

## Παλιοπεριβάλλον απόθεσης των λιγνιτοφόρων ιζημάτων της νεογενούς λεκάνης Μοσχοποτάμου Κατερίνης\*

ΘΩΜΑΣ ΚΩΤΗΣ<sup>1</sup>, ΚΑΣΣΙΑΝΗ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ<sup>2</sup>

### ABSTRACT

The aim of this work is to illustrate the paleoenvironment and the conditions of deposition of lignite bearing sediments in the Neogene basin of Moschopotamos Pieria. Lithostromatographic and sedimentological data, obtained from geological and drilling activities, were evaluating together with coal petrographic data.

Lignite from Moschopotamos were deposited in a eutrophic, often reducing, environment. Water table fluctuations have promoted lower and higher, deciduous, plant vegetation thus helping tissue preservation. The environment of deposition has been characterized as composite one (reed marsh swamp and wet forest swamp) in limmic-limnotelmatic conditions.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός του παλιοπεριβάλλοντος και των συνθηκών απόθεσης των λιγνιτοφόρων ιζημάτων της Νεογενούς λεκάνης Μοσχοποτάμου Κατερίνης αξιολογώντας και αξιοποιώντας τόσο τα ιζηματολογικά και στρωματογραφικά δεδομένα, που προέκυψαν από τις γεωλογικές - γεωτρητικές εργασίες, όσο και τα δεδομένα της ανθρακοπετρογραφικής ανάλυσης και μελέτης των λιγνιτικών δειγμάτων.

Οι λιγνίτες του Μοσχοποτάμου εναποτέθηκαν σε ένα περιβάλλον ευτροφικό και συχνά αναγωγικό. Οι εναλλαγές και διακυμάνσεις που παρουσιάστηκαν στην υδροστατική στάθμη έδωσαν τη δυνατότητα ανάπτυξης και ανώτερης βλάστησης που οδήγησε στην αύξηση των τιμών του δείκτη TP1.

Η λιγνιτοφορία προήλθε από εναλλαγές τυρφώνων κατώτερης βλάστησης και υγρού δασοτυρφώνα σε ένα σύνθετο παλιογεωγραφικό περιβάλλον με επικράτηση συνθηκών λιμνοτελματικού και χαμηλού δελταϊκού πεδίου.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των περιβαλλόντων απόθεσης των γαιανθράκων ποικίλλουν από περιοχή σε περιοχή και συναρτώνται άμεσα με τις γεωλογικές, τεκτονικές και κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά την περίοδο δημιουργίας του γαιάνθρακα.

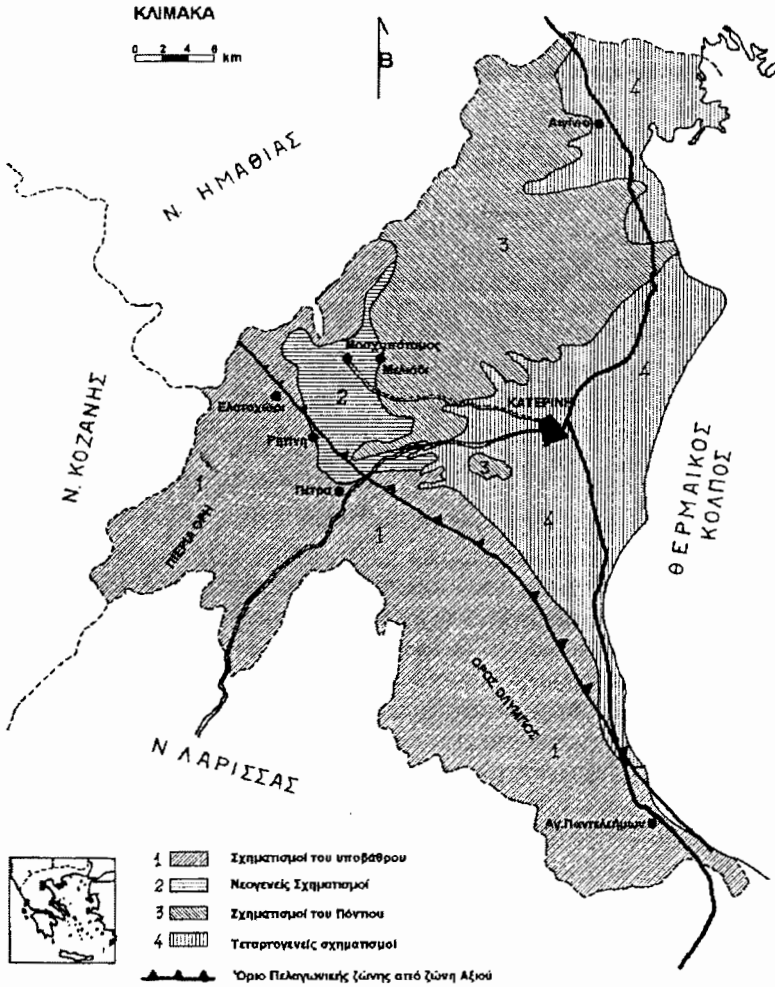
Πολλοί μελετητές ασχολήθηκαν με την τυποποίηση και ομαδοποίηση των περιβαλλόντων απόθεσης των γαιανθράκων επιδιώκοντας την ανάπτυξη πρότυπων προγνωστικών μοντέλων πε-

ριβαλλόντων τυρφογένεσης με βάση όχι μόνον τις αποθέσεις και τα ιζήματα που περικλείουν τον γαιάνθρακα, αλλά σε συνδυασμό αυτών και με την ανθρακοπετρογραφική ανάλυση (Strakhov 1962, Home et al 1978 Teichmuller & Teichmuller 1982, Navale and Misra 1984, Harvey and Dillon 1985, Kalkreuth and Leckie 1989, Kasinski 1989).

Αποδεχόμενοι και ενισχύοντας τις παραπάνω μεθόδους, στην παρούσα εργασία, για τον προσδιορισμό των περιβαλλόντων απόθεσης των λιγνιτών Μοσχοποτάμου, έγινε επεξεργασία και α-

### \* DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF LIGNITE BEARING SEDIMENTS IN THE NEOGENE BASIN OF MOSCHOPOTAMOS PIERIA, GREECE

1. Δρ.Γεωλόγος - ΑνΔ/ντής ΔΕΠΥ-ΙΓΜΕ, Προϊστάμενος Λιγνιτικών Ε.ρευών.Μεσογείων 70,115 27,GREECE
2. Δρ.Γεωλόγος - Προϊσταμένη εργαστηρίου Οργανικής Πετρογραφίας, ΔΕΠΥ-ΙΓΜΕ, Μεσογείων 70,11527, GREECE



**Σχ. 1.** Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της Πελοποννήσου (Κούκουζας & Κούβελος, 1976) συμπληρώθηκε και τροποποιήθηκε μερικώς

