

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ



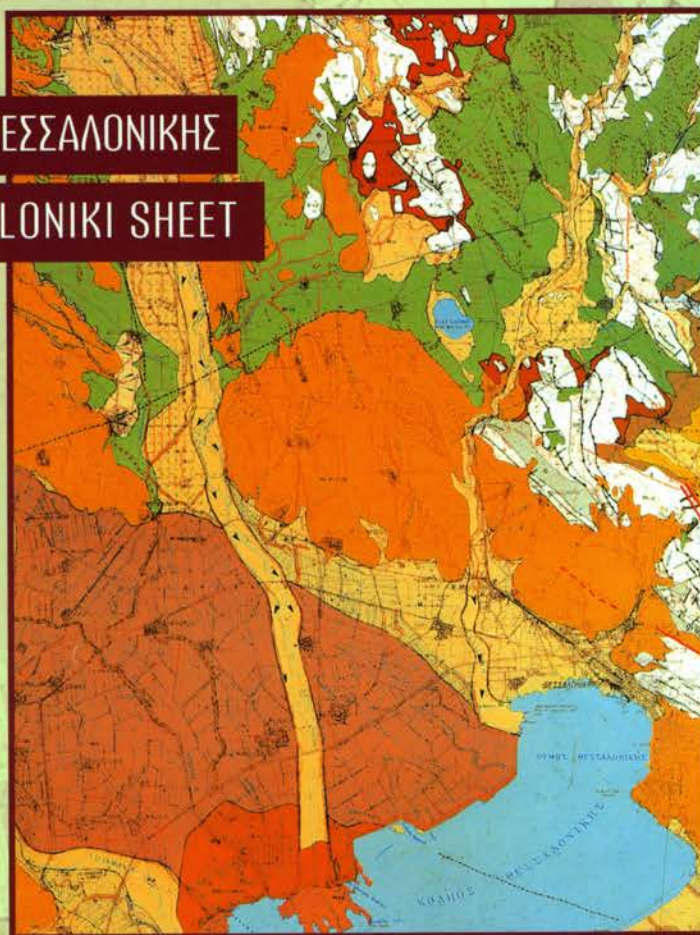
GEOLOGICAL SOCIETY OF GREECE
TECTONIC COMMITTEE

ΕΙΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ του ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ της ΕΛΛΑΔΑΣ SPECIAL PUBLICATION of NEOTECTONIC MAP of GREECE

Από Δ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ & Συνεργάτες του ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝ/ΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
By D. ΜΟΥΝΤΡΑΚΙΣ et al, of the ARISTOTELE UNIVERCITY OF THESSALONIKI

ΦΥΛΛΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

THESSALONIKI SHEET



Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας
Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόγνωσης & Πρόληψης Σεισμών

ΑΘΗΝΑ 1997

155/8 + 74/β2

ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100.000

ΦΥΛΛΟ «ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ»

ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ

155/8 + 74/β2

ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Κλίμακα: 1:100.000

Φύλλο: «ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ»

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Καθηγητής Δημοσθένης ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ

Ερευνητική ομάδα:

1. Μουντράκης Δημοσθένης, Δρ. Καθηγητής	Ειδικότητα:	Τεκτονική Γεωλογία
2. Κίλιας Αδαμάντιος, Δρ. Αναπλ. Καθηγητής	»	Τεκτονική Γεωλογία
3. Παυλίδης Σπύρος, Δρ. Αναπλ. Καθηγητής	»	Τεκτονική Γεωλογία
4. Σωτηριάδης Λάζαρος, Δρ. Καθηγητής	»	Γεωμορφολογία
5. Ψιλοβίκος Αντώνιος, Δρ. Καθηγητής	»	Γεωμορφολογία - Ιζηματολογία
6. Αστάρας Θεόδωρος, Δρ. Αναπλ. Καθηγητής	»	Γεωμορφολογία - Τηλεπισκόπηση
7. Βαβλιάκης Ελευθέριος, Δρ. Αναπλ. Καθηγητής	»	Γεωμορφολογία
8. Κουφός Γεώργιος, Δρ. Καθηγητής	»	Στρωματογραφία
9. Δημόπουλος Γεώργιος, Δρ. Αναπλ. Καθηγητής	»	Υδρογεωλογία
10. Σούλιος Γεώργιος, Δρ. Αναπλ. Καθηγητής	»	Υδρογεωλογία
11. Χρηστάρας Βασίλειος, Δρ. Επικ. Καθηγητής	»	Τεχνική Γεωλογία
12. Σκορδύλης Μανώλης, Δρ. Σεισμολόγος	»	Σεισμολογία
13. Τρανός Μάρκος, Υποψήφιος Διδάκτορας	»	Τεκτονική Γεωλογία
14. Σπυρόπουλος Νικόλαος, Διδάκτορας	»	Τεκτονική Γεωλογία
15. Πάτρας Δημήτριος, Υποψήφιος Διδάκτορας	»	Τεκτονική Γεωλογία
16. Συρίδης Γεώργιος, Λέκτορας	»	Στρωματογραφία
17. Λαμπρινός Νικόλαος, Διδάκτορας	»	Γεωμορφολογία
18. Λάγγαλης Θεόδωρος, Υποψήφιος Διδάκτορας	»	Γεωμορφολογία

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
2. ΑΛΠΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΑΛΠΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	11
3. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΝΕΟΓΕΝΟΥΣ - ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΟΥΣ.....	17
3.1. Νεογενείς αποθέσεις	17
3.2. Τεταρτογενείς αποθέσεις	20
3.2.1. Τεταρτογενείς αδιαίρετες αποθέσεις	20
3.2.2. Πλειστοκαινικές αποθέσεις.....	20
3.2.3. Ολοκαινικές αποθέσεις	21
4. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	27
4.1. Γενικά	27
4.2. Επιφάνειες Επιπέδωσης.....	27
4.3. Εξέλιξη των λεκανών.....	27
4.4. Κύρια μορφοτεκτονικά στοιχεία.....	29
4.5. Ολοκαινικά δελταϊκά πεδία.....	30
5. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ, ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ	31
5.1. Νεοτεκτονικό πλαίσιο	31
5.2. Περιγραφή των Ενεργών και Πιθανών Ενεργών ρηγμάτων	31
(1) Ενεργό ρήγμα Ανθεμούντα.....	31
(2) Ενεργό ρήγμα Ασβεστοχωρίου - Πολίχνης.....	32
(3) Ενεργό ρήγμα Λητής - Λαγυνών και Πιθανό Ενεργό ρήγμα Μελισσοχωρίου.....	33
(4) Πιθανά Ενεργά ρήγματα της περιοχής Δρυμού	33
(5) Πιθανό Ενεργό ρήγμα Κριθιάς.....	36
(6) Πιθανό Ενεργό ρήγμα Καμπάνη.....	36
5.3. Ρήγματα εντοπισμένα με γεωφυσικές μεθόδους	36
6. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ	39
6.1. Σεισμική δράση της ευρύτερης περιοχής κατά τον παρόντα αιώνα	39
6.2. Σεισμική δράση στην περιοχή μετά το 1980	39
6.3. Πεδίο των τάσεων στην περιοχή.....	40
6.4. Σεισμική δράση στην περιοχή του φύλλου «Θεσσαλονίκης».....	40
α. Περιοχή της Πόλης της Θεσσαλονίκης	41
β. Περιοχή του Δέλτα των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα	41
γ. Περιοχή Ωραιοκάστρου - Πενταλόφου - Μελισσοχωρίου.....	42
δ. Περιοχή Νέας Σάντας - Πικρολίμνης - Νέας Μεσημβρίας	42

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπόνηση του νεοτεκτονικού χάρτη είχε σαν κύριο στόχο τον εντοπισμό, τη χαρτογράφηση και το χαρακτηρισμό των ρηγμάτων της περιοχής, με κατεύθυνση πάντοτε τη διαπίστωση του σεισμικού κινδύνου. Για το σκοπό αυτό το κύριο βάρος της προσπάθειας της ερευνητικής ομάδας κατευθύνθηκε στη λεπτομερειακή μελέτη των ρηγμάτων, τα οποία σύμφωνα με τις προδιαγραφές διακρίνονται σε Σεισμικά, Ενεργά, Πιθανά Ενεργά και Ανενεργά ρήγματα.

Η μελέτη των ρηγμάτων έγινε με:

- τη λεπτομερειακή υπαίθρια έρευνα,
- την εξέταση αεροφωτογραφιών κλίμακας 1:15.000 και 1:40.000,
- την εξέταση δορυφορικών εικόνων της σειράς LANDSAT (-5, 6 και 7 near infrared TM κλίμακας 1:125.000, διακριτικής ικανότητας 30X30 m) SPOT (-PA-stereo pair κλίμακας 1:200.000 διακριτ. ικανότη. 10X10 m).

Κατά την υπαίθρια εργασία αναζητήθηκαν επίμονα στοιχεία ή ενδείξεις για πιθανες νεότερες δραστηριοποιήσεις των παλιών ρηγμάτων, τόσο αυτών που είχαν χαρτογραφηθεί από προηγούμενες εργασίες και χάρτες, όσο και αυτών που εντοπίστηκαν κατά την παρούσα έρευνα.

Σύμφωνα πάντοτε με τις προδιαγραφές ως Σεισμικά ρήγματα χαρακτηρίζονται εκείνα τα ρήγματα που χαρακτηρίζονται εκείνα τα ρήγματα για τα οποία έχουμε σαφή στοιχεία ότι συνδέονται με συγκεκριμένους σεισμούς. Η ερευνητική ομάδα έκρινε ότι όταν τα στοιχεία αυτά δεν είναι απόλυτα σαφή, τότε τα αντίστοιχα ρήγματα να χαρακτηρίζονται Ενεργά και όχι Σεισμικά. Προς την κατεύθυνση αυτή έγινε η κάθε δυνατή συσχέτιση των ρηγμάτων που χαρτογραφήθηκαν με τα επίκεντρα των μεγάλων και μικρών σεισμών από τα στοιχεία του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για να διευκρινισθούν τα Σεισμικά και Πιθανά Ενεργά ρήγματα.

Ως Ενεργά ρήγματα χαρακτηρίζονται εκείνα που έχουν δραστηριοποιηθεί από το Ανώτερο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα. Ως Πιθανά Ενεργά χαρακτηρίζονται τα ρήγματα που έδρασαν από το Ανώτερο Πλειόκαινο μέχρι το Ανώτερο Πλειστόκαινο.

Για το χαρακτηρισμό ως Ενεργών ή Πιθανών ρηγμάτων, εκτός από τα στρωματογραφικά κριτήρια που αναφέρονται παραπάνω, χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα κριτήρια σε συσχέτιση μεταξύ τους:

- ιδιαίτερα λειασμένες κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων που αναπτύσσονται σε πετρώματα του υποβάθρου,
- κατανομή επικέντρων μικροσεισμών κατά τρόπο που να δείχνουν πιθανή σύνδεση με τα συγκεκριμένα ρήγματα,
- γραμμική τοποθέτηση θερμών πηγών,
- η συνέχεια ενός ρήγματος με άλλο αποδεδειγμένα Ενεργό ρήγμα,
- γεωμορφολογικά κριτήρια όπως αναβαθμίδες τεκτονικής προέλευσης, νεοσχηματισθείσες τεκτο-

νικές κοιλάδες, πρόσφατη χρονολογημένη απότομη αλλαγή διεύθυνσης χειμάρρου, φαινόμενα έντονης διάβρωσης κ.λπ.

Ως Ανενεργά ρήγματα σύμφωνα με τις προδιαγραφές χαρακτηρίζονται εκείνα που δεν παρουσιάζουν ενδείξεις δραστηριοποίησης μετά το Κατώτερο Πλειόκαινο. Θα πρέπει όμως να τονισθεί ιδιαίτερα ότι στην παρούσα εργασία χαρακτηρίστηκαν ως Ανενεργά ρήγματα εκείνα για τα οποία δεν υπάρχουν ικανοποιητικές ενδείξεις των παραπάνω κριτηρίων για να χαρακτηριστούν Πιθανά Ενεργά, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι έχουμε αποδείξεις ότι τα ρήγματα δεν δραστηριοποιήθηκαν μετά το Κατώτερο Πλειόκαινο.

Για τη συγκέντρωση ασφαλών στρωματογραφικών και γεωμορφολογικών κριτηρίων για το χαρακτηρισμό των μεγάλων κυρίως ρηγμάτων, έγιναν συνεχείς προσπάθειες από τους στρωματογράφους και γεωμορφολόγους να αναλύσουν περισσότερο τις αποθέσεις και τις δομές που βρίσκονταν κοντά σ' αυτά.

Γενικά επίσης θα πρέπει να τονισθεί ότι η μεγαλύτερη προσοχή της ερευνητικής ομάδας επικεντρώθηκε στα μεγάλα ρήγματα (μεγάλου μήκους και άλματος) που θεωρήθηκαν και ως πλέον επικίνδυνα σε πιθανή σεισμική δράση.

Στα ρήγματα του νεοτεκτονικού χάρτη σημειώνεται και η διεύθυνση ολίσθησης της τελευταίας (πιο πρόσφατης) τεκτονικής κίνησης, όπως καθορίζεται από τις γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης. Δεν σημειώνονται οι ενδεχόμενες παλαιότερες κινήσεις που διαπιστώθηκαν, για να μην προκληθεί σύγχυση στον κύριο στόχο που είναι η διαπίστωση του σεισμικού κινδύνου.

Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι η χαρτογράφηση της συνέχειας ορισμένων μεγάλων ρηγμάτων μέσα σε πεδινές περιοχές βασίστηκε σε δημοσιευμένα γεωφυσικά στοιχεία και/ή στην ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων. Επίσης βάση των γεωφυσικών δεδομένων και/ή στην ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων επισημάνθηκαν και χαρτογραφήθηκαν ορισμένα μεγάλα ρήγματα στις πεδινές περιοχές που δεν έχουν καμία εκδήλωση επιφανειακού ίχνους. Τα ρήγματα αυτά συμβολίζονται με ιδιαίτερο χρώμα, που αναφέρεται στο συνοδευτικό υπόμνημα του νεοτεκτονικού χάρτη.

Για την εκπόνηση του νεοτεκτονικού χάρτη, φύλλο «Θεσσαλονίκη» έγινε αξιολόγηση και αξιοποίηση όλων των προγενέστερων γεωλογικών εργασιών και χαρτών σε συσχέτιση και με τα στοιχεία υπαίθρου που συλλέχτηκαν από την ερευνητική ομάδα. Λήφθηκαν υπόψη όλοι οι υπάρχοντες γεωλογικοί χάρτες της περιοχής, τόσο των εκδόσεων του ΙΓΜΕ όσο και των διαφόρων άλλων επιστημονικών εργασιών. Συγκεκριμένα το κύριο χαρτογραφικό υπόβαθρο της εργασίας αυτής, κυρίως ως προς τις αλπικές δομές, στηρίχθηκε στους παρακάτω γεωλογικούς χάρτες:

Mercier, J. Carte geologique de Mecedonie Centrale, 1:100.000 919660

Kockel, F, Mollat, H. & Walther, H., Erlauterungen zur Geologischen karte den Chalkidiki und angrenzender Gebiete, 1:1000.000 (1977).

Kockel, F., Αντωνιάδης, Π. & Ιωαννίδης, Κ., Έκδοση ΙΓΜΕ, φύλλο «Θεσσαλονίκη, 1:50.000» (1978).

Kockel, F., & Ιωαννίδης, Κ. & Παπαδόπουλος, Π., Έκδοση ΙΓΜΕ, φύλλο «Θεσσαλονίκη, 1:50.000» (1979).

Μέττος. Α. & Κουτσουβέλη, Α., Έκδοση ΙΓΜΕ, φύλλο «Πλατύ, 1:50.000» υπό έκδοση.

Για τη στρωματογραφία των Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων, εκτός από τους παραπάνω γεωλογικούς χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν σαν βάση, λήφθηκαν υπόψη και τα δεδομένα των παρακάτω εργασιών:

Stevanovic, P. (1963), Bull. Acad Serbe. Sci Arts, XXXII, 9, 73-93.

Gramman & Kockel (1969), Geol. Jarb., 87, 445-484.

Gillet, S. & Faugeres, L. (1970), Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn. 2, XII, 1, 9-24.

Δημόπουλος, Γ. (1972), Fol. Biol. et Bioch. Graeca, 9, 47-60.

Ψιλοβίκος, Α. (1977), Διδακτ. διατριβή, Θεσσαλονίκη, 1-156.

Σακελλαρίου, Ε. et al. (1979), Επιστ. Επετ. Φυσ. Σχ. ΑΠΘ., 19, 279-296.

Bonis, L. de et al. (1987), Modern Geology, 13, 141-147.

Koufos, G. (1980). Διδακτ. Διατριβή. Επιστ. Επετ. Φυσ. Σχ. ΑΠΘ., παρ. 11, τομ. 19, 1-322.

Koufos, G. & Pavlides, S. (1988), Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρείας, XX/2, 99-109.

Koufos, G. & Pavlides, S. (1989), European Neogene Mammal Chronology, 321-338.

Steffens et al. (1979), Εκδ. Εργ. Γεωλ. Παλαιόν. Παν/μίου Αθήνας, Νο 35.

Στη γεωμορφολογική έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τις παρακάτω εργασίες:

Sotiriadis, L. et al. (1972), Sci Ann. Fac. Phys. & math. Univ. Thessal., 12, 59-65.

Ψιλοβίκος, Α. (1977). Διδακτ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 1-156.

Ψιλοβίκος, Α., et al. (1977). Ann. Geol. Pays Hell., 29, 355-372.

Sotiriadis, L. et al (1979). Sci. Ann. Fac. Phys. & Math. Univ. Thess., 19, 41-55.

Psilovikos, A. & Sotiriadis, L. (1983). Clausthaler Geol. Abd., 44, 21-53.

Στοιχεία που αφορούν τη νεοτεκτονική και τη σεισμοτεκτονική της περιοχής λήφθηκαν και από τις παρακάτω εργασίες:

Ψιλοβίκος, . (1977). Διδακτ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 1-156.

Papazachos, B. et al. (1979). Tectonophysics, 53, 171-183.

Papazachos, B. et al (1980) Bulg Geoph. Journ., 6, 72-80.

Papazachos, B. (1982). Geophys. Lab. Univ. Thessaloniki Publ. 5

Fountoulis, D. (1982). These 3eme Cycle, Orsay, France,

Mercier, J. et al. (1983). Techn. Chamb. Gr., 29-76.

Mountrakis, D. et al. Techn. Chamb. Gr., 11-27.

Psilovikos, A. (1984). Tectonophysics, 110, 27-45.

Pavlides, S. & Kiliass, A. (187). Annis. Tectonicae 1, 97-104.

Τέλος τα σεισμολογικά δεδομένα της εργασίας αυτής προέρχονται από τις παρακάτω δημοσιεύσεις:

Comninakis, P. & Papazachos, B. (1986). Catalogue of earthquakes. Θεσ/νίκη.

Hatzfeld, D. et al. (1987). Earth and Plan. Sci. Letters., 81, 379-396.

Hatzidimitriou, P. et al. (1988). Terra Nova, 3, 648-654.

Papazachos, B. et al. (1979). Tectonophysics, 53, 171-183.

Papazachos, B. et. al. (1980). Bulg. Geof. Journ., 6, 72-80.

Σκορδύλης, Ε. (1985). Διδακτ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 1-250.

Soufleris, C. et al. (1982). Geoph. J. R. Astr. Soc., 68, 429-458.

Η ερευνητική ομάδα του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης εκφράζει τις ευχαριστίες της προς τον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) για την οικονομική στήριξη του προγράμματος, που έδωσε τη δυνατότητα να ολοκληρωθεί η νεοτεκτονική μελέτη του ευαίσθητου χώρου της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης και γενικότερα να πραγματοποιηθεί μια πρωτοποριακή έρευνα σε πανελλαδική κλίμακα.

2. ΑΛΠΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΑΛΠΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή την οποία καλύπτει ο νεοτεκτονικός χάρτης, φύλλο «Θεσσαλονίκη» ανήκει από την άποψη της αλπικής-προαλπικής δομής στο χώρο των ζωνών Αξιού (Παιονίας) και Περιοδοπικής, ενώ ένα μικρότερο τμήμα της (το ανατολικό) καταλαμβάνεται από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας.

Οι αλπικοί σχηματισμοί της ζώνης Αξιού που καταλαμβάνουν το φύλλο «Θεσσαλονίκη» είναι από τους βαθύτερους ορίζοντες προς τους ανώτερους: ασβεστόλιθοι Τριαδικού - Κάτω Ιουρασικού, ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Τριαδικού -Ιουρασικού, ασβεστόλιθοι Ανωτέρου Ιουρασικού, οφειολιθικά πετρώματα και τα συνοδά ιζήματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης ηλικίας Ιουρασικού, μετακλαστικά ιζήματα Ανωτέρου Ιουρασικού - Κατωτέρου Κρητιδικού.

Η Περιοδοπική 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.1). Οι σχηματισμοί που συγκροτούν τις τρεις ενότητες δείχνονται αναλυτικά στις λιθοστρωματογραφικές στήλες του σχήματος 2 και είναι γενικά ελαφρά μεταμορφωμένα ιζήματα Περιοδοπικής ηλικίας (κλαστικά ιζήματα, ηφαιστειοϊζηματογενή και ανθρακικά), ημιμεταμορφωμένος φλύσχης και σχιστοκερατολιθική διάπλαση Ιουρασικής ηλικίας.

Στην παρούσα χαρτογράφηση οι σχηματισμοί των ζωνών Αξιού και Περιοδοπικής ομαδοποιούνται στις ακόλουθες χαρτογραφικές ενότητες:

1. σχιστοκερατολιθική διάπλαση και ηφαιστειο-ιζηματογενή,
2. φυλλίτες - χαλαζίτες μέλη του ημιμεταμορφωμένου φλύσχη,
3. ανθρακικά πετρώματα Μεσοζωϊκού,
4. οφιόλιθοι

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας που βρίσκονται στο φύλλο «Θεσσαλονίκη» ανήκουν στη σειρά Βερτίσκου και είναι βιοτιτικοί και διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι, οφθαλμογνεύσιοι, μαρμαρυγικοί, σχιστόλιθοι, λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων, μεταγάββροι, μεταδιαβιάσες και αμφιβολίτες που έχουν προέλθει από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών. Συχνά επίσης παρεμβάλλονται με παλιές τεκτονικές επαφές μέσα στα άλλα πετρώματα σερπεντινικά σώματα. Τα πετρώματα αυτά θεωρούνται γενικά παλαιοζωϊκής ηλικίας, αλλά για τα βασικής προέλευσης πετρώματα πιθανότερη θεωρείται η μεσοζωϊκή ηλικία.

Μέσα στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα διεισδύουν σε πολλές περιοχές όξινα πλουτωνικά σώματα μεσοζωϊκής ηλικίας, γρανιτικής κυρίως σύστασης, καθώς και απλιτικές και πηγματιτικές φλέβες.

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής έχουν υποστεί τουλάχιστον δύο μεταμορφώσεις. Μια παλαιοζωϊκής ηλικίας σε συνθήκες αλμανδικής - αμφιβολιτικής φάσης και μια Κάτω Κρητιδικής ηλικίας σε συνθήκες προσινοσχιστολιθικής φάσης.

