

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΠΑΛΑΙΟΓΕΝΩΝ ΜΟΛΑΣΣΙΚΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΤΟΥ Β. ΑΙΓΑΙΟΥ

Ν. Ρούσσος*

ΣΥΝΟΨΗ

Οι Παλαιογενείς Μολασσικές λεκάνες του Βορείου Αιγαίου είναι από τις λιγότερο γνωστές ιζηματογενείς λεκάνες στην Ελλάδα, δεδομένου ότι πάνω από το 90% της σημερινής τους επιφάνειας είναι καλυμμένο από νεότερα ιζήματα και τη θάλασσα. Οι κυριότερες ουσιαστικές εμφανίσεις των σχηματισμών αυτών βρίσκονται στη νήσο Λήμνο, στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης και στη λεκάνη της Ορεστιάδας.

Οι έρευνες που διεξήγαγε η Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου, με γεωλογικές χαρτογραφήσεις, σεισμικές διασκοπήσεις και γεωτρήσεις, έδωσαν σημαντικές πληροφορίες για τις λεκάνες αυτές.

Διακρίνονται 3 χώροι ιζηματογένεσης με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά: η λεκάνη Αξιού-Θερμαϊκού, η περιοχή Λήμνου και οι λεκάνες της Δ.Θράκης.

Στο Μέσο Ηώκαινο αρχίζει η δημιουργία των λεκανών της Δ.Θράκης στο Δυτικό περιθώριο της ευρύτερης λεκάνης της Α.Θράκης και Νοτιότερα της λεκάνης της Λήμνου στην οπισθοχώρα της οροσειράς των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής.

Στο Ανωτ.Λουτήσιο αρχίζει η δημιουργία της λεκάνης του Θερμαϊκού Κόλπου, ενώ στο Ανωτ.Ηώκαινο-Κατωτ.Ολιγόκαινο όλες οι λεκάνες δέχονται μεγάλες ποσότητες ιζημάτων και καταλαμβάνουν την μεγαλύτερή τους έκταση.

Ιδιαίτερα η λεκάνη του Θερμαϊκού κόλπου στην οπισθοχώρα της Πελαγονικής οροσειράς δέχεται τεράστιο όγκο ιζημάτων με αποτέλεσμα η λεκάνη αυτή να παρουσιάζει από τις μεγαλύτερες ταχύτητες ιζηματογένεσης και πάχη ιζημάτων που απαντώνται στο χώρο της Μεσογείου.

Στις λεκάνες της Θράκης έχουμε ιζήματα κυρίως νηριτικού περιβάλλοντος, στον Θερμαϊκό βαθύ νηριτικό έως βαθύαλο με μεγάλα πάχη των μεσαίων και μακρυνών φάσεων, στη δε Λήμνο έχουμε την ανάπτυξη ενός τυπικού προελαύνοντος συστήματος ηπειρωτικής κατωφέρειας-υφαλοκρηπίδας.

Τέλος, καθορίζονται σε γενικές γραμμές τα πάχη των ιζημάτων, τα σημερινά όρια των λεκανών αυτών και γίνεται μια εκτίμηση της παλαιογεωγραφικής τους εξάπλωσης και της επικοινωνίας με γειτονικές λεκάνες.

ABSTRACT

The Paleogene Molassic basins of the North Aegean area, are some of the east known sedimentary basins in Greece. More than 90% of the total surface of these basins is covered by younger sediments and sea. The only well exposed outcrops of Paleogene formations are on Limnos island, in the Alexandroupolis area and in the Orestias basin.

This study is based on surface, seismic and drilling data derived mainly from the exploration activities of the PUBLIC PETROLEUM CORPORATION.

* ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ - Ε.Κ.Υ. ΑΕ.

Public Petroleum Corporation of Greece

Three main areas of deposition are distinguished: Axios - Thermaikos basin, the area of Limnos and the W.Thrace basins.

W.Thrace basins started to form at the Western borders of the wider Eastern Thrace basin in Middle Eocene times. At the same time Limnos basin was developing in the South, in the hinterland of Axios and Pelagonian chains. Axios-Thermaikos basin started to form in Late Lutetian age.

During the upper Eocene-Lower Oligocene these basins reached their maximum extension and thickness of sediments.

Axios-Thermaikos basin had one of the highest sedimentation rates in the Mediterranean area which resulted in the accumulation of a vast amount of sediments and a high rate of subsidence.

Environments are mainly neritic in Thrace and outer neritic to bathyal in Thermaikos. In the Limnos area sediments consist of typical slope deposits overlain by shallow marine shelf and continental deposits.

The thickness of sediments and boundaries of the basins are determined and an estimation is carried out concerning the paleogeographic setting as well as the intercommunication with adjacent basins.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να δώσει μία ολοκληρωμένη εικόνα της στρωματογραφίας και της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης των Παλαιογενών Μολασσικών λεκανών του Βορείου Αιγαίου.

Οι κυριότερες ουσιαστικές εμφανίσεις των σχηματισμών αυτών βρίσκονται στη νήσο Λήμνο, στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης και στη λεκάνη της Ορεστιάδας (Σχ. 1).

Οι έρευνες που διεξήγαγε το Ελληνικό Δημόσιο και ξένες πετρελαικές εταιρίες παλαιότερα, αλλά κυρίως η Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου, με γεωλογικές χαρτογραφήσεις, σεισμικές διασκοπήσεις και γεωτρήσεις, έδωσαν σημαντικές πληροφορίες για τις λεκάνες αυτές.

Για τον καθορισμό της στρωματογραφίας των λεκανών χρησιμοποιήθηκαν οι μικροπαλιοντολογικές και παλυνολογικές αναλύσεις που έχουν γίνει στα δείγματα των γεωτρήσεων και των επιφανειακών εμφανίσεων, καθώς και στοιχεία από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ.

Τα περιβάλλοντα απόθεσης καθορίστηκαν από τις παλιοντολογικές και ιζηματολογικές αναλύσεις, την εξέταση των μορφολογικών χαρακτηριστικών των ιζημάτων σε πυρήνες γεωτρήσεων και επιφανειακές εμφανίσεις, την ιζηματολογική ανάλυση των διαγραφιών των γεωτρήσεων και εν μέρει των σεισμικών γραμμών.

Η εκτίμηση του πάχους των διαβρωμένων σχηματισμών έγινε με την μέθοδο MAGARA (MAGARA, 1978), όπου σε ημιλογαριθμική κλίμακα προβάλλονται οι χρόνοι μετάδοσης Δt (σε $\mu\text{sec}/\text{ft}$) του υπερηχητικού κύματος στην άργιλο σε διάφορα βάθη. Οι τιμές των ταχυτήτων λαμβάνονται από την Ακουστική διαγραφή (Sonic log) που γίνεται στις γεωτρήσεις.

Σε ορισμένες περιοχές, όπου αυτό ήταν δυνατό, χρησιμοποιήθηκαν σεισμικές γραμμές για την εκτίμηση της διάβρωσης.

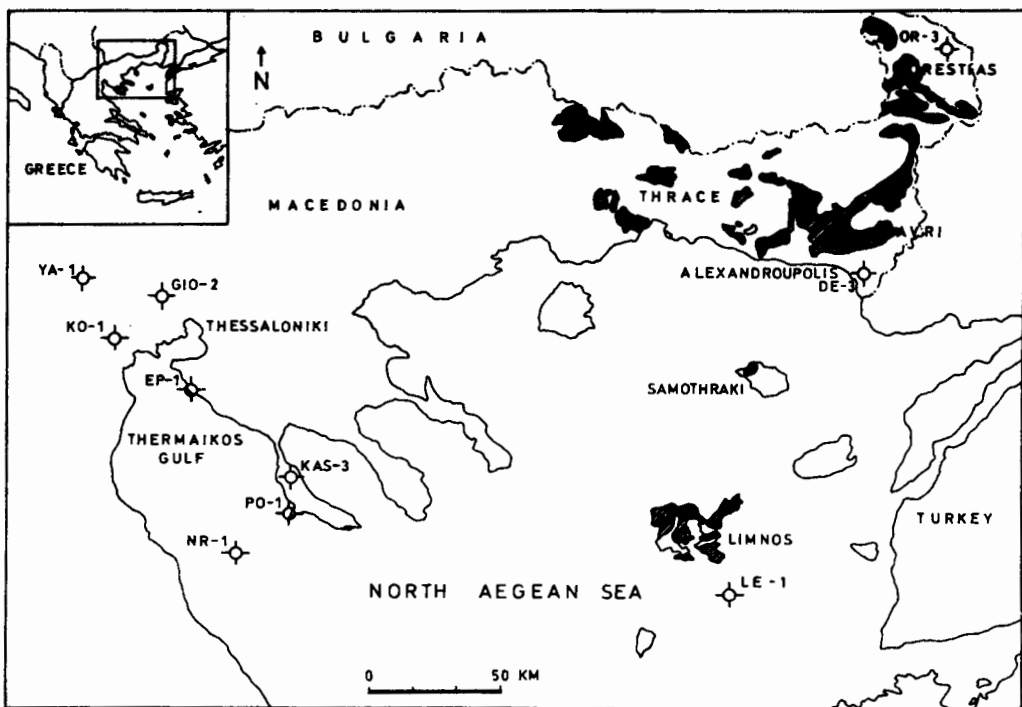
Τέλος, τα όρια των λεκανών καθορίστηκαν από τις επιφανειακές εμφανίσεις, την ερμηνεία σεισμικών γραμμών και τις γεωτρήσεις.

Διακρίνονται 3 διαφορετικοί χώροι ιζηματογένεσης με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά : Οι λεκάνες της Δ. Θράκης (Ορεστιάδα-Αλεξανδρούπολη - Θρακικό Πέλαγος), η περιοχή της Λήμνου και η λεκάνη Αξιού-Θερμαϊκού.

ΛΕΚΑΝΕΣ ΔΥΤ. ΘΡΑΚΗΣ

Στη Θράκη έχουμε τις μεγαλύτερες εμφανίσεις των παλαιογενών σχηματισμών με σημαντικότερες αυτές της περιοχής Ταύρης Αλεξανδρούπολης. Στις υπό-

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.



Εχ.1. Εμφανίσεις Παλαιογενών σχηματισμών στον χώρο του Β.Αιγαίου και θέσεις γεωτρήσεων.

Fig.1. Outcrops of Paleogene formations in the N.Aegean area and location of the wells.

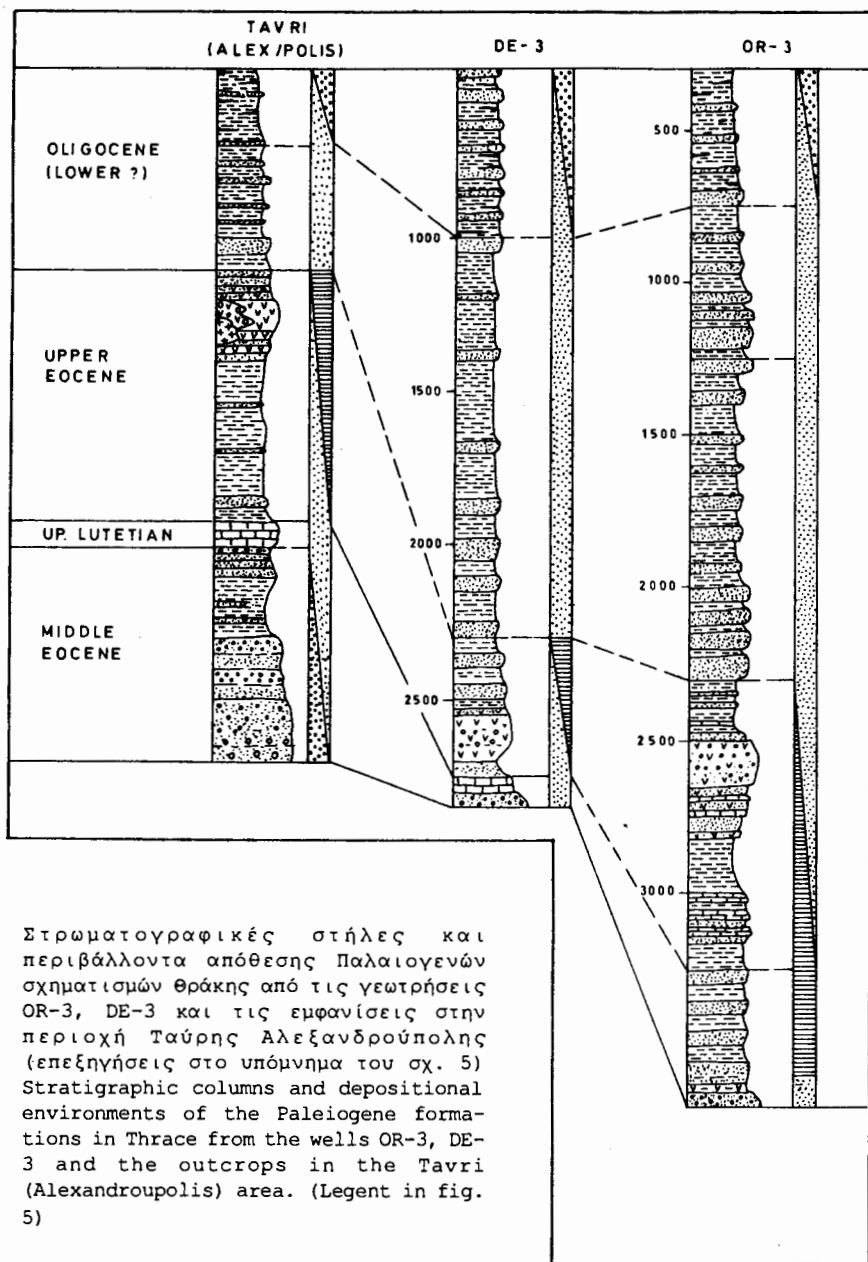
λοιπες περιοχές της Θράκης δυτικά της Αλεξανδρούπολης μέχρι το Νέστο και την Ξάνθη καθώς επίσης και τη νήσο Σαμοθράκη έχουμε σποραδικές εμφανίσεις κυρίως των κατώτερων μελών (Ηώκαινο), ενώ βορειότερα στη λεκάνη της Ορεστιάδας έχουμε εμφανίσεις του Ηωκαίνου και του Ολιγοκαίνου. (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1998, ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ & ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1958, ΚΟΡΡ 1966, ΓΓΜΕ-ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 1980, ΓΓΜΕ-HEIMANN et al.1972).