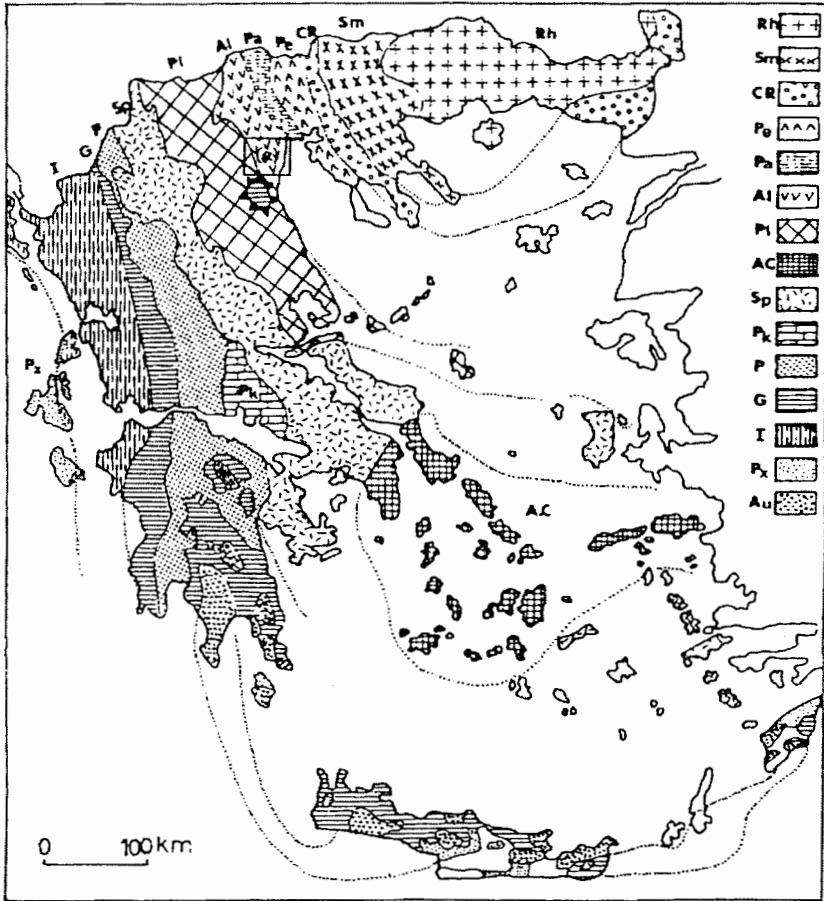
ξιολόγηση πρωτογενών στοιχείων που προέκυψαν τόσο από τις εργασίες υπαίθρου όσο και από τους πυρήνες γεωτρήσεων, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν, στα πλαίσια κοιτασματολογικού προγράμματος έρευνας και αποτίμησης του λιγνιτικού δυναμικού της ευρύτερης Νεογενούς λεκάνης, Μοσχονοτάμου Πελοποννήσου.

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Η λιγνιτοφόρα λεκάνη Μοσχονοτάμου Κατερίνης Πελοποννήσου εκτείνεται από τα ανατολικά κράσπεδα του Ολύμπου, των Πελοποννησίων και του Βερμίου

μέχρι το Θερμαϊκό κόλπο (Σχ.1). Η λεκάνη Κατερίνης αποτελεί τμήμα του ευρύτερου Αλμωπικού βύθισματος. Πρόκειται για μεταορογενετικό βύθισμα, το οποίο εξελίχθηκε έντονα κατά τη μεταλλική περίοδο. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στη δυναμική κατάσταση, η οποία επικρατεί στην περιοχή του Ολύμπου και επηρεάζει έντονα και τις γειτονικές με αυτήν περιοχές (Godfriaux, 1977, Μιγκίρος, 1983).

Το Αλλικό υπόβαθρο εντάσσεται στις γεωτεκτονικές ζώνες - ενότητες της Αλμωπίας (Αξιού)



**Σχ. 2.** Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλπωπίας) = Ζώνη Αξίου, PI: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζών Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα "Τάλαα όρη - πλακώδεις ασβεστόλιθοι" πιθανός της Ιονίου ζώνης (Κατά Mountrakis et al. 1983).

(α) Περιοχή μελέτης.

ανατολικά και της Πελαγονικής, δυτικά (Σχ.2). Οι σχηματισμοί του υποβάθρου και των περιθωρίων συνίστανται από :

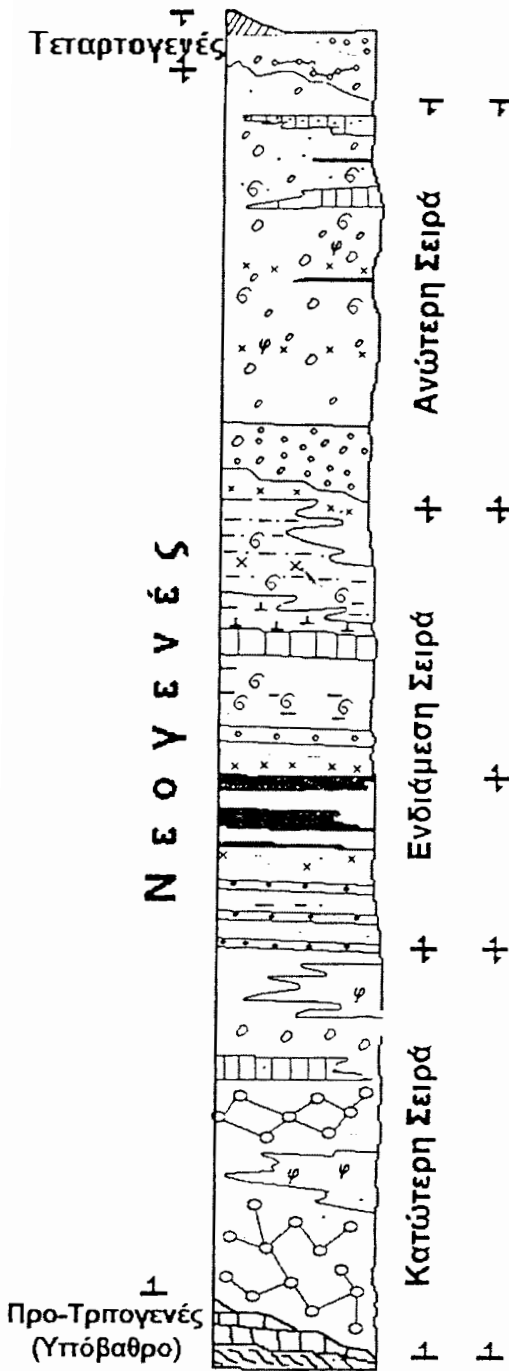
- Σχηματισμοί μεταμορφωμένοι ή όχι (φυλλίτες και μεταφαιμίτες στον Όλυμπο, κροκαλοπαγή, ψαμίτες και ηλιίτες στο Βέρμιο).
- Ανθρακικά πετρώματα (κρυσταλλικοί και μη ασβεστόλιθοι, μάρμαρα και κρυσταλλικοί δολομίτες).
- Οφιόλιθοι (βασικά και κυρίως υπερβασικά πε-

τρώματα,σερπεντινίτες).

- Γνεύσιμοι και σχιστόλιθοι.

Χαρακτηριστικά της αλπικής τεκτονικής του υποβάθρου αποτελούν το τεκτονικό παράθυρο του Ολύμπου, κάτω από τους Πελαγονικούς σχηματισμούς και η έντονη λεπίωση των Αλπωπικών σχηματισμών (φλύσχης, Ανωκρητιδικό ασβεστόλιθο, οφιόλιθοι) (Μουντράκης, 1985, Κίλιας και Μουντράκης, 1989, Κατσικάτσος, 1992).

