

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Ιωάννου Παρασκευούλα

ΤΙΤΛΟΣ
ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΝΟΤΙΟ - ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής
Γεωργακόπουλος Ανδρέας

Εισαγωγή

Αυτή η γη από αρχαιοτάτων χρόνων έδωσε στους κατοίκους της πολλά. Όπως για παράδειγμα τον χαλκό, καθιστώντας την Κύπρο για τρεις χιλιάδες χρόνια ως κέντρο παραγωγής. Τότε ήταν στρατηγικό μέταλλο.

Η φύση προίκισε πλουσιοπάροχα με ενεργειακούς πόρους το νησί. Σήμερα, στρατηγικής σημασίας είναι τα κοιτάσματα υδρογονανθράκων που αναβαθμίζουν τη γεωστρατηγική σημασία της χώρας μας στον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη, ανοίγοντας ευοίωνες οικονομικές προοπτικές.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εντοπιστεί πολύτιμα αγαθά και στον υποθαλάσσιο χώρο της Κύπρου. Το Σεπτέμβριο του 2011 άρχισε η όρυξη γεώτρησης, για τον εντοπισμό υδρογονανθράκων στο block με τον αριθμό 12. Στο block αυτό δόθηκε το όνομα «Αφροδίτη».

Οι Υδρογονάνθρακες βρίσκονται σαν φυσικά αποθέματα αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου, κάτω από τον βυθό της θάλασσας. Στην εποχή μας έχουν τεράστια σημασία αφού αποτελούν τους κυριότερους ενεργειακούς πόρους.

Το αργό πετρέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο ή για κατασκευή δρόμων ή ως λιπαντικό κ.α.

Το φυσικό αέριο υπερτερεί του πετρελαίου γιατί έχει χαμηλότερο κόστος παραγωγής και, αφού υγροποιηθεί, ευκολότερη μεταφορά ως υγροποιημένο Φ.Α. Επίσης, η καύση του έχει σχεδόν μηδαμινή επιβάρυνση στην ατμόσφαιρα.

Η ανεύρεση φυσικού αερίου στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη (ΑΟΖ) της Κύπρου, δημιουργεί νέες και μεγάλες προοπτικές για τη χώρα μας στο γεωστρατηγικό, πολιτικό και οικονομικό πεδίο. Ανοίγει νέες προοπτικές για το μέλλον του νησιού και μεγάλη οικονομική ανάπτυξη, από την οποία θα επωφεληθούν τόσο οι σημερινές όσο και οι επόμενες γενιές.

Τον τελευταίο καιρό οι έρευνες που έχουν γίνει με βάση το φυσικό αέριο έχουν επικεντρωθεί στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Μεσογείου. Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει το Ισραήλ, το Λίβανο, την Κύπρο, την Συρία μέχρι και την περιοχή του ποταμού Νείλου. Η Νοτιοανατολική Μεσόγειος έχει γίνει κέντρο έρευνας και εξερεύνησης λόγω της τεράστιας σημασίας της σε διάφορες επιστήμες. Πάρα πολλοί επιστήμονες έχουν συγκεντρώσει το ενδιαφέρον τους στις έρευνες παραθέτοντας ο καθένας τις δικές του μελέτες. Οι εργασίες αυτές έχουν ως κύριο θέμα τη γεωλογική δομή των διαφόρων λεκανών της Νοτιοανατολικής Μεσογείου με παρουσία υδρογονανθράκων καθώς και την Μεσσηνιακή κρίση αλμυρότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Φυσικό Αέριο

Το φυσικό αέριο είναι ένα **ορυκτό καύσιμο** που σχηματίζεται όταν μεγάλες ποσότητες οργανικής ύλης (θαμμένα φυτά και ζώα) εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις κατά τη διάρκεια χιλιάδων χρόνων.

Είναι ένα μίγμα από υδρογονάνθρακες σε αέρια μορφή και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο. Το φυσικό αέριο που όταν δημιουργείται δεν είναι και τόσο καθαρό, το βρίσκουμε στις περισσότερες περιπτώσεις στο υπέδαφος με βαθιές γεωτρήσεις. Τα υπολείμματα από φυτική και ζωική ύλη που βρέθηκαν κάποτε στην επιφάνεια της Γής, εξαιτίας διάφορων γεωλογικών ανακατατάξεων, υποχώρησαν και θάφτηκαν στο εσωτερικό της γης για πολύ καιρό κάτω από τεράστιες ποσότητες λάσπης και άλλων ιζημάτων, που τους άσκησαν επίσης τεράστια πίεση.

1.1 Θερμογενές Φυσικό Αέριο

Όσο παραχωρούμε προς το εσωτερικό της Γής η θερμοκρασία αυξάνεται. Θερμοκρασία και πίεση έχουν ως αποτέλεσμα να σπάζουν οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων άνθρακα της ζωικής και φυτικής ύλης για να παραχθεί τελικά το λεγόμενο «θερμογενές αέριο».

Ένας πρακτικός κανόνας λέει ότι πιο κοντά στην επιφάνεια οι συνθήκες ευνοούν την παραγωγή πετρελαίου, ενώ πιο βαθιά, πέρα από τα τρία χιλιόμετρα, βρίσκουμε περισσότερο φυσικό αέριο.

1.2 Βιογενές Φυσικό Αέριο

Επίσης, φυσικό αέριο παράγεται όταν η ύλη που προέρχεται από διάφορους ζωντανούς οργανισμούς διασπάται με τη μεσολάβηση των λεγόμενων

μεθανιογόνων μικροοργανισμών και προκύπτει μεθάνιο, που ονομάζεται «βιογενές αέριο». Αυτοί οι μικροοργανισμοί απαντώνται κοντά στην επιφάνεια της Γής όπου έχουμε έλλειψη οξυγόνου άλλα και στο πεπτικό σύστημα των περισσότερων ζώων και του ανθρώπου. Ένας τρίτος τρόπος παραγωγής μεθανίου διενεργείται μέσω αβιογενών διαδικασιών. Πολύ βαθιά κάτω από την επιφάνεια της Γής υπάρχουν αέρια πλούσια σε υδρογόνο και μόρια άνθρακα και καθώς ανέρχονται προς την επιφάνεια συναντώντας διάφορα μεταλλικά στοιχεία παράγονται πρώτα άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, αργό και νερό και στη συνέχεια κάτω από την επίδραση της τεράστιας πίεσης δίδουν τελικά και μεθάνιο.

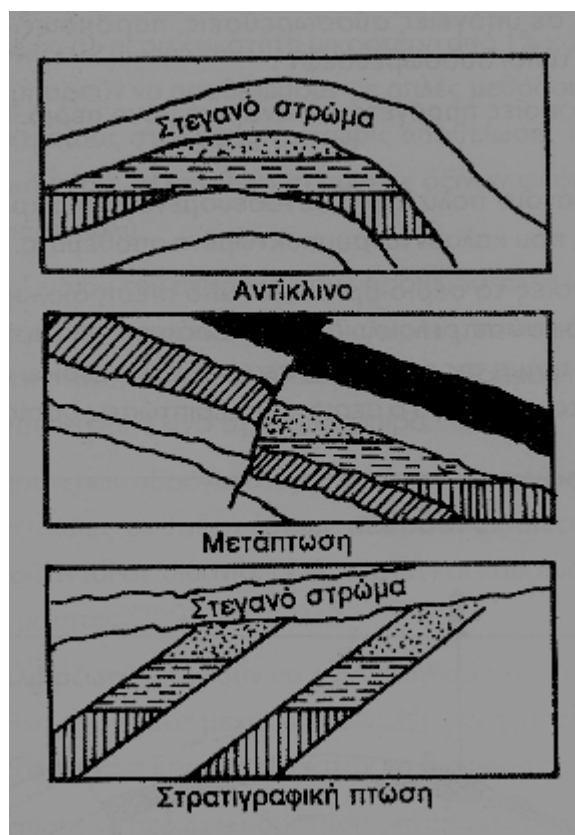
1.3 Τα Κοιτάσματα και η Εκμετάλλευσή τους

Το φυσικό αέριο δημιουργήθηκε πριν από πολλά εκατομμύρια χρόνια στους πυθμένες θαλασσών από μεγάλες ποσότητες μικροοργανισμών, την απουσία αέρα και υπό την επίδραση βακτηριδίων.

Κατά τη διάρκεια γεωλογικών αιώνων, δηλ. σε εκατομμύρια έτη, το υλικό αυτό βυθίσθηκε και καταπλακώθηκε από μεγάλα στρώματα γης. Το αέριο που παράχθηκε κατ' αυτόν τον τρόπο κατέφυγε στους πόρους του μητρικού στρώματος, όπου και συγκρατήθηκε προσωρινά.

Αργότερα, και κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, το αέριο αυτό μετακινήθηκε σε άλλες στρωματικές δομές, στις οποίες το βρίσκουμε και σήμερα, και που ονομάζονται πετρώματα – ταμιευτήρες (reservoir rocks).

Αυτές οι δομές προϋποθέτουν ένα πλήρως στεγανό στρώμα καλύψεως, το οποίο μπορεί να είναι ένα αντίκλινο, μια μετάπτωση κ.ά.



Τέτοιες δομές, που ερευνώνται με διάφορες μεθόδους, χαρακτηρίζονται σαν ελπιδοφόρες, όσον αφορά στην ύπαρξη υδρογονανθράκων.

Κύριες μέθοδοι έρευνας είναι η μαγνητική και η σεισμική. Κατά τη μαγνητική μέθοδο προσδιορίζονται απομακρύνσεις από την κανονική κατανομή του μαγνητικού πεδίου, που μπορούν να καθορισθούν και από αεροπλάνο ή ελικόπτερο.

Κατά τη σεισμική μέθοδο προκαλούνται τεχνητές ταλαντώσεις του εδάφους, που έχουν για πάχος διαφόρων στρωμάτων διαφορετικό χρόνο διέλευσης.

Επίσης, τα σεισμικά κύματα ανακλώνται μερικώς στις επιφάνειες των διαφόρων στρωμάτων. Οι επιστρέφουσες ταλαντώσεις συλλαμβάνονται από ειδικά όργανα (τα γεώφωνα). Οι πληροφορίες αυτές επεξεργάζονται κατάλληλα και δίνουν πλήρη εικόνα του υπεδάφους.