Για την μελέτη των παλαιογενών σχηματισμών στην περιοχή της Θράκης, θα βασιστούμε στην εμφάνιση της περιοχής Ταύρης Αλεξανδρούπολης και σε δύο γεωτρήσεις, τη γεώτρηση ΔΕΛΤΑ ΕΒΡΟΣ-3 (DE-3) στο Δέλτα του Εβρου και τη γεώτρηση ΟΡΕΣΤΙΑΔΑ-3 (OR-3) στη λεκάνη της Ορεστιάδας.

Σε κάθε μία από αυτές τις περιοχές παρουσιάζονται αρκετές διαφορές στα πάχη και την έκταση των διαφόρων σχηματισμών ανάλογα με τα ειδικότερα περιβάλλοντα απόθεσης την παλαιοτοπογραφία, τη γειτνίαση με ηφαιστειακά κέντρα κ.α. Οι στρωματογραφικές στήλες που παρουσιάζονται αποτελούν σχετικά τις πιο πλήρεις και αντιπροσωπευτικές για τις περιοχές αυτές (Σχ.2). Η ιζηματογένεση στις μολασικές λεκάνες της Θράκης και του Θρακικού Πελάγους αρχίζει στο Μέσο Ηώκαινο, στην αρχή με χερσαίους και στη συνέχεια με ρηχούς θαλάσσιους ή και λιμνοθαλάσσιους σχηματισμούς. Η εξάπλωση του Μέσου Ηωκαίνου δεν φαίνεται να είναι γενική σε όλες τις περιοχές.

Σε πολλές απουσιάζει εντελώς, στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης (Ταύρη) φαίνεται να έχει την μεγαλύτερη ανάπτυξη, ενώ στη λεκάνη της Ορεστιάδας, έχει εντοπιστεί στις ανατολικές περιοχές, προς το εσωτερικό της λεκάνης.

Στο Αν. Λουτθίσιο μεγάλη ανάπτυξη παρουσιάζουν οι αποθέσεις των νομμου-Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



Σχ. 2: Στρωματογραφικές στήλες και περιβάλλοντα απόθεσης Παλαιογενών σχηματισμών Θράκης από τις γεωτρήσεις OR-3, DE-3 και τις εμφανίσεις στην περιοχή Ταύρης Αλεξανδρούπολης (επεξηγήσεις στο υπόμνημα του σχ. 5)

Fig. 2: Stratigraphic columns and depositional environments of the Paleogene formations in Thrace from the wells OR-3, DE-3 and the outcrops in the Tavri (Alexandroupolis) area. (Legend in fig. 5)

λιτικών ασβεστολίθων, σε όλες τις περιοχές της Θράκης εκτός της λεκάνης Ορεστιάδας. Πρόκειται για ασβεστολίθους βιοστρωματώδεις έως υφαλογενείς που αποσφηνώνονται πλευρικά και μεταπίπτουν κυρίως προς τα βαθύτερα σημεία των επί μέρους λεκανών, σε ψαμμίτες.

Στα ιζήματα του Μέσου Ηωκαίνου-Αν.Λουτήσιου αναγνωρίστηκε η ακόλουθη μικροπανίδα (γεώτρηση DE-3): *Gyroidinella magna*, *Fabiania cassis* και μικροχλωρίδα (γεώτρηση OR-3): *Subtriporopollenites constans*, *Tricolporopollenites quisqualis*, *Tricolporopollenites galliformis*, *Scabraticolpites cylindricus* (ΤΣΑΙΛΑ-ΜΟΝΟΠΩΛΗ, ΙΩΑΚΕΙΜ, 1981 - 1991).

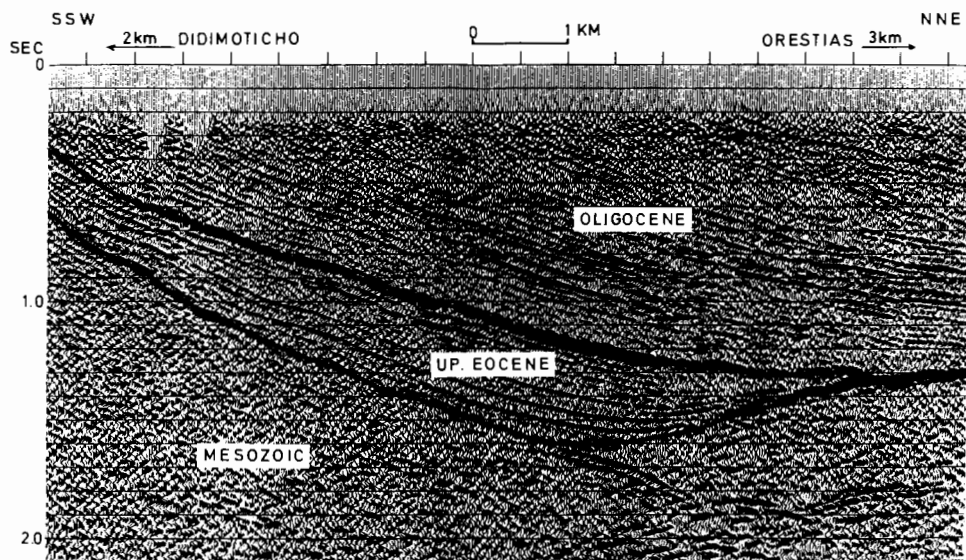
Το Ανωτ. Ηώκαινο αποτελείται από αργίλους και ψαμμίτες που έχουν αποθεθεί σε καθαρά θαλάσσιο περιβάλλον. Στην περιφέρεια έχουμε αποθέσεις ρηχότερου θαλάσσιου έως χερσαίου περιβάλλοντος με ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και ασβεστολίθους. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται στη Θράκη από την έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα, που είναι κυρίως Ανδεσιτική-Δακιτική με λάβες, πυροκλαστικά, τόφφους και τοφφίτες.

Στα ιζήματα του Ανωτ. Ηώκαινου αναγνωρίστηκε η ακόλουθη μικροπανίδα (γεώτρηση DE-3): *Globigerinita dissimilis*, *Globorotalia centralis* Hatkenina sp. και μικροχλωρίδα (γεωτρήσεις DE-1, DE-2, DE-3, OR-3, OR-4, OR-5): *Wetzeliella coleothrypta*, *Wetzeliella articulata*, *Milfordtia minima*, *Agleoredia* sp, *Tricolporollenites div. fsp.* (ΤΣΑΙΛΑ-ΜΟΝΟΠΩΛΗ, ΙΩΑΚΕΙΜ, 1981-1991) Κατά τη διάρκεια του Ολιγοκαινού οι λεκάνες της Θράκης αποκτούν τα μεγαλύτερα πάχη. Ειδικότερα στη λεκάνη της Αλεξανδρούπολης κατά την περίοδο αυτή το κέντρο της ιζηματογένεσης φαίνεται να μετατοπίζεται προς την περιοχή του Δέλτα του Έβρου. Το περιβάλλον απόθεσης είναι γενικά ρηχό θαλάσσιο και δελταϊκό, ενώ προς τα ανώτερα μέλη γίνεται υφάλμυρο με αποθέσεις λιγνιτών. Στο τέλος του Ολιγοκαινού έχουμε γενική άνοδο και διάβρωση σε όλες τις περιοχές.

Στα ιζήματα του Ολιγοκαινού αναγνωρίστηκε η ακόλουθη μικροπανίδα (γεώτρηση DE-3): *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina praebulloides*, *Globigerina gortanii* και μικροχλωρίδα (του Κατ. Ολιγοκαινού) (γεωτρήσεις DE-2, DE-3, OR-3, OR-4, OR-5): *Arecipites oligocenicus*, *Boehlensipollis hohli*, *Plicapollis plicatus*, *Tricolporollenites megagrifer* (ΤΣΑΙΛΑ- ΜΟΝΟΠΩΛΗ, ΙΩΑΚΕΙΜ, 1981-1991).

Τα σημερινά πάχη των παλαιογενών σχηματισμών φθάνουν τοπικά τα 4000 μ. Τα πάχη των διαβρωμένων ιζημάτων διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή.

Σε ορισμένα σημεία των περιφερειών των λεκανών η διάβρωση είναι εντονότερη, ενώ προς το εσωτερικό τους φαίνεται να είναι ασθενέστερη και



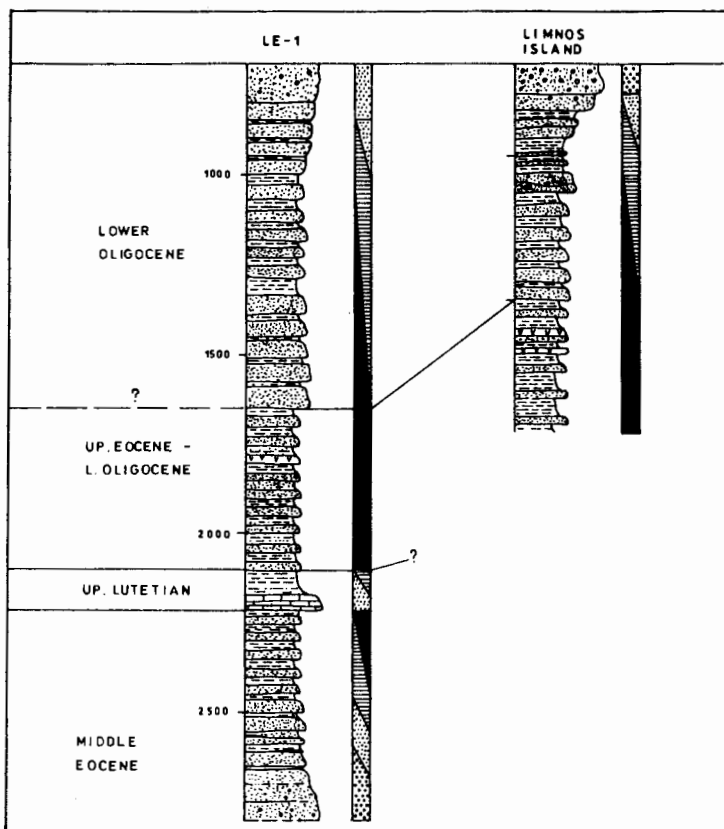
Σχ. 3: Σεισμική γραμμή Ορεστίας-Διδυμότειχο (Δ.Θράκη). Διακρίνονται οι οριζόντες του Ανωτ. Ηώκαινου-Ολιγοκαινού που αποσφηνώνονται στην επιφάνεια, λόγω της σχυρής διάβρωσης στην περιοχή του Διδυμότειχου, όπου το υπόβαθρο αναδύεται στην επιφάνεια.

