUFLERIS, CH. The Thessaloniki (North Greece) 1978 earthquake sequence. Ph. D. Thesis, Cambridge University.
- SOUFLERIS, CH., JACKSON, J. A., KING, G. C. P., SPENCER, C. P. & SCHOLZ, C. H. (1982). The 1978 earthquake sequence near Thessaloniki (northern Greece). *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 68, 429-458.
- SOUFLERIS, CH., JACKSON, J. A., KING, G. C. P., SPENCER, C. P. (1983). Thessaloniki 1978 earthquakes: Locally recorder aftershocks. In: *The Thessaloniki, northern Greece, earthquake of June 20, 1978 and its seismic sequence* (edited by: Papazachos, Β. & Karydis, P.). Technical Chamber of Greece, 159185.
- STEFFENS, P. DE BRUIJN H. MEULENKAMP E. BENDA L. (1979). Field guide to the Neogene of Northern Greece (Thessaloniki area and Strimon basin) *Publ. of the Dept. of Geol. Paleont. Univ. Athens, Series A. No 35, 14 p., Athens.*
- ΣΥΡΙΔΗΣ, Γ. (1990). Λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και παλαιογεωγραφική μελέτη των νεογενών-τεταρτογενών ιζηματογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 243 p.
- SYRIDES, G. (1992). Preliminary report on a new locality with Neogene mollusk fauna from Strymonikos gulf (Macedonia, Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece* (in press).

- SYRIDES, G. (1993). Neogene mollusk faunas from Strymon basin, Macedonia, Greece. First results for Biochronology and Palaeoenvironment. *Geobios* (in press).
- SYRIDES G. KOLIADIMOU K. (1994). A new Pleistocene site from Strymon basin, Macedonia, Greece with continental mollusks and micromammals. *Bull. Geol. Soc. Greece* (in press).
- VELITZELOS E. 1974. Beitrage zur Geologie West-Makedoniens. 2. Das Neogen-Becken von Vegora. *Ann. Mus. Goulandris*, 2, 165-180.
- VELITZELOS E. 1977. Beitrage zur neogenen Flora Northwest-Makedoniens. *Proc. of VI coil. Geol. Aegean Region, Athens, Vol. III*, 1155-1158.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. 1977. Παλαιογεωγραφική εξέλιξις της λεκάνης και της λίμνης Μυγδονίας (Λαγκαδά-Βόλβης). Διατριβή επί διδακτορία. Θεσ/νίκη, 1977, 156 σ

