

Ιόνια Λεκάνη : Η στρωματογραφική της εξέλιξη και η πιθανή παρουσία υδρογονανθράκων



Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή στη Γεωλογία πετρελαίου

1.1 Περιγραφή της εργασίας

1.2 Γεωλογία πετρελαίων

1.3 Γένεση υδρογονανθράκων

1.3.2 Πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης

1.3.2.1 Χημική σύνθεση οργανικού υλικού

1.3.2.2 Χημική σύνθεση υδρογονανθράκων

1.3.3 Ταμιευτήρας

1.3.4 Περιφερειακός μονωτήρας

1.3.5 Παγίδες

2 Ανάλυση της ιζηματογενούς λεκάνης

2.1 Στρωματογραφική εξέλιξη

2.1.1 Κάποιες επιπλέον πληροφορίες

2.2 Γεωδυναμικό πλαίσιο και τεκτονική εξέλιξη της περιοχής

2.2.1 Γεωδυναμικό πλαίσιο

2.2.2 Τεκτονική εξέλιξη της περιοχής

2.3 Παλαιογεωγραφική εξέλιξη(Τριαδικό-Ηώκαινο)

2.4 Βιοστρωματογραφία

3 Η διάρθρωση του Πετρελαϊκού συστήματος

3.1 Μητρικά πετρώματα

3.2 Ταμιευτήρες

3.3 Περιφερειακοί μονωτήρες και καλύμματα

3.4 Παγίδες

4 Προτεινόμενες θέσεις γεωτρήσεων και περαιτέρω ερευνών

4.1 Θέσεις ενδιαφέροντος

4.2 Λίγες πληροφορίες για τις θέσεις

4.3 Συμπεράσματα

5 Βιβλιογραφία

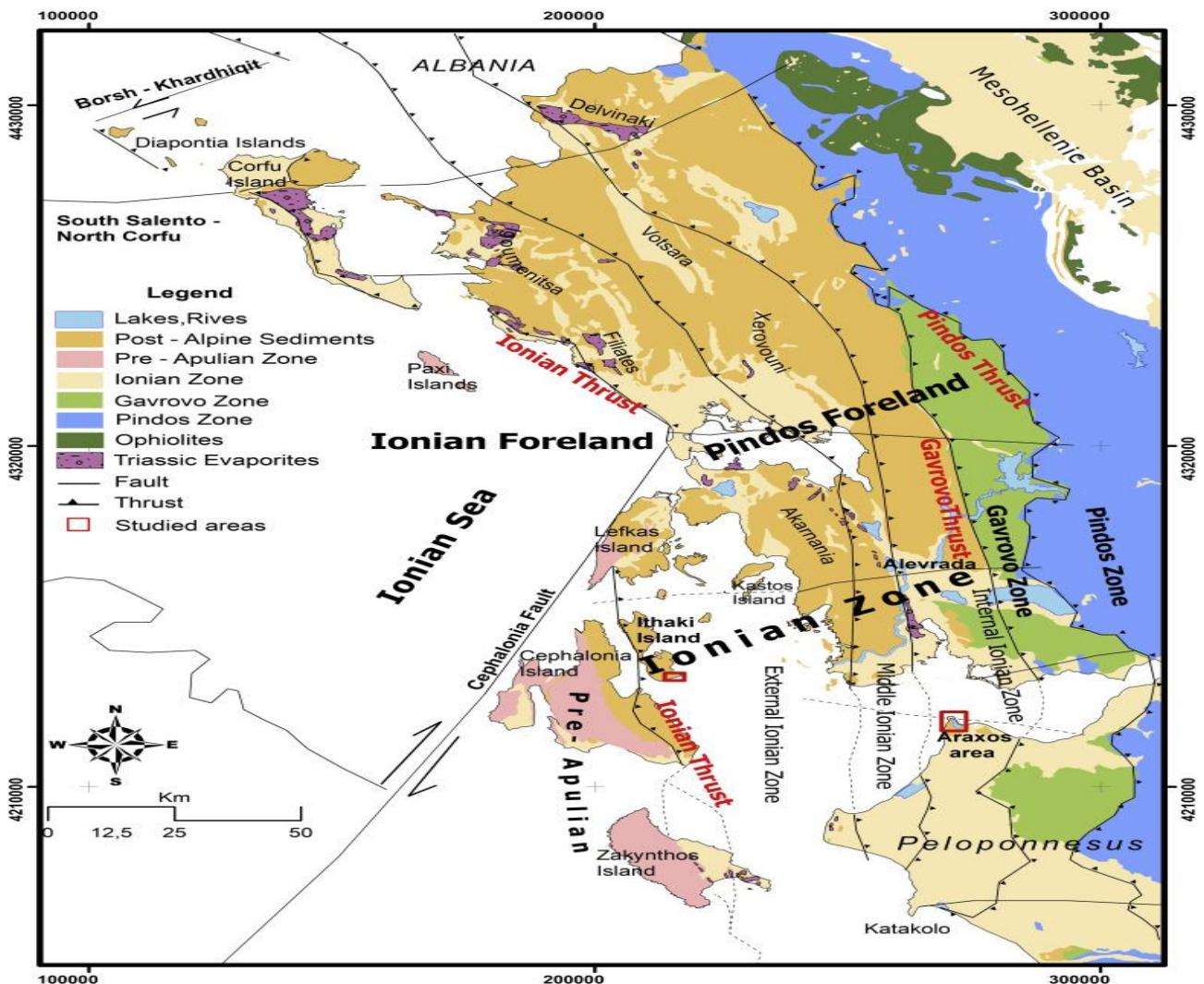
5.1 Ιστοσελίδες

5.2 Συμπληρωματική Βιβλιογραφία

1 Εισαγωγή στη Γεωλογία Πετρελαίου

1.1 Περιγραφή της εργασίας

Αυτή η εργασία έχει ως σκοπό την μελέτη και την εις βάθος ανάλυση της εξέλιξης της Ιόνιας λεκάνης με σκοπό να προσδιοριστεί αν μπορεί να φιλοξενήσει κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Ταυτόχρονα θα γίνει και μια περιγραφή της επιστήμης της Γεωλογίας πετρελαίων με σκοπό τη κατανόησή της (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Γεωλογικός χάρτης των εξωτερικών Ελληνίδων στη ΒΔ Ελλάδα που δείχνουν τις ιστοπικές ζώνες της Πίνδου της Γαββρόβου της Ιόνιας και της Προαπούλιας (Zelilidis et al., 2015). Τα κόκκινα κουτάκια δείχνουν κάποιες περιοχές που έχουν μελετηθεί.

1.2 Γεωλογία πετρελαίων

Η Γεωλογία πετρελαίων είναι η επιστήμη η οποία μελετά την εξέλιξη των λεκανών της περιοχής ενδιαφέροντος τόσο παλαιογραφικά όσο και στρωματογραφικά, σε ένα συγκεκριμένο παράθυρο του γεωλογικού χρόνου, με σκοπό να τις χαρακτηρίσει ως πιθανό, ενεργό ή στείρο πεδίο υδρογονανθράκων. Η επιστήμη αυτή απαιτεί πλήρη γνώση και κατανόηση των ιζηματογενών λεκανών που βρίσκονται σε αυτή τη περιοχή καθώς και ολόκληρης της γεωλογικής της ιστορίας. Η Γεωλογία πετρελαίων είναι μια επιστήμη η οποία απαιτεί γνώσεις από διάφορους κλάδους της Γεωλογίας όπως η ιζηματολογία, η στρωματογραφία, η παλαιοντολογία, η σεισμολογία, η τεκτονική και άλλα..

1.3 Γένεση υδρογονανθράκων

1.3.1 Η γένεση υδρογονανθράκων είναι μια πολυσύνθετη διεργασία η οποία απαιτεί την ύπαρξη πολλών παραγόντων η οποίοι θα δράσουν σε κατάλληλα χρονικά σημεία της στρωματογραφικής εξέλιξης της λεκάνης και με κατάλληλο χωρικό συσχετισμό.

Οι πιο κύριοι από αυτούς τους παράγοντες είναι οι εξής:

1. Πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης (μητρικό πέτρωμα), που δημιουργείται όταν τα πλούσια σε οργανικό υλικό ιζήματα ωριμάσουν σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες και στη συνέχεια καταφέρνουν να μεταναστεύσουν πρωτογενώς έξω από το μητρικό πέτρωμα, προς τα ανώτερα στρώματα, όπου θα συγκεντρωθούν και θα παγιδευτούν δημιουργώντας έτσι τα πεδία υδρογονανθράκων.
2. Ταμιευτήρας, το πέτρωμα μέσω του οποίου γίνεται η δευτερογενής μετανάστευση των υδρογονανθράκων
3. Περιφερειακός μονωτήρας, το περιβάλλον πέτρωμα το οποίο εμποδίζει τη διασπορά των υδρογονανθράκων εκτός του ταμιευτήρα
4. Παγίδες, οι γεωλογικές δομές με τη κατάλληλη γεωμετρία ώστε να ευνοούν τη συγκέντρωση των υδρογονανθράκων

Περαιτέρω ανάλυση αυτών των παραγόντων θα γίνει στα επόμενα κεφάλαια.

1.3.2 Το πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης(μητρικό πέτρωμα) δημιουργείται όταν οι υδρογονάνθρακες που παράγονται στα μητρικά πετρώματα βρίσκουν τις κατάλληλες ρωγματώσεις, διακλάσεις ή στρώματα ώστε να μεταναστεύσουν, να αποθηκευτούν και τελικά να παγιδευτούν.

Ωστόσο για να δημιουργηθεί αυτό το σύστημα πρώτος και κύριος παράγοντας είναι η ύπαρξη των μητρικών πετρωμάτων. Ως μητρικά πετρώματα ονομάζονται τα κλαστικά ιζήματα τα οποία συναποτίθενται με το βιολογικό οργανικό υλικό(θαλάσσιας η χερσαίας προέλευσης) και διαγεννοποιούνται ταυτοχρόνως. Αυτά τα πετρώματα πρέπει να μπορούν να παράξουν σημαντικές ποσότητες υδρογονανθράκων ώστε να είναι άξια αναφοράς. Ωστόσο για να μπορέσει να διατηρηθεί το οργανικό υλικό θα πρέπει οι συνθήκες απόθεσης να είναι αρκετά ανοξικές. Το όριο μεταξύ όξινου και ανοξικού περιβάλλοντος κυμαίνεται μεταξύ 0,5-0,8ml/l. Οπότε πρωταρχικός στόχος είναι να μελετηθεί αν έχουν υπάρξει τέτοια ανοξικά περιβάλλοντα στη λεκάνη ενδιαφέροντος κατά το γεωλογικό χρόνο. Οι λιμναίες, δελταϊκές και θαλάσσιες λεκάνες είναι οι κυριότερες αποθετικές θέσεις των μητρικών πετρωμάτων.

1.3.2.1 Χημική σύνθεση οργανικού υλικού

Παρόλα αυτά από όλες τις κύριες ομάδες των οργανικών υλικών που αποτίθενται στα ιζήματα, μόνο τα λιπίδια και οι ξυλίτες καταφέρνουν να διατηρηθούν και να ταφούν(πίνακας 1).

Κύριες ομάδες	Ένυδροι άνθρακες	Πρωτεΐνες	Λιπίδια	Ξυλίτες
Διατηρούνται			✓	✓
Δεν διατηρούνται	✓	✓		

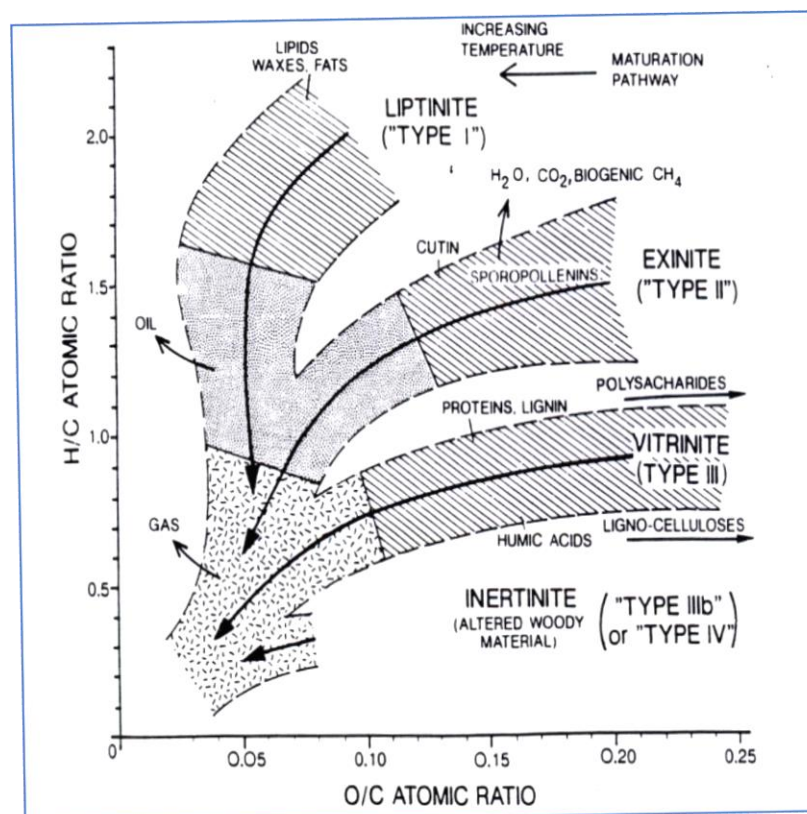
Πίνακας 1. Πίνακας που δείχνει ποιές από τις κύριες ομάδες οργανικών υλικών διατηρούνται και ποιες όχι

Το οργανικό υλικό στις πηγές πετρωμάτων των υδρογονανθράκων υποδιαιρείται σε 2 ομάδες :

- Πισσάσφαλτος: Διαλυτό οργανικό υλικό σε οργανικούς διαλύτες, που αντικατοπτρίζουν μόνο ένα μικρό λόγο του TCO
- Κηρογόνο: Αδιάλυτο οργανικό υλικό σε οργανικούς διαλύτες και είναι στερεωμένο στο ιζημα. Αντικατοπτρίζει τον όγκο του συνολικού TOC.

Μόνο τα συστατικά του κηρογόνου μπορούν να παράξουν υδρογονάνθρακες και αυτά χωρίζονται σε τέσσερις επί μέρους κατηγορίες (Εικόνα 2).

1. Λιπτινικός τύπος ή Τύπος κηρογόνου I: Προέρχεται από συνθετικά πλούσια σε λιπτινίτη που σχηματίζονται σε λιμναία, λιμνοθαλάσσια έως και θαλάσσια περιβάλλοντα και έχουν μεγάλη συναίτια γένεσης πετρελαίου
2. Εξινιτικός τύπος ή τύπος κηρογόνου II: Προέρχεται από φυτικά θραύσματα (σπόροι, γύρη) που αναπτύσσονται είτε στη χέρσο είτε σε λίμνες και ωκεανούς. Μητρικά πετρώματα πλούσια σε εξινίτη έχουν καλή δυνατότητα για τη γένεση πετρελαίου, συμπυκνωμάτων και υγρού αερίου
3. Βιτρινικός τύπος ή τύπος κηρογόνου III: προέρχεται από ξυλώδη υλικά των ανώτερων φυτών. Είναι το κυριότερο συνθετικό των περισσότερων ειδών κάρβουνου με εμφάνιση σε θαλάσσια και λιμναία ιζήματα. Έχει τη δυνατότητα γένεσης αερίων αλλά μόνο περιορισμένες δυνατότητες για πετρέλαιο και συμπυκνώματα.
4. Ινερτινικός Τύπος ή τύπος κηρογόνου IV: πεθαμένος άνθρακας, θραύσματα υψηλής μεταμόρφωσης. Δεν έχουν καμία δυνατότητα για πετρέλαιο και αέριο.