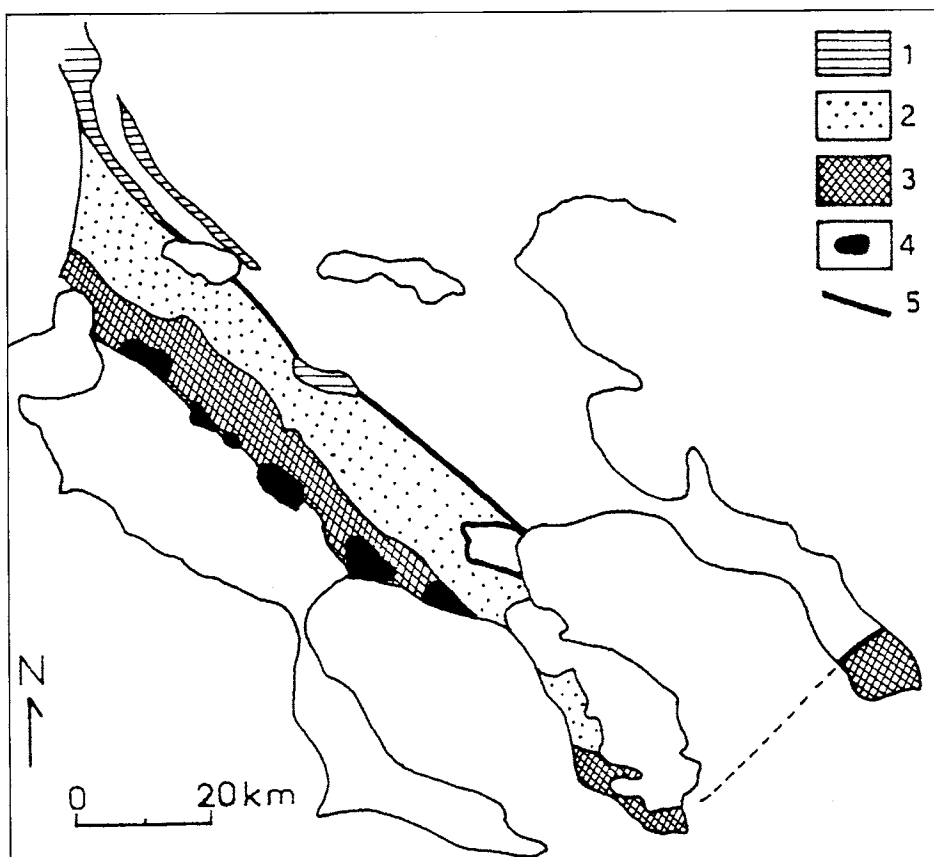
Στην παρούσα χαρτογράφηση όλα τα πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας αναφέρονται ενιαία ως μεταμορφωμένα πετρώματα, εκτός από τις ενστρώσεις των μαρμάρων, τα παρεμβαλλόμενα σερπεντινικά σώματα και τα όξινα πλουτωνικά (γρανιτικά) πετρώματα, τα οποία αναφέρονται ξεχωριστά.

Όλοι οι αλπικοί και προαλπικοί σχηματισμοί της Σερβομακεδονικής, της Περιοδοπικής και της ζώνης Αξιού έχουν υποστεί επανειλημμένες πτυχώσεις που έχουν αποτυπωθεί με ποικίλες μορφές στα πετρώματα. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες εμφανίζονται σήμερα οι δομές που προκλήθηκαν από τις Τριτογενείς (Ηώκαινο - Οιγόκαινο) παραμορφωτικές φάσεις και είναι οι συνεχείς λεπιώσεις των στρωμάτων προς τα Δυτικά, οι μεγάλες επωθήσεις - εφιππεύσεις, καθώς και η αναστροφή των στρωμάτων στο δυτικό περιθώριο της Σερβομακεδονικής προς την Περιοδοπική και τη ζώνη Αξιού. Στη σχηματική τομή του σχήματος 3 δείχνεται η σημερινή τεκτονική εικόνα της περιοχής του ορίου των ζωνών, στην οποία φαίνεται ότι τα στρώματά τους βρίσκονται αναστραμμένα με τα παλαιότερα τεκτονικά τοποθετημένα πάνω στα νεότερα. Αποτέλεσμα της αναστροφής αυτής είναι η Σερβομακεδονική κρυσταλλοσχιστώδης μάζα να εφιππεύει τα νεότερα Περιοδοπικά μεταίζηματα της Περιοδοπικής και αυτά την οφειολιθική ακολουθία της ζώνης Αξιού. Αποτέλεσμα της ίδιας Ηώκαινικής - Ολιγοκαινικής τεκτονικής παραμόρφωσης είναι και η παρεμβολή του μεγάλου τεκτονικού λεπίου του κρυσταλλοσχιστώδους της Σερβομακεδονικής μάζας ανάμεσα στα Περιοδοπικά ιζήματα της Περιοδοπικής στο ανατολικό τμήμα του φύλλου «Θεσσαλονίκη».

Όλες αυτές οι Τριτογενείς ή και παλιότερες αλπικές τεκτονικές επαφές, εφιππεύσεις, επωθήσεις και λεπιώσεις αναφέρονται στο νεοτεκτονικό χάρτη με το ίδιο ιδιαίτερο σύμβολο των αλπικών επωθήσεων - εφιππεύσεων.

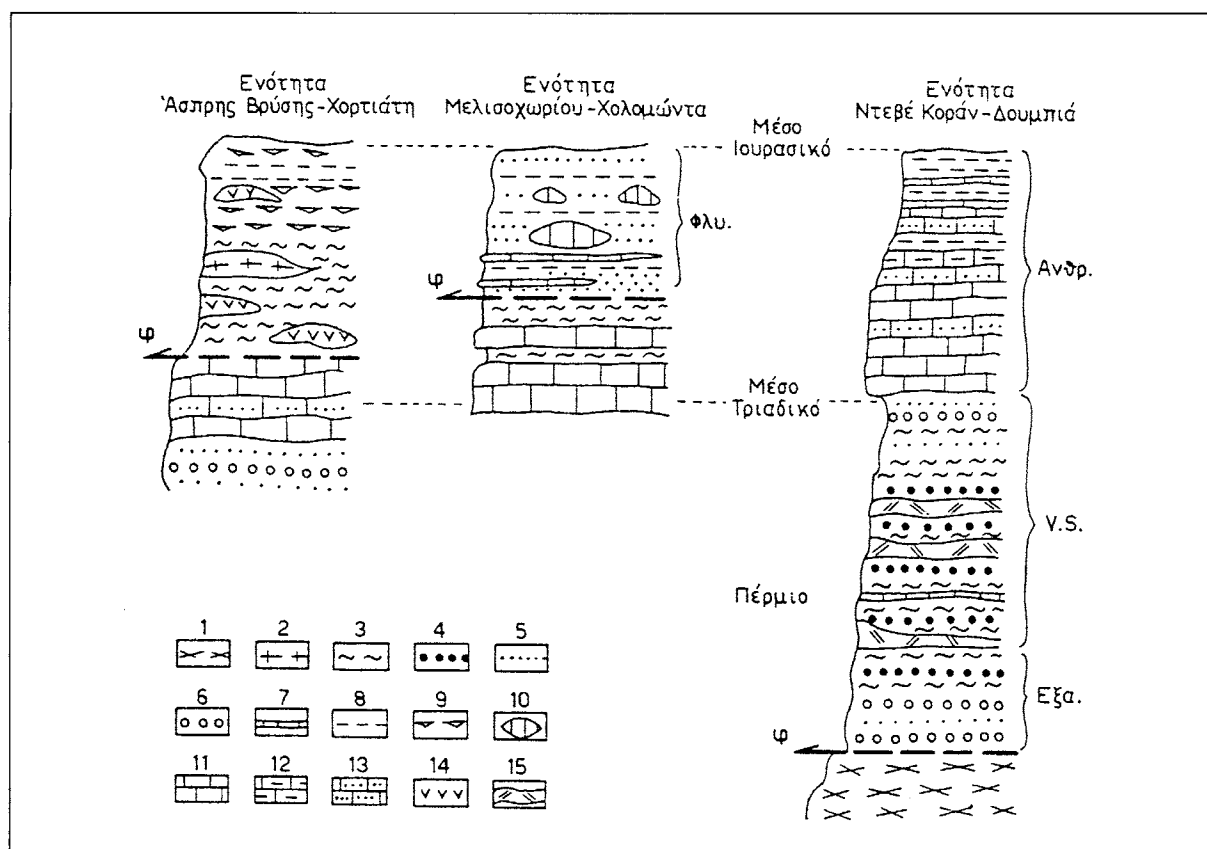
Όλα τα παραπάνω πετρώματα της Σερβομακεδονικής, της Περιοδοπικής και της ζώνης Αξιού θεωρούνται στη παρούσα εργασία γενικά ως το αλπικό - προαλπικό υπόβαθρο των Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων των λεκανών, τα οποία και αποτέλεσαν το κύριο αντικείμενο της στρωματογραφικής διερεύνησης και θα περιγραφούν παρακάτω.

Οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα του φύλλου «Θεσσαλονίκη» καλύπτοντας σε μεγάλη έκταση τα αλπικά και προαλπικά πετρώματα των ζωνών Αξιού, Περιοδοπικής και Σερβομακεδονικής. Τα πετρώματα των ζωνών αυτών και ιδιαίτερα αυτά της ζώνης Αξιού εμφανίζονται στο φύλλο «Θεσσαλονίκη» μόνο υπό μορφή «αποκομμένων νησίδων» που περιβάλλονται από τα Νεογενή - Τεταρτογενή ιζήματα.



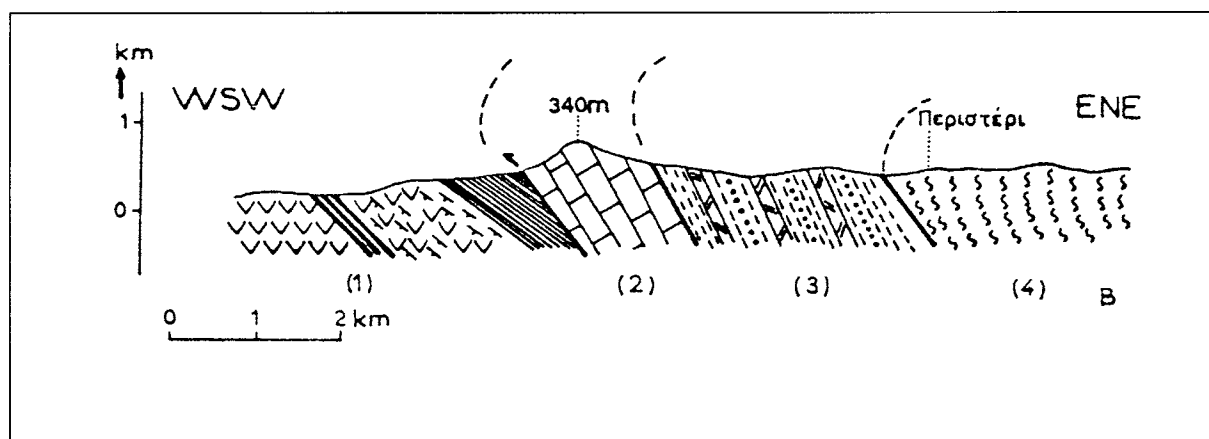
Σχήμα 1. Χάρτης της Περιροδοπικής ζώνης με τις τρεις ενότητες της και τις σημαντικότερες οφειολιθικές εμφανίσεις. 1. Ενότητα Ντεβέ-Κοράν-Δουμπιά, 2. Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα, 3. Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, 4. Οφειόλιθοι, 5. Όριο της ζώνης με τη Σερβομακεδονική. (Μουντράκης 1985, τροποποιημένο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

Fig. 1. Sketch-map of the Circum Rhodope Belt showing the three units of it and the most significant ophiolitic outcrops. 1: Deve Koran-Doumbia Unit, 2: Melissochori-Cholomontas Unit, 3: Aspri Vrisi-Chortiatia Unit, 4: ophiolites, 5: boundary between the Circum Rhodope belt and the Serbomacedonian massif (Mountrakis 1985, modified from Kockel et al. 1971, 1976).



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

Fig. 2. Lithostratigraphic sections of the three units of the Circum Phodope Belt. 1: metamorphic rocks of the Serbomacedonian massif, 2: the so called «green gneisses» of the Thessaloniki area, 3: schists and phyllites, 4: pyroclastic rocks, 5: meta-sandstones, quartzites, 6: meta-conglomerates, 7: calc-schists, 8: slates and marls, 9: radiolarian cherts, 10: olistolites consisting of Triassic limestones, 11: recrystallized limestones, marbles, 12: marly limestones, 13: calcarenites, 14: ophiolitic rocks, 15: volcanic products (shistose rhyolites, porphyroids), φ: tectonic contact, Εξά: Examil Fm, V.S.: volcanosedimentary Fm, Ανθρ: neritic carbonate rocks, Φλυ: flysch (Mountrakis 1985).



Σχήμα 3. Σχηματική γεωλογική τομή στην περιοχή του δυτικού ορίου της Σερβομακεδονικής. 1: οφειολιθικά πετρώματα προερχόμενα από τη ζώνη Αξιού και ιζήματα βαθιάς θάλασσας, κερατόλιθοι και φλύσχης Ιουρασικού, της Περιροδοπικής, 2: ανθρακικά πετρώματα Τριαδικού - Ιουρασικού ηπειρωτικού περιθωρίου, 3: μετακλαστική - ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Περμίου - Κάτω Τριαδικού, 4: κρυσταλλοσχιτώδες υπόβαθρο Σερβομακεδονικής (Mercier 1968).

Fig. 3. Schematic cross-section of the western boundary of the Serbomacedonian massif. 1: ophiolitic rocks derived from Axios zone and deep-sea sediments, radiolarian cherts and flysch of Jurassic age of Circum Rhodope Belt, 2: Triassic-Jurassic carbonate rocks of the continental margin, 3: metaclastic-metavolcanosedimentary Fm of Permian-early Triassic age, 4: metamorphic basement of the Serbomacedonian massif (Mercier 1968).

3. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΝΕΟΓΕΝΟΥΣ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΟΥΣ

Ασύμφωνα πάνω στα πετρώματα του αλπικού και προαλπικού υποβάθρου βρίσκονται οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις, κυρίως χερσαίες, που παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση σε όλη την έκταση του φύλλου «Θεσσαλονίκη», αφού σ' αυτό αναπτύσσεται ένα σημαντικό τμήμα της μεγάλης λεκάνης του Αξιού ποταμού, η μικρότερη λεκάνη του Γαλλικού ποταμού καθώς και τμήμα του βυθίσματος του Ανθεμούντα.

Η χαρτογράφηση των Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων του φύλλου «Θεσσαλονίκη» βασίστηκε κυρίως στα φύλλα των γεωλογικών χαρτών 1:50.000 Θεσ/νίκη, Κιλκίς, Πλατύ έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε., καθώς και στο υπό έκδοση φύλλο του γεωλογικού χάρτη 1:50.000 Κουφάλια. Στοιχεία από το φύλλο αυτό μας δόθηκαν από το γεωλόγο του Ι.Γ.Μ.Ε. κ. Γ. Ευστρατιάδη, που έκανε τη χαρτογράφηση και τον οποίο ευχαριστούμε. Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώθηκαν και βελτιώθηκαν από δικές μας υπαίθριες παρατηρήσεις ή συμφωνούν με προγενέστερές μας μελέτες. Επίσης οι Ολοκαινικές αποθέσεις, οι οποίες διαχωρίζονται λεπτομερώς στα γεωλογικά φύλλα 1:50.000 έχουν ομαδοποιηθεί ώστε να μπορούν να αποδοθούν σ' ένα χάρτη κλίμακας 1:100.000. Τα ιζήματα της περιοχής γίνεται προσπάθεια να διαιρεθούν σε σχηματισμούς ή μεγαλύτερες υποδιαιρέσεις και να χρονολογηθούν με βάση απολιθώματα, όπου έχουν βρεθεί.

Οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις θα περιγραφούν στη συνέχεια από τις παλαιότερες προς τις νεότερες σύμφωνα με την πιο επιφκτική αναλυτική διαίρεση που επιτεύχθηκε.

3.1 Νεογενείς αποθέσεις

1) **Ms-P1, co-Ig:** (Άνω Μειοκαινικές - Πλειοκαινικές αποθέσεις). Οι αποθέσεις αυτές που είναι είτε χερσοποτάμιες είτε λιμναίες - λιμνοθαλάσσιες εμφανίζονται στα νότια τμήματα της λεκάνης και μπορούν να διαιρεθούν στους ακόλουθους σχηματισμούς:

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 περίπου 2 m. Σε πολλές θέσεις του Σχηματισμού Νέας Μεσημβρίας βρέθηκαν απολιθώματα θηλαστικών και προσδιορίστηκαν τα παρακάτω είδη: *Progonomys cathalai*, *Adcrocuta eximia leptoryncha*, *Choerolophodon pentelici*, *Hipparion primigenium*, *Hipparion macedonicum*, *Mesembriacerus melentisi*, *Ouzocerus gracilis*, *Samotragus praecursor*, *Prostrepsiceros* (P.) *vallesiensis*, *Decennatherium pachecoi*, *Palaeotragus ceolophrys*, *Palaeotragus rouenii*, *Bohlinia* cf. *attica*, *Ouranopithecus macedoniensis*. Η πανίδα αυτή χρονολογεί το Σχηματισμό Νέας Μεσημβρίας στο Ανώτερο Βαλλέζιο, 9-11 Ma.

Ανατολικά της Θεσσαλονίκης εμφανίζονται επίσης ορισμένες Νεογενείς αποθέσεις που αποτελούνται από αργιλλομαργαίκα υλικά με πανίδες μαλακίων Πόντιας ηλικίας που υπέρχεινται ενός σχηματισμού ερυθροστρωμάτων. Τα ερυθροστρώματα αυτά χρονολογούνται στο Μεότιο γιατί στην περιοχή του χωριού Θέρμη βρέθηκαν μερικά απολιθώματα του *Hipparion mediterraneum*, *Mastodon* sp. και *Gazella* cf. *deperdita* και μπορούν να θεωρηθούν ισοδύναμα του Σχηματισμού Νέας Μεσημβρίας.

Σχηματισμός Βαθυλάκκου: Αποτελείται από ανοικτόχρωμα (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. Στο σχήμα 4, όπου δίνεται η τομή της θέσης Prochoma -1 (RXM), 1 km ΝΔ του χωριού Πρόχωμα και που προήλθε από τη διάνοιξη της νέας σιδηροδρομικής γραμμής Θεσσαλονίκης - Ευζώνων φαίνεται πολύ καλά η εναλλαγή των αμμωδών και αργιλλικών υλικών. Σ' άλλες θέσεις όμως του Σχηματισμού Βαθύλακκου υπερτερούν τα αμμώδη υλικά όπως στην περιοχή του χωριού Βαθύλακκος (Σχ. 5).

Σε πολλές θέσεις μέσα στο Σχηματισμό Βαθύλακκου βρέθηκαν απολιθώματα θηλαστικών, που ο προσδιορισμός τους έδωσε την παρακάτω πανίδα: *Plesiogulo crassa*, *Chasmaporthetes* sp., *Ictitherium robustum*, *Ictitherium hipparionum*, *Plioverropros orbigny*, *Choerolophodon pentelici*, *Zygodon tapiroides*, *Hipparion proboscideum*, *Hipparion dietrichi*, *Hipparion macedonicum*, *Dicerorhinus orientalis*, *Palaeoceros zouavei*, *Palaeoceros lindermayeri*, *Prostrepsiceros (Helicotrags) zitteli*, *Prostrepsiceros (Helicotrags) rotundicornis*, *Nisidorcus planicornis*, *Miotragoceros aff. amaltheus*, *Gazella* sp., *Dorcatherium puyhauberti*, *Samotherium boissieri*, *Helladotherium duvernoi*, *Bhlinia attica*, *Microstonyx major*, *Potamochoerus (Postpotamochoerus) hyotherioides*, *Mesopithecus* n. sp. Με βάση την πανίδα αυτή η ηλικία του Σχηματισμού Βαθύλακκου υπολογίστηκε ως Ανώτατο Βαλλέξιο-Κατώτερο Τουρόλιο, 7-9 Ma.

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 τοφρώδεις ασβεστόλιθοι. Στην τομή του σχήματος 6 φαίνονται τμήματα του σχηματισμού έξω από το χωριό Δυτικό. Απολιθώματα θηλαστικών βρέθηκαν σε διάφορες θέσεις μέσα στο σχηματισμό και προσδιορίστηκε η παρακάτω πανίδα: *Protictitherium crassum*, *Chasmaporthetes bonisi*, *Hipparion mediterraneum*, *Hipparion matthewi*, *Hipparion periafricanum*, *Dicerorhinus orientalis*, *Protragelaphus theodori*, *Miotragoceros aff. vallenciennesi*, *Gazella* sp., *Palaeoceros lindermayeri*, *Bohlinia attica*, *Palaeotragus rouenii*, *Mesopithecus pentelicus*.

Η πανίδα αυτή δείχνει την ηλικία Ανώτερου Τουρόλιου. Παλυνολογικές μελέτες στους ασβεστόλιθους της οροφής του σχηματισμού έδειξαν ηλικία Μεοκαίνου-Πλειοκαίνου. Με βάση την πανίδα αυτή ο Σχηματισμός Δυτικού χρονολογείται στο Ανώτερο Τουρόλιο (τέλος του Μειοκαίνου), 5.5-7 Ma.

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 ασβεστόλιθων στη βάση, που συνεχίζονται με εναλλαγές άμμων, αμμωδών μαργών, αμμούχων πηλών και ενδιαστρώσεων αργίλλων και ψαμμιτών. Σε γειτονική περιοχή (φύλλα Πλατύ και Κατερίνη, κλίμακας 1:50.000) και μέσα στους σχηματισμούς αυτούς προσδιορίστηκαν τα παρακάτω οστρακώδη και η παρακάτω χλωρίδα:

Οστρακώδη: *Cyprideis* cf. *thessalonicae*, *Amnicythere bisaltiana*, *Tyrrhenocythere* cf. *pignatti*, *Camptocyprina balcanica*, *Pontoniella acuminata*, *Loxoconcha* cf. *granifera*, *Leptocythere* cf. *nodigera*.

Χλωρίδα: *Pinus diplsotelle-type*, *Pinus haplostelle-type*, *Abies Cedrus*, *Quercus*, *Castanea-type*, *Juglans*, *Engelhardtia*.

Με βάση την πανίδα αυτή των οστρακωδών και τη χλωρίδα ο σχηματισμός Αιγινίου-Μεγάλης Γέφυρας χρονολογείται στο Άνω Μειόκαινο-Κάτω Πλειόκαινο.

Σχηματισμός Τριλόφου: Πρόκειται για λιμνοθαλάσσια ιζήματα όπως άμμοι, αργίλλοι, μάργες και ασβεστόλιθοι που εναλλάσσονται μεταξύ τους. Οι αποθέσεις αυτές παρέχουν μια πλούσια πανίδα μαλακίων με τα είδη: *Limnocardium* (*Euxinocardium*) *nobile*, *pseudoprozodacna littoralis littoralis*, *P. littoralis barborti*, *P. Littoralis plicatolittoralis*, *P. littoralis semisulcatoides*, *Pseudocatillus pseudocafillus*, *Congeria novorossica*, *Dreissensia simplex*, *Melonopsis eulimopsis*, *Melonopsis bonellii* που δείχνουν Πόντια ηλικία. Υπέρχνεται των ερυθροστρωμάτων της Θέρμης, τα οποία βάση της πανίδας θηλαστικών που περιέχουν, θεωρήθηκαν Βαλλέζιας ηλικίας και ισοδύναμα του Σχηματισμού Νέας Μεσημβρίας. Έτσι προσδιορίζεται η Τουρόλια ηλικία για τη βάση τουλάχιστον των λιμνοθαλάσσιων αποθέσεων του Σχηματισμού Τριλόφου. 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 Τριλόφος, Αλλατίνι και μεγάλο Έμβολο. Πρόκειται για χερσαία ιζήματα κυρίως άμμους και χαλίκια όπου βρέθηκε το *Apodemus* που δείχνει ηλικία Τουρολίου ή νεότερη. Με βάση τα στοιχεία αυτά τα χερσαία ιζήματα του ανώτερου τμήματος του Τριλόφου πρέπει να ανήκουν στο Κατώτερο Πλειόκαινο. Νεότερα στοιχεία έδειξαν ότι οι χερσαίες αποθέσεις του ανώτερου τμήματος του Σχημ. Τριλόφου αποτελούν ένα ξεχωριστό σχηματισμό που ονομάστηκε Σχημ. Τριλόφου αποτελούν ένα ξεχωριστό σχηματισμό που ονομάστηκε Σχημ. Νέας Γωνιάς (ισοδύναμος του Σχηματισμός Αγγελοχωρίου) και έχει ηλικία Ρουσίνιο (κάτω Πλειόκαινο).

