



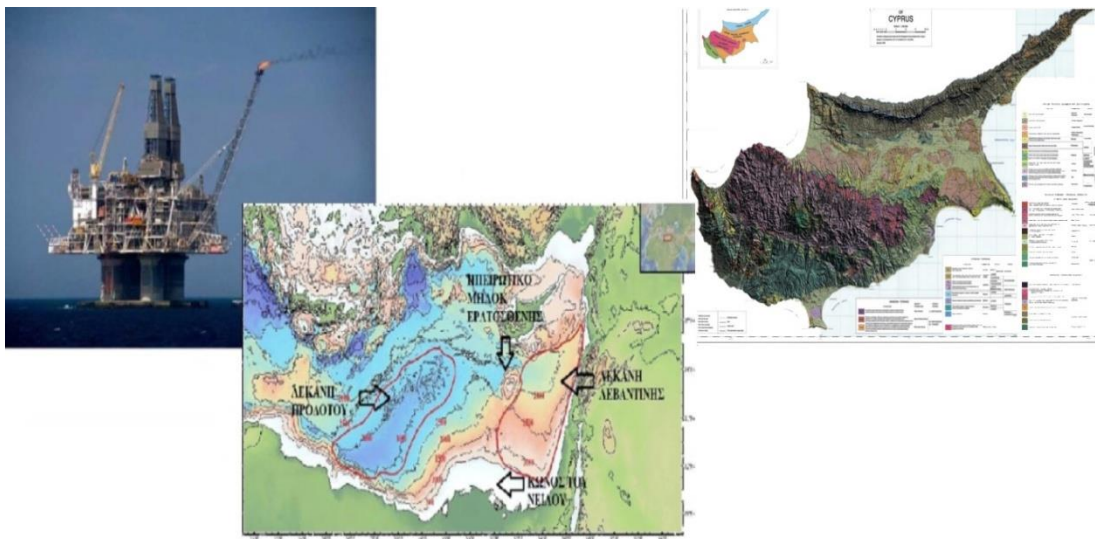
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

*"Γεωλογικές συνθήκες σχετιζόμενες με τη δημιουργία
κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου εντός της
Κυπριακής ΑΟΖ"*

του Κλεάνθους Κωνσταντίνου

ΑΕΜ: 5206

ΕΠΙΒΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Γεωργακόπουλος Ανδρέας



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020





ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΛΕΑΝΘΟΥΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5206

Γεωλογικές συνθήκες σχετιζόμενες με τη δημιουργία κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου εντός της Κυπριακής ΑΟΖ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας -
Κοιτασματολογίας

Επιβλέπων

Καθηγητής Γεωργακόπουλος Ανδρέας

© Κωνσταντίνος Κλεάνθους, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας , 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Γεωλογικές συνθήκες σχετιζόμενες με τη δημιουργία κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου εντός της Κυπριακής ΑΟΖ – *Διπλωματική Εργασία*

© Konstantinos Kleanthous, School of Geology, Dept. of Mineralogy-Petrology-Economic Geology, 2020

All rights reserved.

"The Geological conditions favorable for the creation of oil and gas fielding in the exclusive Economical zone of the Republic of Cyprus – *Bachelor Thesis*

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.Θ.



Γεωλογική Σχολή, ΑΠΘ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι αφιερωμένη στους γονείς μου.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελ.

Πρόλογος.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	10-20
1. Αποκλειστική Οικονομική ζώνη.....	10
1.1 Περίπτωση Κύπρου.....	10
2. Οριοθέτηση Κυπριακής ΑΟΖ.....	10
2.1 Οριοθέτηση Κυπριακής ΑΟΖ με την Αίγυπτο.....	10
2.2 Οριοθέτηση Κυπριακής ΑΟΖ με το Λίβανο.....	10
2.3 Οριοθέτηση Κυπριακής ΑΟΖ με το Ισραήλ.....	10
3. Αδειοδοτήσεις Κυπριακής Δημοκρατίας.....	12
3.1 Είδη αδειών.....	12
3.2 Άδειες Έρευνας Υδρογονανθράκων που χορηγήθηκαν από την Κυπριακή Δημοκρατία.....	12
3.3 Άδειες Έρευνας Υδρογονανθράκων οι οποίες τερματίστηκαν.....	12
3.4 Γύροι αδειοδοτήσεων.....	13
4. Ερευνητικές δραστηριότητες.....	14
5. Κυπριακή Εταιρία Υδρογονανθράκων (CHC).....	16
6. Νομοθεσίες.....	17
6.1 Ο Περί της Αποκλειστικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας Νόμος του 2004 (64(I)/2004).....	17
6.2 Ο Περί Υδρογονανθράκων (Αναζήτηση, Έρευνα και Εκμετάλλευση) Νόμος του 2007 (Ν.4(I)/2007).....	18
6.3 Διαδικασία υποβολής και εξέτασης της άδειας από τη Συμβουλευτική Επιτροπή.....	19
7. Κύπρος εν έτη 2019.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	21-38
1. Λεκάνη Λεβαντίνης - Τεκτονική.....	21
2. Λεκάνη Λεβαντίνης - Στρωματογραφία.....	29
2.1 Πέρμιο – Τριαδικό.....	29
2.2 Ιουρασικό.....	32
2.3 Κρητιδικό.....	34
2.4 Τριτογενές.....	36
3. Σεισμικά Δεδομένα Λεκάνης Λεβαντίνης.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	39-44
1. Κώνος του Νείλου.....	39
2. Στρωματογραφία Κώνου Νείλου.....	41
3. Υποθαλάσσιο ριπίδιο του Νείλου.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	45-52
1. Λεκάνη του Ηροδότου.....	45
2. Τεκτονική.....	46
3. Στρωματογραφία.....	47
3.1 Προ Μεσσήνιας ηλικίας ιζήματα(Μεσοζωικού – Μειόκαινου).....	48
3.2 Μεσσήνιοι εβαπορίτες.....	49
3.3 Πλειο – Τεταρτογενείς αποθέσεις.....	50
3.4 Μεγατουρβιδίτης της λεκάνης του Ηρόδοτου.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	53-57
1. Ηπειρωτικό μπλοκ του Ερατοσθένη.....	53
2. Βόρεια λεκάνη μεταξύ Κύπρου και Ερατοσθένη.....	55
3. Οροπέδιο Ερατοσθένη.....	56
4. Νότια λεκάνη μεταξύ Ερατοσθένη και Λεκάνης Λεβαντίνης.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	58-64
1. Κοιτασματολογία Πετρελαίου.....	58
2. Μητρικά πετρώματα.....	59
3. Πετρώματα Ταμιευτήρες.....	60
4. Πετρώματα καλύμματα.....	60
5. Δομή παγίδευσης.....	60
6. Κηρογόνο.....	62
7. Μετανάστευση πετρελαίου.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	65-70
1. Κοίτασμα Λεβαντίνης.....	65
2. Συσχετισμός πεδίων υδρογονανθράκων μεταξύ λεκάνης Ηροδότου και λεκάνης Λεβαντίνης.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	71
1. Συμπεράσματα.....	71
Βιβλιογραφία.....	72

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο "Γεωλογικές συνθήκες σχετιζόμενες με τη δημιουργία κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου εντός της Κυπριακής ΑΟΖ" εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των προϋποθέσεων, για τη λήψη του πτυχίου μου από το τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, με υπεύθυνο καθηγητή τον κ. Γεωργακόπουλο Ανδρέα.

Αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μου στο τμήμα Γεωλογίας και αποτελεί βιβλιογραφική εργασία, η οποία περιγράφει αναλυτικά όλες τις γεωλογικές συνθήκες που παρατηρήθηκαν μέχρι τη δημιουργία φυσικού αερίου και υδρογονανθράκων στην ευρύτερη περιοχή της Κύπρου. Επιπρόσθετα παρουσιάζει και αναλύει όλες τις γεωλογικές πληροφορίες αναφορικά με τη λεκάνη της Λεβαντίνης, τον κώνο του Νείλου, τη λεκάνη του Ηροδότου και το ηπειρωτικό μπλοκ του Ερατοσθένη και περιγράφει αναλυτικά όλη τη γεωλογία πετρελαίων την οποία διδάχτηκα από τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Γεωργακόπουλο Ανδρέα.

Σκοπός μου κατά τη διάρκεια της συγγραφής της, δεν ήταν μόνο η ορθή και όσο το δυνατόν πληρέστερη ανάλυση του θέματος. Καταβλήθηκε προσπάθεια, έτσι ώστε το περιεχόμενο της εργασίας να είναι σαφές και απόλυτα κατανοητό.

Θα ήθελα στη συνέχεια να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεωργακόπουλο Ανδρέα, για τη βοήθεια και τις χρήσιμες πληροφορίες και γνώσεις μου προσέφερε, οι οποίες συνέλαβαν στη βελτίωση της εργασίας μου. Ευχαριστώ επίσης τον υποψήφιο διδάκτορα Μουσουλιώτη Άγγελο, χάρη στον οποίο ήμουν άρτια προετοιμασμένος για τη συγγραφή της εργασίας. Ευχαριστώ τους καθηγητές της σχολής που συνέλαβαν στην απόκτηση των απαραίτητων γνώσεων για την επιτυχή φοίτησή μου και την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, αλλά κυρίως που ενίσχυσαν το ενδιαφέρον μου για τον κλάδο της Γεωλογίας.

Το πρώτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην αποκλειστική οικονομική ζώνη της Κύπρου αναλύοντας τα στοιχεία που ορίζουν και οριοθετούν την Κυπριακή ΑΟΖ, τις Αδειοδοτήσεις που δόθηκαν και επεξηγώντας τις νομοθεσίες και τις ερευνητικές δραστηριότητες για την εύρεση των υδρογονανθράκων. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται η τεκτονική και στρωματογραφία της λεκάνης της Λεβαντίνης. Εν συνεχεία στο τρίτο κεφάλαιο επεξηγούνται η στρωματογραφία του κώνου του Νείλου και το υποθαλάσσιο ριπίδιο του Νείλου. Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά τη λεκάνη του Ηροδότου, ενώ το πέμπτο κεφάλαιο το ηπειρωτικό μπλοκ του Ερατοσθένη. Στο έκτο κεφάλαιο επεξηγούνται η διαδικασία δημιουργίας πετρελαίου, τα μητρικά πετρώματα, τα πετρώματα ταμιευτήρες και τα πετρώματα καλύμματα. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται σύγκριση των κοιτασμάτων της Λεβαντίνης και αυτών του Ηροδότου. Στο τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα για τις γεωλογικές συνθήκες οι οποίες σχετίστηκαν με τη δημιουργία κοιτασμάτων πετρελαίου και αερίου εντός της κυπριακής ΑΟΖ.

The present thesis entitled "The Geological conditions favorable for the creation of oil and gas fielding in the exclusive Economical zone of the Republic of Cyprus " was prepared as part of the completion of the prerequisites for obtaining my degree from the Department of Geology at the Aristotle University of Thessaloniki. It is the culmination of my studies in the Department of Geology and is a bibliographic work that describes in detail all the geological conditions observed until the creation of natural gas and hydrocarbons in the wider area of Cyprus. It also presents and analyzes all the geological information concerning the Levantine Basin, the Nile Cone, the Herodotus Basin, and the Eratosthenes continental block, and describes in detail all of the oil geology that I learned from my tutor.

During my writing, my purpose was not only the correct and complete analysis of the subject, but to also make the content of work clear and fully understandable.

I would like to express my thanks to my supervisor, Professor Georgakopoulos Andreas for the support, helpful information, and the knowledge he has provided, enable me to improve and deliver my work. I would also like to thank Ph.D. candidate Musoulitis Angelos, for whom I was well prepared to write the paper. My appreciation also goes out to the teachers of the faculty, who helped me acquire the knowledge necessary for my successful studies and the preparation of my undergraduate thesis, but most of all, they strengthened my interest in the field of Geology.

The chapters of the Thesis covers the following:

Chapter one focuses on the exclusive economic zone of Cyprus by analyzing the elements defining the Cyprus EEZ, the Authorizations granted and explaining of the laws and research activities for hydrocarbon exploration.

The second chapter analyses the tectonics and stratigraphy of the Levantine basin.

The third chapter explains the Nile Cone stratigraphy and the Nile underwater ridge.

While the fourth chapter deals with Herodotus' basin

The fifth chapter deals with the continental block of Eratosthenes.

And the sixth chapter explains the process of oil production, parent rocks, rock reservoirs and rock coverings.

Chapter compares the Levantine and Herodotus deposits, and the final chapter presents the conclusions on the geological conditions associated with the creation of oil and gas deposits within the Cypriot EEZ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη (ΑΟΖ)

Ως Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη ορίζεται η θαλάσσια έκταση εντός της οποίας ένα κράτος έχει το δικαίωμα έρευνας ή εκμετάλλευσης των θαλάσσιων πόρων. Η ΑΟΖ μιας χώρας εκτείνεται στα 200 μίλια από την ακτογραμμή της χώρας αυτής. Ο καθορισμός αυτός της ΑΟΖ προτάθηκε από τα κράτη τα οποία δεν είχαν υφαλοκρηπίδα υπό γεωλογική άποψη.

1.1Περίπτωση Κύπρου

Η Κύπρος βρίσκεται σε μια ιδιαίτερη γεωγραφική θέση αφού όλα τα γειτονικά της κράτη, βρίσκονται σε απόσταση λιγότερη των 200 μιλίων από την ακτογραμμή της. Ως εκ τούτου η Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη της Κύπρου οριοθετήθηκε με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να ξεκαθαριστούν τα γεωχωρικά της όρια από αυτά των γύρω χωρών.

2.Οριοθέτηση Κυπριακής ΑΟΖ

- **2.1 Οριοθέτηση Κυπριακής ΑΟΖ με την Αίγυπτο**

Η συμφωνία για την οριοθέτηση της Κυπριακής ΑΟΖ με την Αίγυπτο υπογράφηκε το Φεβρουάριο του 2003, βασιζόμενη στην αρχή της μέσης γραμμής και σύμφωνη με τις διατάξεις της UNCLOS 82. Στη συμφωνία αυτή γίνεται αναφορά για δυνατότητα επανακαθορισμού της συμφωνίας της μέσης γραμμής. Επιπρόσθετα σε περίπτωση που οι φυσικοί πόροι της μιας χώρας εμπλέκονται με αυτούς της άλλης, τότε θα πρέπει να συμφωνήσουν μεταξύ τους για οποιαδήποτε εκμετάλλευσή τους.

- **2.2 Οριοθέτηση Κυπριακής ΑΟΖ με το Λίβανο**

Η συμφωνία για την οριοθέτηση της Κυπριακής ΑΟΖ με το Λίβανο υπογράφηκε τον Ιανουάριο του 2007 και βασίζεται στη διεθνώς αποδεκτή αρχή της μέσης γραμμής και σύμβασης του ΟΗΕ.

- **2.3 Οριοθέτηση Κυπριακής ΑΟΖ με το Ισραήλ**

Η συμφωνία για την οριοθέτηση της Κυπριακής ΑΟΖ με το Ισραήλ υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 2010, κατά την οποία και πάλι η οριοθέτηση των δυο κρατών βασίστηκε στην αρχή της μέσης γραμμής. Στη συμφωνία αυτή υπάρχουν παρόμοια άρθρα με αυτά της οριοθέτησης της Κυπριακής ΑΟΖ με την Αίγυπτο.

Αφού προηγήθηκαν όλες οι συμφωνίες με τις γειτονικές χώρες της Κύπρου, η Κυπριακή Δημοκρατία επικύρωσε την οριοθέτηση της Κυπριακής Αποκλειστικής Οικονομικής της Ζώνης η οποία χωρίστηκε σε 13 οικόπεδα με συνολική έκταση 51000 km².



Χάρτης απεικόνισης Κύπρου από το google maps

3. Αδειοδοτήσεις Κυπριακής Δημοκρατίας

3.1 Είδη αδειών

Η Κυπριακή Δημοκρατία χορηγεί 3 ειδών Άδειες Υδρογονανθράκων:

- Άδεια Αναζήτησης Υδρογονανθράκων: Η εν λόγω άδεια χορηγείται για διάστημα ενός έτους και αφορά τις προσπάθειες εντοπισμού Υδρογονανθράκων με οποιαδήποτε μέθοδο εκτός από αυτή των γεωτρήσεων.
- Άδεια Έρευνας Υδρογονανθράκων: Η άδεια αυτή χορηγείται για διάρκεια 7 ετών. Αρχικά χορηγούνται τρία έτη ερευνητικής περιόδου με δυνατότητα δύο ανανεώσεων από δύο έτη την κάθε φορά. Στην άδεια αυτή παρέχονται δικαιώματα έρευνας κοιτασμάτων υδρογονανθράκων σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.
- Άδεια Εκμετάλλευσης Υδρογονανθράκων: Εάν ο αδειούχος (κάτοχος άδειας έρευνας υδρογονανθράκων) ανακαλύψει εκμεταλλεύσιμο κοιτάσμα υδρογονανθράκων, του χορηγείται άδεια εκμετάλλευσης αυτών για χρονικό διάστημα 25 ετών με δικαίωμα ανανέωσης 10 ετών.

3.2 Άδειες Έρευνας Υδρογονανθράκων που χορηγήθηκαν από την Κυπριακή Δημοκρατία:

Κατά τον Ιανουάριο του 2013 χορηγήθηκε στην ENI Cyprus Limited άδεια Έρευνας Υδρογονανθράκων 3 τεμαχίων (Τεμάχιο 2, Τεμάχιο 3 και Τεμάχιο 9). Μαζί με την ENI, η οποία αποτελούσε το διαχειριστή αυτών των 3 τεμαχίων, συνεργαζόταν και η KOGAS Cyprus Limited.

Το Φεβρουάριο του 2013 χορηγήθηκε Άδεια Έρευνας Υδρογονανθράκων για το Τεμάχιο 11 στην TOTAL E&P Cyprus BV.

Τον Οκτώβριο του 2008 χορηγήθηκε άδεια για το Τεμάχιο 12 στους παρόχους Noble Energy International Ltd, BG Cyprus Limited, Delek Drilling Limited Partnership και Avner Oil Exploration Limited Partnership.

3.3 Άδειες Έρευνας Υδρογονανθράκων οι οποίες τερματίστηκαν

Η TotalE & PCyprusBV έλαβε το Φεβρουάριο του 2013 άδεια για το τεμάχιο 10, η οποία τερματίστηκε τον Ιούλιο του 2015.

3.4 Γύροι Αδειοδοτήσεων

1^{ος} γύρος αδειών:

Η Κυπριακή Δημοκρατία ανακοίνωσε το Μάιο του 2007 τον πρώτο γύρο αδειοδοτήσεων, ο οποίος αφορούσε τα ερευνητικά τεμάχια 1, 2 και 4 μέχρι 12 με τελευταία ημέρα υποβολής αιτήσεων, αυτή της 16^{ης} Αυγούστου 2007. Το αποτέλεσμα του πρώτου γύρου αδειοδοτήσεων ήταν η χορήγηση άδειας στις 24 Οκτωβρίου του 2008 στην Noble Energy International Ltd για το τεμάχιο 12 με βάση τα κριτήρια αναζήτησης τα οποία όρισε η Κυπριακή Δημοκρατία.

2^{ος} γύρος αδειών

Ο 2^{ος} γύρος αδειοδοτήσεων ξεκίνησε στις 11 Φεβρουαρίου του 2012 και αφορούσε τα τεμάχια με αριθμό 1 μέχρι 11 και 13 με τελευταία μέρα υποβολής αιτήσεων, αυτή της 11^{ης} Μαΐου 2012. Ως αποτέλεσμα του 2^{ου} γύρου αδειοδοτήσεων, ήταν η παραχώρηση αδειών στις εταιρίες ENI Cyprus Limited και KOGAS Cyprus Limited (τρεις άδειες για τα τεμάχια 2, 3 και 4) στις 24 Ιανουαρίου 2013) καθώς και στην δύο άδειες στην TOTALE&P Cyprus Limited (για τα τεμάχια 10 και 11) στις 6 Φεβρουαρίου 2013.

3^{ος} γύρος αδειών

Ο 3^{ος} γύρος αφορούσε τα τεμάχια 6, 8 και 10 της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης της Κύπρου. Το Υπουργικό συμβούλιο επέλεξε τη χορήγηση αδειών στους ακόλουθους:

- Eni Cyprus Limited/ Total E&P Cyprus B.V. για το τεμάχιο 6
- Eni Cyprus Limited για το τεμάχιο 8
- ExxonMobil Exploration and Production Cyprus (Offshore) Limited / Qatar Petroleum International Upstream O.P.C. για το τεμάχιο 10.

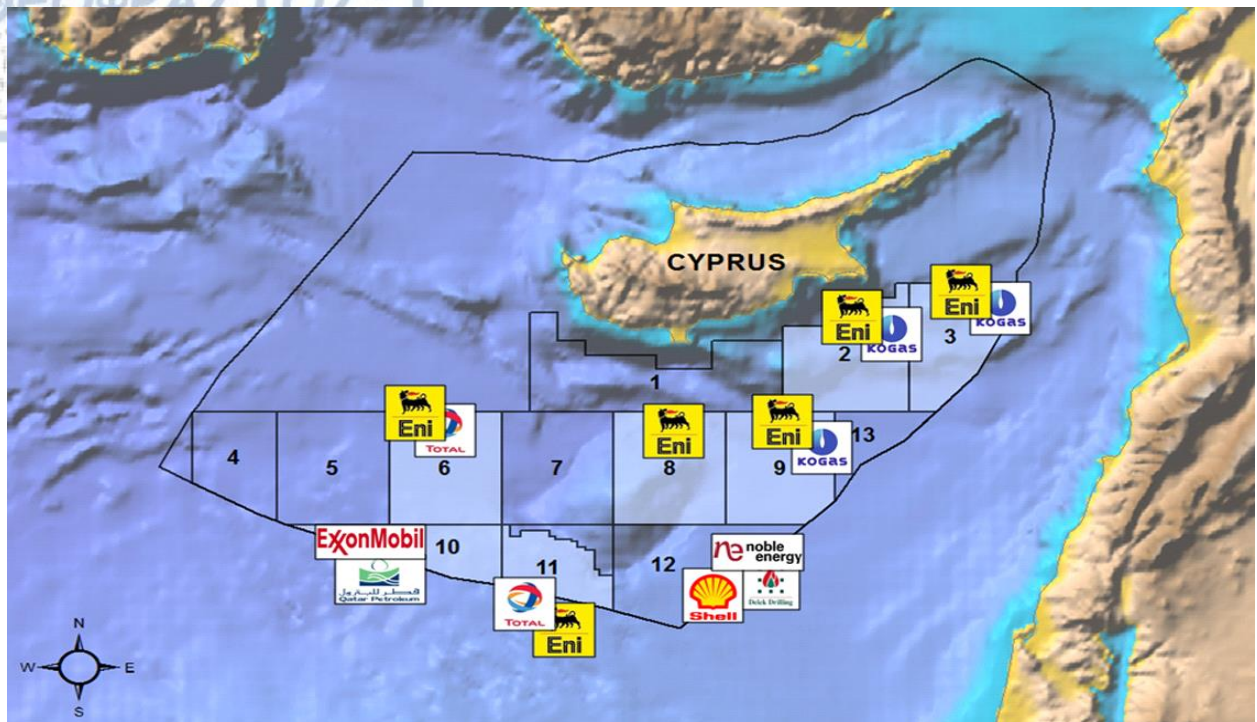
Το Υπουργικό Συμβούλιο όρισε μια ομάδα, η οποία είχε ως κύριο στόχο τη διαπραγμάτευση των όρων και προνοιών των συμβολαίων με τους επιλεγθέντες αιτητές.

Στην περίπτωση που η διαπραγμάτευση ήταν επιτυχής θα χορηγούνταν οι Άδειες Έρευνας Υδρογονανθράκων. Σε αντίθετη περίπτωση θα καλούνταν οι επιλαχόντες αιτητές σε καινούρια διαπραγμάτευση.

4.Ερευνητικές δραστηριότητες

Για το κάθε τεμάχιο της Κυπριακής ΑΟΖ έγιναν οι εξής δραστηριότητες:

- Για το τεμάχιο 2, έκτασης 4736 Km², πραγματοποιήθηκαν διαδικασίες διςδιάστατης (2956 Km²) και τριςδιάστατης (1355 Km²) απόκτησης σεισμικών δεδομένων. Η διαδικασία αφορούσε τα έτη 2013/2014.
- Για το τεμάχιο 3, έκτασης 3510 Km², πραγματοποιήθηκαν έρευνες απόκτησης διςδιάστατων και τριςδιάστατων σεισμικών δεδομένων συνολικού μήκους 2045 και 655 Km² αντίστοιχα.
- Για το τεμάχιο 9, έκτασης 4227 Km², πραγματοποιήθηκαν έρευνες απόκτησης διςδιάστατων (μήκους 1999 Km) και τριςδιάστατων (μήκους 2690 Km²) σεισμικών δεδομένων κατά τα έτη 2013/2014. Το 2014 και το 2015 πραγματοποιήθηκαν οι ερευνητικές εξορύξεις "Ονασαγόρας" και "Αμαθούσα", συνολικού βάθους 5,8 Km και 5,48 Km αντίστοιχα, οι οποίες κατέδειξαν τη μη εκμεταλλεύσιμη ύπαρξη υδρογονανθράκων.
- Για το τεμάχιο 11, έκτασης 2958 Km², πραγματοποιήθηκαν τριςδιάστατες σεισμικές έρευνες έκτασης 2280 Km². Επίσης πραγματοποιήθηκαν γεωχημικές έρευνες καθώς και πυρηνοληψία στον πυθμένα της θάλασσας κατά τα έτη 2013/2014.
- Για το τεμάχιο 12, συνολικής έκτασης 2684 Km², πραγματοποιήθηκαν διεργασίες τριςδιάστατων σεισμικών δεδομένων έκτασης 469 Km² κατά τα έτη 2009/2010. Τα έτη 2011/2012 έγιναν διςδιάστατες σεισμικές έρευνες μήκους 4081 Km. Επίσης το 2011 έγινε ερευνητική γεώτρηση βάθους 5750 m , με αποτέλεσμα την εύρεση κοιτάσματος φυσικού αερίου Αφροδίτη.
- Ακολούθως τα έτη 2013/2014 έγινε ακόμη μια τριςδιάστατη έρευνα σεισμικών δεδομένων έκτασης 2835 Km². Μετά την πρώτη ερευνητική γεώτρηση το 2011 έγινε και μια δεύτερη το 2013, βάθους 5750 m, ενώ παράλληλα έγινε και η DrillSystemTest γεώτρηση και καταλήξαμε στο 2015 με την ανακοίνωση ότι το κοιτάσμα φυσικού αερίου Αφροδίτη είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμο με ποσότητες 4,5 τρισεκατομμυρίων κυβικών πόδων. Συνέχεια αυτού, ήταν η απόφαση του αδειούχου του τεμαχίου 12 ότι η πιο οικονομική λύση είναι η σύνδεση του αγωγού με τις αγορές της Αιγύπτου μέσω υποθαλάσσιων αγωγών.



Καταλήγοντας στο σήμερα, εν έτη 2019 με τη σύγκλιση συμφωνίας μεταξύ Κύπρου - Αιγύπτου για τον αγωγό φυσικού αερίου με στόχο τη μεταφορά φυσικού αερίου, καθιστώντας δυνατή την ασφαλή και έγκυρη κατασκευή, ανάπτυξη και λειτουργία του υποθαλάσσιου αγωγού διαμέσου των ΑΟΖ. Ο αγωγός αυτός έχει σκοπό τη μεταφορά φυσικού αερίου από την ανατολική Μεσόγειο στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

5.Κυπριακή Εταιρεία Υδρογονανθράκων (CHC)

Η Κυπριακή Εταιρεία Υδρογονανθράκων ιδρύθηκε το Μάρτιο του 2014 με απόφαση του Υπουργικού Συμβουλίου (αριθ. 73.493). Η εταιρεία αυτή έχει εντολή να ενεργεί ως τεχνικός και εμπορικός βραχίονας σε θέματα τα οποία αφορούν την έρευνα και την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου από την Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη (ΑΟΖ) της Κύπρου, βάσει του άρθρου 16 του Περί Υδρογονανθράκων (Προοπτική, Εξερεύνηση και Εκμετάλλευση) του 2007.

Η απόφαση του Υπουργικού Συμβουλίου (με αριθ. 75.903 και ημερομηνία 16.10.2013) καθόρισε και εξουσιοδότησε επισήμως την εταιρεία όπως αναλάβει τη διαχείριση της συμμετοχής της Κυπριακής Δημοκρατίας σε δραστηριότητες έρευνας, εξερεύνησης και εκμετάλλευσης των υδρογονανθράκων.

Οι κύριες δραστηριότητες της CHC περιλαμβάνουν:

- Μάρκετινγκ για την διάθεση των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας της Κύπρου.
- Διαχείριση του μεριδίου κέρδους που θα έχει η Κυπριακή Δημοκρατία κατά την πώληση πετρελαίου ή φυσικού αερίου.
- Το δικαίωμα συμμετοχής σε διαδικασίες εκτίμησης ή εκμετάλλευσης των Υδρογονανθράκων εντός της Κυπριακής ΑΟΖ.
- Το δικαίωμα της επιστροφής όλων των περιουσιακών στοιχείων και εγγράφων κατά τον τερματισμό ή την ακύρωση μιας συμφωνίας.
- Τη διαχείριση των συμφερόντων ιδιοκτησίας σε υποθαλάσσιους αγωγούς εντός της Κυπριακής Δημοκρατίας.
- Το δικαίωμα συμμετοχής σε άδειες υδρογονανθράκων.

6. Νομοθεσίες

6.1 Ο Περί της Αποκλειστικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας Νόμος του 2004 (64(I)/2004)

Σύμφωνα με τον Περί της Αποκλειστικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας Νόμο του 2004 (64(I)/2004) ως Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη κηρύσσεται η παρακείμενη της χωρικής θάλασσας της Κυπριακής Δημοκρατίας ζώνη, το εξωτερικό όριο της οποίας ορίζεται σε απόσταση 200 ναυτικών μιλίων από τις γραμμές βάσης από τις οποίες μετράται το πλάτος της χωρικής θάλασσας με βάση τους περί της Χωρικής Θάλασσας Νόμους του 1964 και 2014.

Σε κάθε περίπτωση που οποιοδήποτε τμήμα της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης της Κυπριακής Δημοκρατίας υπερκαλύπτει τμήμα της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης άλλου Κράτους, τότε τα όρια της Αποκλειστικής Ζώνης μεταξύ των δύο αυτών κρατών ορίζονται κατόπιν συμφωνίας μεταξύ τους.

Σε περίπτωση που τα δύο αυτά κράτη δεν προβούν σε συμφωνία, τότε τα όρια της ζώνης είναι η μέση γραμμή ή η ίση απόσταση από τις εκατέρωθεν γραμμές βάσης από τις οποίες μετράται το πλάτος της χωρικής θάλασσας.