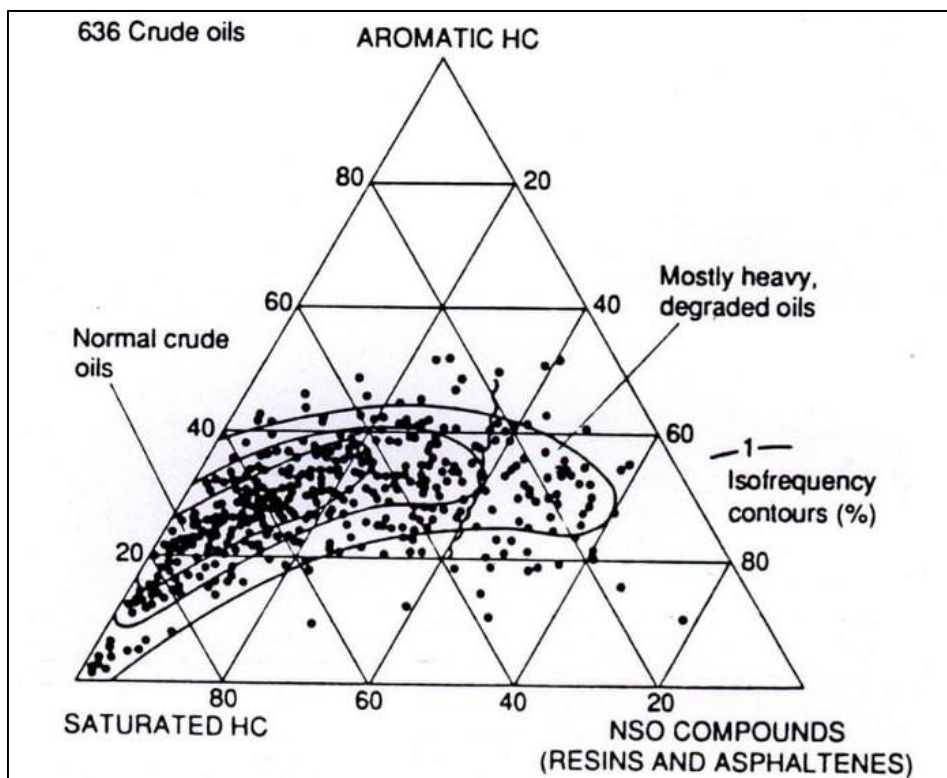
Εικόνα 2: Τύποι κηρογόνου στο διάγραμμα *VanKrevelen* που δείχνει τις αναλογίες H/C & O/C και δρόμους της οργανικής ωρίμανσης (Brooks et al. 1987). Με την αύξηση του βάθους ταφής και της θερμοκρασίας, η σύνθεση του κηρογόνου μετακινείται σε χαμηλότερες τιμές αναλογιών H/C και O/C (ανθρακικός εμπλουτισμός, απώλεια H₂O και CH₄). Όλοι οι τύποι κηρογόνου τείνουν να προσεγγίσουν περισσότερο ή λιγότερο σταθερές τιμές των C, H και O.

1.3.2.2 Χημική σύνθεση υδρογονανθράκων

Οι υδρογονάνθρακες είναι συνθετικά που αποτελούνται αποκλειστικά από άνθρακα και υδρογόνο. Το πετρέλαιο είναι μια ανάμιξη από συστατικά υδρογονάνθρακα και αλλά συνθετικά που περιέχουν σημαντικές ποσότητες αζώτου, θείου, οξυγόνου.

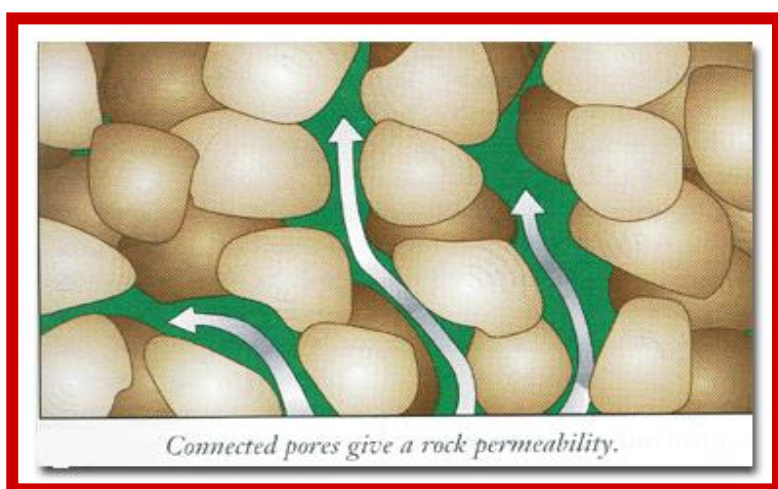
Έχουν βρεθεί τρεις κυρίες ομάδες συνθετικών στο πετρέλαιο (Εικόνα 3):

- Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες: Είναι συνθετικά στα οποία κάθε άτομο του άνθρακα είναι εντελώς κορεσμένο με αναφορά στο υδρογόνο. Οι δομές περιλαμβάνουν απλούς ίσους δεσμούς του ατόμου του άνθρακα, διακλαδιζόμενους δεσμούς και δακτυλίους.
- Αρωματικοί υδρογονάνθρακες: Είναι ομάδες ακόρεστων υδρογονανθράκων με κυκλική δομή και περιλαμβάνουν διάφορα σημαντικά συνθετικά βιοδεικτών που επιτρέπουν τα πετρέλαια και τα μητρικά πετρώματα να συγκριθούν.
- Συνθετικά αζώτου-θείου-οξυγόνου: Περιέχουν άτομα, εκτός από τον άνθρακα και το υδρογόνο, κυρίως άζωτο-θείο-οξυγόνο. Είναι γνωστά σαν ετεροσυνθετικά και υποδιαιρούνται στις ρητίνες και τα ασφαλτέλαια.



Εικόνα 3. Χοντρική σύνθεση από 636 βαριά πετρέλαια σε όρους των τριών κύριων συνθετικών που βρέθηκαν στο πετρέλαιο (Tissot & Welte 1978)

1.3.3 Ταμιευτήρας: Ο δεύτερος κατά σειρά παράγοντας που θα πρέπει να υπάρχει στο δρόμο των υδρογονανθράκων προς τις παγίδες είναι το πέτρωμα γνωστό και ως ταμιευτήρας (reservoir). Αυτό το πέτρωμα βρίσκεται σε μικρότερα βάθη από τα μητρικά πετρώματα και είναι η δίοδος που ψάχνουν να βρουν τα κλάσματα αερίου και πετρελαίου λόγω της πίεσης που δέχονται. Οι ταμιευτήρες πρέπει να είναι πετρώματα με υψηλό πορώδες και διαπερατότητα ώστε να μπορέσουν να μεταναστεύσουν δευτερογενώς τα κλάσματα (Εικόνα 4).



Πορώδες: Επηρεάζει τα αποθέματα ενός πετρελαϊκού πεδίου

Διαπερατότητα: Επηρεάζει το ρυθμό κίνησης των ρευστών κατά τη διάρκεια παραγωγής

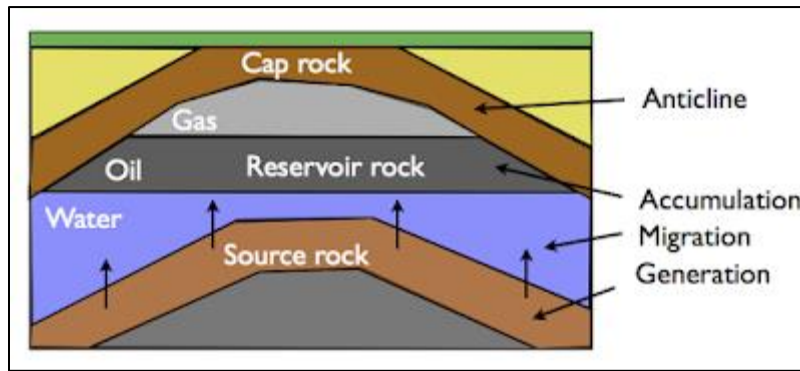
Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση της διάταξης των κόκκων σε ένα πέτρωμα

Γενικά οι ταμιευτήρες μπορεί να είναι δυο ειδών:

- Ανθρακικοί: Με ανομοιογενές πορώδες και διαπερατότητα που οφείλονται στο περιβάλλον απόθεσης και από δευτερογενής διεργασίες όπως διαλυτοποίηση, δολομιτοποίηση, επανακρυστάλλωση και άλλα που αλλάζουν τη δομή του πετρώματος
- Αμμούχοι: Όπου το πορώδες και η διαπερατότητα εξαρτώνται από το μέγεθος των κόκκων, τη διαβάθμιση και ταξιθέτηση των ιδιαίτερων ιζημάτων γεγονός που διευκολύνει τη πρόβλεψή τους.

1.3.4 Μετανάστευση:

Αυτή η προς τα πάνω μετανάστευση ωστόσο θα πρέπει να έχει ένα φραγμό ώστε να επιτευχθεί η ωρίμανση του υλικού. Γι'αυτό εκεί υπάρχει ο τρίτος κατά σειρά παράγοντας σε ένα σύστημα πετρελαϊκής φόρτισης, ο περιφερειακός μονωτήρας(carrock)(Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Απεικόνιση που δείχνει τη μετανάστευση σε ένα πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης
(από geologylearn.com)

1.3.5 Ο μονωτήρας:

Ο μονωτήρας είναι το πέτρωμα που καλύβει σαν μανδύας τον ταμιευτήρα και εμποδίζει την περαιτέρω εξάπλωση των υδρογονανθράκων. Το πέτρωμα αυτό θα πρέπει να έχει χαρακτηριστικά όπως:

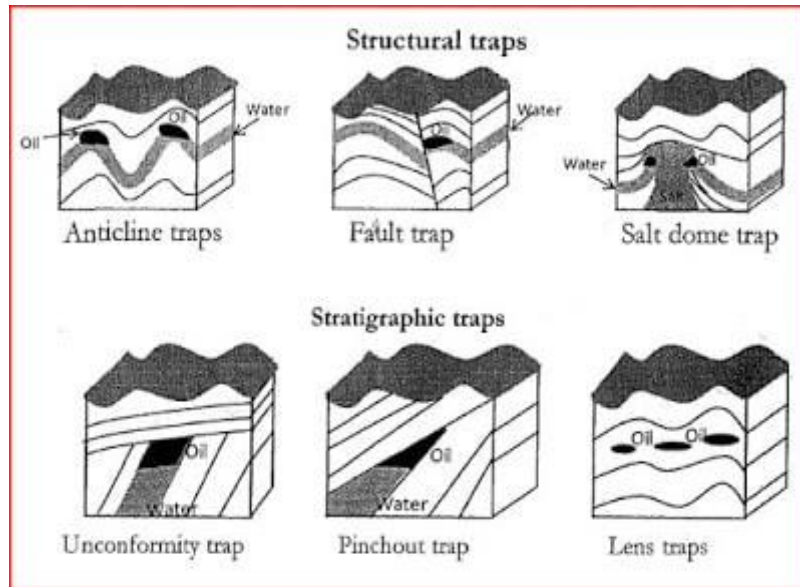
Μικροσκοπικό μέγεθος πόρων, ισχύς μεγαλύτερη της πίεσης που δέχεται από τα ανερχόμενα κλάσματα και μεγάλη ευπλαστικότητα. Ιδανικότερα πετρώματα θεωρούνται οι εβαπορίτες και οι λεπτόκοκκοι σχηματισμοί.

1.3.6. Παγίδες: Όμως δεν είναι το μοναδικό εμπόδιο που μπορούν να βρουν οι φυσαλίδες και οι σταγόνες που ανέρχονται αλλά υπάρχουν και οι επονομαζόμενες παγίδες. Οι παγίδες είναι γεωλογικές δομές με κατάλληλη γεωμετρία και θέση ικανές να προκαλέσουν υψηλές συγκεντρώσεις πετρελαίου και αερίου.

Αυτές οι παγίδες ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες (Εικόνα 5):

- Δομικές παγίδες: Σχηματισμός λόγω τεκτονικών διαπυρικών και βαρυτικών διαδικασιών π.χ. πτυχές, αντίκλινα, αλατούχοι δόμοι
- Στρωματογραφικές παγίδες : Κληρονομήθηκαν από την πρωτογενή αποθετική μορφολογία, ή τις ασυνέχειες μέσα στη λεκάνη πλήρωσης, ή από μεταγενέστερες διαγενετικές επιδράσεις π.χ. ποτάμια κανάλια, τα φραγματικά αναχώματα-φραγμοί, τα υποθαλάσσια ριπίδια κ.α.

- Υδροδυναμικές παγίδες : Σχηματίστηκαν από την κίνηση των εσωτερικά ευρισκόμενων ρευστών διαμέσου της λεκάνης. Είναι γενικά σπάνιες αλλά έχουν σημαντικές επιδράσεις σε μερικές λεκάνες προχώρας



Εικόνα 5. Γεωλογικές δομές που χαρακτηρίζονται ως παγίδες (egyptroleum.com)

2 Ανάλυση της λεκάνης

Η Ιόνια λεκάνη δέχτηκε αρκετές διαφοροποιήσεις αλλά και προσθήκες κατά τη περίοδο Τριαδικό-Μειόκαινο. Οι κύριοι παράγοντες που το προκάλεσαν αυτό ήταν τόσο τεκτονικοί και ιζηματολογικοί αλλά και βιολογικοί. Έτσι για την ανάλυση του τρόπου εξέλιξης αυτής της λεκάνης θα χρησιμοποιηθούν παλαιογεωγραφικά, τεκτονικά, στρωματογραφικά και βιολογικά δεδομένα.

2.1 Στρωματογραφική εξέλιξη

Παρότι η ανάπτυξη της λεκάνης άλλαζε συνεχώς κατά το πέρασμα των διάφορων περιόδων και εποχών, αυτή έχει ταξιθετηθεί σε τρεις κύριες φάσεις: Τη προ-τεκτονική, τη συν-τεκτονική και τη μετά-τεκτονική φάση.

Ας αναλύσουμε όμως τη κάθε μία ξεχωριστά..

- Όσον αφορά τη φάση πριν τη ταφρογένεση (pre-rift), αρχικά συναντάμε τη βάση τις ακολουθίας που αποτελείται από εβαπορίτες ηλικίας Κατώτερου ως Μέσου Τριαδικού με πάχος ως και 2000 μέτρα. Στη συνέχεια έχουμε την απόθεση μιας ακολουθίας ασβεστολίθων, γνωστή και ως Φουσταπήδημα, ηλικίας Ανώτερου Τριαδικού (Λαδίνιο-Ραέτιο) και πάχος 50-150 μέτρα, καταλήγοντας στα ανώτερα πετρώματα τη προ-τεκτονικής φάσης τα οποία είναι οι ασβεστόλιθοι του παντοκράτορα. Άλλη μια ενότητα ασβεστολίθων του Κάτω Ιουρασικού

(Hettangian to Sinemurian) πάχους άνω των 1000 μέτρων.

