



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΡΙΑ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΥ

**« ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ
ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΩΝΑ »**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2012

ΜΑΡΙΑ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΥ

«ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ
ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΩΝΑ»

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας
Τομέα Γεωλογίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Επίκουρος Καθηγητής Δημήτριος Κωστόπουλος

© Μαρία Χατζοπούλου , Τομέας Τεκτονικής και Στρωματογραφίας 2012
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

**« ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ
ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΩΝΑ »**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.

Περιεχόμενα:

Πρόλογος	σελ. 5
Εισαγωγή	σελ. 6
1) Γεωλογία και Στρωματογραφία της λεκάνης του Στρυμόνα	σελ.9
1.1 Γενική Γεωλογία	σελ. 9
1.2 Προαλπικά Πετρώματα	σελ.10
1.3 Γενικό καθεστώς των τάσεων και χρόνος έναρξης σχηματισμού της λεκάνης	σελ. 15
1.4 Λιθοστρωματογραφία της λεκάνης του Στρυμόνα	σελ. 21
2) Εξέλιξη της λεκάνης του Στρυμόνα	σελ. 39
2.1 Γενικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου ...	σελ. 39
2.2 Στάδια Εξέλιξης της λεκάνης του Στρυμόνα	σελ. 44
2.2.1 Εισαγωγικά	σελ. 44
2.2.2 Στάδια εξέλιξης	σελ. 50
2.2.3 Τεκτονισμός της λεκάνης του Στρυμόνα	σελ. 62
3) Γεωθερμικό Πεδίο λεκάνης του Στρυμόνα	σελ. 63
4) Συμπεράσματα	σελ. 67
Βιβλιογραφία	σελ. 69

Πρόλογος

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναπτυχθούν με όσο το δυνατόν περισσότερη λεπτομέρεια τα τεκτονικά αίτια τα οποία προκάλεσαν τον σχηματισμό της λεκάνης του Στρυμόνα, καθώς και τα μετά - αλπικά ιζήματα τα οποία αποτέθηκαν στην λεκάνη αυτή μετά από τον σχηματισμό της. Στην συνέχεια βασιζόμενοι στην στρωματογραφική ακολουθία των ιζημάτων της λεκάνης, θα προσπαθήσουμε να ερμηνεύσουμε το εκάστοτε παλαιοπεριβάλλον που επικρατούσε σε αυτή, από την αρχική δημιουργία της μέχρι σήμερα. Η λεκάνη του Στρυμόνα αποτελεί τμήμα μίας ευρύτερης λεκάνης η οποία εκτείνεται μέχρι το εσωτερικό της Βουλγαρίας (**Σχήμα 1**). Στην εργασία αυτή θα αναφερθούμε και θα αναπτύξουμε μόνο το τμήμα αυτό της λεκάνης, το οποίο ανήκει στον ελληνικό χώρο. Η εργασία αυτή βασίστηκε κυρίως σε βιβλιογραφικά δεδομένα, επιτόπιες παρατηρήσεις υπαίθρου σε επιλεγμένα τμήματα της λεκάνης καθώς και σε στοιχεία γεωτρήσεων από την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε μικρότερο βαθμό.



Σχήμα1. Η θέση της ταφρολεκάνης του Στρυμόνα ως προς την συνολική λεκάνη απορροής του ποταμού Στρυμόνα. (από Παπαφίλιππου – Πένου, 2004)

Ευχαριστίες

Στην παρούσα εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή κύριο Δημήτριο Κωστόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε καθώς και την καίρια καθοδήγηση του, στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον θείο μου Θεόδωρο Γουμάγια για την πολύτιμη βοήθεια του στην εύρεση πληροφοριών για την διπλωματική μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόψυχα την οικογένεια μου για την καθοριστική ηθική συμπαράσταση και οικονομική στήριξη της σε όλη την πορεία μου όλα αυτά τα χρόνια.

Εισαγωγή

Αντικείμενο μελέτης της παρούσης εργασίας είναι η λεκάνη του Στρυμόνα, η οποία βρίσκεται στο νομό Σερρών και έχει ανάπτυξη ΒΔ – ΝΑ. Οριοθετείται στα ΝΔ από το όρος Βερτίσκοι και στα ΒΑ από το όρος Λαϊλιάς, το όρος Βροντούς και το όρος Μενοίκιο (**Σχήμα 2**). Στα ΝΑ της λεκάνης του Στρυμόνα βρίσκεται το όρος Παγγαίο. Την λεκάνη διασχίζει ο ποταμός Στρυμόνας από τα ΒΔ προς τα ΝΑ (**Σχήμα 2**). Στα ΝΑ κοντά στο χωριό Μύρκινος ο ποταμός Στρυμόνας ενώνεται με τον ποταμό Αγγίτη διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ και μαζί αυτοί οι δύο εκβάλουν στον Στρυμωνικό κόλπο νότια της Αμφίπολης (**Σχήμα 2**).

Η μορφολογία της λεκάνης του Στρυμόνα χαρακτηρίζεται από υψόμετρα που κυμαίνονται από 1-3 m εκατέρωθεν του ποταμού, έως 40 m στις αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων στα περιθώρια της πεδιάδας και έως 700 m εκεί όπου συναντάται το όριο των ιζηματογενών αποθέσεων και του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου.

Η λεκάνη του Στρυμόνα είναι μία από τα πιο σημαντικές ιζηματογενείς λεκάνες της Βόρειας Ελλάδας. Προσέλκυσε το ενδιαφέρον των γεωλόγων από πολύ νωρίς λόγω του ότι είναι μία περιοχή, με έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα, πλούσια υδροφορία λόγω του μεγάλου πάχους ιζημάτων της, αποτελεί μετά - ορογενετικό τεκτονικό βύθισμα στο οποίο υπάρχουν έντονες ενδείξεις για σημαντικά γεωθερμικά πεδία καθώς και για άνθρακα και φυσικό αέριο. Οι βασικές βιβλιογραφικές πηγές που αναφέρονται στις έρευνες που έχουν εκπονηθεί στην λεκάνη του Στρυμόνα σε ιστορική σειρά είναι οι ακόλουθες.

Από τους πρώτους που ασχολήθηκαν με την λεκάνη του Στρυμόνα ήταν οι **Kockel & Walter (1965)**, οι οποίοι χαρακτηρίζουν την τεκτονική γραμμή του Στρυμόνα ως «Strimon linie» ή «Επώθηση του Στρυμόνα» και την θεωρούν ως συνέχεια στην Ελλάδα, της ζώνης των Κραιστίδων και διαχωριστική ζώνη ανάμεσα στις μάζες της Ροδόπης και Σερβομακεδονικής. Θεωρούν ότι η «Strimon linie» είναι ένα ΝΔ βύθισμα που φέρνει τον ορεινό όγκο της Σερβομακεδονικής Μάζας πάνω στην Μάζα της Ροδόπης. Σύμφωνα λοιπόν με τους **Kockel και Walther (1965) (κατά Trano 2012)** η νεογενής λεκάνη του Στρυμόνα σχηματίστηκε επάνω στο όριο της τεκτονικής επαφής μεταξύ Σερβομακεδονικής μάζας και της μάζας Ροδόπης, οι οποίες και αντιπροσωπεύουν την ενδοχώρα του Ελληνικού Ορογενούς.

Αργότερα ο **Καρυστιναίος (1984)** πρότεινε ότι η δημιουργία και ανάπτυξη της ευρύτερης λεκάνης του Στρυμόνα έγινε από την δράση ρηγμάτων οριζόντιας συστροφικής μετατόπισης. Αυτό το γεγονός ερμηνεύεται από τον **Καρυστιναίο (1984)** ως εξής: η γραμμή του Στρυμόνα αποτελεί ένα ρήγμα οριζόντιας συστροφικής μετατόπισης και η κίνηση του προκαλεί τοπικά ζώνες συμπίεσεων (επιπυκνώσεις) και ζώνες αραιώσεων (σχηματισμός λεκανών ή τοπικών βυθισμάτων) λόγω εφελκυστικών τάσεων. Η δράση μίας τέτοιας μεγάλης κλίμακας οριζόντιας μετατόπισης και άσκησης εφελκυστικής τεκτονικής, φαίνεται να εξηγεί ικανοποιητικά την ύπαρξη του μεγάλου βυθίσματος της κοιλάδας του Στρυμόνα, η

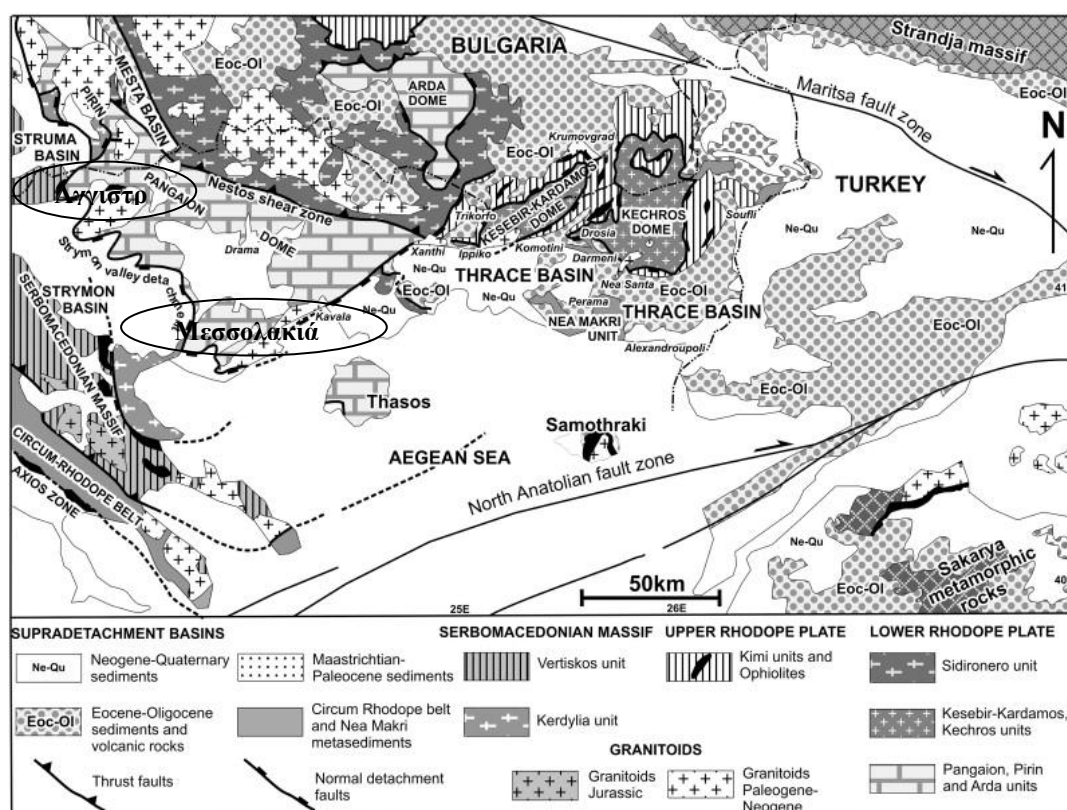
οποία εμφανίζεται πολυτεμαχισμένη από σύμπλεγμα πολλών μικρότερων ρηγμάτων. Τα ρήγματα αυτά σχημάτισαν επιμήκεις τεκτονικές αναβαθμίδες παράλληλες – υποπαράλληλες προς την κύρια ΒΔ – ΝΔ διεύθυνση ανάπτυξης της λεκάνης.

Νεότεροι ερευνητές όπως ο **Tranos (2010)** πρότειναν ότι, στην περιοχή της λεκάνης του Στρυμόνα δέσποζε transpressional τεκτονική στο Ανώτερο Ολιγόκαινο – Κάτω Μειόκαινο και σταδιακά μετατράπηκε σε μια θραυστιγενή εφελκυστική τεκτονική, η οποία δημιούργησε την λεκάνη του Στρυμόνα που ξεκίνησε τον σχηματισμό της στις αρχές του Μέσου Μειόκαινου πριν από 15 εκ. χρόνια. Η λεκάνη συνέχισε να αναπτύσσεται περαιτέρω κυρίως στο Μέσο – Ανώτερο Μειόκαινο με ΒΔ - ΝΑ επέκταση.

1) Γεωλογία και Στρωματογραφία της λεκάνης του Στρυμώνα:

1.1 Γενική Γεωλογία:

Η λεκάνη του Στρυμώνα τοποθετείται γεωλογικά στο όριο επαφής μεταξύ της Σερβομακεδονικής μάζας και της Μάζας της Ροδόπης. Η λεκάνη αυτή πληρείται με Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα πάχους έως και 3 Km, τα οποία καλύπτουν την επαφή των δύο μαζών στο μεγαλύτερο μέρος της. Υπάρχουν μόνο δύο σημεία στην λεκάνη όπου παρατηρείται η επαφή των δύο μαζών. Το πρώτο σημείο είναι στα δυτικά του όρους Άγγιστρο στο χωριό Προμαχώνα κοντά στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα στα βόρεια της λεκάνης του Στρυμώνα. Στην περιοχή αυτή οι βιοτιτικοί γνέυσιοι της Σερβομακεδονικής επιπνέουν τα μάρμαρα και τους σχιστολιθικούς γνέυσιους της Ροδόπης, η επίπνευση αυτή θεωρείται Ολιγοκαινική (**Κούκουζας 1972**). Το δεύτερο σημείο είναι δυτικά της Αμφίπολης στην περιοχή Μεσσολακιά και συγκεκριμένα ανάμεσα στα χωριά Κάτω Λακοβίκια και Παλαιοκώμη. Στην θέση αυτή οι γνέυσιοι της σειράς των Κερδυλλίων της Σερβομακεδονικής μάζας επιπνέουν τα μάρμαρα του Παγγαίου της μάζας Ροδόπης (**Kockel & Walter 1965**) (



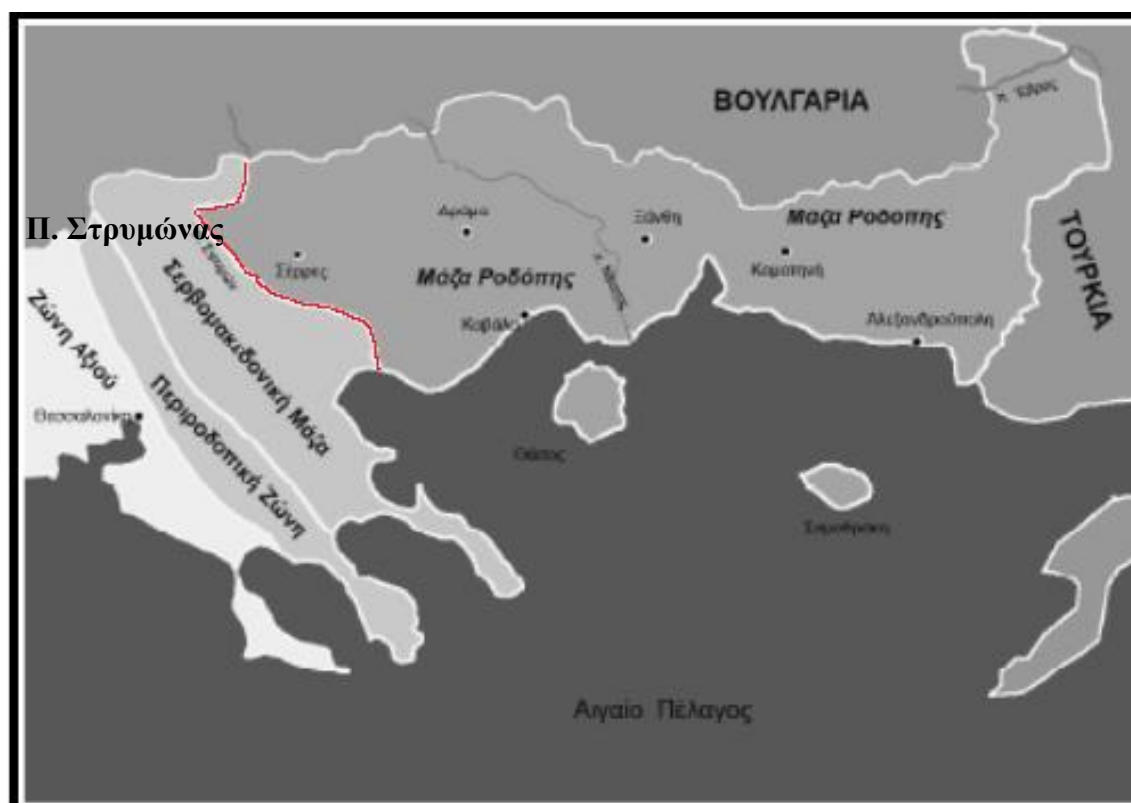
Σχήμα 3. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της μάζας Ροδόπης. Η Θρακική αύλακα και οι κύριοι ορεινοί όγκοι με τις τεκτονικές σχέσεις τους, της μάζας Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής μάζας όπως αυτές εμφανίζονται, καθώς και οι Sakarya Strandja και τα μεταμορφωμένα πετρώματα στη βορειοδυτική Τουρκία (Pontides-Anatolides ζώνη).

(τροποποιημένο από Kiliyas, Falalakis et al., 2012).

1.2 Προαλπικά Πετρώματα:

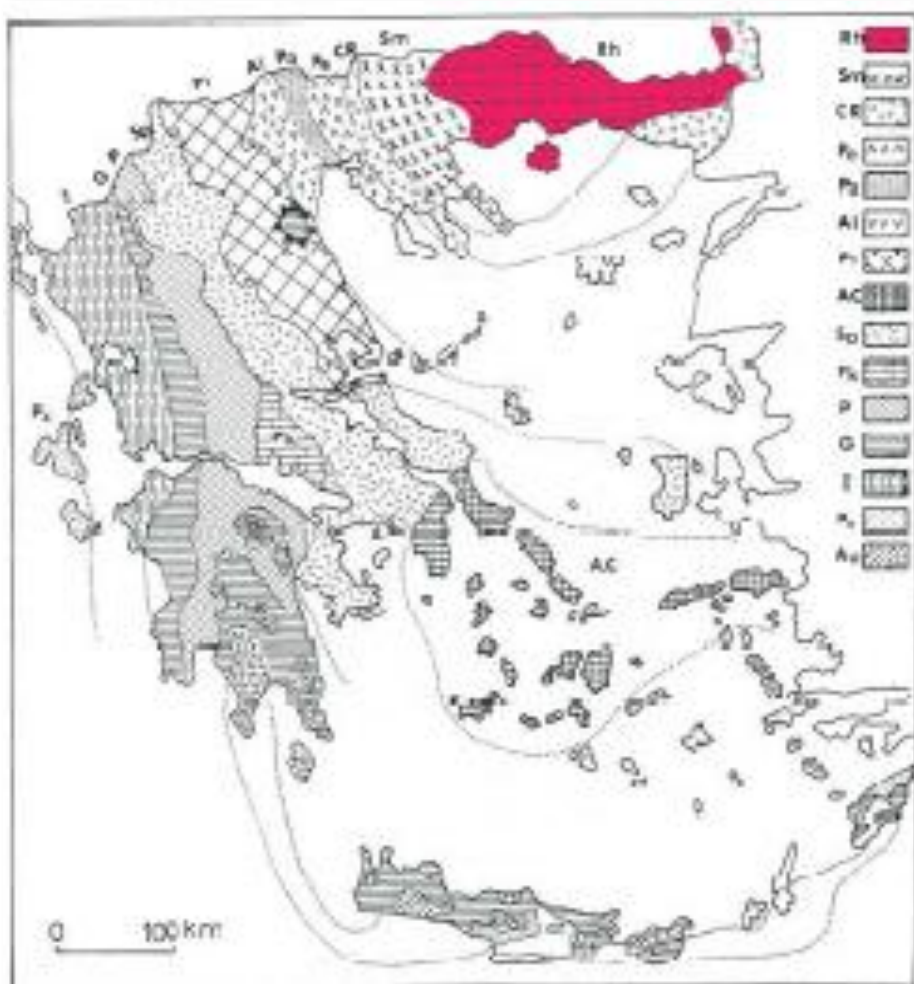
Μάζα της Ροδόπης:

Σύμφωνα με τον **Μουντράκη (2010)** η μάζα της Ροδόπης για τον Ελληνικό χώρο, εκτείνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά, από τον ορεινό όγκο της Ροδόπης στον Έβρο, έως την Ανατολική Μακεδονία με δυτικό όριο της τη νήσο Θάσο καθώς και τη γραμμή του ποταμού Στρυμόνα. Τα πετρώματα από τα οποία αποτελείται η μάζα είναι κρυσταλλοσχιστώδη Παλαιοζωικά και πυριγενή Τριτογενή πετρώματα πάχους 10 - 20 Km (**Σχήμα 4 και 5**). Ο γεωτεκτονικός χαρακτήρας της μάζας Ροδόπης είναι καθαρά ηπειρωτικός και θεωρείται ότι η προέλευση της μάζας είναι είτε από την πλάκα της Ευρασίας είτε από τα Κιμμερικά ηπειρωτικά τεμάχια που αποσπάστηκαν από την Γκοτβάνα, κινήθηκαν Βορειοανατολικά και ενσωματώθηκαν στην Ευρασία.



Σχήμα 4. Η τοποθέτηση της Μάζας της Ροδόπης στον ελληνικό χώρο.

(Τροποποιημένο από Γεωργισούδη 2006)



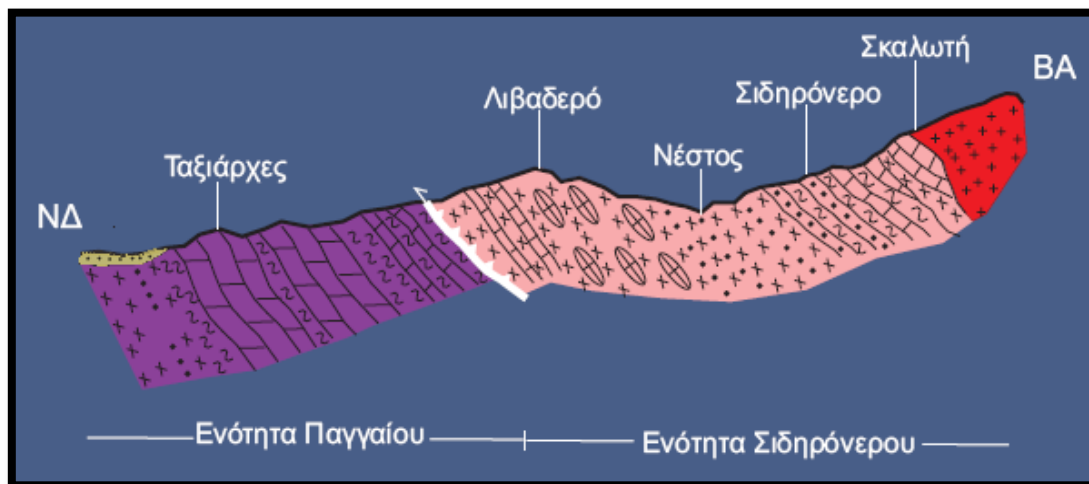
Σχήμα 5. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιανίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, PI: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικό-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα “Ταλέα όρη - πλακώδεις ασβεστόλιθοι” πιθανόν της Ιονίου ζώνης. (από Μουντράκης 2010).

Σύμφωνα με τους **Μposkos (1998)**, **Μposkos & Krohe (2000)**, **Krohe & Μposkos (2002)** (κατά **Μουντράκη 2010**) η μάζα της Ροδόπης χωρίζεται σε 5 τεκτονικές ενότητες οι οποίες από την νεότερη προς την παλαιότερη (**Σχήμα 6**) είναι:

1. **Ενότητα Παγγαίου**, αποτελείται από έναν κατώτερο ορίζοντα με ορθο-Γνεύσιους, Σχιστολίθους και Αμφιβολίτες, έναν μεσαίο ορίζοντα Μαρμάρων μεγάλου πάχους και έναν ανώτερο ορίζοντα με εναλλαγές Σχιστολίθων και Μαρμάρων, θεωρείται η νεότερη χρονολογικά ενότητα πετρωμάτων αν και τεκτονικά θεωρείται ως η κατώτερη τεκτονική ενότητα της μάζας Ροδόπης. (**Σχήμα 6**).
2. **Ενότητα Σιδηρόνερου**, αποτελείται από Μιγματίτες, λεπτές ενστρώσεις Μαρμάρων, ορθο- και πάρα- Γνεύσιους, Αμφιβολίτες, Μεταπηλίτες, Εκλογίτες και μαρμαρυγιακούς Σχιστολίθους. Θεωρείται χρονολογικά ως η

παλαιότερη ενότητα πετρωμάτων, αλλά τεκτονικά θεωρείται ως η ανώτερη τεκτονική ενότητα της μάζας Ροδόπης (**Σχήμα 6**). Βρίσκεται στην περιοχή βόρεια της Δράμας και της Ξάνθης.

3. **Ενότητα Καρδάμου**, αποτελείται από Γνεύσιους, Μεταπηλίτες, Παραγνεύσιους, Μεταβασίτες και ενστρώσεις Μαρμάρων. Βρίσκεται στην περιοχή βόρεια της Κομοτηνής.
4. **Ενότητα Κεχρίου**, αποτελείται από ορθο- Γνεύσιους, Μεταπηλίτες, Μιγματίτες, Εκλογίτες, Αμφιβολίτες και Υπερβασικά σώματα τεκτονικά παρεμβαλλόμενα. Βρίσκεται στην Ανατολική Ροδόπη στην περιοχή του χωριού Κεχρί μέχρι τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα.
5. **Ενότητα Κίμης**, αποτελείται από μετά- ιζήματα και μετά- πυριγενή πετρώματα πολύ υψηλής μεταμόρφωσης, όπως αμφιβολιτιωμένους Εκλογίτες, γρανιτικούς ορθο- Γνεύσιους, (Περιδοτίτες και Πυροξενίτες) τα οποία είναι πετρώματα μανδυακής προέλευσης. Βρίσκεται στο ανατολικό άκρο της Ροδόπης στην περιοχή Εύρου – Ορεστιάδας.



Σχήμα 6. Σχηματική γεωλογική τομή στην περιοχή Σιδηρόνερου Δράμας στην οποία απεικονίζονται η λιθοστρωματογραφική διαδοχή και η τεκτονική θέση των δύο ενόσεων Σιδηρόνερου και Παγγαίου.

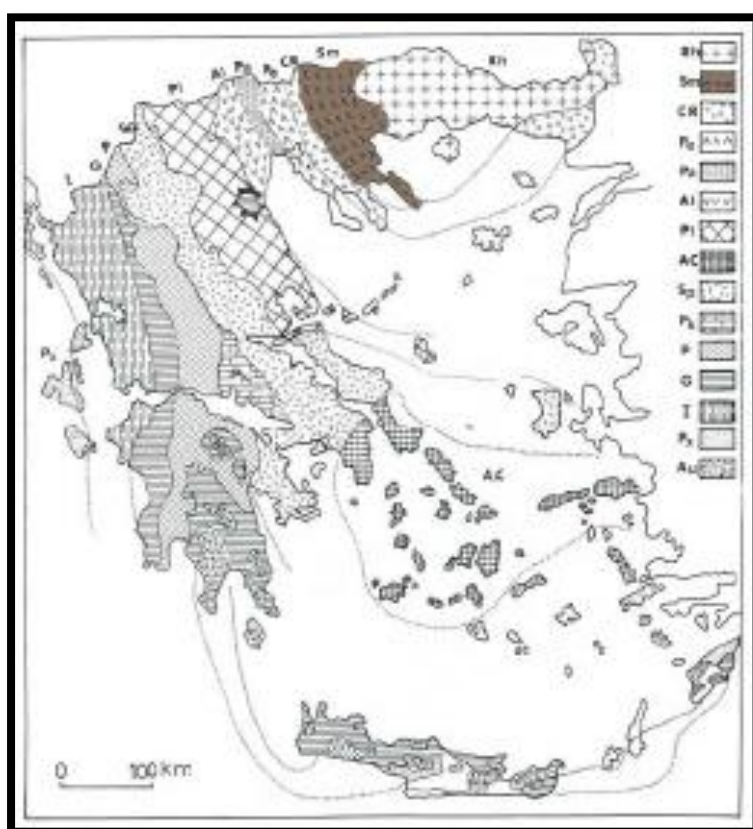
(Από <http://www.geo.auth.gr/museum/MammalFiles/Rodopi.pdf>)

Τα πυριγενή πετρώματα από τα οποία απαρτίζεται η μάζα Ροδόπης είναι πλουτωνικά και ηφαιστειακά. Οι πλουτωνίτες είναι γρανίτες, γρανοδιορίτες, μονζονίτες, χαλαζιακοί μονζονίτες, τοναλίτες και διορίτες. Τους συναντάμε στο Παγγαίο, στο Σύμβολο Καβάλας, στην Βροντού Σερρών, στο Παρανέστι Δράμας, στη Ξάνθη και στο Πανόραμα Θεσσαλονίκης. Η ηλικία τους είναι Τριτογενής (Ηώκαινο – Ολιγόκαινο - Μειόκαινο). Οι ηφαιστίτες είναι βασάλτες, ανδεσίτες, δακίτες, τραχείτες, ρυόλιθοι και τους συναντάμε στις Φέρρες και Σάπες Εύρου και βόρεια της Ξάνθης - Κομοτηνής. Η ηλικία τους είναι Ολιγοκαινική 35-25 εκ. χρόνια πριν σύμφωνα με τον (Μουντράκης 2010).

Κατά μήκος του ΒΑ περιθωρίου της λεκάνη του Στρυμόνα υπάρχουν οι ορεινοί όγκοι των Ορβήλου – Αγγίστρου, Βροντού, Μενοίκιου και ΝΔ Παγγαίου, οι οποίοι αποτελούν, εκτός από το όρος Βροντού, τα παλαιότερα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου της Ροδόπης. Οι ορεινοί αυτοί όγκοι αποτελούν το δυτικό όριο της μάζας Ροδόπης το οποίο αποτελείται κυρίως από μάρμαρα με ενδιαστρώσεις γνευσίων και σχιστολίθους της ενότητας Παγγαίου, τον γρανίτη της Βροντούς ο οποίος αποτελείται από ένα παλαιότερο μέλος ηλικίας Μέσου Ολιγοκαίνου και ένα νεότερο μέλος ηλικίας Κάτω Μειοκαίνου, τα μάρμαρα με ενστρώσεις γνευσίων του Μενοίκιου όρους, τα μάρμαρα του όρους Αγγίστρο και τον γρανίτη του Συμβόλου Καβάλας.

Σερβομακεδονική Μάζα:

Σύμφωνα με τον **Μουντράκη (2010)** η Σερβομακεδονική μάζα αποτελούσε μία ενιαία μάζα με την Ροδόπη και ο διαχωρισμός τους είναι πολύ νέος, καθώς έγινε με την εφελκυστική τεκτονική του Τριτογενούς, κυρίως κατά το Μέσο - Άνω Μειόκαινο, η οποία δημιούργησε τη Νεογενή λεκάνη του Στρυμόνα ανάμεσα τους (**Σχήμα 7**).



(**Σχήμα 7.** Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών.

Rh: Μάζα της Ροδόπης, **Sm:** Σερβομακεδονική μάζα, **CR:** Περιροδοπική ζώνη, (**Pe:** Ζώνη Παιανίας, **Pa:** Ζώνη Πάικου, **Al:** Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, **PI:** Πελαγονική ζώνη, **Ac:** Αττικό-Κυκλαδική ζώνη, **Sp:** Υποπελαγονική ζώνη, **Pk:** Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, **P:** Ζώνη Πίνδου, **G:** Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, **I:** Ιόνιος ζώνη, **Px:** Ζώνη Παξών ή Προαπούλια,

Au: Ενότητα “Ταλέα όρη - πλακώδεις ασβεστόλιθοι” πιθανόν της Ιονίου ζώνης. (από Μουντράκη 2010).

Σύμφωνα με τους **Kockel & Walther (1968)** (κατά **Μουντράκη 2010**) η Σερβομακεδονική μάζα χωρίζεται σε δύο επιμέρους τεκτονικές ενότητες οι οποίες από την παλιότερη προς την νεότερη είναι:

1. **Ενότητα Κερδυλλίων**, καταλαμβάνει το ανατολικό τμήμα της χερσονήσου της Χαλκιδικής μέχρι τον ποταμό Στρυμόνα και το Στρατόνι. Τα πετρώματα που την απαρτίζουν θεωρούνται ως οι βαθύτεροι ορίζοντες της Σερβομακεδονικής Μάζας, ίσως και ολόκληρης της Ελλάδας ηλικίας Παλαιοζωικού και έχουν πάχος 3 Km. Τα πετρώματα που την συγκροτούν είναι μιγματιτικοί βιοτικοί Γνεύσιοι, γρανατούχοι διμαρμαρυγικοί Γνεύσιοι, Αμφιβολίτες, αμφιβολιτιωμένοι Εκλογίτες και Μάρμαρα (**Σχήμα 8**).
2. **Ενότητα Βερτίσκου**, καταλαμβάνει τον κορμό της Χαλκιδικής μέχρι τα σύνορα προς Βορρά. Αποτελείται από πετρώματα όπως Μιγματίτες, οφθαλμοειδείς ορθο- Γνεύσιους, μαρμαρυγικούς Σχιστολίθους, λεπτά στρώματα Μαρμάρων, μετά- Γάββρους, μετά- Διαβάσεις και ορθο- Αμφιβολίτες ως φακοί μέσα σε Γνευσίους και Σερπεντινικά σώματα (**Σχήμα 8**).