Έτσι σύμφωνα με τον Νόμο αυτό, η Κυπριακή Δημοκρατία έχει δικαίωμα να προβεί σε οποιαδήποτε εκμετάλλευση και διαχείριση όλων των φυσικών πόρων της Αποκλειστικής Οικονομικής της Ζώνης, ζώντων ή μη, δηλαδή όλων των μορφών υδρόβιας ζωής, των υδάτων καθώς και των ορυκτών πόρων που βρίσκονται στο βυθό της θάλασσας ή στο υπέδαφος αυτής της περιοχής. Σαν αποτέλεσμα αυτού, η Κυπριακή Δημοκρατία έχει τη δικαιοδοσία να προβεί σε οποιασδήποτε μορφή εκμετάλλευσης της Ζώνης αυτής όπως για παράδειγμα την εξερεύνηση της περιοχής, την παραγωγή ενέργειας, τη δημιουργία εγκαταστάσεων καθώς επίσης και την πραγματοποίηση ερευνών.

Αναφορικά με τα δικαιώματα και καθήκοντα των Κρατών στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη της Κυπριακής Δημοκρατίας, κάθε κράτος έχει το δικαίωμα να απολαμβάνει ελευθερίες όπως αυτές της ναυσιπλοΐας, της υπερπτήσης καθώς και πόντισης υποθαλάσσιων καλωδίων και αγωγών όπως επίσης και άλλων νόμιμων χρήσεων της θάλασσας πάντα ενεργώντας σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος Νόμου, της Σύμβασης, τους κανόνες του Διεθνούς Δικαίου καθώς και του Εθνικού Διεθνούς Δικαίου. Συνεχίζοντας σημαντικό είναι να τονισθεί ότι, όπως κάθε κράτος απολαμβάνει δικαιωμάτων στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη των άλλων κρατών, όπως και σε αυτήν της Κυπριακής Δημοκρατίας, έτσι κάθε κράτος έχει και τις ανάλογες υποχρεώσεις.

Επιπρόσθετα στο Νόμο αυτό καθορίζονται τα όρια της Υφαλοκρηπίδας της Κυπριακής Δημοκρατίας, με το εξωτερικό όριο αυτής να θεωρείται αυτό το οποίο βρίσκεται σε απόσταση διακοσίων ναυτικών μιλίων από τις γραμμές βάσεις, από τις οποίες μετράται το πλάτος της χωρικής θάλασσας και το οποίο συνηθέστερα είναι το ίδιο με το εξωτερικό όριο της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης του κράτους.

Ως υφαλοκρηπίδα να επισημάνουμε ότι αναφερόμαστε στο θαλάσσιο βυθό και το υπέδαφος των υποθαλάσσιων περιοχών που εκτείνονται πέραν της χωρικής θάλασσας της Κυπριακής Δημοκρατίας και της οποίας η Κυπριακή Δημοκρατία φέρει δικαίωμα πλήρους εκμετάλλευσής.

Τόσο στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη της Κύπρου όσο και στην Υφαλοκρηπίδα της, οποιαδήποτε εκμετάλλευση των ζώντων πόρων παρά την λήψη της ανάλογης άδειας από τον Υπουργό Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος αποτελεί ποινικό αδίκημα. Ποινικό αδίκημα αποτελεί και οποιαδήποτε εκμετάλλευση των μη ζώντων πόρων όταν δεν έχει ληφθεί η ανάλογη άδεια από Υπουργό Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού με σύμφωνη γνώμη των Υπουργών Εξωτερικού, Άμυνας, Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος και Συγκοινωνιών και Έργων. Ανάλογη άδεια απαιτείται να παρθεί και για την πόντιση υποθαλάσσιων καλωδίων και αγωγών.

Να σημειωθεί ότι ο παρών Νόμος τέθηκε σε ισχύ στις 21.3.2003.

6.2 Ο Περί Υδρογονανθράκων (Αναζήτηση, Έρευνα και Εκμετάλλευση) Νόμος του 2007 (Ν.4(Ι)/2007)

Στο Νόμο αυτό με τον όρο “*αναζήτηση υδρογονανθράκων*” εννοείται η προσπάθεια εντοπισμού υδρογονανθράκων με οποιαδήποτε πρόσφορη μέθοδο εκτός από αυτή των γεωτρήσεων ενώ με τον όρο “*εκμετάλλευση υδρογονανθράκων*” εννοείται η ανάπτυξη και παραγωγή υδρογονανθράκων ή τυχόν κατεργασία τους προκειμένου να καταστούν εμπορεύσιμοι καθώς και η αποθήκευση και η μεταφορά αυτών και των παραπροϊόντων τους μέχρι τις εγκαταστάσεις φόρτωσης για περαιτέρω διύλιση. Παρόλα αυτά στην παραπάνω κατεργασία δεν συμπεριλαμβάνεται η διύλιση.

Τέλος ως “*έρευνα υδρογονανθράκων*” νοείται η έρευνα η οποία γίνεται για την ανακάλυψη κοιτασμάτων υδρογονανθράκων με οποιαδήποτε πρόσφορη μέθοδο συμπεριλαμβανομένης και αυτής των γεωτρήσεων.

Να διευκρινιστεί εδώ ότι με τον όρο “*υδρογονάνθρακες*” γίνεται αναφορά σε κάθε είδους πετρελαιοειδή, είτε αυτά βρίσκονται σε στερεά, υγρή ή αέρια κατάσταση. Γίνεται αναφορά δηλαδή στο ορυκτό αργό πετρέλαιο ή φυσική βενζίνη, στα φυσικά υδρογονανθρακούχα αέρια καθώς και σε κάθε είδους συναφή ορυκτά ή ουσίες που εξορύσσονται μαζί τους.

Στο συγκεκριμένο Νόμο αρχικά γίνεται αναφορά στο Νόμο 64(Ι) του 2004, ο οποίος αναλύθηκε ανωτέρω, και στην κυριότητα των υδρογονανθράκων τονίζοντας και πάλι ότι αυτή ανήκει στη Κυπριακή Δημοκρατία. Σαν απόρροια αυτού, το Υπουργικό Συμβούλιο βρίσκεται σε θέση να ορίζει περιοχές για άσκηση δραστηριοτήτων (αναζήτηση, έρευνα, εκμετάλλευση) καθώς και να αρνείται την πρόσβαση σε αυτές για λόγους εθνικής ασφάλειας.

Ξεκάθαρο γίνεται επίσης ότι οποιοσδήποτε θέλει να προβεί σε τέτοιου είδους δραστηριότητες θα πρέπει να κάνει αίτηση για χορήγηση σχετικής από το Συμβούλιο άδειας με πολύ αυστηρά καθορισμένες προϋποθέσεις.

6.3 Διαδικασία υποβολής και εξέτασης της άδειας από τη Συμβουλευτική Επιτροπή

Για την υποβοήθηση των σκοπών του Νόμου αυτού, ιδρύθηκε Συμβουλευτική Επιτροπή η οποία αρχικά λαμβάνει τις αιτήσεις οι οποίες αφορούν την αναζήτηση, έρευνα ή εκμετάλλευση των υδρογονανθράκων. Ακολουθώς εξετάζει κατά πόσον η αίτηση πληρεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις και διατάξεις του Νόμου και κατά πόσον τα στοιχεία της αίτησης αυτής κρίνονται επαρκή. Εφόσον τα δύο αυτά πληρούνται, εξετάζεται η αίτηση και υποβάλλεται αιτιολογική εισήγηση από την επιτροπή αυτή στον Υπουργό επεξηγώντας γιατί θα πρέπει να εγκριθεί ή να απορριφθεί η συγκεκριμένη αίτηση. Ο Υπουργός αργότερα υποβάλλει την εισήγησή του καθώς και την εισηγητική έκθεση της Συμβουλευτικής Επιτροπής στο Υπουργικό Συμβούλιο το οποίο είναι υπεύθυνο να λάβει την τελική απόφαση.

Επιπρόσθετα του ρόλου αυτού, η Συμβουλευτική Επιτροπή είναι υπεύθυνη για τη μεταβίβαση άδειας ή εκχώρησης δικαιωμάτων που πηγάζουν από την άδεια, από έναν κάτοχο άδειας σε άλλο φορέα όπως επίσης και για τον καθορισμό όρων στον αιτητή.

Οι όροι αυτοί αφορούν την εθνική ασφάλεια, τη δημόσια ασφάλεια και υγεία, την προστασία του περιβάλλοντος (βιολογικών, ορυκτών πόρων καθώς και εθνικών θησαυρών που έχουν καλλιτεχνική, ιστορική ή αρχαιολογική αξία), την τεχνική και οικονομική δυνατότητα του αιτητή, την ασφάλεια των εγκαταστάσεων και των εργαζομένων όπως επίσης και τους τρόπους με τους οποίους ο αιτητής θα φέρει εις πέρας τις δραστηριότητες για τις οποίες λαμβάνει την άδεια.

Μερικές από τις υπόλοιπες υποχρεώσεις της Συμβουλευτικής Επιτροπής είναι ο υπολογισμός του βαθμού επιβάρυνσης του περιβάλλοντος και η εισήγηση μέτρων προστασίας του, ο καθορισμός του ρυθμού εξάντλησης των υδρογονανθράκων και τέλος η διασφάλιση των εσόδων προς τη Δημοκρατία. Για τη λήψη όλων αυτών των αποφάσεων η Συμβουλευτική Επιτροπή μπορεί να συμβουλευεται ειδικούς και εμπειρογνώμονες καθώς και οποιοδήποτε πρόσωπο το οποίο έχει γνώσεις οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στο έργο της.

Κατά τη διάρκεια αυτών των δραστηριοτήτων, ο Υπουργός μπορεί να ορίσει εξουσιοδοτημένο λειτουργό ο οποίος θα έχει τη δυνατότητα να παρουσιάζεται οποιαδήποτε στιγμή σε οποιοδήποτε κτίριο, υποστατικό, πλοίο και αεροσκάφος σχετικό με τα έργα, να εξετάζει τα μηχανήματα ή τους εξοπλισμούς και να διεξάγει έρευνες και ελέγχους. Επιπρόσθετη υπευθυνότητα του εξουσιοδοτημένου λειτουργού είναι να κρατά αντίγραφα αρχείων καθώς και να λαμβάνει δείγματα υδρογονανθράκων, ύδατος και άλλων στοιχείων, εφόσον υποψιάζεται οποιαδήποτε παράβαση των όρων της άδειας αδειούχων ή του παρόντος Νόμου και των κανονισμών.

7.Κύπρος εν έτη 2019

Κατά το έτος 2019 προβλέπεται η πραγματοποίηση ακόμα 5 γεωτρήσεων από τις εταιρίες Total, Eni και Exxon. Κατά την παρούσα στιγμή πραγματοποιούνται έρευνες από την ExxonMobil στο τεμάχιο "Γλαύκος" στο οποίο παρατέθηκαν θετικά αποτελέσματα. Στο οικόπεδο αυτό ανακαλύφθηκε κοιτάσμα εκτιμώμενου βάθους 5-8 τρισεκατομμύριων κυβικών ποδών. Η ανακάλυψη αυτή αποτελεί τη μεγαλύτερη μέχρι στιγμής για τα κυπριακά δεδομένα και τη δεύτερη μεγαλύτερη παγκοσμίως τα τελευταία 2 χρόνια. Πρόκειται για μια ανακάλυψη ενός εξαιρετικής ποιότητας ταμιευτήρα, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την μετατροπή της Κύπρου σε μια εναλλακτική πηγή ανεφοδιασμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το κοιτάσμα στο οικόπεδο 10 "Γλαύκος" ανακαλύφθηκε μια δεξαμενή αερίου μήκους 45 μέτρων, της οποίας το πηγάδι ήταν διάτρητο σε βάθος 4,2 μέτρων στα 2.063 μέτρα νερού. Πριν από την ανακάλυψη στο τεμάχιο 10 παρουσιάστηκαν αρνητικά αποτελέσματα κατά την διαδικασία της ερευνητικής γεώτρησης «Delphyne-1» και έτσι το γεωτρώπανο ξεκίνησε να μετακινείται προς το δεύτερο στόχο "Γλαύκος", στον οποίο η γεώτρηση είχε θετικά αποτελέσματα.



Τοπογραφικός χάρτης της Κύπρου με τα ανακαλυφθέντα κοιτάσματα.

<https://greece.greekreporter.com/2015/06/08/cyprus-gas-field-declared-commercially-viable-by-joint-venture-researching-the-area/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

1.Λεκάνη Λεβαντίνης- Τεκτονική

Η λεκάνη της Λεβαντίνης τοποθετείται στο ανατολικό τμήμα της Μεσογείου. Αποτελεί ένα βύθισμα το οποίο εκτείνεται στις νοτιότερες περιοχές του μετώπου της παραμόρφωσης της Αλπικής ζώνης, ανάμεσα στη ζώνη αλληλεπίδρασης μεταξύ των πλακών Ανατολίας, Αφρικής και Αραβίας (Vidal et al., 2000). Θεωρείται υπόλειμμα της Νέο Τηθύς, κατά την οποία έγινε κατακερματισμός της Παγγαίας (κατά το Μεσοζωικό), ανατολικά της Μεσογείου.

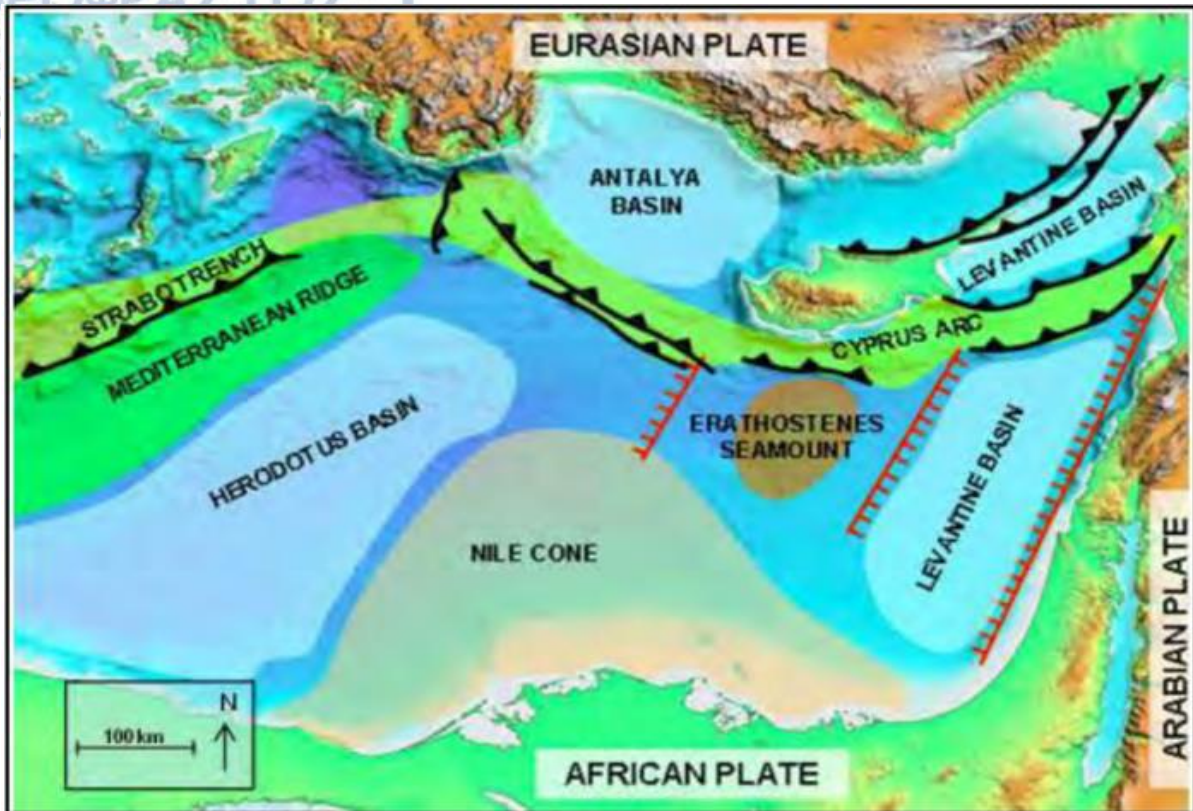
Η λεκάνη της Λεβαντίνης έχει πλάτος περίπου 155km και μήκος περίπου 325km με έκταση περίπου 50.375 km². Τα όρια της λεκάνης, προσδιορίζονται βορείως από την Κύπρο και από τη ζώνη επώθησης της Λάρνακας. Βορειοδυτικά της λεκάνης βρίσκεται το ηπειρωτικό μπλοκ του Ερατοσθένη, το οποίο ανατολικά οριοθετείται από την ανατολική ακτή της Μεσογείου και νοτιοδυτικά από τον κόνο του Νείλου. Δυτικά της Λεβαντίνης εμφανίζεται το υποθαλάσσιο βουνό του Ερατοσθένη, το οποίο λόγω της σύγκρουσής του με το νοτιοδυτικό περιθώριο της Κύπρου, έκλεισε την λεκάνη. Εκτείνεται 280km κατά μήκος του Κυπριακού τόξου (Vidal et al., 2000) και ανατολικά του Ερατοσθένη εκτείνεται σε βάθος μεγαλύτερο των 2km.

Μέσα σε αυτήν υπάρχουν Μεσοζωικές και Καινοζωικές ακολουθίες πάχους 14km, οι οποίες βρίσκονται πάνω σε ένα ρωγματομένο υπόστρωμα ηλικίας Τριαδικού – Κατώτερου Ιουρασικού (Roberts and Peace, 2007). Ωστόσο υπάρχει μεγάλη διαμάχη για το εάν αυτή η διαδικασία δημιούργησε ηπειρωτικό ή ωκεάνιο φλοιό (Vidal et al., 2000). Τα αίτια αυτής της διαμάχης είναι η μειωμένη επίγνωση της γεωγραφικής περιοχής της λεκάνης όπως επίσης και η έλλειψη σεισμικών ερευνών σχετικών με τη δομή του υποβάθρου της λεκάνης της Λεβαντίνης. Αυτοί οι δύο λόγοι διαδραματίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο όσον αφορά την αδυναμία μας, να κατανοήσουμε και να περιγράψουμε τη διαδικασία σχηματισμού της λεκάνης της Λεβαντίνης. Επιπρόσθετα οδηγούν σε μια αδυναμία επεξήγησης της τεκτονικής εξέλιξης των Άλπεων ανατολικά της Μεσογείου.

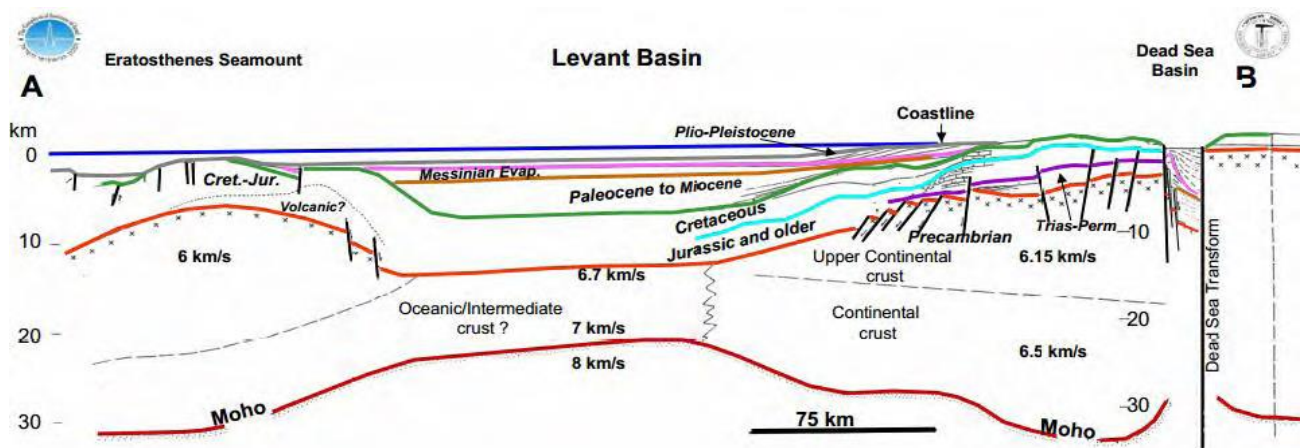
Κατά την διάρκεια του Μέσου – Άνω Κρητιδικού δημιουργήθηκε ο σχηματισμός του Ερατοσθένη με αποτέλεσμα η περιοχή της Λεβαντίνης να διαχωριστεί. Με το διαχωρισμό αυτό, τα βόρεια περιθώρια της λεκάνης της Λεβαντίνης καταβυθίστηκαν ή προσανυξήθηκαν, παραμορφώθηκαν και τοποθετήθηκαν στην Κύπρο και στη νότια Τουρκία (Ben Abraham, 1989; Garfunkel, 1998; Robertson, 1998). Τα νοτιοανατολικά περιθώρια της δεν διαχωρίστηκαν και εξακολούθησαν να βρίσκονται στην αρχική τους θέση κοντά στην ακτογραμμή του Ισραήλ.

Τα ιζήματα που βρίσκονται στην κατώφεια της λεκάνης διατηρούν στοιχεία σημαντικά αναφορικά με το άνοιγμα και το κλείσιμο της Νέο – Τηθύς.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η λεκάνη της Λεβαντίνης αποτελεί γεωλογική δομή εξαρτώμενη από τις μεγάλες κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών. Το συμπέρασμα αυτό παρουσιάζεται από σεισμικές καταγραφές οι οποίες εμφανίζουν διαφορές στις σεισμικές ταχύτητες όπως και επίσης στο βάθος της ασυνέχειας Moho. Οι αλλαγές αυτές των ταχυτήτων μαζί με το βάθος της ασυνέχειας Moho συσχετίζονται με την αλλαγή στον τύπο και στο πάχος του φλοιού. Ο ηπειρωτικός φλοιός έχει πάχος περίπου 30Km (κατά τον οποίο έχουμε χαμηλές ταχύτητες) ενώ ο ωκεάνιος φλοιός αντιστοιχεί σε πάχος περίπου 10km (κατά τον οποίο παρουσιάζονται υψηλές ταχύτητες). (Garfunkel, 1998; Ben – Avraham et al., 2002; Gardosh & Druckman, 2006)



3.Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τα κύρια δομικά χαρακτηριστικά της ανατολικής Μεσογείου (τροποποιημένη εικόνα από τους Sage&Letouzey, 1990) (πηγή: Semb, 2009)



4.Σχηματική τομή της Λεκάνης της Λεβαντίνης από την Νεκρή Θάλασσα έως το βουνό του Ερατοσθένη. Επίσης παρουσιάζονται οι σεισμικές ταχύτητες του φλοιού (Gardosh et al., 2006)

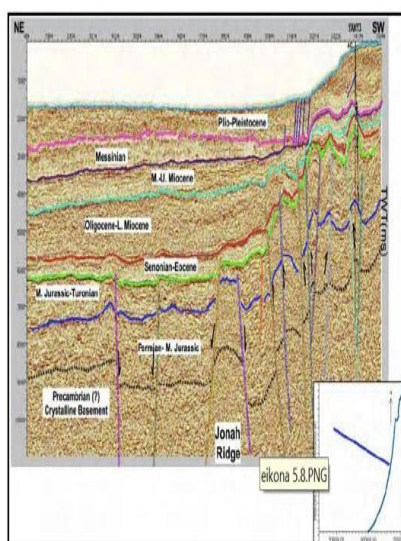
Από περαιτέρω στοιχεία διαφαίνεται ότι η λεκάνη της Λεβαντίνης αποτελούσε μέρος της Γκοντβάνας και τοποθετείται πάνω στην ενδοχώρα, νοτίως του ωκεανού της Παλαιό – Τηθύος (Garfunkel, 1998; Weissbrod, 2005).

Κατά την διάρκεια του Άνω Παλαιοζωικού και Κάτω Μεσοζωικού δημιουργήθηκε μια σειρά από τάφρους και κέρατα τα οποία συνδέονται με μαγματική δραστηριότητα, τα οποία αναγνωρίζουμε στο δυτικό μέρος της λεκάνης της Λεβαντίνης όπου τα ιζηματογενή πετρώματα επηρεάζονται από την συμπιεστική παραμόρφωση. Όλο αυτό παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες.

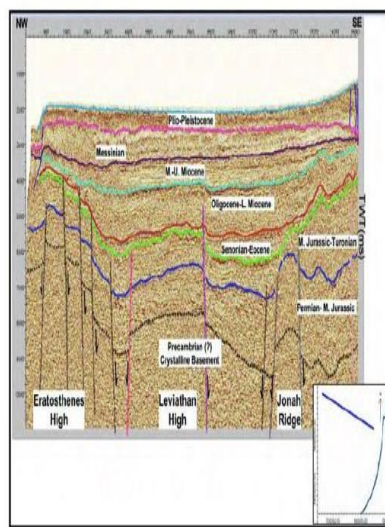
Οι σπουδαιότερες δομές της περιοχής είναι τα 2 τοπογραφικά ψηλά, ύψωμα Leviathan και η ράχη του Jonah (Folkman & Ben-Gai, 2004). Τα πλάτη και τα μήκη τους είναι 15-30 km και 80-100km αντίστοιχα, έχουν προσανατολισμό BA-ΝΔ και οριοθετούνται από μια ομάδα κανονικών ρηγμάτων μεγάλων κλίσεων και από κατακόρυφες μετατοπίσεις. Οι πλευρές τους οφείλονται σε μια σειρά γεγονότων βύθισης, τα οποία δημιούργησαν ασύμμετρες τάφρους που γέμιζαν από στρώματα Περμιού – Μέσου Ιουρασικού πάχους 8 km. Επιπρόσθετα εμφανίζεται και ένα τρίτο υψηλό, το ηπειρωτικό μπλοκ του Ερατοσθένη, το οποίο καλύπτεται μερικώς, αλλά εμφανίζεται μόνο το νοτιοανατολικό τμήμα αυτού από τα σεισμικά δεδομένα. Με βάση τα σεισμικά δεδομένα που πραγματοποιήθηκαν παρατηρούνται και μικρότερα ψηλά, βόρεια και νότια του Leviathan και του Jonah, με διευθύνσεις BA-ΝΔ και μήκος και πλάτος 20km και 10km αντίστοιχα.

Το πρώτο είναι το ύψωμα Yam, το οποίο βρίσκεται νοτιοανατολικά της λεκάνης, και προσδιορίζεται από σειρές μεγάλου βάθους ρηγμάτων, οι οποίες βρίσκονται δυτικά των 2 γεωτρήσεων (Yam-2 και Bravo-1).

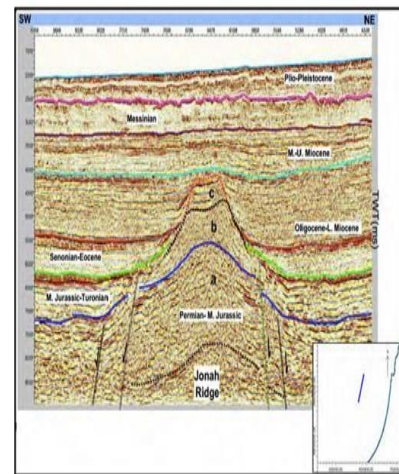
Η ηλικία του υψώματος του Yam υπολογίζεται στο Άνω Παλαιοζωικό με Τριαδικό.



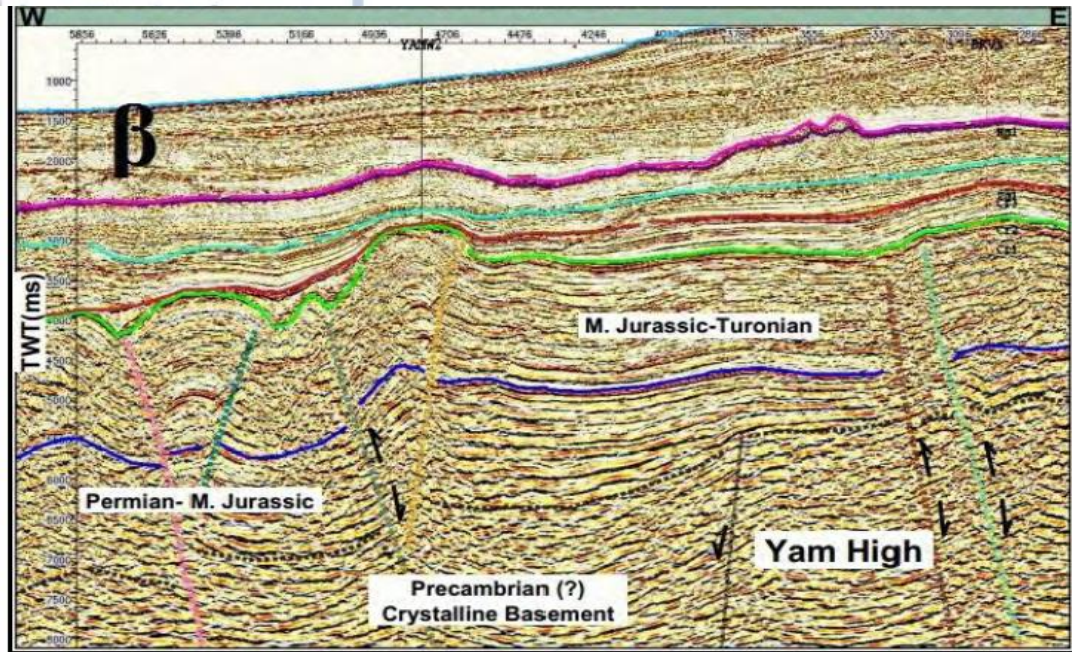
Εικόνα 29: Σεισμικό προφίλ σε διεύθυνση BA-ΝΔ που δείχνει δομές ερείκωσής και συμπίεσης στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης (Gardosh et al., 2006).



Εικόνα 30: Σεισμικό προφίλ σε διεύθυνση BA-ΝΔ από το υποθαλάσσιο βουνό του Ερατοσθένη στο περιθώριο της Λεβαντίνης. Το προφίλ δείχνει μια σειρά από τάφρους και κέρατα τα οποία συνδέονται με τη διάρρηξη του Μεσοζωικού (Gardosh et al., 2006).



Εικόνα 32: Προσανατολισμένο σε διεύθυνση ΝΔ-BA σεισμικό προφίλ που δείχνει το νότιο τμήμα της ράχης Jonah. Η ράχη αποτελείται από τρεις ενότητες: α) ένα κέρα: Κατώτερου Ιουρασικού, β) ένα χαοτικό σεισμικό πακέτο που ερμηνεύεται ως ηρακλειτικός κώνος με ποιά μεγάλη κλίση: ελαφής: Άνω Ιουρασικού - Κατώτερου Τριτογενούς και γ) μια σειρά παράλληλων υψηλών έντασης ανακλίσεις που ερμηνεύονται ως ανθρακικές συσσωρεύσεις Κατώτερου Μειοκαινίου (Gardosh et al., 2006).