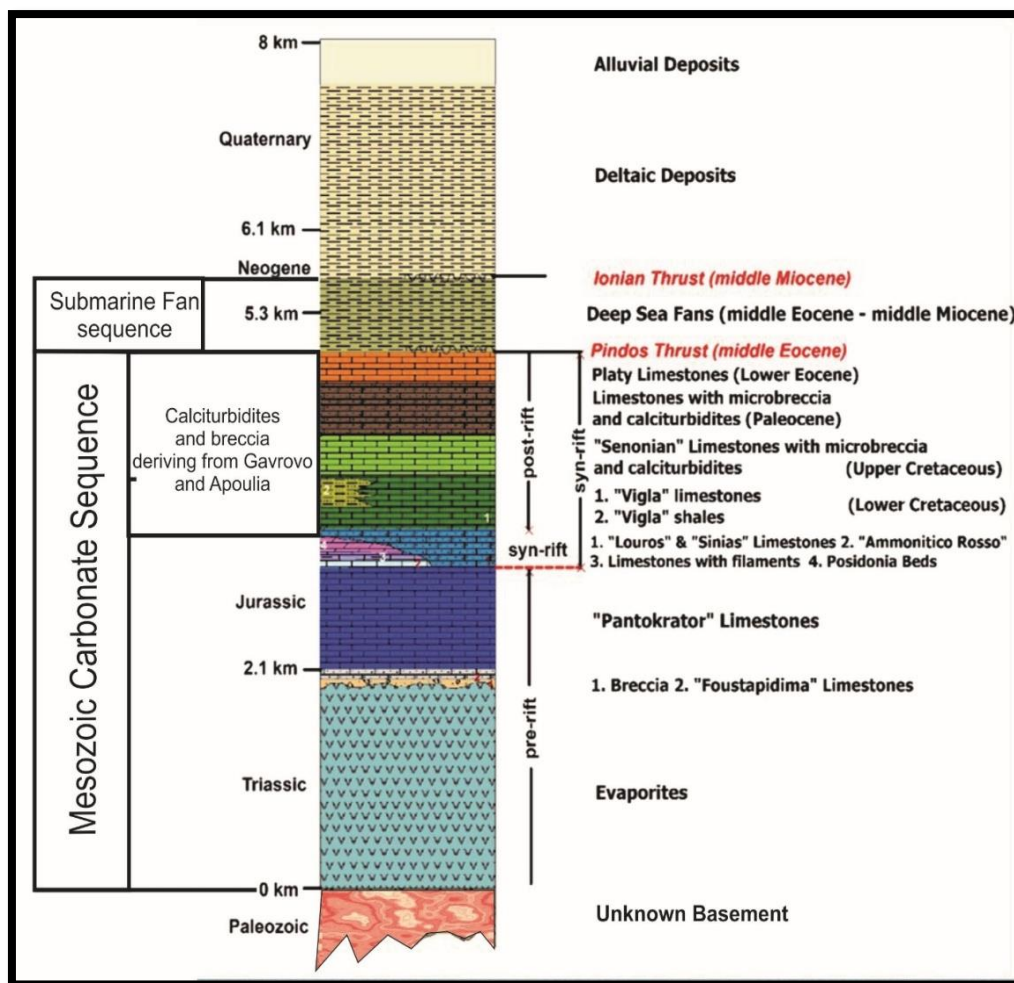
- Περνώντας στη φάση της ταφρογένεσης (syn-rift), παρατηρούμε κάποιες διαφορές τόσο στο περιβάλλον απόθεσης όσο για στα ιζήματα που συναντάμε. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτή η ακολουθία αποτέθηκε κατά τη διάρκεια διάνοιξης της λεκάνης και τη δημιουργία μικρών υπο-λεκάνων με τάφρους ασύμμετρης γεωμετρίας.

Σχετικά με τα πετρώματα τώρα, στη βάση υπάρχουν οι πελαγικοί ασβεστόλιθοι του Σινιά και η πλευρική τους μετάβαση γνωστή ως ακολουθία του Λούρου αποτελούμενη από ημι-πελαγικούς ασβεστόλιθους πάχους 20-150 μέτρα. Όλα αυτά έχουν ηλικία κατώτερου Ιουρασικού. Αυτά τα πετρώματα βρίσκονται στο υπόβαθρο των εξής ακολουθιών:

Ammonitico rosso, Ασβεστόλιθοι με ελάσματα και στρώσεις ποσειδώνιας. Αυτά έχουν πάχος 20-200 μέτρα και έχουν ηλικία Κατώτερο-Ανώτερο Ιουρασικό. Οι διαφοροποιήσεις στα πάχη κατά μήκος της λεκάνης οφείλονται στις ασύμμετρες γεωμετρίες των τάφρων και υποδεικνύουν την απόθεση τους σε διαφορετικά βάρη της λεκάνης.

- Φάση μετά το τέλος της ταφρογένεσης (post-rift). Εδώ παρατηρούμε μια ακολουθία αποτελείται από Κρητιδικές και Ηωκαινικές αποθέσεις και χωρίζεται σε δύο κομμάτια
1. Το κατώτερο κομμάτι που εκπροσωπείται από τους ασβεστόλιθους της Βίγλας που είναι Κάτω Τριαδικής ηλικίας και τη πλευρική τους μετάβαση, τους σχιστόλιθους της Βίγλας, που έχουν πάχος 200-600μ. Οι ασβεστόλιθοι της Βίγλας αποτελούνται από λεπτό-στρωματώδη γκρι τεμάχη με εναλλαγές κερατολίθων και παρεμβολές σχιστολίθων, ενώ οι σχιστόλιθοι της Βίγλας αποτελούνται από ασβεστολίθους με παρεμβολές κερατολίθων και σκούρες γκρι έως πράσινες ή κόκκινες ενστρώσεις σχιστολίθων.
 2. Το ανώτερο κομμάτι, γνωστό ως ασβεστόλιθοι του Σενωνίου αποτέθηκε στη συνέχεια. Το πάχος του ποικίλει από 200 ως 400 μέτρα και περιέχει κερατόλιθους τόσο σε ενστρώσεις όσο και σε κονδύλους. Συντίθενται από τις παρακάτω 5 λιθοφάσεις:
 - A. Μικρο-κλαστικός ασβεστόλιθος, ο οποίος μπορεί να περιέχει μια μικριτική μάζα, κυρίως σε διαβαθμισμένες στρώσεις από ασβεστο-τουρβιδίτες.
 - B. Μικριτικοί ασβεστόλιθοι που αποτέθηκαν στη κορυφή κάποιων ασβεστο-τουρβιδιτών που έχουν μέγεθος άμμου
 - C. Βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι, συχνά ανακρυσταλλωμένοι, με άφθονη βενθονική μικρο-πανίδα
 - D. Κροκάλες ασβεστολίθων με ρουδιστές με στοιχεία διαφορετικής φύσης και προέλευσης.
 - E. Στρώσεις από πελαγικούς ασβεστολίθους, που δείχνουν απόθεση σε βάθη άνω των 200 μέτρων.

Αυτά τα δεδομένα είναι αυτά που λαμβάνονταν υπ' όψιν τα τελευταία χρόνια ωστόσο κάποιες τελευταίες έρευνες σταματούν να θεωρούν τη συν-τεκτονική και τη μετά-τεκτονική φάση ως δύο ξεχωριστές φάσεις και τις συγχωνεύουν σε μια φάση ως συν-τεκτονική (Εικόνα 6).



Εικόνα 6 Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη της Ιόνιας Ζώνης (τροποποιημένη από Bourli et. al., 2019).

2.1.1 Κάποιες επιπλέον πληροφορίες

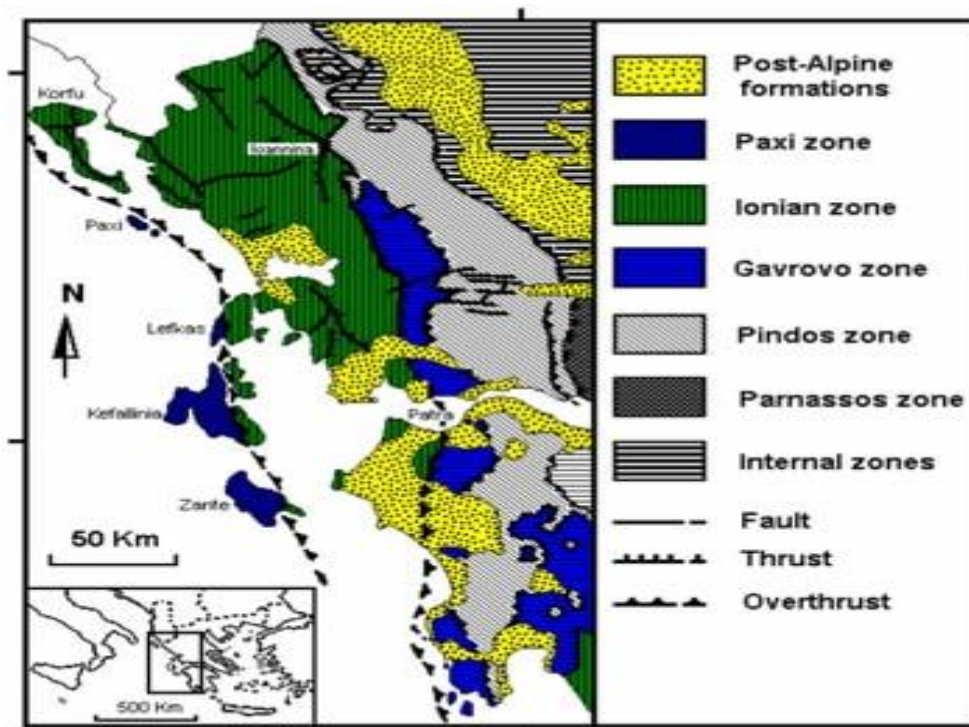
Τα Παλαιοκαινικά πετρώματα έχουν παρόμοιες λιθοφάσεις με τους ασβεστόλιθους του Σενωνίου, με εμφανής ψηφίδες προερχόμενες από Κρητιδικά ασβεστιτικά πετρώματα από περιοχές όπως η πλατφόρμα του Γαββρόβου (από τα ανατολικά) και την Απούλια πλατφόρμα (από τα δυτικά). Σε μερικά σημεία μπορούν να βρεθούν και στρώσεις κερατολίθων ή και κομμάτια αυτών. Αυτή η ακολουθία είναι γνωστή ως ασβεστόλιθοι με μικρό-ψηφίδες.

Τα πετρώματα του κάτω Ηωκαίνου περιλαμβάνουν πλακώδεις ασβεστόλιθους με πλακώδη wackestones/πηλίτες με Globigerinidae και θραύσματα κερατολίθων, ιδιαίτερα στο κέντρο της Ιόνιας λεκάνης. Αυτή η ακολουθία φαίνεται παρόμοια με τους ασβεστόλιθους της Βίγλας με τη διαφορά ότι έχουμε απουσία των κερατολιθικών στρώσεων.

2.2 Γεωδυναμικό πλαίσιο και τεκτονική εξέλιξη της περιοχής

2.2.1 Γεωδυναμικό πλαίσιο

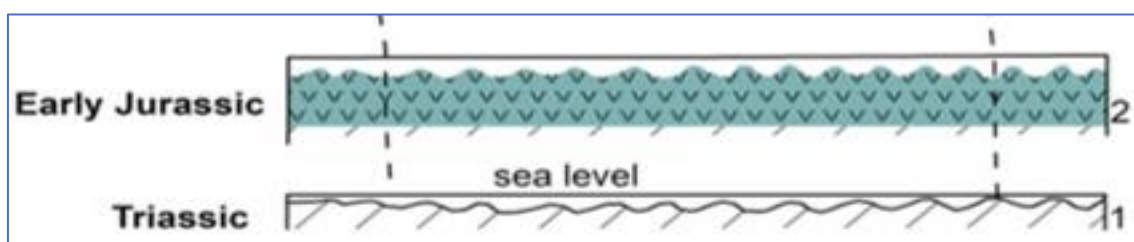
Η Ιόνια ζώνη βρίσκεται κοντά στα δυτικότερα άκρα της Ελλάδος και εκτείνεται υπο-παράλληλα με τη ζώνη καταβύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική. Η Ιόνια ζώνη επωθείται στα δυτικά της επί της Προ-Απούλιας ζώνης(ζώνη παξών) ενώ στα ανατολικά βρίσκεται επωθημένη η ζώνη Γαββρόβου-Τριπόλεως (Εικόνα 7).



Εικόνα 7 Οι γεωτεκτονικές ενότητες της Δυτικής Ελλάδας (Zelilidis et al, 2013)

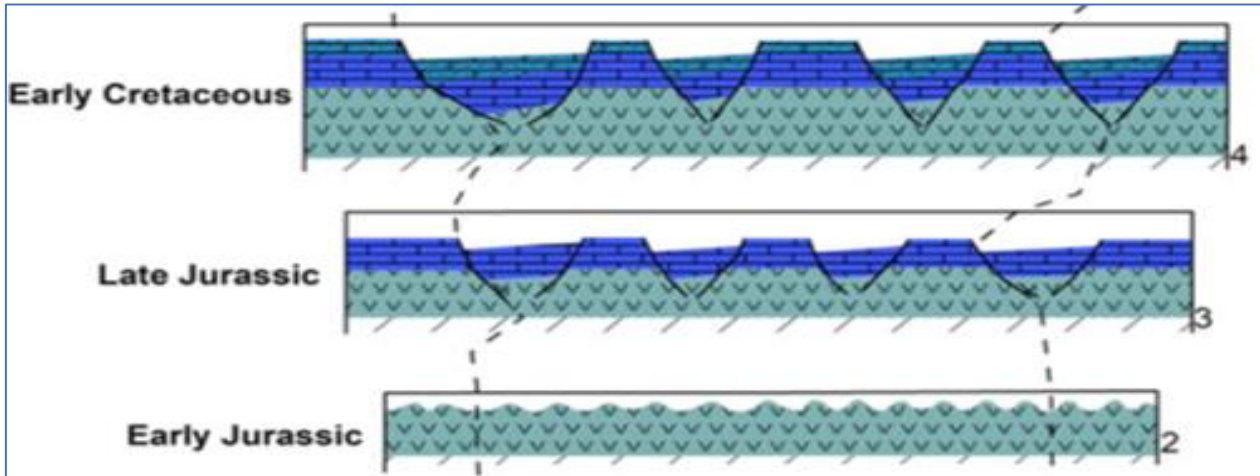
2.2.2 Τεκτονική εξέλιξη της περιοχής

Η περιοχή άρχισε να παραμορφώνεται και να παίρνει τη σημερινή της μορφή στη διάρκεια του Τριαδικού όπου είχαμε την απόθεση εβαποριτών σε μια ατεκτονική ρηχή πλατφόρμα (Εικόνα 8).



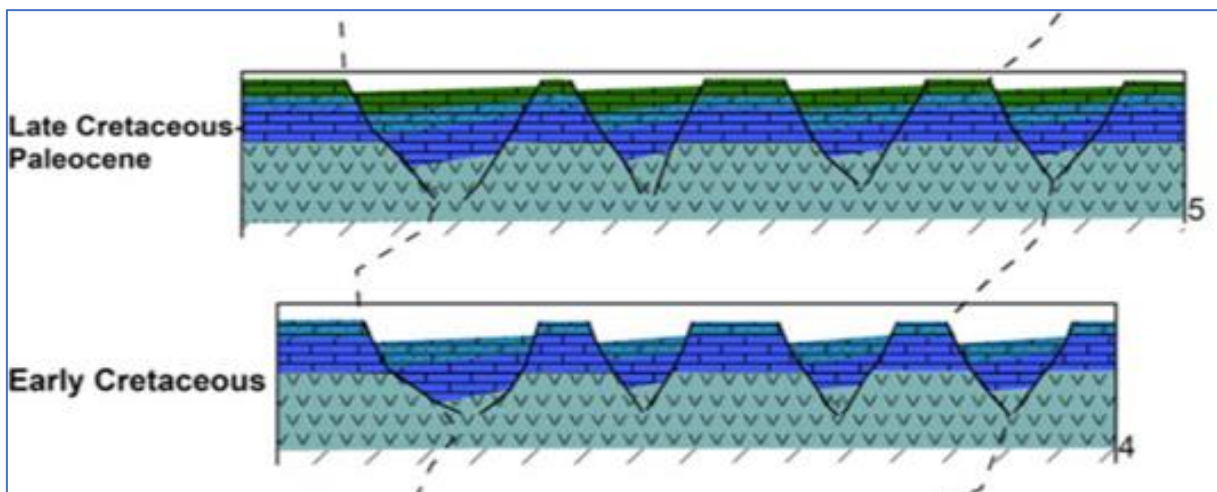
Εικόνα 8. Μορφή της λεκάνης στο Διάστημα Τριαδικό-Κάτω Ιουρασικό (Τροποποιημένη από Bourli et al, 2019)

Στη συνέχεια κατά το Κάτω Ιουρασικό έχει ολοκληρωθεί η απόθεση των ασβεστόλιθων του Φουσταπήδημα ενώ μέχρι το τέλος του Ιουρασικού έχουν αποτεθεί και οι ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα. Όλα αυτά γίνονται πλέον σε ένα καθεστώς διαστολής της ευρύτερης περιοχής που προκαλείται από τη διάνοιξη της Νεο-Τηθύος. Έτσι λόγω της εφελκυστικής αυτής τεκτονικής έχουμε τη δημιουργία ταφρών και κεράτων που επηρεάζουν το Παντοκράτορα (Εικόνα 9).