Fig.3: Seismic line Orestias-Didymoticho (W. Thrace). Up.Eocene-Oligocene beds are distinguished sub-cropping on the surface, due to high erosion in the Didymoticho area where the basement is exposed on the surface.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

πιο ομοιόμορφη. Το πάχος των διαβρωμένων σχηματισμών του Ανω. Ηωκαίνου - Ολιγοκαίνου, εκτιμάται με τη μέθοδο MAGARA στη θέση της γεώτρησης OR-3 σε 1000 μ. περίπου, ενώ νοτιότερα στην περιοχή του Διδυμοτείχου, η σεισμική μέθοδος δίνει πάχη διάβρωσης της τάξης των 2000 μ. (Σχ. 3).

Από την παραπάνω σεισμική γραμμή αλλά και τις επιφανειακές εμφανίσεις του Ηωκαίνου στα νοτιοδυτικά του Διδυμοτείχου, γίνεται φανερό ότι η υψηλή περιοχή όπου εμφανίζεται το προτριτογενές υπόβαθρο στην περιοχή Διδυμο-



Εχ.4: Στρωματογραφικές στήλες και περιβάλλοντα απόθεσης παλαιογενών σχηματισμών περιοχής νήσου Λήμνου, από την γεώτρηση LE-1 και τις εμφανίσεις της Λήμνου. Επεξηγήσεις στο υπόμνημα του σχ.5).

Fig.4. Stratigraphic columns and depositional environments of the Paleogene formations in the Limnos island area from the well LE-1 and the outcrops on the island. (Legend in fig.5).

τείχου - Σουφλίου και χωρίζει σήμερα τις λεκάνες της Ορεστιάδας και Αλεξανδρούπολης, ήταν καλυμμένη με ιζήματα του Ανω. Ηωκαίνου- Ολιγοκαίνου. Νοτιότερα στο Δέλτα του Εβρου η διάβρωση εκτιμάται ότι ξεπερνούσε τα 2000 μ. όπως υπολογίζεται από τη γεώτρηση DE-3.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΗΣΟΥ ΛΗΜΝΟΥ

Οι μοναδικές πληροφορίες για τους παλαιογενείς σχηματισμούς στην περιοχή αυτή, προέρχονται από τη γεώτρηση "ΛΗΜΝΟΣ-1" (LE-1) στην οποία διατρήθηκαν ιζήματα του Μέσου και Ανωτ. Ηωκαίνου - Κατ. Ολιγοκαίνου και τη νήσο Λήμνο όπου εμφανίζονται ιζήματα του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου.

1. Γεώτρηση "ΛΗΜΝΟΣ-1"

Η γεώτρηση αυτή έφθασε μέχρι τα κατώτερα βασικά μέλη των παλαιογενών σχηματισμών κοντά στο προτριτογενές υπόβαθρο. Στη στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης (Σχ.4) διακρίνουμε τους παρακάτω σχηματισμούς (PALEOSERVICES,1973) Μέσο Ηώκαινο : Στη βάση ψαμμίτες γκριζοί και μικροκροκαλοπαγή που μεταβαίνουν προς τα άνω σε ψαμμίτες με μικρές ενστρώσεις γκριζών αργίλων συχνά με θραύσματα λιγνιτών. Το περιβάλλον είναι χερσαίο έως ρηχό θαλάσσιο. Στη συνέχεια το περιβάλλον βαθαινει με πελαγικές αποθέσεις αργίλων και ψαμμιτών.

Αναγνωρίστηκε η ακόλουθη μικροπανίδα: *Globorotalia aragoneensis*, *G.bullbrookii*, *G.formosa aff.gracilis*, *G.renzi*, *crassata densa*, *braedermanni*.

Στο Ανωτ. Λουτήσιο έχουμε χαρακτηριστικές αποθέσεις νουμουλιτικών ασβεστολίθων και ψαμμιτικών ασβεστολίθων ρηχών νερών.

Ανωτ. Ηώκαινο-Κατ.Ολιγόκαινο : Το περιβάλλον βαθαινει με πελαγικές αποθέσεις αργίλων-ψαμμιτών και οριζοντες τοφφιτών. Στη συνέχεια από τα 1650 μ. η σειρά αυτή χαρακτηρίζεται από δύο διαστήματα. □να κατώτερο με παχυστρωματώδεις ψαμμίτες και ενδιαστρώσεις αργίλων, και ένα ανώτερο όπου περνάμε σε αποθέσεις ρηχής θάλασσας πιθανώς δελταϊκές, με άμμους και μικρά διαστήματα με αργίλους.

Αναγνωρίστηκε η ακόλουθη μικροπανίδα:*Globorotalia cf increbescens*, *cerroazulensis* *cocoaensis*, *Bulimina sp*, *Gyroidina*, *Cibicides cf Mexicanus*.

2. Νήσος Λήμνος

Η νήσος Λήμνος παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για την μελέτη των παλαιογενών σχηματισμών του Β. Αιγαίου, γιατί αποτελεί τη μοναδική εμφάνιση στη θαλάσσια αυτή περιοχή (PAPP,1953). Η λεπτομερής χαρτογράφηση που έγινε από την Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου απεκάλυψε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα προελαύνοντος συστήματος υφαλοκρηπίδας - ηπειρωτικής κατωφέρειας. Τα περιβάλλοντα απόθεσης καθορίστηκαν κυρίως από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων (IGME-ΡΟΥΣΣΟΣ,1993), αλλά και από μικροπαλαιοοντολογικές, παλυνολογικές, πετρογραφικές και ιζηματολογικές αναλύσεις. (ΤΣΑΙΛΑ, ΙΩΑΚΕΙΜ, PALEOSERVICES, ΚΑΡΑΝΤΑΣΗ, ΓΕΩΡΓΑΛΑ, 1986-1993).

Τα ιζήματα του Ανωτ. Ηώκαινου-Κατ. Ολιγοκαινού αποτελούνται από τυπικές αποθέσεις στην ηπειρωτική κατωφέρεια σένα περιβάλλον βαθύ νηριτικό έως βαθύαλο που μεταβαίνουν προς τα άνω σε ρηχούς θαλάσσιους δελταϊκούς και χερσαίους σχηματισμούς στην υφαλοκρηπίδα (Σχ. 4).(IGME-ΡΟΥΣΣΟΣ 1993).

Οι αποθέσεις της ηπειρωτικής κατωφέρειας περιλαμβάνουν 4 κύριες λιθοφάσεις.

Αποθέσεις μικρού κάνυον ή υποθαλάσσιου τροφοδοτικού καναλιού που αποτελούνται από παχυστρωματώδεις ψαμμίτες, μικροκροκαλοπαγή και κροκαλοπαγή, με παρεμβολές από εναλλαγές αργίλων-ψαμμιτών με τη μορφή τουρβιδιτών.

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά είναι η παρουσία αργιλικών κροκαλοπαγών, όπου η άφθονη αργιλική/λεπτοψαμμιτική μάζα δείχνει ρευστότητα (Φωτ. 1), η ισχυρή διατάραξη ψαμμιτικών πάγκων από πτυχές υποθαλάσσιας ολίσθησης (Φωτ. 2) καθώς και η παρουσία ολισθολίθων από νουμουλιτικούς ασβεστολίθους του Λουτήσιου.

Πελαγικές αποθέσεις που αποτελούνται κυρίως από αργίλους και ιλυολίθους με μερικές ενδιαστρώσεις λεπτοπλακωδών ψαμμιτών.Παρουσιάζουν συχνά μικρότερης κλίμακας πτυχές υποθαλάσσιας ολίσθησης.

Οι πελαγικές αυτές αποθέσεις διατέμνονται από πολλά υποθαλάσσια κανάλια. Κάθε ένα από τα κανάλια αυτά αποτελείται από κροκαλοπαγή, παχυστρωμα-



photo 1

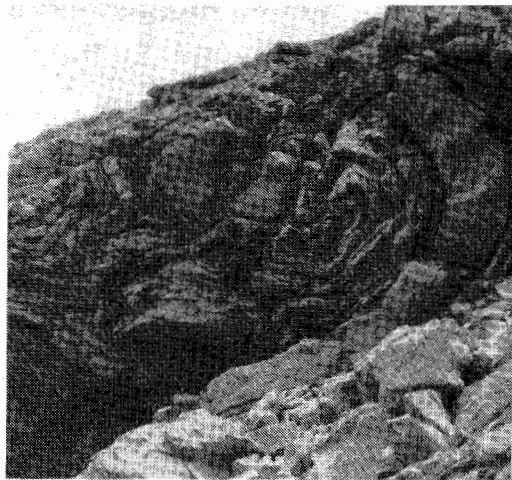


photo 2



photo 3



photo 4

τάδεις ψαμμίτες με χαρακτηριστικές πινακοειδείς ιζηματοδομές (dish structures) και εναλλαγές αργίλων-ψαμμιτών (τουρβιδιτών). Η βάση τους είναι κοφτή και παρουσιάζουν γενική διαβάθμιση προς τα πάνω (φωτ.3). Το συνολικό πάχος των καναλιών αυτών μπορεί να φθάσει και πάνω από 50 μ., το δε ορατό πλάτος μέχρι και 3 χλμ. (Φωτ. 4).

Αποθέσεις υπερχειλίσης καναλιών και σε υποθαλάσσιους κώνους που αποτελούνται από εναλλαγές αργίλων-ψαμμιτών (τουρβιδιτών), με σταδιακή αύξηση του πάχους και της συχνότητας των ψαμμιτικών πάγκων προς τα πάνω.

Οι ρηχές θαλάσσιες και χερσαίες αποθέσεις αποτελούν την κορυφή της σειράς του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου και έχουν μικρή εξάπλωση στο νησί. Οι θαλάσσιες αποθέσεις αποτελούνται από αργίλους, ψαμμίτες και άμμους/αμμούχες μάργες που έχουν αποτεθεί σε ρηχό θαλάσσιο πιθανώς δελταϊκό περιβάλλον.

Οι χερσαίες τέλος αποθέσεις είναι ποτάμιες διακλαδιζόμενες και αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή και άμμους.

Χαρακτηριστικοί ορίζοντες τοφφιτών ανδευτικής κυρίως σύστασης που απαντώνται μέσα στα ιζήματα, φαίνεται να συνδέονται με την έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου της Θράκης.

Η ανάλυση των ιζηματοδομών που δημιουργούνται από τα τουρβιδιτικά ρεύματα, ο προσανατολισμός των κροκαλών στα κροκαλοπαγή καθώς και οι άζονες των πτυχών υποθαλάσσιας ολίσησης, έδειξαν ότι η κατεύθυνση τροφοδοσίας των ιζημάτων είναι από N-ΝΔ προς Β-ΒΑ, με πιθανότερες περιοχές τροφοδοσίας τις ζώνες Αξιού και Πελαγονική.

3. Γενική Δομή και Στρωματογραφία της Περιοχής Λήμνου

Η δημιουργία της λεκάνης της Λήμνου τοποθετείται στο Μέσο Ηώκαινο, οπότε δέχεται και τα πρώτα ιζήματα αυτής της ηλικίας. Το περιβάλλον απόθεσης στην αρχή χερσαίο στη συνέχεια ρηχό θαλάσσιο μεταπίπτει στα ανώτερα μέλη σε πελαγικό (βαθύ νηριτικό έως βαθύαλο).

Στο Αν.Λουτήσιο το περιβάλλον γίνεται ρηχό θαλάσσιο με χαρακτηριστικές αποθέσεις Νουμουλιτικών ασβεστολίθων.

Κατά τη διάρκεια του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου αναπτύσσεται στην περιοχή ένα προελαύνον σύστημα με τυπικές αποθέσεις κατωφέρειας που καλύπτονται από ρηχές θαλάσσιες και χερσαίες αποθέσεις. Ειδικότερα σ'ένα περιβάλλον βαθύ νηριτικό έως βαθύαλο και ανάλογα με την ειδικότερη θέση στο σύστημα της κατωφέρειας, έχουμε αποθέσεις σε μικρά κώνους ή τροφοδοτικά κανάλια, πελαγικές και ημιπελαγικές αποθέσεις που διασχίζονται από υποθαλάσσια κανάλια και τέλος αποθέσεις υπερχειλίσης καναλιών ή και σε υποθαλάσσιους κώνους.

Με την πρόελαση του συστήματος προς τα βορειοανατολικά, τα παραπάνω ιζήματα καλύπτονται από ρηχούς θαλάσσιους και στη συνέχεια χερσαίους σχηματισμούς, που κλείνουν τη σειρά των παλαιογενών αποθέσεων.