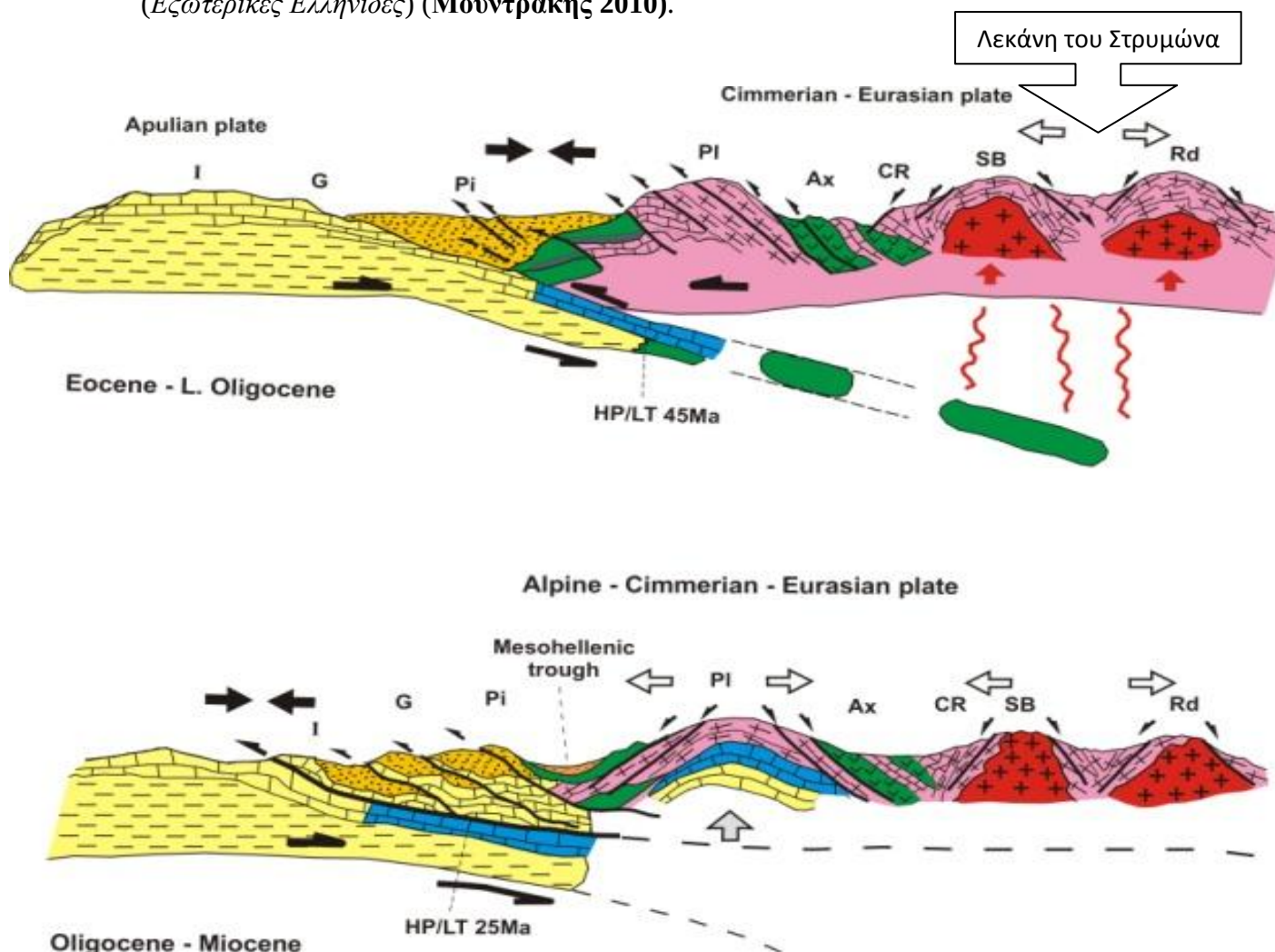
Σχήμα 8. Σχηματική αναπαράσταση της θέσης των ενοτήτων Κερδυλλίων και Βερτίσκου. (από <http://www.geo.auth.gr/museum/MammalFiles/Servomac.pdf>)

Στο ΒΔ και ΝΔ τμήμα της λεκάνης του Στρυμόνα υπάρχουν οι ορεινοί όγκοι των Κερκίνης (Μπέλες), Δυσώρου και Κρουσίων (Μαυροβουνίου), Βερτίσκου και Κερδυλλίων που αποτελούν το ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής μάζας. Τα όροι αυτά αποτελούνται από Γνευσίους, μαρμαρυγικούς Σχιστολίθους με μικρές παρεμβολές Μαρμάρων και Αμφιβολιτών.

1.3 Γενικό καθεστώς των τάσεων και χρόνος έναρξης σχηματισμού της λεκάνης.

Μεταλλικά πετρώματα και ιζήματα:

Ολόκληρη η παραμόρφωση του ελληνικού χώρου αποδίδεται στο προχωρημένο στάδιο των διαδικασιών σύγκρουσης και υποβύθισης της Απουλίας πλάκας κάτω από την Ευρασιατική κατά το Μέσο Ηώκαινο έως το Μέσο Ολιγόκαινο (**Σχήμα 9**). Κατά το Ανώτερο Ολιγόκαινο μέχρι το Μέσο - Ανώτερο Μειόκαινο στον εσωτερικό ελληνικό χώρο (*Εσωτερικές Ελληνίδες*) επικράτησαν εφελκυστικές τάσεις διευθύνσεως ΒΑ - ΝΔ οι οποίες οφείλονται στην μετανάστευση της συμπίεσης και επομένως του Ελληνικού Ορογενούς προς τα ΝΔ στον εξωτερικό ελληνικό χώρο (*Εξωτερικές Ελληνίδες*) (**Μουντράκης 2010**).

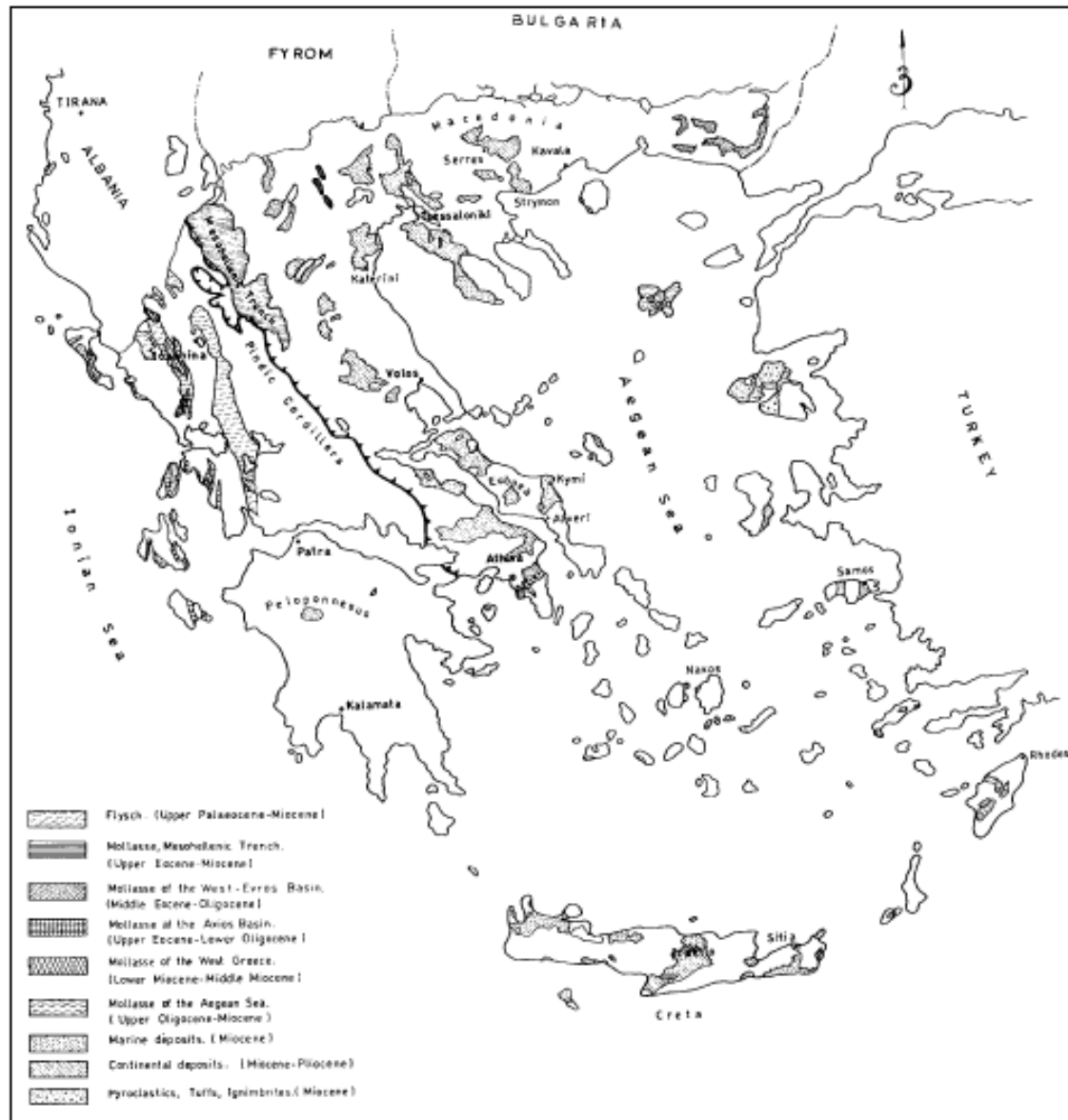


Σχήμα 9. Τομή των Ελληνίδων από την μάζα της Ροδόπης μέχρι την Ιόνιο Ζώνη.

(από Μουντράκη 2010)

Αποτέλεσμα αυτών των εφελκυστικών τάσεων ήταν η δημιουργία τάφρων με διεύθυνση ανάπτυξης ΒΔ - ΝΑ και σχηματισμό κανονικών ρηγμάτων γενικής

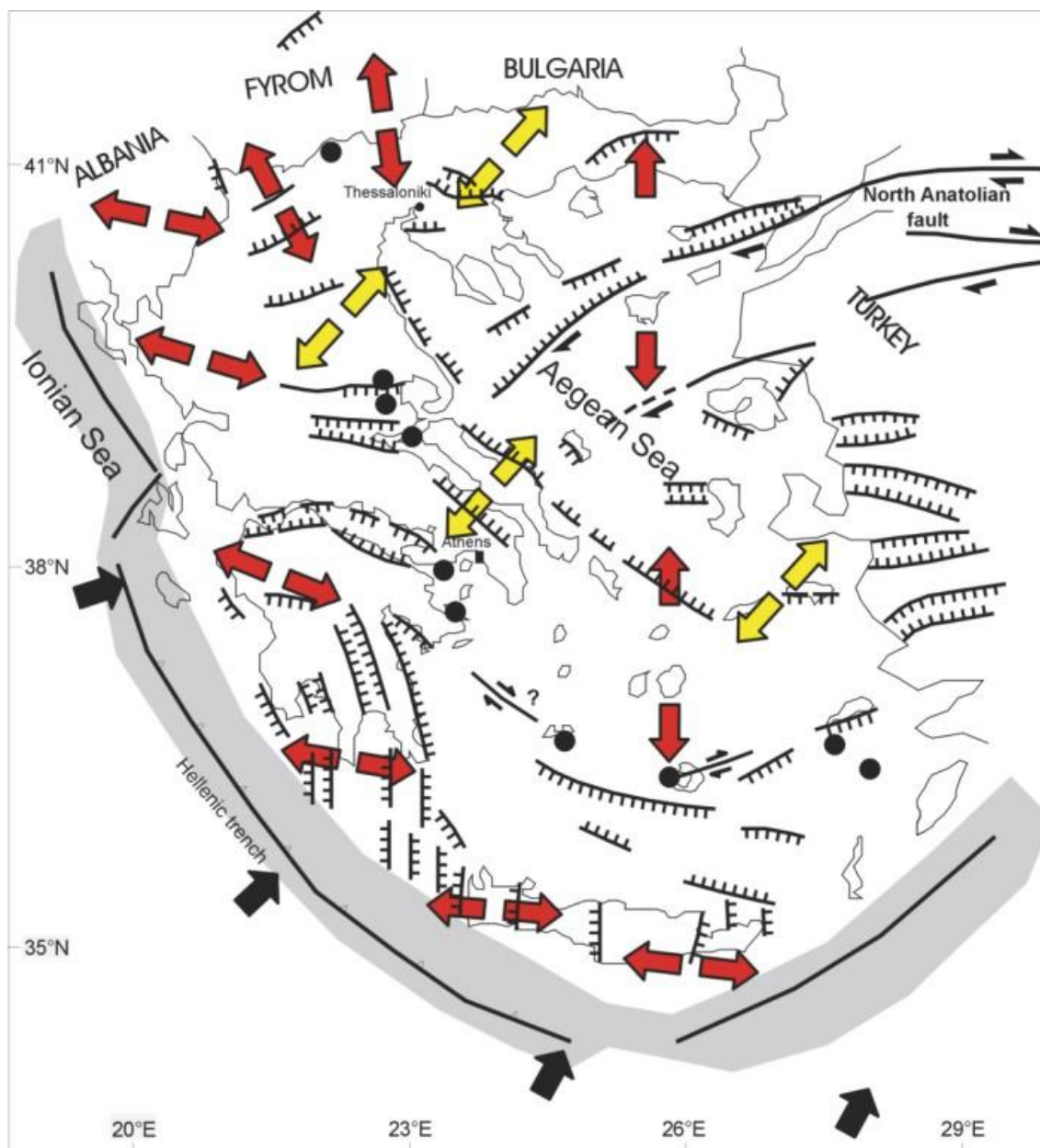
διευθύνσεως ΒΔ – ΝΑ στα περιθώρια των τάφρο-λεκανών. Σχηματίσθηκαν έτσι οι μεγάλες τάφροι του Ελληνικού χώρου (Πτολεμαΐδας - Φλώρινας, Θεσσαλονίκης - Αξιού, Στρυμόνα, Λοκρίδας, Κορίνθου, Δράμας, Ξάνθης, Κομοτηνής κ.ά.) (Σχήμα 10), οι οποίες εξελίσσονται σε μεγάλες ταφρογενείς λεκάνες με απόθεση σημαντικού πάχους ιζημάτων Πλειοκαίνου – Τεταρτογενούς σύμφωνα με τον (Μουντράκη 2010).



Σχήμα 10. Ενδεικτικό σχεδιάγραμμα με τις κύριες ταφρολεκάνες του Μειοκαίνου της Ελλάδας (από Ioakim et al., 2005).

Η εφελκυστική τεκτονική εξελίχθηκε στο Τριτογενές, από ημιπλαστική στο Άνω Ολιγόκαινο - Μέσο Μειόκαινο, σε καθαρά θραυστιγενή στο όριο Άνω Μειόκαινου – Κάτω Πλειόκαινου διευθύνσεως ΒΑ – ΝΔ. Από το Μέσο Πλειόκαινο έως σήμερα επικρατούν εφελκυστικές τάσεις διευθύνσεως Β – Ν με σχηματισμό κανονικών ρηγμάτων διευθύνσεως Α - Δ που θεωρούνται ως ενεργά, με παράλληλη μεγάλη κίνηση προς τα ΝΔ της πλάκας του Αιγαίου (**Tranos 2010**) (**Σχήμα 10**).

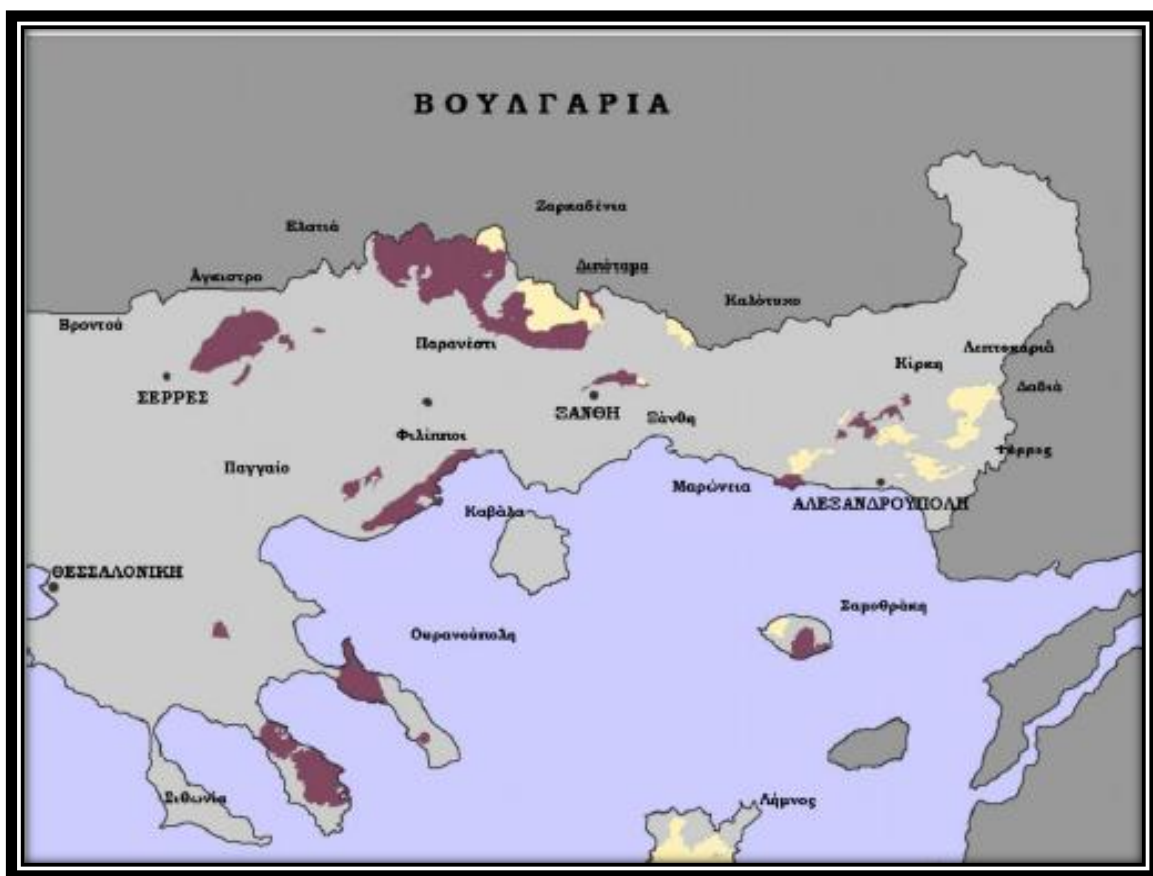
Ανώτερο Μειόκαινο – Κάτω Πλειόκαινο και τα κόκκινα βέλη τη διεύθυνση του



Σχήμα 10. Τα κίτρινα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση του εφελκυστικού πεδίου του ενεργού εφελκυσμού στο Μέσο Πλειόκαινο – Σήμερα. Τα μαύρα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση κίνησης της Αφρικανικής πλάκας και τη διεύθυνση των συμπίεστικών τάσεων. (από Μουντράκη 2010)

Όσον αφορά την Τριτογενή εξέλιξη της Ελληνικής ενδοχώρας είναι γενικά αποδεκτό ότι κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου στην ανατολική Μακεδονία και τη Θράκη

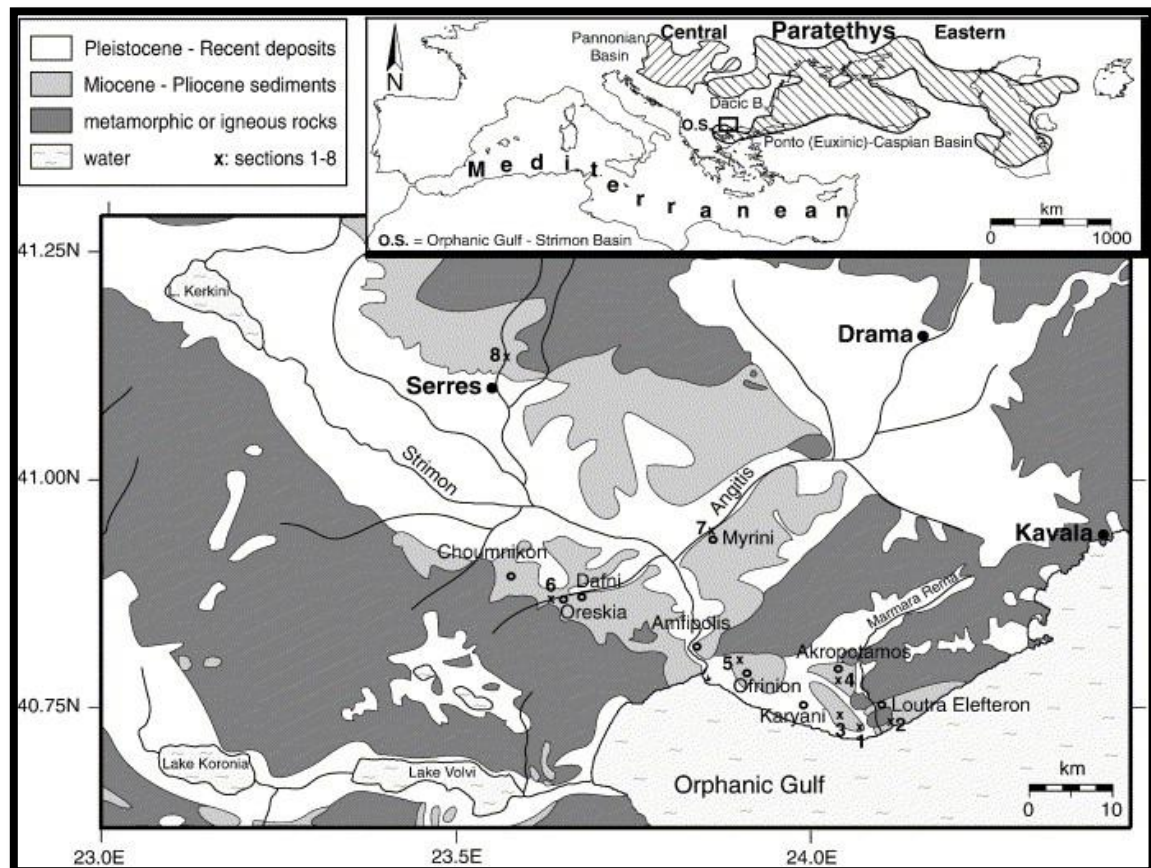
παρατηρείται έντονη μαγματική δραστηριότητα ασβεσταλκαλικής σύστασης, με πλουτωνικά και ηφαιστειακά πετρώματα που απαντώνται σε όλη την μάζα της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής. Ο μαγματισμός αυτός οφείλεται στην τελευταία Αλπική φάση πτύχωσης ηλικίας Μέσου Ηωκαίνου έως Κάτω Μειόκαινου. Αυτό συμβαίνει λόγω σύγκρουσης της Απουλίας με την Ευρασιατική πλάκα, με διεύθυνση ΒΔ, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μία ΒΑ - ΝΔ οπισθοτόξια έκταση, σύμφωνα με τους **Kilias (2012)**, **Μουντράκη (2010)** και έτσι προκαλείται ο Τριτογενής μαγματισμός. Η δραστηριότητα αυτή συνδέεται με το σχηματισμό των Τριτογενών τάφρο-λεκανών στον χώρο της Βόρειας Ελλάδας που αναφέραμε προηγουμένως. Έτσι δημιουργήθηκαν τα πλουτωνικά και ηφαιστειακά πετρώματα στην Ελληνική ενδοχώρα, τα οποία κάλυψαν μεγάλες εκτάσεις στη ΝΔ Βουλγαρία, καθώς και την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη (**Σχήμα 11**) σύμφωνα με τον (**Μουντράκη 2010**).



Σχήμα 11. Τα μαγματικά συμπλέγματα της Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης. Μωβ: πλουτωνίτες, Κίτρινο: ηφαιστίτες. (από Eleftheriadis & Lippolt 1984)

Ειδικότερα όσον αφορά την λεκάνη του Στρυμόνα, αυτή θεωρείται ως ένα τεκτονικό βύθισμα το οποίο έχει πληρωθεί από μία πληθώρα ιζηματογενών σχηματισμών μεγάλου πάχους που φτάνει έως και τα 3 Km στα κεντρικά τμήματα της λεκάνης ηλικίας Τριτογενούς – Τεταρτογενούς (**Σχήμα 12**). Τα ιζήματα αυτά προέκυψαν

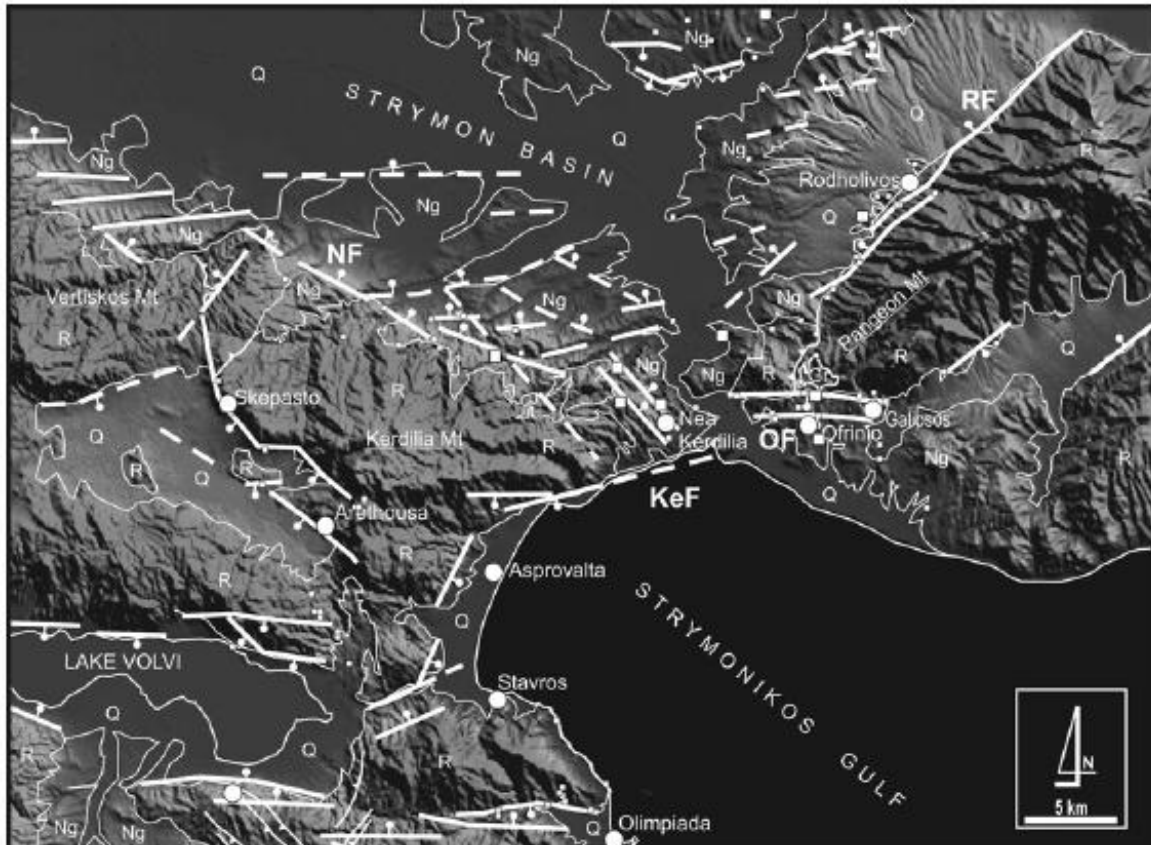
λόγω της άσκησης έντονων εφελκυστικών τάσεων διευθύνσεως BBA - NNA εκατέρωθεν των ορίων της λεκάνης, καθώς και της έντονης διάβρωσης των μητρικών πετρωμάτων των περιθωρίων της από το Τριτογενές έως το Τεταρτογενές. Η ηλικία έναρξης σχηματισμού της λεκάνης του Στρυμόνα τοποθετείται στις αρχές του Μέσου Μειόκαινου (**Καρυστιναίος 1984, Karistineos and Ioakim 1989, Tranos 2010, Syrides 1995, 2000**). Η λεκάνη του Στρυμόνα άρχισε να παίρνει την σημερινή της μορφή κυρίως στο Ανώτερο Μειόκαινο – Κάτω Πλειόκαινο με την εφελκυστική τεκτονική διεύθυνσης BA - ΝΔ και ολοκληρώθηκε κατά το Τεταρτογενές με την επικράτηση των εφελκυστικών τάσεων διευθύνσεως B – N.



Σχήμα 12. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης του Κόλπου Ορφανίου και των περιοχών της λεκάνης του Στρυμόνα (από Bornovas and Rondogianni-Tsiambaou, 1983). Ο Ένθετος χάρτης δείχνει την παλαιογεωγραφία της Παρατηθούς στην περιοχή κατά το Ανώτερο Μειόκαινο, επάνω στην σημερινή γεωγραφία, με τη θέση του Κόλπου Ορφανίου - λεκάνη Στρυμόνα. .

Από το Τεταρτογενές και μετά, η λεκάνη του Στρυμόνα έχει διαχωριστεί από την λεκάνη του Στρυμωνικού κόλπου εξαιτίας της μεταβολής των εφελκυστικών τάσεων από BA – ΝΔ στο Άνω Μειόκαινο - Κάτω Πλειόκαινο, σε B - N από το Κάτω Πλειόκαινο μέχρι σήμερα (**Σχήμα 13**). Αυτές οι τάσεις διεύθυνσης B – N δημιούργησαν ένα κανονικό εκτατικό ρήγμα μήκους χιλιομέτρων διευθύνσεως Α – Δ που εκτείνεται από την Κερκίνη – Σέρρες - Νέα Ζίχνη - Οφρύνιο - Γαλιψός.

Ωστόσο, στην περιοχή του ρήγματος δεν έχει παρατηρηθεί κάποια μεγάλη σεισμική δραστηριότητα κατά τους ιστορικούς χρόνους και γι' αυτό το λόγο η περιοχή θεωρείται από μέτριας έως χαμηλής σεισμικότητας. Η επέκταση της λεκάνης με αυτή την διεύθυνση των τάσεων εκδηλώνεται κυρίως με κανονικά ρήγματα διευθύνσεως Α – Δ (**Tranos 2010**).



Σχήμα 13. Ψηφιοποιημένος γεωλογικός και τεκτονικός χάρτης του NNA άκρου της λεκάνης του Στρυμόνα και της λεκάνης του Στρυμονικού Κόλπου που δείχνει τα κύρια ρήγματα της περιοχής (από Μουντράκης et al, 1994, Kockel et al, 1977). Επεξηγήσεις: Q: τεταρτοταγούς, Gr: Messolakia granitoid, Ng: Νεογενούς, R: κρυσταλλικά πετρώματα υποβάθρου, KEF: Ρήγματα Κερδυλλίων, NF: ρηξιγενή ζώνη Νιγρίτας, RF: Ζώνη ρηγμάτων του Ροδολίβους, OF: Ρηξιγενής ζώνη του Οφρυνίου. Οι διακεκομμένες γραμμές συμβολίζουν πιθανά κανονικά ρήγματα.

1.4 Λιθοστρωματογραφία της λεκάνης του Στρυμόνα:

Σειρά ιζημάτων που πληρούν την λεκάνη:

Η περιγραφή της λιθολογίας των ιζημάτων βασίζεται σε επίγειες παρατηρήσεις και δειγματοληψίες πετρωμάτων από φυσικές τομές των ερευνητών των οποίων τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα διπλωματική.

Σύμφωνα με τον **Καρυστιναίο (1984)** στην λεκάνη του Στρυμόνα έχουν αποτεθεί καθόλη την διάρκεια ανάπτυξης της, Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα τα οποία από τους νεώτερους προς τους παλαιότερους σχηματισμούς είναι τα ακόλουθα:

- 1) Κατά τόπους Τραβερτίνης – Μάργες (Τεταρτογενές)
- 2) Γρανιτικό Κροκαλοπαγές (Κάτω – Μέσο Πλειόκαινο)
- 3) Λεπτόκοκκοι Ψαμμίτες (Κάτω Πλειόκαινο)
- 4) Ασβεστολιθικοί Ψαμμίτες (Κάτω Πλειόκαινο)
- 5) Κροκαλοπαγές Επίκλυσης (Κάτω Πλειοκαίνου)
- 6) Γρανιτικό Λατυποπαγές (Ανώτερο Μειόκαινο (Μεσσήνιο))
- 7) Ερυθροστρώματα (Ανώτερο Μειόκαινο (Μεσσήνιο))
- 8) Λιγνίτες Σερρών (1. Λεύκες (Άνω Μειόκαινο), 2. Περδικάρι (Ανώτερο Μειόκαινο , Μεσσήνιο))
- 9) Ψαμμίτης Λευκώνα (Μέσο Μειόκαινο)
- 10) Κροκαλοπαγές Βύθισης ή Βάσης (Μέσο Μειόκαινο 15 εκ.)
(Σχήμα 14).