5. Νότιο τμήμα του υψώματος Yam (Gardosh et al., 2006)

Το σύστημα διάρρηξης που δημιούργησε την λεκάνη της Λεβαντίνης τοποθετείται ανάμεσα από τον Αραβικό ορεινό όγκο (νοτιοανατολικά) και το ηπειρωτικό μπλοκ του Ερατοσθένη (δυτικά). Διαπιστώθηκαν 4 κύρια επεισόδια διάρρηξης κατά:

- Το Πέρμιο
- Κατώτερο-Μέσο Τριαδικό
- Ανώτερο Τριαδικό
- Κατώτερο-Μέσο Ιουρασικό.

Κατά το κατώτερο Μεσοζωικό πραγματοποιήθηκε μια δραστηριότητα διάρρηξης, η οποία δημιούργησε ένα λεπτό φλοιό μέσα στην λεκάνη, με τη σύνθεση όμως του φλοιού να μην είναι εμφανής στην νοτιοανατολική Μεσόγειο. Όσον αφορά την προέλευση του φλοιού, οι απόψεις διίστανται.

Η πρώτη άποψη στηρίζεται στην ύπαρξη μια ωκεάνιας λιθόσφαιρας, σχηματιζόμενης κατά την διάρκεια της αρχικής διάνοιξης όταν αυτή εξελίχθηκε σε πλήρη κλίμακα (Makris et al., 1983; Ginzbug & Ben – Avraham, 1987; Ben – Avraham & Ginzbug, 1990).

Η δεύτερη άποψη βασίζεται σε ένα μοντέλο ενός τεντωμένου φλοιού ηπειρωτικής προέλευσης, ο οποίος δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια διάνοιξης της ενδο-πλάκας (Hirschtal., 1995; Cohen et al., 1988, 1990; Gardosh & Druckman, 2006). Αμέσως μετά την διάνοιξη αυτή ακολούθησε ψύξη και αμέσως μετά υποβύθιση της λιθόσφαιρας στην Λεβαντίνη.

Μια σημαντική λεπτομέρεια που παρουσιάζεται είναι ότι το στρώμα του υποβάθρου της λεκάνης, στο κεντρικό του τμήμα, δεν εμφανίζει ιδιότητες ωκεάνιου φλοιού. (Klitgord & Hutchinson, 1988; Finetti, 1985; Avedik et al., 1995).

Λόγω του ότι η περιοχή αυτή δεν χαρακτηρίζεται από βασάλτες μεσοωκεάνιας ράχης (MORB), μπορεί να ειπωθεί ότι η δημιουργία της δεν συνδέεται με τη θεωρία εξάπλωσης του ωκεάνιου πυθμένα. Στηριζόμενοι σε αυτό, συμπεραίνουμε ότι η διάρρηξη του κάτω Μεσοζωικού, η οποία ξεκίνησε από το βορειότερο άκρο της Γκοντβάνας, δεν έφτασε ποτέ στην περιοχή της λεκάνης της Λεβαντίνης. (Gardosh & Druckman, 2006).

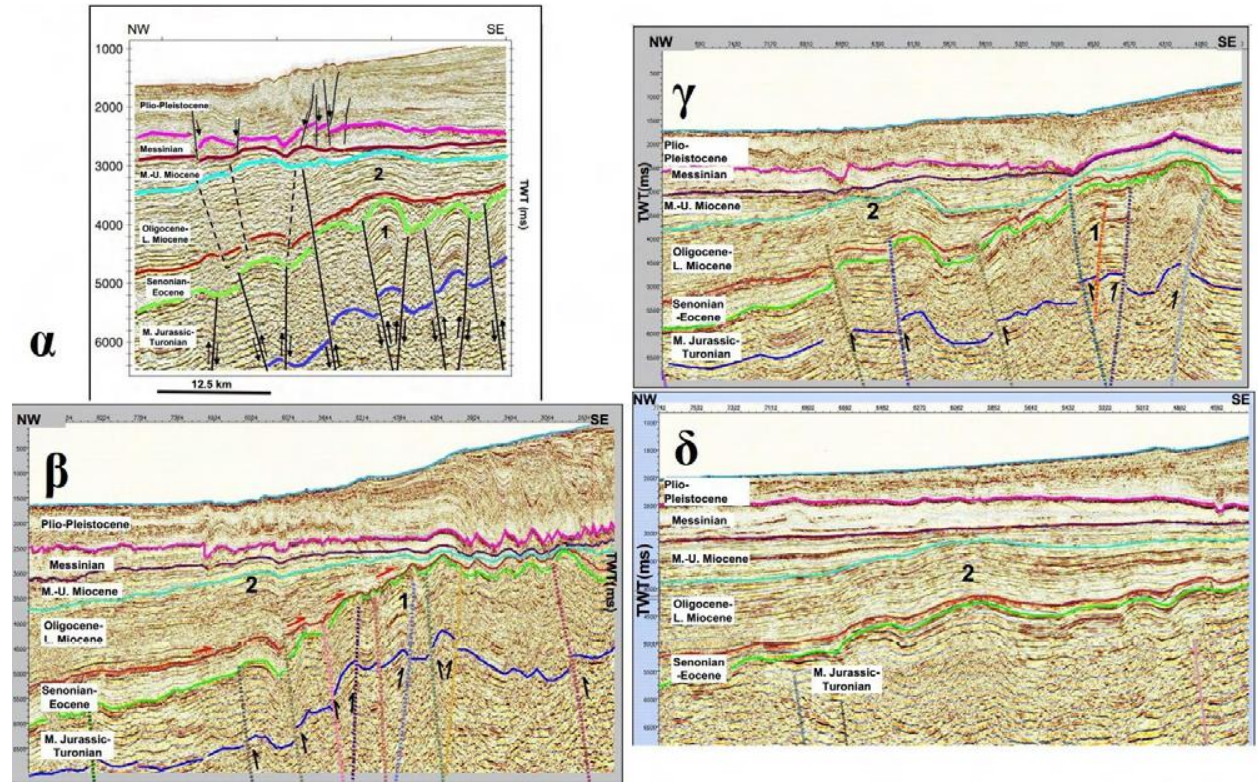
Κατά το τέλος του Παλαιοζωικού(Άνω Πέρμιο) έως το Κάτω Ιουρασικό, συμπεριλαμβανομένου του Τριαδικού, η περιοχή της Λεβαντίνης αποτελούνταν κυρίως από ανθρακικά πετρώματα ρηχής θάλασσας αλλά και από πυριτικής σύστασης πετρώματα.

Από σεισμικές έρευνες που έγιναν στο νότιο και κεντρικό Ισραήλ, τα στρώματα του Τριαδικού και Κάτω Ιουρασικού, παρουσιάζουν διακυμάνσεις στο πάχος τους (Goldberg&Friedman, 1974; Druckman, 1974, 1977; Freund et al., 1975; Druckman, 1984; Bruner,1991; Druckman et al., 1995a; Garfunkel, 1998; Gelberman, 1995).(παρουσιάζονται στην εικόνα με τη σχηματική τομή της Λεβαντίνης). Κατά την διάρκεια του Μέσου Ιουρασικού δημιουργήθηκε μια παλαιο-ζώνη περιστροφικής απόθεσης κατά μήκος του ανατολικού περιθωρίου της Λεβαντίνης. Η ζώνη αυτή χωρίστηκε σε μια μεγάλη ρηχή πλατφόρμα στα ανατολικά και σε μια μεγάλου βάθους θαλάσσια λεκάνη στα δυτικά (Gvirtzman & Klang, 1972; Bein & Gvirtzman, 1977). Επιπρόσθετα εμφανίζεται ότι η άκρη της Μεσοζωικής υφαλοκρηπίδας απλώνεται σε όλη την νοτιοανατολική ακτογραμμή της Μεσογείου.(Walley, 1998, 2001).

Κατά το Άνω Κρητιδικό έως το Κάτω Τριτογενές υπερισχούσε μια ημι-πελαγική έως πελαγική ιζηματογένεση, διακόπτοντας έτσι την απόθεση του ανθρακικού άλατος αβαθούς θάλασσας στο περιθώριο της λεκάνης. Η μεταβολή αυτή μας παραπέμπει σε ένα γεγονός πλημμυρικής μεταβολής οι οποία σχετίζεται με την επαναδιευθέτηση της πλάκας και την εκκίνηση του κλεισίματος του ωκεανού της Νέο – Τηθύος (Sass&Bein, 1982; Almigil – Labin, et al., 1993).

Στις περιοχές όπου βρίσκονται σήμερα η Κύπρος και η νότια Τουρκία, είχε ξεκινήσει η βύθιση της ζώνης καταβύθισης προς το βορρά, στο νότιο τμήμα του ωκεανού της Νέο – Τηθύος. Αυτή η βύθιση παρατηρήθηκε σαν αποτέλεσμα της σύγκλισης δύο λιθοσφαιρικών πλακών, αυτών της Ευρασίας και Αφρικής – Αραβικής κατά το Ανώτερο Κρητιδικό(Robertson, 1998). Μια πιθανή συμπίεση προκλήθηκε στο παθητικό περιθώριο της λεκάνης της Λεβαντίνης, κατά την έναρξη της καταβύθισης, η οποία δημιούργησε αντικλινικές και συγκλινικές δομές σε όλη την περιοχή. Η περιοχή αυτή μετέπειτα ονομάστηκε "τόξο της Συρίας"(Krenkel 1924) και με τα σεισμικά δεδομένα τα οποία πραγματοποιήθηκαν σε αυτήν παρατηρήθηκε παραμόρφωση οφειλόμενη στην επανενεργοποίηση κανονικών ρηγμάτων του Κάτω Μεσοζωικού, τα οποία λειτούργησαν σαν ανάστροφα (Freund et al., 1975; Druckman et al., 1995).

Η παραμόρφωση αυτή ξεκίνησε από το τέλος του Κρητιδικού και συνεχίστηκε έως το Τριτογενές, με βάση τα στοιχεία τα οποία συλλέχθηκαν από το Ισραήλ και το Λίβανο (Eyal&Rechs, 1983; Walley, 1998, 2001) και παρατηρήθηκε από τα υπεράκτια σεισμικά δεδομένα τα οποία έγιναν σε όλη τη λεκάνη της Λεβαντίνης. Μέσα στην παραμόρφωση διακρίνονται δύο επεισόδια πτύχωσης ονομαζόμενα SyrianArcI και II (Walley 1998, 2001)(εικόνα α).



6. Παρουσιάζονται τα στάδια σύγκλισης και δομές συστολής στη λεκάνη Λεβαντίνης: α) προφίλ από το ΝΑ τμήμα της λεκάνης, με το SyrianArcI και II β) προφίλ από το ΝΑ τμήμα της λεκάνης που δείχνει τις πτυχές SyrianI + II γ) προφίλ από το ανατολικό τμήμα δ) προφίλ από το ΒΑ τμήμα, το οποίο δείχνει τις πτυχές SyrianArcII (Gardoshetat., 2006)

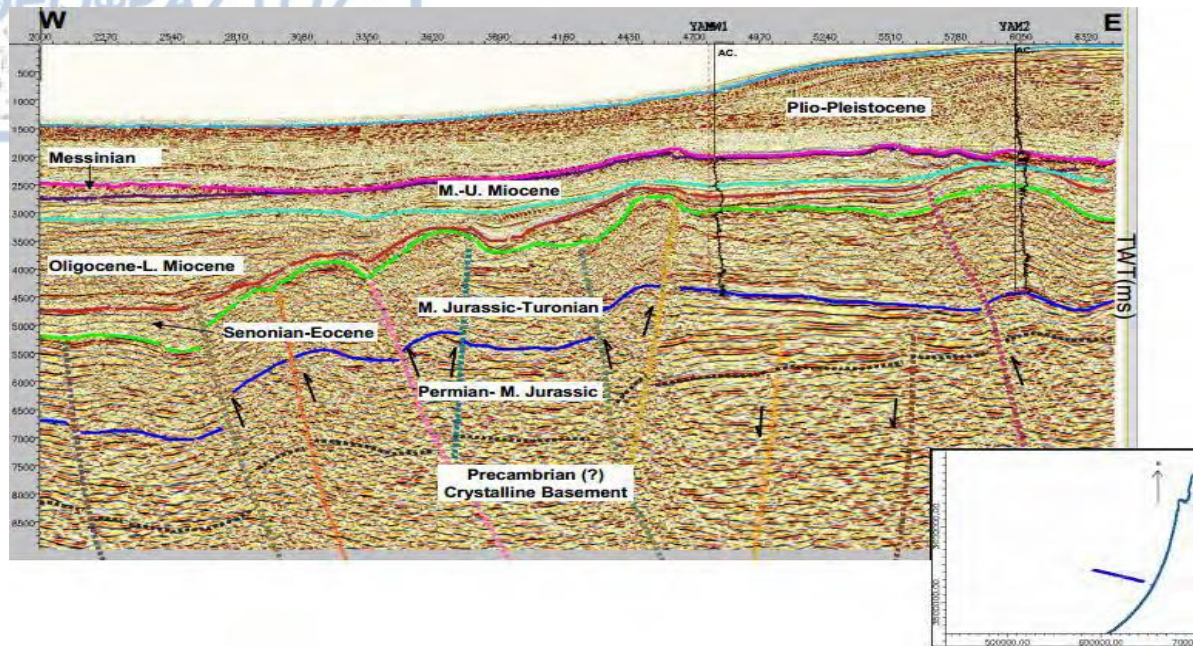
Το SyrianArcI κυριαρχεί στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης της Λεβαντίνης, στο οποίο επικρατούν αντίκλινα και σύγκλινα μαζί. Η παραμόρφωση του εισέρχεται και διαμορφώνει την ασυμφωνία του Μέσου Κρητιδικού όπως επίσης και τα παλαιότερα στρώματα (εικόνα 6).

Οι πτυχές που παρουσιάζονται στην περιοχή αυτή εμφανίζουν γωνίες ανοίγματος 10-30°, έχουν μήκος και πλάτος 10 – 30 Km και 5 – 10 Km αντίστοιχα με ύψος μεγαλύτερο του 1Km. Τα ρήγματα που επικρατούν στην περιοχή αυτή μετατοπίζονται μέχρι την ασυμφωνία του Μέσου Κρητιδικού. Σε κάποιες περιοχές διακρίνονται αναστροφή παλαιότερων εφελκυστικών δομών, όπως το ρήγμα YamWest-1.

Σύμφωνα με τις πηγές πιθανολογείται ότι αυτή η φάση αποτελεί σύγκρουση ωκεανού με ωκεανού στα νότια της Νέο – Τηθύος (Walley 1998).

Όσο αφορά το SyrianArcII η παραμόρφωση του είναι πιο περίπλοκη και παρουσιάζει δύο μέλη:

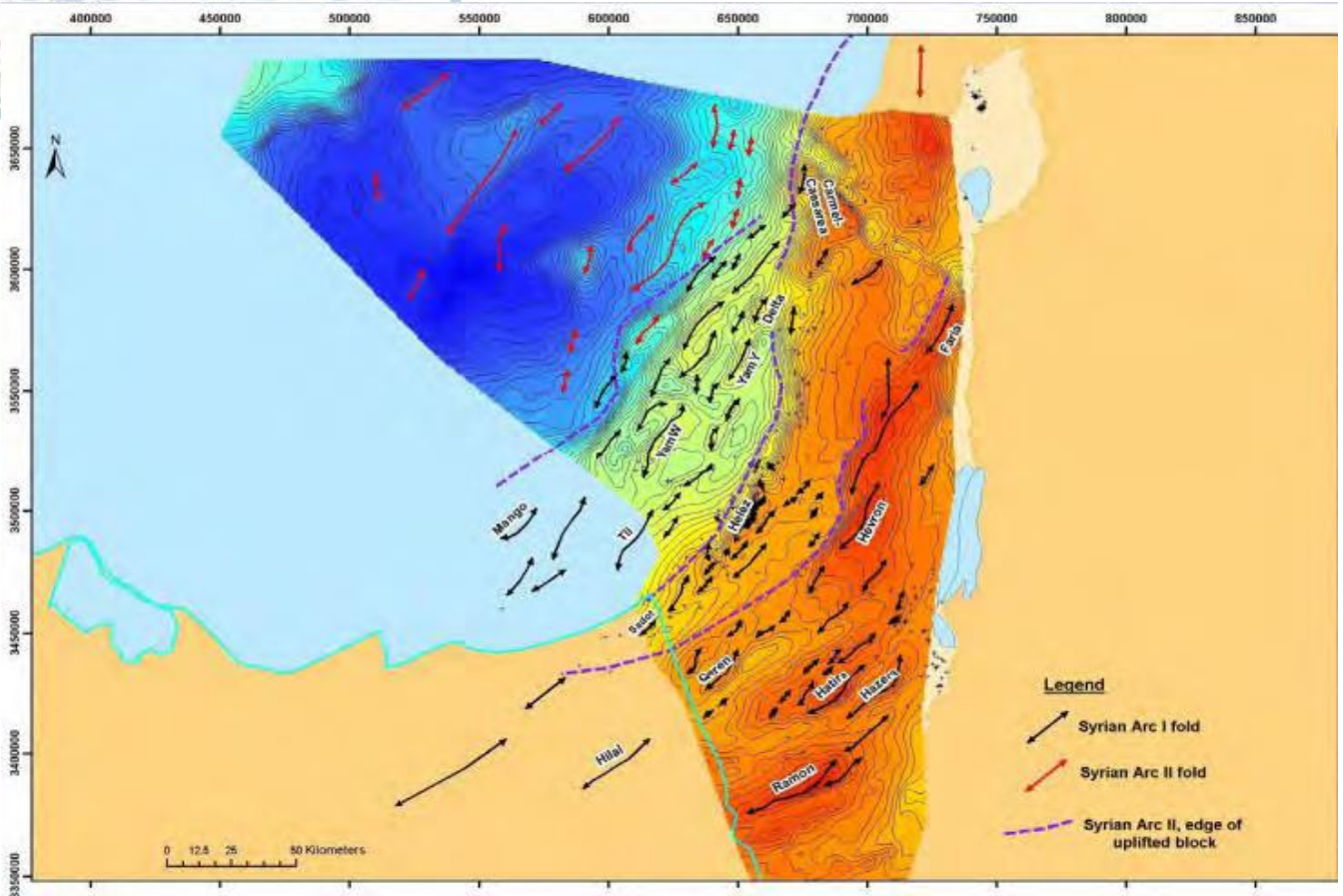
1. Αποτελείται από μικρού ύψους και μεγάλου μήκους πτυχές που σε κάποια σημεία τοποθετούνται πάνω από τις δομές του SyrianArcI. Οι πτυχές αυτές εμφανίζονται σε όλη την λεκάνη όπως και επίσης στο βαθύ ανατολικό τμήμα του Ερατοσθένη. Η πτύχωση της περιοχής πιστεύεται ότι ξεκίνησε στο Άνω Ηώκαινο (Walley 1989, 2001) και συνεχίστηκε έως το Κάτω – Μέσο Μειόκαινο. Το υπόστρωμα της ασυμφωνίας του Μεσσηνίου δεν το επηρεάζει (εικόνα 6 α, δ) με συμπέρασμα το όριο της ηλικίας αυτής της παραμόρφωσης να είναι το Άνω Μειόκαινο.
2. Η ασυμφωνία, ηλικίας Μέσου Κρητιδικού, κλίνει προς τα δυτικά με το ανώτερο της τμήμα να βρίσκεται στα 3Km ύψος από τον πυθμένα της λεκάνης. Το τμήμα, ηλικίας Ολιγόκαινου – Κάτω Μειόκαινου, υπέρκειται την ανυψωμένη δομή στα ανατολικά (εικόνα 6β). Η πτύχωση της SyrianArcI, στο ανατολικό τμήμα της Λεβαντίνης, χαρακτηρίζεται από ανύψωση και επικάλυψη από Νεογενούς σχηματισμούς. Όλα αυτά διεκπεραιώνονται στο δυτικό τμήμα της SyrianArcI και έγιναν κατά το Ολιγόκαινο – Άνω Μειόκαινο. Η φάση του SyrianArcII μάλλον σχετίζεται με τη σύγκλιση και σύγκρουση ηπείρου με ήπειρο στο νότιο περιθώριο της Νέο – Τηθύος (Walley 1998, 2001). Φημολογείται επίσης ότι πολλές από τις παλαιότερες πτυχές του SyrianArcI επαναλειτούργησαν με αποτέλεσμα να δημιουργήσουν καινούργιες δομές.



8. Σεισμικό προφίλ προσανατολισμένο σε Δ-Α, μέσω των γεωτρήσεων Yam-2 και YamWest-1. Το προφίλ δείχνει την περιοχή μετάβασης από την ανυψωμένη ζώνη επώθησης στα ανατολικά, στην βαθιά λεκάνη του Τριτογενούς στα δυτικά (Gardosh et al., 2006)

Η σύγκλιση κατά την διάρκεια του Ολιγόκαινου-Κάτω Μειόκαινου διαμόρφωσε μια ζώνη καταβύθισης κατά μήκος του Κυπριακού Τόξου (Robertson, 1998). Κατά την διάρκεια κίνησης της πλάκας, η περιοχή της Λεβαντίνης, ανυψώνεται στα ανατολικά της ακτής της Μεσογείου και γίνεται αναθόλωση της Αραβικής ασπίδας στα νότια. Το γεγονός αυτό παρατηρείται από μια περιφερειακή ασυμφωνία, η οποία εμφανίζεται στο επάνω μέρος των στρωμάτων Ηωκαινικής ηλικίας τα οποία χωρίζουν το παλαιότερο ανθρακικό ίζημα από το υπερκείμενο πυριτικό, Ολιγο – Μειοκαινικής ηλικίας, της σειράς του Saqyie (Picard, 1943; Ball & Ball, 1953). Αποτέλεσμα εκτεταμένης διάβρωσης αποτελούν τα χονδρόκοκκα κλαστικά ιζήματα, ηλικίας Ολιγόκαινου – Μειόκαινου, τα οποία μεταφέρθηκαν προς την λεκάνη μέσω ενός μεγάλου υπαεριώδη υποθαλάσσιου συστήματος απορροής, το οποίο εξαπλώθηκε στην κατωφέρεια της λεκάνης της Λεβαντίνης (Gvirtzman & Buchbinder, 1978; Druckman et al., 1995b).

Η κρίση αλατότητας του Μεσσηνίου είχε σαν αποτέλεσμα την απόθεση αλίτη και ανυδρίτη μεγάλου πάχους (Hsu et al., 1978; Gvirtzman & Buchbinder, 1978). Ο εβαπορίτες αυτοί αποτέθηκαν σε μια βαθιά ταπείνωση στα δυτικά της λεκάνης της Λεβαντίνης (Tibor et al., 1992).



7.Βαθομετρικός χάρτης Μέσου Κρητιδικού και το στάδιο συμπίεσης και πτύχωσης της Λεβαντίνης (SyrianArcIII) (Gardosh et al., 2006)

2.Λεκάνη Λεβαντίνης-Στρωματογραφία

2.1 Πέρμιο – Τριαδικό:

Τα ιζήματα που βρίσκονται στο κεντρικό και νότιο τμήμα του Ισραήλ έχουν ηλικία που υπολογίζεται στο Κάτω Πέρμιο (Weissbrod, 1969b; Eshet, 1990). Το αβαθές θαλάσσιο τμήμα του Πέρμιο – Τριαδικού μαζεύεται σε ένα τεράστιο σχηματισμό, με προσανατολισμό B-N, ο οποίος αυξάνεται βαθμιαία σε πάχος προς τα βόρεια και μειώνεται προς τα ανατολικά και δυτικά (Weissbrod, 1969a; Druckman, 1974; Druckman&Kashai, 1981; Druckman et al., 1995a; Korngrin, 2004). Το δυτικό μέρος του σχηματισμού αυτού χαρακτηρίζεται ως ένα basement high, με βάση γεωτρωτικές έρευνες που έγιναν στην νότια παράκτια πεδιάδα. Η θέση του χαρακτηρίζει την πάχυνση του στα ανατολικά και βόρεια του Περμιο – Τριαδικού σχηματισμού. Κατά το Άνω Τριαδικό με Μέσο Ιουρασικό το basement high διαλύεται και φεύγει στα δυτικά, με αυτό να είχε ως αποτέλεσμα να μην αποτεθούν ιζήματα του Περμιο – Τριαδικού. Με βάση τις έρευνες των Gvirtzman&Weissbrod (1984), ονόμασαν αυτό το χαρακτηριστικό "HelezHigh" και πιστεύεται ότι αποτελεί ένα τμήμα του περιφερειακού γεωαντίκλινου.

Ο σχηματισμός Sa'ad, ηλικίας Κάτω Περμίου, βρίσκεται πάνω του Προ – Κάμβριου υποβάθρου και εμφανίζεται σε γεωτρήσεις στην περιοχή της Negev και στην νότια παράκτια πεδιάδα. Είναι πάχους 70 – 180m και αποτελείται από πόταμο – δέλτα ιζήματα (Weissbrod, 1969a). Οι δελταϊκοί ψαμμίτες που αποτέθηκαν μπορούν να χαρακτηριστούν ως πολύ καλοί αποταμιευτήρες. Στο Άνω Πέρμιο δημιουργείται ο σχηματισμός Argon, και βρίσκεται στην περιοχή της Negev και στη νότια παράκτια πεδιάδα. Συντελείται από αβαθούς θάλασσας ανθρακικά ιζήματα, ψαμμίτες και σχιστές αργίλους, με πάχος περίπου 100-250m. Το όριο του Περμίου – Τριαδικού τμήματος χαρακτηρίζεται από μια διακοπή του Κάτω Τριαδικού (Induan) και εμφανίζει κόκκινο πηλό από μια ακίδα μυκητών και από αναμοχλευμένα μικροαπολιθώματα του Κάτω Παλαιοζωικού (Eshet, 1990; Benjamini et al., 2005).

Το τμήμα του Τριαδικού εμφανίζεται σε ένα ρηχό θαλάσσιο σχηματισμό με προσανατολισμό B-N. Τα ιζήματα έχουν πάχος 1Km και 2,6Km στο Negev και στο βόρειο Ισραήλ αντίστοιχα (theDevorah-2awell, Druckman & Kashai, 1981).

Οι γεωτρήσεις που έγιναν (HelezDeep-1, Gevim-1, και Besor-1) ανέδειξαν μια μείωση του πάχους του Τριαδικού στο 'HelezHigh' (Druckman, 1974, 1984; Druckman et al., 1994, 1995a). Από την άλλη, οι βαθύτερες γεωτρήσεις, Gaash-2 και Atlit-1 οι οποίες βρίσκονται 70 και 130Km βόρεια από το HelezDeep – 1 αντίστοιχα, ανέδειξαν πάχος ιζημάτων μεγαλύτερο του 1,15Km (Derin & Gerry, 1981; Korngrin, 2004). Η μεταβολές αυτές υποστηρίζουν μια περιφερειακή βύθιση του υποβάθρου προς το βορρά.

Τριαδική ενότητα (περιλαμβάνει μια σειρά από δέκα(10) επικαλυπτόμενους κύκλους απόθεσης):

Πρώτος κύκλος: Σχηματισμός του Yamin, ο οποίος αποτελείται από ανθρακικά ιζήματα και παράκτιες και ρηχής θάλασσας σχιστές αργίλους(πάχους 120-155m). Ο κύκλος αυτός δημιουργήθηκε κατά το Κάτω Τριαδικό και διήρκησε 5 εκατομμύρια χρόνια.

Δεύτερος κύκλος: Σχηματισμός του Zafir, Κάτω – Μέσο Τριαδικής ηλικίας (πάχους 175-320m) και αποτελείται από ανθρακικά ιζήματα, ασβεστιτική άργιλο και ασβεστιτικό ψαμμίτη και διήρκησε 3.5 εκατομμύρια χρόνια.

Τρίτος κύκλος: Σχηματισμός Ra'af, Μέσο Τριαδικής ηλικίας, και αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα, ανθρακικούς ιλυόλιθους και ωολιθικά και oncolithic ανθρακικά πετρώματα (grainstones). Ο κύκλος απόθεσης του σχηματισμού αυτού κράτησε 1.5 εκατομμύρια χρόνια . Η δολομιτώση που προκλήθηκε στα νότια είχε ως αποτέλεσμα τη μετατροπή των ανθρακικών ιζημάτων σε αμμώδη, στην κορυφή του σχηματισμού.

Τέταρτος κύκλος: Σχηματισμός Gevamin, Μέσο Τριαδικής ηλικίας, ο οποίος αποτελείται από δελταϊκούς έως ποτάμιους μεσόκοκκους έως χονδρόκοκκους ψαμμίτες και σχιστές άργιλλους με φυτικά υπολείμματα. Στο σχηματισμό αυτό παρατηρείται μια απότομη μείωση του πάχους των ιζημάτων, στην περιοχή Makhtesh Ramon, κοντά στη γεώτρηση Sherif (Druckman, 1974), η οποία σηματοδοτεί τη διάρρηξη του Πρώιμου Μεσοζωικού και την έναρξη των κατακόρυφων κινήσεων. (Freund et al., 1975)

Ο πέμπτος, έκτος και έβδομος κύκλος της Τριαδικής απόθεσης εμφανίζονται μέσα στα μεσαία και ανώτερα τμήματα του σχηματισμού του Saharomin, η ηλικία απόθεσης τους έγινε μέσα σε 3.8my, κατά το Μέσο – Άνω Τριαδικό. Οι κύκλοι αυτοί αποτελούνται από ωολιθικά κοκκώδη πετρώματα, γνωστά και ως grainstones, από στρώματα κελυφών oncolitic, από αμμωνιτιακούς ασβεστόλιθους και από κροκαλοπαγή – γύψους – δολομίτες και μάργες. Όλα αυτά αποτέθηκαν σε περιβάλλον παλιρροϊκό έως ρηχό θαλάσσιο (Druckman, 1969, 1976; Benjamini, et al., 1993).

Έπειτα εμφανίζεται ο σχηματισμός Mohilla, ο οποίος περιλαμβάνει τον όγδοο κύκλο απόθεσης. Οι κύκλοι αυτοί αποτέθηκαν στο Άνω Τριαδικό και είχαν διάρκεια απόθεσης περίπου 5m χρόνια. Το κατώτερο όριο του όγδοο κύκλου προσδιορίζεται από μια απότομη μετάβαση από θαλάσσιο ιχνοαπολιθωματοφόρο πηλίτη του Saharonim, σε δολομίτες του σχηματισμού Mohilla.

