Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Ελένη Κυριαζίδου

Γεωλόγος

Τα βενθονικά τρηματοφόρα ως δείκτες παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης σε λιμνοθάλασσες:

Λιμνοθάλασσα Πάλιουρα, Θερμαϊκός κόλπος

Διατριβή ειδίκευσης

Θεσσαλονίκη

Δεκέμβριος 2016

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI

FACULTY OF SCIENCES

SCHOOL OF GEOLOGY

DEPARTMENT OF GEOLOGY

Eleni Kyriazidou

Geologist

Benthic foraminifera as paleoenvironmental indices in lagoons: Paliouras lagoon, Thermaikos gulf

Master of Science Thesis

Thessaloniki

December 2016

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Ελένη Κυριαζίδου

Πτυχιούχος Γεωλόγος

Τα βενθονικά τρηματοφόρα ως δείκτες παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης σε λιμνοθάλασσες: Λιμνοθάλασσα Πάλιουρα, Θερμαϊκός κόλπος

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών
'Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον'
Τομέας Γεωλογίας
Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 19/12/2016

Α.Μ.: 437

Τριμελής επιτροπή

Επιβλέπων: Αν. Καθηγητής Γεώργιος Συρίδης

Μέλος: Καθηγήτρια Μαρία Τριανταφύλλου

Μέλος: Επ. Καθηγήτρια Μαργαρίτα Δήμιζα

Θεσσαλονίκη

Δεκέμβριος 2016

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής επετηρίδας Τμήματος Γεωλογίας Ν°

© Ελένη Κυριαζίδου, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Τα βενθονικά τρηματοφόρα ως δείκτες παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης σε λιμνοθάλασσες:

Λιμνοθάλασσα Πάλιουρα, Θερμαϊκός κόλπος

ISBN:

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο "Τα βενθονικά τρηματοφόρα ως δείκτες παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης σε λιμνοθάλασσες: λιμνοθάλασσα Πάλιουρα, Θερμαϊκός κόλπος" εντάσσεται στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της Εφαρμοσμένης και Περιβαλλοντικής Γεωλογίας του Τομέα Γεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα του κλάδου «Δομή και Εξέλιξη Ιζηματογενών Λεκανών».

Τα βενθονικά τρηματοφόρα αποτελούν μία πολύ σημαντική ομάδα οργανισμών, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις επιστήμες Βιοστρωματογραφίας, Παλαιοοικολογίας, Παλαιογεωγραφίας αλλά και στον προσδιορισμό και την εξέλιξη του παλαιοπεριβάλλοντος. Επιπλέον, πρόσφατα τα βενθονικά τρηματοφόρα χρησιμοποιούνται και στην ανάπτυξη δεικτών περιβαλλοντικής υγείας. Η επιστημονική έρευνα που αφορά την μελέτη των βενθονικών τρηματοφόρων εξελίσσεται συνεχώς με στόχο την εφαρμογή τους στην επίλυση επιστημονικών ερωτημάτων. Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, επιχειρήθηκε η ερμηνεία του παλαιοπεριβάλλοντος της περιοχής της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα με βάση την μελέτη των βενθονικών τρηματοφόρων που συλλέχθηκαν από ιζήματα γεώτρησης που πραγματοποιήθηκε στη λιμνοθάλασσα. Οι πυρήνες της γεώτρησης PLR-1 παραχωρήθηκαν από τους Γ. Συρίδη και Κ. Βουβαλίδη για τις ανάγκες της παρούσας Διατριβής. Με το πέρας αυτής της προσπάθειας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με στήριξαν και με βοήθησαν καθ' όλη την διάρκειά της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα της μεταπτυχιακής μου εργασίας Αν. Καθηγητή Γ. Συρίδη για την βοήθεια, υποστήριξη και καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια της προσπάθειάς μου, από την αρχή των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο τμήμα μέχρι και την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας αλλά και για την παραχώρηση του υλικού του πυρήνα γεώτρησης PLR-1.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω επίσης στα μέλη της Τριμελούς Επιτροπής Καθηγήτρια Μ. Τριανταφύλλου του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών αλλά και στην Επίκουρη Καθηγήτρια Μ. Δήμιζα του ίδιου τμήματος. Η βοήθεια και η επιστημονική συνδρομή τους ήταν πολύτιμη για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας και μέσα από την εποικοδομητική κριτική και το ενδιαφέρον τους συνέβαλλαν στην καλύτερη δυνατή εκπόνησή της.

Τις πιο ειλικρινείς μου ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στο μέλος της Συμβουλευτικής Επιτροπής Δρ. Ο. Κουκουσιούρα ΕΔΙΠ Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ., για την αμέριστη συμπαράσταση, καθοδήγηση και υποστηριξή που μου προσέφερε και τον προσωπικό χρόνο τον οποίο διέθεσε με στόχο την επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Χωρίς την ώθηση και την επιστημονική συνδρομή της η ολοκλήρωση της θα ήταν αδύνατη.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον Αν. Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Κ. Βουβαλίδη για την παραχώρηση του υλικού του πυρήνα γεώτρησης PLR-1 και την παροχή των εργαστηριακών εγκαταστάσεων και εξοπλισμού του εργαστηρίου Ιζηματολογίας του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας. Ακόμα

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους Δρ. Σ. Πεχλιβανίδου και Δρ. Χ. Πέννο, οι οποίοι συμμετείχαν στην πραγματοποίηση της γεώτρησης από την οποία προέκυψε ο πυρήνας ιζήματος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επίκουρη Καθηγήτρια Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Λ. Παπαδοπούλου, για την βοήθεια της κατά τη διάρκεια της φωτογράφησης των τρηματοφόρων η οποία πραγματοποιήθηκε στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο του Διατμηματικού Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Ιδιαιτέρως θα ήθελα να ευχαριστήσω τους διδάσκοντες του Μεταπτυχιακού Προγράμματος του Τομέα «Δομή και εξέλιξη ιζηματογενών λεκανών» που με στήριξαν σε όλη τη διάρκεια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συντονιστή και σύμβουλο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Αν. Καθηγητή Δ. Κωστόπουλο για τη συνεχή υποστηριξή του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην Δρ. Ε. Θωμαϊδου ΕΔΙΠ Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. και προσωπική μου φίλη για την συνεχή στήριξή και βοήθειά της αλλά και τον προσωπικό της χρόνο που μου αφιέρωσε κάθε φορά που χρειάστηκα τη βοήθειά της.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους συμφοιτητές μου Α. Βαρνάβα, Α. Γκεμέ, Β. Λαζοκίτσιο και Α. Πεϊτσίδη για την βοήθεια και υποστηριξή τους καθ' όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μας σπουδών.

Σημαντική επίσης στην παρούσα προσπάθεια υπήρξε και η στήριξη των φίλων μου Μ. Παπαγιάννη, Κ. Κρίτση, Α. Μανάβη, Ε. Στεπανίδου, Ο. Ηλιοπούλου, Ε. Πάσκου, Φ. Παπαποστόλου και Κ. Ξανθόπουλο.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στη μητέρα μου Κατερίνα και τον αδερφό μου Αντώνη αλλά και την ευρύτερη οικογένειά μου που με στηρίζει υλικά και ηθικά από την αρχή των σπουδών μου μέχρι και σήμερα.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής μελετήθηκε η σύνθεση των βενθονικών τρηματοφόρων από 52 δείγματα ιζήματος. Τα δείγματα προέρχονται από πυρήνα γεώτρησης (PLR-1), βάθους 8.7 m, που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα (Επανομή Θεσσαλονίκης).

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε αρχικά η συστηματική ταξινόμηση των ειδών των βενθονικών τρηματοφόρων. Συνολικά παρατηρήθηκαν και περιγράφηκαν 14 είδη που ανήκουν σε 7 γένη βενθονικών τρηματοφόρων. Ακόμη πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός σε επίπεδο γένους των περιεχόμενων μαλακίων (συνοδή πανίδα) και η ανάλυση των συγκεντρώσεων των τρηματοφόρων, με τον προσδιορισμό της αφθονίας και της ποικιλότητας και μέσω μίας σειράς μικροπαλαιοντολογικών δεικτών. Στην παρούσα εργασία δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στα άτομα των τρηματοφόρων που έφεραν μορφολογικές ανωμαλίες, η παρουσία των οποίων συνδέεται συνήθως με το περιβαλλοντικό στρες, το οποίο μπορεί να οφείλεται σε απότομη μείωση ή αύξηση της αλατότητας αλλά και σε παράγοντες που συνδέονται με ανθρώπινη δραστηριότητα (Yanko et al., 1999; Dimiza et al., 2012; Κουκουσιούρα, 2012).

Για την λεπτομερή αναπαράσταση του παλαιοπεριβάλλοντος της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτων μικροπαλαιοντολογικοί δείκτες: α) δείκτης *A*: Στα κελύφη των ατόμων του είδους *Ammonia tepida* πραγματοποιήθηκαν βιομετρικές μετρήσεις και χρησιμοποιήθηκε ο τύπος A=L/ (S+L)*100 όπου L=μεγάλα άτομα>0,5 mm και S=μικρά άτομα<0,5 mm (Koukousioura et al., 2012). β) δείκτης FAI (Foraminiferal Abnormality Index) και FMI (Foraminiferal Monitoring Index) (Coccioni, 2003, 2005): Οι αυξημένες τιμές των συγκεκριμένων δεικτών σχετίζονται με έντονες περιβαλλοντικές αλλαγές και συγκεκριμένα με διακυμάνσεις της αλατότητας.

Με βάση τις συναθροίσεις των βενθονικών τρηματοφόρων τα οποία συλλέχθηκαν από τον πυρήνα ιζήματος, αναγνωρίστηκαν δύο διαφορετικοί τύποι παλαιοπεριβάλλοντος με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά: περιβάλλον ανοιχτής λιμνοθάλασσας και περιβάλλον κλειστής λιμνοθάλασσας. Η πανίδα των τρηματοφόρων σε συνδυασμό με τη χρήση μικροπαλαιοντολογικών δεικτών, των πολυπαραγοντικών αναλύσεων και της απόλυτης χρονολόγησης που πραγματοποιήθηκε σε επιλεγμένα δείγματα οστράκων μαλακίων, συντέλεσε στην αναπαράσταση της παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης της περιοχής μελέτης.

Η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα παρουσιάζει μία μετάβαση από περιβάλλον κλειστής λιμνοθάλασσας σε περιβάλλον ανοιχτής λιμνοθάλασσας μετά τα 7640 yr BP, ενώ μετά τα 6600 yr η λιμνοθάλασσα ξανά κλείνει. Η εξέλιξη της λιμνοθάλασσας φαίνεται να συμφωνεί με τα μοντέλα της σχετικής ανόδου του επιπέδου της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές του Αιγαίου που συνέβη πριν τα 4000 yr BP.

Οι αλλαγές που παρατηρούνται στις συναθροίσεις των απολιθωμένων βενθονικών τρηματοφόρων στα παράκτια περιβάλλοντα, αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο της Παλαιοντολογίας, για την καταγραφή των αλλαγών της στάθμης της θάλασσας που είχαν συμβεί κατά το παρελθόν και την λεπτομερή αναπαράσταση των παλαιοκλιματικών και παλαιοπεριβαλλοντικών συνθηκών. Τις

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

τελευταίες δεκαετίες, έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες σε Ολοκαινικά παράκτια πεδία και σε λιμνοθάλασσες του Αιγαίου (Triantaphyllou et al., 2003, 2010; Pavlopoulos et al., 2007, 2010; Evelpidou et al., 2010; Koukousioura et al., 2012; Κουκουσιούρα, 2012) οι οποίες παρέχουν πληθώρα πληροφοριών σε ότι αναφορά το παλαιοπεριβάλλον.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
ΑΠΘ

Abstract

Paliouras lagoon is a coastal seasonal lagoon situated on the east coastline of Thermaikos Gulf ~1 km south of Nea Michaniona town. The vibracore PALIOURAS – 1 (PLR-1) was drilled there, and core samples were recovered up to 8.70m depth.

The aim of this MSc project is to examine the composition of the benthic foraminifera, derived from 52 sediment samples. The sediment samples originate from a drilling core (PLR-1) from the Paliouras lagoon area.

During this project, the benthic foraminifera were classified according to systematics and taxonomy. A total of 14 species, from seven different genera of foraminifera, were observed and identified. Furthermore, the gastropods and molluscs that were present, were identified to generic level. A foraminiferal concentration analysis was carried on, in order to evaluate abundance and diversity through the use of micropaleontological indeces. Benthic foraminifera with morphological abnormalities were taken into particular consideration, since such morphology can be linked to environmental stress due to rapid fluctuations of salinity or can be a result of human activity (Yanko et al., 1999, Dimiza et al., 2012; Koukousioura, 2012).

The following micropaleontological markers were used for the detailed reconstruction of the study area's paleoenvironment: a) *A* index: Biometric measurements were perfomed on *Ammonia tepida* tests and the formula A=L/ (S+L)*100 was applied, where L= large individuals> 0.5 mm and S= small individuals< 0.5 mm (Koukousioura et al., 2012), b) FAI (Foraminiferal Abnormality Index) and FMI (Foraminiferal Monitoring Index) indices (Coccioni, 2003, 2005): Elevated values of these particular markers can infer severe environmental changes and particularly salinity fluctuations.

Based on the assemblages of benthic foraminifera that were recovered from the sediment's core, two types of paleoenvironments, with specific characteristics were observed: open lagoon environment and closed lagoon environment. The reconstruction of the paleoenvironmental evolution of the study area, was based on the diversity of the foraminiferal fauna, in combination with micropaleontological indices, quantative analysis and radiometric dating that were applied in a number of specimens, defining the paleoenvironmental evolution of the studied area.

Paliouras lagoon presents a transition from a closed lagoon environment into an open one, after 7640 yr BP, while after 6600 yr BP the lagoon closes again. The proposed evolutional course of the Paliouras lagoon concurs with the existing models of the relevant elevation of the sea level in the coastal areas of the Aegean Sea that was recorded before 4000 yr.

The changes of the benthic foraminifera assemblages, consist a useful tool of Paleontology for recording the sea level changes in coastal areas occurred in the past and providing a detailed reconstruction of the paleoclimatic and paleoenvironmental conditions. During the last decades a great number of studies have been conducted in Holocenic coastal areas and lagoons of the Aegean (Triantaphyllou et al., 2003, 2010; Pavlopoulos et al., 2007, 2010; Evelpidou et al., 2010; Koukousioura et al., 2012; Koukousioura, 2012), providing invaluable paleoenvironmental information.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Περιεχόμενα

1. Σκοπός της έρευνας 15
2. Εισαγωγή 16
2.1. Τα τρηματοφόρα 16
2.1.1 Βενθονικά τρηματοφόρα 18
2.1.2 Συστηματική ταξινόμηση των τρηματοφόρων 20
2.1.3 Τρηματοφόρα με μορφολογικές ανωμαλίες 21
2.3 Συνοδή πανίδα 23
2.3.1 Μαλάκια 23
2.3.2 Χαρόφυτα 23
2.3.3 Οστρακώδη 23
3. Γενικά στοιχεία φυσικής ωκεανογραφίας της Μεσογείου και του Αιγαίου 24
3.1 Το Αιγαίο κατά το Ολόκαινο 25
3.2 Λιμνοθάλασσες 26
4. Περιοχή μελέτης 28
4.1 Θερμαϊκός κόλπος 28
4.2 Λιμνοθάλασσα Πάλιουρα 31
4.2.1 Γεωλογία περιοχής 34
4.2.2. Τοπογραφία περιοχής 37
5. Δειγματοληψία και Μεθοδολογία 38
5.1 Εργασία πεδίου 38
5.2 Εργαστηριακή επεξεργασία δειγμάτων 39
5.3 Επεξεργασία τρηματοφόρων 43
5.4 Συστηματική ταξινόμηση τρηματοφόρων 43
5.5 Χρονολόγηση πυρήνα 43
5.6 Ανάλυση δεδομένων 43
5.6.1 Στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης 43
5.6.2 Περιβαλλοντικοί Δείκτες 44
5.6.3 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις 45
5.7 Σχεδίαση στρωματογραφικής στήλης και γεωλογικού χάρτη 45
6. Συστηματική ταξινόμηση 46

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

7. Αποτελέσματα 56
7.1 Γεωλογικός χάρτης 56
7.2 Λιθολογία του Πυρήνα 58
7.3 Κοκκομετρία 60
7.4 Αποτελέσματα χρονολόγησης 61
7.5 Συγκεντρώσεις τρηματοφόρων και άλλων ομάδων απολιθωμάτων 62
7.5.2 Ποικιλότητα και επικράτηση 65
7.5.1 Σχετικές συχνότητες 65
7.6 Στατιστικά δεδομένα/στοιχεία 69
7.6.1 Στατιστική ανάλυση 69
7.6.2 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις 73
8. Παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα 77
9. Συμπεράσματα 82
Βιβλιογραφία 84

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Α.Π.Θ

1. Σκοπός της έρευνας

Τα τρηματοφόρα χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο σε οικολογικές, παλαιοοικολογικές και παλαιοπεριβαλλοντικές μελέτες λόγω της μεγάλης απόκρισης τους στις μεταβολές του περιβάλλοντος, γεγονός που τα καθιστά άριστους οικολογικούς δείκτες. Αξιοσημείωτο γεγονός αποτελεί το ότι η μορφολογία του κελύφους των τρηματοφόρων αλλά και οι μορφολογικές ανωμαλίες που μπορεί να αναπτυχθούν σε αυτό αποτελούν χρήσιμα στοιχεία για τον καθορισμό των περιβαλλοντικών αλλαγών ή συνθηκών περιβαλλοντικής πίεσης (environmental stress).

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μικροπαλαιοντολογική μελέτη των Ολοκαινικών βενθονικών τρηματοφόρων και η εφαρμογή των αποτελεσμάτων με σκοπό την τεκμηρίωση της της παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης και αναπαράστασης του παλαιοπεριβάλλοντος της λιμνοθάλασσσας του Πάλιουρα. Για το λόγο αυτό μελετήθηκε η ποσοτική και χωρική κατανομή των συναθροίσεων των βενθονικών τρηματοφόρων από τον πυρήνα ιζήματος PLR-1 από γεώτρηση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης. Επίσης μελετήθηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών μεταβολών στην ποσοτική σύνθεση των βενθονικών τρηματοφόρων του πυρήνα. Επιπλέον, στην παρούσα διατριβή εξετάστηκε και η παρουσία και άλλων ομάδων μακροαπολιθωμάτων και μικροαπολιθωμάτων που βρέθηκαν στα δείγματα του πυρήνα ιζήματος (μαλάκια, οστρακώδη και χαρόφυτα), με στόχο την επίτευξη πληρέστερων αποτελεσμάτων.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στην περιγραφή των ειδών των βενθονικών τρηματοφόρων και στον προσδιορισμό των μορφολογικών τους ιδιαιτεροτήτων. Η δειγματοληψία στον πυρήνα ιζήματος PLR-1 πραγματοποιήθηκε ανά περίπου 5 εκατοστά με στόχο την εξαγωγή ακριβέστερων αποτελεσμάτων. Η συλλογή και η μελέτη των τρηματοφόρων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση έγκυρων δειγματοληπτικών μεθόδων και στατιστικών μεθόδων ανάλυσης.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

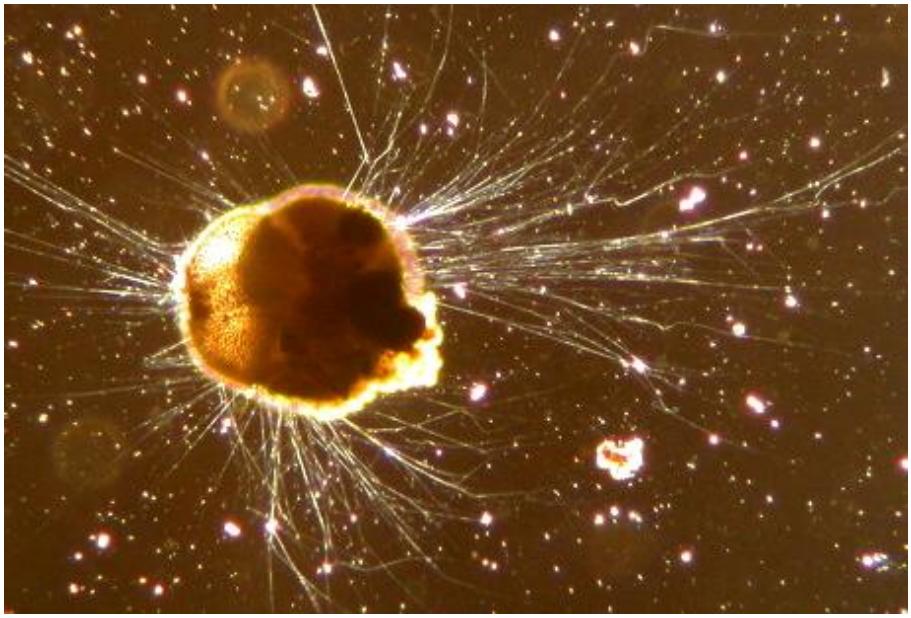
2. Εισαγωγή

2.1. Τα τρηματοφόρα

Τα τρηματοφόρα (συνομοταξία Foraminifera) (d'Orbigny, 1826) υπάγονται στην τάξη της κλάσης των Ριζόποδων (Rhizopoda) (Dujardin, 1835) της συνομοταξίας των Πρωτόζωων (Protozoa) (Goldfuss, 1818). Ο όρος τρηματοφόρα (foraminifera) προέρχεται από τη λέξη τρήμα (foramen) που σημαίνει οπή και προκύπτει από τα τρήματα που φέρουν στο τοίχωμα του κελύφους και από τα οποία εξέρχονται τα ψευδοπόδια που του πρωτοπλασματός τους. Αποτελούν μονοκύτταρους οργανισμούς και τα βασικά τους χαρακτηριστικά είναι ο ετεροφασικός κύκλος ζωής τους, το δίκτυο ψευδοποδίων και το κέλυφος τους (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012).

