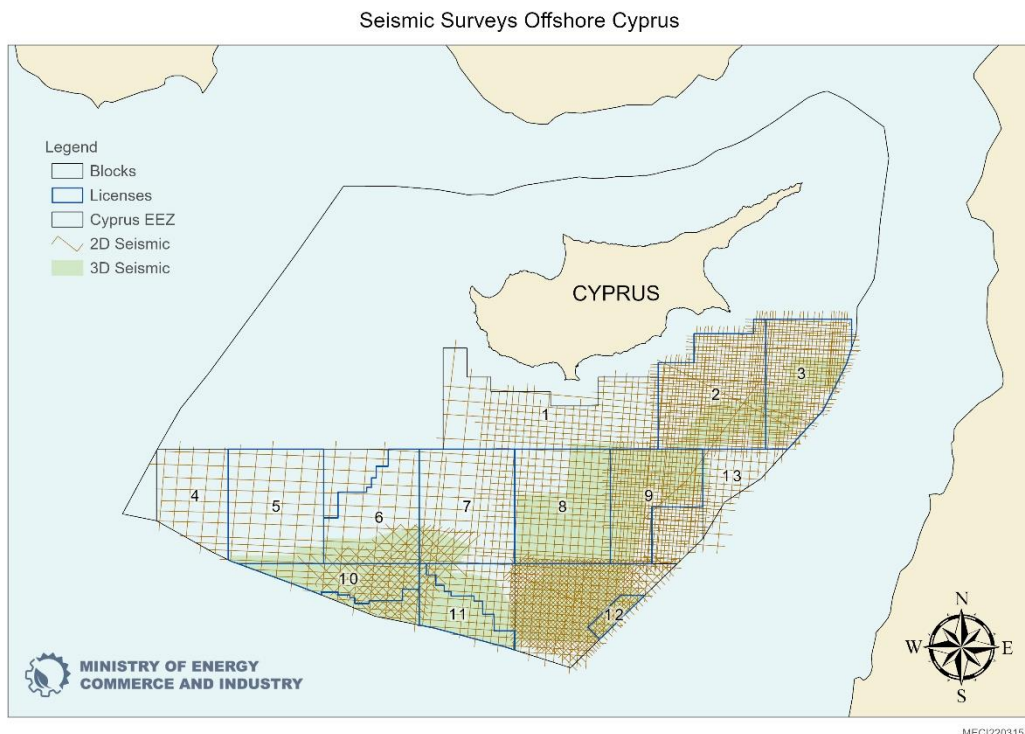




ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΥ ΠΕΡΣΙΑ

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΔΥΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΥ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟΥ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΛΕΒΑΝΤΙΝΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ





Πίνακας περιεχομένων

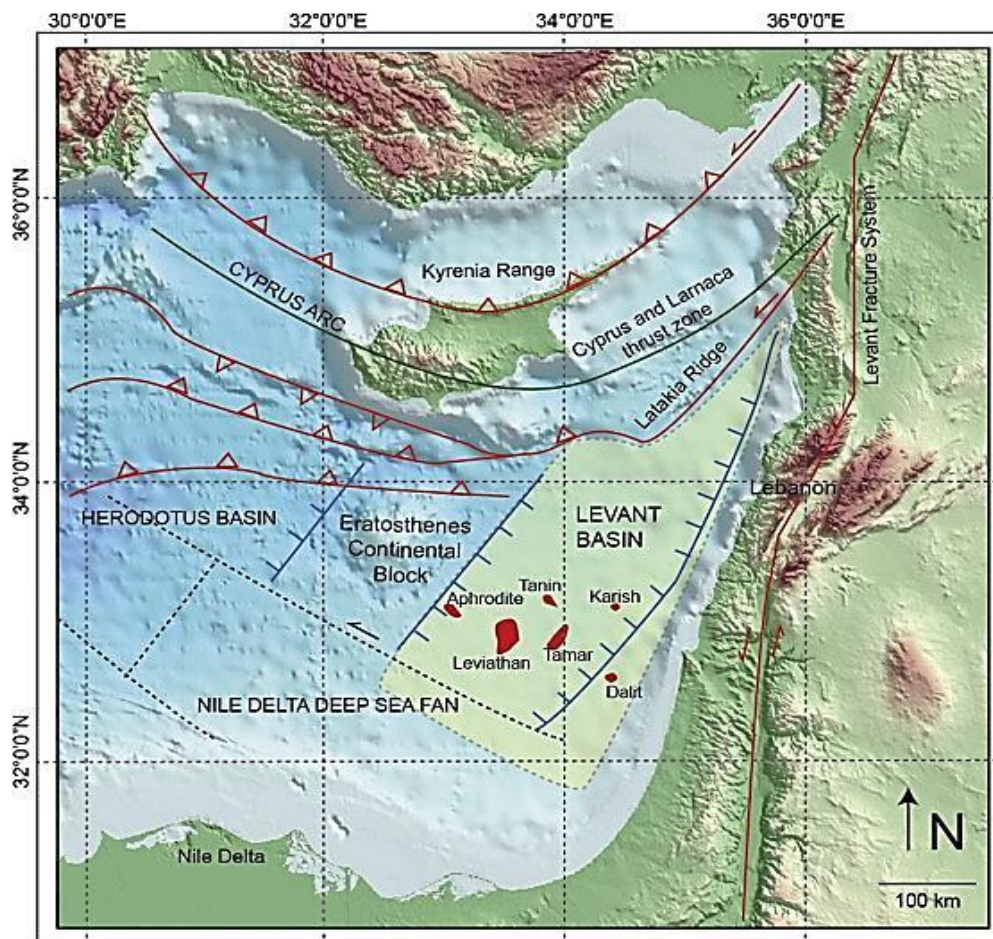
1. Εισαγωγή	3
1.1 Η Λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου.....	6
1.2 Γεωλογία της Ανατολικής Μεσογείου.....	6
1.3 Η Τεκτονική Εξέλιξη της Λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου ανά τους Αιώνες	9
1.3.1 Τριασική Περίοδος	14
1.3.2 Κρητιδικό	14
1.3.3 Καινοζωικό.....	15
1.4 Τα Κύρια Συμπλέγματα της Ανατολικής Μεσογείου	15
1.4.1 Η Λεκάνη της Λεβαντίνης.....	16
1.3.2. Η Λεκάνη του Ηροδότου	17
1.4.2 Το Όρος του Ερατοσθένη	19
1.4.3 Ο Κώνος του Νείλου	20
2. Βόρειο Περιθώριο της Λεκάνης Λεβάντε	23
3. Δυτικό Περιθώριο της Λεκάνης του Λεβάντε	42
3.1 Περιφερειακή γεωλογία.....	42
3.2 Ερμηνεία του Δυτικού Περιθωρίου της Λεκάνης.....	44
3.3 Η τεκτονική εξέλιξη του δυτικού περιθωρίου της Λεκάνης του Λεβάντε μετά την Ιουρασική εποχή	53
4. Συσσώρευση και εξερεύνηση υδρογονανθράκων.....	58
5. Συμπεράσματα	61
Βιβλιογραφία.....	63

Τα όρια των θαλασσών δημιουργούνται από την δράση των τεκτονικών διεργασιών, ενώ οι θάλασσες δημιουργούνται είτε από την διάσπαση, την λέπτυνση και την μετατόπιση του ηπειρωτικού φλοιού, είτε από την σύγκλιση των τεκτονικών πλακών κοντά σε ένα εναπομείναν βυθό του ωκεανού (Zhou, 2014). Ένα θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να παρέχει αρκετές πληροφορίες για την τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής αλλά και πληροφορίες για την πιθανή δημιουργία και ιστορία ωρίμανσης των υδρογονανθράκων. Αν και οι διαδικασίες αυτές συνδέονται μεταξύ τους, ο σχηματισμός μιας λεκάνης θα κατανοηθεί μόνο όταν κατανοηθεί η δυναμική τους.

Η Ανατολική Μεσόγειος θάλασσα σχηματίστηκε με την διάλυση της Gondwana και με την παγίδευση μεταξύ της αφρικανικής και ευρασιατικής πλάκας, και περιλαμβάνει δύο μεγάλες λεκάνες, την Ηροδότου και την Λεβαντο-Φοινικική (Εικ. 1). Οι δύο αυτές λεκάνες προήλθαν από το Μεσοθέτη (στα τέλη του Μέσου Ιουρασικού), με την λεκάνη του Λεβάντε να σχηματίστηκε λίγο αργότερα (Schattner & Ben-Avraham, 2007; Schattner & Lazar, 2014). Τα τελευταία σαράντα χρόνια, έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες που επικεντρώθηκαν στην εξερεύνηση αυτής της περιοχής, παρέχοντας πληροφορίες για δεξαμενές υδρογονανθράκων αλλά και για τους σχηματισμούς των στρωμάτων ανά τους αιώνες. (Garfunkel, 1998; Ben-Avraham et al., 2002; Gardosh et al., 2010).

Η λεκάνη της Λεβαντίνης βρίσκεται στο ανατολικό μέρος της Μεσογείου, καταλαμβάνοντας σημαντικό κομμάτι. Στο νοτιοανατολικό τμήμα οριοθετείται από τις ηπειρωτικές αφρικανικές και αραβικές πλάκες κατά μήκος της μεσογειακής ακτής του Σινά, του Ισραήλ, του Λιβάνου και της Συρίας, και στα βόρεια από το όριο της πλάκας του Κυπριακού Τόξου στο νότιο άκρο της Ευρασίας. Το βάθος της λεκάνης φτάνει τα 2200 m κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας, και συγκεκριμένα προήλθε με τη διάλυση της Πανγαίας στους Πρώιμους Μεσοζωικούς χρόνους (Robertson & Dixon, 1984). Με το κλείσιμο της λεκάνης, κατά τη διάρκεια της Μέσης-Ύστερης Κρητιδικής, παραμορφώθηκαν έντονα τα βόρεια περιθώρια και υποβιβάστηκαν ή συσσωρεύτηκαν στις σημερινές περιοχές της Κύπρου και της νότιας Τουρκίας, ενώ τα νότια όρια παρέμειναν σταθερά. Τα ιζηματογενή τμήματα στην πλαγιά και τη βαθιά θαλάσσια λεκάνη του ηπειρωτικού περιθωρίου του νοτιοανατολικού Λεβάντε διατηρούν σημαντικές ενδείξεις που σχετίζονται με το άνοιγμα και το κλείσιμο του Νεοθέτη.

Η ύπαρξη βαθιάς ιζηματογενούς λεκάνης στην περιοχή της νοτιοανατολικής Μεσογείου αποκαλύφθηκε αρχικά στα τέλη της δεκαετίας του 1960 (Druckman et al., 1995). Έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες χερσαίων και θαλάσσιων γεωτρήσεων, που παρέχουν πληροφορίες για τις αλλαγές που συνέβησαν κατά τον Ιουρασικό και Κρητιδικό αιώνα, και έρευνες σεισμικής ανάκλασης, που επιβεβαίωσαν την παρουσία μίας παχύρρευστης διαδοχής πετρωμάτων από Μεσοζωικό έως Νεογενή, που εκτείνεται σε όλη την περιοχή της νοτιοανατολικής Μεσογείου. Η βαθιά ιζηματογενής λεκάνη και η γειτονική της γη ερμηνεύτηκαν ως λείψανο του ωκεανού Νεοθέτη και του παρακείμενου παθητικού ηπειρωτικού περιθωρίου που αναπτύχθηκε στο βόρειο άκρο της αραβικής πλάκας στους Πρώιμους Μεσοζωικούς χρόνους (Gardosh & Druckman, 2014).



Εικόνα 1 : Χάρτης θέσης της περιοχής μελέτης που δείχνει την τοπογραφία, τη βαθυμετρία καθώς και τα κύρια δομικά στοιχεία που οριοθετούν τη Λεκάνη της Λεβάντας (Hawie, 2014)

Η Λεκάνη του Λεβάντε, στο νότιο τμήμα όπου απαντάται η υπεράκτια Αίγυπτος φιλοξενεί την παραγωγική επαρχία υδρογονανθράκων του Δέλτα του Νείλου, όπου λαμβάνει χώρα εκτεταμένη δραστηριότητα εξερεύνησης και παραγωγής πετρελαίου.

Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση της ζήτησης και του κόστους του πετρελαίου είχαν ως αποτέλεσμα να αυξηθεί το ενδιαφέρον για την διερεύνηση και ανακάλυψη κοιτασμάτων στα κεντρικά και βόρεια τμήματα της λεκάνης, το υπεράκτιο Ισραήλ, τον Λίβανο και την Κύπρο. Οι έρευνες για τον εντοπισμό κοιτασμάτων υδρογονανθράκων στην ανατολική Μεσόγειο ξεκίνησαν στα τέλη του 1960 με μια σειρά γεωτρήσεων που άνοιξε η Belpetco, ξεκινώντας από το Ισραήλ και το Βόρειο Σινά, χωρίς ιδιαίτερη επιτυχία στην ανεύρεση κοιτασμάτων. Παρόλα αυτά οι γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν έδωσαν πληθώρα πληροφοριών για το αρχικό γεωλογικό μοντέλο της ανατολικής Μεσογείου ως βαθιάς θαλάσσιας λεκάνης που σχηματίστηκε κατά τον Πρώιμο Μεσοζωικό. Στη συνέχεια, οι γεωτρήσεις επεκτάθηκαν στην ανοικτή θάλασσα του Σινά, από τα μέσα του 1970 έως τα μέσα του 1980, εντοπίζοντας κοιτάσματα πετρελαίου σε ψαμμιτικούς σχηματισμούς της Πρώιμης Κρητιδικής περιόδου. Αργότερα, με το πέρας της παραγωγής, πραγματοποιήθηκαν πιο βαθιές γεωτρήσεις, από το 1980 έως τα τέλη του 1990, όπου εντοπίστηκαν κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου σε στρωματογραφικό επίπεδο Μέσης Ιουρασικής περιόδου σε βάθη άνω των 5000 m. Από το 1999 και μετά, η εξερευνητική δραστηριότητα στη Λεκάνη του Λεβάντε αναζωπυρώθηκε σημαντικά, με την ανακάλυψη πολλών και μεγάλων κοιτασμάτων αερίου σε μικρό βάθος μέσα στην πλειοκαινική άμμο δυτικά των πόλεων Ashqelon και Γάζας (Gardosh et al. G. M., 2006). Η επιτυχημένη εκστρατεία εξερεύνησης ώθησε όλο και περισσότερους ερευνητές να διερευνήσουν την λεκάνη του Λεβάντε, ώστε να ανακαλύψουν περισσότερα κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Τα νέα σύνολα γεωφυσικών δεδομένων περιλαμβάνουν περίπου 12.000 km περιφερειακών 2D σεισμικών γραμμών ανάκλασης και αρκετές επισκοπήσεις υψηλής ανάλυσης 2D και 3D, καθώς και νέες μετρήσεις βαρύτητας και μαγνήτες, παρέχοντας χάρτες βασικών στρωματογραφικών οριζόντων, στρωματογραφικές διατομές και περιφερειακούς τεκτονικούς και παλαιογεωγραφικούς χάρτες .

Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν το Βόρειο και Δυτικό Περιθώριο της Λεκάνης του Λεβάντε, δίνοντας έμφαση στην τεκτονική και στρωματογραφική δομή των περιοχών αυτών. Επιπλέον, θα αναφερθούν πληροφορίες για την γεωλογία των πετρελαίων καθώς και τα στάδια δημιουργίας και παραγωγής του. Η εργασία αποτελεί μία βιβλιογραφική επισκόπηση η οποία θα διεξάγει ως συμπέρασμα την πιθανή ύπαρξη υδρογονανθράκων στις συγκεκριμένες περιοχές της λεκάνης του Λεβάντε.

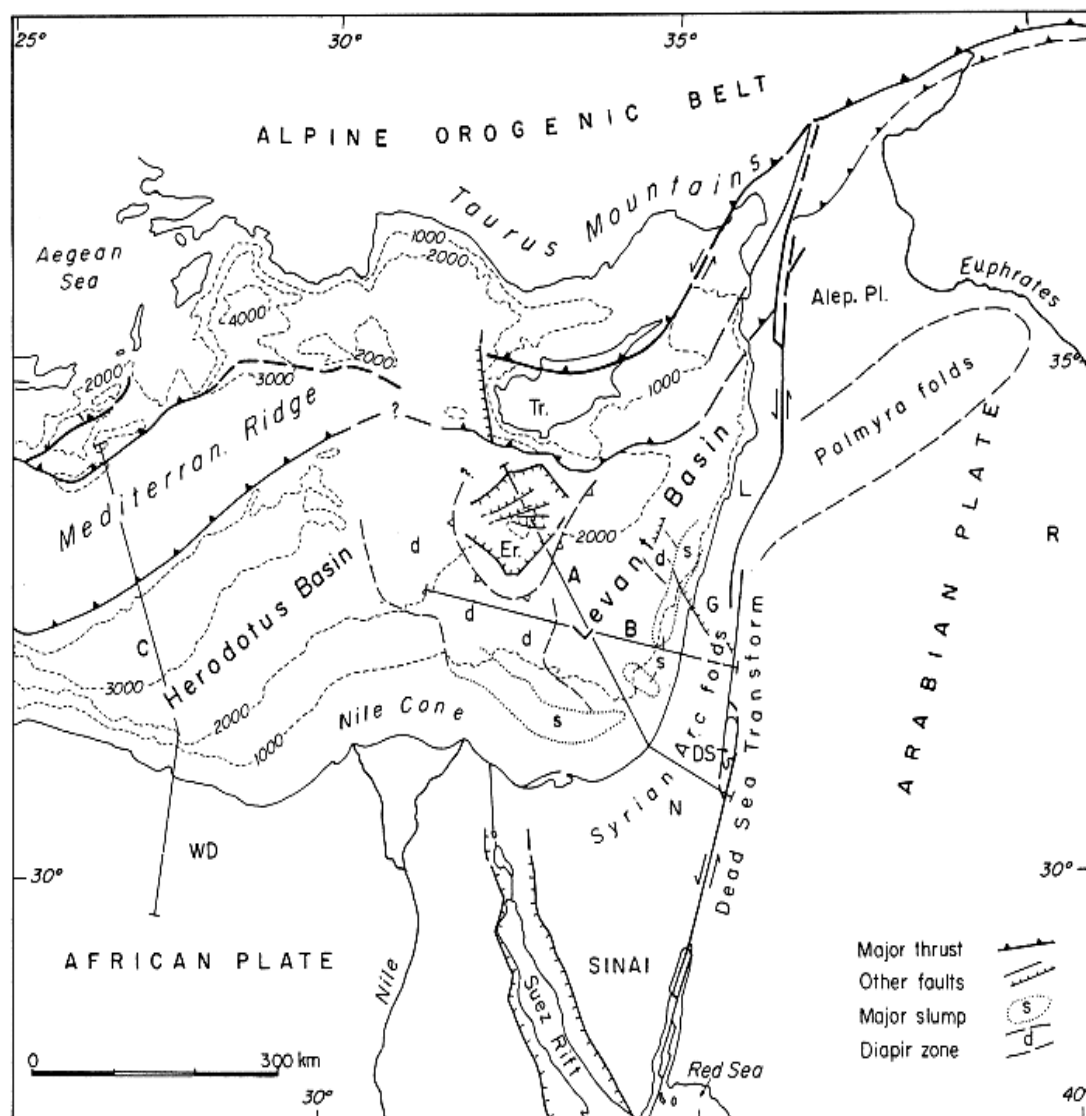
1.1 Η Λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου

Το μεγαλύτερο μέρος της Ανατολικής Μεσογείου προέρχεται από την Μεσοζωική Τηθύς και ιστορικά, συνδέεται στενά με την ορογένεση των Άλπεων. Παρόλη την σύνδεση, η λεκάνη αυτή δεν παραμορφώθηκε λόγω της ορογένεσης και διατήρησε τα δομικά της συνέχεια με τα εδάφη του Λεβάντε και της βόρειας Αφρικής, με τα οποία συνορεύει. Η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου αποτελείται από δύο τεκτονικές περιοχές, την ορογενετική ζώνη των Άλπεων στο βόρειο τμήμα και την εξωορογονική περιοχή νότια αυτής, που αντιπαρατέθηκαν με την καταβύθιση και τη σύγκρουση των πλακών. Κατά την Ύστερη Κρητιδική εποχή, το τόξο ανατολικά της Κύπρου, χαρακτηρίστηκε από οφιολιθικούς σχηματισμούς, ενώ στα δυτικά το τόξο συνεχίστηκε κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας, συνδέοντας την ελληνική τάφρο. Το ενεργό όριο της πλάκας κατά μήκος της λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου, ακολουθεί περίπου αυτό το τόξο, σχηματιζόμενο από την διασταύρωση της αφρικανικής πλάκας με την με την μικροπλάκα της Ανατολίας, που εξωθείται προς τα δυτικά, που καθιερώνεται στα μέσα της Καινοζωικής εποχής. Με την ηπειρωτική διάσπαση, η υποπλάκα του Σινά και η αραβική πλάκα διαχωρίστηκαν από την αφρικανική, στα μέσα του Καινοζωικού (Le Pichon & Gaulier, 1988). Δεδομένα από έρευνες σεισμικής ανάκλασης, έχουν δείξει ότι η εξω-ορογενής λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου χαρακτηρίζεται από αρκετές γεωλογικές και μορφολογικές μονάδες, τουλάχιστον στα ρηχότερα στρώματα (Biju-Duval et al., 1978).

1.2 Γεωλογία της Ανατολικής Μεσογείου

Το γεωλογικά δεδομένα για την λεκάνη της ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζουν αρκετές διαφορές σε σύγκριση με τα δεδομένα για την λεκάνη της Δυτικής Μεσογείου. Τα γεωφυσικά δεδομένα βαρυτομετρίας και σεισμικής ανάκλασης δείχνουν ότι οι βαθιές πεδιάδες της ανατολικής Μεσογείου είναι τοποθετημένες πάνω από ένα παχύ ωκεάνιο ιζηματογενές κάλυμμα σε ένα λεπτό φλοιό που πυκνώνει σταδιακά προς την αφρικανική ήπειρο. Αν και δεν υπήρχαν πληροφορίες για την ηλικία σχηματισμού του λεπτού φλοιού, μέσω των δεδομένων σεισμικής ανάκλασης, φαίνεται ότι πολύ παχύ ιζηματογενές κάλυμμα πιθανότατα περιλαμβάνει τη μεσοζωική σειρά. Επίσης, στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, φαίνεται ότι ο μαγματισμός περιορίζεται μόνο σε

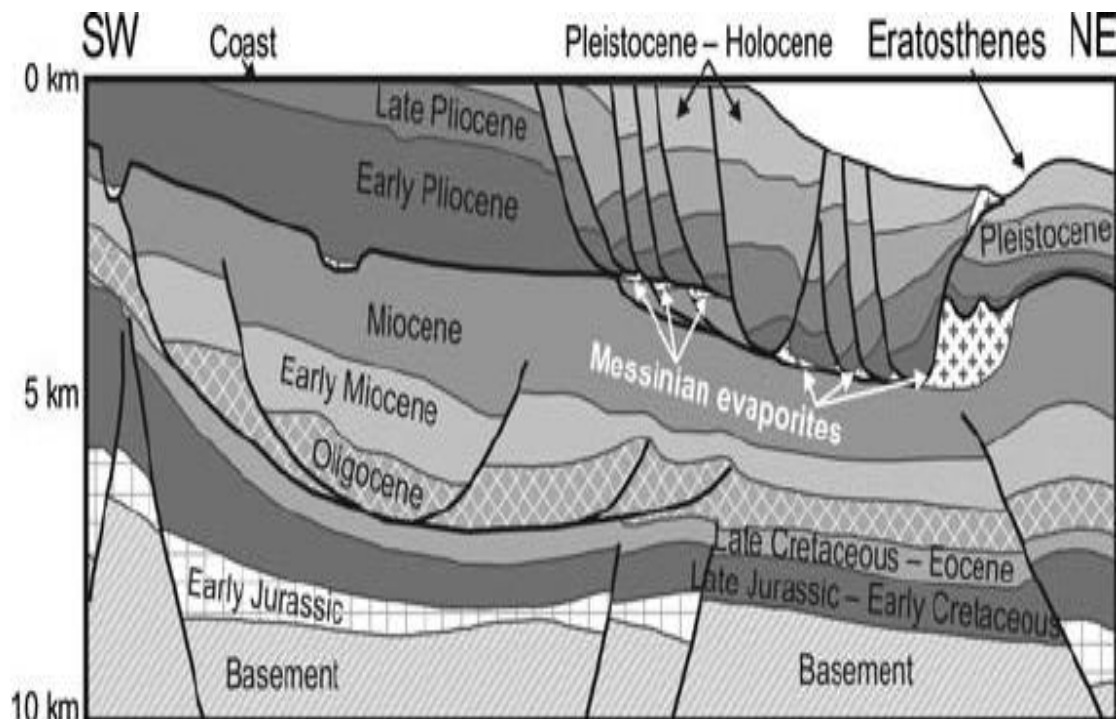
ορισμένες περιοχές συμπεραίνοντας ότι κατά τον Καινοζωικό δεν είχε συμβεί κανένα σημαντικό άνοιγμα, δεδομένα τα οποία διαφέρουν από αυτά για την δυτική Μεσογειακή λεκάνη (Biju-Duval et al., 1978).



Εικόνα 2 : Κύρια Δομικά Στοιχεία της λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου (B = σύμπλεγμα Baër-Bassit; DS = Λεκάνη Νεκράς Θάλασσας; Er. = Eratosthenes Seamount; G = Γαλιλαία; N = Negev; Tr. = Σύμπλεγμα Τροόδους Κύπρου; WD = Δυτική Έρημος της Αιγύπτου) (Garfunkel, 1998)

Όπως φαίνεται και στην εικόνα, το μεγαλύτερο μέρος του ανατολικού τμήματος αποτελείται από τη λεκάνη του Λεβάντε, με βάθος έως 2,2 km, ενώ το δυτικό τμήμα καταλαμβάνεται από το θαλάσσιο όρος του Ερατοσθένη, με την κορυφή του να βρίσκεται περίπου 0,8 χλμ. κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, αποτελώντας το πιο ρηχό σημείο της περιοχής. Δυτικότερα από την λεκάνη του Λεβάντε, απαντώνται τα

ιζήματα του κώνου του Νείλου και μια ζώνη καθίζησης. Στο βαθύτερο δυτικό τμήμα της λεκάνης απαντάται η λεκάνη του Ηροδότου, που χαρακτηρίζεται από μία τεράστια έκταση βάθους 3 km, ενώ στο βόρειο τμήμα απαντάται η ρηχότερη μεσογειακή κορυφογραμμή, δημιουργώντας μεγάλη αντίθεση με την έκταση της υπόλοιπης λεκάνης, και οριοθετείται από τα αιγαιοπελαγίτικα ορύγματα (Robertson et al., 1995). Επιπλέον, ολόκληρη η λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου χαρακτηρίζεται από πυκνά ιζήματα, τα οποία έχουν πάχος 4 km στο Δέλτα του Νείλου και λιγότερο από 1km στα βαθύτερα σημεία της λεκάνης. Τα ιζήματα από το Πλιόκαινο έως τα πρόσφατα, δημιουργούνται από λεπτά κλαστικά ιζήματα, μεταφερόμενα από το Δέλτα του Νείλου. Όπως φαίνεται στην εικόνα, η μεσσηνιακή σειρά εβαποριτών, με πάχος μεγαλύτερο των 2 km, απαντάται κάτω από μεγάλο μέρος της λεκάνης, και καθώς προχωράει και προς το σύμπλεγμα του Ερατοσθένη, παρουσιάζει μεγάλη μείωση του πάχους του, ενώ οι ακολουθίες Καινοζωικού και Μεσοζωικού, εκτείνονται κάτω από τα βαθύτερα μέρη της λεκάνης.



Εικόνα 3 : Σχηματική γεωλογική απεικόνιση του Δέλτα του Νείλου (Tingay et al., 2012)

Γενικά, δεν υπάρχουν μεγάλες παραμορφώσεις στη μεγαλύτερη έκταση της λεκάνης. Παραμορφώσεις εμφανίζονται κυρίως στα Πλειοκαινικά ιζήματα έως τα Πρόσφατα λόγω της αστάθειας της μεσσηνιακής σειράς, και πιο συγκεκριμένα στα περιθώρια της λεκάνης του Λεβάντε, στο νοτιοδυτικό τμήμα του Ερατοσθένη και κάτω από την έκταση του Ηροδότου λόγω των μεγάλων κατακυλήσεων. Επίσης, στην λεκάνη

εμφανίζονται ρήγματα όπως ου Σουέζ και της Γαλιλαίας. Η συσσώρευση, η σχετική παραμόρφωση και η ώθηση μεσσηνικών και υπερκείμενων πλειο-τεταρτοταγών ιζημάτων έχουν δημιουργήσει μια παχιά παραμορφωμένη σφήνα ιζήματος. Η μεσογειακή κορυφογραμμή αποτελείται από ιζήματα λεκάνης που αποσπάστηκαν από τη βάση τους ως αποτέλεσμα συμπίεσης μπροστά από τη ζώνη βύθισης του Αιγαίου και ενσωματώνονται στη ζώνη της Αλπικής παραμόρφωσης (Chaumillon et al., 1996).