1

1 = Ψαμμίτες

2

2 = Άργιλος - Μάργες με ενστρώσεις από πηλό με απολιθώματα

3

3 = Ψαμμίτες και αμμώδεις Μάργες

4

4 = πολύμικτο γρανιτικό Κροκαλοπαγές

5

5 = αμμώδεις Μάργα

6

6 = λεπτόκοκκος Ψαμμίτης

7

7 = ασβεστολιθικός Ψαμμίτης

8

8 = Ερυθροστρώματα (Ψαμμίτες, αμμώδεις Μάργα και Άργιλος με απολιθώματα και φυτικά υπολείμματα)

9

9 = Λιγνιτικές αποθέσεις (Λιγνίτες Σερρών)

10

10 = Μάργα

11

11 = Ψαμμίτης του Λευκώνα (Ψαμμίτες και Πηλοί με απολιθώματα)

12

12 = Κροκαλοπαγές βύθισης

13

13 = Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο

Σχήμα 14. Σύνθετο στρωματογραφικό προφίλ της λεκάνης του Στρυμόνα (τροποποιημένο από Brousoulis et al, 1990).

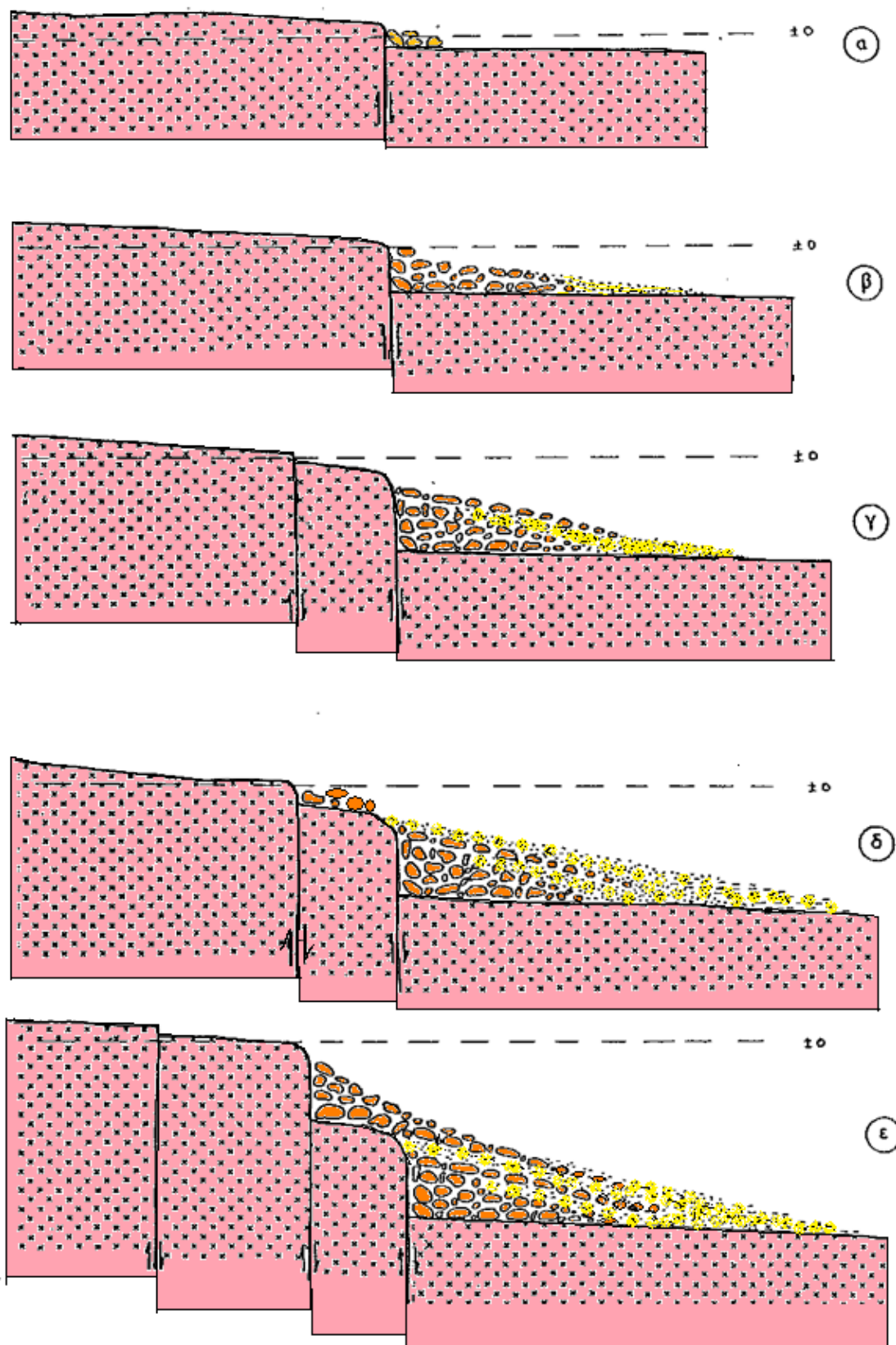
Αναλυτικότερα:

Τα ιζήματα που αποτελούν την **Ομάδα του Λευκώνα** αρχίζουν να αποτίθεται με τη δημιουργία της λεκάνης του Στρυμόνα στο Μέσο Μειόκαινο και την απόθεση ενός πολύ χοντρού πολύμικτου Κροκαλοπαγούς Βύθισης που παράλληλα με αυτό, αποτίθενται και ποταμοχειμάρειες αποθέσεις από ψαμμίτες και δελταϊκά τελματικά στρώματα ψαμμιτών, μαργών και λάσπης, με στρώματα ή φακούς λιγνιτών. Ακολουθούν χερσοποτάμια ερυθροστρώματα με χοντρόκοκκα κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και δύο παρένθετα λατυποπαγή που αποτελούν το ανώτατο μέρος αυτής της ομάδας και τελειώνουν ακριβώς πριν την θαλάσσια επίκλυση του Κάτω Πλειοκαίνου στην περιοχή. Η Ομάδα του Λευκώνα αποτελείται αποκλειστικά από ηπειρωτικά (ποταμολιμναία κυρίως) ιζήματα που συναντώνται σε όλη την έκταση της λεκάνης του Στρυμόνα, το ολικό πάχος των οποίων ξεπερνά τα 1800 m στα κεντρικά τμήματα της λεκάνης.

Η **Ομάδα του Λευκώνα** μπορεί να διακριθεί σε τέσσερις σχηματισμούς από τα κατώτερα προς τα ανώτερα στρώματα:

1. Σχηματισμός Κροκαλοπαγών Βύθισης
2. Σχηματισμός Ψαμμιτών Λευκώνα
3. Σχηματισμός Λιγνιτών Σερρών
4. Σχηματισμός Ερυθροστρωμάτων – Γρανιτικού Λατυποπαγούς

1) Το Κροκαλοπαγές Βάσης ή Βύθισης, (Σχήμα 14, Σχήμα 15, Σχήμα 16) είναι το πρώτο ίζημα που αποτέθηκε στην λεκάνη κατά τον αρχικό σχηματισμό της και η ηλικία του τοποθετείται στις αρχές του Μέσου Μειόκαινο, 15 εκ. χρόνια πριν. Αποτέθηκε ακριβώς πάνω από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο των δύο μαζών Ροδόπης και Σερβομακεδονικής και ως προς την συνεκτικότητα του είναι σχετικά ασύνδετο και χαλαρό. Συναντώνται μεγάλα πάχη αυτού κοντά σε ρηγματωμένες περιοχές, με κανονικά ρήγματα μεγάλης γωνίας κλίσης. Κοντά στα περιθώρια της λεκάνης με το υπόβαθρο, έχουν μετρηθεί με την χρήση γεωτρήσεων μέχρι και 700 m πάχος αυτού του κροκαλοπαγούς και καθώς πλησιάζουμε προς τα κεντρικά τμήματα της λεκάνης, τα πάχη μειώνονται σε 10 m. Τα υλικά από τα οποία αποτελείται το κροκαλοπαγές βύθισης είναι κροκάλες γρανιτικές, χαλαζιακές, μαρμάρου, γνευσιακές και αμφιβολιτικές. Οι κροκάλες αυτές ανάλογα με το ποσοστό τους υποδηλώνουν την εκάστοτε μητρική πηγή που προμηθεύει το κροκαλοπαγές και είναι τα αντίστοιχα γειτονικά πετρώματα του υποβάθρου. Οι κροκάλες συνδέονται μεταξύ τους με άργιλο - ψαμμιτικό συνδετικό υλικό - μήτρα και όλος ο σχηματισμός έχει χρώμα ανοιχτό γκρίζο έως γκρίζο. Σε γενικές γραμμές επικρατούν αδρομερή χαλαρά κροκαλοπαγή με διάμετρο κροκάλων από 5 - 10 cm. Ορισμένα από τα μέλη του σχηματισμού έχουν στρογγυλεμένες κροκάλες με αυξημένο βαθμό σφαιρικότητας γεγονός που δείχνει ότι έχουν μεταφερθεί σε αρκετά μεγάλη απόσταση από το μητρικό τους πέτρωμα. Άλλες κροκάλες εμφανίζονται με γωνιώδεις επιφάνειες γεγονός που δηλώνει ότι το μητρικό τους πέτρωμα βρίσκεται πολύ κοντά σε αυτές. Άλλη περίπτωση είναι οι γωνιώδεις κροκάλες να έχουν μεταφερθεί με ρεύματα λασποροής στα σημεία όπου τις βρίσκουμε σήμερα. (**Καρυστιναίος 1984, Karistineos and Ioakim 1989**).



Σχήμα 15. Τρόπος σχηματισμού του κροκαλοπαγούς βύθισης
(τροποποιημένο από Καρυστιναίο 1984).

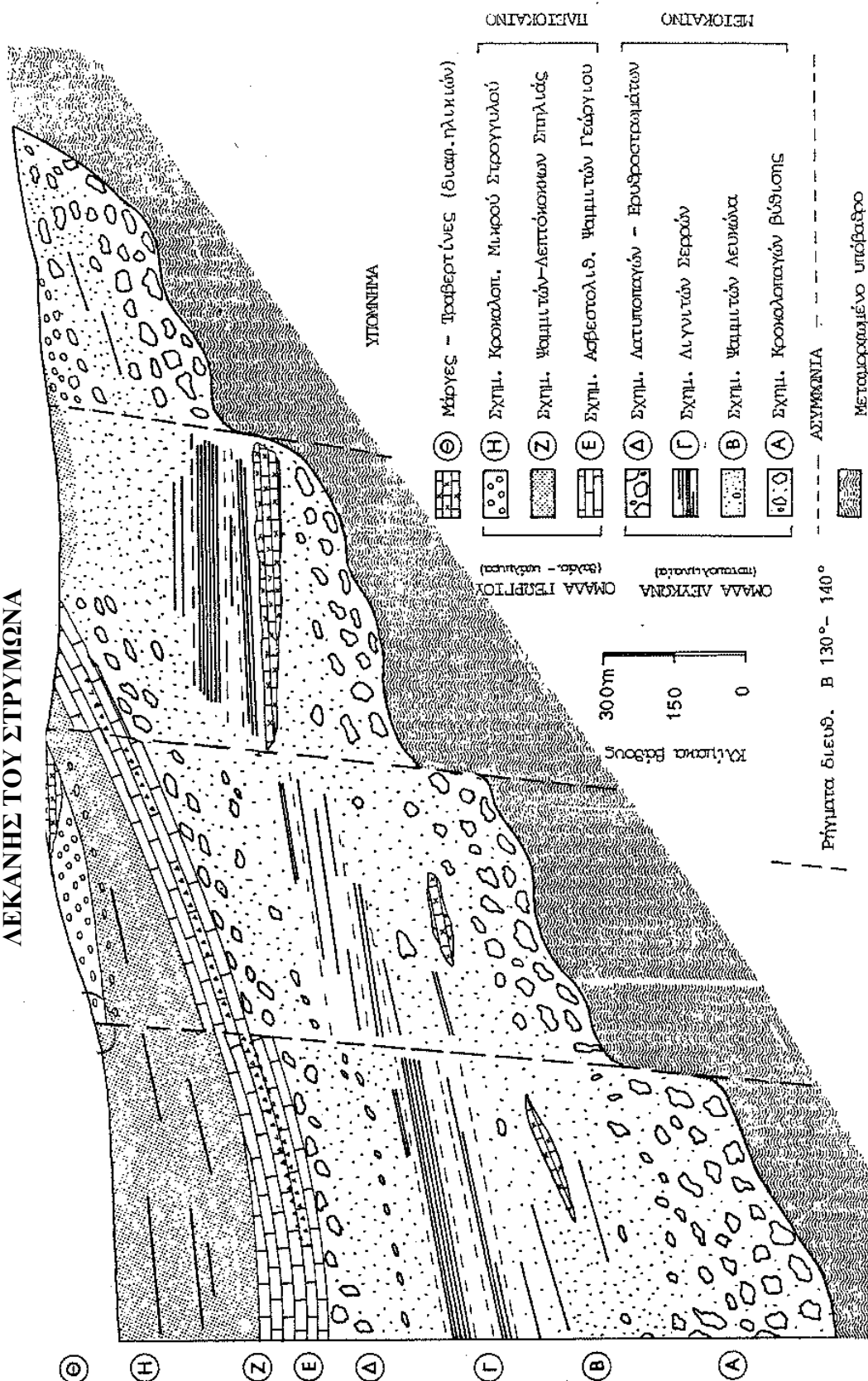
Σε γενικές γραμμές έχει παρατηρηθεί μία διαδοχή στις εναλλαγές, των χαλαρών αδρομερών κροκαλοπαγών με περισσότερο λεπτόκοκκα κροκαλοπαγή – ψηφιδοπαγή και αταξινόμητους αργιλλοψαμμίτες και μία σημαντική μεταβολή στην κλίση των στρωμάτων. Τα περισσότερο αδρομερή κροκαλοπαγή έχουν αποτεθεί επάνω στα περισσότερα λεπτόκοκκα ιζήματα. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα διαδοχικής τεκτονικής δραστηριότητας που δημιουργήσε συναποθετικά ρήγματα. Αρχικά με την δημιουργία ενός κανονικού ρήγματος στο υπόβαθρο και την βύθιση του άνω τεμάχους αποτίθενται κοντά στην ρηξιγενή επιφάνεια αδρομερή υλικά κροκαλοπαγούς, ενώ καθώς απομακρύνονται τα υλικά του κροκαλοπαγούς βύθισης από την επιφάνεια αυτή γίνονται όλο και πιο λεπτόκοκκα. Κατά την διάρκεια του γεωλογικού χρόνου επικρατεί για κάποιο διάστημα τεκτονική ηρεμία στα περιθώρια της λεκάνης του Στρυμώνα με αποτέλεσμα να αποτίθενται λεπτόκοκκα κλαστικά υλικά αρκετού πάχους πάνω στο προϋπάρχον κροκαλοπαγές βύθισης. Στην συνέχεια μία νέα επαναδραστηριοποίηση των ήδη υπαρχόντων ρηγμάτων ή η δημιουργία κάποιου νέου ρήγματος περιθωριακά της λεκάνης (**Σχήμα 15**), τροφοδοτεί με νέα χονδρόκοκκα κλαστικά υλικά την λεκάνη. Τα χονδρόκοκκα κλαστικά υλικά αποθέτονται στρωματογραφικά σύμφωνα αλλά με λιθολογική διαφοροποίηση ακριβώς πάνω από τα λεπτόκοκκα κλαστικά υλικά του προηγούμενου τεκτονικού γεγονότος. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται καθώς συνεχίζεται και η βύθιση της λεκάνης του Στρυμώνα, διότι κάθε νέα τεκτονική επέκταση των ορίων της λεκάνης έδινε γένεση σε νέα κροκαλοπαγή βύθισης.

Η μεγάλη εξάπλωση του Κροκαλοπαγούς Βύθισης σε όλη την λεκάνη δηλώνει μία έντονη και συνεχή τεκτονική βύθιση του υποβάθρου της λεκάνης. Το μεγάλο ή μικρό πάχος του κροκαλοπαγούς βύθισης δηλώνει το πόσο κοντά ή μακριά στα περιθώρια της λεκάνης του Στρυμώνα είναι η ρηξιγενής επιφάνεια ενός μεγάλου ή μικρού ρήγματος, καθώς και για πόσο χρονικό διάστημα λειτούργησε το κάθε ένα από αυτά τα ρήγματα (**Σχήμα 16**).

Συμπερασματικά προκύπτει ότι η απόθεση αυτού του σχηματισμού έγινε σε διαφορετικούς χρόνους στο εκάστοτε νέο βασικό επίπεδο της επεκτεινόμενης λεκάνης του Στρυμώνα.

ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΩΝΑ



Σχήμα 16. Λιθοστρωματογραφία της λεκάνης του Στρυμόνα (τροποποιημένο από Καρυστιναίο 1984).

2) Ο Ψαμμίτης του Λευκώνα (Σχήμα 14, Σχήμα 16) είναι ο δεύτερος ιζηματογενής σχηματισμός που αποτίθεται παράλληλα με το Κροκαλοπαγές Βύθισης στην λεκάνη του Στρυμώνα. Η ηλικία σχηματισμού του είναι επίσης Μέσου Μειόκαινου. Έχει πάρει την ονομασία του από το ομώνυμο χωριό ΝΔ των Σερρών. Θεωρείται ως μία ετεροπική φάση του κροκαλοπαγούς βύθισης, δηλαδή έχουν αποτεθεί τον ίδιο ακριβώς χρόνο αλλά σε διαφορετική γεωγραφική θέση με το κροκαλοπαγές. Ο ψαμμίτης είναι ενδιασθρωμένος με το κροκαλοπαγές και τα όρια τους είναι σαφή μόνο σε περιοχές που δεν έχουν επηρεαστεί πολύ τεκτονικά (Σχήμα 16).

Τα λεπτόκοκκα ιζήματα του ψαμμίτη του Λευκώνα δείχνουν την μεταβολή στην ιζηματογένεση της λεκάνης από μία πιο έντονη φάση τεκτονικής βύθισης με απόθεση χονδρόκοκκων κροκαλοπαγών στα περιθώρια της λεκάνης, σε μία φάση μεγαλύτερης τεκτονικής ηρεμίας με απόθεση λεπτόκοκκων ιζημάτων στα κεντρικότερα τμήματα αυτής. Το πάχος τους κυμαίνεται γενικά από 50 – 100 m. Τα συστατικά του ψαμμίτη είναι κατά κύριο λόγο άστριοι και χαλαζίας με πλήθος φυλλαρίων μαρμαρυγία. Κατά τόπους έχουν βρεθεί σφαιροειδή συγκρίματα ψαμμιτικού υλικού με ομοκεντρική ανάπτυξη. Έχουν κακή έως πολύ κακή ταξινόμηση και θεωρούνται ανώριμα ιζήματα.

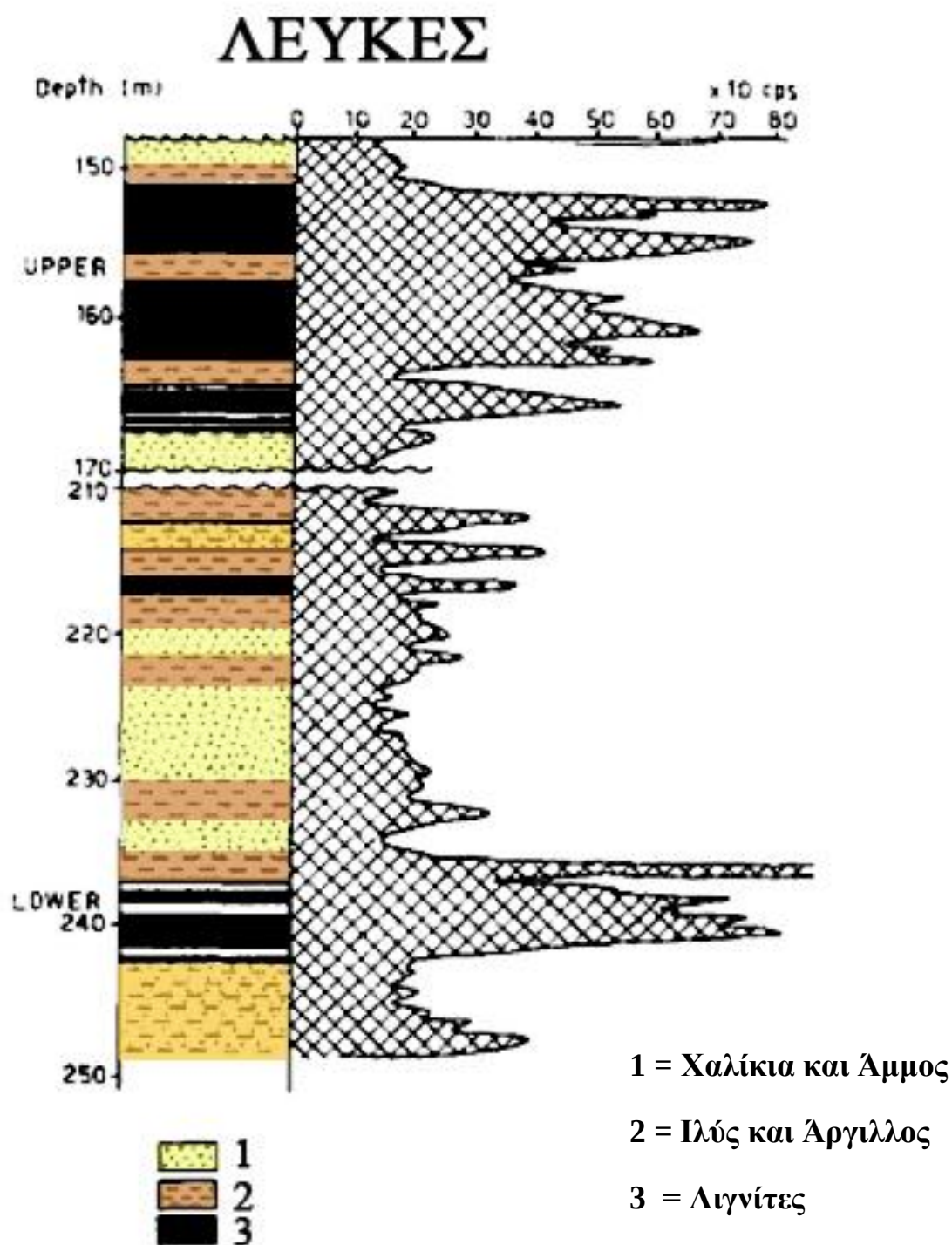
Ο Ψαμμίτης του Λευκώνα προέρχεται από το Κροκαλοπαγές Βύθισης αλλά αποτελείται από πολύ λεπτότερα κλαστικά υλικά και υπάρχει μία ρυθμική εναλλαγή στην απόθεση του σε σχέση με το κροκαλοπαγές βύθισης. Οι ψαμμίτες του Λευκώνα επέτρεψαν με τον σχηματισμό τους, την δημιουργία ενός πιο ομαλού παλαιοαναγλύφου πάνω στο οποίο θα μπορούσαν να αποτεθούν αργότερα περισσότερο λεπτόκοκκα ιζήματα, όπως αυτά που έδωσαν κατά τόπους τους σχηματισμούς των λιγνιτικών στρωμάτων των Σερρών.

3) Οι Λιγνίτες των Σερρών αποτίθενται μετά από τον ψαμμίτη του Λευκώνα (Σχήμα 16). Αποτέθηκαν σε περίοδο τεκτονικής ηρεμίας και χωρίζονται από το παλαιότερο προς το νεότερο μέλος σε:

1. Κατώτερο μέλος
2. Ενδιάμεσο μέλος
3. Μάργα Βιρού
4. Ανώτερο μέλος

- Το **Κατώτερο μέλος λιγνιτών (Λεύκες), (Σχήμα 17)** αποτελεί τον παλαιότερο σχηματισμό λιγνίτη και χωρίζεται σε κάτω στρώμα πάχους 4 m και σε άνω στρώμα πάχους 8 m, μεταξύ τους παρεμβάλλονται κλαστικά υλικά μικρού πάχους. Η κύρια ανάπτυξη του είναι στην περιοχή Λεύκες ανατολικά του Λευκώνα, ΒΔ της πόλης των Σερρών. Εκεί παρατηρείται υπαίθρια ή και με γεωτρήσεις, αλλά πιθανολογείται να έχει ευρεία εξάπλωση και σε όλη την λεκάνη του Στρυμώνα. Αυτό όμως δεν έχει ακόμη αποδειχθεί λόγω του μεγάλου πάχους ιζημάτων που καλύπτουν τα κεντρικά τμήματα της λεκάνης. Η ηλικία σχηματισμού του Κατώτερου μέλους είναι Άνω Μειόκαινο (Άνω Βαλλέζιο 9,5 εκ. χρόνια πριν). Αυτό έχει προκύψει από τα στοιχεία μικροχλωρίδας που έχουν βρεθεί μέσα στο στρώμα του λιγνίτη, από

παλυνολογικά στοιχεία και γυρεόκοκκους καθώς και από τα υπολείμματα απολιθωμένων ενανθρακωμένων μικρών ξύλων μέσα στους λιγνίτες του μέλους αυτού.

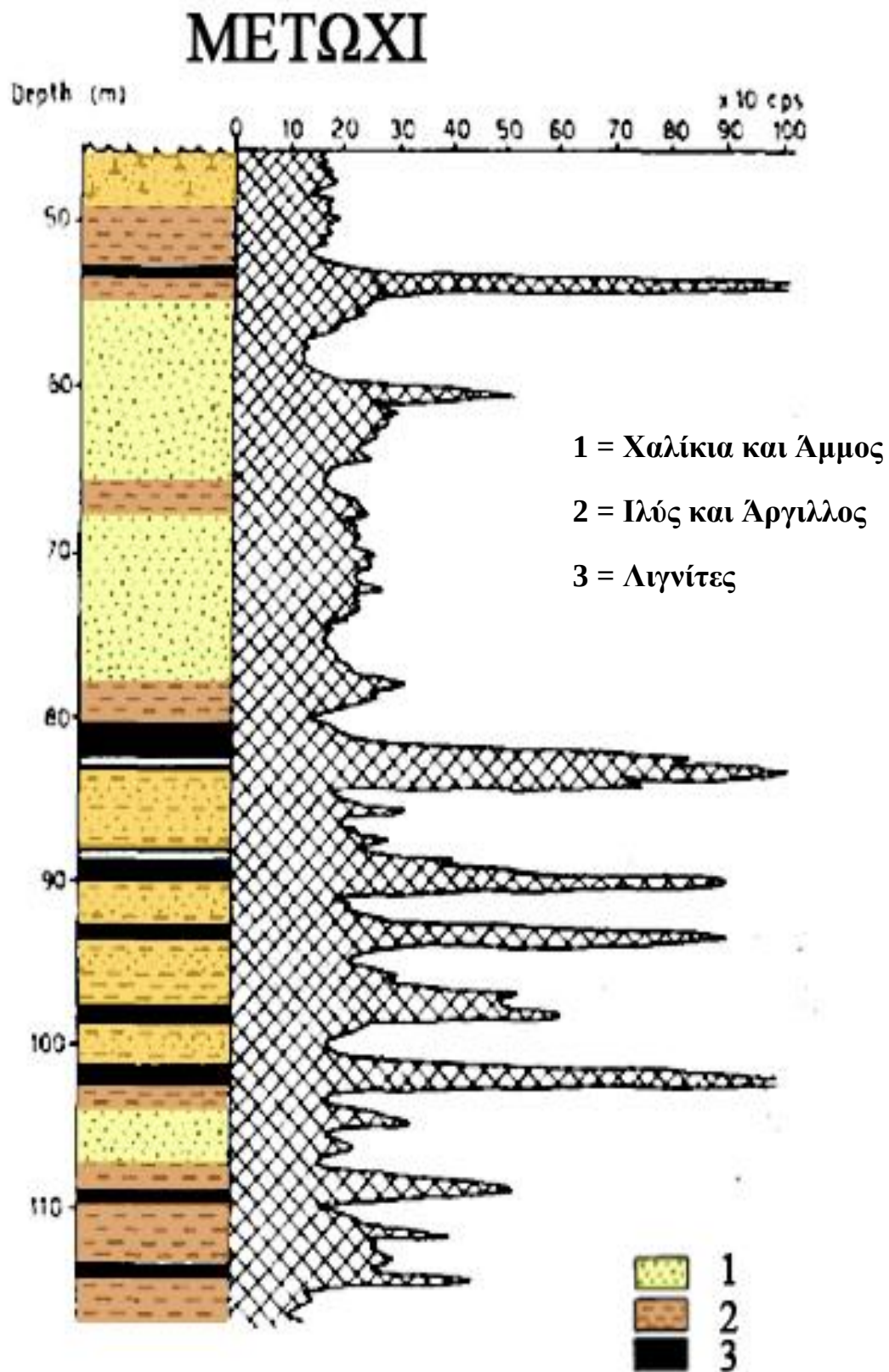


Σχήμα 17. Η λιθολογία των γεωτρήσεων από την λιγνητοφόρα περιοχή των Λευκών.

(τροποποιημένο από Psilovikos and Karistineos 1986)

Σύμφωνα με τον **Καρυστιναίο (1984)**, ο οποίος διεξήγαγε την χρονολόγηση βασιζόμενος στα θηλαστικά της Ευρώπης, η παλαιότερη χλωρίδα που έχει διαπιστωθεί στην λεκάνη του Στρυμόνα έχει ηλικία Άνω Βαλλέζιου. Η χλωρίδα αυτή έχει βρεθεί σε ενδιαστρώσεις των λιγνιτικών στρωμάτων του Κατώτερου μέλους (Λεύκες). Ο παλυνολογικός προσδιορισμός βασίστηκε στους γυρεόκοκκους των ακολούθων φυτών: Pinus, Cedrus, Tsuga, Picea, Adies, Engelhardtia, Carya, Parthhenociscus κ.α. Οι γυρεόκοκκοι των φυλλωδών δένδρων είναι: Quercus, Corylus, Myrica, Salix, Betula, Tilia και Acer. Από τα ξερόφυλλα δένδρα οι γυρεόκοκκοι είναι: Cupressaceae, Quercus, Olea, Cistus. Επίσης βρέθηκαν γυρεόκοκκοι ποωδών όσο και σπόροι Πτεριδόφυτων. Βάση όλων αυτών των φυτικών υπολειμμάτων συμπεραίνεται ότι η απόθεση των ιζημάτων αυτών πρέπει να έγινε σε ένα πόταμο – τελματώδες περιβάλλον (marecageux), όπου επικρατούσαν θερμές και υγρές παλαιοκλιματολογικές συνθήκες. Επομένως κατά το Άνω Βαλλέζιο στην λεκάνη του Στρυμόνα επικρατούσε ένα τροπικό – υποτροπικό δάσος. Παρόμοιο περιβάλλον Σαβάννας με χαμηλούς θάμνους και δέντρα έχει διαπιστωθεί για το Άνω Βαλλέζιο της κοιλάδας του Αξιού ποταμού.

- Το *Ενδιάμεσο μέλος λιγνιτών (Μαραμένα – Μετοχίου)*, (Σχήμα 18) καταλαμβάνει την μεγαλύτερη γεωγραφική έκταση αλλά έχει ελάχιστα καλά ανεπτυγμένα λιγνιτικά στρώματα. Είναι ενδιαστρωμένο με μεγαλύτερου πάχους κλαστικά ιζήματα από ότι το κατώτερο μέλος και δεν έχει κάποια σαφή ανάπτυξη που να το χαρακτηρίζει. Το μέλος περιέχει στρώματα λιγνιτών χαμηλής θερμογόνου δύναμης αλλά παρουσιάζει παλαιογεωγραφικό ενδιαφέρον. Μέσα στα λιγνιτικά στρώματα του Μετοχίου παρατηρείται πανομοιότυπη μικροχλωρίδα με το Ανώτερο μέλος (Περδικάρι) και η ίδια μικροχλωρίδα έχει βρεθεί αντίστοιχα και στα (Μαραμένα) του Ενδιάμεσου μέλους. Επιπλέον, στα στρώματα του Ενδιάμεσου μέλους υπάρχει μια πλούσια πανίδα, που περιέχει διάφορα είδη θηλαστικών και μικροθηλαστικών όπως τρωκτικά και λαγόμορφα, η οποία βρέθηκε στην άργιλλο και την ιλύ με ενστρώσεις εντός της από βιτουμενούχες αργίλλους και περιλαμβάνει μερικά είδη που ζουν αποκλειστικά κοντά στο νερό. Στις περιοχές Χριστός, Μετόχι και Ρέμα Αγίας Βαρβάρας βρέθηκε πλούσια πανίδα μικροθηλαστικών. Στην περιοχή Άνω Μετόχι έχει βρεθεί το είδος τρωκτικού *Microstonyx antiquus* που προσδίδει στον σχηματισμό ηλικία Κάτω Τουρόλιο και το λαγόμορφο *Leporidae* που δηλώνει ηλικία Άνω Βαλλέζιου. Επίσης στα Μαραμένα έχει βρεθεί μία θέση πλούσια σε μάκρο και μικρο θηλαστικά. Το παλαιοπεριβάλλον που προέκυψε από τις παλυνολογικές και παλαιοοντολογικές έρευνες για την περιοχή των Μαραμένων, δείχνει την ύπαρξη ενός δάσους νεώτερης ηλικίας από αυτό του Χριστού και Άνω Μετοχίου (**Ιωακείμ 1983**).