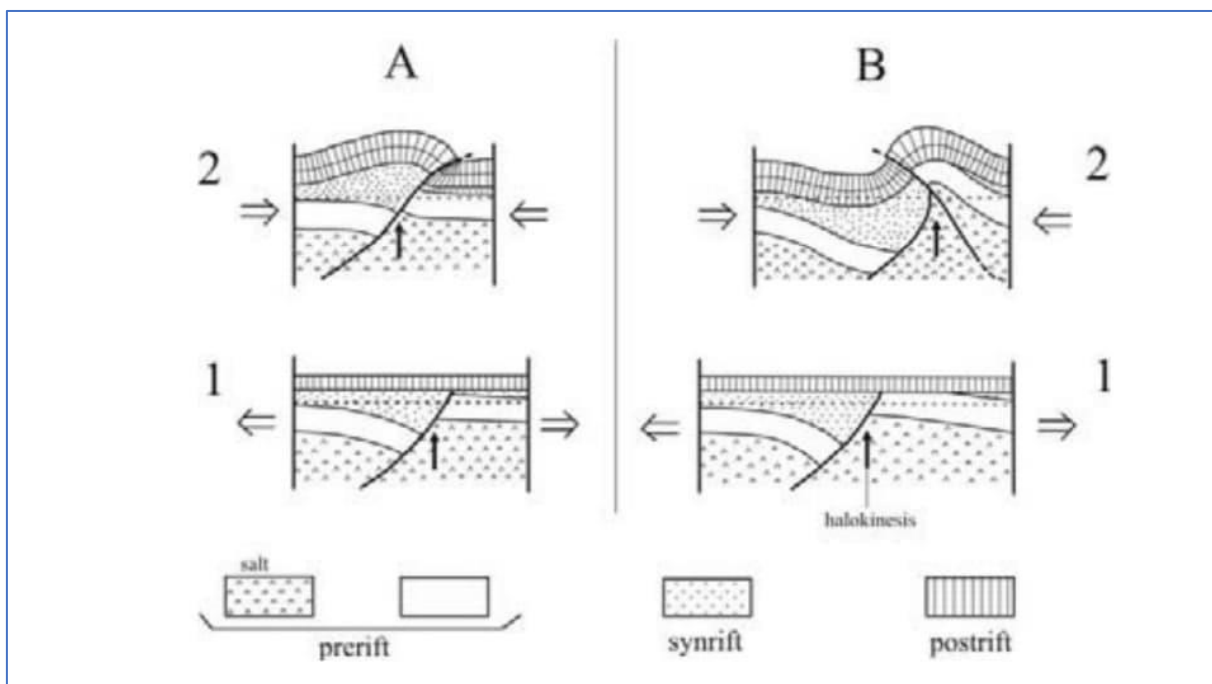
Εικόνα 9. Μορφή της λεκάνης στο διάστημα Κάτω Ιουρασικό-Άνω Κρητιδικό (Τροποποιημένη από Bourli et al, 2019)

Κατά το Κάτω Κρητιδικό ξεκινάει η απόθεση της ακολουθίας του Λούρου-Σινιά που αποτελείται από ημιπελαγικούς και πελαγικούς ασβεστόλιθους αντίστοιχα. Οι τάφροι και τα κέρατα έχουν πλέον ασύμμετρες γεωμετρίες με αποτέλεσμα υπάρχουν διαφορετικά περιβάλλοντα απόθεσης άρα και διαφορετικές λιθολογίες. Έτσι ξεκινάει η απόθεση των σχιστών της Βίγλας που στο Μέσο Κρητιδικό μεταβαίνουν σε ασβεστόλιθους. Στη συνέχεια κατά το Άνω Κρητιδικό γίνεται η απόθεση της ακολουθίας του Σενωνίου η οποία σηματοδοτεί το τέλος της εφελκυστικής τεκτονικής (Εικόνα 10).



Εικόνα 10. Μορφή της λεκάνης στο διάστημα Κάτω Κρητιδικό-Άνω Κρητιδικό (Τροποποιημένη από Bourli et al, 2019)

Οπότε στη συνέχεια περνάμε στη περίοδο της συμπιεστικής τεκτονικής. Μιας τεκτονικής που ξεκίνησε να δρα στον Ελληνικό χώρο κατά το Κάτω Ηώκαινο και οφείλονταν στις Ορογενετικές διεργασίες της Αλπικής Ορογένεσης που επηρέασαν σε σημαντικό βαθμό και τη μορφή της Ελλάδας μεταξύ πολλών άλλων. Στο Κάτω Ηώκαινο λοιπόν, οι τάφροι και τα κέρατα που προπήρχαν αρχίζουν να υφίστανται ανάστροφη τεκτονική, που προέρχεται από την επώθηση της Πίνδου η οποία τότε ξεκινούσε την μετανάστευσή προς τα δυτικά.

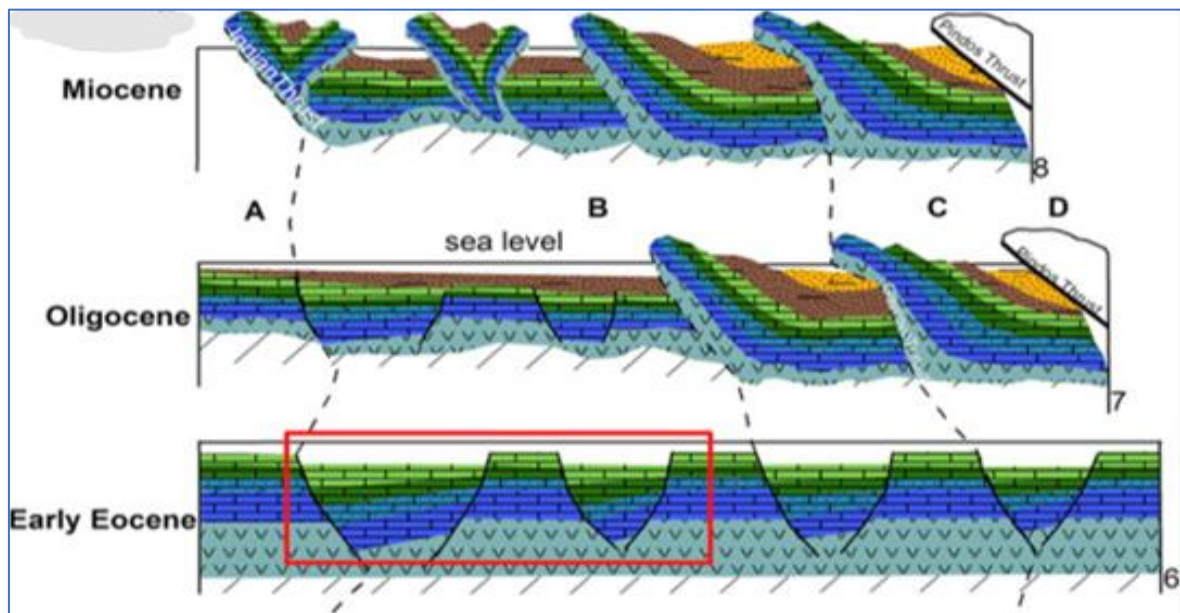


Εικόνα 11. Παράδειγμα του πως μια αναστροφή της τεκτονικής μπορεί να επηρεάσει μια ασύμμετρη τάφρο με εβαποριτική βάση (Karakitsos, 1995)

Έτσι κατά το Άνω Ηώκαινο ήταν πλέον διακριτές οι αλλαγές που είχε υποστεί η λεκάνη καθώς πολλά από τα κύρια ρήγματα που οριοθετούσαν τις τάφρους και τα κέρατα ,και είχαν ανατολική κλίση, είχαν γίνει πλέον ανάστροφα και αποτελούσαν μέτωπα επωθήσεων , γεγονός που συνεχίστηκε και ολοκληρώθηκε κατά το Μέσο Μειόκαινο όπου πλέον οι τάσεις είχαν εξασθενήσει και είχαν μεταφερθεί ακόμα δυτικότερα (Εικόνες 11,12).

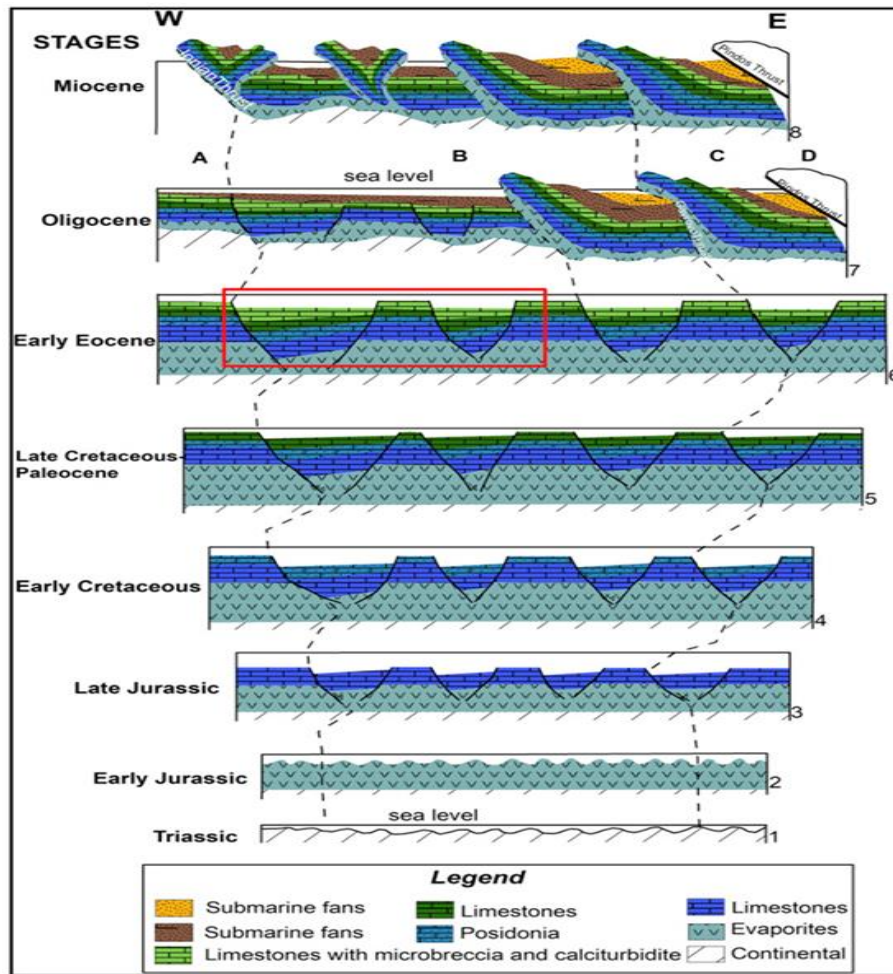
Τέλος, από το Μέσο Μειόκαινο έως τη σημερινή εποχή οι τάσεις της περιοχής ολοένα και μειώνονται, με εξαίρεση κάποιες συγκεκριμένες περιοχές, σαν απόηχος της λήξης της Αλπικής

Ορογένεσης. Τα ιζήματα που συγκεντρώνονται αυτή τη περίοδο είναι μόνο κάποιες δελταϊκές και αλλουβιακές αποθέσεις.



Εικόνα 12. Μορφή της λεκάνης στο διάστημα Κάτω Ηώκαινο-Μειόκαινο (Τροποποιημένη από Bourli et al, 2019)

Έτσι μια ολοκληρωμένη εικόνα της Τεκτονοστρωματογραφικής εξέλιξης της λεκάνης είναι η εξής (Εικόνα 13):

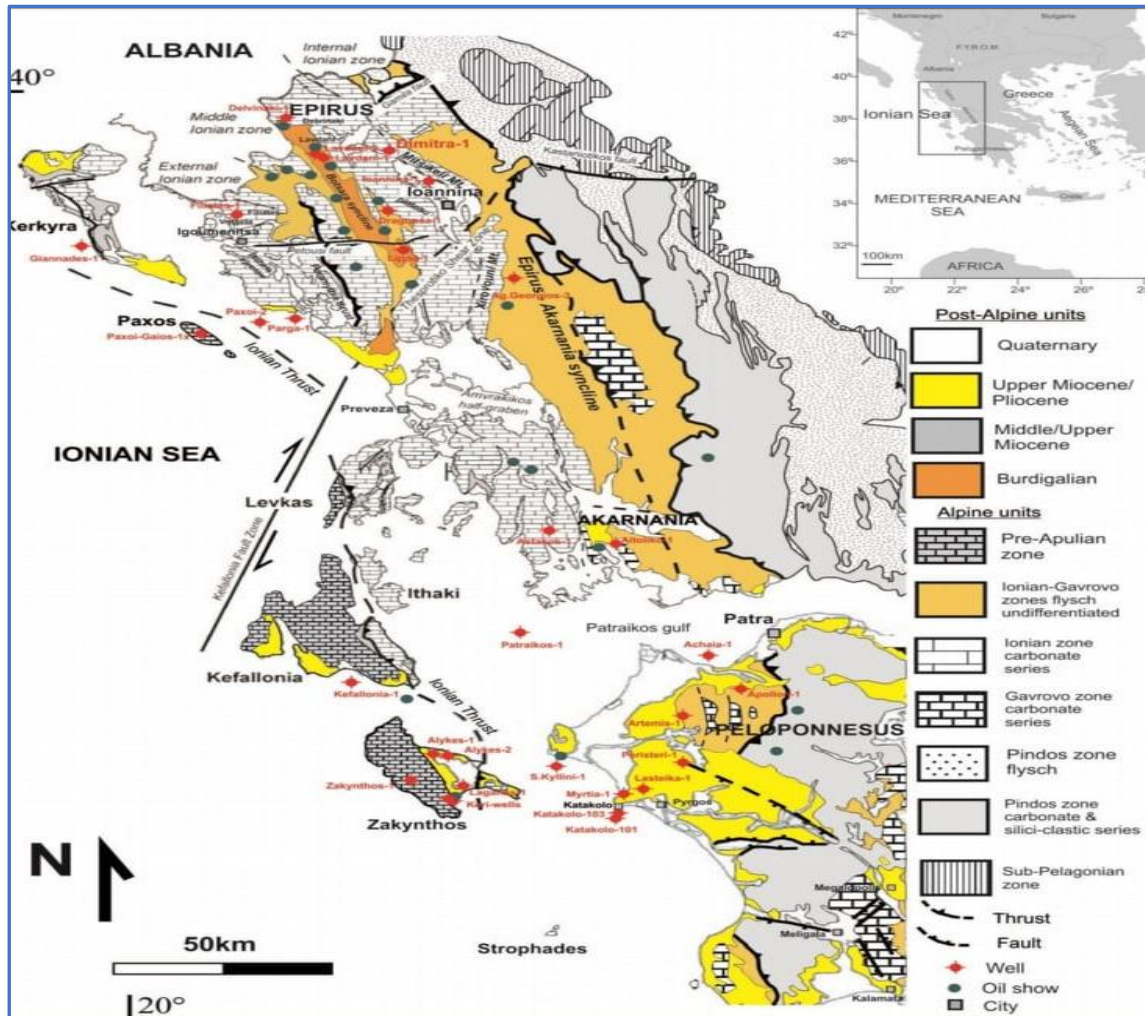


Εικόνα 13. Μορφή της λεκάνης στο διάστημα Τριαδικό-Μειόκαινο (Bourli et al, 2019)

2.3 Παλαιογεωγραφική εξέλιξη (Τριαδικό- Ηώκαινο)

Η εβαποριτική Τριαδική ακολουθία της Ιονίου ζώνης έχει πάχος πάνω από 1500 μέτρα. Οι εβαπορίτες καλύπτονται από ασβεστολίθους του Άνω Τριαδικού που αποτέθηκαν σε παλιρροιακές συνθήκες. Κατά το Pliensbachian μια διαστολή προκαλούμενη από το άνοιγμα της Νεο-Τηθύος προκάλεσε τη δημιουργία της Ιόνιας λεκάνης.