Στο εξωορογενές τμήμα της λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζεται μία βαρυτική ανωμαλία (Bouguer), και πιο στη λεκάνη του Levant και στη λεκάνη του Ηροδότου, υποδηλώνοντας την παρουσία λεπτού κρυσταλλικού φλοιού, ο οποίος κυμαίνεται από 30-35 km πάχος κάτω από το Ισραήλ και την Ιορδανία, τα 25 km κάτω από το σύμπλεγμα του Ερατοσθένη και φτάνει τα 10 km. Από την άλλη, το πάχος των ιζημάτων φτάνει περίπου τα 6 km κοντά στην ακτή σε περίπου 15 km κάτω από το βαθύτερο τμήμα της λεκάνης. Ο κρυσταλλικός φλοιός στο άπω τμήμα της λεκάνης του Ηροδότου χαρακτηρίζεται από βασικά κάτω από το παρακείμενο τμήμα της Αιγύπτου χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικός με πάχος άνω των 30 km. Η μείωση του πάχους του φλοιού θεωρείται ότι προήλθε από το ρήγμα. Τα διαθέσιμα δεδομένα από την ίδια τη λεκάνη δεν επαρκούν για την αποκρυπτογράφηση των λεπτομερειών αυτής της διαδικασίας, αλλά δεδομένα από τα παθητικά περιθώρια της λεκάνης και τα παρακείμενα εδάφη, όταν ενσωματωθούν στο περιφερειακό τεκτονικό πλαίσιο, παρέχουν πολλές πληροφορίες για την προέλευση και την ιστορία της λεκάνης (Chaumillon et al., 1996).

1.3 Η Τεκτονική Εξέλιξη της Λεκάνης της Ανατολικής Μεσογείου ανά τους Αιώνες

Η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου αποτελεί ιδανική βάση δοκιμής για την ανάπτυξη υποθέσεων για θεμελιώδεις τεκτονικές διεργασίες, οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ευημερία, καθώς μπορεί να συμβάλει στην αξιολόγηση του δυναμικού των πόρων, ιδίως των υδρογονανθράκων, αλλά και στην πιθανότητα και αξιολόγηση κινδύνων, όπως οι σεισμοί. Ο σχηματισμός της ανατολικής Μεσογείου έχει συζητηθεί εκτενώς εδώ και αρκετά χρόνια. Ωστόσο, οι ερευνητές δεν έχουν καταφέρει να συμφωνήσουν εντελώς στο μοντέλο δημιουργίας της. Πολλοί ερευνητές

όπως, ο Granot το 2016, ο Speranza και οι συνεργάτες του το 2012, οι Stampfli and Borel το 2002, και άλλοι, υποστήριξαν την ωκεάνια προέλευση, βάσει γεωλογικών εκτιμήσεων (Granot, 2016; Speranza et al., 2012; Stampfli & Borel, 2002), ενώ άλλοι υποστήριξαν την προέλευση ηπειρωτικού φλοιού στην ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα. Η διαφωνία των ερευνητών οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι η ανατολική Μεσόγειος αποτελείται από στενές λεκάνες στις οποίες εντοπίζονται πολύ μεγάλα πάχη ιζημάτων και κακώς καθορισμένες σύντομες ακολουθίες μαγνητικών ανωμαλιών, αλλά και στο ότι η ενεργή καταβύθιση έχει απορροφήσει σημαντικό μέρος αυτών των λεκανών και έχει καταστρέψει το πρώην βόρειο περιθώριο (Le Pichon & Imren, 2019).

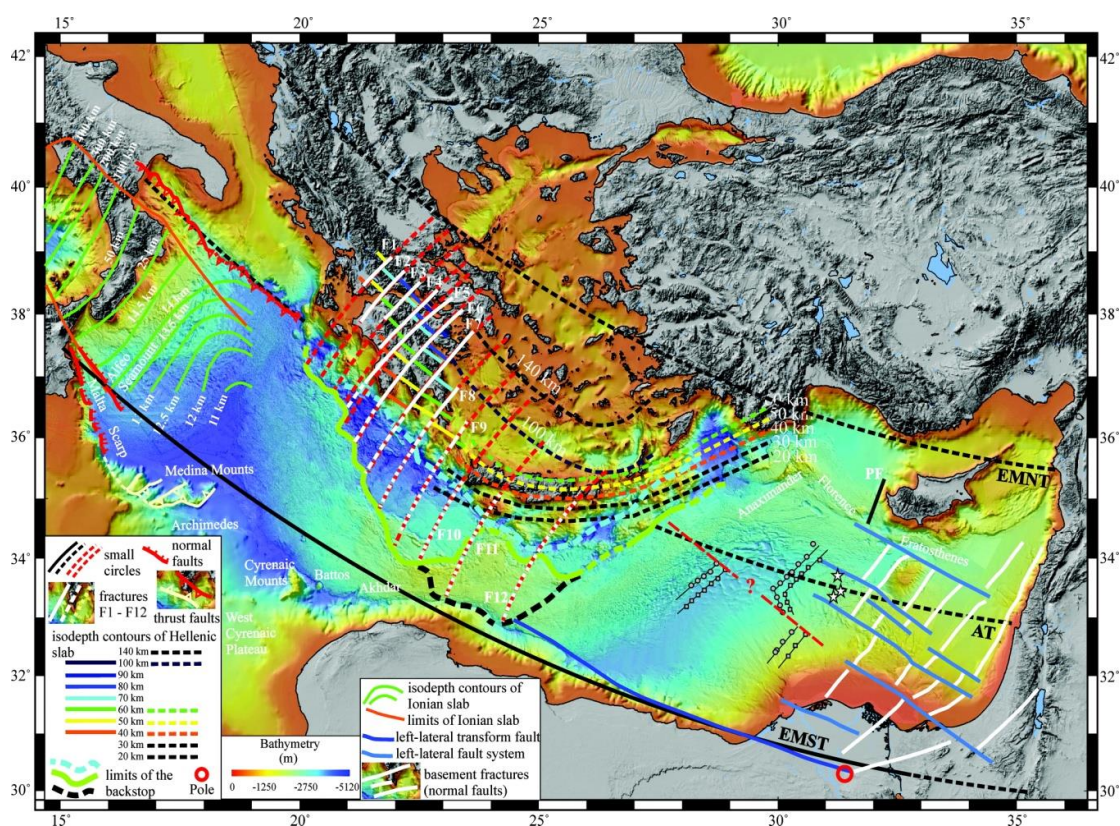
Μέσα από τις υποθέσεις των ερευνητών που έχουν γίνει ανά τα χρόνια, υπάρχει δυσκολία να ενσωματωθεί η ιστορία της ανατολικής Μεσογείου στο γεγονός της αριστερής πλευρικής κίνησης μετά την Τριασική Αφρική/Ευρασία, καθώς φαίνεται ότι το μπλοκ της Απουλίας διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια της μεσοζωικής αριστερής-πλευρικής κίνησης της Αφρικής σε σχέση με την Ευρασία, και ωστόσο υποστηρίζεται ότι ο σχηματισμός της ανατολικής Μεσογείου έγινε με αυτήν την αριστερή πλευρική κίνηση. Πλέον, οι περισσότεροι ερευνητές υποστηρίζουν την άποψη ότι η ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα δημιουργήθηκε λόγω της αριστερής πλευρικής διάτμησης του μπλοκ της Adria, το οποίο ήταν συνδεδεμένο με την Αφρική όταν έγινε η αριστερή πλάγια κίνησή της σε σχέση με την Ευρασία. Η άποψη αυτή υποστηρίχτηκε λόγω του εντοπισμού ρηγμάτων μακροχρόνιου μετασχηματισμού που βρίσκονται στην περιοχή και ήταν ενεργά κατά τη διάρκεια της Ιουρασικής και της Πρώιμης Κρητιδικής περιόδου, όπου άνοιγε ο κεντρικός Ατλαντικός Ωκεανός. Αυτά τα ρήγματα προήλθαν από την κίνηση της Ιουρασικής Αφρικής/Ευρασίας (Le Pichon & Imren, 2019).

Το βορειοαφρικανικό περιθώριο αποτελεί ένα ενεργό δεξιότροπο σύστημα ρηγμάτων που καταλήγει στα στενά της Σικελίας, και χαρακτηρίζεται ως αριστερό πλευρικό περιθώριο μετασχηματισμού της Ύστερης Τριασικής-Ιουρασικής εποχής κατά μήκος του βόρειου περιθωρίου της Αιγύπτου και εφάπτεται ανατολικά στο μπλοκ του Σινά. Σε εκείνο το σημείο, διαχωρίζεται ο ηπειρωτικός φλοιός της ανατολικής Μεσογείου από αυτόν της βόρειας Αιγύπτου, με το περιθώριο ρήγματος να διέπει την επέκταση της λεκάνης του Λεβάντε της Ύστερης Τριασικής-Πρώιμης Ιουρασικής εποχής και παρουσιάζοντας κυρίως ανθρακικά, ιζήματα και μαφική έως ενδιάμεση ηφαιστειακή ικανότητα. Το ρήγμα σταμάτησε στο τέλος του Μέσου Ιουρασικού, καθώς η ωκεάνια

συσσώρευση ξεκίνησε κάπου δυτικά του ηπειρωτικού φλοιού της λεκάνης του Λεβάντε. Η απότομη τελευταία Ιουρασική-πρώιμη Κρητιδική περικοπή του τμήματος και η εκτεταμένη διάβρωση κατά μήκος του παράκτιου Ισραήλ, προήλθε το ρήγμα του Μαρμαρικανού που σχετίζεται με τα γεγονότα ρήξης της Σαχάρας σε συνδυασμό με το αρχικό ρήγμα του νότιου Ατλαντικού. Το περιθώριο ρήγματος του αιγυπτιακού μετασχηματισμού είναι μέρος ενός μεγαλύτερου ρήγματος που εκτείνεται δυτικά κατά μήκος του περιθωρίου της Λιβύης. Μέσα από διάφορους χάρτες βαρύτητας, παρουσιάζεται περιστροφή, η οποία συνέβη κατά την περίοδο της αριστερής πλευρικής κίνησης της Αφρικής σε σχέση με την Ευρασία και δείχνει ότι το περιθώριο ρήγματος της Αφρικής προς τα ανατολικά συμπίπτει τόσο με το νοτιοδυτικό όριο της πλάκας Τυρρηνίας όσο και με το όριο ωκεάνιου και ηπειρωτικού φλοιού στα ανοικτά της Σικελίας, ακολουθώντας το νότιο όριο της ζώνης διάτμησης. Γενικά, το νότιο περιθώριο της ανατολικής Μεσογείου φαίνεται ότι δεν παραμορφώθηκε σε μεγάλο βαθμό κατά τον Ιουράσιο.

Ωστόσο, όσο αφορά την παραμόρφωση του δυτικού τμήματος της ανατολικής Μεσογείου, παρουσιάστηκε αριστερόστροφη περιστροφή της Απουλίας σε σχέση με την Αφρική, δείχνοντας ότι αυτή η περιστροφή ήταν η αφετηρία του πρώιμου Κρητιδικού ανοίγματος της ανατολικής Μεσογείου. Επίσης, μια νεογενής αριστερόστροφη περιστροφή της Adria κατά τη διάρκεια της Κρητιδικής εποχής, σε σχέση με την Αφρική, μπορεί να εξηγήσει το σχηματισμό των Άλπεων. Μέσα από τις έρευνες έχει εντοπιστεί επίσης, και μία δεξιόστροφη κίνηση κατά τη διάρκεια του Νεογενούς μεταξύ Σικελίας και Αφρικής. Τέλος, βάσει μετρήσεων GPS, έχει εντοπιστεί ένα μπλοκ Απουλίας-Ιονίου με παρούσα κίνηση σε σχέση με την Αφρική με αποτέλεσμα περίπου 2 mm/έτος καθαρής διάτασης μεταξύ Σικελίας και Αφρικής (Pérouse et al., 2012). Γενικά, η τεκτονική του δυτικού τμήματος της ανατολικής Μεσογείου δεν έχει επηρεάσει σημαντικά τη σχετική θέση του βόρειου περιθωρίου της Απουλίας σε σχέση με το αφρικανικό νότιο περιθώριο της. Το συγκεκριμένο τμήμα της λεκάνης της Μεσογείου δεν υπέστη σημαντική τροποποίηση από τον σχηματισμό της, ακόμη και αν υπήρξε κάποια μικρή παραμόρφωση λόγω ελαφριάς περιστροφής κατά τη σύγκρουση Αφρικής-Ευρώπης στον Ύστερο Καινοζωικό. Το νότιο όριο μιας ευρείας διατμητικής ζώνης που περιλαμβάνει στον πυρήνα της την ανατολική Μεσόγειο, ονομάστηκε Ζώνη Διάτμησης Ανατολικής Μεσογείου (EMSZ), με συνολικό μήκος 2300 km πριν από την ύστερη καταβύθιση του Νεογενούς. Το βόρειο

όριο δεν έχει καθοριστεί με βεβαιότητα κατά μήκος του κεντρικού και ανατολικού τμήματός του, επειδή καταλαμβάνεται πλέον από συγκλίνοντα περιθώρια που έχουν υποβιάσει αμφισβητούμενη ποσότητα του φλοιού της ανατολικής Μεσογείου (Le Pichon & İmren, 2019). Το ανατολικό όριο της Απουλίας βρίσκεται 850 km δυτικά της δυτικής Τυρρηνικής πλάκας και δίπλα στο ρήγμα της Κεφαλονιάς. Το μεσαίο τμήμα βρίσκεται εντός της υποβιβασμένης πλάκας κάτω από το Ελληνικό τόξο, διασχίζοντας το ρήγμα μετασχηματισμού και τη λεκάνη του Ηροδότου και κατευθύνεται στη λεκάνη του Λεβάντε ακριβώς νότια του όρους του Ερατοσθένη, καταλήγοντας στην ακτή του Ισραήλ. Επίσης, αναφέρεται η ύπαρξη ενός ακόμα ρήγματος μετασχηματισμού στα βόρεια περιθώρια που έχει ονομαστεί Βόρειος Μετασχηματισμός της Ανατολικής Μεσογείου (EMNT), και το ίχνος του κατευθύνεται βόρεια της Κύπρου, που είχε σημαντική αλκαλική βουλκανικότητα στο Carnian. Η ύπαρξη αυτών των μακρών ρηγμάτων παράλληλου μετασχηματισμού που συνέβη με το άνοιγμα του Ατλαντικού Ωκεανού, δείχνει ότι κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η Adria αποτέλεσε μία ενδιάμεση ζώνη μεταξύ Ευρασίας και Αφρικής που διατμήθηκε από την κινηματική φάση Ευρασία/Αφρική (Le Pichon & İmren, 2019).



Εικόνα 4 : Τα Ρήγματα Μετασχηματισμού EMST και EMNT (Le Pichon & İmren, 2019)

Οι διαδικασίες ρήξης και ηπειρωτικής διάσπασης, ειδικά της Τριασικής εποχής, προέρχονται και αποδεικνύονται από την ύπαρξη ηφαιστειακών και ιζηματογενών πετρωμάτων στην περιοχή. Οι οφιόλιθοι που σχηματίστηκαν κατά τον Μεσοζωικό περιλαμβάνουν τον κλασικό οφιόλιθο Τροόδους στην Κύπρο, τους οφιόλιθους της Πίνδου στην Ελλάδα και τον οφιόλιθο της Μυρδίτας στην Αλβανία, και παρέχουν πληροφορίες τόσο για την δημιουργία όσο και για την τοποθέτηση της ωκεάνιας λιθόσφαιρας. Επίσης, τα μεταμορφωμένα πετρώματα υψηλής πίεσης-χαμηλών θερμοκρασιών που απαντώνται στα βορειοδυτικά της Τουρκίας, παρέχουν πληροφορίες για τις διαδικασίες καταβύθισης καθώς αποτελούν ενδείξεις μαγματισμού. Οι ιζηματογενείς λεκάνες παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις τεκτονικές διεργασίες, καθώς η τεκτονική ανάλυση των πλακών είναι αποτελεσματική όπου υπήρχαν μεγάλοι ωκεανοί και ηπειρωτικές περιοχές. Στην περίπτωση όμως που υπάρχουν περιοχές με μεγάλο αριθμό μικροπλακών, καθίσταται δύσκολο να εφαρμοστεί.

Γεωλογικά και τεκτονικά, η εξέλιξη της περιοχής της ανατολικής Μεσογείου έχει άμεση σχέση με το άνοιγμα του ωκεανού του Νεοθέτη κατά τον ύστερο Παλαιοζωικό - πρώιμο Μεσοζωικό χρόνο, που ακολουθείται από το ρήγμα πολλών ηπειρωτικών θραυσμάτων από το βόρειο άκρο της ηπείρου Gondwana κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού και επακόλουθο προοδευτικό κλείσιμο του ωκεανού Νεοθέτη. Πιο συγκεκριμένα, η λεκάνη της ανατολικής Μεσογείου, αναπτύχθηκε κατά τον ύστερο Παλαιοζωικό - πρώιμο Μεσοζωικό, με την απομάκρυνση του συμπλέγματος του Ερατοσθένη προς τα βόρεια από την υπερήπειρο Gondwana. Η τεκτονική εξέλιξη συνεχίστηκε με τη βόρεια μετατόπιση αυτών των ηπειρωτικών θραυσμάτων κατά μήκος του Μεσοζωικού ωκεανού Νεοθέτη, καταβύθιση και επανασυναρμολόγηση ηπειρωτικών θραυσμάτων για να σχηματιστεί η σημερινή ζώνη Ταυρίδης-Ανατολίδης κατά την Ύστερη Κρητιδική - Καινοζωική (Robertson R. A., 1998). Το βόρειο τμήμα της αφροαραβικής πλάκας υποβιβάστηκε σταδιακά προς τα βόρεια κάτω από την Ευρασία, σχηματίζοντας τις ζώνες καταβύθισης του Ελληνικού και του Κυπριακού Τόξου, κατά τη διάρκεια του ύστερου Παλαιογένους έως σήμερα. Καθ' όλη τη διάρκεια του Πλειόκαινου, η λεκάνη της ανατολικής Μεσογείου έκλεινε σε όλη τη ζώνη σύγκρουσης Μπιτλίζ-Ζάγκρος και τα τόξα Κύπρου, Ελλάδας και Καλαβρίας με μεταβλητούς ρυθμούς. Το όρος του Ερατοσθένη, παρασύρθηκε προς τα βόρεια,

συγκρούστηκε με την τάφρο καταβύθισης κατά μήκος του Κυπριακού Τόξου κατά το Υστερο Πλειόκαινο - Πρώιμο Πλειστόκαινο, ενώ ταυτόχρονα οι Ταυρίδες ανυψώθηκαν λόγω πιθανής αποκόλλησης μιας υπολειπόμενης ωκεάνιας πλάκας. Η μετάβαση από την καταβύθιση στη σύγκρουση κατά μήκος του Κυπριακού Τόξου, παραμόρφωσε την ανατολική Μεσόγειο κατά το πρώιμο έως το μέσο Πλειστόκαινο, ενώ εμφανίστηκαν δομικές αλλαγές που καταγράφηκαν σε ολόκληρη την περιοχή (Biju-Duval et al., 1978).

1.3.1 Τριασική Περίοδος

Κατά την ανώτερη Τριασική περίοδο, διαστέλλει η Μεσογειακή-Αλπική περιοχή. Αρχικά, παρατηρήθηκε μια γρήγορη αλλαγή των προσόψεων προς τα δυτικά από ένα νεριτικό σε ένα πελαγικό πρόσωπο, κατά μήκος του ισραηλινού περιθωρίου, γεγονός το οποίο ίσχυσε κυρίως στα ιζήματα του Ιουρασικού. Τα ιζήματα που υπάρχουν Νότια της Τουρκίας, θεωρήθηκαν ως υπολείμματα περιθωρίων που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της Τριασικής διάτασης. Επιπλέον, η αύξηση του πάχους των ιζημάτων Ιουρασικού προς τον βορρά μπορεί να υποδηλώνει μια οριακή θέση (Biju-Duval et al., 1978).

1.3.2 Κρητιδικό

Στην Ανατολική Αφρική, την Κυρηναϊκή έως την Αίγυπτο, η κρητιδική σειρά πυκνώνει προς τα βόρεια. Τα δεδομένα για το λεβαντινό περιθώριο δείχνουν ότι κατά την Πρώιμη Κρητιδική η σημερινή ισραηλινή ακτογραμμή αποτελούσε ήδη ένα περιθώριο, που πιθανότατα ξεκίνησε στο Τριασικό. Η ύπαρξη ενός παλιού ωκεάνιου βασιλείου, ή τουλάχιστον μιας ζώνης μετάβασης ηπείρου-ωκεανού, ακριβώς βόρεια της Αφρικής, δεν έχει αποδειχθεί με βεβαιότητα. Ωστόσο, μια σημαντική πτυχή είναι ότι όλο το περιθώριο της Βόρειας Αφρικής (συμπεριλαμβανομένης της περιοχής Atlas και Hauts Plateaux) χαρακτηρίζεται από αναδίπλωση της Ύστερης Κρητιδικής. Στην Αίγυπτο ορισμένες ανατροπές προς τα νότια που είναι λοξές προς το παρόν περιθώριο υποδεικνύουν ότι θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα ηπειρωτικής σύγκρουσης του Ύστερου Κρητιδικού (Biju-Duval et al., 1978).

Όλα τα περιθώρια μεταξύ της βόρειας Τυνησίας και της ακτής της Λεβαντίνης χαρακτηρίζονται από κατακόρυφα τεκτονικά συστήματα που συνεπάγεται μια πρόσφατη ίδρυση του περιθωρίου. Αυτή η ίδρυση είναι καλά σημαδεμένη στο ανώτερο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο, όπως υποδεικνύεται από γεωλογικά δεδομένα, δηλαδή, παχύρρευστες ακολουθίες νεογενούς που γεμίζουν τις βαθιές λεκάνες. Σε αντίθεση όμως με τη δυτική Μεσόγειο, ο μαγματισμός περιορίζεται σε λίγες περιοχές. Τα κύρια σημεία ενδιαφέροντος είναι τα ρήγματα που εντοίζονται στο Siculo-Tunisian, τα περισσότερα από τα οποία προκλήθηκαν από ηφαιστειακές ροές, το σκαρί της Μάλτας που χώριζε την Αβυσσαλική Πεδιάδα του Ιονίου από την Σικουλο-Τυνησιακή εξέδρα, η πρόοδος βόρεια της Σύρτης και το πρόσφατο ρήγμα της Κυρηναϊκής και της βορειοδυτικής Αιγύπτου, και η ανάπτυξη του δέλτα του Νείλου στο ύστερο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο. Το δέλτα του Νείλου μετανάστευσε ξαφνικά κατά τη διάρκεια του κατώτερου-μεσαίου Μειόκαινου στη σημερινή του θέση, ενώ ταυτόχρονα η περιοχή της Ερυθράς Θάλασσας ήταν σε ρήξη. Επίσης, έγινε η εμφάνιση νεογενών-τεταρτογενών ιζημάτων μεγάλου πάχους στην έκταση του Ηροδότου. Το λεβαντινό περιθώριο ήταν πολύ απότομο και πολλά νέα φαράγγια αναπτύχθηκαν σε αυτό κατά τη διάρκεια του Μειόκαινου έως πρόσφατα. Τέλος, η δομή του θαλάσσιου βουνού του Ερατοσθένη είναι περίπλοκη, καθώς η αραίωση των μεσσηνιακών εβαποριτών υποδηλώνει ότι το όρος Ερατοσθένης ήταν ψηλό εκείνη την εποχή. Η Καινοζωική ιστορία του αφρικανικού περιθωρίου και της ίδιας της λεκάνης σχετιζόταν με τη βόρεια ανάπτυξη ενός ενεργού περιθωρίου που σταδιακά έκλεινε. Η Καινοζωική εξέλιξη των διαφόρων λεκανών συνοπτικά, προέκυψε από συμπίεση της λεκάνης μπροστά από το ενεργό περιθώριο, την ανάπτυξη εβαποριτών με παχύ στρώμα αλατιού, σε βαθουλώματα και καθιζάνουσες λεκάνες, ενώ η συμπίεση ήταν ακόμα ενεργή στα βόρεια και την καθίζηση στον κώνο του Νείλου (Biju-Duval et al., 1978).

1.4 Τα Κύρια Συμπλέγματα της Ανατολικής Μεσογείου

Η ανατολική Μεσόγειος λόγω της εμφάνισης δομών υδρογονανθράκων, έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των γεωλόγων. Οι δύο κύριες λεκάνες που απαντώνται στην Ανατολική Μεσόγειο, η λεκάνη της Λεβαντίνης και η λεκάνη του Ηροδότου, παρουσιάζουν γεωλογικό ενδιαφέρον, λόγω της εξέλιξή τους ως προς τους υδρογονάνθρακες. Σε αυτήν την εξέλιξη, έχουν παίξει σημαντικό ρόλο και το ηπειρωτικό σύμπλεγμα (μπλοκ) του Ερατοσθένη αλλά και ο κώνος του Νείλου, συμβάλλοντας και στην εξέλιξη ολόκληρης της λεκάνης της ανατολικής Μεσογείου. Οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια, με την βοήθεια των σεισμικών δεδομένων αλλά και των δεδομένων από τις γεωτρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, μπορούν να παρέχουν μία αρκετά καλή εικόνα της εξέλιξης αυτών των γεωλογικών σχηματισμών (Elia et al., 2013).

Η θαλάσσια περιοχή της Κύπρου αποτελεί μέρος της ανατολικής Μεσογείου, που οριοθετείται από το Αιγυπτιακό περιθώριο (margin) στα νότια, το περιθώριο της Λεβαντίνης στα ανατολικά, την Τουρκία στα Βόρεια και το τέρμα του επίπεδου αβυσσικού πεδίου του Ηρόδοτου (Herodotus Abyssal Plain) στα Δυτικά με το νησί της Κύπρου στο κέντρο. Γενικά, το βάθος του νερού στην θαλάσσια περιοχή της Κύπρου κυμαίνεται περίπου στα 3km στην Λεκάνη του Ηρόδοτου. Το Κυπριακό τόξο ηλικίας Άνω Κρητιδικού, το οποίο ενεργοποιήθηκε ξανά στο Καινοζωικό, εμφανίζεται στην Κύπρο με την παρουσία των οφειολίθων του Τροόδους στα 1,95 km οι οποίοι εμφανίζονται και στο Baer-Bassit στην Συρία και στην περιοχή της Αττάλειας στην Τουρκία. Ανατολικά της Κύπρου, το τόξο εμφανίζεται ευρέως ως πλατφόρμα (plateau) στα 0,45 km βάθος με ράχες (ridges). Η πιο γνωστή είναι η ράχη της Λατάκιας η οποία διαχωρίζει Νοτιοανατολικά το τόξο από την Λεκάνη της Λεβαντίνης και επεκτείνεται στα Βορειοανατολικά στον Λίβανο και την Συρία. Δυτικά της Κύπρου, το τόξο είναι πολύ βαθύτερο αλλά μπορεί να ακολουθηθεί στον πυθμένα της θάλασσας μέχρι το υποθαλάσσιο όρος Αναξίμαδρος (Anaximander Seamount) και στην περιοχή της Αττάλειας μέσω της ράχης της Φλωρεντίας (Florence Ridge) (Cleintaur et al., 2016).

1.4.1 Η Λεκάνη της Λεβαντίνης

Η Λεκάνη της Λεβαντίνης βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της Μεσογείου, ανάμεσα στην Κύπρο και στην Αίγυπτο, και αποτελεί μία λεκάνη όπου το βόρειο όριο ορίζεται από την Κύπρο και την Ζώνη Αιχμής Λάρνακας, το δυτικό όριο από το όρος του

ερατοσθένη, το ανατολικό και νοτιοδυτικό όριο από τον κόνο του Νείλου. Η λεκάνη σχηματίστηκε στο Μέσο Μειόκαινο, μετά την καταβύθιση της αφρικανικής τεκτονικής πλάκας κάτω από την Ευρασία, και θεωρείται ότι αποτελείται από τα ερείπια της Μεσοζωικής Τηθύος, από τη διάσπαση της Παγγαίας. Η λεκάνη του Λεβάντε χαρακτηρίζεται από 325 km μήκος, 155 km πλάτος, έκταση 50.375km² και 2km βάθος. Οι σχηματισμοί που εντοπίζονται στην λεκάνη αποτελούνται κυρίως από μεσοζωικές και καινοζωικές ακολουθίες, πάχους έως 14km, αλλά εντοπίζονται και πολύπλοκες δομές εξαιτίας των διεργασιών συμπίεσης και επέκτασης των τεκτονικών πλακών και της βαρύτητας (Vidala et al., 2000).