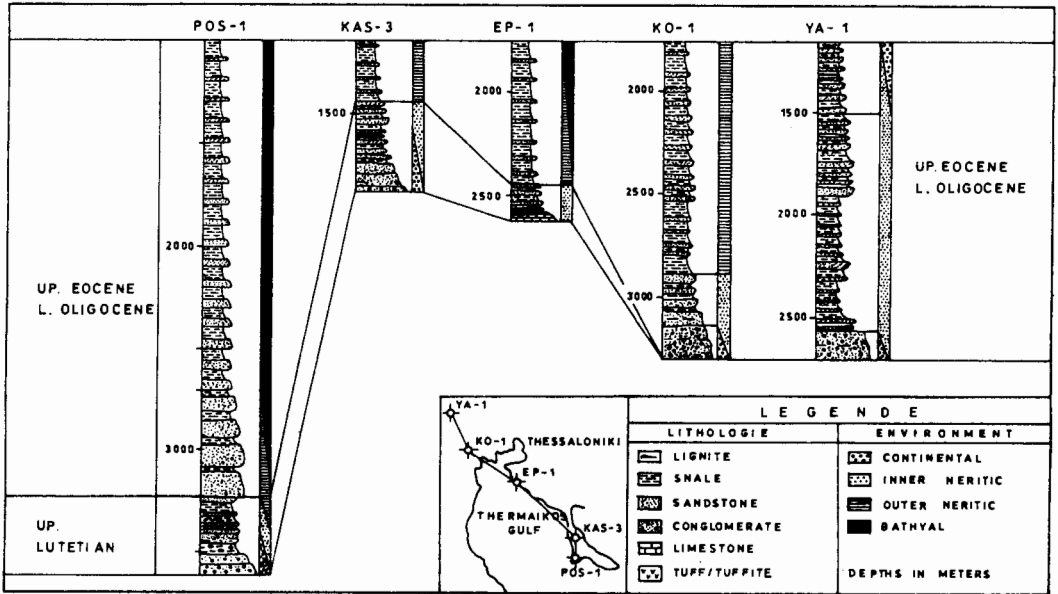
Εντός των ιζημάτων του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου στρώματα τοφφιτών αποτελούν τις πλέον απομακρυσμένες φάσεις απόθεσης, που συνδέονται με την έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα της Θράκης βορειότερα.

Τα σημερινά πάχη των παλαιογενών σχηματισμών στη λεκάνη φθάνουν τα 4000-4500 μ., ενώ το πάχος των διαβρωμένων παλαιογενών ιζημάτων στη θέση της γεώτρησης υπολογίζεται να είναι της τάξης των 1500 μ.

ΛΕΚΑΝΗ ΑΞΙΟΥ-ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ

Ελάχιστες εμφανίσεις των παλαιογενών σχηματισμών υπάρχουν στην επιφάνεια και οι πληροφορίες προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από τις γεωτρήσεις και τα σεισμικά ανάκλασης. Ιδιαίτερα για την περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου

όπου όλοι οι σχηματισμοί αποκτούν μεγάλα πάχη και συνεπώς οι παλαιογενείς σχηματισμοί βυθίζονται σε μεγάλα βάθη, σημαντική πηγή πληροφοριών είναι οι σεισμικές καταγραφές. Οι θαλάσσιες γεωτρήσεις διερεύνησαν πολύ περιορισμένα τμήματα των παλαιογενών ιζημάτων είτε στη βάση τους (γεωτρήσεις TEXACO C-1, ΟΛΥΜΠΙΑ-1) είτε στα μεσαία-άνωτερα μέλη (γεωτρήσεις TEXACO A-1, ΝΗΡΕΑΣ-1). Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται οι στρωματογραφικές στήλες 5 γεωτρήσεων από τις 24 συνολικά που έχουν διενεργηθεί στην περιοχή. Από τη λεκάνη του Αξιού οι γεωτρήσεις ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ-1 (YA-1) και ΚΟΡΥΦΗ-



Σχ.5: Στρωματογραφικές στήλες και περιβάλλοντα αποθεσης Παλαιογενών σχηματισμών λεκάνης Αξιού-θερμαϊκού από τις γεωτρήσεις POS-1, KAS-3, EP-1, KO-1 και YA-1.

Fig.5: Stratigraphic columns and depositional environments of the Paleogene formations in Axios-Thermaikos basin from the wells POS-1, KAS-3, EP-1, KO-1 and YA-1.

1 (KO-1), από την περιοχή της Επανομής η γεώτρηση ΕΠΑΝΟΜΗ-1 (EP-1) και από τη χερσόνησο της Κασσάνδρας οι γεωτρήσεις ΚΑΣΣΑΝΔΡΑ-3 (KAS-3) και ΠΟΣΕΙΔΙ-1 (POS-1) (Σχ.5).

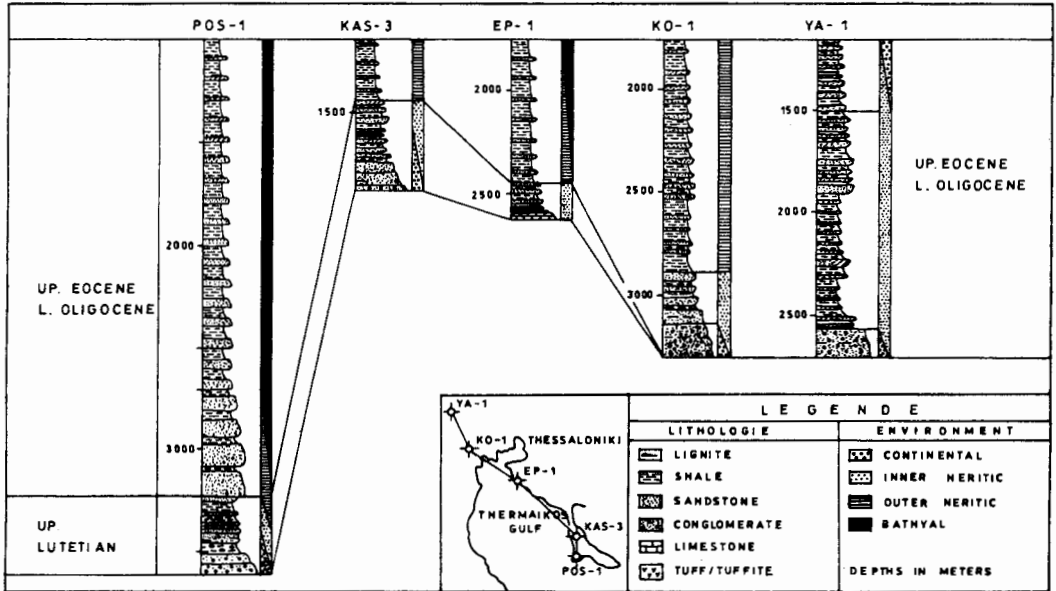
1. Λεκάνη Αξιού

Η γεώτρηση ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ-1 (YA-1) βρίσκεται στις βορειοδυτικές παρυφές της λεκάνης και διάτρησε συνολικά 1570 μ. Παλαιογενών ιζημάτων (Σχ.5). Τα ιζήματα είναι στο σύνολό τους ρηχής θάλασσας με κατεύθυνση τροφοδοσίας από τα ΒΔ και η απόθεσή τους άρχισε στο Ανωτ. Ηώκαινο. Αποτελούνται κυρίως από εναλλαγές αργίλων και ψαμμίτων. Από τα 1500 μ. και πάνω αποτίθενται ιζήματα λιμνοθαλάσσιας έως χερσαίας φάσης με ψαμμίτες, πολύχρωμες αργίλους, λιγνίτες και κροκαλοπαγή. Η ηλικία των σχηματισμών είναι Ανωτ. Ηώκαινο-Κατ. Ολιγόκαινο. (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, 1967).

Οι επιφανειακές εμφανίσεις των Παλαιογενών σχηματισμών είναι πολύ περιορισμένες και τα πάχη τους δεν ξεπερνούν τα 10-20 μέτρα. Η ηλικία των σχηματισμών αυτών είναι Ανωτ. Ηώκαινο - Κατ. Ολιγόκαινο (BOURCART 1919, OSSWALD 1938, MERCIER 1960).

Η γεώτρηση ΚΟΡΥΦΗ-1 (KO-1) διερεύνησε μια υψηλή περιοχή προς το εσωτερικό της λεκάνης και διάτρησε συνολικά 1536 μ. Παλαιογενών σχηματισμών (σχ.5).

όπου όλοι οι σχηματισμοί αποκτούν μεγάλη πάχη και συνεπώς οι παλαιογενείς σχηματισμοί βυθίζονται σε μεγάλα βάθη, σημαντική πηγή πληροφοριών είναι οι σεισμικές καταγραφές. Οι θαλάσσιες γεωτρήσεις διερεύνησαν πολύ περιορισμένα τμήματα των παλαιογενών ιζημάτων είτε στη βάση τους (γεωτρήσεις TEXACO C-1, ΟΛΥΜΠΙΑ-1) είτε στα μεσαία-ανώτερα μέλη (γεωτρήσεις TEXACO A-1, ΝΗΡΕΑΣ-1). Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται οι στρωματογραφικές στήλες 5 γεωτρήσεων από τις 24 συνολικά που έχουν διενεργηθεί στην περιοχή. Από τη λεκάνη του Αξιού οι γεωτρήσεις ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ-1 (YA-1) και ΚΟΡΥΦΗ-



Σχ.5: Στρωματογραφικές στήλες και περιβαλλοντα αποθεσης Παλαιογενών σχηματισμών λεκάνης Αξιού-θερμαϊκού από τις γεωτρήσεις POS-1, KAS-3, EP-1, KO-1 και YA-1.

Fig.5: Stratigraphic columns and depositional environments of the Paleogene formations in Axios-Thermaikos basin from the wells POS-1, KAS-3, EP-1, KO-1 and YA-1.

1 (KO-1), από την περιοχή της Επανομής η γεώτρηση ΕΠΑΝΟΜΗ-1 (EP-1) και από τη χερσόνησο της Κασσάνδρας οι γεωτρήσεις ΚΑΣΣΑΝΔΡΑ-3 (KAS-3) και ΠΟΣΕΙΔΙ-1 (POS-1) (Σχ.5).

1. Λεκάνη Αξιού

Η γεώτρηση ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ-1 (YA-1) βρίσκεται στις βορειοδυτικές παρυφές της λεκάνης και διάτρησε συνολικά 1570 μ. Παλαιογενών ιζημάτων (Σχ.5). Τα ιζήματα είναι στο σύνολό τους ρηχής θάλασσας με κατεύθυνση τροφοδοσίας από τα ΒΔ και η απόθεσή τους άρχισε στο Ανωτ. Ηώκαινο. Αποτελούνται κυρίως από εναλλαγές αργίλων και ψαμμιτών. Από τα 1500 μ. και πάνω αποτίθενται ιζήματα λιμνοθαλάσσιας έως χερσαίας φάσης με ψαμμίτες, πολύχρωμες αργίλους, λιγνίτες και κροκαλοπαγή. Η ηλικία των σχηματισμών είναι Ανωτ. Ηώκαινο-Κατ. Ολιγόκαινο. (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, 1967).

Οι επιφανειακές εμφανίσεις των Παλαιογενών σχηματισμών είναι πολύ περιορισμένες και τα πάχη τους δεν ξεπερνούν τα 10-20 μέτρα. Η ηλικία των σχηματισμών αυτών είναι Ανωτ. Ηώκαινο - Κατ. Ολιγόκαινο (BOURCART 1919, OSSWALD 1938, MERCIER 1960).

Η γεώτρηση ΚΟΡΥΦΗ-1 (KO-1) διερεύνησε μια υψηλή περιοχή προς το εσωτερικό της λεκάνης και διάτρησε συνολικά 1536 μ. Παλαιογενών σχηματισμών (σχ.5).

Η ηλικία των σχηματισμών αυτών είναι Αν.Ηώκαινο-Κατ.Ολιγόκαινο όπως συνάγεται από τα σεισμικά και την γειτονική γεώτρηση (2 km) ΚΟ-2 που έγινε πρόσφατα (1992). (Προφορική ανακοίνωση από ΤΣΑΙΛΑ-ΜΟΝΟΠΩΛΗ). Στη στρωματογραφική στήλη διακρίνουμε στη βάση κροκαλοπαγή και στη συνέχεια σχηματισμούς ρηχής θάλασσας με καθαρούς ψαμμίτες (πιθανώς επικλυσιογενείς) σε εναλλαγές με αργίλους. Στη συνέχεια από τα 2880 μ. το περιβάλλον βαθύνει και έχουμε αποθέσεις αργίλων-ψαμμιτών βαθύτερης θάλασσας. Στις ΒΑ παρυφές της λεκάνης η γεώτρηση GIORDINO-2 (GI-2) (θέση στο Σχ.1) συνάντησε στη βάση των παλαιογενών σχηματισμών μια σειρά κροκαλοπαγών και στη συνέχεια 30 μ. περίπου βιοκλαστικών ασβεστολίθων του Αν.Ηώκαινου, για να περάσει γρήγορα σε αργίλους και ψαμμίτες βαθύτερου περιβάλλοντος απόθεσης.