Από το Τοάρσιο ως το Τιθώνιο η λεκάνη είχε ήδη διαφοροποιηθεί εσωτερικά με το σχηματισμό υπό λεκανών ασύμμετρης γεωμετρίας. Κατά το Βεριάσιο (Κάτω Κρητιδικό) η απόθεση των ασβεστολίθων της Βίγλας μαρτυρά μια γενική βύθιση της Ιόνιας λεκάνης. Οι πελαγικές αυτές συνθήκες συνεχίστηκαν μέχρι και το Άνω Ηώκαινο όπου και ξεκίνησε η φλυσχική απόθεση. Κατά το Ολιγόκαινο η Ιόνια λεκάνη μετατράπηκε από λεκάνη προχώρας σε λεκάνη οπισθοχώρας αποθέτωντας έτσι τον Ολιγοκαινικό φλύσχη η αλλιώς μολάσσα (εικόνα 14)



Εικόνα 14 Σχηματικός χάρτης που δείχνει τεκτονικές και στρωματογραφικές ενότητες της Ιόνιας λεκάνης. (Moforis, Karakitsos 2017)

2.4 Βιοστρωματογραφία

Η βιοστρωματογραφική ανάλυση δέκα λεπτών τομών έδειξε τις ακόλουθες συναθροίσεις:

-Στο Ανώτερο κομμάτι του Κάτω Κρητιδικού(Άλβιο) εμφανίζονται: Radiolarians και planktonic foraminifera (*Ticinella* sp.).

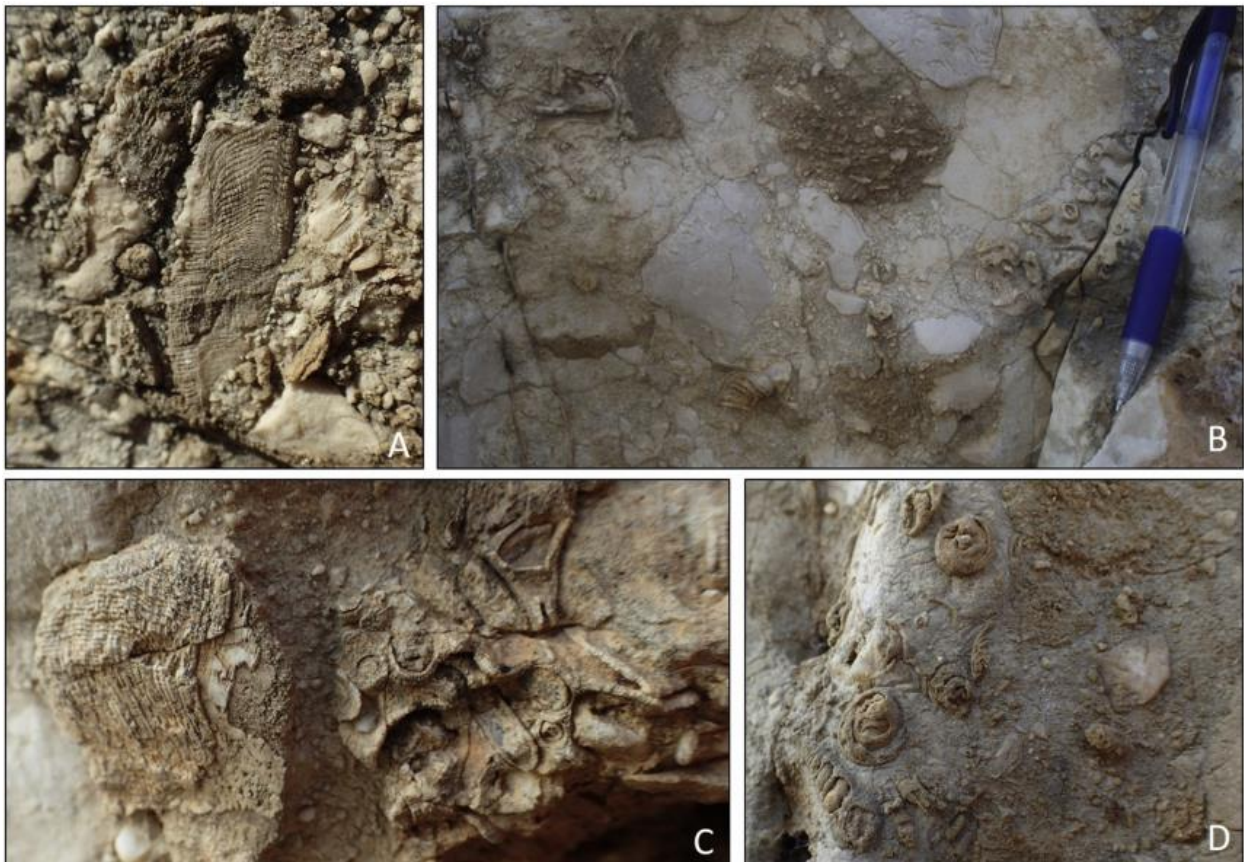
-Στο Ανώτερο Κρητιδικό (Άνω Σαντόνιο): Radiolarians and planktonic foraminifera (*Rugoglobigerina* sp., *Marginotruncana pseudolinneiana*, *Planomalina* sp., *Hedbergella* sp.).

-Στο Ανώτερο Κρητιδικό (Σαντόνιο-Μαιστρίχτιο): Foraminifera (*Quinqueloculina* sp., *Spiroloculina* sp., *Pseudolituonella* sp., *Cuneolina* sp., *Textulariidae*, *Miliolidae*, *Bolivinopsis* sp., *Globotruncana* cf. *arca*), και τεμάχια mollusc?

-Στο Ανώτερο Κρητιδικό (Άνω Μαιστρίτιο): Radiolarians, rudist fragments, mollusc fragments, Dasycladacea algae, and foraminifera (Miliolidae, Cuneolina sp., Orbitoides cf. media, Orbitoides sapiculata, Globotruncana nitastuarti, Rugo globigerina rugosa, Globotruncana cf. bulloides, Globotruncana arca, Abathomphalus mayaroensis, Contusotruncana sp.).

-Στο Παλαιόκαινο (Σελάνδιο): Radiolarians and planktonic foraminifera (Parasubbotina pseudobulloides, Acarinina sp., Subbotina sp., Igorina pussila, Chiloguembelina sp.).

Ο προσδιορισμός των ηλικιών υποστηρίζει τα προ υπάρχοντα αποτελέσματα που αναφέρονται στους γεωλογικούς χάρτες όσον αφορά τις θέσεις των πετρωμάτων της Ιόνιας ζώνης (e.g. Nea Manolas geological sheet). Πιο συγκεκριμένα ,επιβεβαιώνουν την Κάτω Κρητιδική ηλικία των ασβεστολίθων της Βίγλας ,την Άνω Κρητιδική ηλικία για τους ασβεστοτουρβιδίτες και των κροκαλοποιημένων ασβεστολίθων και τη Παλαιοκαινική ηλικία για το ανώτερο κομμάτι της ασβεστιτικής ακολουθίας (Εικόνα 15).

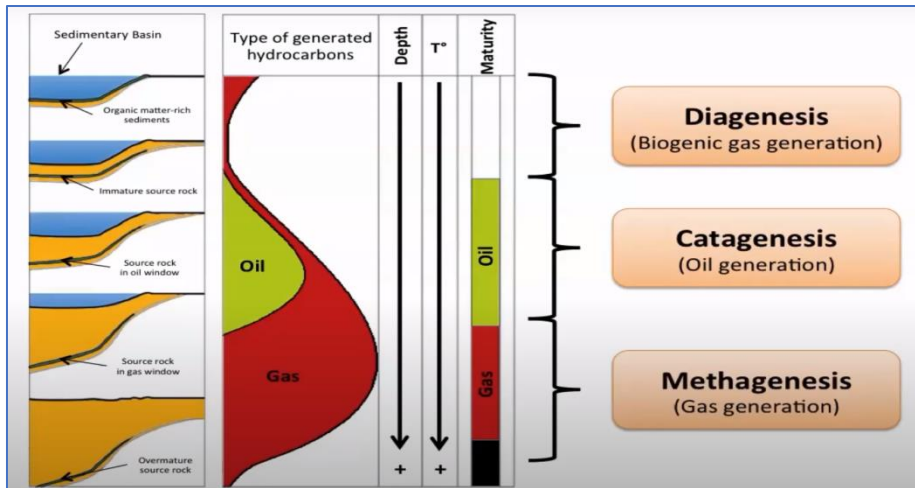


Εικόνα 15 A-C: Θραύσματα Ρουδιστών μέσα στα Λατυποπαγή-Μικρολατυποπαγή . D: Απολιθώματα Γαστρόποδων μέσα σε Λατυποπαγή-Μικρολατυποπαγή Bourli et al. 2019

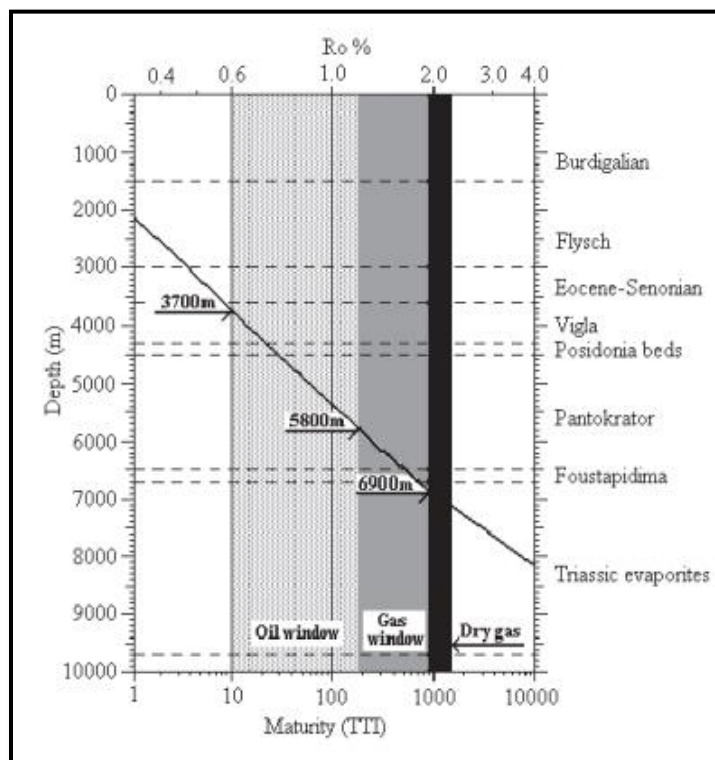
3 Η διάθρωση του Πετρελαϊκού συστήματος

3.1 Μητρικά πετρώματα

Η εκτίμηση του πετρώματος ως μητρικού βασίζεται στο ποσοστό οργανικού που περιέχει(ποσότητα),στο τύπο κηρογόνου(ποιότητα) και στην ευκολία διάδοσης του θερμικού ρεύματος στο πέτρωμα με σκοπό την ωρίμανση του(εικόνα 16,17)



Εικόνα 16. Διάγραμμα που δείχνει τα στάδια της δημιουργίας και της ωρίμανσης των μητρικών πετρωμάτων (Sylvain Bilhou 2017)



Εικόνα 17 Διάγραμμα ωρίμανσης σε σχέση με το βάθος στη Προ-Απούλια ζώνη. (Karakitsos,Rigakis 2007)

Τα μητρικά πετρώματα και οι αποταμιευτήρες στην Ιόνια Ζώνη έχουν καταγραφεί από πολλούς συγγραφείς (e.g. Karakitsios, 1995; Karakitsios and Rigakis, 1996; Rigakis and Karakitsios, 1998; Karakitsios et al., 2002; Karakitsios and Rigakis, 2007; Karakitsios, 2013)

Από τις έρευνες και τις μελέτες που έχουν γίνει έχουν προκύψει κυρίως τέσσερα πετρώματα που μπορούν να χαρακτηριστούν ως μητρικά (Manromatidis 2009), και αυτά είναι:

- 1) Οι σχιστόλιθοι της Βίγλας ηλικίας Άλβιο-Τουρώνιο, με ποσοστό TOC που φτάνει το 6% κατά βάρος και μέσο δείκτη υδρογόνου 321mg/g. Αυτοί οι σχιστόλιθοι είναι σχεδόν ώριμοι στις δυτικές και κεντρικές υπο-λεκάνες και αρκετά ώριμοι προς τα ανατολικά (Εικόνα 18).



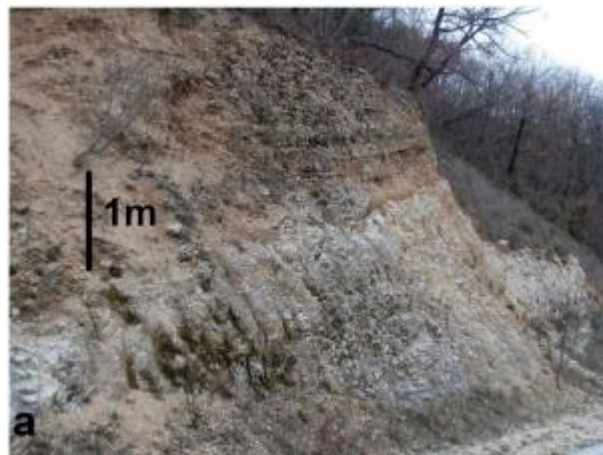
Εικόνα 18 Οι σχιστόλιθοι της Βίγλας στη περιοχή Ελαταριά (Τροποποιημένη από Zelilidis et al, 2015)

- 2) Οι ανώτερες εμφανίσεις της Ποσειδώνιας Καλλόβιο-Τιθώνιο. Αυτά τα στρώματα, όπως και τα κατώτερα στρώματα Ποσειδώνιας καθώς και οι μάργες στη βάση του Ammonitico Rosso, βρίσκονται μέσα στο παράθυρο παραγωγής πετρελαίου (Karakitsios and Rigakis, 2007; Rigakis and Karakitsios, 1998) (Εικόνα 19).