Δεν αναφέρουν όμως τίποτα για το αν αυτές οι δομές του υπεδάφους, οι οποίες μπορεί να είναι ελπιδοφόρες, περιέχουν ή όχι υδρογονάνθρακες. Αυτό μπορεί να προσδιορισθεί μόνο με γεωτρήσεις. Αυτές κατά μέσο όρο έχουν βάθος από 2.500 έως 3.000 m, ενώ υπάρχουν περιπτώσεις γεωτρήσεων που φθάνουν τα 6.000 m. Η

επιτυχής έκβαση αυτών (εύρεση υδρογονανθράκων) είναι της τάξεως του 10 έως 20%.

1.4 Συστατικά και ιδιότητες του Φυσικού Αερίου.

Το φυσικό αέριο αποτελείται από υδρογονάνθρακες με πολύ χαμηλό σημείο βρασμού. Το κύριο συστατικό του, το μεθάνιο, έχει σημείο βρασμού -154°C ενώ το σημείο βρασμού για το αιθάνιο είναι -89°C , για το προπάνιο είναι -42°C και τέλος για το βουτάνιο είναι $-0,5^{\circ}\text{C}$. Το φυσικό αέριο υγροποιείται σε θερμοκρασία άνω των -162°C .

1.5 Οι Χρήσεις – Εφαρμογές του Φυσικού Αερίου.

1.5.1 Στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Με τη συνεχή ανάπτυξη και βελτίωση της τεχνολογίας, οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμένο κύκλο και η από κοινού παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού από τις υπάρχουσες ενεργειακές εγκαταστάσεις είναι οι καλύτερες δυνατές επιλογές από πλευράς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χαμηλή περιβαλλοντολογική επίπτωση.

1.5.2 Στη Βιομηχανία.

Η χρήση του φυσικού αερίου στη βιομηχανία μπορεί να χωριστεί σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Απευθείας θερμική χρήση, κυρίως από βιομηχανίες παραγωγής κατασκευαστικών υλικών (τσιμέντου, μετάλλων, κεραμικών υλικών).

2. Έμμεση θερμική χρήση (συνήθως μέσω της παραγωγής ατμού), κυρίως από χημικές βιομηχανίες και βιομηχανίες χαρτιού, τροφίμων, υφαντουργίες κ.α.

3. Ως πρώτη ύλη, από τις βιομηχανίες αμμωνίας, μεθανίου, αιθυλενίου, προπυλενίου.

1.5.3 Στον Εμπορικό τομέα.

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ευρέως στον εμπορικό τομέα κυρίως για θέρμανση, παραγωγή ζεστού νερού, στη μαγειρική, καθώς και σε άλλες εξειδικευμένες χρήσεις. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2020 η κατανάλωση αερίου από τον εμπορικό τομέα θα έχει αυξηθεί στο 33% της συνολικής κατανάλωσης αερίου από τα δίκτυα χαμηλής πίεσης.

1.5.4 Στον οικιακό τομέα.

Η ανάπτυξη της χρήσης του αερίου ως καυσίμου στον οικιακό τομέα χρονολογείται από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Η χρήση του στη μαγειρική, τη θέρμανση νερού και χώρων (με λέβητες φυσικού αερίου), καθώς και τον κλιματισμό έχει προσφέρει μεγάλη ευκολία, ταχύτητα και οικονομία, αντικαθιστώντας έτσι τις άλλες πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό. Σε διεθνές επίπεδο, το 1/3 περίπου της παραγωγής φυσικού αερίου χρησιμοποιείται από τον οικιακό τομέα.

Η πίεση στην οποία δουλεύουν οι οικιακές συσκευές είναι 18-23 mbar με συνέπεια να υπάρχει πληθώρα συσκευών και αυτοματισμών ώστε να διατηρείται σταθερή η πίεση αυτή.

Ανάλογα με την προέλευση του φυσικού αερίου μεταβάλλεται και η θερμογόνος δύναμη του. Έτσι, η θερμογόνος δύναμη του αερίου μεταβάλλεται μεταξύ των τιμών 7.224 Kcal και 11.266 Kcal.

1.5.5 Στις Μεταφορές.

Η πρώτη χρήση του φυσικού αερίου στις μεταφορές καταγράφηκε σχεδόν ταυτόχρονα με την είσοδο των μηχανών εσωτερικής καύσης από τον τομέα της μεταφοράς.

Παγκοσμίως, υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη χρήση του αερίου για μεταφορά και ειδικότερα από τα μέσα μαζικής μεταφοράς, λεωφορεία και φορτηγά, λόγω της οικονομίας που προσφέρει ως καύσιμο και της φιλικότητάς του προς το περιβάλλον. Αλλά και η χρήση του σε ιδιωτικά οχήματα συνεχώς αυξάνεται. Μεγάλοι κατασκευαστές αυτοκινήτων αναπτύσσουν με ταχείς ρυθμούς την σχετική τεχνολογία για την χρήση του αερίου ως υποκατάστατου και ανταγωνιστικού καυσίμου.

2. Γεωλογία της Κύπρου

2.1 Η γεωλογική εξέλιξη της Κύπρου

Η γένεση και μετεξέλιξη της Κύπρου συντελέστηκαν μέσα από μια σειρά τεκτονικών επεισοδίων. Η γένεση της άρχισε με την καταβύθιση της αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα της Ευρασίας και τη δημιουργία του Οφιόλιθου του Τροόδους (Ανώτερο Κρητιδικό, 90 εκ. χρόνια), συνεχίστηκε με την αποκόλληση και αριστερόστροφη περιστροφή του κατά 90° και την προσκόλληση σ' αυτό παλαιότερων πετρωμάτων ηλικίας 230 μέχρι 75 εκ. χρόνων στη νότια και δυτική περιφέρεια του (Ζώνη Μαμωνιών).

Στην εξέλιξη ακολούθησε σχετική τεκτονική ηρεμία, που επικράτησε στην περίοδο από 75 μέχρι 10 εκατομμύρια χρόνια πριν και χαρακτηρίστηκε από την απόθεση θαλάσσιων ασβεστολιθικών ιζημάτων και τη βαθμιαία μείωση του βάθους των θαλασσών (Σχηματισμοί Λευκάρων και Πάχνας). Η προσκόλληση της οροσειράς του Πενταδακτύλου στη βόρεια πλευρά της Ζώνης του Τροόδους και η ανύψωση της Κύπρου στη σημερινή της σχεδόν μορφή ξεκίνησε το Μειόκαινο (10-15 εκ. χρόνια) και αποτέλεσε το προτελευταίο τεκτονικό επεισόδιο.

Στο τέλος του Μειόκαινου (6 εκ. χρόνια), στο βορειότερο τμήμα της περιοχής που θα αποτελούσε την Κύπρο, μια σειρά από αλλόχθονους ασβεστόλιθους (Ζώνη Πενταδακτύλου) επωθήθηκε νότια πάνω στις παρυφές της Ζώνης του Τροόδους, πτυχώνοντας και εκτοπίζοντας όλα τα νεότερα ιζήματα που συνάντησε στην πορεία της. Ανατολικά της Κύπρου, η Τηθύς θάλασσα έκλεισε και η Μεσόγειος απέκτησε σχεδόν το σημερινό της σχήμα.

Η επανένωση της Μεσογείου με τον Ατλαντικό (μέσω του Γιβραλτάρ), ο κατακλυσμός της από τα νερά του Ατλαντικού και η ανύψωση της στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας είχε ως αποτέλεσμα την εκ νέου απόθεση ιζημάτων, που αντιπροσωπεύονται σήμερα από τις μάργες και τους ασβεστολιθικούς ψαμμίτες (πωρόλιθους) των Σχηματισμών Λευκωσίας και Αθαλάσσας.

Η απότομη ανύψωση του χώρου της Κύπρου έγινε κατά το Πλειστόκαινο, πριν από 2 περίπου εκατομμύρια χρόνια (τελευταίο τεκτονικό επεισόδιο), οπότε αναδύθηκαν το σημερινό Τρόοδος και ο Πενταδάκτυλος σε υψόμετρα πολύ πιο ψηλά από τα σημερινά. Η ανύψωση αυτή, συνδυασμένη με έντονη βροχόπτωση, είχε ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη διάβρωση των οροσειρών, κυρίως εκείνης του Τροόδους, και τη μεταφορά τεράστιων ποσοτήτων προϊόντων διάβρωσης (κλαστικές αποθέσεις) που αποτέθηκαν στις κοιλάδες των μεγάλων ποταμών και στο χώρο της Μεσαορίας, σχηματίζοντας τα κλαστικά πλειστοκαινικά ιζήματα (Σύναγμα).

2.2 Η γεωλογική δομή της Κύπρου

Η Ζώνη των αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων, ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού - Πλειστόκαινου (67 εκ. χρόνια μέχρι πρόσφατα), καλύπτει κυρίως το χώρο μεταξύ των Ζωνών Πενταδακτύλου και Τροόδους (Μεσαορία) καθώς και το νότιο τμήμα του νησιού. Αποτελείται από μπεντονίτες, ηφαιστειοκλαστικά, συνονθύλευμα πετρωμάτων (melange), μάργες, κρητίδες, κερατόλιθους, ασβεστόλιθους, ασβεστολιθικούς ψαμμίτες, εβαπορίτες και κλαστικά ιζήματα.

Η γεωλογική ιστορία της Κύπρου από το Ανώτερο Κρητιδικό (67 εκ. χρόνια) χαρακτηρίζεται από ιζηματογένεση σε μια θάλασσα που συνεχώς γίνεται πιο αβαθής. Η ιζηματογένεση αυτή άρχισε με την απόθεση του Σχηματισμού Κανναβιού (μπεντονίτες, ηφαιστειοκλαστικά). Από το Παλαιόκαινο (65 εκ. χρόνια) η ιζηματογένεση έγινε ανθρακική με την απόθεση του Σχηματισμού Λευκάρων, που αποτελείται από πελαγικές μάργες και κρητίδες χαρακτηριστικού λευκού χρώματος με παρουσία ή μη κερατόλιθων. Η κλασσική ανάπτυξη του εν λόγω Σχηματισμού αντιπροσωπεύεται με τέσσερα στρωματογραφικά μέλη: α) τις Κατώτερες Μάργες, β) τις Κρητίδες με στρώσεις Κερατόλιθων, γ) τις συμπαγείς Κρητίδες και δ) τις Ανώτερες Μάργες.