Σχήμα 18. Η λιθολογία των γεωτρήσεων από την λιγνητοφόρα περιοχή Μαραμένα – Μετοχίου.
(τροποποιημένο από Psilonikos and Karistineos 1986)

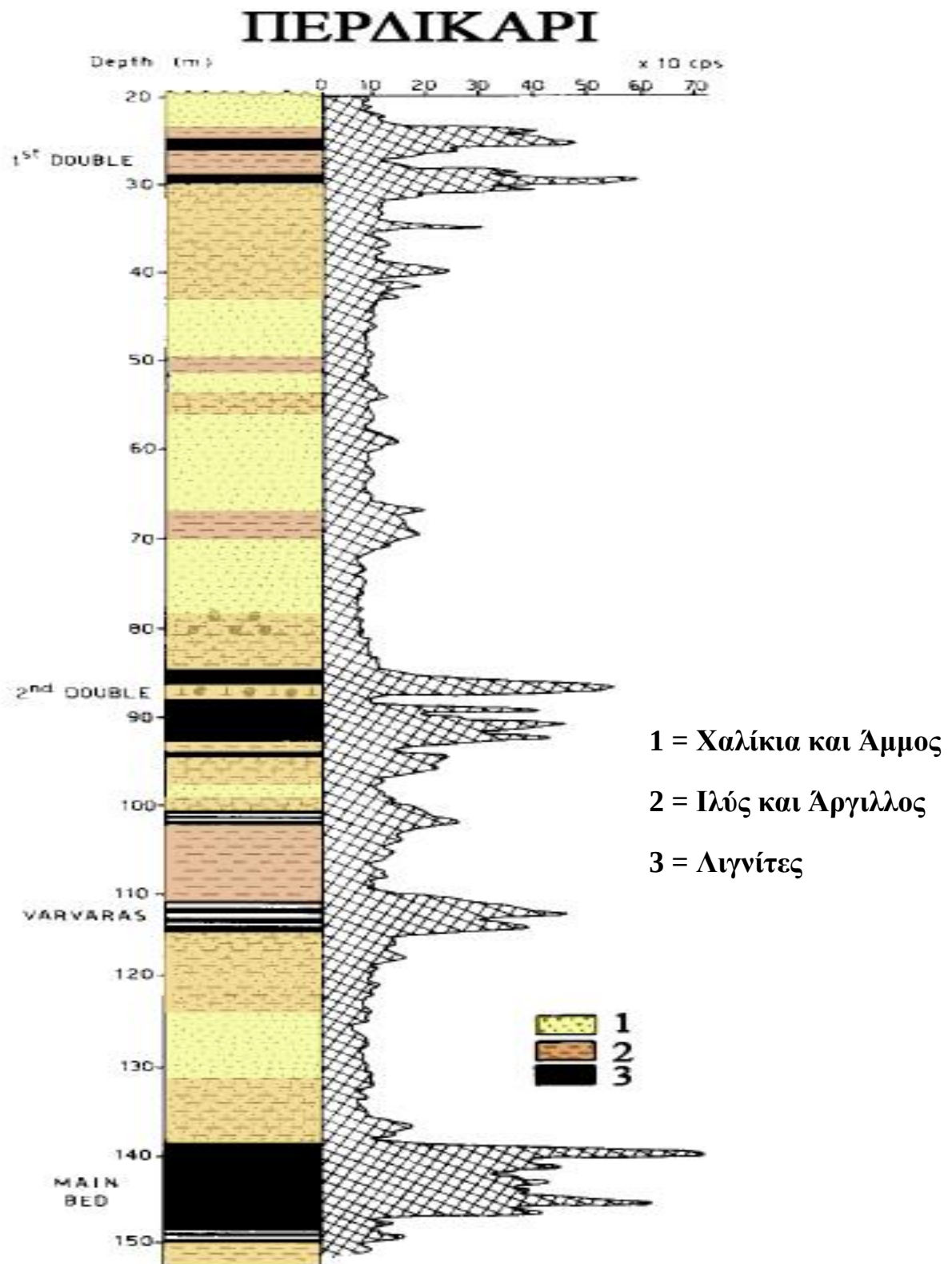
- Το **Ανώτερο μέλος λιγνιτών (Περδικάρη)**, έχει την κύρια ανάπτυξη του στην περιοχή Περδικάρη ΒΑ της πόλης των Σερρών, όμως πιθανολογείται η συνέχεια του και στην υπόλοιπη λεκάνη του Στρυμώνα σε μεγαλύτερα βάθη από ότι στην προαναφερθείσα περιοχή. Η ηλικία σχηματισμού του είναι στο Ανώτερο Μειοκαινο, η οποία προκύπτει τόσο από τα απολιθώματα της πανίδας μικροθηλαστικών, όσο και από την μικροχλωρίδα του Ενδιάμεσου μέλους των λιγνιτών, η οποία είναι παρόμοια με την πανίδα που έχει βρεθεί και στο (Περδικάρη). Έχουν μεγάλη έκταση και πάχη που κυμαίνονται μεταξύ 3 – 6 m (**Σχήμα 19**). Νεότερη αλλά κοντά στα όρια του Άνω Τουρόλιου (Άνω Μειοκαινού) θεωρείται η πανίδα με τρωκτικά, εντομοφάγα, σαρκοφάγα και φυτοφάγα θηλαστικά και η χλωρίδα που βρέθηκε στις ενδιαστρώσεις των λιγνιτικών οριζόντων του Ανώτερου μέλους των λιγνιτών της περιοχής Περδικάρη. Επίσης στην ίδια περιοχή, έχουν βρεθεί πλήθος θραυσμάτων κελυφών μαλακίων (Planorbis) σε σκουροκαφετιά μάργα.

Λιθολογικά τα κλαστικά υλικά τα οποία είναι ενδιαστωμένα μέσα σε όλα τα μέλη των λιγνιτών των Σερρών δεν διαφέρουν από τα αντίστοιχα υλικά του σχηματισμού των ψαμμιτών Λευκώνα. Αποτελούνται και αυτά από χαλαζία και άστριους με μικρή ποσότητα σιδηροπυρίτη, ανθρακικών αλάτων, καθώς και αραγωνίτη.

Οι λιγνίτες των Σερρών είναι εμπλουτισμένοι κυρίως σε Ουράνιο (U) αλλά και σε Μολυβδαίνιο (Mo) και Βανάδιο (V). Σε γενικές γραμμές οι λιγνίτες αυτοί έχουν σε μεγάλο ποσοστό όψη ενανθρακωμένου ξύλου και το χρώμα τους κυμαίνεται μεταξύ σκούρο καφέ, καφέ και μαύρο. Διακρίνονται σχετικά εύκολα τα κλαριά και οι κορμοί που αποτέλεσαν τα αρχικά υλικά σχηματισμού και απόθεσης των λιγνιτών.

Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό αυτών των λιγνιτών είναι ο προχωρημένος βαθμός ενανθράκωσης τους παρά την σχετικά νέα ηλικία τους και το ρηχό βάθος σχηματισμού τους. Οι λιγνίτες με προχωρημένο βαθμό ενανθράκωσης αναπτύχθηκαν κατά κύριο λόγο στην περιοχή της λεκάνης με την μέγιστη τιμή θερμικής ροής. Το θερμό νερό που διαπερνούσε τα ιζήματα είχε θερμοκρασία $>250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Έτσι εξηγείται και η άμεση σχέση του βαθμού ενανθράκωσης με την θερμική ροή της περιοχής.

Αυτό μπορεί να εξηγηθεί βάση του γεγονότος ότι, στην λεκάνη αυτή επικρατούσε καθόλη την διάρκεια σχηματισμού της και μέχρι σήμερα, ένα έντονο γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας με θερμές πηγές. Έτσι μπορεί να εξηγηθεί και η απόθεση μαργών και τραβερτινοειδών σχηματισμών π.χ. Βιρό και Μονόβρυσης και τραβερτίνη Παλαιόκαστρου και μεταγενέστερες αποθέσεις τραβερτίνη στην Νιγρίτα και στο Σιδηρόκαστρο. Αυτές εξηγούν την συνεχή δράση θερμών πηγών από την αρχή του σχηματισμού της λεκάνης του Στρυμώνα μέχρι σήμερα. Καθώς επίσης και την κυκλοφορία γεωθερμικών ρευστών κατά μήκος ρηγμάτων στους ιζηματογενείς σχηματισμούς της λεκάνης.



Σχήμα 19. Η λιθολογία των γεωτρήσεων από την λιγνητοφόρα περιοχή Περδικάρι (τροποποιημένο από Psilovikos and Karistineos 1986)

- Η **μάργα του Βιρού**, που ακολουθεί το ενδιάμεσο μέλος, έχει πάχος 100 m, είναι πολύ συνεκτική και έχει μεγάλη αντοχή στην διάβρωση (**Σχήμα 16**). Δημιουργήθηκε σε περιόδους τεκτονικής ηρεμίας όπου αποτέθηκαν λεπτόκοκκα ιζήματα σε περιβάλλον πλούσιο σε ασβεστιτικά συστατικά. Διαπιστώνουμε από την μορφολογία της περιοχής απόθεσης της, ότι δεσπόζουν μικρά υψώματα – λόφοι ύψους 300 - 500 m στα ανατολικά άκρα της λεκάνης του Στρυμόνα π.χ. της Μεγάλης Πέτρας με αποθέσεις αυτής της χαρακτηριστικής μάργας.

Η παρουσία της μάργας εμπόδισε την διάβρωση των υποκείμενων χαλαρών σχηματισμών και έτσι σήμερα συναντάται σαν κάλυμμα των λόφων αυτών με μέγιστο υψόμετρο στα 546 m. Στο ανώτερο τμήμα του στρώματος μάργας παρατηρείται ένας τραβερτινοειδής χαρακτήρας αυτής, ο οποίος είναι το αποτέλεσμα δράσης θερμών πηγών στην περιοχή.

4) Τα Ερυθροστρώματα, (Σχήμα 14, Σχήμα 16) είναι υπερκείμενα των ψαμμιτών του Λευκώνα μαζί με τα ενδιαστωμένα λιγνιτικά τους στρώματα και το συνολικό τους πάχος ξεπερνάει τα 300 m. Αποτελούνται από αδρομερή ιζήματα τα οποία ως προς την λιθολογία τους χωρίζονται σε τρία διακριτά μέλη που είναι από το παλιότερο προς το νεότερο:

1. Μαρμαροαμφιβολιτικό Λατυποπαγές
2. Ερυθροστρώματα
3. Γρανιτικό Λατυποπαγές

Στην περιοχή Άνω Μετόχι, υπερκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων, βρίσκονται τα Ερυθροστρώματα στα οποία έχουν βρεθεί απολιθωμένα οστά και δόντια θηλαστικών όπως *Helladotherium cf. duvernoyi*, *Hipparion sp.*(πιθανόν *mediterraneum*), *Gazella sp.* τα οποία προσδιορίστηκαν από τον **Γ. Κουφό**. Η πανίδα αυτή υποδεικνύει ηλικία **Άνω Μειοκαίνου (Τουρόλιο)** αντίστοιχη εκείνης του Πικερμίου, Αξιού και της Σάμου. Το κλίμα που επικρατούσε την εποχή εκείνη ήταν Στεππικό χωρίς δέντρα. Στην ίδια περίπου θέση πρωτύτερα ο καθ. **Ι. Μελέντης** είχε προσδιορίσει τα γένη *Hipparion mediterraneum*, *Prostrepsiceros woodwardi* και *Gazella cf. gaudryi*. Οι **Sondaar – Bruijn (1979)** αναφέρουν 2 είδη ιππαρίων από το Άνω Μετόχι που ανήκουν στην Ζώνη 4 των ιππαρίων της Μεσογείου. Η Ζώνη αυτή καλύπτει την περίοδο Άνω Τουρόλιο – Κάτω Ρουσίνο. Το υπερκείμενο της θέσης των Ερυθροστρωμάτων, Γρανιτικό λατυποπαγές που ακολουθεί, αντιπροσωπεύει ιζήμα συμφηματορροής (debris flow) αποτεθειμένο σε ελάχιστο, γεωλογικά, χρονικό διάστημα. Πιθανότατα να αποτέλεσε και αιτία θανάτου για την προσδιορισμένη πανίδα Πικερμίου.

1. **Το Μαρμαροαμφιβολιτικό Λατυποπαγές**, που αποτελείται από λατύπες μαρμάρων και αμφιβολιτικών ή και αστριούχων γνευσίων που είναι μεταξύ τους συγκολλημένες με ασβεστιτικό υλικό. Εμφανίζεται με την μορφή ενιαίων συμπαγών ογκολίθων από συγκολλημένες λατύπες μαρμάρου και αμφιβολίτη και έχει την μορφή ριπιδίου. Επικάθεται του σχηματισμού ψαμμιτών Λευκώνα. Η ηλικία σχηματισμού του είναι στο Ανώτερο Μειόκαινο (Μεσσήνιο), σε ένα περιβάλλον όπου το επίπεδο της θάλασσας ήταν πολύ χαμηλότερο από πριν. Η πτώση αυτή της θαλάσσιας στάθμης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ των θέσεων διάβρωσης της λεκάνης του Στρυμόνα και της θέσης απόθεσης των μεταφερόμενων ιζημάτων. Έτσι αυξήθηκε και η ένταση και η συχνότητα των διαβρωτικών διαδικασιών με παράλληλη αύξηση της μεταφορικής ικανότητας των επιφανειακών νερών.
2. **Τα Ερυθροστρώματα**, είναι ενδιαστρωμένα με το Μαρμαροαμφιβολιτικό Λατυποπαγές, έχουν χρώμα κόκκινο ανοικτό έως καφέ και χαρακτηρίζονται κυρίως από κλαστικά ερυθροστρώματα (red beds). Η εξάπλωση τους και η μορφολογία τους δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη την λεκάνη του Στρυμόνα. Οι κροκάλες των ερυθροστρωμάτων έχουν σύσταση όμοια με αυτή του κροκαλοπαγούς βύθισης π.χ. κροκάλες από γρανίτες, γνεύσιους, μάρμαρα και αμφιβολίτες. Το συνδετικό υλικό τους (matrix) προέρχεται από την αποσάθρωση των προαναφερθέντων πετρωμάτων. Το ίζημα αυτό περιέχει ιχνοστοιχεία όπως το Ρουβίδιο (Rb), Στρόντιο (Sr) και Ζιρκόνιο (Zr). Το μέσο μέγεθος των κροκάλων είναι 6 – 8 cm αλλά υπάρχουν και μεγαλύτερες κροκάλες. Το πάχος αυτού του σχηματισμού φτάνει τα 200 m σε θέσεις μέγιστης ανάπτυξης. Στα ερυθροστρώματα αυτά έχει βρεθεί η τυπική πανίδα Πικερμίου που είναι δείκτης ενός κλίματος ξηρού με μειωμένες βροχοπτώσεις τύπου Στέπας και ενός περιβάλλοντος ποταμολιμναίου.
3. **Το Γρανιτικό Λατυποπαγές**, είναι ένα μονόμικτο λατυποπαγές με γρανιτικές λατύπες ακανόνιστου σχήματος και ποικίλου μεγέθους που είναι ακανόνιστα διατεταγμένες χωρίς στρώση. Το συνδετικό υλικό του είναι αργίλλοψαμμιτικό γκρίζου χρώματος. Είναι ένα χαρακτηριστικό ίζημα συμφυρματοροής (ροής κορρημάτων) σε αντιδιαστολή με την ολισθοστρωματική μορφή που έχει το μαρμαροαμφιβολιτικό λατυποπαγές. Η απόθεση του έγινε κατά μήκος του τότε υδρογραφικού δικτύου. Μεγάλοι ογκολίθοι με διάμετρο > 1 m φαίνεται σαν να επιπλέουν μέσα σε ένα σύμφυρμα χαλαρών λατυπών μέσης διαμέτρου 10 – 20 cm των οποίων τα κενά πληρώνονται με αργίλλοψαμμιτικό υλικό. Το πάχος του λατυποπαγούς κυμαίνεται από 5 – 60 m στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης του Στρυμόνα, ενώ στα περιθώρια αυτής το πάχος του μπορεί να φτάσει τα 200 m σε θέσεις μέγιστης ανάπτυξης. Βρίσκεται ως υπερκείμενο του σχηματισμού των ερυθροστρωμάτων και ως υποκείμενο των θαλάσσιων αποθέσεων.

Με ένα δεύτερο κύκλο κυρίως θαλάσσιων και υφάλμυρων αποθέσεων, συνεχίζεται και ολοκληρώνεται η ιζηματογένεση στην λεκάνη του Στρυμόνα. Τα ιζήματα που αποτελούν την **Ομάδα του Αγ. Γεωργίου** αρχίζουν να αποτίθενται αρχικά με ένα κροκαλοπαγές επίκλυσης ηλικίας Κάτω Πλειοκαίνου το οποίο αποτίθεται πάνω στα ηπειρωτικά ερυθροστρώματα και το γρανιτικό λατυποπαγές της ομάδας του Λευκώνα. Ακολουθεί η απόθεση των ασβεστολιθικών ψαμμιτών οι οποίοι αποτέθηκαν σε καθαρά ή κυρίως θαλάσσιο περιβάλλον με μεγάλο ποσοστό ασβεστιτικού συνδετικού υλικού. Οι ασβεστολιθικοί ψαμμίτες θεωρούνται θαλάσσια ιζήματα με πανίδα απολιθωμάτων θαλάσσιου ή και υφάλμυρου περιβάλλοντος όπου υποδεικνύουν ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον ιζηματογένεσης. Στην συνέχεια αποτίθενται κλαστικά ιζήματα λεπτόκοκκων ψαμμιτών με φακούς ή λεπτά στρώματα αργίλλων, πλούσια σε ανθρακούχο υλικό ιζήματα που αποτέθηκαν σε καθαρά ή περιοδικά, υφάλμυρο περιβάλλον απόθεσης με λιγότερο ή καθόλου ασβεστιτικό υλικό. Οι ηπειρωτικές λιμνοποτάμιες αποθέσεις που επικράτησαν στο Άνω Πλειόκαινο είχαν ως αποτέλεσμα την απόθεση ενός χαλαρού μικτού κροκαλοπαγούς, σχετικά μικρού πάχους και εξάπλωσης, το οποίο αποτελεί το τελευταίο σχηματισμό της ομάδας του Αγ. Γεωργίου και είναι αυτό που ορίζει το τέλος της ιζηματογένεσης στην λεκάνη του Στρυμόνα. Η **Ομάδα του Αγ. Γεωργίου** χαρακτηρίζεται κυρίως από θαλάσσια - λιμνοθαλάσσια ιζήματα τα οποία είναι νεότερα από αυτά της ομάδας του Λευκώνα (**Σχήμα 14, Σχήμα 16**). Η ηλικία απόθεσης τους είναι από το Κάτω έως το Άνω Πλειόκαινο. Χωρίζονται σε τρεις lithολογικούς σχηματισμούς οι οποίοι είναι από τον κατώτερο προς τον ανώτερο:

- 1) Κροκαλοπαγές επίκλυσης
 - 2) Ασβεστολιθικοί ψαμμίτες
 - 3) Λεπτόκοκκοι ψαμμίτες με αργίλλου
 - 4) Κροκαλοπαγές
-
1. Το **Κροκαλοπαγές Επίκλυσης**, είναι υπερκείμενο του γρανιτικού λατυποπαγούς και έχει ηλικία σχηματισμού Κάτω Πλειόκαινου. Στο τέλος του Άνω Μειοκαίνου με αρχές του Κάτω Πλειοκαίνου λαμβάνει χώρα επίκλυση της θάλασσας στην λεκάνη του Στρυμόνα, με αποτέλεσμα να εξαφανίζεται το λιμναίο περιβάλλον μαζί με την μικρο και μακρο πανίδα του. Έτσι η λεκάνη του Στρυμόνα επηρεάστηκε και αυτή από την παγκόσμια επίκλυση της θάλασσας του Κάτω Πλειόκαινου. Το στρώμα αυτό είναι ένα χαλαρό, σκουρόχρωμο ψηφιδοπαγή στην αρχή, που προοδευτικά εξελίσσεται σε αταξινόμητους ψαμμίτες και σκουρόχρωμους αργίλους.
 2. Οι **Ασβεστολιθικοί Ψαμμίτες**, (**Σχήμα 14, Σχήμα 16**) είναι τα πρώτα θαλάσσια ιζήματα που αποτέθηκαν στην λεκάνη του Στρυμόνα κατά την επίκλυση της θάλασσας. Είναι ιζήματα που αποτέθηκαν σε καθαρά θαλάσσιο περιβάλλον με περίσσεια ασβεστιτικού συνδετικού υλικού πολύ καλής συνεκτικότητας και αποτελούνται από κλαστικά υλικά σύστασης αστρίων και χαλαζία. Το πάχος τους είναι κυρίως 2 - 3 m, όμως σε περιοχές μέγιστης

ανάπτυξης το πάχος του μπορεί αν φτάσει τα 40 m στο κέντρο της λεκάνης. Το χρώμα τους είναι ανοιχτόχρωμο υπόλευκο ως ανοιχτό γκριζο - καφέ. Περιέχουν πληθώρα απολιθωμάτων θαλάσσιου – υφάλμυρου περιβάλλοντος καθώς και ένα χαρακτηριστικό στρώμα που συνίσταται σχεδόν αποκλειστικά από συγκολλημένα κελύφη καλά ανεπτυγμένων Όστρεων πάχους 1 - 1,5 m τα “Ostrea bed”. Η εξάπλωση του είναι ιδιαίτερα μεγάλη διότι είναι πολύ συνεκτικό και έχει αντέξει περισσότερο στην διάβρωση. Αποτελεί έναν ιδιαίτερο στρωματογραφικό ορίζοντα ο οποίος μας δείχνει την στάθμη της θάλασσας και την παλαιοπαραλία την εποχή εκείνη. Επίσης πάνω από το στρώμα με τις Όστρες, ανάλογη εξάπλωση έχουν και δύο ακόμη στρώματα ασβεστολιθικών ψαμμιτών αποτελούμενα κυρίως από κελύφη Μαλακίων μικρού μεγέθους που έζησαν σε υφάλμυρο περιβάλλον. Το συνολικό πάχος των θαλάσσιων και υφάλμυρων ασβεστολιθικών ψαμμιτών φτάνει τα 150 m. Τα ιζήματα προς το τέλος του σχηματισμού είναι περισσότερο κλασικά και περιέχουν προοδευτικά λιγότερο ασβεστιτικό υλικό. Σύμφωνα με τον **Καρυστιναίο (1984)** οι Ασβεστολιθικοί Ψαμμίτες αποτελούν χαρακτηριστικό στρώμα, το οποίο αποτελείται από πλήθος θαλάσσιων και υφάλμυρων απολιθωμάτων, που με αυτόν τον τρόπο το καθιστούν καθοδηγητικό ορίζοντα για την λεκάνη του Στρυμώνα. Τα απολιθώματα που περιέχονται σε αυτούς είναι αβαθούς θάλασσας και μόνο προς τα ενδότερα της λεκάνης μεταβαίνουν σε βαθύτερης θάλασσας. Η θάλασσα αυτή πανίδα χαρακτηρίζεται ως Κάτω Πλειοκαινική. Πανίδα ανάλογης ηλικίας έχει αναφερθεί από τους **Σακελλάριου & Συμεωνίδη (1968)** στην περιοχή της Νιγρίτας, **Gramman & Kockel (1969)** για το σύνολο της λεκάνης των Σερρών ηλικίας Μέσο – Άνω Πλειόκαινο, και τους **Psilovikos & Syrides (1983)** για περιοχή των εκβολών του Στρυμώνα ποταμού. Η απόθεση των ιζημάτων της σειράς αυτής έγινε σε ένα ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον (**Ιωακείμ 1983**). Σε υπερκείμενα αυτών στρώματα ο **Freyberg (1951)** αναφέρει λείψανα σκελετών ψαριών (*Caspialosa nordmandi*) Πλειοκαινικής ηλικίας. Αντίστοιχοι ορίζοντες με πληθώρα απολιθωμένων ψαριών έχουν εντοπιστεί 20 km ανατολικά της πόλης των Σερρών.

3. **Οι Λεπτόκοκκοι Ψαμμίτες μαζί με Αργίλλους, (Σχήμα 14, Σχήμα 16)** οι οποίοι είναι υπερκείμενοι των ασβεστολιθικών ψαμμιτών και περιέχουν πανίδα βαθύτερης θάλασσας με απολιθώματα Ελασματοβράγχιων (*Pecten*) και καλά ανεπτυγμένα κοράλλια στην βάση του που προοδευτικά μειώνονται προς την κορυφή του στρώματος. Πάνω από αυτό το στρώμα παρατηρείται ένα άλλο με μία διασταυρούμενη στρώση μεγάλης κλίμακας. Αποτελείται λιθολογικά από ένα ομογενές ασβεστολιθικό ψαμμίτη ο οποίος αποτέθηκε σε περιβάλλον αβαθούς θάλασσας που προοδευτικά αποσύρεται. Έτσι ορίζεται το τέλος των καθαρά θαλάσσιων αποθέσεων στην λεκάνη και η έναρξη της επικράτησης του υφάλμυρου περιβάλλοντος μετά από μία έντονη τροφοδοσία γλυκών νερών. Η θάλασσα αποσύρεται αργά αλλά σταθερά. Στην λεκάνη του Στρυμώνα κατά τόπους σχηματίζονται αποθέσεις εβαπορίτων στη βάση του στρώματος, στο οποίο είναι ενδιαστωμένα αλλεπάλληλα λεπτά στρώματα

γύψου σε κρυσταλλική μορφή μαζί με άλλα λεπτόκοκκα ιζήματα. Το πάχος του γύψου είναι μικρό αλλά τα στρώματα του είναι αλλεπάλληλα με ευρεία εξάπλωση.

Σύμφωνα με τον **Συρίδη (2000)** στην λεκάνη του Στρυμόνα έχουν αναγνωριστεί δύο θαλάσσιες επικλύσεις. Η πρώτη έλαβε χώρα στο Ανώτερο Μειόκαινο, άρχισε με την απόθεση θαλάσσιων ιζημάτων που περιείχαν απολιθώματα από *Ostrea*, *Pectinids*, Κοράλλια (στρώματα Δάφνης) και τελείωσε με την απόθεση υφάλμυρων ιζημάτων με απολιθώματα από *Limnocardiiids* και *Dreissenids* (στρώματα Χουμνικού) που εμπεριέχονται στην πανίδα της Παρατηθύος. Η δεύτερη έλαβε χώρα στο Πλειόκαινο, άρχισε με μία θαλάσσια επίκλυση στο Κάτω Πλειόκαινο όπου θαλάσσια ιζήματα με απολιθώματα από *Pecten rhegiensis*, *Ostrea*, *Flabellipecten*, τα οποία υπερκαλύπτουν ασύμφωνα τα ιζήματα της προηγούμενης επίκλυσης. Τελειώνει με ιζήματα της θαλάσσιας απόσυρσης που συμπεριλαμβάνουν μαλάκια ευρύαλης φάσης που αποτέθηκαν σε ρηχό θαλάσσιο – υφάλμυρο περιβάλλον με διακυμάνσεις ως προς την αλατότητα, ηλικίας Άνω Πλειοκαίνου. Η στρωματογραφική συσχέτιση των στρωμάτων της Δάφνης και του Χουμνικού δείχνουν ηλικία Ανώτερου Μειοκαίνου. Η περιοχή Χριστός είχε χαρακτηριστεί από τον **Καρυστιναίο (1984)** ως Κάτω Πλειόκαινο, όμως με τα νέα στοιχεία της πανίδας (*Limnocardiiids* *Dreissenids*) από την κορυφή αυτού του στρώματος (**Syrides 1995**) δείχνουν μια ηλικία Ανώτερου Μειοκαίνου. Μια νέα συλλογή απολιθωμάτων από την περιοχή της Παλαιοκόμης περιλαμβάνει *Ostrea* sp., *Cerastoderma edule* και *Abra* sp. Η λιθοστρωματογραφία της θέσης αυτής όπως και η πανίδα των απολιθωμάτων της αποκαλύπτουν πολλές ομοιότητες με την τοποθεσία της Δεκαλίστρας (DEK) που βρίσκεται πολύ κοντά προς τα νότια, στην οποία έχει αποδοθεί μία ηλικία Μέσου – Άνω Πλειοκαίνου (**Syrides, 1995**). Άλλη μια νέα απολιθωματοφόρος θέση στην Μυρίνη (3-IER) αποτίθεται ασύμφωνα πάνω από τα στρώματα του Χουμνικού. Η πανίδα της περιλαμβάνει *Pecten rhegiensis* και *Flabellipecten* sp. και υποδεικνύει μία ηλικία Κάτω Πλειοκαίνου. Η πανίδα και η λιθολογία της θέσης Μυρίνης (3-IER) αποκαλύπτει πολλές ομοιότητες με τις θέσεις Νιγρίτας (NPG) της λεκάνης του Στρυμόνα και με τις θέσεις Γαλυψός (GAL) και Κερδύλλια (KER) της λεκάνης του Στρυμωνικού κόλπου, ηλικίας Κάτω Πλειοκαίνου (**Syrides, 2000**). Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν συμπεραίνεται ότι οι θέσεις 3-IER, NPG, GAL, KER ανήκουν στην θαλάσσια επίκλυση του δεύτερου κύκλου του Κάτω Πλειόκαινου που υπερκαλύπτει ασύμφωνα τα ιζήματα του πρώτου κύκλου της θαλάσσιας επίκλυσης ηλικίας Ανώτερου Μειοκαίνου (**Syrides, 2000**). Ενώ οι απολιθωματοφόρες θέσεις DEK, DRV, DIM τοποθετούνται χρονικά στο Άνω Πλειόκαινο όπου σχηματίστηκαν κατά την θαλάσσια απόσυρση, σε ένα ρηχό θαλάσσιο – υφάλμυρο περιβάλλον (**Σχήμα 15**). Το μοντέλο των δύο θαλάσσιων επικλύσεων του Ανώτερου Μειοκαίνου και του Κάτω Πλειοκαίνου στην λεκάνη του Στρυμόνα επιλύει το πρόβλημα της διαφορετικής ηλικίας σχηματισμού των πανίδων μαλακίων που συναντάτε κατά τόπους στην λεκάνη (**Syrides 2000**).

4. **Το Κροκαλοπαγές, (Σχήμα 14, Σχήμα 16)** αυτό είναι το δεύτερο που παρατηρείται στην στρωματογραφική αλληλουχία των στρωμάτων της λεκάνης. Είναι νεότερο από το προαναφερθέν γρανιτικό κροκαλοπαγές. Στρωματογραφικά είναι υπερκείμενο του λεπτόκοκκου ψαμμίτη και των αργίλλων. Το πάχος του φτάνει μέχρι τα 100 m. Η διάταξη του είναι χαοτική με γρανιτικές κροκάλες μεγαλύτερης διαμέτρου να παρεμβάλλονται μέσα στο περισσότερο λεπτόκοκκο αργιλλοψαμμιτικό συνδετικό υλικό μαζί με τις μικρότερες κροκάλες. Η απόθεση του είναι το αποτέλεσμα της πλήρους απομάκρυνσης του λιμνοθαλάσσιου περιβάλλοντος και της προοδευτικής επικράτησης ποταμοχειμάρων αδρομερών χερσαίων ιζημάτων. Το κροκαλοπαγές αυτό έχει δημιουργήσει διαβρωτικά φαινόμενα στο υποκείμενο στρώμα, διότι έχει αποτεθεί σε υδάτινο περιβάλλον το οποίο διευκόλυνε να διατηρηθούν τα ίχνη της διάβρωσης. Είναι και αυτό μία απόθεση συμφυρματοροής (ροής κορρημάτων). Η επιρροή των γλυκών νερό είναι φανερή στα άμεσα υπερκείμενα των Όστρεων στρωμάτων και συνιστάται από υφάλμυρα απολιθώματα.