Εικόνα 19 Οι σχιστόλιθοι της Άνω Ποσειδώνιας στη Περιοχή Μαυρούδι (Τροποποιημένη από Zelilidis et al, 2015)

- 3) Τα κατώτερα στρώματα της Ποσειδώνιας και οι ισόχρονες μάργες στη βάση του Ammonitico Rosso ηλικίας Τοάρσιου. Αυτά τα στρώματα είναι πιθανώς τα σημαντικότερα μητρικά πετρώματα στην Ιόνιο ζώνη. Το ποσοστό του TOC φτάνει ως και το 19.1% (μέσος όρος 2.7%), περιέχει τύπου 1 και 2 Κηρογόνο και το δυνητικό ποσό πετρελαίου που μπορεί να περιέχει είναι 125.85 mg HC/g πετρώματος (Εικόνα 20).



Εικόνα 20 Η βάση του Ammonitico Rosso στη περιοχή Φυλλιατές (Τροποποιημένη από Zelilidis et al, 2015)

- 4) Οι σχιστόλιθοι ρηχής θάλασσας, που είναι πλούσιοι σε οργανικό υλικό και βρίσκονται μέσα στους Τριαδικούς εβαπορίτες. Είναι θερμικά ώριμοι και έφτασαν στο παράθυρο γένεσης φυσικού αερίου στα εξωτερικά και κεντρικά σημεία της λεκάνης, ενώ στην εσωτερική λεκάνη έφτασαν στο παράθυρο της γένεσης πετρελαίου ως αποτέλεσμα της βύθισης του παραθύρου αυτού προς τα ανατολικά (Karakitsios and Rigakis, 1996; Rigakis and Karakitsios, 1998) Στη ζώνη Παξών οι εβαπορίτες βρίσκονται πάντα στο παράθυρο του φυσικού αερίου

ή είναι υπερ-ώριμοι (Karakitsios and Rigakis, 2007). Το ποσοστό σε TOC φτάνει το 16.12% , η δυνητική περιεκτικότητα σε πετρέλαιο τα 8.9-99.8mg HC/g πετρώματος και οργανικό υλικό με Κηρογόνο τύπου 1 (Karakitsos 2013) (Πίνακας 2,3).

Ωστόσο υπάρχει και μια πέμπτη εμφάνιση η οποία να είναι πιθανό μητρικό πέτρωμα. Πρόκειται για φάσεις πηλιτών που εκτείνονται σε μια ηπειρωτική κατωφέρεια των Διαπόντιων Νήσων. Περιέχουν ανώριμο οργανικό υλικό θαλάσσιας και χερσαίας προέλευσης και είναι ηλικίας Ανώτερου Ολιγόκαινου-Κατώτερο, Μέσο Μειόκαινο. Στα κατώτερα τμήματα αυτής της κατωφέρειας το στρωματογραφικό πάχος φαίνεται να είναι αρκετό ώστε να φτάσουν αυτοί οι πηλίτες το πετρελαιο παράθυρο γένεσης (Maravelis et al., 2014a).

Source Rock/Hydrocarbon Window	Late Jurassic	Miocene	Serravalian	Pliocene
Triassic Shales	✓			
Upper Posidonia			✓	
Lower Posidonia		✓		
Vigla Shales				✓

Πίνακας 2. Τα μητρικά πετρώματα και πότε μήκαν στο παράθυρο υδρογονανθράκων.

Source Rock/Geodynamic Structure	Ionian/Pindos/Internal Thrusts	Hellenide FTB	End of FTB development
Vigla Shales	✓ (after)		
Posidonia Beds	✓ (after)		
Triassic Shales		✓ (before)	
Siltstones			✓ (simultaneously)

Πίνακας 3. Αυτός ο πίνακας δείχνει ποιές κύριες γεωδυναμικές δομές σηματοδότησαν τη θερμική ωριμότητα των Μητρικών πετρωμάτων.

Σύμφωνα με δεδομένα πυρόλυσης σε αντιπροσωπευτικά δείγματα (Rigakis and Karakitsios, 1998), αυτά τα πιθανά μητρικά πετρώματα φαίνονται να είναι να έχουν υψηλές πιθανότητες

γένεσης υδρογονανθράκων(Τύπος Κηρογόνου 1 και 2).Σε κάποιες περιοχές με χαμηλό υψόμετρο παρατηρούμε κάποιες διαρροές πετρελαίου (Εικόνα 21).



Εικόνα 21. Φωτογραφίες εμφανίσεων που δείχνουν : e) τη διαρροή πετρελαίου Κερί Ζακύνθου f) τη διαρροή πετρελαίου στη περιοχή Δραγοψά στη μέση της Ιόνιας ζώνης (Τροποποιημένη από Zelilidis et al, 2015).

3.2 Ταμιευτήρες

Τα ταμιευτήρια πετρώματα της Δυτικής Ελλάδας βρίσκονται σε διάφορα επίπεδα μέσα στη Μεσοζωική-Παλαιοζωική ασβεστιτική ακολουθία της Ιόνιας ζώνης.

Οι κύριοι πιθανοί ταμιευτήρες της Ιόνιας ζώνης είναι :

- i) Τριαδικά λατυποπαγή με πορώδες ως και 13%
- ii) Ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα με μέσο πορώδες 10% και πάχος >1500 μέτρων
- iii) Ασβεστόλιθοι της Βίγλας με πορώδες 1.7% και κυμαινόμενο πάχος που φτάνει τα 250 μέτρα στη κεντρική Ήπειρο (Karakitsios, 2007);
- iv) Ασβεστόλιθοι του Σενωνίου
- v) Ασβεστόλιθοι ηλικίας Παλαιόκαινο-Ηώκαινο(όπως ο ταμιευτήρας του δυτικού Κατακόλου με πορώδες έως και 8%)
- vi) Ψαμμιτική ακολουθία στη λεκάνη προχώρας της Πίνδου με ηλικία Ηώκαινο-Ολιγόκαινο και πάχος μέχρι και 4 χιλιόμετρα.
- vii) Ψαμμιτικά στρώματα στις μετα-αλπικές (Νεογενές) πυριτοκλαστικές ακολουθίες.(Karakitsios and Rigakis, 2007; Maravelis et al., 2012)

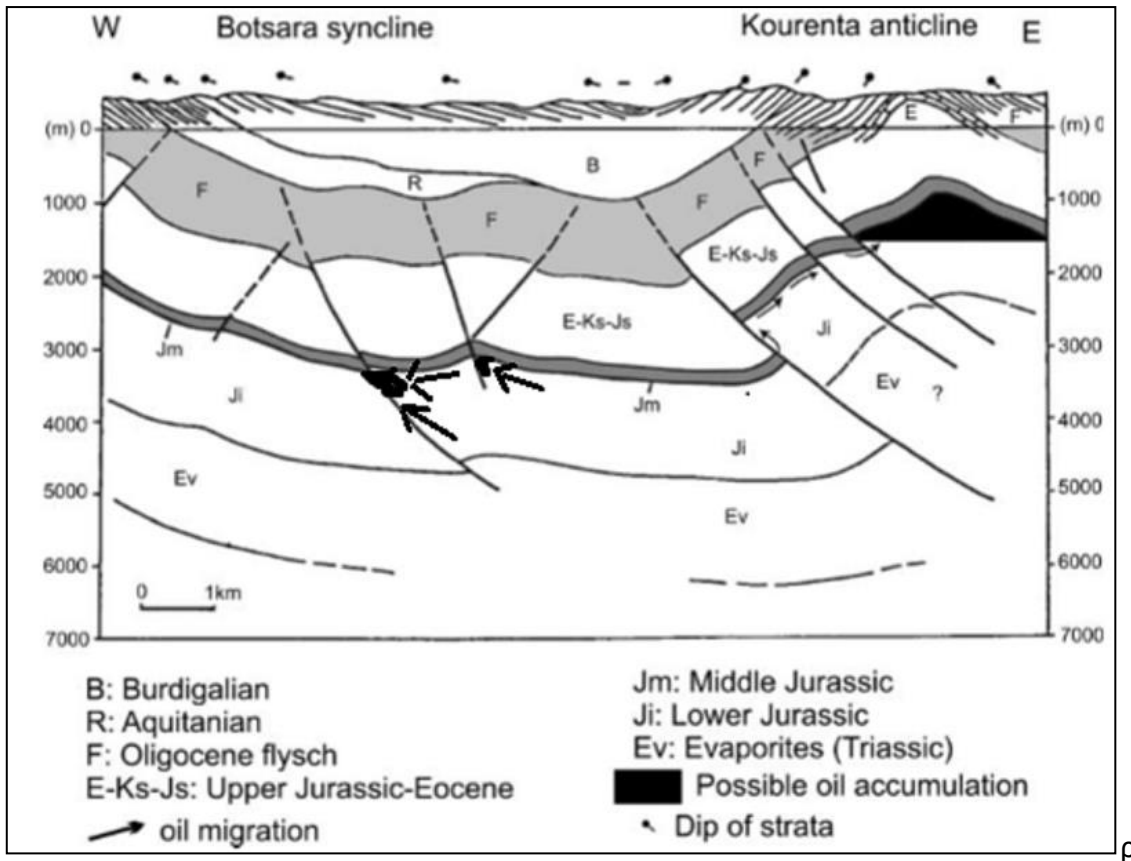
3.3 Περιφερειακοί μονωτήρες και καλύμματα

Ο Ολιγοκαινικός φλύσχος της Ιονίου θεωρείται ως το κύριο κάλυμμα, παγιδεύοντας τις συγκεντρώσεις των υδρογονανθράκων στις ασβεστιτικές ακολουθίες. Ο φλύσχος αυτός αρχικά παγίδευε μεγάλο μέρος των υδρογονανθράκων μέσω των αντικλίνων και των συγκλίνων που σχημάτιζε. Ωστόσο με το τέλος της τεκτονικής παραμόρφωσης ξεκίνησε η διαδικασία της διάβρωσης, με αποτέλεσμα τα αντίκλινα που βρίσκονταν σε κάποιο υψόμετρο να αρχίσουν να διαβρώνονται. Έτσι σταδιακά έχασαν το πάχος που τα έκανε να δρουν ως καλύμματα και οι όποιες συγκεντρώσεις υπήρχαν διέφυγαν (Εικόνα 22).



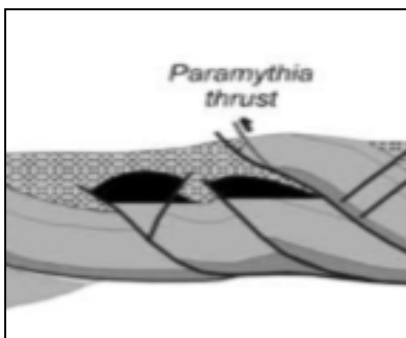
Εικόνα 22. Το Back-thrust του βουνού Μιτσικέλι που σχημάτιζει αντίκλινο το οποίο διαβρώθηκε (Τροποποιημένη από Marnelis et al, 2007)

Αντιθέτως όσον αφορά τα σύγκλινα του Φλύσχη, αυτά λόγω της χαμηλής τοπογραφίας τους κατάφεραν να διατηρηθούν και να καλύψουν σταδιακά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων. Σε αυτό βοήθησαν επιπλέον και τα μικρότερης κλίμακας αντίκλινα που υπάρχουν μέσα στα σύγκλινα αυτά, με αποτέλεσμα να μιλάμε για μια "διπλή παγίδα" (Εικόνα 23).



Εικόνα 23. Γεωλογική τομή βασισμένη σε σεισμικό προφίλ που δείχνει πιθανή συγκέντρωση πετρελαίου (Τροποποιημένη από Marnelis et al, 2007)

Ο καλύτερος μονωτήρας είναι οι Τριαδικοί εβαπορίτες ειδικά για τις παγίδες που βρίσκονται κάτω από τις επωθήσεις. Κάτω από ορισμένες συνθήκες(πάχος στρώματος, γεωμετρία) τα ίδια τα μητρικά πετρώματα μπορούν να λειτουργήσουν και ως καλύμματα. Ένα παράδειγμα τέτοιου πετρώματος είναι οι σχίστες της Ποσειδώνιας οι οποίοι επιδεικνύουν μεγάλο πάχος όταν ανυψώνονται σαν αντίκλινα και πριν η κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης μπορούν να παγιδέψουν πετρέλαιο που έχει μεταναστεύσει μέσω ανύψωσης ή βύθισης από τους Τριαδικούς εβαπορίτες (Εικόνα 24).



Εικόνα 24 Ανυψωμένοι σχίστες Ποσειδώνιας που μπορούν να λειτουργήσουν ως κάλυμμα (Τροποποιημένη από Karakitsos AAPG2013)

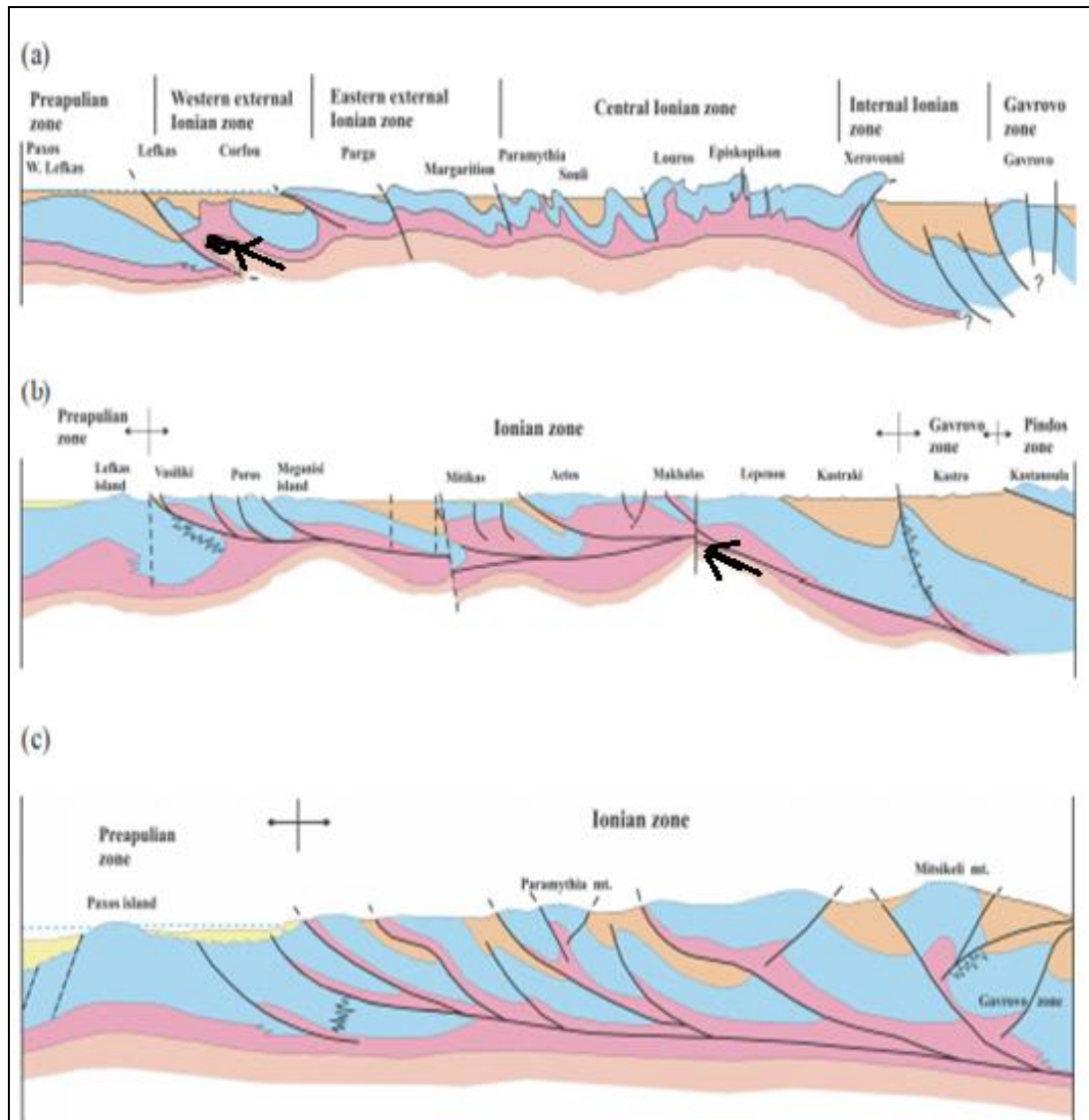
Επίσης, οι μάργες του Άνω Μειοκαίνου-Παλαιοκαίνου αποτελούν εξαιρετικά καλύμματα στη Δυτική Ελλάδα, όπως για παράδειγμα στο πετρελαϊκό πεδίο του Κατακόλου.