Ενδείξεις ύπαρξης του Πλειοκαίνου υπάρχουν και στα αργίλλορυχεία 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. 7). Τα αργίλλικα υλικά περιέχουν μια πανίδα μαλακίων παρόμοια μ' εκείνη του Τριλόφου που δείχνει Πόντια ηλικία. Η ηλικία αυτή επιβεβαιώθηκε και από τη μελέτη των οστρακωδών καθώς επίσης και από την εύρεση της Ακολουθίας Σπορομόρφωνή του Kizilhisar. Ακόμη στην περιοχή της Θέρμης φαίνεται σαφώς ότι τα ιζήματα του Αλλατίνι υπέρκεινται των ερυθροστρωμάτων του Βαλλέτιου (Μέστιου) δείχνοντας μια Τουρόλια ηλικία γι' αυτά με την Πόντια πανίδα έχει βρεθεί το σαρκοφάγο *Nyctereutes donnezani* που δείχνει Ρουσίνια (Πλειοκαινική) ηλικία. Με βάση όλα τα παραπάνω τα κατώτερα τμήματα της τομής τους 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. 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 (Σχ.8). Μέσα σ' αυτά βρέθηκε μια μικρή πανίδα θηλαστικών με τα είδη «*Hipparion gracile*» (το δείγμα είναι ένα τμήμα μεταταρσικού που ανήκει στο *H. longipes*), *Parabos makedoniae* και *Gazella baillondi*. Επίσης έχουν αναφερθεί τα είδη *Sus minor*, *Hipparion longipes*, *Spalax odessanus*, *Oryctolagus cf. laynensi* και *Trischizolagus cf. maritsae*. Τα είδη αυτά δείχνουν Ρουσίνια (Πλειό-

καινο) ηλικία για τις αποθέσεις του Μεγάλου Εμβόλου. Η ακολουθία σπορομόρφων του Μεγάλου Εμβόλου, ανήκει στο Akca Assemblage, που επιβεβαιώνει την παραπάνω ηλικία.

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 Πλιόκαινο.

Σχηματισμός Αγγελοχωρίου (ή Σχηματισμός Νέας Γωνιάς): περιλαμβάνονται οι Πλειοκαινικές (Ρουσίνιες) χερσαίες αποθέσεις του Μ. Εμβόλου και της περιοχής Γέφυρας Θεσσαλονίκης.

3.2 Τεταρτογενείς αποθέσεις

3.2.1 Τεταρτογενείς αδιαίτερες αποθέσεις

(1) **Pt-H, sc:** Πλευρικά κορήματα. Αποτελούνται κυρίως από ασβεστολιθικές λατύπες και κροκάλες που έχουν συγκολληθεί με ερυθρού χρώματος ασβεστιτικό υλικό.

(2) **Pt-H, cs:** Ριπιδιοπαγείς αποθέσεις στις εξόδους των ρεμάτων. Αποτελούνται από διάφορα υλικά προερχόμενα από το μεταμορφωμένο υπόβαθρο και συνήθως είναι χαλαρά.

3.2.2 Πλειστοκαινικές αποθέσεις

(1) **Pt, co:** Οι Πλειστοκαινικές αδιαίρετες αποθέσεις της περιοχής που εξετάζεται 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. Οι αδιαίρετες αποθέσεις του Πλειστοκαίνου διακρίνονται σε 3 συστήματα αναβαθμίδων.

(i) **Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων:** Αποτελείται από ερυθρές αργίλλους με άμμους, χαλίκια και κροκάλες ή από άμμους και χαλίκια με διεσπαρμένες μεγάλες κροκάλες πετρωμάτων του υποβάθρου. Το ψηλότερο σημείο που βρίσκεται 40-50 m πάνω από τη στάθμη των ποταμών.

(ii) **Μεσαίο σύστημα αναβαθμίδων:** Αποτελείται από κροκάλες και χαλίκια και η κορυφή του βρίσκεται 10-15 m πάνω από τη στάθμη των ποταμών.

(iii) **Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων:** Αποτελείται κυρίως από χαλίκια, που πολλές φορές καλύπτονται από αργιλλικά ιζήματα και το ψηλότερο σημείο τους βρίσκεται 6-8 m. πάνω από τη στάθμη των ποταμών.

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

Δυστυχώς δεν βρέθηκαν παλαιοντολογικά δεδομένα από την περιοχή για μια ακριβή και λεπτομερή χρονολόγηση των πλειστοκαινικών αποθέσεων. Υπάρχει μόνο μια ένδειξη από την περιοχή βόρεια του χωριού Βαθύλακκου, όπου μέσα μέσα στις ερυθρές αμμώδεις αργίλλους, που καλύπτουν τις Νεογενείς αποθέσεις βρέθηκε ο ελέφαντας *Palaeoloxodon antiquus italicus* του Άνω Πλειστόκαινου.

(2) **Pti, co:** (Κάτω Πλειστοκαινικές αποθέσεις). Περιλαμβάνει μερικές μικρές εμφανίσεις στο ανα-

τολικότερο τμήμα του φύλλου, όπου υφίσταται το βορειοδυτικό τμήμα της Μυγδόνιας λεκάνης (η λεκάνη της Μυγδονίας εντοπίζεται κυρίως στο γειτονικό φύλλο Λαγκαδάς 1:100.000 και πληρώνεται με ιζήματα που εντάσσονται στην Προ-Μυγδονιακή και Μυγδονιακή Ομάδα) και εντάσσονται στα ανώτερα τμήματα της Προ-Μυγδονιακής Ομάδας. Τα ιζήματα αυτά είναι πιο εκτενή στο νότιο τμήμα της Μυγδόνιας λεκάνης και αποτελούνται από χερσαία παχυστρωματώδη ερυθροστρώματα που συγκροτούν το Σχηματισμό Γερακαρούς. Ο σχηματισμός αυτός με πάχος μεγαλύτερο από 100 m περιλαμβάνει γκριζωπές ερυθρές με κροκάλες αργίλλους και άμμους καθώς και γενικά χαλίκια με κυρίαρχο συνδετικό υλικό. Οι κροκάλες προέρχονται κυρίως από τα γρανιτικά σώματα, τους γενευσίους και τους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αλλά κυρίως από τα τελευταία. Το συνδετικό υλικό είναι συνεκτικό και περιλαμβάνει κόκκους κυρίως χαλαζία, αλλά και αστρίων και μαρμαρυγία. Συχνά παρατηρείται η διασταυρωτή και διαβαθμισμένη στρώση, ενώ η διάβρωσή τους χαρακτηρίζεται από τη δημιουργία χαραδρώσεων και στενών κοιλάδων. Τα ανώτερα τμήματα των ερυθροστρωμάτων είτε μεταβαίνουν βαθμιαία στα ιζήματα της Μυγδονιακής Ομάδας είτε καλύπτονται ασύμφωνα από τα τελευταία.

(3) **Ptm-s, lk:** (Μέσω-Ανω Πλειστοκαινικές αποθέσεις). Περιλαμβάνει επίσης μερικές μικρής έκτασης αποθέσεις στο ανατολικότερο τμήμα του φύλλου, όπου υφίσταται το βορειοδυτικό τμήμα της Μυγδόνιας λεκάνης. Είναι λιμναίες αποθέσεις, οι οποίες αποτελούν τμήμα της Μυγδονιακής Ομάδας. Το κατώτερο τμήμα της Μυγδονιακής Ομάδας αποτελείται από αργιλικά-αμμώδη ιζήματα, τα οποία στο μεγαλύτερο τμήμα αποτείνονται ασύμφωνα πάνω στο Σχηματισμό Γερακαρούς. Ειδικότερα αποτελείται από:

- (α) ένα κατώτερο στρώμα κροκαλών, πάχους 0.5-2 m, που αποτελείται από ανάμειξη κροκαλών μεγέθους 5-40 cm με αδρόκκοξη άμμο χωρίς καμμία ταξινόμηση ή εσωτερική διάταξη.
- (β) ένα στρώμα διαβαθμισμένης άμμου, πάχους 0.3-1 m, που είναι αδρόκκοξη και με κροκάλες στη βάση και λεπτόκκοξη στα ανώτερα τμήματα.
- (γ) ένα στρώμα αργιλικών υλικών πάχους 1-3 m, με παράλληλη στρώση, που αποτελείται από λεπτόκοκκα υλικά και έχει μελανοπράσινο χρώμα.
- (δ) ένα στρώμα λεπτόκοκξης άμμου στην κορυφή, πάχους 1m.

Το ανώτερο τμήμα της Μυγδονιακής Ομάδας σχηματίστηκε στη φάση υποχώρησης της Μυγδόνιας λίμνης και αποτελείται από : α) στρώματα αργιλικών στη βάση, β) εναλλασσόμενα στρώματα αργιλικών υλικών και άμμου, γ) ένα στρώμα διαβαθμισμένης άμμου, δ) ένα στρώμα παράκτιων κροκαλών και άμμου και ε) ένα στρώμα χημικών ιζημάτων. Μέχρι τώρα δεν έχουν βρεθεί απολιθώματα μέσα στις αποθέσεις της Μυγδονιακής Ομάδας, ώστε να γίνει δυνατή η ακριβής χρονολόγησή τους και ο επιπλέον διαχωρισμός τους. Η έναρξη απόθεσης των ιζημάτων αυτών τοποθετείται στο τέλος του Κάτω Πλειστοκαινού, οπότε πρέπει να θεωρηθεί νεότερης ηλικίας, ενώ τα χημικά ιζήματα και οι λεπτόκοκες άμμοι των ανωτέρων τμημάτων θεωρούνται ότι έχουν Ολοκαινική ηλικία.

3.2.3 Ολοκαινικές αποθέσεις

Οι αποθέσεις του Ολοκαινού καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα του φύλλου που εξετάζεται, ιδιαίτερα στο νότιο άκρο του, όπου εκβάλουν μεγάλα ποτάμια και υπάρχει έντονη σύγχρονη ιζηματογένεση.

νεση. Εξαιτίας της μεγάλης έκτασής τους και της λιθολογικής τους ποικιλίας, οι Ολοκαινικές αποθέσεις μπορούν να διαιρεθούν σε διάφορες ομάδες:

(1) **H:** Ολοκαινικές αδιαίρετες αποθέσεις. Περιλαμβάνουν χαλίκια, άμμους ερυθρές αργίλλους καθώς και παράκτιες αποθέσεις.

(2) **H, lk:** Εμφανίζονται κυρίως σε δύο περιοχές, μια κοντά στην Πικρολίμνη και μια στην αποξηρανήσασ λίμνη των Γιαννιτσών. Στην πρώτη περιοχή αποτελούνται από αμμούχους αργίλλους, ιλύες και άμμους καστανού χρώματος. Στην περιοχή της αποξηρανήσασ λίμνης των Γιαννιτσών οι Ολοκαινικές αποθέσεις αποτελούνται από λεπτόκοκες άμμους, πηλούς, αργιλλούχες άμμους με ανοικτό καστανό χρώμα και πλούσιες σε κελύφη αρτίγονων μαλακίων.

(3) **H, lg:** Αποθέσεις τεναγών. Αποτελούνται κυρίως από αργίλλους, πηλούς, πηλούχες αργίλλους, αργιλλούχες άμμους και έχουν χρώμα γκρι-μαύρο εξαιτίας των οργανικών υλών που προέρχονται από την αποσύνθεση των ελωδών φυτών.

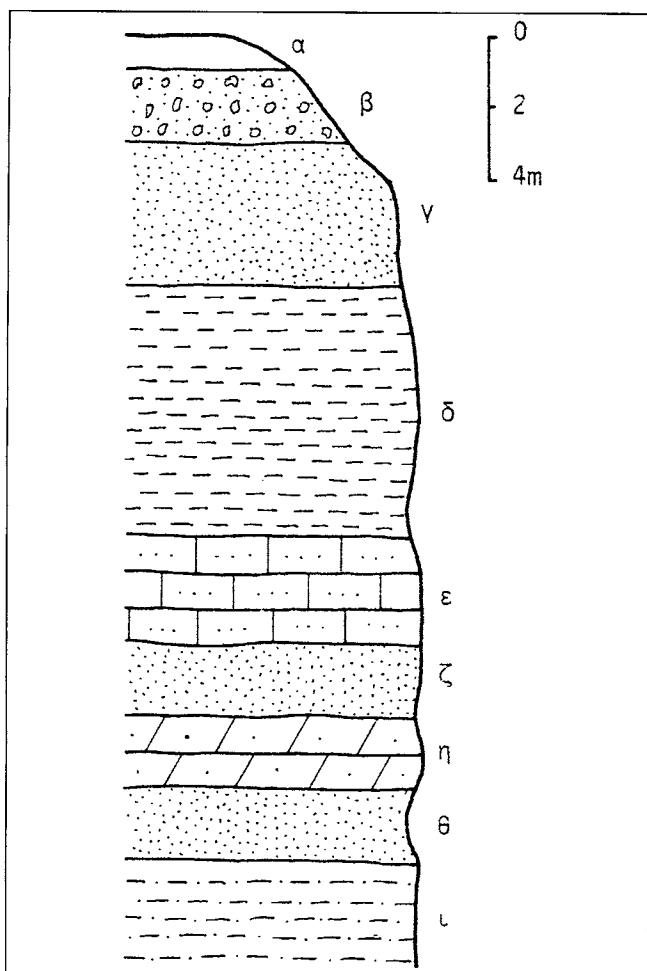
(4) **H, ma-colg:** Εναλλαγές θαλάσσιων, λιμνοθαλάσσιων και χερσαίων αποθέσεων. Προέρχονται από τις πλημμύρες των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα και αποτελούνται από άμμους, πηλούς, αργιλλούχες άμμους, αμμούχους πηλούς, ενώ τα βαθύτερα τμήματά τους αποτελούνται από θαλάσσιες αποθέσεις (άμμοι, πηλοί, άργιλλοι) με κελύφη αρτίγονων ειδών και από εναλλαγές θαλάσσιων χερσαίων και υφάλμυρων αποθέσεων (άργιλλοι, λεπτόκοκοι άμμοι, αμμούχοι πηλοί και αμμούχες άργιλλοι).

(5) **H, el:** Ελλουβιακές αποθέσεις. Αποτελούνται από υλικά αποσάθρωσης και λατύπες των Μεσοζωικών και προ-Αλπικών πετρωμάτων.

(6) **H, sq:** Δελταϊκές αποθέσεις. Είναι αποθέσεις κοντά στις εκβολές των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα, που αποτελούνται από λεπτόκοκες άμμους, πηλούς και αργιλλούχους πηλούς.

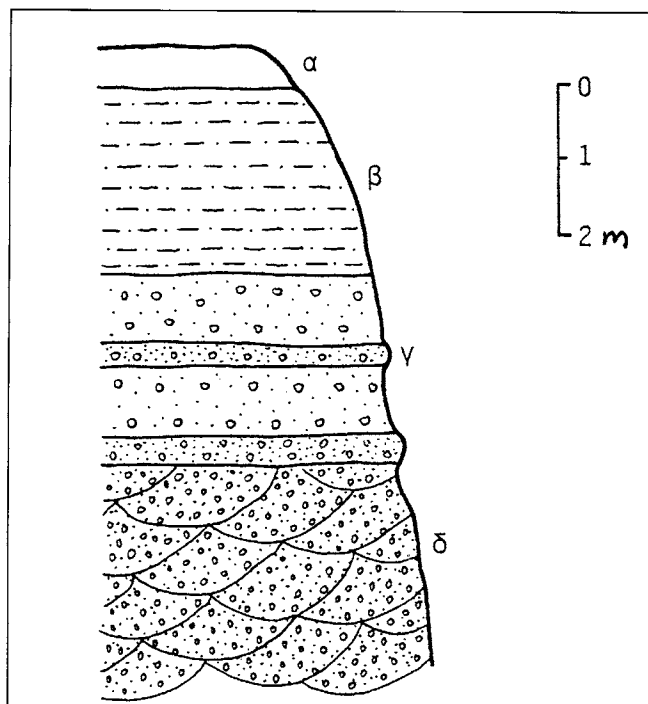
(7) **H, al:** Προσχώσεις κοιλάδων. Αποτελούνται κυρίως από αμμούχες αργίλλους, άμμους με κροκάλες και χαλίκια με αργιλλικό κάλυμμα κατά θέσεις.

(8) **H, al:** Αλλουβιακές αποθέσεις: Αποτελούνται κυρίως από τα υλικά αποσάθρωσης του υποβάθρου, που συνίστανται κυρίως από χαλίκια, άμμους, αργίλλους και αμμούχες αργίλλους που συγκεντρώνονται στις κοίτες των ποταμών και χειμάρρων.



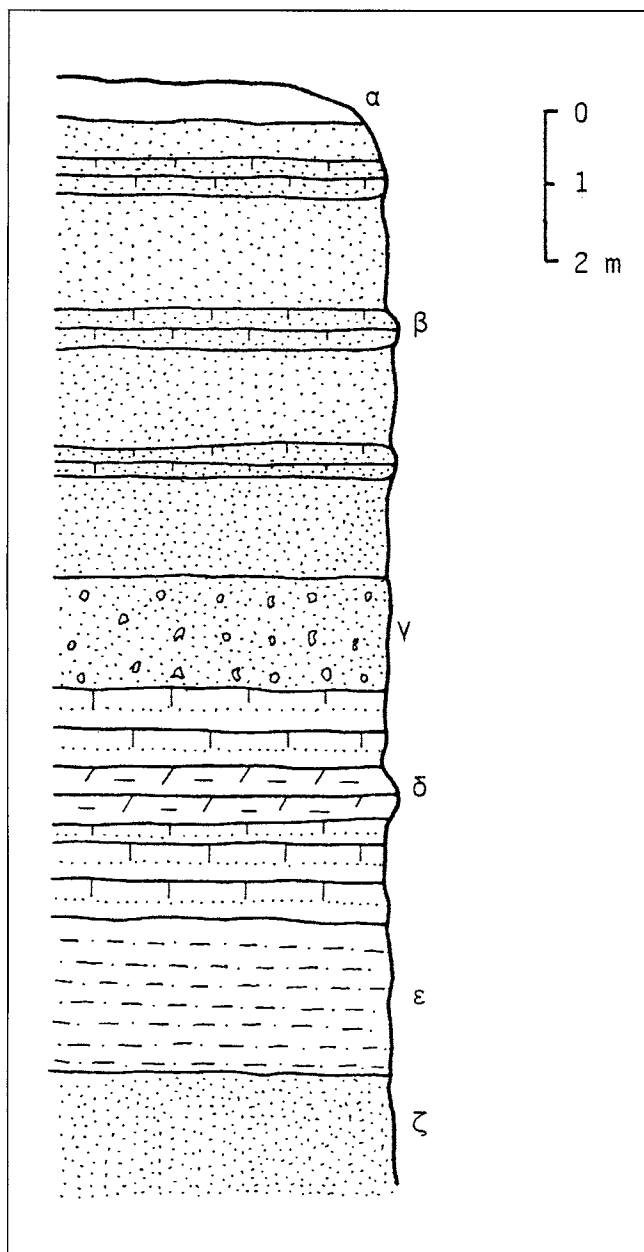
Σχήμα 4. Σχηματική τομή της απολιθωματοφόρας θέσης Πρόχωμα-1 (PXM), που βρίσκεται 1 km περίπου ΝΔ του χωριού Πρόχωμα. Διακρίνονται οι εναλλαγές άμμων και αργιλοαμμωδών υλικών του Σχηματισμού Βαθύλακκου. α. Έδαφος, β. Λευκόφαια χαλίκια και άμμοι, γ. Καστανοκίτρινη λεπτόκοκκη άμμος, δ. Λευκοκίτρινη μάργα με μικρό ποσοστό άμμου, ε. Λευκοκίτρινη αμμώδης μάργα με απολιθώματα θηλαστικών, ζ. Φαιοκίτρινη λεπτόκοκκη άμμος, η. Φαιοκίτρινη αμμούχος μάργα, θ. Καστανόφαια λεπτόκοκκη άμμος, ι. Λευκοκίτρινη αμμούχος μάργα.

Fig. 4. Schematic section of the fossiliferous site Prochoma-1, which located about 1 km SW of the village of Prochoma showing the alternations of sands and clayey sands of the Vathylakkos Fm. a. Soil, b. Whitish pebble gravels and sands (possibly of Pliocene age), c. Brownish-yellow sand (possibly of Pliocene age), d. Whitish-yellow sandy marl, e. Whitish-yellow sandy marl with mammal fossils, f. Greyish-yellow fine-grained sand, g. Greyish-yellow sandy marl, h. Brownish-grey fine-grained sand, i. Whitish-yellow sandy marl.



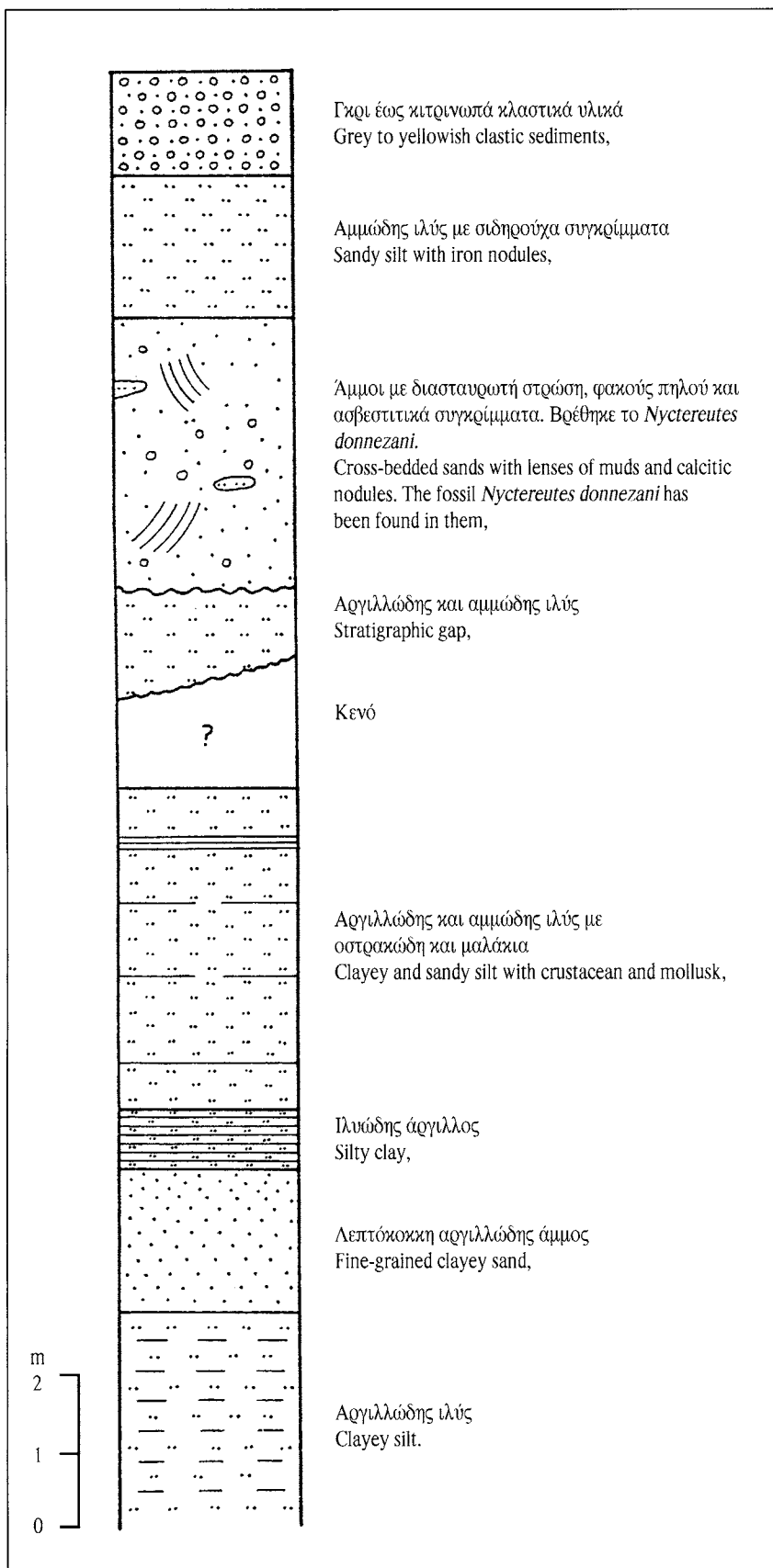
Σχήμα 5. Σχηματική τομή της θέσης VTK, 500 m δυτικά του χωριού Βαθύλακκος. α. Έδαφος, β. Λευκοκίτρινη αμμώδης μάργα με απολιθώματα θηλαστικών, γ. Λευκόφαιοι άμμοι και χαλίκια με λεπτές ενστρώσεις (0,2-0,3 m) ψαμμιτών, δ. Γκρι άμμοι και χαλίκια με διαστρωτή στρώση.