Η έναρξη του έννατου κύκλου αποτελείται από εβαποριτικές αποθέσεις στο άνω μέρος του σχηματισμού και ο τερματισμός του κύκλου χαρακτηρίζεται από την απόθεση στρωματολιθικού ασβεστόλιθου. Ο σχηματισμός αυτός αποτίθεται σε δύο ξεχωριστές λεκάνες, οι οποίες παρουσιάζουν αλλαγές στις φάσεις και στο πάχος τους, γεγονός που αποδεικνύει διαφορετικές φάσεις καθιζήσεων, οι οποίες προκλήθηκαν πιθανόν από τις κάθετες κινήσεις (Druckman, 1974; Druckman & Kashai, 1981).

Καταλήγοντας στον τελευταίο κύκλο του Ανώτερου Τριαδικού, ο οποίος αποτελείται από το σχηματισμό Shefayim (πάχους 1.15Km). Η διάρκεια απόθεσης του κράτησε περίπου 8,5 εκατομμύρια χρόνια. Αποτελείται από φάσεις υφάλου και από ωολιθικά στρώματα (Derin et al., 1981; Korngrin & Benjamini, 2001; Korngrin, 2004). Μέσα στο σχηματισμό εμφανίζεται μια επιφανειακή ασυμφωνία η οποία δημιουργήθηκε από την πτώση της στάθμης της θάλασσας κατά την διάρκεια του Άνω Τριαδικού με Κάτω Ιουρασικού.

2.2 Ιουρασικό

Οι αποθέσεις του Ιουρασικού αποτελούνται από παράκτιους και ηπειρωτικούς ψαμμίτες, ανθρακικά ιζήματα και αργίλους. Αυτές οι αποθέσεις εμφανίζουν πολλές μεταβολές στο πάχος τους οι οποίες συνδέονται με κανονικά ρήγματα, τα οποία ήταν αποτέλεσμα της διάνοιξης της Νέο – Τηθύος. Το τμήμα του Ιουρασικού αποτελείται από 7 αποθετικούς κύκλους, οι οποίοι αναλύονται παρακάτω:

Πρώτος κύκλος: Αποτελείται από το σχηματισμό Ardo, ηλικίας Κάτω Ιουρασικού (Maync, 1966; Derin & Reiss, 1966; Goldberg & Friedman, 1974; Perelis-Grossowicz et al., 2000). Αποτελείται από εβαπορίτες και από ρηχής θάλασσας εβαπορίτες. Μέσα στο σχηματισμό εμφανίζεται μια ηφαιστειακή δραστηριότητα στην περιοχή Carmen, βασαλτικής σύστασης (Asher Volcanics) και έχουν ηλικία περίπου 189 εκατομμυρίων ετών (Steinitz et al., 1983; Segev, 2000).

Δεύτερος κύκλος: Αποτελείται από το σχηματισμό Inmar, ηλικίας Μέσου Ιουρασικού. Ο κύκλος αυτός για να αποτεθεί χρειάστηκε περίπου 5 εκατομμύρια χρόνια. Αποτελείται από ποτάμιους και θαλάσσιους ψαμμίτες με πολύ μικρές ποσότητες ιλυόλιθου, ενώ άνωθεν όλων βρίσκεται ο ποταμοδελταϊκός ψαμμίτης.

Τρίτος κύκλος: Αποτελείται από τους σχηματισμούς Daya και Barnea, ηλικίας περίπου Μέσου Ιουρασικού. Αρχικά εμφανίζονται ψαμμίτες και ανθρακικά ρηχής θάλασσας του σχηματισμού Daya, τα οποία καλύπτονται από το σχηματισμό Barnea που αποτελείται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας. Ο κύκλος αυτός έχει διάρκεια περίπου 5 εκ. χρόνια.

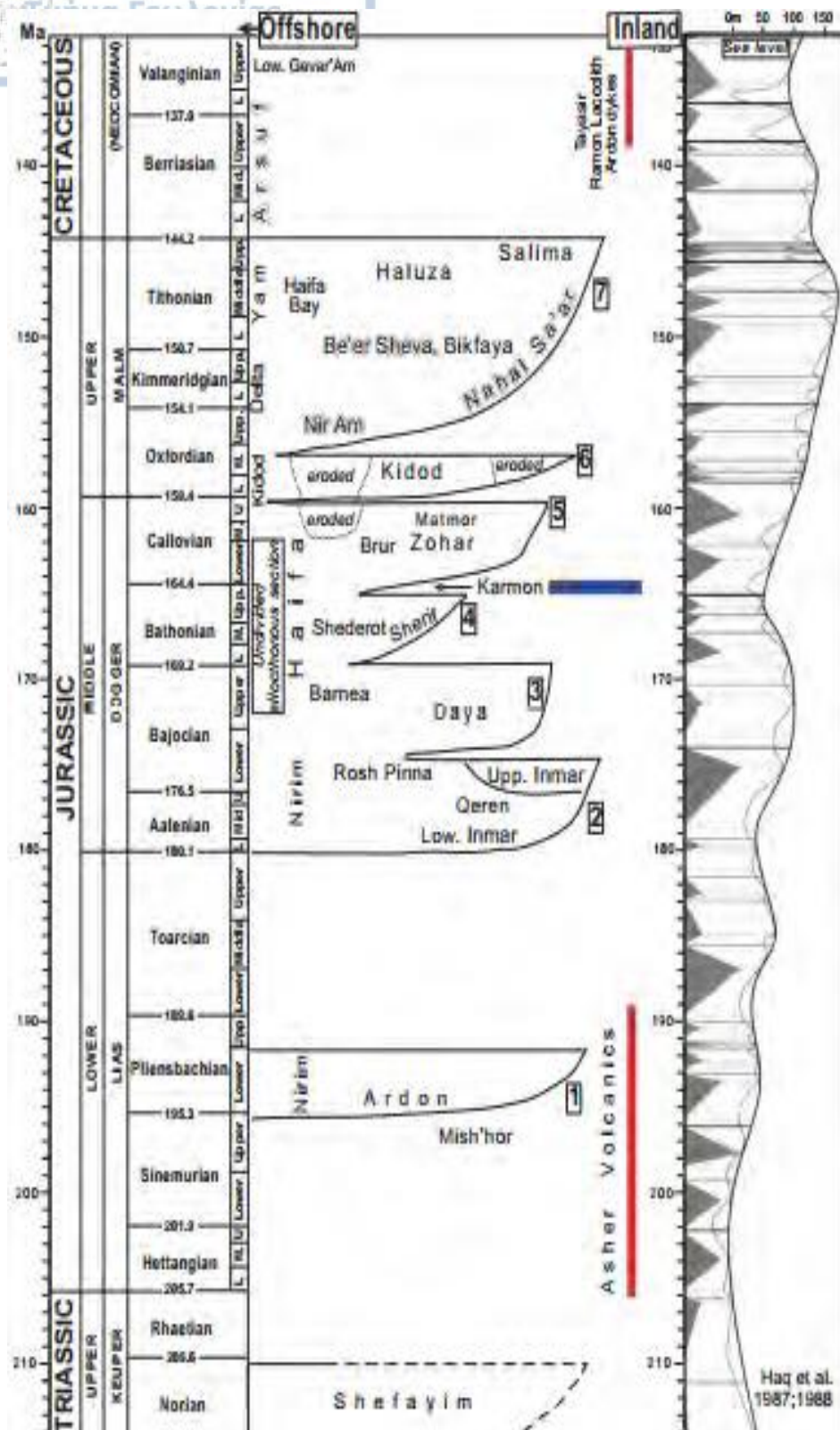
Τέταρτος κύκλος: Αποτελείται από τους σχηματισμούς Sherif και Shederot, ηλικίας Μέσου Ιουρασικού. Μέσα σε αυτόν τον κύκλο, εμφανίζονται στη βάση του, 3 μεγάλοι κύκλοι (πάχους 40- 50 μέτρα) οι οποίοι ακολουθούνται από 5 μικρότερου πάχους (πάχους 10 – 30 μέτρα).

Πέμπτος κύκλος: Ο κύκλος αυτός αποτελείται από τους σχηματισμούς Zohar, Matmor και Brur και αποτέθηκε κατά το Μέσο Ιουρασικό. Ο σχηματισμός του Karmon αποτελείται από αργίλους με πάχος μερικών δεκάδων μέτρων και βρίσκεται πάνω από τον ασβεστόλιθο του Zohar. Το τελικό στάδιο του κύκλου χαρακτηρίζεται από μια σύνδεση καρστικών φαινομένων τα οποία εμφανίζονται στην οροφή του σχηματισμού Brur, τα οποία διαχωρίζονται από μια ασυμφωνία.

Μέσα στους σχηματισμούς 3-4-5 εμφανίζεται μια απόθεση ανθρακικών η οποία αντιστοιχεί στο σχηματισμό Haifa.

Έκτος κύκλος: Ο κύκλος αυτός καθορίζεται από το σχηματισμό του Kidod, ηλικίας Άνω Ιουρασικό και με πάχος έως 200m. Αποτελείται από ιζήματα αργίλων μαύρων αποχρώσεων με ενστρώσεις ανθρακικού ιλυολίθου και packstones.

Έβδομος κύκλος: Ο τελευταίος κύκλος ο οποίος αποτελείται από στρώματα Άνω Ιουρασικού αντιπροσωπεύει την μεγαλύτερη καλυμμένη επέκταση όλων των κύκλου του Ιουρασικού όπως και την ψηλότερη στάθμη της θάλασσας (Haq et al., 1988).



Στρωματογραφία του Ιουρασικού αποτελούμενη και από τους 7 κύκλους.

2.3 Κρητιδικό

Το Κρητιδικό αποτελείται από 8 κύκλους:

Πρώτος κύκλος: Αποτελείται από το σχηματισμό Arsuf και έχει ηλικία Άνω Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού με μέσο πάχος μεταξύ 63-200 μέτρα. Αποτελείται από αλλόχθονα ανθρακικά ιζήματα με λεπτή άργιλο τα οποία λόγω της αυξομείωσης της ιζηματογένεσης (Emery & Myers, 1996) παρουσιάζουν ένα ιδιαίτερο σχήμα τόξου το οποίο έχει ακτινωτή διάταξη. Στην περιοχή αυτή παρατηρήθηκε ανάβλυση μανδυακού υλικού που είχε ως αποτέλεσμα την ανύψωση του εδάφους και διάβρωση του από βόρεια προς νότια με αποτέλεσμα την απομάκρυνση του μεγαλύτερου κομματιού του Φανεροζωικού στην περιοχή Negev (Eliezri, 1964; Weissbrod, 1969a; Druckman, 1974; Garfunkel & Derin, 1984).

Δεύτερος κύκλος: Αποτελείται από το σχηματισμό Gevar'am ηλικίας Κάτω Κρητιδικού. Η ανύψωση του εδάφους που είχε προκληθεί είχε ως αποτέλεσμα την έντονη διάβρωση του σχηματισμού και την μεταφορά των υλικών του μέσα στην θάλασσα, μέσω ενός αγωγού μεταφοράς υλικού κατά μήκος του θαλάσσιου πυθμένα δημιουργώντας έτσι ένα υποθαλάσσιο φαράγγι.

Τρίτος κύκλος: Αποτελείται από τους σχηματισμούς Helez και Telamim, ηλικίας Κάτω Κρητιδικού. Η απόθεση τους είχε διάρκεια περίπου 10 εκατομμύρια χρόνια και ο κύκλος τους τελειώνει απότομα με την απόθεση πελαγικής άργιλου (πάχους 50m). Ο σχηματισμός Helez αποτελείται από πυριτικά ορυκτά και πετρώματα, έχει πάχος περίπου 240m και αντιπροσωπεύει μια βαθμιαία μείωση της υφαλοκρηπίδας από την θάλασσα. Μέσα στην θάλασσα, ο κύκλος, αντιπροσωπεύεται και από το σχηματισμό Gevar'am και στην χέρσο από τους σχηματισμούς Kohal (πάχους 400m), τους ψαμμίτες κάτω από το σχηματισμό Nabi Said και το σχηματισμό Gres de Base or Chouf.

Τέταρτος κύκλος: Αποτελείται από τους σχηματισμούς Hidra (ανώτερο μέρος του), τον ασβεστόλιθο του σχηματισμού Rama και τη θαλάσσια παρεμβολή Deragot μέσα στο ψαμμίτη Hatira στην περιοχή Negev. Ο κύκλος αυτός έχει ηλικία Άνω Άπτιο και έχει διάρκεια απόθεσης περίπου 7 εκατομμύρια χρόνια.

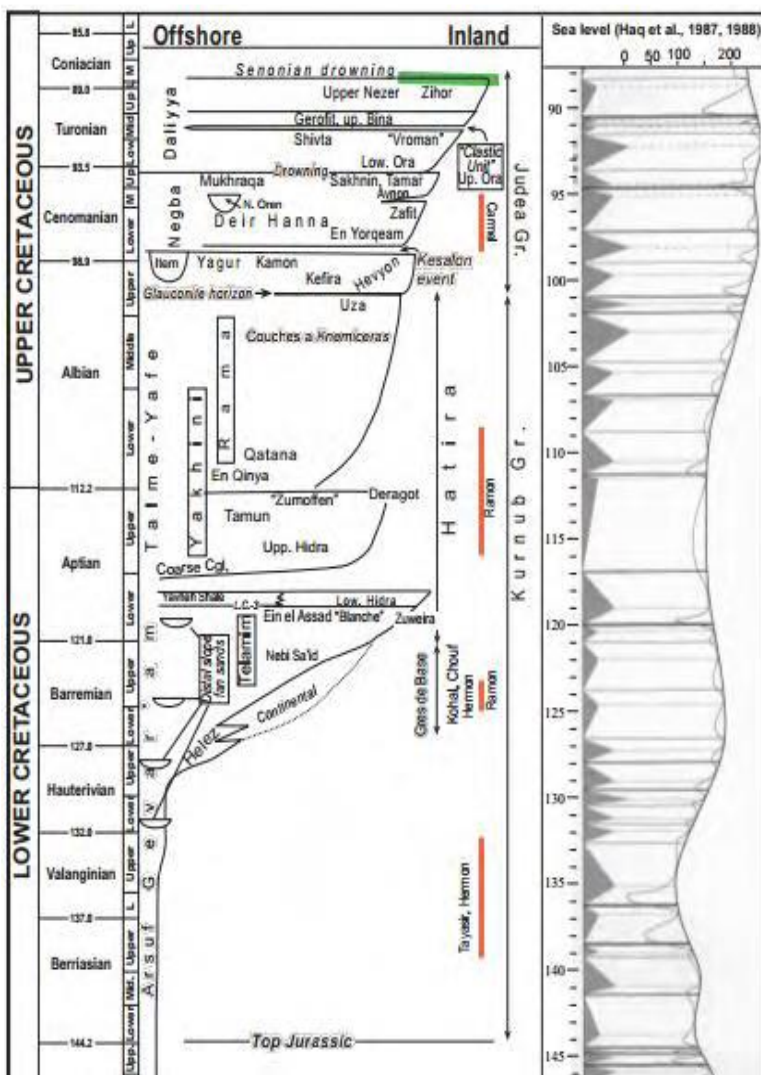
Πέμπτος κύκλος: Αποτελείται από του σχηματισμούς Rama και Yagur, ηλικίας Κάτω Κρητιδικού. Ο Rama αποτελείται από ανθρακικά ιζήματα της λεκάνης και πλατφόρμας και ο δεύτερος από ένα προ- διαβαθμισμένο στάδιο.

Έκτος κύκλος: Αποτελείται από ιζήματα λεκάνης και πελαγικά, τα οποία εμφανίζονται στους σχηματισμούς Deir Hanna στην Γαλιλαία, Carmen και Negba στην θαλάσσια και παράκτια περιοχή αντίστοιχα. Η ηλικία τους τοποθετείται στο Άνω Κρητιδικό (Καινομάνιο) και ορίστηκε με βάση τον τρηματοφόρου Preaealveolona που βρέθηκε βόρεια του Negev (Lewy & Weissbrod, 1993). Η απόθεση τους δείχνει ένα πλημμυρικό γεγονός το οποίο αντικατέστησε την πλατφόρμα του Αλμπιου. Στην περιοχή Negev ο κύκλος αυτός χωρίζεται σε μεταγενέστερο και προγενέστερο κύκλο (En Yorqueam/Zafit και Avnon/Tamar αντίστοιχα).

Πάνω στο σχηματισμό Yagur εμφανίζεται μια ασυμφωνία διάβρωσης η οποία μας ορίζει το όριο μεταξύ των αλληλουχιών (Folkman, 1969; Kafri, 1986; Lipson-Benitah et al., 1997), (Folkman, 1969).

Έβδομος κύκλος: Ο κύκλος της ιζηματογένεσης αυτής ξεκίνα με μια πλημμυρική φάση που είχε ως αποτέλεσμα τη διάλυση των Tamar, Weradim, Sakhnin, κατά το Άνω Καινομάνιο. Έπειτα παρατηρείται η ημιπελαγονική φάση ιζηματογένεσης (Ora, Yirqa και Daliyya) και τέλος η επανατοποθέτηση των ανθρακικών πετρωμάτων στις περιοχές Svinva και Vroman. Ο κύκλος τερματίζεται απότομα από μια έντονη πτώση της στάθμης της θάλασσας και απόθεσης χαλαζιτικού ψαμμίτη και αργίλου (Sandler, 1996).

Ογδοος κύκλος: Αποτελείται από τους σχηματισμούς Gerofit, Zihor και το ανώτερο μέλος του σχηματισμού Bina, οι οποίοι έχουν ηλικία Άνω Κρητιδικό. Ο κύκλος ξεκινά με την απόθεση του σχηματισμού Gerofit στο άνω τμήμα του Nezer.



Στρωματογραφία του Κρητιδικού κατά την οποία παρουσιάζονται και οι 8 κύκλοι απόθεσης (Gardosh et al., 2006)

2.4 Τριτογενές

Η απόθεση του Τριτογενούς είναι κατά κύριο λόγο λεκανοειδής, κυρίως στην ενδοχώρα κατά το Παλαιόκαινο, ενώ κατά το Κάτω – Μέσο Ηώκαινο κυριαρχούν πελαγονικές φάσεις. Το τμήμα αυτό αντιπροσωπεύεται από 11 κύκλους ιζηματογένεσης:

Πρώτος κύκλος: Ηλικίας Μέσο – Άνω Ηώκαινο

Δεύτερος κύκλος: Ηλικίας Άνω Ηώκαινο – Κάτω Ολιγόκαινο. Σε αυτό το κύκλο παρουσιάζεται η πρώτη διάβρωση, η οποία είναι αποτέλεσμα της πτώσης της θάλασσας.

Τρίτος κύκλος: Ηλικίας Κάτω Ολιγοκαίνου ο οποίος αποτελείται από μαργαϊκές κρητίδες βαθιάς θάλασσας. Κατά την περίοδο αυτή έχουμε επίκληση της θάλασσας στο μεγαλύτερο μέρος του Ισραήλ

Τέταρτος κύκλος: Ηλικίας Ολιγοκαίνου με διείσδυση ανθρακικών τουρβιδιτών μέσα στην ενδοχώρα.

Πέμπτος κύκλος: Ηλικίας Άνω Ολιγόκαινου – Κάτω Μειόκαινου όπου οι δύο αυτοί κύκλοι χαρακτηρίζουν τις διεισδύσεις στην ενδοχώρα και οι οποίες χωρίζονται από μια διαβρωσιγενή ασυμφωνία.

Έκτος κύκλος: Ηλικίας Κάτω Μειοκαίνικη και αποτελείται από τα ιζήματα του Βουρδιγαλίου.

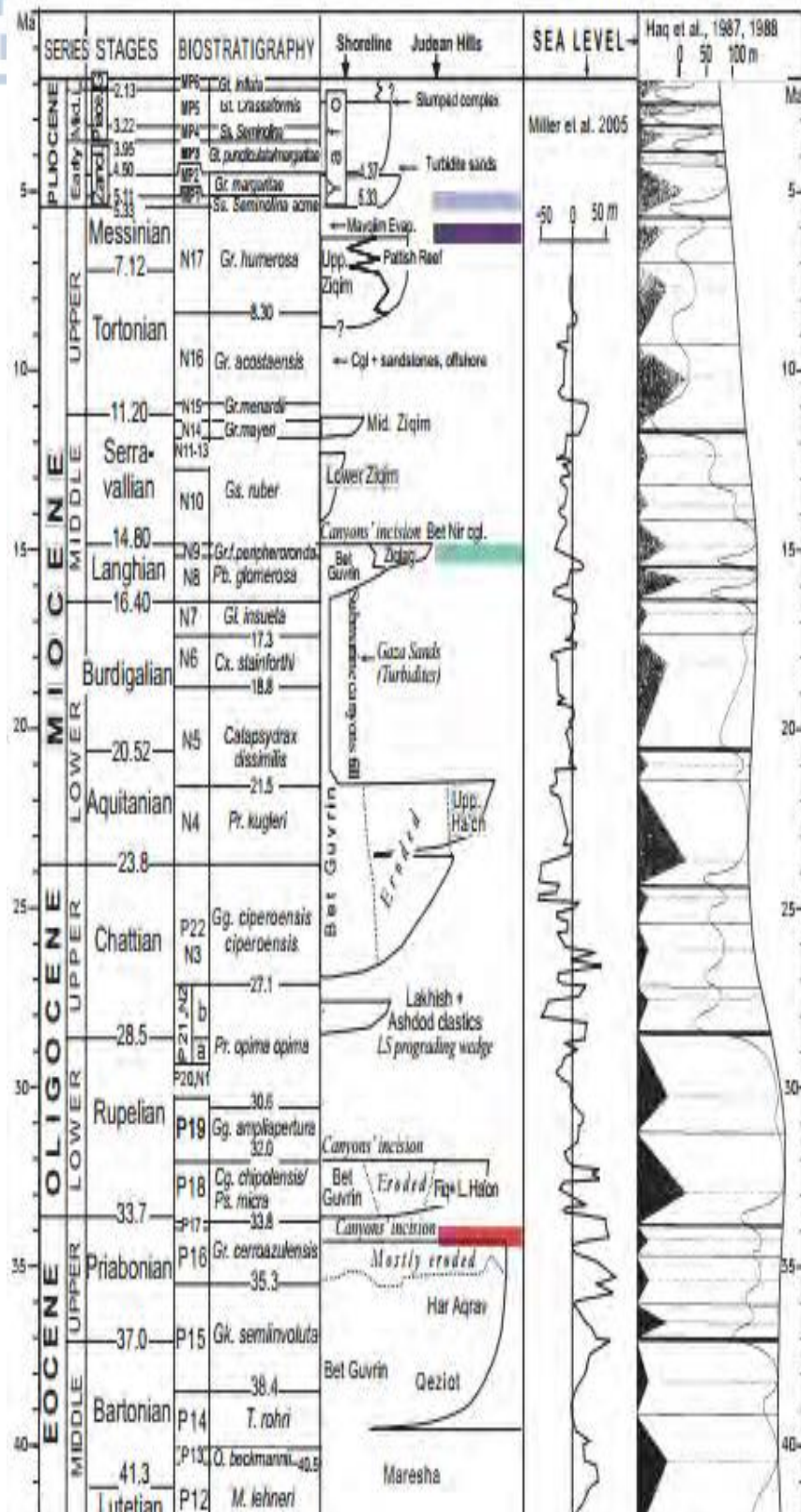
Έβδομος κύκλος: Ηλικίας Κάτω – Μέσο Μειόκαινο. Ο κύκλος αυτός εμφανίζει μια ιδιαιτερότητα, είναι ο μόνος που αποτελείται από μια ανθρακική πλατφόρμα η οποία κατακάθεται ασύμφωνα στην δυτική πλευρά του αντίκλινου της Ιουδαίας.

Όγδοος κύκλος: Ηλικίας Μέσο Μειόκαινο. Ο κύκλος αυτός τελειώνει με την πτώση της στάθμης της θάλασσας και την απόθεση κροκαλλοπαγών αποθέσεων λόγω της διάβρωσης της περιοχής (Buchbinder et al, 1986).

Ένατος κύκλος: Ηλικίας Άνω Μειοκαίνου αποτελούμενος από την δημιουργία και ανάπτυξη κοραλλιογενών σχηματισμών.

Δέκατος κύκλος: Ηλικίας Πλειόκαινο – Πλειστόκαινο. Ο κύκλος αυτός χαρακτηρίζεται από μεγάλου πάχους εβαπορίτες οι οποίοι αποτέθηκαν λόγω της Κρίσης Αλμυρότητας του Μεσσηνίου.

Εντέκατος κύκλος: Ηλικίας Κάτω Πλειόκαινο όπου η επικοινωνία της Μεσογείου με τον Ατλαντικό επανέρχεται και η απότομη αύξηση της στάθμης της θάλασσα σηματοδοτεί το τέλος της απόθεσης των εβαπορίτων.



Παρουσία των 11 κύκλων του Τριτογενούς.

3.Σεισμικά Δεδομένα Λεκάνης Λεβαντίνης

Τα δεδομένα παρουσιάζουν τους ιζηματογενούς σχηματισμούς οι οποίοι αποτέθηκαν στην λεκάνη της Λεβαντίνης. Με της γεωλογικές μελέτες οι σχηματισμοί αυτοί διαιρούνται σε οκτώ σεισμικές μονάδες οι οποίες υποδιαιρούνται σε επτά σεισμικούς ορίζοντες. Οι ορίζοντες αυτοί χαρακτηρίζουν μια αποθετική ομάδα.

Ο πρώτος και βαθύτερος ορίζοντας ορίζεται με το χρώμα καφέ και πιστεύεται ότι η ηλικία του είναι Προκάμβρια. Ο ορίζοντας συνδέεται στο κάτω μέρος του με ένα σεισμικό χαρακτήρα, χαοτικής χωρίς ανάκλαση σεισμικό χαρακτήρα, σε ένα μεγάλου εύρους χαρακτήρα με ανακλάσεις στο πάνω μέρος του. Η μετάβαση αυτή χαρακτηρίζεται σαν ένα ακουστικό όριο μεταξύ των μαγματικών και μεταμορφικών συμπλεγμάτων με τα υπερκείμενα ιζήματα του Παλαιοζωικού – Μεσοζωικού.

Ο δεύτερος ορίζοντας ορίζεται από το χρώμα μπλε και εμφανίζει μια αλλαγή της έντασης στο σεισμικό χαρακτήρα από έντονη συνεχείς σε μια χαμηλής έντασης ανάκλασης προς τα πάνω. Η αλλαγή της ανάκλασης αυτής είναι εμφανής και χαρακτηρίζει το σεισμικό όριο της λεκάνης. Περί την στρωματογραφικής ανάλυσης ο ορίζοντας αυτός συνδέεται με την αλλαγή από τα θαλάσσια ανθρακικά ιζήματα(ηλικίας Κάτω Ιουρασικού) στα βαθιά θάλασσας(ηλικίας Μέσου Ιουρασικού) τα οποία σχηματίστηκαν στο στάδιο του παθητικού περιθωρίου.

Ο τρίτος ορίζοντας ορίζεται από το χρώμα πράσινο και εφάπτεται με την κορυφή ενός εμφανούς μεγάλης έντασης πακέτου ανακλάσεων ο οποίος είναι κάτω από χαμηλότερες έντασης και χαοτικής χωρίς ανάκλαση ανακλάσεις.

Ο τέταρτος ορίζοντας ορίζεται από το χρώμα κόκκινο ο οποίος σχετίζεται με μια ασυμφωνία μεταξύ του Κάτω Ιουρασικού με τα παλαιότερα στρωματογραφικά πετρώματα του Ηώκαινου. Το γεγονός αυτό είναι υψηλής έντασης και εμφανίζεται στην κορυφή του Άνω Κρητιδικού έως τα στρώματα του Ηώκαινου.

Ο πέμπτος ορίζοντας ορίζεται από το χρώμα κυανό και εμφανίζεται και αυτός σαν μια επιφανειακή ασυμφωνία. Στα πιο βαθιά τμήματα της λεκάνης εμφανίζεται σαν μια κορυφή πολλών υψηλής έντασης ανακλάσεων οι οποίες βρίσκονται κάτω από χαμηλότερης έντασης ανακλάσεις.

Ο έκτος κύκλος ορίζεται από το μώβ χρώμα και αποτελεί τη βάση των Μεσσήνιων εβαποριτών και κατοπτρίζει ένα μεγάλης έντασης γεγονός.

Ο έβδομος και τελευταίος κύκλος ορίζεται από το χρώμα βιολετή όπου αυτός αποτελεί την κορυφή των Μεσσήνιων εβαποριτών. Στην κορυφή των εβαποριτών αυτών παρατηρείται μια ασυμφωνία (με το όνομα M) και διαχωρίζει τον σχηματισμό Yafo, ημι πελαγικού χαρακτήρα από την επίκληση της θάλασσας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

1.Κώνος του Νείλου

Το δέλτα του Νείλου διαμορφώνεται στη βόρεια Αίγυπτο, εκεί δηλαδή που ο ποταμός Νείλος εξαπλώνεται και αποστραγγίζεται στη Μεσόγειο θάλασσα. Αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους ποταμούς του κόσμου και ρέει προς το βορρά. Ο ποταμός Νείλος δημιουργείται από τρία ρεύματα:

- Το Γαλάζιο Νείλο
- Τον Άτμπαρα που ρέει από τα υψίπεδα της Αιθιοπίας
- Το Λευκό Νείλο που πηγάζει από τις λίμνες Βικτώριας και Αλβέρτου



Δέλτα του Νείλου από GoogleEarth

Το δέλτα του Νείλου είναι από τα μεγαλύτερα στο κόσμο, καλύπτει 240Km ακτογραμμή, με μήκος από βορρά προς νότο 160Km. Επίσης χωρίζεται σε δύο διακλαδώσεις, τη Damietta και τη Rosetta, οι οποίες εκβάλλουν στην Μεσόγειο. Δυτικά του Νείλου παρουσιάζονται τρεις λιμνοθάλασσες, Burullus – Idku και Maryut, και ανατολικά του βρίσκεται η διώρυγα του Σουέζ. Η διάβρωση που δημιουργούν τα εξωτερικά του άκρα έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της αλατότητας στις γύρω λιμνοθάλασσες.

