

# Παγκόσμια κλιματική πτώση θερμοκρασίας κατά το Μέσο Μειόκαινο: παλαιο-οικο-βιογεωγραφικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον της Ανατολικής Μεσογείου

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ:

Χαρίκλεια Ντρίνια: Επικ. Καθηγ. Παλαιοοικολογίας Οικοστρωματογραφίας.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ: ΠΑΛ-ΒΙ-ΜΕ

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

## Εισαγωγή

Ένας από τους άξονες αιχμής της παγκόσμιας επιστημονικής έρευνας την παρούσα χρονική στιγμή είναι αυτός του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα των μεταβολών του κλίματος. Το Μειόκαινο είναι γενικά μια περίοδος σταθερών κλιματικών συνθηκών. Κατά την περίοδο αυτή το ωκεάνιο κλιματικό σύστημα εξελίσσεται στις σύγχρονες συνθήκες που χαρακτηρίζονται από έντονες μεσημβρινές και κατακόρυφες θερμικές διαβαθμίσεις. Οι περισσότερες μεγάλης και μικρής κλίμακας κλιματικές αλλαγές ελέγχονται από τις διακυμάνσεις των τροχιακών παραμέτρων της Γης, που επηρεάζουν την κατανομή και παροχή της ηλιακής ενέργειας. Ειδικότερα η περίοδος του Μέσου Μειόκαινου, η οποία εκτός από τις τεκτονικές διεργασίες, χαρακτηρίστηκε από μια παγκόσμια κλιματική (πτώση της θερμοκρασίας) και ωκεανογραφική αναδιοργάνωση αποτελεί μια κρίσιμη περίοδο στην παγκόσμια κλιματολογική εξέλιξη και η γνώση της είναι ουσιαστική για την κατανόηση της σύγχρονης ωκεανογραφίας.

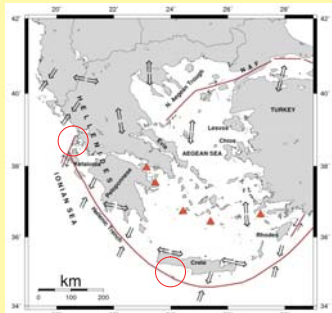
Μια από τις γεωγραφικές θέσεις κλειδί για την κατανόηση των παλαιοωκεανογραφικών αυτών συμβάντων αποτελεί η Μεσόγειος θάλασσα. Η επιστημονική κοινότητα θεωρεί ότι η Μεσόγειος αποτελεί ένα σημαντικό φυσικό εργαστήριο για την μελέτη των κλιματικών και παλαιοωκεανογραφικών μηχανισμών σε ευρεία κλίμακα. Το γεωγραφικό της πλάτος και η μορφολογία της λεκάνης (ημι-έγκλειστη περιθωριακή θάλασσα) κάνουν την Μεσόγειο σημαντική καθώς οι μικρές κλίμακας μεταβολές καταγράφονται στα ιζήματα και αντικατοπτρίζονται στις βιοτικές κοινωνίες που εμπεριέχονται μέσα σε αυτά.

Δύο σημαντικά γεγονότα επηρέασαν την παλαιοωκεανογραφική και βιογεωγραφική ιστορία της Μεσογείου κατά το Μειόκαινο:

- 1) το παγκόσμιο κλίμα υπέστη ταχεία ψύχρανση με ταυτόχρονη αύξηση στη παραγωγή των ψυχρών βαθύων υδάτων του Ανταρκτικού και ανάπτυξη μεγάλων παγετώνων καλυμμένων του Ανατολικού Ανταρκτικού και
- 2) μετά το τελικό κλείσιμο της Τηθύς, το οποίο πραγματοποιήθηκε από το Ανώτερο Βουρδινγάλιο μέχρι το Σερραβάλιο, η Μεσόγειος μετατράπησε σε μια λεκάνη-βουρφόρο του Ατλαντικού ωκεανού, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα να υφίσταται σημαντικές τροποποιήσεις όσον αφορά στον παλαιοωκεανογραφικό και κλιματικό της χαρακτήρα.

## Περιοχές έρευνας

Η περιοχή μελέτης είναι η Δυτική και Νότια Ελλάδα (Λευκάδα, Ιθάκη, νήσος Γαυδός, ΝΑ Κρήτη). Τομές στη Λευκάδα και την Ιθάκη καλύπτουν το χρονικό διάστημα 15-13 εκατομμύρια χρόνια και αποτελούν έναν από τους πλέον ενδιαφέροντες χώρους της Ανατολικής Μεσογείου σε ότι αφορά στη γεωλογική και τεκτονική εξέλιξη. Παράλληλα η νήσος Γαυδός αποτελεί μια περιοχή-κλειδί για την μελέτη και τεκμηρίωση των κλιματικών μεταβολών του Μέσου - Ανωτέρου Μειόκαινου καθώς υπάρχει ένα συνεχές αρχείο ιζηματογενών σχηματισμών που καλύπτει το διάστημα από 12 περίπου έως 6 εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα με αστρονομική χρονολόγηση.