Fig. 5. Schematic section of the VTK-site, 500 m west of the village Vathylakkos, a. Soil, b. Whitish-yellow sandy marl with mammal fossils, c. Whitish sands and pebble gravels with thin interbeds (0.2-0.3 m) of sandstones, d. Grey sands and pebble gravels with cross-bedding.



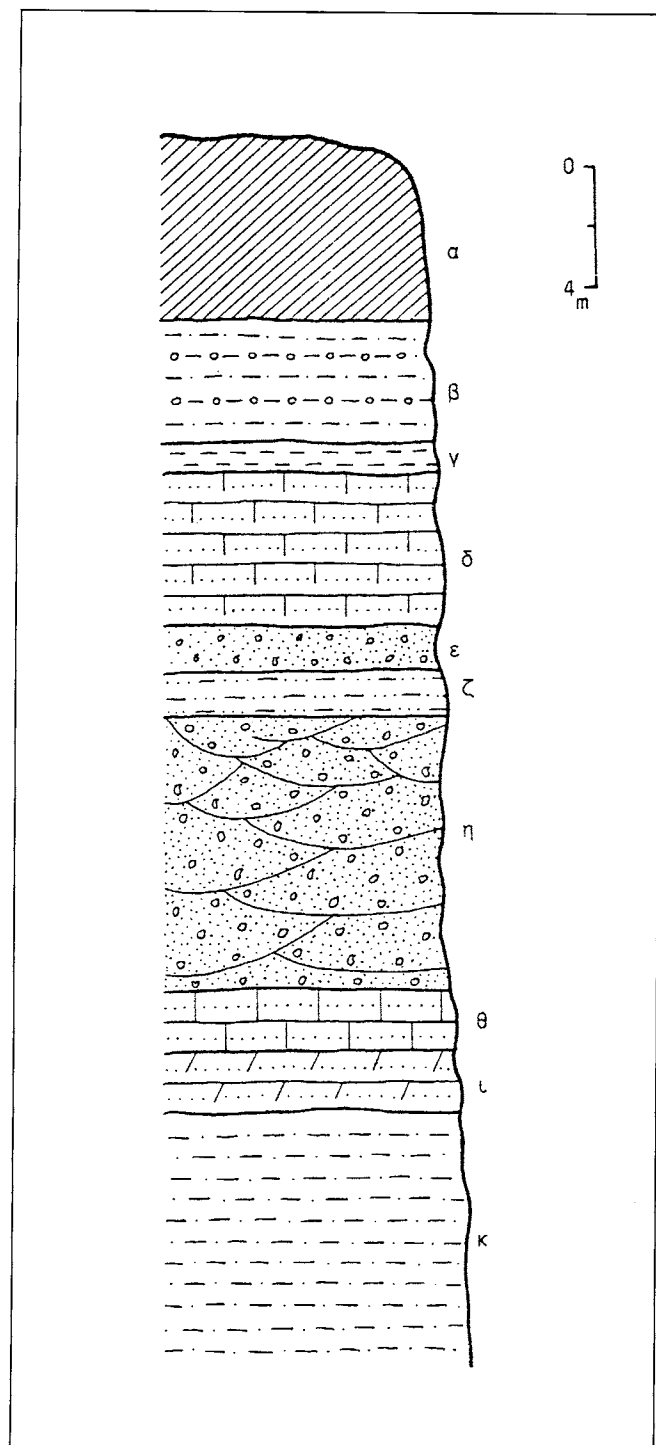
Σχήμα 6. Τομή που δείχνει τμήμα του Σχηματισμού Δυτικού στη νοτιοδυτική πλευρά του χωριού Δυτικό. α. Έδαφος, β. Κιτρινωπές άμμοι με ενστρώσεις σκληρών ασβεστικών ψαμιτιών, γ. Κροκάλες - χαλίκια συνδεδεμένα με ασβεστιτικό υλικό, δ. Λευκοκίτρινη αμμώδης μάργα με ενστρώσεις σκληρής ασβεστιτικής μάργας, ε. Υποκίτρινη αμμώδης μάργα με σκληρά ασβεστοψαμιτικά συγκρίσματα πλούσια σε απολιθώματα θηλαστικών, ζ. Κιτρινωπή, λεπτόκοκκη άμμος που στα ανώτερα τμήματά της φέρει απολιθώματα θηλαστικών.

Fig. 6. Schematic section showing a portion of the Dytiko Fm at the SW part of the village of Dytiko. a. Soil, b. Yellowish sands with interbeds of calcarenitic sandstones, c. cobble and pebble gravels supported by calcitic matrix, d. Whitish-yellow sandy marl with interbeds of hard calcitic marl, e. Yellowish sandy marls with hard calcitic-sandy nodules and mammals fossils.



Σχήμα 7. Τομή της θέσης Αλλατίνη, 2 km περίπου ανατολικά της Θεσ/νίκης (κατά Steffens et al., 1979)

Fig. 7. Schematic section of Allatini site, about 2 km east of the city of Thessaloniki (Steffens et al. 1979).



Σχήμα 8. 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. Λευκόφαια ασβεστοψαμμιτική μάργα, ι. Φαιοπράσινη αμμώδης μάργα, κ. Καστανέρυθη αμμώδης μάργα με ασβεστιτικά συγκρίσματα.

Fig. 8. Schematic section of the Pliocene deposits in the area of Megalo Emvolo, about 15 km south of the city of Thessaloniki. a. Reddish muds of Quaternary age, b. Brownish-grey sandy marl with pebble gravels, c. Grey marl, d. Greyish-green sandy marl, e. Pebble gravels and sands, f. Greyish-green silt and fine-grained sand, g. Whitish-grey sands and pebble gravels with cross-bedding and mammal fossils, h. Whitish-grey calcitic-sandy marl, i. Greyish-green sandy marl, j. Brownish-red marl with calcitic nodules.

4. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

4.1 Γενικά

Το φύλλο «Θεσσαλονίκη» περιλαμβάνει από γεωμορφολογική άποψη μια σειρά χαμηλών υψωμάτων και λόφων στο ανατολικό και βορειοανατολικό του τμήμα και τη λεκάνη του Αξιού ποταμού στο δυτικό του τμήμα. Η λεκάνη αυτή με διεύθυνση Β-Ν διασχίζει μια περιοχή χαμηλών λόφων και καταλήγει, στα νότια, στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης και στο Θερμαϊκό. Πιο ανατολικά από την κοιλάδα Αξιού βρίσκεται η μικρότερη κοιλάδα του Γαλλικού ποταμού, η οποία με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ διασχίζει παρόμοια μια λοφώδη περιοχή και καταλήγει στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης και στο Θερμαϊκό κόλπο. Τέλος, στο νοτιοανατολικό άκρο του φύλλου Θεσσαλονίκη περιέχεται ένα μικρό τμήμα της, σε διεύθυνση Α-Δ, λεκάνης-βυθίσματος του Ανθεμούντα.

Ειδικότερα όμως θα πρέπει να τονισθεί ότι οι γεωμορφολογικοί σχηματισμοί οι οποίοι εντοπίζονται σήμερα στην επιφάνεια πολλών περιοχών του φύλλου «Θεσσαλονίκη» εκφράζουν κατά κανόνα νεοτεκτονικές διεργασίες. Η μορφή, το σχήμα, η θέση, η έκταση και τα υλικά των σχηματισμών αυτών παρέχουν ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία για τη χρονολόγηση διαρρήξεων, κατακόρυφων κινήσεων, τιμών διάβρωσης και απόθεσης και τον εντοπισμό περιοχών έντονης τεκτονικής αστάθειας. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμη η εξέταση των γεωμορφολογικών σχηματισμών.

4.2 Επιφάνειες επιπέδωσης

Πρόκειται για σχεδόν επίπεδα ή με μικρή κλίση τμήματα της επιφάνειας της γης, τα οποία σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια της απογύμνωσης με ευνοϊκές κλιματικές και τεκτονικές συνθήκες. Οι επιφάνειες επιπέδωσης σχηματίστηκαν αρχικά με μικρό υψόμετρο (100-200m), είχαν σημαντική έκταση και χαρακτηρίζονταν ωριμότητας του αναγλύφου. Στη συνέχεια όμως τεμαχίστηκαν και τα τεμάχια τους είτε ανυψώθηκαν, στο χώρο των ορεινών όγκων (τεκτονικών κεράτων), είτε βυθίστηκαν, στο χώρο των ταφρολεκανών και καλύφθηκαν από νεότερες ιζηματογενείς αποθέσεις. Επομένως, η μελέτη των επιφανειών επιπέδωσης παρέχει σημαντικά στοιχεία για τη νεοτεκτονική δραστηριότητά της περιοχής.

Στο χώρο του φύλλου «Θεσσαλονίκη» έχει επισημανθεί η παρουσία πολλών τμημάτων μιας επιφάνειας επιπέδωσης σε υψόμετρο 400-600 m. Μεγάλη εξάπλωση έχει η επιφάνεια αυτή στους λόφους της Καμήλας, Ωραιόκαστρου, Φιλύρου- Ασβεστοχωρίου - Πανοράματος - Τσαϊριών Χορτιάτη - Πετροκερασιών.

Η επιφάνεια 400-600 m σχηματίστηκε κατά το Κάτω - Μέσο Μειόκαινο και η σημερινή θέση των τμημάτων της σ' αυτό το υψόμετρο, οφείλεται σε νεότερες ανυψωτικές κινήσεις.

4.3 Εξέλιξη των λεκανών

Ο τεμαχισμός της Μειοκαινικής επιφάνειας επιπέδωσης ήταν αποτέλεσμα της δράσης διαφόρων ρηγμάτων, τα οποία δημιούργησαν ένα μωσαϊκό μεγάλων τεμαχίων στο ώριμο - χαμηλό ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής.

Ορισμένα από τα τεμάχια αυτά ακολούθησαν μια πορεία θετικών κατακόρυφων κινήσεων και αποτέλεσαν τα τεκτονικά εξάρματα (κέρата) του Βεργίσκου και του Χορτιάτη, που βρίσκονται αμέσως δυτικά του φύλλου «Θεσσαλονίκη». Η συνολική ανύψωση των εξαρμάτων αυτών υπολο-

γίξεται με γεωμορφολογικά κριτήρια σε 300-400 m κατά το Νεογενές και το Τεταρτογενές.

Υπήρξαν όμως και τα τεμάχη τα οποία ακολούθησαν μια πορεία αρνητικών κατακόρυφων κινήσεων και απετέλεσαν τα τεκτονικά βυθίσματα, δηλαδή το δάπεδο των ταφρολεκανών και συγκεκριμένα της λεκάνης Αξιού - Θερμαϊκού και του Ανθεμούντα. Τα βυθισμένα αυτά τμήματα έχουν καλυφθεί από Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα, τα οποία επιτρέπουν τη χρονολόγηση της βύθισης των ταφρολεκανών και τον υπολογισμό των τιμών βύθισης και ιζηματογένεσης σ' αυτές.

Αν και κάθε μία από τις ταφρολεκάνες αυτές ακολούθησε ιδιαίτερη παλαιογεωγραφική εξελικτική πορεία κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές, τα γεωμορφολογικά, ιζηματολογικά και στρωματογραφικά τους στοιχεία επιτρέπουν τη διαπίστωση της δράσης δύο τεκτονικών σταδίων:

- (1) Το πρώτο τεκτονικό στάδιο χαρακτηρίζεται από τον αρχικό τεμαχισμό της επιφάνειας επιπέδωσης σε μεγάλα τεμάχη. Τα τεμάχη αυτά αρχίζουν να βυθίζονται κατά το Κάτω-Μέσο Μειόκαινο και να δέχονται τις ιζηματογενείς αποθέσεις του Μειοκαίνου, του Πλειοκαίνου και του Βιλλαφράγκιου. Οι αποθέσεις αυτές ήταν κατά κανόνα ηπειρωτικές, με περιορισμένες παρεμβολές υφάλμυρων ή θαλάσσιων ιζημάτων (Αξιού-Θερμαϊκού). Το συνολικό πάχος των ιζηματογενών αυτών αποθέσεων για τις ταφρολεκάνες Αξιού - Θερμαϊκού και Ανθεμούντα υπολογίζεται σε 3.000 m και 350 m αντίστοιχα. Η βύθιση του πυθμένα των ταφρολεκανών ήταν κατά 100-200 m μεγαλύτερη των τιμών του συνολικού πάχους των Νεογενών αποθέσεων σ' αυτές.
- (2) Το δεύτερο τεκτονικό στάδιο χαρακτηρίζεται από τη δημιουργία μικρότερων τάφρων. Το στάδιο αυτό αρχίζει προς το τέλος του Βιλλοφράγκιου, όπως προκύπτει από τον τεμαχισμό των Βιλλαφράγκιων ερυθροστρωμάτων της Προμυγδονιακής ομάδας και εξελίσσεται στο Τεταρτογενές, όπως προκύπτει από την πλήρωση των νέων μικρών τάφρων με Τεταρτογενείς αποθέσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. Τιμές βύθισης και ιζηματογένεσης στις Τεταρτογενείς τάφρους της περιοχής των φύλλων Λαγκαδά και Θεσσαλονίκη

TABLE I. Subsidence and sedimentation rates in the Quaternary grabens in the Thessaloniki and Langada neotectonic sheets.

Τάφροι	Μέσο υψόμετρο	Πάχος ιζημάτων	Μέγιστη βύθιση
Δελταϊκά πεδία Αξιού- Θερμαϊκού	2-5 m	400-600 m	700 m
Λιμνοτεναγών Σερρών (Κερκίνης- Αχινού)	20-40 m	400-600 m	700 m
Χορτιάτη	500 m	50-70 m	100 m
Βρωμολιμνών	360 m	50-100 m	120 m
Δουμπιών	300 m	50-80 m	100 m
Ζαγκλιβερίου	250 m	70-100 m	130 m
Μαραθούσας	180 m	30-70 m	80 m
Λαγκαδά	120 m	120-160 m	220 m
Βόλβης	60 m	140-180 m	250 m
Ανθεμούντα	50 m	150-200 m	230 m

Όπως προκύπτει από τον πίνακα I τόσο τα υψόμετρα των Τεταρτογενών τάφρων, όσο και η βύθιση αυτών ακολούθησε ιδιαίτερη κατά περίπτωση πορεία. Σε γενικές γραμμές όμως, μπορεί να λεχθεί ότι η βύθιση των τάφρων στο χώρο των δελταϊκών πεδίων Γαλλικού - Αξιού - Λουδία - Αλιάκμονα, ήταν 400-600 m κατά το Τεταρτογενές. Αντίθετα στις μικρότερες τάφρους (Ανθεμούντα, Λαγκαδά, Βόλβης, Βρωμολιμνών, Ζαγκλιβερίου, Μαραθούσας, Δουμπιών, Χορτιάτη, Σοχού) η βύθιση κυμάνθηκε μεταξύ 50 m και 160 m κατά το Τεταρτογενές.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία υπολογίζεται ότι:

- Το αθροιστικό σύνολο των κατακόρυφων τεκτονικών κινήσεων (ανυψώσεων και βυθίσεων) της περιοχής κατά το νεοτεκτονικό στάδιο ήταν 800 - 900 m για τις ταφρολεκάνες Προμυγδονιακή και Ανθεμούντα, ενώ για τη λεκάνη Αξιού-Θερμαϊκού πιθανόν έφθανε τα 3.500 m.
- Η ταχύτητα βύθισης και οι τιμές ιζηματογένεσης των τάφρων κατά το Τεταρτογενές υπολογίζονται σε 5×10^{-2} mm/y έως 6×10^{-1} mm/y. Οι αντίστοιχες τιμές κατά το Νεογενές υπολογίζονται σε 2.3×10^{-2} mm/y έως 2×10^{-1} mm/y. Εφόσον βέβαια θεωρηθεί αυτή σταθερή.
- Επομένως κατά το νεοτεκτονικό στάδιο τόσο η δράση των ρηγμάτων, όσο και η ένταση των κατακόρυφων κινήσεων των τεμαχών θεωρούνται πολύ μεγάλες για την περιοχή του φύλλου «Θεσσαλονίκη».

4.4. Κύρια μορφοτεκτονικά στοιχεία

Η ρηξιγενής τεκτονική και οι κατακόρυφες μετακινήσεις που έλαβαν χώρα μετά το σχηματισμό της Μειοκαινικής επιφάνειας επιπέδωσης (400-600 m) επέδρασαν αποφασιστικά στο μορφοαναγλυφο της περιοχής του φύλλου «Θεσσαλονίκη».

Τα ρήγματα που σχηματίστηκαν επηρέασαν ιδιαίτερα τη μορφολογία και υδρογραφία της περιοχής. Συγκεκριμένα προκάλεσαν:

1. Την κατά θέσεις απότομη μεταβολή της κλίσης των κλιτύων,
2. Την οριοθέτηση των ταφρολεκανών. Παράδειγμα η οριοθέτηση της λεκάνης Λαγκαδά από το ρήγμα Λητής - Λαγυνών στη δυτική πλευρά του βυθίσματος της Μυγδονίας. Επέδρασαν έτσι στο σχήμα και τη διεύθυνση των βυθισμάτων,
3. Τη δημιουργία τεκτονικών αναβαθμίδων στις πλευρές πολλών βυθισμάτων, όπως π.χ. σε τμήματα του ρήματος Λητής - Λαγυνών και στο ρήμα του Ανθεμούντα που ταυτίζεται με τεκτονική αναβαθμίδα,
4. Τη χαρακτηριστική μεταβολή στη μορφή των υδρογραφικών δικτύων, όπως η μονόπλευρη ανάπτυξη των κλάδων του δικτύου,
5. Το σχηματισμό κρεμασμένων κοιλάδων κυρίως στις περιπτώσεις που η δράση των ρηγμάτων συνοδεύεται από αναστροφή του αναγλύφου,
6. Την εμφάνιση φαινομένων σύλληψης και το σχηματισμό ξηρών κοιλάδων όπως π.χ. η ξηρή κοιλάδα στο χωριό Εξοχή.

4.5 Ολοκαινικά δελταϊκά πεδία

Ως ένα πολύ βασικό γεωμορφολογικό στοιχείο της περιοχής του φύλλου «Θεσσαλονίκη» θα πρέπει να θεωρηθούν τα δελταϊκά πεδία Ολοκαινικής ηλικίας, που εντοπίζονται στις βόρειες ακτές του κόλπου της Θεσσαλονίκης.

Από ιστορικά δεδομένα και γεωμορφολογικές παρατηρήσεις προκύπτει ότι η ανάπτυξη των Δέλτα των ποταμών Αξιού, Γαλλικού, Λουδία και Αλιάκμονα ήταν κυριολεκτικά εντυπωσιακή. Σε διάστημα 2.500 ετών οι προσχώσεις των ποταμών αυτών προκάλεσαν την επέκταση των ακτών περισσότερο από 15 km και άλλαξαν τελείως τη μορφολογία του ευρύτερου Θεραμαϊκού κόλπου.

5. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

5.1 Νεοτεκτονικό πλαίσιο

Όπως αναφέρθηκε η περιοχή του φύλλου «Θεσσαλονίκη» τοποθετείται στο χώρο των ζωνών Αξιού, Περιροδοπικής και Σερβομακεδονικής. Στο χώρο αυτό έχουν δημιουργηθεί κατά το νεοτεκτονικό στάδιο (Νεογενές - Τεταρτογενές) μεγάλα τεκτονικά βυθίσματα και λεκάνες (λεκάνη Αξιού, Ανθεμούντα, Μυγδονία).

Τα βυθίσματα αυτά πιστεύεται ότι δημιουργήθηκαν από τη δράση ενός έντονου και συνεχούς εφελκυστικού πεδίου από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα, που είχε ως αποτέλεσμα το σχηματισμό κατά κανόνα κανονικών ρηγμάτων με μικρή συνήθως συνιστώσα οριζόντιας μετατόπισης (διεύθυνσης ολίσθησης). Τα ρήγματα έχουν κύριες διευθύνσεις Α-Δ μέχρι ΑΒΑ-ΔΝΔ και ΒΔ-ΝΑ, ενώ παρατηρούνται και ορισμένα με διεύθυνση Β-Ν. Τα περισσότερα από τα ρήγματα αυτά λειτούργησαν τουλάχιστο από το Μειόκαινο, ενώ ορισμένα εξακολουθούν αποδεδειγμένα να βρίσκονται σε ενεργό κατάσταση μέχρι σήμερα προκαλώντας μεγάλους και μικρούς σεισμούς και για ορισμένα άλλα υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι λειτούργησαν στο Τεταρτογενές.

Παρ' όλο ότι το νεοτεκτονικό στάδιο δεν σχετίζεται με τη διαίρεση της Ελλάδος σε γεωλογικές ζώνες, εντούτοις θα πρέπει να σημειωθεί η ιδιαίτερη σεισμοτεκτονική συμπεριφορά της Σερβομακεδονικής μάζας, που είναι η περισσότερο ενεργή σεισμική ζώνη του Βορειοελλαδικού χώρου και των γύρω περιοχών.

Ο ρόλος της Σερβομακεδονικής έχει διερευνηθεί σημαντικά όπως προκύπτει από τις πολλές εργασίες που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια και έχει εξεταστεί η ιδιαίτερη τεκτονική συμπεριφορά της τόσο σε σχέση με τις συνεχείς παράλληλες Νεογενείς - Τεταρτογενείς τάφρους που έχουν σχηματιστεί στο χώρο της Σερβομακεδονικής κατά γενική διεύθυνση Α-Δ, όσο και σε σχέση με τα δύο όριά της, το ανατολικό με τη Ροδόπη που αποτελεί τη γνωστή «τεκτονική γραμμή Στρουμώνα» και το δυτικό όριο με την Περιροδοπική ζώνη που εκτείνεται από τα Ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα μέχρι τη Μυγδονία λεκάνη και το Βόρειο Αιγαίο. Τα δύο αυτά όρια της Σερβομακεδονικής αποτελούν ίσως τις κύριες γραμμές ευαισθησίας του φλοιού στην περιοχή και καθιστούν τη Σερβομακεδονική την πλέον ενεργή σεισμοτεκτονικά ζώνη.

5.2 Περιγραφή των Ενεργών και Πιθανών Ενεργών Ρηγμάτων

1) Ενεργό ρήγμα Ανθεμούντα

Στο φύλλο «Θεσσαλονίκη» περιλαμβάνεται ένα τμήμα του ρήγματος που οριοθετεί τη νότια πλευρά του βυθίσματος του Ανθεμούντα (Βασιλικών), που βρίσκεται νότια και νοτιοανατολικά τη πόλης της Θεσσαλονίκης.

Η γενική διεύθυνση του ρήγματος είναι Α-Δ ως ΔΒΔ-ΑΝΑ (περίπου N100°) και παρουσιάζει στην επιφάνεια κλίση 70° προς τα Βόρεια.

Πρόκειται για μια σημαντική ρηξιγενή γραμμή που εύκολα αναγνωρίζεται στις δορυφορικές (LANDSAT και SPOT) εικόνες και στις αεροφωτογραφίες, από τις τεκτονικές αναβαθμίδες (ιδιαίτερα στις θέσεις Μεγάλο Έμβολο, Αγία Τριάδα, Περαία), 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, για τη σεισμική ακολουθία των οποίων δεν διαθέτουμε ακόμη πλήρη στοιχεία.