Η μεταλπική τεκτονική, κύρια εφελκυσμού,



Επικλυσιγενής σειρά του Πόντιου. Συνίσταται από κροκαλοπαγή συνεκτικά με αποστρογγυλεμένες κροκάλες προς τη βάση. Εξελίσσεται προς τα πάνω σε λεπτόκοκκους ή μεσόκοκκους αργιλούχους άμμους με εναλλαγές ψαμμιτών και αμμούχων μαργών.  
 Κατά θέσεις η σειρά γίνεται περισσότερο αργιλούχος ή αργιλομαργαϊκή με απολιθώματα και φυτικά λείψανα.  
 Το πάχος της σειράς ανέρχεται σε περίπου 400m.

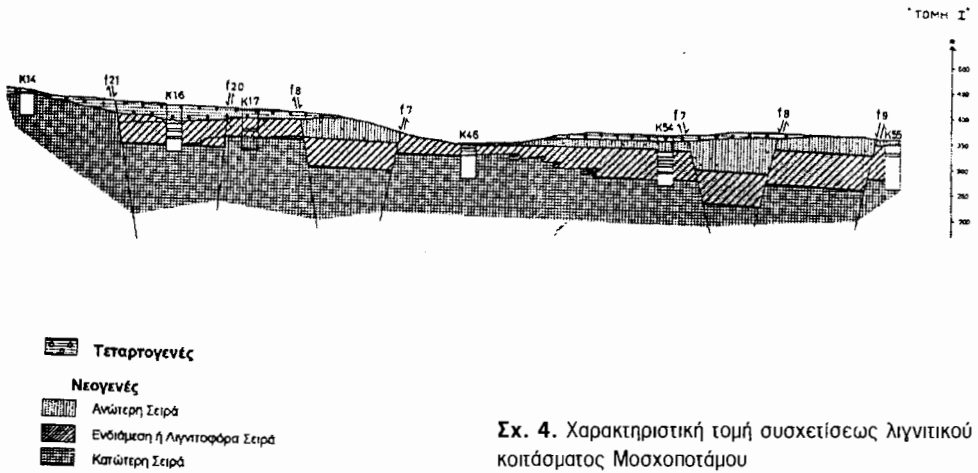
Σειρά ψαμμιτών. Ψαμμίτες ως επί το πλείστον χαλαροί, οι οποίοι απαντούν συχνά υπό μορφή τραπεζών, πάχους από λίγα εκατοστά έως μερικά μέτρα, μέσα σε αργίλους ιλιούχες έως αμμούχες, κατά θέσεις πλαστικές. Η σειρά περιέχει Hydrobites, οστρακώδη λιμναία και λεπτές ενστρώσεις λιγνίτη.  
 Πάχος περίπου 300m

Αργιλομαργαϊκή ή λιγνιτοφόρα σειρά.  
 Αργίλοι ισχυρώς αμμούχες, μαρμαρυγιούχες σε εναλλαγές με λεπτόκοκκους ψαμμίτες και ενστρώσεις κροκαλών μικρού πάχους. Λιγνίτες και χουμώδεις ανθρακομιγείς άργιλοι με φυτικά λείψανα και πλούσια μικροχλωρίδα. Πάχος περίπου 150m.

Κροκαλοπαγή της βάσης, συνεκτικά πολυγενετικά, σε μεγάλους πάγκους, με αποστρογγυλεμένες κροκάλες. Κατά θέσεις και κυρίως στα ανώτερα μέλη της σειράς, μεταξύ των κροκαλοπαγών παρεμβάλλονται άργιλοι μαρμαρυγιούχες και μικρές φακοειδείς ενστρώσεις συνεκτικών ψαμμιτών με απανθρακωμένα φυτικά λείψανα.  
 Το πάχος της σειράς ανέρχεται σε περίπου 400m.

Σχηματισμοί του υποβάθρου.

Σχ. 3. Συνθετική στρωματογραφική στήλη Νεογενούς σειράς περιοχής Μοσοποτάμου - Κατερίνης  
 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.



Σχ. 4. Χαρακτηριστική τομή συσχετίσεως λιγνιτικού κοιτάσματος Μοσχοποτάμου

δημιούργησε λεκάνες στον Πελαγονικό και Αλμυπικό γεωτεκτονικό χώρο, οι οποίες συνεχίζουν να βρίσκονται σε εξέλιξη. Στις λεκάνες αυτές εντάσσεται και η λεκάνη Μοσχοποτάμου Κατερίνης. Τα κυρίαρχα ρήγματα είναι ΒΒΔ και ΒΒΑ διεύθυνσης με επικράτηση των ΒΒΔ, τα οποία κατά κύριο λόγο αποτελούν και τα κράσπεδα των μέγιστων αξόνων των λεκανών.

Οι Νεογενείς σχηματισμοί αναπτύσσονται στην περιοχή Μοσχοποτάμου Κατερίνης με υπερκείμενες τις Τεταρτογενείς αποθέσεις αποτελούμενες κυρίως από πλευρικά κορήματα, κώνους κορημάτων και αναβαθμίδες. Η κύρια Σειρά των Νεογενών ιζημάτων, της οποίας ασύμφωνα υπέρκεινται οι αποθέσεις του Ποντίου, τοποθετείται χρονολογικά τόσο από λιθοστρωματογραφικές συσχετίσεις όσο και από παλυνολογικές αναλύσεις στο Κατώτερο - Μέσο Μειόκαινο (Benda & Steffens, 1981, Ιωακείμ, 1986). Το συνολικό πάχος των ιζημάτων της Νεογενούς Σειράς στην περιοχή Μοσχοποτάμου Κατερίνης υπερβαίνει τα 1.000m (I.F.P. 1967, Κούκουζας και Κούβελος, 1976, Κώτης & Πλουμίδης, 1989). Η Σειρά αυτή των ιζημάτων αποτελείται κυρίως από χερσαίες αποθέσεις (χερσαίες, ποτάμιες και ποταμιολιμναίες) και μόνο στα ανώτερα μέλη της εμφανίζονται υφάλμυρες αποθέσεις του Ποντίου.