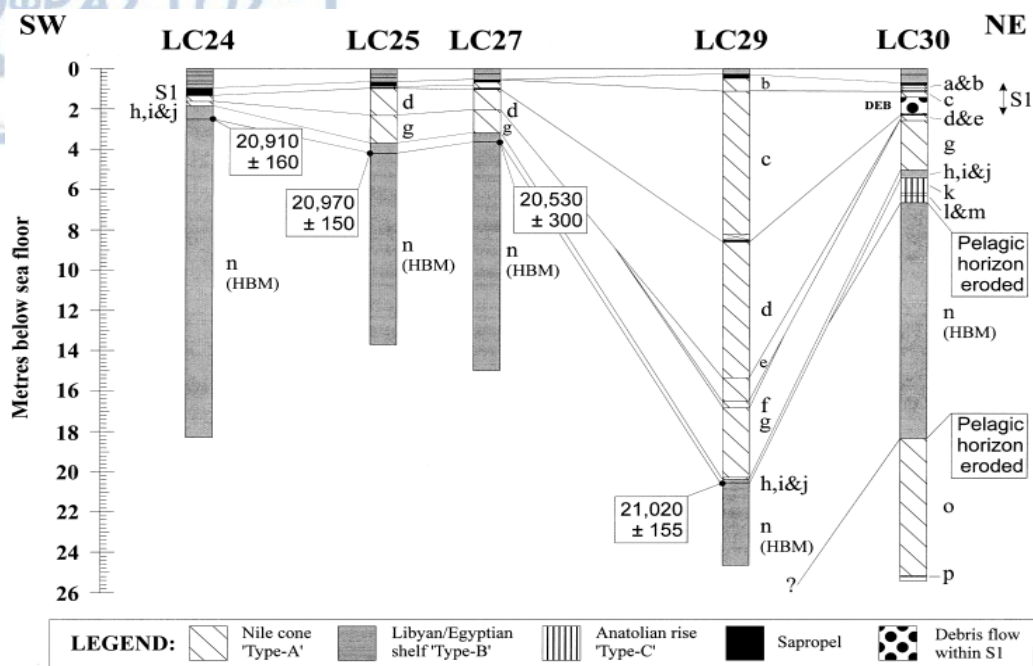
Εικόνα 5 : Εικόνα της Λεκάνης του Λεβάντε με κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου (Wikimedia, 2013)

1.3.2. Η Λεκάνη του Ηροδότου

Η λεκάνη Ηροδότου βρίσκεται νοτιοδυτικά της Κύπρου και σχηματίστηκε, όπως και η λεκάνη του Λεβάντε στο Μέσο Μειόκαινο, από την καταβύθιση της αφρικανικής τεκτονικής πλάκας κάτω από την Ευρασία. Η έκταση της λεκάνης είναι 113.000 km²,

έχει βάθος περισσότερο από 3km, μήκος 450km και πλάτος 255km. Στα βόρεια όρια της λεκάνης βρίσκεται η μεσογειακή κορυφογραμμή, στα νοτιοδυτικά όρια είναι η αφρικανική ηπειρωτική πλαγιά και στα βορειοανατολικά η άνοδος της Ανατολίας. Η λεκάνη του Ηροδότου χαρακτηρίζεται από μεσοζωικά και καινοζωικά ιζήματα πάχους έως 15 km και το μέγεθός της μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, λόγω της προχώρησης του κώνου του Νείλου προς τη λεκάνη. Μέσω αυτής της διαδικασίας, τα κλαστικά ιζήματα συσσωρεύτηκαν στη μεσογειακή κορυφογραμμή. Το θεμέλιο της λεκάνης είναι ωκεάνιος φλοιός Τριασικής εποχής, περιέχοντας Μεσοζωικά και Παλαιογενή ιζήματα, Προμεσσηνιακά ιζήματα, Μεσσηνιακούς εβαπορίτες και Πλειο - Τεταρτογενή ιζήματα.

Τα Προμεσσηνιακά ιζήματα έχουν πάχος μεγαλύτερο από 7,5km και περιέχουν Αργιλικούς και ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, καλκαρενίτες, απολιθωμένους μικρίτες, σαπροελικούς σχηματισμούς, βιομικρίτες και βιο-αρενίτες. Οι εβαπορίτες της Μεσσηνίας έχουν μικρότερο πάχος, περίπου 2,5 km, και η απόθεσή τους έγινε από το κλείσιμο του Γιβραλτάρ, και από την έντονη εξάτμιση και την εναπόθεση αλίτη, γύψου και ανυδρίτη στη Μεσόγειο. Επίσης, απαντώνται θόλοι μαγματικής προέλευσης, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι συγκεντρωμένοι σε μία μικρή περιοχή των βαθύτερων τμημάτων της λεκάνης. Τέλος, τα Πλειο - Τεταρτογενή ιζήματα αποτελούνται από πλούσιο ανθρακικό υλικό που εναποτίθενται στην ανοιχτή θάλασσα, και τουρμιπίδιτες τριών τύπων, Α, Β και Γ που διαφέρουν ως προς τη σύνθεση και το πάχος τους. Επίσης, απαντώνται 12 στρώσεις σαπροελιού πλούσιο σε οργανικό υλικό, ελασματοποιημένο, εναποτιθέμενο σε αναερόβια, βαθιά νερά στο Τεταρτογενές. Τα τουρμιπίδια τύπου Α χαρακτηρίζονται από 15 έως 75 cm πάχος και αποτελούνται από σμηκτίτη, προερχόμενο από τον κώνο του Νείλου, και οργανική ύλη (Reeder et al., 2000). Τα τουρμιπίδια τύπου Β περιέχουν ανθρακικά άλατα, προερχόμενα από την αφρικανική ηπειρωτική πλαγιά, είναι ηλικίας Ανώτερου Πλειστόκαινου και πάχους μέχρι 7 m. Οι τουρμιπίδες τύπου Γ προέρχονται από την άνοδο της Ανατολίας και κατευθύνονται προς τα ανατολικά και βορειοανατολικά τμήματα της λεκάνης (Elia et al., 2013).

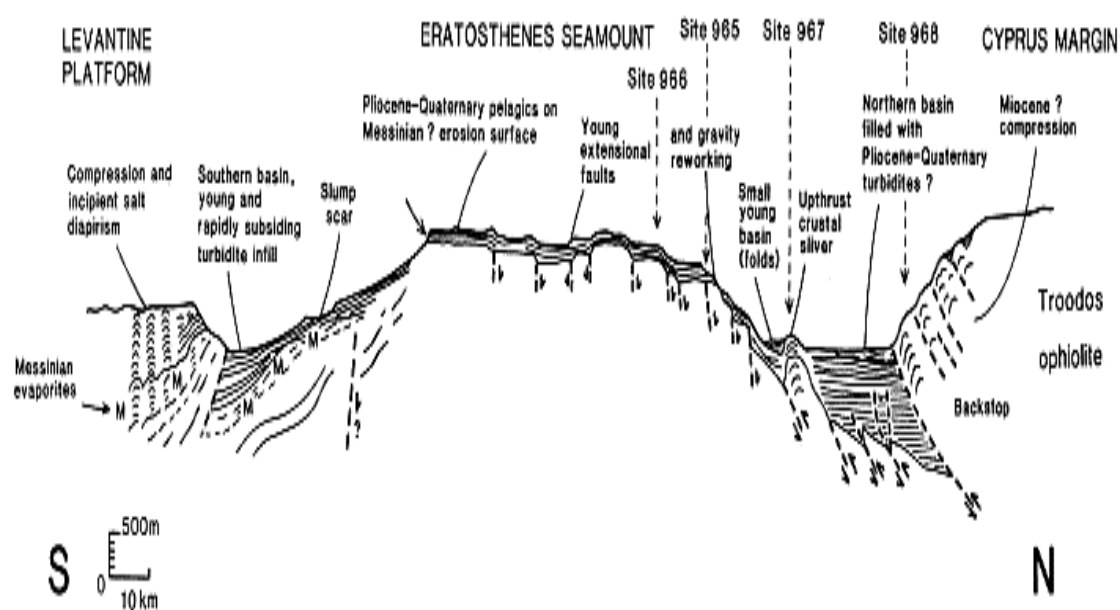


Εικόνα 6 : Δομή Πλειο-Τεταρτοταγών Ιζημάτων (Reeder et al., 2000)

1.4.2 Το Όρος του Ερατοσθένη

Το Όρος του Ερατοσθένη βρίσκεται στο κέντρο της λεκάνης της ανατολικής Μεσογείου, 100 km νότια της Κύπρου, οριοθετώντας το παθητικό περιθώριο του Λεβάντε στα ανατολικά και νότια και τον κώνο του Νείλου στα νοτιοδυτικά. Το μέγεθός του είναι περίπου 9.600 km² και η κορυφή του βρίσκεται σε βάθος 900 m, και υψώνεται περίπου 2 km πάνω από τη γύρω θάλασσα. Το ιζηματογενές πάχος του ESM είναι περίπου 5 km. Μέσω των δεδομένων από γεωτρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, το πάνω μέρος του όρους χαρακτηρίζεται κυρίως από ασβεστόλιθους και δεν περιέχει πυριγενή πετρώματα ενώ φαίνεται ότι έγινε ανύψωση του όρους κατά 1 km κατά τον Μετα-Ολιγόκαινο. Οι Zverev και Ilinsky το 2005, μέσα από την έρευνα που διεξήγαν, ανέφεραν ότι υπάρχουν ανυψωμένα πετρώματα υψηλής ταχύτητας (6,2 – 7,0 km/s) μέσα σε ένα περίπλοκο σχέδιο στρωματοποίησης κάτω από το όρος, και ότι η προέλευση του όρους είναι ηφαιστειογενής (Zverev & Ilinsky, 2005). Άλλοι ερευνητές ανέφεραν ότι το όρος του Ερατοσθένη χαρακτηρίζεται ως μια ανθρακική πλατφόρμα τοποθετημένη πάνω σε λεπτό ηπειρωτικό φλοιό που προέρχεται από θραύσμα της αφρικανικής ηπείρου, και που σχίζεται από το νότιο περιθώριο της Τηθύος στην πρώιμη Μεσοζωική εποχή. Κατά την Πρώιμη Κρητιδική, ως αποτέλεσμα της διόγκωσης του φλοιού από την σύγκρουση με το ενεργό περιθώριο της Κύπρου

προς τα βόρεια, το μπλοκ του Ερατοσθένη σχημάτισε μια ανθρακική πλατφόρμα ρηχών νερών που υποχώρησε στην Ύστερη Κρητιδική και καλυπτόταν από πελαγικά ανθρακικά άλατα (Robertson R. A., 1998). Το βάθος Moho αναφέρεται ότι είναι 26 – 28 km κάτω από το όρος του Ερατοσθένη, που προέκυψε μέσα από την τομογραφική αναστροφή των Koulakon και Sobolev το 2006, οι οποίοι εξήγαγαν ένα πάχος φλοιού κάτω από το όρος, περίπου στα 27 km, το οποίο έχει επιβεβαιωθεί και από άλλους ερευνητές. (Feld et al., 2014).

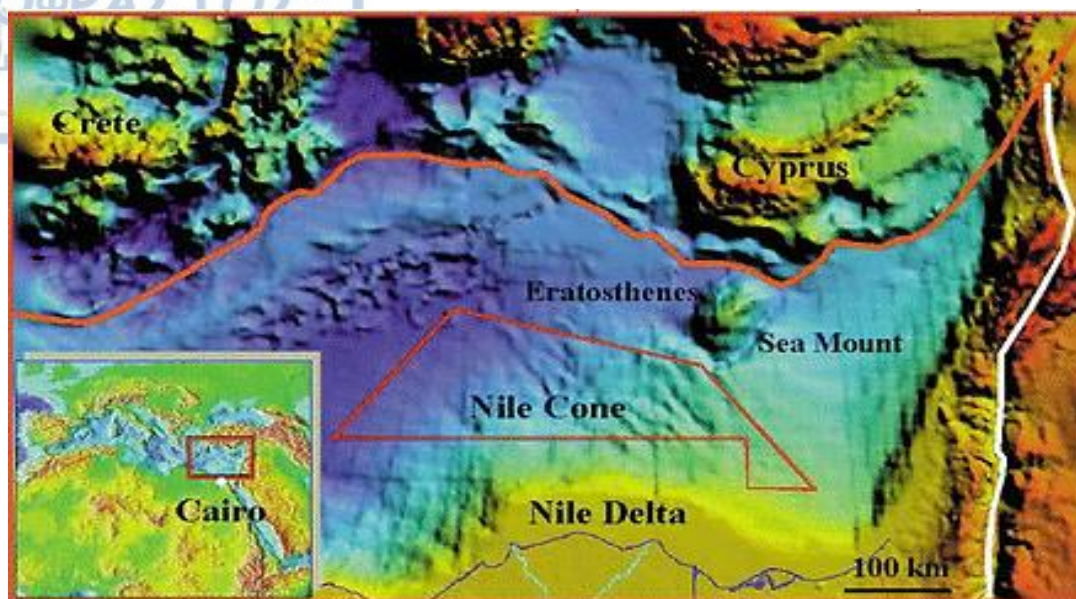


Εικόνα 7 : Τεκτονική Ερμηνεία του Θαλάσσιου Όρους του Ερατοσθένη (Robertson, 1998)

1.4.3 Ο Κώνος του Νείλου

Η περιοχή των βαθέων υδάτων του Δέλτα του Νείλου βρίσκεται εντός της λεκάνης της ανατολικής Μεσογείου στον κώνο του Νείλου μεταξύ της έκτασης του Ηροδότου στα δυτικά και της λεκάνης του Λεβάντε στα ανατολικά. Στη διαμόρφωση του Ύστερου Μειόκαινου έως τον Πρόσφατο Κώνο του Νείλου και το υπόστρωμά του, έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο η εξέλιξη και η αλληλεπίδραση των αφρικανικών, ευρασιατικών και αραβικών πλακών. Η τεκτονική και η στρωματογραφία του κώνου του Νείλου χαρακτηρίζονται από βαθιές δομές υπογείου με ευδιάκριτη βαρύτητα και

μαγνητικές εκφράσεις και ελέγχεται από τις αλληλεπιδράσεις των ζωνών ρήγματος MisfaqBardavil (Temsah) και Qattara-Eratosthenes (Rosetta). Επιπλέον, μέσα από έρευνες αναφέρθηκε ότι έχει πραγματοποιηθεί μεγάλη παραμόρφωση μιας μεσσηνιακής ακολουθίας πάχους έως και 4.000 m από άλατα, μαζί με περιστροφική κίνηση μεγάλης κλίμακας. Το παραμορφωτικό μοτίβο είναι σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα πολυφασικών τεκτονικών κινήσεων κατά μήκος προϋπαρχόντων βασικών ρηγμάτων στο ηπειρωτικό περιθώριο του ωκεανού Neo-Tethys. Ο Κώνος του Νείλου γενικά, χαρακτηρίζεται από ιζήματα του ύστερου Παλαιογενούς έως του Ύστερου Μειόκαινου που χρονολογούνται πριν από τους Μεσσηνιακούς εβαπορίτες και τις ακολουθίες Πλειόκαινου-Πλειστόκαινου. Στο ανατολικό τμήμα απαντώνται κυρίως ιζήματα βαθέων υδάτων με τοπικές αλληλουχίες συμπύκνωσης εντός της λεκάνης, ενώ στο δυτικό τμήμα, απαντώνται κυρίως σχιστολιθικοί σχηματισμοί. Μέσω της αλληλουχίας της Μεσσηνίας παρουσιάζονται τρία διακριτά σεισμικά πρόσωπα υποδηλώνοντας κυκλική εναπόθεση με την εμφάνιση αλληλοεπικαλυμμένων ανυδρίτη, αλάτων και κλαστικών αλληλουχιών και εναπόθεση καθαρού αλίτη. Οι αλληλουχίες Πλειόκαινου-Πλειστόκαινου εναποτέθηκαν σε κλίση που κατευθύνεται από την λεκάνη προς το δάπεδο και το βάθος του νερού κυμαίνεται από 800 έως 2.800 m. Η ακολουθία του Ανωτέρου Μειόκαινου προσφέρει πρόσθετους στόχους εξερεύνησης με τη μορφή ποταμών και/ή θολωτών άμμων. Το επίκεντρο της εξερεύνησης πριν από το άλας είναι η οριοθέτηση των απομακρυσμένων θολώσεων εντός της αλληλουχίας Serravallian προς Tortonian και ο εντοπισμός νέων αλληλουχιών δεξαμενών που εναποτίθενται σε προϋπάρχοντα ενδοβασικά υψηλά. Το φορτίο υδρογονάνθρακα δεν έχει ακόμη αποδειχθεί με γεωτρήσεις, αλλά οι ανωμαλίες του σεισμικού πλάτους και η εμφάνιση φυσικών επιφανειακών κολλήσεων υποδηλώνουν φορτία αερίου και υγρού από πετρώματα προ-προέλευσης αλατιού μέσω ρηγμάτων και παραθύρων απόσυρσης αλατιού (Aal et al., 2001).



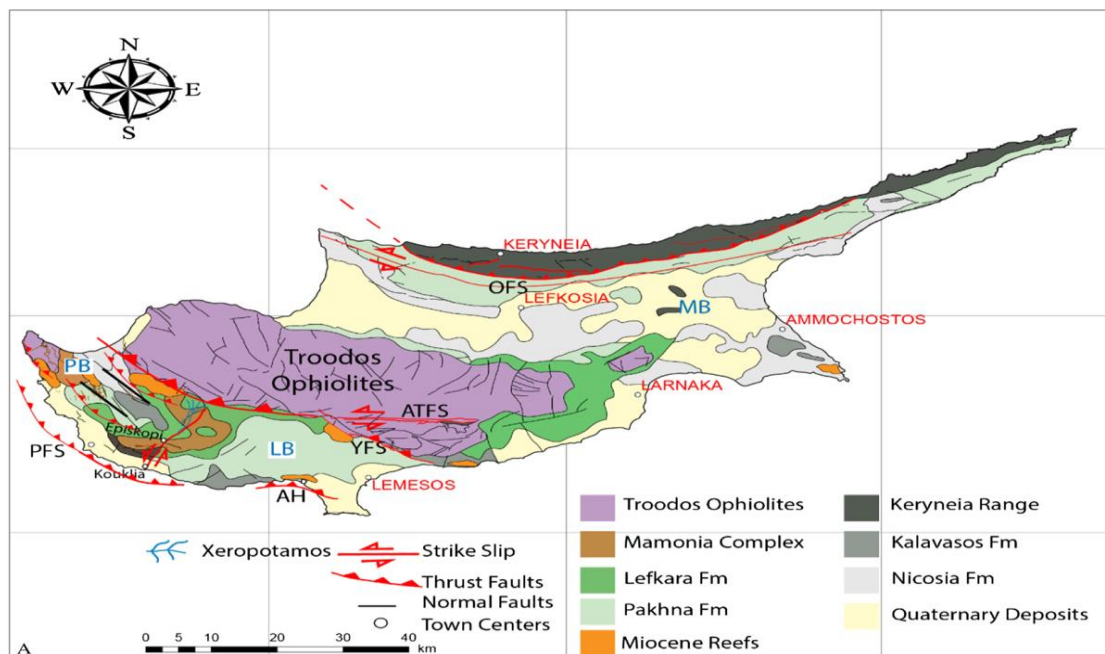
Εικόνα 8 : Ο Κώνος του Νείλου (Aal et al., 2001)

2. Βόρειο Περιθώριο της Λεκάνης Λεβάντε

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το ανατολικό μέρος της Μεσογείου χαρακτηρίζεται από πολύπλοκη τεκτονική λόγω της σύγκλισης Αφρικής και Ευρασίας. Η εξέλιξη των τεκτονικών και στρωματογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής, λόγω των περιορισμένων ερευνητικών γεωτρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί, δεν έχει αξιολογηθεί επαρκώς. Στην αξιολόγηση αυτή, μπορεί να συμβάλλει η Κύπρος, καθώς μπορεί να δώσει πληροφορίες για την σχέση μεταξύ των παραμορφώσεων από την τεκτονική δραστηριότητα και της επακόλουθης καθίζησης στο περιθώριο του Βόρειου Λεβάντε. Οι λεκάνες Παλαιογενούς και Νεογενούς στη νότια Κύπρο, παρέχουν στοιχεία για τις κύριες τεκτονικές δράσεις που σχετίζονται με τη σύγκλιση Αφρικής και Ευρασίας και ως εκ τούτου, στοιχεία που βοηθούν στην απεικόνιση του βόρειου περιθωρίου της Λεκάνης του Λεβάντε (Papadimitriou et al., 2018).

Η Κύπρος απαντάται στο ανατολικό τμήμα της Μεσογείου, με μήκος 225 km από τα ανατολικά προς τα δυτικά και πλάτος 95 km από βόρεια προς νότια. Οριοθετείται από το Κυπριακό Τόξο και το θαλάσσιο όρος του Ερατοσθένη στο νότιο τμήμα, ενώ στο βόρειο τμήμα από την Τουρκία. Το θαλάσσιο όρος του Ερατοσθένη χαρακτηρίζεται από μία απομονωμένη ανθρακική πλατφόρμα η οποία υποχωρεί κάτω από το Κυπριακό Τόξο, το οποίο καταγράφει την αντίθετη κίνηση των αφρικανικών και ευρασιατικών πλακών και καλύπτει την περιοχή των Ιόνιων νησιών μέχρι και την Τουρκία. (Kinnaird, 2008). Κατά την Ύστερη Κριτιδική περίοδο, δημιουργήθηκαν οι σχηματισμοί των Οφιολίθων του Τροόδους στο ηπειρωτικό μέρος της Κύπρου, με την επακόλουθη απαγωγή των Οφιολίθων να συμβάλλει στον σχηματισμό μικρότερων λεκανών, όπως είναι η Λεκάνη Μεσαορίας, η Λεκάνη Ψεματισμένου (PSB), η Λεκάνη Λεμεσού (LB), η Λεκάνη του Πισσούρι (PIB) και η Λεκάνη Πολέμι (PB), όπως παρουσιάζονται και στην εικόνα που ακολουθεί (Kinnaird, 2008). Οι οφιολίθοι του Τροόδους, αποτελούνται από πλουτώνια (Μανδύα, Σωρειτικά), φλεβικά, ηφαιστειακά και χημικά ιζήματα. Η ακολουθία του Μανδύα περιέχει πετρώματα παρέμειναν μετά τη μερική τήξη του ανώτερου μανδύα και τον σχηματισμό μάγματος βασαλτικής σύστασης, από το οποίο προήλθαν τα υπόλοιπα πετρώματα του οφιολίθου. Μερικά από τα πετρώματα που απαντώνται είναι ο χαρτζβουργίτης και ο δουνίτης, με ένα μεγάλο ποσοτό των ορυκτών τους έχει εξαλλοιωθεί σε ορυκτά του σερπεντίνη και σε σερπεντινίτη. Τα σωρειτικά πετρώματα είναι τα προϊόντα της κρυστάλλωσης και της συγκέντρωσης των

κρυστάλλων των ορυκτών στον πυθμένα των μαγματικών θαλάμων, κάτω από τις ζώνες διεύρυνσης των λιθοσφαιρικών πλακών. Τέτοια πετρώματα είναι ο δουνίτης, ο πυροξενίτης, ο γάββρος και ο πλαγιογρανίτης, που απαντώνται σε μικρές, ασυνεχείς εμφανίσεις. Τα φλεβικά πετρώματα είναι κυρίως βασαλτικά πετρώματα, των οποίων ο σχηματισμός οφείλεται στην στερεοποίηση του μάγματος σε διόδους διείσδυσης στη βάση του ωκεάνιου φλοιού. Τα ηφαιστειακά πετρώματα χαρακτηρίζονται από λάβα βασαλτικής κυρίως σύστασης (ΥΓΑΑΠ, 2016).

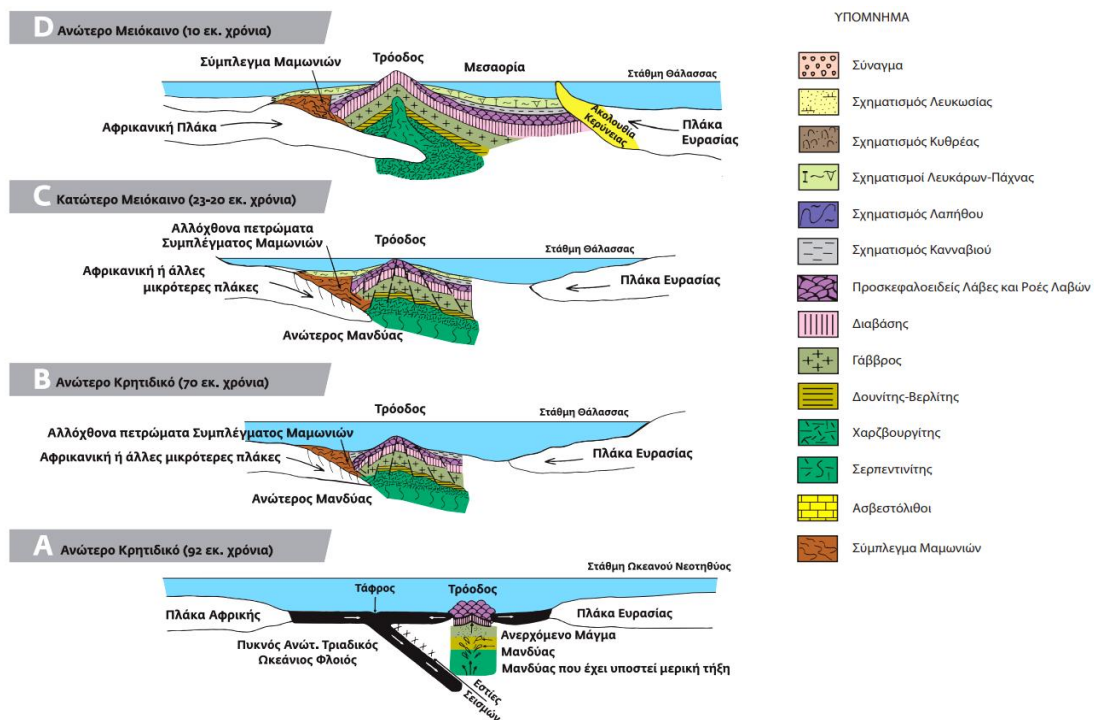


Εικόνα 9 : Βαθυμετρικά χαρακτηριστικά νότια της Κύπρου (Papadimitriou et al., 2018)

Υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα που επικεντρώνονται στην περιγραφή της τεκτονικής εξέλιξης της περιοχής μετά την απαγωγή των Οφιολίθων του Τροόδους. Το μοντέλο εκ των προτέρων σύγκρουσης, σχετίζεται με την ώθηση και την αναδίπλωση στην ξηρά της Κύπρου από το τέλος του Ηώκαινου, ενώ το μοντέλο καταβύθισης και αρχικής σύγκρουσης, σχετίζεται με μια ζώνη βύθισης από το βόρειο προς το νότιο τμήμα της Κύπρου κατά τη διάρκεια του ύστερου Ολιγόκαινου και μια πρόσφατη σύγκρουση του όρους του Ερατοσθένη με το Κυπριακό Τόξο. Το τρίτο μοντέλο της ολίσθησης περιγράφει την απόρριψη των οφιολίθων του Τροόδους και τον σχηματισμό των λεκανών του νεογενούς υπό τον έλεγχο ημιολίσθησης, ενώ το μοντέλο διάδοσης της ζώνης ώθησης προς τα εμπρός, επικεντρώνεται στην συνεχή συμπίεση από το πρώιμο Μειόκαινο και την αλλαγή σε ολίσθηση στο πρώιμο Πλιόκαινο, λόγω της κίνησης της

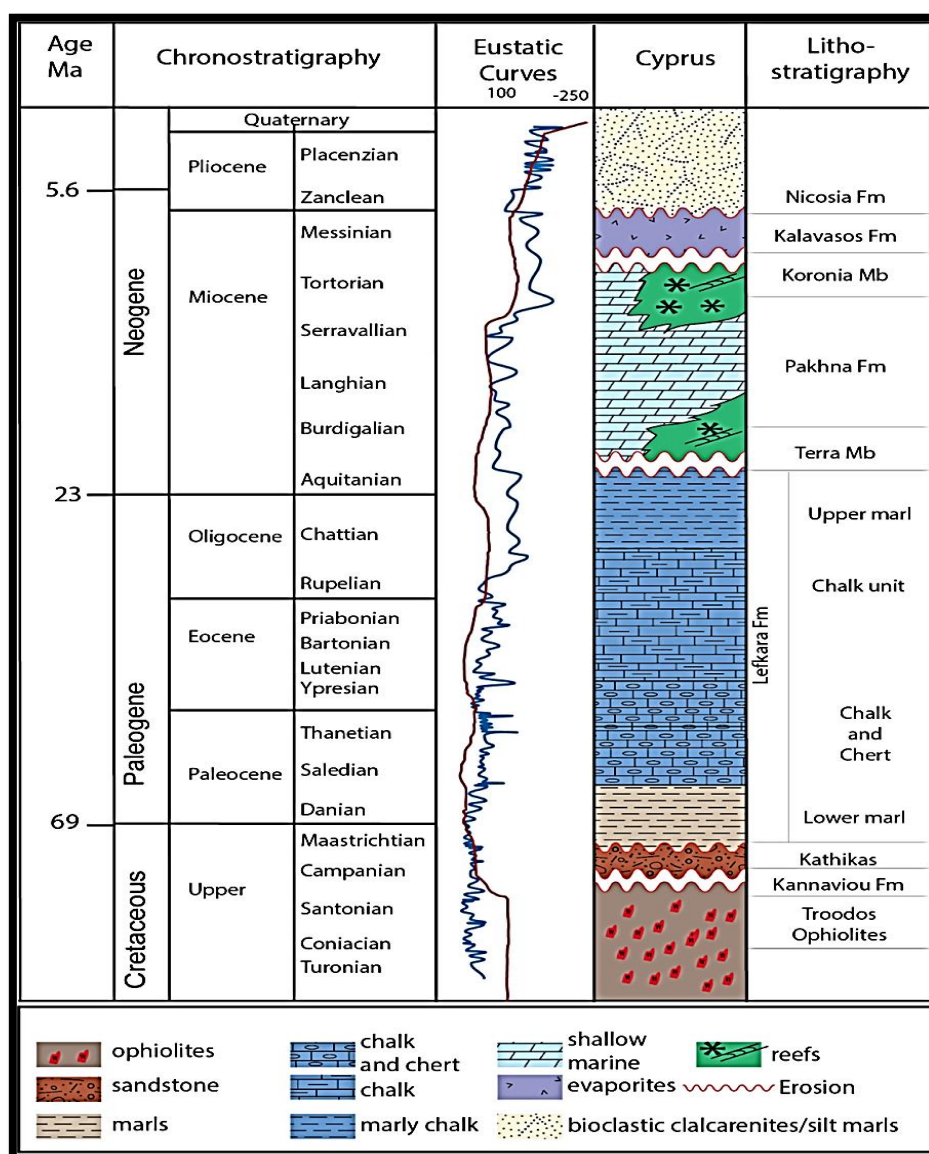
μικροπλάκας της Ανατολίας προς τα δυτικά (Parlak et al., 2012; Symeou et al., 2017; Reiche et al., 2016).