Ο τελευταίος σχηματισμός που παρατηρείται στην λεκάνη του Στρυμώνα είναι οι Μάργες – Τραβερίνες (διαφόρων ηλικιών) οι οποίες είναι υπερκείμενες του λεπτού μικτού Κροκαλοπαγούς του σχηματισμού Αγ. Γεωργίου που είναι και ο νεότερος σχηματισμός της ομάδας. Η απόθεση κατά τόπους **Τραβερίνη – Μαργών, (Σχήμα 16)** ηλικίας Τεταρτογενούς π.χ. στο Παλαιόκαστρο, Αγγιστρο, Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο, δείχνουν ένα έντονο γεωθερμικό πεδίο σε όλη την λεκάνη κυρίως όμως στα ΒΔ αυτής. Είναι χημικές αποθέσεις θερμών πηγών που υπέρκεινται του κροκαλοπαγούς ή καλύπτουν νεότερες αλλουβιακές αποθέσεις σαν κάλυμμα αυτών. Η λεκάνη του Στρυμώνα είχε από τον αρχικό σχηματισμό της και μέχρι σήμερα ένα έντονο γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας, με πολλές θερμές πηγές και γεωθερμικά ρευστά που κυκλοφορούν διαμέσου βαθιών ρηγμάτων που τεμαχίζουν τους ιζηματογενείς σχηματισμούς καθώς και περιφερειακά ρήγματα που φθάνουν μέχρι το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της λεκάνης.

2) Εξέλιξη της λεκάνης του Στρυμόνα:

2.1 Γενικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου:

Μετά το τέλος των κύριων Αλπικών φάσεων που τοποθετούνται στο **Μέσο Μειόκαινο** ο ωκεανός της Τηθύος βρισκόταν εξελικτικά στο τελευταίο του στάδιο συρρίκνωσης, όπου έλαβε χώρα η οριστική διακοπή στην επικοινωνία της Τηθύος με τον Ινδικό – Ειρηνικό ωκεανό, με αποτέλεσμα να παραμείνουν ως υπολείμματα αυτής, η Μεσόγειος και η Παρατηθύς. Η θάλασσα της Μεσογείου είχε περιοριστεί κατά το μεγαλύτερο μέρος της και διατηρούνταν μόνο μερικές μεγάλες και σχετικά βαθιές λεκάνες με αλμυρά ή υφάλμυρα νερά, καθώς και πολύ μικρότερες λίμνες που εκτείνονταν στα όρια της χέρσου που περικλείει την Μεσόγειο. (**Μουντράκης 2010**).

Κατά το **Α. Ολιγόκαινο - Κ. Μειόκαινο** στις περιοχές περιμετρικά της Μεσογείου αναπτύχθηκε μία ηπειρωτική ζώνη με χαμηλό ανάγλυφο. Κατά την διάρκεια του **Μέσου Μειοκαίνου** άρχισαν να σχηματίζονται τάφροι και τεκτονικά κέρατα (**Σχήμα 23**), διευθύνσεως ΒΔ - ΝΑ τα οποία συνέβαλαν στον σχηματισμό του νέου αναγλύφου. Η διάβρωση που επικράτησε στα τεκτονικά κέρατα τροφοδότησε με υλικά τις τεκτονικές τάφρους που βρίσκονταν στα κατάντη και έτσι δημιουργήθηκαν σε αυτές λιμναίες, δελταϊκές, λιμνοθαλάσσιες και υφάλμυρες αποθέσεις. Η θαλάσσια επίδραση σημειώθηκε στην θάλασσα του Θερμαϊκού, Πρίνου - Θάσου και στην θάλασσα της Θράκης. Το κλίμα ήταν υγρό.

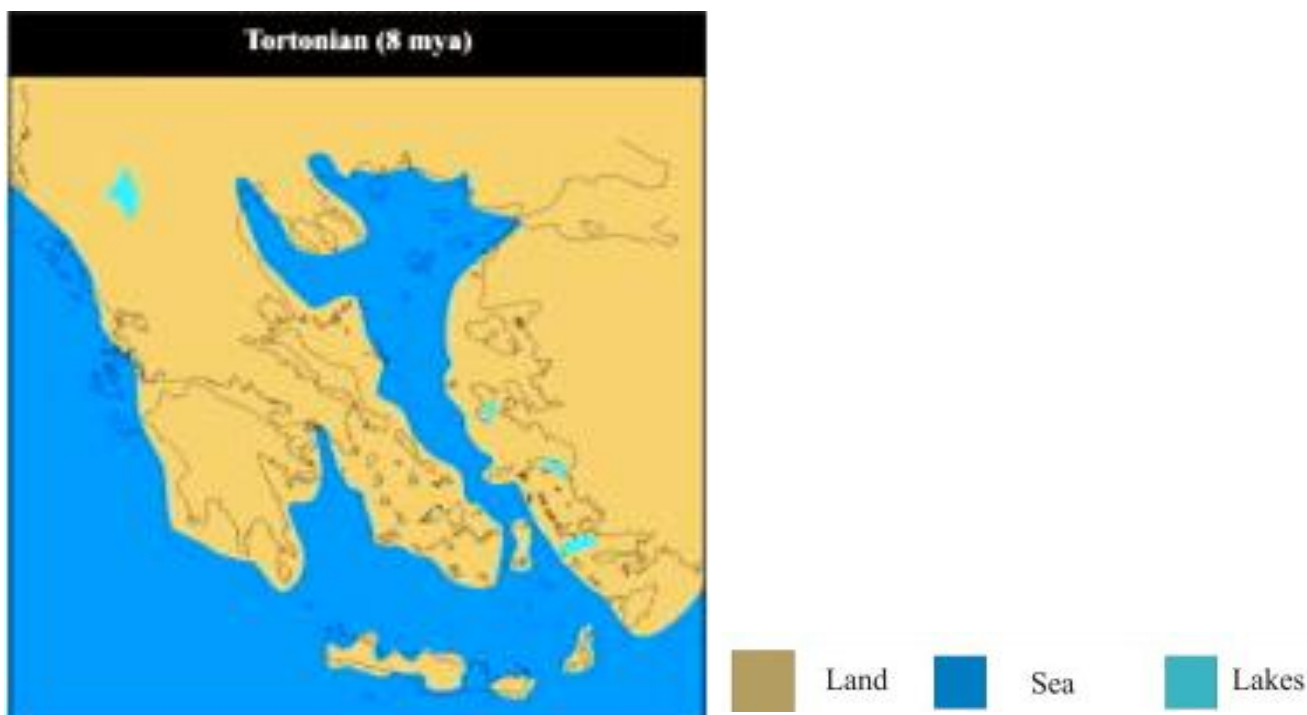


Σχήμα 23. Μοντέλο αναπαράστασης τεκτονικής τάφρου.

<http://Iroc.sese.asu.edu/news/index.php?/archives/157-Pull-Apart-Grabens.html>.

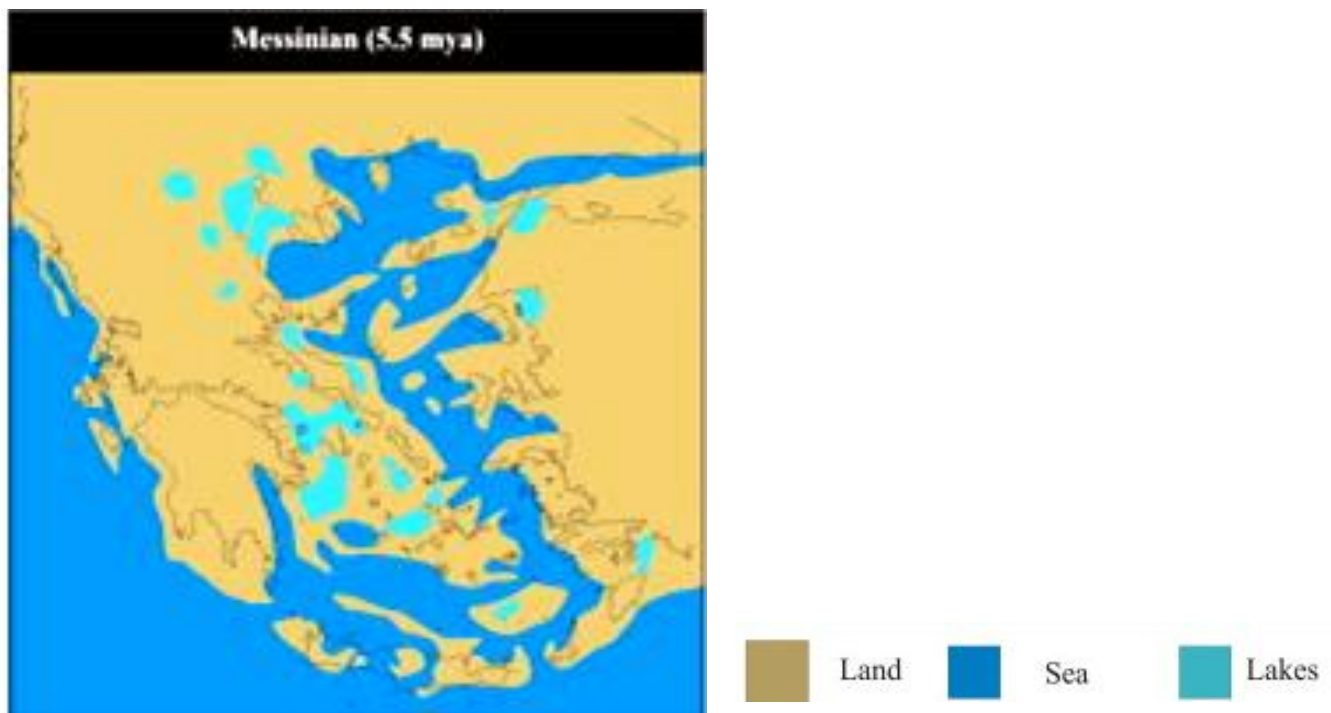
Κατά το **Άνω Μειόκαινο 12 - 5,5 εκ. χρόνια πριν**, η επιταχυνόμενη κίνηση της Αραβικής μικροπλάκας προς Βορρά και η σύγκρουση της με την μικρό- πλάκα της Ανατολίας έκλεισε τη θαλάσσια σύνδεση προς τα Ανατολικά και δημιούργησε ξανά μια χερσαία γέφυρα επικοινωνίας μεταξύ Αφρικής – Ευρασίας. Το Αιγαίο Πέλαγος ήταν μια ενωμένη περιοχή, η οποία αποτελούσε μέρος μιας ξηράς γνωστής ως **Αιγής** κατά τη διάρκεια Μέσου – Άνω Μειόκαινο (16 με 8 εκ. χρόνια πριν). Έπειτα αρχίζει να σχηματίζεται η πρώτη θάλασσα του Αιγαίου με την λεγόμενη «**Επίκλυση του Τορτονίου**» διότι στο Μέσο Τορτόνιο (8 εκ. χρόνια πριν) πλημμύρησε ο χώρος του Αιγαίου λόγω εισόδου νερού από την Ευξείνια λεκάνη και από την Ανατολική Παρατηθύ, έτσι δημιουργήθηκε η νεαρή θάλασσα του Αιγαίου. Κατά την περίοδο του Μέσου Τορτονίου 8 εκ. χρόνια πριν, η επίκλυση της θάλασσας έφθασε μέχρι το Βόρειο Αιγαίο και τις ακτές των Δαρδανελίων (**Σχήμα 24**). Ο χώρος του Βόρειου

Αιγαίου θεωρείται ότι κατά το **Άνω Μειόκαινο** επικοινωνούσε με την Παρατηθύ και κατά το **Πλειόκαινο** επικοινωνούσε κυρίως με την Μεσόγειο. Στην περιοχή του Β. Αιγαίου εμφανίζεται κατά την διάρκεια του **Νεογενούς** και **Τεταρτογενούς** μία μεγάλη ποικιλία στο Παλαιοπεριβάλλον.



Σχήμα 24. Αναπαράσταση του χώρου που καταλάμβανε η θάλασσα του Αιγαίου μετά από την «**Επίκλυση του Τορτονίου**» (από Poulakakis et al, 2005).

Τα έντονα περιστροφικά και συμπιεστικά γεγονότα που συνεχίστηκαν στο Άνω Μειόκαινο δημιούργησαν διάφορες δομές, όπως λεκάνες και τάφρους στην περιοχή του Αιγαίου που του έδωσαν την σημερινή του μορφή. Κατά το Ανώτερο Μειόκαινο η «**Κρίση Αλμυρότητας του Μεσσηνίου**» αποτέλεσε το πιο σημαντικό παλαιογεωγραφικό γεγονός του Ανώτερου Μειοκαίνου με τη μεγάλη εξάπλωση των κοιτασμάτων εβαποριτών. Η θάλασσα αποσύρεται από την περιοχή του Β. Αιγαίου και αποτίθενται στρώματα εβαποριτών στην τάφρο μεταξύ Στρυμωνικού κόλπου – Θάσου – Καβάλας (**Σχήμα 25**). Το κλίμα αυτή την περίοδο ήταν ξηρό και οι λίμνες είχαν δραστικά μειωθεί με αποτέλεσμα να αποτεθούν μέσα σε αυτές ερυθροστρώματα. Η Κεντρική Παρατηθύς άρχισε να διασπάται σε πολλές μικρές λεκάνες, οι οποίες μόνο εποχιακά συνδέονταν μεταξύ τους. Τα γεγονότα της κρίσης αυτής προκάλεσαν τον παραπέρα τεμαχισμό της Παρατηθύς σε μικρότερες λεκάνες με ενδημικές πανίδες. Πολύ γνωστές επίσης για τον Ελληνικό χώρο είναι οι χερσαίες αποθέσεις της βαθμίδας του Ποντίου, με τα πολλά απολιθώματα θηλαστικών που ανευρίσκονται σε πολλές περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας (**Μουντράκης 2010**).



Σχήμα 25. Αναπαράσταση του χώρου που καταλάμβανε η θάλασσα του Αιγαίου μετά από την «**Κρίση Αλμυρότητας του Μεσσηνίου**» (από Poulakakis et al., 2005).

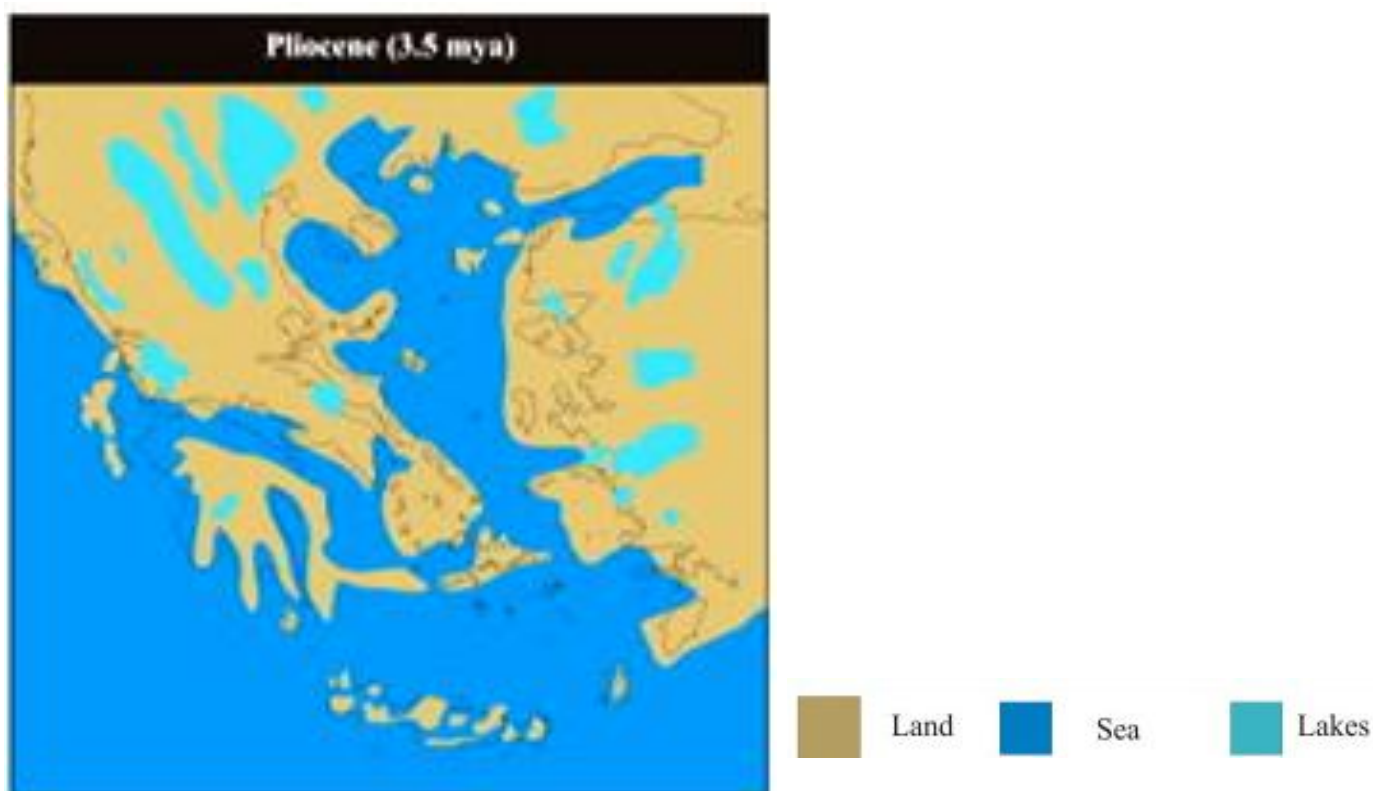
Κατά το Τουρόλιο στον ηπειρωτικό χώρο της Ευρώπης παρατηρείται μία κατακόρυφη άνοδος της πανίδας των θηλαστικών, η οποία είναι ανιχνεύσιμη σε διάφορα σημεία της Ευρώπης και της Ελλάδας (Πικερμική Πανίδα).

Κατά το Ανώτερο Μειόκαινο στον Ελληνικό χώρο βρίσκουμε πολλές χερσαίες αποθέσεις του Τουρολίου (8,8-5,3 εκ. χρόνια πριν) με πολλά απολιθώματα θηλαστικών σε πολλές περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας (Πικέρμι, Σάμος, Αξίος). Η λεγόμενη «πανίδα του Πικερμίου» με την ευρεία έννοια της εκτείνονταν από την Ελλάδα, Τουρκία, Ιράν έως και το Πακιστάν και δηλώνει την Αφρικάνικη - Ασιατική μετανάστευση αυτών των ειδών.

Η τυπική φάση Congeria - Melanopsis της λεκάνης της Βιέννης και Πανονίας χαρακτηρίζει την μεταεβαποριτική φάση «Lago - Mare» της Παρατηθύος. Στο Άνω Μειόκαινο η μεταεβαποριτική φάση «Lago - Mare» χαρακτηρίστηκε από πανίδες χαμηλής αλατότητας όπως Congeriids, Cardiids, Melanopsids, και συγκεκριμένα Οστρακοειδή. Παρόλα αυτά η μεταεβαποριτική φάση «Lago - Mare» δεν είναι ισοδύναμη χρονικά στην λεκάνη της Πανονίας της Κεντρικής Παρατηθύος.

Σύμφωνα με τον **Καρυστιναίο (1984)** το όριο Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου ορίζεται από μία παγκόσμια μεταβολή φάσης, ιδιαίτερα έντονη στον Μεσογειακό – Ευρωπαϊκό χώρο. Μετά την «**Κρίση Αλμυρότητας του Μεσσηνίου**» έχουμε μία απότομη άνοδο του θαλάσσιου επιπέδου με χαρακτηρίστηκες θαλάσσιες επικλύσεις και αποθέσεις σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτή η παγκόσμια άνοδος του θαλάσσιου επιπέδου έχει επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό την ιζηματογένεση της ευρύτερης λεκάνης του Στρυμόνα.

Κατά την διάρκεια του **Κάτω Πλειοκαίνου 5, 3 – 3** εκ. χρόνια πριν, λαμβάνει χώρα μία νέα επίκλυση της θάλασσας με αποτέλεσμα, αυτή να καταλάβει την περιοχή ανατολικά της χερσονήσου του Άθως και να δημιουργεί έτσι την σύγχρονη θάλασσα της Μεσογείου. Η θάλασσα αυτή εισέρχονταν μέχρι το ανατολικότερο σημείο της λεκάνης των Σερρών (**Σχήμα 26**). Η θάλασσα αυτή κατά την διάρκεια του Πλειόκαινου είχε επικοινωνία τόσο με την Μαύρη θάλασσα όσο και με την Κασπία και πιθανόν επεκτάθηκε μέχρι τη λίμνη Βαϊκάλη. Η λεκάνη του Θερμαϊκού, η Προμηγδονία λεκάνη πιο βόρεια, τμήμα της λεκάνης των Σερρών και Δράμας καταλαμβάνονταν από λίμνες. Το κλίμα ήταν υγρό. (**Μουντράκης 2010**). Πριν από **5,3** εκ. χρόνια στην αρχή του Κάτω Πλειόκαινου συνέβη η διάνοιξη των στενών του Γιβραλτάρ η οποία ολοκληρώθηκε στο Α. Πλειόκαινο. Αποτέλεσε το σημαντικότερο τεκτονικό γεγονός που μετέβαλε την παλαιογεωγραφική εικόνα της Μεσογείου, λόγω του ότι επέτρεψε μία νέα είσοδο νερού στην Μεσόγειο και έτσι προκλήθηκε νέα επίκλυση της θάλασσας στις ηπειρωτικές περιοχές της Ελλάδας και των περιμεσογειακών περιοχών που αναφέρθηκαν προηγουμένως.



Σχήμα 26. Αναπαράσταση του χώρου που καταλάμβανε η θάλασσα του Αιγαίου κατά το Κάτω Πλειόκαινο (από Poulakakis et al., 2005).

Κατά το **Άνω Πλειόκαινο - Κάτω Πλειστόκαινο (Βιλλαφράνγκιο)** η θάλασσα αποσύρθηκε αλλά παρέμεινε στις τάφρους του Στρυμωνικού κόλπου, του κόλπου Πρίνου – Θάσου - Καβάλα - Σαμοθράκη και στην αύλακα του Βόρειου Αιγαίου. Κατά την διάρκεια αυτού του ημίξηρου κλίματος της περιόδου αυτής οι λίμνες

μειώθηκαν δραστικά στις ηπειρωτικές λεκάνες και αποτέθηκαν ερυθροστρώματα, ριπίδια κροκαλοπαγών και τραβερτίνες.

Η έντονη τεκτονική δραστηριότητα που άρχισε στο **Κάτω Πλειστόκαινο** προκάλεσε την υποχώρηση των ηπειρωτικών χερσονήσων, οι οποίες καταλήφθηκαν από την θάλασσα. Επίσης η τεκτονική δραστηριότητα ευθύνεται για την μεταβολή του αναγλύφου στις περιοχές αυτές, η οποία άρχισε στο **Άνω Μειόκαινο** συνεχίστηκε στο **Νεογενές** έως και το **Τεταρτογενές**.

Οι δελταϊκές, τελματικές, λιμναίες αποθέσεις με άμμο, υλής, άργιλο και μάργες που σχετίζονται με στρώματα ή φακούς λιγνιτών υποδεικνύουν την ποικιλομορφία του Παλαιοπεριβάλλοντος κατά την διάρκεια κυρίως του **Κάτω – Μέσου Μειοκαίνου**.

Κύριες λεκάνες έκτασης στην περιοχή του Βόρειου Αιγαίου θεωρούνται:

1. Η λεκάνη του Βαρδάρη – Αξιού - Θερμαϊκού
2. Η λεκάνη του Στρυμόνα
3. Η λεκάνη του Νέστου –Θάσου-Σαμοθράκης.

Σύμφωνα με τους **Karistineos and Ioakim (1989)** η λεκάνη των Σερρών που βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της Ανατολικής Μακεδονίας. Είναι ένα τμήμα της κύριας λεκάνης του Στρυμόνα που βρίσκεται κοντά στο βορειότερο άκρο του Αιγαίου πελάγους (Ανατολική Μεσόγειος), μια περιοχή που μπορεί να θεωρηθεί ως το όριο της Τηθύος - Παρατηθύος σύμφωνα με τον **Steininger (1985)** (κατά **Karistineos and Ioakim 1989**). Έτσι, η παλαιοπεριβαλλοντική της και παλαιοκλιματολογική εξέλιξη της λεκάνης κατά τη διάρκεια της Μειοκαίνου είναι πιθανώς ευρύτερων ενδιαφερόντων. Η λεκάνη των Σερρών, η οποία είναι περίπου τριγωνική, αναπτύχθηκε στα βόρεια περιθώρια της επιμήκους λεκάνης του Στρυμόνα, μεταξύ του όρους Μενοικίου και Βροντούς. Η λεκάνη των Σερρών είναι στην πραγματικότητα ένα τμήμα της κύριας λεκάνης του Στρυμόνα.

2.2 Στάδια Εξέλιξης της λεκάνης του Στρυμόνα:

2.2.1 Εισαγωγικά:

Παρακάτω θα παρατεθούν μερικές απόψεις διαφόρων ερευνητών σχετικά με τον σχηματισμό και την εξέλιξη της λεκάνης του Στρυμόνα.

- ❖ Σύμφωνα με τους **Armour - Brown (1977)**, **Καρυστιναίος (1984)**, **Karistinaios and Georgiadis – Dikeoulia (1985 – 1986)**, **Psilovicos – Syrides 1983)**, **Syrides (1995, 2000)**, **Zagorchev (2002)** κατά το Μέσο Μειόκαινο και έπειτα έλαβε χώρα η σταδιακή ανάπτυξη διαφόρων τύπων ιζηματογενών σχηματισμών στη λεκάνη του Στρυμόνα πάνω στο προϋπάρχον κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο. Οι ποικίλες αυτές αποθέσεις που δημιουργήθηκαν αποκάλυψαν την ποικιλομορφία του παλαιοπεριβάλλοντος όπως (χερσαίο, ποτάμιο, ποταμολιμναίο, λιμναίο, δελταϊκό, υφάλμυρο, θαλάσσιο) κατά τη διάρκεια του Νεογενούς - Τεταρτογενούς. Η λεκάνη του Στρυμόνα περιέχει χερσαία, ποταμολιμναία ιζήματα, όπως πηλό - αμμώδη ιζήματα στα οποία οι εσωτερικές ενστρώσεις με θαλάσσια και υφάλμυρα στρώματα δείχνουν μια σύντομη χρονικά θαλάσσια επίκλυση που σταδιακά μετατράπηκε σε λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον. Έλαβε χώρα για ένα σύντομο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του Κάτω Πλειόκαινου. Σημαντικός παράγοντας στην δημιουργία και εξάπλωση αυτών των ιζημάτων θεωρείται η δράση του ποταμού Στρυμόνα. Ο ποταμός αυτός διασχίζοντας όλο το μήκος της λεκάνης, έχει επιδράσει καταλυτικά με τις διαδικασίες της διάβρωσης, μεταφοράς και απόθεσης των ποτάμιων ιζημάτων, καθώς και με τα πολλαπλά πλημυρικά επεισόδια ολόκληρη την λεκάνη.
- ❖ Σύμφωνα με τον **Syrides (1995)** οι πιο σημαντικοί ιζηματογενείς σχηματισμοί έχουν αποτεθεί σε λεκάνες που σχηματίζονται διαχρονικά από το Μέσο Μειόκαινο έως σήμερα. Υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός δεδομένων σχετικά με την κατάσταση των τεκτονικών τάσεων που επικρατούσαν στην περίοδο του Μέσου Μειόκαινου, ενώ ο τεκτονισμός του Ανώτερου Μειόκαινου είναι πολύ καλά καθορισμένος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κύρια νεοτεκτονική παραμόρφωση της Ελλάδας συνδέεται με μια μεγάλη εφελκυστική φάση που έλαβε χώρα κατά το Ανώτερο Μειόκαινο – Πλειόκαινο. Η λεκάνη του Στρυμόνα στην Βόρειο Ελλάδα είναι γεμάτη με θαλάσσια και λιμναία - χερσαία ιζήματα, συνολικού πάχους περίπου 3km. Τα θαλάσσια - υφάλμυρα ιζήματα είναι άμμοι, ψαμμίτες, μαργαϊκοί ψαμμίτες και μάργες. Τα στρώματα που φέρουν ενδιαστρώσεις λιγνίτη στις ποταμολιμναίες αποθέσεις είναι κυρίως αμμώδεις άργιλοι, ιλυόλιθοι, πηλίτες και μάργες. Λόγω της περιορισμένης έκθεσης των νεογενών στρωματογραφικών ενοτήτων, καθώς και λόγω της απουσίας καλών στρωματογραφικών οριζόντων, δεν υπάρχει μέχρι τώρα επαρκής και ευρέως αποδεκτή στρωματογραφική υποδιαίρεση των Νεογενών ιζημάτων της λεκάνης του Στρυμόνα. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει καμία λεπτομερής χαρτογράφηση για

να ενοποιήσει την χωρική κατανομή των Νεογενών σχηματισμών της λεκάνης σε γεωλογικό χάρτη. Λόγω του ότι η λεκάνη του Στρυμόνα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του τεκτονικού ορίου μεταξύ Σερβομακεδονικής μάζας και μάζας της Ροδόπης κάνει την γεωμετρία και την κινηματική της τεκτονικής γραμμής του Στρυμόνα δύσκολη να κατανοηθεί. Αρκετές απολιθωματοφόρες θέσεις με πανίδες μαλακίων έχουν εντοπιστεί στην λεκάνη του Στρυμόνα. Οι χαρακτήρες της πανίδας μέχρι στιγμής έχουν καθοριστεί από απολιθώματα και από την λιθολογία των απολιθωματοφόρων ιζημάτων που επιτρέπουν τη διάκριση των δύο ομάδων. **A)** Απολιθωματοφόρες θέσεις, υποδεικνύουν ένα ρηχό θαλάσσιο παλαιοπεριβάλλον με κλαστική καθίζηση που συνδέονται με την κοντινή παλαιοακτή. Αυτές οι περιοχές έχουν χρονολογηθεί στο Πλειόκαινο και μπορούν να συσχετιστούν περισσότερο με την θαλάσσια επίκλυση του Κάτω Πλειόκαινου. **B)** Οι απολιθωματοφόρες θέσεις με λεπτόκοκκα κλαστικά ιζήματα και ενδείξεις ενός πολύπλοκου (ρηχού θαλάσσιου - υφάλμυρου – λιμνοθαλάσσιου - λιμναίου) παλαιοπεριβάλλοντος. Αυτές οι περιοχές περιλαμβάνουν φακούς από ευρυαλούς με θαλάσσια απολιθώματα που εναλλάσσονται με πανίδες θαλάσσιες, υφάλμυρες και γλυκών νερών. Οι απολιθωματοφόρες αποθέσεις αυτής της ομάδας ενδεχομένως να επικαλύπτουν αυτές της ομάδας A και θα μπορούσαν να χρονολογηθούν στο Μέσο με Άνω Πλειόκαινο.

- ❖ Σύμφωνα με τους **Psilovicos – Syrides 1983**, η λεκάνη του Στρυμόνα και η επέκτασή της προς τα ΝΑ, η λεκάνη του Στρυμωνικού κόλπου, σχηματίστηκαν από ένα σύστημα ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΒΔ – ΝΝΑ εξαιτίας εφελκυστικής (trending) τεκτονικής, η οποία προκάλεσε τον σχηματισμό τεκτονικών τάφρων και τεκτονικών κεράτων στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας. Οι δομές αυτές είχαν σχηματιστεί κατά τη διάρκεια των αρχών του Μέσου Μειόκαινου, μιας περιόδου με έντονη εκτατική τεκτονική δραστηριότητα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία επιπλέον τεκτονικών βυθισμάτων και λεκανών στην ευρύτερη περιοχή του Βορείου Αιγαίου. Αυτές οι ταφρολεκάνες έχουν γεμίσει σταδιακά με κλαστικά ιζήματα μέχρι και 3,5 km, όπως στη λεκάνη του Στρυμόνα και πάνω από 2 km στην λεκάνη του Στρυμωνικού κόλπου. Κατά τη διάρκεια του Νεογενούς - Τεταρτογενούς δημιουργήθηκαν αποθέσεις διάφορων παλαιοπεριβαλλόντων όπως (χερσαίων, ποταμίων, ποταμολιμναίων, λιμναίων, δελταϊκών, υφάλμυρων, θαλάσσιων). Η διαδοχή τους, η πλευρική επέκτασή τους και η μετάβαση τους, καθώς και η παρουσία ή η απουσία της Τηθύος (Μεσόγειος) ή οι εισροές της Παρατηθύος κάνουν τις συνθήκες απόθεσης των ιζημάτων αυτών πολύ περίπλοκες για την περιοχή του Βορείου Αιγαίου.