Πάνω από τον Σχηματισμό Λευκάρων ακολουθούν τα ιζήματα του Σχηματισμού Πάχνας (Μειόκαινο, 22 εκ. χρόνια), που αποτελούνται κυρίως από υποκίτρινες μάργες και κρητίδες. Το κιτρινωπό χρώμα, η παρουσία στρώσεων ασβεστολιθικού ψαμμίτη, και η κατά τόπους ανάπτυξη κροκαλοπαγών αποτελούν τα χαρακτηριστικά διάκρισης του Σχηματισμού Πάχνας από τον Σχηματισμό Λευκάρων. 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).

Στη συνέχεια ακολούθησε η απόθεση των εβαποριτών του Σχηματισμού Καλαβασού κατά το τέλος του Μειόκαινου (Μεσσήνιο, 6 εκ. χρόνια), ως 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. Η γύψος απαντάται σε τέσσερις τύπους: το σακχαροειδή (κρυσταλλικό), τον ελασματοειδή (‘μάρμαρο’), το σελενίτη (διαφανή με μεγάλους δίδυμους κρυστάλλους) και το αλάβαστρο (συμπαγής ημιδιαφανής).

Με την επανένωση της Μεσογείου με τον Ατλαντικό Ωκεανό άρχισε ένας νέος κύκλος ιζηματογένεσης (Πλειόκαινο, 5 εκ. χρόνια). Πρώτος εναποτέθηκε ο Σχηματισμός Λευκωσίας, που αποτελείται από ιλύολιθους (κίτρινους και γκρίζους) και στρώσεις ασβεστολιθικού ψαμμίτη και μάργας. Ακολουθεί ο Σχηματισμός Αθαλάσσας (Πλειο- Πλειστόκαινο , 2 εκ. χρόνια), που αποτελείται από στρώσεις ασβεστολιθικού ψαμμίτη με ενδιάμεσες στρώσεις αμμούχας μάργας. Τέλος, αναπτύσσεται το Σύναγμα, που είναι πλειστοκαινικός σχηματισμός και αποτελείται από κλαστικές αποθέσεις.

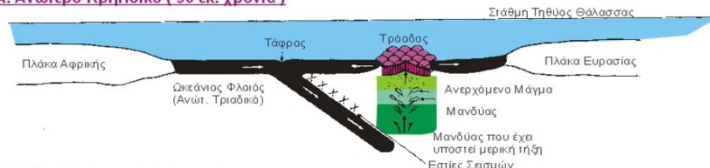
Τα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα αποτελούν τους πιο σημαντικούς υδροφορείς του νησιού. Αναπτύσσονται κυρίως στις κοιλάδες και τα δέλτα των ποταμών και σχηματίζουν υδροφορείς που αναπτύσσονται στην δυτική και ανατολική Μεσαορία, το Ακρωτήρι και την Πάφο. Υδροφορείς αναπτύσσονται επίσης μέσα σε πορώδη πετρώματα, (ασβεστολιθικοί ψαμμίτες), καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους και γύψους καθώς επίσης σε διαρρηγμένα πετρώματα όπως είναι οι κρητίδες, οι ασβεστόλιθοι κλπ.

Τα ιζηματογενή πετρώματα αποτελούν τις κύριες πηγές βιομηχανικών ορυκτών. Τα κυριότερα από αυτά είναι η γύψος (χρησιμοποιείται στην κατασκευή επιχρισμάτων και στη τσιμεντοβιομηχανία), οι άργιλοι στην τουβλοποιΐα, οι

μάργες και οι κρητίδες στην τσιμεντοβιομηχανία, ο μπεντονίτης και ο σελεσίτης στη βιομηχανία, και η πέτρα δόμησης στις κατασκευές.

**Σχηματική απεικόνιση της δημιουργίας του Οφιόλιθου του Τροόδους (Α)
και της γεωλογικής εξέλιξης της Κύπρου (Β-Δ)**

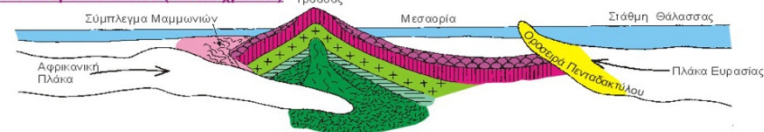
Α. Ανώτερο Κρητιδικό (90 εκ. χρόνια)



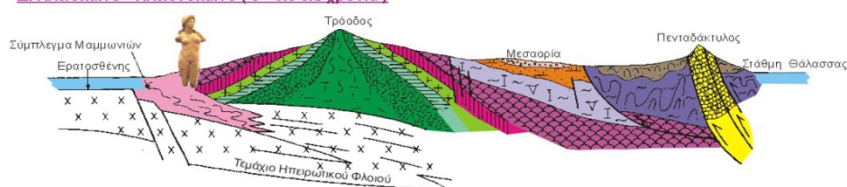
Β. Μέσο Μειόκαινο (20 εκ. χρόνια)



Γ. Ανώτερο Μειόκαινο (10 εκ. χρόνια)



Δ. Πλειόκαινο - Πλειστόκαινο (3 - 0,5 εκ. χρόνια)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

	Σύναγμα		Λόβεζ		Σχηματισμός Κυθρέας
	Σχηματισμοί Λευκωσίας-Θαλάσσης		Γάββρος		Σχηματισμός Λοπήθου
	Σχηματισμοί Λευκάρων-Πάχνας		Δουνίτης-Βερλίτης		Ασβεστόλιθοι
			Χαρτζβουργίτης-Σερπεντίνη		Σύμπλεγμα Μαρμαρινίων

Προετοιμάστηκε από το ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ της Κυπριακής Δημοκρατίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

1.Η Μεσσηνιακή Κρίση Αλμυρότητας στην περιοχή του τόξου της Κύπρου

Μια έρευνα του Πανεπιστημίου της Τουλούζ επικεντρώνεται στην Μεσσηνιακή Κρίση Αλατότητας και την απόθεση των εβαποριτών στο Κυπριακό τόξο (ανατολική Μεσόγειος) χρησιμοποιώντας αντανάκλαση υψηλής ευκρίνειας σεισμικών δεδομένων. Τα αποτελέσματα ρίχνουν νέο φως στις έρευνες για την περίοδο του Μειόκαινου όπου παρατηρείται η τεκτονική εξέλιξη της περιοχής και συμβάλει στην περεταίρω κατανόηση της Μεσσηνιακής Κρίσης Αλατότητας σε μια βαθιά λεκάνη.

Οι εβαπορίτες και οι υπερκείμενοι σχηματισμοί δείχνουν ένα σύνθετο μοτίβο παραμόρφωσης που οφείλεται στη σύγκλιση τεκτονικών πλακών και στη δυσαρμονική παραμόρφωση που σχετίζεται με τους εβαπορίτες που μετακινούνται.

Αρκετά στρώματα της κρίσης αλατότητας εντοπίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν με ακρίβεια: η βάση είναι ένα "Decollement" επίπεδο, ενώ η κορυφή είναι σαφώς προσδιορισμένη ως επιφάνεια *toplap*.

Η γεωμετρία των στρωμάτων δείχνει ότι η κατώτερη στρώση αποτέθηκε σε σχετικά ήσυχο τεκτονικό περιβάλλον. Το απολίθωμα *anisopachous upper* υποδηλώνει μια συνθετική φάση μιας μεγάλης τεκτονικής δραστηριότητας.

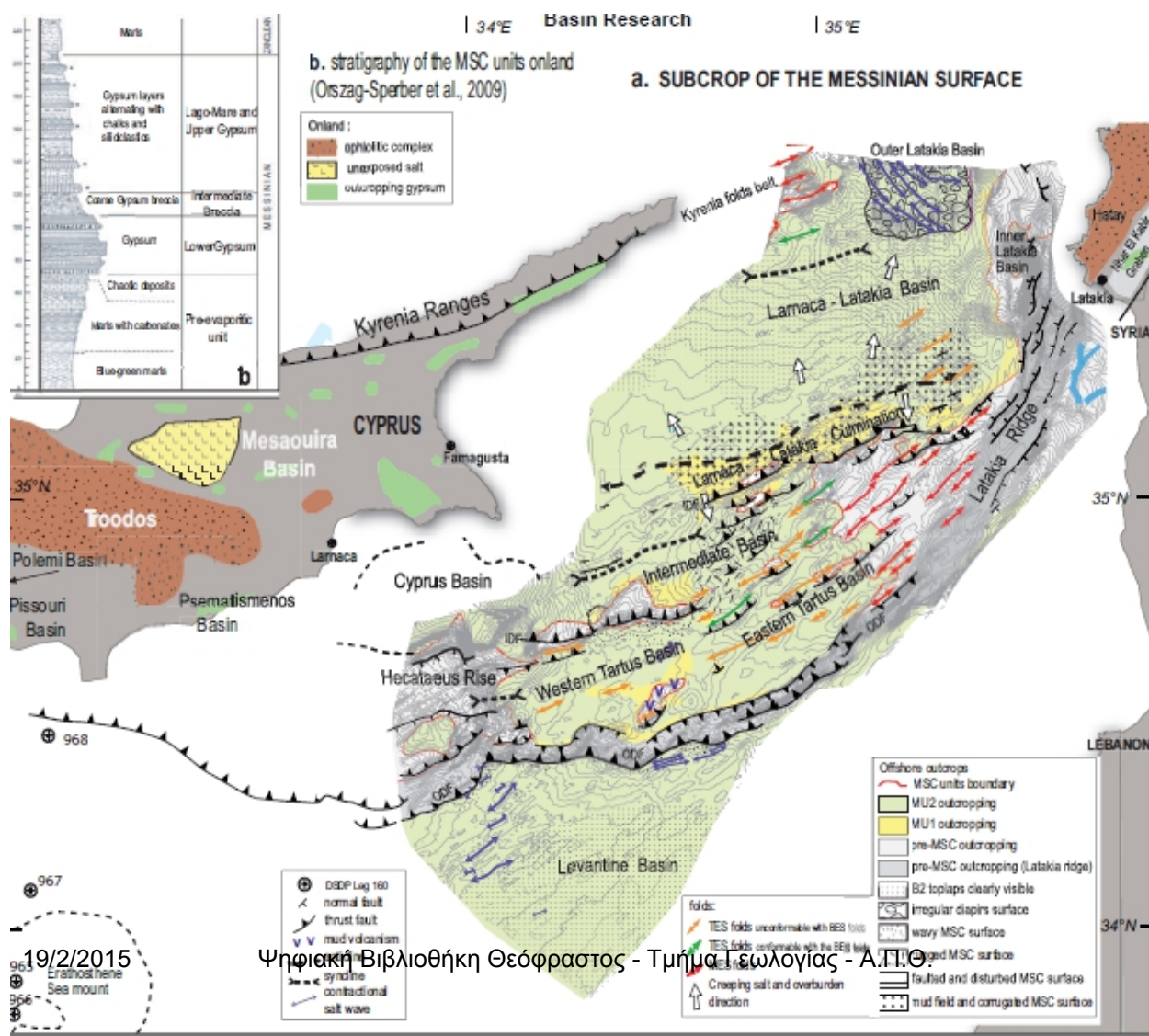
Αυτό οδήγησε σε μια συμπιεστική παραμόρφωση λεπτών στρωμάτων κατά το τέλος του Μειόκαινου που επηρεάζουν ολόκληρη την κρίση με αποτέλεσμα την υπερκάλυψη από Πλειοκαινικά - Τεταρτογενή στρώματα.

