

Πρακτικό	δου	Συνεδρίου	Μάιος	1992
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	ΧΧVIII/2	σελ.	507-523
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		pag.	
			Αθήνα	1993
			Athens	

## ΤΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΑΕΡΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΤΗΣ ΕΠΑΝΟΜΗΣ (ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ). ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΡΩΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Ν.ΡΟΥΣΣΟΣ

### Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Το κοιτάσμα αερίων υδρογονανθράκων της Επανομής Θεσσαλονίκης ανακαλύφθηκε το 1988 με τη γεώτρηση ΕΠΑΝΟΜΗ-1, σε βάθος 2.605 μ. Το 1989 εκτελέστηκε η γεώτρηση ΕΠΑΝΟΜΗ-2 σε μια μικρότερη αναθόλωση της ίδιας δομής και έδωσε μια μέγιστη παραγωγή 19x10<sup>6</sup> FT<sup>3</sup>/ημέρα και μικρές ποσότητες ελαφρού πετρελαίου.

Το κοιτάσμα βρίσκεται σε δομή που σχηματίζει το Μεσοζωικό παλαιοανάγλυφο, καλυμμένο από τριτογενή ιζημάτα.

Η τροφοδοσία του κοιτάσματος πιστεύεται ότι γίνεται πλευρικά από βαθύτερα σημεία της λεκάνης του θερμαϊκού, από μητρικά πετρώματα Ηωκαινικής ηλικίας που έχουν εντοπιστεί στα κατώτερα μέλη της σειράς των ιζημάτων του Ηωκαινού-Ολιγοκαινού.

Ο ταμειευτήρας του κοιτάσματος αποτελείται βασικά από Μεσοζωικούς ασβεστολίθους του Αν. Ιουρασικού-Κ. Κρητιδικού της υποζώνης Προπαιονίας με πολύ μικρό έως μηδενικό πορώδες και μικρού πάχους Ηωκαινικούς ασβεστόλιθους.

Οι ασβεστόλιθοι διατρέχονται από συστήματα ρωγμών, ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών που δημιουργούν το βασικό και ενεργό πορώδες του ταμειευτήρα και περιέχουν ζώνες τεκτονικών λατυποπαγών και καρστικών εγκοίλων.

Τα χαρακτηριστικά του συστήματος διαρρήξεων είναι :

- Δημιουργία κυρίως από εφελκυστική πολυφασική τεκτονική.
- Διευθύνσεις που κυμαίνονται βασικά από ΒΒΔ μέχρι ΒΒΑ με μεγάλες κλίσεις (60°-80°). Κύρια διεύθυνση η ΒΒΑ.
- Δευτερεύουσες διευθύνσεις κυμαινόμενες ή Α-Δ.
- Το άνοιγμα των ρωγμών κυμαίνεται από 0,2 χιλιοστά μέχρι 3 εκατ. Τιμές μεγαλύτερες των 4 χιλιοστών πιστεύεται ότι αντιστοιχούν σε ισχυρά ρηγματωμένες ή και καρστικοποιημένες ζώνες. Οι ρωγμές σε γενική διεύθυνση Β-Ν είναι καλύτερα διαγεγραμμένες με μεγαλύτερο άνοιγμα.
- Η πυκνότητα των ρωγμών υπολογίζεται ότι μπορεί να φτάσει οριζοντίως σε 1 ρωγή ανά 16 εκατ.

Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου - Ε.Κ.Υ.  
Κηφισίας 199, 151 24 Μαρούσι

Το συνολικό πορώδες των ασβεστολίθων υπολογίζεται σε 1% κατ' ελάχιστο όριο και τα ελάχιστα επί τόπου αποθέματα σε  $500 \times 10^6$  μ<sup>3</sup> φυσικού αερίου.

#### A B S T R A C T

The EPANOMI Gas Field in THESSALONIKI area was discovered in 1988 by the well EPANOMI-1 (EP-1) in 2.605 m depth. In 1989 the EPANOMI-2 (EP-2) well, drilled in a smaller feature of the same structure gave a maximum production of  $19 \times 10^6$  CFD of gas and small quantities of light oil.

The structure is formed by the paleoerosional surface of Mesozoic limestones buried below Tertiary clastic sediments.

The areal closure of the structure is 4 km<sup>2</sup> and the maximum vertical closure is 200 m.

Distal turbidites facies of Upper Eocene - Lower Oligocene age are the excellent cap rock of the field.

Source rocks were found at the lower part of the Eocene-Oligocene sequence in adjacent areas. The hydrocarbons migrated laterally into the reservoir from deeper parts of the Thermaikos basin.

The reservoir is composed of platform type limestones of Up. Jurassic - L. Cretaceous age with very low to zero matrix porosity and locally of thin Eocene limestones.

The limestones are highly fractured. Fractures, faulted zones and Karsts provide the essential effective porosity and permeability.

Outcrop measurements, aerial photos and well logs (such as the F.M.S. Log) was used to determine the following fracture characteristics :

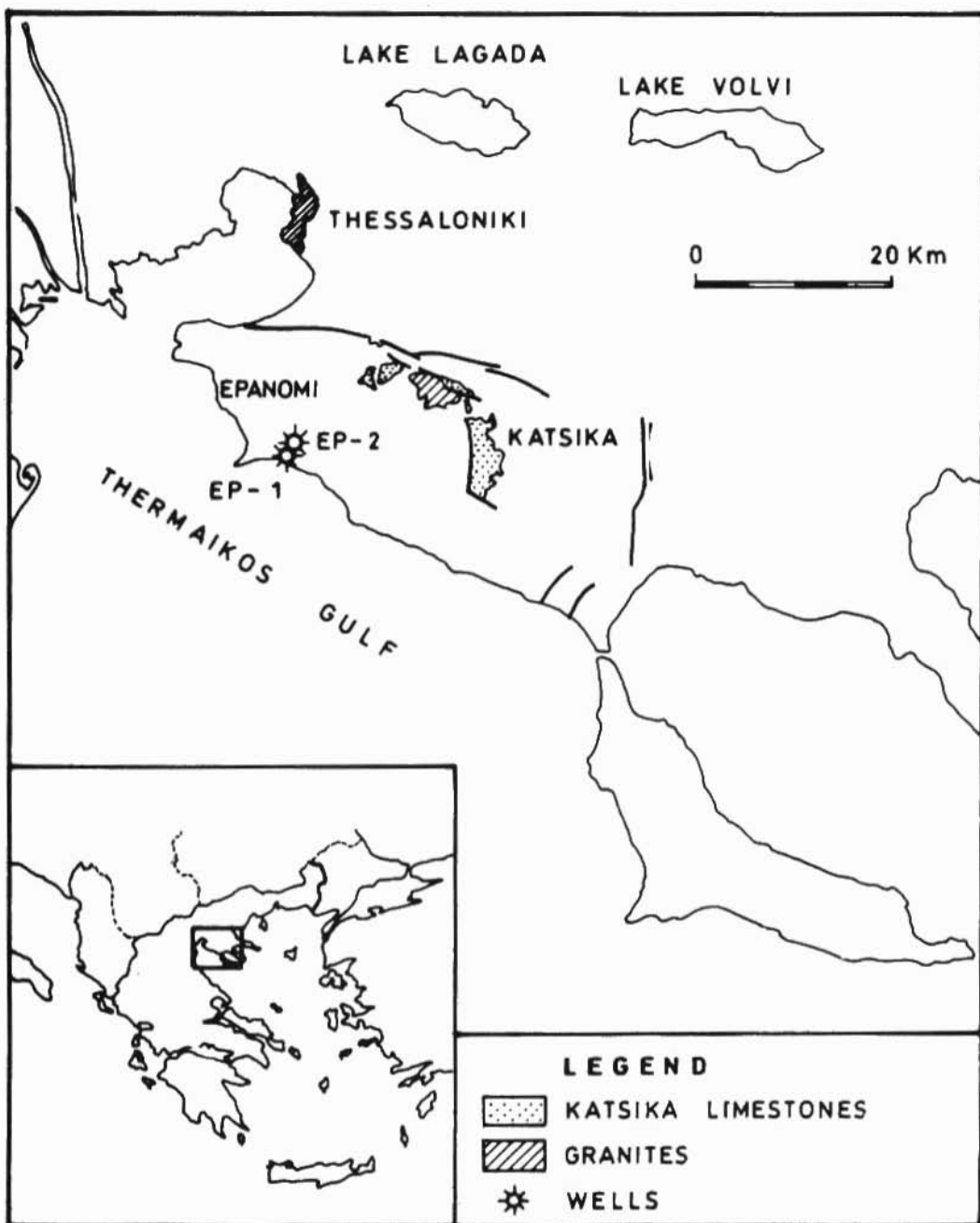
- Open fractures generally formed by tensional tectonics
- Predominant direction, N to NE. Subordinate directions NW-SE and E-W.
- Fracture dips are subvertical (60°-80°)
- Fracture apertures varies from 0,2 mm to 3 cm. The most open are these of N-S general direction. Apertures greater than 4 mm corresponds probably to high fractured zones and Karsts.
- The average fracture spacing is 16 cm.