Το κέλυφος των τρηματοφόρων συνήθως δομείται από ανθρακικό ασβέστιο και περιβάλει το πρωτόπλασμα του οργανισμού (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Η οργάνωση του κυτταροπλάσματός τους και τα ψευδοπόδια τους μοιάζουν με αυτά των αμοιβάδων, με την διαφορά πως στα τρηματοφόρα αναπτύσσεται ένα επιπλέον δίκτυο ψευδοποδίων με κοκκώδη λεπτά ριζοπόδια και φιλοπόδια τα οποία χρησιμεύουν στην κίνηση των οργανισμών και στη συλλογή της τροφής (Murray, 1991; Travis and Bowser, 1991) (Εικ.1). Τα τρηματοφόρα περιγράφηκαν και μελετήθηκαν πρώτη φορά από τον van Leeuwenhoek το 1700 (Dobell, 1932).

Τα τρηματοφόρα βρίσκονται σε όλα τα θαλάσσια περιβάλλοντα και διαχωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο ζωής τους σε βενθονικά και πλαγκτονικά. Τα βενθονικά τρηματοφόρα αποτελούν την πλειοψηφία του συνόλου των τρηματοφόρων, ενώ τα πλαγκτονικά αντιπροσωπεύονται μόνο από 40 με 50 είδη (Sen Gupta, 2003). Χαρακτηρίζονται ως ετερότροφοι μικρο-παμφάγοι οργανισμοί, ενώ κάποια είδη χρησιμοποιούν ως τροφή μέρος των προϊόντων της φωτοσύνθεσης των ενδοσυμβιωτικών οργανισμών τους (Lee, 2006; Hallock, 2000).

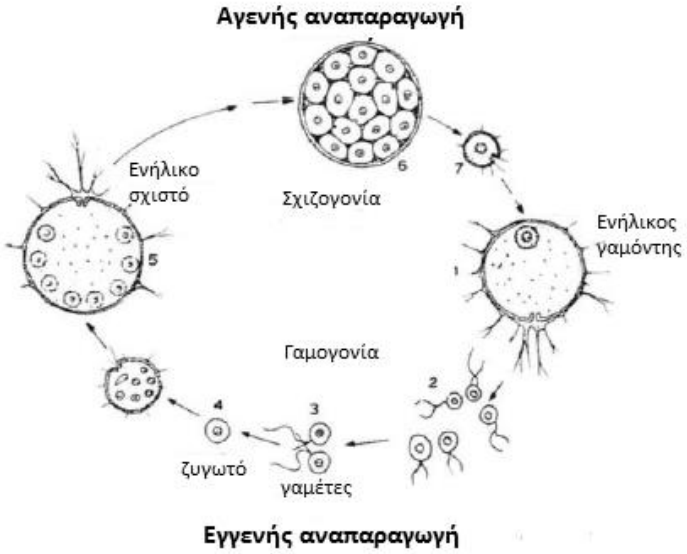


Εικ. 1. Ζωντανό άτομο του τρηματοφόρου *Ammonia tepida*, το οποίο συλλέχθηκε από την παραλία του San Francisco (Scott Fay, UC Berkeley, 2005).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Ο κύκλος ζωής των τρηματοφόρων χαρακτηρίζεται από ετεροφασική εναλλαγή αγενούς και εγγενούς αναπαραγωγής (Lee et al., 1991; Haq and Boersma, 1998) (Εικ. 2). Τα κελύφη των τρηματοφόρων που προκύπτουν από τα δύο είδη αναπαραγωγής χαρακτηρίζονται από μορφολογική διαφοροποίηση (διμορφισμός). Κατά την διάρκεια της αγενούς αναπαραγωγής, ο αγαμόντης, που χαρακτηρίζεται από μικροσφαιρικό κέλυφος (μικρή πρωτοκόγχη και μεγάλη διάμετρο), παράγει μέσω της πολλαπλής σχάσης μεγάλο αριθμό κυττάρων και στη συνέχεια τον γαμόντη. Ο γαμόντης, ο οποίος χαρακτηρίζεται από μακροσφαιρικό κέλυφος (μεγάλη πρωτοκόγχη και μικρή διάμετρο), παράγει τους γαμέτες και στη συνέχεια με εγγενή αναπαραγωγή τη νέα γενιά αγαμόντη. Σε κάποια βενθονικά τρηματοφόρα παρατηρείται τριμορφισμός, δηλαδή στον κύκλο ζωής τους προστίθεται και το σχιστό, το οποίο αποτελεί μακροσφαιρική μορφή που προκύπτει από τον αγαμόντη μέσω πολλαπλής σχάσης (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Ο κύκλος ζωής των τρηματοφόρων, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να παρουσιάζει διαφοροποιήσεις (Lee et al., 1991; Gooday and Alve, 2001), ενώ η διάρκεια του μπορεί να κυμαίνεται από μερικούς μήνες έως μερικά χρόνια (Hallock, 1985).



Εικ. 2. Ετεροφασικός κύκλος ζωής των τρηματοφόρων. Περιλαμβάνει την αγενή φάση (σχιζογονία) και την εγγενή (γαμογονία). Ο ενήλικος γαμόντης (1) παράγει τους γαμέτες (2). Από δύο γαμέτες (3) προκύπτει το ζυγωτό (4) το οποίο ωριμάζει και προκύπτει το ενήλικο σχιστό (5). Η διαίρεση του πρωτοπλάσματος του ενήλικου σχιστού σε εκατοντάδες νεαρά άτομα (6) ονομάζεται σχιζογονία. Στη συνέχεια τα νεαρά άτομα ενηλικιώνονται και ο κύκλος επαναλαμβάνεται (Haq and Boersma, 1998).

Στα σύγχρονα τρηματοφόρα το πρωτόπλασμά βρίσκεται μέσα στο κέλυφός τους, το οποίο εκκρίνεται από τον ίδιο τον οργανισμό ή δομείται από εξωγενή υλικά. Σχηματίζεται από έναν ή περισσότερους θαλάμους οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με ανοίγματα. Η αρχιτεκτονική του κελύφους των τρηματοφόρων αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό τους στο οποίο βασίζεται και η ταξινόμησή τους. Το κέλυφος των τρηματοφόρων μπορεί να συντίθεται από οργανικό, ασβεστολιθικό (υαλώδες ή πορσελανώδες), αραγωνιτικό ή συμφυρματοπαγές υλικό. Τα περισσότερα απολιθωμένα τρηματοφόρα φέρουν ασβεστολιθικό ή συμφυρματοπαγές κέλυφος

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

(Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Η εξωτερική επιφάνεια του κελύφους μπορεί να είναι λεία ή να φέρει πλούσιο διάκοσμο, όπως άκανθες, γραμμώσεις, ραβδώσεις, κόκκους ή πάχυνση στην περιφέρεια του κελύφους (τρόπιδα ή καρίνα) (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012).

Τα τρηματοφόρα είναι περισσότερο γνωστά για το μεγάλο αρχείο των απολιθωμάτων τους, παρά για την ποικιλία και αφθονία τους στα σύγχρονα θαλάσσια περιβάλλοντα (Sen Gupta, 2003). Το 1846 ο Alcide d'Ordigny μέτρησε 68 σύγχρονα γένη τρηματοφόρων και εκτίμησε πως υπάρχουν 1.000 σύγχρονα είδη. Στη τελευταία συστηματική κατάταξη οι Alfred R. Loeblich και Helena Tappan (1988) περιέγραψαν 878 σύγχρονα γένη. Ο αριθμός των υπαρχόντων τρηματοφόρων σήμερα εκτιμάται στα 10,000 (Vickerman, 1992).

Τα τρηματοφόρα συναντώνται σε μεγάλη πυκνότητα στα θαλάσσια περιβάλλοντα και αποτελούν ένα πολύ καλό εργαλείο της παλαιοωκεανογραφίας, της μελέτης της βιοποικιλότητας και του προσδιορισμού του σχετικού επιπέδου της θάλασσας (Milker, 2010).

2.1.1 Βενθονικά τρηματοφόρα

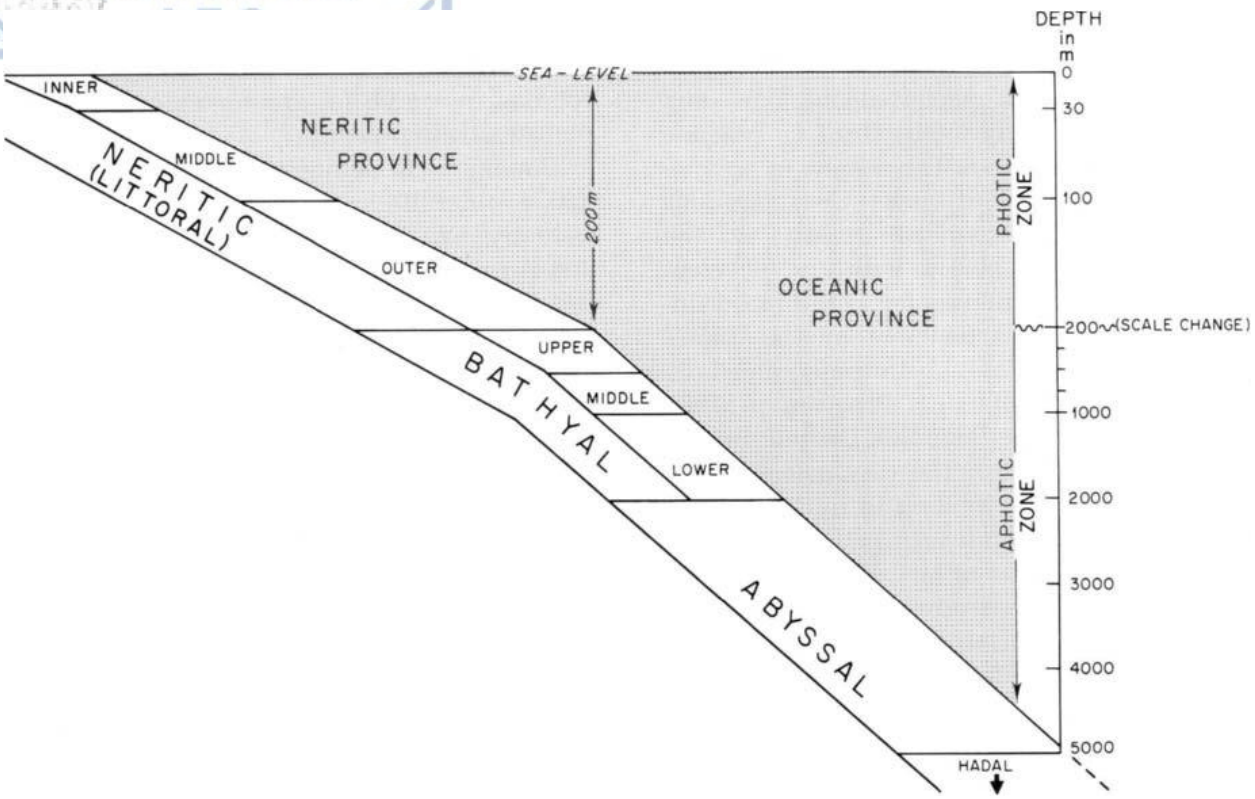
Τα βενθονικά τρηματοφόρα διαβιούν στο θαλάσσιο βένθος (Εικ. 3), ελεύθερα ή προσκολλημένα. Τα περισσότερα ζουν στην επιφάνεια του πυθμένα (επιπανίδα), ενώ λιγότερα ζουν μέσα στο ίζημα (ενδοπανίδα). Η μορφολογία του κελύφους των βενθονικών τρηματοφόρων εξαρτάται από τον περιβάλλον διαβίωσής τους. Σε περιβάλλοντα χαμηλής ενέργειας τα κελύφη τους εμφανίζονται λεπτά και ευθυτενή, ενώ σε περιβάλλοντα υψηλής ενέργειας, τα κελύφη τους είναι παχιά με έντονο διάκοσμο και διάφορα σχήματα (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012).

Πολλά μεγάλου μεγέθους βενθονικά τρηματοφόρα φιλοξενούν στο κέλυφός τους ενδοσυμβιωτικούς αυτότροφους οργανισμούς (φύκη, διάτομα, δινομαστιγωτά). Οι οργανισμοί αυτοί προστατεύονται από το τρηματοφόρο και σε αντάλλαγμα το ευνοούν παρέχοντάς του το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων της φωτοσύνθεσης, τα οποία το τρηματοφόρο χρησιμοποιεί ως τροφή αλλά και για την ασβεστοποίηση του κελύφους του (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012; Hallock, 1999; Κουκουσιούρα, 2005).

Τα βενθονικά τρηματοφόρα παρουσιάζουν παγκόσμια γεωγραφική κατανομή και συναντώνται από πολικές περιοχές μέχρι και κοραλλιογενείς υφάλους και από παράκτιες έως και αβυσσικές περιοχές (Gooday, 2002; Todo et al., 2005). Η κατανομή τους στα παραπάνω περιβάλλοντα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, κυρίως περιβαλλοντικούς και ιζηματολογικούς, όπως η διαθεσιμότητα της τροφής, τα επίπεδα του φωτός, ο τύπος του υποστρώματος, η αλατότητα, συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, η θερμοκρασία, η ποιότητα των υδάτων, κλπ. (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας



Εικ. 3. Τα κύρια θαλάσσια περιβάλλοντα (Haq and Boersma, 1998).

Στα πελαγικά βενθονικά οικοσυστήματα η σύνθεση, η ποικιλομορφία των ειδών και το περιβάλλον στο οποίο αυτά διαβιούν, αντανακλά τη διαθεσιμότητα της τροφής και του οξυγόνου στο κατώτερο τμήμα της υδάτινης στήλης και στο ανώτερο τμήμα των ιζημάτων του πυθμένα. (e.g., Corliss, 1985; Jorissen et al., 1995; Van der Zwaan et al., 1999; De Rijk et al., 2000). Παρόμοια προσαρμογή παρατηρείται και στα περιβάλλοντα υφαλοκρηπίδας (Jorissen et al., 1992; Mojtahid et al., 2009). Παρ'όλα αυτά, τα ρηχά περιβάλλοντα (παραλιακά και νηριτικά) μπορούν να επηρεαστούν από διακυμάνσεις του φωτός, θερμοκρασίας, αλατότητας και του υποστρώματος αλλά και από την ταχύτητα των ρευμάτων των επιφανειακών υδάτων (Culver et al., 1996; Sen Gupta, 2003). Αυτές οι πανίδες συνήθως περιέχουν μεγάλο αριθμό τρηματοφόρων, μεγάλη ποικιλία και επικράτηση επιπανιδικών και ρηχών ενδοπανιδικών ειδών (e.g. Semeniuk, 2000; Murray, 2006). Ιδιαίτερα πολλά είδη ρηχών υδάτων εξαρτώνται από την υδροδυναμική ενέργεια και το αντίστοιχο υπόστρωμα στον θαλάσσιο πυθμένα (Milker, 2010).

Τα περιθωριακά θαλάσσια περιβάλλοντα, όπως οι παραλίες, οι λιμνοθάλασσες, τα έλη και τα δέλτα είναι τα καταλληλότερα περιβάλλοντα για την καταγραφή των αποτελεσμάτων των κλιματικών αλλαγών αλλά και των αλλαγών της θαλάσσιας στάθμης. Συγκεκριμένα, οι βενθονικές πανίδες δείχνουν αξιοσημείωτες αλλαγές ακόμα και σε μικρές μεταβολές των περιβαλλοντικών παραμέτρων, γεγονός που τις καθιστά καλούς παλιοπεριβαλλοντικούς δείκτες (Jorissen, 1987; Langer et al., 1998; Saraswati, 2002, 2003; Mendes et al., 2004; Triantaphyllou et al., 2005; Lee, 2006; Milker et al., 2009; Koukousioura et al., 2010, 2011, 2012; Dimiza et al., 2016).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Τα βενθονικά τρηματοφόρα για μεγάλο διάστημα αναγνωρίζονται ως χρήσιμα εργαλεία για παλαιοπεριβαλλοντική μελέτη, που οφείλεται εν μέρει σε πρόσφατες εργασίες που αφορούν συναθροίσεις σε περιθωριακά θαλάσσια περιβάλλοντα. Η ικανότητα των βενθονικών τρηματοφόρων να χρησιμοποιούνται ως περιβαλλοντικά εργαλεία φαίνεται να είναι καταγεγραμμένη σε εργασίες που αφορούν πυρήνες γεωτρήσεων σε αλλουβιακά πεδία κατά μήκος των Αδριατικών και Τυρρηνικών ακτών της Ιταλίας (Mazzini et al., 1999; Fiorini and Vaiani, 2001; Carboni et al., 2002; Bergamin et al., 2006).

Τρηματοφόρα έχουν εντοπισθεί και σε ακραία ενδιαιτήματα, όπως ο Αρκτικός παγωμένος ωκεανός (Dieckman et al., 1991), χαμηλής οξυγόνωσης λίμνες (Lipps and Langer, 1999) αλλά και βαθιά θαλάσσια υδροθερμικά πεδία (Jonasson et al., 1995). Η ικανότητά τους στον σχηματισμό αποικιών σε ακραία περιβάλλοντα φαίνεται να είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο τα τρηματοφόρα επιβίωσαν σε περιόδους μαζικών εξαφανίσεων της ιστορίας της γης.