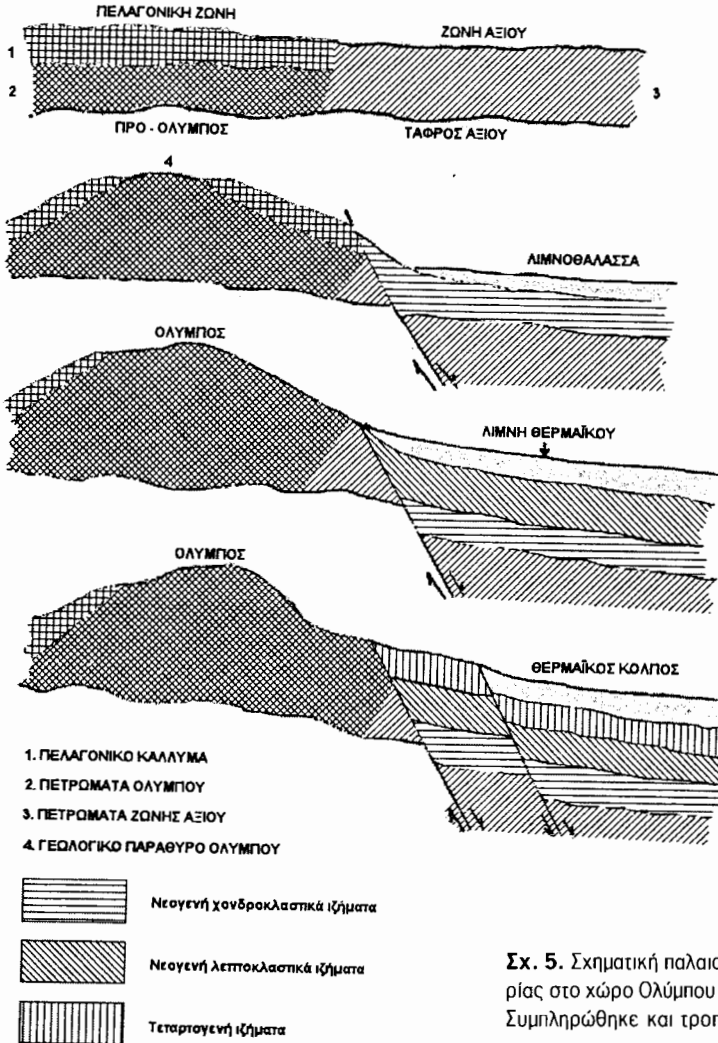
Με βάση τις λιθολογικές και λιθοστρωματογραφικές συσχετίσεις οι Νεογενείς σχηματισμοί διαχωρίστηκαν από κάτω προς τα πάνω σε τρεις διακριτικές Σειρές : την Κατώτερη, την Ενδιάμεση

και την Ανώτερη. Στη συνθετική στρωματογραφική στήλη (Σχ.3) αποτυπώνονται παραστατικά η στρωματογραφική αλληλουχία των σχηματισμών αυτών και περιγράφονται οι διάφοροι λιθολογικοί τύποι που απαρτίζουν κάθε μία από τις στρωματογραφικές σειρές. Η εικόνα συμπληρώνεται με τη χαρακτηριστική τομή συσχετίσεως (Σχ. 4) η οποία συντάχθηκε για να αποτυπωθεί η μορφή και η ανάπτυξη στο χώρο των Μεταλπικών αυτών σχηματισμών.

#### ΠΑΛΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΩΝ

Εξετάζοντας και αναλύοντας τα ιζηματολογικά, στρωματογραφικά και τεκτονικά δεδομένα της ευρύτερης λεκάνης Μοσχοποτάμου Κατερίνης, σε συνδυασμό με την ανθρακοπετρογραφική, παλυνολογική ανάλυση, προέκυψε ότι το περιβάλλον της απόθεσης και λιγνιτογένεσης χαρακτηρίζεται από σύνθετη παλαιογεωγραφία.

Η ευρύτερη Νεογενής λεκάνη Μοσχοποτάμου Κατερίνης αναπτύχθηκε αρχικά σε ένα θαλάσσιο βύθισμα, το βύθισμα Αξιού-Θερμαϊκού, που σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια των μεγάλων γεωλογικών αναταράξεων που συνέβηκαν κατά το Άνω Ηώκαινο στον ευρύτερο χώρο Πιερίας. Στο Σχ. 5 φαίνεται σχηματικά η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της Πιερίας στο χώρο του Ολύμπου - Θερμαϊκού. Τα υψώματα στα ανώτερα περιθώρια της κεκλιμένης, προς τη θάλασσα, πεδιάδας είχαν διαμελι-



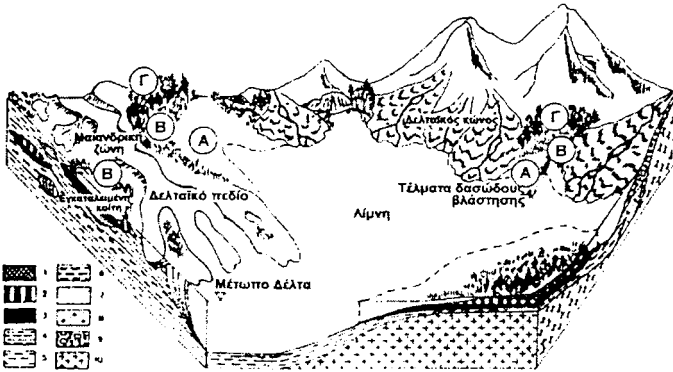
Σχ. 5. Σχηματική παλαιογεωγραφική εξέλιξη της Περείας στο χώρο Ολύμπου - Θερμαϊκού (Ψιλοβίκος 1985. Συμπληρώθηκε και τροποποιήθηκε μερικώς)

σμένο ανάγλυφο και στις κοιλάδες των ρεμάτων, αλλά και στον πυθμένα της θάλασσας, εκ μεταφοράς συσσωρεύτηκαν μεγάλες ποσότητες κλαστικού υλικού. Η μεγάλη αυτή προσκομιδή κλαστικού υλικού και η απόθεσή του στον πυθμένα της θάλασσας είχε σαν αποτέλεσμα τη στεγανοποίηση του πυθμένα και το σχηματισμό μιας εκτεταμένης υφάλμυρης λίμνης της γνωστής ως "λίμνη του Θερμαϊκού" (Μουντράκης, 1985, Ψιλοβίκος, 1985).

Οι διεργασίες της διάβρωσης με την πάροδο του χρόνου και η τεκτονική ηρεμία που επα-

κολούθησε συνετέλεσαν, ώστε τα ανώτερα τμήματα της λεκάνης και τα μεταξύ των ρεμάτων τμήματα να αποκτήσουν ομαλότερο ανάγλυφο με αποτέλεσμα η πλήρωση της λεκάνης και της λίμνης να γίνεται με ιζήματα λεπτόκοκκου υλικού (άμμοι, άργιλοι, μάργες κ.λπ.). Η σειρά αυτή των ιζημάτων διαδέχεται τη σειρά των κροκαλοπαγών και έχει παρατηρηθεί τόσο κατά τη χαρτογράφηση στην περιοχή Μοσχοποτάμου και Συκιάς, όσο και στις γεωτρήσεις (Σχ.3).

Η μακροσκοπική ανάλυση και εξέταση του υλι-



- |  |                            |
|--|----------------------------|
| A. Τυρφογενετικό έλος  | 4. Άργιλοι                 |
| B. Ζώνη καλαμοτύρφης   | 5. Άργιλοι αμμούχες        |
| Γ. Τέματα δασώδους βλάστησης   | 6. Ιλύες                   |
| 1. Λιγνίτης δασώδους βλάστησης   | 7. Άμμοι, ψαμμίτες         |
| 2. Πώδες λιγνίτες, καλαμολιγνίτες  | 8. Άμμοι χονδρόκοκκες      |
| 3. Ημισαπροτηληπικοί λιγνίτες (αερόβιες έως ανασερόβιες συνθήκες απόθεσης) | 9. Κροκαλοπαγή, Λαιυποπαγή |
|  | 10. Σχηματιμοί υποβάθρου   |