## Σκοπός του έργου

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η κατανόηση των μοντέλων και των διαδικασιών της εξέλιξης του παλαιοκλίματος, κατά τη διάρκεια του Μέσου - Ανωτέρου Μειόκαινου, που είχαν σαν αποτέλεσμα τη σημερινή βιοποικιλότητα, αλλά και η κατανόηση της επίδρασης των μεταβολών του παρελθόντος έμβιου κόσμου στο κλίμα της Μεσογείου και ειδικότερα του Ελλαδικού χώρου.

Για την επίτευξη του, πραγματοποιήθηκαν οικο-βιοστρωματογραφικές, κυκλοστρωματογραφικές, γεωχημικές, παλαιοκλιματικές, παλαιοοικολογικές και τεκτονικές αναλύσεις οι οποίες σε συνδυασμό με την χρήση αρχών της στρωματογραφίας ιζηματογενών ακολουθιών, είχαν ως αποτέλεσμα την εκπλήρωση των ακόλουθων στόχων:

Στόχος 1: Καθορισμός ενός υψηλής ευκρίνειας στρωματογραφικού πλαισίου για το Μέσο - Ανώτερο Μειόκαινο και παλαιοπεριβαλλοντικός χαρακτηρισμός των ιζηματογενών ακολουθιών σε μια περιφερειακή κλίμακα.

Στόχος 2: Κλιματικός έλεγχος των υψηλής ευκρίνειας κυκλικών μεταβολών που παρατηρούνται στα αποθετικά συστήματα.

Στόχος 3: Κατανομή στο χώρο και στο χρόνο και παλαιογεωγραφική αναπαράσταση των θαλασσίων αποθέσεων της Ανατολικής Μεσογείου.

## Πακέτα εργασίας του έργου

Η ανάληψη του έργου ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ ΙΙ (70/3/8020) έγινε την 1 Ιανουαρίου του 2005 και ολοκληρώθηκε στις 31 Δεκεμβρίου 2007.

Οι βασικοί άξονες του έργου αντιστοιχούν στα ακόλουθα τέσσερα πακέτα εργασίας:

### Π.Ε. 1: «Υψηλής ευκρίνειας στρωματογραφική ανάλυση»

Αρχικά έγινε αναζήτηση και μελέτη βιβλιογραφικών αναφορών σχετικά με την γεωλογία των υπό μελέτη περιοχών, την βιοστρωματογραφία, κυκλοστρωματογραφία, στρωματογραφία ισοτόπων, καθώς και τη διερεύνηση των κλιματικών και φυσικοχημικών συνθηκών της δημιουργίας των αστροπιπλών που χαρακτηρίζουν ιδιαίτερα το χώρο της Ανατολικής Μεσογείου.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εργασία υπαίθρου που περιελάμβανε ανάλυση ιζηματογενών φάσεων και δειγματοληψία στις νήσους Λευκάδα (τομή Αστρογερακάτα και τομή Ρουπτακιάς), Ιθάκη (τομή Αφάλες) και Γαυδός (τομές Μπτο, Ποταμός και Αη-Γιάννης). Για την καλύτερη χρονολόγηση του κρίσιμου χρονικού διαστήματος του Μέσου Μειόκαινου πραγματοποιήθηκαν διερευνητικές εργασίες υπαίθρου και δειγματοληψία στον Μύτικα Απώλοκακρνανίας, στον Αμβρακικό Κόλπο και στις ακτές της Δυτικής Πελοποννήσου.

### Π.Ε. 2: «Χρόνος, τρόπος και ρόλος της τεκτονικής δραστηριότητας»

Με σκοπό γεωλογική χαρτογράφηση πραγματοποιήθηκε εργασία υπαίθρου στη νήσο Λευκάδα, η οποία κατέδειξε τη νεοτεκτονική εικόνα και εξέλιξη της περιοχής αυτής, όπως προέκυψαν από τα στρωματογραφικά στοιχεία των μεταλλικών ιζημάτων και τα κηλημικά στοιχεία των ρηγιμάτων.