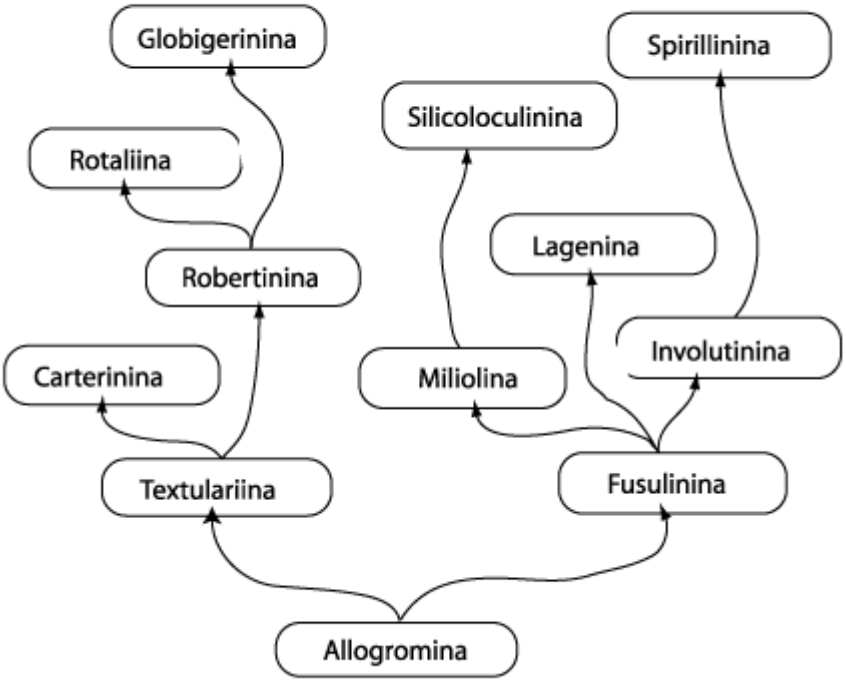
Στα περιβάλλοντα των θαλάσσιων ακτών και των λιμνοθαλασσών όπου η περιβαλλοντική πίεση είναι υψηλή, τα βενθονικά τρηματοφόρα είναι οι μεγαλύτεροι σε αφθονία με κέλυφος μικροοργανισμοί, βρίσκονται σε αλμυρά και υφάλμυρα περιβάλλοντα και αντιπροσωπεύουν κάποιους από τους πλέον ευαίσθητους περιβαλλοντικούς δείκτες (Murray, 2006). Οι αλλαγές στην αφθονία των βενθονικών πανίδων, η σύνθεση των ειδών (e.g., Debenay, 2000) και η μορφολογική ποικιλία (Boltovskoy et al., 1991) αποτελούν ένδειξη των διακυμάνσεων διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μια αποτελεσματική μέθοδος προσδιορισμού των συνθηκών των οικοσυστημάτων (e.g., Coccioni, 2000; Triantaphyllou et al., 2005; Frontalini and Coccioni, 2008; Triantaphyllou, 2010; Koukousioura et al., 2011, 2012; Dimiza et al., 2016). Συνεπώς, οι αλλαγές που παρατηρούνται στις συναθροίσεις των απολιθωμένων βενθονικών τρηματοφόρων στα παράκτια περιβάλλοντα, αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο της Παλαιοντολογίας, για την καταγραφή των αλλαγών της στάθμης της θάλασσας που είχαν συμβεί κατά το παρελθόν και την λεπτομερή αναπαράσταση των παλαιοκλιματικών και παλαιοπεριβαλλοντικών συνθηκών (e.g., Scott and Medioli, 1980; Serandrei-Barbero et al., 1997; Morhange et al., 2000; Scott et al., 2001; Carboni et al., 2002, 2010; Morigi et al., 2005; Bernasconi et al., 2006; Yanko-Hombach et al., 2006; Meriç et al., 2007; Di Bella et al., 2008; Koukousioura et al., 2011; Κουκουσιούρα, 2012).

2.1.2 Συστηματική ταξινόμηση των τρηματοφόρων

Η πρώτη ταξινόμηση των τρηματοφόρων έγινε γύρω στο 1800 από τον Linné. Από τότε έχουν προταθεί διάφορα σχήματα ταξινόμησης από διάφορους ερευνητές. Αργότερα ο d' Orbigny (1826) είναι ο πρώτος που χρησιμοποιεί τον όρο Τρηματοφόρα (Foraminifera) και τα ταξινομεί βάσει της διάταξης των θαλάμων τους αλλά και στον σχήμα του κελύφους τους. Άλλοι ερευνητές που ασχολήθηκαν με την συστηματική ταξινόμηση των τρηματοφόρων είναι οι Carpenter (1850), Reuss (1862), Brady (1884), Cushman (1927, 1948), Galloway (1933), Glaessner (1948), Pokorny (1958). Η συστηματική ταξινόμηση που χρησιμοποιείται σήμερα είναι αυτή των Loeblich και Tappan (1992) βάσει των κριτηρίων των Loeblich και Tappan (1988) (Εικ. 4).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα
Α



Εικ. 4. Υποτάξεις και φυλογένεση των τρηματοφόρων από τους Loeblich και Tappan (1987). Από τις υποτάξεις του παραπάνω διαγράματος η υποτάξη Fusulinina έχει εξαφανιστεί (Loeblich and Tappan, 1988).

Οι παραπάνω ερευνητές διαχωρίζουν τα είδη των τρηματοφόρων σε 11 διαφορετικές τάξεις βασιζόμενοι στη δομή και τη φύση του κελύφους. Ο διαχωρισμός τους σε υποτάξεις βασίζεται στους διάφορους συνδυασμούς των μορφολογικών χαρακτηριστικών τους, όπως των πόρων του τοιχώματος. Η συναμοργή των θαλάμων και οι αλλαγές του στοματικού ανοίγματος των τρηματοφόρων επιτρέπουν την ταξινόμηση των οικογενειών (Loeblich and Tappan, 1978; Hamman, 1988). Ο προσδιορισμός του γένους γίνεται βάσει των γραμμών ραφών και της εσωτερικής δομής του κελύφους αλλά και βάσει των γνωρισμάτων της οικογένειας, ενώ για τον προσδιορισμό του είδους μελετάται το μέγεθος και ο διάκοσμος του κελύφους όπως και στο σχήμα και ο αριθμός των θαλάμων, καθώς και οι γραμμές ραφών.

2.1.3 Τρηματοφόρα με μορφολογικές ανωμαλίες

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα τρηματοφόρα χρησιμοποιούνται ευρέως ως περιβαλλοντικοί βιοδείκτες. Η δομή τους παρέχει πληροφορίες για τα γενικά χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων στα οποία αυτά διαβιούν και ειδικότερα για τα παράκτια περιβάλλοντα τα οποία παρουσιάζουν έντονες μεταβολές (Hayward and Hollis, 1994). Έχει παρατηρηθεί σε αρκετές περιπτώσεις η ύπαρξη τρηματοφόρων που φέρουν μορφολογικές ανωμαλίες (Εικ. 5). Οι ανωμαλίες αυτές που εμφανίζονται κατά την οντογενετική ανάπτυξη ή κατά την διάρκεια ζωής των ατόμων, εκφράζονται με τον ακανόνιστο σχηματισμό του κελύφους. Οι παραμορφώσεις του κελύφους

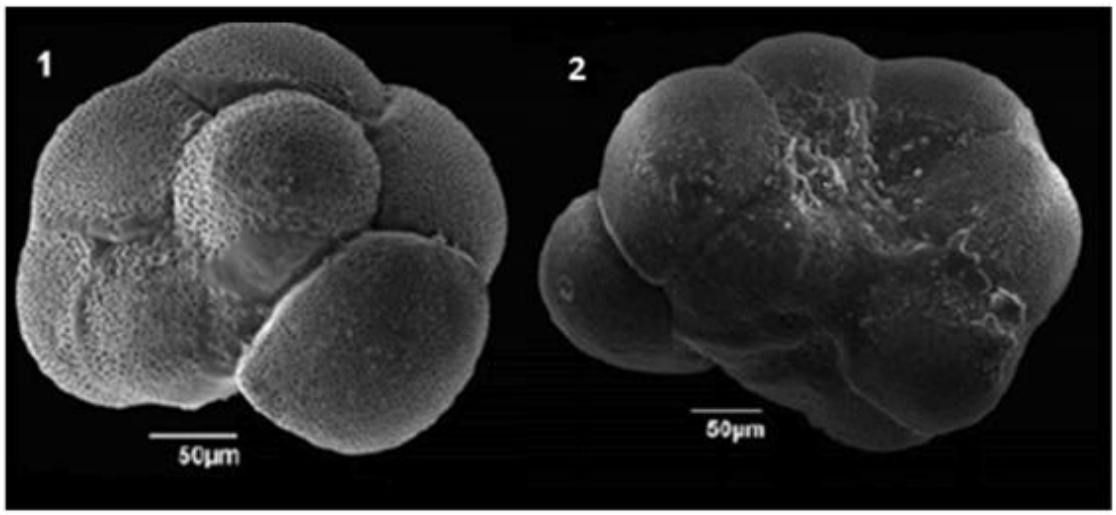
Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

μπορεί να κυμαίνονται από μικρές ανωμαλίες, όπως μείωση του μεγέθους ενός ή περισσότερων θαλάμων, μέχρι και πιο έντονες που περιλαμβάνουν πολύπλοκα κελύφη Στην τελευταία περίπτωση η μορφολογική ανωμαλία είναι πιο δύσκολο να εξηγηθεί (Dimiza et al., 2012).

Μερικά είδη φαίνονται να είναι πιο ευαίσθητα στις αλλαγές συγκεκριμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων και για αυτό το λόγο έχουν μελετηθεί τόσο σε απολιθωμένα (π.χ., Cann and Deckker, 1981; Caralp, 1989), σε Ολοκαινικά (Dimiza et al., 2012; Κουκουσιούρα, 2012) όσο και σε σύγχρονα είδη. (π.χ., Arnal, 1955; Alve, 1991; Yanko et al., 1994, 1998, Κουκουσιούρα, 2005).

Σύμφωνα με τον Stouff et al. (1998), οι μορφολογικές ανωμαλίες των κελυφών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: την παραμόρφωση (deformation) και τη δυσμορφία (malformation). Τα παραμορφωμένα κελύφη είναι αυτά τα οποία έχουν προκύψει από το μετασχηματισμό του κελύφους κατά την διάρκεια ζωής του τρηματοφόρου και ως εκ τούτου είναι αποτέλεσμα επαναδημιουργίας του κελύφους μετά την καταστροφή του (Geslin et al., 2002). Αυτά τα κελύφη χαρακτηρίζονται από την παρουσία ουλών, ακανόνιστων, κατεστραμένων ή διορθωμένων θαλάμων, ή από την δόμηση νέων θαλάμων σε διαφορετικό επίπεδο από το αρχικό (Boltovskoy and Wright, 1976; Geslin et al., 2000). Αυτές οι παραμορφώσεις οφείλονται στην έντονη υδροδυναμική ή στην δράση αρπακτικών (Vilela and Koutsoukos, 1992; Geslin et al., 1998). Σε αντίθεση, τα κελύφη που φέρουν δυσμορφίες είναι αποτέλεσμα διαδικασιών που συμβαίνουν κατά την οντογενετική ανάπτυξη του ατόμου και είναι αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής πίεσης (environmental stress), η οποία μπορεί να οφείλεται και σε ανθρώπινη δραστηριότητα (Geslin et al., 2002). Τα κελύφη με τέτοιου είδους δυσμορφίες χαρακτηρίζονται από ακανόνιστη τοποθέτηση των θαλάμων ή αλλαγή της περιστροφής των πρώτων θαλάμων, σιαμαία δίδυμα και διπλά ή τριπλά στοματικά ανοίγματα.



Εικ. 5. Παραδείγματα ανώμαλων ατόμων: (1) *Ammonia tepida* (Cushman, 1926), υπερμεγέθης θάλαμος κελύφους, (2) *Ammonia tepida* (Cushman, 1926), σιαμαία δίδυμα (Dimiza et al., 2012).

Οι μορφολογικές ανωμαλίες των τρηματοφόρων φαίνεται να συνδέονται συνήθως με την περιβαλλοντική πίεση (environmental stress), η οποία μπορεί να οφείλεται σε απότομη μείωση ή αύξηση της αλατότητας αλλά και σε παράγοντες που συνδέονται με ανθρώπινη δραστηριότητα

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
ΑΠΘ

(Yanko et al., 1999; Dimiza et al., 2012; Κουκουσιούρα, 2012). Έντονες μορφολογικές ανωμαλίες έχουν παρατηρηθεί κυρίως στο είδος *Ammonia* (Jorissen, 1988; Dimiza et al., 2012) και συναντώνται συχνά σε ρυπασμένα παράκτια περιβάλλοντα. Τα άτομα που εμφανίζουν μορφολογικές ανωμαλίες συνήθως αποτελούν μικρό αριθμό της συνάθροισης (Scott et al., 2004). Τα πολύ χαμηλά ποσοστά μορφολογικών ανωμαλιών δεν μπορούν να θεωρηθούν ως δείκτες ακραίων περιβαλλοντικών συνθηκών.

2.3 Συνοδή πανίδα

2.3.1 Μαλάκια

Τα μαλάκια (Mollusca) (Linnaeus, 1758) είναι μία μεγάλη συνομοταξία ζώων που ανήκουν στο υπερφύλο λοφοτροχόζωα και είναι η δεύτερη σε ποικιλία συνομοταξία του βασίλειου των ζώων, μετά τα αρθρόποδα, αποτελούμενα από σχεδόν 100.000 διαφορετικά είδη. Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους είναι το μαλακό σώμα τους που αποτελείται από τρία βασικά τμήματα: το πόδι, την σπλαχνική μάζα και τον μανδύα. Πολλά είδη εμφανίζουν ένα προστατευτικό κέλυφος δομημένο από χητίνη, πρωτεΐνη και ανθρακικό ασβέστιο. Παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μεγεθών από μικροσκοπικά είδη μέχρι και πολύ μεγάλα σε μέγεθος. Τα μαλάκια συναντώται τόσο σε χερσαία όσο και σε θαλάσσια περιβάλλοντα αλλά και γλυκά ύδατα, αλλά τα περισσότερα από αυτά είναι θαλάσσια (Clarkson, 1998).

2.3.2 Χαρόφυτα

Το φύλο χαρόφυτα (Charophyta) (Migula, 1897) είναι μακροσκοπική πράσινη άλγη που ανήκει στα Στρεπτόφυτα (Jeffrey, 1967; Mattox and Stewart, 1984). Παρουσιάζουν μορφολογικές διαφοροποιήσεις και βρίσκονται σε γλυκά ή υφάλμυρα νερά και προτιμούν ρηχά ολιγοτροφικά λιμναία περιβάλλοντα ενώ είναι ασυνήθιστο να βρεθούν σε θαλάσσιο περιβάλλον. Η κατανομή των χαρόφυτων στα παράκτια περιβάλλοντα εξαρτάται κυρίως από την προσφορά του φωτός (βάθος και συνθήκες υποστρώματος) και τις υδροδυναμικές συνθήκες (βάθος, κυματισμός και κατωφέρεια) (Schubert and Blindow, 2003; Torn et al., 2004; Kovtun et al., 2011). Τα χαρόφυτα είναι πολύτιμοι δείκτες για την αξιολόγηση των λιμναίων και ποτάμιων περιβαλλόντων. Συγκεκριμένα τα ασβεστοποιημένα ωογόνιά τους, είναι άφθονα και καλά διατηρημένα σε μη θαλάσσιες αποθέσεις και παρουσιάζουν σχετικά υψηλούς ρυθμούς εξέλιξης, γεγονός που καθιστά τα χαρόφυτα κατάλληλα εργαλεία της βιοστρωματογραφίας (Sha Li et al., 2016) αλλά και χρήσιμα στον προσδιορισμό των συνθηκών των λιμναίων και των ποτάμιων οικοσυστημάτων (Schneider, 2015).

2.3.3 Οστρακώδη

Τα οστρακώδη (Ostracods) (Latreille, 1802) είναι μικροσκοπικά Αρθρόποδα. Αποτελούν τάξη του υποφύλου των καρκινοειδών που ξεκίνησαν την εξελιξή τους κατά το Κάμβριο. Το κέλυφος τους είναι ασβεστιτικής σύνθεσης και αποτελείται από δύο θυρίδες και απολιθώνεται εύκολα. Το πρώτο απολίθωμα οστρακώδους περιγράφηκε το 1813. Η πλειοψηφεία των οστρακώδων έχει μήκος μεταξύ 0.15 και 2 mm και ζούνε σε υφάλμυρα και υπεράλμυρα νερά, ενώ σε θαλάσσιο περιβάλλον μπορούν να εντοπιστούν από την ακτή μέχρι και σε υπεραβυσσικά βάθη. Τα οστρακώδη αποτελούν χρήσιμους δείκτες στην επιστήμη της παλαιογεωγραφίας και παλαιοοικολογίας και χρησιμοποιούνται ευρέως από την επιστήμη της εφαρμοσμένης Μικροπαλαιοντολογίας (Haq and Boersma, 1998).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

3. Γενικά στοιχεία φυσικής ωκεανογραφίας της Μεσογείου και του Αιγαίου

Η Μεσόγειος θάλασσα είναι μία ημί-κλειστη λεκάνη στην οποία πραγματοποιούνται όλες οι σημαντικές ωκεανογραφικές διαδικασίες αλλά σε πολύ μικρότερη χωρική και χρονική κλίμακα σε σχέση με τους μεγάλους ωκεανούς. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν την λεκάνη της Μεσογείου ιδανική για την μελέτη της μεταβλητότητας του κλίματος αλλά και της αλληλεπίδρασης της θάλασσας και της ατμόσφαιρας. Η λεκάνη της Μεσογείου τοποθετείται μεταξύ Ευρώπης και Αφρικής και μπορεί να διαχωριστεί σε δύο παρόμοιου μεταξύ τους μεγέθους υπολεκάνες (της δυτικής και της ανατολικής Μεσογείου), οι οποίες συνδέονται στα στενά της Σικελίας (Robinson et al., 2001). Επικοινωνεί φυσικά με τον Ατλαντικό ωκεανό μέσω των στενών του Γιβραλτάρ και τεχνητά με την Ερυθρά θάλασσα μέσω της διώρυγας του Σουέζ (Robinson et al., 2001) (Εικ. 6).

Εικ. 6. Επιφανειακή κυκλοφορία των υδάτων στη Μεσόγειο θάλασσα (Millott and Taupier-Letage, 2005).

Η λεκάνη της Μεσογείου αποτελεί μία λεκάνη συγκέντρωσης στην οποία υπερισχύει η εξάτμιση σε σχέση με την κατακρήμνιση (Bergamasco et al., 2010). Το επιφανειακό της τμήμα χαρακτηρίζεται από την εισροή υδάτων από τον Ατλαντικό (Atlantic water, AW), με θερμοκρασία 15^{o}C και αλατότητα 36.2 psu, τα οποία μεταβάλλονται κατά το πέρασμά τους στην ανατολική υπολεκάνη της. Αυτή η μεταβολή λαμβάνει χώρα μέσω της επιφανειακής απώλειας θερμότητας αλλά και της εξάτμισης, συγκεκριμένα στη Λεβαντίνεια λεκάνη. Το ενδιάμεσο τμήμα αποτελείται από τα Λεβαντίνια ενδιάμεσα ύδατα (Levantine Intermediate Water LIW), με θερμοκρασία 13,5^{o}C και αλατότητα 38,4 psu, τα οποία εξαπλώνονται στην ανατολική Μεσόγειο (Robinson et al., 2001; Bergamasco, 2010). Στο βαθύτερο τμήμα της η λεκάνη αποτελείται από τα βαθειά ύδατα της δυτικής Μεσογείου (Western Mediterranean deep water, WMDW) τα οποία εξαπλώνονται στον

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

κόλπο των Λεόντων και από τα βαθειά ύδατα της ανατολικής Μεσογείου (Eastern Mediterranean deep water, EMDW) τα οποία εξαπλώνονται στη νότια Αδριατική και στο Αιγαίο (Robinson et al.,2001; Taupier-Letage, 2005).

Η λεκάνη της Μεσογείου θεωρείται ιδιαιτέρως σημαντική για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι η επίδρασή της στην παγκόσμια κυκλοφορία της θερμότητας και της αλατότητας και ο δεύτερος είναι πως μέσω της μελέτης των διαδικασιών που συμβαίνουν σε αυτήν μπορούν να μελετηθούν οι ίδιες διεργασίες σε παγκόσμια κλίμακα (Bergamasco et al., 2010).

3.1 Το Αιγαίο κατά το Ολόκαινο

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες σε Ολοκαινικά παράκτια πεδία και σε λιμνοθάλασσες του Αιγαίου (Triantaphyllou et al., 2003, 2010; Pavlopoulos et al., 2007, 2010; Evelpidou et al., 2010; Koukousioura et al., 2012; Κουκουσιούρα, 2012) οι οποίες παρέχουν πολυάριθμες πληροφορίες σε ότι αφορά το παλαιοπεριβάλλον.