Μια δεύτερη φάση έλαβε χώρα βαθύτερα από το Πλειόκαινο μέχρι πρόσφατα, με αποτέλεσμα εκτεταμένη βαρυτική κλίση εντός των εβαποριτών και της Πλειοκαινικής - Τεταρτογενούς ακολουθίας.

Η κρίση αλμυρότητας του Μεσσηνίου είχε δραματικές επιπτώσεις στην περιφερειακή διάρθρωση. Για παράδειγμα, ο διαβρωτικός χαρακτήρας των άνω στρωμάτων συνδέεται με το επεισόδιο ξήρανσης παρά με την παύση της

τεκτονικής δραστηριότητας. Αυτή η ιδιαίτερα ισχυρή και βραχύβια διάβρωση μπορεί να έχει ενισχυθεί από τις περιφερειακές επιπτώσεις της κρίσης αλμυρότητας, λόγω της διαφοράς ανύψωσης / καθίζησης που προκαλείται από την μέγιστη πτώση.

Οι εβαπορίτες είναι ουσιαστικής σημασίας δείκτες για να περιορίζουν το τεκτονικό πλαίσιο, υπό την προϋπόθεση ότι η ενεργός παραμόρφωση μπορεί να διακριθεί από την κλίση που σχετίζεται με εκτεταμένη / συστολική παραμόρφωση.



1.2 Γεωλογικό περιβάλλον της περιοχής

1.2.1 Η σημερινή Φυσιογραφία

Η υποβρύχια μορφολογία του ανατολικού τόξου της Κύπρου κυριαρχείται από τρία κύρια μορφολογικά πεδία που χωρίζονται από δύο τεμάχια: τη λεκάνη Λεβαντίνη στο νότο, το Βόρειο Τομέα στο βορρά και μεταξύ αυτών, το κεντρικό πεδίο.

Η λεκάνη της Λεβαντίνης είναι η βαθύτερη περιοχή (-2000 μέτρα). Εμφανίζει μια ομαλή μορφολογία του πυθμένα με επιμήκεις πτυχές στους πρόποδες της νότιου τεμάχους.

Η κεντρική περιοχή αντιστοιχεί σε μια κυρτή άνοδο, 30 χιλιομέτρων σε πλάτος, με ένα μέσο βάθος 1500 μέτρα στη λεκάνη Ταρτούς. Το ανατολικό τμήμα της χαρακτηρίζεται από ομαλές κοιλότητες και επιμήκεις πτυχές, ενώ το δυτικό τμήμα της εμφανίζει μια επίπεδη μορφολογία ακολουθώντας την τάση του τόξου.

Αυτή η περιοχή διαιρείται σε δύο υπό-λεκάνες: η Λεκάνη της δυτικής Ταρτούς ενώνει το Εκαταίο οροπέδιο προς τα νότια-δυτικά και οριοθετείται στα νότια από ένα στενό και απόκρημνο τέμαχος, ενώ η ανατολική Ταρτούς πλευρίζεται βόρειο-ανατολικά από την κορυφογραμμή της Λατάκιας ενώνοντας την ακτή της Συρίας.

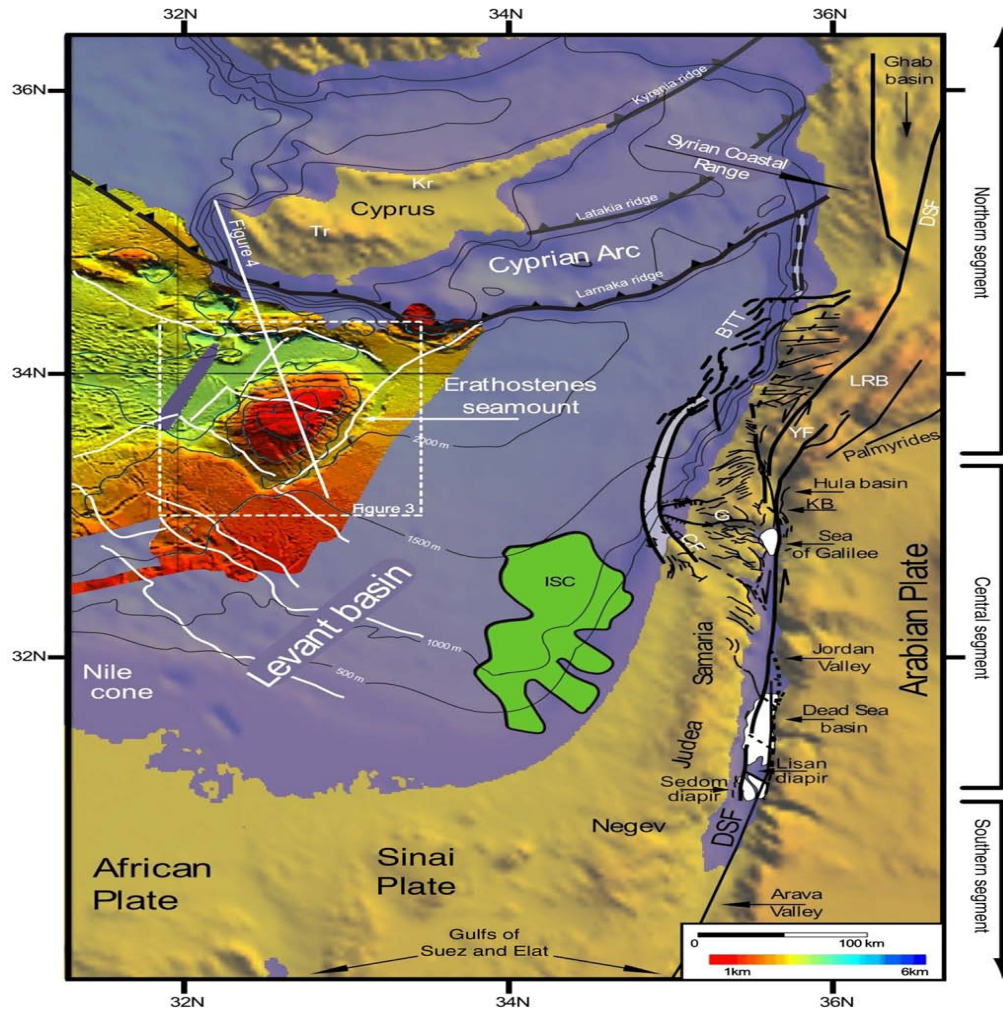
Η βόρεια περιοχή, που εκτείνεται από την Αμμόχωστο και Λάρνακα στην Κύπρο στην περιοχή Λατάκια στην Συρία, είναι ένα οροπέδιο.

Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει την κορυφογραμμή Λάρνακας-Λατάκιας, η οποία χαρακτηρίζεται από δύο περιοχές με λοβούς με ένα περίπλοκο ακτινικού τύπου hummocky και λοφώδες ανάγλυφο, που αποτελείται από εναλλαγές των κορυφών και χαμηλότερων σημείων καθορίζοντας ένα ιδιόμορφο "turtle-back» όπως η μορφολογία. Το πλάτος μεταξύ των κορυφών και των χαμηλότερων σημείων αντιστοιχεί σε ένα μήκος περίπου 2 km.

Στα βορειοανατολικά, η κορυφογραμμή Λάρνακα-Λατάκια κλίνει απαλά προς τη λεκάνη Λάρνακας-Λατάκας, η οποία χωρίζεται στην βαθιά εξωτερική Λατάκια, στη βαθιά Λεκάνη στα βόρεια και στην Εσωτερική Λατάκια Λεκάνη στα ανατολικά, με επίπεδη βαθυμετρία.

Μικρές βαθυμετρικές ράχες παρατηρούνται επίσης όταν η νοτιοδυτική πλευρά της κορυφογραμμής Λάρνακας - Λατάκας κατηφορίζει προς την ενδιάμεση λεκάνη Αυτό το τελευταίο χαρακτηριστικό είναι η παράταση της λεκάνης της Κύπρου, και κλείνεται από το ύψωμα του Κάβο Γκρέκο. Κοντά στην ακτή της Κύπρου, το στρώμα της θάλασσας είναι επίπεδο.

Οι τρεις περιοχές διαχωρίζονται μεταξύ τους από δύο μεγάλα θραύσματα κλίσης Το Εξωτερικό μέτωπο παραμόρφωσης περικλείεται από ένα συνεχιζόμενο κυματοειδή ασύμμετρο τέμαχος 250 χιλιομέτρων το οποίο αλλάζει τάση από Α-Δ στα δυτικά σε ΒΒΑ-ΝΝΔ στα ανατολικά που συνδέεται με την κορυφογραμμή της Λατάκας. Ένα δεύτερο πλάγιο θραύσμα, αντιστοιχεί στην εσωτερική παραμόρφωση Μετώπου που εμφανίζεται ως ένα κυματοειδές τέμαχος από την Λατάκια κορυφογραμμή μέχρι την Κυπριακή, με μια πλευρική αντιστάθμιση νότια του Κάβο Γκρέκο.



1.2.2 Ανατολική Μεσόγειος Γεωδυναμικό πλαίσιο

Η περίπλοκη παραμόρφωση της Ανατολικής Μεσογείου από τη σύγκλιση είναι αποτέλεσμα της σύγκλισης μεταξύ της Αφρικανικής, Αραβικής και Ευρασιατικής πλάκας. Στο ανατολικότερο τμήμα της Ανατολικής Μεσογείου, το Κυπριακό τόξο θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει το όριο μεταξύ της Αφρικανικής και Ανατολίας πλάκας, η οποία εκφράζεται με σαφήνεια στο μοτίβο παραμόρφωσης κατά μήκος του τόξου.

Το Κυπριακό τόξο τελειώνει στην ξηρά προς τα ανατολικά, όπου ενώνει την Ανατολική Ανατολία και το σύμπλεγμα ολίσθησης της Λεβαντίνης.