**Σχ. 6.** Περιβάλλοντα απόθεσης. Μοντέλο αρχικού σταδίου πλήρωσης της λεκάνης (Kasinski 1989).

κού ιζηματογένεσης από τους πυρήνες των γεωτρήσεων αλλά και από τη χαρτογράφηση των νεογενών σχηματισμών, η συχνή διαφοροποίηση του υλικού ιζηματογένεσης τόσο κατά την κατακορυφή όσο και κατά την οριζόντια ανάπτυξη, οι συχνές πλευρικές μεταβάσεις του υλικού αυτού π.χ. από τις άμμους σε αργιούχες ή ιλυούχες μάργες και αντίστροφα η ασυνέχεια της λιγνιτοφορίας αλλά και του τύπου του λιγνίτη αποδεικνύει ότι στους χώρους υπερχειλίσσης των ποταμών, στα κοίλα μέρη των μαϊονδρων όπου η ταχύτητα ροής του νερού είναι μικρότερη, στις δελταϊκές ζώνες και στις παραλίμνιες περιοχές δημιουργήθηκε ένα τελματικό-λιμνοτελματικό περιβάλλον το οποίο ευνόησε τις συνθήκες λιγνιτογένεσης. Η έκταση και η θέση της βαλιώδους περιοχής στους χώρους υπερχειλίσσης των ποταμών και στις δελταϊκές ζώνες μεταβάλλεται στο χρόνο με αποτέλεσμα η λιγνιτοκορία που αναπτύχθηκε να μην έχει ούτε σταθερό πάχος ούτε ενιαία εξάπλωση σε όλη την έκταση της λεκάνης.

Αυτή η διαφοροποίηση τόσο κατά την κατακορυφή όσο και κατά την οριζόντια ανάπτυξη της λιγνιτοφορίας, είναι ένα σύνθετος φαινόμενο και αυτή είναι και η δυσκολία στον κοιτασματολόγο να εντοπίσει

και περιχαράξει τη λιγνιτοκορία ως κοιτάσμα.

Αυτή η διαφοροποίηση παρατηρείται στον ιστό, στην υφή, στο χρώμα καθώς και στις απότομες εναλλαγές της οργανικής και ανόργανης ύλης, και υποδηλώνει τη μεταβολή στο χρόνο, του περιβάλλοντος απόθεσης της αρχικής φυτικής ύλης και σημαίνει ότι η δυναμική της λεκάνης και η εξέλιξη της στο χρόνο κάτω από την επίδραση των εν γένει γεωλογικών συνηθών, αλλάζει το γενικό "τοπίο" του χώρου και κατ' επέκταση και το περιβάλλον απόθεσης.

Το σύνθετο αυτό παλαιογεωγραφικό περιβάλλον απόθεσης ανταποκρίνεται στο χαρακτηριστικό μοντέλο εναπόθεσης λιγνιτών κατά Kasinski (1989) και εξηγεί τη λιθοφασική διαφοροποίηση κατά την κατακορυφή ανάπτυξη της λιγνιτοφορίας (Σχ.6).

Στην προσπάθεια προσέγγισης του περιβάλλοντος απόθεσης, υπό την στενή έννοια του όρου, δηλαδή των συνηθών συσσώρευσης της αρχικής φυτικής ύλης, χρησιμοποιήθηκαν όπως αναφέρθηκε και τα δεδομένα της ανθρακοπετρογραφικής ανάλυσης των λιγνιτών (Πιν. I και II) και τούτο διότι ορισμένα οργανικά δομικά πετρογραφικά συστατικά (macerals) (I.C.C.P., 57,63,71) των ομά-

**Πίνακας 1.** Σημειακή ανθρακοπετρογραφική ανάλυση λιγνιτών μετώπου λιγνιτορυχείου Μελιάδι

| Δείγμα            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|-------------------|----|----|----|----|----|
| Τεφνίτης Α        |    |    |    |    |    |
| Τεφνίτης Β        |    |    |    |    |    |
| Τεξι-ουλιμνίτης Α | 1  | 1  |    |    |    |
| Τεξι-ουλιμνίτης Β |    |    | 1  | 1  |    |
| Ευ-ουλιμνίτης Α   | 3  | 1  |    | 1  |    |
| Ευ-ουλιμνίτης Β   | 20 | 17 | 33 | 25 | 19 |
| Αιτρνίτης         | 1  | 1  | 3  | 5  | 3  |
| Ντενζνίτης        | 38 | 38 | 12 | 45 | 27 |
| Κορποχουμνίτης    | 3  | 1  | 1  |    | 2  |
| Παριζελνίτης      |    |    |    |    |    |
| Ζελνίτης          | 2  | 1  |    | 2  | 1  |
| Σύνολο ΧΟΥΜΙΝΙΤΗ  | 68 | 60 | 50 | 79 | 52 |
| Σπορνίτης         | 1  | 2  | 3  | 2  | 3  |
| Κουτνίτης         | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  |
| Ρητνίτης          | 1  | 1  |    |    | 3  |
| Σουμπερνίτης      |    | 1  |    |    |    |
| Αλγνίτης          | 1  |    | 3  | 1  | 4  |
| Χλωροφιλλνίτης    |    |    |    |    |    |
| Φθορνίτης         | 3  | 2  | 1  | 2  | 2  |
| Βιταυμνίτης       |    |    |    |    |    |
| Λεπτοσπερνίτης    | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  |
| Σύνολο ΛΕΙΠΤΙΝΙΤΗ | 10 | 9  | 8  | 7  | 13 |
| Ημφοκνίτης        |    | 1  | 1  |    | 1  |
| Φουζνίτης         | 1  | 1  |    | 1  | 1  |
| Μακρνίτης         |    |    |    |    |    |
| Μικρνίτης         |    |    |    |    |    |
| Ινερτοσπερνίτης   | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  |
| Σκληροσπνίτης     |    | 2  |    | 2  |    |
| Σύνολο ΙΝΕΡΤΙΝΙΤΗ | 2  | 6  | 2  | 4  | 3  |
| Σύνολο ΑΝΟΡΓΑΝΗ   | 20 | 25 | 37 | 10 | 32 |

δων χουμνίτη, λειπτινίτη και ινερτινίτη μπορούν να χαρακτηριστούν ως δείκτες - φάσεων παλαιοπεριβάλλοντος (Diessel, 1982, 1992, Navale & Misra, 1984, Harvey & Dillon, 1985, Mukhopadhyay, 1986, Kalkreuth & Leckie, 1989, Kalkreuth et al. 1991, Kalkreuth et al 1993, Παπανικολάου, 1994).

Τα δείγματα που αναλύθηκαν ελήφθησαν από δύο μέτωπα λιγνιτωρυχείων της περιοχής, του λιγνιτωρυχείου Μελιάδι και Μοσχοποτάμου, αντίστοιχα.

Από τη μακροσκοπική ανάλυση όπως παρουσιάζεται στην τομή (Σχ.7), διαπιστώθηκε η ύπαρξη λιθοτύπων που χαρακτηρίζουν παλαιότελα με σημαντικό ύψος υδροφορίας. Η πιεζομετρική στάθμη του ύδατος ήταν σε ισορροπία με την ταχύτητα συνίζησης για μικρά χρονικά διαστήματα. Η ισορροπία αυτή συχνά διαταράχθηκε, όπως προκύπτει από συγκεκριμένους διαγνωστικούς λιθοτόπους (αλαμπείς, ταινιώδεις, ντουραϊνή) καθώς και από τη διαδοχή τους με ανθρακομιγείς αργίλους, λόγω των εναλλαγών του παλαιότελματος προς υγρό περιβάλλον με μεγαλύτερο βάθος και υψηλότερη πιεζομετρική στάθμη.