A minimum porosity of 1% is calculated from these data.

The reserves are estimated to be  $500 \times 10^6$  μ<sup>3</sup> of natural gas.

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.  
Το κείμενο αποτελεί απόσπασμα από το βιβλίο "Ανακαλύφθηκε η επανόμηση των αποθεμάτων αερίων υδρογονανθράκων της επανόμησης ανακαλύφθηκε"



Σχ.1. Γεωγραφική θέση περιοχής Επανομής και εμφανίσεις ασβεστολίθων Κατσίκας.

Fig.1. Location of Epanomi area and outcrops of Katsika limestones.

το 1988 με τη γεώτρηση ΕΠΑΝΟΜΗ-1.

Το 1989 εκτελέστηκε η γεώτρηση ΕΠΑΝΟΜΗ-2 περίπου 1.125 μ ΒΒΑ της γεώτρησης ΕΠΑΝΟΜΗ-1, που επιβεβαίωσε το κοιτάσμα και εντόπισε και μικρές ποσότητες ελαφρού πετρελαίου.

Το κοιτάσμα βρίσκεται στις Ανατολικές παρυφές της λεκάνης του Θερμαϊκού κόλπου στη περιοχή της Επανομής (σχ.1). Η περιοχή αυτή είχε παραχωρηθεί για έρευνα στην Αμερικάνικη εταιρία ANSCHUTZ, η οποία μετά από μία αρνητική γεώτρηση το 1974 εγκατέλειψε την περιοχή.

Η ανακάλυψη του κοιτάσματος είναι το αποτέλεσμα συστηματικής έρευνας που διεξήγαγε η ΔΕΠ-ΕΚΥ στην ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου. Ο εντοπισμός μητρικών πετρωμάτων στα Τριτογενή ιζημάτα, η πιστοποίηση της ωριμότητας και της δυνατότητας των πετρωμάτων αυτών για την παραγωγή αέριων αλλά και υγρών υδρογονανθράκων και οι ευνοϊκές συνθήκες μετανάστευσης κατεύθυναν τις έρευνες στον εντοπισμό κατάλληλων παγίδων στα κατώτερα μέλη και τη βάση της σειράς των μολασσικών ιζημάτων του Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου στις Ανατολικές παρυφές της λεκάνης του Θερμαϊκού κόλπου.

Το κοιτάσμα βρίσκεται σε δομή που σχηματίζει το παλαιοα-νάγλυφο των Μεσοζωϊκών ασβεστολίθων που αποτελούν και τον κύριο ταμειυτήρα του κοιτάσματος.

Οι ασβεστόλιθοι αυτοί με ελάχιστο έως μηδενικό πρωτογενές πορώδες, διατρέχονται από συστήματα ρωγμών, ρηγμαίων και ρηξιγενών ζωνών που δημιουργούν το βασικό και ενεργό πορώδες του ταμειυτήρα.

Για τον καθορισμό των γεωλογικών παραμέτρων και των υδραυλικών χαρακτηριστικών του ταμειυτήρα, χρησιμοποιήθηκαν οι ερμηνείες σεισμικών καταγραφών, οεδομένα και αναλύσεις από τις γεωτρήσεις, καθώς και δεδομένα υπαίθρου από τις εμφανίσεις των ασβεστολίθων του γειτονικού όρους Κατσίκια.

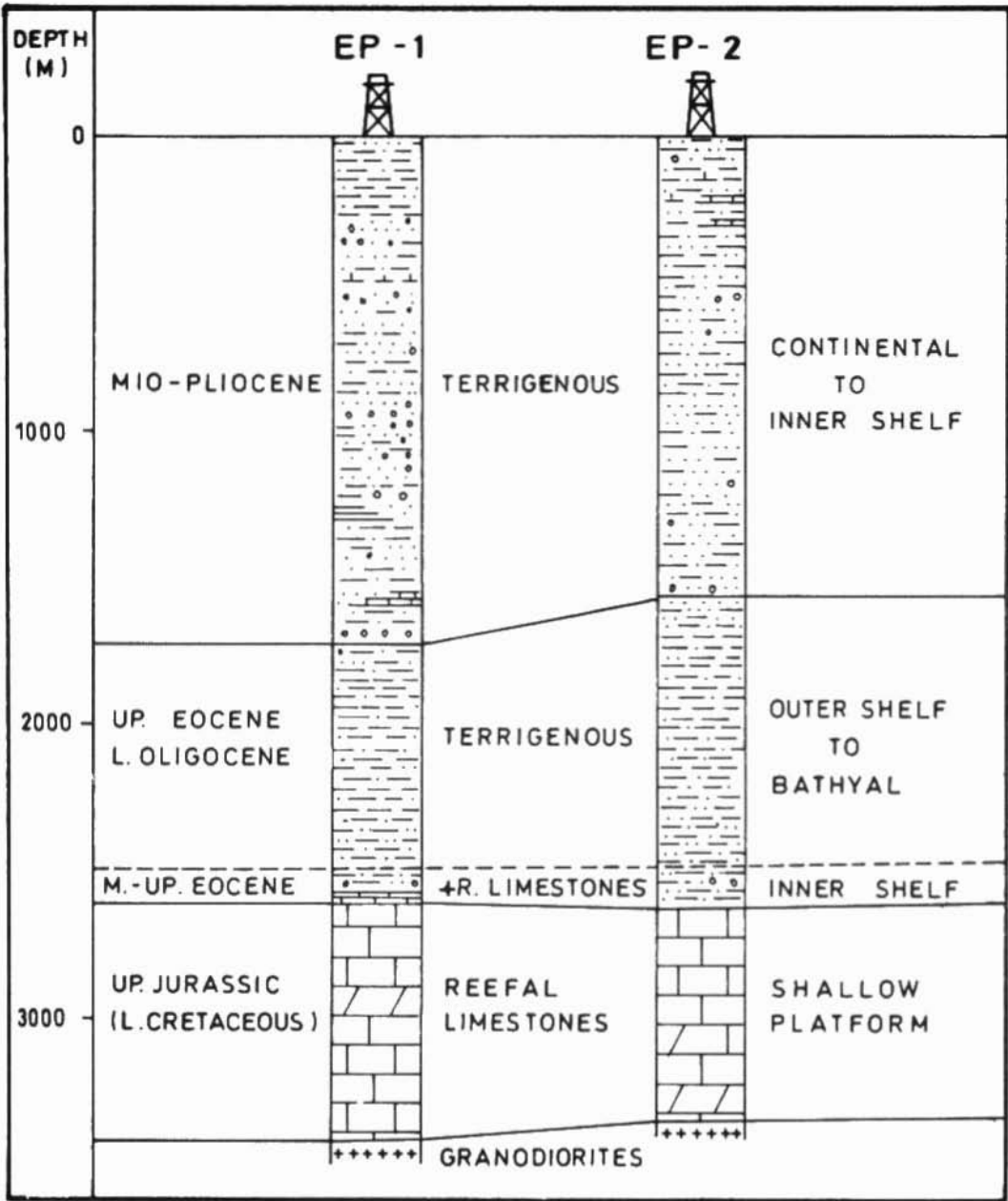
Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στον υπολογισμό του δευτερογενούς πορώδους, που για τον τύπο αυτό των ταμειυτήρων αποτελεί την σημαντικότερη παράμετρο με τις μεγαλύτερες δυσκολίες στον υπολογισμό της.

#### ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΠΑΝΟΜΗΣ

Η περιοχή της Επανομής βρίσκεται στις Ανατολικές παρυφές της Τριτογενούς λεκάνης του Θερμαϊκού. Το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης στη περιοχή αυτή είναι κυρίως οι Μεσοζωϊκοί ασβεστόλιθοι αλλά και γρανοδιορίτες.

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται οι στρωματογραφικές κολώνες των δύο γεωτρήσεων ΕΠΑΝΟΜΗ-1 (ΕΡ-1) και ΕΠΑΝΟΜΗ-2 (ΕΡ-2).

Οι Μεσοζωϊκοί σχηματισμοί αποτελούνται από γρανοδιορίτες και ασβεστολίθους. Οι ασβεστόλιθοι ανήκουν στην υποζώνη Προπαιονίας και η ηλικία τους είναι Μάλμιο στις δύο αυτές γεωτρήσεις έως και Απτιο σε άλλες, υφαλογενών έως παραυφαλογενών φάσεων. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί έχουν υποστεί ισχυρή διάβρωση μέχρι το Μέσο Ηώκαινο, οπότε αρχίζει η δημιουργία της Μολασσικής τριτογενούς λεκάνης του Θερμαϊκού.



Σχ.2. Στρωματογραφικές στήλες γεωτρήσεων ΕΠΑΝΟΜΗ-1 (EP-1) και ΕΠΑΝΟΜΗ-2 (EP-2).

Fig.2. Stratigraphic sections of wells EPANOMI-1 (EP-1) and EPANOMI-2 (EP-2).

Η Ηωκαινική επίκλιση αρχίζει με κλαστικά ιζημάτα ρηχής θάλασσας ηλικίας Μέσου-Ανώτερου Ηωκαίνου. Τοπικά αποτίθενται υφαλογενείς ασβεστόλιθοι της ίδιας ηλικίας (γεώτρηση EP-1). Στη συνέχεια το περιβάλλον βαθαίνει σταδιακά με την απόθεση της πελαγικής σειράς του Ανώτ. Ηωκαίνου-Κατ. Ολιγοκαίνου. Η σειρά αυτή αποτελείται βασικά από αργίλους σε εναλλαγές με λεπτά στρώματα ψαμμιτών (τουρβιδίτες). Ειδικότερα το περιβάλλον απόθεσης κυμαίνεται από βαθύ νηριτικό στα κατώτατα μέλη, μέχρι και βαθύαλο στα ανώτερα.

Κατά τη διάρκεια του Αν. Ολιγοκαίνου-Κατ. Μειοκαίνου έχουμε άνοδο της περιοχής και διάβρωση και στη συνέχεια απόθεση των Μειοπλειοκαινικών ιζημάτων. Οι αποθέσεις αυτές είναι λιμνοχερσαίες έως ρηχές θαλάσσιες και αποτελούνται από εναλλαγές αργίλων-μαργών, ψαμμιτών, άμμων και τοπικά μικροκροκαλοπαγών και ασβεστολίθων.

#### ΔΟΜΗ - ΠΑΓΙΔΕΥΣΗ

Στη σεισμική γραμμή του σχήματος 3 διακρίνουμε τη δομή που σχηματίζει το παλαιοανάγλυφο των Μεσοζωικών ασβεστο-λίθων που καλύπτεται από τα κλαστικά ιζημάτα του Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου που λόγω της αργιλικής κυρίως σύστασής τους αποτελούν το εξαιρετικό πέτρωμα κάλυμμα της δομής. Η μορφή της δομής είναι αντικλινική σε διεύθυνση ΒΒΑ (σχήματα 4, 5) και παρουσιάζει δύο κορυφές, μία σε βάθος 2.600 μ. και μία στα 2.640 μ. περίπου, που τρυπήθηκαν αντίστοιχα από τις γεωτρήσεις EP-1 και EP-2. Καταλαμβάνει συνολικά στο επίπεδο του κλεισίματος (2.800 μ) μία επιφάνεια 4 χλμ<sup>2</sup> περίπου και το μέγιστο κατακόρυφο κλείσιμο είναι 200 μ. στη θέση της γεώτρησης EP-1. Η τροφοδοσία του κοιτάσματος πιστεύεται ότι γίνεται πλευρικά από βαθύτερα σημεία της λεκάνης του Θερμαϊκού, από Μητρικά πετρώματα Ηωκαινικής ηλικίας που έχουν εντοπιστεί στα κατώτερα μέλη της σειράς των ιζημάτων του Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου.

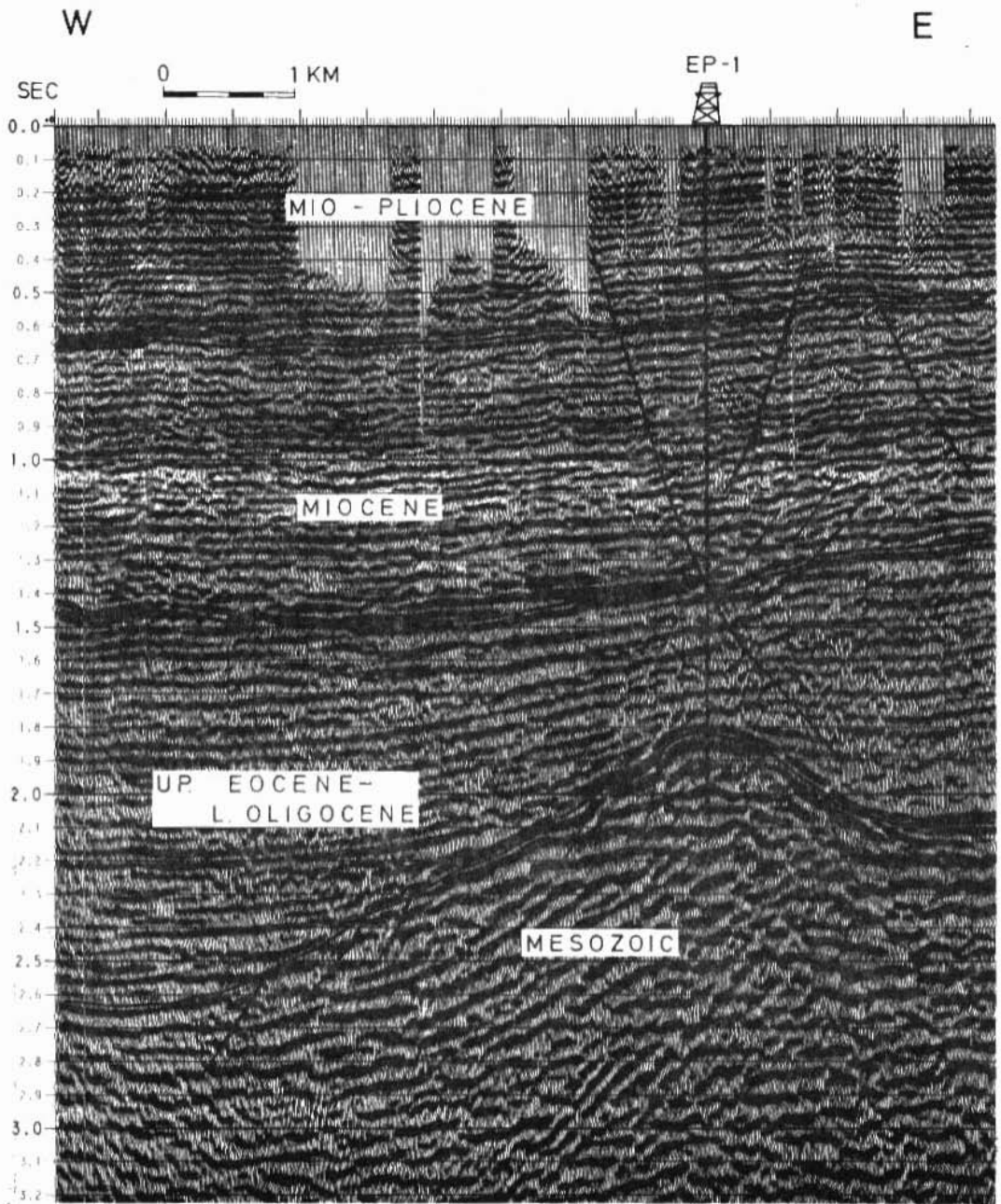
#### ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ

Οι Μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι αποτελούν τον βασικό ταμειυτήρα του κοιτάσματος. Οι Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι που βρέθηκαν στην γεώτρηση EP-1, αν και ποιοτικά αποτελούν καλύτερο ταμειυτήρα, συμμετέχουν ελάχιστα στον συνολικό όγκο της δομής, λόγω της τοπικής τους εξάπλωσης μόνο στο υψηλό της γεώτρησης EP-1 και του μικρού πάχους τους (18 μ).