Πρόσφατες έρευνες που επικεντρώθηκαν στην τεκτονική εξέλιξη της Ανατολικής Μεσογείου, παρουσίασαν κάποια στοιχεία για την τεκτονική δραστηριότητα που επηρέασε το νησί της Κύπρου (Kinnaird, 2008). Αρχικά, η τεκτονική δραστηριότητα ξεκίνησε κατά την Ύστερη Κρητιδική περίοδο, με την υποβύθιση της Αφρικανικής Πλάκας κάτω από την Ευρασιατική (Gorini et al., 2013). Κατά τη διάρκεια του Μαστριχτιανού, πραγματοποιήθηκε η τοποθέτηση των Οφιολίθων του Τροόδους που διαδέχτηκε το Σύμπλεγμα Μαμωνίων, γεγονός το οποίο αποδείχθηκε από παλαιοντολογικά ιζήματα (Lapierre et al., 2007). Το σύμπλεγμα αυτό βρίσκεται κοντά στο χωριό Μαμώνια της Πάφου, και αποτελείται από μια σειρά αλλόχθωνων εκρηξιγενών, ιζηματογενών και σε πολύ μικρότερη αναλογία μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Στο σύμπλεγμα περιέχονται εκρηξιγενή και ιζηματογενή πετρώματα (ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι), πελαγικά ιζηματογενή πετρώματα (ασβεστόλιθοι, πηλίτες, χαλαζιακοί ψαμμίτες) και μεταμορφωμένα πετρώματα (σχιστόλιθοι και μάρμαρα) τα οποία προήλθαν από μεταμόρφωση πετρωμάτων της Ομάδας Διαρίζου (εικ. 10).



Εικόνα 10 : Γεωλογία της Κύπρου ανά περιόδους

Στα τέλη του Μαστριχτιανού μέχρι και το ύστερο Ηώκαινο, υπήρχαν θαλάσσια ιζήματα μεγάλου βάθους που κάλυπταν την Κύπρο, και αποτελούνταν από πλαγκτονικά, τρηματοφόρα και ασβεστούχα νανοαπολιθώματα, στοιχεία που χαρακτηρίζουν τον Σχηματισμό Λεύκαρα (Kinnaird, 2008). Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από ροζ μάργες (Μονάδα Κάτω Marl), τη μονάδα ανθρακικού ασβεστίου και πυριτόλιθου, τη μονάδα ανθρακικού ασβεστίου και τη μονάδα άνω μάργας, και παρατηρείται μία σταδιακή ρηχότητα της περιοχής κατά τα τέλη του Ηώκαινου (Kähler & Stow, 1998).



Εικόνα 11 : Διάγραμμα με τα κύρια λιθολογικά στοιχεία της ηπειρωτικής Κύπρου (Papadimitriou et al., 2018)

Η σύγκρουση Ευρασιατικής και Αφρικανικής πλάκας κατά το Μειόκαινο, συνδέεται αρκετά και με τον σχηματισμό υπερκείμενων σχηματισμών Πάχνα. Η μετάβαση από τον σχηματισμό Λευκάρων στον σχηματισμό Πάχνα, φαίνεται από κάποιες αλλαγές που συνέβησαν στο περιβάλλον εναπόθεσης αλλά και από διαβρωτικές επιφάνειες. Ο σχηματισμός Πάχνα παρουσιάζει θολώδεις αποθέσεις και πλευρικές αλλαγές στους υφάλους, οι οποίοι ύφαλοι χαρακτηρίζονται ως Terra και Koronia και απαντώνται κατά το Μειόκαινο. Η ανάπτυξη των υφάλων ξεκίνησε από όρθια κομμάτια σε μεγάλο βάθος, αποτελούμενα από κοραλλιογενείς λίθους, ενώ οι ύφαλοι Κορώνεια που αναπτύχθηκαν σε μικρότερο βάθος, αποτελούνται από μονοειδικά, στρωτά ποριτιδικά κοράλλια. Ο Σχηματισμός Πάχνα, που αποτελείται κυρίως από Μεσσηνιακά κοιτάσματα, εντοπίζεται σε σημεία των Λεκανών Πολέμι και Πισσούρι με εναλλαγές από σαπρόπελεκτά, ανθρακικά κοιτάσματα και μάργες (Follows, 1992). Η ιζηματογένεση του Σχηματισμού Πάχνας άρχισε και τέλειωσε σε περιβάλλον αβαθών θαλασσών με την ανάπτυξη υφαλογενών ασβεστόλιθων (Μέλος Τέρρα στη βάση και Μέλος Κορωνιά στην κορυφή του Σχηματισμού). Η απόθεση των εβαποριτών του Σχηματισμού Καλαβασού ήταν αποτέλεσμα της αποκοπής της Μεσογείου από τον Ατλαντικό Ωκεανό και της εξάτμισης του νερού. Ο σχηματισμός αποτελείται από γύψους και γυψούχες μάργες που καλύπτουν εκτεταμένες περιοχές.

Αρκετές έρευνες, όπως αυτή του Παπαδημητρίου και των συνεργατών του το 2018, πραγματοποιήθηκαν στο νότιο μέρος της Κύπρου, με σκοπό την απεικόνιση των γεωδυναμικών γεγονότων που έλαβαν χώρα στην περιοχή αλλά και τον αντίκτυπο που είχαν στις ιζηματογενείς διεργασίες. Η έρευνα επικεντρώθηκε στην λιθολογία και στρωματογραφία της περιοχής, κυρίως μεταξύ Παλαιογενών σχηματισμών και των σχηματισμών του Μειόκαινου. Για την διεξαγωγή της έρευνάς τους, πραγματοποιήθηκαν έξι ιζηματογενείς καταγραφές με την ανάκτηση εξήντα πέντε δειγμάτων ιζήματος, από τα οποία τα τριάντα πέντε χρησιμοποιήθηκαν για χρονολόγηση. Στη συνέχεια, μετρήθηκαν πραγματοποιήθηκαν πετρογραφικές μελέτες, μέσω λεπτών τομών, με στόχο την εξέταση των χαρακτηριστικών μικροφής. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν υδρογεωλογικές, εξερευνητικές και γεωτεχνικές γεωτρήσεις, παρέχοντας δεδομένα έως και 300 m για την λεκάνη της Πόλης (Papadimitriou et al., 2018).

2.1 Οι Λεκάνες στη νότια Κύπρο

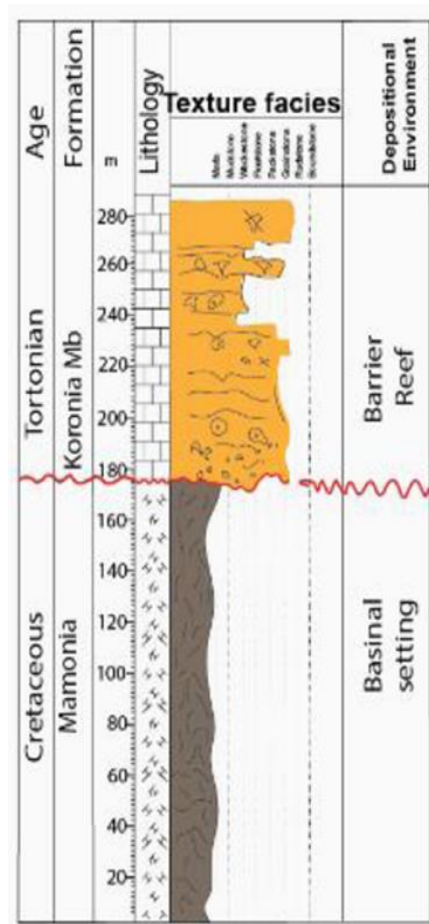
Από τα δεδομένα που ελήφθησαν, φαίνεται ότι οι μεσοπαλιροϊκές αποθέσεις χαρακτηρίζονται από εναλλαγές αργίλων μικρού πάχους με εγκάρσιους βιοκλαστικούς και δολομιτικούς σχηματισμούς, και εντοπίζονται κυρίως κατά μήκος των βόρειων τμημάτων του λεκανοπεδίου Λεμεσού. Στην ίδια περιοχή, απαντώνται ογκώδεις, παράλληλες κλίνες από χονδρόκοκκους, βιοκλαστικούς σιτηρόλιθους, προερχόμενοι από υφάλους και αλλόχθονοι ασβεστόλιθοι προερχόμενοι από τους Οφιόλιθους του Τροόδους και το Σύμπλεγμα Mamonia. Από την άλλη, τα κοιτάσματα υφάλου φραγμού/ανοικτών υποθαλάσσιων κρυπίδων, εμφάνισαν επιτόπια κοράλια, που προέρχονται από εναπόθεση ιζημάτων σε πολύ ρηχό και προστατευμένο ευφωτικό περιβάλλον, και δευτερεύοντα δομικά πλαίσια σε υφές σιταρόλιθων και ασβεστόλιθων. Επίσης, οι γεωτρήσεις έδειξαν θαλάσσιες αποθέσεις σε βαθιές πλαγιές και παρουσιάστηκαν εναλλαγές βιοτρουλοποιημένου μαρμαρόλιθου με λιθόλιθους πλούσια σε τρηματοφόρα και υπολείμματα κελύφους, δείχνοντας ότι η διαβρωτική επιφάνεια και η σταδιακή ανοδική τους διόγκωση υποδηλώνουν θολώδεις αποθέσεις, οι οποίοι σχηματισμοί θεωρούνται ισοδύναμοι του Σχηματισμού Πάχνα και απαντώνται κυρίως στη Λεκάνη της Λεμεσού. Η παρουσία μεγάλων στρεβλωμένων θραυσμάτων ελασματοποιημένων μαργών πάχους 3,5 m, χαρακτηρίζονται από μια ζώνη βασικής διάτμησης (μήκους 30–150 m), καθώς και από ανοδικά καμπύλα ή κλιμακωτά περιθώρια, και ερμηνεύονται ως Συγκροτήματα Μαζικής Μεταφοράς (MTCs). Το συγκρότημα εντοπίζεται στη δυτική και ανατολική πλευρά της Λεκάνης Λεμεσού, και είναι ενσωματωμένα με ιζήματα του ύστερου Μειόκαινου (Kinnaird, 2008). Τέλος, απαντώνται λεπτές, εναλλασσόμενες κλίνες από wackestone και μάργες, με εναλλαγές λίθων που είναι υψηλά βιοτρουλοποιημένοι, με βενθικά και πλαγκτονικά τρηματοφόρα και βιοκλάστες, υποδηλώνοντας ένα περιβάλλον βαθέων υδάτων (π.χ. 700–1100 m), και χαρακτηρίζονται ως η πιο κοινή εμφάνιση ισοδύναμου Πάχνας (Eaton & Robertson, 1993).

Η λεκάνη της Πόλης, αποτελεί μια ασύμμετρη κοιλότητα που βρίσκεται στο δυτικότερο τμήμα της Κύπρου, περιλαμβάνοντας την περιοχή Πέγειας και τη Χερσόνησο του Ακάμα, όπου οι ύφαλοι του τελευταίου Μειόκαινου απαντώνται στα ιζήματα του Μεσοζωικού. Η περιοχή της Πέγειας οριοθετείται στο βορειοανατολικό τμήμα από τον σχηματισμό Κάθηκα που αντιπαρατίθεται στις θαλάσσιες αναβαθμίδες του Τεταρτογενούς. Το όριο μεταξύ των σχηματισμών Λεύκαρα και Πάχνα δείχνει τα ιζήματα του Ύστερου Κρητιδικού να επικαλύπτονται από τον Σχηματισμό του Μειόκαινου ενώ ο Σχηματισμός Λευκάρων, να απουσιάζει τοπικά. Επίσης, τα ιζήματα του πρώιμου Μειοκαίνου στην ακτογραμμή, απαντώνται στην κορυφή του Σχηματισμού των Λευκάρων, ενώ προς τα ανατολικά, ο Σχηματισμός των Λευκάρων έρχεται σε επαφή με τις πλαγιές του Σχηματισμού Κάθηκα. Το κατώτερο τμήμα των καταγραφών είναι Κρητιδικό και περιέχει στρώματα με κύριο στοιχείο τα αργιλικά πετρώματα. Τα στρώματα αυτά έχουν κυμαινόμενο πάχος και μέγεθος και χαρακτηρίζονται από διακλαδώσεις πελαγικού ανθρακικού ασβεστίου που περιέχουν θραύσματα κοκκολίθου και τρηματοφόρα που χρονολογούνται από τα τέλη του Μάαστριχτ, υποδεικνύοντας παύσεις στην καθίζηση της ροής των συντριμμίων. Οι κρητιδικοί σχηματισμοί επικαλύπτονται από μια σειρά αποτελούμενη από εναλλαγές wackestone με πελαγικά τρηματοφόρα, υποδηλώνοντας αποθέσεις λεκάνης κατά το πρώιμο Ηώκαινο.



Εικόνα 12 : Επαφή μεταξύ των ιζημάτων του Μειόκαινου (Πάχνα), του Παλαιογένους (Λεύκαρα) και του Ύστερου Κρητιδικού (κάθηκας) (Papadimitriou et al., 2018)

Κατά την περίοδο Ηωκαινίου-Μιοκαινίου, το ανώτερο τμήμα πάχους 120–150 m, αντιστοιχεί σε αποθέσεις μετώπου υφάλου, στις οποίες διοχετεύονται φύλλα συσσωματώματος πάχους 1–2 m, πλούσια σε θραύσματα κόκκινων φυκών και βιοκλάστες, που απαντώνται κοντά στον Κάθικα και στην περιοχή της Πέγειας. Η εμφάνιση ασβεστολιθικών ναοαπολιθωμάτων επιβεβαιώνει μια πρώιμη εποχή του Μειοκαινού και κάποιοι πρώιμοι ύφαλοι του Μειόκαινου στη νοτιοδυτική ακτογραμμή της Κύπρου, εμφάνισαν κάποιες παραμορφώσεις (λατυποπαγές). Κατά το μέσο Μειόκαινο, εξελίχθηκε η πρόσοψη του υφάλου σε μια πλάκα πάχους 20 και η απόθεσή της συνεχίστηκε μέχρι τα 280 m υποδηλώνοντας ότι αυτά τα ιζήματα αντιστοιχούν στον σχηματισμό Πάχνα.

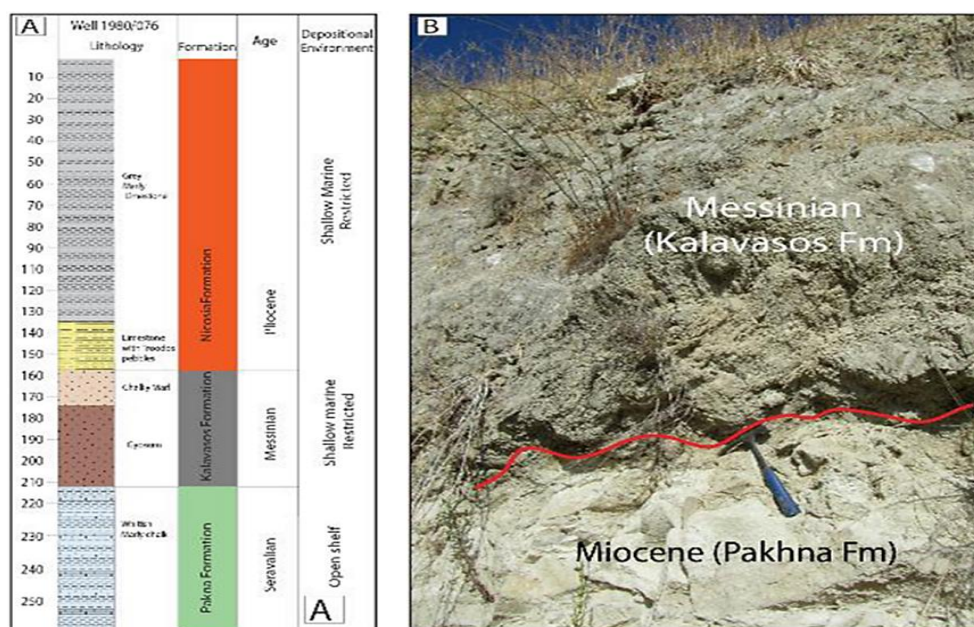


Εικόνα 13 : Καταγραφή ιζημάτων στο βόρειο τμήμα της Χερσονήσου Ακάμα

Η χερσόνησος του Ακάμα περιέχει μια ζώνη σερπεντινίτη που βρίσκεται στην κορυφή του συμπλέγματος Mamonia μέσω μιας σειράς ωθήσεων. Το σύμπλεγμα Mamonia περιέχει αλλόχθονα πετρώματα που χαρακτηρίζονται από ηφαιστειακούς λατυποπαγείς ψαμμίτες με εναλλαγές ροζ ασβεστιτών και ακτινολαριώδεις λασπόλιθους. Στο βόρειο

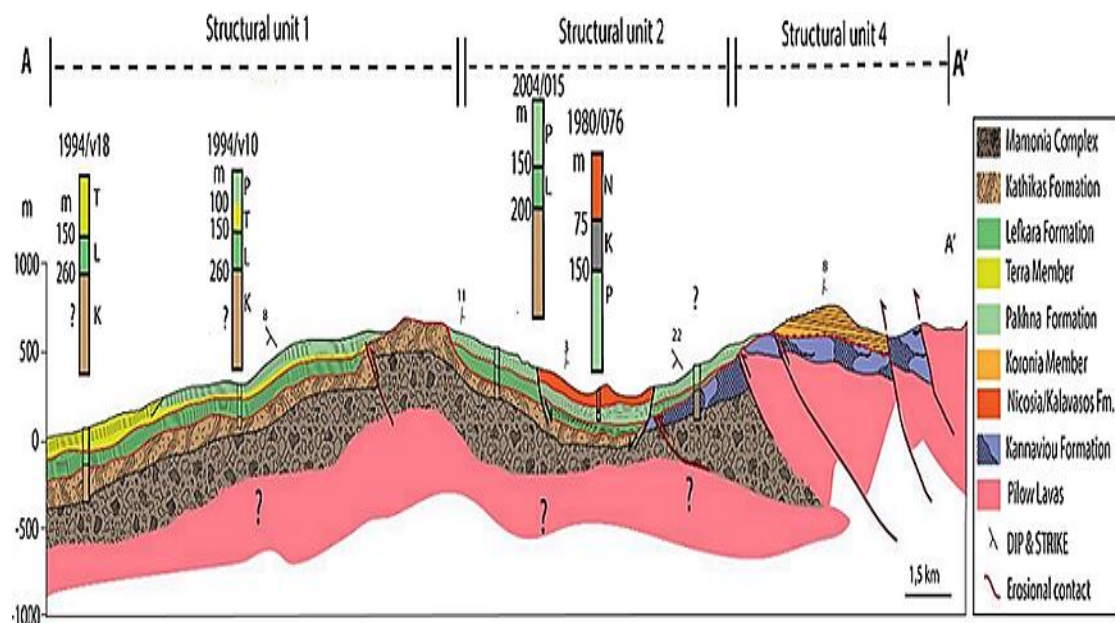
τμήμα της λεκάνης της Πόλης (Χερσόνησος Ακάμα), έχει παρατηρηθεί ότι η βάση των υφάλων (0–10 m) περιέχει θραύσματα κόκκινων φυκών, κοράλλια, και γκρι στρώσεις από πηλό. Πάνω από αυτή τη μονάδα, ακανόνιστα κυματιστά πωροειδή φύλλα εναλλάσσονται με λεπτές μάργες έως λιθοδομές που θα μπορούσαν να αντιστοιχούν στον σχηματισμό Koronia (Follows, 1992).

Στη Λεκάνη της Πόλης απαντώνται κυρίως ρηχά θαλάσσια πλειόκαινα και τεταρτογενή ηπειρωτικά κοιτάσματα. Από την γεώτρηση που πραγματοποιήθηκε στη συγκεκριμένη περιοχή, βρέθηκαν αποθέσεις ηλικίας Μειόκαινου, αλλά και *Cyclicargolithus floridanus* στις αποθέσεις ασβεστολίθου υποδηλώνοντας το μέσο Μειόκαινο ή μεγαλύτερη ηλικία. Σε βάθος 220 m παρουσιάστηκε η ύπαρξη γύψου, πάχους 50 m, δείχνοντας την μετάβαση από τον σχηματισμό Πάχνα στον σχηματισμό Καλαβασό. Ο γύψος που χαρακτηρίζει τον Σχηματισμό Καλαβασού αποτελείται από παράλληλο ελασματοποιημένο γύψο και τεράστιο λεπτόκοκκο (αλαβάστρινο) γύψο. Σε βάθος 135–150 m, απαντώνται λεπτά στρώματα ασβεστόλιθων με βότσαλα και τα διαδέχονται 130 m γκρίζας μάργας υποδηλώνοντας ένα ρηχό θαλάσσιο περιορισμένο περιβάλλον (Papadimitriou et al., 2018).



Εικόνα 14 : Στρωματογραφική απεικόνιση της Λεκάνης Πόλης (Papadimitriou et al., 2018)

Στην ανατολική πλευρά της λεκάνης της Πόλης, η οποία αναφέρεται ως τετράγωνο Πελαθούσας-Περιστερώνας και βρίσκεται 10 km ανατολικά της χερσονήσου του Ακάμα, υπάρχουν ενδείξεις του παλαιογενούς για ένα βαθύ θαλάσσιο περιβάλλον. Από την άλλη, προς τα δυτικά δεν υπάρχουν οι οφιόλιθοι του Τροόδους ενώ τα ηφαιστειακά ιζήματα περιέχουν, στο ανώτερο μέρος τους, υφάλους του όψιμου Μειόκαινου. Κατά το Μειόκαινο, το κατώτερο τμήμα αποτελείται από εναλλασσόμενες εναποθέσεις βιοκλαστικών σορών άμμου υψηλής βιοστροβιλοποίησης, ενώ προς τα πάνω απαντώνται μεγάλοι ασβεστόλιθοι υφαλοκρηπίδας με εναλλαγές πορώδων πετρωμάτων.



Εικόνα 15 : Διατομή που τέμνει Λεκανοπέδιο Πόλης: (Α) Διατομή ΝΔ-ΒΑ που τέμνει το νότιο τμήμα του Λεκανοπεδίου Πόλης από την περιοχή της Πέγειας έως το χωριό Πελαθούσα

2.3 Η Λεκάνη Λεμεσού

Η Λεκάνη της Λεμεσού στη νότια Κύπρο, της οποίας τα όρια είναι το Σύστημα Ρηγμάτων Yerasa (YFS), το Δασικό Συγκρότημα Λεμεσού και οι Οφιόλιθοι Τροόδους στο βόρειο τμήμα, παρουσιάζεται στην εικόνα 15. Το σύστημα ρηγμάτων Yerasa είναι αποτελείται από αρκετά ρήγματα του Μειόκαινου. Στα νότια της Λεκάνης Λεμεσού βρίσκεται το Ακρωτήρι High, το οποίο βρίσκεται κάτω από τα ιζήματα του Πλειόκαινου, έχει την ίδια κατεύθυνση με το Σύστημα ρηγμάτων Yerasa και χαρακτηρίζεται ως ένα σύστημα ώθησης. Η δυτική πλευρά της Λεκάνης Λεμεσού και

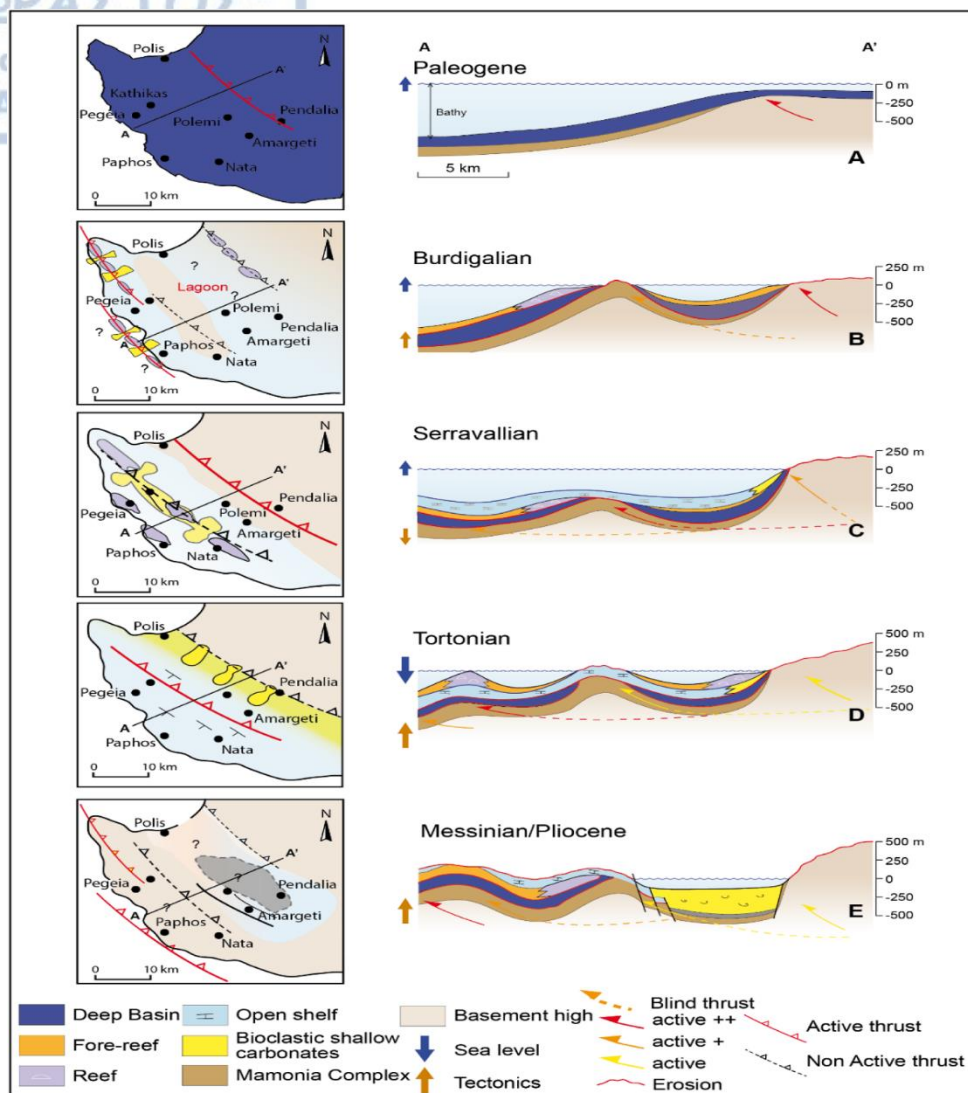


33

στάθμης της θάλασσας μπορεί να εξηγήσει την προοδευτική ρηχότητα της λεκάνης προς τα νότια. Η πέμπτη ακολουθία έχει στη βάση της μια υπερβατική επιφάνεια, πάνω από τη βιοκλαστική άμμο στα νότια, και οι καταγραφές της βάσης παρουσιάζουν περαιτέρω εμβάθυνση της περιοχής και εναπόθεση αβαθών θαλάσσιων ιζημάτων. Επίσης, η Πέμπτη ακολουθία χαρακτηρίζεται από έναν σχηματισμό κοραλλιογενών υφάλων στα νότια και βιοκλαστικής άμμου στα βόρεια και ανατολικά. Τέλος, η έκτη ακολουθία χαρακτηρίζεται από κοραλλιογενείς υφάλους και βιοκλαστική άμμο προς τα νότια και τα βορειοανατολικά αντίστοιχα. Γενικά, η λεκάνη αντιπροσωπεύεται από ρηχές θαλάσσιες αποθέσεις (Papadimitriou et al., 2018).

2.4 Ανοικοδόμηση της λεκάνης της Πόλης από την Κρητιδική

Ένα νέο εννοιολογικό μοντέλο έχει προταθεί από νέες υπεράκτιες μελέτες στο δυτικό μέρος της λεκάνης της Πόλης, όπου απαντάται το Ρήγμα Μετασχηματισμού Πάφου, εξηγώντας τις δομές και την παραμόρφωση που συνέβησαν στην Κύπρο. Η πρώιμη φάση της καθίζησης στη λεκάνη της Πόλης εμφανίστηκε στα τέλη του Μάαστριχτ και χαρακτηρίζεται από πελαγικά ιζήματα του Σχηματισμού Λεύκαρα, τα οποία βρίσκονται στην κορυφή του Μεσοζωικού. Θεωρείται ότι υπήρχε μία μεγαλύτερη βαθιά λεκάνη όπου η λεκάνη της Πόλης ήταν μέρος αυτής και το πιο κοντινό ηπειρωτικό μέρος της λεκάνης τα βουνά της νότιας Τουρκίας (Ustaomer et al., 2012). Στα τέλη του Ολιγόκαινου μέχρι το πρώιμο Μειόκαινο, πραγματοποιήθηκε ανύψωση της Ανατολικής Μεσογείου, που χαρακτηρίζεται από ωθήσεις και καρστοποίηση του ανώτερου τμήματος του Σχηματισμού Λευκάρων, και συνδέεται με την σύγκρουση της αφρικανικής και ευρασιατικής πλάκας. Κατά τη διάρκεια των πρώιμων σταδίων της, η λεκάνη της Πόλης χαρακτηρίστηκε από ιζήματα υφάλων, που σχηματίστηκαν στα περιθώρια της λεκάνης δείχνοντας μία τεκτονικά ενεργή περίοδο, και εξελίχθηκαν σε κοιτάσματα πλακών. Σύμφωνα με τους Payne και Robertson το 2000, η βύθιση της περιοχής και η εξέλιξη των ιζημάτων δεν εξηγούνται μόνο από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και από την τεκτονική δραστηριότητα της περιόδου, αλλά θεωρούν ότι η παραμόρφωση οφείλεται σε μεγάλα ρήγματα πλευρικά της λεκάνης (Payne & Robertson, 2000). Το γεγονός αυτό μπορεί να συσχετιστεί με την επαναφορά της πλάκας κατά μήκος της βόρειας καταβύθισης της αφρικανικής πλάκας κατά τη διάρκεια του Μειόκαινου, και έχει αποδειχθεί από την ύπαρξη ρηγμάτων ανατολικά του Κάθηκα, που κόβουν τα ιζήματα της Πάχνα, και οφείλονται σε βαρυτικές δυνάμεις.