Η περιοχή του Αιγαίου σήμερα βρίσκεται βορειότερα από τη Μεσόγειο, μεταξύ της Ελλάδας και της Τουρκίας και συνδέεται με την ανατολική λεκάνη της Μεσογείου μέσω των διαφόρων στενών του Ελληνικού νησιωτικού τόξου παρουσιάζοντας μία σύνθετη και έντονα μεταβαλλόμενη τεκτονική εικόνα. Τοποθετείται εντός του ενεργού περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας πίσω από το ενεργό Ελληνικό τόξο και λειτουργεί σαν μία ρηχή ηπειρωτική θάλασσα με τα χαρακτηριστικά μιας οπισθολεκάνης. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από εφελκυστικές τάσεις με γενική διεύθυνση επέκτασης B-N και ως εκ τούτου επικρατεί η παρουσία κανονικών και οριζόντιων ρηγμάτων ολίσθησης που έχουν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία λεκανών και τεκτονικών τάφρων (Anastasakis and Dermitzakis, 1986; Papanikolaou et al., 2002).

Η αλλαγή του επιπέδου της θάλασσας αποτελεί αποτέλεσμα δράσης των ευστατικών, ισοστατικών και τεκτονικών παραγόντων (Lambeck et al., 2004). Μετά την τήξη των παγετώνων η στάθμη της θάλασσας ανήλθε στην σημερινή της. Κατά γενική ομολογία τα τελευταία 6000-5000 χρόνια, ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης έχει μειωθεί κατά πολύ και θεωρείται ότι διατηρείται σχετικά σταθερός, με μερικούς συγγραφείς να θεωρούν πως η θαλάσσια στάθμη συνέχισε να ανέρχεται στη διάρκεια αυτής της περιόδου (e.g. Nakada and Lambeck, 1989; Lambeck, 1993). Στην περιοχή του Αιγαίου οι καταβυθίσεις που συμβαίνουν οδηγούν σε εκ νέου επίκλυση της θάλασσας, ενώ οι αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας κατά το ανώτερο Τεταρτογενές, προκάλεσαν μεγάλης κλίμακας ευστατικές κινήσεις. Την ίδια στιγμή οι πρόσφατες αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας στην περιοχή του Αιγαίου οφείλονται σε συνδυασμό τοπικών τεκτονικών και ευστατικών κινήσεων αλλά και από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες.

Το Αιγαίο πέλαγος βρίσκεται σε μία μεταβατική ζώνη μεταξύ εύκρατου και ημίξηρου κλίματος και χαρακτηρίζεται από μικρή βαθυμετρία αλλά ιδιαίτερα περίπλοκη (Triantaphyllou et al., 2015). Η εισροή γλυκού νερού είναι πιο έντονη στο βόρειο τμήμα λόγω της παρουσίας μεγάλων ποταμών οι οποίοι πηγάζουν στα Βαλκάνια και την Τουρκία και προσφέρουν το 75% της συνολικής εισροής ιζήματος στο Βόρειο Αιγαίο (Lykousis et al., 2002; Rousakis et al., 2004).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

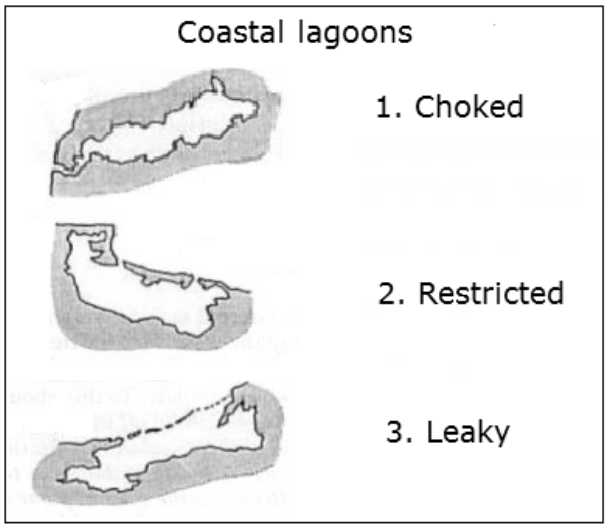
Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
ΑΠΘ

Η θάλασσα του Αιγαίου χαρακτηρίζεται από υψηλές αλατότητες, γεγονός που συνδέεται με τους υψηλούς ρυθμούς δημιουργίας εβαποριτών. Επηρεάζεται έντονα από τη εισροή γλυκών υδάτων από τους ποταμούς αλλά και από την εποχιακή διακύμανση του ρυθμού εισροής των υδάτων από την Μαύρη θάλασσα, μέσω των στενών των Δαρδανελίων (Zervakis et al., 2000, 2004). Η μέγιστη ετήσια επιφανειακή θερμοκρασία των υδάτων (SST) (>24^{o}C) παρατηρείται μεταξύ Αυγούστου και Σεπτεμβρίου, ενώ η ελάχιστη (<13^{o}C) παρατηρείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Poulos et al., 1997; Triantaphyllou et al., 2004). Η αλατότητα των επιφανειακών υδάτων (SSS) ποικίλει εποχιακά και κυμαίνεται από λιγότερο από 31.0 psu έως και περισσότερο από 39.0 psu. Γενικότερα τόσο η θερμοκρασία όσο και η αλατότητα αυξάνονται προς το νότο.

Τις τελευταίες δεκαετίες, πολυάριθμες έρευνες που αφορούν την μελέτη των τρηματοφόρων έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες Ολοκαινικές παράκτιες περιοχές του Αιγαίου αλλά και σε λιμνοθάλασσες (Scott et al., 1979; Tassos, 1983; Triantaphyllou et al., 2003, 2010, 2016; Pavlopoulos et al., 2007, 2010; Nixon et al., 2009; Theodorakopoulou et al., 2009; Evelpidou et al., 2010; Goiran et al., 2011; Κουκουσιούρα, 2012), παρέχοντας πολυάριθμες πληροφορίες που αφορούν το παλαιοπεριβάλλον.

3.2 Λιμνοθάλασσες

Ένα από τα σημαντικότερα παράκτια περιβάλλοντα κατά μήκος των ακτών του Αιγαίου, αποτελούν τα λιμνοθαλάσσια περιβάλλοντα. Οι λιμνοθάλασσες είναι μεγάλες εκτάσεις από λιμνάζοντα νερά και σχηματίζονται από τεχνητά ή φυσικά μέσα. Η φυσική τους διαμόρφωση μπορεί να προέρχεται από θίνες, προσχώσεις ή από κοραλλιογενείς υφάλους κ.τ.λ. και μπορούν να επικοινωνούν με τη θάλασσα μέσω μικρών καναλιών (Kjerfve and Magill, 1989).



Εικ. 7. Διαχωρισμός των παραθαλάσσιων λιμνοθαλασσών βασιζόμενος στον βαθμό ανταλλαγής υδάτων με τον γειτονικό σε αυτές ωκεανό (Kjerfve and Magill, 1986).

Η υδροδυναμική των λιμνοθαλασσών ελέγχεται κυρίως από τις παλίρροιες, τους ανέμους, τη ροή της θερμότητας και την εισροή γλυκών υδάτων. Οι λιμνοθάλασσες μπορούν να διαχωριστούν

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους σε διαρρέουσες (leaky lagoons) και υπερχειλίζουσες (choked lagoons) και περιορισμένες λιμνοθάλασσες (restricted lagoons) (Kjerfve and Magill, 1989) (Εικ. 7). Οι διαρρέουσες λιμνοθάλασσες είναι οι πιο επιμήκεις, είναι παράλληλες στην ακτή και οι υδροδυναμικές συνθήκες σε αυτές ελέγχονται από την θάλασσα μέσω των καναλιών. Οι περιορισμένες λιμνοθάλασσες είναι προσανατολισμένες παράλληλα στην ακτογραμμή και διαθέτουν ένα ή δύο κανάλια και μία καλά καθορισμένη παλιρροϊκή κυκλοφορία ενώ η δυναμική τους ελέγχεται από τον παρακείμενο ωκεανό. Οι υπερχειλίζουσες λιμνοθάλασσες συνήθως βρίσκονται κατά μήκος ακτών με μεγάλη κυματική ενέργεια και έχουν ένα ή περισσότερα στενά κανάλια (Tenorio-Fernandez, 2015).

Οι λιμνοθάλασσες οι οποίες περιορίζονται από αμμώδη φράγματα (sandbars) ή αμμώδη νησιά φράγματα (barrier islands) ονομάζονται παράκτιες λιμνοθάλασσες και σχηματίζονται κατά μήκος παράκτιων πεδιάδων και σε περιοχές με χαμηλό ύψος παλίρροιας. Οι παράκτιες λιμνοθάλασσες σχηματίζονται σαν αβαθείς λεκάνες κοντά σε διαβρωμένες ακτές, με την θάλασσα να ρέει μεταξύ των αμμώδων φραγμάτων και των γεφυρών των ακτών. Το μέγεθος και το βάθος των παράκτιων λιμνοθαλασσών συχνά εξαρτάται από τη στάθμη της θάλασσας. Όταν η στάθμη είναι χαμηλή οι λιμνοθάλασσες είναι ελώδεις υγρότοποι, ενώ όταν η στάθμη είναι υψηλή οι λιμνοθάλασσες μοιάζουν με παράκτιες λίμνες ή κόλπους (Harris, 2008). Οι παράκτιες λιμνοθάλασσες είναι από τη φύση τους πολύπλοκα και ευαίσθητα περιβάλλοντα και χαρακτηρίζονται από έντονη διακύμανση των φυσικών και χημικών τους παραμέτρων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην θέση τους μεταξύ στεριά και θάλασσας, γεγονός που κάνει την ισορροπία τους να επηρεάζεται έντονα από την ποιότητα των εισερχόμενων σε αυτές υδάτων (Casini, 2015).

Οι λιμνοθάλασσες είναι κυρίως ευρύαλες και υπεράλμυρες. Οι ευρύαλες είναι αυτές που παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στην αλατότητα από υφάλμυρη έως υπεραλμυρή λόγω περιοδικότητας των κατακρημνισμάτων. Οι υπεραλμυρές λιμνοθάλασσες είναι αυτές στις οποίες η αλατότητα είναι μόνιμα πάνω από την φυσιολογική αλατότητα του θαλάσσιου νερού (Davis and Fitzgerald, 2004).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

4. Περιοχή μελέτης

4.1 Θερμαϊκός κόλπος

Οι παράκτιες περιοχές είναι ιδιαίτερα σημαντικές λόγω της παρουσίας σε αυτές των φυσικών πόρων, βιοκοινωνιών και ως χώρος όπου είναι έντονη η ανθρώπινη δραστηριότητα (Poulos et al., 2000). Ο Θερμαϊκός κόλπος σχηματίζεται στο βορειοδυτικό ηπειρωτικό περιθώριο του Αιγαίου πελάγους και θεωρείται περιοχή πίσω από το τόξο, ενώ γεωλογικά ανήκει στη ζώνη του Αξιού-Βαρδάρη και την Πελαγονική και σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς. Η διαμόρφωση της ακτογραμμής πραγματοποιήθηκε κατά το Ολόκαινο μετά το τέλος της ανόδου στης στάθμης της θάλασσας (6000 yr B.C.) (Piper and Perissoratis, 1991; Poulos et al., 2000).

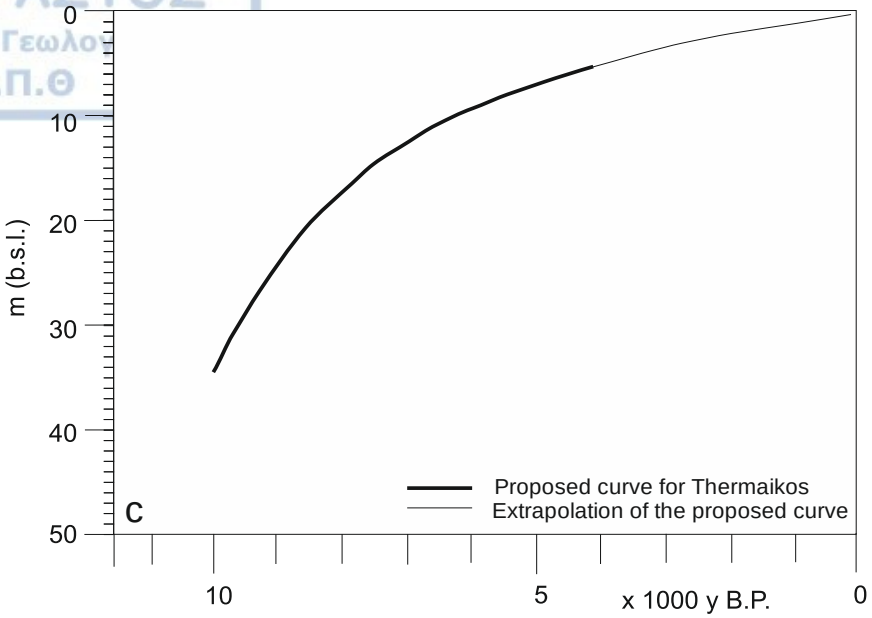
Κατά το Ολόκαινο, το δυτικό τμήμα της σημερινής παράκτιας πεδιάδας της Θεσσαλονίκης (βόρεια-κεντρική Ελλάδα) καλύπτονταν από την θάλασσα λόγω της ανερχόμενης στάθμης της και σχηματιζόταν ένας κόλπος ως αποτέλεσμα της τελευταίας μεσοπαγετώδους επίκλυσης. Αργότερα ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας μειώθηκε και ο κόλπος ξεκίνησε να προσχώνεται με ιζήματα τα οποία είχαν μεταφερθεί κυρίως από τον Αλιάκμονα και τον Αξιό ποταμό, αλλά και από άλλα ποτάμια που εκβάλλουν στον Θερμαϊκό κόλπο (Λουδίας, Γαλλικός) (Fouache, 2008). Η παλαιογεωγραφική και παλαιοπεριβαλλοντική περιγραφή της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης αποτέλεσε θέμα πολλών δημοσιευμένων εργασιών του τελευταίου αιώνα. Οι περισσότερες από αυτές βασίζονται στην ερμηνεία ιστορικών πηγών και υποστηρίζουν την θεωρία μίας γρήγορης πλήρωσης του κόλπου μεταξύ 5^{ου} Αι. π.Χ και 5^{ου} Αι. μ.Χ. (Fouache, 2008).

Συγκεκριμένα οι Ghilardi (2006) και Fouache (2008), πρότειναν μία νέα παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της εξέλιξης της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης κατά το Ανώτερο Ολόκαινο (6000 yr BP). Σύμφωνα με αυτήν η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης αντιστοιχούσε σε έναν θαλάσσιο κόλπο κατά τη Νεολιθική Εποχή (6000 yr BP), ενώ αργότερα χαρακτηριζόταν από μία γρήγορη μετατόπιση της ακτής, κυρίως κατά την ύστερη Εποχή του Χαλκού, την Εποχή του Σιδήρου και την Κλασική-Αρχαϊκή Περίοδο (2650–2300 yr BP). Η επιβράδυνση της προέλασης της αλλουβιακής πεδιάδας συνέβη κατά τα Ρωμαϊκά χρόνια (2100–1600 yr BP) και η πεδιάδα απέκτησε τη σημερινή της τοπογραφία κατά τη διάρκεια του δεύτερου μέρους του 20^{ου} Αιώνα.

Το 2005 οι Vouvalidis et al., χρησιμοποιώντας δεδομένα από 17 γεωτρήσεις στον παράκτιο χώρο της Θεσσαλονίκης, πρότειναν την καμπύλη ανόδου της Μ.Θ.Σ. στην ευρύτερη περιοχή για τα τελευταία 10000 χρόνια, η οποία παρατίθεται στο διάγραμμα της εικόνας 8. Τα αποτελέσματα της ραδιοχρονολόγησης από την ίδια εργασία, οδήγησαν στην κατασκευή μιας ομαλής και μη διακυμαινόμενης καμπύλης ανόδου που παρουσιάζει σημείο καμπής στα 6000 yr B.P περίπου. Από εκεί και μετά ο ρυθμός ανόδου μειώνεται, αφού στα 10000 yr B.P η Μ.Θ.Σ. βρισκόταν 30 μέτρα χαμηλότερα από το σημερινό επίπεδο και ανήλθε στα -5 μέτρα με ένα μέσο ρυθμό ανόδου τα 4 m/1000 yr (transgression). Τα τελευταία 4000 χρόνια ο ρυθμός αυτός μειώθηκε στο 1m/1000 yr (highstand).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλο
Α.Π.Θ



Εικ. 8. Καμπύλη του επιπέδου της θάλασσας στον κόλπο του Θερμαϊκού σύμφωνα με τους Vouvalidis et al. (2005). Η αναπαράσταση αυτή βασίστηκε σε ανάλυση πυρήνων περιφερειακά του κόλπου της Θεσσαλονίκης, (bsl = below sea level).

Σύμφωνα με την εργασία των Αλμπανάκη κ.α. (2005), η υποχώρηση των ανατολικών ακτών του Θερμαϊκού είναι της τάξης των 1400 μέτρων περίπου για τα τελευταία 9500 χρόνια (για στάθμη της θάλασσας στα -30 μέτρα από το σημερινό επίπεδο), δίνοντας ένα ρυθμό περίπου 0,15 m/yr. Ο ρυθμός αυτός πρέπει να ήταν πιο ταχύς στην αρχή και πιο ήπιος τα τελευταία 3-4 χιλιάδες χρόνια όπου υπάρχει επιβράδυνση του ρυθμού ανόδου της Μ.Θ.Σ. Με βάση το μοντέλο εξέλιξης των ακτών που προτάθηκε στην ίδια εργασία, το σημερινό ομαλό ανάγλυφο με την ήπια κλίση επεκτεινόταν ομαλά προς το εσωτερικό βύθισμα του Θερμαϊκού, το οποίο πιθανόν να είναι προϊόν τεκτονικής δράσης. Οι σημερινές κοιλάδες επίσης επεκτείνονταν προς το κέντρο του κόλπου. Η Ολοκαινική άνοδος της Μ.Θ.Σ. έφτασε στην περιοχή 9000 με 10000 χρόνια πριν και άρχισε να διαβρώνει το παλιό λοφώδες ανάγλυφο. Εισήλθε επίσης και μέσα στις παλαιοκοιλάδες. Εκεί, οι χείμαρροι με μεγάλη στερεοπαροχή δημιούργησαν αποθέσεις ελαττώνοντας την κλίση και δημιουργώντας προφίλ ισορροπίας. Έτσι, στις παράκτιες περιοχές οι οποίες βρίσκονταν στους άξονες των μεγάλων ρεμάτων επήλθε ισορροπία. Ο ρυθμός υποχώρησής τους ήταν κατά πολύ μικρότερος από ότι στις περιοχές όπου δημιουργήθηκε αναβαθμίδα. Με τον καιρό, οι περιοχές στους άξονες των κοιλάδων ανέπτυξαν εκτεταμένες χαμηλές ζώνες ακτών με λιμνοθάλασσες και έλη, συγκεντρώνοντας τα περισσότερα παράκτια ιζήματα από την διάβρωση των αναβαθμίδων και από τους υπόλοιπους χειμάρρους.

Η γεωμορφολογία της παράκτιας ζώνης της περιοχής της Θεσσαλονίκης ελέγχεται κυρίως από την προσφορά των ιζημάτων, από την κοντινή στην ακτή κυκλοφορία των υδάτων και από την δράση των κυμάτων. Οι μεγάλες ποσότητες των ιζημάτων ξεπερνούν τους 500 τόνους το χρόνο και προέρχονται κυρίως από τα ποτάμια Αξιός, Αλιάκμονας, Πηνειός και από άλλα εποχιακά ρέματα τα οποία είναι υπεύθυνα για την γενική προέλασή της ακτογραμμής και για την δημιουργία του Ολοκαινικού ιζηματογενούς καλύμματος του πυθμένα του κόλπου. Η κυκλοφορία των υδάτων

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

στον κόλπο του Θερμαϊκού χαρακτηρίζεται από την προς βορρά κίνηση των υδάτων, από το κεντρικό και ανατολικό τμήμα του κόλπου. Η επιφανειακή κυκλοφορία των υδάτων ελέγχεται κυρίως από το κλίμα, ενώ τα κύματα που προέρχονται από το νότο παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση της ακτογραμμής. Διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες εντός του παράκτιου συστήματος επηρεάζουν την φυσική εξέλιξη του οικοσυστήματος της παράκτιας ζώνης (Poulos et al., 2000).