3.4 Παγίδες

Οι παγίδες που συναντάμε στην Ιόνια ζώνη είναι κυρίως ρήγματα ,διάφορα διάπυρα και κάποια αλατούχοι δόμοι.

Οι τεκτονισμένες περιοχές επιδεικνύουν σύνθετες αλλά προβλέψιμες γεωμετρίες που μπορούν να αποτελέσουν τεκτονικές παγίδες. Η ανάστροφη τεκτονική που μετέτρεψε τα κανονικά ρήγματα σε ανάστροφα-επωθήσεις στην εξέλιξη της προκάλεσε και τεκτονικό διπλασιασμό σε πολλές περιοχές. Έτσι οι πολλαπλασιασμένες εβαποριτικές περιοχές αποτελούν τις κυριότερες παγίδες.

Τέλος, το ποσοστό συμμετοχής του Παλαιοζωικού υποβάθρου στη παραμόρφωση των καλυμμάτων καθορίζει τη θέση και το μέγεθος των πιθανών παγίδων που μπορούν να προκύψουν από τους υπο-εβαποριτικούς σχηματισμούς (Εικόνα 25).



Εικόνα 25. Τεκτονικές δομές της Δυτικής Ελλάδας που δείχνουν τη συμπεριφορά του Παλαιοζωικού υποβάθρου α) Περιοχή: Προ-Απούλια μέχρι ζώνη Γαββρόβου. Το Παλαιοζωικό υπόβαθρο συμμετέχει στη παραμόρφωση του ιζηματογενούς καλύμματος, χωρίς αποκόλληση του καλύμματος κατά μήκος της εβαποριτικής ακολουθίας. Η υδρογονάνθρακες θα μπορούσαν να συγκεντρώνονται κάτω από την επαφή των εβαποριτών με το υπόβαθρο σε αντικλινικές δομές β) Περιοχή: Προ-Απούλια μέχρι ζώνη Πίνδου. Η συμμετοχή του Παλαιοζωικού υποβάθρου στη παραμόρφωση του ιζηματογενούς καλύμματος συνοδεύεται από μερική αποκόλληση του καλύμματος στο ύψος των εβαποριτών. Οι υδρογονάνθρακες μπορούν να συγκεντρώνονται όπως στη περίπτωση α). γ) Περιοχή: Ιόνια ζώνη. Το Παλαιοζωικό υπόβαθρο δεν συμμετέχει στη παραμόρφωση του ιζηματογενούς καλύμματος. Υπάρχει μια κύρια αποκόλληση στο επίπεδο των εβαποριτών. Αυτή η δομή δεν επιτρέπει την δημιουργία τεκτονικών παγίδων μεταξύ των εβαποριτών και του υποβάθρου τους (Τροποποιημένη από Karakitsos and Rigakis 2007).

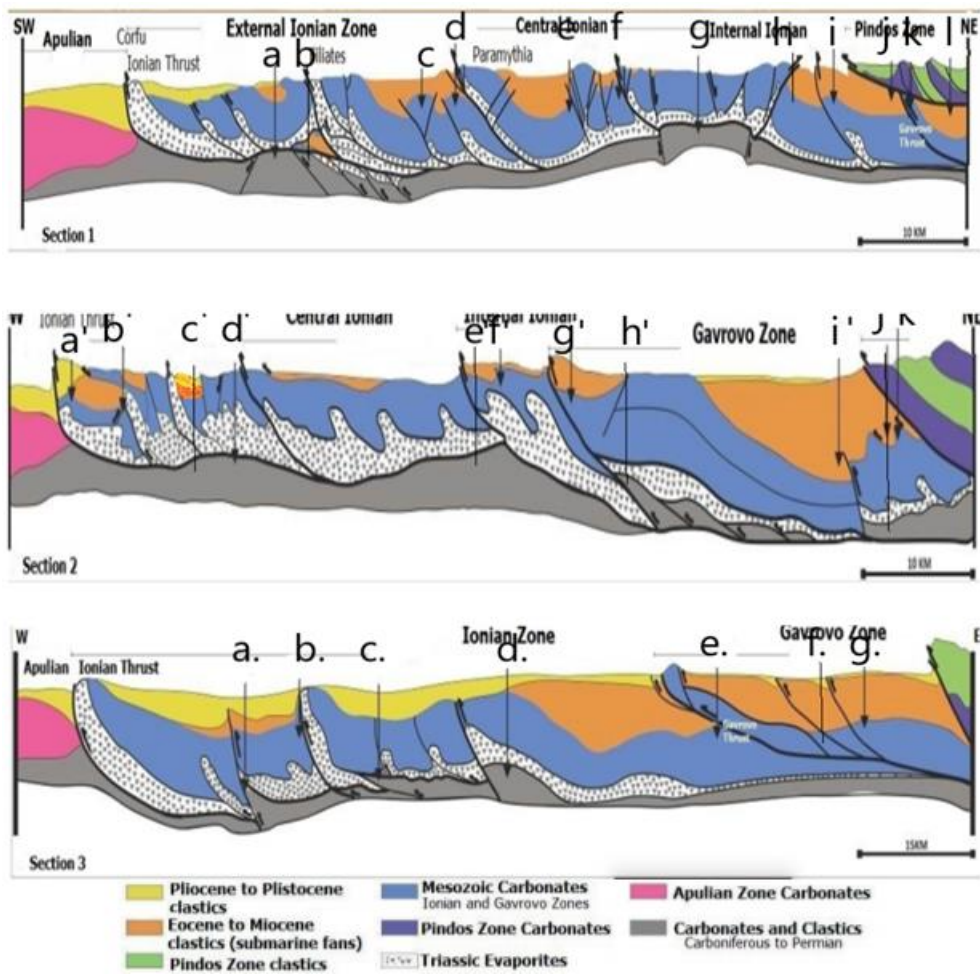
4 Προτεινόμενες θέσεις γεωτρήσεων και περαιτέρω ερευνών

Στην Ιόνια λεκάνη έχουν γίνει ανά καιρούς διάφορες προβλέψεις και προτάσεις για θέσεις συγκέντρωσης υδρογονανθράκων, άλλοτε πιο αισιόδοξες και άλλοτε πιο συντηρητικές. Σε αυτό το κεφάλαιο θα δοθούν κάποιες προτάσεις θέσεων με πετρελαϊκό ενδιαφέρον με κύριο γνώμονα τις εξής σκέψεις:

- Δύο από τους πιο επιτυχημένους συνδυασμούς ταμιευτήρα κάλυμμα σε πετρελαϊκά κοιτάσματα ανά τον κόσμο, είναι όταν θαλάσσιοι σχιστόλιθοι επικλύουν πάνω σε κλαστικές υφαλοκρηπίδες και όταν εβαπορίτες οπισθοχωρούν πάνω σε ανθρακικούς τουρβιδίτες αβαθών θαλασσών.
- Ένας οριζοντας μητρικού πετρώματος μπορεί να φορτίζει έναν αριθμό ανεξάρτητων ταμιευτήρων , καθορισμένης γένεσης , και ένας ταμιευτήρας καθορισμένης γένεσης , μπορεί να φορτίζεται από μια ποικιλία ανεξαρτήτων οριζόντων μητρικών πετρωμάτων.
- Κάθε γεωλογικό μοντέλο μεταφέρει ένα σχετικό ρίσκο του να μην είναι έγκυρο. Αυτό ονομάζεται ρίσκο του μοντέλου. Επίσης υπάρχει το ρίσκο ότι τα στοιχεία της γένεσης πετρελαίου μπορεί να μην υπάρχουν , ακόμα και αν το γεωλογικό μοντέλο είναι αξιόπιστο. Αυτό το επιπρόσθετο στοιχείο του ρίσκου ονομάζεται "υποθετικό ρίσκο γένεσης".

4.1 Θέσεις ενδιαφέροντος

Οι θέσεις θα δοθούν με βάση τρεις κύριες τομές (εικόνα 26) και θα ταξινομηθούν με βάση την πιθανότητα τους να έχουν τεχνικό-οικονομικά απολήψιμο προϊόν σε αρκετά πιθανές, πιθανές και σε θέσεις με κυρίως ερευνητικό ενδιαφέρον (Πίνακας 4) .

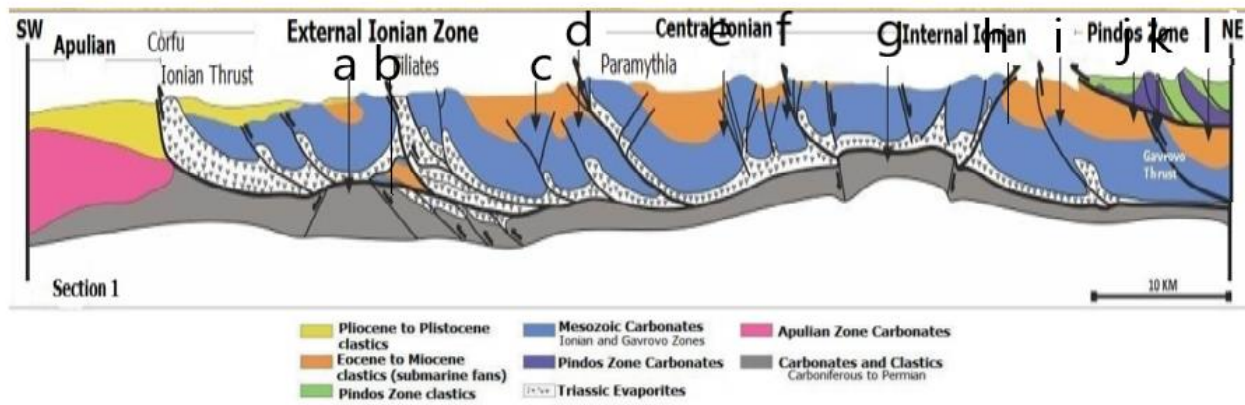


Εικόνα 26. Σε αυτή την εικόνα φαίνονται οι τρεις κύριες τομές, διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ, στις οποίες έγιναν οι προβλέψεις για θέσεις περαιτέρω μελέτης (Τροποποιημένη από Zelilidis et al, 2015)

Τομή 1 : Αυτή η τομή (εικόνα 27) εκτείνεται από την Κέρκυρα ως την επώθηση της Ζώνης Πίνδου.

Σε αυτή τη τομή έχει γίνει πρόβλεψη για 12 θέσεις εκ των οποίων,

- Οι 5 (a,c,d,i,k) είναι αρκετά πιθανό να περιέχουν εμπορικές ποσότητες υδρογονανθράκων.
- Οι 4 (b,h,j,l) είναι θέσεις με αρκετά καλές προοπτικές.
- Οι 3 (e,f,g) είναι θέσεις με κυρίως ερευνητικό ενδιαφέρον.

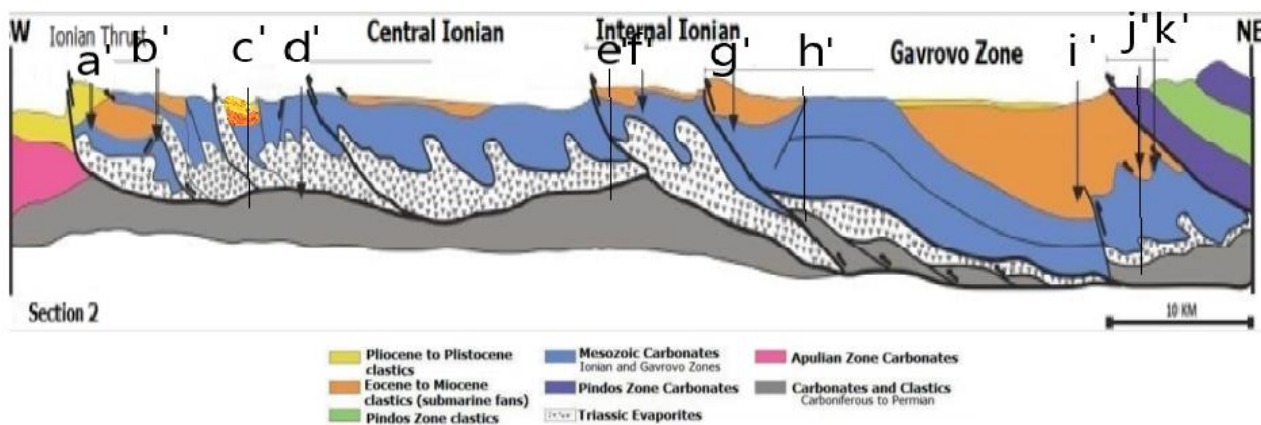


Εικόνα 27 Προτεινόμενες θέσεις γεωτρήσεων κατά μήκος της Ιόνιας λεκάνης (Τροποποιημένη από Zelilidis et al, 2015)

Τομή 2 : Αυτή η τομή (εικόνα 28) εκτείνεται από το κεντρικό σημείο της Ιόνιας επώθησης ως το κεντρικό σημείο της επώθησης της Γαββρόβου.

Σε αυτή τη τομή έχει γίνει πρόβλεψη για 11 θέσεις εκ των οποίων,

- Οι 5 (α', β', γ', δ', ε') είναι αρκετά πιθανό να περιέχουν εμπορικές ποσότητες υδρογονανθράκων.
- Οι 4 (ς', ζ', η', θ') είναι θέσεις με αρκετά καλές προοπτικές
- Οι 2 (ι', κ') είναι εν δυνάμει θέσεις με κυρίως ερευνητικό ενδιαφέρον.

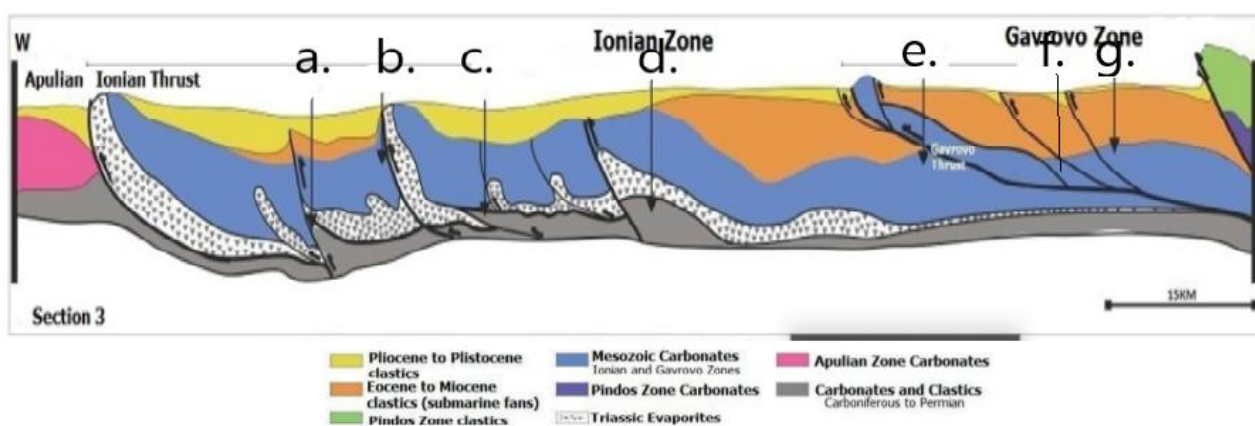


Εικόνα 28. Προτεινόμενες θέσεις γεωτρήσεων κατά μήκος της Ιόνιας λεκάνης (Τροποποιημένη από Zelilidis et al, 2015)

Τομή 3 : Αυτή η τομή (εικόνα 29) εκτείνεται από το νότιο σημείο της Ιόνιας επώθησης ως το νότιο σημείο της επώθησης της Γαβρόβου.