Το πρωτογενές πορώδες των Μεσοζωικών ασβεστολίθων είναι ελάχιστο έως μηδενικό. Η ισχυρή διαγένεση με τις διάφορες γενεές τσιμέντων, έχει καταστρέψει το αρχικό πορώδες των ασβεστολίθων αυτών. Η δημιουργία δευτερογενούς δολομίτη σε ορισμένα σημεία υπορεί να αυξήσει το πορώδες μέχρι 2-3%.

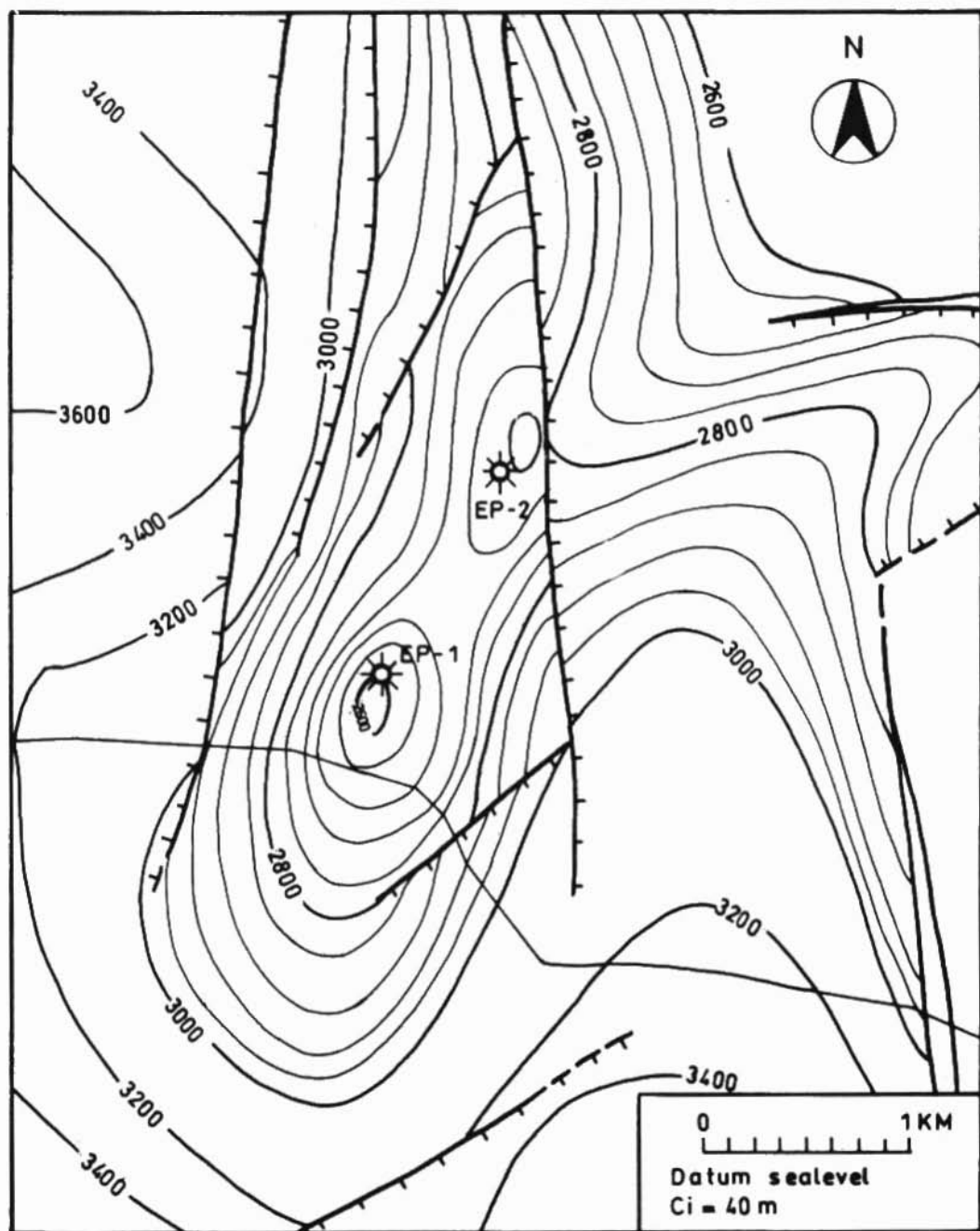
Το βασικό και ενεργό πορώδες του ταμειυτήρα είναι δευτερογενές και εξασφαλίζεται από ένα εκτεταμένο σύστημα ρωγμών, ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών που διατρέχουν τους ασβεστόλιθους, καθώς επίσης και από ζώνες τεκτονικών λατυποπαγών και καρστικών εγκοίλων.

Δεδομένης της πολυπλοκότητας του τύπου αυτών των ταμειυτήρων και της δυσκολίας στον καθορισμό αποφασιστικών παραμέτρων για την αξιολόγηση του κοιτάσματος, όπως το πορώδες, οι διαπερατότητες σε διάφορες κατευθύνσεις και γενικότερα η υδροδυναμική συμπεριφορά,



Σχ.3. Σεισμική γραμμή στο κοίτασμα της Επανομης.

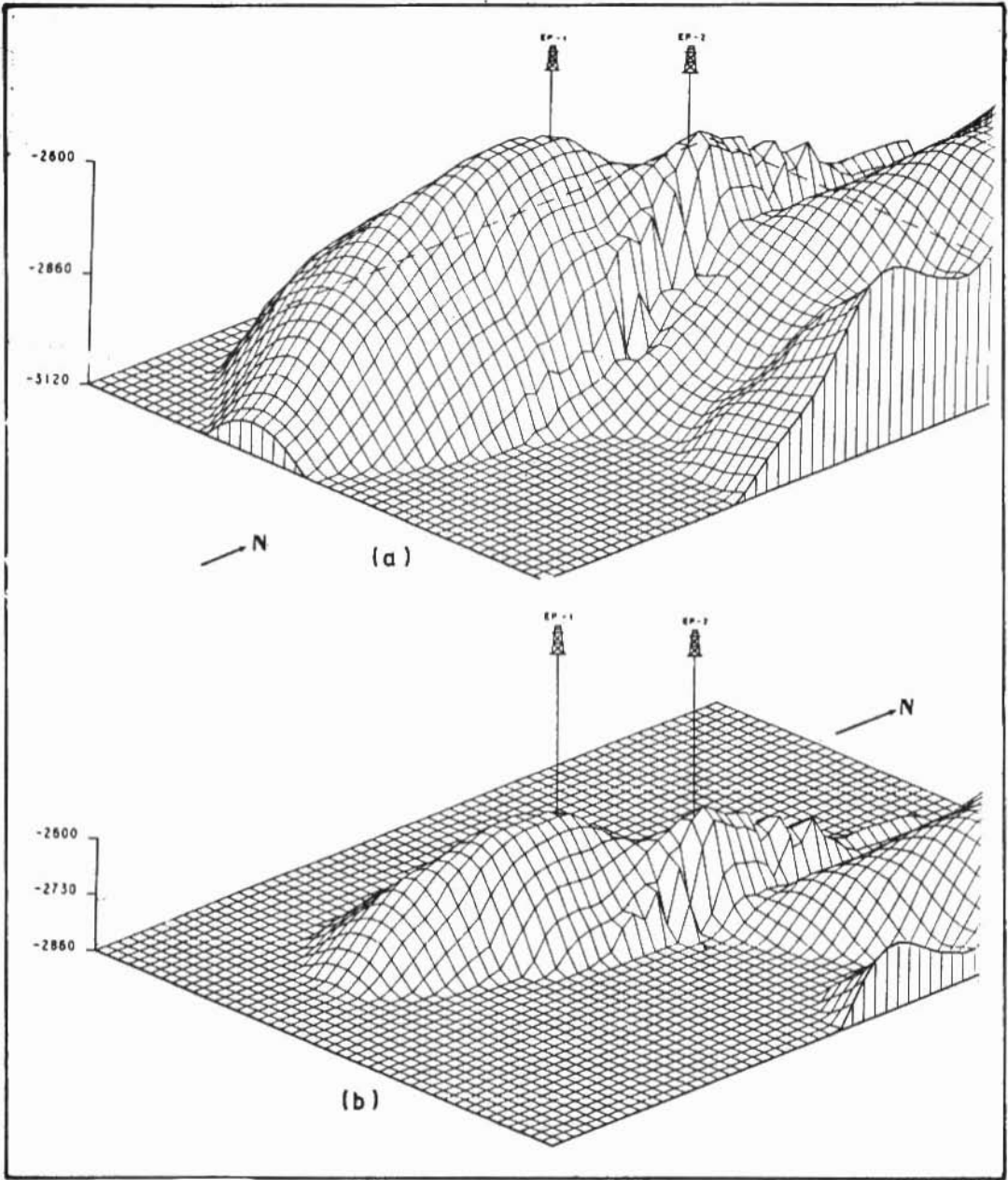
Fig.3. Seismic line across Epanomi field.