Το ρήγμα προεκτείνεται επί πολλά χιλιόμετρα προς τα ανατολικά - νοτιοανατολικά στο γειτονικό φύλλο «Πολύγυρος, 1:100.000» 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°-120°) με κλίση προς Βορρά. Αν και δεν γνωρίζουμε με ακρίβεια την απόσταση αυτού από το ρήγμα Ανθεμούντα, εντούτοις είναι πιθανό να συνδέεται με τη ρηξιγενή γραμμή του Ανθεμούντα αν υποθέσουμε ότι είναι λιστρωτά.

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 δεν επισημάνθηκε προφανώς λόγω των χαλαρών δελταϊκών αποθέσεων των ποταμών.

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 200 m, ενώ για τη θαλάσσια περιοχή του κόλπου της Θεσσαλονίκης δεν μπορεί να προσδιοριστεί.

2) Ενεργό ρήγμα Ασβεστοχωρίου - Πολίχνης

Στα βόρεια προάστια της Θεσσαλονίκης κατά μήκος της κοιλάδας Ασβεστοχωρίου - Πεύκων βρίσκεται μια ρηξιγενής γραμμή διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ που προεκτείνεται προς τα ανατολικά στο φύλλο «Λαγκαδάς».

Το ρήγμα επηρεάζει κυρίως τους φυλλίτες και τους ανακρυσταλλωμένους ασβεστολίθους της ενότητας Σβούλας της Περιοδοπικής ζώνης και συνδέεται άμεσα με το σύγχρονο μορφοανάγλυφο της περιοχής, ενώ φαίνεται ότι συνεχίζει στις νέες (Πλειο-Τεταρτογενείς) αποθέσεις κατά μήκος των βόρειων προαστείων της Θεσσαλονίκης (Σταυρούπολη, Ηλιούπολη, Πολίχνη), καθώς και πιο δυτικά βόρεια του Ευόσμου και του Νέου Κορδελιού.

Το ορατό του μήκος στο φύλλο «Θεσσαλονίκη είναι περίπου 10 km, ενώ το συνολικό του μήκος συμπεριλαμβανομένου και του τμήματος στο φύλλο «Λαγκαδάς» φτάνει τα 15 km περίπου. Από τις υπαίθριες παρατηρήσεις διαπιστώνεται ότι πρόκειται για κανονικό ρήγμα με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ (περίπου N120°) και με πολύ μεγάλη γωνία κλίσης (περίπου 85°) προς τα ΒΑ.

Υπάρχουν πληροφορίες ότι το ρήγμα αυτό παρουσίασε επιφανειακά ίχνη διάρρηξης σαν αποτέλεσμα της δραστηριοποίησής του κατά το μεγάλο σεισμό της Θεσσαλονίκης του 1978 (Ms=6.5)

Συγκεκριμένα στην Πολιχνη και σε χαλαρές Τεταρτογενείς αποθέσεις δημιουργήθηκε μικρή ρωγμή ανοίγματος 1-2 cm και άλματος μέχρι 10 cm, αποτέλεσμα μιας αριστερόστροφης πλαγιοκανονικής κίνησης.

Τέλος, μια σειρά μικροσεισμών αναπτύσσονται κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης του ρήγματος και θα μπορούσαν - αν και όχι με βεβαιότητα - να συσχετισθούν μ' αυτό. Για όλους τους παρακάτω λόγους χαρακτηρίστηκε ως ενεργό ρήγμα.

3) Ενεργό ρήγμα Λητής - Λαγυνών και Πιθανό Ενεργό ρήγμα Μελισσοχωρίου

Και τα δύο ρήγματα μπορούν να θεωρηθούν ως τμήματα της μεγάλης σεισμικής ρηξιγενούς ζώνης, η οποία οριοθετεί στα νότια τη Μυγδόνια λεκάνη. Αυτή η σεισμικά ενεργή ρηξιγενής ζώνη αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα ρηγμάτων: α) Πιθανό Ενεργό ρήγμα Μελισσοχωρίου, β) Ενεργό ρήγμα Λητής-Λαγυνών-Αγ. Βασιλείου, γ) Σεισμικό ρήγμα Γερακαρούς-Νικομηδινού-Στίβου-Περιστερώνα, δ) Ενεργό ρήγμα Απολλωνίας.

Στο φύλλο «Θεσσαλονίκη» περιλαμβάνεται το τμήμα του ρήγματος από Λητή προς Λαγυνά με μήκος 5 km περίπου και διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (περίπου $N140^{\circ}-150^{\circ}$). Στη συνέχειά του προς τα βορειοδυτικά στο Μελισσοχώρι, το ρήγμα εμφανίζει μικρή απόκλιση στη διεύθυνσή του, η οποία γίνεται περίπου $N120^{\circ}$ και για το λόγο αυτό σημειώνεται στο χάρτη ως πιθανό ενεργό ρήγμα. Αν θεωρηθούν ότι αποτελούν μαζί ένα ρήγμα τότε το συνολικό μήκος στο φύλλο «Θεσσαλονίκη» φθάνει τα 12 km.

Το ρήγμα Λητής-Λαγυνών με γενική ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση έχει τυπικά χαρακτηριστικά κανονικού ρήγματος με μετάπτωση προς ΒΑ, αλλά σε ορισμένες θέσεις μετρήθηκαν ρηξιγενείς επιφάνειες με χαρακτηριστικές γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης με σημαντική αριστερόστροφη συνιστώσα οριζόντιας μετατόπισης (Σχ. 9).

$160^{\circ}-55^{\circ}$ ΑΒΑ, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 45° Β, κανονική-αριστερόστροφη κίνηση,

$150^{\circ}-70^{\circ}$ ΒΑ, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 20° ΒΒΔ, αριστερόστροφη-κανονική κίνηση,

$170^{\circ}-65^{\circ}$ ΑΒΑ, γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης 30° ΒΒΔ, αριστερόστροφη-κανονική κίνηση,

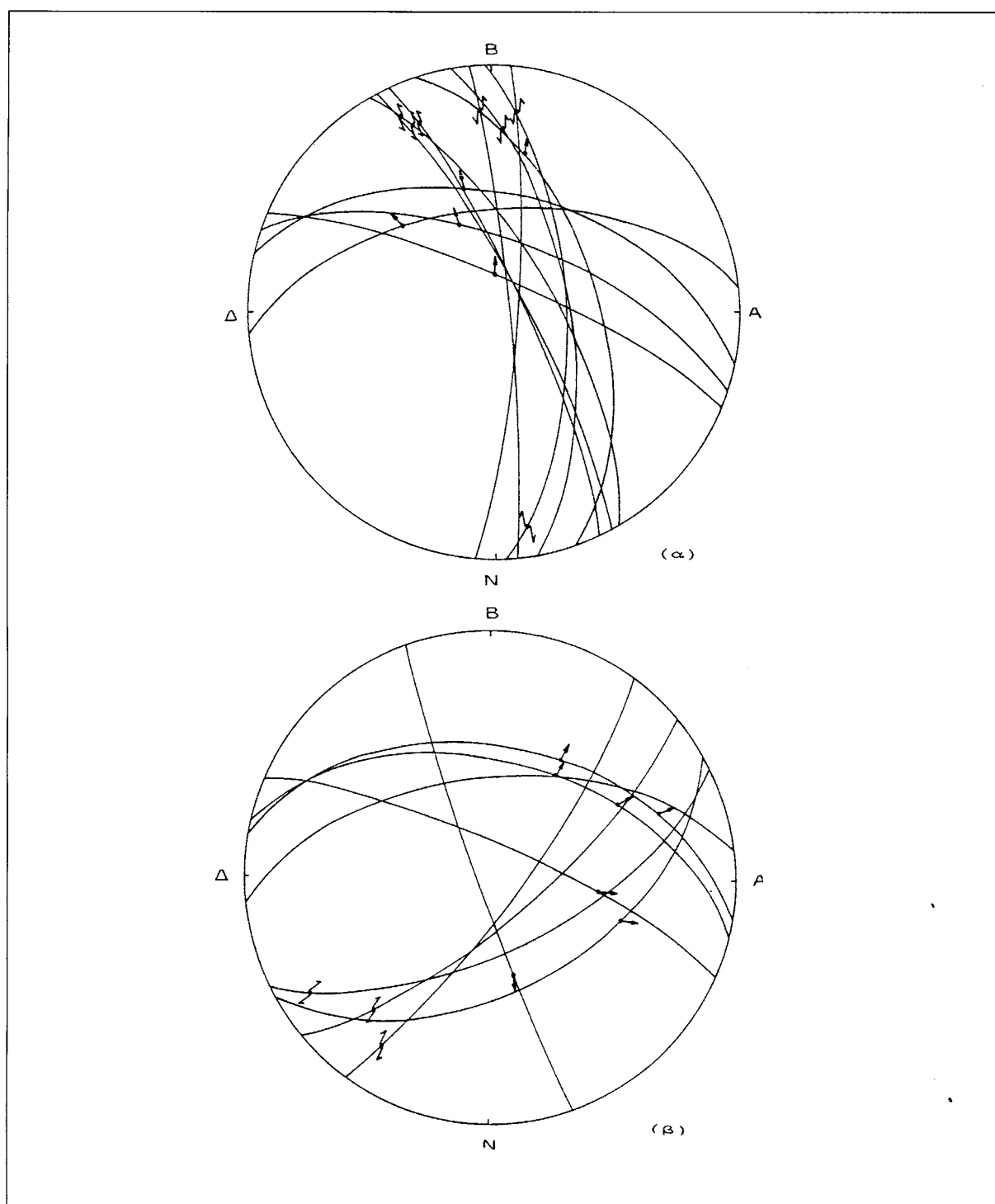
Δυτικά του χωριού Λητή εντοπίστηκαν μικρά κανονικά ρήγματα με διεύθυνση παράλληλη στο κύριο ρήγμα τα οποία επηρεάζουν τα Νεογενή ιζήματα (κροκαλοπαγή, άμμοι, άργιλλοι), που καλύπτουν το υπόβαθρο. Οι ρηξιγενείς αυτές δομές μεσοσκοπικής κλίμακας είναι ενδεικτικές για την πρόσφατη δράση του κύριου ρήγματος και οφείλονται πιθανά σε πρόσφατες επαναδραστικοποιήσεις του προϋπάρχοντος ρήγματος του υποβάθρου.

Το μορφολογικό ορατό άλμα του ρήγματος στη θέση Λητή υπολογίζεται στα 80m, το οποίο όμως συνεχώς μειώνεται προς τα ΒΔ μέχρι να μηδενιστεί βόρεια του χωριού Μελισσοχώρι.

Το ρήγμα χαρακτηρίζεται ενεργό βάση των πρόσφατων ρηξιγενών δομών που προαναφέρθηκαν και κυρίως γιατί αποτελεί τη συνέχεια του γνωστού σεισμικού τμήματος ρήγματος Γερακαρούς Στίβου-Νικομηδινού-Περιστερώνα.

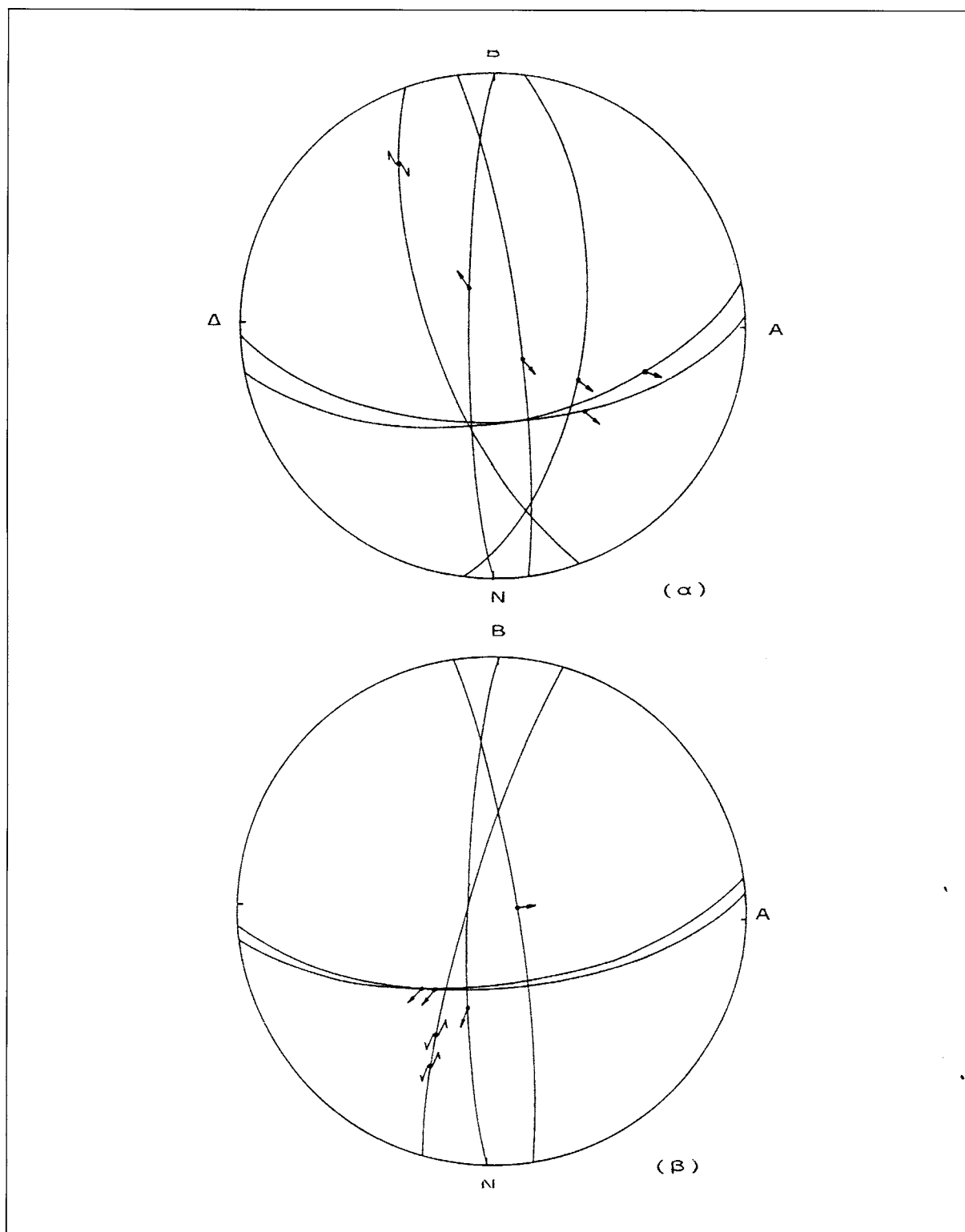
4) Πιθανά Ενεργά ρήγματα της περιοχής Δρυμού

Πρόκειται για δύο μικρές εμφανίσεις ρηγμάτων μήκους 1 km περίπου, που μπορούν να θεωρηθούν ότι αποτελούν τμήματα της προέκτασης του μεγάλου ρήγματος Λητής-Λαγυνών-Αγ. Βασιλείου (νότιο περιθωριακό ρήγμα της λεκάνης Λαγκαδά) και που αναγνωρίζονται πολύ εύκολα στο γενικότερο μορφοανάγλυφο της περιοχής αφού σχηματίζουν απότομα προνή.



Σχήμα 9. Κινηματική των ρηγμάτων της περιοχής Λιτής Ωραιοκάστρου- Μελισσοχωρίου. (Στερεογραφική προβολή επιφανειών σε δίκτυο Schmidt και γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης σαν βέλη) (α) Νεότερη φάση (β) Παλαιότερη τεκτονική φάση.

Fig. 9 Equal area, lower-hemisphere projection of the striated faults of the Liti-Oreokastro-Melissochori area showing the (a) recent (seismic) and (b) older movements.



Σχήμα 10. Κινηματική των ρηγμάτων της περιοχής Καμπάνη - Ν. Σάντας - Κολχικού - Καμήλας. (α) κινήσεις της νεότερης τεκτονικής φάσης (β) κινήσεις της παλαιότερης τεκτονικής φάσης.

Fig. 10. Kinematics of the faults exposed in the Kampani - Nea Santa - Kolchiko - Kamila area. (a) younger movements, (b) older movements.

Τα ρήγματα αυτά θεωρούνται ως Πιθανά Ενεργά ρήγματα, αν και δεν υπάρχουν ικανά στοιχεία υπαίθρου για να τεκμηριώσουν την άποψη αυτή, γιατί έχουν παρόμοια ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση, διαμορφώνουν το μορφοανάγλυφο και παρουσιάζουν παρόμοια γεωμετρία και κινηματική με αυτή των ενεργών ρηγμάτων. Στο σχ. 10 φαίνεται ότι η κινηματική των παρόμοιων σε προσανατολισμό ρηγμάτων που μετρήθηκαν στην ευρύτερη περιοχή (Λατομείο Δρυμού, Ν. Σάντα, Καμπάνης) συμφωνεί με αυτή την ενεργών ρηγμάτων.

5) Πιθανό Ενεργό ρήγμα Κριθιάς

Πρόκειται για το ρήγμα που βρίσκεται νοτιοδυτικά του χωριού Κριθέα και σε απόσταση 1.5 km περίπου από αυτό. Έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (περίπου $N130^{\circ}$ - 140°) με μετάπτωση προς τα ΒΑ, και συνολικό μήκος 2-3 km.

Το ρήγμα επηρεάζει τα πετρώματα του υποβάθρου και συγκεκριμένα τους ανακρουσταλλωμένους ασβεστολίθους Τριαδικής - Κάτω Ιουρασικής ηλικίας και την ηφαιστειο-ιζηματογενή σειρά της Περιοδοπικής ζώνης. Το ρήγμα τοποθετείται στην ανατολική πλευρά του υψώματος Καμήλα (Ντεβέ Κοράν), η οποία αποτελεί ένα τεκτονικό κέρασ, και στους ανατολικούς πρόποδες του υψώματος το ρήγμα της Κριθιάς επηρεάζει εντυπωσιακά τα Τεταρτογενή αδιαίρετα ασβεστολιθικά πλευρικά κορήματα του υψώματος σχηματίζοντας μια εμφανή τεκτονική αναβαθμίδα. Για το λόγο αυτό το ρήγμα χαρακτηρίστηκε πιθανό ενεργό.

6) Πιθανό Ενεργό ρήγμα Καμπάνη

Ανατολικά από το χωριό Καμπάνη περίπου 1 km, εντοπίστηκε ένα κανονικό ρήγμα διεύθυνσης Β-Ν (Σχ.10) με μετάπτωση προς τα Ανατολικά, και συνολικό μήκος περίπου 5 km.

Το ρήγμα αυτό στο νότιο τμήμα του επηρεάζει τους Τριαδικο-Ιουρασικούς ασβεστολίθους και τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση διαχωρίζοντας μάλιστα τους δύο σχηματισμούς, ενώ στο βόρειο τμήμα του φαίνεται να επηρεάζει τα Πλειστοκαινικά ιζήματα. Τα τελευταία αναφέρονται στην περιοχή αυτή ως Πλειστοκαινικά αδιαίρετα ιζήματα και έτσι δεν μπορεί να προσδιοριστεί χρονικά και με μεγαλύτερη ακρίβεια η τελευταία δράση του ρήματος. Η κατοπτρική επιφάνεια του ρήματος εμφανίζεται πάντως έντονα λειασμένη.

Για τους παραπάνω λόγους το ρήγμα χαρακτηρίστηκε ως πιθανό ενεργό.

5.3 Ρήγματα εντοπισμένα με γεωφυσικές μεθόδους

Τα ρήγματα αυτά εντοπίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν με γεωφυσικές μεθόδους χωρίς να διαπιστωθούν με την υπαίθρια έρευνα ούτε από την εξέταση των αεροφωτογραφιών και των δορυφορικών εικόνων. Αναφέρονται στην παράγραφο αυτή λόγω του μεγάλου μήκους τους που τα καθιστά μεγάλης σπουδαιότητας αν πρόκειται για νέα (ενεργά) ρήγματα.

Το πρώτο από τα ρήγματα της κατηγορίας αυτής είναι το ρήγμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης που επισημάνθηκε από τις γεωφυσικές έρευνες της Δημόσιας Επιχείρισης Πετρελαίου και αναφέρθηκε προηγουμένως ως πιθανώς ταυτιζόμενο με τη συνέχεια προς τη θάλασσα του ενεργού ρήματος του Ανθεμούντα (1). Έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ (περίπου $N110^{\circ}$ - 120°).

Ένα άλλο σημαντικό ρήγμα προσδιορισμένο από τη γεωφυσική διασκόπηση της Γαλλικής

Εταιρείας IFP είναι το ρήγμα που διέρχεται από τα χωριά Πέλλα - Κουφάλια - Καστανάς με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ (περίπου $N70^\circ$) και έχει συνολικό μήκος περίπου 20 km.

Με γεωφυσική διασκόπηση της ίδιας Εταιρείας IFP επισημάνθηκαν και τα δύο παράλληλα ρήγματα εκατέρωθεν της κοίτης του ποταμού Αξιού που έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Το δυτικό ρήγμα συνολικού μήκους 14 km περίπου, διέρχεται από τα χωριά Καμποχώρι - Εύρωπος - Άγιος Πέτρος - Άθυρα και δεν παρουσιάζει καμμία ένδειξη στην επιφάνεια, ενώ το ανατολικό ρήγμα συνολικού μήκους 11 km περίπου, διέρχεται από τα χωριά Άσπρος - Αξιοχώρι - Ακροπόταμος και σχεδόν ταυτίζεται με μια καλά σχηματισμένη ποτάμια αναβαθμίδα για την οποία όμως δεν υπάρχουν αποδείξεις ότι είναι αρχικής τεκτονικής προέλευσης. Τα δύο αυτά ρήγματα επιβεβαιώθηκαν και με τη γεωφυσική έρευνα του Ι.Γ.ΜΕ.

Δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι κάποιο από τα παραπάνω ρήγματα είναι Ενεργό, εκτός μόνο για το ρήγμα του κόλπου της Θεσσαλονίκης για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην περιγραφή του ρήγματος Ανθεμούντα.

6. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

6.1 Σεισμική δράση στην περιοχή κατά τον παρόντα αιώνα

Στο χάρτη του Σχ. 11 είναι σημειωμένα τα επίκεντρα όλων των σεισμών με $M_s=5.4$ που έγιναν κατά τον παρόντα αιώνα στην ευρύτερη περιοχή του βορειοελλαδικού χώρου. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, ότι η κύρια σεισμική δράση εντοπίζεται στην περιοχή της Μυγδονίας λεκάνης. Οι δύο μεγαλύτεροι σεισμοί της περιοχής κατά τον παρόντα αιώνα ήταν επιφανειακοί και έγιναν ο μεν πρώτος την 4η Απριλίου του 1904 στην περιοχή της Kresna (ΝΔ Βουλγαρία) και είχε μέγεθος $M_s=7.6$, ο δεύτερος στις 8 Νοεμβρίου του 1905 στην περιοχή Αγίου Όρους με μέγεθος $M_s=7.4$.

Η κύρια σεισμική δράση της Σερβομακεδονικής μάζας κατά τον παρόντα αιώνα μπορεί να διακριθεί σε τρεις διαφορετικές περιόδους. Η πρώτη περίοδος ξεκίνησε την 5η Ιουλίου του 1902 από την περιοχή Ασσήρου με ένα σεισμό μεγέθους $M_s=6.6$. Η δράση συνεχίστηκε προς βορρά τα 1903 και 1904 με τους σεισμούς που έγιναν στην περιοχή Kresna και είχαν μεγέθη μέχρι $M_s=7.6$. Η περίοδος αυτή ολοκληρώθηκε το 1905 με το σεισμό μεγέθους $M_s=7.4$ που έγινε στην περιοχή του Αγίου Όρους.