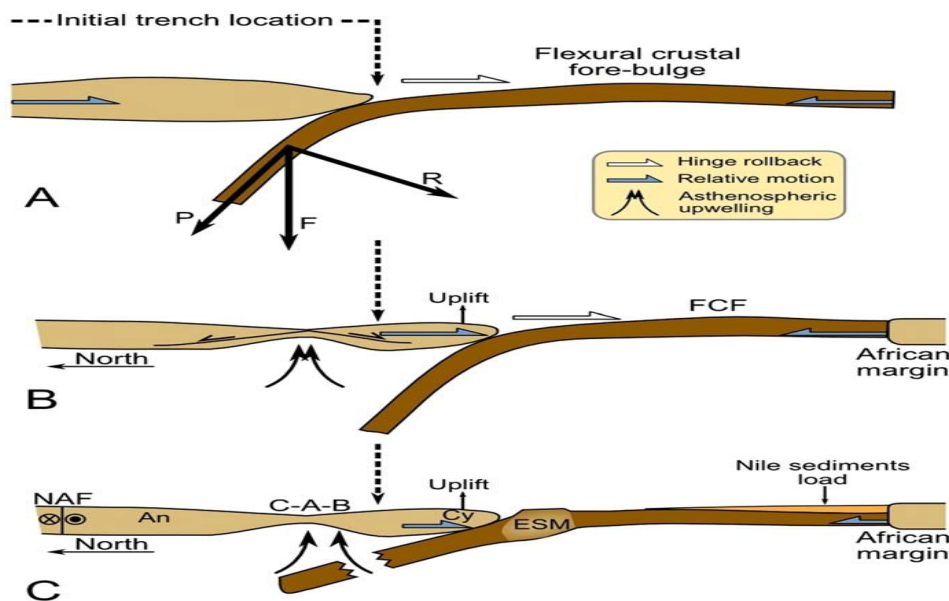
Κατά το τέλος του Κρητιδικού οι οφιόλιθοι του Τροόδους της Κύπρου ήταν επωθημένοι ως συνέπεια της Βόρειο - κατευθυνόμενης υποβύθισης εντός της Νέο – Τηθύος. Αυτή η πρώην ζώνη καταβύθισης μεταγενέστερα εγκαταλείφθηκε και αντισταθμίστηκε νότια στην λεκάνη της Λεβαντίνης, η οποία θεωρείται ότι είναι κατάλοιπο της Νέο –Τηθύος.

Το σημερινό περιθώριο σύγκλισης του Κυπριακού τόξου έγινε ενεργό στην αρχή του Μειόκαινου. Η σύγκρουση εξακολουθεί να είναι ενεργή επί του παρόντος.

Ωστόσο, η τεκτονική κίνηση κατά μήκος του Κυπριακού Τόξου είναι σύνθετη με τη λεκάνη της Λεβαντίνης και το υποθαλάσσιο βουνό Ερατοσθένης να καταβυθίζονται βόρεια με μέσο ρυθμό 1 mm / έτος, ενώ η υπερκείμενη Ανατολία πλάκα κινείται προς τα δυτικά με ταχύτητα άνω των 20 mm / έτος.

Η παχιά ιζηματογενής διαδοχή της Λεβαντίνης, η οποία υπερβαίνει τα 12 χιλιόμετρα σε ορισμένα σημεία, υπέρκειται κάτω από τον ωκεάνιο φλοιό.

Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι ο κύριος φλοιός της Λεβαντίνης είναι ηπειρωτικής προέλευσης.



1.2.3 Μειοκαινικό και Μεσσηνιακό πλαίσιο

Το ενεργό περιθώριο σύγκλισης της Κύπρου δημιουργήθηκε στο Μειόκαινο από ένα σύστημα συμπίεσεων.

Συνεχίζοντας η σύγκλιση οδήγησε στην ανάπτυξη των ζωνών επώθησης βόρεια του τόξου της Κύπρου όπου αργότερα μετανάστευσαν προς τα νότια της Κύπρου, στην περιοχή των πιο πρόσφατων συγκλίσεων.

Στο τέλος του Μειόκαινου, το σύστημα συμπίεσης μετατράπηκε σε σύστημα ολίσθησης λόγω της αρχόμενης ηπειρωτικής σύγκρουσης και προς τα δυτικά διαφυγής της πλάκα Αιγαίου-Ανατολίας.

Ως αποτέλεσμα, στοιχεία για την κύρια φάση της παραμόρφωσης στη δομή της ζώνης της Κύπρου, στο Μειόκαινο, υπερτυπώνονται έντονα από τη φάση ολίσθησης του Πλειόκαινου - Τεταρτογενούς που επηρεάζει όλες τις στρωματογραφικές ενότητες

Στη λεκάνη της Λεβαντίνης, παλιές ανακατασκευές υποδεικνύουν την ύπαρξη μιας βαθιάς λεκάνης σε προ-Μεσσηνιακό χρόνο, βαθύτερης από ό' τι κατά το Πλειόκαινο.

Η πτώση της στάθμης της θάλασσας κατά τη διάρκεια της Μεσσηνιακής κρίσης αλατότητας αποτελεί την πιο χαρακτηριστική περιβαλλοντική αλλαγή στην ιστορία του Καινοζωικού στην Ανατολική Μεσόγειο. Κατά τη διάρκεια αυτής της κρίσης, όλες οι λεκανοειδής περιοχές της Ανατολικής Μεσόγειου συσώρευσαν εβαπορίτες, έκτος από ορισμένα τμήματα της Κύπρου και το υποθαλάσσιο όρος Ερατοσθένης.

1.2.4 Η Στρωματογραφία των εβαποριτών

Οι αποθέσεις της κρίσης αλμυρότητας του Μεσσηνίου που αναδύονται στη ξηρά στα νότια της Κύπρου είναι κατανεμημένες ανάμεσα σε μικρές λεκάνες όπως αυτές στο Πισσούρι, Ψεματισμένο και Πολέμι, λεκάνες που πλαισιώνουν την οροσειρά του Τροόδους.

Οι αποθέσεις αυτές βρίσκονται στην κορυφή του Μειοκαινικού Σχηματισμού της Πάχνας, ο οποίος δείχνει μια βαθμιαία αλληλουχία σε βάθος. Υπέρκεινται ενός πολυγωνικού λατυποπαγούς με πολλούς σχηματισμούς από στρωματολίτες, σεισμίτες και σημάδια αποξήρανσης.

Τα στρώματα της κρίσης χαρακτηρίζονται από δύο ενότητες, τον “Κάτω γύψο”, που αποτελείται από σελενίτη, οζώδη και ελασματοειδή γύψο και τον “Άνω γύψο”, που περιέχει στρώματα γύψου εναλλασσόμενα chalks και χαλαζιο-κλαστικά υφάλμυρα στρώματα χαρακτηριστικά της πανίδας «Lago Mare».

Αυτές οι ενότητες χωρίζονται από ένα λατυποπαγές μεγάλου πάχους, καθώς όλα τα στρώματα της περιόδου αυτής έχουν διαβρωθεί και υπερκαλυφθεί από κροκαλοπαγή.

Στη λεκάνη της Μεσαορίας, που βρίσκεται στο κέντρο της Κύπρου, μια στήλη άλατος έχει διανοιχτεί και διακρίνονται δύο στρώματα. Ένα παχύ στρώμα 296 μέτρων καθαρού άλατος και ένα παχύ στρώμα 9 μέτρων αποτελούμενο από μάργες και ανυδρίτη.

Βόρεια της περιοχής, στην υπεράκτια Εσωτερική Λατάκια Λεκάνη, ερευνητές συνέκριναν αυτά τα διάτρητα δεδομένα με μια υπεράκτια σεισμική γραμμή που χαρακτηρίζεται από ένα κυρίως διαφανές σεισμικό προφίλ που επικαλύπτεται από την “Μ ασυμφωνία», ένας όρος που χρησιμοποιείται για να ορίσει την κορυφή της Μεσσηνιακής αλληλουχίας που αναγνωρίζεται και σε άλλα σημεία της Μεσογείου.

Στο βάθος της λεκάνης της Λεβαντίνης, οι εβαπορίτες του Μεσσηνίου φθάνουν σε πάχος μεγαλύτερο από 2000 μέτρα σφηνώνοντας προς το ηπειρωτικό περιθώριο.

Το πάχος αυτό μπορεί να συγκριθεί με αυτό στο Αβυσσαλέο πεδίο του Ηροδότου, νοτιοδυτικά της Κύπρου, όπου παρατηρήθηκαν τέσσερις υπομονάδες στο εσωτερικό των εβαπορίτων.

Ευδιάκριτες εσωτερικές ανακλάσεις βρίσκονται επίσης εντός του σεισμικά διαφανούς στρώματος των εβαποριτών στη λεκάνη της Λεβαντίνης

Αρκετά στρωματογραφικά μοντέλα έχουν προταθεί για τους εβαπορίτες του Μεσσηνίου από διάφορους συγγραφείς.

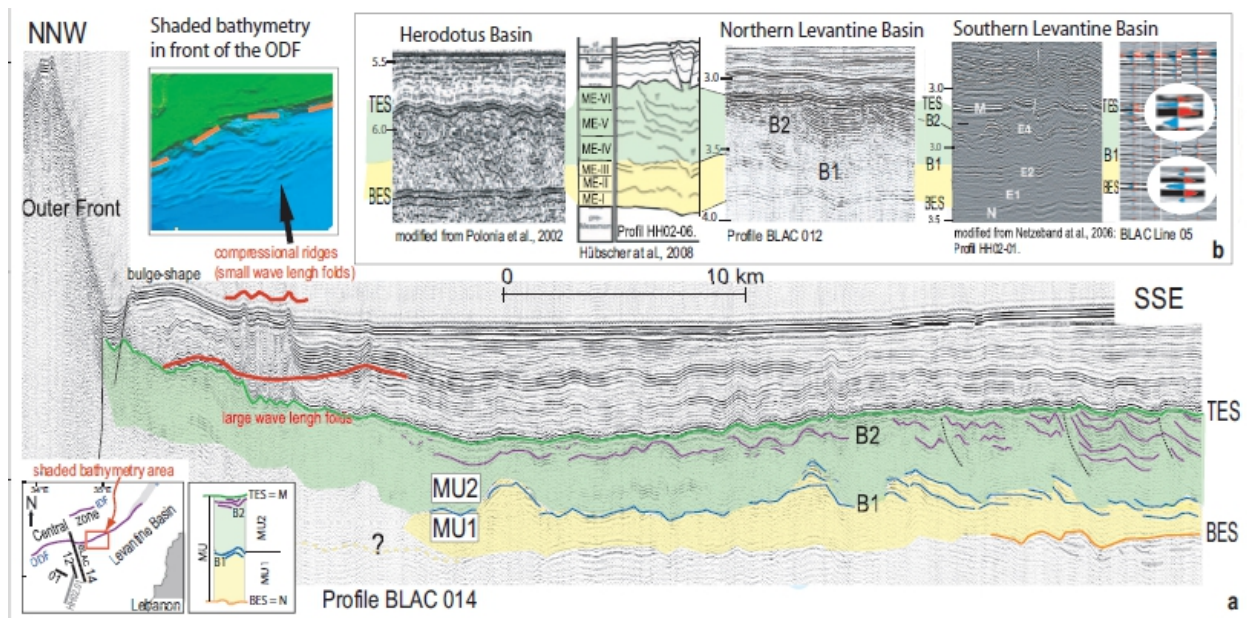
Η βάση του Μεσσηνιακών αποθέσεων έχει οριστεί ως τεκτονική ασυμφωνία στην περιοχή του τόξου της Κύπρου.