Εικόνα 17 : Η εξέλιξη της λεκάνης της Πόλης από τον Ύστερο Κρητιδικό έως το Πλιόκαινο

Η καθίζηση της λεκάνης μπορεί να οφείλεται από την ανύψωση του νότιου μέρους της οροσειράς του Τροόδους και της σύγκρουσής της με την υπόγεια κλίση της λεκάνης, που είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία βαρυτικών ρηγμάτων στο κέντρο της λεκάνης που καλύφθηκε από σχετικά βαθύτερα ιζήματα. Γενικά, οι μηχανισμοί καθίζησης θα πρέπει να ερευνηθούν περισσότερο.

Κατά την ύστερη Τορτονιανή, οι ύφαλοι (Μέλος Κορώνειας) αποίκησαν την ανατολική και τη δυτική πλευρά της Λεκάνης, όπως φαίνεται στην εικόνα 16 D. Η ανάπτυξη του Μέλους Κορώνειας συνδέεται με την ώθηση του όψιμου Μειόκαινου της Πάφου και την πτώση της στάθμης της θάλασσας, η οποία δραστηριότητα διακόπτεται από τα ρήγματα στην Περιφέρεια Πελαθούσας. Στην ανατολική πλευρά, δεν έχουν εντοπιστεί προεκτατικά ίχνη πριν από το Πλειστόκαινο, ενώ η παρουσία μεσσηνιακών

εβαποριτών πάνω από τα νεριτικά ανθρακικά του Σχηματισμού Πάχνα καθώς και η παχιά ακολουθία (150 m) θαλάσσιων ιζημάτων του Πλειοκαινού στο κέντρο της λεκάνης οδήγησαν στον σχηματισμό μιας N-S ασύμμετρης ύφεσης (Follows, 1992).

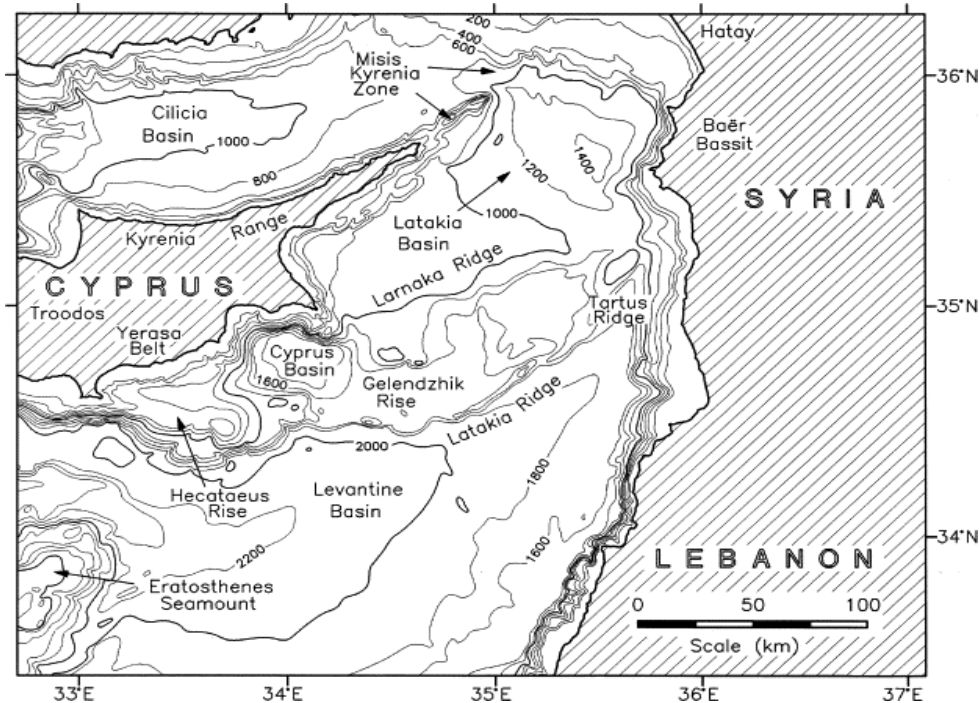
Οι μεσσηνικοί εβαπορίτες δεν απαντώνται στο βόρειο τμήμα του της λεκάνης της Πόλης, ενώ στις ανατολικές και δυτικές πλευρές της λεκάνης, τα ανθρακικά άλατα του Μειόκαινου επικαλύπτονται απευθείας από τις εναποθέσεις του Πλειστόκαινου χωρίς καμία ένδειξη ιζηματοποίησης της Μεσσηνίας ή του Πλειόκαινου. Το νότιο τμήμα στο κέντρο της λεκάνης είχε μεγάλο βάθος με αποτέλεσμα να γεμίσει με τους μεσσηνιακούς εβαπορίτες, όπως φαίνεται από την παρουσία πολυστρωματικών γύψινων μαργών και γύψου στις γεωτρήσεις.

2.5 Ανοικοδόμηση της Λεκάνης Λεμεσού

Βάσει των δεδομένων των ερευνών που διεξήχθησαν, η Λεκάνη Λεμεσού δημιουργήθηκε κατά το πρώιμο έως μέσο Μειόκαινο, μέσω της συμπίεσης και της διάδοσης της ζώνης ώσης προς τα νότια και τη δημιουργία των ρηγμάτων Γεράσας και Ακρωτηρίου. Τα ιζήματα στα βόρεια της λεκάνης δείχνουν ότι οι αποθέσεις λεκάνης επικαλύπτονται από διαπαλιρροιακά ιζήματα, ενώ στα νότια, υπάρχουν σωρευμένα ανθρακικά άλατα υφάλου και ρηχών νερών. Κατά τη διάρκεια του Τortonian, φαίνεται μία προοδευτική πάχυνση των ιζημάτων Tortonian, από βορρά προς νότο, υποδηλώνοντας μια μετανάστευση του αποκέντρου προς τα νότια. Γενικά, το νότιο τμήμα της λεκάνης χαρακτηρίζεται από λεπτότερο φλοιό σε σχέση με το βόρειο, επιτρέποντας καθίζηση της επικαλυμμένης ιζηματογενούς λεκάνης. Πριν από τη Μεσσηνιακή, η λεκάνη ήταν γεμάτη με αβαθή θαλάσσια ιζήματα και ανυψώθηκε λόγω της νότιας διάδοσης της ζώνης ώθησης (Arfai et al., 2016).

Επίσης, κάποια νέα γεωφυσικά δεδομένα που καλύπτουν το βόρειο τμήμα της Λεκάνης του Λεβάντε υποστηρίζουν ότι κατά τη διάρκεια του όψιμου Μειόκαινου η συμπιεστική φύση του συστήματος της κορυφογραμμής της Λαττάκειας άλλαξε σε μια ολισθηρή ολίσθηση, γεγονός το οποίο άλλαξε το καθεστώς συμπίεσης μεταξύ των δύο πλακών, ερμηνεύοντας τη μετανάστευση προς τα ανατολικά της φαινομενικής παραμόρφωσης που παρατηρήθηκε στην ξηρά της Κύπρου (Hall et al., 2005). Ο χρόνος Πλειο-πλειστόκαινου χαρακτηρίζεται από τεκτονική ανύψωση, καθώς ασβεστολιθικά ρηχά νερά του ύστερου Πλειόκαινου και του πρώιμου Πλειστόκαινου παρατηρήθηκαν

στο κέντρο της λεκάνης της Πόλης, ενώ οι οριακές περιοχές του ήταν εκτεθειμένες υποαερίως.

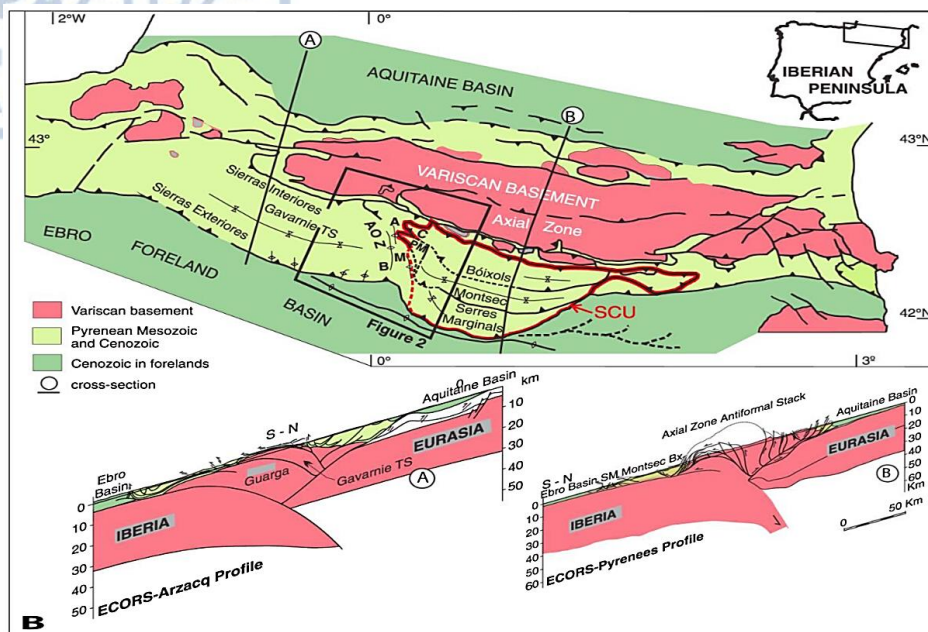


Εικόνα 18 : Το βόρειο περιθώριο της Λεκάνης του Λεβάντε

Οι δύο λεκάνες, Λεμεσού και Πόλης, σχηματίστηκαν λόγω δράσεων συμπίεσης, και η μετάβαση από τη μια λεκάνη στην άλλη ορίστηκε από την εμφάνιση ενός πλάγιου μέρους που ξεπροβάλλει από την ακτογραμμή προς τις νότιες πλαγιές της οροσειράς του Τροόδους. Η ανύψωση αυτή και η αυξημένη εισροή ιζημάτων, σύμφωνα με τους Kähler και Stow, μπορεί να ερμηνεύσει τις πλευρικές αλλαγές στο περιβάλλον εναπόθεσης μεταξύ των λεκανών. Η αιτία της ανύψωσης μπορεί να οφείλεται σε ένα δομημένο τμήμα του υποστρώματος της λεκάνης της Πόλης που σχετίζεται με τη σύγκρουση του συμπλέγματος Mamonia με τους Οφιόλιθους του Τροόδους, αν και με αυτόν τον τρόπο δεν εξηγείται η χωρική κατανομή των ωθήσεων του Μειόκαινου παράλληλα με τις λεκάνες Λεμεσού και Πόλης.

Η λεκάνη της Πόλης σχηματίζεται πάνω από το ιζηματογενές κάλυμμα του Συγκροτήματος Mamonia, η λεκάνη της Λεμεσσοῦ έχει καινοζωικά ιζήματα που υπερβαίνουν το οφιολιθικό σύμπλεγμα. Το υπόστρωμα και ο φλοιός μεταξύ των λεκανών υποδηλώνει τη διαχρονικότητα των ωθήσεων και τις διαφορές στην ένταση των παραμορφώσεων. Η διαμόρφωση της λεκάνης Πόλης σχετίζονται με ωθήσεις από τον ανώτερο φλοιό, με αποτέλεσμα να αποκολληθούν λεπτά στρώματα εντός των ασθενών ιζημάτων του συμπλέγματος Mamonia. Από την άλλη, στη Λεκάνη Λεμεσσοῦ, έχει τοποθετηθεί ένα σημαντικό λιθοσφαιρικό φορτίο, με αποτέλεσμα τη καθίζηση. Η διάδοση της ωστικής ζώνης προς τα νότια και στις δύο λεκάνες και ο συγχρονισμός της παραμόρφωσης καταγράφεται από το ρήγμα της Πάφου, η δραστηριότητα του οποίου ανύψωσε τις πλευρές και την επακόλουθη κλίση του υπογείου, με αποτέλεσμα την Λεκάνη της Πόλης. Αντίθετα, στη Λεκάνη Λεμεσσοῦ, η έναρξη του ρήγματος κόβει τα βαθιά θαλάσσια ιζήματα (Papadimitriou et al., 2018).

Ένα καλό ανάλογο των λεκανών της Πόλης και της Λεμεσσοῦ θα ήταν οι λεκάνες Graus-Tremp-Ainsa που βρίσκονται στα νότια Πυρηναία, όπου η ανατολικότερη λεκάνη ελέγχεται από τρία ρήγματα δημιουργώντας μια σειρά από λεκάνες, τη Βόιχολς, τη Montsec και τη Sierra Marginales ενώ στα δυτικά τις λεκάνες Ainsa και Jaca. Τα δύο συστήματα χωρίζονται από μια πλευρική ράμπα και έχουν δημιουργηθεί κατά την έναρξη της σύγκλισης μεταξύ των πλακών Iberia και Eurasian. Ο διαχωρισμός των λεκανών στα νότια Πυρηναία μπορεί να εξηγηθεί από τη διαφορετική φύση του υποστρώματος κάτω από τα ιζήματα του Παλαιογένους στις δύο περιοχές, όπως φαίνεται και στην εικόνα παρακάτω.



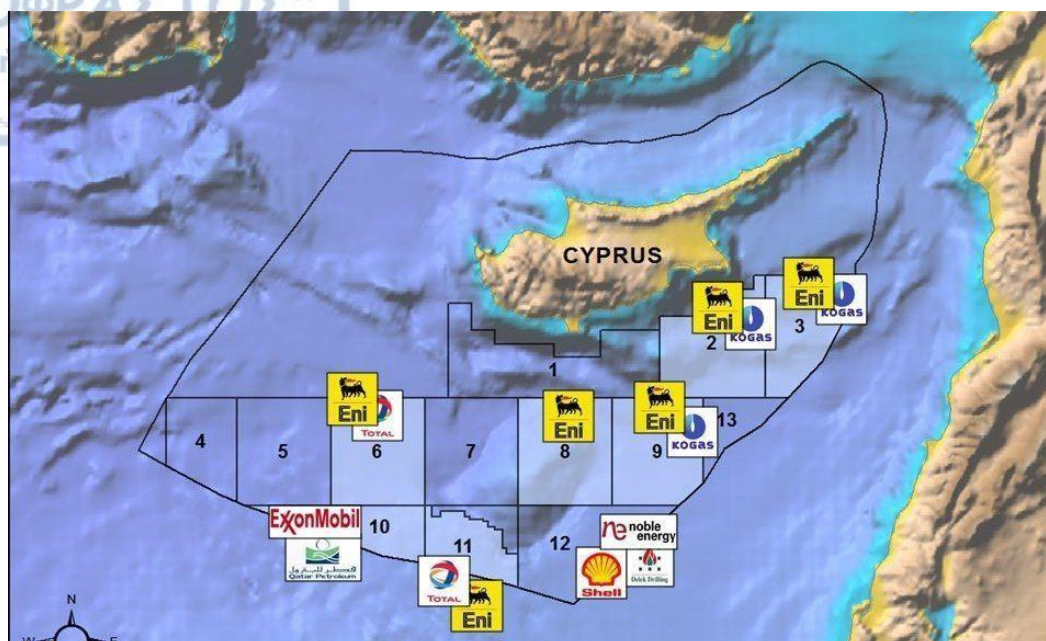
Εικόνα 19 : Σχέδιο της δράσης των δύο πλακών (Ευρασιατικής και Ιβηρικής)

Όπως φαίνεται στην εικόνα, τα ιζήματα του Καινοζωικού και του Μεσοζωικού περιέχουν μεγάλες ποσότητες από τριαστικούς εβαπορίτες, οι οποίοι δεν εμφανίζονται στα δυτικά της ζώνης. Στη νότια πλευρά της Αξονικής Ζώνης, σχηματίζονται οι μικρές λεκάνες Βόixols, Montsec και Sierra Marginales, μέσω της απόσπασης του μεσοζωικού καλύμματος κατά μήκος των εβαποριτών, ενώ στις δυτικές λεκάνες, αυτά τα καλύμματα μαζί με τα καλύμματα του Παλαιογενούς συνδέονται με το υπόγειο και οι ωθήσεις του υπογείου είναι ως επί το πλείστον ενσωματωμένες. Ως εκ τούτου, η δυτική ζώνη ελεγχόταν από τεκτονικές επιφάνειες μεγάλου πάχους, σε αντίθεση με το κεντρικό, όπου απαντώνται λεπτές τεκτονικές επιφάνειες. Το σύστημα με λεπτές επιφάνειες στα κεντρικά, διαδόθηκε και μετανάστευσε στα νότια και στα δυτικά ως αποτέλεσμα της ασύμμετρης σύγκρουσης της Ιβηρίας και της Ευρώπης κατά τη διάρκεια της οικοδόμησης του βουνού του Παλαιογένους. Αντίθετα, προς τα δυτικά, το σύστημα ώθησης έχει ερμηνευτεί ότι είναι μια μακροβιότερη δομή που ξεκίνησε κατά τη διάρκεια του επεκτεινόμενου τεκτονικού καθεστώτος στη Μέση Κρητιδική εποχή και αναστράφηκε κατά τη διάρκεια του κύριου επεισοδίου της σύγκρουσης των Πυρηναίων. Η ανάπτυξη του υπογείου συστήματος ώθησης προκάλεσε περιφερειακή καθίζηση κατά μήκος του περιθωρίου του πρόσθιου τμήματος στα νότια Πυρηναία, η οποία στη συνέχεια σταμάτησε λόγω τοπικής ανύψωσης που σχετίζεται με το σύστημα λεπτών επιφανειών που διαδόθηκε στα δυτικά (Papadimitriou et al., 2018).

Συμπερασματικά, βάσει των δεδομένων πραγματοποιείται μία καλύτερη κατανόηση της τεκτονοστρωματογραφικής εξέλιξης της Κύπρου. Η λεκάνη της Πόλης χαρακτηρίζεται από λεπτές τεκτονικές επιφάνειες, και η κινηματική εξέλιξη της ζώνης ώσης εντοπίζεται από τα ασθενή ιζήματα του συμπλέγματος Mamonia κάτω από τις αποκολλημένες καινοζωικές διαδοχές. Η εξέλιξη της λεκάνης της Πόλης οφείλεται στην ώθηση του Τροόδου, Κάθηκα, της Πάφου και του Κυπριακού Τόξου. Η καθίζηση της Λεκάνης Λεμεσού, ελεγχόταν από τρεις κύριες ωθήσεις, το ρήγμα Yerasa, της Πάφου και το Κυπριακό Τόξο, και μια λοξή ράμπα προς τα δυτικά, η οποία χαρακτηρίζεται ως μια εγκάρσια ζώνη κατά μήκος του ποταμού Ξεροπόταμου, καθορίζοντας τη μετάβαση μεταξύ των ρηχών θαλάσσιων ιζημάτων της λεκάνης της Πόλης και της κλίσης στη λεκάνη της Λεμεσού. Τα Συγκροτήματα Μαζικής Μεταφοράς (MTC) στη Λεκάνη Λεμεσού συνδέονται με μια έντονη τεκτονική δραστηριότητα που εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια του ύστερου Μειόκαινου. Παρόμοια MTC, εντοπίστηκαν στις ανατολικές και δυτικές τοποθεσίες του θαλάσσιου όρους του Ερατοσθένη (Papadimitriou et al., 2018).

2.7 Πρόσφατες Ανακαλύψεις Υδρογονανθράκων

Η Κύπρος συνεχίζει να αναπτύσσεται όσο αφορά τον τομέα των υδρογονανθράκων. Σχετικά πρόσφατα έχουν ανακαλυφθεί κοιτάσματα υδρογονανθράκων εντός της κυπριακής Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης (ΑΟΖ) και κοιτάσματα φυσικού αερίου στα αιγυπτιακά ύδατα, αρκετά κοντά στις κυπριακές εκτάσεις. Αυτά τα κοιτάσματα έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον διεθνώς, δημιουργώντας ένα αρκετά αισιόδοξο μέλλον για την Κύπρο. Μέχρι στιγμής, έχουν χορηγηθεί 8 άδειες διερεύνησης με αντίστοιχες συμβάσεις κατανομής της παραγωγής (ΣΚΠ). Όπως φαίνεται και στην εικόνα, αρκετές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στο βόρειο τμήμα της Λεκάνης Λεβάντε. Η πρώτη άδεια δόθηκε το 2008 στην Noble Energy για το 12^ο Μπλοκ, ανακαλύπτοντας κοιτάσματα φυσικού αερίου με εκτιμώμενο εύρος πόρων από 5 έως 8 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια.



Εικόνα 20 : Έρευνες για κοιτάσματα υδρογονανθράκων στο Βόρειο Περιθώριο της Λεκάνης Λεβάντε (Deloitte, 2018)

Το 2014, πραγματοποιήθηκε αναθεώρηση των πόρων και ο όγκος αυξήθηκε κατά 12%. Το 2015 το κοιτάσμα φυσικού αερίου του συγκεκριμένου block ανακοινώθηκε ως εμπορικό, και η εταιρεία διατήρησε το 35 % μερίδιο από το πεδίο φυσικού αερίου. Η εταιρεία Noble στο Μπλοκ 12 περιλαμβάνει πλέον τη Royal Dutch Shell και τις ισραηλινές εταιρείες Delek και Avner, ενώ παράλληλα η κυβέρνηση της Κύπρου το 2012 έβγαλε άδειες για άλλα 12 υπεράκτια τετράγωνα. Υποβλήθηκαν 33 αιτήσεις για 9 από τα 12 τμήματα από 15 εταιρείες ή κοινοπραξίες, και το 2013, δόθηκαν άδειες για την εκμετάλλευση των Μπλοκ 2, 3, 9, 10 και 11. Η εταιρεία ENI το 2013, ξεκίνησε ερευνητικές γεωτρήσεις 9^ο Μπλοκ, αλλά δεν βρέθηκε επαρκές εκμεταλλεύσιμο φυσικό αέριο. Το 2016, δόθηκαν και άλλες άδειες για τα Μπλοκ 6, 8 και 10, τα οποία τα ανέλαβαν οι εταιρείες PSC, ENI και Total για το 6^ο Μπλοκ, η ENI για το 8^ο Μπλοκ και οι εταιρείες ExxonMobil και Qatar Petroleum για το 10^ο Μπλοκ. Το 2018, η κοινοπραξία ENI & Total ανακοίνωσε μια προκαταρκτική ανακάλυψη φυσικού αερίου στο 6^ο Μπλοκ, με μία εκτίμηση μεταξύ 4,8 και 8,1 τρισεκατομμυρίων κυβικών ποδιών, αν και αναμένεται να διεξαχθούν πρόσθετες μελέτες για την αξιολόγηση του εύρους των όγκων αερίου που υπάρχουν. Η Κυβέρνηση συνεχίζει τις συζητήσεις και τις διαπραγματεύσεις της για τις υποδομές που απαιτούνται για την εκφόρτωση του φυσικού αερίου στην Κύπρο και για την υγροποίηση προς εξαγωγή, ενώ διερευνά όλες τις εναλλακτικές για εξαγωγές κυπριακού φυσικού αερίου, μέσω συνεργασίας με άλλες χώρες της περιοχής της Ανατολικής Μεσογείου (Deloitte, 2018).

3. Δυτικό Περιθώριο της Λεκάνης του Λεβάντε

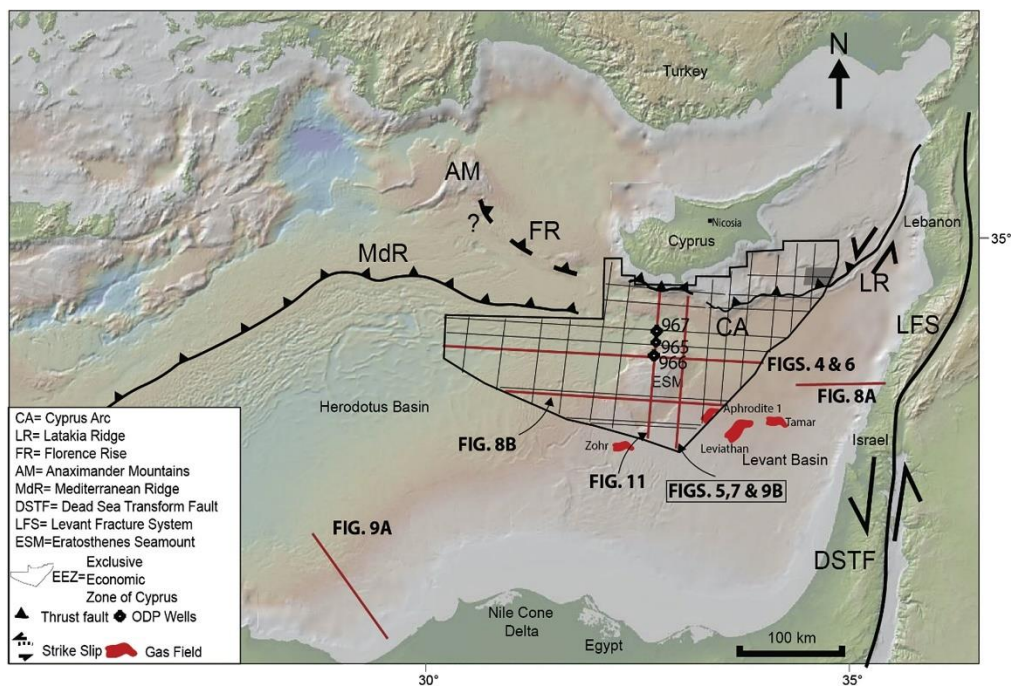
Η Λεκάνη του Λεβάντε θεωρείται ως μια νέα, συνοριακή λεκάνη υδρογονανθράκων και όπως έχει ήδη αναφερθεί έχει έλξει το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών. Για παράδειγμα, πρόσφατα, ο Hawie και ο Tassy και οι συνεργάτες τους το 2013 και το 2015, πρότειναν τρισδιάστατα γεωλογικά μοντέλα για την απεικόνιση της στρωματογραφικής αρχιτεκτονικής του ανατολικού και του νότιου περιθωρίου της Λεκάνης της Λεβάντας, αντίστοιχα. Στο γειτονικό περιθώριο της λεκάνης απαντάται διογκωμένη η ανθρακική σειρά του Ιουρασικού, ενώ η πλατφόρμα του Κρητιδικού υποχωρεί από πάνω της. Στο εσωτερικό της πλατφόρμας υπάρχουν αποθέσεις βαρύτητας που αποσπώνται και επικαλύπτουν τις άκρες και τις πλαγιές της πλατφόρμας (Hawi et al., 2013). Στο νότιο περιθώριο απαντώνται μικτές αλληλουχίες, ανθρακικού-πυριτίου κατά την Πρώιμη Ιουρασική, των οποίων το πάχος αυξάνεται προς το εξωτερικό μέρος της πλατφόρμας. Κατά τη διάρκεια του Ύστερου Ιουρασικού, οι ανθρακικές αλληλουχίες ήταν ανάδρομες, με ήπια κλίση προφίλ, ενώ από το Πρώιμο Κρητιδικό, αυτό το περιθώριο παρουσιάζει διαδοχή μικτής ανθρακικής-πυριτικλαστικής πλατφόρμας με αυξανόμενη και ανάδρομη διαδοχή (Nader et al., 2018).