Το υποθαλάσσιο ριπίδιο του Νείλου αποτελείται από κλαστικά ιζήματα, τα οποία τα μεταφέρει ο ίδιος, καλύπτουν έκταση 100.000 Km². Το υποθαλάσσιο ριπίδιο δημιουργήθηκε κατά το τέλος του Μειόκαινου (Salem 1976; Dolson et al., 2000). Η σημερινή του εικόνα καλύπτει τμήμα του παλιού παθητικού περιθωρίου, το οποίο σχηματίστηκε από διαδοχικά επεισόδια διάρρηξης στο Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό (Biju – Duvan et al., 1978; Morelli, 1978; Hirsch et al., 1995). Η γεωδυναμική στην Ανατολική Μεσόγειο χαρακτηρίζεται από ένα πολύπλοκο σύστημα ενεργούς τεκτονικής και χοντρού φλοιού, το οποίο προέρχεται από αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τεκτονικών πλακών. Τα γεωδυναμικά αυτά χαρακτηριστικά χωρίζονται:

1. Στα Νοτιοανατολικά εμφανίζεται η παύση διάρρηξης του Σουέζ
2. Ανατολικά και Βορειοανατολικά, η λεκάνη της Λεβαντίνης, η Νεκρά θάλασσα και ανατολικές ρηξιγενείς ζώνες Ανατολίας
3. Στα βόρεια κατά μήκος του Κυπριακού και Ελληνικού τόξου εμφανίζεται η βύθιση της Αφρικής κάτω από την Ευρασία
4. Ένα παθητικό περιθώριο, το Αιγυπτιακό, Μεσοζωικής ηλικίας το οποίο πιστεύεται ότι μπορεί να επαναενεργοποιήθηκε κατά την διάρκεια διάρρηξης του Σουέζ – Ερυθράς Θάλασσας κατά το Μειόκαινο

Τα ιζήματα του υποθαλάσσιου ριπιδίου του Νείλου βρίσκονται υπερκείμενα στο πρώην Αιγυπτιακό παθητικό περιθώριο και φτάνουν βόρεια της υποβυθιζόμενης Τηθύος. Παρόλα αυτά τα περιφερειακά τμήματα του ριπιδίου του Νείλου δεν έρχονται σε επαφή με το Κυπριακό και Ελληνικό τόξο, αφού το ανατολικό άκρο περιβάλλεται από το μπλοκ του Ερατοσθένη ενώ το δυτικό άκρο τροφοδοτεί την επαύξηση της Μεσογειακής ράχης.

Η κρίση αλατότητας του Μεσσηνίου προκάλεσε την απόθεση μεγάλου πάχους εβαποριτών σε όλη την Μεσόγειο και στο τμήμα του υποθαλάσσιου ριπιδίου του Νείλου. Το αποτέλεσμα της απόθεσης των εβαποριτών δημιούργησε ένα τεκτονικό γεγονός, οδηγούμενο από βαρυτικές δυνάμεις, το οποίο συνεχίζεται έως και σήμερα.

2.Στρωματογραφία Κώνου Νείλου

Με αναλύσεις που έγιναν από 150 δείγματα, από πυρήνες πάχους 1-15m, ο κώνος του Νείλου δημιουργείται από δέκα κύριους τύπους ιζημάτων. Οι τύποι των ιζημάτων είναι οι εξής: καλά ταξινομημένη χερσογενής άμμος, τουρβιδιτική άμμος, πηλός και ιλύς, ημιπελαγική ιλύς, βιοκλαστική άμμος, σαπροπηλός, οργανική ιλύς και ασβεστιτική ιλύς. Όλοι αυτοί τοποθετούνται σε τρία σύνολα και χωρίζονται σε τέσσερις ακολουθίες (τουρβιδιτική, καναλιού, σαπροπηλού και ημιπελαγική). Μέσα σε αυτή την ακολουθία τα ιζήματα διαβαθμίζονται βαθμιδωτά και διαχωρίζονται με βάση το τύπο τους.

1. Ακολουθία τουρβιδιτών

Αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των τμημάτων του κώνου του Νείλου και δημιουργήθηκε από ιζήματα βαρυτικής ροής και κυρίως από τουρβιδιτικά ρεύματα. Γενικά αποτελούνται από πηλούς και αργίλους, και έχουν μικρό πάχος, μέγιστο φτάνει έως το 1m.

2. Ακολουθία καναλιών

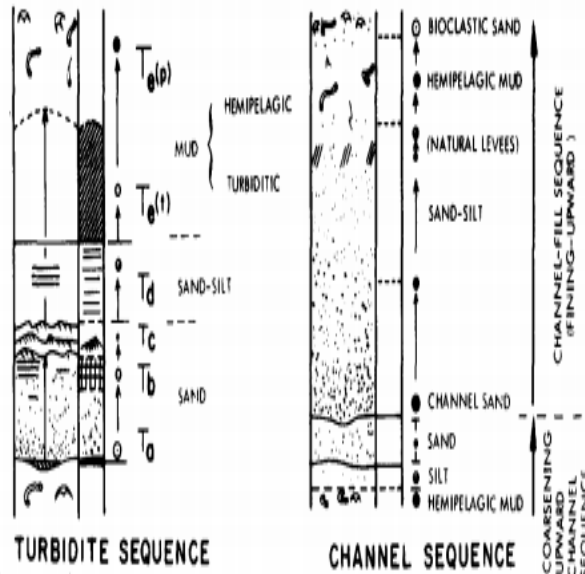
Εμφανίζεται σε δύο πυρήνες και παρατηρούνται δύο υπότυποι. Ο πρώτος υπότυπος παρουσιάζει μια ακολουθία με αυξανόμενο μέγεθος κόκκων προς τα επάνω και εμφανίζει μια αύξηση ενέργειας με το χρόνο της ακολουθίας. Αυτό γίνεται αντιληπτό από την καλή ταξινόμηση των κόκκων. Ο δεύτερος υπότυπος χαρακτηρίζεται από μειωμένη κοκκομετρική ακολουθία προς τα επάνω και παρουσιάζει τα στάδια πλήρωσης ενός καναλιού μετά από εκτροπή μιας ταπείνωσης.

3. Ακολουθία σαπροπηλών

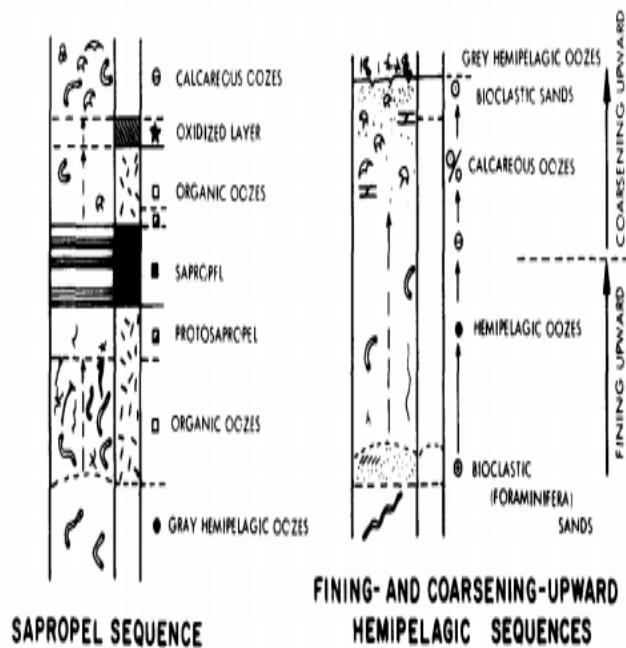
Η ακολουθία αυτή παρατηρείται στο μεσαίο εξωτερικό τμήμα του κώνου και επίσης στο αβυσσικό επίπεδο. Οι σαπροπηλοί συσσωρεύτηκαν κατά την διάρκεια στάσιμων φάσεων, που οφείλονται την στρωματοποίηση των υδάτινων μαζών με παράλληλη δημιουργία αναερόβιων βαθέων νερών πλούσιων σε υδρόθειο (Olausson, 1961; Ryan 1972; VanStraaten, 1972). Η οργανική λάσπη παρουσιάζει βανθικής δραστηριότητας συνθήκες και το πάχος τους κυμαίνεται από 30-50cm.

4. Ημιπελαγική ακολουθία

Εμφανίζεται σε όλες τις λιθοφάσεις του κώνου του Τεταρτογενούς. Έχουμε δύο τύπους. Ο πρώτος τύπος παρουσιάζει μια ημιπελαγική ακολουθία με το μέγεθος των κόκκων να μειώνεται προς τα επάνω, με εμφάνιση ενός στρώματος βιοκλαστικής άμμου πάχους 1-4cm. Ο δεύτερος τύπος αποτελείται από αυξημένο κοκκομετρικό μέγεθος που παρουσιάζεται χωρίς κάποια δομή. Το πάχος της ακολουθίας είναι 5 – 50 cm.



(After Bouma, 1962; Rupke and Stanley, 1974)



Σχηματική απεικόνιση των ακολουθιών με βάση τις δειγματοληψίες που έγιναν στο κώνο του Νείλου και στην λεκάνη του Ερατοσθένη (Maldonado & Stanley 1976)

3. Υποθαλάσσιο ριπίδιο του Νείλου

Το υποθαλάσσιο ριπίδιο χωρίζεται σε τρία τμήματα βάση βαθυμετρικών δεδομένων με backscatter εικόνες. Στο κάθε ένα τμήμα παρατηρούνται διαφορετικές μορφολογίες, διαφορετικές ιζηματογενείς διαδικασίες καθώς και διαφορετική τεκτονική.

1. Δυτικό τμήμα

Στο τμήμα αυτό παρουσιάζονται πολλά μαιανδρικά κανάλια, με προσανατολισμό ΝΑ-ΒΔ, τα οποία περιβάλλονται από πολύ μεγάλου ύψους ιζηματογενή αναχώματα. Στο τμήμα αυτό, τα κανάλια εμφανίζονται στο πυθμένα, σε αντίθεση με το ανατολικό τμήμα στο οποίο δεν εμφανίζονται. Η διαφορά αυτή έγκειται μάλλον στην ενέργεια μεταφοράς του ιζήματος, καθώς το ανατολικό τμήμα αποτελεί έναν ανενεργό αγωγό ιζήματος σε αντίθεση με το δυτικό.

Το δυτικό τμήμα είναι η σημερινή δίοδος των τουρβιδιτών από την υφαλοκρηπίδα προς το αβυσσικό πεδίο. Σε βάθος, περίπου 2 Km, εμφανίζονται κάποιες αστοχίες στο ανώτερο τμήμα της κατωφέρειας, οι οποίες δείχνουν κάθετες ιζηματογενείς ουλές.

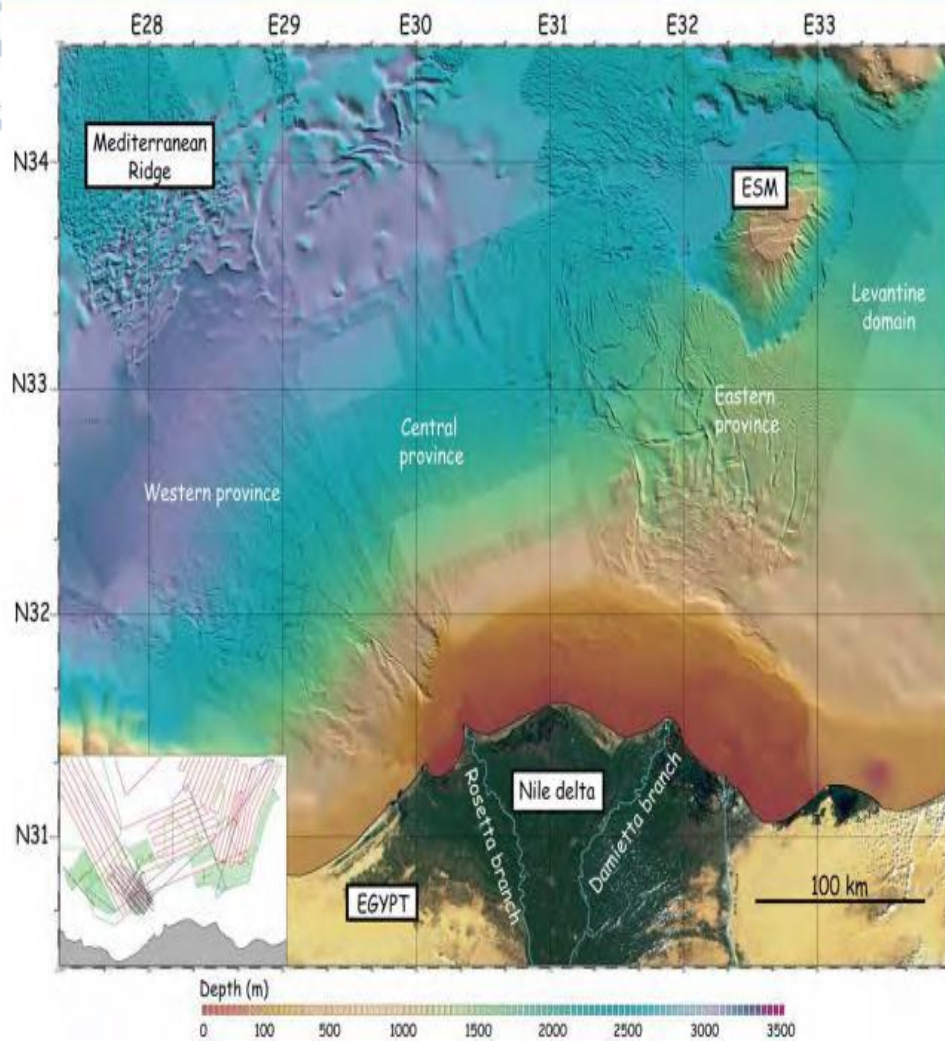
2. Κεντρικό τμήμα

Το τμήμα αυτό έχει δύο χαρακτηριστικά. Το πρώτο χαρακτηριστικό είναι ότι αποτελείται από Πλειοκαινικά – Τεταρτογενείς ιζήματα μεγάλου πάχους τα οποία είναι αδιατάρακτα σε βάθος 1.4 Km – 1.9 Km. Το δεύτερο χαρακτηριστικό του είναι η παρουσία τεράστιων ιζηματογενών ουλών ολίσθησης στο ανατολικό μέρος. Οι ουλές αυτές έχουν βάθος πάνω από 20 Km, παρουσιάζουν μια κατακόρυφη μετατόπιση 200 m και υποδηλώνουν μια επαναπόθεση ιζημάτων που χαρακτηρίζεται από αποθέσεις ροής μάζας. Τους κύριους μηχανισμούς μεταφοράς και απόθεσης ιζημάτων αποτελούν η αστοχία της κατωφέρειας και οι ροές μάζας.

3. Ανατολικό τμήμα

Το τμήμα αυτό παρουσιάζει μια πολύ διαφορετική δομή σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο. Τα όρια του με το κεντρικό τμήμα είναι καλά καθορισμένο και εμφανίζεται στο θαλάσσιο πυθμένα. Τα χαρακτηριστικά έχουν προσανατολισμό ΒΒΔ-ΝΝΑ, αποτελούν τμήμα ενός πολυσύνθετου συστήματος ρηγμάτων και παρατηρούνται έως την νοτιοδυτική άκρη του Ερατοσθένη.

Όλο αυτό το σύστημα αποτελεί μια ζώνη τάφρων σχηματιζόμενη από εφελκυστηκές δυνάμεις, στις οποίες αποτέθηκαν ιζήματα (νεογενή) πάνω από τους εβαπορίτες του Μεσσηνίου.



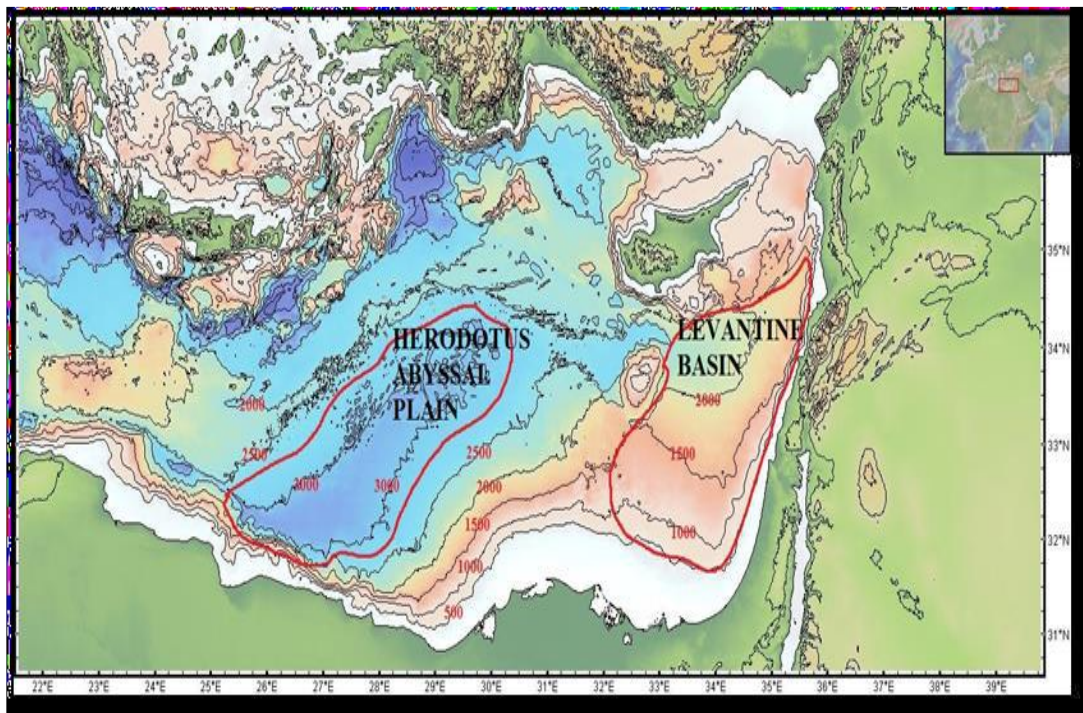
Βαθυμετρικός χάρτης του υποθαλάσσιου ριπιδίου του Νείλου, από δεδομένα που συλλέχθηκαν (EM12, EM300 και ICBM) (Loncke et al., 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

1. Λεκάνη του Ηροδότου

Η λεκάνη ή αλλιώς αβυσσικό πεδίο του Ηροδότου βρίσκεται στην ανατολική Μεσόγειο θάλασσα. Κατέχει έκταση περίπου 113,000 Km², η οποία είναι δύο φορές μεγαλύτερη από την λεκάνη της Λεβαντίνης, με μήκος και πλάτος 450 Km και 255 Km αντίστοιχα. Τα όρια της προσδιορίζονται βορειοδυτικά από τη Μεσογειακή ράχη και νοτιοανατολικά από τον κώνο του Νείλου. Στα νοτιοδυτικά περιβάλλεται από την Αιγυπτιακή ηπειρωτική κατωφέρεια και στα βορειοανατολικά από το ύψωμα της Ανατολίας.

Το υπόστρωμα της λεκάνης χαρακτηρίζεται από πετρώματα ωκεάνιου φλοιού, ηλικίας Τριαδικού, ενώ πάνω από αυτά επικάθονται Καινοζωικά και Μεσοζωικά ιζήματα, πάχους 12-15Km (Montadert et al., 2009). Με βάση το ανάγλυφο της λεκάνης, το οποίο χαρακτηρίζεται από απότομα πρηνή και από μια ανώμαλη επιφάνεια, συμπεραίνουμε ότι η ράχη προέρχεται από ένα τεκτονικό γεγονός και λειτουργεί σαν φράκτης για τα ιζήματα που μεταφέρει ο κώνος του Νείλου.

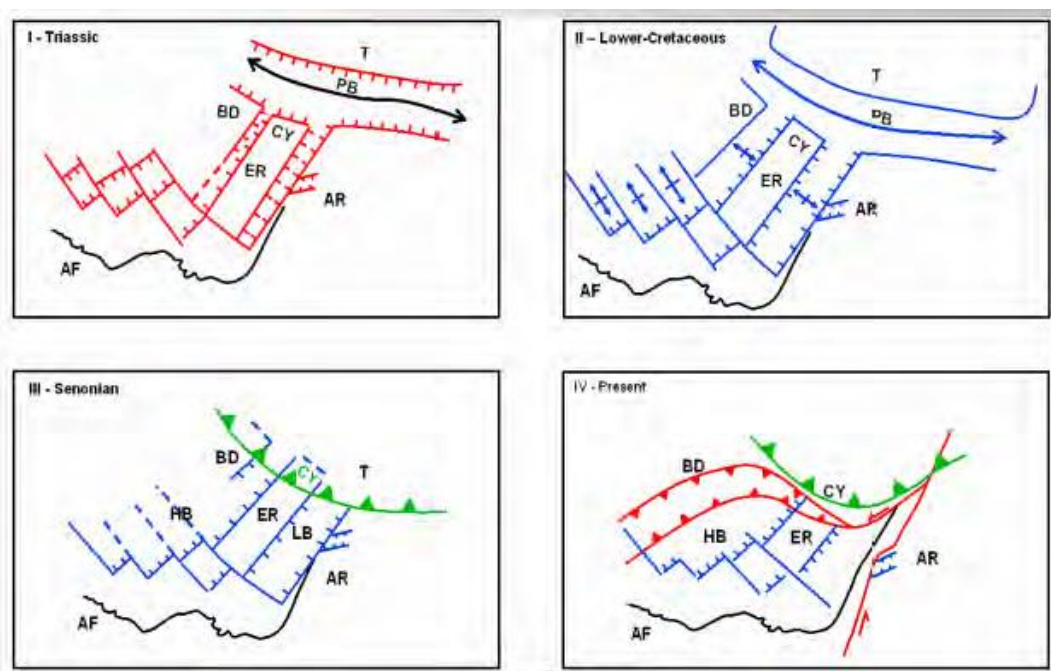


Βαθυμετρικός χάρτης ανατολικής Μεσογείου με έμφαση στη λεκάνη του Ηροδότου και τη λεκάνη της Λεβαντίνης (πηγή Geomar)

2. Τεκτονική

Κατά το Μεσοζωικό αιώνα ξεκίνησε το σπάσιμο της υπερηπείρου Παγγαίας και άρχισε η δημιουργία του ωκεανού της Τηθύος, με παράλληλη δημιουργία ζωνών καταβύθισης.

Στο Τριαδικό, ενδιάμεσα των πλακών της Ευρασίας και Αφρικής, δημιουργήθηκαν τεκτονοστρωματικά πεδία, τα οποία αποτελούν προϊόντα διάτμησης, διάρρηξης, καταβύθισης, εφίπνευσης και συρρίκνωσης. Στα πρώτα στάδια δημιουργίας της λεκάνης του Ηροδότου, αποτελούσε μια τεράστια πεδιάδα που όμως μετά την σύγκρουση που συνέβηκε στο βόρειο τμήμα της δημιουργήθηκαν ράχες παράλληλες μεταξύ τους, από το δίπλα πυθμένα.



Παλαιοτεκτονικοί χάρτες της Ανατολικής Μεσογείου από το Τριαδικό μέχρι σήμερα. HR μπλοκ του Ερατοσθένη, CY Κύπρος, HB λεκάνη του Ηρόδοτου, AR Αραβική πλάκα, AF Αφρικάνικη πλάκα (Montadert et al., 2010)

Κατά την διάρκεια του Άνω Ιουρασικού έως το Κάτω Κρητιδικό, σπάει ο φλοιός της Αραβικής πλάκας και αρχίζει η δημιουργία του Ερατοσθένη, που είχε σαν αποτέλεσμα η περιοχή να χωριστεί στα δυτικά από το μπλοκ του Ηρόδοτου και στα ανατολικά από την Λεβαντίνη.

Κατά το Άνω Κρητιδικό επικρατούν δυνάμεις συστολής, με διεύθυνση Β-Ν, και επεκτείνονται έως το Ηώκαινο δημιουργώντας το Κυπριακό Τόξο και την βύθιση της Λεβαντίνης κάτω από την Κύπρο.

Η Ευρασία κινήθηκε προς τα αριστερά σε σχέση με την Αφρική λόγω της σύγκρουσης της με την πλάκα της Ινδίας, κατά το Ηώκαινο. Επίσης η απομάκρυνση της πλάκας της Αραβίας κατά μήκος της Νεκράς θάλασσας, επηρέασε την ανατολική Μεσόγειο και κίνησε την Αφρικάνικη πλάκα προς τα βόρεια της Αραβίας και την Ανατολία προς τα δυτικά.

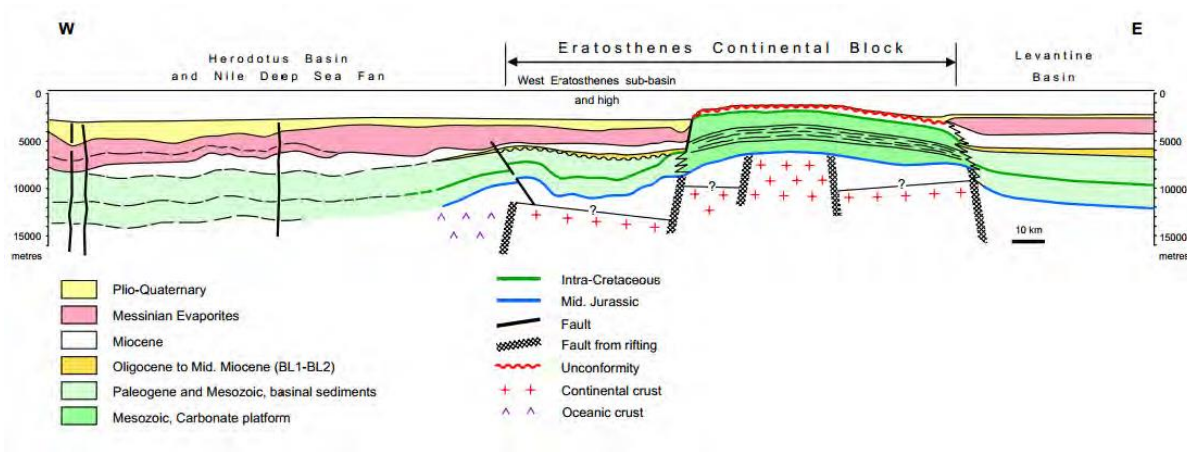
Κατά το Μέσο Μειόκαινο άρχισε η υποβύθιση της Αφρικάνικης πλάκας κάτω από την Ευρασία, δημιουργώντας συμπιεστικές δυνάμεις, οι δημιούργησαν με τη σειρά τους τις λεκάνες του Ηρόδοτου και της Λεβαντίνης. Επιπρόσθετα οι δυνάμεις αυτές οδήγησαν την μετανάστευση των Εβαποριτών του Μεσσηνίου, με συνέπεια την παραμόρφωση του βορείου άκρου του Ηροδότου.

Για να καταλήξουμε στη σημερινή εικόνα της λεκάνης του Ηρόδοτου, έπαιξαν σημαντικό ρόλο ο κώνος του Νείλου, οι πτυχώσεις και οι ολισθήσεις στο πρίσμα επαύξησης της Μεσογειακής ράχης, η λειτουργία των ρηγμάτων της παράκτιας ζώνης μεταξύ της Λιβύης και το δέλτα του Νείλου.

3. Στρωματογραφία

Η στρωματογραφία της λεκάνης του Ηροδότου έχει πάχος 15 Km και αποτελείται από κλαστικά ιζήματα. Η βάση αποτελεί Τριαδικής ηλικίας ωκεάνιο φλοιό. Η ιζηματογένεση στην λεκάνη είναι αλλόχθονη με κυκλικό σχήμα, το οποίο προκύπτει από το κλίμα. Τα ιζήματα της περιοχής πάνω από το Τριαδικό υπόβαθρο χωρίζονται επεξηγούνται κατωτέρω:

- Ιζήματα Μεσοζωικού και Παλαιογενούς
- Ιζήματα Μειοκαίνου
- Μεσσηνιακοί εβαπορίτες
- Ιζήματα Πλειο – Τεταρτογενούς

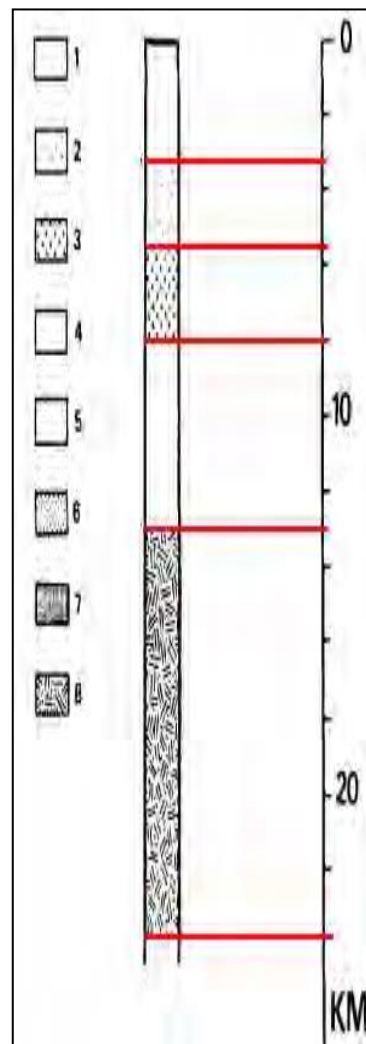


Στρωματογραφική τομή της λεκάνης του Ηρόδοτου και του μπλοκ του Ερατοσθένη (Montadert&Nicolaidis,2010)

3.1 Προ Μεσσήνιας ηλικίας ιζήματα (Μεσοζωικού – Μειόκαινου)

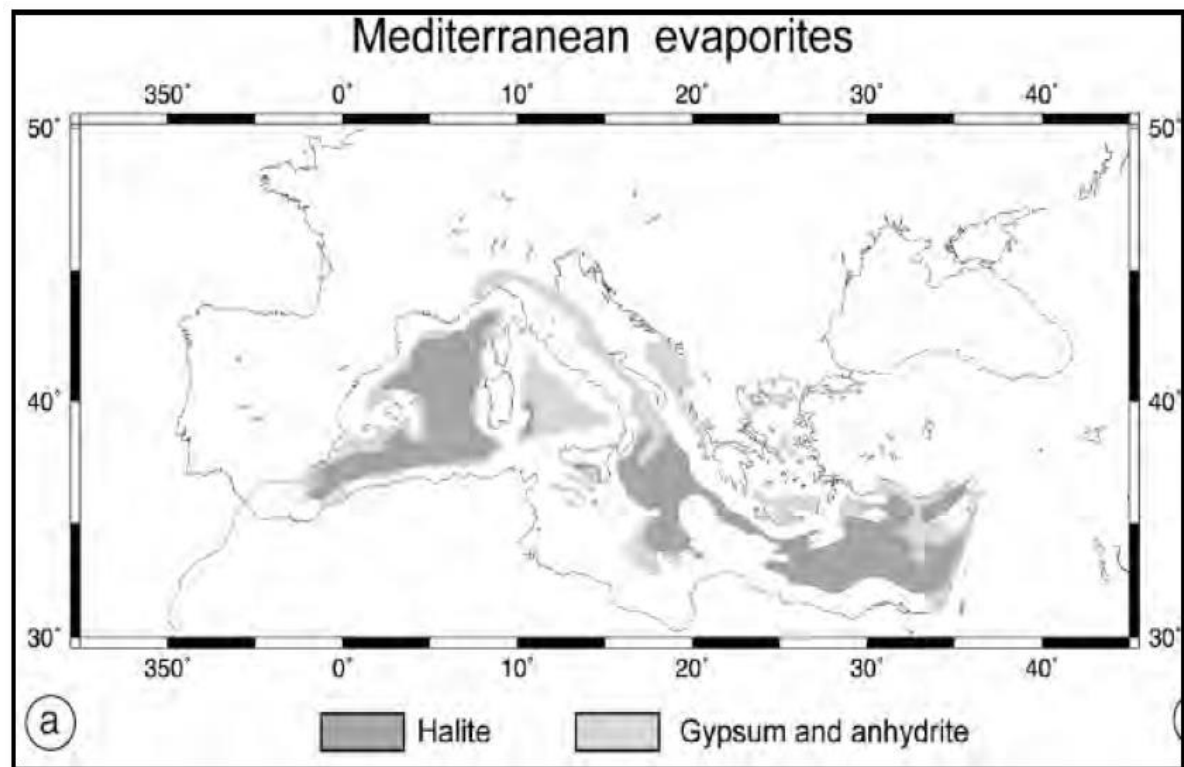
Έχουν πάχος μεγαλύτερο από 7,5 χιλιόμετρα και χωρίζονται σε επτά λιθοτύπους:

- Ασβεστολιθίτες: Αστρώτα πολύμικτα τα οποία μπορεί να εμφανίζουν στρώση χρώματος γκρι
- Πηλίτες: Λεπτά επίπεδα και αποτελούν σκληρά πετρώματα. Η σύστασή τους καθορίζεται από τη μάζα τους (matrix) η οποία αποτελείται από πηλό και χλώριο ιλλιτικής σύστασης. Έχουν χρώμα ελαφρού γκρι.
- Ασβεστούχοι πηλίτες: Ο λιθοτύπος αυτός είναι συμπαγής με οριζόντια ελασμάτωση με θεμελιώδη μάζα (matrix) χρώματος γκρι. Είναι πολύ λεπτόκοκκος και περιέχει διαβρωμένο χαλαζία, οργανικούς κόκκους κλαστικής προέλευσης μέσα σε μια αργιλούχο θεμελιώδη μάζα καθώς και σκούρο καφέ ηφαιστειακό γυαλί.
- Απολιθωματοφόροι μικρίτες: Δημιουργήθηκαν από βιτουρβιδισμό και εμφανίζουν ακανόνιστη επαφή με τους αργιλόλιθους.
- Σαπροπηλοί: Ιζήματα καφέ μαύρου χρώματος πλούσια σε αργιλικό υλικό τα οποία μπορούν να απελευθερώσουν υδρογονάνθρακες.
- Κλαστικοί βιομικρίτες: Πετρώματα συμπαγή, γκριζου χρώματος, αποτελούμενα από πλαγκτονικά τρηματοφόρα και θραύσματα των κελυφών τους. Περιέχουν επίσης γωνιακούς κόκκους χαλαζία, λεπτούς κόκκους ασβεστίτη, ηφαιστειακό γυαλί και μαρμαρυγίες. Όλα αυτά βρίσκονται μέσα σε ένα ασβεστιτικό μικρίτη.
- Βιοασβεστο-αρενίτης: Φτωχά διαβαθμισμένα, γκριζου χρώματος, χονδρόκοκκα πετρώματα τα οποία είναι πολύμικτα και το 50% προέρχονται από βιογένεση.