Το κλίμα της παράκτιας ζώνης του Θερμαϊκού κόλπου μπορεί να περιγραφεί ως ημί-ξηρο Μεσογειακού τύπου με σχετικά κρύους χειμώνες. Η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 8^{o}C και 38^{o}C, ενώ το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι περίπου 480 mm. Στην εσωτερική υφαλοκρηπίδα του Θερμαϊκού κόλπου η θερμοκρασία των υδάτων κυμαίνεται μεταξύ 25^{o}C κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και έως 9^{o}C κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ η αλατότητα κυμαίνεται μεταξύ 35 psu και 28 psu κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα αντίστοιχα. Η θερμοκρασία και η αλατότητα των υδάτων κοντά στον πυθμένα είναι γενικότερα πιο σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους 21^{o}C και 36 psu κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και 98^{o}C και 38 psu κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Robles et al., 1983). Γενικότερα το κλίμα στην παράκτια ζώνη του Θερμαϊκού κόλπου ελέγχεται κυρίως από το καθεστώς των ανέμων.

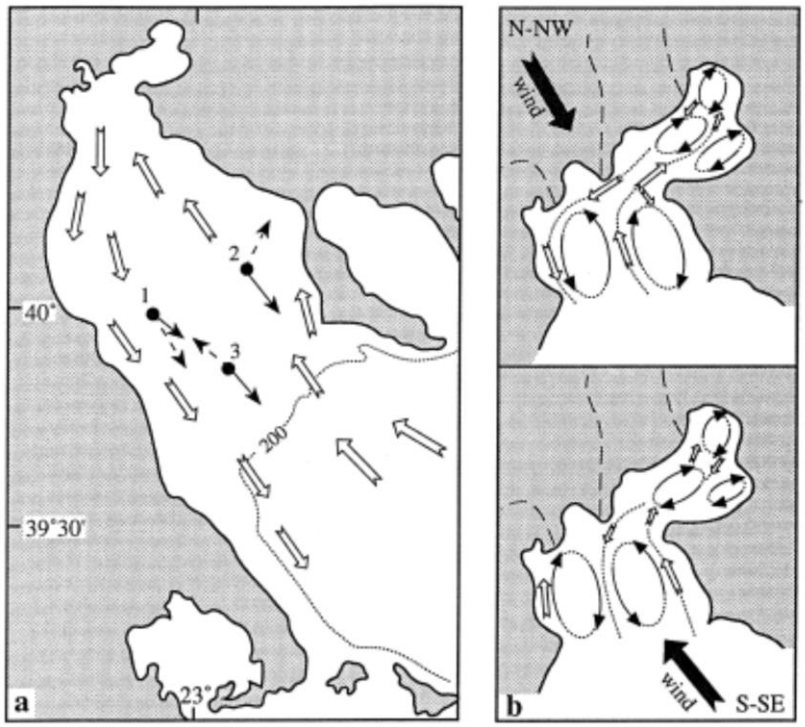
Η ανατολική ακτογραμμή από την περιοχή του Πάλιουρα μέχρι την πόλη της Θεσσαλονίκης αποτελείται κυρίως από Πλειοκαινικές ποταμο-λιμναίες και Πλειστοκαινικές χερσαίες αποθέσεις (το παράκτιο λοφώδες ανάγλυφο), εναλλασόμενες με εκτεταμένες χαμηλού προφίλ ακτές με παράκτιες χαλαρές Ολοκαινικές προσχώσεις (Συρίδης, 1990). Η βόρειο/βορειοδυτική ακτογραμμή σχηματίζεται από ποτάμιες και δελταϊκές αποθέσεις Ολοκαινικής ηλικίας, ενώ η δυτική ακτογραμμή, μεταξύ των δέλτα του Πηνειού και του Αλιάκμονα, σχηματίζεται από πρόσφατες μέχρι σύγχρονους Τεταρτογενείς (<1.8 My) σχηματισμούς που περιλαμβάνουν κυρίως αλλουβιακές και ποτάμιες αποθέσεις. Το νότιο τμήμα της δυτικής ακτογραμμής σχηματίζεται από ασβεστόλιθους (κυρίως δολομιτικούς), μάρμαρα, γνεύσιους, σχίστες, αμφιβολίτες και σχιστο-κερατολιθική διάπλαση, της Πελαγονικής ζώνης Τριαδο-Ιουρασικής ηλικίας (230–140 My) (Poulos et al., 2000).

Ο κόλπος του Θερμαϊκού ως τμήμα του Βόρειου Αιγαίου θεωρείται μικροπαλιρροιακό θαλάσσιο περιβάλλον. Η κυκλοφορία των υδάτων (Εικ. 9) σε ένα τέτοιο περιβάλλον ελέγχεται από την θερμόαλη κυκλοφορία, την ανάμειξη των υδάτων και από τις κλιματικές συνθήκες. Γενικά έχει παρατηρηθεί πως τα ύδατα μεγαλύτερης αλατότητας, καθαρότητας και πυκνότητας τα οποία προέρχονται από το ανοιχτό Βόρειο Αιγαίο και εισέρχονται στην εξωτερική υφαλοκρηπίδα του Θερμαϊκού κόλπου, στη συνέχεια στρέφονται προς τη χερσόνησο της Χαλκιδικής και τελικώς φτάνουν στο εσωτερικό του Θερμαϊκού κόλπου. Αντίθετα, τα χαμηλότερης αλατότητας ύδατα, ρέουν προς τον νότο, κατά μήκος της δυτικής ακτογραμμής και περιλαμβάνουν και τα ύδατα που προέρχονται από τις εκβολές των ποταμών (Αξιός, Αλιάκμονας). Αυτή η προς το νότο διαδρομή των υδάτων είναι ιδιαίτερα έντονη κατά τη διάρκεια του χειμώνα, λόγων των βόρειων ανέμων που κυριαρχούν στην περιοχή και της αυξημένης εκφόρτισης των νερών των ποταμών. Ομοίως τα νότιο/νοτιοδυτικά ρεύματα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού μετακινούν τις υδάτινες μάζες από το κεντρικό και το ανατολικό τμήμα του κόλπου προς το εσωτερικό του (Poulos et al., 2000).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Στον πυθμένα έχει παρατηρηθεί μία προς το νότο πορεία, πέρα από την υφαλοκρηπίδα, η οποία συνεχίζει προς την κατωφέρεια και κατά μήκος της κυρίως υποθαλάσσιας κοιλάδας προς την λεκάνη των Σποράδων (Poulos and Panagiotopoulos, 1997). Γενικότερα η κυκλοφορία των επιφανειακών υδάτων (βάθος < 40 m) στην εσωτερική υφαλοκρηπίδα επηρεάζεται από το καθεστώς των ανέμων. Όταν κυριαρχούν βορειο-βορειοδυτικοί άνεμοι οι υδάτινες μάζες κινούνται προς το νότο, ενώ κινούνται σε αντίθετη κατεύθυνση όταν κυριαρχούν νότιο-νοτιοδυτικοί άνεμοι (Ganoulis, 1987).



Εικ. 9. a. Γενική κυκλοφορία επιφανειακών υδάτων του Θερμαϊκού κόλπου (Balopoulos et al., 1987), **b**. Κυκλοφορίων ρηχών (μαύρα βέλη) και μεγάλου βάθους (λευκά βέλη) υδάτων της εσωτερικής υφαλοκρηπίδας του Θερμαϊκού κόλπου (Ganoulis, 1987; Poulos et al., 2000).

Γενικά το περιβάλλον του Θερμαϊκού κόλπου χαρακτηρίζεται από μεγάλη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων κατά τη διάρκεια του έτους και στο εσωτερικό τμήμα της υφαλοκρηπίδας (Balopoulos and Friligos, 1993). Ιδιαίτερα στο ανατολικό τμήμα του Θερμαϊκού παρατηρήθηκαν χαμηλές τιμές συγκέντρωσης θρεπτικών συστατικών που πιθανότατα οφείλονται στη γενική κυκλοφορία των υδάτων (Poulos et al., 2000).

4.2 Λιμνοθάλασσα Πάλιουρα

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής μελετήθηκε η περιοχή της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα (Εικ. 10). Η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα βρίσκεται 22,5 km νοτιοδυτικά της Θεσσαλονίκης και απέχει περίπου 1,7 km από την Νέα Μηχανιώνα και 4,5 km από την Επανομή ενώ διοικητικά υπάγεται στον Δήμο Θερμαϊκού. Το μήκος της λιμνοθάλασσας είναι περίπου 550 m ενώ το πλάτος της κυμαίνεται από 50 m έως και 260 m, καλύπτοντας μια επιφάνεια περίπου 137.000 m^2.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Εικ. 10. Χάρτης περιοχής μελέτης (Υπόβαθρο από Google Earth).

Μορφολογικά η ευρύτερη περιοχή μελέτης (Εικ. 11) χαρακτηρίζεται ως ήπια περιοχή όπου επικρατούν χαμηλά υψόμετρα που φτάνουν ως τα 300 μέτρα. Η ανάπτυξη των ισοβαθών είναι κανονική και φαίνεται να ακολουθεί το ανάγλυφο της περιοχής (Εικ. 12). Όλο το δυτικό τμήμα της Χαλκιδικής (από το Μεγάλο Έμβολο ως την Βόρεια Κασσάνδρα) εμφανίζει ώριμο ανάγλυφο με μικρή μορφολογική κλίση 2-5°/N-ΝΔ και επιμήκεις κοιλάδες. Οι κοιλάδες αυτές είτε είναι ξερές είτε διαρρέονται από μικρούς χείμαρρους. Σχεδόν σε όλο το μήκος της δυτικής ακτής επικρατούν παράκτιες αναβαθμίδες και κρεμασμένες ξηρές κοιλάδες σε εναλλαγές με μικρές παράκτιες πεδινές εκτάσεις. Η διάβρωση στρωμάτων ιζημάτων που έχουν μικρή κλίση και διαφορετική σκληρότητα έχει προκαλέσει την δημιουργία ενός χαμηλού λοφώδους αναγλύφου (Συρίδης, 1990).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

Εικ. 11. Άποψη της περιοχής μελέτης (λήψη 2-9-2010), η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα αποξηραμένη και η θέση της γεώτρησης PLR-1. (φωτ: Γ. Συρίδης).

Η δημιουργία της νεότερης, όπως μαρτυρεί η μορφολογία διεύθυνσης Α-Δ, τεκτονικής τάφρου του Ανθεμούντα έχει διακόψει την προς τα ΒΔ συνέχεια του παλαιού ώριμου αναγλύφου της Δυτικής Χαλκιδικής και έχει προκαλέσει την δημιουργία ενός νέου απότομου αναγλύφου με σαφείς χαρακτήρες ανανέωσης, έντονη χαραδρωτική διάβρωση (Gully erosion), επέκταση της λεκάνης απορροής του Ανθεμούντα σε βάρος του παλαιότερου αναγλύφου και μετατόπιση του υδροκρίτη προς τα νότια (Συρίδης, 1990).

Η ύπαρξη ιζημάτων μεγάλου πάχους στην περιοχή επέτρεψε την ανάπτυξη ενός υδρογραφικού δικτύου με παράλληλους και επιμήκεις κλάδους. Συγκεκριμένα, στην περιοχή μεταξύ του ακρωτηρίου του Μεγάλου Εμβόλου και των οικισμών Πλαγιαρίου και Επανομής παρατηρείται η ανάπτυξη ενός πυκνού υδρογραφικού δικτύου με ευθύγραμμες, διεύθυνσης Β-Ν, παράλληλες μεταξύ τους διαπλατυσμένες κοιλάδες, μεγάλου μήκους και μικρής τάξης, οι οποίες αναπτύσσονται κάθετα στον υδροκρίτη (διεύθυνσης Α-Δ) του Ανθεμούντα-Δ. Χαλκιδικής. Αυτή η διεύθυνση Β-Ν των κοιλάδων είναι πιθανό να οφείλεται σε τεκτονική επίδραση (Συρίδης, 1990).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γε
Α.Π

Εικ. 12. Βαθυμετρία του Θερμαϊκού Κόλπου (Αλμπανάκης,1999).

Οι ανατολικές ακτές του ευρύτερου Θερμαϊκού στο Νομό Θεσσαλονίκης αποτελούνται από 12 χιλιόμετρα ακτών διάβρωσης που σχηματίζονται στη βάση παράκτιας αναβαθμίδας με στοιχειώδη έως ανύπαρκτη παράκτια ζώνη και ~25 km ακτών απόθεσης. Γενικά η περιοχή ανήκει σε ένα μεταβατικό, παράκτιο, κλαστικό ιζηματογενές αποθετικό περιβάλλον καθώς μπορεί να επηρεαστεί τόσο από τις συνθήκες που επικρατούν στην ξηρά όσο και από αυτές που επικρατούν στη θάλασσα (Συρίδης, 1990).

4.2.1 Γεωλογία περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει γεωλογικά στη Ζώνη Αξιού των Εσωτερικών Ελληνίδων Ζωνών και συγκεκριμένα στην Υποζώνη Παιονίας, ανάμεσα στην Περιροδοπική Ζώνη στα ανατολικά και την Υποζώνη Πάϊκου στα δυτικά. Η Ζώνη Αξιού καθορίσθηκε αρχικά από τον Kossmat (1924), ως μια ζώνη ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης και πλάτους 30-70 Km, παρεμβαλλόμενη μεταξύ της μάζας της Ροδόπης προς τα ανατολικά και της Πελαγονικής Ζώνης προς τα δυτικά. Αρχίζει από την περιοχή των Σκοπίων και επεκτείνεται μέχρι τον Θερμαϊκό κόλπο και το Αιγαίο και περιλαμβάνει ορισμένα από τα νησιά των Βόρειων Σποράδων. Στη συνέχεια κάμπτεται προς τη Μικρά Ασία, με πιθανή διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ (Μουντράκης, 2010). Η ζώνη συνεχίζεται προς το βορρά στην πρώην Γιουγκοσλαβία, όπου διαχωρίζει τις Διναρίδες στα δυτικά από τη Σερβομακεδονική ζώνη στα ανατολικά, και τελικά τερματίζεται κάτω από τη λεκάνη της Πανονίας (Fodor et al., 1999). Βασικό χαρακτηριστικό της ζώνης αυτής είναι η παρουσία οφιολιθικών μαζών που έχουν εξάπλωση σε όλο το χώρο της, η παρουσία των οποίων έχει μεγάλη σημασία για

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

την γεωτεκτονική εξέλιξη των Ελληνίδων. Τεκτονικά η ζώνη του Αξιού χαρακτηρίζεται από την παρουσία συνεχών τεκτονικών λεπιών τα οποία προσανατολίζονται με παράταξη ΒΔ-ΝΑ και με κλίση προς τα ΒΑ (Μουντράκης, 2010).

Η υποζώνη της Παιονίας, στην οποία όπως αναφέρθηκε παραπάνω ανήκει η περιοχή μελέτης, καθορίστηκε αρχικά ως μία Μεσοζωϊκή αύλακα μεταξύ της Ελληνικής ενδοχώρας (Σερβομακεδονική) και του υβώματος του Πάϊκου ενώ σήμερα πιστεύεται πως αποτελεί τμήμα της παλιάς ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος (Μουντράκης, 2010). Παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες ή αποτελεί τμήμα της Περιροδοπικής ζώνης (Pe-Pipper and Pipper, 2002) και περιλαμβάνει μία πολύπλοκη σειρά από τεκτονικά λέπια μεταξύ της Σερβομακεδονικής και της Υποζώνης του Πάϊκου. Η υποζώνη αυτή αποτελείται από ένα προ-Μεσοζωικό υπόβαθρο, ιζήματα μίας Τριαδικής ηλικίας ταφρογενετικής ακολουθίας που εξελίσσεται προς τα πάνω σε φλύσχη ηπειρωτικού περιθωρίου, Ιουρασικούς οφιόλιθους, ηφαιστειακά πετρώματα τύπου «νησιωτικού τόξου» καθώς και γρανοδιοριτικές διεισδύσεις. Πάνω από αυτά αναπτύσσονται επικλυσιγενούς προέλευσης ιζήματα Αν. Ιουρασικής ηλικίας (Κουκουβέλας κ.α.., 2012).

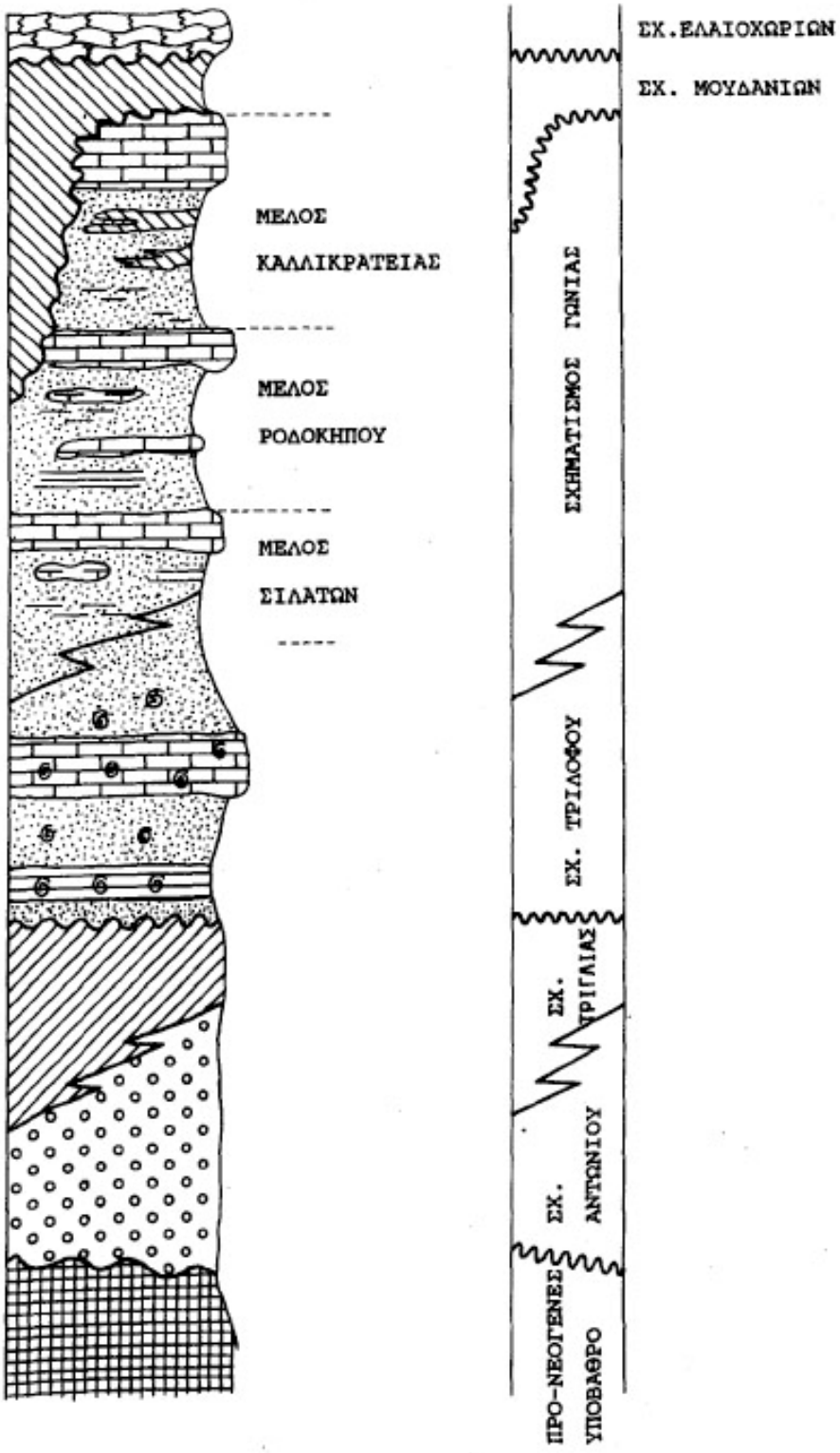
Νεογενή – Τεταρτογενή Ιζήματα

Στο τμήμα χαμηλού αναγλύφου στη Δ. Χαλκιδική και στην Κασσάνδρα το Προ-Νεογενές υπόβαθρο καλύπτεται από ένα παχύ κάλυμμα νεότερων χαλαρών ιζημάτων. Συγκεκριμένα πρόκειται για χερσοποτάμιες, ποταμοδελταϊκές, λιμνοδελταϊκές, λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις, οι οποίες σχηματίστηκαν κατά την εξέλιξη της ταφρογέννεσης στον χώρο Αξιού-Θερμαϊκού (Ψιλοβίκος κ.α., 1988). Οι αποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν διάφορους λιθολογικούς τύπους, όπως: κροκαλοπαγή, ερυθροστρώματα, άμμους, ψαμμίτες, αργίλους, ιλυούχους αργίλους, ιλυοαργιλούχους άμμους, μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, τοφώδεις ασβεστόλιθους, βιογενείς ασβεστόλιθους και τραβερτίνες (Συρίδης, 1990).