Σχ.4. Κοίτασμα αερίου Επανομής. Χάρτης ισοβαθών οροφής Μεσοζωϊκού ασβεστόλιθου.

Fig.4. Epanomi gas field. Isobath map top Mesozoic limestone.





Σχ.5. Στερεοδιάγραμμα δομής Επανομής, (α) μέχρι βάθους 3120 μ. και (β) μέχρι βάθους 2860 μ. κοντά στην πιθανή επαφή αερίου-νερού.

Fig.5. Block diagram of Epanomi structure, (a) up to 3120 m. depth and (b) up to 2860 m., close to the probable G.W.C.

δόθηκε έμφαση στην όσο το δυνατόν λεπτομερέστερη ανάλυση του τεκτονικού μοντέλλου και του συστήματος διαρρήξεων του ταμειυτήρα. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της μικροτεκτονικής ανάλυσης και των μετρήσεων που έγιναν στους ασβεστόλιθους που εμφανίζονται στο γειτονικό όρος Κατσίκα, οι ερμηνείες των σεισμικών γραμμών και τα δεδομένα των γεωτρήσεων, ιδίως οι διαγραφίες.

#### α. Τεκτονική και κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων και διαρρήξεων

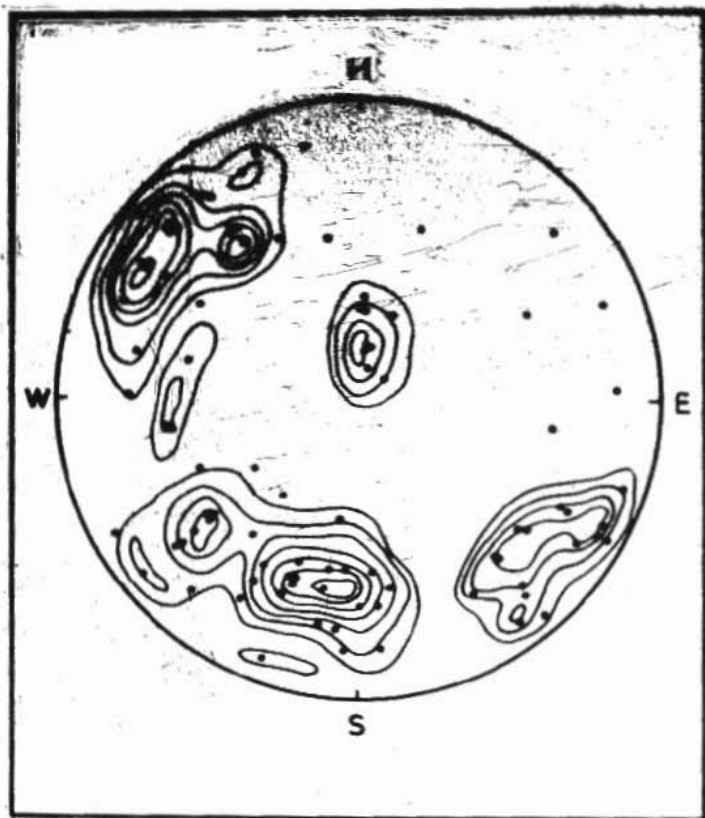
Οι μετρήσεις και η μικροτεκτονική ανάλυση που έγιναν στις εμφανίσεις των ασβεστολίθων του όρους Κατσίκα της περιοχής, εντόπισαν και τις τρεις γνωστές φάσεις εφελκυσμού του Νεογενούς ΒΔ-ΝΑ, ΝΔ-ΒΑ και Β-Ν. Σημειώνεται ότι η φάση εφελκυσμού ΝΔ-ΒΑ συμπίπτει σε γενικές γραμμές με τη φάση δημιουργίας της μολασσικής λεκάνης του θερμαϊκού στο Μ.-Ανωτ. Ηώκαινο. Ακόμη εντοπίστηκαν δύο φάσεις συμπίεσης με τους άξονες σ1 (μέγιστης συμπίεσης) και σ3 (ελάχιστης συμπίεσης) οριζόντιους και σε διευθύνσεις (σ1) η κυριώτερη ΒΑ-ΝΔ και η δεύτερη, όχι απόλυτα εξακριβωμένη, από ΔΒΔ-ΑΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή οι μετρήσεις έχουν καταγραφεί στους Μεσοζωικούς ασβεστολίθους δεν ήταν δυνατόν να γίνει και απόλυτη χρονολόγηση των φάσεων που εντοπίστηκαν, παρά μόνο συγκριτικά και σε σχέση με τις γνωστές φάσεις που έχουν καταγραφεί στο χώρο της ΒΑ Ελλάδας. (MERCIER J.L. et al 1982, LYBERIS N. 1982, PAVLIDES S., KILIAS A. 1987, MERCIER J.L. et al 1989, CAPUTO R. 1990).

Η προβολή όλων των επιπέδων των ρηξιγενών επιφανειών που μετρήθηκαν (σχ.6) έδωσε μία κύρια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και δύο δευτερεύουσες ΒΔ-ΝΑ και Α-Δ. Ορισμένες επιφάνειες με πολύ μικρές κλίσεις πιθανόν να αντιπροσωπεύουν ολισθήσεις μεταξύ των ασβεστολιθικών πάγκων. Παρόμοια αποτελέσματα έδωσε η ερμηνεία των αεροφωτογραφιών του όρους Κατσίκα (σχ.7).

Οι διευθύνσεις των ρηγμάτων που έχουν χαριογραφηθεί από την ερμηνεία των σεισμικών γραμμών παρουσιάζουν αξιοσημείωτη ταύτιση με τις διευθύνσεις που εντοπίστηκαν από την μικροτεκτονική ανάλυση και τις αεροφωτογραφίες :

- Ρήγματα διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ έως ΒΑ-ΝΔ σε όλη τη περιοχή της Επανομής.
- Ρήγματα διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ γενικά έως ΒΔ-ΝΑ κυρίως στις νότιες περιοχές.
- Ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ που αντιστοιχούν στη τελευταία φάση εφελκυσμού και εμφανίζονται κυρίως στο Βόρειο τμήμα, στη γειτονία του μεγάλου ρήγματος που διατρέχει τις Βόρειες ακτές της περιοχής της Επανομής.