2. Θερμαϊκός Κόλπος - Δυτ.Χαλκιδική

Οι 10 συνολικά χερσαίες γεωτρήσεις που έγιναν στην Δυτ.Χαλκιδική έδωσαν σημαντικές πληροφορίες, για τα περιβάλλοντα απόθεσης και τα πάχη των παλαιογενών σχηματισμών της λεκάνης του θερμαϊκού, δεδομένου ότι είναι τοποθετημένες σε διάφορα σημεία του παλαιοανάγλυφου του Μεσοζωϊκού υποβάθρου και ορισμένες διέτρησαν σχετικά μεγάλα πάχη ιζημάτων, ενώ σε μία από αυτές (KAL-1) απουσίαζαν εντελώς.

Δύο γεωτρήσεις ΕΠΑΝΟΜΗ-1 (EP-1) και ΕΠΑΝΟΜΗ-2 (EP-2) εντόπισαν το κοίτασμα αερίων υδρογονανθράκων της Επανομής (ΡΟΥΣΣΟΣ, 1993).

Οι σχηματισμοί του Μέσου-Ανωτ. Ηώκαινου (Ανωτ. Λουτήσιο).

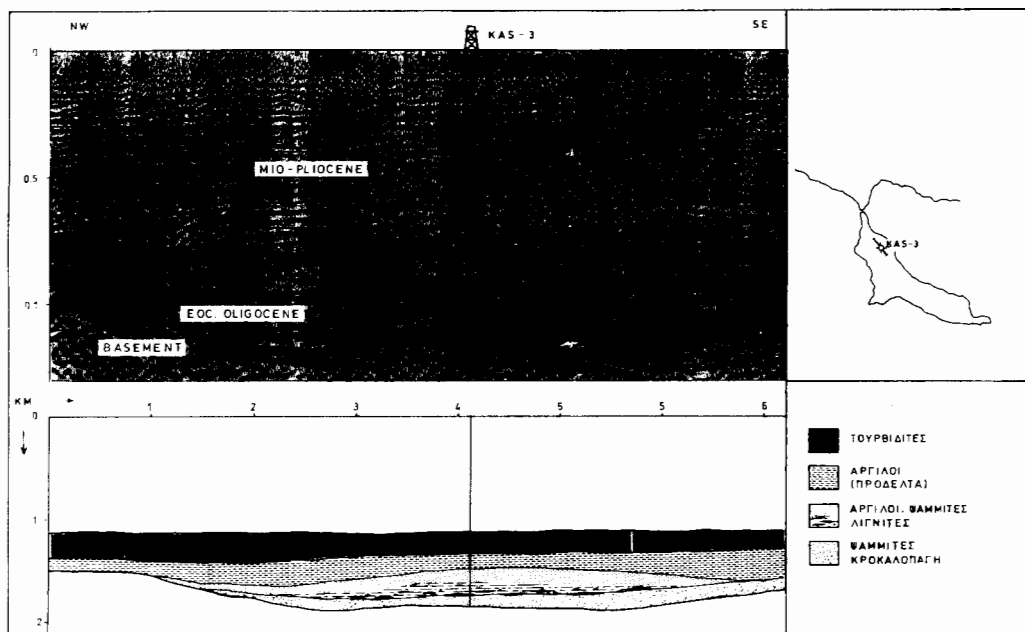
Στη γεώτρηση ΚΑΣΣΑΝΔΡΑ-1 (KAS-1) έχουν πάχος λίγων μέτρων και αποτελούνται κυρίως από ασβεστολίθους ρηχής θάλασσας. Στη γεώτρηση EP-1 (σχ.5) αποτελούνται από ασβεστόλιθους που μεταπίπτουν προς τα άνω σε ψαμμίτες και αργίλους. Οι υφαλογενείς ασβεστόλιθοι πρέπει να έχουν μικρή έκταση και πάχος. Έχουν αποτεθεί τοπικά όπου οι συνθήκες ήταν κατάλληλες σε παλαιοτοπογραφικά υψηλά του Μεσοζωϊκού υποβάθρου. Εντοπίστηκαν μόνον στις γεωτρήσεις EP-1 και KAS-1 ενώ στις άλλες γεωτρήσεις βρέθηκαν κλαστικά ιζήματα.

Στη γεώτρηση ΚΑΣΣΑΝΔΡΑ-3 (KAS-3) (σχ.5) οι σχηματισμοί αυτοί αποκτούν τα μεγαλύτερα πάχη. Στην περιοχή αυτή τα σεισμικά ανάκλασης και στη συνέχεια η γεώτρηση εντόπισαν την ύπαρξη φακοειδούς ριπιδίου απόθεσης (σχ.6).

Πρόκειται για δελταϊκό σύστημα που υποχωρεί με την επίκλιση της θάλασσας προς τα Ανατολικά. Έτσι οι ψαμμίτες μεταβαίνουν προς τα άνω σε λιγνίτες και αργίλους και κατόπιν σε εναλλαγές αργίλων και καθαρών ψαμμιτών (για να περάσουν σταδιακά σε προδελταϊκές πιθανώς αργίλους και τέλος σε πελαγικά ιζήματα με εναλλαγές αργίλων και ψαμμιτών με τη μορφή τουρβιδιτών).

Σε άλλες περιοχές έχουν αποτεθεί ιζήματα χερσαία και υφαλμύρων ή ρηχών θαλασσίων υδάτων με λιμνοθαλάσσιους σχηματισμούς, επικλυσιογενείς άμμους, κ.ά. Στη μοναδική επιφανειακή εμφάνιση στον Άγιο Ιωάννη στο νότιο άκρο της χερσονήσου, η βασική σειρά του Ανωτ. Λουτησίου αποτελείται από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και αργίλους υφαλμύρων και ρηχών θαλασσίων υδάτων. (ΓΑΡΔΙΚΑΣ 1934, ΚΥΗΝ 1934, ΙΓΜΕ-GUY-ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ 1969).

Η γεώτρηση που έγινε στο ακρωτήριο Ποσειδί (POS-1) διάτρησε 400 μ. ιζημάτων της κατώτερης σειράς (σχ.5). Στο κατώτερο τμήμα έχουν αποτεθεί ιζήματα θαλασσοποτάμιου περιβάλλοντος με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, λιγνίτες και αργίλους. Το περιβάλλον εξελίχθηκε προς τα άνω σε βαθύτερο με την καταβύθιση της λεκάνης και την επίκλυση πλέον απομακρυσμένων φάσεων. Η παρουσία αργιλικών κροκαλοπαγών-λατυποπαγών, καθώς και η συνύπαρξη σπόρων χερσαίων φυτών και πελαγικών απολιθωμάτων δείχνει ότι το περιβάλλον μπορεί να ήταν αρκετά βαθύ και πλησίον απότομων κλιτύων (ΤΣΑΙΛΑ-ΜΟΝΟΠΩΛΗ, ΙΩΑ-ΚΕΙΜ, 1981-1991) Η πηγή των ιζημάτων αυτών είναι ηπειρωτική από τα Ανατολικά περιθώρια της λεκάνης. (ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ 1990). Στα ιζήματα του Μέσου -



Σχ.6: Σεισμική γραμμή στη χερσόνησο της Κασσάνδρας και γεωλογική ερμηνεία του πακέτου των ιζημάτων Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου της παραπάνω σεισμικής γραμμής.

Fig.6: Seismic line at Kassandra peninsula and geological interpretation of the Eocene-Oligocene section present in the above seismic line.

Ανωτ.Ηωκαίνου (Ανωτ.Λουτήσιου) αναγνωρίστηκε η ακόλουθη μικροπανίδα (γεωτρήσεις KAS-1,EP-1): *Fabiania cassis*, *Solenomeris ogormani*, *Charmanina gassinensis*, *Halkyardia minima*, *Nummulites ex.gr.laevigatus*, *Melobesioidea*, *Grzybowskiia sp.* (ΤΣΑΙΛΙΑ-ΜΟΝΟΠΩΛΗ, ΣΟΛΑΚΙΟΥΣ, ΚΑΡΡΑΣ, 1988-1991).

Οι σχηματισμοί του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου.

Κατά τη διάρκεια του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου η θάλασσα βαθαίνει γρήγορα και έχουμε απόθεση πελαγικών κλαστικών ιζημάτων.

Αποτελούνται κυρίως από λεπτόκοκκα ιζήματα, απομακρυσμένων φάσεων, αργίλους και λεπτοστρωματώδεις ψαμμίτες που έχουν αποθεθεί με τη μορφή τουρβιδιτών, σ'ένα περιβάλλον βαθύ νηριτικό έως βαθύαλο. (γεωτρήσεις EP-1, KAS-3, POS-1).

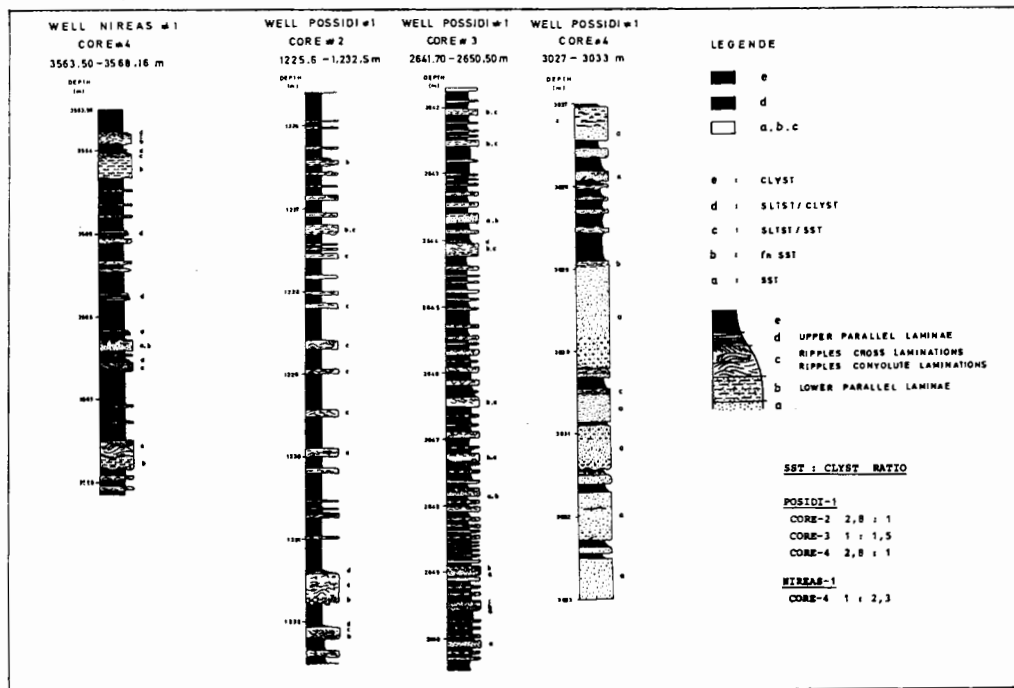
Οπου οι συνθήκες ήταν κατάλληλες με μεγαλύτερη προσφορά χονδροκλαστικού υλικού, έχουν αποθεθεί και παχύτερα στρώματα ψαμμιτών με τη μορφή κοντινών τουρβιδιτών (γεώτρηση POS-1).

Στη γεώτρηση ΠΟΣΕΙΔΑ-1 (POS-1) διατρήθηκε το μεγαλύτερο πάχος των ιζημάτων του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου (Σχ.5). Αποτελεί κλασικό παράδειγμα συστήματος που υποχωρεί, σαν αποτέλεσμα συνεχούς καταβύθισης της λεκάνης και επίκλυσης της θάλασσας προς τα Ανατολικά. Ετσι στα κατώτερα μέλη (3200-2700 μ.) έχουμε τις εγγύτερες φάσεις και σταδιακά προς τα ανώτερα τις πιο απομακρυσμένες.

Το περιβάλλον είναι γενικά πελαγικό (βαθύαλο) και οι πηγές τροφοδοσίας για μεν τα κατώτερα μέλη είναι κυρίως το ηπειρωτικό Ανατολικό περιθώριο της λεκάνης, (ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ 1990) αλλά και απομακρυσμένες πηγές από το Δυτικό περιθώριο, ενώ στα ανώτερα μέλη η επίδραση των κοντινών πηγών ελαττώνεται με αποτέλεσμα να έχουμε σταδιακά απόθεση λεπτομερέστερου υ-

λικού (αργίλοι- λεπτοί τουρβιδίτες) από τις απομακρυσμένες πηγές τροφοδοσίας.