3.2 Μεσσήνιοι εβαπορίτες

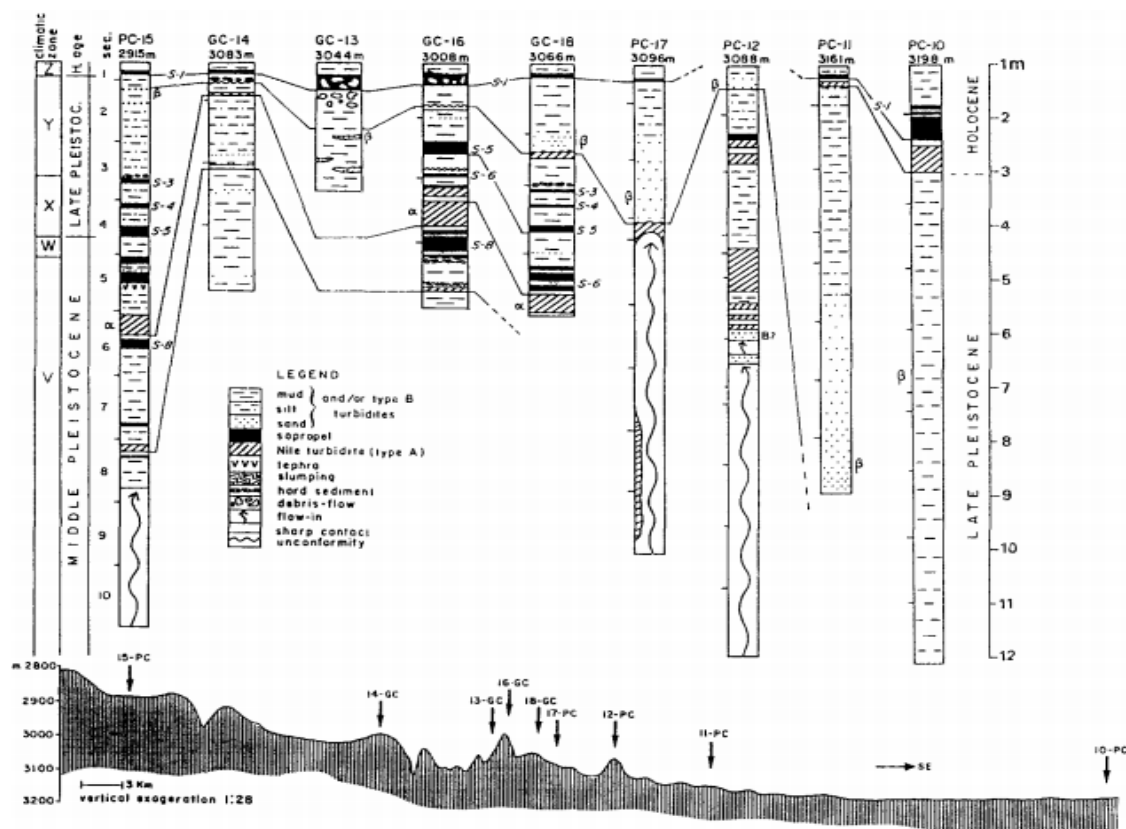
Οι σχηματισμοί αυτοί αποτέθηκαν εξαιτίας του κλεισίματος του στενού του Γιβραλτάρ, το οποίο ήταν η μόνη επικοινωνία της Μεσογείου θάλασσας με τον Ατλαντικό ωκεανό. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η Μεσόγειος θάλασσα να στερέψει, ενώ μαζί με την ταυτόχρονη έντονη εξάτμιση εναποτέθηκαν μεγάλου πάχους εβαπορίτες. Για τη δομή της περιοχής κυριάρχησε η άποψη του διαπυρισμού. Η αιτία του διαπυρισμού μπορεί να είναι είτε οι μαγματικές είτε οι ιζηματογενείς κινήσεις. Οι μαγνητικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή παρουσιάζουν ανωμαλίες που οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι κινήσεις είναι ιζηματογενείς.



Απόθεση εβαποριτών κατά την κρίση αλμυρότητας του Μεσσηνίου(Scalera, 2006)

3.3 Πλειο – Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται από πλούσια σε ανθρακικό υλικό ιζήματα, τα οποία αποτέθηκαν σε ανοικτή θάλασσα. Μέσα σε αυτά εμπεριέχονται βενθονική οστρακοειδή πανίδα και άφθονη πελαγικοί οργανισμοί. Έχουν καφέ μαύρο χρώμα με ελασματωμένους σαπροπηλούς, πλούσιους σε οργανικό υλικό, εναλλασσόμενους με αμμούχους τουρβιδίτες. Από έρευνες που έγιναν στους τουρβιδίτες (πυρηνοληψίες) κατατάχθηκαν σε τρεις τύπους, Α Β και C όπως επίσης και σε δεβριτικές ροές, με βάση την πηγή τροφοδοσίας τους. Οι τρεις τύποι των τουρβιδιτών διαφέρουν στη σύσταση καθώς και στο πάχος τους. Εντοπίστηκαν επίσης και δώδεκα στρώσεις σκουρόχρωμα και ελασματοειδήσαπροπηλού, πλούσιο σε οργανικό υλικό, ο οποίος αποτέθηκε σε μεγάλο βάθος κατά το Τεταρτογενές σε αναερόβια φάση (Hilgen, 1991; Kempler et al., 1996)



Στρωματογραφικές στήλες τουρβιδιτών τύπου Α και Β από 9 πυρήνες. Οι στήλες με μαύρο χρώμα παρουσιάζουν τις στρώσεις των σαπροπηλών (Cita et al., 1984)

Τουρβιδίτης τύπου Α

Έχει πάχος 15cm έως 750cm (Reeder et al., 2000) και είναι πλούσιος σε σμεκτίτη, γεγονός που μας δείχνει ότι προέρχεται από τον κώνο του Νείλου. Το υλικό του χρονολογείται στο Μέσο Πλειστόκαινο – Ολόκαινο και εμφανίζεται με σκούρο γκρι χρώμα.

Τουρβιδίτης τύπου Β

Είναι χρώματος άσπρου, υπόλευκου έως και ανοιχτού καφέ με πάχος 6 – 1.570cm (Reeder et al., 2000) και ηλικίας Άνω Πλειστόκαινου. Ο τουρβιδίτης αυτός είναι χρονοδρόκοκος και το πιο εμφανές στρώμα του ονομάστηκε beta από το ελληνικό γράμμα β. Αποτελείται από βρυόζωα, μαλάκια, αγκάθια εγχινοειδών και μεγάλα τρηματοφόρα, τα οποία βρίσκονται ανακατεμένα με πλαγκτόν και βένθος βαθιάς θάλασσας. Οι τουρβιδίτες τύπου Β είναι πιο πλούσιοι σε ανθρακικά άλατα από αυτούς του τύπου Α, γεγονός το οποίο αποδεικνύει ότι έχουν διαφορετική πηγή τροφοδοσίας.

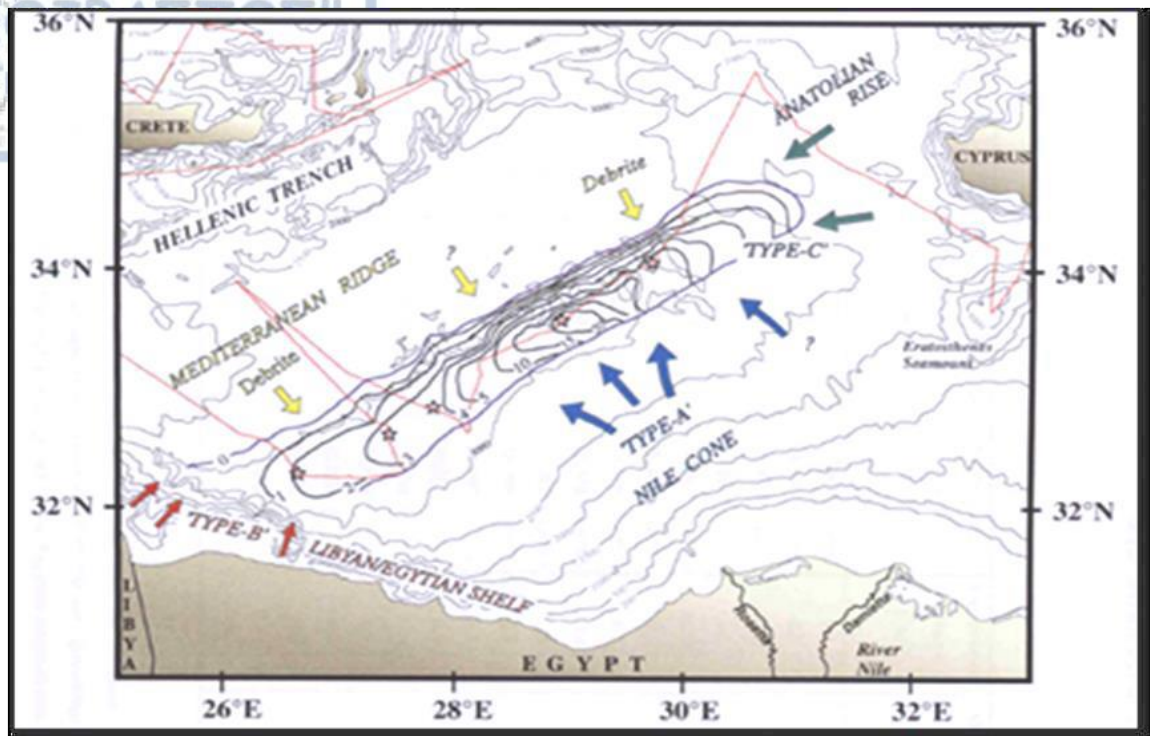
Υπάρχουν δύο θεωρίες για την πηγή τροφοδοσίας τους:

- 1) Η προέλευση τους είναι από την Μεσογειακή ράχη στα βόρεια
- 2) Η προέλευση τους είναι από τα νότια της Αφρικανικής ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας ή την ηπειρωτική κατωφέρεια.

Όμως επειδή οι τουρβιδίτες αυτοί είναι πλούσιοι σε βιοκλάστες και παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε ανθρακικά, συμπεραίνουμε ότι η προέλευση τους είναι η νότια περιοχή της Αφρικανικής ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας.

Τουρβιδίτης τύπου C

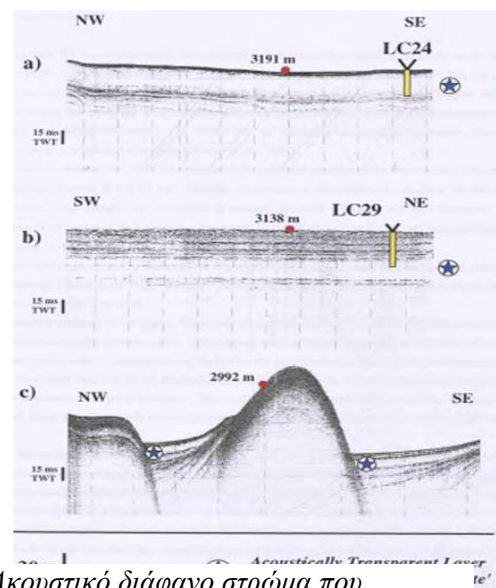
Οι τουρβιδίτες αυτού του τύπου προέρχονται από το ύβωμα της Ανατολίας και κατευθύνονται προς τα βορειοανατολικά και ανατολικά της λεκάνης. Τέλος, οι δεβριτικές ροές αρχίζουν από την Μεσογειακή ράχη και φθάνουν βόρεια της λεκάνης (Stow & Piper, 1984; Stow et al., 1996; Cita et al., 1984a; Lucchi & Camerlenghi, 1993).



Παρουσιάζονται οι τέσσερις πηγές των τουρβιδιτών στην λεκάνη του Ηρόδοτου (Reeder et al., 2000)

3.4 Μεγατουρβιδίτης της λεκάνης του Ηρόδοτου (HBM: Herodotus Basin Megaturbidite)

Προέρχεται από την υφαλοκρηπίδα της Λιβύης – Αιγύπτου και έχει ηλικία 27ka και όγκο 400 Km³. Πέραν αυτού του μεγατουρβιδίτη αποτίθενται ακόμα έξι αποθέσεις, οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν σαν μεγατουρβιδίτες. Κάθε μια από αυτές έχει διαφορετικά γεωχημικά χαρακτηριστικά, γεγονός που βοηθά στην γεωχημικοστρωματογραφική τους κατάταξη. Ο μεγατουρβιδίτης της λεκάνης του Ηρόδοτου καλύπτει όλη την λεκάνη και είναι ένα ακουστικά διαφανές στρώμα.



Ακουστικό διάφανο στρώμα που θεωρείται η σεισμική έκφραση του μεγατουρβιδίτη (Reeder et al., 2000)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

1. Ηπειρωτικό μπλοκ του Ερατοσθένη

Το μπλοκ του Ερατοσθένη βρίσκεται Νότια της Κύπρου και χαρακτηρίζεται ως μια πολύ μεγάλη τετράπλευρη δομή η οποία επιμηκύνεται με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ. Δημιουργήθηκε κατά το Μέσο – Άνω Κρητιδικό, κατά την διάσπαση του βορείου περιθωρίου της Γκοντβάνας, δημιουργώντας έτσι τον ωκεανό της Νέο-Τηθύος. Η ύπαρξη του ασβεστόλιθου ρηχού νερού, ηλικίας Μέσου Τριαδικού, παρουσιάζει το μπλοκ του Ερατοσθένη σαν μια παθητική ανθρακική πλατφόρμα κατά την διάρκεια του Μεσοζωικού – Κάτω Τριτογενούς.

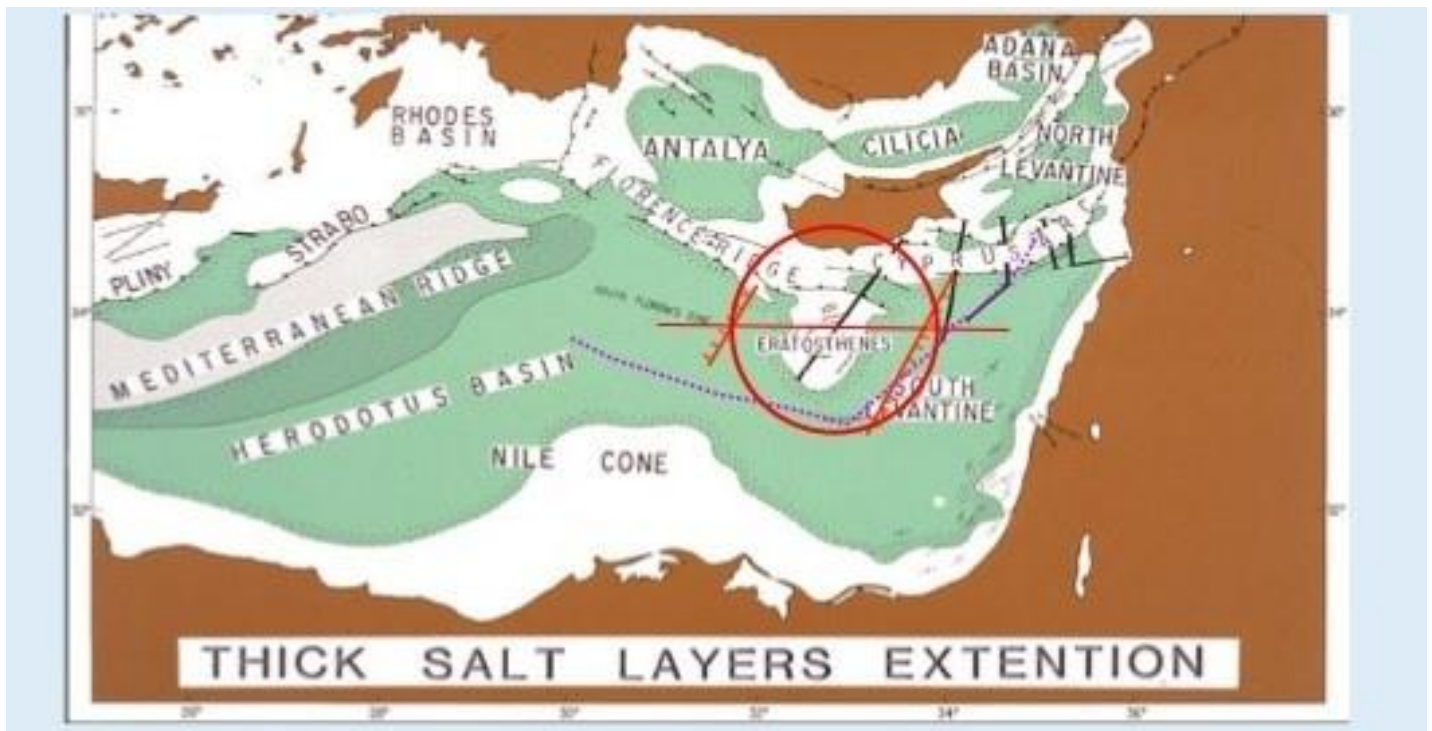
Στις αρχές του Μειόκαινου παρατηρείται η υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας βόρεια της Κύπρου (Robertson et al., 1991). Το μοναδικό πέτρωμα που συλλέχθηκε από το μπλοκ είναι ένας μικριτικός ασβεστόλιθος ρηχών νερών Ολιγοκαινικής ηλικίας. Με έρευνες που έγιναν στις ρωγμές του ασβεστόλιθου διαπιστώθηκε ότι εμφανίστηκε ένα πλημμυρικό γεγονός κατά την διάρκεια του Μειόκαινου, το οποίο πλήρωσε τον ασβεστόλιθο με πελαγικά ιζήματα. Λόγω του ότι το μπλοκ του Ερατοσθένη αποτελούσε ένα ύψωμα, κατά την διάρκεια της κρίσης αλμυρότητας του Μεσσηνίου, είχε ως αποτέλεσμα την εναπόθεση των εβαποριτών στις γύρω περιοχές και στις πλαγιές του. Οι ερευνητές μάρκαραν τους εβαπορίτες με ένα χαρακτηριστικό ανακλαστήρα, "M". Τα σεισμικά δεδομένα επιδεικνύουν ότι το μπλοκ του Ερατοσθένη εμφανίζεται πάνω σε ένα ηπειρωτικό φλοιό πάχους μεγαλύτερου των 20Km, ο οποίος συγκρίνεται με αυτό της Κύπρου και της ανατολικής Μεσογείου. Η βύθιση του πλεύσιμου ηπειρωτικού φλοιού του Ερατοσθένη προκάλεσε την ανύψωση της νότιας Κύπρου. Το βόρειο τμήμα του βυθίστηκε κάτω από την Κύπρο σχηματίζοντας την Βόρεια Λεκάνη. Η σύγκρουση αυτή προκάλεσε το σχηματισμό μιας δεύτερης λεκάνης Νότια της Κύπρου. Η ιζηματογένεση που ακολούθησε στην Νότια λεκάνη παρουσιάζει τον ίδιο ρυθμό με την κλίση βύθισης καθώς επίσης και η συμπίεση η οποία σχετίζεται με την προς τα κάτω κάμψη. Καθώς το μπλοκ του Ερατοσθένη καταναλώνεται, με το ταυτόχρονο μειωμένο ρυθμό ανύψωσης της Νότιας Κύπρου, αρχίζει μια πιο φυσιολογική καταβύθιση του μπλοκ με παράλληλη δημιουργία του μοτίβου υπό – επώθησης του Ερατοσθένη.

Η Βόρεια Λεκάνη, μετά το σχηματισμό της, γέμισε με ιζήματα το οποίο προήλθε από το ανυψωμένο οφειολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους καθώς επίσης και του ιζηματογενούς καλύμματος του. Η ενεργή ζώνη αποκόλλησης απέσπασε και ανύψωσε μια μικρή ράχη, η οποία αποτελούνταν από Πλειο – Τεταρτογενείς λιθολογίες, καθώς μεταφερόταν νοτιότερα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να απομονωθεί μια μικρή ιζηματογενής λεκάνη πίσω από το ύψωμα η οποία γέμισε με ιζήματα και έπειτα παραμορφώθηκε.

Μέχρι και σήμερα, η δομή και η εξέλιξη του μπλοκ του Ερατοσθένη δεν είναι πλήρως κατανοητή, αν και έγιναν πάρα πολλές έρευνες. Μερικές έρευνες υποστηρίζουν ότι η σύγκρουση Ερατοσθένη – Κυπριακού τόξου, σταματά την διαδικασία υποβύθισης της νότιας Κύπρου. Ένα σημαντικό στοιχείο είναι ότι οι εβαπορίτες του Μεσσηνίου δεν υπάρχουν στο μπλοκ του Ερατοσθένη. Όπως προαναφέρθηκε τα πρηνή του ηπειρωτικού μπλοκ είναι απότομα και η κορυφή τους κλίνει προς τα ΔΒΔ – ΑΝΑ.

Από το νότιο πρανές του μπλοκ πάρθηκαν ασβεστόλιθοι του Μέσου Τριτογενούς, όπως επίσης σερπεντινίτες και γρανιτικά πετρώματα. Από ανάλυση σεισμικών δεδομένων που πραγματοποιήθηκαν, αναδείχθηκε ότι ο Ερατοσθένης υπέστη κάθετη ρωγμάτωση μετά το Μεσσήνιο.

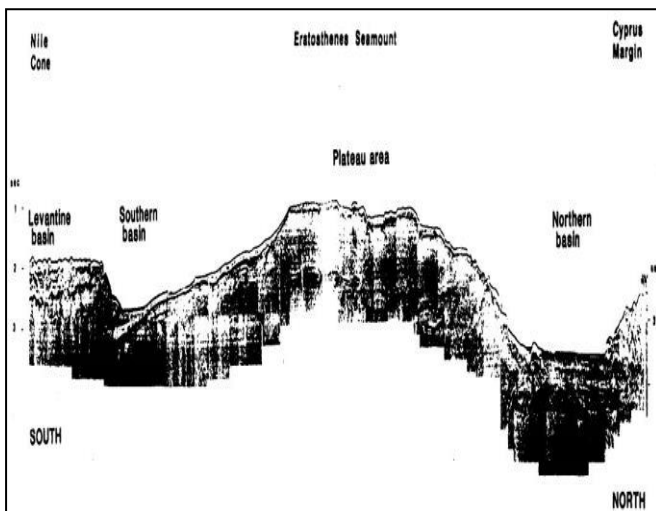
Επίσης το γεγονός ότι ο Ερατοσθένης βρίσκεται πάνω από τους εβαπορίτες του Μεσσηνίου, υποδηλώνει ότι κατά την Μεσσήνια περίοδο, το μπλοκ αυτό ήταν ήδη ανυψωμένο (Montadert et al., 1978; Kempler&Garfunkel, 1992; Mart et al., 1992; Robertson, 1992)



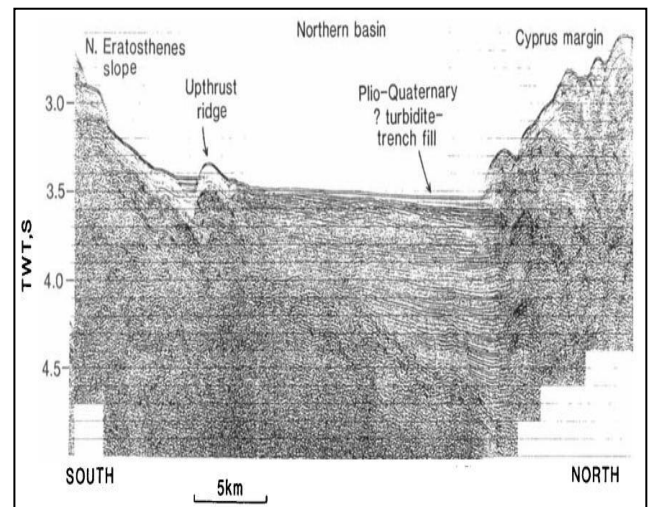
Γεωλογικές Ενότητες ΝΑ Μεσογείου και το υποθαλάσσιο μπλοκ του Ερατοσθένη(<https://www.slideshare.net/ekyklos/15102018-workshop-119604504>)

2.Βόρεια λεκάνη μεταξύ Κύπρου και Ερατοσθένη

Το Κυπριακό περιθώριο μεταβάλλεται από συμπίεση ή και διαπυρισμό και αυτό εμφανίζεται στα σεισμικά προφίλ ως συγκεχυμένες σεισμικές ανακλάσεις. Η περιοχή του Κυπριακού περιθωρίου κατά την ανύψωση του, στο Πλειο – Τεταρτογενές, αποτελούσε δίοδο για μεγάλο όγκο ιζημάτων, τα οποία προέρχονταν από την Κύπρο, και τα οποία πλήρωσαν τις μικρές λίμνες (Poole&Robertson, 1992). Στα σεισμικά προφίλ παρουσιάζεται και η Βόρεια λεκάνη, η οποία έχει μεγάλο βάθος και βρίσκεται μεταξύ του Κυπριακού περιθωρίου και του Ερατοσθένη. Στο πάνω τμήμα της λεκάνης ξεχωρίζουν οριζόντιες ανακλάσεις και στο βόρειο τμήμα της εμφανίζεται μια λεπτή σφηνοειδή μονάδα. Η μονάδα αυτή έχει παράλληλες διαφανείς ανακλάσεις σε αντίθεση με τις σιγμοειδείς που παρατηρούνται σε μεγαλύτερο βάθος. Τα ιζήματα αποτελούνται κυρίως από Τουρβιδίτες Πλειο – Τεταρτογενούς, οι οποίοι μειώνονται σε πάχος προς τα νότια της λεκάνης. Στην λεκάνη αυτή δεν εντοπίζεται ο ανακλαστήρας 'Μ'. Η σεισμική μονάδα, που βρίσκεται κάτω από την λεκάνη, διακόπτεται από ρήγματα, χωρίς αυτά να φτάνουν μέσα στην λεκάνη. Έτσι συμπεραίνουμε ότι η λεκάνη αυτή είναι μια τάφρος καταβύθισης, σχετιζόμενη με την επώθηση του Ερατοσθένη κάτω από την Κύπρο.