- ❖ Διάφορες απόψεις σχετικά με την στρωματογραφία και το παλαιοπεριβάλλον έχουν δημοσιευθεί και από άλλους ερευνητές όπως (**Σακελλάριου – Μάνε – Συμεωνίδη (1968)**, **Gramman & Kockel (1969)**, **Armour Brown et al. (1977)**, **Psilovikos – Syrides (1983)**, **Καρυστιναίος (1984)**, **Dermizakis & Georgiades – Dikeoulia (1987)**, **Karistineos & Georgiades - Dikeoulia (1985/86)**, **Psilovikos and Karistineos (1986)**, **Karistineos and Ioakim (1989)**). Μερικές από αυτές τις απόψεις έρχονται σε αντίθεση η μία με την άλλη και ειδικά αναφορικά με τη χρονολόγηση αυτών των αποθέσεων που παραμένει ένα ανοικτό πρόβλημα. Πολλές νέες απολιθωματοφόρες περιοχές με μαλάκια έχουν βρεθεί στην λεκάνη του Στρυμόνα και το αρχικό υλικό που συλλέχτηκε και προσδιορίστηκε απέδωσε κάποια νέα βιοχρονολογικά και παλαιοοικολογικά δεδομένα.
- ❖ Σύμφωνα με τους **Psilovikos και Karistineos (1986)** κατά την περίοδο του Άνω Μειόκαινου στον χώρο της λεκάνης του Στρυμόνα και συγκεκριμένα κατά την διάρκεια του Άνω Βαλλέζιου - Κάτω Τουρόλιου (9,5 – 8 εκ. χρόνια πριν) ένα πόταμο – λιμναίο - δελταϊκό σύστημα αναπτύχτηκε στα χαμηλότερα τμήματα της ταφρολεκάνης του Στρυμόνα. Η απόθεση της οργανικής ύλης εντός των κλαστικών σχηματισμών έγινε σε λεπτά στρώματα, τα οποία εμπλουτίστηκαν σε ουράνιο κατά τη διάρκεια της απόθεσης τους. Έτσι με αυτόν τον τρόπο διαμορφώθηκαν, οι λιγνίτες της περιοχής Λεύκες και Μετόχι την περίοδο αυτή.

Κατά τη διάρκεια του Μέσου - Άνω Τουρόλιου (7 – 5,3 εκ. χρόνια πριν) ολόκληρο το προηγούμενο πόταμο – λιμναίο - δελταϊκό σύστημα είχε μετατοπιστεί προς τα υψηλότερα τμήματα της ταφρολεκάνης του Στρυμόνα. Η απόθεση των ουρανιοφόρων λιγνιτών συνεχίστηκε στα νέα δέλτα που σχηματίστηκαν, τα οποία είχαν μετατοπιστεί στην περιοχή του Περδικάρη – Μαραμένα. Η μετατόπιση του συστήματος απόθεσης από τα χαμηλότερα προς τα υψηλότερα τμήματα της τάφρου των Σερρών θα μπορούσε να εξηγηθεί μέσα από διαδοχικές πλημμύρες. Μια λίμνη, που αρχικά σχηματίζεται στο κεντρικό κάτω μέρος της ταφρολεκάνης (περιοχή Λεύκες - Μετόχι) σταδιακά κατέλαβε τα υψηλότερα τμήματα του βυθίσματος (περιοχή Περδικάρη - Μαραμένα).

Το υγρό κλίμα του Βαλλέζιου σταδιακά μετατράπηκε σε ημίξηρο κλίμα κατά τη διάρκεια του Τουρόλιου και τέλος σε ένα πολύ ξηρό κλίμα στο τέλος του Μειοκαίνου (Μεσσήνιο). Έτσι είναι δύσκολο να αποδειχτεί η αύξηση της λίμνης στην ταφρολεκάνη του Στρυμόνα στα πλαίσια αυτών των κλιματικών αλλαγών. Μια λογική εξήγηση για τη μετατόπιση προς τα πίσω του πόταμο – λιμναίο - δελταϊκό συστήματος στην λεκάνη του Στρυμόνα μπορεί να δοθεί με τα ακόλουθα δύο στάδια μοντέλων απόθεσης (**Σχήμα 22**).

Στο πρώτο στάδιο (Άνω Βαλλέζιο – Κάτω Τουρόλιο), το κάτω μέρος της τάφρου του Στρυμόνα επηρεάστηκε από τα εγκάρσια ΒΔ – ΝΑ ρήγματα, τα οποία είναι παράλληλα με τη γραμμή του Στρυμόνα. Η ομάδα ρηγμάτων

παρήγαγε μια σκαλωτή διαμόρφωση του ανάγλυφου. Υποχωρούσε πρώτα η κατώτερη ομάδα ρηγμάτων και ακλουθούσε η κατάκλιση τους από νερό. Στις ΒΑ ακτές της αρχικά σχηματίζεται μία λίμνη από τα ποτάμια που αποστραγγίζουν στην τάφρο του Στρυμόνα και έτσι σχηματίζονται μικρά δέλτα όπως στις περιοχές Λεύκες και Μετόχι. Εντός τους αποτίθενται κλαστικά ποταμό - δελταϊκά και λιμνό - δελταϊκά ιζήματα όπως οι Λεύκες και οι λιγνίτες του Μετοχίου.

Στο δεύτερο στάδιο (Μέσο - Άνω Τουρώλιο), μία νέα ομάδα ρηγμάτων, στο κατώτερο τμήμα της λεκάνης που είχε διαμορφωθεί από πριν, βυθίζει τον πυθμένα της λεκάνης ο οποίος καλύπτεται με νεότερα ιζήματα. Έτσι, το πρώην χαμηλότερο επίπεδο της λεκάνης γεμίζει με ιζηματογενείς αποθέσεις και υποχωρεί όλο και περισσότερο. Η επόμενη μεγαλύτερη ομάδα ρημάτων, βυθίζει την προηγούμενη περιοχή, που επίσης υποχωρεί και πλημμυρίζει και αυτή με νερό από την προϋπάρχουσα λίμνη. Οι όχθες της λίμνης και τα νέα δέλτα μετατοπίζονταν συνεχώς προς τα πίσω και κατελάμβαναν το επόμενο μπλοκ ρηγμάτων (περιοχή Περδικάρη - Μαραμένα). Εντός των κλαστικών ιζημάτων του δέλτα αποθέτονταν λεπτά στρώματα λιγνιτών του σχηματισμού Περδικάρη - Μαραμένα.

Τα προαναφερόμενα συν-ιζηματογενή ρήγματα διευθύνσεως ΒΔ - ΝΑ μπορεί να εντοπίζονται τόσο στην επιφάνεια όσο και στο υπέδαφος, με τις γεωτρήσεις. Η μετρούμενη κάθετη μετατόπιση των δύο μπλοκ ρηγμάτων μπορεί να υπερβαίνει τα 400 m, ενώ μικρές μετατοπίσεις μπορούν επίσης να παρατηρηθούν κατά μήκος των περιθωρίων της τάφρου του Στρυμόνα που έχουν καλυφθεί από διαβρωμένες ιζηματογενείς αποθέσεις. Ομάδες κανονικών ρηγμάτων και καθιζήσεις συνέβαλαν στην αύξηση και την περεταίρω ανάπτυξη της ταφρολεκάνης του Στρυμόνα καθώς και των υπολοίπων λεκανών και λιμνών στην περιοχή της Βόρειας Ελλάδας, το οποίο ήταν ένα πολύ χαρακτηριστικό φαινόμενο του Νεογενούς και Τεταρτογενούς (Ψιλοβίκος και Σωτηριάδης 1981).

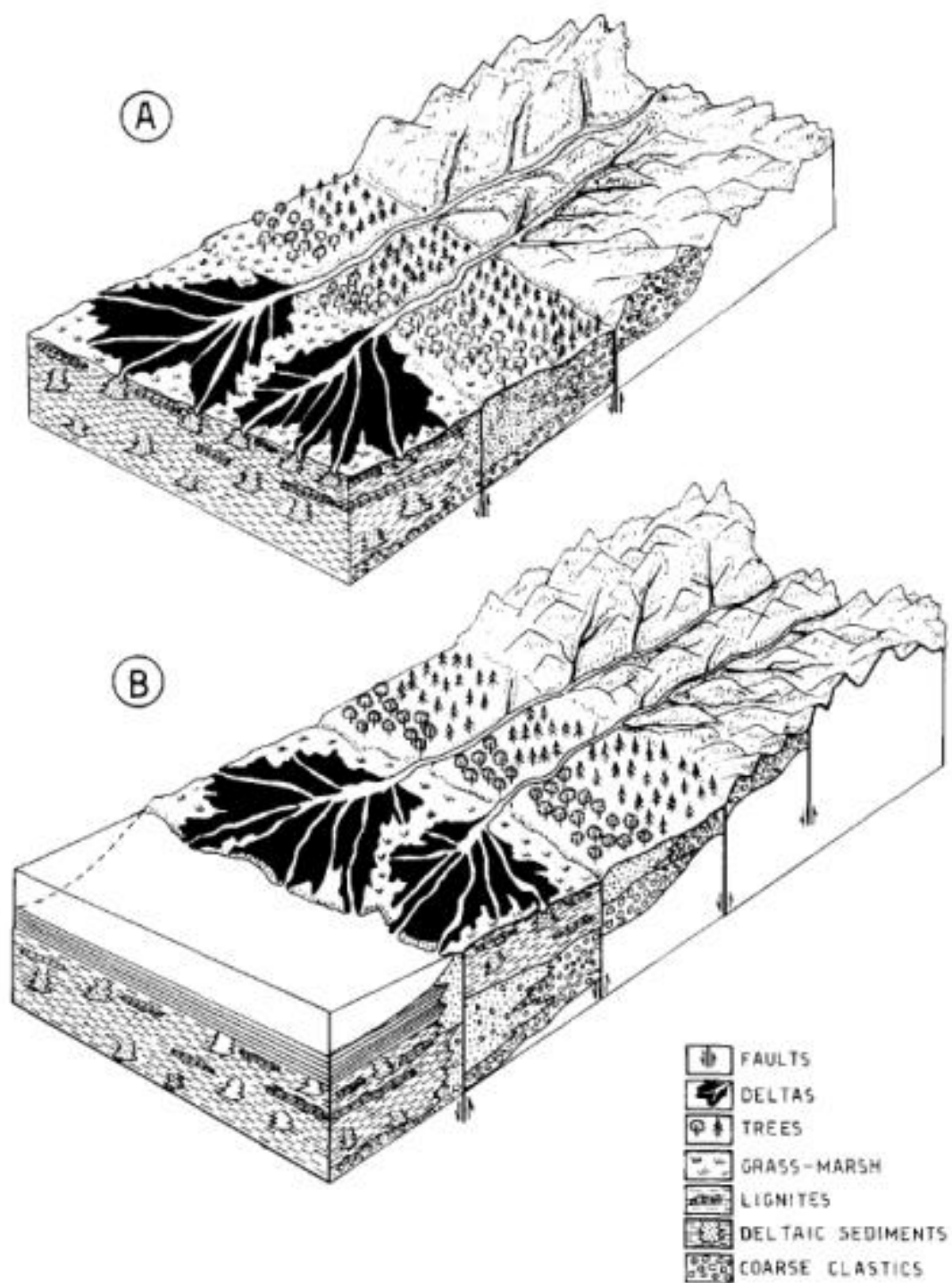
Κατά τους Ψιλοβίκο & Σωτηριάδη (1981):

1. Οι λιγνίτες των Σερρών είναι πλούσιοι σε ουράνιο, ενώ τα κλαστικά ιζήματα που περιέχουν τα λιγνιτικά στρώματα δεν έχουν τέτοιον εμπλουτισμό σε ουράνιο.
2. Το ουράνιο πιθανότατα προέρχεται από τα γρανιτικούς πλουτωνίτες των Σερρών και απορροφάται από την οργανική ύλη κατά τη διάρκεια της λιγνιτογένεσης.
3. Υπάρχει μια γεωγραφική κατανομή των λιγνιτών των Σερρών σε τρεις λιγνιτικές περιοχές, Λεύκες, Μετόχι και Περδικάρη – Μαραμένα.
4. Η ανάλυση των δειγμάτων γύρης από τις λιγνιτικές περιοχές παρέχει μια απόδειξη των δύο σταδίων λιγνιτογένεσης. Οι περιοχές Λεύκες και Μετόχι ανήκουν στο πρώτο στάδιο. Η οργανική ύλη αυτών αποτέθηκε σε ένα

δελταϊκό - τελματικό περιβάλλον με ένα ζεστό - υγρό κλίμα κατά τη διάρκεια του Άνω Βαλλέζιου - Κάτω Τουρόλιου 11,5 - 10,5 εκ. χρόνια πριν. Η περιοχή Περδικάρη - Μαραμένα ανήκει στο δεύτερο στάδιο. Η οργανική ύλη έχει αποτεθεί σε ένα παρόμοιο δελταϊκό - τελματικό περιβάλλον με όμως ένα θερμό ημίξηρο κλίμα κατά τη διάρκεια του Μέσου - Άνω Τουρόλιου 7 – 5,3 εκ. χρόνια πριν.

5. Η απόθεση των ουρανιοφόρων λιγνιτών μπορεί επίσης να εξηγηθεί μέσα από το μοντέλο των δύο σταδίων απόθεσης. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στον τοπικό τεκτονισμό, όπως ομαδικά ρήγματα και διαδοχική υποχώρηση των ρηγμάτων από τα χαμηλότερα προς τα υψηλότερα τμήματα της τάφρου του Στρυμώνα.
6. Το μοντέλο μπορεί να αποτελέσει τη βάση για να εξηγήσει γιατί παρόμοιοι λιγνίτες δεν διαμορφώθηκαν σε άλλες νεογενείς λεκάνες και βύθισμα της Ανατολικής Μεσογείου, υπό παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες.

Οι Λιγνίτες της περιοχής των Λευκών και Μετόχι αποτέθηκαν σε ένα κλίμα που ήταν πιθανόν θερμό και υγρό ηλικίας Άνω Βαλλέζιου - Κάτω Τουρόλιου (MN 10-12). Οι Λιγνίτες της περιοχής Περδικάρη αποτέθηκαν σε ένα κλίμα που άλλαξε σε λιγότερο θερμό και υγρό, πιθανότατα με ημιάνυδρες συνθήκες ηλικίας Άνω Τουρόλιου (MN 12-13). Το παλαιοπεριβάλλον απόθεσης των λιγνιτών αυτών ήταν δελταϊκό - τελματικό. Η θαλάσσια επίκλυση στην λεκάνη των Σερρών του Κάτω Πλειοκαίνου ήταν μικρής διάρκειας και επηρέασε το κάτω μέρος της λεκάνης. Όταν η θάλασσα υποχώρησε και πάλι, στην λεκάνη των Σερρών έλαβαν χώρα και πάλι μεγάλες ποσότητες από ηπειρωτικές χερσαίες αποθέσεις (**Σχήμα 27**).



Σχήμα. 27. Μοντέλο ιζηματογενών αποθέσεων για την λιγνιτογένεση στην ταφρολεκάνη του Στρυμόνα **A.** Πρώτο στάδιο ηλικίας Άνω Βαλλέζιου – Κάτω Τουρώλιου. **B.** Δεύτερο στάδιο ηλικίας Μέσου - Άνω Τουρώλιου. (από Καρυστιναίο 1984).

2.2.2 Στάδια εξέλιξης:

Τα στάδια εξέλιξης από το παλαιότερο προς το νεότερο είναι:

Στάδιο 1^ο : Σχηματισμός της αρχικής λεκάνης

Στάδιο 2^ο : Απόθεση λιγνιτικών στρωμάτων

Στάδιο 3^ο : Απόθεση Ερυθροστρωμάτων με εξάπλωση Πικερμικής Πανίδας

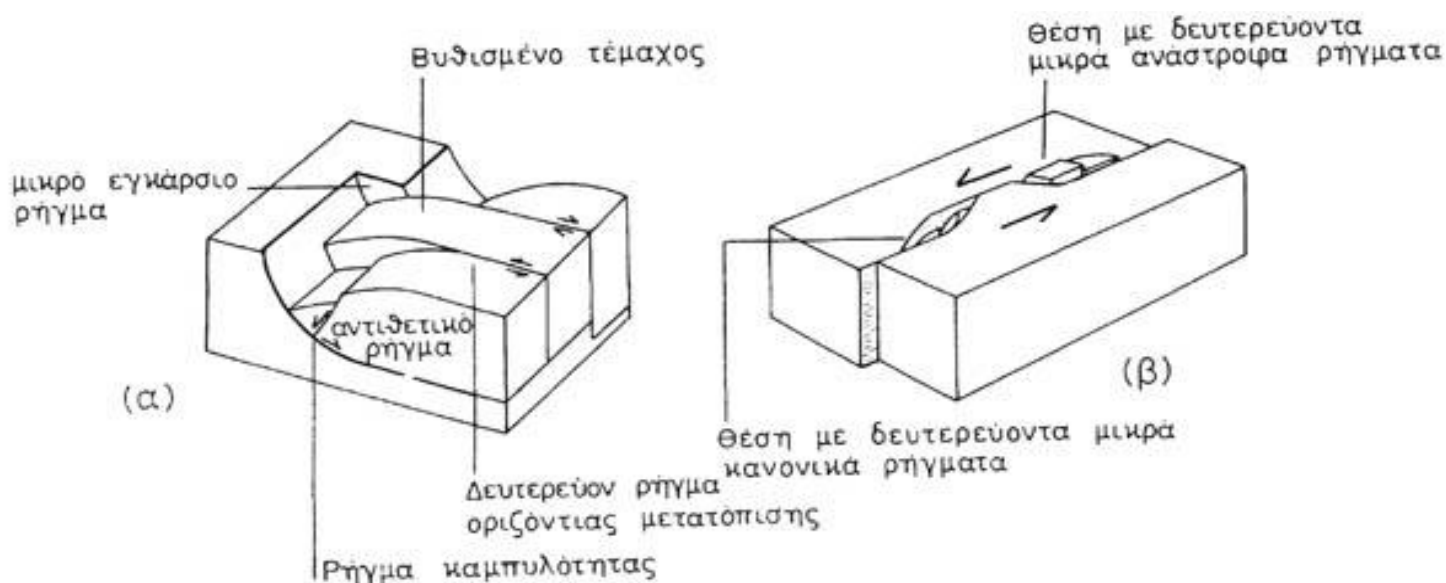
Στάδιο 4^ο : Σχηματισμός πρώτων θερμών πηγών

Στάδιο 5^ο : Θαλάσσια επίκλυση

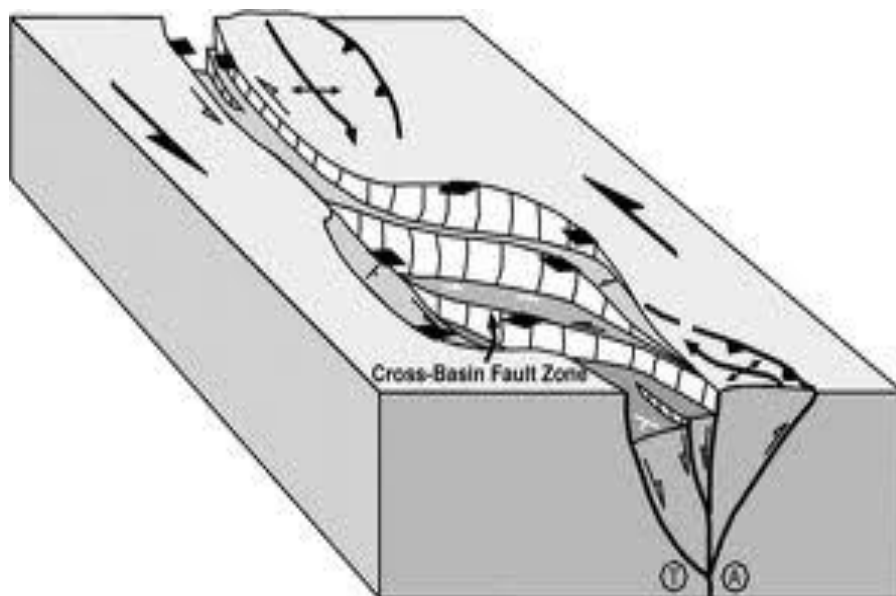
Στάδιο 6^ο : Σχηματισμός τελικής λεκάνης

Στάδιο 1ο Σχηματισμός της αρχικής λεκάνης:

Σύμφωνα με τον **Καρυστιναίο (1984)** η γενική τεκτονική εικόνα της μάζας Ροδόπης στο δυτικό τμήμα της παρουσιάζει μια εναλλαγή συγκλίνων – αντικλίνων με άξονες γενικής διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ. Οι πτυχώσεις αυτές υποδηλώνουν μία γενική τεκτονική κίνηση (συμπίεση) διεύθυνσης ΒΔ – ΝΑ. Οι κινήσεις αυτής της συμπιεστικής τεκτονικής παρουσίασαν μία έξαρση κατά την διάρκεια του Μειοκαίνου στον ελληνικό χώρο. Έτσι στην ζώνη Κραιστίδων – Στρυμόνα στο δυτικό όριο της μάζας, λειτούργησαν ρήγματα οριζόντιας συστροφικής μετατόπισης (**Σχήμα 28**).



Σχήμα 28. Πολύπλοκες τεκτονικές δομές όπου κυριαρχούν ένα ρήγμα καμπυλότητας (listric) (α) και ένα οριζόντιο συστροφικής μετατόπισης (β). (Κατά Hancock in press) (Από <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg764e/ch5/ch54.htm>)



Σχήμα 29. Σκαρίφημα όπου αναπαριστάτε η ταφρολεκάνη που σχηματίζεται από ρήγματα οριζόντιας συστροφικής μετατόπισης.

(από <http://www.writeopinions.com/pull-apart-basin>).

Οι περιοχές συμπίεσης εναλλάσσονται με περιοχές εφελκυσμού και στις μεν πρώτες δημιουργούνται υψώματα ή επωθήσεις και στις δε δεύτερες δημιουργούνται ταφρολεκάνες. Αντίστοιχα και η ευρύτερη λεκάνη του Στρυμώνα δημιουργήθηκε σε μία τέτοια περιοχή εφελκυσμού (**Σχήμα 29**).

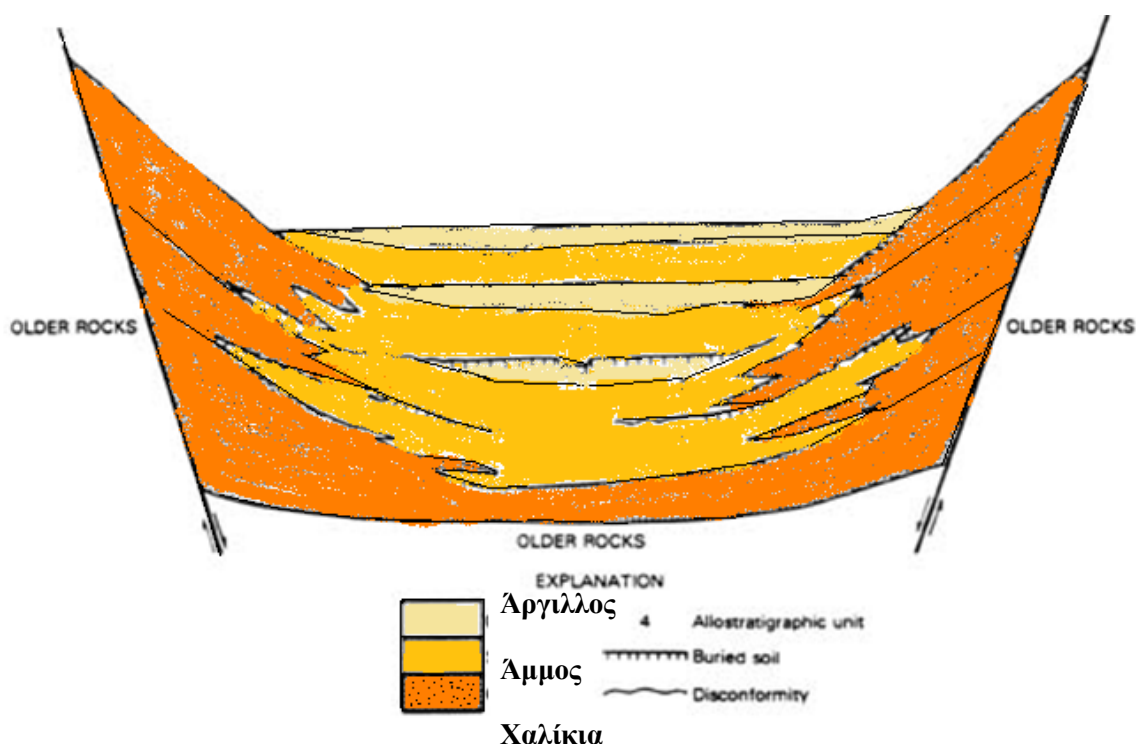
Τα χαρακτηριστικά της λεκάνης είναι ότι έχει: α) επιμήκη ανάπτυξη κατά την διεύθυνση των αναγνωρισμένων ρηγμάτων που τοποθετούνται στα περιθώρια της, β) τα ρήγματα αυτά στα περιθώρια της θεωρούνται ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης και γ) υπάρχουν ηφαιστειακοί τόφφοι και ίχνη συνεχούς έκλυσης γεωθερμικής ενέργειας σε διάφορες τοποθεσίες της. Η λεκάνη περιορίζεται στα ΒΔ από την εφίπλευση του Αγγίστρου και στα ΝΑ από την εφίπλευση της Μεσσολακιάς, που έχουν άξονες κάθετους, στον άξονα της θεωρούμενης φοράς της τεκτονικής κίνησης διευθύνσεως ΒΔ – ΝΑ. Το τεκτονικό βύθισμα που δημιουργήθηκε με τον τρόπο αυτό στην περιοχή της σημερινής λεκάνης του Στρυμώνα αναπτύχθηκε τεκτονικά με επιμήκη πλευρικές αναβαθμίδες και τη δημιουργία μίας αρχικής λίμνης επιφανειακά. Η λίμνη αυτή είναι αντίστοιχη, χρονικά και εξελικτικά με το Παννονικό σύστημα λιμνών σύμφωνα με τους **Steininger - Rogl (1979)** (κατά **Καρυστιναίο 1984**). Το Παννόνιο της Παρατηθός ισοδυναμεί με το Βαλλέζιο των Ζωνών της Ευρώπης και ακολουθεί παρόμοια εξέλιξη με αυτή της λεκάνης του Στρυμώνα, πληρούμενη γρήγορα από παχιά στρώματα κροκαλοπαγών βύθισης.

Στην λεκάνη του Στρυμώνα μια παχιά ακολουθία από αταξινόμητη και μη ενοποιημένη (χαλαρή) άμμο και άργιλλο διαδέχεται το κροκαλοπαγές βύθισης στρωματογραφικά ως πλευρική μετάβαση, η ακολουθία αυτή έχει ονομαστεί Ψαμμίτες του Λευκώνα. Ως υποκείμενα αυτών είναι μία παχιά ακολουθία λεπτών αργίλλων, μαργών και ιλυολίθων. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την υπόθεση ότι, κατά

τη διάρκεια της απόθεσης του Κροκαλοπαγούς Βύθισης και του Ψαμμίτη του Λευκώνα, στο Μέσο Μειόκαινο ένα λιμναίο περιβάλλον ήταν ήδη αναπτυγμένο στα κεντρικά τμήματα της αρχικής λεκάνης του Στρυμόνα. Οι ταχείς ρυθμοί διάβρωσης που απαιτούνται για την απόθεση μεγάλου πάχους κροκαλοπαγών στις παρακείμενες περιοχές της λεκάνης, προϋποθέτουν μάλλον ένα πολύ βροχερό κλίμα. Λαμβάνοντας υπόψη τα παλαιότερα απολιθώματα που έχουν βρεθεί σε αυτά τα ιζήματα, η ηλικία των Ψαμμιτών του Λευκώνα τοποθετείται στο τέλος του Μέσου Μειοκαίνου. Αποτέθηκαν πολύ γρήγορα αμέσως μετά από το κροκαλοπαγές βύθισης το οποίο αποτέθηκε λίγο νωρίτερα πιθανών στις αρχές του Μέσου Μειοκαίνου. Συνεπώς, το αρχικό άνοιγμα της λεκάνης θα πρέπει να ξεκίνησε ουσιαστικά την ίδια εποχή, στις αρχές του Μέσου Μειόκαινου. Τα ιζήματα υψηλής ενέργειας τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω ακολουθήθηκαν από αποθέσεις ιζημάτων χαμηλότερης ενέργειας. Οι ψαμμίτες του Λευκώνα αποκτούν σταδιακά καλύτερη ταξινόμηση όσο βυθίζεται και αναπτύσσεται περεταίρω η αρχική λεκάνη του Στρυμόνα. Ενώ στην συνέχεια αποτίθενται παχιές αποθέσεις από οργανικά ιζήματα (λιγνίτες), τα οποία εμφανίζονται ενδιαστωμένα με λεπτόκοκκα κλαστικά ιζήματα. Αυτοί οι σχηματισμοί αποτελούν τους λιγνίτες των Σερρών.

Η Ομάδα του Λευκώνα, αρχίζει στην βάση της με ένα πολύ χοντρό πολύμικτο κροκαλοπαγές βύθισης που παράλληλα με αυτό, αποτίθενται και ποταμοχειμάρειες αποθέσεις από λεπτόκοκκους ψαμμίτες και δελταϊκά τελματικά στρώματα ψαμμιτών, μαργών και λάσπης, με στρώματα ή φακούς λιγνιτών. Ακολουθούν χερσοποτάμια ερυθρά στρώματα, με χοντρόκοκκα κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και δύο παρένθετα λατυποπαγή που αποτελούν το ανώτατο μέρος αυτής της ομάδας.

Η σχηματική αναπαράσταση του Κροκαλοπαγούς βάσης (πορτοκαλί) και του Ψαμμίτη του Λευκώνα (κίτρινο) στην λεκάνη του Στρυμόνα είναι η παρακάτω:



Στάδιο 2^ο Απόθεση λιγνιτικών στρωμάτων:

Η παλαιότερη προσδιορισμένη χλωρίδα που έχει βρεθεί στις ενδιαστρώσεις των λιγνιτικών στρωμάτων του Κατώτερου μέλους, του σχηματισμού λιγνιτών Σερρών (Λεύκες), χρονολογείται στο τέλος του Βαλλέζιου. Η απόθεση των λιγνιτών αυτών έγινε σε ένα ποταμό - τελματώδες περιβάλλον όπου την περίοδο εκείνη επικρατούσε στην λεκάνη του Στρυμόνα ένα θερμό και υγρό τροπικό – υποτροπικό δάσος με άφθονες βροχοπτώσεις. Όπως προαναφέρθηκε το κεντρικό βύθισμα του Στρυμόνα είχε ήδη πληρωθεί με κροκαλοπαγή βύθισης και ψαμμίτες του Λευκώνα στα κεντρικά του τμήματα. Ο σχηματισμός αυτός αποτέλεσε το υπόβαθρο πάνω στο οποίο αποτέθηκαν αργότερα οι λιγνίτες των Σερρών. Η παρουσία του λιγνίτη των Λευκών δηλώνει ένα τροπικό - υποτροπικό κλίμα με πολλές βροχές, υψηλές θερμοκρασίες και πλούσια βλάστηση. Η χαρακτηριστική σύνθεση με άνθη που βρέθηκε μέσα στους λιγνίτες είναι ενδεικτική των δασών και θάμνων με *Taxodium* και βάλτους. Το παλαιοπεριβάλλον ήταν ένα υποτροπικό καταπράσινο δάσος, με ένα ζεστό και υγρό πεδινό ανάγλυφο με εύκρατη βλάστηση από δρύες με κάποια *Pinus* και *Sequoia*. Οι Λιγνίτες της περιοχής των Λευκών και Μετόχι αποτέθηκαν πιθανόν σε ένα κλίμα που ήταν θερμό και υγρό, ηλικίας Άνω Βαλλέζιου - Κάτω Τουρώλιου (10 - 7,5 εκ. χρόνια πριν). Οι Λιγνίτες της περιοχής Περδικάρη αποτέθηκαν σε ένα κλίμα που άλλαξε σε λιγότερο θερμό και υγρό, πιθανότατα σε ημιάνυδρες συνθήκες ηλικίας Άνω Τουρώλιου (7 - 5,5 εκ. χρόνια πριν). Το παλαιοπεριβάλλον απόθεσης των λιγνιτών αυτών ήταν δελταϊκό - τελματικό. Η θαλάσσια επίκλυση στην λεκάνη των Σερρών του Κάτω Πλειοκαίνου ήταν μικρής διάρκειας και επηρέασε κυρίως το κάτω μέρος της λεκάνης. Όταν η θάλασσα υποχώρησε και πάλι, στην λεκάνη των Σερρών έλαβαν χώρα εκ νέου μεγάλες ποσότητες από ηπειρωτικές χερσαίες αποθέσεις.