3.1 Περιφερειακή γεωλογία

Ο σχηματισμός της Λεκάνης του Λεβάντε πραγματοποιήθηκε λόγω των επεισοδίων που προέκυψαν από την δράση του ρήγματος από το Πέρμιο έως το Μέσο Ιουράσιο, με αποτέλεσμα τον διαχωρισμό των τεκτονικών πλακών, το άνοιγμα του ωκεανού και την λέπτυνση του ηπειρωτικού φλοιού της Λεκάνης του Λεβάντε. Κατά την τελευταία δράση του ρήγματος στη διάρκεια του Πρώιμου Ιουρασικού, έγινε η αποκόλληση του Ταυρίδη και πυροδοτήθηκε το ρήγμα άλλων μικρών ηπειρωτικών τεμαχίων από την αφροαραβική ήπειρο. Το όρος του Ερατοσθένη αποτελεί ένα από αυτά τα απομονωμένα ηπειρωτικά τεμάχια, με πλάτος περίπου 150 km και πάχος περίπου 25 km. Στο νοτιοανατολικό τμήμα του απαντώνται μαγνητικές ανωμαλίες οι οποίες έχουν συσχετιστεί με βασικές εισβολές ή εξωθήσεις. Μετά το ρήγμα ακολούθησε μία σημαντική καθίζηση της λεκάνης και η εναπόθεση ηφαιστειακών κλαστικών ιζημάτων κατά μήκος του περιθωρίου του Λεβάντε, όπου κατά το Μέσο Ιουρασικό οδήγησε στην ανάπτυξη υφαλοκρηπίδων κατά μήκος των περιθωρίων της Λεκάνης και η πλήρωση

βαθιάς λεκάνης χαρακτηρίστηκε από βαθιά θαλάσσια ανθρακικά. Στο δυτικό τμήμα της αφροαραβικής πλάκας κατά το Πρώιμο Κρητιδικό έγινε η απόθεση πυριτοκλαστικών ιζημάτων στη Λεκάνη λόγω διάβρωσης. Επίσης, η σύγκλιση Αφρικανικής και Ευρασιατικής πλάκας έγινε πιο έντονη με αποτέλεσμα το αρχικό κλείσιμο του Νεοθέτη και την απαγωγή των οφιολιθίων στις πλάκες, γεγονός που σηματοδότησε την έναρξη του Κυπριακού Τόξου και της ζώνης ώθησης της Λατάκειας. Επιπλέον, το κλείσιμο του Νεοθέτη κατά το Ύστερο Κρητιδικό προκάλεσε ώθηση και αναδίπλωση σε όλη την περιοχή του Λεβάντε (Frizon de Lamotte et al., 2011).

Κατά το Ύστερο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο, τα πεδία μέγιστης τάσης μετατοπίστηκαν από βορειοδυτικά και νοτιοανατολικά σε βόρεια και νότια, και σχετίζονται με τον διαχωρισμό των αφρικανικών και των αραβικών πλακών και την έναρξη του ρήγματος μετασχηματισμού της Νεκράς Θάλασσας (Brew et al., 2001). Την ίδια περίοδο η ανύψωση των περιθωρίων της Λεκάνης επέφερε μικτά ανθρακικά-πυριτικά ιζήματα, ενώ κατά μήκος των βορειοδυτικών συνόρων της Αραβικής Πλάκας η κίνηση των δύο πλακών δημιούργησε το όριο της πλάκας κατά μήκος της Ερυθράς Θάλασσας και τη σημερινή θέση του Συστήματος Θραύσης του Λεβάντε (LFS), όπως φαίνεται στην εικόνα.



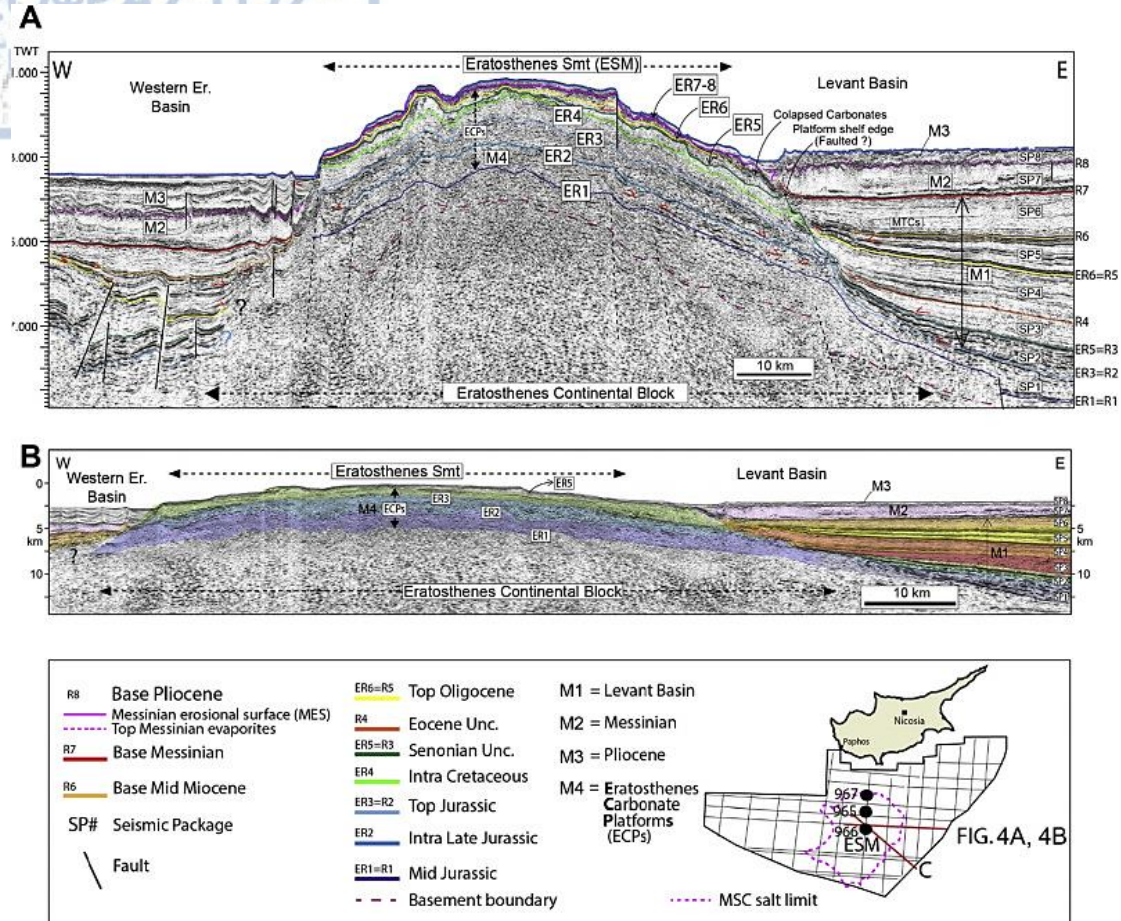
Εικόνα 21 : Χάρτης δομικής βαθυμετρίας της Ανατολικής Μεσογείου (Le Pichon & Gaulier, 1988)

Το LFS αποτελείται από μία σειρά ρηγμάτων ολίσθησης που κόβουν το βορειοδυτικό αραβικό περιθώριο μεταξύ του κόλπου της Άκαμπα στην Ιορδανία και των βουνών του Ταύρου στην Τουρκία, σχηματίζοντας ένα πλευρικό σύστημα μετασχηματισμού μήκους 1000 km που περιλαμβάνει, τμήμα της Νεκράς Θάλασσας, το κεντρικό τμήμα στο Λίβανο και το ρήγμα NS Ghab. Το LFS έχει αποδειχθεί ότι ήταν ακόμα ενεργό κατά τη διάρκεια του ύστερου Μειόκαινου και του Πλειόκαινου, ωθώντας το ανατολικό τμήμα της Ανατόλιας προς τα νοτιοδυτικά (Sagy et al., 2018). Αυτές οι δομές ολίσθησης καταγράφηκαν από αυτή την ώθηση και απαντώνται στο ανατολικό Κυπριακό Τόξο, αποτελώντας την κορυφογραμμή της Λατάκια. Η φάση της Μεσσηνιακής Κρίσης Αλατότητας (MSC), έλαβε χώρα την επόμενη περίοδο, με την εναπόθεση εξατμιστών στη λεκάνη του Λεβάντε και στη συνέχεια αποκαταστάθηκαν οι συνδέσεις μεταξύ της Μεσογείου και του Ατλαντικού Ωκεανού με αποτέλεσμα την πλήρωση της λεκάνης. Κατά το Πρώιμο Πλειόκαινο, έγινε υποβύθιση των ECP κάτω από το Κυπριακό Τόξο και παραμορφώθηκαν σημαντικά τα ιζήματα του Πλειόκαινου της λεκάνης του Ηροδότου, δυτικά του θαλάσσιου όρους του, ενώ στα νοτιοανατολικά του όρους απαντάται η ύπαρξη πυροκλαστικών τουρμπιδιτών που προέρχονταν από τον Νείλο (Hawi et al., 2013).

3.2 Ερμηνεία του Δυτικού Περιθωρίου της Λεκάνης

Η έρευνα του Παπαδημητρίου και των συνεργατών του εξέτασε το δυτικό τμήμα της Λεκάνης του Λεβάντε, στην υπεράκτια Κύπρο. Για την διεξαγωγή της έρευνας, συγκεντρώθηκαν σεισμικά δεδομένα και δημιουργήθηκαν σειсмоγράμματα με σοπό την ανάλυση και τον προσδιορισμό των στρωματογραφικών επιφανειών και τον εντοπισμό σεισμικών προφίλ για την ερμηνεία του περιβάλλοντος εναπόθεσης. Ορίστηκαν τέσσερις μέγα-αλληλουχίες από τις διαμορφώσεις ανάκλασης μεγάλης κλίμακας, τις ειδικές στρωματογραφικές επαφές με τις κάτω επιφάνειες και τις ανώτερες οριοθετημένες επιφάνειές τους (Nader et al., 2018).

Οι μέγα-αλληλουχίες M1-M3 χαρακτηρίζονται από συνεχείς ανακλάσεις χαμηλού πλάτους που εναλλάσσονται από κάποιες χαοτικές διαμορφώσεις. Από την συλλογή των δεδομένων παρουσιάστηκαν οκτώ σεισμικές ασυμφωνίες (R1-R8) και οκτώ σεισμικές αλληλουχίες (SP1-SP2), οι οποίες παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 22 : Σεισμικό προφίλ που τέμνει τις λεκάνες του Λεβάντε και του Ηροδότου μέσω του Ερατοσθένη (M1-M4) (Nader et al., 2018)

Η πρώτη σεισμική ασυμφωνία R1 χαρακτηρίζεται από έναν συνεχή ανακλαστήρα υψηλού πλάτους, ο οποίος διαχωρίζει ένα σεισμικό πακέτο μέτριου πλάτους με χαοτικό μοτίβο ανάκλασης από τους υπερκείμενους μέτριου πλάτους, συνεχείς ανακλαστήρες. Πάνω από αυτήν την σεισμική ασυμφωνία, εντός της λεκάνης, η πρώτη σεισμική αλληλουχία SP1, περιέχει εναλλασσόμενες υποπαράλληλες ασυνεχείς ανακλάσεις. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται στο τέλος της ρήξης κατά τη διάρκεια του Μέσου Ιουρασικού και παρουσιάζουν την μετάβαση από ένα ρηχό θαλάσσιο σε ένα βαθύ θαλάσσιο ανθρακικό περιβάλλον. Επιπλέον, το χαοτικό μοτίβο ανακλαστήρα στην κλίση της πλατφόρμας μπορεί να αντιστοιχεί σε ανθρακικά άλατα ροής βαρύτητας που σχίζονται από την πλατφόρμα του Ιουρασικού και μεταφέρονται στη βαθιά λεκάνη.

Η δεύτερη σεισμική αλληλουχία παρουσιάζει μια επιφάνεια επικάλυψης που αποτελείται από υποπαράλληλους ανακλαστήρες υψηλού πλάτους με σφηνοειδείς διαμορφώσεις συσσώρευσης που γίνονται πιο χαοτικές κοντά στην κλίση του δακτύλου των ανθρακικών πλατφορμών του Ερατοσθένη (ECPs). Κατά τη μετάβαση από Ιουρασικό σε Κρητιδικό σημειώθηκε ανύψωση της Αφροαραβικής πλάκας και πιο χαμηλή στάθμη της θάλασσας με αποτέλεσμα τη διάβρωση μεγάλων ποσοτήτων ανθρακικού και κλαστικού υλικού, τα οποία στην συνέχεια εναποτέθηκαν στη λεκάνη. Η δεύτερη σεισμική αλληλουχία αντιστοιχεί στη μονάδα του Κάτω/Μεσαίου Κρητιδικού (Hawi et al., 2013). Σε αυτήν την περιοχή της λεκάνης απαντώνται συνεχείς ανακλαστήρες υψηλού πλάτους που περιέχουν ανθρακικούς τουρμπιδίτες και εναποθέσεις μαζικής μεταφοράς που επικαλύπτουν την πρώτη σεισμική αλληλουχία. Προς την κλίση, το SP2 χαρακτηρίζεται από αντανάκλασεις υψηλότερου πλάτους και χαμηλότερης συχνότητας, καθώς και από μία σφηνοειδή διαμόρφωση, η οποία υποδηλώνει εναποθέσεις κλίσης και βαρύτητας του ανθρακικού τμήματος (Nader et al., 2018).

Στην τρίτη αλληλουχία, το κατώτερο όριο της τρίτης ασυμφωνίας R3 αποτελεί μία επιφάνεια επικάλυψης αποτελούμενη από ασυνεχείς ανακλαστήρες χαμηλού πλάτους με κάποιες μικρές χαοτικές διαμορφώσεις, δείχνοντας ότι σχετίζεται με την κορυφή του διαστήματος του Μέσου Κρητιδικού. Η επιφάνεια αυτή αναφέρεται ως ασυμμόρφωση Senonian και αντιστοιχεί σε μία περίοδο ανάπτυξης ανθρακικών πλατφορμών του Κάτω Κρητιδικού στα περιθώρια του Λεβάντε, καθώς η λεκάνη καλύφθηκε από ημιπελαγικές μάργες και κιμωλίες, ενώ οι ανθρακικές πλατφόρμες στα περιθώρια βυθίστηκαν. Επίσης, τα συμπλέγματα μαζικής μεταφοράς προέρχονται από αυτές τις πλατφόρμες και τα ιζήματα του Παλαιόκαινου και Ηώκαινου κάλυψαν το τμήμα του Ανώτερου Κρητιδικού (Hawi et al., 2013).

Η τέταρτη αλληλουχία χαρακτηρίζεται από έναν ασυνεχή ορίζοντα υψηλού πλάτους και χωρίζεται σε δύο υπομονάδες. Η πρώτη υπομονάδα που αναφέρεται στο κάτω μέρος της αλληλουχίας, εμφανίζει μέτριο πλάτος και τοπικά προοδευτικές έως υποπαράλληλες ανακλάσεις. Οι υποπαράλληλοι ανακλαστήρες αντιστοιχούν σε μικτά βαθιά θαλάσσια ανθρακικά και λεπτά πυριτοκλαστικά ιζήματα που προέρχονται από την αφροαραβική πλάκα, οι ενσωματωμένες χαοτικές διαμορφώσεις ερμηνεύτηκαν ως MTC, υποδεικνύοντας διεργασίες διάβρωσης γύρω από τα σύνορα ECP, ενώ η κατακόρυφη αλλαγή στα ιζήματα είναι αποτέλεσμα της σύγκρουσης μεταξύ των

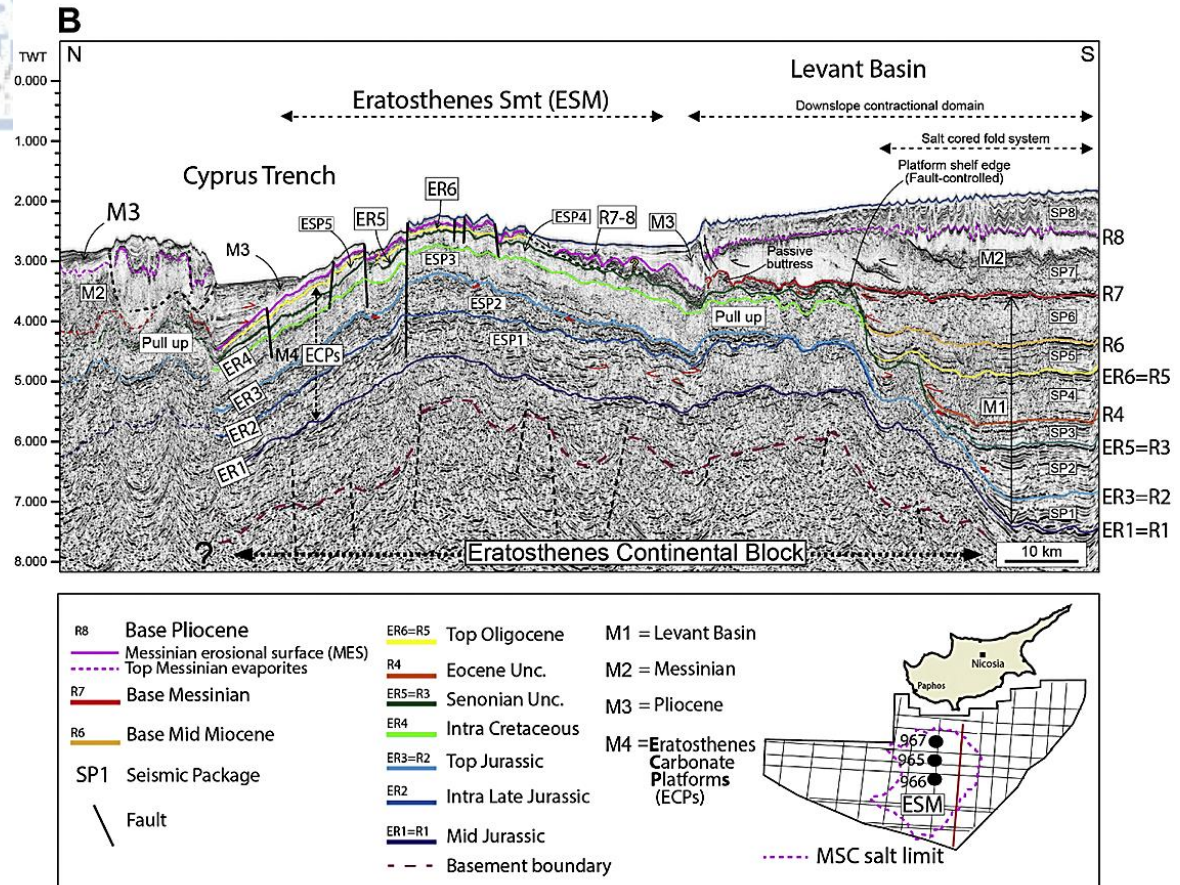
αφρικανικών και ευρασιατικών πλακών. Η δεύτερη υπομονάδα, που αναφέρεται στο ανώτερο μέρος της αλληλουχίας, αποτελείται από μέτριου πλάτους, παράλληλους προς υποπαράλληλους συνεχείς ανακλαστήρες με εναλλαγές από ανακλαστήρες υψηλού πλάτους. Το κατώτερο όριο της δεύτερης υπομονάδας χαρακτηρίζεται από την «Ηωκαινική Ασυμφωνία» Ύστερου Ηώκαινου και Πρώιμου Ολιγόκαινου, σε βάθος 7–8 km κάτω από την θάλασσα, ενώ το πάχος του διαστήματος πάνω από την Ασυμφωνία παραμένει σχετικά σταθερό σε όλα τα προφίλ και έχει αναφερθεί ότι είναι 1,5 km (Klimke & Ehrhardt, 2014). Οι σεισμικές δομές στο πάνω μέρος αποτελούνται από θολώδεις λοβούς βαθέων υδάτων που εναποτίθενται σε πρώιμες χαμηλές θέσεις, και αποδεικνύουν την εναπόθεση ημιπελαγικών και πελαγικών ιζημάτων σε μία κλαστική μονάδα που παρέχεται από τα περιθώρια (Nader et al., 2018).

Η πέμπτη αλληλουχία περιλαμβάνει στο κάτω τμήμα της έναν συνεχή ανακλαστήρα υψηλού πλάτους που αποτελείται από υποπαράλληλους ανακλαστήρες μέτριου και υψηλού πλάτους. Η πέμπτη σεισμική ασυμφωνία, γνωστή ως «Base Miocene» στους ή BL2, αποτελεί ένα σύστημα αερίων της λεκάνης, το οποίο εξαπλώνεται σε μεγάλες αποστάσεις (Bowman, 2011). Οι παράλληλοι ανακλαστήρες υψηλού πλάτους χαρακτηρίζονται από κλαστικά ιζήματα βαθέων υδάτων, τα οποία μπορεί να αντιστοιχούν στο σύμπλεγμα άμμου Tamar, που ορίζεται ως η κύρια δεξαμενή αερίου στη λεκάνη του Λεβάντε. Το σύμπλεγμα αυτό αποτελείται από τρία συνεχόμενα στρώματα άμμου που διεισδύθηκαν από πηγάδια στο νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης, 50–150 km δυτικά της ακτογραμμής της Λεκάνης. Έχουν αναφερθεί δύο υποθέσεις όσο αφορά την προέλευση και την μεταφορά των στρωμάτων, με την πρώτη υπόθεση να αναφέρει την προέλευση από την Αφρικανική πλάκα μέσω του συστήματος του ποταμού Νείλου, και τη δεύτερη, να αναφέρει την προέλευση από την διάβρωση της Αραβικής Πλάκας και την μεταφορά στην λεκάνη μέσω πολλών φαράγγιων, όπως το Φαράγγι Αφίκ (Nader et al., 2018).

Η έκτη αλληλουχία αποτελεί έναν ορίζοντα υψηλού πλάτους που χαρακτηρίζεται από μια επικάλυψη της ακολουθίας SP6, η οποία αποτελείται από συστήματα αναδίπλωσης και ώθησης που οδηγούνται από τη βαρύτητα, και ένα μικρό τμήμα του SP5. Εδώ απαντώνται παράλληλοι προς υποπαράλληλοι ανακλαστήρες και τοπικοί λοβοί μεγάλου πλάτους. Στην έκτη αλληλουχία, παρουσιάζεται η "ασυμμόρφωση του μέσου Μειοκαίνου" που προσδιορίστηκε στον χερσαίο Λίβανο, και υποδηλώνει την οριακή ανύψωση και την καθίζηση της λεκάνης κατά το πρώιμο Μειόκαινο (Montadert et al.,

2014). Στην περίοδο αυτή απαντάται μία παρατεταμένη χαμηλή στάθμη, βαθιά θαλάσσια ιζήματα που πληρούν την λεκάνη και κλαστικοί τουρμπιδίτες προερχόμενοι από τα αιγυπτιακά και τα περιθώρια του Λεβάντε. Επίσης, το ανατολικό τμήμα του Ερατοσθένη χαρακτηρίζεται από χαοτικές όψεις που υποδηλώνουν την πάχυνση των MTCs, τα οποία προέρχονται από τη διάβρωση του παραμορφωμένου ECP ή από την ανύψωση της ανθρακικής σειράς του Κυπριακού τόξου, γεγονός που σηματοδοτεί την κορύφωση της σύγκρουσης μεταξύ των ECP και του Κυπριακού Τόξου (Nader et al., 2018).

Η μεγα-αλληλουχία M2 αποτελεί μία μονάδα που παρεμβάλλεται από ασυνεχείς ανακλαστήρες υψηλού πλάτους και χωρίζεται σε πέντε υπομονάδες στο βαθύτερο τμήμα της λεκάνης, όπως φαίνεται και στην εικόνα. Αυτή η κινητή σεισμική μεγα-αλληλουχία επηρεάζεται από δομές αναδίπλωσης και ρήγματα ώθησης. Η πρώτη και κύρια υπομονάδα περιέχει ανακλαστήρες μεγάλου πλάτους με μερικές χαοτικές παρεμβολές, η δεύτερη είναι σχετικά διαφανής και η τρίτη υπερκείμενη υπομονάδα περιέχει συνεχείς ανακλαστήρες υψηλού πλάτους, οι οποίοι συνδέονται με την παρουσία κλαστικών σηματοδοτώντας την κορυφή των περιβαλλοντικών αλλαγών και τη μέγιστη εκροή ηπειρωτικού ποταμού στη βαθιά Μεσόγειο. Η τέταρτη υπομονάδα είναι επίσης σχετικά διαφανής, ενώ η πέμπτη αποτελείται από ένα σύνολο ανακλαστήρων υψηλού πλάτους και υψηλής συχνότητας. Στο κάτω μέρος της Μεσσηνιακής μονάδας απαντάται ένας συνεχής ανακλαστήρας υψηλού πλάτους ο οποίος υποδηλώνει την αρχή της εξατμιστικής καθίζησης σε σχέση με την πτώση της στάθμης της θάλασσας κατά το τέλος του Μειόκαινου, υποδηλώνοντας ότι η καθίζηση έγινε σε μια μη αποξηραμένη βαθιά λεκάνη που επηρεάστηκε από τις περιφερειακές κλιματικές αλλαγές (Gorini C. et al., 2015). Η δεύτερη και τέταρτη υπομονάδα παρουσιάζουν παραμόρφωση στο μοτίβο λόγω των ωθήσεων στην περιοχή των ECPs. Το άνω τμήμα της μεγα-αλληλουχίας M2 χαρακτηρίζεται από παρεμβολές ανυδρίτη σε συνδυασμό με κλαστικές ουσίες υποδηλώνοντας τη μετάβαση από την εξατμιστική αλληλουχία σε ακολουθία αποτελούμενη από βαθιά θαλάσσια ιζήματα. Επιπλέον, η πλευρική διακύμανση των προσόψεων της M2 εξηγείται από την ενεργή τεκτονική και ανύψωση του περιθωρίου της λεκάνης κατά τη διάρκεια του MSC την κλαστική εισροή μπροστά από μεγάλα ποτάμια και τη βαρύτητα εξάπλωση του δέλτα του Νείλου (Feng et al., 2016; Loncke et al., 2006).

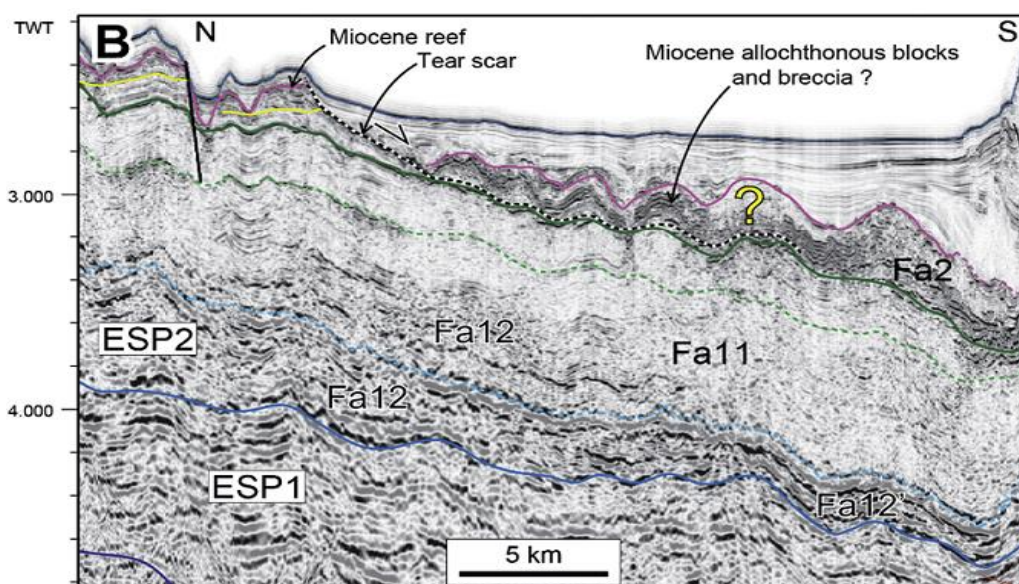


Εικόνα 23 : Σεισμικό προφίλ του θαλάσσιου όρους του Ερατοσθένη και οι τέσσερις μέγα-ακολουθίες (M1-M4)

Η μεγα-ακολουθία M3 αντιστοιχεί στη σεισμική μονάδα SP8 και αποτελεί έναν ασυνεχή ανακλαστήρα υψηλού πλάτους που εκτείνεται σε όλη την έκταση της λεκάνης παρουσιάζοντας αλλαγές στο περιβάλλον εναπόθεσης. Το κάτω μέρος αυτής της μονάδας αποτελείται από ανακλαστήρες υψηλού πλάτους, οι οποίοι εξελίχθηκαν σε χαμηλού πλάτους με περιστασιακές κυματιστές διαμορφώσεις. Βόρεια και νότια του Ερατοσθένη, βρίσκεται η μονάδα Πλειο-Τεταρτογενούς η οποία χαρακτηρίζεται από ανακλαστήρες που αποκλίνουν ελαφρώς λόγω των τεκτονικών σφηνών αλατιού, καθώς εκείνη την περίοδο, το μεσσηνιακό αλάτι κάλυψε τη λεκάνη. Επίσης, εβαπορίτες και κλαστικοί τύμβοι εμφανίζονται στις περισσότερες περιοχές και τα δεδομένα των σεισμικών αναλύσεων επιβεβαίωσαν ότι αυτά τα ιζήματα είναι ημιπελαγικά ηλικίας Πλιόκαινου και περιέχουν τουρμιπίδες στο πάνω μέρος του τμήματος. Το βόρειο τμήμα του Ερατοσθένη χαρακτηρίζεται από πολυάριθμους λοβούς και χαοτικές δομές υποδηλώνοντας ότι η αστάθεια της πλαγιάς και οι διεργασίες καθίζησης εμφανίστηκαν λόγω των βαθέων υδάτων του Νείλου. Στα ανατολικά του Ερατοσθένη εντοπίστηκε

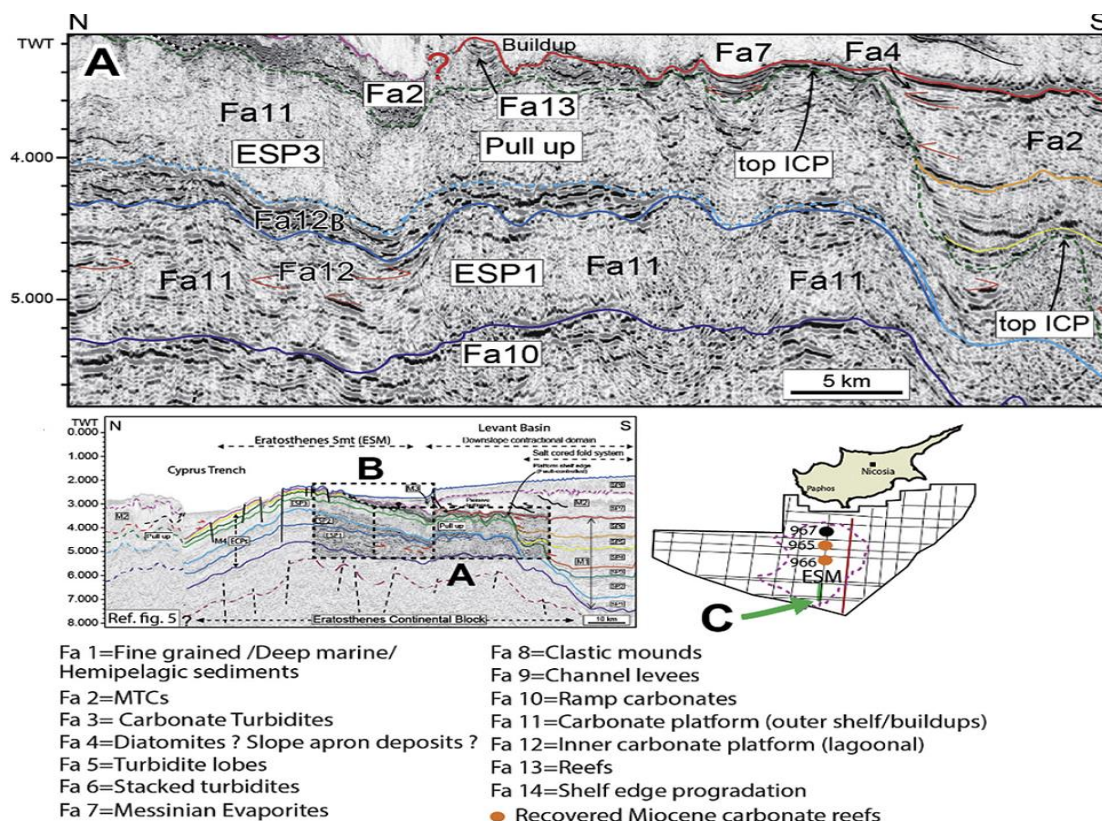
ένας ελαφρά διπλωμένος πυθμένας προερχόμενος από προοδευτική συμπίεση ιζήματος εντός των μεσσηνιακών εβαποριτών, η οποία οφείλεται στη βαρυτική εξάπλωση του δέλτα του Νείλου (Nader et al., 2018).