Σεισμικό προφίλ του μπλοκ του Ερατοσθένη και των δύο περιθωρίων του (Robertson et al., 1995)



Σεισμικό προφίλ από το νότιο Κυπριακό περιθώριο μέχρι τις βόρειες πλαγιές του Ερατοσθένη κατά μήκος της Βόρειας Λεκάνης. (Robertson et al., 1995)

3.Οροπέδιο Ερατοσθένη

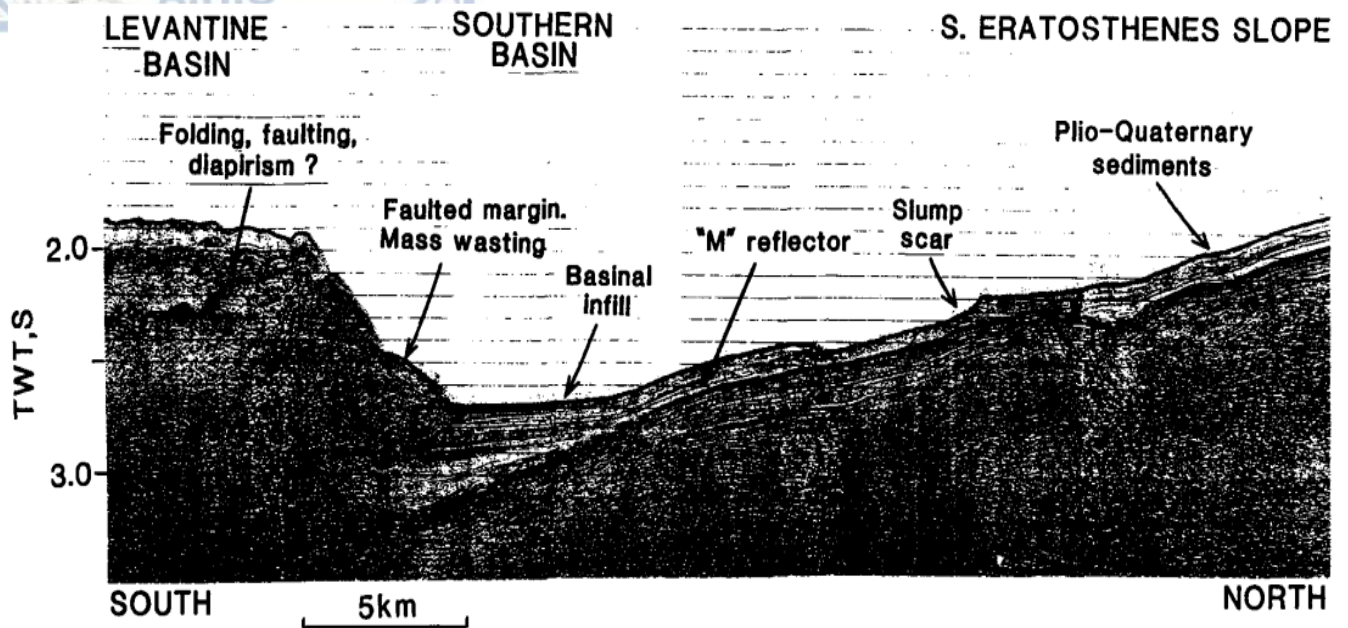
Στην περιοχή του οροπεδίου του Ερατοσθένη αναγνωρίζονται μικρές τοπικές ασυμφωνίες, στις οποίες μικρές πτυχές και ρήγματα επικαλύπτονται από τα Πλειο – Τεταρτογενή ιζήματα και χαρακτηρίζονται από ταυτόχρονη παραμόρφωση και ιζηματογένεση. Επίσης ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της περιοχής του οροπεδίου του Ερατοσθένη είναι η παρουσία ζωνών κυκλικών ταπεινώσεων, οι οποίες συγκεντρώνονται κοντά σε ρήγματα. Η δημιουργία των δομών αυτών πιστεύεται ότι προέκυψε από διαφυγή του αερίου γιατί πολλές από αυτές τοποθετούνται πάνω από περιοχές όπου οι ανακλαστήρες φαίνονται να εκχύνονται στα υψηλής ανάλυσης προφίλ. Η παρουσία του αερίου είναι άγνωστη όμως πιστεύεται ότι συνδέεται με την παρουσία οργανικής ύλης κάτω από το μπλοκ του Ερατοσθένη.

4.Νότια λεκάνη μεταξύ Ερατοσθένη και Λεκάνης Λεβαντίνης

Ενδιάμεσα του Ερατοσθένη και της νότιας λεκάνης της Λεβαντίνης εμφανίζεται η Νότια λεκάνη, η οποία σε σύγκριση με την Βόρεια λεκάνη, είναι πιο ρηχή και πιο στενή, με την ακολουθία των Πλειο – Τεταρτογενών ιζημάτων να έχει πάχος 350 m και να βρίσκεται πάνω από τους εβαπορίτες του Μεσσηνίου. Σε αυτή την λεκάνη εντοπίζουμε δύο σεισμικούς χαρακτήρες με τον χαμηλότερο να είναι σχετικά διαφανής και να αποσφηνώνεται στα χαμηλότερα σημεία των νότιων πλαγιών του Ερατοσθένη. Ο ανώτερος σεισμικός χαρακτήρας αποκαλύπτεται νότια και ομαδοποιείται με τα ιζήματα του Πλειο – Τεταρτογενούς, καλύπτοντας έτσι την νότια πλαγιά του μπλοκ του Ερατοσθένη.

Ο ανακλαστήρας 'Μ' εμφανίζεται κάτω από την νότια λεκάνη και κάτω από το νότιο περιθώριο της Λεβαντίνης. Το περιθώριο μεταξύ της νότιας λεκάνη και της λεκάνης της Λεβαντίνης είναι βαρυτικά ασταθές και απότομο λόγω της ανύψωσης της λεκάνης της Λεβαντίνης. Το υλικό που αποτέθηκε στην νότια λεκάνη, αν και μικρού πάχους, προέρχεται από τον κώνο του Νείλου και δηλώνει ότι η ταπείνωση ήταν πρόσφατη και μικρής έκτασης. Επίσης το πάχος το ιζημάτων στη λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζει το ίδιο πάχος με αυτό της νότιας λεκάνης, κάτι το οποίο δείχνει ότι η νότια λεκάνη βυθίστηκε γρήγορα και πρόσφατα. Προς τα νότια, το υπόστρωμα της Λεβαντίνης παρουσιάζει μικρού ύψους κυματισμούς.

Τέλος κατά το Πλειο – Τεταρτογενές η λεκάνη της Λεβαντίνης λειτούργησε ως μια ασταθής υφαλοκρηπίδα η οποία αλλοιώθηκε, παραμορφώθηκε, κατά τον εβαποριτικό διαπυρισμό και πιθανών επηρεάστηκε από την επώθηση του Ερατοσθένη προς το νότο.



Σεισμικό προφίλ με διεύθυνση B-N κατά το οποίο παρουσιάζονται τα νότια περιθώρια του Ερατοσθένη, η ανυψωμένη λεκάνη της Λεβαντίνης και η νότια Λεβαντίνη. Επίσης παρατηρούμε την ουλή ολίσθησης στην πλαγιά του μπλοκ (Robertson et al., 1995).

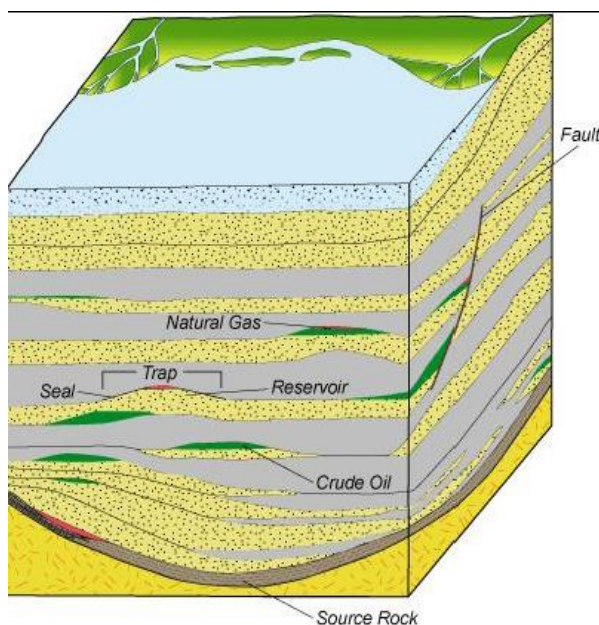
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

1.Κοιτασματολογία πετρελαίου

Ένα πετρελαϊκό σύστημα για να θεωρείται σύστημα πρέπει να περιέχει:

- Μητρικό Πέτρωμα (Source Rock)
- Ταμιευτήρα (Reservoir)
- Πέτρωμα – Κάλυμμα (Seal – Cap Rock)
- Δομή Παγίδευσης (Trap)
- Χρόνο (Timing)
- Ωρίμανση (Maturation)
- Μετανάστευση (Migration)

Όλα τα παραπάνω είναι προαπαιτούμενα στοιχεία για τη γένεση υδρογονανθράκων.



Σύστημα αποθήκευσης Υδρογονανθράκων με εμφανή τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν .
Κοιτασματολογία Πετρελαίου Ανδρέας
Γεωργακόπουλος

Η δομή παγίδευσης των υδρογονανθράκων αποτελεί μια γεωλογική στρωματογραφική ενότητα στην οποία περιλαμβάνονται όλα τα προηγούμενα και βοήθα στην μη διαφυγή των υδρογονανθράκων. Με τον όρο ωρίμανση εννοούμε την αξιολόγηση της ιστορίας του μητρικού πετρώματος έτσι ώστε να παρουσιαστούν ικανοποιητικές προβλέψεις για το χρόνο γένεσης και την μετανάστευση των υδρογονανθράκων. Τέλος με τον όρο μετανάστευση εννοούμε τους δρόμους που θα ακολουθήσουν οι υδρογονάνθρακες για να μετακινηθούν από το μητρικό πέτρωμα προς τους ταμιευτήρες. Οι δρόμοι αυτοί μπορεί να είναι διακλάσεις ρήγματα είτε το πρωτογενές πορώδες του ταμιευτήρα.

2. Μητρικά πετρώματα

Με τον όρο μητρικό πέτρωμα αναφερόμαστε στα πετρώματα εντός των οποίων δημιουργούνται οι υδρογονάνθρακες. Αυτά αποτίθενται μέσα σε υδάτινα περιβάλλοντα και είναι πλούσια σε οργανικό υλικό το οποίο προέρχεται από θαλάσσια ή λιμναία φύκη (υπολείμματα νεκρών οργανισμών) τα οποία είναι πλούσια σε λιπίδια και χημικά συνθετικά.

Για να θεωρηθεί ένα ίζημα ως μητρικό πέτρωμα πρέπει να χαρακτηρίζεται από τα εξής:

- Να έχουν επαρκή ποσότητα βιολογικής προέλευσης οργανικών ουσιών
- Να ταφεί σε συγκεκριμένα βάθη και πάνω του να αναπτυχθούν θερμοκρασίες περίπου 60-160°C (παράθυρο πετρελαίου) έτσι ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία δημιουργίας πετρελαίου και θερμική αποικοδόμηση του κηρογόνου.
- Η οργανική ουσία να έχει υψηλά ποσοστά υδρογόνου.

Από εμπειρικά στοιχεία καθορίστηκε η ελάχιστη συγκέντρωση οργανικού άνθρακα TOC σε μητρικά πετρώματα κλαστικής και ανθρακικής λιθολογίας να είναι 1.5% και 0.5% αντίστοιχα (Hunt et al., 1996). Η οργανική ύλη η οποία περιέχεται μέσα στα μητρικά πετρώματα αποτελείται κυρίως από οργανικό άνθρακα ενώ μπορεί να περιέχει και μικροποσότητες στοιχείων N, S, O. Η πλειοψηφία των μητρικών πετρωμάτων που έχουν αποβάλλει εμπορικές ποσότητες πετρελαίου είχαν συγκεντρώσεις TOC περίπου 2-10%.

Εάν η συγκέντρωση του διαλυόμενου οξυγόνου σε νερό είναι:

- μικρότερη από 0.1 ml/L → αναερόβιο περιβάλλον
- μεταξύ 0.1 – 1.0 ml/L → δυσαιρόβιο περιβάλλον
- μεγαλύτερες του 1.0 ml/L → οξικό περιβάλλον

Τα δύο πρώτα περιβάλλοντα, αναερόβια και δυσαιρόβια απαιτούν στάσιμες συνθήκες νερού για να μην υπάρχει κυκλοφορία νερού πλούσιου σε οξυγόνο στα βαθύτερα τμήματα του ύδατος.

Οι κυριότερες αποθετικές θέσεις Μητρικών Πετρωμάτων είναι οι εξής:

- Λίμνες: Αποτελούν τις σημαντικότερες θέσεις μητρικών πετρωμάτων σε ηπειρωτικές ακολουθίες. Πρέπει να είναι σταθερές έτσι ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί διασταυρωμένη υδάτινη στήλη ώστε να αναπτυχθούν οι κατάλληλες ανοξικές συνθήκες. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, σύμφωνα με τους Allen & Collinson (1986) πρέπει οι λίμνες να είναι βαθιές, να βρίσκονται σε περιοχές βυθιζόμενων ηπειρωτικών ρηγμάτων διαστολής και σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη, έτσι ώστε το κλίμα να είναι θερμό και τροπικό. Αυτό προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας υψηλής πυκνότητας ροής.

- Δέλτα: Το οργανικό υλικό των δέλτα αποτελείται από βακτήρια, σε έλη και λίμνες που δημιουργούνται στην δελταϊκή πλατφόρμα και από φύκη φρέσκων νερών.
- Θαλάσσιες λεκάνες: Τα μητρικά πετρώματα μπορούν να δημιουργηθούν είτε σε κλειστές λεκάνες, περιορισμένου οξυγόνου είτε σε ανοικτές θαλάσσιες υφαλοκρηπίδες και ηπειρωτικές κατωφέρειες.

3. Πετρώματα Ταμιευτήρες

Με τον όρο πετρώματα ταμιευτήρες αναφερόμαστε σε πετρώματα με υψηλό πορώδες, το οποίο τους επιτρέπει την αποθήκευση υδρογονανθράκων όταν αυτοί απομακρυνθούν από το μητρικό πέτρωμα. Ένα πέτρωμα όμως για να θεωρηθεί ως οικονομικά βιώσιμος ταμιευτήρας υδρογονανθράκων πρέπει να έχει εκτός από το πορώδες και πολύ καλή διαπερατότητα όπως και επίσης και μεγάλο όγκο παγιδευμένων υδρογονανθράκων.

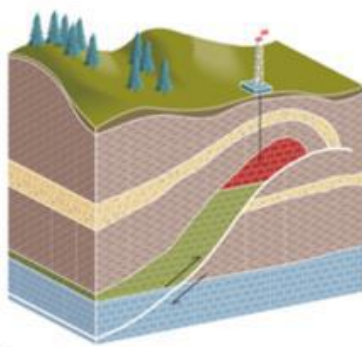
Τα πετρώματα ταμιευτήρες χωρίζονται σε ανθρακικούς ταμιευτήρες και κλαστικούς (ψαμμιτικούς) ταμιευτήρες. Παρόλα' αυτά οποιοδήποτε πέτρωμα το οποίο είναι ρωγματομένο, λόγω του ότι επιτρέπει την κίνηση υδρογονανθράκων με ευκολία εντός αυτού, μπορεί να μετατραπεί σε πέτρωμα ταμιευτήρα.

4. Πετρώματα Καλύμματα

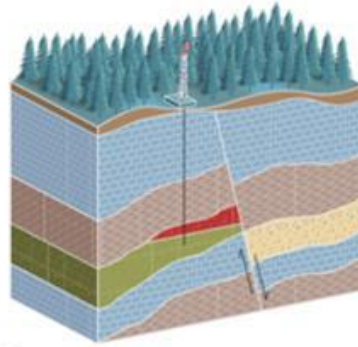
Πέρα από τα μητρικά πετρώματα και τα πετρώματα ταμιευτήρες απαραίτητα στοιχεία για τη δημιουργία ενός κοιτάσματος υδρογονανθράκων αποτελούν και πετρώματα καλύμματα. Αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός εμποδίου πάνω από τον ταμιευτήρα, το οποίο κάνει τη φυγή των υδρογονανθράκων αδύνατη. Τα πιο συνηθισμένα και καλύτερα πετρώματα καλύμματα είναι οι άργιλοι και τα στρώματα κρυσταλλικού άλατος (εβαπορίτες). Παρόλα' αυτά οποιοδήποτε άλλο πέτρωμα το οποίο είναι στεγανό μπορεί να χρησιμεύσει ως πέτρωμα κάλυμμα.

5. Δομή παγίδευσης

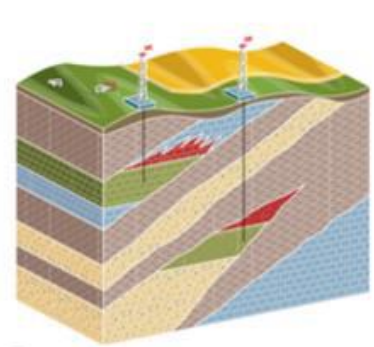
Ο συνδυασμός όλων των προαναφερθέντων πετρωμάτων μαζί με τις κατάλληλες φυσικοχημικές ιδιότητες των υπεδάφίων ρευστών δίνουν την δυνατότητα στους υδρογονάνθρακες να συσσωρευτούν έτσι ώστε να δημιουργήσουν ένα κοιτάσμα. Οι παγίδες χωρίζονται σε τεκτονικές, στρωματογραφικές και συνδυασμός των δύο. Οι πρώτες δημιουργήθηκαν από τεκτονική δράση, διαπυρική και βαρυτική διαδικασία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα αντίκλινα, οι δόμοι άλατος και οι παγίδες ρηγμάτων. Οι στρωματογραφικές παγίδες δημιουργήθηκαν από μεταγενέστερες διαγενέσεις ή από την πρωτογενή αποθετική μορφολογία. Παραδείγματα είναι οι ύφαλοι και οι δομές αποσφήνωσης. Η δομή παγίδευσης πρέπει να συμβεί πριν ή ταυτόχρονα με την μετανάστευση των υδρογονανθράκων από το μητρικό πέτρωμα, για να επιτευχθεί η δημιουργία κοιτασμάτων.



1 Thrust fault



2 Normal fault



3 Stratigraphic pinch-out

Reservoir Rocks  Gas-bearing sandstone

 Oil-bearing sandstone

 Gas-bearing limestone

 Oil-bearing limestone

Rock Types  Surface gravels

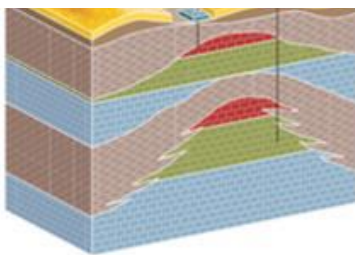
 Limestone

 Sandstone

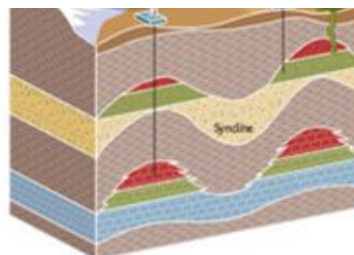
 Shale

 Salt

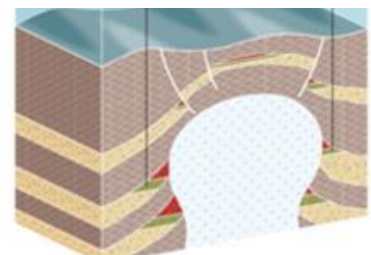
Τεκτονικές παγίδες υδρογονανθράκων από την δράση ρηγμάτων (αριστερή και μεσαία σχηματική αναπαράσταση) και στρωματογραφική παγίδα αποσφήνωσης (δεξιά σχηματική αναπαράσταση).
(<http://www.history.alberta.ca/energyheritage/gas/premodern-global-history/location-of-natural-gas/default.aspx>)



4 Reef



5 Anticlines



6 Salt dome

Reservoir Rocks  Gas-bearing sandstone

 Oil-bearing sandstone

 Gas-bearing limestone

 Oil-bearing limestone

Rock Types  Surface gravels

 Limestone

 Sandstone

 Shale

 Salt

Στρωματογραφική παγίδα από ανθρακικό ύφαλο(αριστερή σχηματική αναπαράσταση).
Τεκτονικές παγίδες με ταυτόχρονη δημιουργία αντικλίνουν από την δράση δομού άλατος(μεσαία και δεξιά σχηματική ανάπτυξη.).

(<http://www.history.alberta.ca/energyheritage/gas/premodern-global-history/location-of-natural-gas/default.aspx>)

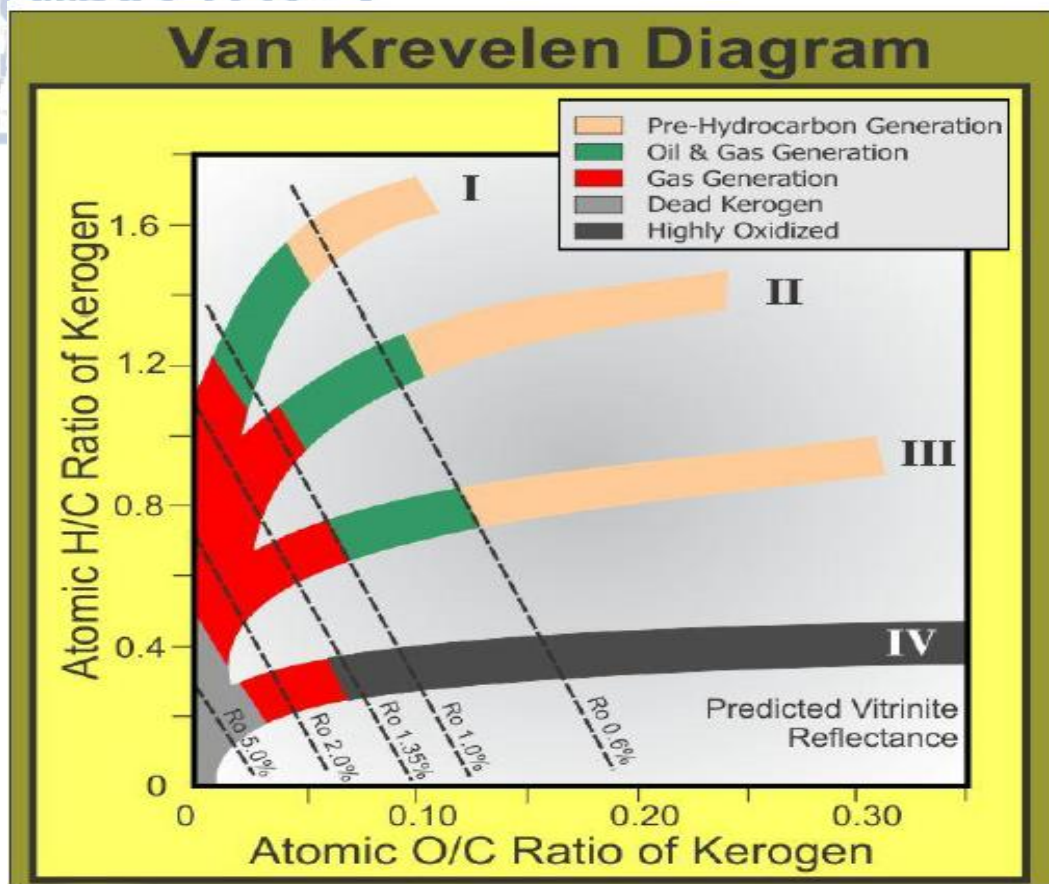
6.Κηρογόνο

Το Κηρογόνο είναι ένα αδιάλυτο οργανικό υλικό σε οργανικούς διαλύτες λόγω των μεγάλου μοριακού βάρους ενώσεων που τον αποτελούν (πάνω των 1.000 daltons). Είναι ένα μείγμα οργανικών χημικών ενώσεων το οποίο αποτελεί μέρος του συνόλου που βρίσκεται μέσα στα ιζηματογενή πετρώματα.

Αυτό ταξινομείται σε 4 κύριους τύπους:

- Σαπροπηλικό Κηρογόνο ή τύπος κηρογόνου I: Προέρχεται από λιμναία φύκια και δημιουργείται μόνο σε ανοξικά λιμναία περιβάλλοντα ή σε μη συνήθη θαλάσσια περιβάλλοντα. Περιέχει αλγινίτη, κυανοβακτήρια και φύκια γλυκού νερού. Παράγει εύκολα υγρά και αέρια υδρογονανθράκων. Ο τύπος αυτός έχει αναλογία Υδρογόνου/Άνθρακα >1.25 και Οξυγόνου/Άνθρακα <0.15
- Πλανκτονικό - Θειούχο Κηρογόνο ή τύπος κηρογόνου II: Προέρχεται από θαλάσσιας προέλευσης οργανική ύλη η οποία δημιουργήθηκε σε αναγωγικό περιβάλλον. Περιέχει Σπορινίτη, Κουτινίτη, Ρεζινίτη και Λιπτινίτη και έχει την τάση να δημιουργεί πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Έχει αναλογία Υδρογόνου/Άνθρακα <1.25 και Οξυγόνου/Άνθρακα 0.03-0.18
- Χουμικό Κηρογόνο ή τύπος κηρογόνου III: Προέρχεται από χερσαία παράκτια φύκη και σχηματίζεται κυρίως από κυτταρίνη. Παράγει άνθρακα και μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου σε πολύ μεγάλα βάθη. Έχει αναλογία Υδρογόνου/Άνθρακα <1 και Οξυγόνου/Άνθρακα 0.03-0.3.
- Κηρογόνο τύπου IV: Είναι το υπόλειμμα της οργανικής ύλης με αναλογία Υδρογόνου/Άνθρακα <0.5

Οι τύποι κηρογόνου I, II και III μπορούν να βοηθήσουν στην δημιουργία Υδρογονανθράκων ενώ το Κηρογόνο IV δεν μπορεί να δημιουργήσει υδρογονάνθρακες.



Τύποι Κηρογόνου στο διάγραμμα Van Krevelen, στο οποίο παρουσιάζονται οι αναλογίες Υδρογόνου/Ανθρακα, Οξυγόνου/Ανθρακα και ο δρόμος την οργανικής ωρίμανσης (Brooks et al., 1987).

7. Μετανάστευση πετρελαίου

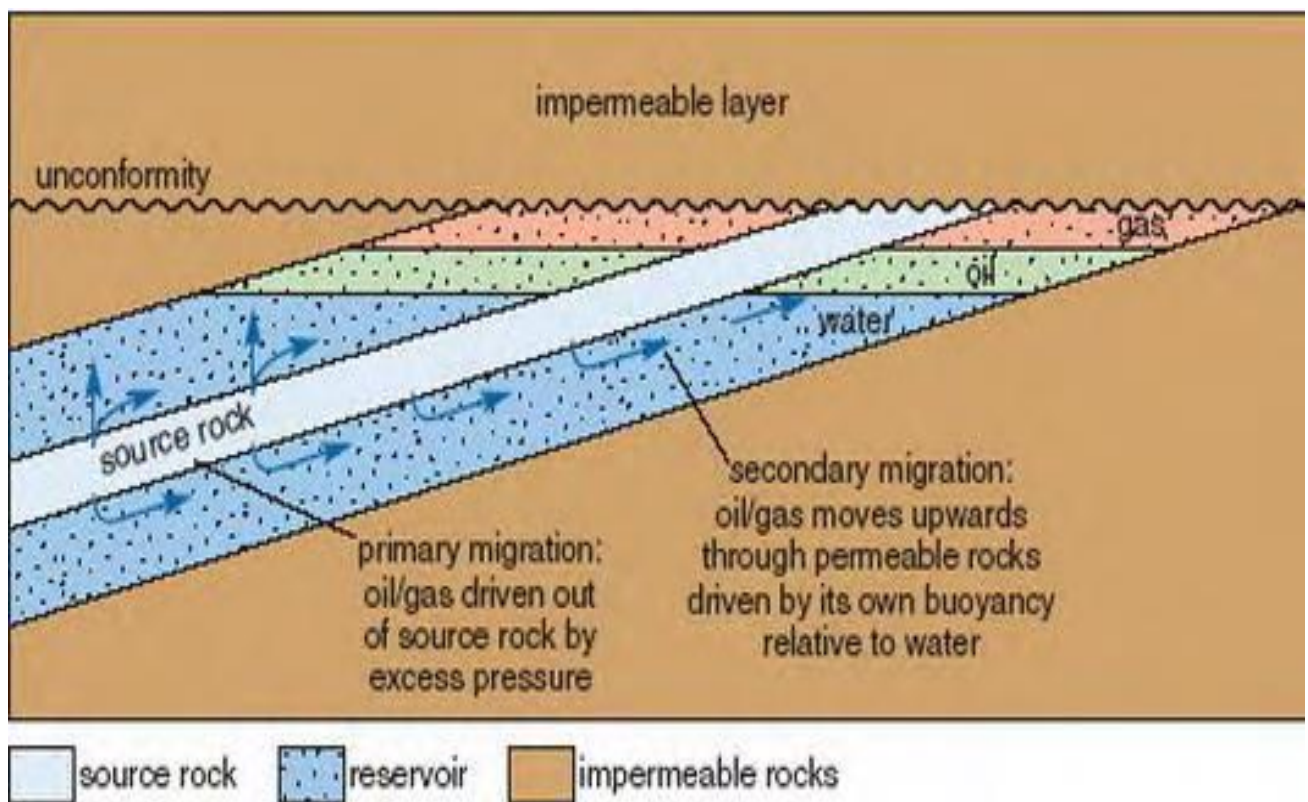
Οι υδρογονάνθρακες, αμέσως μετά από την δημιουργία τους, αρχίζουν να απομακρύνονται από το μητρικό πέτρωμα και να μεταναστεύουν μέσα σε πορώδη πετρώματα, μέσα στα οποία μπορούν να κυκλοφορούν ελεύθερα. Αυτές οι συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων και φυσικού αερίου καλύπτονται από ένα ή περισσότερα αδιαπέρατα στρώματα, τα οποία εμποδίζουν τη διαφυγή τους (πετρώματα καλύμματα). Ωστόσο ο μεγαλύτερος χώρος εντός του μητρικού πετρώματος καλύπτεται από του υδρογονάνθρακες παρά από το κηρογόνο με αποτέλεσμα αυτοί να απομακρύνονται και να καταλήγουν σε γεωλογικούς σχηματισμούς κορεσμένους σε νερό, οι οποίοι βρίσκονται γύρω από το μητρικό πέτρωμα.

Μέσα σε αυτά τα πετρώματα οι υδρογονάνθρακες είναι ελαφρύτεροι από το νερό με αποτέλεσμα να κινούνται προς τα επάνω εισχωρώντας μεταξύ των κόκκων του πετρώματος.

Αυτή η διαδικασία καλείται μετανάστευση και χωρίζεται σε:

- Πρωτογενής μετανάστευση: Η απομάκρυνση και η μετακίνηση των νεοσχηματισθέντων υδρογονανθράκων έξω από το μητρικό πέτρωμα.
- Δευτερογενής μετανάστευση: Η περαιτέρω κίνηση των νεοσχηματισθέντων υδρογονανθράκων μέσα στο πέτρωμα ταμιευτήρα. Εμφανίζεται με την μορφή πολυφασικών ροών ως σταγόνες πετρελαίου ή φυσαλίδες φυσικού αερίου μέσα στο νερό.

Η ταχύτητα της μετανάστευσης των υδρογονανθράκων επηρεάζεται από την ικανότητα του σχηματισμού να επιτρέπει την κίνηση των ρευστών εντός αυτού (διαπερατότητα). Κατά τη διάρκεια κίνησης των μορίων του υδρογονάνθρακα, προς τα επάνω, μπορεί να συναντήσουν λιγότερο διαπερατά πετρώματα με αποτέλεσμα αυτά να συνεχίσουν την πορεία τους μέσω ρωγμών στο πέτρωμα ή να κινηθούν μέσα σε πιο διαπερατά πετρώματα. Εάν η προς τα επάνω κίνηση των υδατανθράκων παρεμποδίζεται λόγω της παραμονής τους στους κόκκους του πετρώματος είτε λόγω διάλυσής τους μέσα στο νερό του σχηματισμού τότε έχουμε απώλειες της μετανάστευσης. Οι απώλειες αυτές είναι σημαντικές εάν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο έχουν να καλύψουν μεγάλη απόσταση.