Η δεύτερη σεισμική περίοδος άρχισε στις 27 και 28 Μαρτίου του 1931 από την περιοχή Valandovo της Ν. Γιουγκοσλαβίας με δύο σεισμούς με μεγέθη $M_s=6.1$ και $M_s=6.6$ αντίστοιχα. Το 1932 και 1933 η δράση συνεχίστηκε προς τα ΝΔ στην περιοχή Ιερισσού και Βόλβης με σεισμούς με μεγέθη μέχρι $M_s=7.0$ με τους οποίους ολοκληρώθηκε και η δεύτερη περίοδος. Στις 20 Ιουνίου 1978 έγινε στη Μυγδονία λεκάνη ένας σεισμός με μέγεθος $M_s=6.5$. Ο σεισμός αυτός είναι ο πρώτος που έγινε στη Σερβομακεδονική μάζα μετά από 45 χρόνια με μέγεθος μεγαλύτερο από 6.0 και ίσως αποτελεί την αρχή μιας νέας σεισμικής περιόδου.

6.2 Σεισμική δράση στην περιοχή μετά το 1980

Από το 1981 οπότε άρχισε η λειτουργία του τηλεμετρικού σεισμολογικού δικτύου του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης εξασφαλίστηκε η ακριβής καταγραφή των σεισμικών δονήσεων που προέρχονται από την ευρύτερη περιοχή του Βορειοελλαδικού χώρου και έγινε δυνατός ο ακριβής προσδιορισμός των παραμέτρων των εστιών τους. Τα δεδομένα που παράγονται από το δίκτυο αυτό είναι συνεχή, ακριβή και έχουν πληρότητα για σεισμούς με μεγέθη $M_s>2.6$. Απο τη χρήση των δεδομένων αυτών προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα που αφορούν τη σεισμική συμπεριφορά της περιοχής. Έτσι, μια πρώτη διαπίστωση είναι ότι αν και υπάρχει έντονη σεισμική δράση στην περιοχή για δέκα χρόνια μετά το σεισμό της 20ής Ιουνίου του 1978, εντούτοις απουσιάζουν τελείως από την περιοχή σεισμοί μεγάλων σχετικά μεγεθών ($M_s\geq 5.5$). Η κατανομή των εστιακών βαθών των σεισμών που έγιναν στην περιοχή κατά το χρονικό διάστημα 1981-1985 έδειξε ότι οι σεισμοί της περιοχής είναι επιφανειακοί με βάθη που κατά κύριο λόγο κυμαίνονται μεταξύ 5 km και 15 km, ενώ το μέσο εστιακό βάθος είναι 9 km. Η γεωγραφική κατανομή των επικέντρων των σεισμών που έγιναν στην περιοχή από 1.1.1981 μέχρι 31.12.1986 έδειξε ότι η κύρια συγκέντρωση της σεισμικής δράσης της περιοχής εντοπίζεται στην περιοχή της Μυγδονίας λεκάνης, γύρω από την περιοχή του σεισμικού ρήγματος που έδωσε το μεγάλο σεισμό ($M_s=6.5$) της 20.6.1978, ενώ δευτερεύουσες, αλλά σημαντι-

κές συγκεντρώσεις επικέντρων παρατηρούνται στην περιοχή του κόλπου της Ιερισσού, στην είσοδο του κόλπου της Κασσάνδρας και στο βάθος του Θερμαϊκού Κόλπου. Η μελέτη της μικροσεισμικής ανέδειξε στην περιοχή ένα χώρο που εκτείνεται από τη Μυγδονία λεκάνη μέχρι τον κόλπο της Ιερισσού με υψηλή, σχετικά, σεισμικότητα. Ο χώρος αυτός απορροφά μεγάλα ποσά από τη σεισμική ενέργεια της περιοχής, ενέργεια, την οποία απελευθερώνει κατά χρονικά διαστήματα υπό μορφή μεγάλων σχετικά, σεισμών. Μπορούμε, δηλαδή, να θεωρήσουμε ότι ο χώρος αυτό αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή σεισμικού κινδύνου για την περιοχή.

6.3 Πεδίο των τάσεων στην περιοχή

Η σεισμική ακολουθία της 20ής Ιουνίου 1978 αποτέλεσε την κύρια αιτία για την εκπόνηση σύγχρονων μελετών που αφορούσαν το πεδίο των τάσεων στην ευρύτερη περιοχή της Μυγδονίας λεκάνης. Όλες αυτές οι μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι στην περιοχή επικρατούν εφελκυστικές τάσεις με B-N διεύθυνση κύριου άξονα εφελκυστικού T και σχεδόν μηδενική γωνία κλίσης. Από τις τάσεις αυτές ενεργοποιήθηκαν τα προϊπάρχοντα κανονικά ρήγματα (τα ρήγματα που σχημάτισαν τη Μυγδονία λεκάνη), τα οποία προκάλεσαν τους σεισμούς της ακολουθίας του 1978.

Σε παρόμοια συμπεράσματα όσο αφορά το πεδίο των τάσεων κατέληξε και η μελέτη των πλέον αξιόπιστων μηχανισμών γένεσης σεισμών που έγιναν στην ευρύτερη περιοχή της Σερβομακεδονικής μάζας κατά το χρονικό διάστημα 1981-1984 και καταγράφηκαν από το δίκτυο σειсмоγράφων του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Παρόμοια οι μηχανισμοί γένεσης των μικροσεισμών που έγιναν στην περιοχή της Μυγδονίας λεκάνης και καταγράφηκαν από πυκνό δίκτυο φορητών σειсмоγράφων που εγκαταστάθηκε στην περιοχή, προσδιόρισαν ένα κύριο εφελκυστικό πεδίο σε διεύθυνση BBA-NNΔ και γωνία κλίσης επίσης σχεδόν μηδενική.

6.4 Σεισμική δράση στην περιοχή του φύλλου «Θεσσαλονίκη».

Τα δεδομένα για τη σεισμική δράση στην περιοχή αυτή δεν είναι πάρα πολλά. Συνολικά υπάρχουν δεδομένα 152 μικροσεισμών από τους οποίους μόνο για τους 77 έχουμε υπολογισμένα μεγέθη. Η γεωγραφική κατανομή των επικέντρων όλων των σεισμών αυτών δίνεται στο επίθεμα του χάρτη.

Παρατηρούνται τρεις συγκεντρώσεις επικέντρων από τις οποίες η πρώτη βρίσκεται στην περιοχή γύρω από τη λίμνη Πικρολίμνη, η δεύτερη στην περιοχή της Νέας Σάντας και η τρίτη στην περιοχή Νέας Μεσημβρίας, ενώ παρατηρούνται και ορισμένα επίκεντρα σεισμών μικρών μεγεθών στην πόλη της Θεσσαλονίκης και γύρω απ' αυτήν.

Στο σχήμα (12) δίνεται το διάγραμμα συχνότητας των μεγεθών των 77 σεισμών της περιοχής για τους οποίους έχουν υπολογισθεί τα μεγέθη. Παρατηρούμε ότι στην περιοχή γίνονται σεισμοί με μικρά μεγέθη που κυμαίνονται από $M_s=1.5$ μέχρι $M_s=5.5$. Οι περισσότεροι σεισμοί της περιοχής έχουν μεγέθη μεταξύ $M_s=2.0$ και $M_s=3.5$.

Το διάγραμμα συχνότητας των εστιακών βαθών των σεισμών της περιοχής (Σχ.13) απέδειξε ότι οι σεισμοί στην περιοχή αυτή είναι όλοι επιφανειακοί με εστιακά βάθη που δεν υπερβαίνουν τα 23

km. Η κύρια συγκέντρωση των τιμών των εστιακών βαθών παρατηρείται μεταξύ 5 km και 15 km ενώ το μέσο εστιακό βάθος έχει τιμή 9 km.

Στη συνέχεια θα σχολιασθεί η κατανομή των επικέντρων στο χώρο του φύλλου «Θεσσαλονίκη» και ιδιαίτερα η συγκέντρωσή τους σε ορισμένες περιοχές και θα επιχειρηθεί η συσχέτισή τους με τα ρήγματα που παρατηρήθηκαν στο υπαίθρο ή διαπιστώθηκαν με τις αεροφωτογραφίες.

α. Περιοχή της Πόλης της Θεσσαλονίκης

Στα όρια του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης της Θεσσαλονίκης και στη βορειοδυτική περιοχή μέχρι το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου χαρτογραφήθηκαν ορισμένα ρήγματα κυρίως με ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση, και δευτερευόντως με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση.

Τα ρήγματα αυτά επηρεάζουν κατά κανόνα τα πετρώματα του υποβάθρου και για το λόγο αυτό δεν έχουν προκύψει στοιχεία για την ενεργό ή μη δράση τους.

Στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης συμπεριλαμβανομένου του βόρειου τμήματος του Θερμαϊκού Κόλπου και του ανατολικού τμήματος του βυθίσματος του Ανθεμούντα παρατηρείται μια συγκέντρωση μικροσεισμών τα μεγέθη των οποίων κυμαίνονται από 1.5 μέχρι 3, ενώ τα βάθη ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος 56 μικροσεισμικών δονήσεων φαίνονται στο σχήμα 14.

Τα εστιακά αυτά βάθη κυμαίνονται από 1 μέχρι 18 km και μπορούν να ομαδοποιηθούν στις πολύ επιφανειακές δονήσεις (0-5 km) που παρουσιάζουν μέγιστο συχνότητας στα 3-4 km και σε δεύτερη ομάδα με βάθη 6-15 km με μέγιστο στα 6-7 km.

Δεν έγινε δυνατόν να διευκρινισθεί με ποιο συγκεκριμένο ρήγμα συνδέονται οι παραπάνω μικροσεισμοί. Είναι πιθανόν να οφείλονται στο μεγάλο ενεργό ρήγμα του Ανθεμούντα (1) και την πιθανή προέκτασή του στη θάλασσα, είναι όμως πιθανόν να συνδέονται με τη δραστηριότητα ορισμένων μικρών ρημάτων που εντοπίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν μέσα στα όρια του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης της Θεσσαλονίκης και στη βορειότερη περιοχή μέχρι το ρήγμα Ασβεστοχωρίου - Πολίχνης (2).

Τα μικρά αυτά ρήγματα έχουν κυρίως ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση και σπανιότερα ΒΑ-ΝΔ. Επηρεάζουν κατά κανόνα το αλπικό υπόβαθρο της περιοχής και δεν υπάρχει καμμία άλλη ένδειξη για την ενεργό ή μη δράση τους, παρά μόνο ότι στον ευρύτερο χώρο τους κατανέμονται τα επίκεντρα των μικροσεισμών.

Επειδή τα στοιχεία δεν κρίθηκαν αρκετά τα ρήγματα αυτά της πόλης της Θεσσαλονίκης δεν χαρακτηρίστηκαν ενεργά.

β. Περιοχή του Δέλτα των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα

Η ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης, που έχει σχηματισθεί από το δέλτα των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα και Γαλλικού, καλύπτεται από Ολοκαινικά ιζήματα και έχει υποστεί έντονη ανθρώπινη επέμβαση.

Δεν υπάρχουν υπαίθριες γεωλογικές παρατηρήσεις στην περιοχή, ούτε ενδείξεις για ύπαρξη ρημάτων από αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, παρά μόνο μερικές πληροφορίες από γεωφυσικές διασκοπήσεις και γεωτρητικές εργασίες. Ενδεικτική για την ύπαρξη ρημάτων είναι

μια συγκέντρωση μικροσεισμικών δονήσεων στην περιοχή, τα επίκεντρα και βάθη των οποίων έχουν προσδιοριστεί με φορητούς σειсмоγράφους.

Η κατανομή των βαθών των σεισμών αυτών φαίνονται στο Σχ. 15, όπου παρατηρούνται πολύ επιφανειακοί μικροσεισμοί (0-4 km) και μια ομάδα «βαθύτερων» (10-20 km). Τα μεγέθη των μικροσεισμών αυτών κυμαίνονται από 2-4.

γ. Περιοχή Ωραιοκάστρου - Πενταλόφου - Μελισσοχωρίου

Στην περιοχή αυτή έχει καταγραφεί μια σειρά μικροδονήσεων με μεγέθη $M_s=2-3.5$. Σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα 17 τέτοιων μικροσεισμών που έχουν τα επίκεντρά τους στο χώρο των ρηγμάτων Νεοχωρούδας-Πενταλόφου, και δυτικά αυτών, στο πεδινό τμήμα τη Νέας Μεσημβρίας - Αγχιάλου, φαίνεται (Σχ. 16) ότι απουσιάζουν οι πολύ επιφανειακοί σεισμοί, αφού στο σύνολό τους παρουσιάζουν εστιακά βάθη 10 km περίπου, ενώ υπάρχουν και ορισμένοι βαθύτεροι (15 km). Έτσι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για να τεκμηριώσουν μια πιθανή σύνδεση των μικροσεισμών αυτών με τα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρήγματα που εντοπίστηκαν με την υπαίθρια έρευνα στα υψώματα της περιοχής Ωραιοκάστρου - Νεοχωρούδας - Πενταλόφου - Μελισσοχωρίου. Αντίθετα είναι πιθανόν ότι οι μικροσεισμοί αυτοί να συνδέονται, όπως και οι άλλοι μικροσεισμοί που θα αναφερθούν παρακάτω, με κάποια άλλη δομή ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης, η οποία όμως μας διαφεύγει.

δ. Περιοχή Νέας Σάντας - Πικρολίμνης - Νέας Μεσημβρίας

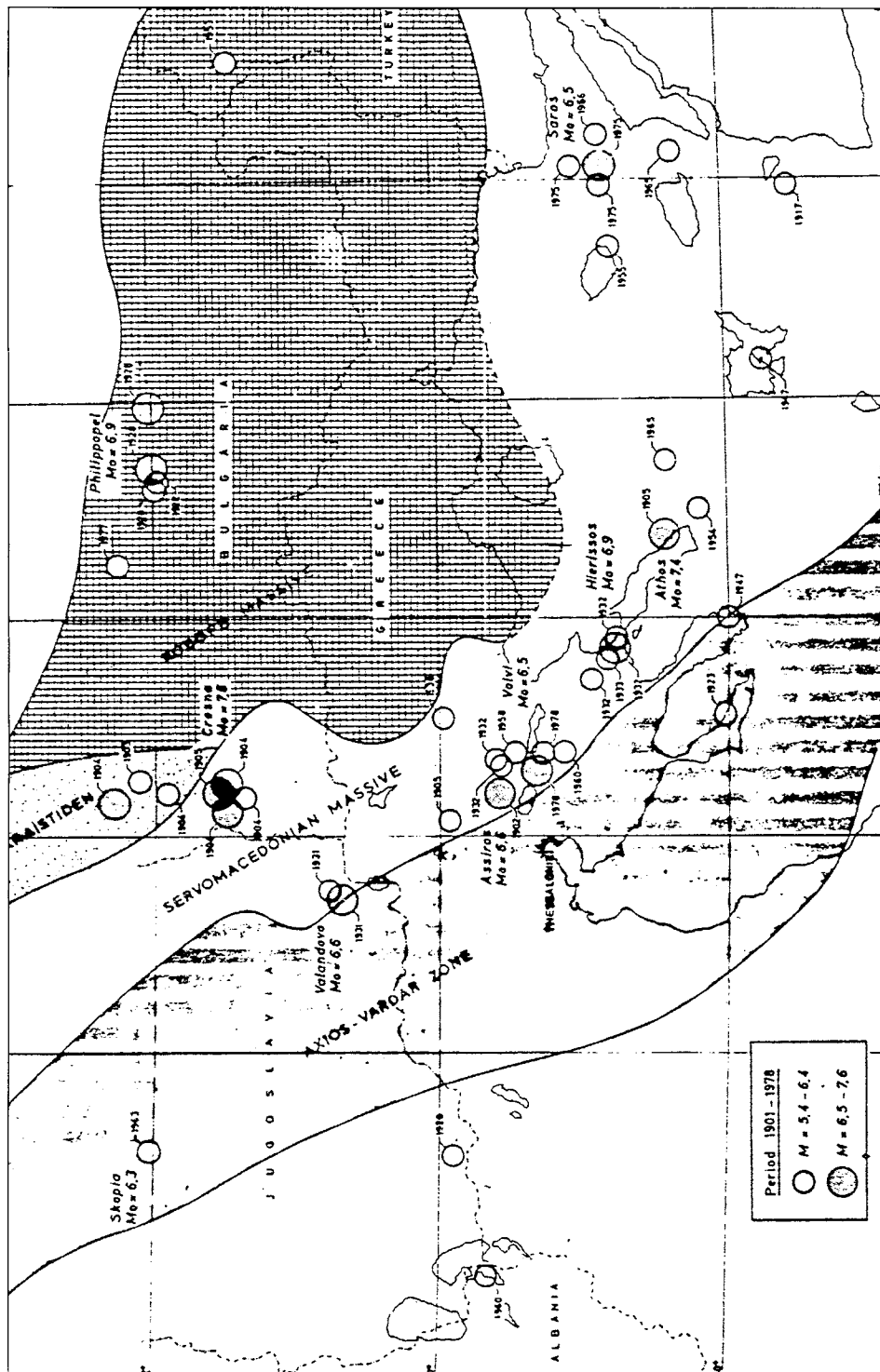
Ένα πλήθος μικροσεισμικών δονήσεων κατανέμεται σε μια ευρεία περιοχή γύρω από το νοητό άξονα γενικής διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ που καθορίζεται από τα χωριά Νέα Μεσημβρία - Νέα Φιλαδέλφεια - Πικρολίμνη - Νέα Σάντα - Κριθέα με προέκταση προς τα ανατολικά στο φύλλο «Λαγκαδάς».

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, οι τεκτονικές δομές που παρατηρήθηκαν στο ύπαιθρο στο χώρο αυτόν παρουσιάζουν ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση σε αντίθεση με την κατανομή των επίκεντρων των μικροσεισμών που συγκεντρώνονται σε μια νοητή ζώνη ΔΝΔ-ΑΒΑ διεύθυνσης. Για να διερευνηθεί με ποιώς διεύθυνσης ρήγματα συνδέονται οι μικροσεισμοί αυτοί σχεδιάστηκαν οι τομές ΑΑ' και ΒΒ' (Σχ 17 και 18) (βλέπε επίθεμα χάρτη για τη θέση των τομών) όπου χαρτογραφήθηκαν και τα εστιακά βάθη των μικροσεισμών. Στην τομή ΑΑ' που έγινε με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ παρουσιάζεται διασπορά των εστιών χωρίς κανένα σεισμοτεκτονικό συσχετισμό με κάποιο ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, φαίνεται κάποια πιθανή γεωμετρική τοποθέτηση των εστιών κατά μήκος παραλλήλων λιστρωτών ρηγμάτων ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης και κλίσης προς τα ΒΒΔ.

Μεγάλα όμως ρήγματα αυτής της διεύθυνσης και αυτής της γεωμετρίας δεν αναγνωρίστηκαν στη συγκεκριμένη περιοχή από την υπαίθρια έρευνα και από την εξέταση των αεροφωτογραφιών. Μόνο από τη μελέτη των δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5 band 7 επισημάνθηκε μια μεγάλη φωτογράμμιση διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ, η οποία μεταξύ των χωριών Νέα Φιλαδέλφεια και Νέα Σάντα ακολουθεί την κοίτη του Γαλλικού ποταμού και συνεχίζεται προς τα ανατολικά στην περιοχή Κριθιάς και στο φύλλο «Λαγκαδάς».

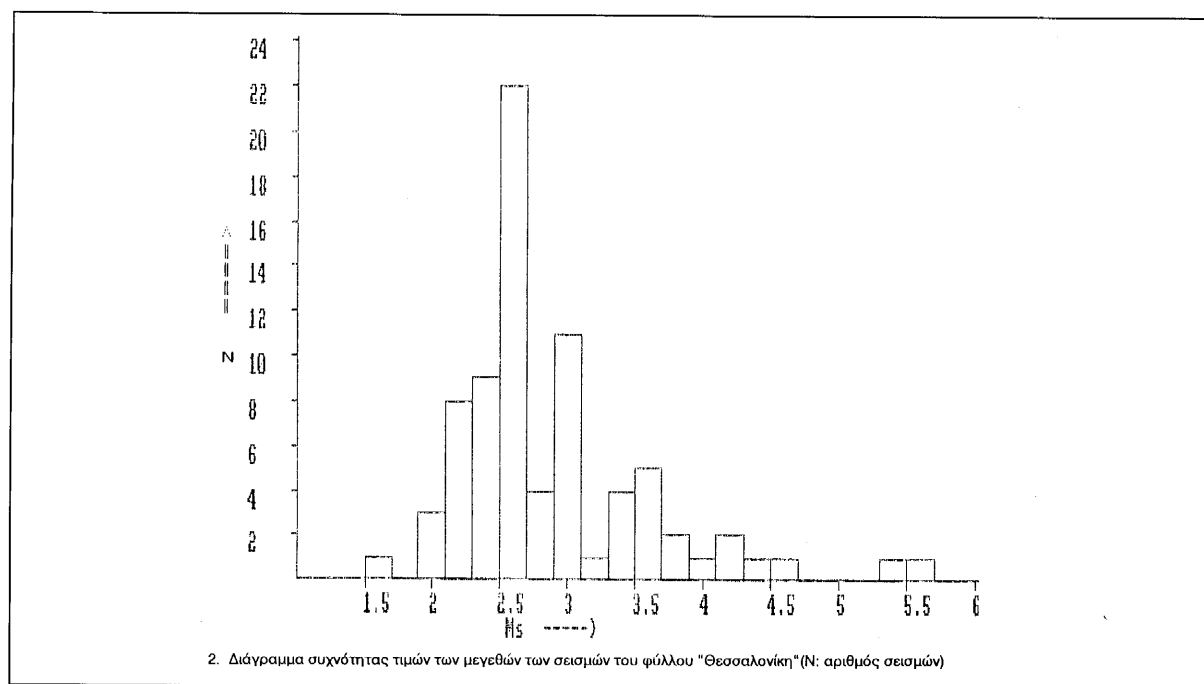
Η φωτογράμμιση αυτή είναι πιθανόν να αντιπροσωπεύει μια σημαντική ρηξιγενή ζώνη στην

περιοχή αυτή με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ στην οποία και να οφείλονται όλοι οι μικροσεισμοί που προαναφέρθηκαν. Τα στοιχεία όμως αυτά κατά τη γνώμη μας δεν επαρκούν για ικανοποιητικό σεισμοτεκτονικό συσχετισμό και τη χαρτογράφηση συγκεκριμένου ενεργού ρήγματος στην περιοχή.



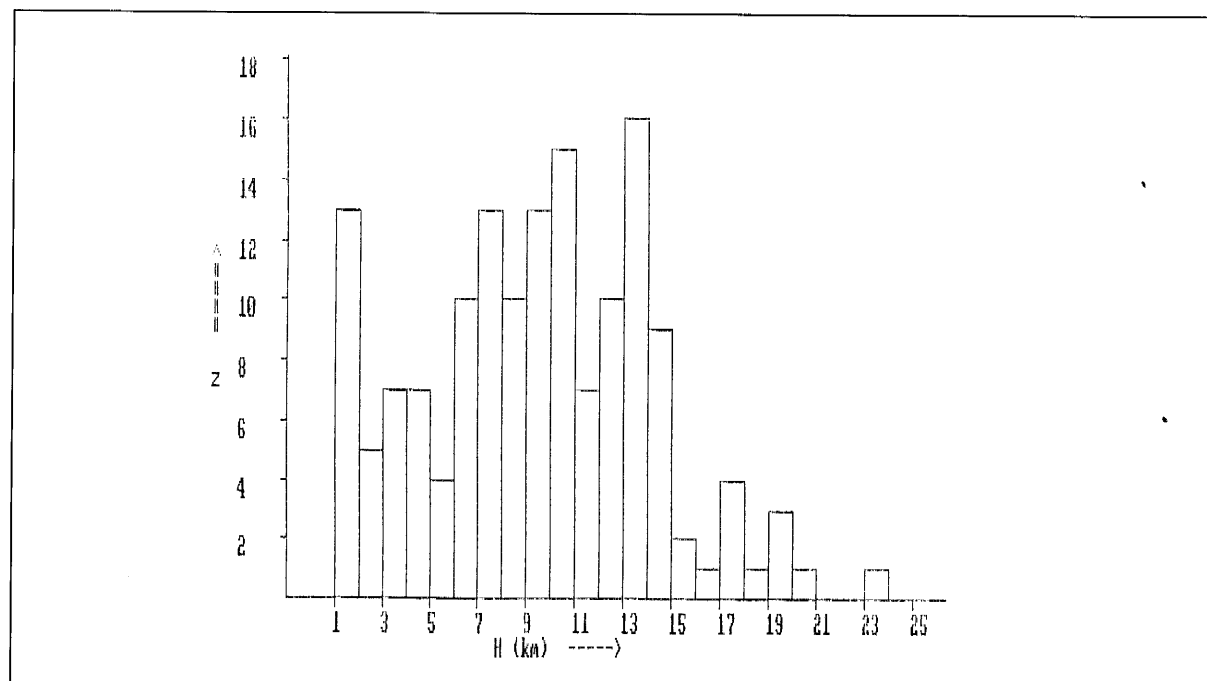
Σχήμα 11. Σεισμοί του βορειοελλαδικού χώρου και των γύρω περιοχών με $M_s \geq 5.4$ που έγιναν στο χρονικό διάστημα 1901-1978 (Papazachos et al 1979)

Fig. 11. Earthquakes with magnitude $M_s \geq 5.4$, which have struck the northern Greece and the surrounding areas during the 1901-1978 (Papazachos et al. 1979).