Η διαφοροποίηση αυτή των σχηματισμών φαίνεται χαρακτηριστικά στην περιγραφή των πυρήνων που πάρθηκαν σ'αυτή τη γεώτρηση (Σχ.7). Ο πυρήνας αρ. 4 (βάθος 3027-3033 μ.) αποτελείται κυρίως από ψαμμιτικούς πάγκους πάχους 10 εκατ. - 1,20 μ.



Σχ.7: Πυρήνες γεωτρήσεων POS-1 και NR-1.

Fig.7: Cores from wells POS-1 and NR-1.

Ο πυρήνας αρ. 3 (βάθος 2641,7-2650,5 μ.) αποτελείται από εναλλαγές αργίλων-ψαμμιτών. Το πάχος των ψαμμιτών κυμαίνεται από 2-15 εκ. (μέγιστο 25 εκ.).

Ο πυρήνας αρ. 2 (1225,6-1232,5 μ.) αποτελείται κυρίως από αργίλους που εναλλάσσονται με λεπτά στρώματα ψαμμιτών πάχους 2-10 εκατ. (μέγιστο 40 εκατ.).

Στο ίδιο Σχήμα (7) έχει συμπεριληφθεί και ο πυρήνας αρ. 4 της θαλάσσιας γεώτρησης ΝΗΡΕΑΣ-1 (NR-1), ο οποίος είναι συγκρίσιμος με τον υπ'αρ. 2 της γεώτρησης ΠΟΣΕΙΔΙ-1.

Το σημερινό Ανατολικό όριο της Παλαιογενούς λεκάνης στη χερσόνησο της Κασσάνδρας ακολουθεί κατά προσέγγιση τις Ανατολικές ακτιές της χερσονήσου ενώ στην περιοχή του Ποσειδίου (γεώτρηση POS-1), αποκτά μεγαλύτερα πάχη (2600 μ.). Στο Νότιο Θερμαϊκό κόλπο Δυτικά της Κασσάνδρας τα πάχη των Παλαιογενών σχηματισμών φθάνουν τα 4000 μ. Στα ιζήματα του Ανωτ.Ηωκαίνου-Κατ.Ολιγοκαίνου αναγνωρίστηκε η ακόλουθη μικροπανίδα (γεωτρήσεις POS-1, KAS-3, EP-1): *Globorotalia cerroazulensis*, *Globigerina angiporoides*, *Globigerina cryptomphala*, *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina prebuloides*, *Globigerina gortanii*. (ΤΣΑΙΛΑ-ΜΟΝΟΠΩΛΗ, ΣΟΛΑΚΙΟΥΣ, ΚΑΡΡΑΣ, 1988-1989). Επίσης αναγνωρίστηκε και η ακόλουθη μικροχλωρίδα (γεώτρηση POS-1): *Angleoredia cyclops*, *Arecipites convexus*, *Scabra tricolorites*, *Pseudo rugulatus*, *Cicatricosisporites*

3. Γενική Δομή και Στρωματογραφία της Λεκάνης Αξιού-Θερμαϊκού

Η ιζηματογένεση αρχίζει στη λεκάνη Αξιού-Θερμαϊκού στο Μέσο-Ανώτερο Ηώκαινο (Ανώτερο Λουτήσιο) με ιζήματα υφαλμύρων και ρηχών θαλάσσιων υδάτων. Πιθανόν σε ορισμένες περιοχές προς τα κεντρικά σημεία της λεκάνης, το περιβάλλον να γίνεται βαθύτερο (περίπτωση γεώτρησης ΠΟΣΕΙΔΑΙ-1). Ανάλογα με την παλαιοτοπογραφία του υποβάθρου και τις τοπικές συνθήκες προσφοράς υλικού, έχουμε αποθέσεις δελταϊκές (με τα μεγαλύτερα γνωστά πάχη), λιμνοθαλάσσιους σχηματισμούς, επικλυσιογενείς άμμους και υφαλογενείς ασβεστολίθους.

Οι σχηματισμοί του Ανωτ. Λουτήσιου έχουν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη στις Νότιες και Ανατολικές παρυφές της λεκάνης. Βορειότερα στη λεκάνη του Αξιού στις μεν Δυτικές περιοχές οι σχηματισμοί αυτοί απουσιάζουν και οι πρώτες αποθέσεις τοποθετούνται στο Ανωτ. Ηώκαινο, στις δε Ανατολικές πιθανόν η ιζηματογένεση να άρχισε όπως και στην υπόλοιπη λεκάνη στο Ανωτ. Λουτήσιο ή και λίγο αργότερα μεταξύ Ανωτ. Λουτησιού και Ανωτ. Ηωκαίνου (Εμφανίσεις περιοχής Κιλκίς-Γευγελή).

Στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του Ανωτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου, η θάλασσα κατακλύζει όλες τις περιοχές και η λεκάνη καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη της έκταση. Με τη συνεχή και γρήγορη καταβύθιση το περιβάλλον γίνεται πελαγικό (βαθύ νηριτικό έως βαθύαλο) με αποθέσεις κλαστικών ιζημάτων βαθύτερης θάλασσας (τουρβιδίτες). Οι κυριότερες πηγές τροφοδοσίας των ιζημάτων τοποθετούνται στις Δυτικές και Βορειοδυτικές παρυφές της λεκάνης δηλαδή στην Πελαγονική Ζώνη.

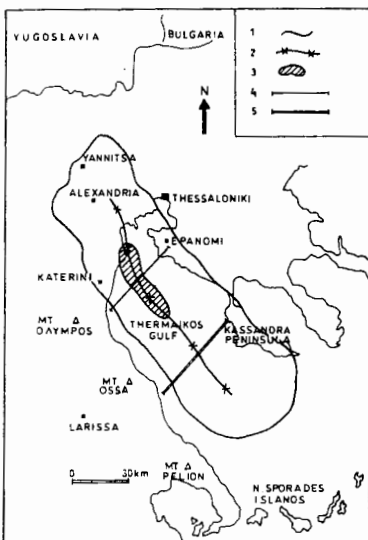
Η προσφορά υλικού από το Ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο της λεκάνης είναι μικρή και περιορίζεται στα κατώτερα μέλη και σε ορισμένες περιοχές.

Το μοντέλο απόθεσης στις Ανατολικές περιοχές της λεκάνης είναι επικλυσιογενές με γενική οπισθοχώρηση του συστήματος πάνω στην υφαλοκρηπίδα και την ηπειρωτική κατώφλεια, με τις βαθύτερες και πλέον απομακρυσμένες φάσεις να καλύπτουν τις εγγύτερες και ρηχότερες.

Η γρήγορη καταβύθιση και η μεγάλη προσφορά υλικού, είχε σαν αποτέλεσμα τη συσσώρευση μεγάλου πάχους ιζημάτων.

Η βασική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό της έκτασης και του πάχους των παλαιογενών ιζημάτων είναι η ερμηνεία των σεισμικών ανάκλασης (ΑΣΙΜΝΙΩΤΟΥ 1983-1990). Η σημερινή έκταση των Παλαιογενών σχηματισμών της λεκάνης Αξιού-Θερμαϊκού φαίνεται στο σχήμα 8.

Ο σημερινός άξονας της λεκάνης είναι σε διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ και τοποθετείται σε γενικές γραμμές στο κέντρο του Θερμαϊκού κόλπου. Σε σχέση με τα σημερινά όρια της Παλαιογενούς

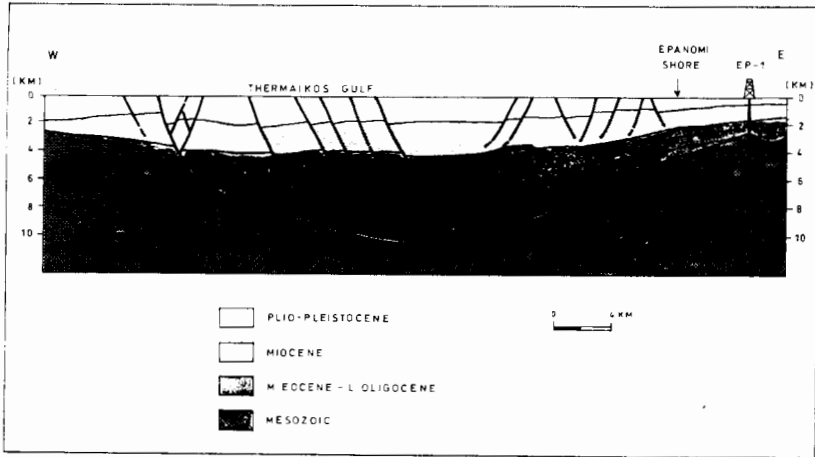


Σχ. 8: Εξάπλωση του Παλαιογενούς στη λεκάνη Αξιού - Θερμαϊκού. 1. Όρια Παλαιογενών σχηματισμών. 2. Άξονας Παλ. λεκάνης. 3. Περιοχή μέγιστου πάχους ιζημάτων. 4. Θέση γεωλογικής τομής σχ. 9.

Fig. 8: Extension of Paleogene formations in Axios - Thermaikos basin 1. Boundaries 2. Basin axis. 3. Area of maximum thickness of sediments. 4. Location of the geological section in fig. 9.

λεκάνης ο άξονας βρίσκεται πλησιέστερα στις δυτικές παρυφές (στη θαλάσσια περιοχή) λόγω της ασύμμετρης διάβρωσης, που ήταν ισχυρότερη στα Δυτικά.

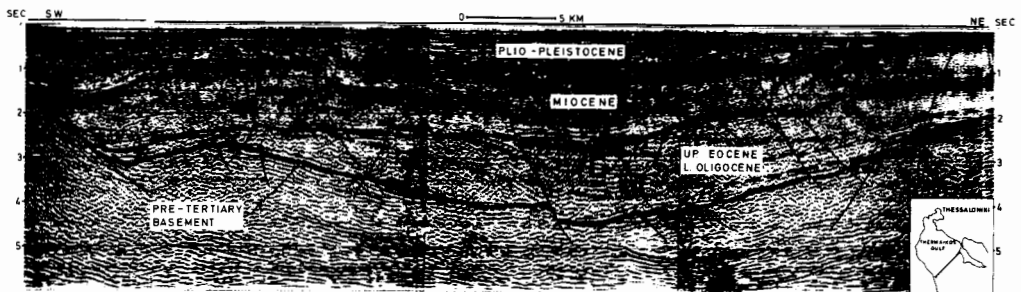
Τα μέγιστα σημερινά πάχη εντοπίζονται στον Βόρειο Θερμαϊκό Κόλπο (5-6000μ.), όπου οι Παλαιογενείς σχηματισμοί βυθίζονται σε μεγάλα βάθη. Το σύνολο των ιζημάτων Παλαιογενούς - Νεογενούς στη περιοχή αυτή ξεπερνά τα 10.000 μέτρα όπως φαίνεται στη τομή του σχήματος 9 (θέση τομής στο χάρτη του σχήματος 8). Η διάβρωση των Παλαιογενών σχηματισμών στη λεκάνη του Θερμαϊκού είναι ισχυρή. Τα διαγράμματα της μεθόδου MAGARA για τον υπολογισμό του πάχους των διαβρωμένων ιζημάτων δεν μπόρεσαν να δώσουν συγκεκριμέ-



Σχ.9: Γεωλογική τομή στον Βόρειο Θερμαϊκό κόλπο (Για τη θέση της τομής δεξ σχ.8).
Fig.9: Geological cross section in Northern Thermaikos gulf.(For location see fig.8).

να πάχη, είναι όμως ενδεικτικά της μεγάλης διάβρωσης που, όπως θα δούμε παρακάτω, υπολογίζεται σε ορισμένα σημεία με σεισμικές μεθόδους.