Τα ιζηματογενή στρώματα εμφανίζονται ελαφρώς κεκλιμένα προς τα Ν-ΝΑ στη Δ. Χαλκιδική, είτε προς Β-ΒΔ στην Κασσάνδρα και ελέγχουν σε μεγάλο μέρος την πρόσφατη μορφολογία (Εικ. 13) (Συρίδης, 1990).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Εικ. 13. Συνοπτική Λιθοστρωματογραφική Στήλη Δυτικής Χαλκιδικής (Συρίδης, 1990).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

4.2.2. Τοπογραφία περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης αποτελεί το μεγαλύτερο δελταϊκό σύμπλεγμα στην Ελλάδα και καλύπτει μία περιοχή περίπου 2.000 km^2 με τοπογραφία που κυμαίνεται μεταξύ 0 και 10 m από την ακτογραμμή προς τον βορρά, κοντά στην Αρχαία Πέλλα, και μεταξύ 0 και 10 m προς τη δύση, κοντά στην πόλη της Σκύδρας. Κοντά στη σημερινή ακτογραμμή η ξηρά βρίσκεται κάτω από το μέσο επίπεδο της θάλασσας (Psimoulis et al., 2007; Stiros, 2001). Το εύρος της παλίρροιας στην περιοχή κυμαίνεται μεταξύ 46 cm (παλίρροια συζυγιών, spring tide) και 13 cm (παλίρροια τετραγωνισμού, neap tide) (Ghilardi, 2006), έτσι ώστε η εισχώρηση της θάλασσας λαμβάνει χώρα στο περιφερειακό τμήμα των δύο κύριων δέλτα (Fouache et al., 2008).Το μέσο ετήσιο ύψος των κυμάτων είναι μικρότερο από 0.5 m στον Θερμαϊκό κόλπο, αλλά παρ' όλα αυτά έχουν σημειωθεί και κύματα μεγαλύτερα των 3 m με συχνότητα περίπου 1.1% (Karageorgis and Christos, 2003).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

5. Δειγματοληψία και Μεθοδολογία

5.1 Εργασία πεδίου

Η γεώτρηση στα ιζήματα της λιμνοθάλασσας πραγματοποιήθηκε. κατά την θερινή περίοδο του 2010 με τον γεωτρητικό εξοπλισμό των Γ. Συρίδη και Κ. Βουβαλίδη. Οι ακριβείς συντεταγμένες της γεώτρησης είναι 40º 30΄ 00΄΄ και 22º 45΄ 00΄΄ (Εικ. 14), ενώ το βάθος της γεώτρησης έφτασε τα 8.7 m. Τα αδιατάρακτα δείγματα τα οποία λήφθηκαν από την γεώτρηση χρησιμοποιήθηκαν για μικροπαλαιοντολογική μελέτη μέσω της καταγραφής των συγκεντρώσεων των βενθονικών τρηματοφόρων ώστε να συγκεντρωθούν στοιχεία σχετικά με την παλαιοντολογική και λιθοστρωματογραφική διάρθρωση των ιζημάτων με τελικό στόχο τον προσδιορισμό της παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης της λιμνοθάλασσας.

Εικ. 14. Αεροφωτογραφία της περιοχής μελέτης και θέση της γεώτρησης του πυρήνα PLR-1 (κόκκινο χρώμα) (Υπόβαθρο: Ελληνικό Κτηματολόγιο).

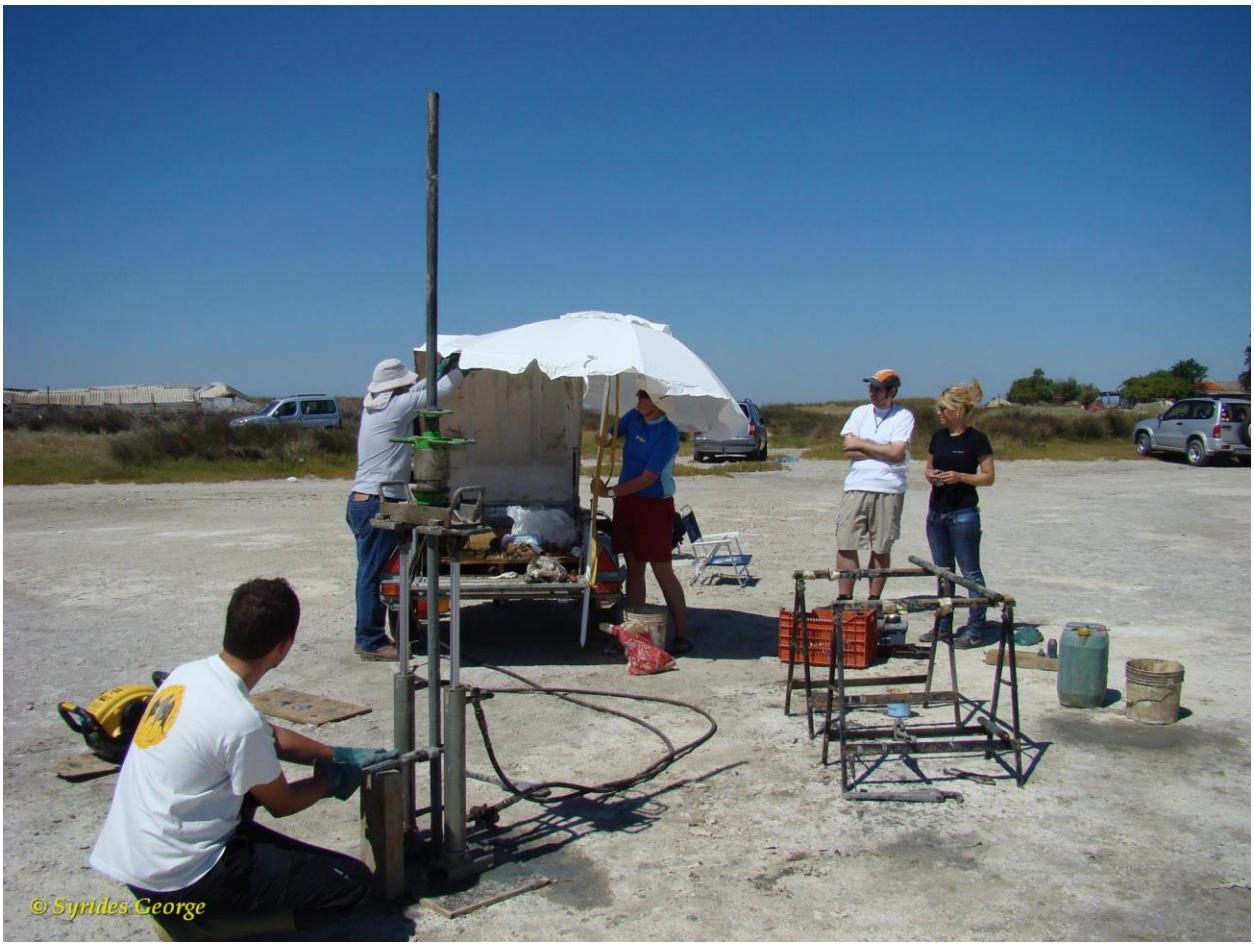
Για την πραγματοποίηση της γεώτρησης χρησιμοποιήθηκε κρουστικό, βενζινοκίνητο, δειγματοληπτικό γεωτρύπανο τύπου Atlas Copco (Cobra MK 1) και εφαρμόστηκε η μέθοδος "Vibracoring" (Εικ. 15). Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί την συνηθέστερη για πυρηνοληψίες μικρών βαθών (0-15 m) σε μαλακά ιζήματα του Ολοκαίνου. Η τεχνική της μεθόδου περιλαμβάνει την βύθιση ενός κενού κυλινδρικού δειγματολήπτη στο έδαφος μέχρι το επιθυμητό βάθος, ώστε να γεμίσει το εσωτερικό του με μια συνεχή στήλη δείγματος από το υλικό στο οποίο έχει διεισδύσει. Στη συνέχεια, ο δειγματολήπτης εξάγεται με ένα εξολκέα (χειροκίνητα ή υδραυλικά) για να αφαιρεθεί ο πυρήνας από το εσωτερικό του. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται ξανά, σε διαδοχικά βήματα, προσθέτοντας επιπλέον ράβδους διάτρησης κάθε φορά (1 m).

Το κατώτερο τμήμα του δειγματολήπτη είναι εξοπλισμένο με ένα κοπτικό άκρο και έναν δακτύλιο συγκράτησης δείγματος (καλαθάκι), προκειμένου να κόβει διατρυπώντας και να συγκρατεί τον πυρήνα του δείγματος στον δειγματοληπτικό σωλήνα. Ένας εσωτερικός πλαστικός σωλήνας PVC διαμέτρου 40 mm και μήκους 1 m γεμίζει με δείγμα και στη συνέχεια αφαιρείται από τον

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
ΑΠΘ

δειγματολήπτη. Σφραγίζεται με πώματα και κολλητική πλαστική ταινία, στο σωλήνα σημειώνονται τα πλήρη λεπτομερή στοιχεία του πυρήνα (κωδικό όνομα της γεώτρησης, βάθος από-έως, αριθμός σωλήνα πυρήνα, κλπ) και αποθηκεύεται κατάλληλα για περαιτέρω ανάλυση.



Εικ. 15. Φωτογραφία της διαδικασίας Διάτρησης στη γεώτρηση PLR-1. Εξαγωγή της γεωτρητικής στήλης με τον υδραυλικό εξολκέα. (φωτ.: Γ. Συρίδης).

5.2 Εργαστηριακή επεξεργασία δειγμάτων

Με την παραπάνω διαδικασία λήφθηκαν 9 δειγματοληπτικοί σωλήνες (1 m μήκος κάθε ένας) που περιείχαν τα αδιατάρακτα τμήματα του πυρήνα της γεώτρησης και τα οποία μεταφέρθηκαν στα εργαστήρια του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ για περαιτέρω επεξεργασία. Το φθινόπωρο του 2010 έλαβε χώρα το άνοιγμα και η διχοτόμηση των πυρήνων δειγματοληψίας και η περιγραφή στον εργαστηριακό χώρο του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας.

Οι σωλήνες που περιείχαν τα δείγματα κόπηκαν (μόνο το πλαστικό τοίχωμα) κατά μήκος (Εικ. 16) με την χρήση ηλεκτρικού τροχού και εν συνεχεία διχοτομήθηκαν κατά μήκος σε δύο τμήματα (ημικυλίνδρους) το ένα τμήμα για ανάλυση, ενώ το άλλο αρχειοθετήθηκε για μελλοντική αναφορά. Ακολούθησε η περιγραφή των πυρήνων που περιελάμβανε την καταγραφή της λιθολογίας, τον προσδιορισμό του χρώματος του ιζήματος σε φυσική υγρασία σύμφωνα με την χρωματική κλίμακα Munsell, και την πρώτη καταγραφή της μακροπανίδας και των

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
ΑΠΘ

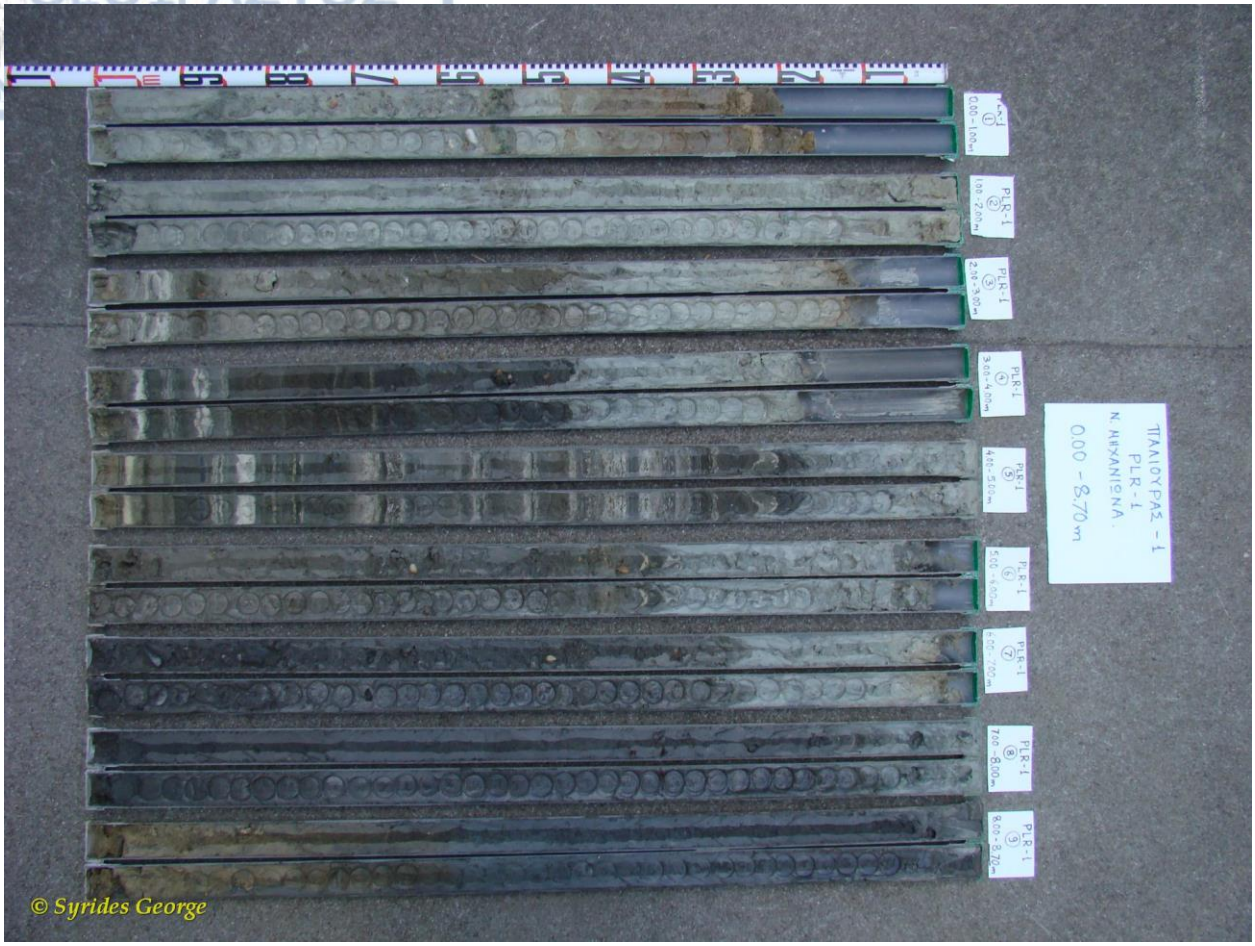
μορφολογικών, ιζηματολογικών χαρακτηριστικών. Ακόμη, μετρήθηκε το ποσοστό της συμπίεσης που υπέστη το υλικό κατά τη διαδικασία της γεώτρησης με σκοπό να μετατραπεί το βάθος πυρήνα σε πραγματικό βάθος δειγματοληψίας. Λίγο μετά το άνοιγμα, το υλικό του πυρήνα χάνει την υγρασία του, συρρικνώνεται, αποκτά ρωγμές, και το χρώμα του αλλάζει. Για τον λόγο αυτό, όλοι οι πυρήνες τυλίχθηκαν με πλαστική μεμβράνη και αποθηκεύτηκαν.

Εικ. 16. Διχοτόμηση των πυρήνων γεώτρησης (φωτ.: Γ. Συρίδης).

Στη συνέχεια, το κάθε δείγμα πυρήνα φωτογραφήθηκε ανά 20 cm και τα δείγματα διατάχθηκαν το ένα δίπλα στο άλλο μαζί με τις ενδεικτικές τους καρτέλες και φωτογραφίζονται ομαδικά πριν συσκευαστούν το κάθε ένα ξεχωριστά σε πλαστική συσκευασία και αποθηκευτούν σε ειδικό χώρο του Πανεπιστημίου (Εικ. 17).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



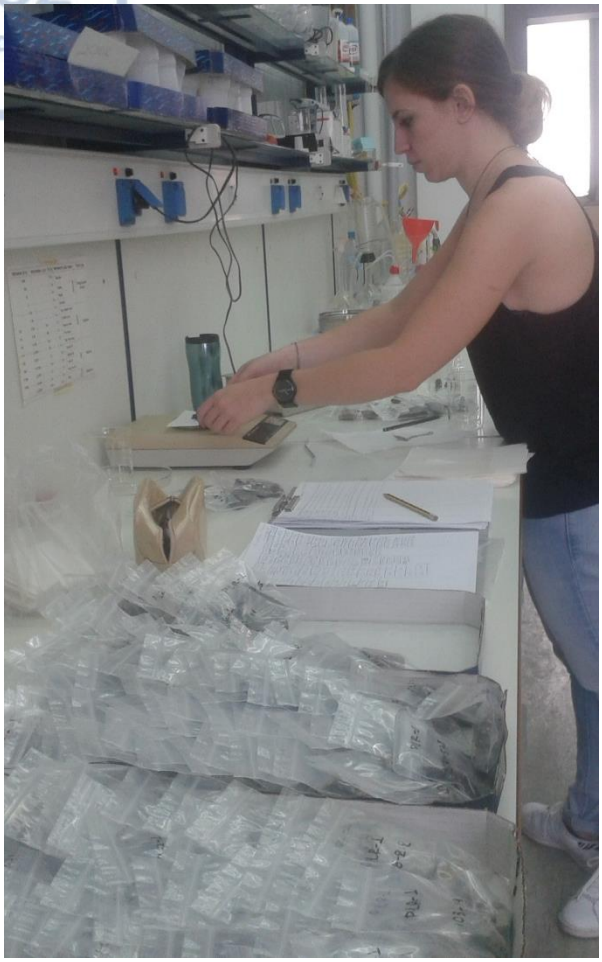
Εικ. 17. Τα 9 τμήματα του πυρήνα της γεώτρησης PLR-1, από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο βάθος από πάνω προς τα κάτω) (φωτ.: Γ. Συρίδης).

Η δειγματοληψία του πυρήνα ιζήματος πραγματοποιήθηκε περίπου ανά 5cm ή και πυκνότερα όπου αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο. Για την περαιτέρω μικροπαλαιοντολογική μελέτη διαχωρίστηκε συγκεκριμένη ποσότητα ξηρού ιζήματος (10gr) τα οποία ζυγίστηκαν σε ηλεκτρονική ζυγαριά (Εικ. 18). Στη συνέχεια διαποτίστηκαν με νερό και αραιό διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) έτσι ώστε να αποσυσσωματωθούν όλα τα αργιλικά και ακολούθησε υγρό κοσκίνισμα με νερό σε κόσκινο με διάμετρο 63 μm (Εικ. 19).

Σε επόμενο στάδιο τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε φούρνο σε χαμηλή θερμοκρασία (60^o C) ωσότου επιτευχθεί η πλήρης ξήρανσή τους. Όλα τα δείγματα ζυγίστηκαν εκ νέου σε ηλεκτρονική ζυγαριά ακριβείας. Το άνοιγμα πόρων του κοσκίνου πλύσης 63 μm αντιστοιχεί στο όριο άμμου – ιλύος, οπότε με την πλύση παρέμεινε στο κόσκινο η άμμος και απομακρύνθηκαν ιλύς και άργιλος. Διαδοχικές ζυγίσεις του ξηρού δείγματος πριν και μετά την πλύση επέτρεψαν τον υπολογισμό των ποσοστων άμμου και ιλύος + αργίλου. Με τον παραπάνω τρόπο υπολογίστηκε η κοκκομετρία των δειγμάτων.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ



Εικ. 18. Ζύγιση ξηρών δειγμάτων από τον πυρήνα ιζήματος PLR-1.