Από τη μικροσκοπική ανάλυση των λιγνιτικών

δείγμάτων προέκυψε ότι ο βαθμός ωρίμανσης έδωσε τιμές 40°/ο Rr, ταξινομώντας τους γαιάνθρακες Μοσχοποτάμου στο στάδιο των Υποβιτομενιούχων C γαιανθράκων.

Τα δεδομένα της μικροσκοπικής ανάλυσης των δειγμάτων, μετά την αξιολόγησή τους χρησιμοποιήθηκαν σε συνδιασμό με μοντέλα φάσεων.

Σύγχρονοι μελετητές περιβαλλόντων έχουν αναγνωρίσει τη σημασία του νερού στα συστήματα σχηματισμού των τυρφώνων σε συνάρτηση με την τροφοδοσία.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το προτεινόμενο μοντέλο φάσεων κατά Diessel, (1986) τροποποιημένο ανάλογα, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο Diessel εργάστηκε σε προχωρημένης ενανθράκωσης γαιάνθρακες (Σχ.8).

Στο διάγραμμα αυτό χρησιμοποιούνται δύο πετρογραφικοί δείκτες. Ο δείκτης ζελατινοποίησης και ο δείκτης διατήρησης των ιστών. Και οι δύο είναι λόγοι τιμών διαγνωστικών δομών συστατικών φάσεων ως προς τις υδρολογικές συνθήκες ο πρώτος και ως προς το καθεστώς τροφοδοσίας ο δεύτερος.



Πίνακας 2. Σημειακή ανθρακοπετρογραφική ανάλυση λιγνιτών γεώτρησης Μοσχοποτάμου

| Δείγμα            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|
| Τεξινίτης Α       |    |    |    |    |    |    |
| Τεξινίτης Α       |    |    |    |    |    |    |
| Τεξι-ουλιμνίτης Α | 2  | 1  |    |    |    | 1  |
| Τεξι-ουλιμνίτης Β |    |    |    |    |    |    |
| Ευ-ουλιμνίτης Α   |    |    |    |    |    | 1  |
| Ευ-ουλιμνίτης Β   | 22 | 20 | 29 | 24 | 41 | 20 |
| Απρινίτης         | 9  | 1  | 3  |    | 3  |    |
| Ντεννίτης         | 8  | 35 | 26 | 37 | 19 | 44 |
| Καρποχοιμνίτης    | 2  | 2  | 2  | 2  | 4  | 1  |
| Ποριζελνίτης      |    |    |    |    |    |    |
| Ζελνίτης          |    |    |    |    |    |    |
| Σύνολο ΧΟΥΜΙΝΙΤΗ  | 43 | 68 | 61 | 66 | 70 | 69 |
| Σπρινίτης         | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| Κουπνίτης         | 1  | 1  | 1  | 1  |    | 2  |
| Ρητινίτης         |    | 1  |    |    |    |    |
| Σουμπερνίτης      |    |    |    | 1  |    |    |
| Αλγνίτης          | 4  |    | 2  |    |    | 2  |
| Χλωροφυλλιμνίτης  |    |    |    |    |    |    |
| Φθορνίτης         | 1  | 1  | 1  |    | 2  | 2  |
| Βιουμνίτης        |    |    |    |    |    |    |
| Λεπιποστρινίτης   | 5  |    | 4  | 1  |    | 3  |
| Σύνολο ΛΕΙΠΤΙΝΙΤΗ | 13 | 4  | 8  | 4  | 3  | 10 |
| Ημφορνίτης        |    | 1  |    |    |    |    |
| Φουκνίτης         |    | 1  |    | 1  |    |    |
| Μακρονίτης        |    |    |    |    |    |    |
| Μικρονίτης        |    |    |    |    |    |    |
| Νεριποστρινίτης   | 2  | 2  |    | 1  | 1  | 2  |
| Σκληροπνίτης      |    | 1  | 1  | 3  |    | 2  |
| Σύνολο ΙΝΕΡΤΙΝΙΤΗ | 2  | 5  | 1  | 5  | 1  | 4  |
| Σύνολο ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ  | 42 | 23 | 29 | 25 | 26 | 17 |

Προβάλλοντας τις τιμές των μελετηθέντων δειγμάτων στο διάγραμμα διαπιστώνεται και επιβεβαιώνεται ότι το πλήθος των δειγμάτων έχει προέλθει από τυρφώνα σε λιμνοτελματικό περιβάλλον ενός χαμηλού δελταϊκού πεδίου, σε ευτροφικές - μεσοτροφικές συνθήκες και ειδικότερα τύπου march-fen. (Kalkreuth et al 1991 )

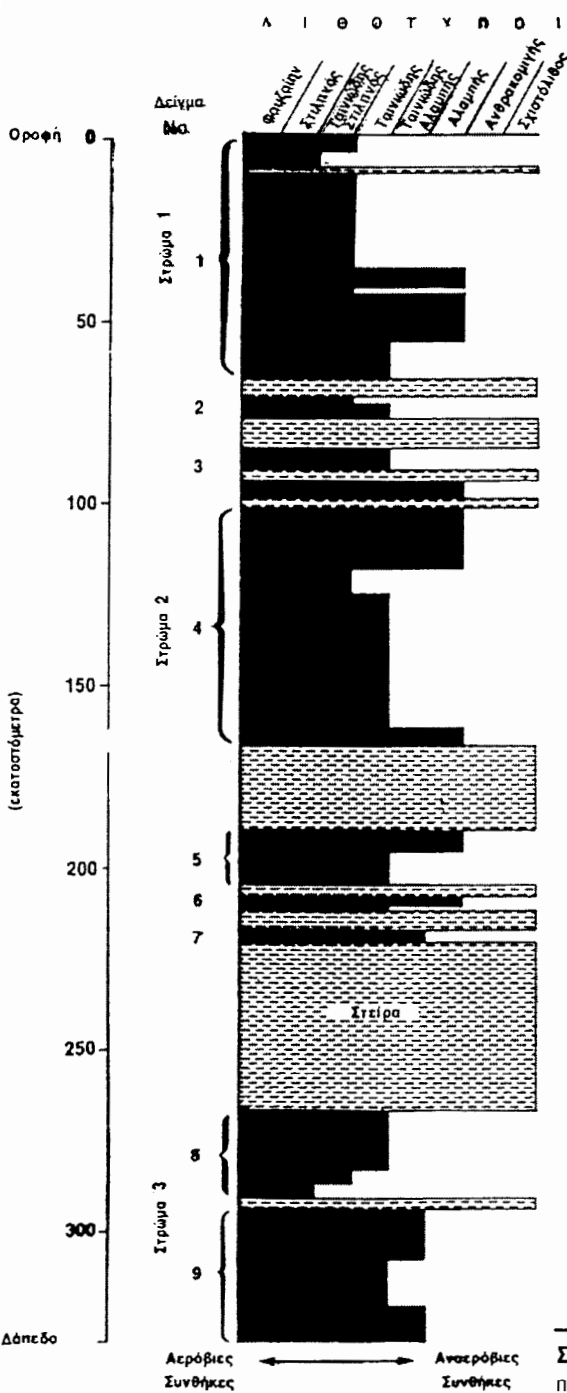
Αυτή τη διαπίστωση ενισχύουν και άλλα στοιχεία όπως, οι συχνές εναλλαγές λιγνιτοφόρων και στείρων στρωμάτων, το πάχος των λιγνιτών που δεν υπερβαίνει το ένα μέτρο, η περιεκτικότητα σε σιδηροπυρίτη, οι υψηλές τιμές του δείκτη ζελατινοποίησης, οι χαμηλές τιμές του δείκτη προφύλαξης (TP1), με εξαίρεση λίγα δείγματα που δηλώνουν ότι οι εναλλαγές που παρουσιάστηκαν στο περιβάλλον έδωσαν τη δυνατότητα και κάποιας ανώτερης βλάστησης.