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζεται θαλάσσια σεισμική γραμμή η οποία τέμνει εγκάρσια τον άξονα της λεκάνης στο ύψος της χερσονήσου Κασσάνδρας. Εντός του πακέτου των Παλαιογενών ιζημάτων, χαρτογραφούνται ενδεικτικά 3 οριζόντιες. Οι οριζόντιες αυτοί Ανατολικά αποσφηνώνονται στρωματογραφικά στο προτριτογενές υπόβαθρο, ακολουθώντας, όπως αναφέραμε και προηγουμένως τη θαλάσσια επίκλιση προς τα Ανατολικά. Προς τα Δυτικά οι οριζόντιες αυτοί

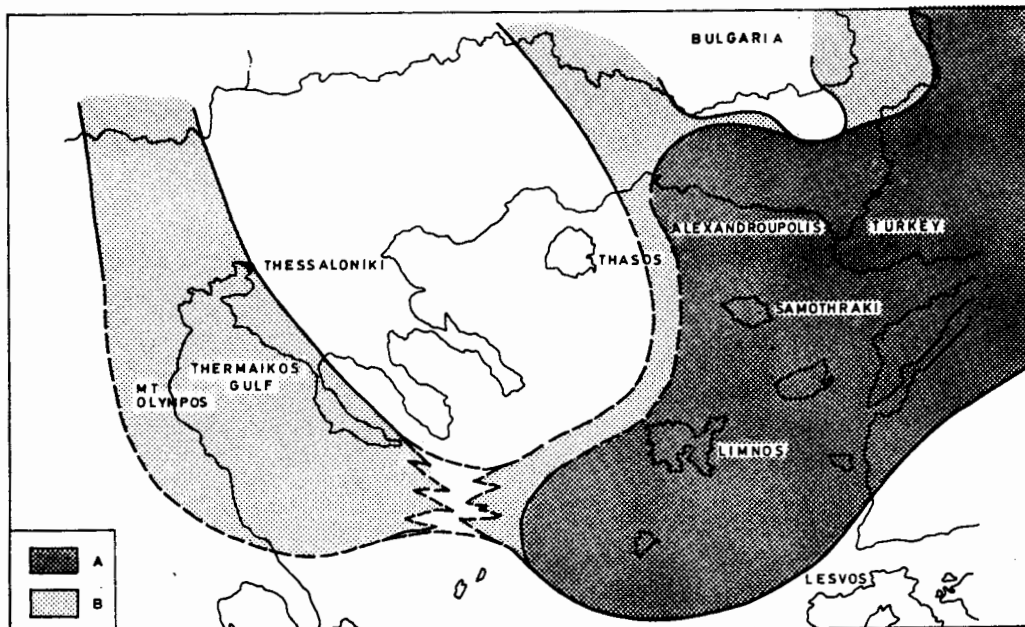


Σχ.10: Σεισμική τομή στον Νότιο Θερμαϊκό κόλπο.

Fig.10: Seismic line in Southern Thermaikos gulf.

αποσφηνώνονται στην ασυμφωνία Μειοκαίνου-Ολιγοκαίνου, λόγω της ισχυρότατης διάβρωσης που ουσιαστικά έχει εξαφανίσει το μεγαλύτερο μέρος των δυτικών παρυφών της αρχικής λεκάνης.

Η ισχυρή αυτή διάβρωση που υπολογίζεται να είναι πάνω από 5000 μ. εντοπίζεται κυρίως στη ζώνη του ορεινού όγκου Ολύμπου-'Όσσας και συνδέεται με την άνοδο και την δημιουργία του ομώνυμου παράθυρου. Βορειότερα και Νοτιότερα της ζώνης αυτής, καθώς και στα Ανατολικά, τα πάχη διάβρωσης μειώνονται σημαντικά, αν και παραμένουν μεγάλη σε σχέση με τις άλλες παλαιογενείς λεκάνες. Όσον αφορά στο περιβάλλον απόθεσης των διαβρωμένων σχηματισμών είναι άγνωστο, εκτιμάται όμως ότι στα ανώτερα μέλη και κυρίως στη Δυτική πλευρά, θα αναπτύχθηκαν αρκετά παχιές σειρές με ρηχά θαλάσσια και χερσαία ιζημάτα. Ο παλαιογεωγραφικός άξονας τοποθετείται στις Δυτικές περιοχές της σημερινής λεκάνης. Το Δυτικό όριο της Παλαιογενούς Λεκάνης πρέπει να βρισκόταν δυτικά της οροσειράς Ολύμπου-'Όσσας. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι οι σχηματισμοί που διατρήθηκαν στις θαλάσσιες γεωτρήσεις A-1 και NR-1 αποτελούνται από απομακρυσμένες φάσεις



Σχ.11: Παλαιογεωγραφική εξάπλωση Παλαιογενών Μολασσικών λεκανών Β.Αιγαίου. Α.Μέσο Ηώκαινο. Α+Β.Ανώτ.Ηώκαινο-Κατ.Ολιγόκαινο.

Fig.11: Paleogeographic extension of the Paleogene Molassic basins of the N.Aegean area. A.Middle Eocene. A+B Upper Eocene-Lower Oligocene.

βαθιάς θάλασσας. Το μέγιστο αρχικό πάχος των Παλαιογενών ιζημάτων υπολογίζεται σε 7-9000 μ.

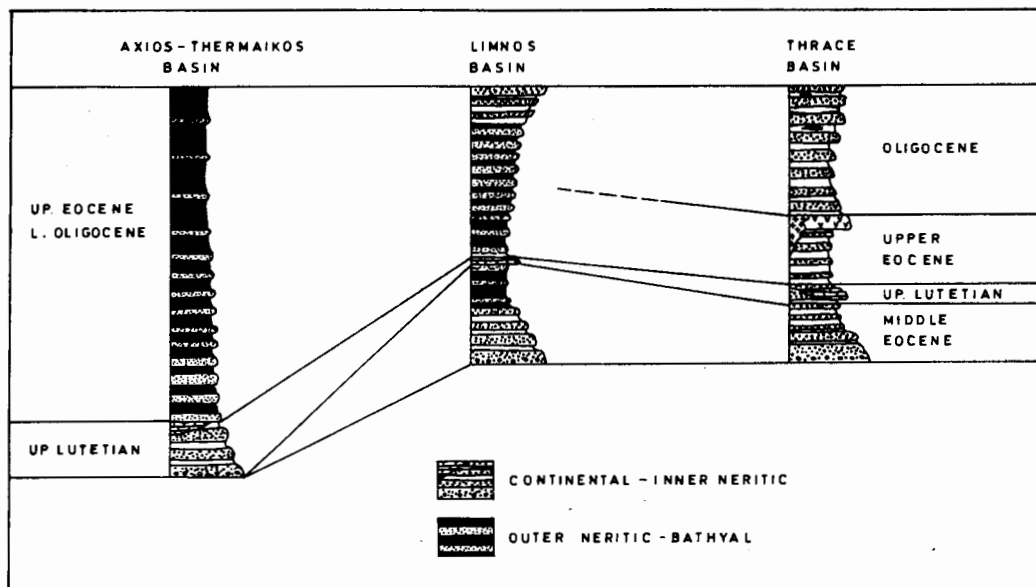
ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Η ιζηματογένεση των Παλαιογενών σχηματισμών της Β. Ελλάδας αρχίζει στις περιοχές Δυτ. Θράκης-Λήμνου στο Μέσο Ηώκαινο (Σχ.11). Οι περιοχές αυτές αποτελούσαν το Δυτικό μέρος της μεγάλης Παλαιογενούς λεκάνης της Θράκης, με Δυτικά και Νότια περιθώρια τη Μάζα της Ροδόπης και τις ζώνες Σερβομακεδονική, Αξιού και Πελαγονική. Στα περιθώρια της Ροδοπικής μάζας στην Ορεσιτιάδα και Θράκη, τα περιβάλλοντα απόθεσης είναι υφάλμυρα έως ρηχά θαλάσσια, ενώ Νοτιότερα αναπτύσσεται η λεκάνη Λήμνου-Αγ. Ευστρατίου που

δέχεται ιζήματα βαθύτερης θάλασσας (Σχ.12).

Στα όρια Μέσου και Ανωτέρου Ηωκαίνου στο Ανωτ. Λουθησίο αρχίζει η δημιουργία της λεκάνης του Θερμαϊκού κόλπου με την διείδυση της θάλασσας από το Νότο (Λήμνος) αλλά πιθανόν και απο Βορρά (Γιουγκοσλαβία).

Χαρακτηριστικό της περιόδου αυτής, είναι η μεγάλη ανάπτυξη των υφαλογενών και νουμουλιτικών ασβεστολίθων κυρίως στις λεκάνες της Δυτ. και Ανατ. Θράκης, του Θρακικού Πελάγους και της Λήμνου. Στην περιοχή του Θερμαϊκού, οι ασβεστόλιθοι αυτοί έχουν περιορισμένη ανάπτυξη και πάχη και αποτέθηκαν βασικά σε παλαιοτοπογραφικά υψηλά του Προτριτογενούς υποβάθρου, με την



Σχ.12: Συνθετικές στρωματογραφικές στήλες και περιβάλλοντα απόθεσης των Παλαιογενών λεκανών του Β.Αιγαίου.

Fig.12: Summarised stratigraphic columns and environments of deposition of the North Aegean Paleogene basins.

κύρια μάζα των αποθέσεων του Ανωτ. Λουθησίου να αποτελείται από ιζήματα υφαλμύρων έως ρηθών θαλάσσιων κλαστικών ιζημάτων.

Κατά τη διάρκεια του Ανωτ. Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου η θάλασσα καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση και κατακλύζει μεγάλες περιοχές (Σχ.11). Η μεγάλη προσφορά υλικού από τις νεαρές ορογενετικές ζώνες Αξιού και Πελαγονικής καθώς και η γρήγορη καταβύθιση δημιουργούν σε ορισμένες λεκάνες μεγάλα πάχη ιζημάτων σε περιβάλλοντα βαθύτερης θάλασσας (Σχ.12).

Η λεκάνη Αξιού-Θερμαϊκού καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση στην ιστορία της από τα σημερινά όρια της Περιοδοπικής Ζώνης στα Βορειοανατολικά μέχρι και πίσω από τον Ολυμπο και την Οσσα στα Νοτιοδυτικά. Βόρεια επεκτείνεται στην Γιουγκοσλαβία ενώ προς τα Νότια και Νοτιοανατολικά περιορίζεται στα ανοικτά του Θερμαϊκού Κόλπου μεταξύ του όρους Πήλιον στη Μαγνησία και του νοτιότερου άκρου των χερσονήσων Σιθωνίας και Κασσάνδρας στη Χαλκιδική. Η θάλασσα της λεκάνης Αξιού-Θερμαϊκού επικοινωνεί βόρεια με την Γιουγκοσλαβία, νοτιοανατολικά με τη θάλασσα της Λήμνου, ενώ υπάρχουν αρκετές πιθανότητες να επικοινωνούσε στο Ολιγόκαινο και με τη θάλασσα της Θεσσαλίας και των Εξωτερικών Ελληνίδων. Το περιβάλλον είναι κυρίως βαθύ νηριτικό έως βαθύαλο με αποθέσεις αργίλων και ψαμμιτών με τη μορφή τουρβιδιτών.

Την ίδια περίοδο στην περιοχή της Λήμνου αναπτύσσεται ένα τυπικό προελαύνον σύστημα με αποθέσεις στην ηπειρωτική κατωφέρεια που καλύπτονται στη συνέχεια από ρηχούς θαλάσσιους και χερσαίους σχηματισμούς (Σχ. 12). Οι πηγές τροφοδοσίας των ιζημάτων είναι στα Νοτιοδυτικά από τη ζώνη Αξιού και Πελαγονική. Τέλος, στο περιθώριο της Ροδοπικής μάζας αναπτύσσονται θαλάσσια συστήματα σε περιβάλλον νηριτικό που συνδέονται νότια με την περιοχή της Λήμνου και Ανατολικά με τη λεκάνη της Ανατολικής Θράκης.

Στο Ανωτ. Ηώκαινο έχουμε έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα στη Θράκη. Στην περιοχή της Λήμνου μικροί ορίζοντες τοφφιδίων αποτελούν τους πλέον απομακρυσμένους μάρτυρες αυτής της ηφαιστειότητας, ενώ στη λεκάνη του Θερμαϊκού απουσιάζει εντελώς.

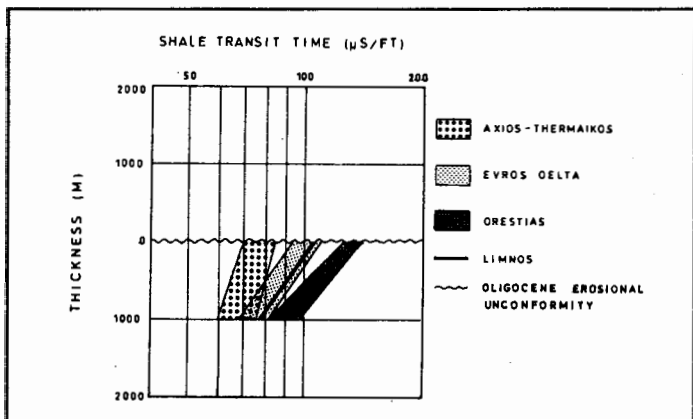
Στο Ανώτερο Ολιγόκαινο η ιζηματογένεση, διακόπτεται (στη Θράκη πιθανόν προς το τέλος του Ολιγοκαίνου) με γενική άνοδο και διάβρωση σ'όλες τις λεκάνες.