Εικ. 19. Πλύση δειγμάτων από τον πυρήνα ιζήματος γεώτρηση PLR-1 σε κόσκινο διαμέτρου 63 μm.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

5.3 Επεξεργασία τρηματοφόρων

Μετά την ξήρανση των δειγμάτων ακολούθησε η συλλογή των τρηματοφόρων. Τα περισσότερα δείγματα μειώθηκαν με τη βοήθεια του Otto Microsplitter, με σκοπό να προκύψει ένα μικρό αντιπροσωπευτικό κλάσμα, το οποίο θα περιέχει τον απαιτούμενο αριθμό τρηματοφόρων (200-300 άτομα). Στα δείγματα με μικρό αριθμό ατόμων δεν εφαρμόστηκε η παραπάνω μέθοδος, αλλά μελετήθηκε ολόκληρο το δείγμα.

Τα άτομα συλλέχθηκαν με την βοήθεια λεπτού πινέλου (No 000) και τοποθετήθηκαν σε πινακίδια. Μετά την συλλογή τους στα πλακίδια τα τρηματοφόρα διαχωρίσθηκαν με βάση το είδος τους και τοποθετήθηκαν σε μικροπαλαιοντολογικά πινακίδια Chapman. Για την σταθεροποίηση τους πάνω στα πινακίδια χρησιμοποιήθηκε ειδική κόλλα (Τραγακανθικό Κόμμι, Gome Adranganth). Τόσο η συλλογή όσο και η μελέτη των τρηματοφόρων έγινε με την βοήθεια στερεοσκοπίου προσπίπτοντος φωτός τύπου Carl Zeiss Jena και με μεγέθυνση 40-80x. Η μελέτη και οι μετρήσεις διαστάσεων των τρηματοφόρων για τον προσδιορισμό του Δείκτη *A* πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια φωτοορθοσκοπίου Wild M400 εξοπλισμένου με ηλεκτρονική μικρομετρική τράπεζα LANG MCL-2, x-y, 50x50mm, (accuracy 0.001mm), του εργαστηρίου Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας του τμήματος Γεωλογίας. Η φωτογράφηση των τρηματοφόρων πραγματοποιήθηκε στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο τύπου SEM Jeol JSM-840A του Διατμηματικού Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

5.4 Συστηματική ταξινόμηση τρηματοφόρων

Όλα τα άτομα των τρηματοφόρων που συλλέχθηκαν από τα δείγματα καταμετρήθηκαν και προσδιορίστηκαν σε επίπεδο είδους. Η συστηματική ταξινόμηση των τρηματοφόρων ακολούθησε το σχήμα συστηματικής ταξινόμησης των Loeblich και Tappan (1988), ενώ ο προσδιορισμός τους πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των περιγραφών των Loeblich and Tappan (1988,1994), Levy et al. (1989, 1991, 1992), Cimmerman and Langer (1991), Hottinger et al. (1993), Sgarella and Moncharmont Zei (1993), Κουκουσιούρα (2012), Dimiza et al. (2016) και πλήθους άλλων επιστημονικών εργασιών.

5.5 Χρονολόγηση πυρήνα

Τρία δείγματα του είδους *Cerastoderma glaucum* επιλέχθηκαν και απομονώθηκαν από συγκεκριμένα βάθη του πυρήνα ιζήματος PLR-1 για χρονολόγηση, με τη χρήση της μεθόδου Accelerator Mass Spectrometry (AMS ^{14}C). Τα δείγματα εστάλησαν και μετρήθηκαν στο εργαστήριο Kierownik του Τμήματος Προϊστορίας του πανεπιστημίου Adam Mickiewicz της Πολωνίας, στα πλαίσια της ευρύτερης έρευνας που συνεχίζεται στην περιοχή. Οι χρονολογήσεις με ^{14}C βαθμονομήθηκαν χρησιμοποιώντας το OxCal v.4.2.4 (Bronk Ramsey, 2001, 2013).

5.6 Ανάλυση δεδομένων

5.6.1 Στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης

Για την ανάλυση και την περιγραφή των τρηματοφόρων χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράμετροι συγκέντρωσης:

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

α. Η πυκνότητα της πανίδας (Faunal Density), η οποία αντιστοιχεί στον αριθμό των ατόμων ανά 1 gr ξηρού ιζήματος.

β. Η σχετική συχνότητα επί τοις εκατό των ειδών σε κάθε δείγμα

γ. Η ποικιλότητα σε κάθε δείγμα. Υπολογίστηκε ο δείκτης Shannon-Wiener (H') (Shannon and Weaver, 1963) ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H' = -\sum_{i=1}^{R} p_i \ln p_i$$

Όπου s είναι ο αριθμός των ειδών

Και p_i το ποσοστό του συνολικού αριθμού των ατόμων που ανήκουν στο είδος i

Ο δείκτης Shannon-Wiener μετρά την τάξη (ή την αταξία) ενός συγκεκριμένου συστήματος (Hayek and Buzas, 1997). Επιλέχθηκε διότι λαμβάνει υπό μέτρηση την αφθονία αλλά και την ομοιομορφία των ειδών (Murray, 1991), δηλαδή ποσοτικοποιεί την ετερογένεια (Magurran, 1988).

δ. Ο δείκτης επικράτησης (Dominance) σε κάθε δείγμα ο οποίος υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$D= \Sigma (n/N)^2$$

όπου n είναι το σύνολο των ατόμων ενός είδους

και N το σύνολο των ατόμων όλων των ειδών

5.6.2 Περιβαλλοντικοί Δείκτες

α. δείκτης A

Με την χρήση του φωτοορθοσκοπίου Wild M400 του εργαστηρίου Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας του τμήματος Γεωλογίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα κελύφη των ατόμων του γένους *Ammonia* με σκοπό τη σύνδεση του μεγέθους των κελυφών με οικολογικούς/αβιοτικούς παράγοντες.

Για την ποσοτικοποίηση αυτής της παρατήρησης, μετρήθηκαν οι μέγιστες διάμετροι όλων των ατόμων του γένους *Ammonia* και διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με αυτό: μικρά (<0.5 mm) και μεγάλα (>0.5 mm) κελύφη. Τέλος χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης *A* (Koukousioura et al., 2012) καθορισμού των συνθηκών αλατότητας που εκφράζεται από την παρακάτω σχέση:

$$A=L / (S+L)*100$$

όπου L ο αριθμός των μεγάλων κελυφών

και S ο αριθμός των μικρών κελυφών

β. δείκτης FAI και FMI

Στην παρούσα εργασία υπολογίστηκαν οι δείκτες Μορφολογικής Διαφοροποίησης Τρηματοφόρων (Foraminifera Abnormality Index, FAI) και παρακολούθησης τρηματοφόρων

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

(Foraminifera Monitoring Index, FMI). Ο δείκτης FAI αντιπροσωπεύει την αναλογία των ατόμων σε κάθε δείγμα που χαρακτηρίζονται από μορφολογικές ανωμαλίες, ενώ ο δείκτης FMI αντιπροσωπεύει το ποσοστό των ατόμων των ειδών που χαρακτηρίζονται από μορφολογικές ανωμαλίες στη συνάθροιση του δείγματος (Coccioni et al., 2003, 2005):

$$FAI = (Fabn / sum)*100$$

όπου Fabn το σύνολο των ατόμων που εμφανίζουν μορφολογικές ανωμαλίες

και N το σύνολο των ατόμων όλων των ειδών

$$FMI = (FABn / sum)*100$$

όπου FABn το σύνολο των ατόμων των ειδών που εμφανίζουν μορφολογικές ανωμαλίες

και N το σύνολο των ατόμων όλων των ειδών.

5.6.3 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις

Για την εκτίμηση των μελετούμενων δειγμάτων και την περιγραφή του πληθυσμού των βενθονικών τρηματοφόρων χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτων πολυπαραγοντικές αναλύσεις:

α. Ο προσδιορισμός της διαφοροποίησης της σύστασης των βενθονικών τρηματοφόρων βασίστηκε στην εφαρμογή των αναλύσεων ομαδοποίησης κατά συστάδες (Q-mode Cluster analysis) και της ανάλυσης Κύριων συνιστωσών PCA (Principal Component analysis).

Η διαφοροποίηση στις συναθροίσεις των τρηματοφόρων μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με την ανάλυση Ομαδοποίησης κατά συστάδες (Q-mode Cluster analysis). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η Centroid Linkage. Η συγκεκριμένη μέθοδος προτιμήθηκε γιατί το δενδρόγραμμα που προέκυψε προσδιορίζει σαφώς τις ομάδες που διαφοροποιεί.

Η ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA analysis) χρησιμοποιήθηκε για να επιβεβαιωθεί η Q-mode ανάλυση, καθώς είναι κατάλληλη για την διαφοροποίηση οικολογικών συναθροίσεων των βενθονικών τρηματοφόρων και τον προσδιορισμό παραγόντων που ελέγχουν την ομαδοποίηση των δειγμάτων (Harloff and Mackensen, 1977). Στην πραγματοποίηση της Q-mode ανάλυσης ομαδοποίησης δε λήφθηκαν υπόψη είδη με ποσοστιαίες συχνότητες μικρότερες της τάξης του 5%, καθώς δεν επηρεάζουν τη δομή των κύριων ομάδων (Kovach, 1987).

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά προγράμματα Excel 2013, SPSS Statistics 22, Past 2.17c και Grapher 9.

5.7 Σχεδίαση στρωματογραφικής στήλης και γεωλογικού χάρτη

Η σχεδίαση της στρωματογραφικής στήλης του πυρήνα ιζήματος PLR-1 (Σχ. 1) σχεδιάστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού Strater 3 και Corel Draw X7. Η σχεδίαση και εξαγωγή του γεωλογικού χάρτη (Εικ. 21) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS v10.0 και βασίστηκε στον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε Φύλλο Επανομή (1969) και Συρίδης (1990).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Α.Π.Θ

6. Συστηματική ταξινόμηση

Η συστηματική ταξινόμηση των βενθονικών τρηματοφόρων κρίθηκε απαραίτητη στην παρούσα εργασία ώστε να προσδιοριστεί με ακρίβεια η οικολογία των ειδών και κατ' επέκταση η παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της υπό μελέτη περιοχής. Συνολικά μελετήθηκαν 52 δείγματα, εκ των οποίων απολιθώματα βρέθηκαν στα 41. Όλα τα άτομα των τρηματοφόρων καταμετρήθηκαν και προσδιορίστηκαν σε επίπεδο είδους. Συγκεκριμένα καταμετρήθηκαν και προσδιορίστηκαν 14 είδη βενθονικών τρηματοφόρων τα οποία ανήκουν σε 7 διαφορετικά γένη. Η συστηματική ταξινόμηση των τρηματοφόρων στην παρούσα εργασία ακολούθησε το σχήμα συστηματικής ταξινόμησης των Loeblich and Tappan (1988), ενώ ο προσδιορισμός τους πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των περιγραφών των Loeblich and Tappan (1988,1994), Levy et al. (1989, 1991, 1992), Cimmerman and Langer (1991), Hottinger et al. (1993) Sgarella and Moncharmont Zei (1993), Κουκουσιούρα (2012) και Dimiza et al. (2016).

Συνομοταξία: Protozoa

Ομοταξία: Rhizopoda Shiebold, 1845

Τάξη: Foraminifera D'Orbigny, 1826

Υπεροικογένεια: Miliolidea Ehrenberg, 1839

Οικογένεια: Hauerinidae

Υποοικογένεια: Hauerininae Schwager, 1876

Γένος: *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

***Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny 1839**
(Πίνακας 1, Εικ. 3)
1839 *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny, p. 142, pl. 3, figs. 27-28 (fide Ellis and Messina, 1940)

1992 *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny; Levy et al., p. 120, pl. II, figs. 12-13

1991 *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny; Cimerman and Langer, p. 36, pl. 32, figs. 5-7

1993 *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny; Sgarella and Moncharmont Zei, p. 170, pl. 6, figs. 1-2

2012 *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny; Κουκουσιούρα, p. 60, pl. 4, figs. 2-3

2016 *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny; Dimiza et al., p. 23, pl. 1, figs. 20-21

Περιγραφή: Το κέλυφος είναι πορσελανώδες και ωοειδές έως ατρακτοειδές σε πλευρική όψη και τριγωνικό στη στοματική όψη. Οι θάλαμοι εμφανίζουν δύο αναδιπλώσεις στο κέντρο του κελύφους οι οποίες εξασθενούν προς την περιφέρεια του και εξωτερικά πέντε από αυτούς είναι εμφανείς. Το στοματικό άνοιγμα παρουσιάζει κυκλικό έως ωοειδές σχήμα και βρίσκεται στην άκρη ενός μικρού λαιμού που φέρει έναν μικρό οδόντα (Cimmerman and Langer, 1991).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Παρατηρήσεις: Πρόκειται για είδος με πολύ μικρή συχνότητα εμφάνισης στα μελετηθέντα δείγματα αφού βρέθηκε σε ένα μόνο δείγμα του πυρήνα ιζήματος.

***Quinqueloculina bicarinata* d'Orbigny, 1878**
(Πίνακας 1, Εικ. 9-10)
1878 *Quinqueloculina bicarinata* d'Orbigny, p. 136, no 35, pl. VII, figs. 3a-c (fide Ellis and Messina, 1940)

2012 *Quinqueloculina bicarinata* d'Orbigny; Κουκουσιούρα, p. 60, pl. 4, figs. 4

2016 *Quinqueloculina bicarinata* d'Orbigny; Dimiza et al., p. 23, pl. 1, figs. 22

Περιγραφή: Το κέλυφος αυτού του είδους παρουσιάζει ωοειδές σχήμα και οξύ στην περιφέρειά του καθώς φέρει τρόπιδα. Το στοματικό άνοιγμα εμφανίζει υποκυκλικό σχήμα και φέρει έναν απλό οδόντα.

Παρατηρήσεις: Το συγκεκριμένο είδος βρέθηκε σε 5 εκ των 52 δειγμάτων.

***Quniqueloculina carinata striata* (Wiesner, 1923)**
(Πίνακας 1, Εικ. 1-2)
1923 *Adelosina milletti* var. carinata-striata Wiesner, p.76-77, pl. 14, figs. 190, 191

1991 *Adelosina carinata-striata* Wiesner; Cimerman and Langer, p.28, pl. 20, figs. 1-4

2012 *Quinqueloculina carinata striata* Wiesner; Κουκουσιούρα, p. 60, pl. 4, figs. 6

Περιγραφή: Κέλυφος με έντονο διάκοσμο με ραβδώσεις και βραχύ λαιμό.

***Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny 1839**
(Πίνακας 1, Εικ. 9)
1839 Quinqueloculina laevigata d'Orbigny, p. 143, pl. 3, figs. 32-33 (fide Ellis and Messina, 1940)

1929 *Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny; Cushman, p. 30, pl. 4, figs. 3

1991 *Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny; Chimerman and Langer, p. 37, pl. 33, figs. 8-11

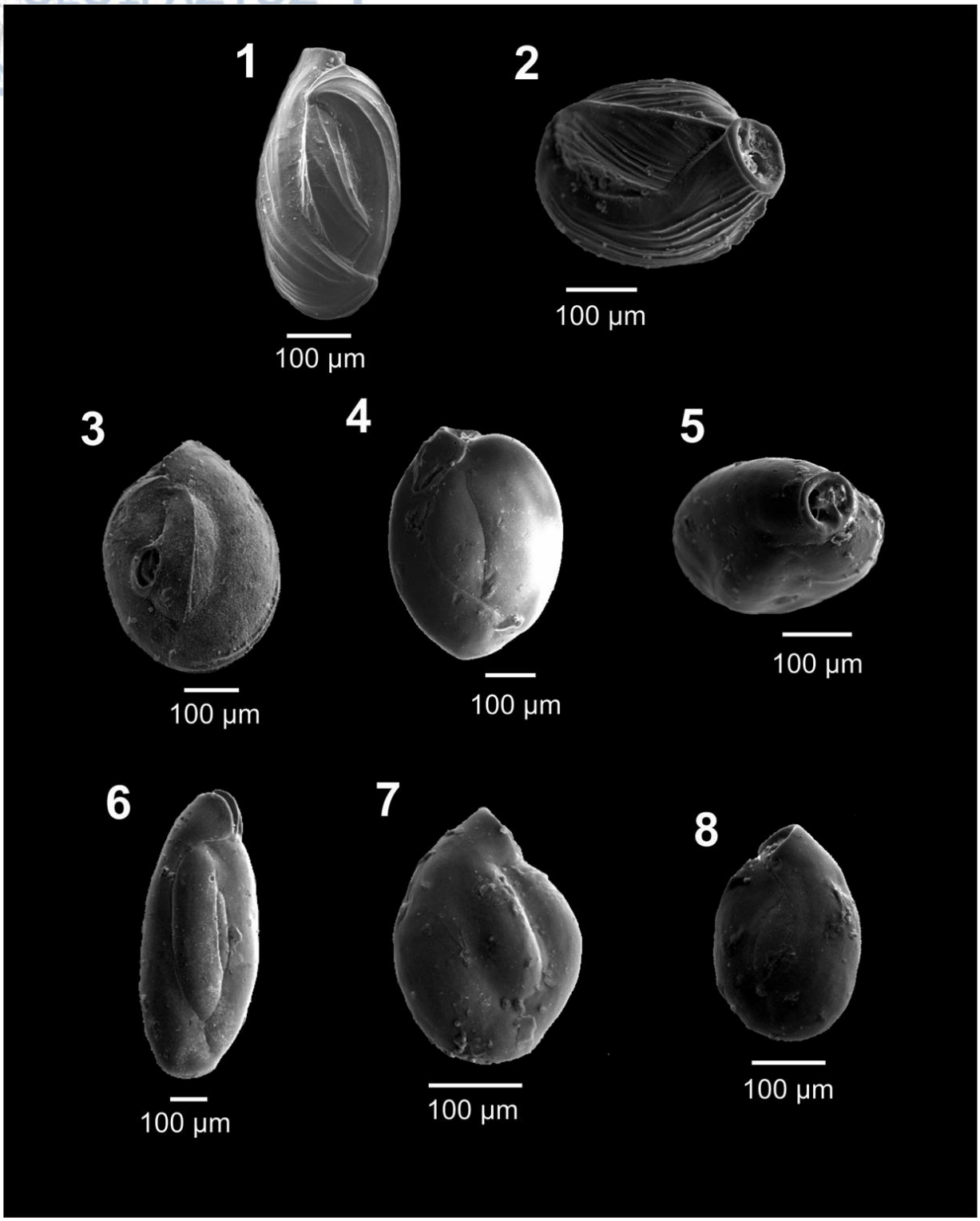
2012 *Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny; Κουκουσιούρα, p. 60, pl. 4, figs. 5

2016 *Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny; Dimiza et al., p. 23, pl. 1, figs. 24

Περιγραφή: Το κέλυφος εμφανίζει επίμηκες σχήμα και με υποωειδές περίγραμμα. Τρεις θάλαμοι είναι εμφανείς εξωτερικά. Επίσης το κέλυφος είναι πορσελανώδες και λείο. Το στοματικό άνοιγμα είναι υποστρόγγυλο και φέρει έναν μικρό οδόντα (Cimmerman and Langer, 1991).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Πίνακας 1. 1-2. *Quniqueloculina carinatastriata*, (Wiesner, 1923), PLR-1 575-581, 2. στοματικό άνοιγμα **3.** *Quinqueloculina triangularis* d'Orbigny, 1846, PLR-1 565-570, **4-5.** *Quinqueloculina seminula* (Linné, 1767), 4. PLR-1 532-545, 5. στοματικό άνοιγμα, PLR-1 212-217, **6.** *Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny 1839, PLR-1 565-570 **7-8.** *Quinqueloculina parvula,* Schlumberger, 1894, PLR-1 565-570.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

***Quinqueloculina parvula* Schlumberger, 1894**
(Πίνακας 1, Εικ. 7-8)
1894 *Quinqueloculina parvula* Schlumberger, p. 225, pl. 3, figs. 8-9 (fide Ellis and Messina, 1940)

1991 *Quinqueloculina parvula* Schlumberger; Chimerman and Langer, p. 37, pl. 34, figs. 6-8

1993 *Quinqueloculina parvula* Schlumberger; Sgarella and Moncharmont Zei, p. 174, pl. 5, figs. 16

2012 *Quinqueloculina parvula* Schlumberger; Κουκουσιούρα, p. 60, pl. 4, figs. 18

2016 *Quinqueloculina parvula* Schlumberger; Dimiza et al., p. 24, pl. 2, figs. 4

Περιγραφή: Το κέλυφος είναι πορσελανώδες και εμφανίζει ατρακτοειδές σχήμα σε πλευρική όψη. Τα περιθώρια των θαλάμων του κελύφους εμφανίζουν σφαιρικό σχήμα και 5 από αυτούς είναι ορατοί εξωτερικά. Η επιφάνεια του κελύφους είναι ελαφρώς τραχειά ενώ το στοματικό άνοιγμα εμφανίζει ωοειδές σχήμα (Cimmerman and Langer, 1991).