Πάντα αξιοποιώντας τα πρωτογενή αναλυτικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκε και το τριγωνικό διάγραμμα φάσεων κατά Mukhopadhyay (Σχ.9) χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα πετρογραφικά συστατικά ως δείκτες φάσεων, στις κορυφές Α,Β,С του τριγωνικού διαγράμματος.

Όπως παρατηρείται τα σημεία προβολής των δειγμάτων καταλαμβάνουν το χώρο πλησίον της πλευράς ΑΒ του τριγώνου. Λίγα δείγματα που τείνουν προς την κορυφή Α χαρακτηρίζουν δασώδη τυρφώνα (wet forest swamp) σε ελαφρά όξινο - ουδέτερο pH και συνήθως καλής διατήρησης των ιστών, ενώ τα περισσότερα από τα δείγματα τείνουν προς την κορυφή Β χαρακτηρίζοντας συνθήκες απόθεσης κατώτερης βλάστησης (reed marsh) με αυξημένο pH και έντονη βακτηριακή δράση.

Από παλυνολογικές αναλύσεις που έγιναν σε δείγματα αντιπροσωπευτικής γεώτρησης περιοχής Μοσχοποτάμου (Ιωακείμ,1986) προκύπτει ότι : η απόθεση των ιζημάτων πρέπει να έγινε κατά το Κατώτερο Μέσο Μειόκαινο, περίοδο κατά την οποία το κλίμα εναλλάσσο μεταξύ ήπιων και υψηλών θερμοκρασιών (Müller 1984, Velitzelos and Greco, 1990).

Συγκρίνοντας τα ανθρακοπετρογραφικά αποτελέσματα, όπως έχουν ήδη λεπτομερειακά αναφερθεί, με την παλυνολογική ανάλυση, επιβεβαιώνεται και από τις δύο θεωρήσεις η ύπαρξη στους λιγνίτες Μοσχοποτάμου, φυτών ανώτερης βλάστησης και φυτών θαμνώδους ή ποώδους βλά-



στησης.  
 Στο ίδιο συμπέρασμα έχει καταλήξει και η ανάλυση βιοδεικτών με τη μέθοδο της Οργανικής Γεωχημείας (Παπανικολάου 1994), όπου αναφέρεται ότι προσδιορίστηκαν στο κλάσμα των κεκορεσμένων υδρογονανθράκων κυρίως N-αλκάνια (nC23 έως nC33135) βιοδείκτες φυτών ανώτερης βλάστησης, λίγα η-αλκάνια (nC15 έως nG22) που συνδέονται με την ύπαρξη φυκών και αρκετά κοπάνια (nG27, nC29 και nG31) που υποδεικνύουν βακτηριακή δράση, γεγονός που ανθρακοπετρογραφικά επιβεβαιώνεται με την έντονη παρουσία του ατρινίτη.

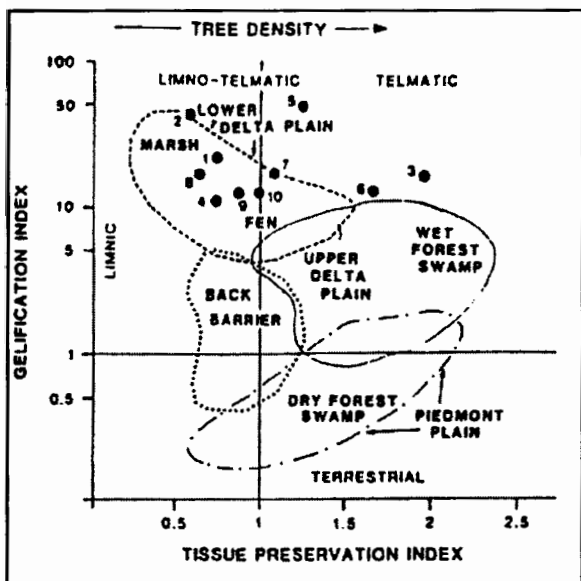
Συμπερασματικά : η ιζηματολογική και ανθρακοπετρογραφική μελέτη έδειξαν ότι οι έντονες διαφοροποιήσεις κατά την κατακόρυφη ανάπτυξη της λιγνιτοφορίας στην περιοχή Μοσχοποτάμου, έχουν προέλθει από εναλλαγές τυρφώνα κατώτερης βλάστησης (reed marsh) και υγρού δασοτυρφώνα ( wet forest swamp) που αναπτύχθηκαν σε ένα σύνθετο παλαιογεωγραφικό περιβάλλον με επικράτηση συνθηκών λιμνοτελματικού και χαμηλού δελταϊκού πεδίου.

Το είδος της μικροκλωρίδας που έχει προσδιοριστεί από τις παλυνολογικές αναλύσεις, έδειξε ότι η ανάπτυξη του τυρφώνα έγινε σε περίοδο κατά την οποία το κλίμα εναλλασσόταν μεταξύ ήπιων και υψηλών θερμοκρασιών.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Benda, L & Steffens, P., 1981. Aufbau und Alter des Neogens von Katerini, Griechenland, Geol. Jb., B.42: 93-103, Hannover.  
 Diessel, C.F.K., 1982. An appraisal of coal facies based on maceral characteristics. Austr. Coal Geol., 4(2): 474-483.  
 Diessel, C.F.K., 1986. The correlation between coal facies and depositional environments. In: Advances in the study of the Sydney Basin: Proceedings of

Σχ. 7. Μακροπετρογραφική ανάλυση των λιθούλων λιγνίτη στο λιγνιτορχειό Μηλιάδη Μοσχοποτάμου



Σχ. 8. Διάγραμμα φάσεων και προτεινόμενα περιβάλλοντα απόθεσης για τους λιγνίτες Μοσχοποτάμου (Diessel, 1986)

20<sup>th</sup> Symposium, The University of Newcastle. 19-22.

Diessel, C.F.K., 1992. Coal-bearing depositional systems. Springer-Verlag (ed.) Berlin, Heidelberg.

721pp.

Godfriaux, J., 1977. L'Olympe. Riunions extraordinaires des sociétés géologiques de France et de Grèce, 9-25.9.1976, Bull.Soc.Giol. France, XIX, 1: 45-49, Paris.

Harvey, R. & Dillon, J., 1985. Maceral distributions in Illinois coals and their paleoenvironmental implications. Int.J.Coal Geol., 5: 141-165.

Horne, J.C., Ferm, J.C., Caruccio, F.T. & Baganz, B.P., 1978. Depositional models in coal exploration and mine planning in Appalachian, region AAPG Bull., v. 62, No 12, 2379-2411.