Στο διάγραμμα του Σχήματος 13 έχει γίνει προβολή με τη μέθοδο MAGARA, γεωτρήσεων απ'όλες τις Παλαιογενείς λεκάνες. Παρατηρείται σαφής διαφοροποίηση τριών περιοχών: Ορεστιάδας, Δέλτα Εβρου-Λήμνου και Θερμαϊκό.

Στη λεκάνη της Ορεστιάδας έχουμε τα μικρότερα πάχη διάβρωσης και τις χαμηλότερες ταχύτητες ιζηματογένεσης. Στο Δέλτα Εβρου και τη Λήμνο η ταχύτητα ιζηματογένεσης και τα πάχη διάβρωσης παρουσιάζονται αυξημένα. Τέλος, στη λεκάνη του Θερμαϊκού η ταχύτητα ιζηματογένεσης και η διάβρωση είναι υψηλές.

Η διείδυση Πλουτώνιων πετρωμάτων αυτή την περίοδο και η μετανάστευση

της ηφαιστειακής δραστηριότητας στην περιοχή Λήμνου-Αγ. Ευστατίου και Λέσβου στο Κατωτ. Μειόκαινο (FYTIKAS, M. et al., 1984) σηματοδοτούν το τέλος της ανάπτυξης των Παλαιογενών λεκανών του Β. Αιγαίου και την αρχή της δημιουργίας των Νεογενών λεκανών στο χώρο αυτό.



Σχ.13: Προβολή χρόνου μετάδοσης υπερήχων-πάχους Παλαιογενών ιζημάτων (δεδομένα από γεωτρήσεις).

Fig.13: Projection of shale transit time - thickness of Paleogene sediments (data from wells).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Διακρίνονται 3 χώροι ιζηματογένεσης με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά: η λεκάνη Αξιού-Θερμαϊκού, η περιοχή Λήμνου και οι λεκάνες της Δ. Θράκης.

Στο Μέσο Ηώκαινο αρχίζει η δημιουργία των λεκανών της Δ. Θράκης στο Δυτικό περιθώριο της ευρύτερης λεκάνης της Α. Θράκης και Νοτιότερα της λεκάνης της Λήμνου στην οπισθοχώρα της οροσειράς των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής.

Στο Ανωτ. Λουτήσιο αρχίζει η δημιουργία της λεκάνης του Θερμαϊκού Κόλπου, ενώ στο Ανωτ. Ηώκαινο-Κατωτ. Ολιγόκαινο όλες οι λεκάνες δέχονται μεγάλες ποσότητες ιζημάτων και καταλαμβάνουν την μεγαλύτερή τους έκταση. Ιδιαίτερα η λεκάνη του Θερμαϊκού Κόλπου στην οπισθοχώρα της Πελαγονικής οροσειράς δέχεται τεράστιο όγκο ιζημάτων με αποτέλεσμα η λεκάνη αυτή να παρουσιάζει από τις μεγαλύτερες ταχύτητες ιζηματογένεσης και πάχη ιζημάτων

που απαντώνται στο χώρο της Μεσογείου. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ισχυρή διάβρωση που επακολούθησε, είναι δεδομένα που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη στην αξιολόγηση των τεκτονικών φάσεων μεταξύ των Εσωτερικών και Εξωτερικών ζωνών που τοποθετούνται χρονικά στην ίδια περίοδο, καθώς και στη μελέτη των μοντέλων εξέλιξης των Ελληνίδων στην περιοχή.

Με τα υπάρχοντα δεδομένα γίνεται μία λεπτομερής καταγραφή των περιβαλλόντων απόθεσης τοπικά και χρονικά για τους 3 αυτούς χώρους ιζηματογένεσης.

Συνοπτικά και όσον αφορά την κύρια μάζα των ιζημάτων, στις λεκάνες της Θράκης έχουμε ιζήματα κυρίως νηριτικού περιβάλλοντος, στον θερμαϊκό βαθύ νηριτικό έως βαθύαλο με μεγάλα πάχη των μεσαίων και μακρυνών φάσεων, στη δε Λήμνο έχουμε την ανάπτυξη ενός τυπικού προελαύνοντος συστήματος ηπειρωτικής καταφέρειας-υφαλοκρηπίδας.

Τέλος, καθορίζονται σε γενικές γραμμές τα πάχη των ιζημάτων, τα σημερινά όρια των λεκανών αυτών και γίνεται μία εκτίμηση της παλαιογεωγραφικής τους εξάπλωσης και της επικοινωνίας με γειτονικές λεκάνες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- ΑΞΙΜΝΙΩΤΟΥ Ο. (1983-1990). Ερμηνείες σεισμικών ανάκλασης θερμαϊκού κόλπου. Εσωτερικές εκθέσεις ΔΕΠ-ΕΚΥ.
- BINGOL, E. (1976). Geotectonic evolution of Western Anatolia. Bull. Soc. Geol. France, (7), t. XVIII, No 2, p.431-450.
- BOURCART, J. (1919). Sur la presence du Priabonien dans la region de Salonique C.R.Ac.Sc.855-856, Paris.
- BRINKMANN, R. (1976). Geology of Turkey. Elsevier. Amsterdam.
- ΓΑΡΔΙΚΑΣ, Χ. (1934). Ανεύρεσις Παλαιογενοϋς επι της ΝΑ Κασσανδρείας. Επιστ.Επετ.Φυσικ.Σχ.Πανεπ.Θεσ/κης.
- ΓΑΡΔΙΚΑΣ, Χ. (1939) Πετρολογικός Χάρτης Χερσονήσου Κασσάνδρας Θεσσαλονίκη.
- ΓΕΩΡΓΑΛΑ, Δ., (1987,1994). Ιζηματολογική μελέτη γεώτρησης ΚΑΣ-3 και αναλύσεις X-Ray δειγμάτων νήσου Λήμνου. Εσωτερικές εκθέσεις ΔΕΠ-ΕΚΥ.
- DERCOURT, J., ZONENSHAIN, L.P., RICOU, L.E., KAZMIN, V.G., LE PICHON, X., KNIPPER A.L., GRANDJACQUET, C., SBORTSHIKOV, I.M., GEYSSANT, J., LEPVRIER, C., PERCHERSKY, D.H., BOULIN, J., SIBUET, J.C., SAVOSTIN, L.A., and BIJU-DUVAL, B. (1986). Geological evolution of the Tethys Belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias. Tectonophysics, V.123, p.241-315.
- ΓΥΤΙΚΑΣ, Μ., INNOCENTI F., MANETTI P., MAZZUOLI R., PECCERILLO A. and VILLARI L. (1984). Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. In: The geological evolution of the Eastern Mediterranean (Ed. by J.E. Dixon and A.H.F. Robertson), p.687-700. Spec. Publ. geol. Soc. London, No 17, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- ΓΥΜΕ, (1969). Γεωλογικός χάρτης 1:50.000, Χερσ.Κασσάνδρας, Αθήνα. Απο GUY-MΠΟΡΝΟΒΑ.
- ΓΥΜΕ, (1972). Γεωλογικός χάρτης 1:50.000 νήσου Σαμοθράκης, Αθήνα. Από Κ.Ο. HEIMANN, H. LEBKUCHNER και W. KRETZLER.
- ΓΥΜΕ, (1980). Γεωλογικός χάρτης 1:50.000 φύλλο. ΦΕΡΡΑΙ-ΠΕΠΛΟΣ-ΑΙΝΟΣ, Αθήνα. Από Π. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟ.
- ΓΥΜΕ, (1993). Γεωλογικός χάρτης 1:50.000 νήσου Λήμνου, φύλλα ΜΥΡΙΝΑ και ΜΟΥΔΡΟΣ, Αθήνα. Από Ν. ΡΟΥΣΣΟ.
- ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Ε., ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1958). Περί της παρουσίας τρηματοφόρων τινών α) του Μαιστριχτίου εις την περιοχήν Νευρουπόλεως β) του Ανωτ. Λουπησίου εις την περιοχήν Κίρκης (Θράκη) Bull. Geol. Soc. Gr., 3, p.46-49.
- ΚΑΡΑΝΤΑΣΗ, Σ. (1982-1988). Πετρογραφικές αναλύσεις νήσου Λήμνου. Εσωτερικές εκθέσεις ΔΕΠ-ΕΚΥ, ΓΥΜΕ.

- KAPPAS, N., ΣΟΛΑΚΙΟΥΣ, Ν., (1988,1989). Μικροπαλαιοντολογικές, Στρωματογραφικές μελέτες γεωτρήσεων KAS-1,2,3, EP-1,2. Εσωτερικές εκθέσεις ΔΕΠ-ΕΚΥ, ΙΓΜΕ.
- KOPP, Κ.Ο. (1966). Geologie Thrakiens III. Ann.Geol.Pays Helleniques, 16,p.315-362.
- KUHN, O. (1934). Ein Eocanvorkommen auf.Chalkidike.Centralbl.f.Min. etc.Jahrg. Abt.B,No3,s.125-136,Stuttgart.
- LALECHOS, N. (1986). Correlations and observations in molassic sediments in onshore and offshore areas of Northern Greece. Mineral Wealth, 42,p.7-34.
- MAGARA, K. (1978). Compaction and fluid migration. Elsevier.Amsterdam.
- MERCIER, J. (1960). Sur la geologie de la Macedoine occidentale: Remarques sur l'Eocene transgressif de Chorighi.Ann.Geol.Pays Hellen.11,313-319 Athenes.
- NOUSSINANOS, T. (1991). Classification of hydrocarbon basins of NE GREECE. Mineral Wealth,73,p.33-56.
- OSSWALD K.(1938). Geologische Geschichte von Griechich - .Nordmakedonien. Denkschr.geol.Landesanstalt von Griechenland. Min. f. Nationalokonomie), No. 3, 141S, Athen.
- PALEOSERVICES (1973,1986,1987). Μικροπαλαιοντολογικές Στρωματογραφικές μελέτες γεώτρησης ΛΗΜΝΟΣ-1 και νήσου Λήμνου. Εσωτερικές εκθέσεις ΔΕΠ-ΕΚΥ.
- ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Χ.(1990). Ιζηματολογική μελέτη γεώτρησης POS-1. Εσωτερική έκθεση ΔΕΠ-ΕΚΥ, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- PAPP, A. (1953). Erlauterungen zur geologie der insel Limnos. Ann.Geol.Pays Helleniques, 5,p.1-25.
- ΡΟΥΣΣΟΣ, Ν. (1982-1993). Μελέτες, εκθέσεις, αξιολογήσεις περιοχών Αξιού-Θερμαϊκού, Αιγαίου, Λήμνου και Δυτ.Θράκης. Εσωτερικές εκθέσεις ΔΕΠ-ΕΚΥ.
- ROUSSOS, N. (1988). Submarine canyon,slope, and shelf sedimentation in an Upper Eocene-Oligocene progradational system (Limnos island, North Aegean Sea,Greece). Mediterranean Basins Conference and Exhibition, Nice-France, abstract only, AAPG Bulletin, v.72/8.
- ROUSSOS, N. (1993). The Epanomi gas field, Thessaloniki-Greece: a case of naturally fractured reservoir. Bull.Geol.Soc. Greece, Vol XXVIII/2,p.507-523.
- ΤΣΑΙΛΑ-ΜΟΝΟΠΩΛΗ, Σ., ΙΩΑΚΕΙΜ, Χ. (1981-1991). Μικροπαλαιοντολογικές, Παλυνολογικές,Στρωματογραφικές μελέτες γεωτρήσεων DE-1,DE-2,DE-3,OR-3,OR-4,OR-5, POS-1,KAS-1,2,3 και νήσου Λήμνου. Εσωτερικές εκθέσεις ΔΕΠ-ΕΚΥ, ΙΓΜΕ.
- ΧΡΗΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1958). Επί της ηλικίας σχηματισμών τινών της Σαμοθράκης. Bull.Geol.Soc.Gr.3,p.40-45.
- ΧΡΗΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1967). Η γεωλογική κατασκευή της πεδιάδος Θεσσαλονίκης-Γιαννιτσών, ως συνάγεται αυτή εκ της μικροπαλαιοντολογικής ερεύνης του υλικού τριών βαθειών γεωτρήσεων. Bull. Geol. Soc. Gr., VI, 2, p.249-296.