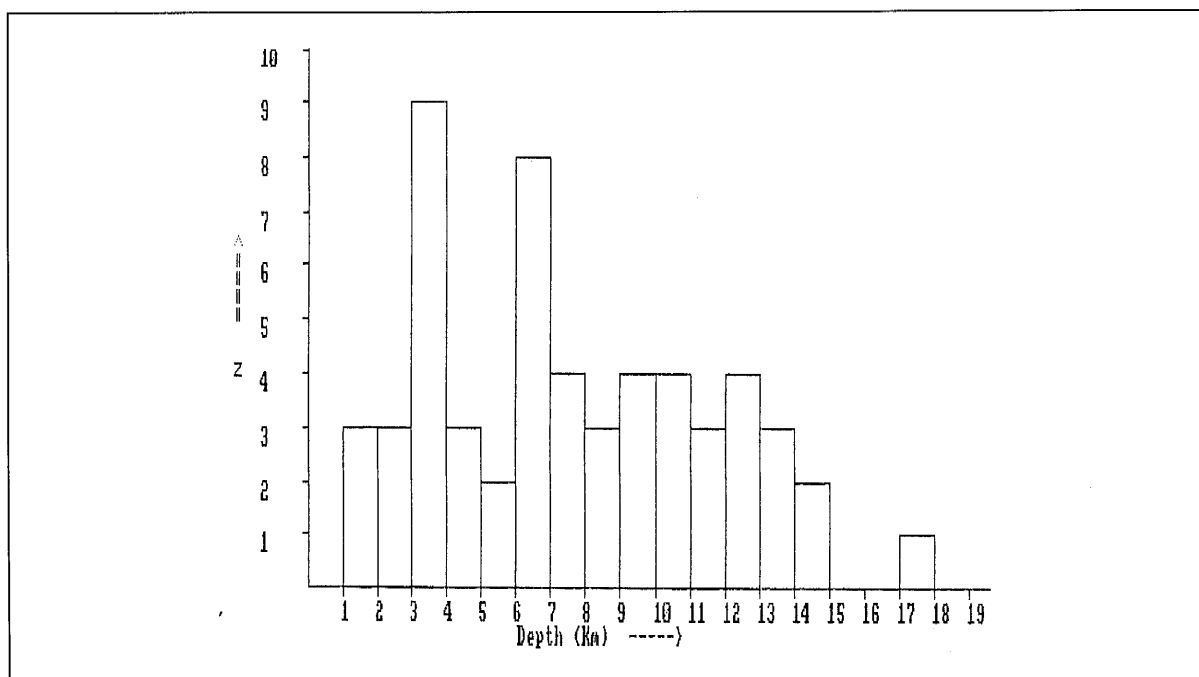
Σχήμα 12. Διάγραμμα συχνότητας τιμών των μεγεθών των σεισμών του φύλλου «Θεσσαλονίκη» (N: αριθμός σεισμών)

Fig. 12. Histogram of magnitude frequency of the earthquakes in the Thessaloniki neotectonic sheet. (N: number of earthquakes).



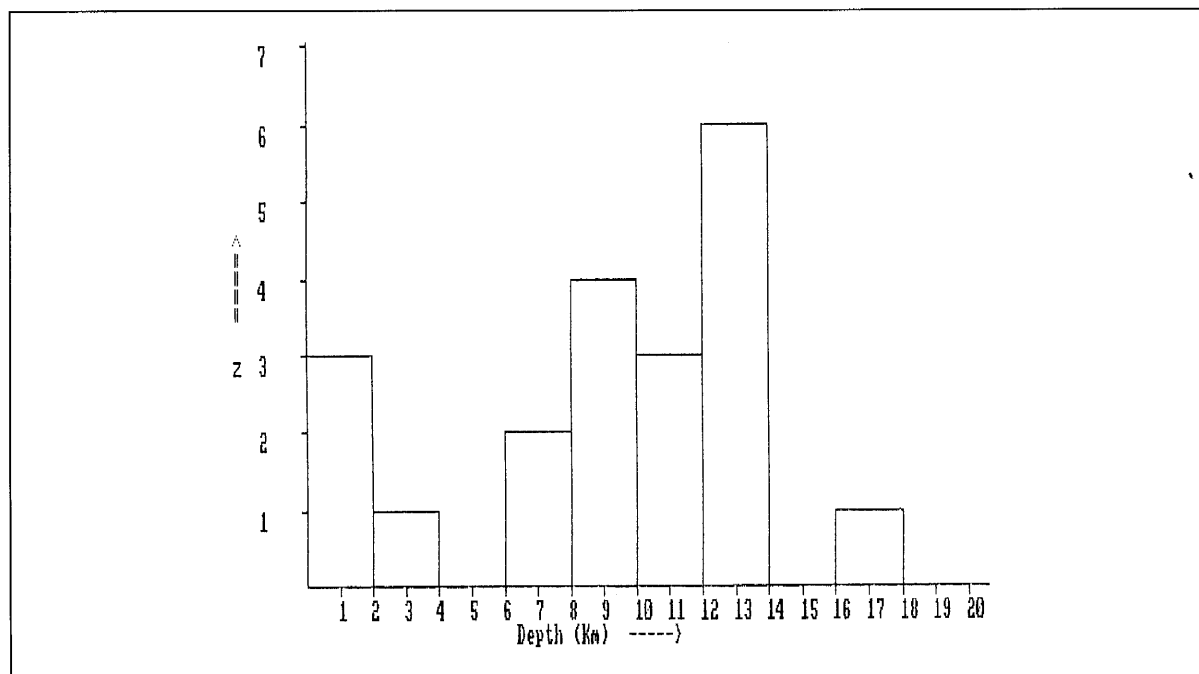
Σχήμα 13. Διάγραμμα συχνότητας τιμών των εστιακών βαθών του φύλλου «Θεσσαλονίκη»

Fig. 13. Histogram of focal depths of the earthquakes in the Thessaloniki neotectonic sheet.



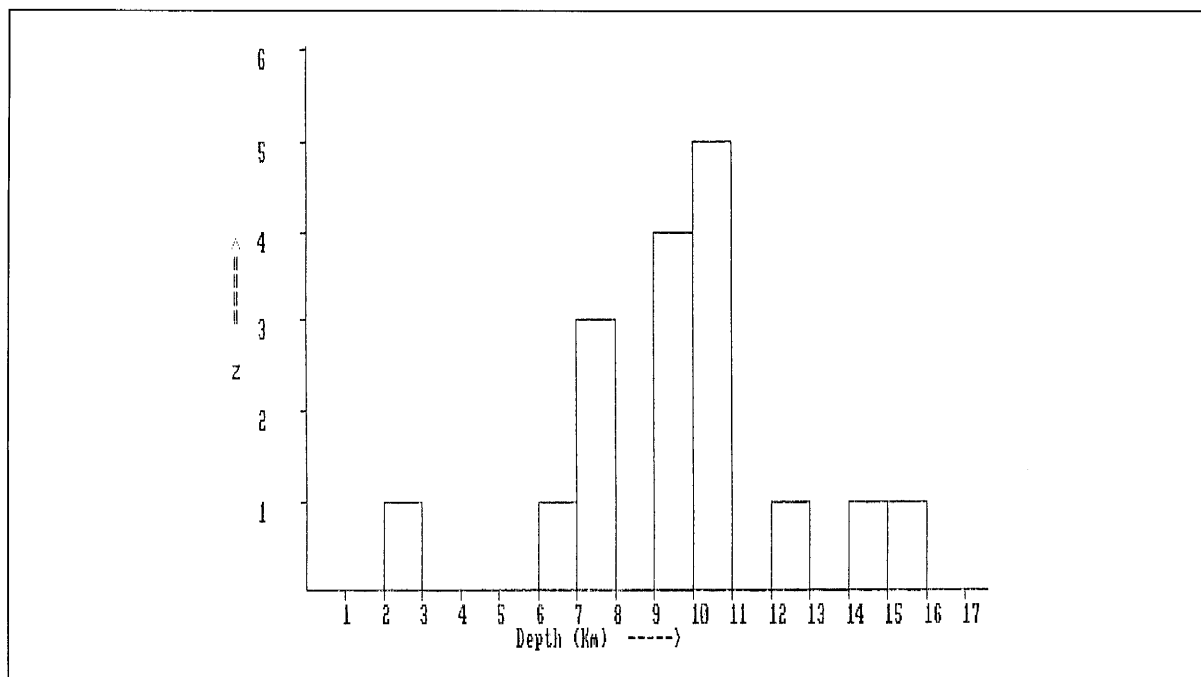
Σχήμα 14. Διάγραμμα συχνότητας μεγεθών των μικροσεισμών της ευρύτερης περιοχής της πόλης της Θεσσαλονίκης (συμπεριλαμβάνει και τμήμα του φύλλου «ΛΑΓΚΑΔΑ»)

Fig. 14. Histogram of the magnitude of the microearthquakes struck the wider area of the city of Thessaloniki (a portion of the Langadas neotectonic sheet is also included)



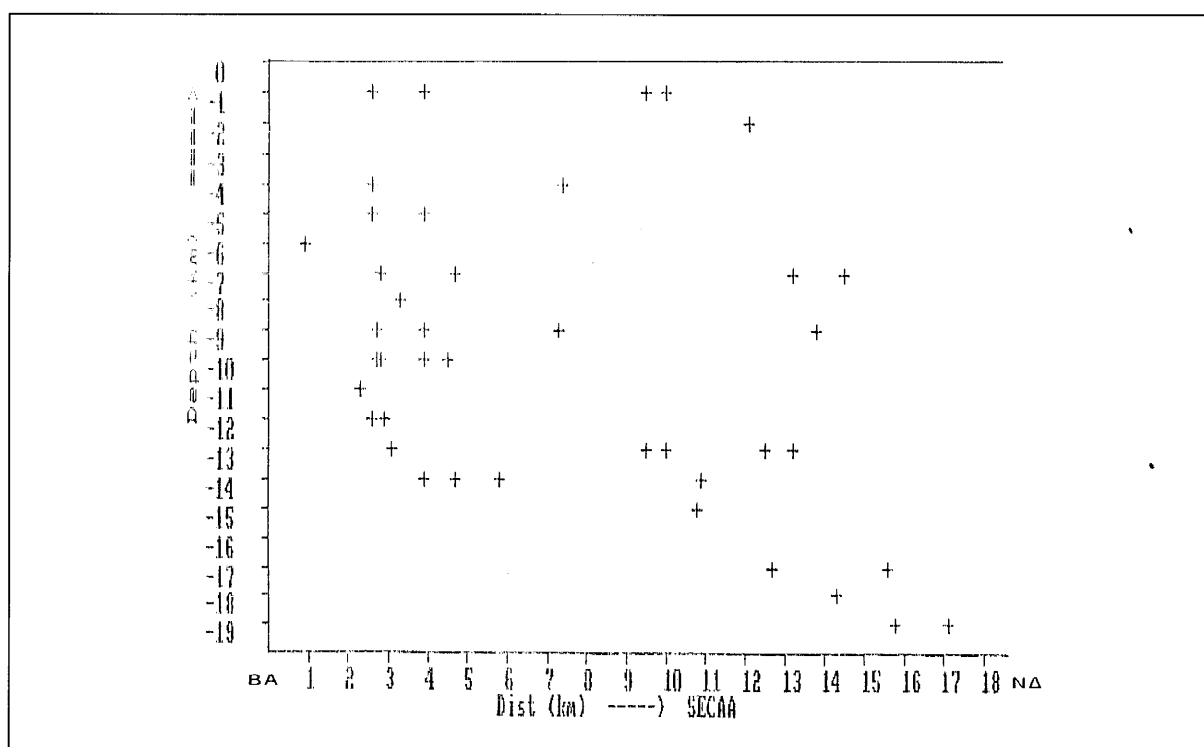
Σχήμα 15. Περιοχή δέλτα των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα.

Fig. 15. Focal depth distribution of the area of Axios and Aliakmonas.



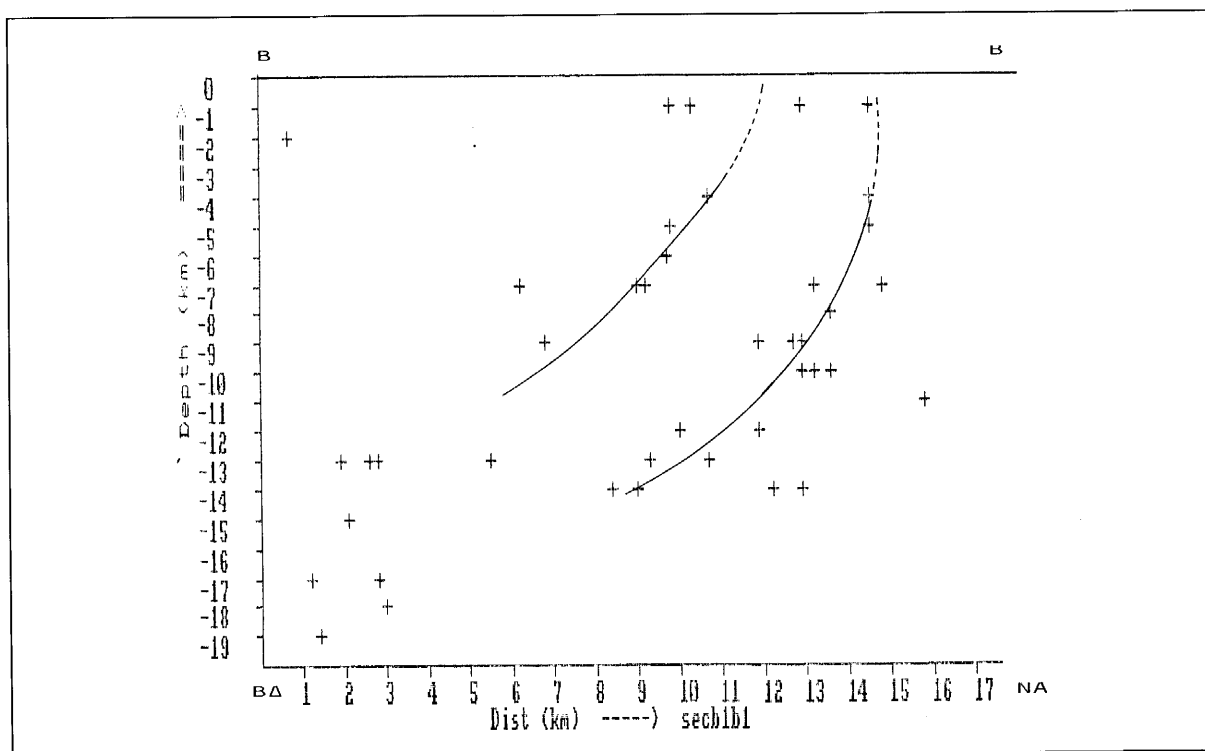
Σχήμα 16. Περιοχή Ωραιοκάστρου - Πενταλόφου - Μελισσοχωρίου - Αγχιάλου

Fig. 16. Focal depth distribution of the area of Oreokastro - Pentalofos - Anchialos.



Σχήμα 17. Σεισμική τομή ΑΑ'

Fig. 17. Seismic cross - section AA' with NE-SW - orientation.



Σχήμα 18. Σεισμική τομή BB' ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης.

Fig. 18. Seismic cross-section BB' with NW-SE orientation.

NEOTECTONIC MAP OF GREECE

SCALE 1:100.000

SHEET: THESSALONIKI

EXPLANATORY TEXT

CONTENTS

1. INTRODUCTION.....	53
2. GEOLOGICAL SETTING (PRE-ALPINE & ALPINE STRUCTURES).....	55
3. NEOGENE AND QUATERNARY STRATIGRAPHY.....	57
3.1 Neogene deposits	57
3.2 Quaternary deposits.....	58
3.2.1 Quaternary undivided deposits.....	58
3.2.2 Pleistocene deposits	58
3.2.3 Holocene deposits.....	59
4. GEOMORPHOLOGY	61
4.1 General	61
4.2 Planation surfaces	61
4.3 Development of basins	61
4.4 Principal morphotectonic elements	62
4.5 Holocene alluvial fields.....	62
5. NEOTECTONICS, SEISMOTECTONICS AND DESCRIPTION OF THE FAULTS	63
5.1 Neotectonic setting	63
5.2 Description of Active and Probable Active Faults.....	63
(1) Anthemountas Active Fault	63
(2) Asvestochori-Polichni Active fault.....	63
(3) Liti-Lagina Active fault and Melissochori Probable Active fault	64
(4) Probable Active faults in the Drymos area	64
(5) Krithia Probable Active fault	64
(6) Kampanis Probable Active fault	65
5.3. Faults detected by geophysical survey	65
6. SEISMICITY.....	67
6.1 Seismic activity in the wider area during this century.....	67
6.2 Seismic activity of the area after 1980.....	67
6.3 Recent crustal stress field of the area	67
6.4 Seismic activity of the Thessaloniki sheet.....	68
a. The wider Thessaloniki area	68
b. Area of the Axios and Aliakmonas deltas.....	68
c. Area of Oreokastro-Pentalofo Melissochori	69
d. Wider area of Nea - Santa, Pikrolimni-Nea Mesimvria.....	69

1. INTRODUCTION

The need for a better picture of the seismic hazard in the Thessaloniki area inspired the detection, mapping and description of the area's faults, which resulted in this neotectonic sheet. With this aim in mind the research group of the Department of Geology and Physical Geography of the Aristotle University of Thessaloniki has made a detailed fault study, dividing the faults according to the international standards into Seismic, Active, Probable Active and Inactive faults.

More precisely, according to international standards for faults, the following have been adopted for this area:

- (1) Seismic faults are those that have been definitely connected with particular earthquakes. In the case where this connection is not so unambiguous the fault is characterized simply as an Active fault and not as a Seismic fault.
- (2) Active faults are those that have been active since the late Pleistocene.
- (3) Probable Active faults are those that were active from late Pliocene to late Pleistocene.
- (4) Inactive faults are those that not presented any slip activation later than the early Pleistocene or those which show no any indication of a recent reactivation.

Apart from the above limitations due to the international standards the faults were also characterized using the following field tested criteria:

- (1) the existence of fresh and recent natural fault slickensides
- (2) the possible connection between the epicentres of the microearthquakes and the faults
- (3) linear development of several thermal springs along faults
- (4) the continuation of a fault with another active fault
- (5) specific geomorphological criteria related to faults such as triangular facets, recent tectonic terraces, fault(line)scarps, linear and/or hanging valleys, river captures and diversifications, areas with intense erosion etc.

It is important to mention that the major faults in the area have mostly aroused our interest because they are considered the most dangerous sources of probable future seismic activity.

Finally some covered faults within the large basins have been cautiously adopted and mapped from the already published geophysical survey.

2. GEOLOGICAL SETTING (PRE-ALPINE & ALPINE STRUCTURES)

The largest part of the present neotectonic sheet is mostly covered by Neogene and Quaternary sediments. Only the hilly and mountainous areas in the east and northeast are formed from Pre-Alpine rocks belonging to the Serbomacedonian massif and Alpine rocks belonging either to the Axios zone (Paionias subzone) or to the Circum Rhodope Belt (CRB).

The exposed rocks of the Axios zone are:

- (1) Triassic-early Jurassic limestones,
- (2) Triassic- Jurassic volcanosedimentary rocks,
- (3) late Jurassic limestones,
- (4) ophiolites and deep-sea sediments of Jurassic age and
- (5) late Jurassic-early Cretaceous metaclastic sediments.

The Circum Rhodope Belt (fig. 1), which is the most Internal Hellenic zone, consists of low grade metamorphic rocks of Mesozoic age, which are placed (fig. 2) in the (a) Deve Koran-Doumbia Unit, (b) Melissochori-Cholomontas Unit and (c) Aspri Vrissi-Chortiatis Unit. More precisely, the exposed rocks of the CRB are:

- (1) Permian - Triassic clastic, volcanoclastic and carbonate rocks slightly metamorphosed, (2) early-middle Jurassic flysch-type metasediments and (3) deep-sea metasediments of Jurassic age.

Both the exposed rocks of the Axios zone and Circum Rhodope Belt have been grouped for the requirements of the neotectonic map as follows: (1) deep-sea metasediments and metavolcanoclastic rocks, (2) phyllites and quartzites (metaflysch), (4) Mesozoic carbonate rocks, (5) ophiolites.

The exposed rocks of the Serbomacedonian massif are mostly two-mica schist and gneiss, biotitic gneiss, migmatitic gneiss that have more precisely been placed into the Vertiskos Unit. However, they are mapped in this sheet under a uniform map unit as metamorphic rocks.

The Pre-Alpine and Alpine rocks have been subjected to many tectonic events, the most significant of which was the Eocene-Oligocene one that caused the regional SW-verging thrusting of the rock units (fig. 3). As a result of this Tertiary tectonic event the Serbomacedonian massif overthrusts the Circum Rhodope Belt.

3. NEOGENE AND QUATERNARY STRATIGRAPHY

3.1 Neogene deposits

Over the Pre-Alpine and Alpine rocks that constitute the basement of the area, Neogene and Quaternary, mostly terrigenous, deposits have been rested unconformably. In particular the largest part of the sheet is covered by Neogene and Quaternary deposits filling up the Axios and Gallikos basins.

All these sediments have been grouped into map units according to their age and environment.

(1) **Ms-Pl, co-lg:** (late Miocene-Pliocene deposits). The late Miocene deposits have been grouped together with the Pliocene ones, because over most of the sheet these could not be clearly distinguished. The late Miocene-Pliocene deposits could be subdivided into the following terrigenous formations: (1) Mesimvria Fm, (2) Vathylakkos Fm, (3) Dytiko Fm and (4) Eginio-Gephira Fm as well as the lagoonal formation (5) Trilofos Fm.

Nea Mesimvria Fm: A fossiliferous formation of late Vallesian age (9-11Ma), which consists of consolidated red beds with abundant intercalations of sands and gravels. The common thickness of the latter is 2m. East of the Thessaloniki city, in the Thermi area, some red beds are overlain by clayey-marly sediments of Pontian age. The red beds are considered stratigraphically equivalent to Mesimvria fm.

Vathylakkos Fm: A fossiliferous formation of late Vallesian-early Turolian age (7-9Ma). It consists of yellowish marls in the base overlain by alternations of white-yellowish marls, sandy marls, sands and gravels sometimes with cross-bedding (figs. 4,5).

Dytiko Fm: the fm (fig. 6) occurs on the west bank of the Axios river and is also fossiliferous like the previous ones. Mammal fossils date it as late Turolian (5.5-7 Ma). It includes brackish-lacustrine deposits i.e. gravels, sands and clays with some intercalations of marly limestones at their base. Upward, they grade into alternations of sands, sandy marls, sandy muds and interbeds of clays and sandstones. The top of the fm consists of fresh-water massive limestone.