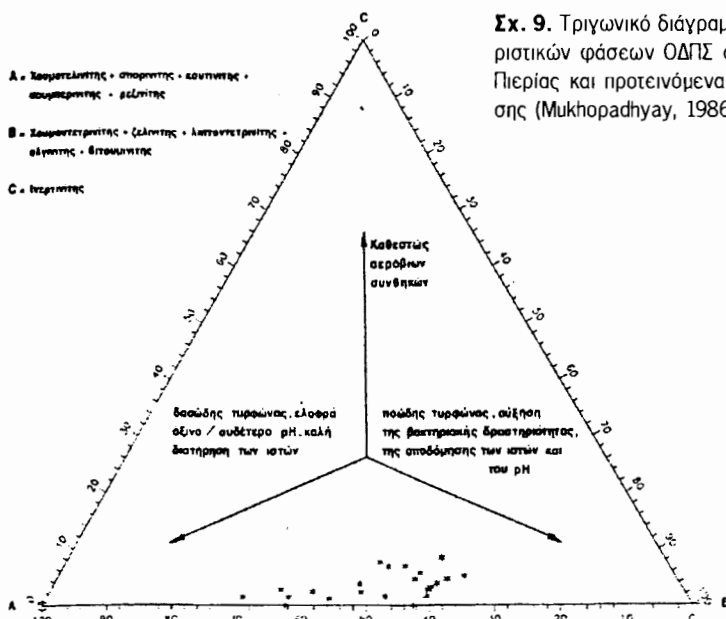
I.F.P., 1967. Bassin Tertiaire de Salonique. Etude Géologique et Pétrolière. Rapport de l'I.F.P. Athens.

International Committee for Coal Petrology, 1957. International handbook of coal petrography: Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.

France.

International Committee for Coal Petrology, 1963.

International handbook of coal petrography: 2<sup>nd</sup> edition, Centre National de la Recherche



Σχ. 9. Τριγωνικό διάγραμμα προβολής των χαρακτηριστικών φάσεων ΟΔΠΣ σε λιγνίτες Μοσχοποτάμου Πιερίας και προτεινόμενα περιβάλλοντα τυρφογένεσης (Mukhopadhyay, 1986)

- Scientifique. Raris. France.
- International Committee for Coal Petrology, 1971. International handbook of coal petrography, 1<sup>st</sup> supplement to 2<sup>nd</sup> edition: Centre National de la Recherche Scientifique. Raris. France.
- Ιωακείμ, Χ., 1986. Παλυνολογική - στρωματογραφική μελέτη της γεώτρησης M4a λεκάνης Κατερίνης Πιερίας, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- Kalkreuth, W., Kotis, Th., Papanikolaou, C. & Kokkinakis, P., 1991. The geology and coal petrology of a Miocene lignite profile at Meliadi Mine, Katerini, Greece. *Int. J. Coal Geol.*, 17: 51-67.
- Kalkreuth, W. & Leckie, D., 1989. Sedimentological and petrographical characteristics of Cretaceous strandplain coals: A model for coal accumulation from the North American western interior seaway. *Int. J. Coal Geol.*, 12: 381-424.
- Kalkreuth, W.D., McIntyre, D.J. & Richardson, R.J.H., 1993. The geology, petrography and palynology of Tertiary coals from the Eureka Sound Group at Strathcona Fiord and Bache Peninsula, Ellesmere Island, Arctic Canada. *Int. J. of Coal Geol.*, 24 (1993): 75-111. Elsevier Science Publ. B.V. Amsterdam.
- Κατσικάτσος, Γ.Χ., 1992. Γεωλογία της Ελλάδας, σελ. 240, Αθήνα.
- Kasinski, J.R., 1989. Lacustrine sedimentary sequences in the Polish Miocene lignite - bearing basins - facies distribution and sedimentary development. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol.* 70, 287-304.
- Κίλιας, Α. & Μουντράκης, Δ., 1989. Το τεκτονικό κάλυμμα της Πελαγονικής ζώνης, Γεωτεκτονική, μεταμόρφωση και μαγματισμός. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.* 23 (1), 29-46, Αθήνα.
- Κούκουζας, Κ. & Κούβελος, Κ., 1976. Η λιγνιτοφορία του Νομού Πιερίας. *Κοιτ. Έρευναι* No 6 Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.
- Κώτης, Θ. & Πλουμίδης, Μ., 1989. Το λιγνιτικό κοίτασμα του Δημ. Λιγνιτωρυχείου Μελιάδι 2 του Ν. Πιερίας. *Γεωλογικά - Κοιτασματολογικά στοιχεία*. Εσωτ. έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε. Ε5823, σελ.38. Αθήνα.
- Μιγκίρος, Γ., 1983. Γεωλογική μελέτη περιοχής Κάτω Ολύμπου Θεσσαλίας. Διδακτορική διατριβή, Γεωλ. Τμήμα Παν. Πατρών.
- Μουντράκης, Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. σελ. 207. (Univ. Studio Press). Θεσ/νίκη.
- Mountrakis, D., Sapountzis, E., Kiliyas, A., Eleftheriadis, G. & Christofides, G., 1983. Paleogeographic conditions in the Western Pelagonian Margin in Greece during the Initial rifting of the continental area. *Canadian Journal of Ear. Sc.* 20: 1673-1681.
- Mukhopadhyay, P.K., 1986. Petrology of selected Wilcox and Jackson Group Lignites from Tertiary of Texas. In: Finkelman, R.B. and Casagrande, D. (eds) *Geology of Gulf Coast Lignites*. 1986. *Ann. Meet. Geol. Soc. Am., Coal Geol. Division Field Trip Environmental and Coal Associates*, Houston, Tx., 126-145.
- Müller, C., 1984. Climatic evolution during the Neogene and Quaternary evidenced by marine microfossil assemblages. *Paleobiologie continentale*, Montpellier, 14(2): 359-369.
- Navale, G. & Misra, B., 1984. Significance of vitrinite/inertinite ratios in Lower Godwana coals of Peninsular India. *Symposium on Godwana coals*, Lisbon 1983; *Commun. Serv. Geol. Portugal*, 70(2): 257-263.
- Παπανικολάου, Κ., 1994. Διερεύνηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών Ελληνικών Λιγνιτών με μεθόδους Οργανικής Πετρολογίας και Οργανικής Γεωχημείας. Διδ. διατριβή, Τμ. Μηχ. Ορυκ. Πόρων Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά σελ. 300.
- Strakhov, N.M., 1962. Principles of Lithogenesis. Institute of Geology of Sciences of the U.S.S.R., Vol. 2, 361-385. Trans. by J.Paul Fitzsimmons, prof. of Geology University N.Mexico, consultants Bureau Ovilier and Boyd, 1969.
- Teichmüller, M. & Teichmüller, R., 1982. The geological basis of coal formation. In: Stach, E., Makowsky, M-Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. & Teichmüller, R., (eds): *Stach's textbook of coal petrology*. 3<sup>rd</sup> ed. 5-86, Berlin - Stuttgart (Borntröder).
- Velitzelos, E. & Gregor, H.J., 1990. Some aspects of the Neogene floral history in Greece. *A view of Paleobotany and Palynology*, 62: 291-307.
- Ψιλοβίκος, Α., 1985. Γεωλογική εξέλιξη της Πιερίας. Γ' Επιμορφωτικό Σεμινάριο τοπικής Αυτοδιοίκησης. Ορυκτός και Υδάτινος Πλούτος στην Πιερία. Τρόποι και Μέθοδοι αξιοποίησής του. 19-27. Κατερίνη.