### Π.Ε. 3: «Παλαιοοικολογία Παλαιοκλιματολογία - Οικοστρωματογραφία»

Για την πληρέστερη παλαιοπεριβαλλοντική ερμηνεία και τεκμηρίωση της ιζηματολογίας των μελετώμενων περιοχών πραγματοποιήθηκαν παλαιοοικολογικές παρατηρήσεις που βασίστηκαν στην μελέτη των βενθονικών και πλαγκτονικών Τριηματοφόρων, των ασπόνδυλων οργανισμών και σε βιβλιογραφικά δεδομένα.

Επίσης, στο πλαίσιο του Π.Ε. 3 η έρευνα εστιάστηκε στον καθορισμό της επίδρασης των παγκόσμιων κλιματικών μεταβολών του Μέσου Μειόκαινου στο βιοκόσμο της Ανατολικής Μεσογείου. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σταθερών ισότοπων οξυγόνου και άνθρακα στα ανθρακικά κελύφη βενθονικών και πλαγκτονικών τριηματοφόρων στο Ινστιτούτο Θαλασσίων Ερευνών στη Νάπολη (Ιταλία) και στο Πανεπιστήμιο της Ουτρέχτης (Ολλανδία). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες καμπύλες εζήγησης τις παραμέτρους που επηρέαζαν τις περιβαλλοντικές συνθήκες και συγκεκριμένα το παλαιοκλίμα της Ανατολικής Μεσογείου κατά το Μέσο - Ανώτερο Μειόκαινο.

### Π.Ε. 4 «Παλαιογεωγραφία του Μέσου - Ανωτέρου Μειόκαινου»

Στο πακέτο αυτό πραγματοποιήθηκε μία σύνθεση των αναλύσεων των τριών προηγούμενων πακέτων, δίνοντας έμφαση στις γενικές κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά τη δημιουργία των μελετώμενων ιζηματογενών αποθέσεων.

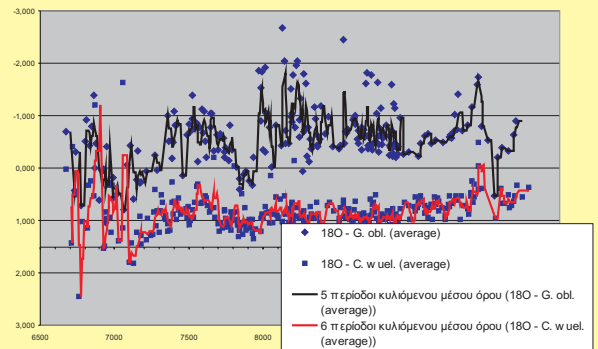
## Συμπεράσματα

Στη νήσο Γαυδός η απόθεση των νεογενών ιζημάτων ξεκινάει στο Κατώτερο Τορτιόνιο, και απαντούν σήμερα κυρίως στις βόρειες περιοχές του νησιού.

Η βιοστρωματογραφική ανάλυση των τομών Ποταμός, Αη Γιάννης και Μπτο, που πραγματοποιήθηκε με βάση την περιεχόμενη μικροπανίδα των πλαγκτονικών τριηματοφόρων, κατέδειξε ηλικία από 11.205 έως 10.001 εκατομμύρια χρόνια.

Οι εξεταζόμενες τουρβιδικές αποθέσεις (τομές Ποταμός και Αη Γιάννης) δημιουργήθηκαν εξαιτίας τοπικής κλίμακας παλαιοκλιματικών διακυμάνσεων που οφείλονται στην μετάπτωση ισθμικών παρά σε παγετώδεις-ευστατικές διακυμάνσεις της θάλασσας στάθμης.

Η μελέτη των Βρυδιών και των βελόνων Σπόγγων στη τομή Μπτο, υποδεικνύει έναν διαφορετικό παλαιογεωγραφικό χώρο, ο οποίος δεν επικοινωνούσε με την περιοχή του κόλπου του Ποταμού, λόγω της ύπαρξης μεταξύ τους μιας διαφραγματικής νησιδίας ασβεστολιθικής φύσεως.