Eginio-Gephira Fm: this fm is locally exposed in the SSW part of the sheet. It consists of brackish-lacustrine sediments such as gravels, clays and sands with interbeds of marly limestones at their base. Upward, they grade into frequent alternations of sands, sandy marls, sandy muds and interbeds of clays and sandstones. The fm has been dated to late Miocene-early Pliocene from some fossils collected in the Katerini area.

Trilofos Fm: well bedded brackish-lacustrine fossiliferous fm of late Miocene (Turolian) age, consisting of sands, clays, sandstones and biogenic limestones. The upper part of the fm is of Pliocene age and consists of terrestrial sediments (figs. 7, 8). However, more recent data have shown this part to be a separate formation named Nea Gonia Fm and being of Ruscinian age (early Pliocene).

Angelochori Fm (or equivalent Nea Gonia Fm): it includes some Pliocene terrestrial sediments in the area of the village Gephira and Megalo Emvolo.

3.2 Quaternary deposits

3.2.1 Quaternary undivided deposits

They mainly comprise:

(1) **Pt-H, sc:** Scree deposits. These are fragments (pebbles and cobbles) mainly of limestones cemented with a red coloured calcite matrix.

(2) **Pt-H, cs:** fan deposits in the stream mouths. They include diverse, usually loose materials that have been derived from the basement rocks.

3.2.2. Pleistocene deposits

(1) **Pt, co:** The Pleistocene undivided deposits of the sheet including in general brown-red sediments (gravels, sands, red clays etc.), which could not be temporally subdivided due to the absence of fossils. However, they might be differentiated into three terrace systems.

(i) **Lower terrace system:** This mainly consists of pebble gravels, frequently covered by clayey sediments. Its top is estimated 6-8 m above the river bed.

(ii) **Middle terrace system:** This includes pebble and cobble gravels. Its top is estimated 10-15 m above the river bed.

(iii) **Upper terrace system:** This comprises reddish sandy clays, sands, pebble and cobble gravels or unsorted pebbly sands and gravels with pebbles of the basement rocks. Its top is estimated 40-50 m above the river bed.

Around the Pikrolimni lake there are some lacustrine Pleistocene deposits that consist of red clays including some banks of calcitic concentrations.

(2) **Pti, co:** (early Pleistocene deposits). It concerns some small exposures in the easternmost part of the sheet where there is the NWmost part of the Mygdonian basin (the Mygdonian basin is very well exposed in the next Langadas sheet of scale 1:100.000 and it is filled up with sediments divided into the Pre-Mygdonian and Mygdonian Groups) that constitute the terminal parts of the Pre-Mygdonian Group.

These early Pleistocene sediments are more extensive in the southern parts of the Mygdonian basin and consist of thick terrestrial red beds forming the Gerakarou Fm. The fm is more than 100 m thick and includes greyish red coloured pebbly clays and sands as well as matrix-supported gravels. The pebbles and cobbles are mostly derived either from granitoids or gneisses and micaschists, but predominantly from the latter.

The matrix is cohesive and assembles grains of quartz mostly, but also of feldspars and micas. Cross and gradual bedding are also frequently observed. Their erosion is characterized by the extensive formation of rills and gullies and eventually narrow valleys. The uppermost part of the red beds grades either gradually into the sediments of the Mygdonian Group or is covered transgressively by the basal sediments of the latter.

(3) **Ptm-s, lk:** (middle-late Pleistocene deposits). It concerns some also small exposures in easternmost part of the sheet where there is the NWmost part of the Mygdonian basin). They are

lacustrine deposits that constitute a portion of sandy-clayey sediments that for the most part rest unconformably over the Gerakarou Fm.

They are composed of:

- (a) unsorted cobble gravels of thickness 0.5-2 m that consist of cobbles and boulders within a coarse grained sand matrix,
- (b) well-bedded sands of thickness 0.3-1m with characteristic gradual bedding,
- (c) greyish green laminated clays 1-3 m.
- (d) in the topmost parts a bed of fine-grained sand about 1m thickness.

The upper portion of the Mygdonian Group was formed during the decrease of lake Mygdonia and consists of (a) clayey beds at the base which grade into (b) intercalated beds of clays and sands. Upwards they grade into gradual bedded sands, coastal gravels and sands as well as chemical sediments. Up till now no fossils have been found to indicate the exact age of the group and consequently their subdivision. In general the onset of the Mygdonian Group is estimated at the end of the early Pleistocene, while the chemical sediments and the fine-grained sands are considered to have been deposited during the Holocene.

3.2.3 Holocene deposits

Holocene deposits cover a large part of the sheet, particularly the southern part with the deltaic fields, and consist of various lithologic types, which can be divided into the following:

- (1) **H:** Holocene undivided deposits. These comprise pebble gravels, sands, red clays and coastal deposits.
- (2) **H, lk:** Lake deposits which mainly crop out in the Pikrolimni and Giannitsa area. In the Pikrolimni area they are sandy silts and clays as well as brown coloured sands. In the Giannitsa area they are fine-grained sands, silts, clayey sands of light brown colour, which bear abundant recent mollusk shells.
- (3) **H, lg:** Swamp deposits. These are mainly clays, muds, silty sands and clayey sands with a grey or black colour due to the presence of the organic material derived from swamp type plants.
- (4) **H, ma-co-lg:** Alternations of marine, lagoonal and terrestrial deposits. They mainly result from episodes of the Axios and Aliakmonas rivers, but their most internal parts consist of marine sediments (sands, muds and clays) bearing recent mollusk shells or intercalations of marine and continental sediments such as clays, fine-grained sands, sandy muds and sandy clays.
- (5) **H, el:** Elluvial deposits. Erosional products of Mesozoic and pre-Alpine rocks.
- (6) **H, sq:** Deltaic deposits. These are mainly fine-grained sands, muds and clayey muds.
- (7) **H, co:** Valley deposits. Mainly silts, clays, pebble sands and pebble gravels. In places with a clay cover.
- (8) **H, al:** Alluvial deposits. These are mainly gravels, pebbly sands, sands and sandy clays deposited along the rivers.

4. GEOMORPHOLOGY

4.1 General

The main geomorphological feature of the Thessaloniki sheet is the N-S trending Axios basin. This longitudinal basin together with the smaller NNE-SSW trending basin of the River Gallikos to the east covers, almost the western half of the sheet and drifts southwards into the Thermaikos gulf. In the east and northeast part of the sheet severe hill and mountainous inliers occur with a NNW-SSE trend. Finally at the southeast edge of the sheet a small part of the E-W trending Anthemountas graben is developed.

A general implication is that the most of the geomorphological elements exposed on this sheet mainly reflect neotectonic procedures, so that they are valuable tools for estimating and constrain areas of relatively intense neotectonic activity.

4.2 Planation surfaces

These are large, almost horizontal or of very low inclination areas of land formed during denudation aided by suitable climatic and tectonic factors. They were initially formed at low altitude (100-200 m), covered large areas and show mature geomorphological characteristics. Later they were broken into several smaller parts that either subsided or uplifted, forming respectively either the present basins or horsts of the area.

One such important planation surface is observed at 400-600m altitude in the area of the Thessaloniki sheet as defined by its remnant parts in the Kamila, Oreokastro, Filliro, Asvestochori, Panorama, Chortiatis and Petrokerasia hills. This planation surface was formed during the early-middle Miocene and its presence now at this altitude is ascribed to later uplifting processes.

4.3. Development of basins

The breakage of the initially uniform Miocene planation surface was the result of the later faulting. This faulting produced a fracture pattern of large fault-bounded blocks presented within the generally mature and of very low elevation morphology of the area.

As mentioned above, some of the fault-bounded blocks were estimated using geomorphological criteria) to have been uplifted about 300-400 m during Neogene and Quaternary times, forming several horsts such as the Vertiskos and Chortiatis ones.

In contrast, other fault blocks subsided, forming the present depressions of the area, such as the Axios-Thermaikos and Anthemountas basins which have been filled up with Neogene and Quaternary sediments. Two tectonic stages can be inferred for the evolution of both the above mentioned basins taking into account the sedimentary, geomorphological and stratigraphic observations:

(1) the first tectonic stage caused the initial break up of the uniform planation surface into large blocks. These blocks have subsided individually since the early-middle Miocene, giving rise to

several depressions that have been filled with mainly continental sediments intervening with some brackish to marine ones. This sedimentation process outlasts the Villafranchian period. The total thickness of the sediments in the Axios-Thermaikos and Anthemountas basins is estimated to reach about 3000 m and 350 m respectively.

(2) the second tectonic stage onsets the latest Villafranchian and produced some smaller depressions, which were filled up with Quaternary sediments.

As shown in the Table I, although individual evolution is recognized for each graben or depression, we can state that the subsidence of the grabens in the area of Gallikos, Axios, Loudias and Aliakmonas alluvial deltaic fields was about 400-600 m during the Quaternary, whereas the subsidence of the smaller depressions (Anthemountas, Langadas, Volvi, Vromolimnes, Zangliveri, Marathousa, Doumbia, Chortiatis, Sochos) was much less and varied from 50 m to 160 m.

The total vertical movements (including uplift and subsidence) of the Pre-Mygdonian and Anthemountas basins were about 800-900m during the neotectonic period, whereas the total subsidence of the Axios - Thermaikos basin might have been as much as 3500m.

The subsidence as well as the sedimentation rates of the grabens of the area are considered very high, being 5×10^{-2} to 6×10^{-1} mm/y during the Quaternary, whereas during the Neogene they were 2.3×10^{-2} to 2×10^{-1} mm/y.

4.4. Principal morphotectonic elements

The tectonic movements, essentially the vertical ones, that have taken place in the wider area, after the formation of the unique Miocene planation surface, affected the landform of the sheet.

In particular, the normal faults have caused the following principal morphotectonic elements:

- (1) the abrupt change in the inclination of the slopes, in places.
- (2) the demarcation of the basins development (shape, orientation etc.)
- (3) the formation of abundant tectonic terraces and scarps at the margins of many grabens or basins.
- (4) the frequent formation of particular drainage patterns i.e. asymmetric or rectangular, as well as river diversifications and captures.
- (5) the formation of hanging and abandoned valleys.

4.5 Holocene alluvial fields

The alluvial fields mapped along the northern coasts of the Thermaikos gulf are considered a very significant geomorphological element of the sheet. Both historical references and geomorphological observations show that the development of Axios, Gallikos, Loudias and Aliakmonas deltaic plains was extremely rapid. In 2.5 thousand years the coasts moved seawards about 15 km, completely changing the coastal morphology of the Thermaikos Gulf.

5. NEOTECTONICS, SEISMOTECTONICS AND DESCRIPTION OF THE FAULTS

5.1 Neotectonic settings

Since the Miocene the area of Central Macedonia, where this neotectonic sheet is located, has been intensely faulted, forming many tectonic grabens and depressions such as the Axios basin, the Anthemountas and Mygdonian grabens etc. These depressions are the result of a fairly continuous extensional deformation, which was mostly associated with pure normal to oblique-normal faults trending mainly E-W, WNW-ESE and NE-SW. In addition, some long N-S trending faults complete the general fracture pattern. Most of the above mentioned faults have been active at least since the Miocene, while some of them (mainly the E-W trending faults) are associated with the present seismic activity or have a verified activity since the Quaternary.

It is worth noting that the Serbomacedonian massif is the most seismically active zone of the internal Hellenic domain.

5.2 Description of Active and Probable Active Faults

(1) Anthemountas Active Fault

The Anthemountas fault, which is located 8 km south of the city of Thessaloniki and particularly at the southeastern edge of the sheet, constitutes the most prominent tectonic structure since it has a total length of 35 km. However, only a small portion of this major fault is exposed in the sheet. The fault with general E-W strike dips about 70° North. It is a normal fault and is the main fault, which created the Anthemountas graben. It is very well documented and mapped, because its traces are well defined through the aerial photographs and the satellite (LANDSAT and SPOT) images as well as from many tectonic terraces and fault line scarps that align along it and especially in the Megalo Emvolo, Agia Triada and Peraia areas. The fault has also been detected by the geophysical survey.

The fault is mapped as active because in addition to affecting the late Miocene-Pliocene sediments it also affects the more recent Quaternary ones. Moreover, the Anthemountas fault extends eastwards to the Poligiros sheet for many km, but its possible western extension into the Thermaikos Gulf is more interesting.

After the geophysical research for the oil research project within the Thermaikos gulf carried out by Public Petroleum Corporation of Greece (personal communication) a similarly oriented normal fault has been found but relatively farther north. Although we have no geological observations, we cannot rule out the possible connection between this and the Anthemountas fault. The possible westward extension of the Anthemountas fault to the Axios delta could not be detected, if it exists, because of the loose unconsolidated sediments of the delta area.

(2) Asvestochori-Polichni Active fault

This WNW-ESE (N120°) trending fault is a normal one dipping to NNE. Only a small portion (about 10 km) of the fault is exposed in this sheet and particularly along the northern outskirts of Thessaloniki, along the narrow valley of the Asvestochori-Pefka villages. The fault extends towards

SE into the next, scale 1:100.000 Langadas neotectonic sheet, presenting a total length of 15 km.

It mainly affects the phyllites and recrystallized limestones of the Circum Rhodope Belt and is directly related to the present morphology of the area. Moreover, it seems to continue across the Plio-Quaternary deposits through the western suburbs of the city (Stavroupolis, Illioupolis and Polichni) as well as farther westwards to Neo Kordelio.

There is information that along the fault some surface ruptures occurred during the 1978 Thessaloniki earthquake ($M_s=6.5$). More precisely in the Polichni area a small surface rupture of 1-2 cm heave and 10 cm displacement corresponding to oblique-normal movement, with a sinistral component, occurred. In addition, a series of stricken microearthquakes along this fault line might be related to it. Thus the fault is been considered active one.

(3) Liti-Lagina Active fault and Melissochori Probable Active fault

Both these faults can be considered as fault segments to the main seismically active fault zone that bounds to the south the large extended Mygdonian depression. This seismically active fault zone is composed of the following segments: (i) Melissochori probable active fault segment, (ii) Liti-Gagina-Ag. Vassilios active fault segment, (iii) Gerakarou Nikomidino-Stivos-Peristerona seismic fault segment and (iv) Loutra Volvis-Apollonia active fault segment. In this sheet only the Melissochori fault segment and the Liti-Lagina portion of the Liti-Lagina-Ag. Vassilios segment are exposed.

The Liti-Lagina - Ag. Vassilios fault segment which partly appears in this sheet has a NW-SE ($N140^\circ-150^\circ$) trend and dips to NE, whereas as the Melissochori fault segment which is the western continuation of the previous one presents a slightly different WNW-ESE ($N120^\circ$) trend.

The Liti-Lagina - Ag. Vassilios fault segment is a left-handed oblique-normal fault (fig. 9). West of the village of Liti some similarly trending small normal faults affecting Neogene sands and pebbly sands have been found, so we can assume neotectonic activity in this fault segment. The fault scarp height is estimated as 80 m near the village of Liti, decreasing gradually toward NW.

The fault segment is characterized as active because it is the western continuation of the above mentioned seismically active fault segments.

(4) Probable Active faults in the Drymos Area

Two small faults of about 1 km length each are exposed in the village of Drymos. They could be considered as two fault strands representing the northwestern extension of the main Liti-Lagina - Ag. Vassilios fault segment. These faults are very well defined because they present abrupt fault scarps. Although there is insufficient field evidence, they are considered to be probable active faults because they have a similar NNW-SSE trend and exhibit similar geometry and kinematics to the well established active faults. In addition they have morphotectonic features indicative of recent activity.

(5) Krithia Probable Active fault

This is a small fault (about 2 km long), which with NW-SE strike and dip to NE limits the eastern slope of the Kamila horst. It affects the basement rocks and also the limestone breccia scree deposits, forming a well defined fault scarp.

(6) Kampanis Probable Active fault

About 1 km east of the village of Kampanis a 5 km long N-S trending fault dipping to E has been found (fig. 10). It affects mostly the basement rocks, but also some Pleistocene undivided sediments. Thus the latest activity of the fault cannot be dated more precisely, and has been characterized as a probable active fault.

5.3 Faults detected by geophysical survey

These faults were identified and mapped from the information based only on the geophysical survey. It is worth noting that we could not trace these structures in the field or by using aerial photographs because of the loose sediments that dominated the area where they have been detected from the geophysical survey. However, we have to state that if these covered faults are active then their significance is much greater and should be evaluated, by instrumental methods.

These faults are described as follows:

- (1) Fault of the Thermaikos gulf, trending WNW-ESE (N110°-120°)
- (2) Fault passing through the villages of Pella - Koufallia - Kastanas and trending NE-SW (N70°).
- (3) Fault passing through the Kampochori - Evropos - Ag. Petros - Athira villages and trending NNW-SSE.
- (4) Fault along the Axios river passing through the Aspros - Axiochori - Akropotamos villages and trending NNW-SSE.

The first fault was found by geophysical survey carried out by the Public Petroleum Corporation of Greece and is believed to be the western continuation of the Anthemountas fault.

The second fault has been identified by the geophysical survey carried out by the I.F.P. with a total length of about 20 km.

The third fault is 14 km long and coincides with the western bank of Axios river.

The fourth fault was been identified by the I.F.P. geophysical survey. It coincides with the river terrace on the eastern bank of the Axios river. However, there is no information for the tectonic or geomorphological origin of this terrace.

For all the above mentioned faults apart from that of the Thermaikos gulf there is no information concerning their recent activation, so they cannot be characterized as active faults.

6. SEISMICITY

6.1 Seismic activity in the wider area during this century

Fig. 11 shows all the earthquakes of magnitude $M_s \geq 4$ that have struck the wider area of northern Greece during this century. It is obvious that the intense seismic activity is concentrated along the Serbomacedonian massif and more precisely in the wider areas of the Mygdonian basin and Ierissos gulf as well as along the North Aegean Trough.

Among these strong recorded earthquakes the two strongest ones have occurred in the area of the Serbomacedonian massif. The first, of magnitude $M_s=7.6$, struck on 4 April 1904, in the Kresna area (SW Bulgaria), while the second, of magnitude $M_s=7.4$, struck on 8 November 1905 in the area of Agion Oros (easternmost peninsula of Chalkidiki).

The main seismic activity presented along the Serbomacedonian massif during this century can be divided into three distinct periods. The first period arises with the strong earthquake of magnitude $M_s=6.6$ that struck the Assiros area on 5 July 1902. The seismic activity drifted northwards during the following years (1903-1904) with the occurrence of the above mentioned strong earthquake in the Kresna area, and finished with the 1905 Agion Oros earthquake. The second period started with two strong earthquakes of magnitudes $M_s=6.1$ and $M_s=6.6$ respectively that struck in the Valandovo region of South Yugoslavia on 7 and 8 March 1931. The seismic activity continued towards SW in the areas of Ierissos and the Mygdonian basin also with strong earthquakes with magnitudes up to $M_s=7.0$ during 1932 and 1933. On 20 June 1978 a strong earthquake with a magnitude of $M_s=6.5$ that occurred along the Serbomacedonian massif after 45 years of relative quiescence and might represent a new seismic period of activity.

6.2 Seismic activity of the area after 1980

Since 1981, when a detailed seismological study of the northern Greek domain started, a great deal of data have been collected concerning the recent seismicity. A first assessment is that although there was continuous seismic activity for at least 10 years after the main Thessaloniki earthquake, strong earthquakes with magnitude $M_s \geq 5.5$ have not been recorded. Moreover, the depth of the earthquake epicentres of the area during the 1981-1985 period ranges from 5 to 15 km with a mean depth of 9 km. The main geographical distribution of the shocks is concentrated: (1) in the Mygdonian basin, and more precisely along the seismic fault related to the Thessaloniki earthquake, (2) in the Ierissos area, (3) in the entrance of the Kassandra gulf and (4) in the far internal part of the Thermaikos gulf. Microseismic investigation has revealed that the area from the Mygdonian basin to the Ierissos gulf might be characterized by relatively intense seismic activity. This area concentrates high amounts of the seismic energy of the whole area and at particular time periods releases this energy creating rather big earthquakes, so that this area can be considered as the largest source for the seismic hazard.

6.3 Recent crustal stress field of the area

The seismic sequence of 20 June 1978 was the starting point for many seismological and neotectonic

studies dealing with the recent stress field in the wider area of the Mygdonia basin. These studies have identified a well established extensional contemporary stress field with N-S trending, almost horizontal, tensional direction. Due to this contemporary stress field, which from the neotectonic studies has been constrained since the middle Pleistocene, the pre-existing normal faults (the faults that had already formed the Mygdonian basin) reactivate, giving rise to the present seismicity. Similar conclusions can be drawn from focal mechanisms recorded from 1981 to 1984 and microearthquake focal mechanisms.

Moreover, most of the above mentioned neotectonic studies have also show that an extensional stress field with NE-SW trending tensional direction governed the area during the late Miocene early Pleistocene.

6.4 Seismic activity of the Thessaloniki sheet

The historical and instrumental data on the seismic activity in the area of the sheet are not sufficient to permit firm conclusions. As many as 152 microearthquakes have been recorded from which only 77 ones have estimated epicentres. These epicentres are also shown in the superimposed transparency.

We might mention, however, that three concentrations of epicentres are fairly well discriminated: the first is located around Lake Pikrolimni, the second in the area of Nea Santa and the third in the area of nea Mesimvria. In addition some microearthquake epicentres are concentrated in the wider Thessaloniki area. The recorded earthquakes within the sheet area have magnitudes (fig. 12) ranging from $M_s=1.5$ to $M_s=5.5$, with the most frequent magnitudes being from $M_s=2.0$ to $M_s=3.5$

These microearthquakes are shallow since their focal depth is less than 23 km. The main concentration of their focal depths (fig. 13) is between 5 and 15 km, whereas the mean focal depth is estimated at 9 km.

a. The wider Thessaloniki area

In the wider Thessaloniki area, including the northern part of the Thermaikos gulf and the eastern portion of the Athemountas graben, a concentration of small microearthquakes is observed. It concerns microearthquakes (fig. 14) with magnitudes ranging from $M_s=1.5$ to $M_s=3$ and focal depths from 1 km to 18 km. According to their focal depth, they could be divided into two groups:

- (1) the more shallow ones (0-5km) that mostly occur at around 3-4 km depth and
- (2) the relatively deeper ones (6-15km) that mostly occur at around 6-7 km depth.

Although some small faults, apart from the big Asvestochori-Polichni fault, have been mapped in and around Thessaloniki, it would not be possible to justify a certain connection of the above mentioned microearthquakes with any one of these mapped faults. Thus these small faults that were mapped close to the city have not been characterized as active faults.

b. Area of the Axios and Aliakmonas deltas

The wider area of the Thessaloniki plain, formed by the Axios, Aliakmonas and Gallikos deltas, has

been subjected to intense human activity, so that any field investigation of the faulting in the area is hardly possible.

However, a small number of shocks has been recorded, the epicentres and depth of which have been estimated using portable seismographs. Their focal depth (fig. 15) is concentrated around 0-4 km and 10-12 km, while their magnitude ranges from $M_s=2$ to $M_s=4$.

c. Area of Oreokastro - Pentalofu - Melissochori

A small number of shocks ($M_s=2-3.5$) has been recorded in this area. Most of these have a focal depth of around 10 km, while some relatively deeper ones (of 15 km depth) have been found. Their small number and even more the absence of very shallow focal depths (fig. 16) do not permit any certain connection between these shocks and the mapped NW-SE trending faults of the area. It is however possible that these shocks are related to the E-W to ENE-WSW trending tectonic line mentioned below.

d. Wider area of Nea-Santa, Pikrolimni - Nea Mesimvria

A large number of microearthquake epicentres are distributed around the villages Nea Mesimvria, Nea Philadelphia, Pikrolimni, Nea Santa and Krithia, forming a ENE-WSW trending line, which continues eastwards into the Langadas sheet (scale 1:100.000). Their distribution as is shown in the two seismic sections AA' (fig. 17) and BB' (fig. 18) implies the existence of at least two parallel E-W to ENE-WSW trending listric faults that dip N. In this area the only mapped ENE-WSW trending faults was that detected as lineaments through the LANDSAT image interpretation. Although one can presume that these ENE-WSW trending photolineaments might represent the master tectonic structures in the area associated with shocks, there is no field evidence for this.