Στην τέταρτη μέγα-ακολουθία M4, εντοπίστηκαν τρεις κύριες πλατφόρμες ανθρακικού μεσοζωικού αναφερόμενες ως συσσωρεύσεις νεογενούς και έξι σεισμικές ασυμφωνίες (ER1-6) που περιλαμβάνουν έξι σεισμικές μονάδες (ESP1-6) κατά μήκος του όρους του Ερατοσθένη. Στα νότια, η πρώτη σεισμική μονάδα ESP1 είναι σχετικά διαφανής ενώ στα βόρεια, αποτελείται από ασυνεχείς ανακλαστήρες υψηλού πλάτους. Κατά τη διάρκεια του Μέσου Ιουρασικού, ξεκίνησε η καθίζηση ως αποτέλεσμα του ρήγματος, και οι ανθρακικές πλατφόρμες προστέθηκαν στην ξηρά του Λιβάνου και της Αιγύπτου. Η πρώτη σεισμική ασυμφωνία, η οποία παρατηρήθηκε στο ηπειρωτικό μέρος του Λίβανου και του Ισραήλ υποδηλώνοντας τη μετάβαση από τα ιζήματα syn-rift στις πρώτες υπερβατικές ανθρακικές πλατφόρμες, συνεχίζει κατά μήκος της λεκάνης και συγκλίνει με το R1. Η δεύτερη σεισμική μονάδα χωρίζεται από την πρώτη μέσω ενός μη συνεχή ανακλαστήρα υψηλού πλάτους και αποτελείται από ανακλαστήρες υψηλού πλάτους και συχνότητας. Η δεύτερη σεισμική ασυμφωνία ER2 θέτει το όριο σε μια ακολουθία αποτελούμενη από εσωτερικές ανακλάσεις υψηλού πλάτους, χαμηλής συχνότητας, οι οποίες λεπταίνουν προοδευτικά στην νοτιοανατολική πλευρά.



Εικόνα 24 : Σεισμικές όψεις του θαλάσσιου βουνού του Ερατοσθένη

Κατά το Ύστερο Ιουρασικό, ανθρακικές πλατφόρμες συσσωρεύτηκαν στο ηπειρωτικό τμήμα του Ισραήλ, στη Λίβανο και κατά μήκος της Αιγυπτιακής ακτογραμμής, προκαλώντας μια μακροπρόθεσμη παραβατική τάση. Η δομή του ESP2 αποτελείται από μία ακολουθία που γίνεται πιο πυκνή προς τα βόρεια, υποδηλώνοντας ότι η ακολουθία αποτελείται από αποθέσεις εσωτερικής πλατφόρμας (Tassy et al., 2015). Το όριο Ιουρασικού-Κρητιδικού παρουσιάζει μία σημαντική μείωση της στάθμης της θάλασσας και μια περιφερειακή παραμόρφωση στο ηπειρωτικό μέρος της Αιγύπτου και του Λιβάνου. Η τρίτη ασυμφωνία θεωρείται μια καρστικοποιημένη επιφάνεια διάβρωσης, η οποία ορίζει την παραμόρφωση κατά το Ύστερο Ιουρασικό, καθώς αυτή η περίοδος χαρακτηρίζεται από έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα στις παράκτιες περιοχές του Λιβάνου και της Συρίας και από την εναπόθεση της κορυφής της ανθρακικής πλατφόρμας του Ύστερου Ιουρασικού στην περιοχή της ECB (εικόνα 25). Ως αποτέλεσμα αυτού, εξηγείται και η υψηλή εμφάνιση μαγνητικών ανωμαλιών που εντοπίζονται στο νοτιοανατολικό άκρο. Επίσης, η ER3, θέτει το όριο ανάμεσα στην δεύτερη και Τρίτη σεισμική μονάδα, φέροντας ένα περιφερειακό όριο με υψηλό βαθμό τομής και περικοπής και συγκλίνει με τον ορίζοντα ER2 προς το νότιο άκρο του ECP (Montadert et al., 2014).



Εικόνα 25 : Σεισμικές μονάδες στα νοτιοανατολικά του Ερατοσθένη

Η τρίτη υπερκείμενη σεισμική μονάδα ESP3 αποτελεί μια διαφανή μονάδα που καλύπτεται από ανακλαστήρες υψηλού πλάτους και τα όριά της είναι αρκετά ευδιάκριτα μέσω των σεισμικών δεδομένων. Θεωρείται ως μία ανθρακική πλατφόρμα σφαιροποίησης και πρόσφατα έχει ανακαλυφθεί η ύπαρξη βιογενούς αερίου στο Κρητιδικό αλλά και συσσωρεύσεις ανθρακικού ρουδιστικού άλατος νοτιοδυτικά του Ερατοσθένη (Bertello et al., 2016). Η τέταρτη σεισμική μονάδα χαρακτηρίζεται από έναν μη συνεχή ανακλαστήρα υψηλού πλάτους (ER4) και από κυμαινόμενο πάχος από το νότο προς το βορρά. Στα νότια απαντώνται ανακλαστήρες μέτριου πλάτους ενώ στα βόρεια, υψηλού πλάτους. Στην χερσαία περιοχή του Λιβάνου και του Ισραήλ, στο όριο Καινομανίας, εμφανίζεται, μέσω της απότομης αλλαγής της λιθολογικής μονάδας, μια εμβάθυνση του περιβάλλοντος απόθεσης. Επίσης, η συσσώρευση της ανθρακικής πλατφόρμας του Κάτω Κρητιδικού υποδηλώνει την προχώρηση προς το κέντρο της πλατφόρμας η οποία περιείχε μικριτικούς ασβεστόλιθους. Αυτά τα γεγονότα, πιθανότατα συνδέονται με την υψηλή παραγωγή ανθρακικών που συνόδευε το όριο Καινομανίας. Η Πέμπτη σεισμική μονάδα, αποτελείται από ανακλαστήρα υψηλού πλάτους, που αναφέρεται ως τοπική βασική επιφάνεια περιτύλιξης με απότομη κλίση φτάνοντας στη λεκάνη του Λεβάντε και συγχωνεύεται με το R3 στη βαθιά λεκάνη. Στη μονάδα αυτή περιέχονται αμυδροί υποπαράλληλοι ανακλαστήρες με κάποιες μικρές χαοτικές παρεμβολές, ενώ προς το νότιο τμήμα του Ερατοσθένη, η μονάδα λεπταίνει και χαρακτηρίζεται από έναν μη συνεχή ανακλαστήρα υψηλού πλάτους. Στο τμήμα αυτό του όρους του Ερατοσθένη απαντώνται προ-Μεσσηνιακά πελαγικά και ρηχά ιζήματα από την Ανατολική Μεσόγειο και στο βόρειο τμήμα παρατηρείται η μετάβαση από ρηχά σε βαθιά πελαγικά ανθρακικά πάνω από το ER 5. Γενικά, η μονάδα, μέσα από τις καταγραφές των δεδομένων δείχνει να αποτελείται από ιζήματα Ύστερου Κρητιδικού έως Παλαιογενούς και η δραστηριότητα που έλαβε μέρος σηματοδοτεί τον πνιγμό των ανθρακικών πλατφορμών του Τουρονικού ρουδιστικού άλατος που εντοπίστηκαν στην ξηρά του Λιβάνου (Hawi et al., 2013).

Η έκτη σεισμική μονάδα διαχωρίζεται από την πέμπτη μέσω ενός ανακλαστήρα υψηλού πλάτους (ER6) υποδηλώνοντας μια πλευρική αλλαγή στις σεισμικές όψεις. Η έκτη μονάδα αποτελείται από τοποθετημένους ανακλαστήρες με εναλλαγές παράλληλων ανακλαστήρων μέτριου πλάτους. Το όριο ER6 σηματοδοτεί την έναρξη της ρηχής ανθρακικής καθίζησης στην κορυφή των ανθρακικών πλατφορμών του Μεσοζωικού υποδεικνύοντας μια ανύψωση των ECP. Επίσης, η πτώση της στάθμης

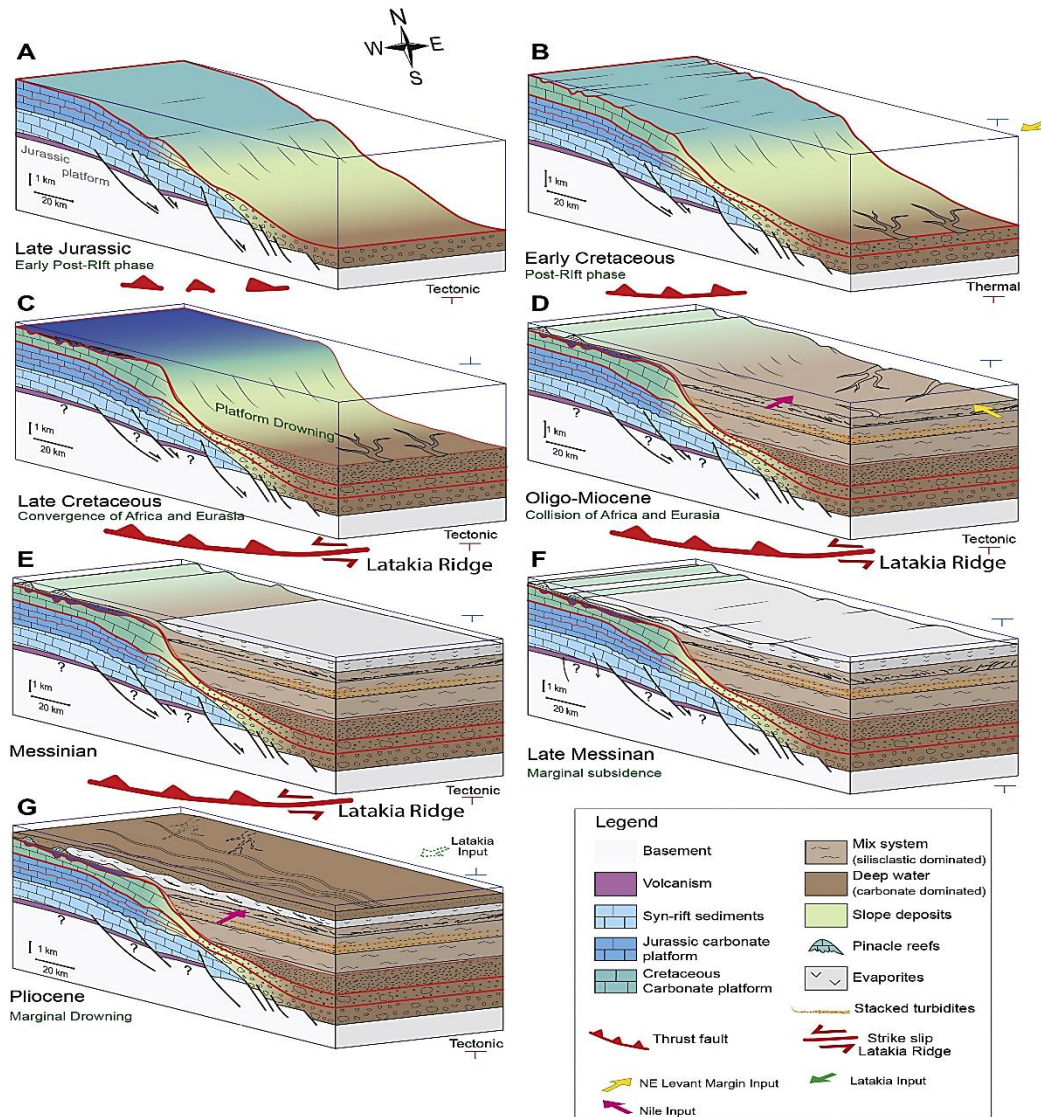
της θάλασσας φαίνεται να σταμάτησε κατά τη διάρκεια του Ύστερου Ολιγόκαινου και οι ρηχοί ασβεστόλιθοι απαντώνται στο πιο ανυψωμένο τμήμα των ECP. Ωστόσο, η πρόσφατη ανακάλυψη του βιογενούς αερίου δείχνει ότι η επέκταση των τριτογενών συσσωρεύσεων νότια των ECP πρέπει να περιοριστεί (Nader et al., 2018).

Γενικά, βάσει των ερευνών που έχουν διεξαχθεί για το δυτικό περιθώριο της Λεκάνης του Λεβάντε και βάσει των ερμηνειών που δόθηκαν από τους ερευνητές, η τεκτονοστρωματογραφική εξέλιξη του δυτικού τμήματος χαρακτηρίζεται από μεμονωμένες ανθρακικές πλατφόρμες του Μεσοζωικού, οι οποίες κυριαρχούσαν στο δυτικό περιθώριο της Λεκάνης. Η συσσώρευση ανθρακικών αλάτων συνδέθηκε με διαφορική καθίζηση μεταξύ των ηπειρωτικών τεμαχίων και της γύρω λεκάνης που ξεκίνησε στο Μέσο Ιουρασικό. Επίσης, θεωρείται ότι η είσοδος των ιζημάτων στη Λεκάνη του Λεβάντε πραγματοποιήθηκε από βόρεια μέσω της περιοχής της Λαττάκειας, νότια από πηγή συνδεόμενη με το Δέλτα του Νείλου, από φαράγγια που βρίσκονται κατά μήκος των ακτών του Ισραήλ και του Λεβάντε, αλλά και από την ανθρακική πλατφόρμα του θαλάσσιου όρους του Ερατοσθένη. Η πλήρωση της βαθιάς λεκάνης του άνω τμήματος του Μειοκαίνου, αναφέρεται ότι πιθανότατα προήλθε από την παραμόρφωση και την αποσυναρμολόγηση του ECP και του κυπριακού τόξου μετά τη σύγκρουση που συνέβη. Τέλος, τα περιβάλλοντα αποθέσεων και η μορφολογία της περιοχής επηρεάστηκε αρκετά από τα βαθιά ύδατα του Νείλου αλλά και από την μεγάλη εισροή πυριτοκλαστικών στη λεκάνη κατά το Μειόκαινο.

3.3 Η τεκτονική εξέλιξη του δυτικού περιθωρίου της Λεκάνης του Λεβάντε μετά την Ιουρασική εποχή

Η περίοδος μετά την δράση του ρήγματος χαρακτηρίστηκε από σημαντική καθίζηση στη λεκάνη του Λεβάντε, όπου κυριαρχούσαν βαθιά θαλάσσια ανθρακικά ιζήματα, με τα περιθώρια της λεκάνης να αποτελούνται από μια επιηπειρωτική υφαλοκρηπίδα. Συγκεκριμένα, ο Collin και οι συνεργάτες του το 2010, μέσω της έρευνάς τους πρότειναν ότι κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ένα ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον και μια σταθερή μορφολογία πλατφόρμας κυριάρχησε σε όλη την περιοχή του Λίβανου. Επίσης, σε άλλη έρευνα έγινε αναφορά στον σχηματισμό Massajid στο αιγυπτιακό περιθώριο, αποκαλύπτοντας ότι μια απομονωμένη πλατφόρμα

αναπτύχθηκε στην κορυφή του Ηπειρωτικού Μπλοκ του Ερατοσθένη (ΕΚΤ) μετά τη ρήξη, όπως φαίνεται στην εικόνα 26 Α.



Εικόνα 26 : Τρισδιάστατο μοντέλο του δυτικού τμήματος της Λεκάνης της Λεβάντας. Η ανάδρομη διάσπαση, η συσσώρευση και η αναβάθμιση απομονωμένων ανθρακικών πλατφορμών επιβεβαιώνονται κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου, ενώ στη λεκάνη επικρατούν μικτές ρυθμίσεις βαθέν υδάτων

Στην Λεκάνη του Λεβάντε έχουν εντοπιστεί και άλλες μεμονωμένες πλατφόρμες όπως οι Rosetta και το Jonah High και άλλες, η κατανομή των οποίων αποδεικνύει τον ισχυρό έλεγχο των δομών syn-rift. Το όριο Ιουρασικού-Κρητιδικού χαρακτηρίζεται από μια περιφερειακή ασυμφωνία που αντιπροσωπεύει ένα στρωματογραφικό χάσμα, ενώ στο χερσαίο Λίβανο, παρουσιάζεται η απουσία των Βερριασίων πετρωμάτων. Κατά τη

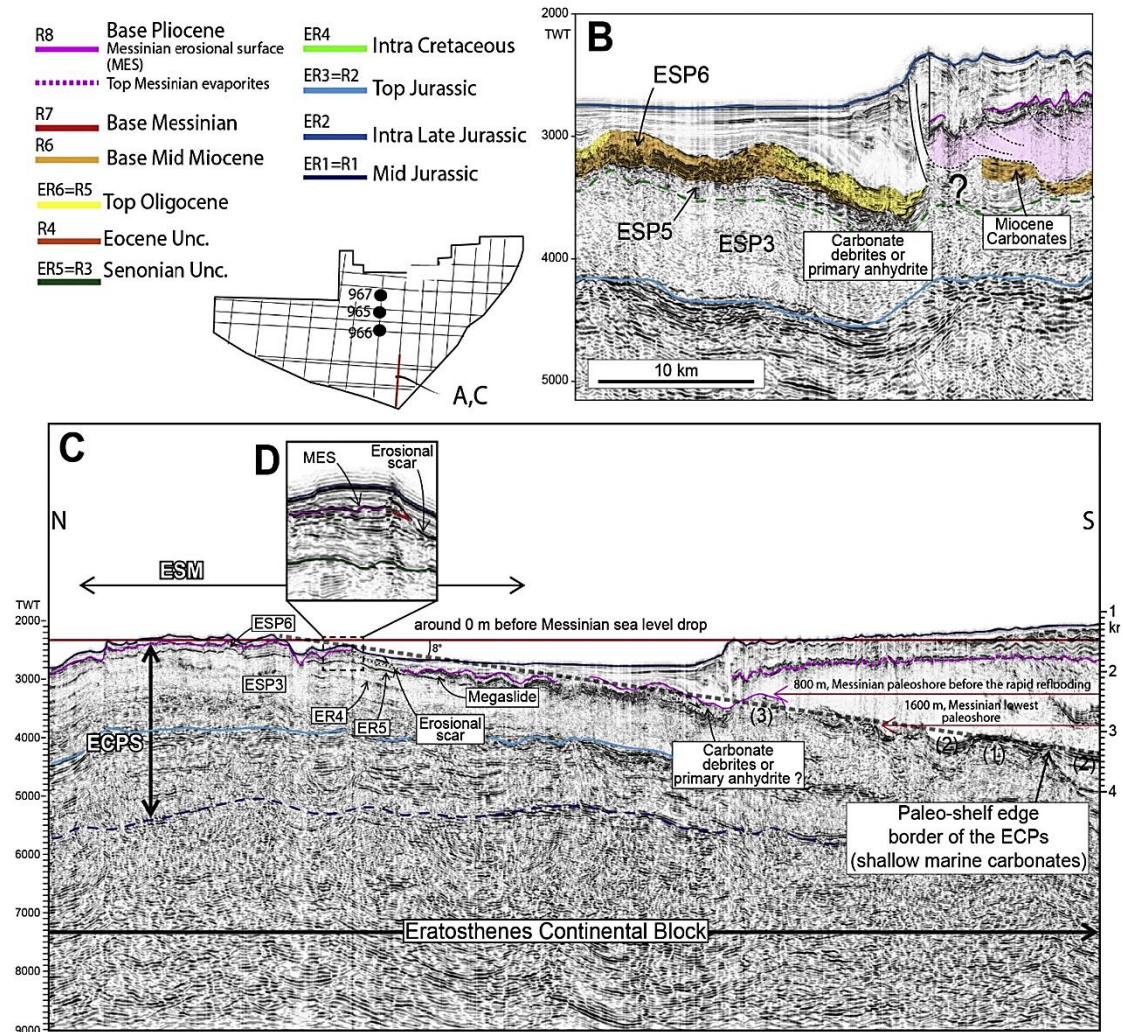
διάρκεια του Πρώιμου Κρητιδικού, μια πολύ πρώιμη έντονη κρητιδική περιφερειακή ανάταση διάβρωσε τις κορυφές και ακολούθησε εναπόθεση ανθρακικού και πυριτοκλαστικού υλικού στη λεκάνη, το οποίο γεγονός εμφανίζει ένα πιθανό μονοπάτι μεταφοράς ιζημάτων, το υποβρύχιο φαράγγι Geva'am, το οποίο πιθανώς να έφτασε στο δυτικό τμήμα του Λεβάντε, με αποτέλεσμα μέρος του SP2 να αποτελείται από μικτές πυριτοκλαστικές και ανθρακικές αποθέσεις. Κατά τη διάρκεια του Απτιανού, η θάλασσα εισέβαλε σε υποθαλάσσιες κρηπίδες λόγω της ανόδου της στάθμης, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό τεράστιων ασβεστολιθικών βράχων από ρουντιστές, στην ξηρά του Λιβάνου. Οι συσσωρεύσεις ανθρακικών αλάτων αυξάνοντας συνεχώς μέχρι το Μέσο Κρητιδικό.

Κατά την περίοδο Cenomanian, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας πλημμύρισε την πλατφόρμα, με αποτέλεσμα την προοδευτική εμβάθυνση των όψεων της εσωτερικής πλατφόρμας μέχρι τον τελική βύθιση. Κατά την Ύστερη Κρητιδική περίοδο, η απόρριψη των οφιολιθών προς τα βόρεια συνέβαλε στην ενίσχυση της καθίζησης του περιθωρίου και της Λεκάνης του Λεβάντε, δημιουργώντας μια ασυμμόρφωση που παρατηρήθηκε στο χερσαίο Λίβανο. Στη συνέχεια, ασβεστόλιθοι και μάργες γέμισαν την λεκάνη. Κατά την περίοδο του Ολιγόκαινου, στη Κύπρο και στο θαλάσσιο όρος του Ερατοσθένη, κυριαρχούσε η ανθρακική καθίζηση και η Λεκάνη του Λεβάντε γέμισε με μικτά πυριτοκλαστικά και ανθρακικά ιζήματα, προερχόμενα από παλαιότερες αλληλουχίες ανθρακικού και ψαμμίτη και μεταφέρθηκαν από το Δέλτα του Νείλου μέσω των υποβρύχων φαραγγιών. Επίσης, η σύγκρουση των πλακών Η συνέβαλε στη διάδοση των ζωνών ώθησης, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό αρκετών λεκάνων νεογενούς στην Κύπρο στις οποίες κυριαρχούσε η ανθρακική καθίζηση. Οι αλλαγές που έλαβαν μέρος στη Μεσόγειο κατά το πρώιμο Μειόκαινο προκάλεσαν την ανάπτυξη των υφάλων κατά μήκος των περιθωρίων και την ανύψωση των ECP λόγω της περιφερειακής συμπίεσης κατά τη σύγκρουση των πλακών, επιτρέποντας τον αποικισμό από υφάλους του Μειόκαινου. Τα περιθώρια της Λεκάνης του Λεβάντε ανυψώθηκαν λόγω του Συστήματος Θραύσης του Λεβάντε με αποτέλεσμα να γίνει πιο έντονη η καθίζηση της Λεκάνης την απόθεση τουρμιτιδίων και ασβεστιουρβιδιτών στη λεκάνη. Επιπλέον, οι έρευνες στη νότια Κύπρο απέδειξαν την ύπαρξη MTC του ανώτερου Μειόκαινου κατά μήκος μιας σχετικά ήπιας πλαγιάς σε μια περιοχή υψηλής σεισμογένεσης. Είναι επομένως πιθανό τόσο τα υπεράκτια όσο και τα χερσαία MTC

να σχετίζονται με το ίδιο σεισμικό γεγονός που μπορεί να συνέβη λόγω της σύγκρουσης μεταξύ του όρους του Ερατοσθένη και της Κύπρου (Nader et al., 2018).

Η ανύψωση των ανθρακικών πλατφορμών του Ερατοσθένη, πιθανότατα συνέβη λόγω μίας συνεχούς παραμόρφωσης που προκλήθηκε από τη σύγκρουση των δύο πλακών, η οποία ξεκίνησε στο Ύστερο Ολιγόκαινο και έφτασε στο αποκορύφωμά της κατά την ύστερη Τορτονιανή. Το αποτέλεσμα της σύγκρουσης ήταν οι πλατφόρμες να αποσυναρμολογηθούν, τα MTC να ανατοποθετηθούν στη βαθιά λεκάνη, και η σύγκρουση με το Κυπριακό Τόξο παραμόρφωσε τα ECPs και την κλίση τους, με αποτέλεσμα την ανύψωσή τους. Η βόρεια πλευρά της δομής που δημιουργήθηκε από αυτή τη παραμόρφωση εμφανίζει μια σημαντική πτώση της στάθμης της θάλασσας, που ισοδυναμεί με την κατακρήμνιση των εξατμιστών στη βαθιά λεκάνη και την τεράστια διάβρωση των περιθωρίων. Οι έρευνες για υδρογονάνθρακες που έχουν γίνει στην περιοχή επιβεβαιώνουν ότι οι αποθέσεις του πρώιμου Πλειόκαινου στην επίπεδη κορυφή των ECP, στηρίζονται σε καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους ρηχού νερού του Μειόκαινου. Επίσης, αποκαλύφθηκαν λεπτά στρώματα γύψου στη βάση του Πλειόκαινου, γεγονός που συνδέει την εμφάνιση του όρους του Ερατοσθένη με τη διάβρωση και τις βαρυτικές αστάθειες κατά τη διάρκεια της Μεσσηνίας. Βάσει των σεισμικών δεδομένων, το νότιο τμήμα των ECP αποτελεί αποσυναρμολόγηση συσσωρεύσεων ανθρακικού Μειόκαινου, που πιθανώς συνέβη κατά το στάδιο της πτώσης της Μεσσηνίας καθώς η κορυφή του SP6 χαρακτηρίζεται από το MES. Ως εκ τούτου, τα χαοτικά πρόσωπα υψηλού πλάτους του ESP6 θα μπορούσαν να είναι ανθρακικά τήγματα και πρωτογενής γύψος. Τα δεδομένα επίσης, έδειξαν ότι η κορυφή των ECP βρισκόταν κοντά στο επίπεδο της θάλασσας λίγο πριν από το MSC. Η ακτινωτή κατηφορική ροή του άλατος ως απάντηση στη βαρυτική εξάπλωση του Νείλου αντισταθμίστηκε από την τεράστια πάχυνση του άλατος στην περιοχή του Ερατοσθένη λόγω της σύγκρουσης με το ανθρακικό ανάχωμα στην κορυφή της κεκλιμένης νότιας άκρης των ECP, με αποτέλεσμα οι ανθρακικές συσσωρεύσεις να λειτουργούν ως παθητικό στήριγμα. Η παρακάτω εικόνα δείχνει ότι εάν τα ECP παραμορφώθηκαν πριν από το MSC, οι συσσωρεύσεις του Μειόκαινου δεν θα είχαν αναπτυχθεί εκτός της περιοχής ESM, καθώς το ήδη βαθιά. Ένα λιγότερο πιθανό σενάριο υποστηρίζει ότι το πραγματικό στήριγμα αποτελείται από έναν ύφαλο του Μειόκαινου και έτσι η κλίση του νότιου μέρος των ECP μπορεί να έχει επιταχυνθεί στο ύστερο Μειόκαινο (Τορτονιανό). Το τρίτο σενάριο που αφορά την ηλικία αυτού του

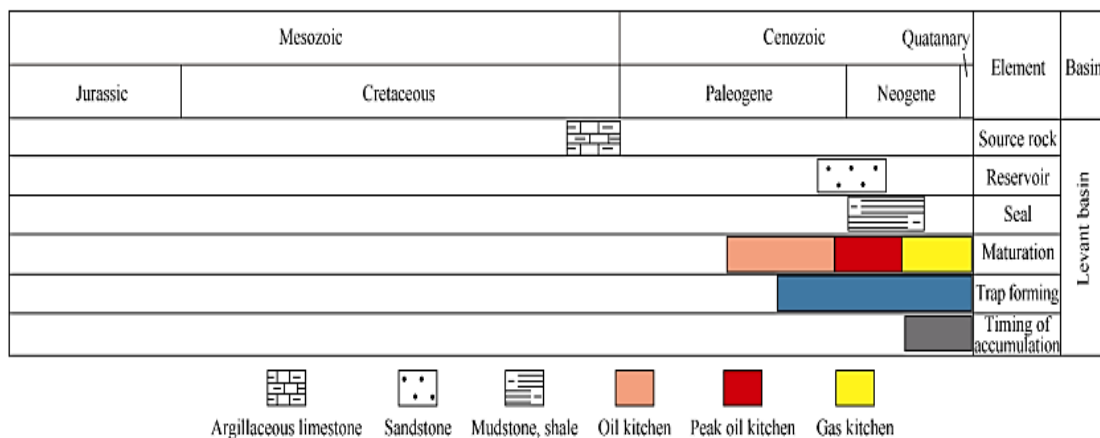
ανθρακικού στηρίγματος θα μπορούσε να είναι η ύστερη Μεσσηνιακή, καθώς οι ανθρακικές πλατφόρμες θα μπορούσαν να έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης της αργής ανόδου της στάθμης της θάλασσας μεταξύ των δύο επιπέδων της παλαιομεσσηνιακής θάλασσας (Nader et al., 2018).