Από τα δεδομένα των γεωτρήσεων υπολογίστηκε η διεύθυνση κλίσης 400 περίπου ρηξιγενών επιφανειών που αναλύθηκαν με το "FORMATION MICROSCANNER" LOG στη γεώτρηση ΕΡ-2 για όλο σχεδόν το διάστημα των ασβεστολίθων από τα 2.690-3.418 μ. (σχ.8). Η ανάλυση αυτή έδωσε μία κύρια διεύθυνση διαρρήξεων ΒΒΑ-ΝΝΔ, μια αρκετά ανεπτυγμένη ομάδα σε διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και μία δευτερεύουσα σε διεύθυνση Α-Δ.



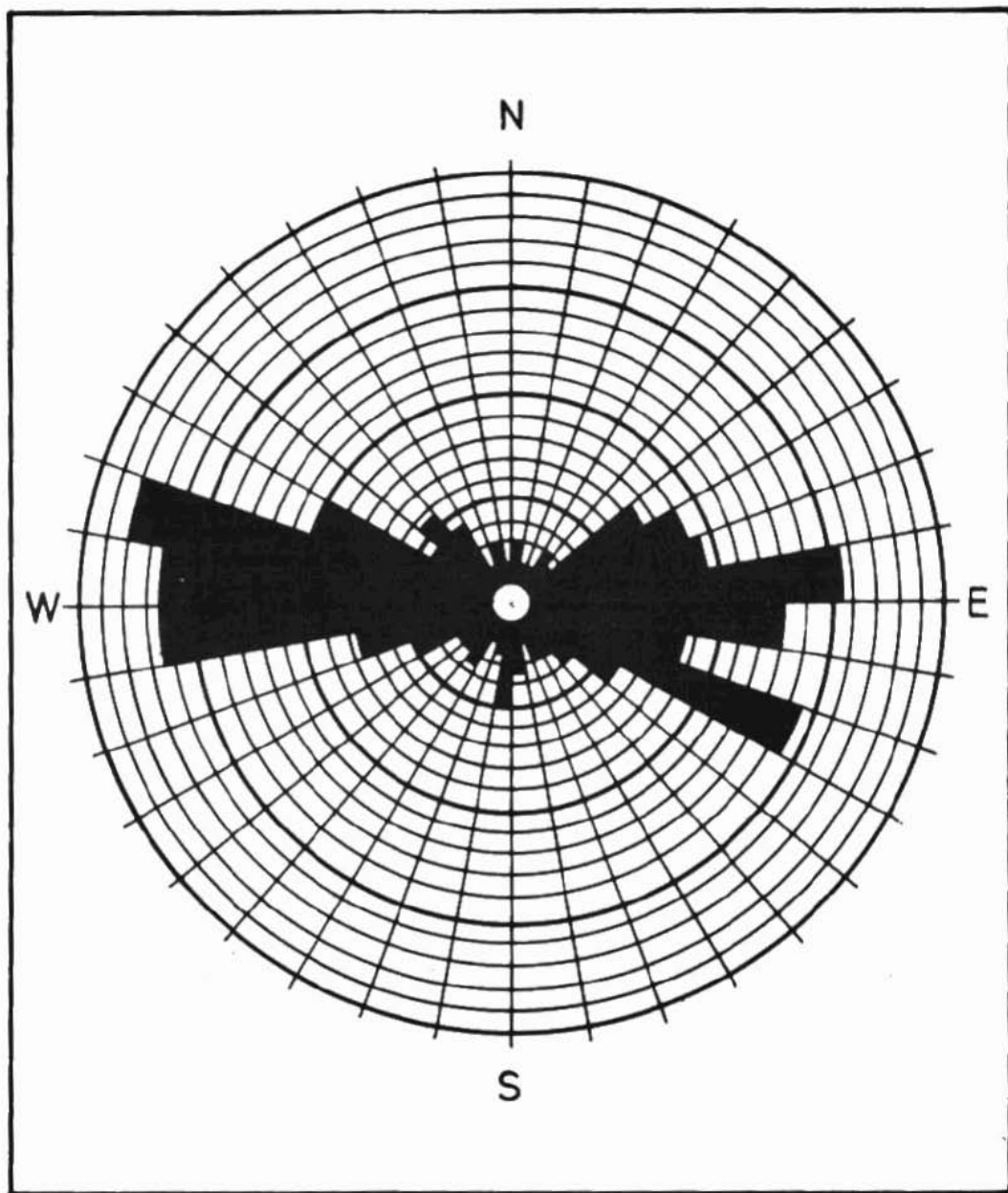
Σχ.6. Προβολή πόλων επιπέδων ρηξιγενών επιφανειών από επιφανειακές μετρήσεις (ασβεστολίθοι Κατσίκια).

Fig.6. Plot of fracture plane poles from outcrop measurements (Katsika limestones).



Σχ.7. Ερμηνεία αεροφωτογραφίας : Ρηξιγενείς γραμμές των ασβεστολίθων του όρους Κατσίκια.

Fig.7. Photoaerial interpretation : Fracture patterns of Katsika limestone.



Σχ.8. Προβολή των διευθύνσεων κλίσης ρηξιγενών επιφανειών (Μεσοζωϊκοί ασβεστόλιθοι, γεώτρηση EP-2, διαγραφή F.M.S.).

Fig.8. Azimuth dip direction plot of fracture planes (Mesozoic limestones, EP-2 well, F.M.S. Log).

## β. Χαρακτηριστικά του συστήματος διαρρήξεων

Βασικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση του συστήματος των διαρρήξεων είναι η διαγραφή "FORMATION MICROSCANNER" (F.M.S. Log) της εταιρίας SCHLUMBERGER. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται όπως και σε άλλα παλαιότερα όργανα (SHDT, κ.ά) στη μέτρηση της αγωγιμότητας των πετρωμάτων στα τοιχώματα του πηγαδιού. Η καταγραφή γίνεται ταυτόχρονα από 4 βραχίονες που βρίσκονται σε γωνία  $90^\circ$  μεταξύ τους. Κάθε βραχίονας καταλήγει σε ένα γκρουπ από 27 ηλεκτρόδια, που το καθένα καταγράφει και από μία καμπύλη μικροαντίστασης. Η επεξεργασία των καμπυλών αυτών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή δίνει σαν τελικό προϊόν μία συνεχή εικόνα των εσωτερικών τοιχωμάτων του πηγαδιού κατά μήκος τεσσάρων λωρίδων σε γωνία  $90^\circ$  μεταξύ τους. Στο σχήμα 9 παρουσιάζουμε δύο παραδείγματα εικόνας FMS από την γεώτρηση EP-2, αριστερα σε βάθος 2.784 μ. και δεξιά στα 2.867 μ. Οι σχηματισμοί με μεγάλες αντιστάσεις (εδώ η ασβεστολιθική μάζα) παρουσιάζονται σε άσπρο ή ανοικτό γκρι χρώμα, ενώ οι σχηματισμοί με μικρότερες αντιστάσεις σε σκούρο γκρι ή μαύρο. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα του σχήματος 9 διακρίνονται καθαρά οι ανοικτές ρωγμές σε μαύρο χρώμα, λόγω της μικρής αντίστασης που παρουσιάζει η λάσπη της διάτρησης που έχει εισχωρήσει μέσα στις ρωγμές αυτές. Στη συνέχεια ακολουθεί η ερμηνεία των απεικονιζομένων ρωγμών και αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους όπως διεύθυνση και κλίση, άνοιγμα ρωγμών κ.ά. (SCHLUMBERGER 1988, SCHLUMBERGER, SERRA O. 1989, LUTHI S.M., SOUHAITE P. 1990). Στο σχήμα 9 δίνονται μερικά παραδείγματα υπολογισμού της διεύθυνσης και της κλίσης ανοικτών ρωγμών. Στο αριστερό παράδειγμα έχουν ερμηνευτεί 2 διαρρήξεις με μεγάλο άνοιγμα, ενώ στο δεξιό διακρίνονται πολλές μικρότερες από τις οποίες έχουν ερμηνευτεί 4.