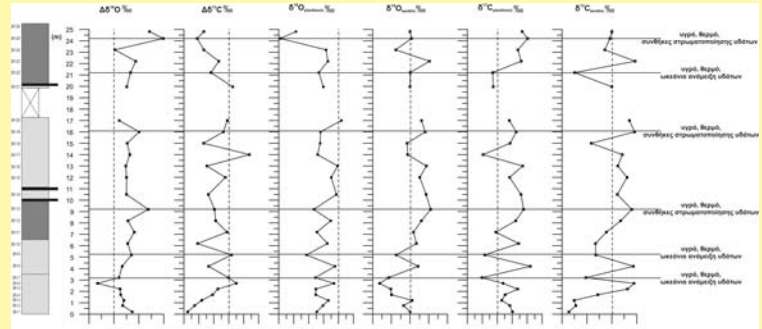


| Stratigraphic level in the Broudia section | 5.8 | 5.4 | 4.7 | 3.8 | 3.2 | 2.6 | 1.8 | 1.2 | 0.6 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Depth (m)                                  | 24  | 23  | 22  | 21  | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 15  | 14  | 13  |
| Depth (m)                                  | 12  | 11  | 10  | 9   | 8   | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   |
| Depth (m)                                  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

Dr. Anastasia, Dr. Caterina, Dr. Luciana, Dr. M. Mantzouraki, Dr. Vasiliki, Dr. C. Calabrese

Στη νήσο Λευκάδα, η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των βιοφάσεων των βενθονικών και πλαγκτονικών τριηματοφόρων κατέδειξε ότι το κατώτερο τμήμα της ακολουθίας χαρακτηρίζεται από τις σχετικά υψηλές αφθονίες ειδών χαρακτηριστικών της εξωτερικής κρηπίδας και της βαθύλης ζώνης, ενώ το ανώτερο μέρος εξουσιάζεται από μεταφερμένα θαλάσσια είδη χαρακτηριστικά της εσωτερικής κρηπίδας.

Η βιογεωχημική μελέτη με βάση τα σταθερά ισότοπα οξυγόνου και άνθρακα στα κελύφη των βενθονικών και πλαγκτονικών τριηματοφόρων συμφωνεί με την γενική παγκόσμια κλιματική τάση για το Κατώτερο Τορτιόνιο. Υποδεικνύει σχετικά σταθερές κλιματολογικές συνθήκες που χαρακτηρίζονται από μια αύξηση στις τοπικές βαθιές ωκεάνιες θερμοκρασίες, με μικρές μόνο διαφοροποιήσεις που οφείλονται σε τοπικούς παράγοντες. Συγκεκριμένα, αναγνωρίστηκαν δύο κύρια κλιματικά συστήματα: Ένα θερμό, υγρό, κλίμα με μια στρωματοποιημένη υδατίνη στήλη και ένα θερμό, υγρό με στοιχεία ωκεάνιας μίξης.



## Δημοσιεύσεις - Ανακινώσεις και Περιλήψεις

1. DRINIA, H., ANTONARAKOU, A., SPROVIERI, M., LIRER, F., 2007. Stable Isotope signatures on the depositional paleoenvironment of the early Late Miocene deposits of the Pre-Apulian zone, Levkas island, Ionian Sea. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, European Geosciences Union 2007.
2. DRINIA, H., ANTONARAKOU, A., TSAPARAS, N., DERMITZAKIS, M.D., 2007. Foraminiferal stratigraphy and palaeoecological implications in turbidite-like deposits from the Early Tortonian (Late Miocene) of Greece. *Journal of Micropaleontology*, 26, 145-158.
3. TSAPARAS, N., DRINIA, H., ANTONARAKOU, A., MARCOPOULOU-DIAKANTONI, A. & DERMITZAKIS, M.D., 2007. Tortonian *Clypeaster* fauna (Echinoidea: Clypeasteroidea) from Gavdos Island (Greece). *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress, Bulletin of the Geological society of Greece*, 40, 225-237.
4. DRINIA, H., ANTONARAKOU, A., KONTAKIOTIS, G., TSAPARAS, N., SEGOU, M. & KARAKITSIOS, V., 2007. Paleobathymetric evolution of the early Late Miocene deposits of the pre-Apulian zone, Levkas Island, Ionian Sea. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress, Bulletin of the Geological society of Greece*, 40, 39-52.
5. ANTONARAKOU, A., DRINIA, H., TSAPARAS, N. & DERMITZAKIS, M.D., 2007. Assessment of micropaleontological sedimentary parameters as proxies of surface water properties and paleoclimate, in Gavdos island, eastern Mediterranean. *Geodiversitas*, 29, 379-399.
6. TSAPARAS, N., DRINIA, H., ANTONARAKOU, A., MARCOPOULOU-DIAKANTONI, A. & DERMITZAKIS, M.D., 2007. Late Miocene Bryozoa assemblages from Gavdos Island (south Greece) and their paleoecological significance. *Sixth International symposium on Eastern Mediterranean Geology*, Abstract volume, 271-274.
7. DRINIA, H., 2007. Foraminiferal biofacies and paleoenvironmental implications of the Early Tortonian deposits of Gavdos Island (Eastern Mediterranean). *Revue de Micropaleontology*.