Εικόνα 27 : Σεισμικό προφίλ μετατροπής βάθους που δείχνει τις κύριες γεωμετρίες στο νότιο άκρο των ECP

4. Συσσώρευση και εξερεύνηση υδρογονανθράκων

Μέχρι το 2015, οι έρευνες για την ανακάλυψη πηγαδιών εμπορικής σημασίας στη λεκάνη του Λεβάντε, αποκάλυψαν μια δεξαμενή αερίου από ψαμμίτη. Οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της δεξαμενής αερίου που ανακαλύφθηκε, έχουν καθιερώσει ένα μοντέλο συσσώρευσης υδρογονανθράκων της λεκάνης, με σκοπό να την μελλοντική κατεύθυνση εξερεύνησης στην περιοχή αυτή. Μεγαλύτερη προσοχή δόθηκε στην περίοδο Ολιγόκαινου-Κατώτερου Μειόκαινου στη λεκάνη του Λεβάντε, καθώς η δεξαμενή αερίου φαίνεται να εντοπίζεται στις δομές του ψαμμίτη Tamar Ολιγόκαινου-Κατώτερου Μειόκαινου, ο οποίος σφραγίζεται από τον λασπόλιθο του Μειόκαινου (εικόνα 26) (Xiaobing et al., 2017).



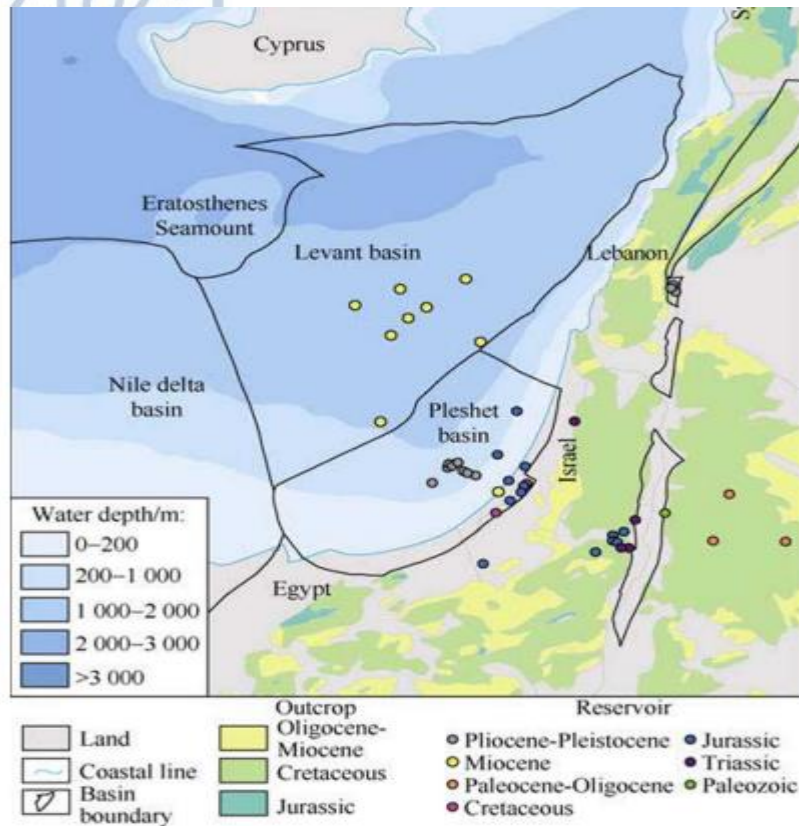
Εικόνα 28 : Η κύρια δομή της λεκάνης του Λεβάντε

Τα κύρια κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου έχουν ανακαλυφθεί σε δεξαμενές του Ιουρασικού και του Κρητιδικού, όπως και στη περιοχή από την λεκάνη της Νεκράς Θάλασσας, έως το ανατολικό τμήμα της λεκάνης του Λεβάντε, όπου είναι μια περιοχή πλούσια σε οργανικές πηγές. Η εξέλιξη της λεκάνης της Νεκράς Θάλασσας και το σεισμικό προφίλ δείχνουν τη συνέχεια των κρητιδικών ιζημάτων στην κατεύθυνση Α-Δ, και η μάργα του ανώτερου Κρητιδικού Όρους Scopus Group είναι ο βράχος πηγής της λεκάνης του Λεβάντε, ο οποίος εισήλθε στο παράθυρο πετρελαίου και αερίου σε βάθος 4 km. Η δεξαμενή του ψαμμίτη Tamar του κατώτερου ολιγόκαινου Μειόκαινου είναι πάχους 140 m, μέσο πορώδες 25% και καλή διαπερατότητα με τον λασπόλιθο του

ανώτερου μειόκαινου να λειτουργεί ως περιφερειακό κάλυμμα. Βάσει σεισμικών δεδομένων, φαίνεται να υπάρχουν κεκλιμένα ρηγματικά τεμάχια Μεσοζωικού και αντικλινικές δομές καινοζωικού ρήγματος από κάτω προς τα πάνω, στις οποίες η δομή αυτή του ψαμμίτη λειτουργεί ως παγίδα των ταμιευτήρων. Από την Κρητιδική, το ηπειρωτικό ανθρακικό ίζημα και η μάργα κυριαρχούν στη λεκάνη του Λεβάντε κυριαρχείται από παθητικό ηπειρωτικό ίζημα από ανθρακικό, μάργα και αργολιθοδομή. Λόγω της ύπαρξης αρκετών ρηγμάτων και ιδιαίτερων δομών, οι υδρογονάνθρακες που παράγονται από το ανώτερο Κρητιδικό Όρος Scopus Group έχουν την δυνατότητα να μεταναστεύσουν κατακόρυφα στον ψαμμίτη Tamar Oligοκαίνου-Κάτω Μειόκαινου (Xiaobing et al., 2017).

Επιπλέον, η τεκτονική εξέλιξη της λεκάνης του Λεβάντε έχει επηρεαστεί από τη σύγκρουση της Αραβικής πλάκας και της Ευρασιατικής πλάκας από το Πλιόκαινο, λόγω των ρηγμάτων που δημιουργήθηκαν. Ωστόσο, η εξάτμιση της Μεσσηνίας του Μειοκαίνου προστάτευσε το λασπόλιθο του Μειόκαινου από την δράση των ρηγμάτων, γεγονός που οφέλησε στη διατήρηση των υδρογονανθράκων, κάνοντας τη λεκάνη του Λεβάντε μια πολύ καλή περιοχή για εξερεύνηση. Οι ταμιευτήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου από ψαμμίτη του Ιουρασικού-Κρητιδικού εναποτίθενται στη λεκάνη του Λεβάντε και απαντώνται στα χερσαία και ρηχά νερά του Ισραήλ με μικρή αποθεματική κλίμακα, όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα παρακάτω.

Επίσης, η πτώση του Τόξου της Συρίας, επηρεάζει τα στρώματα της λεκάνης, τα οποία σταδιακά λεπταίνουν, αλλά και με την ανύψωση το θαλάσσιου όρους του Ερατοσθένη, τα ρήγματα του πρώιμου σταδίου επηρεάζουν τα στρώματα Ιουρασικού-Ηώκαινου. Επιπλέον, το βάθος ταφής του ιζήματος είναι μικρότερο από το κέντρο της λεκάνης, με αποτέλεσμα, στα μεγάλα βάθη στην υπεράκτια περιοχή του Ισραήλ, να έχουν ανακαλυφθεί κοιτάσματα αερίου.

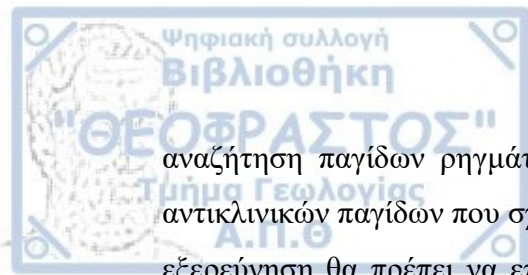


Εικόνα 29 : Δεξαμενές πετρελαίου και φυσικού αερίου

Κατακόρυφα, κατά μήκος των ρηγμάτων, μπορεί να μεταναστεύσει η πηγή στις πιθανές δεξαμενές του ψαμμίτη ή ανθρακικού Ιουρασικού-Κρητιδικού, και τα θραύσματα που προέρχονται από τα ρήγματα και τα αντίκλινα να λειτουργούν ως παγίδες υδρογονανθράκων. Για αυτόν τον λόγο, ο ψαμμίτης και τα ανθρακικά μεσοζωικά βαθέων υδάτων του Ισραήλ αξίζει να ερευνηθούν για την ύπαρξη υδρογονανθράκων. Η δραστηριότητα των ρηγμάτων πρώιμου σταδίου συνεχίστηκε μέχρι και το Ύστερο Κρητιδικό και τα ρήγματα μεσαίου σταδίου είναι πιο ανεπτυγμένα, και επιτρέπουν την μετανάστευση των υδρογονανθράκων και να χρησιμοποιήσουν το ανθρακικό πέτρωμα του Καινοζωικού και τον ψαμμίτη Tamar ως ταμιευτήρες (Xiaobing et al., 2017).

Η λεκάνη της ανατολικής Μεσογείου χαρακτηρίζεται από την δράση ενδοηπειρωτικού ρήγματος και από το ίζημα αποτελούμενο από ψαμμίτη, ανθρακικό και μάργα. Η συμπίεση που υπέστη η Ζώνη του Τόξου της Συρίας στο Ύστερο Κρητιδικό-Ολιγόκαινο, είχε ως αποτέλεσμα την έντονη ανύψωση της Ανατολικής Μεσογείου και τον σχηματισμό του ολιγόκαινου-κατώτερου Μειόκαινου βαθέων υδάτων ψαμμίτη τουρμπιδίτη. Η λεκάνη αποτελείται από τα ρήγματα πρώιμου σταδίου, που ελέγχονται από το ενδοηπειρωτικό ρήγμα, τα ρήγματα μεσαίου σταδίου και τα ρήγματα όψιμου σταδίου. Στην σφηνοειδή λεκάνη του Λεβάντε, η θλιπτική τάση εξασθενεί από βορρά προς νότο και από ανατολή προς δύση. Η δραστηριότητα και η κατανομή των ρηγμάτων μεσαίου σταδίου διαφέρουν τόσο πλευρικά όσο και κατακόρυφα. Επηρεασμένα από τη συμπίεση της σύγκρουσης και τη ζώνη ρήγματος ολίσθησης της Νεκράς Θάλασσας, τα ρήγματα του τελευταίου σταδίου ήταν ενεργά από το Πλιόκαινο, αλλά δεν έχουν διεισδύσει στον παχύ εξαιμιστήρα. Έτσι, οι δεξαμενές πετρελαίου και φυσικού αερίου δεν έχουν υποστεί ζημιές. Οι δεξαμενές αερίου στη λεκάνη του Λεβάντε κατανέμονται κυρίως στον ψαμμίτη Tamar κατώτερου Μειόκαινου του Ολιγόκαινου και σφραγίζονται από τον λασπόλιθο του Μειόκαινου, ο οποίος είναι το κύριο παιχνίδι στη λεκάνη. Η παθητική ηπειρωτική λεκάνη περιθωρίου είναι συνεχής στρωματογραφικά στην κατεύθυνση Α-Δ και δομικά στη Β-Ν κατεύθυνση.

Γενικά, η λεκάνη του Λεβάντε είναι μια μεγάλη, παχιά ιζηματογενής λεκάνη με πετρώματα από την Τριασική έως την πρόσφατη εποχή, η οποία έχει παρουσιάσει διεργασίες παθητικού περιθωρίου και καθίζηση για περισσότερα από 100 εκατομμύρια χρόνια. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η καθίζηση, η ανύψωση και οι τεκτονικές διεργασίες έχουν δημιουργήσει ένα ευνοϊκό καθεστώς για την παραγωγή και την παγίδευση υδρογονανθράκων. Γενικά, από τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής για την εξερεύνηση κοιτασμάτων υδρογονανθράκων στην λεκάνη του Λεβάντε, διεξάγεται το συμπέρασμα ότι ολόκληρη η περιοχή της λεκάνης έχει μεγάλο ενδιαφέρον. Στο νότιο και ανατολικό περιθώριο της λεκάνης, έχουν ήδη πραγματοποιηθεί ερευνητικές γεωτρήσεις για τον υπολογισμό της ποσότητας πετρελαίου ή φυσικού αερίου που υπάρχει στους πιθανούς ταμιευτήρες, ώστε να εκτιμηθεί αν το κοίτασμα είναι εμπορεύσιμο ή όχι. Σύμφωνα με τις αλλαγές των δομικών προτύπων, θα πρέπει να καταβληθούν σημαντικές προσπάθειες για την



αναζήτηση παγίδων ρηγμάτων στην κορυφή των ρηγμάτων πρώιμου σταδίου και αντικλινικών παγίδων που σχετίζονται με τα ρήγματα μεσαίου σταδίου. Στο μέλλον, η εξερεύνηση θα πρέπει να επικεντρωθεί στον μεσοζωικό ψαμμίτη και το ανθρακικό άλας βαθέων υδάτων στις ισραηλινές υπεράκτιες και στον ανθρακικό καινοζωικό βαθέων υδάτων και τον ψαμμίτη Tamar στα ανοιχτά του Λιβάνου.



Βιβλιογραφία

- Aal A. A., El Barkooky A., Gerrits M., Meyer H. J., Schwander M., Zaki H. (2001). Tectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Basin and its Significance for the Hydrocarbon Prospectivity of the Nile Delta Deepwater Area. *GeoArabia*, vol. 6, no. 3 , 363-383.
- Arfai J., Lutz R., Franke D., Gaedicke C., Kley J. (2016). Mass-transport deposits and reservoir quality of Upper Cretaceous Chalk within the German Central Graben, North Sea. *International Journal of Earth Science*, 105 , 797–818.
- Ben-Avraham Z., Ginzburg A. , Makris J., Eppelbaum L. (2002). Crustal structure of the Levant Basin, eastern Mediterranean. *Tectonophysics*, 346 , 23-43.
- Biju-Duval B., Letouzey J., Montadert L. (1978). Structure and evolution of the Mediterranean basins. *France: Institut Français du Pétrole*.
- Bowman S. (2011). Regional seismic interpretation of the hydrocarbon prospectivity of offshore Syria. *GeoArabia*, 16, 95-124.
- Brew G., Barazangi M., Al-Maleh A. K., Sawaf T. (2001). Tectonic and geologic evolution of Syria. *GeoArabia*, 6, 573-616.
- Chaumillon E. , Mascle J., Hoffmann H.J. (1996). Deformation of the western Mediterranean Ridge: Importance of Messinian evaporitic formations. *Tectonophysics*, vol 263, no 1-4 , 163-190.
- Cleintaur M. R., Knox J. G., Ealey P. J (2016). The geology of Cyprus and its place in the eastern Mediterranean framework. *Geologie en Minjbouw*, vol 56, no 1 , 66-82.
- Deloitte. (2018). Oil & Gas in Cyprus, Where potential lies. Larnaca https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cy/Documents/energy-resources/oil-and-gas/CY_EnergyAndResources_OilAndGas_Noexp.pdf
- Druckman Y., Gill D., Fleischer L., Gelbermann E., Wolff O. (1995). Subsurface Geology and Structural Evolution of the Northwestern Negev, Southern Israel. *Israel Journal of Earth Science*, Vol. 44 , 115-135.
- Eaton S. & Robertson A. H. F. (1993). The Miocene Pakhna Formation, southern Cyprus and its relationship to the Neogene tectonic evolution of the Eastern Mediterranean, *Sediment. Geology*, 86 , 273–296.
- Elia C., Konstantopoulos P., Maravelis A., Zelilidis A. (2013). The tectono-stratigraphic evolution of Eastern Mediterranean with emphasis on Herodotus Basin prospectivity for the development of hydrocarbon fields. *Exploration and Exploitation of Mineral Resources*, vol 47, no 4 , <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/geosociety/article/view/11006>.
- Feld C., Weber M., Mechie J. (2014). *Institutional Repository of the University of Potsdam* , https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/7347/file/feld_diss.pdf.
- Feng Y. E., Yankelzon A., Steinberg J., Reshef M. (2016). Lithology and characteristics of the Messinian evaporite sequence of the deep Levant Basin, eastern Mediterranean. *Marine Geology*, 376, 118-131.

Follows E. (1992). Patterns of reef sedimentation and diagenesis in the Miocene of Cyprus. *Sediment. Geol.*, 79 , 225–253 [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(92\)90013-H](https://doi.org/10.1016/0037-0738(92)90013-H).

Frizon de Lamotte D., Raulin C., Mouchot N., Wrobel-Daveau J. C., Blanpied C., Ringenbach J. (2011). The southernmost margin of the Tethys realm during the Mesozoic and Cenozoic: initial geometry and timing of the inversion processes. *Tectonics*, 30 , 1-22.

Gardosh M. A. & Druckman Y. (2014). Seismic stratigraphy, structure and tectonic evolution of the Levantine Basin, offshore Israel . *The Geophysical Institute of Israel*, POB 182 , 201-227.

Gardosh M., Garfunkel Z., Druckman Y., Buchbinder B. (2010). Tethyan rifting in the Levant region and its role in early Mesozoic crustal evolution. *Geological Society, London, Special Publications*, vol 341 , 9-36.

Gardosh M. A., Druckman Y., Buchbinder B., Rybakov M. (2006). The Levant Basin Offshore Israel: Stratigraphy Structure, Tectonic Evolution and Implications for Hydrocarbon Exploration. *Israel : Prepared for the Petroleum Commissioner, Ministry of Infrastructure* .

Garfunkel Z. (1998). Constraints on the origin and history of the eastern Mediterranean basin. *Tectonophysics*, 298 , 5-35.

Gorini C., Hawie N., Deschamps R., Nader F.H., Montadert L., Granjeon D., Baudin F. (2013). Tectono-stratigraphic evolution of the northern Levant Basin (offshore Lebanon) . *Mar. Pet. Geol.*, 48 , 392–409 <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.08.004>.

Granot R. (2016). Palaeozoic oceanic crust preserved beneath the Eastern Mediterranean. *Nature Geoscience*, vol 9 , 701-706.

Hall J., Calon T.J., Aksu A.E. Meade S.R. (2005). Structural evolution of the Latakia Ridge and Cyprus basin at the front of the Cyprus Arc, Eastern Mediterranean sea. *Mar. Geology*, 221 , 261-297.

Hawie N., C. Gorini, R. Deschamps, F. H. Nader, L. Montadert, D. Granjeon, F. Baudin (2013). Tectono-stratigraphic evolution of the northern Levant Basin (offshore Lebanon). *Marine and Petroleum Geology*, 48, 392-410.

Hawie N. (2014). Architecture, geodynamic evolution and sedimentary filling of the levant basin : a 3D quantitative approach based on seismic data. *Architecture, Geodynamic Evolution & Sedimentary Filling of the Levant Basin* , <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00990235>.

Kähler G. & Stow D. A. (1998). Turbidites and contourites of the Palaeogene Lefkara Formation, southern Cyprus. *Sediment. Geol.*, 115 , 215–231.

Kinnaird T. (2008). Tectonic and sedimentary response to oblique and incipient continental – continental collision the easternmost Mediterranean (Cyprus). *University of Edinburgh* , <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/3486>.

Klimke J. & Ehrhardt A. (2014). Impact and implications of the Afro-Eurasian collision south of Cyprus from reflection seismic data. *Tectonophysics*, 626, 105-119.

Lapierre H., Bosch D., Narros A., Mascle G.H., Tardy M., Demant A. (2007). The Mamonia Complex (SW Cyprus) revisited: Remnant of Late Triassic intra-oceanic volcanism along the Tethyan southwestern passive margin. *Geol. Magazine*, 144 , 1-19.

Le Pichon X. & Gaulier J. M. (1988). The rotation of Arabia and the Levant fault system. *Tectonophysics*, vol 153, vo 1-4 , 271-294.

Le Pichon X. & İmren C. (2019). A new approach to the opening of the eastern Mediterranean Sea and the origin of the Hellenic Subduction Zone. Part 1: The eastern Mediterranean Sea. *Canadian Journal of Earth Sciences* , <https://doi.org/10.1139/cjes-2018-0128>.

Loncke L., Gaullier V., Mascle J., Vendeville B., Camera C. (2006). The Nile deep-sea fan: an example of interacting sedimentation, salt tectonics, and inherited sub-salt paleo topographic features. *Mar. Petrol. Geol.*, 23, 297-315.

Montadert L., Nicolaides S., Semb P. H., Lie O. (2014). Petroleum Systems Offshore Cyprus. Cyprus Ministry of Commerce, Industry and Tourism. *AAPG Special Volumes* , 301-334.

Nader F. H., Papadimitriou N., Gorini C., Deschamps R., Symeou V., Lecomte J. C. (2018). Tectono-stratigraphic evolution of the western margin of the Levant Basin (offshore Cyprus). *Marine and Petroleum Geology*, 91, 683-705
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264817218300503?via%3Dihub>.

Papadimitriou N., Deschamps R., Symeou V., Souque Ch., Gorini C., Nader F. H., Blanpied C. (2018). The tectonostratigraphic evolution of Cenozoic basins of the Northern Tethys: The Northern margin of the Levant Basin. *Rev. IFP Energies nouvelles* 73, 77 ,
<https://doi.org/10.2516/ogst/2018085>.

Parlak O., Robertson A.H.F., Ustaomer T. (2012). Overview of the Palaeozoic-Neogene evolution of Neotethys in the Eastern Mediterranean region (southern Turkey, Cyprus, Syria). *Pet. Geoscience*, 18 , 381–404 <https://doi.org/10.1144/petgeo2011-091>.

Payne A. S. & Robertson A. H. F. (2000). Structural evolution and regional significance of the Polis graben system western Cyprus. *Third International Conference on the Geology of the Eastern Mediterranean* , 45–59.

Pérouse E., Chamot-Rooke N., Rabaute A., Briole P., Jouanne F., Georgiev I., and Dimitrov D. (2012). Bridging onshore and offshore present-day kinematics of central and eastern Mediterranean: Implications for crustal dynamics and mantle flow. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol 13 .

Reeder M. S., Rothwell R. G., VStow D. A. (2000). Influence of sea level and basin physiography on emplacement of the late Pleistocene Herodotus Basin Megaturbidite, SE Mediterranean Sea. *Marine and Petroleum Geology*, vol 17, no 2 , 199-218.

Reiche S., Hübscher C., Ehrhardt A. (2016). The impact of salt on the late Messinian to recent tectonostratigraphic evolution of the Cyprus subduction zone. *Basin Res.*, 28 , 569–597
<https://doi.org/10.1111/bre.12122>.

Robertson A. H. F. & Dixon J. E. (1984). Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. *Geological Society, London, Special Publications*, 17 , 1-74
<https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1984.017.01.02>.

Robertson A. H. F. & Mountrakis D.(2006). Tectonic development of the Eastern Mediterranean region: an introduction . *Geological Society, London, Special Publications*, 260 , 1-9.

Robertson A.H.F., Kidd R.B., Ivanov M.K., Limonov A.F., Woodside J.M., Galindo-Zalivar J., Nieto L. (1995). Eratosthenes Seamount: collisional processes in the easternmost Mediterranean in relation to the Plio–Quaternary uplift of southern Cyprus. *Terra Nova* 7 , 254-264.

Robertson A. H. F. (1998). Tectonic significance of the Eratosthenes Seamount: a continental fragment in the process of collision with a subduction zone in the eastern Mediterranean (Ocean Drilling Program Leg 160). *Tectonophysics*, vol 298, no 1-3 , 63-82.

Robertson A. H. F. (1998). Tectonic significance of the eratosthenes seamount: a continental fragment in the process of collision with a subduction zone in the eastern mediterranean (ocean drilling program leg 160). *Tectonophysics*, vol 298 , 63-82.

Sagy Y., Gvirtzman Z., Reshef M. (2018). 80 m.y. of folding migration: new perspective on the Syrian Arc from Levant basin analysis. *Geology*, 46 , <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article-abstract/46/2/175/525528/80-m-y-of-folding-migration-New-perspective-on-the?redirectedFrom=fulltext>.

Schattner U. & Ben-Avraham Z. (2007). Transform margin of the northern Levant, eastern Mediterranean: from formation to reactivation. *Tectonics*, vol 26, no 5 , 10.1029/2007TC002112.

Schattner U. & Lazar M. (2014). Flip convergence across the Phoenician basin through nucleation of subduction. *Gondwana Res.*, vol 25, no 2 , 729-735.

Segev A. & Eshet Y. (2003). Significance of Rb/Sr age of early Permian volcanics, Helez deep 1A borehole, Central Israel. *Afr. Geosc. Rev.*, vol 10, no 4 , 333-345.

Speranza F., Minelli L., Pagnatelli A., Chiappini M. (2012). The Ionian Sea: The oldest in situ ocean fragment of the world? *Journal of Geophysical Research*, vol 117 .

Stampfli G. M. & Borel G. D. (2002). A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary Science Letters*, vol 196 , 17-33.

Symeou V., Homberg C., Nader F., Darnault R., Lecomte J.C., Papadimitriou N. (2017). Longitudinal and temporal evolution of the tectonic style along the Cyprus Arc system, assessed through 2-D reflection seismic interpretation: Tectonic style of the Cyprus Arc system. *Tectonics*, 37 , 30-47 <https://doi.org/10.1002/2017TC004667>.

Tassy A., Grouzy E., Gorini C., Rubino J. L., Bouroulllec J., Sapin F. (2015). Egyptian tethyan margin in the Mesozoic: evolution of a mixed carbonate siliciclastic shelf edge (from the western desert to Sinai). *Mar. Petrol. Geol.*, 68 , 565-581.

Tingay M., Bentham P., De Feyter A., Kellner A. (2012). Evidence for non-Andersonian faulting above evaporites in the Nile Delta. *Geological Society*, vol 367 , 155-170 doi: 10.1144/SP367.11.

Ustaomer T., Robertson A.H.F., Parlak O. (2012). Overview of the Palaeozoic-Neogene evolution of Neotethys in the Eastern Mediterranean region (southern Turkey, Cyprus, Syria). *Pet. Geoscience*, 18 , 381-404.

Vidala N., Alvarez-Marrón J., Klaeschen D. (2000). Internal configuration of the Levantine Basin from seismic reflection data (eastern Mediterranean). *Earth and Planetary Science Letters*, vol 180, no 1-2 , 77-89.

Wikimedia, (2013, 11 16). File:Levant Basin.png. Ανάκτηση 8 2, 2022, από Wikimedia Commons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ALevant_Basin.png



Xiaobing L., Guangya Z., Zhixin W., Zhaoming W., Chengpeng S., Zhiping L., Zhengjun H. (2017). Structural characteristics and petroleum exploration of Levant Basin in Eastern Mediterranean . *Petroleum Exploration and Development*, 44, 573–581.

Zhou D. (2014). Marginal Seas. *Encyclopedia of Marine Geosciences* , 5-10.

Ziegler P. (1990). Geological Atlas of Western and Central Europe. *The Hague* , 239.

Zverev S. M. & Ilinsky D. A. (2005). The deep structure of eratosthenes seamount : Geological Framework of the Levant, vol 3. *Historical Productions-Hall*, vol 2 , 73-112.

ΥΓΑΑΠ, Υπουργείο Γεωργίας Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος (2016). Η Γεωλογία της Κύπρου. Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης , [http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/All/1C604EE1D4C5580FC225839400340049/\\$file/%CE%97%20%CE%93%CE%95%CE%A9%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%9A%CE%A5%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A5%20%20WEB.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/All/1C604EE1D4C5580FC225839400340049/$file/%CE%97%20%CE%93%CE%95%CE%A9%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%9A%CE%A5%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A5%20%20WEB.pdf?OpenElement).