Με βάση την ανάλυση του F.M.S. και άλλων διαγραφιών από τις δύο γεωτρήσεις, καθώς και των αποτελεσμάτων των μετρήσεων στις επιφανειακές εμφανίσεις των ασβεστολιθών, καθορίστηκαν τα διάφορα χαρακτηριστικά των ανοικτών ρωγμών που διατρέχουν τον ασβεστολιθικό ταμιευτήρα.

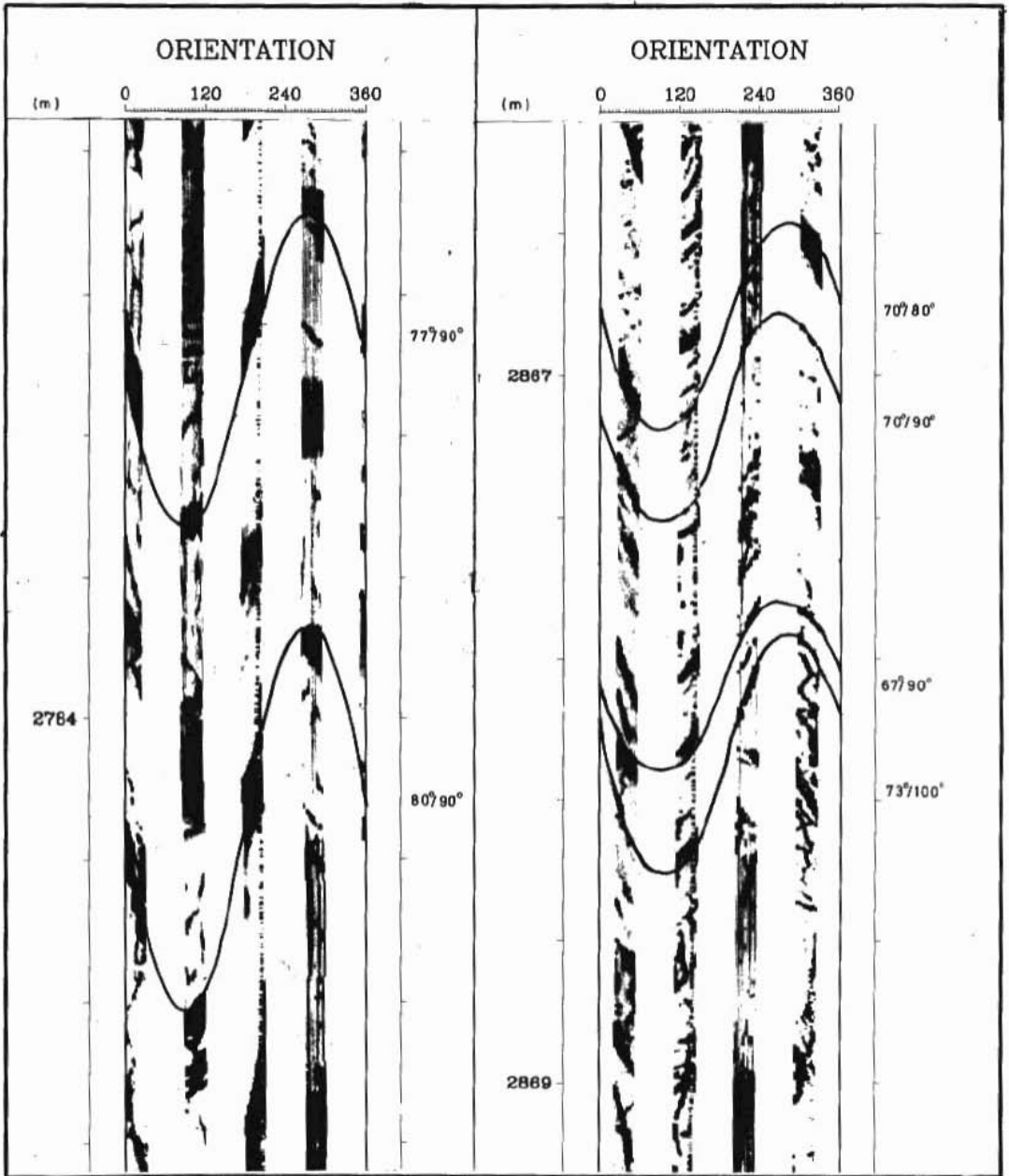
Όπως προαναφέραμε η κυρίαρχουσα διεύθυνση είναι BBA-NNΔ. Ένα δεύτερο σύστημα έχει διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ. Τέλος μικρότερης σημασίας διαρρήξεις έχουν διευθύνσεις γενικά Α-Δ.

Οι κλίσεις είναι μεγάλες και στην πλειοψηφία τους κυμαίνονται μεταξύ  $60^\circ$  και  $80^\circ$ .

Η πυκνότητα των ρωγμών υπολογίζεται ότι μπορεί να φτάσει οριζοντίως σε 1 ρωγή ανά 16 εκατ. κατά μέσο όρο.

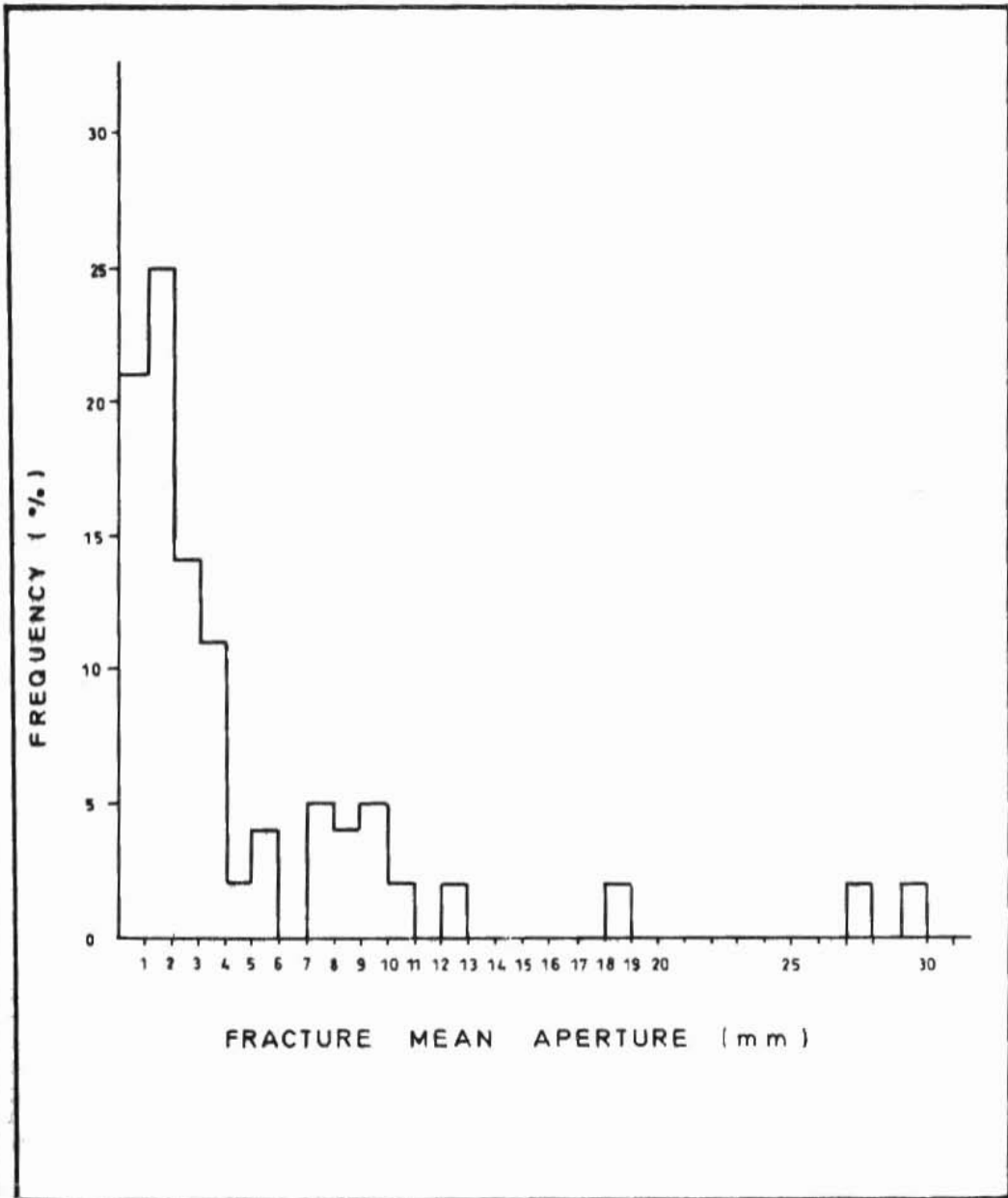
Το άνοιγμα των ρωγμών κυμαίνεται από 0,2 χιλιοστά μέχρι 3 εκατ. (σχ.10). Οι τιμές πάνω από 4 χιλιοστά πιθανότατα προέρχονται από ισχυρά ρηγματωμένες ή καρστικοποιημένες ζώνες. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν διαπιστωθεί τόσο στις επιφανειακές εμφανίσεις, όσο και σε πυρήνες γεωτρήσεων, καρστικοποιημένες ζώνες προηωκαινικής ηλικίας που θα μπορούσαν να συμβάλλουν σημαντικά στο πορώδες του ταμιευτήρα. Οι ρωγμές σε γενικές διευθύνσεις Β-Ν είναι καλύτερα διαγεγραμμένες με μεγαλύτερο άνοιγμα από αυτές σε διευθύνσεις Α-Δ και συνεπώς ανάλογη αναμένεται να είναι η διαπερατότητα και η επικοινωνία : μεγάλη σε διευθύνσεις Β-Ν και μικρή σε διευθύνσεις Α-Δ.