Νότια της λεκάνης της Λεβαντίνης, η βάση και η κορυφή της Μεσσηνιακών αποθέσεων έχουν αποδοθεί σε επιφάνειες διάβρωσης που σχετίζονται με την τεράστια πτώση της στάθμης της θάλασσας και την επακόλουθη απόθεση των εβαποριτών του Μεσσηνίου.

Κοντά στη νοτιοδυτική προέκταση της λεκάνης της Λεβαντίνης, μεταξύ του υποθαλάσσιου όρους Ερατοσθένης και του ποταμού Νείλου, τα Μεσσηνιακά στρώματα φαίνονται πιο ομοιόμορφα, και αποτελούνται ουσιαστικά από αλάτι.

Ωστόσο, στην κατερχόμενη περιοχή του δέλτα του Νείλου είναι δυνατόν να διακρίνουμε 3 κύκλους εβαποριτών που συνδέονται με την κρίση αλμυρότητας του Μεσσηνίου.

Οι αποθέσεις αυτές είναι δυνατόν να ισοδυναμούν με τα συμπυκνωμένα στρώματα ανυδρίτη στην υφαλοκρηπίδα.



2. Η λεκάνη Κιλικία – Άδανα της Ανατολικής Μεσογείου: Η νεογενής εξέλιξη μιας τοξοειδούς λεκάνης σε ένα συγκλίνοντα περιθώριο

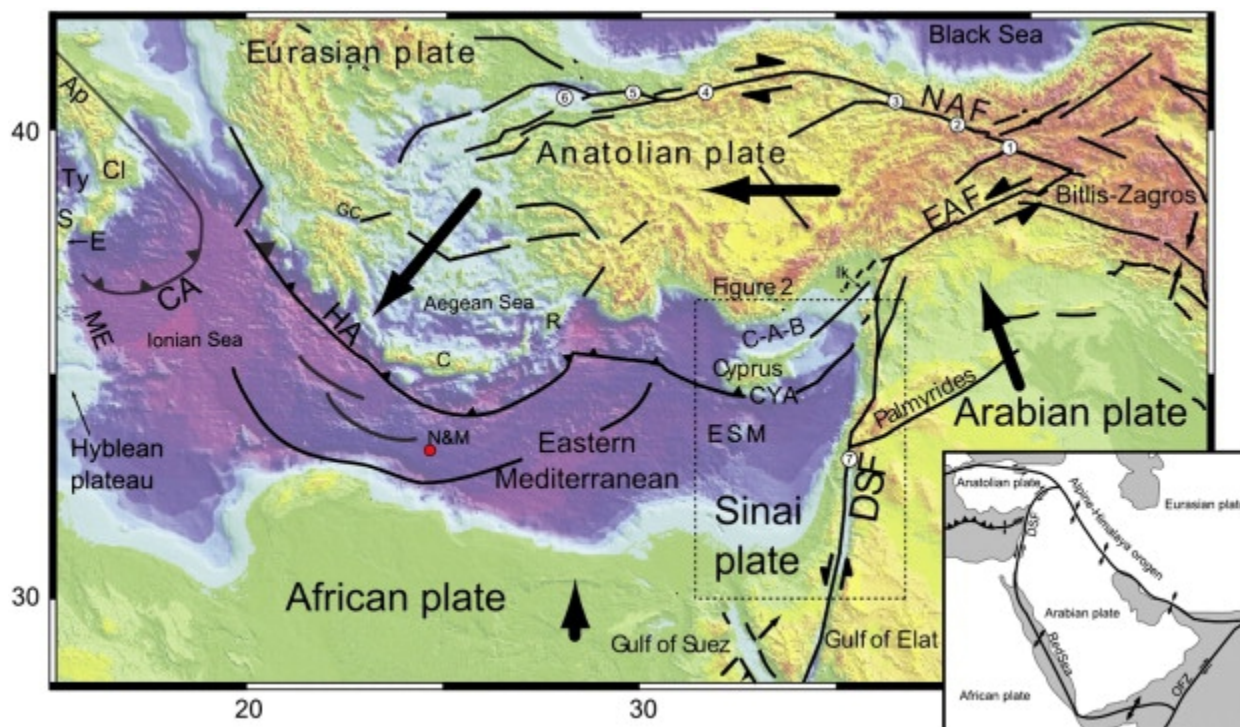
Η λεπτομερής ερμηνεία των προφίλ των πολλαπλών καναλιών ανάκλασης έδειξε ότι η εναπόθεση των Μειοκαινικών διαδοχών στη λεκάνη απορροής Κιλικία-Άδανα έγινε διαμέσου foredeeps, στη πτυχωμένη ζώνη νότια του τόξου της Ταυρίδας.

Η Ρηξιγενής ζώνη της Κερύνειας ορίζεται στο βορειότερο τμήμα της από έναν αριθμό μικρότερων επωθήσεων που αναπτύσσονται βαθύτερα σε αυτήν.

Οι δελταικές διαδοχές δείχνουν ότι οι λεκάνες Άδανα και Κιλικία αναδύθηκαν κατά τη διάρκεια του Τορτόνιου, όταν το δυτικό τμήμα της λεκάνης διατηρούσε σύνδεση με τη θάλασσα. Ολόκληρη η περιοχή αναδύθηκε κατά την κρίση αλμυρότητας του Μεσσηνίου και 1000 m από εβαπορίτες έχουν αποθεθεί στην Κιλικία και νότια της λεκάνης των Αδάνων.

Στρωματογραφικές και διαρθρωτικές συσχετίσεις κατέδειξαν ότι μεταγενέστερα η λεκάνη απορροής του Πλειο-Τεταρτογενούς “Κιλικία-Άδανα” εξελίχθηκε ως μια ασύμμετρη λεκάνη piggy-back στο νότιο όριο της επώθησης της Κερύνειας.

Στο κορυφαίο τμήμα της Μisis – Κερύνειας η επώθηση σταμάτησε στις αρχές του Μεσσήνιου, ενώ στην υπόλοιπη Κερύνεια συνεχίζεται μέχρι σήμερα.



Η μετατόπιση στην κινηματική εκφράζεται από την ανάπτυξη ΒΑ-ΝΔ απότομων ρηγμάτων με επεκτατικούς διαχωρισμούς που οριοθετούν το Πλειο-Τεταρτογενές επίκεντρο στα Άδανα και την Εσωτερική Κιλικία λεκάνη. Αυτά τα ρήγματα δεν είναι συμβατά με το συστολικό σύστημα που υπήρχε σε αυτό το μέρος του συγκροτήματος της λεκάνης κατά τη διάρκεια του Μειόκαινου.

Στην Εξωτερική Κιλικία Λεκάνη, η ασυμβατότητα μεταξύ της συνεχιζόμενης νότιο-κατευθυνόμενης επώθησης στην περιοχή της Κερύνειας και της επέκτασης συνδέονται με την ανάπτυξη των Πλειο-Τεταρτογενών αποθέσεων

δείχνοντας ότι η πίεση κατανέμεται από ανατολικά προς δυτικά σε όλο το σύστημα των ρηξιγενών τάσεων κατά μήκος του Νότιου περιθωρίου της Εξωτερικής Κιλικίας Λεκάνης. Προς Δυσμάς η μετατόπιση της Ταυρίδας, στην Αιγαιο-Ανατολία πλάκα, δημιούργησε ένα τοπικό transtensional καθεστώς μέσα στο εσωτερικό της λεκάνης “Κιλικίας – Αδάνων”, γεγονός που υποδηλώνει την παρουσία ενδο-πλακικών ορίων στο κέντρο και κατά μήκος του κέρατος της Misis-Κερύνειας.

Το σύμπλεγμα ρηγμάτων της βόρειας λεκάνης οριοθέτησης, συμπεριλαμβανομένου και του ρήγματος της Κοζάνης στη λεκάνη της Κιλικίας, είναι ένα σύνολο μεγάλων αντιθετικών δομών που συνδέονται με τα κύρια ρήγματα.

Το δυτικό τεμάχιο της Ταυρίδας σχετίζεται με τη συνολική διαφυγή προς δυσμάς της μικροπλάκας Αιγαίου-Ανατολίας, προς τα τέλη του Μειόκαινου μέχρι τις αρχές του Πλειόκαινου, ενώ η συνεχιζόμενη συρρίκνωση νότια της λεκάνης σε όλη την Κύπρο σχετίζεται με την εξελισσόμενη σύγκρουση και επίστρωση του ηπειρωτικού τεμαχίου Ερατοσθένης.

Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως το νότιο κύριο ρήγμα της Εξωτερικής Κιλικίας λεκάνης κυρίως λειτουργεί ως ένα όριο που χωρίζει το συστολικό πεδίο πλακών από το transtensional πεδίο πλακών.