Η επέκταση του βυθίσματος γίνεται διαδοχικά με συναποθετικά ρήγματα υπόπαράλληλα στην κύρια διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ ρηγμάτωσης. Οι αναβαθμίδες που σχηματίζονται από τα ρήγματα αυτά καθορίζουν τα εκάστοτε περιθώρια της αρχικής λίμνης. Στα περιθώρια της λίμνης δημιουργήθηκαν έλη στα σημεία κοντά εκβολές τον παλαιοποταμών όπου η τροφοδοσία ήταν ομαλότερη. Στα σημεία αυτά έγιναν οι αποθέσεις των λιγνιτών. Οι λιγνίτες αυτοί και οι βιτουμενούχοι άργιλλοι είναι εμπλουτισμένοι σε Ουράνιο. Έχουν διακριθεί δύο λιγνιτικά μέλη, το παλαιότερο που είναι οι Λεύκες και το νεότερο που είναι το Περδικάρι. Κάθε ένα από αυτά τα δύο μέλη περιέχει από 2 - 5 διαφορετικά λιγνιτικά στρώματα. Ανάμεσα σε αυτά τα δύο μέλη υπάρχει ένα ακόμη μέλος το Μετόχι – Μαραμένα το οποίο είναι λιγότερο καθορισμένο. Τα ευρήματα των μικροθηλαστικών στα Μαραμένα έχουν σημαντική παλαιοκλιματολογική αξία, σε συνδυασμό με τα υπολείμματα μικροχλωρίδας όπως (*Pinus*, *Quercus*, *Zelkova*, *Eucommia*, *Hamamelis*), τα οποία δείχνουν ένα υποτροπικό, μέτρια υγρό προς ξηρό κλίμα. Κάθε ένα από αυτά τα μέλη έχουν αποτεθεί σε διαφορετικές περιοχές.

Στάδιο 3^ο Απόθεση Ερυθροστρωμάτων με εξάπλωση Πικερμικής

Πανίδα:

Η τυπική πανίδα τύπου Πικερμίου συνολικά εμφανίζεται κυρίως σε Ερυθροστρώματα που έχουν βρεθεί σε διάφορες θέσεις της λεκάνης του Στρυμόνα. Στρωματογραφικά αυτή αποτίθεται επάνω από τα λιγνιτικά στρώματα και πρέπει να θεωρηθεί ως χαρακτηριστικός δείκτης κλίματος Στέπας με μειωμένες βροχοπτώσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτά τα σύνολα πανίδων θηλαστικών τοποθετούνται ακριβώς κάτω από ένα μαζώδες μονόμικτο Γρανιτικό Λατυποπαγές. Αυτό το γρανιτικό λατυποπαγές έχει ένα χαρακτηριστικό γκρι χρώμα κυρίως εξαιτίας του αργιλικού υλικού πλήρωσης. Οι προσπάθειες για την ανάκτηση μικρο- και μακρο- απολιθωμάτων από αυτό το στρώμα ήταν αναποτελεσματικές. Το κύριο συστατικό του μονόμικτου λατυποπαγούς είναιγωνιώδεις γρανιτικές λατύπες που έχουν μερικές φορές μια αφαντική υφή και λείες επιφάνειες γεγονός που υποδηλώνει τεκτονική προέλευση. Η διάμετρος αυτών των λατυπών κανονικά κυμαίνεται από 10 - 20 cm, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις τεράστιοι ογκόλιθοι, με διάμετρο μεγαλύτερη από 2 m επιπλέον μεταξύ των μικρότερων λατυπών. Αυτό είναι μία τυπική απόθεση λατυποπαγούς από υπολείμματα ροής. Εκτείνεται σε όλη την λεκάνη του Στρυμόνα, γεγονός που επιτρέπει τον ισχυρισμό ότι για την απόθεση του απαιτούνται σημαντικές ποσότητες νερού. Τα μεγάλα ποσά του νερού που χρειάζονται για την απόθεση του, είναι δύσκολο να συμβιβαστούν με το ξηρό, κλίμα Στέπας όπως το κλίμα που προκύπτει από την παρουσία πανίδας θηλαστικών τύπου Πικέρμι. Συνεπώς θα πρέπει να παραδεχτούμε ότι υπήρξε μάλλον μία σημαντική κλιματική αλλαγή σε συνδυασμό με μία έντονη τεκτονική δραστηριότητα. Το γεγονός αυτό φαίνεται να σηματοδοτεί το τέλος της περιόδου του Μειοκαίνου στη λεκάνη του Στρυμόνα. Αυτή την χρονική περίοδο, έχουμε την θαλάσσια επίκλυση στην λεκάνη στο Κάτω Πλειόκαινο και το λιμναίο περιβάλλον, μαζί με την μακρο- και μικρο- πανίδα θηλαστικών, εξαφανίζεται απότομα από τη λεκάνη του Στρυμόνα. Επομένως ο σχηματισμός του μονόμικτου γρανιτικού λατυποπαγούς, οφείλεται σε έντονη τεκτονική δράση καθώς και σε μία σημαντική κλιματική αλλαγή που έλαβε χώρα στο τέλος του Μειοκαίνου (Μεσσήνιο). Η ηλικία της πανίδας Πικερμίου ανήκει στο Τουρόλιο ή Άνω Τορτόνιο - Μεσσήνιο 8-5 εκ. χρόνια πριν. Το γρανιτικό λατυποπαγές τερματίζει τις λιμναίες συνθήκες στην λεκάνη του Στρυμόνα.

Το θερμό και υγρό κλίμα που επικρατούσε στην προηγούμενη φάση έχει μεταβληθεί προοδευτικά σε ένα περισσότερο ξηρό και λιγότερο θερμό κλίμα. Στα εκτεταμένα υποτροπικά πλέον, δάση αναπτύσσονται περισσότερο ξερόφυλλα είδη. Η μεταβολή του κλίματος συνεχίζεται μέχρι το τέλος της φάσης αυτής (τέλος Μειοκαίνου, Μεσσήνιο), στην περιοχή επικρατεί κλίμα Στέπας με ανάπτυξη ποωδών φυτών κυρίως. Στο ίδιο διάστημα έχουμε μία κατακόρυφη άνοδο της πανίδα των θηλαστικών. Ζούσαν θηλαστικά κάθε είδους και μεγέθους. Μεγαλόσωμα προβοσκιδωτά ρινόκεροι, καμηλοπαρδάλεις, ιπάρια, ύαινες καθώς και μικρά τρωκτικά και εντομοφάγα. Η πανίδα αυτή που εντοπίζεται στα Ερυθροστρώματα της λεκάνης του Στρυμόνα χαρακτηρίζεται ως τυπική «πανίδα τύπου Πικερμίου». Η εκτεταμένη αυτή πανίδα των θηλαστικών σχεδόν εξαφανίζεται με την εκδήλωση των

πρόδρομων ή σύνδρομων φαινομένων (γρανιτικό λατυποπαγές) της παγκόσμιας θαλάσσιας επίκλυσης που σημαδεύει την αρχή του Πλειοκαίνου.

Στάδιο 4^ο Σχηματισμός πρώτων θερμών πηγών:

Η απόθεση των λιγνιτών έγινε σε περιβάλλον αβαθούς λίμνης η οποία βαθμιαία επεκτείνονταν και εκβαθύνονταν όσο συνεχιζόταν και η πλευρική τεκτονική επέκταση του κεντρικού βυθίσματος του Στρυμόνα. Το ίδιο συνέβη και στην απόθεση των ερυθροστρωμάτων που αποτέθηκαν αργότερα πάνω από των σχηματισμό των λιγνιτών. Σε αυτά έχει βρεθεί η τυπική «πανίδα Πικερμίου» που είναι δείκτης ενός κλίματος ξηρού με μειωμένες βροχοπτώσεις τύπου Στέπας και ενός περιβάλλοντος ποταμολιμναίου. Η ίδια τεκτονική δράση που επέτρεψε την πλευρική επέκταση του κεντρικού βυθίσματος, επέτρεψε ταυτόχρονα και την δημιουργία διόδων προς την επιφάνεια των γεωθερμικών ρευστών. Έτσι σε σημεία κοντά στο υπόβαθρο ή ακόμη και στο ίδιο το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, λειτούργησαν θερμές πηγές που έδωσαν εκτεταμένες ασβεστιτικές αποθέσεις τραβερτίνη. Χαρακτηριστική είναι η απόθεση της Μάργας του Βιρού.

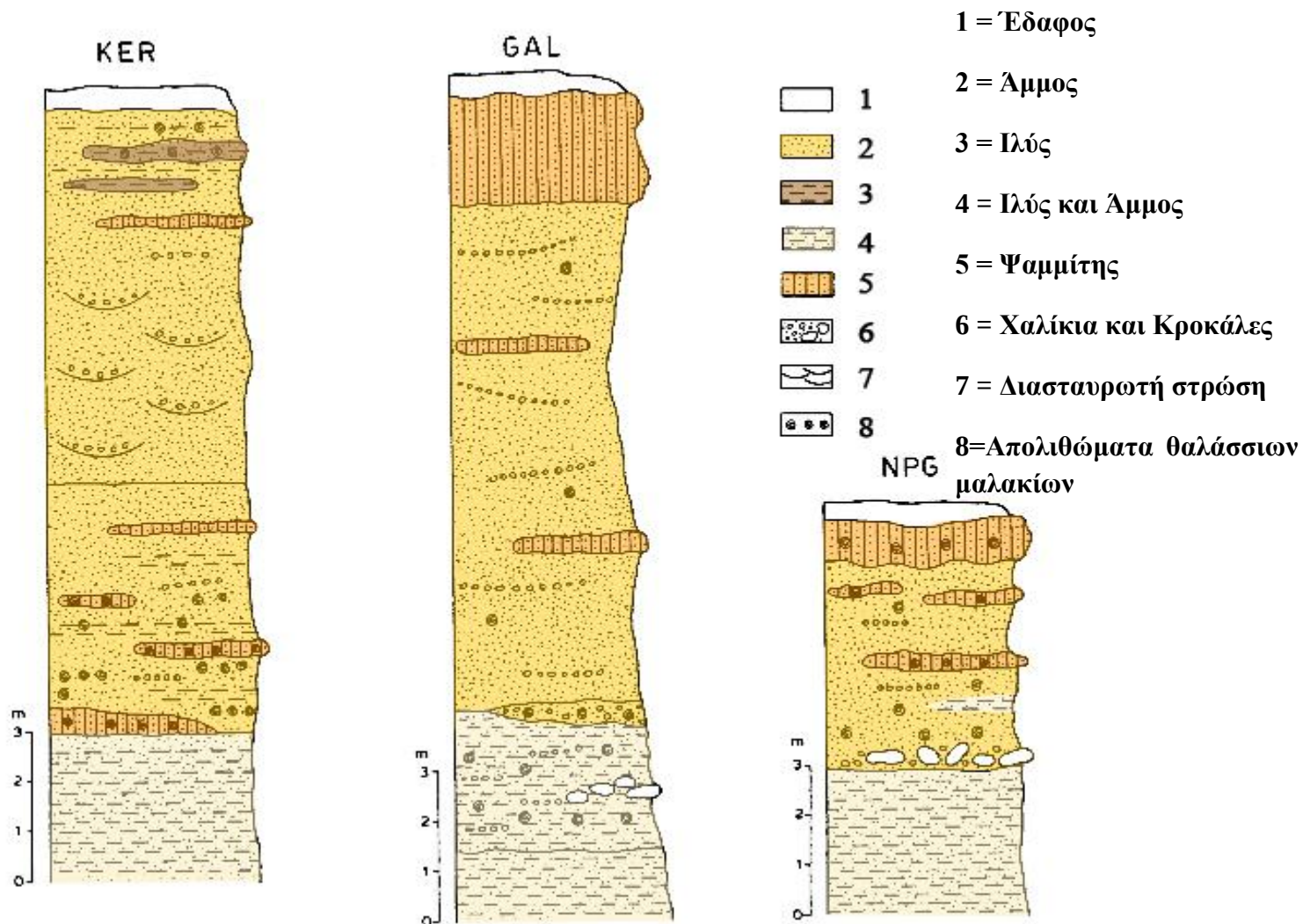
Στάδιο 5^ο Θαλάσσια επίκλυση :

Η πρώτη ομάδα των θαλάσσιων απολιθωματοφόρων θέσεων που έχουν βρεθεί στην λεκάνη του Στρυμόνα αποτελείται από απολιθωματοφόρες περιοχές, οι οποίες δείχνουν ένα ρηχό θαλάσσιο παλαιοπεριβάλλον με κλαστική ιζηματογένεση που συνδέονταν με την πλησιέστερη παλαιοακτή. Αυτές οι περιοχές έχουν χρονολογηθεί στις αρχές του Πλειόκαινου, δηλαδή στο Κάτω Πλειόκαινο και μπορούν να συσχετιστούν με την παγκόσμια θαλάσσια επίκλυση που έλαβε χώρα στο Κάτω Πλειόκαινο η οποία επηρέασε και την λεκάνη αυτή.

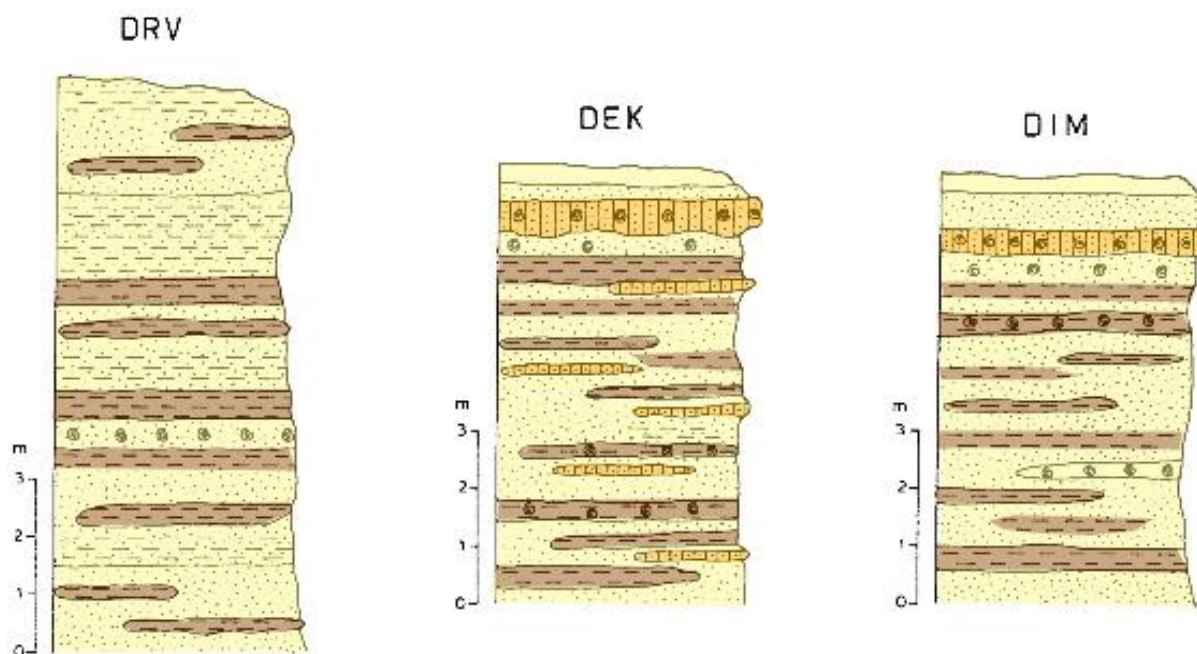
Η δεύτερη ομάδα των απολιθωματοφόρων περιοχών αποτελείται από λεπτόκοκκα κλαστικά ιζήματα και αποτελούν ενδείξεις ενός πολύπλοκου (ρηχού θαλάσσιου, υφάλμυρου, λιμνοθαλάσσιου, λιμναίου) παλαιοπεριβάλλοντος. Αυτές οι περιοχές περιλαμβάνουν φακούς ευρύαλων θαλάσσιων απολιθωμάτων που εναλλάσσονται με πανίδες θαλάσσιες, υφάλμυρες και φρέσκων γλυκών νερών. Οι απολιθωματοφόρες αποθέσεις αυτής της ομάδας, επικαλύπτουν αυτές της πρώτης ομάδας και ενδεχομένως, θα μπορούσαν να χρονολογηθούν στο Κ. - Μ. Πλειόκαινο. Ποικίλες απόθεσης παλαιοπεριβαλλόντων όπως (ηπειρωτικό, ποτάμιο, ποταμολιμναίο, λιμναίο, θαλάσσιο, υφάλμυρο, δελταϊκό) δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια του Νεογενούς – Τεταρτογενούς στην λεκάνη. Η λεκάνη του Στρυμόνα περιέχει χερσαία ποτάμιο - λιμναία ιζήματα, όπως πηλό - αμμώδη ιζήματα στα οποία τα υφάλμυρα εσωτερικά στρώματα δείχνουν θαλάσσια επίκλυση και αργότερα την επικράτηση ενός λιμνοθαλάσσιου περιβάλλοντος που έλαβε χώρα για ένα σύντομο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειόκαινου – Κάτω Πλειόκαινου.

Αξιολογώντας τις πανίδες των απολιθωμάτων καθώς και των ιζηματογενών αποθέσεων που βρέθηκαν σε διάφορες θέσεις της λεκάνης του Στρυμόνα, μπορούμε να κατανοήσουμε τις συνθήκες που επικράτησαν στο τότε παλαιοπεριβάλλον.

Η πανίδα και η σύνθεση των παλαιοοικολογικών χαρακτήρων από τις τοποθεσίες GAL, NPG, KER (**Syrides 2000, Σχήμα 31**) δείχνουν μια ρηχή θάλασσα και ένα παράκτιο περιβάλλον (**Σχήμα 30**). Επιπλέον, η παρουσία των στρογγυλεμένων κροκάλων με *Gastrochaenolites* και *Cliona* σε Γαλυσό (GAL) και στην Νιγρίτα (NPG) επιβεβαιώνει το παράκτιο περιβάλλον. Αυτές οι περιοχές είναι πολύ κοντά στα περιθώρια του προ Νεογενούς υποβάθρου και έτσι επιβεβαιώνουν την επαφή του υποβάθρου με την παλαιοακτή του Πλειόκαινου. Αυτό η παλαιοακτή βρίσκεται 400 m. βόρεια της τοποθεσίας GAL. Η θάλασσα επίκλυση κάλυψε όλη σχεδόν την λεκάνη του Στρυμώνα μέσω των στενών της Αμφίπολης κατά την πρώιμη εποχή του Κάτω Πλειόκαινου (**Karistineos & Georgiades - Dikeoulia 1985/86**). Οι τοποθεσίες των GAL, NPG, KER πρέπει να αντικατοπτρίζουν το παλαιό όριο της παλαιοακτής του Κάτω Πλειόκαινου. Τα ιζήματα είναι όμοια (εναλλαγές της άμμου και του πηλού σε φακούς και στρώματα). Όλα τα δεδομένα αυτά υποδεικνύουν ένα εκτενές παλαιοπεριβάλλον με ήρεμη απόθεση ιζημάτων (ιλύς - άργιλλος) αλλά με διακυμάνσεις ως προς την αλατότητα (μικρό μέγεθος της *Cerastoderma*, *Ostrea*) καθώς και με την επιρροή γλυκών νερών ή την δράση εβαποριτικών συνθηκών με αποθέσεις κρυστάλλων γύψου. Μερικές νέες θαλάσσιες εισροές είναι επίσης δυνατόν να συνέβησαν κατά περιόδους, λόγω των λίγων εκπροσώπων από Χτένια. Αυτά τα ιζήματα αποτέθηκαν στην κεντρική τμήματα της λεκάνης του Στρυμώνα, μετά την επίκλυση της θάλασσας στην αρχή του Κάτω Πλειόκαινου, κατόπιν έλαβε χώρα η απόσυρση της θάλασσας και τέλος αποτέθηκαν με την νέα είσοδο της θάλασσας στην λεκάνη του Στρυμώνα. Μια τέτοια θαλάσσια παλινδρόμηση αναφέρεται στην λεκάνη του Στρυμωνικού κόλπου από τους **Σακελλαρίου - Μανέ (1966)**. Μια αλλαγή στα όρια του παλαιοπεριβάλλοντος γίνεται σαφές στην τοποθεσία KER. Το χαμηλότερο απολιθωματοφόρο στρώμα περιέχει θαλάσσια μαλάκια, ενώ η λιθολογία του είναι υπόλευκη άμμος και στα ανώτερα επίπεδα παρατηρείται ένα ποταμολιμναίο περιβάλλον απόθεσης. Τέλος, ένα υφάλμυρο περιβάλλον με επιρροές από φρέσκο νερό με (*Unio* sp.) κυριαρχεί στο άνω τμήμα του στρώματος.

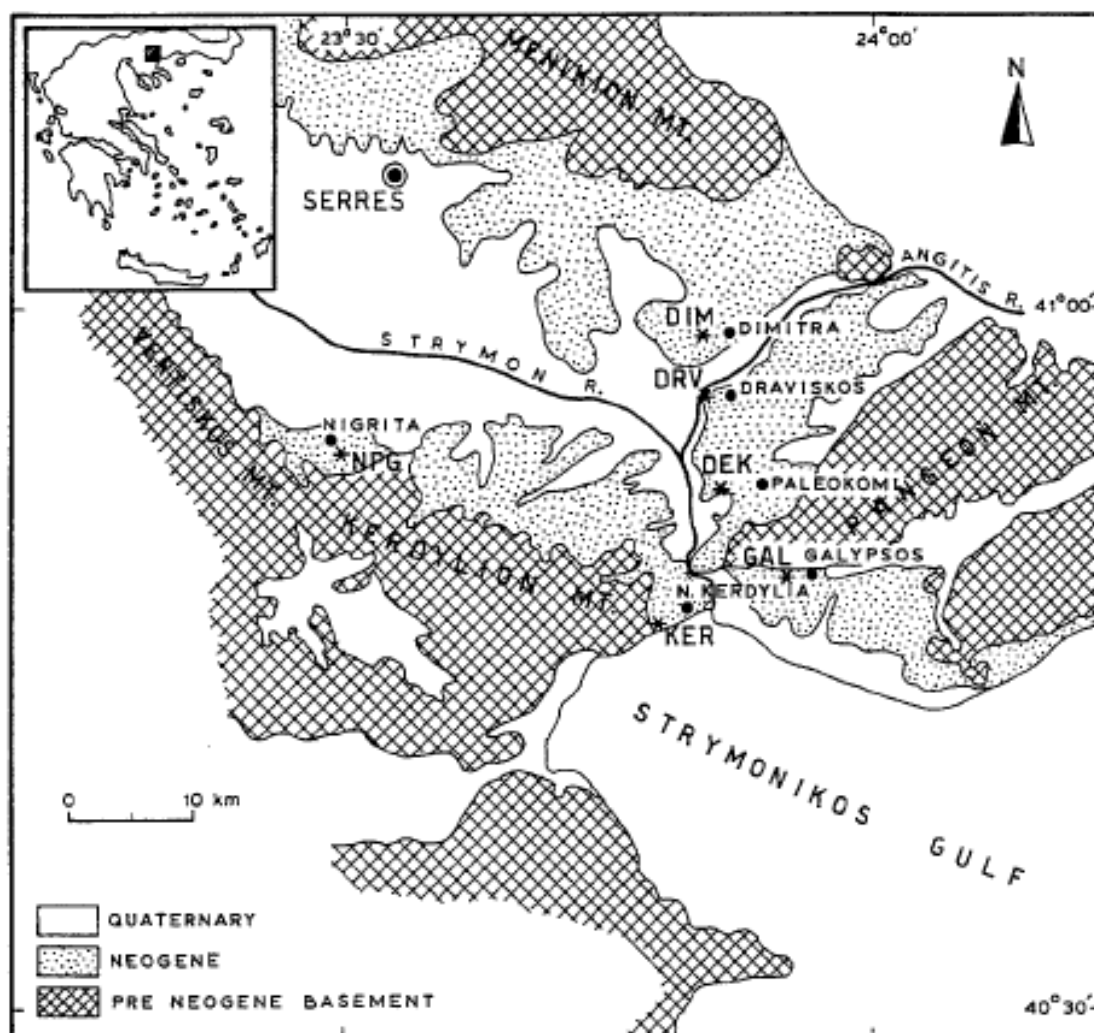


Σχήμα 30. Λιθοστρωματογραφικές στήλες από τις απολιθωματοφόρες περιοχές των KER, GAL και NPG. (τροποποιημένο από Συρίδη 1995).



Σχήμα 31. Λιθοστρωματογραφικές στήλες από τις απολιθωματοφόρες περιοχές DRV, DEK, DIM. (τροποποιημένο από Συρίδης 1995) (Σύμβολα όπως στο Σχήμα 30).

Παρατηρώντας τα παραπάνω θαλάσσια ιζήματα προκύπτει το συμπέρασμα, ότι η θαλάσσια επίκλυση έγινε σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και κατέκλυσε σχεδόν ολόκληρη την λεκάνη του Στρυμόνα στο Ανώτερο Μειόκαινο και στο Κάτω Πλειόκαινο. Το θαλάσσιο περιβάλλον διήρκεσε λίγο, ακολουθούμενο από εναλλαγές θαλάσσιου και υφάλμυρου περιβάλλοντος. Ήταν ξαφνική και όχι προοδευτική η άνοδος της στάθμης της θάλασσας.



Σχήμα 32. Σκίτσο της λεκάνης του Στρυμόνα και της λεκάνης του Στρυμονικού κόλπου με τις απολιθωματοφόρες τοποθεσίες (DEK, DRV, DIM., NPG, KER) μαζί με την απόθεση (GAL) (από Ψιλοβίκο & Συρίδη 1983).

Η **Ομάδα του Αγ. Γεώργιου**, αρχίζει στην βάση της με αποθέσεις ασβεστολιθικών ψαμμιτών, οι οποίοι αποτίθενται πάνω από τα ηπειρωτικά ερυθροστρώματα και το υπερκείμενο τους γρανιτικό λατυποπαγές της ομάδας του Λευκώνα. Έπειτα αποτίθενται θαλάσσια ιζήματα με πανίδα απολιθωμάτων θαλάσσιου και υφάλμυρου περιβάλλοντος σε ασβεστολιθικούς ψαμμίτες όπου υποδεικνύουν ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον στην απόθεση ιζημάτων. Εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν έχουν βρεθεί δείγματα διάβρωσης στους υποκείμενους

ανδρόκοκκους σχηματισμούς φαίνεται ότι η απόθεση των θαλάσσιων ιζημάτων έγινε σε συμφωνία προς τα υποκείμενα ποταμολιμναία ιζήματα της Ομάδας του Λευκώνα, παρά την ταχύτητα της θαλάσσιας επίκλυσης. Η θάλασσα έφθασε σχετικά γρήγορα στο μέγιστο βάθος της όπως μαρτυρούν τα κοράλλια που βρέθηκαν στην βάση των θαλάσσιων αποθέσεων. Η σποραδική παρουσία απολιθωμάτων υφάλμυρης πανίδας και η παρουσία οργανικών αποθέσεων, δείχνουν ότι η προοδευτική απόσυρση της θάλασσας οδήγησε στην δημιουργία ευμετάβλητου λιμνοθαλάσσιου περιβάλλοντος που είχε περιοδική επικοινωνία με την γειτονική θάλασσα. Έπειτα αποτέθηκαν κλαστικά ιζήματα ψαμμιτών με φακούς ή λεπτά στρώματα από λάσπη, πλούσια σε ανθρακικό υλικό. Οι ηπειρωτικές λιμνοποτάμιες αποθέσεις αποτελούν τα τελευταία στρώματα της ομάδας του Αγ. Γεωργίου που αποτέθηκαν ως ένα λεπτό μικτό κροκαλοπαγές. Ως κύρια αιτία δημιουργίας αυτού του λεπτού μικτού κροκαλοπαγούς είναι οι ανυψωτικές τεκτονικές κινήσεις των γύρω οροσειρών που συνεχίστηκαν και οδήγησαν τελικά στην χέρσωση της λεκάνης του Στρυμόνα και την επικράτηση των ποταμολιμναίων ιζημάτων αποτεθειμένα πάνω από τα θαλάσσια ιζήματα. Σε ορισμένες θέσεις δημιουργήθηκαν τέλματα απόθεσης βιοφυτικών ιζημάτων, ενώ σε άλλες κλειστές μικρολεκάνες τα αλμυρά και υφάλμυρα νερά εξατμίστηκαν και αποτέθηκαν εβαπορίτες (γύψος). Η απόθεση εβαποριτών προϋποθέτει ένα θερμό και ξηρό κλίμα. Με την πλήρη απομάκρυνση της θάλασσας – λιμνοθάλασσας αποτίθενται σταδιακά περισσότερο αδρομερή ιζήματα τα οποία ορίζουν και το τέλος του σχηματισμού της Ομάδας του Αγ. Γεωργίου.

Ο πρώτος κύκλος ιζηματογένεσης που αναγνωρίζεται στην λεκάνη του Στρυμόνα είναι αποθέσεις ποταμολιμναίων ιζημάτων από το Μέσο Μειόκαινο. Οι λίμνες σχηματίστηκαν κυρίως στο Σαρμάτιο (Άνω Σερραβάλλιο 12 εκ. χρόνια πριν) και παρήχθησαν σε αυτές λιγνιτικά στρώματα. Η θαλάσσια επίκλυση έλαβε χώρα στην λεκάνη του Στρυμόνα κατά το Maeotian και αρχές του Pontian 6,5 - 6,1 εκ. χρόνια πριν. Το κλίμα άλλαξε από τροπικό στο Άνω Μειοκαίνου σε υποτροπικό στο Πλειόκαινο και από ημίξηρο σε ξηρό και τέλος κατέληξε στο σημερινό κλίμα.

Η λεκάνη των Σερρών στην Βόρειο Ελλάδα είναι γεμάτη με θαλάσσια και λιμναία - χερσαία ιζήματα, συνολικού πάχους περίπου 1km. Τα θαλάσσια - υφάλμυρα ιζήματα είναι άμμους, ψαμμίτες, μαργαϊκοί ψαμμίτες και μάργες. Τα στρώματα που φέρουν λιγνίτη στις ποταμολιμναίες αποθέσεις είναι κυρίως αμμώδεις άργιλοι, ιλυόλιθοι, πηλίτες και μάργες.

Στάδιο 6^ο Σχηματισμός τελικής λεκάνης:

Όπως προαναφέρθηκε, η επίκλυση της θάλασσας στο Κάτω Πλειόκαινο ήταν ταχύτερη και κατέλαβε το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης του Στρυμόνα. Όλες οι περιοχές στις οποίες είχαν αποτεθεί στο Μέσο – Άνω Μειόκαινο χονδρόκοκκα στα περιθώρια και λεπτόκοκκα ιζήματα στα βαθύτερα σημεία της λεκάνης, καλύφθηκαν στο Κάτω Πλειόκαινο από θαλάσσια ύδατα με αποτέλεσμα να αποτεθούν θαλάσσια ιζήματα. Η θαλάσσια επίκλυση διήρκεσε λίγο στην λεκάνη του Στρυμόνα και σύντομα τα θαλάσσια ύδατα προοδευτικά αποσύρθηκαν, ενώ ταυτόχρονα η περιοχή άρχισε να τροφοδοτείται με μεγάλες ποσότητες γλυκών νερών. Κατά θέσεις

σημειώθηκαν εναλλαγές πανίδων υφάλμυρης και θαλάσσιας φάσης αλλά η υφάλμυρη φάση στο τέλος επικράτησε. Αναπτύχθηκαν οριζόντες πλούσιοι σε μικρού μεγέθους ελασματοβράγχια και γαστερόποδα, τα οποία έχουν εξάπλωση σχεδόν όση και η εξάπλωση των υποκείμενων τους, θαλάσσιων οριζόντων με τις Όστρες “Ostrea Bed”. Διαπιστώθηκαν αποθέσεις στρωμάτων με υφάλμυρη πανίδα σε χαμηλότερο υψόμετρο από εκείνο της απόθεσης τους στρώματος με τις Όστρες, γεγονός που τονίζει την πτώση του θαλάσσιου επιπέδου, αλλά ταυτόχρονα ορίζει την έναρξη των πρώτων συναποθετικών κινήσεων που αυτή την φορά δεν κατεβάζουν αλλά ανυψώνουν τα περιθώρια της λεκάνης του Στρυμόνα. Οι τεκτονικές αυτές κινήσεις επιταχύνουν την απόσυρση και του υφάλμυρου περιβάλλοντος από την λεκάνη το οποίο όμως παραμένει με θαλάσσιες επιρροές στα κεντρικά και βαθύτερα σημεία της λεκάνης του Στρυμόνα. Τα δέλτα των παλαιοποταμών δεν οπισθοχωρούν αλλά προχωρούν και επεκτείνονται καθώς η λιμνοθάλασσα που υπήρχε μίκραινε και υποχωρούσε προς τα ΝΔ της λεκάνης και αυτή. Έτσι σε θέσεις πλαϊνές των εκβολών των παλαιοποταμών δημιουργήθηκαν εκ νέου τέλματα απόθεσης βιοφυτικών ιζημάτων. Παρατηρείται ότι τα παλαιότερα από αυτά τα ιζήματα είναι κοντύτερα στο υπόβαθρο και τα νεότερα σε κεντρικότερα σημεία της λεκάνης. Σημειώθηκε μία έντονη μετά- αποθετική τεκτονική δράση ηλικίας Κάτω Πλειστοκαίνου, η οποία εκδηλώθηκε κυρίως στο κρυσταλλικό υπόβαθρο. Αυτή η τεκτονική δράση ευθύνεται για την δημιουργία θερμών πηγών στις περιοχές του Σιδηροκάστρου, Ηράκλειας, Θερμοπηγής στο ΒΔ τμήμα της λεκάνης του Στρυμόνα. Η μεγάλη έκτασης αλλά μικρής διάρκειας θαλάσσια επίκλυση στο Κάτω Πλειόκαινο ακολουθείται από μία σχεδόν παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και των βροχοπτώσεων.