Το πορώδες του ταμιευτήρα εξασφαλίζεται σχεδόν αποκλειστικά από το σύστημα των ρωγμών και υπολογίστηκε σε μία μέση τιμή 1% κατ' ελάχιστο όριο.



Σχ.9. Παραδείγματα εικόνας από τη διαγραφή F.M.S. (γεώτρηση EP-2) στα βάθη 2784 και 2867 μ. Προσδιορισμός επιπέδου διαρρήξεων.

Fig.9. F.M.S. borehole imaging (EP-2 well) at 2784 and 2867 m. of depth. Identification of fracture planes.



Σχ.10. Στατιστική απεικόνιση του ανοίγματος των ρωγμών στους ασβε-  
πόλιθους για το διάστημα 2694-2814 μ., από τη διαγραφή F.M.S. της  
ρεώτρησης EP-2.

Fig.10. Statistical representation of fracture apertures for lime-  
stone interval 2694-2814 m., from EP-2 well F.M.S. log.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

Το κοιτάσμα της Επανομής περιέχει βασικά αέριους υδρογονάνθρακες και μικρές ποσότητες ελαφρού πετρελαίου.

Η χημική σύσταση (%) του αερίου είναι :

CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	iC <sub>4</sub>	nC <sub>4</sub>	iC <sub>5</sub>	nC <sub>5</sub>	C <sub>6+</sub>
23	7,2	66,2	1,9	0,8	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3

Το πετρέλαιο που βρέθηκε και συνοδεύει το αέριο στη γεώτρηση EP-2 είναι πολύ ελαφρύ (39,8 API) και έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πηκτικά συστατικά.

Η περιεκτικότητα σε χλωριότητα του νερού του σχηματισμού είναι 8.500 ppm.

Η πίεση του σχηματισμού σε βάθος 2.800 μ. είναι περίπου 4.200 psi και η θερμοκρασία 207° F.

Η μέγιστη παροχή επιτεύχθηκε στη δοκιμή no 2 της γεώτρησης EP-2 και ήταν 16-19x10<sup>6</sup> FT<sup>3</sup> /ημέρα.

Με τα σημερινά δεδομένα τα ελάχιστα επί τόπου αποθέματα μικτού αερίου υπολογίζονται σε 500x10<sup>6</sup> NM<sup>3</sup>.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Το κοιτάσμα αερίων υδρογονανθράκων της Επανομής αποτελεί την πρώτη ανακάλυψη κοιτάσματος στις παλαιογενείς λεκάνες της Ανατολικής Ελλάδας. Το σχετικά μικρό του μέγεθος οφείλεται κατά κύριο λόγο στο πολύ χαμηλό πορώδες του ταμιευτήρα.

Το πορώδες αυτό οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στο εκτεταμένο σύστημα ανοικτών ρωγμών, ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών που διατρέχει τους Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους και δημιουργήθηκε κυρίως σε συνθήκες εφελκυστικής τεκτονικής.

Πρόκειται για ένα αρκετά ασυνήθιστο ταμιευτήρα με μεγάλες δυσκολίες στο καθορισμό των γεωλογικών και υδραυλικών του παραμέτρων. Πάντως τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί σημαντικά οι έρευνες που διεξάγονται διεθνώς για την διερεύνηση κοιτασμάτων σε ρωγατωμένους ταμιευτήρες, λόγω της τελειοποίησης και ανάπτυξης των εργαλείων της έρευνας, την αύξηση των ερευνών σε ισχυρά τεκτονισμένες περιοχές, αλλά κυρίως λόγω της μεγάλης εξέλιξης στην τεχνολογία των οριζόντιων γεωτρήσεων.

Η εκμεταλλευσσιμότητα του κοιτάσματος αυτού σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο διάθεσης ή χρησιμοποίησης του αερίου, παράγοντες που χρειάζονται συστηματική μελέτη και συνεργασία με άλλους φορείς πριν ληφθεί οποιαδήποτε απόφαση.

Το κοιτάσμα της Επανομής, εκτός από την αυτονοητή σημασία που έχει για την εταιρία μας, ανοίγει τον δρόμο για την διερεύνηση των παλαιογενών λεκανών της Ανατολικής Ελλάδας, μια και είναι το πρώτο κοιτάσμα που ανακαλύπτεται σ' αυτές. Ο εντοπισμός μητρικών πετρωμάτων, η πιστοποίηση της ύπαρξης κατάλληλων συνθηκών ωρίμανσης και μετανάστευσης των υδρογονανθράκων και η εύρεση έστω και μικρών ποσοτήτων πετρελαίου, αναβάθισε την ευρύτερη περιοχή του θερμαϊ-



κού κόλπου και δημιούργησε νέες προοπτικές για την ανακάλυψη κοιτασμάτων στην περιοχή.

Η έρευνα συνεχίζεται για τον εντοπισμό παρόμοιων δομών με αυτήν της Επανομής, αλλά και άλλων παγιδεύσεων σε κλαστικούς ή και ασβεστολιθικούς σχηματισμούς στη βάση και στους κατώτερους ορίζοντες της σειράς του Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES**

CAPUTO, R. (1990). Geological and structural study of the recent and active brittle deformation of the Neogene-Quaternary basins of Thessaly (Central Greece). Thesis, Aristotle University of Thessaloniki-University of Florence.

LUTHI, S. M., SOUHAITE P. (1990). Fracture apertures from electrical borehole scans. GEOPHYSICS, V.55, No.7.

LYBERIS, N. (1982). Geodynamique du domaine Egeen depuis le Miocene superieur. These d Etat Universite de Paris VI, 367 pp.

MERCIER, J. L., SIMEAKIS, K. & SOMERITIS, I. (1982) Neotectonique du Domaine Nord Egeen Oriental (Ile de Lesbos et Thrace) 9eme RAST, Paris, Soc. Geol. Fr., Paris.

MERCIER, J.L., SOREL, D., VERGELY, P., SIMEAKIS K. (1989) Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic. Basin Research, 2, pp.49-71.

PAVLIDES, S., KILIAS A. (1987). Neotectonic and active faults along the Serbomacedonian zone (SE Chalkidiki, northern Greece), Annales Tectonicae, V.I. no2, 97-104.

SCHLUMBERGER, (1988). Formation MicroScanner Applications in Italy. Schlumberger Italiana s.p.a., Italy.

SCHLUMBERGER, SERRA O. (1989). Formation MicroScanner Image Interpretation. Schlumberger Educational Services, Houston.