Σε αυτή τη τομή έχει γίνει πρόβλεψη για 7 θέσεις εκ των οποίων,

- Οι 5 (a.,b.,d.,e.,g.,) είναι αρκετά πιθανό να περιέχουν εμπορικές ποσότητες υδρογονανθράκων
- 1 θέση (f.) έχει αρκετά καλή προοπτική για συγκέντρωση υδρογονανθράκων
- 1 θέση (c.) παρουσιάζει κυρίως ερευνητικό ενδιαφέρον



Εικόνα 29. Προτεινόμενες θέσεις γεωτρήσεων κατά μήκος της Ιόνιας λεκάνης (Τροποποιημένη από Zelilidis et al, 2015)

Θέσεις/Ταξινόμηση	Αρκετά πιθανό	Καλές προοπτικές	Ερευνητικό ενδιαφέρον
Τομή 1	a,c,d,i,k	b,h,j,l	e,f,g
Τομή 2	a',c',e',g',j'	f',h',i',k'	b',d'
Τομή 3	a.,b.,d.,e.,g.	f.	c.

Πίνακας 4 Συσχετισμός θέσεων με πιθανότητα παροχής εμπορικών συγκεντρώσεων υδρογονανθράκων

4.2 Λίγες πληροφορίες για τις θέσεις









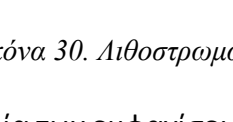
Βλέποντας κάποιος τις τομές και τις θέσεις μπορεί να παρατηρήσει ότι οι θέσεις με τις μεγαλύτερες προοπτικές βρίσκονται είτε σε σημεία με αντικλινικές γεωμετρίες (c,l,d.) είτε σε σημεία με μεγάλη, αδιάκοπη , έκταση των μητρικών-ταμιευτήριων πετρωμάτων (h,e',e.) , που σημαίνει, θεωρητικά, και μεγαλύτερη προσφορά υδρογονανθράκων.

Επιπλέον υπάρχουν κάποιες περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν ενδιαφέρον κυρίως λόγω της ιδιαίτερης τεκτονικής τους γεωμετρίας η οποία ευνοεί τη συγκέντρωση υδρογονανθράκων (k,c',j') καθώς και κάποια συστήματα στα οποία δεν έχει συμβεί η δευτερογενής μετανάστευση αλλά παράγουν και ωριμάζουν τα ίδια πρωτογενώς το προϊόν τους (j,i').

Τέλος υπάρχουν οι περιοχές με κυρίως ερευνητικό ενδιαφέρον ,που βρίσκονται, ως επί το πλείστον , στην επαφή του Παλαιοζωικού υποβάθρου με τους εβαπορίτες, στις οποίες θα πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες ώστε να είμαστε σίγουροι αν τελικά περιέχουν η όχι εμπορικές ποσότητες υδρογονανθράκων (g,c').

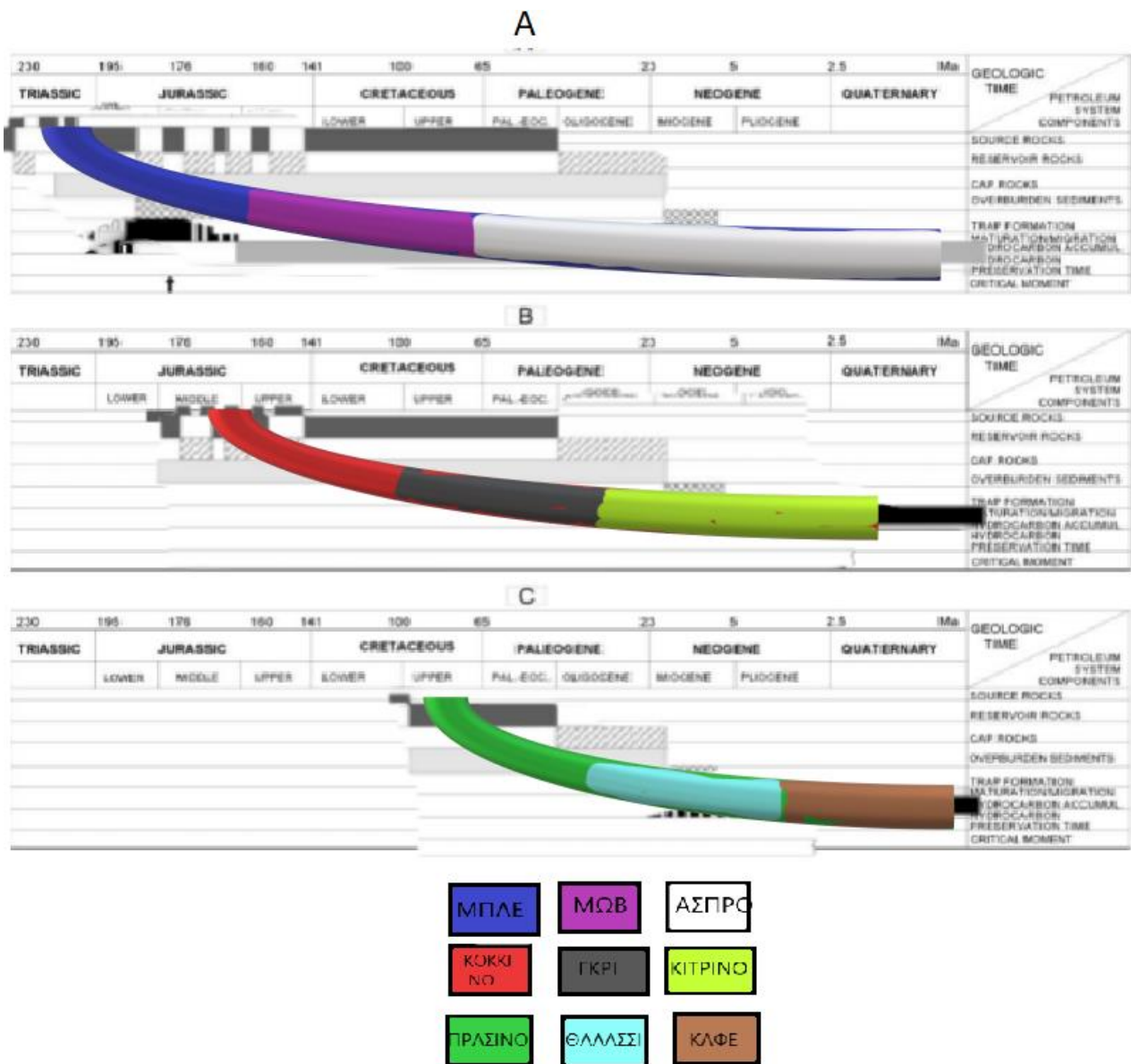
4.3 Συμπεράσματα

Η Δυτική Ελλάδα , και συγκεκριμένα η περιοχή γύρω από την Ιόνια ζώνη , αποτελείται από πολλά ποιοτικά και ποσοτικά πετρελαϊκά συστήματα φόρτισης τα οποία έχουν τη προοπτική να δώσουν μεγάλα και σημαντικά κοιτάσματα τόσο πετρελαίου όσο και φυσικού αερίου. Τα μητρικά πετρώματα ποικίλουν , από Σχιστόλιθους του Τριαδικού μέχρι μαύρους Σχιστόλιθους του Ιουρασικού και του Κρητιδικού, ενώ οι ταμειυτήρες κυμαίνονται από ασβεστόλιθους του Ιουρασικού και του Κρητιδικού , αλλά ακόμα και του Ολιγοκαίνου, και από κλαστικούς σχηματισμούς που σχηματίστηκαν στα ανώτερα μέρη της λεκάνης. Τα κυριότερα καλύμματα είναι οι Τριαδικοί εβαπορίτες αλλά σε κάποιες περιπτώσεις και οι φλυσχικές αποθέσεις (Εικόνα 30) .

Lithology	Geologic Time	Formation	Source Rocks	Reservoir
	Plio-Pleistocene			
	U. Miocene- L. Pliocene			●
	L. Miocene		◆	
	Oligocene	Flysch Claystone & Sandstone		
	U. Cretaceous- Eocene	Breccias limestone		●
	L. Cretaceous	Vigla Limestone Limestones with cherts & marls intercalations	◆	
	Dogger-Malm	Posidonia Beds	◆	
	Lias	Pantokrator Limestones & dolomites		●
	Upper Triassic	Evaporites -Breccias Anhydrites and salt with intercalations of dolomite limestone and shales	◆	

Εικόνα 30. Λιθοστρωματογραφική στήλη της Ιόνιας ζώνης (Marnelis et al, 2007)

Η μεγάλη ποικιλία των εμφανίσεων και των ακολουθιών αυτών, σε συνδυασμό με τις συνιστώσες της έντονης τεκτονικής και του χρόνου και το γεγονός ότι όλα αυτά μπορούν να συνδυαστούν και να αλληλεπιδράσουν με τόσους διαφορετικούς συνδυασμούς, καθιστά σχεδόν αδύνατο το γεγονός να μην έχουν σχηματιστεί κοιτάσματα υδρογονανθράκων στην Ιόνια λεκάνη (Εικόνα 31).



Εικόνα 31. Σε αυτή την εικόνα βλέπουμε την εξέλιξη, σε βάθος και σε ωρίμανση, τριών κύριων συστημάτων φόρτισης A, B, C.

- a) Το A δείχνει ένα πετρελαιικό σύστημα φόρτισης με μητρικά πετρώματα του Τριαδικού. Το ΜΠΛΕ χρώμα δείχνει τη περίοδο ταφής, το ΜΩΒ χρώμα δείχνει τη περίοδο γένεσης και παραγωγής και το ΑΣΠΡΟ χρώμα δείχνει τη περίοδο ωρίμανσης
 - b) Το B δείχνει ένα πετρελαιικό σύστημα φόρτισης με μητρικά πετρώματα του Ιουρασικού. Το ΚΟΚΚΙΝΟ χρώμα δείχνει τη περίοδο ταφής, το ΓΚΡΙ χρώμα δείχνει τη περίοδο γένεσης και παραγωγής και το ΚΙΤΡΙΝΟ χρώμα δείχνει τη περίοδο ωρίμανσης
 - c) Το C δείχνει ένα πετρελαιικό σύστημα φόρτισης με μητρικά πετρώματα του Κρητιδικού. Το ΠΡΑΣΙΝΟ χρώμα δείχνει τη περίοδο ταφής, το ΘΑΛΑΣΣΙ χρώμα δείχνει τη περίοδο γένεσης και παραγωγής και το ΚΑΦΕ χρώμα δείχνει τη περίοδο ωρίμανσης.
- Όλα τα χρώματα δείχνουν προσεγγιστικές περιόδους. (Τροποποιημένη από Karakitsos 2013)

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bourli N., Kokkaliari M., Iliopoulos I., Pe-Piper G., Piper D., Maravelis A., and Zelilidis A., (2019), "Mineralogy of siliceous concretions, cretaceous of Ionian zone, western Greece: Implication for diagenesis and porosity", *Marine and Petroleum Geology*, 105, 45-63.
- Bourli N., Pantopoulos G., Maravelis A., Zoumpolis E., Iliopoulos G., Pomoni-Papaioannou F., Koustopoulou S., and Zelilidis A., (2019), "Late Cretaceous to early Eocene geological history of the eastern Ionian Basin, southwestern Greece: A sedimentological approach", *Cretaceous Research*, 98, 47-71
- Brooks, J., Cornford, C. and Archer R., (1987), "*The role of hydrocarbon source rocks in petroleum exploration*", *Geological Society, London, Special Publications*, 26(1), 17–46.
- Karakitsios, V., (1995), "The influence of preexisting structure and halokinesis on organic matter preservation and thrust system evolution in the Ionian Basin, northwest Ionian zone, western Greece", *Journal of the Geological Society* 146, 447–457.
- Karakitsios V., Rigakis N. and Bakopoulos I., (1996), "Migration and trapping of the Ionian series hydrocarbons (Epirus, NW Greece)", *Bulletin of the Geological society of Greece*
- Karakitsios V., and Rigakis N., (2007), "Evolution and petroleum potential of Western Greece", *Journal of Petroleum Geology*, 30, (3), 197-218
- Karakitsios V., (2013), "Western Greece and Ionian Sea petroleum systems", *AAPG Bulletin*, 97, (9), 1567-1595. 40
- Maravelis A., Makrodimitras G. and Zelilidis A., (2012), "Hydrocarbon prospectivity in Western Greece", *Oil and Gas European Journal*, 38, (2), 84-89.
- Maravelis A., Makrodimitras G., Pasadakis N. and Zelilidis A., (2014a). "*Stratigraphic evolution and source rock potential of a Lower Oligocene to Lower–Middle Miocene continental slope system, Hellenic Fold and Thrust Belt, Ionian Sea, northwest Greece*". *Geological Magazine*, 151(03), 394–413.
- Marnelis F., Roussos N., Rigakis N. and Karakitsios V., (2007), "Structural Geology of the Western Greece Fold and Thrust Belt", *Challenge our Myths: Energy Conference & Exhibition*.
- Mavromatidis, A. (2009), "*Review of Hydrocarbon Prospectivity in the Ionian Basin, Western Greece*", *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31(7), 619–632

- Moforis L., Karakitsios V., (2017), "PALEOGEOGRAPHIC EVOLUTION OF THE IONIAN ZONE DURING TRIASSIC TO EOCENE (WESTERN GREECE)", 2nd International Meeting of Early Stage Research in Paleontology
- Pomoni-Papaioannou, F., & Karakitsios, V. (2002), "Facies analysis of the Trypali carbonate unit (Upper Triassic) in central-western Crete (Greece): an evaporite formation transformed into solution-collapse breccias", *Sedimentology*, 49(5), 1113–1132
- Rigakis N., Karakitsios V., Bakopoulos I., (1998), "Migration and trapping of the Ionian series hydrocarbons (Epirus, NW Greece)", *Bulletin of the Geological society of Greece*.
- Tissot B.P. and Welte D.H., (1978), "Petroleum Formation and Occurrence: A New Approach to Oil and Gas Exploration", *Geological Magazine*, 116(03), 243
- Zelilidis A., Konstantopoulos P. and Maravelis A., (2013), "Hydrocarbon Prospectivity in Apulian Platform and Ionian Zone, in Relation to Strike-Slip Fault Zones, Foreland and Back-Thrust Basins of Ionian Thrust in Greece", *Search and Discovery*.
- Zelilidis A., Maravelis A., (2015), "Adriatic and Ionian seas: proven petroleum systems and future prospects", *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 38(3), 247-253. 41
- Zelilidis A., Maravelis A., Tserolas P., Konstantopoulos, (2015), "An overview of the petroleum systems in the Ionian zone, onshore NW Greece and Albania", *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 38(3), 331-348.

5.1 Ιστοσελίδες

<http://geologylearn.blogspot.com/>

<https://www.egypetroleum.com/>

https://www.youtube.com/watch?v=j_3BPHwkf0

5.2 Συμπληρωματική Βιβλιογραφία

- Doutsos T., Koukouvelas I., and Xypolias P., (2006), "A new orogenic model for the External Hellenides", In: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D., Brun, J.-P. (Eds.), *Tectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Regions*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 260, 507–520.
- Zhao J., Li J., Wu W., Cao Q., Bai Y., Er C., (2019), "The petroleum system: a new classification scheme based on reservoir qualities", *Petroleum Science* 16, 229–251.