2.2.3 Τεκτονισμός της λεκάνης του Στρυμόνα:

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην λεκάνη του Στρυμόνα, από το Μέσο Μειόκαινο και μέχρι σήμερα, έδρασαν τριών κατηγοριών ρήγματα για τον σχηματισμό της λεκάνης. Αυτά είναι πρώτον τα Προαποθετικά ρήγματα ηλικίας αρχές του Μέσου Μειόκαινου που συνδέονται με το κρυσταλλικό υπόβαθρο και οδήγησαν στην δημιουργία της ευρύτερης λεκάνης του Στρυμόνα με εφελκυστικές τάσεις και ανύψωση του κρυσταλλικού υποβάθρου. Το Μέσο Μειόκαινο θεωρείται ως μία περίοδος έντονης τεκτονικής εφελκυστικής δράσης στο Βόρειο Ελλαδικό χώρο. Δεύτερη κατηγορία ρηγμάτων είναι τα Συναποθετικά ρήγματα, τα οποία σχηματίστηκαν κατά την απόθεση των πρώτων ιζημάτων διάβρωσης στην λεκάνη του Στρυμόνα. Σε αυτά τα ρήγματα οφείλεται το μεγάλο πάχος του κροκαλοπαγούς βύθισης καθώς και του Ψαμμίτη του Λευκώνα. Με την δράση αυτών των ρηγμάτων διεύθυνσης παράλληλης ή υπόπαράλληλης με την διεύθυνση ανάπτυξης της λεκάνης δηλ. ΒΔ – ΝΔ, δημιουργήθηκαν επιμήκη κλιμακωτά τεμάχια – μπλοκ. Η δράση αυτών των ρηγμάτων ήταν ταυτόχρονη και στο κρυσταλλικό υπόβαθρο. Τα “σκαλοπάτια” της κλιμακωτής δομής που προέκυψε πληρώθηκαν με ιζήματα ίδιας ηλικίας με αυτή των ρηγμάτων. Η ηλικία αυτών των ρηγμάτων τοποθετείται στην Αρχή του Ανώτερου Μειοκαίνου. Η συναποθετική τεκτονική δράση σημειώνεται κυρίως κατά την μεταβατική περίοδο του ορίου Ανώτερου Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου. Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου λαμβάνει χώρα μία απότομη αλλαγή στο

παλαιοπεριβάλλον της περιοχής από λιμναίο – ηπειρωτικό σε θαλάσσιο με αντίστοιχη φάση ιζηματογένεσης. Πιθανόν η αλλαγή αυτή να οφείλεται σε παγκόσμιας κλίμακας γεγονότα, αλλά και τοπικά υπήρξαν έντονες πρόδρομες τεκτονικές κινήσεις. Το τέλος της δράσης των συναποθετικών ρηγμάτων ταυτίζεται με την αρχή της φάσης χέρσευσης - διάβρωσης της λεκάνης του Στρυμώνα στο τέλος του Πλειοκαίνου. Τέλος τα Μεταποθετικά ρήγματα δραστηριοποιούνται στην λεκάνη μετά το τέλος του Πλειοκαίνου. Προκύπτουν από την επαναδραστηριοποίηση των μεγάλων συναποθετικών ρηγμάτων αφού ολοκληρώθηκε η απόθεση των ιζηματογενών στρωμάτων. Οι νέες επιφάνειες διάρρηξης που σχηματίζονται έχουν διεύθυνση παράλληλη – υπόπαράλληλη με την αρχική κύρια διεύθυνση διάρρηξης και βρίσκονται σε μικρή απόσταση από αυτήν. Τα ρήγματα που προαναφέραμε σχηματίστηκαν εξαιτίας της έντονης ανύψωσης του κρυσταλλικού υποβάθρου της λεκάνης του Στρυμώνα στο τέλος του Πλειοκαίνου και συνεχίζονται πιθανόν και μέχρι σήμερα.

3) Γεωθερμικό Πεδίο λεκάνης του Στρυμώνα:

Οι περιοχές Θερμών - Νιγρίτας, Σιδηροκάστρου, Λιθότοπου - Ηράκλειας και Άγκιστρου θεωρούνται σημαντικά γεωθερμικά πεδία που έχουν χαρακτηριστεί επίσημα ως «αποδεδειγμένα» και ή/και «πιθανά χαμηλής θερμοκρασίας γεωθερμικά πεδία» με θερμοκρασίες νερού μεταξύ 40°C και 74°C σε ρηχό βάθος (30 - 500 m). Η γεωθερμική βαθμίδα για τη λεκάνη του Στρυμώνα εκτιμάται ότι μπορεί να κυμανθεί από 25 °C έως 36°C/km σε βάθη άνω των 2 km. Οι γεωθερμικές συνθήκες στην λεκάνη του Στρυμώνα είναι ευνοϊκές, ως αποτέλεσμα της ενεργού εφελκυστικής τεκτονικής και ανόδου του ανώτερου μανδύα σε ρηχότερα βάθη, με αποτέλεσμα να υπάρχει μία αύξηση της ροής θερμότητας στα ιζήματα της λεκάνης. Ο Τριτογενής γρανοδιορίτης της Βροντούς και του Παγγαίου αύξησε την περιφερειακή ροή θερμότητας. Επιπλέον, το μεγάλο πάχος ιζημάτων στην λεκάνη είναι ευνοϊκό για την διέλευση των γεωθερμικών ρευστών σε μία σχετικά βαθιά λεκάνη. Με μεγαλύτερη λεπτομέρεια θα αναπτυχθούν παρακάτω οι μάζες, στο τεκτονικό όριο των οποίων σχηματίστηκε η λεκάνη του Στρυμώνα.

(α) Γεωθερμικό πεδίο Θερμών - Νιγρίτας.

Στην περιοχή των Θερμών - Νιγρίτας κατασκευάστηκαν γεωτρήσεις βάθους 100 - 400 m και εντοπίστηκαν θερμοκρασίες μέχρι 64 °C (Καρυδάκης 1983, Καρυδάκης κ.ά. 1999). Η διασταύρωση δύο συστημάτων ρηγμάτων, με διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ το ένα και ΒΑ-ΝΔ το άλλο, πολύ πιθανόν αποτελούν την κύρια αιτία ανόδου των γεωθερμικών ρευστών από βαθύτερα σημεία, τα οποία στη συνέχεια τροφοδοτούν τα νεότερα ιζήματα και κυρίως το κροκαλοπαγές βάσης. Στο πεδίο Θερμών – Νιγρίτας το κροκαλοπαγές βάσης αποτελεί έναν σημαντικό υπόγειο γεωθερμικό ταμιευτήρα. Πάνω από αυτό έχουν αποτεθεί Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα, των οποίων το συνολικό πάχος στην περιοχή δεν υπερβαίνει τα 500 m. Στα νεότερα αυτά ιζήματα κυριαρχεί το αργιλομαργαϊκό υλικό και γι' αυτό λειτουργούν γενικά σαν υδατοστεγανό κάλυμμα. Μέσα σ' αυτό υπάρχουν μικροί ενδιάμεσοι υδροφόροι που

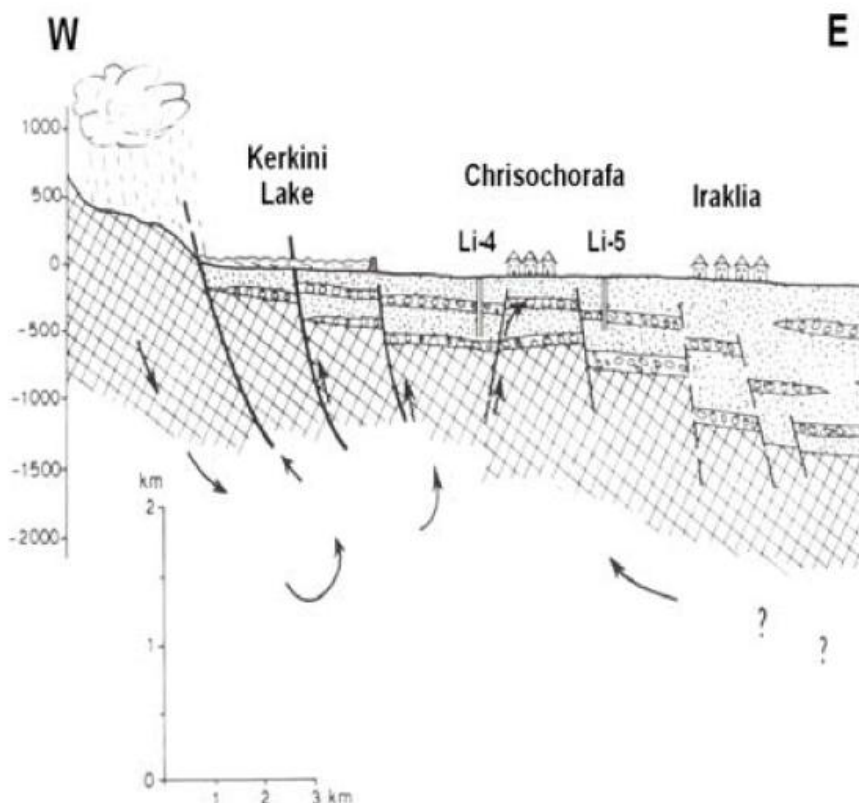
φιλοξενούν νερά από ανάμιξη «επιφανειακών» κρύων νερών με βαθύτερης προέλευσης γεωθερμικά ρευστά. Η διακύμανση της θερμοκρασίας (από 40 μέχρι 64°C) οφείλεται τόσο στη διαφορετική απόσταση από την περιοχή του κύριου ρήγματος τροφοδοσίας όσο και στη μη υδραυλική επικοινωνία του κροκαλοπαγούς εξαιτίας της τεκτονικής που έχει δημιουργήσει «ρηξιτεμάχη», τα οποία κινούμενα με διαφορετική κατεύθυνση μεταξύ τους, διακόπτουν τη συνέχεια των γεωλογικών σχηματισμών και επομένως των υδροφόρων, εμποδίζοντας έτσι τη μεταξύ τους επικοινωνία και διαφοροποιώντας τη σχετική συμπεριφορά τους (Αρβανίτης κ.ά. 1998). Τα γεωθερμικά νερά είναι Na-HCO₃ τύπου, με Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (Σ.Δ.Α) 1500 - 2500 mg/l και πολύ πλούσια σε CO₂.

(β) Γεωθερμικό πεδίο Θερμοπηγής - Σιδηροκάστρου.

Στο γεωθερμικό πεδίο Θερμοπηγής - Σιδηροκάστρου πραγματοποιήθηκε από το ΙΓΜΕ συστηματική έρευνα κατά την περίοδο 1979-1983, με την εκτέλεση ερευνητικών και παραγωγικών γεωτρήσεων και εργασιών θερμομετρήσεων, δειγματοληψιών και χημικών αναλύσεων (Καβουρίδης & Καρυδάκης 1989). Κατά την περίοδο 1995-99, ένα πρόσθετο ερευνητικό πρόγραμμα του ΙΓΜΕ εντόπισε γεωθερμικά ρευστά των 75°C σε βάθος 150 m, ενώ δοκιμές άντλησης στην περιοχή αυτή έδωσαν παροχές (ανά γεώτρηση) 80 m³/h (Καρυδάκης κ.ά. 1999). Στην περιοχή του πεδίου Θερμοπηγής - Σιδηροκάστρου διαπιστώνονται ρήγματα ΒΔ-ΝΑ, ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ και εντοπίζονται δύο γεωθερμικοί υδροφόροι : ένας βαθύτερος σε βάθη 250 - 400 m στο λατυποπαγές της βάσης (λατύπες γνευσιακές και μαρμάρων) και ένας επιφανειακός σε βάθη 20 - 50 m, μέσα σε τραβερτίνες. Τα γεωθερμικά νερά είναι Na(Ca)-HCO₃ τύπου, με Σ.Δ.Α 1500 - 1900mg/l (Αρβανίτης κ.ά. 2001), ενώ περιέχουν και λίγο CO₂.

(γ) Γεωθερμικό πεδίο Λιθοτόπου - Ηράκλειας.

Μεταξύ Ηράκλειας και λίμνης Κερκίνης έγιναν από το ΙΓΜΕ 10 ερευνητικές γεωτρήσεις με μέγιστο βάθος τα 450 m και μετρήθηκαν θερμοκρασίες 40 - 62 °C μέσα σε ψαμμιτικούς σχηματισμούς (Καβουρίδης & Καρυδάκης, 1984). Μέχρι σήμερα δεν έχουν διατρηθεί οι βαθύτεροι σχηματισμοί και η έρευνα δεν έχει δώσει πλήρη στοιχεία για τη δομή του πεδίου, το βάθος του ταμιευτήρα και τη δυναμικότητά του. Δεν έχουν εκτελεσθεί ακόμη παραγωγικές γεωθερμικές γεωτρήσεις στην περιοχή (Σχήμα 28).



Σχήμα 28. Υδροθερμικοί μοντέλο για το γεωθερμικό πεδίο της περιοχής Λιθότοπου – Ηράκλειας. (από Karydakis, Arvanitis, Andritsos and Fytikas 2005).

(δ) Γεωθερμικό πεδίο Αγκίστρου.

Βρίσκεται κοντά στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Κατά την περίοδο 1995-99 πραγματοποιήθηκαν από το ΙΓΜΕ ερευνητικές γεωτρήσεις και προσδιορίστηκε μία έκταση τουλάχιστον 3 - 4 km², όπου εντοπίζονται νερά με θερμοκρασίες 40 - 47 °C σε βάθη 100 - 350 m, ενώ δοκιμή άντλησης έδειξε ότι ο γεωθερμικός ταμιευτήρας έχει τη δυνατότητα να αποδώσει μεγάλες παροχές ανά γεώτρηση (~100 m³/h). Η τροφοδοσία με γεωθερμικά ρευστά του ταμιευτήρα γίνεται μέσω ρηγμάτων του υποβάθρου, το οποίο δεν φαίνεται να καλύπτεται από αξιόλογο στεγανό κάλυμμα, με αποτέλεσμα τη μίξη κρύων και ζεστών νερών και την εποχική διακύμανση των θερμοκρασιών (Καρυδάκης κ.ά. 1999, Διαμαντής κ.ά. 1999). Τα γεωθερμικά νερά ανήκουν στον Ca,Na-HCO₃ τύπο με Σ.Δ.Α 260 mg/l.

(ε) Γεωθερμικό πεδίο Αχινού - Ιβήρων - Μαυροθάλασσας.

Στην περιοχή των Δήμων Αχινού και Τραγίλου κάποιες υπάρχουσες υπόθερμες υδρογεωτρήσεις έδωσαν το έναυσμα για συστηματική γεωθερμική έρευνα τόσο από το Α.Π.Θ. όσο και από το Ι.Γ.Μ.Ε. Αποτέλεσμα αυτής της ερευνητικής προσπάθειας ήταν ο εντοπισμός ενός εκτεταμένου γεωθερμικού πεδίου στην περιοχή. Μέσα στο 2000, με την κατασκευή 2 ερευνητικών γεωθερμικών γεωτρήσεων, μετρήθηκαν θερμοκρασίες 42.4 °C και 51°C, σε βάθη 460 και 560 m αντίστοιχα. Η κατασκευή

της πρώτης παραγωγικής γεωθερμικής γεώτρησης στην περιοχή των Ιβήρων, η οποία έφθασε σε βάθος 648 m έδωσε νερά θερμοκρασίας $> 51^{\circ}\text{C}$, το μίγμα δε από διάφορους υδροφόρους (μεταξύ 300 και 648 m) έδωσε στην κεφαλή της γεώτρησης νερά με θερμοκρασία $40\text{-}41.8^{\circ}\text{C}$. και πολύ καλή παροχή ($> 100 \text{ m}^3/\text{h}$). Εκτός των προαναφερθέντων γεωθερμικών πεδίων, άλλες γεωθερμικά πολύ πιθανές ευνοϊκές περιοχές είναι αυτές δυτικά της λίμνης Κερκίνης, του Δήμου Σκουτάρεως κ.ά.



<http://www.serresbiz.com>

<http://www.unitedreporters.gr>



4) Συμπεράσματα:

Επομένως σύμφωνα με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής αυτής σύνοψης και βασιζόμενοι στα αποτελέσματα όλων των προηγούμενων ερευνητών που αναφέρθηκαν, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι:

1. Το αρχικό άνοιγμα της λεκάνης του Στρυμόνα ξεκίνησε στην αρχή του Μέσου Μειοκαίνου.
2. Το πρώτο ίζημα που αποτέθηκε είναι ένα βασικό πολύμικτο κροκαλοπαγές βύθισης που είναι σχεδόν αταξινόμητο με χαλαρή άμμο ενδιάμεσα του, το οποίο αποτέθηκε ασύμφωνα πάνω στο κρυσταλλικό υπόβαθρο.
3. Ένα πιθανόν βροχερό κλίμα υποθέτουμε ότι διευκόλυνε τις ταχείς διαδικασίες διάβρωσης κατά το αρχικό στάδιο σχηματισμού της λεκάνης.
4. Το λιμναίο περιβάλλον που υπήρχε κατά την Ύστερη εποχή του Άνω Μειοκαίνου στην κύρια λεκάνη του Στρυμόνα, σταδιακά επεκτάθηκε και στην λεκάνη των Σερρών και έλαβε χώρα η απόθεση των ιζημάτων χαμηλής ενέργειας.
5. Τα Λιγνιτικά στρώματα διαφορετικής ηλικίας αποτέθηκαν σε διαφορετικές θέσεις της λεκάνης του Στρυμόνα, ανάλογα με την θέση του εκάστοτε τέλματος του παλαιοποταμού.
6. Όλα τα απολιθώματα που βρέθηκαν στην λεκάνη δείχνουν μια μεταβολή του κλίματος από τροπικό σε υποτροπικό, κατά τη διάρκεια της απόθεσης του πρώτου λιγνιτικού στρώματος. Σταδιακά το κλίμα έγινε πιο ξηρό και λιγότερο θερμό.
7. Κατά τη διάρκεια της «κρίσης αλμυρότητας του Μεσσηνίου» μικρές λίμνες σχηματίστηκαν στις εσωτερικές περιοχές της ενδοχώρας.
8. Ένα παχύ στρώμα από ερυθροστρώματα και κροκαλοπαγή, που ολοκληρώνεται προς τα ανώτερα τμήματα του από ένα μαζικό μονόμικτο γρανιτικό λατυποπαγές τεκτονικής προέλευσης, καλύπτει τα υποκείμενα Λιγνιτικά στρώματα.
9. Το γρανιτικό λατυποπαγές εκτείνεται σε όλη την λεκάνη και εμφανίζεται αμέσως κάτω από θαλάσσια ιζήματα του Κάτω Πλειοκαίνου, η παρέμβαση του τερματίζει τις λιμναίες συνθήκες ιζηματογένεσης στην λεκάνη του Στρυμόνα.
10. Υπάρχει ένας αξιοσημείωτος παραλληλισμός στην περιβαλλοντική, ιζηματολογική και γεωτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης του Στρυμόνα με τις

υπόλοιπες Μειοκαινικές λιμναίες τάφρο λεκάνες της Βορείου Ελλάδος όπως αυτές του Πρίνου, Νέστου, Δράμας, Πτολεμαΐδας, καθώς και σε σχέση με τις αλλαγές της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας. Οι ίδιοι χαρακτηριστικοί ορίζοντες υπάρχουν σε όλες αυτές τις λεκάνες.

11. Η δημιουργία και η ανάπτυξη της ευρύτερης λεκάνης του Στρυμόνα έγινε από την δράση ρηγμάτων οριζόντιας συστροφικής μετατόπισης στο δυτικό όριο την Μάζας της Ροδόπης με την Σερβομακεδονική μάζα. Τα ρήγματα αυτά έδωσαν επιμήκη τεκτονικά τεμάχια παράλληλα – υπόπαράλληλα προς την κύρια διεύθυνση εφελκυσμού ΒΔ – ΝΔ. Τα τεμάχια αυτά είναι διατεταγμένα κλιμακωτά στα πλευρικά περιθώρια της τεκτονικής τάφρο λεκάνης του Στρυμόνα.
12. Οι επιπτεύσεις της Μεσολακιάς και του Άγγιστρου (Kockel – Walther 1965, Κούκουζας 1972) όπως και η μονόπλευρη ανύψωση της λεκάνης των Σερρών από την Ανατολική – Βορειοανατολική πλευρά της, προήλθαν από εφελκυστικές τεκτονικές κινήσεις φοράς ΒΔ – ΝΑ, ίδιες με αυτές που σχημάτισαν το ευρύτερο τεκτονικό βύθισμα της λεκάνης του Στρυμόνα.
13. Ο βαθμός ενανθράκωσης των λιγνιτών της λεκάνης του Στρυμόνα και η ποιότητα τους είναι σημαντικά αυξημένη σε σχέση με τα αντίστοιχα λιγνιτικά στρώματα άλλων λεκανών ίδιας ηλικίας και πάχους υπερκειμένων. Το γεγονός αυτό πιθανόν οφείλεται στην αυξημένη θερμική ροή που παρατηρείται στην λεκάνη. Επομένως η ποιότητα των λιγνιτών που υπάρχουν σε μεγαλύτερο βάθος στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Στρυμόνα είναι γεωμετρικά αυξημένη και στην λεκάνη υπάρχουν λιγνίτες νεότερης ηλικίας από τους προηγούμενους αλλά με αυξημένη ποιότητα.
14. Το κλίμα μεταβάλλεται από εξαιρετικά θερμό και υγρό με ανάπτυξη τροπικών – υποτροπικών δασών κατά το Βαλλέζιο σε προοδευτικά λιγότερο θερμό και υγρό, εξελισσόμενο σε κλίμα στέπας κατά το Τουρόλιο.

Βιβλιογραφία:

Ελληνική Βιβλιογραφία:

Γεωργισούδης Π. 2006. Γεωλογική και πατρολογική μελέτη των πυριγενών πετρωμάτων της ευρύτερης περιοχής των Αβδήρων. Διατριβή Ειδίκευσης.

Ιωακείμ. Χ. 1983. Παλυνολογικοί προσδιορισμοί δειγμάτων λεκάνης Σερρών.

Καρυστιναίος Ν. 1984. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης των Σερρών. Θεσσαλονίκη. Επιστημονική Επετηρίδα της σχολής Θετικών Επιστημών παράρτημα ΑΡ. 10 του 23^{ου} Τόμου.

Κούκουζας Κ. - Κούβελου Κ., 1974: Έρευνα επί του ορυκτού πλούτου νομού Ημαθίας, ΕΘΙΓΜΕ Mining Res. 6, Αθήνα.

Μουντράκης Δ. 2010. Συνοπτική Γεωτεκτονική Εξέλιξη του Ευρύτερου Ελληνικού Χώρου. University Studio Press, Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών.

Παπαφίλιππου – Πένου Ε. 2004. Δυναμική Εξέλιξη και σύγχρονες εξωγενείς διεργασίες του υδρογραφικού συστήματος της ταφρολεκάνης των Σερρών.

Σακελλάριου – Μάνε Ε. –Συμεωνίδη Ν. 1968. Στρωματογραφική έρευνα εις την περιοχήν της λεκάνης Νιγρίτης. Ann. Geol. Pays Hell. 52: 21 – 29.

Χιώτης Ε. Μελέτη μηχανισμού γένεσης της λεκάνης Νέστου - Πρίνου. Νέες προοπτικές ερευνών για υδρογονάνθρακες.

Ψιλοβίκος Α – Σωτηριάδης Α. 1981. Τεταρτογενής τεκτονική και μορφολογική διαφοροποίηση της λεκάνης του Σιδηροκάστρου. Ann. Geil. Pay Hell 30 (588-601).

Ψιλοβίκος Α, 1992. Γεωλογικές έρευνες για την αναζήτηση και την εκμετάλλευση υδατικών πόρων σε κοινότητες του Δ/Β.Δ. Παγγαίου και του Ν.Α. Μενοικίου του Νομού Σερρών. Μέρος Δεύτερο: Πρώτη. Προ 2496 της Επ. Ερ. του ΑΠΘ, 88 ρ.

Ξένη Βιβλιογραφία:

Arvanitis A.A., Stampolidis A.D., and Tsokas G.N. 2010. Contribution of geophysical methods to the investigation of geothermal conditions in the southwestern part of the Strymon basin (Macedonia, northern Greece). (Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, 2010 Πρακτικά 12ου Διεθνούς Συνεδρίου Πάτρας).

- Broussoulis, J., Ch. Ioakim & P. Yiaccoupis** (1990) - Reconstitution des paleoenvironnements miocènes supérieurs du bassin de Serres (Macédoine, Grèce septentrionale) à partir de la palynologie. *Paléobiologie Continentale*, Montpellier, 17 : 373-391.
- Brown A. Bruijn H. Maniati C. Siatos G. Niesen P.** 1977. The geology of the Neogene Sediments North of Serrai and the use of Rodent Faunas for Biostratigraphic control. VI Coll, Aegean Geol. (615 – 622) Athens.
- Brun Jean - Pierre - Sokoutis D.** 2007. Kinematics of the Southern Rhodope Core Complex (North Greece). *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 96:1079–1099.
- Dermizakis M. & Georgiades - Dikeoulia E.** 1987. Biozonation of the Neogene Invertebrate Mega fauna of the Hellenic area. VII RCMNS Congress Budapest 1985, *Annales Instituti Geologici Publici Hungarici*, 70: 125-136.
- Eleftheriadis, G. & Lippolt, HI.** 1984. Altersbestimmungen zum oligozanen vulkanismus der Sud – Rhodopen/Nord Griechenland. *N. Jb. Geol. Pal, Mh.* 179 – 191.
- Freyberg Von. B.** 1951. Geologie und Lagerstättenkunde des Braunkohlenreviers von Serrae (Makedonien). *Subsurf. Res. Dep.* 3: 87 – 154, Athens.
- Fytikas M., Karydakakis G., Arvanitis A., Andritsos N.,** 2005. Low Enthalpy Geothermal Fields in the Strymon Basin (Northern Greece). *Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.*
- Gramann F., & Kockel F.,** 1988. Palaeogeographical, lithological, palaeoecological and palaeoclimatic development of the North-west European Tertiary Basin. In: VINKEN, R, *Results of the IGCP Project No. 124 Geologisches Jahrbuch, A100*, 145-225.
- Gramman, F. and Kockel, F.,** 1969. Das Neogen im Strimon - Becken (Griechisch-Ostmazedonien). *Geol. Jb.* 87: 445 – 484.
- Ioakim Chr., Rondoyanni The. & Mettos Ant.** 2005. The Miocene Basins of Greece (Eastern Mediterranean) from a palaeoclimatic perspective *Revue de Paléobiologie*, Genève 24 (2): 735-748.
- Karistineos N. & Georgiades - Dikeoulia E.** 1985/86. The marine transgression in the Serres basin. *Annales Geologiques des Pays Helldniques*, 33: 221-232.
- Karistineos N. and Ioakim C.** 1989. Palaeoenvironmental and Palaeoclimatic evolution of the Serres basin (N. Greece) during the Miocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam -- Printed in the Netherlands. 70: 275 - 285.
- Kilias A., Falalakis G., Sfeikos A., Papadimitriou E., Vamvaka A., Gkarlaouni C.,** 2012. The Thrace basin in the Rhodope province of NE Greece — A tertiary supradetachment basin and its geodynamic implications.

Kockel F., & Waltther H., 1968. Zur Geologischen entwicklung des Sudli-chen Serbomazedonischen massivs (Nordgriechenland). Bulg. Akad. Sc. Bull. Geol. Inst. Geot. Str. Lyth KH XVII. 133 - 142.

Kockel, F., H. W. Walther. 1965. Die Strimonlinie als Grenze zwischen Serbo-Mazedonischen und Rila – Rhodope - Massiv in Ost – Mazedonien -Geol. Jahrb., 83: 575 - 602.

Kondopoulou D., Kiliass A., Zananiri I., Dimitriadis S., 2004. Magnetic fabrics of the Tertiary Vrontou plutonic complex, Northern Greece. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τομ. XXXVI, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη Απρίλιος 2004.

Kostopoulos D., S & Vasileiadou K., 2006. The Greek late Neogene - Quaternary sediments in relation to palaeogeography and palaeoenvironment. Scientific Annals, School of Geology Aristotle University of Thessaloniki (AUTH) Special volume 98: 285-292.

Koukouzas K. 1972. Le chevauchement de Strymon dans la region de la frontiere Greco – Bulgare. Z Deutch. Geol. Ges, 123: 343 – 347.

Krohe A. & Mposkos E., (2002). Multiple generations of extrusional detachment in the Rhodope Mountains (northern Greece): evidence of episodic exhumation of high – pressure rocks. Geol. Soc. London. Sp. Publ., 204: 151 – 178.

Mposkos, E., and **Krohe A.** 2000. Petrological and structural evolution of continental high pressure metamorphic rocks in the Alpine Rhodope Domain (N. Greece). – In: Panayides, I., C. Xenophonos, J. Malpas, (Eds.). *Proceedings of the Third International Conference on the Geology of the Eastern Mediterranean*. Geol. Survey, Nicosia, Cyprus, 221-232.

Poulakakis N., Lymberakis P., Valakos E., Zouros E., Mylonas M., 2005. Phylogenetic relationships and biogeography of *Podarcis* species from the Balkan Peninsula, by Bayesian and maximum likelihood analyses of mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* Volume 37, Issue 3, December 2005, Pages 845–857.

Psilovikos A. – Syrides G. 1983. Stratigraphy, sedimentation and Palaeogeography of the Strymon basin E. Macedonia. *Clausthaler Geologische Abh.* 44: 55 – 87.

Psilovikos A. and Karistinos N. 1986. A depositional sedimentary model for the Neogene uraniferous lignites of the Serres graben, Greece. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam -- Printed in the Netherlands 56: 1 - 16.

Snel E., Mărunțeanu M., Meulenkamp J.E. 2006. Calcareous nannofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy of the Upper Miocene and Lower Pliocene of the Northern Aegean (Orphanic Gulf – Strimon Basin areas), Greece. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 238: 125 – 150.

Sondaar P. Y. – **Bruijn** H. 1979. Hipparion, a usefull tool for biostratigraphic zonation. Ann. Geol. Pays Hell, (hors serie) III 1123 – 1126.

Steininger F. - **Rogl** F. 1979. The Paratethys history a contribution towards the neogene geodynamics of the Alpine orogene (an abstract). Ann. Geol, Pays Hell (hors serie) III (1153 – 1165).

Syrides G.E. 1995. Neogene mollusk faunas from Strymon basin/ Macedonia, Greece. First results for biochronology and palaeoenvironment. GEOBIOS, M.S. 18: 381 - 388.

Syrides G.E. 2000. Neogene marine cyclesin Strymon basin Macedonia, Greece. Geological Society of Grrece. Special Publications, No 9, 217 – 225.

Tranos Markos D. 2010. Strymon and Strymonikos Gulf basins (Northern Greece): Implications on their formation and evolution from faulting. Journal of Geodynamics 51: 285 - 305.

Zagorchev I., **Ognjanova** N., **Stoykova** K. and **Dimadis** L. 2002. Pontian lacustrine regimes and marine ingression in the Strymon area, Northern Greece.

Zagorchev Ivan. 2007. Late Cenozoic development of the Strouma and Mesta fluviolacustrine systems, SW Bulgaria and northern Greece. Issues 22 – 24, November 2007 Quaternary Science Reviews Volume 26: Pages 2783–2800. (Global correlation of Late Cenozoic fluvial deposits: IGCP Project No. 449).

<http://www.serresbiz.com/bic/el/events/CD-conf-2003/ENERGY/2/8-8.htm>

<http://www.geo.auth.gr/museum/MammalFiles/Rodopi.pdf>

<http://www.geo.auth.gr/museum/MammalFiles/Servomac.pdf>