Πρωτογενής και Δευτερογενής μετανάστευση Υδρογονανθράκων (Ζεληλίδης, 2009)

Το κοίτασμα της Λεβαντίνης έχει βιολογική και θερμογενή προέλευση και αυτό εμφανίζεται μέσα στα μητρικά πετρώματα της περιοχής. Η ωρίμανση και η κατανομή των πετρωμάτων αυτών αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για την εμφάνιση των υδρογονανθράκων. Η θερμογενής προέλευση των πετρωμάτων εμφανίζεται μέσα στους άργιλους του Πλειόκαινου και οφείλεται στην ύπαρξη ξηρού βιογενούς αερίου βρισκόμενου μέσα στους άμμους του δέλτα του Νείλου και της νοτιοανατολικής Μεσογείου. Τα μητρικά πετρώματα του άνω Κρητιδικού μπορούν να δώσουν αποθέματα πετρελαίου (Lipson-Benitah, 1988; Tannenbaum & Lewan, 2003), ενώ τα μητρικά πετρώματα ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού δίνουν εμφανίσεις φυσικού αερίου (Nader & Swennen, 2004).

Τα πετρώματα τα οποία κατάφεραν να καλύψουν το ταμιευτήρα είναι οι εβαπορίτες Μεσσηνίου, οι άργιλοι, οι Παλαιογενείς μάργες και οι Νεογενείς-Κρητιδικοί και Ιουρασικοί εβαπορίτες.

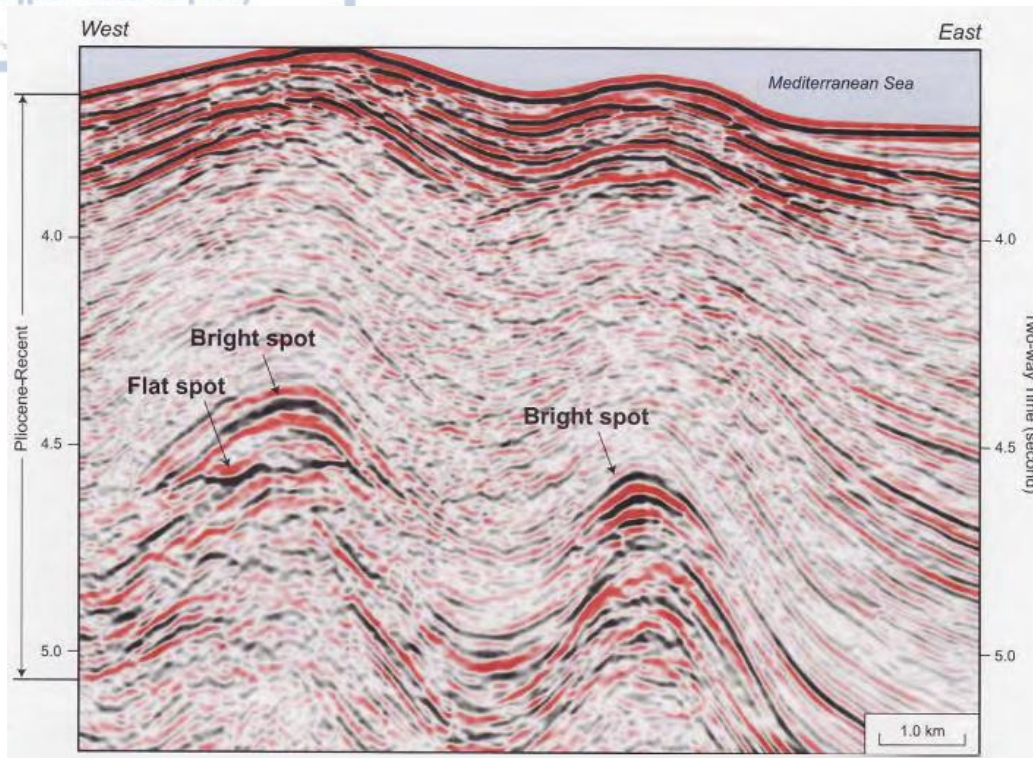
Τα πεδία της Λεβαντίνης προέκυψαν από την μελέτη δορυφορικών δεδομένων με ταυτόχρονη μελέτη των σεισμικών δεδομένων. Οι μελέτες αυτές έδειξαν πληθώρα διαρροών οι οποίες σχετίζονται με τα πεδία.

Οι πληθώρα των διαρροών που μελετήθηκαν από τα σεισμικά και δορυφορικά δεδομένα σχετίζονται με την εμφάνιση πεδίων των υδρογονανθράκων στην λεκάνη της Λεβαντίνης. Οι διαρροές αυτές συνδέονται με τους δείκτες υδρογονανθράκων DHI (Direct Hydrocarbons Indicators). Οι δείκτες αυτοί είναι:

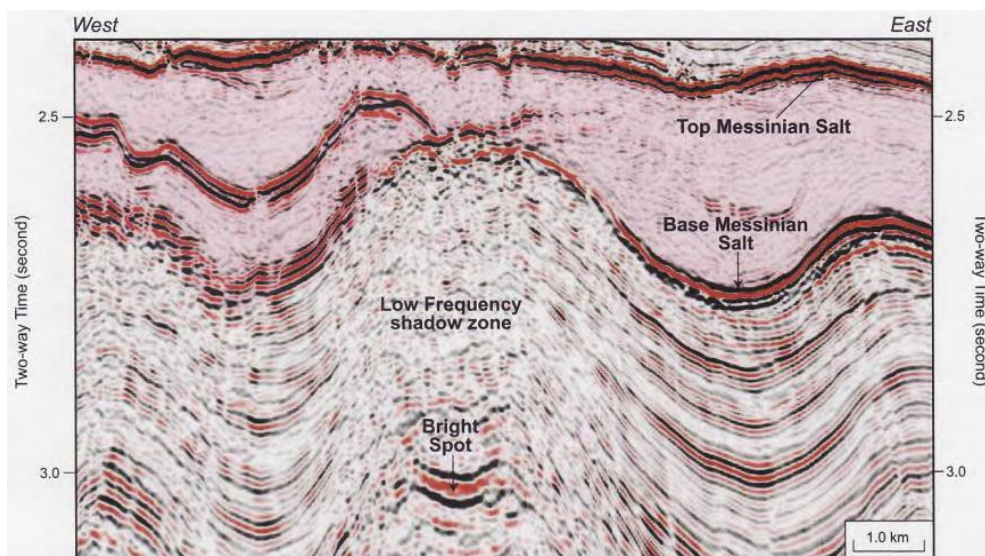
- **Flat spot:** Αποτελούν τον πιο καθοριστικό από όλους τους δείκτες και εμφανίζονται ως μια ανάκλαση από μελετημένες επαφές μεταξύ αερίου/πετρελαίου ή αερίου/νερού. Η πιο ισχυρή ανάκλαση θεωρείται αυτή που έχει μεγάλη αντίθεση των 2 φάσεων σε μια ακουστική αντίθεση.
- **Bright spot:** Εμφανίζεται από πλευρικές αλλαγές στη λιθολογία ή μπορεί να εμφανιστεί σε ένα αποταμιευτήρα ψαμμιτικής σύστασης ο οποίος είναι κορεσμένος σε αέριο και εμφανίζεται κάτω από ένα αργιλικό στρώμα. Όταν το bright spot βρίσκεται στην κορυφή ενός δομικού υψώματος τότε έχουμε συσσώρευση αερίου. Σε χαμηλού πορώδους πυριτικά ή ανθρακικά πετρώματα το bright spot αντανακλά πορώδες και την λιθολογία ενώ σε υψηλό πορώδες αντανακλά συγκεντρώσεις αερίου.
- **Dim spot:** Εμφανίζουν αδύναμο πλάτος, το οποίο δημιουργείται από την παρουσία υδρογονανθράκων. Οι υδρογονάνθρακες εξασθενούν την αντίθεση στην ακουστική αντίσταση μεταξύ του αποταμιευτήρα και του υπερκείμενου πετρώματος. Το εύρος της ανάκλασης υπολογίζεται από την ανάκλαση της βάσης των Μεσσηνίων εβαποριτών. Η μεταβολή αυτή κατοπτρίζει τους παγιδευμένους υδρογονάνθρακες κάτω από το άλας.

- Gas Chimneys – Velocity pushdown: Περιγράφει τη διαφυγή και εξάπλωση του φυσικού αερίου προς τα επάνω ιζήματα. Οι ανακλάσεις αυτές εξαφανίζονται ή εξασθενούν στην ύπαρξη του αερίου. Η παρουσία των υδρογονανθράκων προκαλεί ελάττωση της ταχύτητας όπως και επίσης και μια καμπύλωση προς τα κάτω (Semb 2009) στις ανακλάσεις από τους βαθύτερους σχηματισμούς. Όλο αυτό οφείλεται στην αύξηση του TWT(Two Way Times).
- Shadow zones: Κάτω από τις συσσωρεύσεις υδρογονανθράκων παρατηρείται μια στιγμιαία πτώση της σεισμικής συχνότητας οι οποία δημιουργεί σεισμικές σκιές, οι οποίες εμφανίζονται σε ένα με δύο κύκλους κάτω από αυτές. Σχετικά με αυτό το φαινόμενο υπάρχει μια διαμάχη μεταξύ ερευνητών. Μερικοί υποστηρίζουν ότι η στιγμιαία πτώση της συχνότητας οφείλεται σε λανθασμένες μετρήσεις των ταχυτήτων ή σε στρεβλώσεις των ακτινών (Semb 2009) ενώ άλλοι ότι η μείωση αυτή οφείλεται σε παρουσία υδρογονανθράκων
- Pinch – outs: Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται όταν ένα πέτρωμα ταμιευτήρας βρίσκεται μεταξύ σε δύο αδιαπέρατα πετρώματα.
- Διαρροές μετανάστευσης διαμέσου βαθιών ρηγμάτων.

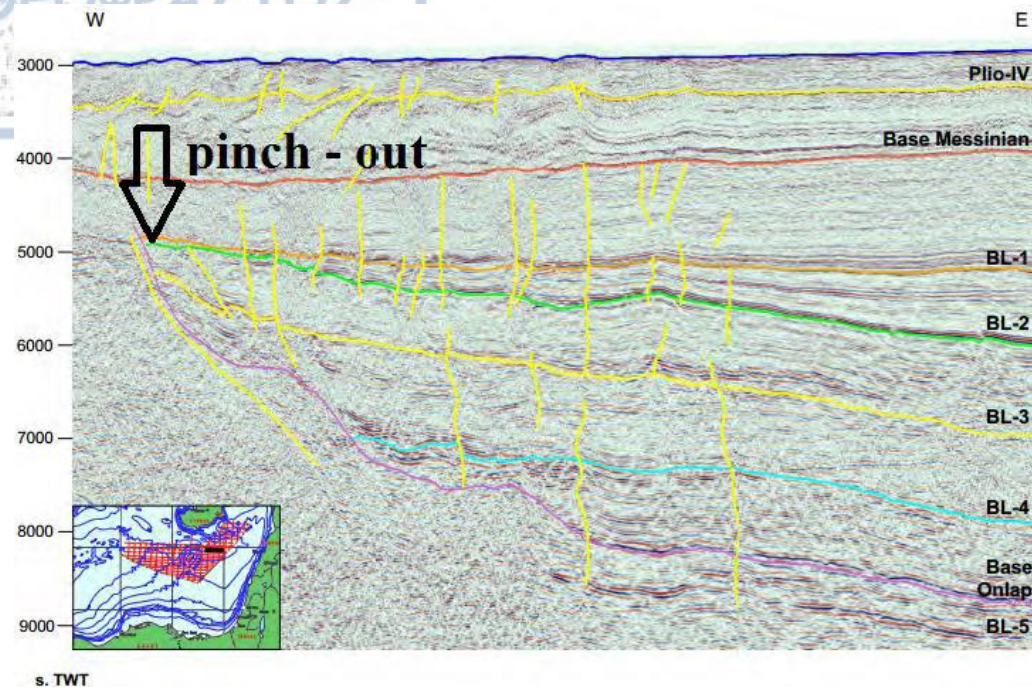
Εκτός από τα προηγούμενα πεδία στην λεκάνη της Λεβαντίνης εμφανίζονται και τα πεδία Ιουρασικών ανθρακικών συσσωρεύσεων, στα οποία σχηματίστηκαν οι ανθρακικοί ύφαλοι κατά το Ιουρασικό. Τα σεισμικά δεδομένα της χρονολογίας αυτής εμφανίζουν μεταβολές στην κορυφή υψιπέδων, οι οποίες οφείλονται στην καρστικοποίηση της περιοχής. Η εμφάνιση των Ιουρασικών ιζημάτων στην επιφάνεια και η έκθεση τους στον αέρα είχε σαν αποτέλεσμα την έντονη διάβρωση τους, κάτι το οποίο βοήθησε την αποθήκευση υδρογονανθράκων δημιουργώντας αλλουβιακά πεδία. Ως πετρώματα καλύμματα έχουμε της Κρητιδικές μάργες και η πηγή των υδρογονανθράκων είναι τα πετρώματα του Ιουρασικού ή η βαθύτερες ακολουθίες του Κρητιδικού.



Σεισμική τομή η οποία παρουσιάζει τους δείκτες *Bright Spot* και *Flat Spot* (Semb 2009)



Σεισμική τομή η οποία παρουσιάζει δείκτη *Shadow zone*.

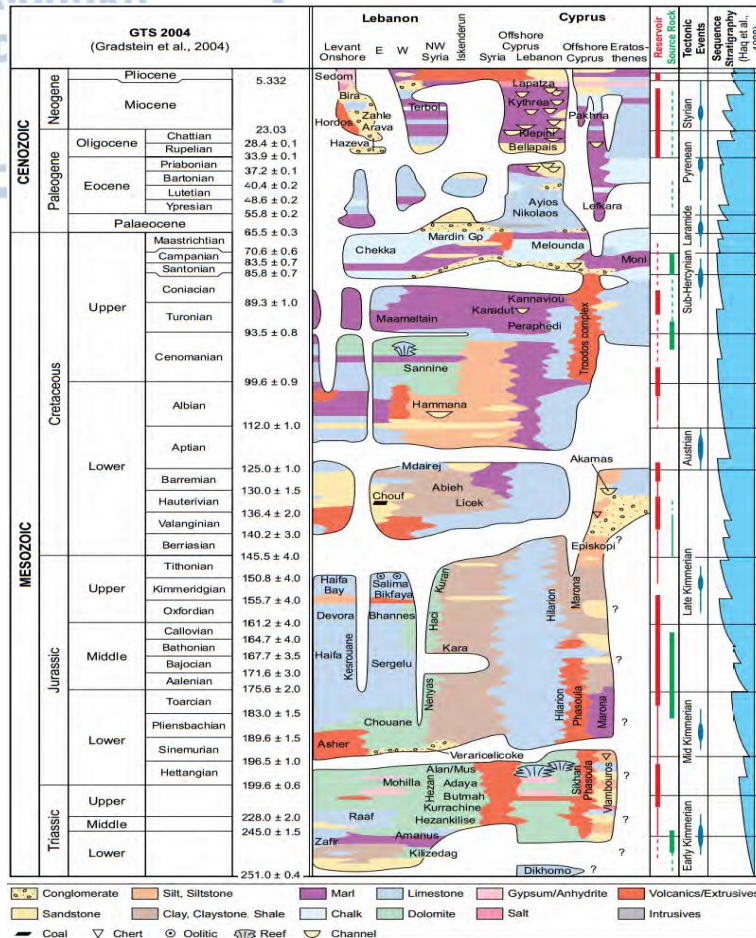


Σεισμική τμή η οποία παρουσιάζει φαινόμενο Pinch out (Montadert & Nicolaides, 2010)

2. Συσχετισμός πεδίων υδρογονανθράκων μεταξύ λεκάνης Ηροδότου και λεκάνης Λεβαντίνης

Οι δύο αυτές λεκάνες παρουσιάζουν ομοιότητες και διαφορές. Η πρώτη ομοιότητα που εμφανίζουν είναι η χρονική περίοδος δημιουργίας τους, δηλαδή το Άνω Κρητιδικό. Οι δύο αυτές λεκάνες είναι τα θραύσματα του ωκεανού της Νέο Τηθύος. Μετά από το σχηματισμό άρχισαν να μειώνονται σε μέγεθος λόγω της εισχωρήσεως του Κώνου του Νείλου με Νοτιοανατολική φορά στην λεκάνη του Ηροδότου, κάτι το οποίο επέφερε εισχώρηση ιζημάτων στην Βορειοανατολική πλευρά της λεκάνης. Όσο αφορά την λεκάνη της Λεβαντίνης παρατηρήθηκε καταβύθιση των βορείων περιθωρίων στην πλευρά της Κύπρου ενώ στα δυτικά έκλεισε λόγω του ηπειρωτικού μπλοκ του Ερατοσθένη.

Όσο αφορά τις διαφορές τους η λεκάνη του Ηροδότου είναι μεγαλύτερη και είναι πληρωμένη με κλαστικά ιζήματα πάχους περίπου 15 χλμ ενώ η λεκάνη της Λεβαντίνης είναι πληρωμένη με κλαστικά ιζήματα, Μεσοζωικής – Καινοζωικής ηλικίας, πάχους περίπου 14 χλμ.



Στρωματογραφία της λεκάνης της Λεβαντίνης
(Roberts & Peace 2007)

Όσον αφορά τη δομή παγίδευσης της Λεβαντίνης είναι οι άργιλοι, Πλειοκαινικής ηλικίας, οι οποίοι συγκροτούν τα μητρικά πετρώματα των πηγών ξηρού αερίου, ενώ μητρικά πετρώματα που μπορούν να δώσουν πηγές πετρελαίου είναι οι άργιλοι και τα λεπτόκοκκα ανθρακικά ιζήματα Κρητιδικής ηλικίας (Lipson-Benitah, 1988; Tannenbaum & Lewan, 2003). Οι πηγές του φυσικού αερίου στην περιοχή είναι τα αργιλικά, πηλινικά και ιλυολιθικά πετρώματα ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού (Nader & Swennen, 2004). Οι αποταμιευτήρες της λεκάνης της Λεβαντίνης είναι κατά κύριο λόγο ψαμμίτες (Πλειο – Πλειστοκαινικοί, ενδο – Μεσσήνιοι και Παλαιογενούς ηλικίας). Οι μονωτικοί σχηματισμοί στο σύστημα αυτό είναι η Μεσσήνιοι εβαπορίτες και οι άργιλοι, μάργες Καινοζωικής ηλικίας. Τα ρήγματα που εμφανίζονται στην λεκάνη βοήθησαν στην μετανάστευση των υδρογονανθράκων οι οποίοι αποτέθηκαν σε στρωματογραφικές παγίδες. Από υπολογισμούς που έγιναν, ανευρέθηκε ότι τα αποθέματα της λεκάνης της Λεβαντίνης είναι περίπου 122 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια φυσικό αέριο (tcf) και 1.68 δισεκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου (bbl) .

Αναφορικά με τη δομή παγίδευσης της λεκάνης του Ηρόδοτου, τα μητρικά πετρώματα της λεκάνης συντελούν οι αμμούχοι σχηματισμοί πλούσιοι σε ανθρακικό υλικό Πλειστοκαίνικης ηλικίας όπως και επίσης οι ασβεστόλιθοι Μειοκαίνου και τα πορώδη ιζήματα Ιουρασικής Κρητιδικής ηλικίας. Οι μονωτικοί σχηματισμοί είναι οι πηλίτες Πλειστοκαίνικης ηλικίας και οι ασβεστούχοι πηλόλιθοι Κάτω- Μέσου Μειόκαινου. Οι δομικές παγίδες που δημιουργήθηκαν συνέλαβαν στην δομή παγίδευσης υδρογονανθράκων της περιοχής όπως και επίσης ο διαφυρισμός και η απόθεση Μεσσήνιων εβαποριτών. Τα ρήγματα που βρέθηκαν στην περιοχή βοήθησαν στην μετανάστευση των υδρογονανθράκων.

Σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία, όσον αφορά τη μελέτη και την αξιολόγηση της ευρύτερης περιοχής, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι σε όλη τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου παρουσιάστηκαν οι κατάλληλες συνθήκες, οι οποίες ώθησαν στην δημιουργία και ανάπτυξη θερμογενών και βιογενών συστημάτων. Αυτά με τη σειρά τους δημιούργησαν τα κοιτάσματα Υδρογονανθράκων και φυσικού αερίου στην Κυπριακή ΑΟΖ.

Η εξέλιξη της Παγγαίας και των ωκεανών της Παλαιό και Νέο Τηθύς διευκόλυναν τη δημιουργία των μεγάλων λεκανών ιζηματοαπόθεσης. Στη λεκάνη της Λεβαντίνης, η παροχή υλικού εμφανίζεται και στο πάχος της ιζηματογενούς της στήλης η οποία φτάνει μέχρι και τα 14 χιλιόμετρα ενώ στην λεκάνη του Ηρόδοτου το πάχος της ιζηματογενούς στήλης φτάνει έως τα 15 χιλιόμετρα.

Η παρουσία οργανικής ύλης σε μεγάλη αναλογία σε συνδυασμό με τα λεπτόκοκκα ιζήματα κάτω από συγκεκριμένες θερμοκρασίες και σε συγκεκριμένα βάθη μπορούν να δώσουν και να δημιουργήσουν μητρικά πετρώματα. Τα ανθρακικά και τα κλαστικά πετρώματα αποτέλεσαν τα πετρώματα ταμιευτήρες των υδρογονανθράκων, ενώ τα πετρώματα τα οποία λειτούργησαν ως καλύμματα ήταν οι Μεσσήνιοι εβαπορίτες και τα λεπτόκοκκα ιζήματα.

Στη λεκάνη της Λεβαντίνης, η ιζηματογένεση και η τεκτονική μαζί με τις παραμορφώσεις από την απόθεση, ενόησαν τη δημιουργία στρωματογραφικών παγίδων. Τα ρήγματα λειτούργησαν ως κύρια μεταναστευτική οδός για τους υδρογονάνθρακες ώστε αυτοί να μεταφερθούν σε δομές παγίδευσης.

Η ανακάλυψη του κοιτάσματος Ζορ στο δέλτα του Νείλου μαζί με τις ανακαλύψεις συστημάτων υδρογονανθράκων στη λεκάνη της Λεβαντίνης μας βοηθούν να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι οι ποσότητες των ιζημάτων που απέθεσε ο ποταμός του Νείλου, μαζί με το οργανικό τους υλικό αποτέλεσαν πρώτες ύλες για τη δημιουργία μητρικών πετρωμάτων, τα οποία ήταν ικανά να δημιουργήσουν τεράστιες ποσότητες υδρογονανθράκων.

Βιβλιογραφία

BRUNETON A., KONOFAGOS E., FOSCOLOS E. A., (2012): Cretan Gas Fields—A New Perspective For Greece's Hydrocarbon Resources.

BRUNETON A., KONOFAGOS E., FOSKOLOS E. A., (2012): The importance of Eastern Mediterranean gas fields for Greece and the EU.

CAMERLENGHI A., (1990): Anoxic Basins Of The Eastern Mediterranean. Marine Chemistry, 31 1-19 1, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam geological framework.

CITA M.B., BEGHI C., CAMERLENGHI A., KASTENS K.A., McCOY F.W., NOSETTO A., PARISI E., SCOLARF F. and TOMADIN L., (1984): Turbidites And Megaturbidites From The Herodotus Abyssal Plain (Eastern Mediterranean) Unrelated To Seismic Events. Marine Geology, 55: 79-101.

Elia, C., Konstantopoulos, P., Maravelis, A. and Zelilidis, A., 2013. THE TECTONO–STRATIGRAPHIC EVOLUTION OF EASTERN MEDITERRANEAN WITH EMPHASIS ON HERODOTUS BASIN PROSPECTIVITY FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROCARBON FIELDS. Bulletin of the Geological Society of Greece, 47(4), pp.1970-1979.

FOSCOLOS A.,: Geological and geochemical evidences indicating the existence of large hydrocarbon deposits in the Libyan sea within the Greek exclusive economic zone (EEZ).

GARDOSH M., DRUCKMAN Y., BUCHBINDER B. and RYBAKOV M., (2006): The Levant Basin Offshore Israel: Stratigraphy, Structure, Tectonic Evolution and Implications for Hydrocarbon Exploration.

GARDOSH M., DRUCKMAN Y., (2006): Seismic Stratigraphy, Structure and Tectonic Evolution of the Levantine Basin, Offshore Israel. Geological Society, London, Special Publications, 260: 201-227.

HARRISON W. R., (2008): A Model For The Plate Tectonic Evolution Of The Eastern Mediterranean Region That Emphasizes The Role Of Transform (Strike-Slip) Structures. 1st WSEAS International Conference on ENVIRONMENTAL and GEOLOGICAL SCIENCE and ENGINEERING (EG'08) Malta, September 11-13.

KEMPLER D., (1998): Eratosthenes Seamount: The Possible Spearhead of Incipient Continental Collision in the Eastern Mediterranean. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 160.

LONCKE L., GAULLIER V., MASCLE J., VENDEVILLE B., CAMERA L., (2006): The Nile Deep Sea Fan: An Example of Interacting Sedimentation, Salt Tectonics, and Inherited Subsalt Paleotopographic Features. Marine and Petroleum Geology, 23: 297-315.

MALDONADO A. and STANLEY J.D., (1976): The Nile Cone: Submarine Fan Development By Cyclic Sedimentation. Marine Geology, 20: 27-40.

MARAVELIS A., MANUTSOGLU E., KONSTANTOPOULOS

P., MAKRODIMITRAS G., ZOUMPOULI E., ZELILIDIS A., (2012): Hydrocarbon Plays and Prospectivity of the Mediterranean Ridge. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects.

MASCLE J., ZITTER T., BELLAICHE G., DROZ L., GAULLIER V., LONCKE L., PRISMED SCIENTIFIC PARTY (2001): The Nile Deep Sea Fan: Preliminary Results From a Swath Bathymetry Survey. Marine and Petroleum Geology, 18: 471-477.

MONTADERT L., NICOLAIDES S., SEMB H. P., LIE O., (2009): «Petroleum Systems Offshore Cyprus».

NETZEBAND L. G., GOHL K., HÜBSCHER P. C., BEN-AVRAHAM Z., DEHGHANI A. G., GAJEWSKI D., LIERSCH P., (2006): The Levantine Basin – Crustal Structure and Origin. Tectonophysics, 418: 167-188.

NETZEBAND L. G., HÜBSCHER P. C., GAJEWSKI D., (2006): The Structural Evolution of the Messinian Evaporites in the Levantine Basin. Marine Geology, 230: 249-273.

REEDER S. M., ROTHWELL G. R., STOW A.V.D., (2000): Influence Of Sea Level And Basin Physiography On Emplacement Of The Late Pleistocene Herodotus Basin Megaturbidite, SE Mediterranean Sea. Marine and Petroleum Geology, 17: 199-218.

REEDER M., ROTHWELL G., STOW V.A. D., KAHLER G. AND KENYON H. N.,: Turbidite Flux, Architecture And Chemostratigraphy Of The Herodotus Basin, Levantine Sea, SE Mediterranean.

REEDER M. S., (2000): Megaturbidites And The Late Quaternary Regional Sedimentology Of The Eastern And Central Mediterranean Sea. University of Southampton, Faculty of Science, School of Ocean and Earth Science, Doctoral Thesis, 381pp.

ROBERTS G., PEACE D., (2007): Hydrocarbon Plays and Prospectivity of the Levantine Basin, Offshore Lebanon and Syria From Modern Seismic Data. GeoArabia Vol. 12, No 3.

ROBERTSON H. F. A., KIDD B. R., IVANOV K. M., LIMONOV F. A., WOODSIDE M. J., GALINDO-ZALDIVAR J., NIETO L. AND THE SCIENTIFIC PARTY OF THE 1993 TTR-3 CRUISE: Eratosthenes Seamount: Collisional Processes in the Easternmost Mediterranean in Relation to the Plio – Quaternary Uplift of Southern Cyprus. Terra Nova, 7: 255-264.

ROTHWELL R. G., REEDER M. S., ANASTASAKIS G., STOW D.A.V., THOMSON J. and KHALER G., (2000): Low Sea-Level Stand Emplacement Of Megaturbidites In The Western And Eastern Mediterranean Sea. Sedimentary Geology, 135,(1/4):75-88.

SCALERA G., (2006): The Mediterranean as a slowly nascent ocean.

SEMB H. P., (2009): Possible Seismic Hydrocarbon Indicators in Offshore Cyprus and Lebanon. GeoArabia 14: 49-66.

SEMB H. P., (2010): Offshore Cyprus and Lebanon, a Feature Hydrocarbon Player. 8th Biennial International Conference & Exposition on Petroleum Geophysics.

SMITH G.S., (1976): Diapiric Structures In The Eastern Mediterranean Herodotus Basin. Earth and Planetary Science Letters, 32: 62-68.

STANLEY J. D., (1973): Basin Plains In The Eastern Mediterranean: Significance In Interpreting Ancient Marine Deposits. Marine Geology, 15: 295-307 Herodotus Basin area Bullard Laboratories, Department of Earth Sciences.

TANNER J. S., (1983): A Detailed Survey In The Mediterranean Rise And Herodotus Basin Area. Geophjx. J. R. astr. SOC. 13: 173-195.

TARI G., HUSSEIN H. AND NOVOTNY B., (2010): Play Types and Hydrocarbon Potential of Deep-Water NW Egypt.

VARNAVAS S., PAPAIOANNOU J. and CATANI J., (1988): A Hydrothermal Manganese Deposit From the Eratosthenes Seamount, Eastern Mediterranean Sea. Marine Geology, 81: 205-214.

VIDAL N., ALVAREZ-MARRON J., KLAESCHEN D., (2000): Internal Configuration of the Levantine Basin From Seismic Reflection Data (Eastern Mediterranean). Earth and Planetary Science Letters 180: 77-89.

VOOGD D. B., TRUFFERT C., CHAMOT-ROOKE N., HUCHON P., LALLEMANT S., AND LE PICHON X., (1992): Two-Ship Deep Seismic Soundings In The Basins Of The Eastern Mediterranean Sea (Pasiphae cruise). Geophys. J. Int., 109: 536-552.

Ελληνική βιβλιογραφία:

Γεωργακόπουλος Α: Κοιτασματολογία Πετρελαίου, Πανεπιστημιακές σημειώσεις

ΣΥΜΕΟΥ Β., (2010): Δυνατότητα Ανάπτυξης Πεδίων Υδρογονανθράκων Στα Νότια Παράλια Της Κύπρου.



<https://www.slideshare.net/ekyklos/15102018-workshop-119604504>

http://www.mcit.gov.cy/mcit/hydrocarbon.nsf/page16_gr/page16_gr?OpenDocument

<https://sci-hub.tw/10.1190/1.1438485>

<https://www.offsite.com.cy/eidiseis/oikonomia/glaykos-energeia-imeras-anakoinoseon-apo-tin-exxonmobil>

<https://energypress.gr/news/i-energeiaki-atzenta-toy-2019-tis-kyproy-se-proto-plano-oi-ereynes-ydrogonanthrakon>

<https://www.in.gr/2019/02/28/economy/kypros-5-8-trisekatommyria-kyvika-podia-fysiko-aerio-sto-glayko/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Nile_Delta

<https://earth.google.com/web/>