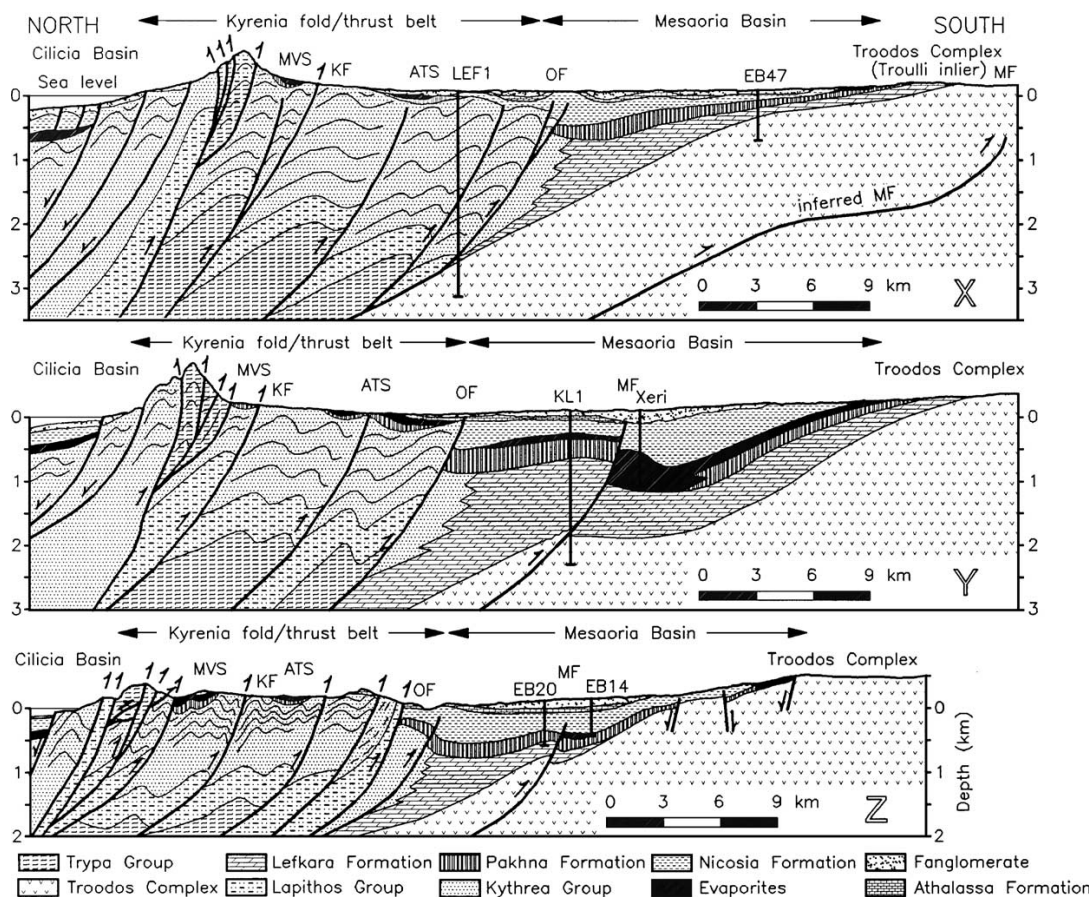
3. Η εξέλιξη της Λεκάνης της Μεσαορίας κατά το Ολιγόκαινο μέχρι σήμερα και η Δυτική θαλάσσια επέκταση της Ανατολικής Μεσογείου

Η Νεογενής στρωματογραφική και τεκτονική εξέλιξη της Μεσαορίας Λεκάνης και της περιοχής της Κερύνειας μελετάται με την χρήση πολυκαναλλικών σεισμικών χαρακτηριστικών ανάκλασης από τη δυτική θαλάσσια προέκτασή τους.

Η περιοχή βόρεια του μετώπου του Τροόδους-Λάρνακας αποτελεί φλοιό μεγέθους S-τάσης, μεγάλου πάχους, που συνδέεται με διαπλεκόμενο σύστημα

επώθησης αποτελώντας το μεγαλύτερο μέρος της τοξοειδούς περιοχής βόρεια του σημερινού τόξου της Κύπρου.

Στο Ηώκαινο, η επώθηση προκάλεσε την εμφανή αύξηση της κορυφής του Τροόδους- Λάρνακας και την παράλληλη αλληλοκάλυψη βορειότερα στην forearc περιοχή, δημιουργώντας τη ρίζα της ρηξιγενούς ζώνης της Κερύνειας.



Βορειότερα, η υποχώρηση της ενεργούς επώθησης κατά το Ολιγόκαινο-Μειόκαινο οδήγησε στην ανάπτυξη ενός foredeep κατά μήκος όλης της ρηξιγενούς ζώνης της Κερύνειας με εμφανή απόθεση foredeep σε κεκλιμένη τοποθεσία στην τρέχουσα ζώνη.

Η συστολή του φλοιού συνεχίστηκε και κατά το Μειόκαινο κατά μήκος της προστινής πλευράς της κορυφής του Τροόδους-Λάρνακας που οδήγησε στην προοδευτική ρήχωση της λεκάνης.

Στα τέλη του Μειόκαινου, η επώθηση διαδόθηκε στην περιοχή forearc με τη δομική συστολή να έχει επικεντρωθεί στη ρηξιγενή ζώνη της Κερύνειας.

Η επώθηση κατά το Πλειόκαινο επικεντρώνεται στην περιοχή forearc κυρίως στην ρηξιγενή περιοχή της Κερύνεια με μεγάλη ανύψωση να συμβαίνει στα μέσα και τέλη του Πλειόκαινου, αλλά συνεχίζεται και μέχρι σήμερα

Η λεκάνη της Μεσαορίας εξελίχθηκε κατά το Μειόκαινο προς το Πλειόκαινο ως piggy-back λεκάνη. Τα δεδομένα αυτά ανατρέπουν προηγούμενα μοντέλα με υποθέσεις για την επέκταση του φλοιού στην περιοχή forearc από το Ολιγόκαινο έως τα μέσα-τέλη του Πλειόκαινου.

4. Ανάπτυξη της λεκάνης σε ένα ενεργό περιθώριο μικροπλάκας: Λατάκια Λεκάνη, στην Ανατολική Μεσόγειο

Η εμπειριστατωμένη ερμηνεία μέσω πολυκαναλλικών σεισμικών προφίλ ανάκλασης δείχνει ότι η Λατάκια Λεκάνη εξελίχθηκε σε δύο διακριτά τεκτονικά στάδια:

Η νοτιοανατολική συστολή που κορυφώθηκε κατά το τέλος του Μειόκαινου εξελίχθηκε στις αρχές του μέσου Πλειόκαινου σε σταδιακή μετάβαση σε κατανεμημένη συστολή και επέκταση που σχετίζονται με την έναρξη της ολίσθησης κατά μήκος του ρήγματος μετασχηματισμού της ανατολικής Ανατολίας και της θαλάσσιας προέκτασης της.

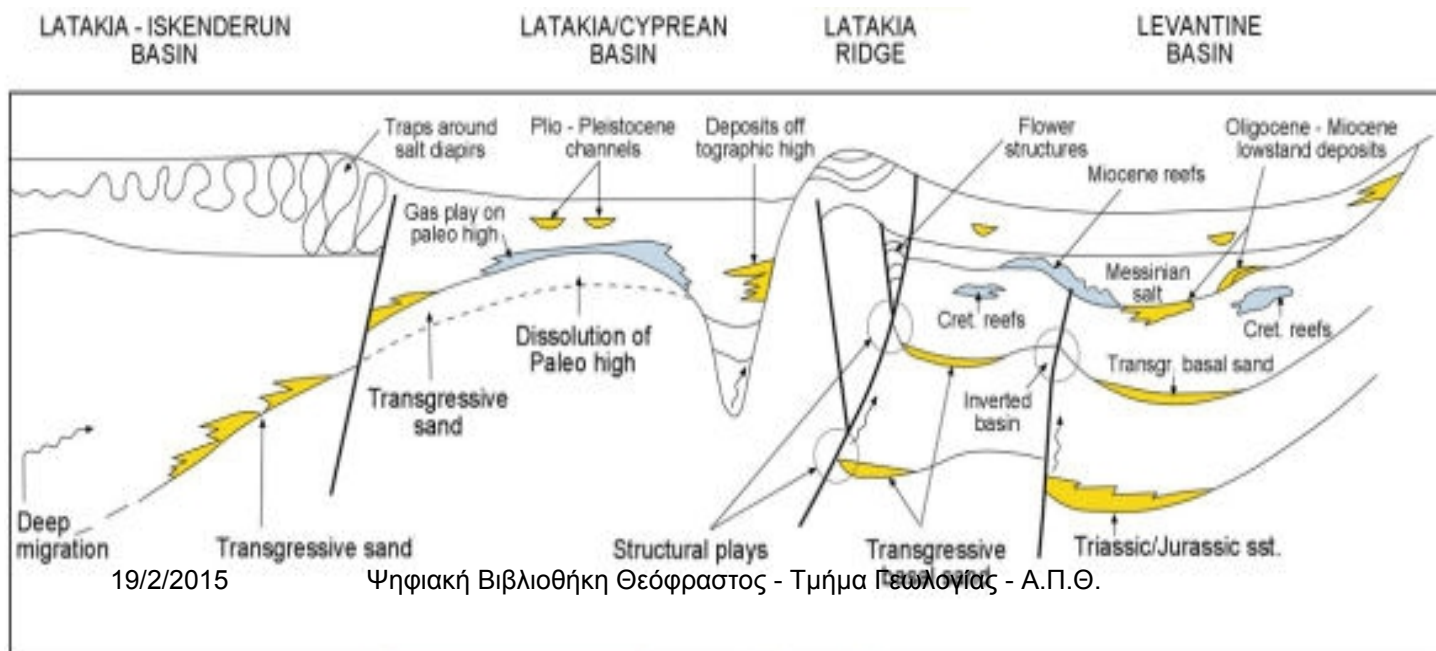
Η ρηξιγενής ζώνη του Μειόκαινου αποτελείται από δύο τοξοειδείς κορυφώσεις περικλείοντας ένα Μειοκαινικό *piggy-back depocentre* τοποθετημένο στο κεκλιμένο αντίκλινο του Amanos-Λάρνακας.

Στις αρχές του Μειόκαινου, η piggy-back λεκάνη ήταν μέρος μιας πολύ ευρύτερης foredeep που περιλάμβανε επίσης τις Μειοκαινικές διαδοχές της λεκάνης Κιλικίας-Άδανα προς τα βόρεια.

Η ρηξιγενής ζώνη Μισι-Κερύνεια εξελίχθηκε στο Τορτόνιο, διαιρώντας την foredeep σε δύο μεγάλες piggy-back λεκάνες.

Τα στοιχεία αυτά καταδεικνύουν μια θεμελιώδη αλλαγή στο κινηματικό σύστημα κατά τη διάρκεια του Μεσσήνιου έως του πρώιμου Πλειόκαινου που αφορά στην έναρξη των κινήσεων ολίσθησης με αποτέλεσμα ένα **transtension** κατά μήκος του βορειοανατολικού τμήματος και την κύρια οριοθέτηση της Λεκάνης της Λατάκιας.

Στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης της Λατάκιας η νοτιοανατολικά κατευθυνόμενη επώθηση σταμάτησε στις αρχές του Μεσσήνιου και ακολούθησε κατά το κάτω Πλειόκαινο η ανάπτυξη δομών Horst και Graben, που οριοθετούνται από τα ρήγματα που συνδέονται από τη ξηρά με τα σκέλη του ρήγματος μετασχηματισμού της Ανατολικής Ανατολίας.



5. Διαρθρωτική εξέλιξη της κορυφογραμμής της Λατάκιας και της Λεκάνης της Κύπρου στο προστινικό μέρος του Κυπριακού τόξου, στην Ανατολική Μεσόγειο

Το ενεργό μέτωπο παραμόρφωσης μεταξύ της Αφρικανικής και της Ανατολίας λιθοσφαιρικής πλάκας στην ανατολική Μεσόγειο οριοθετείται από το Κυπριακό τόξο.

Σεισμικά δεδομένα υποδηλώνουν ότι η κίνηση κατά μήκος της ανατολικής πλευράς του Κυπριακού τόξου είναι σε μεγάλο βαθμό κίνηση ολίσθησης. Είναι ωστόσο ευρέως αποδεκτό ότι η υποβύθιση πραγματοποιήθηκε κάτω από την Κύπρο μέχρι τις αρχές του Μειόκαινου. Η υποβύθιση έχει παρεμποδιστεί από τη σύγκρουση του υποθαλάσσιου όρους “Ερατοσθένης” με το Νησί της Κύπρου.

Το μέτωπο παραμόρφωσης του Κυπριακού τόξου κυριαρχείται από την κορυφογραμμή της Λατάκιας, ένα απότομο στενό ύψωμα, το οποίο συγχωνεύεται βαθμιαία με τη μικρότερη κλίση της ανόδου Εκαταίος στα δυτικά και εκτείνεται στη βόρεια ακτή της Λεβαντίνης στην Ανατολή, όπου η κατάσταση της κορυφογραμμής αλλάζει σε μια σειρά από στενές, βορειοανατολικές πτωτικές κορυφές και λεκάνες. Η Λατάκια έχει ήδη ερμηνευθεί είτε ως κορύφωση επώθησης είτε ως μια δομή *positive flower*.

Από σεισμικά προφίλ μπορούν να εντοπιστούν τέσσερις στρωματογραφικές ενότητες που οριοθετούνται από ασυμφωνίες μεγάλης κλίμακας. Αυτές οι ενότητες είναι:

- ✓ κατώτερο Ηώκαινο,
- ✓ Μειόκαινο,
- ✓ άνω Μειόκαινο (Μεσσήνιο),
- ✓ και Πλειόκαινο-Τεταρτογενές.

Η χρονική στιγμή της παραμόρφωσης καθορίζεται από αρχιτεκτονικές ανάπτυξης stratal στις πλαγιές των μεγάλων δομών και δείχνουν ότι δύο κύριες

φάσεις παραμόρφωσης χαρακτηρίζουν τη δομική ιστορία του μετώπου παραμόρφωσης.

Κάθε μία από αυτές τις φάσεις αντιπροσωπεύει ένα διαφορετικό κινηματικό σύστημα:

- α) Σύστημα συμπίεσης που κυριάρχησε κατά το Μειόκαινο και
- β) Σύστημα ολίσθησης που κυριάρχησε κατά το Πλειόκαινο-Τεταρτογενές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aksu, A.E., Hall, J. & Yaltirak, C. (2005) A. Miocene to recent tectonic evolution of the Eastern Mediterranean: New pieces of the old Mediterranean puzzle. Marine Geology.

Bear, L.M., (1960) The geology and mineral resources of the Akaki-Lythrondondha area. Mem. Cyprus Geol. Surv. Dep., 3.

Ben-Avraham, Z., Tibor, G., Limonov, A.F., Leybov, M.B., Ivanov, M.K., Tokarev, M.Y. & Woodside, J.M. (1995) Structure and tectonics of the eastern Cyprean Arc. Mar. Petrol. Geol.,

Ben-Avraham, Z., Ginzburg, A., Makris, J., and Eppelbaum, L. (2002) Crustal structure of the Levant Basin, eastern Mediterranean. Tectonophysics.

Bertoni, C. and Cartwright, J.A. (2006) Controls on the basinwide architecture of late Miocene (Messinian) evaporites on the Levant margin (Eastern Mediterranean). Sedimentary Geology.

Bridge, C., Calon, T.J., Hall, J. & Aksu, A.E. (2005) Salt tectonics in two convergent-margin basins of the Cyprus arc, Northeastern Mediterranean Marine Geology.

Calon, T.J., Aksu, A.E. & Hall, J. (2005) The Neogene evolution of the Outer Latakia Basin and its extension into the Eastern Mesaoria Basin (Cyprus), Eastern Mediterranean. Marine Geology.

Carton, H. S., Singh, C., Tapponnier, P., Elias, A., Briais, A., Sursock, A. Jomaa, R., King, G. C. P., Daeron, M., Jacques, E., and Barrier L. (2009), Seismic evidence for Neogene and active Shortening offshore of Lebanon (Shalimar cruise), J. of Geophysical Research.

Eaton, S. & Robertson, A. (1993) The Miocene Pakhour Formation, southern Cyprus, and its Relationship to the Neogene tectonic evolution of the eastern Mediterranean. *Sediment*.

Gardosh, M. and Druckman, Y. (2006) Seismic stratigraphy, structure and tectonic evolution of the Levantine Basin, offshore Israel. In: Robertson, A. H. F. and Mountrakis, D. (eds.) Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region. Geol. Soc., London, Spec. Publ.

Hall, J., Aksu, A.E., Calon, T.J. & Yasar, D. (2005a) Varying tectonic control on basin development at an active microplate margin: Latakia Basin, Eastern Mediterranean. Marine Geology.

Hall, J., Calon, T.J., Aksu, A.E. & Meade, S.R. (2005b) Structural evolution of the Latakia Ridge and Cyprus Basin at the front of the Cyprus Arc, Eastern Mediterranean Sea. Marine Geology.

Hsü, K.J., Cita, M.B. & Ryan, W.B.F. (1973) The origin of the Mediterranean evaporites. In: Ryan, W.B.F., Hsü, K.J. et al. (Eds), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project 13, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Kempler, D. & Ben Avraham, Z. (1987) The tectonic evolution of the Cyprus Arc. *Annales tectonicae* **1**.

Loncke L., Mascle J. & Fanil Scientific Parties. (2004) Mud volcanoes, gas chimneys, pockmarks and mounds in the Nile deep-sea fan (Eastern Mediterranean): geophysical evidences. Marine and Petroleum Geology.

Loncke L., Gaullier V., Mascle J., Vendeville B. & Camera L. (2006) The Nile deep-sea fan: an example of interacting sedimentation, salt tectonics and inherited subsalt paleotopographic features. *Mar. Petr. Geol.*

Maillard A., Gorini C., Mauffret A., Sage F, Lofi J. and Gaullier V. (2006) Offshore evidence of polyphase erosion in the Valencia Basin (Northwestern Mediterranean): scenario for the Messinian Salinity Crisis. In “The Messinian salinity crisis re-visited”, Rouchy J.-M., Suc J.-P., Ferrandini J. (eds.).

Maillard A., and Mauffret A. (2006) - Relationship between erosion surfaces and Late Miocene Salinity Crisis deposits in the Valencia Basin (northwestern Mediterranean): evidence for an early sea level fall, *Terr. Nov.*, **18**, 321-329.

Maillard, A. (1993). Structure et riftogenèse du Golfe de Valence (Méditerranée occidentale). Doctoral thesis, University of Paris 6, 284 p.

Major, C., Ryan, B.F., 1999. Eratosthenes Seamount: record of Late Miocene sea-level changes and facies related to the Messinian salinity crisis. *Mem. Soc. Geol. It.* **LIV**, 47-59.

Netzeband, G., Gohl, K., Hübscher, C., Ben-Avraham, Z., Dehghani, A., Gajewski, D. & Liersch, P. (2006a) The Levantine Basin – crustal structure and origin. *Tectonophysics*.

Netzeband, G., Hübscher, C. & Gajewski, D. (2006b) The structural evolution of the Messinian Evaporites in the Levantine Basin. *Marine Geology*.

Orszag-Sperber, F., Rouchy, J.-M. & Elion, P. (1989) The sedimentary expression of regional tectonic events during the Miocene-Pliocene transition in the southern Cyprus Basins.

Pantazis, Th., (1978) Cyprus evaporites. In: Ross, D.A., Neprochnov, Y.P. et al., (eds), *Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj.*, vol 42, part 2, I.US Gov. Printing Office, Washington, DC.

Robertson, A.H.F., Eaton, S., Follows, E.J. & McCallum, J.E. (1990) The role of local tectonics versus global sea-level changes in the Neogene evolution of the Cyprus active margin. In: MacDonald, D.I.M. (Ed.), *Sea-level Change at Active Margins*. Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol.

Sage, L. & Letouzey, J. (1990) Convergence of the African and Eurasian Plates in the eastern Mediterranean. In: *Petroleum and Tectonics in Mobile Belts*. Editions Technip, Paris.

Sage, L. & Letouzey, J. (1990) Convergence of the African and Eurasian Plates in the eastern Mediterranean. In: Letouzey, J. (Ed.), *Petroleum and Tectonics in Mobile Belts*. Editions Technip, Paris.

Tibor G. & Ben-Avraham Z. (2005) Late Tertiary paleodepth reconstruction of the Levant margin off Israel. *Mar. Geol.*

Vidal, N., Alvarez-Marrón, J. & Klaeschen, D. (2000a) Internal configuration of the Levantine Basin from seismic reflection data (Eastern Mediterranean). *Earth and Planetary Science Letters*.

Vidal, N., Klaeschen, D., Kopf, A., Docherty, C., von Huene, R. & Krasheninnikov, V.A. (2000b) Seismic images at the convergence zone from south of Cyprus to the Syrian coast, eastern Mediterranean. *Tectonophysics*.

Woodside, J.M. (1991). Disruption of the African Plate margin in the eastern Mediterranean. In: Salem, M.J., Sbata, A.M., Bakbak, M., Rida, M. (Eds.), *The Geology of Lybia: Symp. Geol. Libya*, 3.

www.boccf.org

www.kassinis-consulting.com

www.hellasforce.com

www.boccf.org

www.cyprusgeology.org

<http://www.moa.gov.cy>