***Quinqueloculina seminula* (Linné, 1767)**
(Πίνακας 1, Εικ. 4-6)
1767 *Serpula seminulum* Linné, p. 1264, no. 791 (fide Ellis and Messina, 1940)

1989 *Quinqueloculina seminula* (Linné); Levy et al., p. 165, pl. II, figs 1-2

1991 *Quinqueloculina seminula* (Linné); Levy et al., p. 38, pl. 34, figs 9-12

2012 *Quinqueloculina seminula* Linné; Κουκουσιούρα, p. 60, pl. 4, figs. 16

2016 *Quinqueloculina seminula* (Linné); Dimiza et al., p. 24, pl. 2, figs. 5

Περιγραφή: Το κέλυφος είναι πορσελανώδες με κυκλική περιφέρεια και οι θάλαμοι εμφανίζουν το ίδιο μέγεθος σε όλο τους το μήκος. Σε πλευρική όψη εμφανίζει ωοειδές σχήμα ενώ η στοματική του όψη εμφανίζει τριγωνικό σχήμα. Οι γραμμές ραφών είναι πεπιεσμένες ενώ το στοματικό άνοιγμα είναι ημικυκλικό και φέρει έναν απλό οδόντα (Cimmerman and Langer, 1991).

Παρατηρήσεις: Το είδος αυτό εμφανίζει την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στα μελετηθέντα δείγματα σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη των miliolids. Παρατηρήθηκαν επίσης αρκετά άτομα που φέρουν μορφολογικές ανωμαλίες με ποσοστό περίπου 11% του συνόλου των ατόμων του συγκεκριμένου είδους.

***Quinqueloculina triangularis* d' Orbigny, 1846**

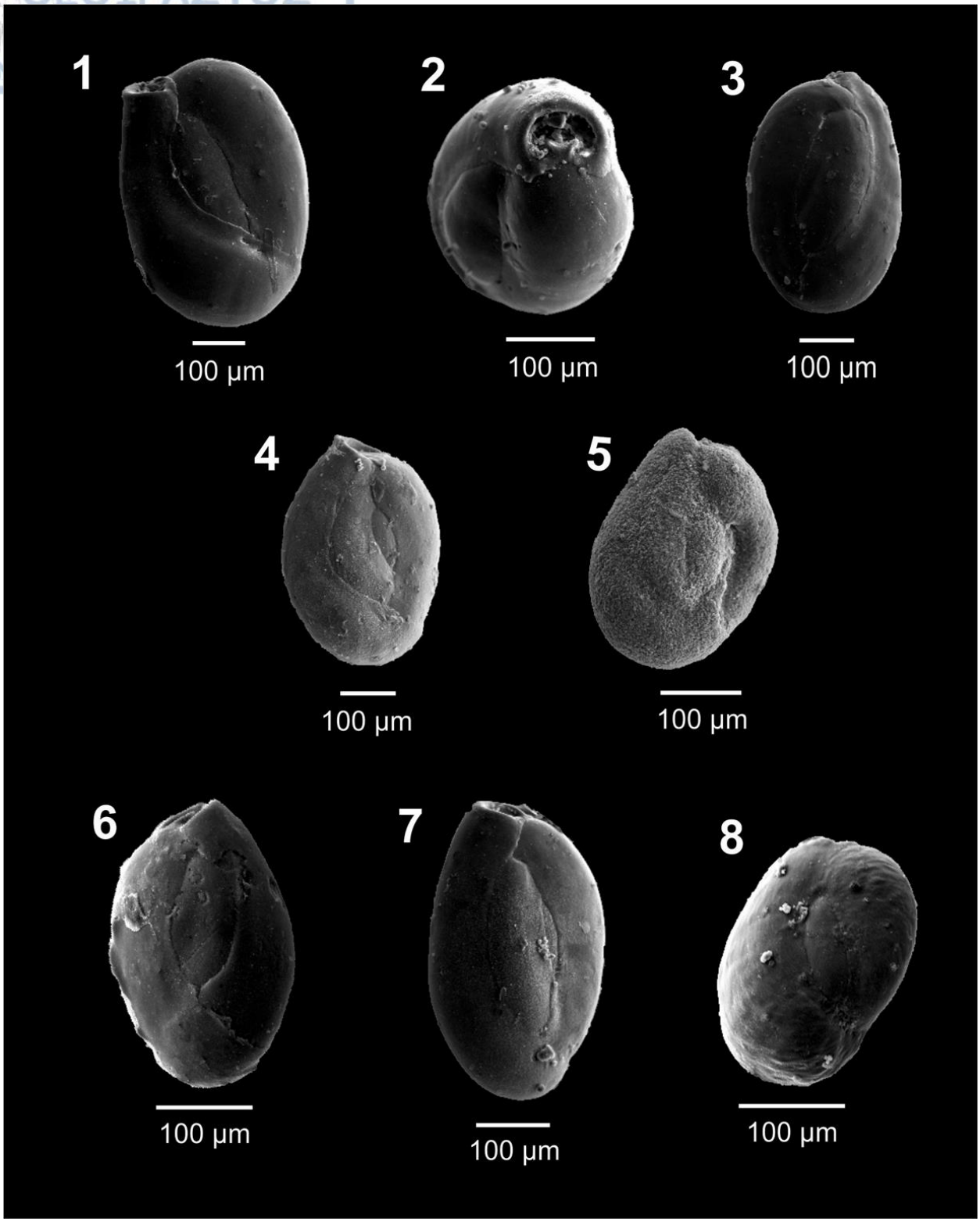
1846 *Quinqueloculina triangularis* d' Orbigny, p. 228, pl. 18, figs. 7-9 (fide Ellis and Messina, 1940)

2012 *Quinqueloculina triangularis* d'Orbigny; Κουκουσιούρα, p. 60, pl. 4, figs. 14-15

Περιγραφή: Το κέλυφος έχει πενταθάλαμη διάταξη και κυκλικό στοματικό άνοιγμα με έναν σαφή οδόντα.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Πίνακας 2. 1-2. *Sinuloculina inflata* (d' Orbigny, 1846), PLR-1 555-560, 2. στοματικό άνοιγμα, **3.** *Sinuloculina mayeriana* d'Orbigny, 1846**,** PLR-1 555-560, **4-5.** *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny, 1839, PLR-1 532-545, **6-7.** *Quinqueloculina bicarinata* d'Orbigny, 1878, PLR-1 555-560, **8.** *Milionella subrotunda* (Montagu, 1803), PLR-1 565-570.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Παρατηρήσεις: Βρέθηκε μόνο ένα άτομο από το συγκεκριμένο είδος στα μελετηθέντα δείγματα.

Υποοικογένεια: Miliolinellinae Hauerinidae Schwager, 1876

Γένος: Miliolinella Miliolinellinae Vella, 1957

***Miliolinella subrotunda* (Montagu, 1803)**
(Πίνακας 2, Εικ. 5)
1803 *Verniculum subrotundum* Montagu, p. 512 (Fide Ellis and Messina 1940)

1991 *Miliolinella subrotunda* (Montagu); Cimerman and Langer, p. 42, pl. 38, figs. 4-9

2012 *Miliolinella subrotunda* (Montagu); Κουκουσιούρα, p. 63, pl. 5, figs. 12

2016 *Quinqueloculina subrotunda* (Montagu); Dimiza et al., p. 24, pl. 2, figs. 15

Περιγραφή: Το κέλυφος είναι πορσελανώδες και εξωτερικά είναι ωοειδές έως υποκυκλικό στην πλευρική του όψη και ωοειδές στη στοματικλη όψη, ενώ φέρει αχνές κάθετες και εγκάρσιες γραμμώσεις. Συνολικά είναι εμφανείς 3 έως 4 θάλαμοι εξωτερικά. Η περιφέρεια των θαλάμων εμφανίζει κυκλικό σχήμα ενώ η επιφάνεια του κελύφους είναι λεία. Το στοματικό άνοιγμα έχει ημι-σεληνοειδές σχήμα και φέρει έναν μικρό οδόντα (Cimmerman and Langer, 1991).

***Sinuloculina inflata* (d' Orbigny 1846)**
(Πίνακας 2, Εικ. 1-2)
1846 *Triloculina inflate* d'Orbigny, p. 278, pl. 17, figs. 13-15 (Fide Ellis and Messina 1940)

1991 *Sinuloculina inflata* (d' Orbigny); Levy et al., pl.1, figs. 2, 18

1992 *Sinuloculina inflata* (d' Orbigny); Levy et al., p. 125, pl.III, figs. 11-12

2012 *Sinuloculina inflata* (d' Orbigny); Κουκουσιούρα, p. 63, pl. 5, figs. 14-15

Περιγραφή: Το κέλυφος έχει ωοειδές σχήμα με τρεις θαλάμους και κυκλική περιφέρεια. Το στοματικό άνοιγμα παρουσιάζει κυκλικό σχήμα με έναν διφυή οδόντα.

Παρατηρήσεις: Από τα συνολικά 14 άτομα του είδους που βρέθηκαν στα δείγματα που μελετήθηκαν, το ένα έφερε μορφολογικές ανωμαλίες.

***Sinuloculina mayeriana* (d' Orbigny 1826)**

1846 *Triloculina mayeriana* d'Orbigny, p. 287, pl. 18, figs. 1-3 (Fide Ellis and Messina 1940)

2012 *Sinuloculina mayeriana* (d' Orbigny); Κουκουσιούρα, p. 63, pl. 5, figs. 16-17

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Περιγραφή: Το κέλυφος είναι λεπτό, στενό και έχει ωοειδές σχήμα. Οι τρεις θάλαμοι είναι ορατοί ενώ το στοματικό άνοιγμα έχει κυκλικό σχήμα και φέρει έναν οδόντα.

Υπεροικογένεια: Soritoidea Ehrenberg, 1839

Οικογένεια: Peneroplidae Schultze, 1854

Γένος: *Peneroplis* de Montfort, 1808

***Peneroplis pertusus* (Forskål, 1775)**

1775 *Nautilus pertusus* Forskål, p.125 (fide Ellis and Messina, 1940)

1988 *Peneroplis pertusus* (Forskål); Loeblich and Tappan, p.371, pl.391, figs. 7-8

1991 *Peneroplis pertusus* (Forskål); Chimerman and Langer, p.49, pl.49, figs. 1-7

1993 *Peneroplis pertusus* (Forskål); Sgarella and Moncharmont Zei, p.190, pl.10, figs. 13

2012 *Peneroplis pertusus* (Forskål); Κουκουσιούρα, p. 66, pl. 6, figs. 15

2016 *Peneroplis pertusus* (Forskål); Dimiza et al., p. 25, pl. 3, figs. 1-2

Περιγραφή: Το κέλυφός είναι πορσελανώδες και πεπιεσμένο με ελαφρώς σφαιρική περιφέρεια. Φέρει κάθετες προς το διάφραγμά του ραβδώσεις και αύλακες. Το στοματικό άνοιγμα είναι πολλαπλό, αποτελείται από πολλά ακανόνιστα έως ωοειδή ανοίγματα και βρίσκεται στη μετωπική επιφάνεια του τελευταίου θαλάμου (Cimmerman and Langer, 1991).

Παρατηρήσεις: Το συγκεκριμένο είδος βρέθηκε μόνο σε ένα δείγμα του πυρήνα ιζήματος.

Τάξη: Globothalamea Pawlowski, Holzmann, Tyszka, 2013

Σειρά: Rotaliida Delage and Hérouard, 1896

Υπεροικογένεια: Nonionoidea Schultze, 1854

Οικογένεια: Nonionidae Schultze, 1854

Υποοικογένεια: Nonioninae Schultze, 1854

Γένος: Haynesina Banner and Culver, 1978

***Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840)**
(Πίνακας 3, Εικ. 6-10)
1840 *Nonionina germanica* Ehrenberg 1840, p. 23; fig. in Ehrenberg 1841, pl. 2, figs. 1a-b (fide Ellis και Messina, 1940)

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας

1939 *Nonion germanicum (*Ehrenberg); Cushman, p. 22, pl. 5, figs. 31-32

2012 *Haynesina germanica* (Ehrenberg); Κουκουσιούρα, p. 83, pl. 11, figs. 3-4, 6

2016 *Haynesina germanica* (Ehrenberg); Dimiza et al., p. 26, pl. 4, figs. 5-6

Περιγραφή: Επιπεδοσπειροειδές και ενειλιγμένο κέλυφος με έντονες γραμμές ραφής. Οι θάλαμοι του εμφανίζονται ελαφρώς σφαιρικοί και η επιφάνεια του κελύφους είναι λεία (Poignant, 2000).

Παρατηρήσεις: Παρατηρήθηκε μεγάλο ποσοστό ατόμων του συγκεκριμένου είδους σε διάφορα δείγματα του πυρήνα ιζήματος που φέρουν μορφολογικές διαφοροποιήσεις.

Υπεροικογένεια: Chilostomelloidea Brady, 1881

Οικογένεια: Trichohyalidae Saidova, 1981

Υποοικογένεια: Nonioninae Schultze, 1854

Γένος: Aubignyna Margerel, 1970

***Aubignyna perlucida* (Heron-Allen and Earland, 1913)**
(Πίνακας 3, Εικ. 11-12)
1913 *Rotalia perlucida* Heron-Allen και Earland, p.139, pl. 13, figs. 7-9, (fide Ellis and Messina)

2012 *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen and Earland); Κουκουσιούρα, p. 83, pl. 11, figs. 12-13

2016 *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen and Earland); Dimiza et al., p. 26, pl. 4, figs. 7-8

Περιγραφή: Τροχοσπειροειδές, λείο κέλυφος με καμπύλες γραμμές ραφών στη ραχιαία πλευρά του και σφαιρική περιφέρεια (Murray, 2000). Λείο κέλυφος με μικρά φύματα κατά μήκος των γραμμών ραφών.

Υπεροικογένεια: Rotalioidea Ehrenberg, 1839

Οικογένεια: Rotaliidae Ehrenberg, 1839

Υποοικογένεια: Ammoniinae Saidova, 1981

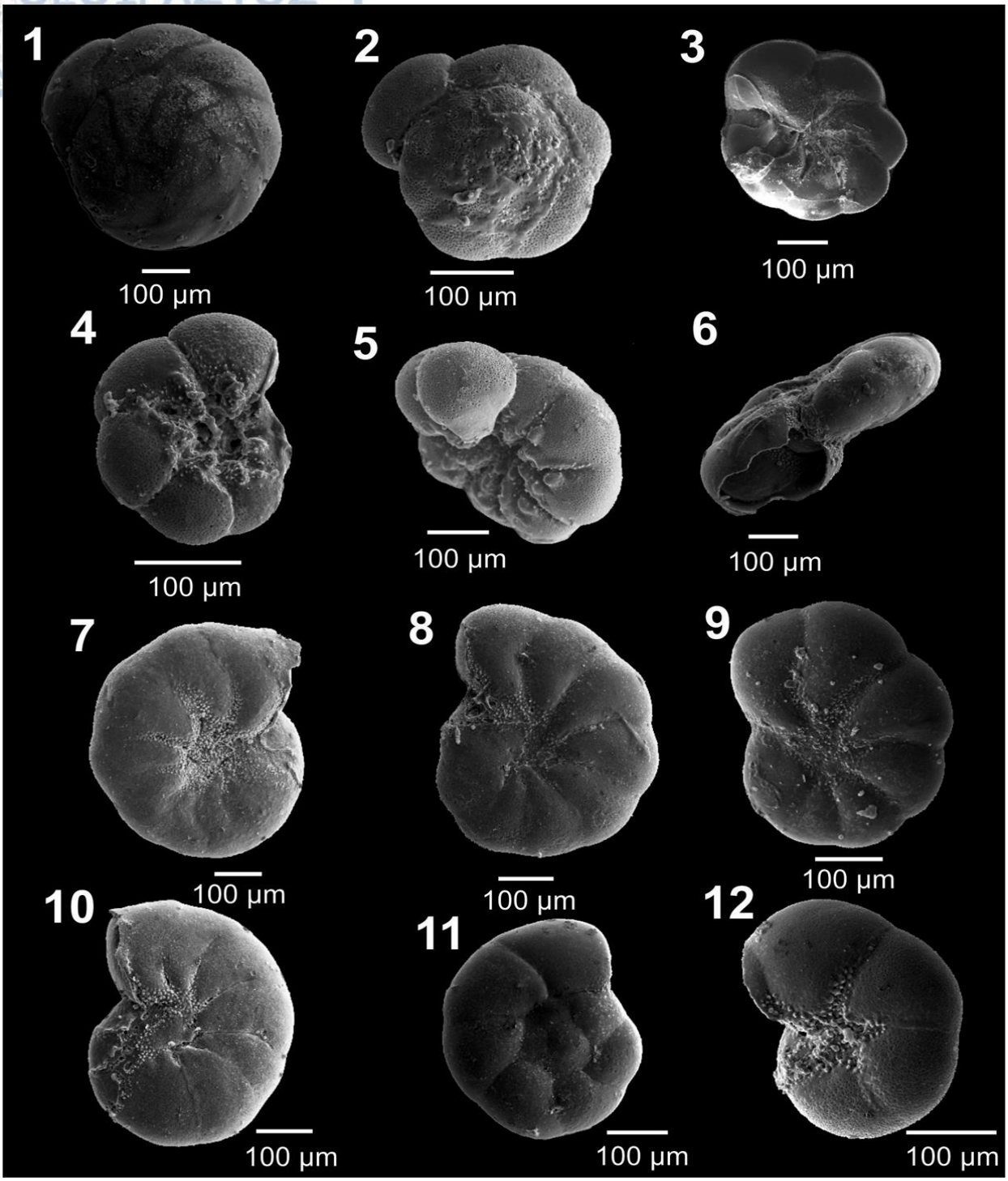
Γένος: Ammonia Brünnich, 1772

***Ammonia tepida* (Cushman, 1926)**
(Πίνακας 3, Εικ. 1-6)
1926 *Rotalia becarii* (Linne) var. tepida Cushman; Cushman, p. 79, pl. 1

1931 *Rotalia becarii* (Linne) var. tepida Cushman; Cushman, p. 61, pl.13, figs. 3a-c

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Πίνακας 3. 1-5. *Ammonia tepida* (Cushman, 1926), 1. ραχιαία όψη, PLR-1 575-581,5, 2. ραχιαία όψη, PLR-1 261.5-265, 3. κοιλιακή όψη, PLR-1 545-550, 4. κοιλιακή όψη, PLR-1 532-545, 5. πλάγια όψη, PLR-1 532-545, **6-10.** *Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840), 6. περιφερειακή όψη και στοματικό άνοιγμα, PLR-1 640-645, 7. κοιλιακή όψη, PLR-1 87-92, 8. ραχιαία όψη, PLR-1 261.6-266, 9. ραχιαία όψη, PLR-1 261.5-266, 10. ραχιαία όψη, PLR-187-92, **11-12.** *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen and Earland, 1913), PLR-1 561.5-565, 11. ραχιαία όψη, 12. κοιλιακή όψη.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας

1991 *Ammonia tepida* (Cushman); Cimerman and Langer, p. 76, pl. 87, figs. 10-12

2012 *Ammonia tepida* (Cushman); Κουκουσιούρα, p. 85, pl. 12, figs. 7-9

2016 *Ammonia tepida* (Cushman); Dimiza et al., p. 26, pl. 4. Figs. 15-16

Περιγραφή: Εμφανίζει τροχοσπειροειδές κέλυφος με σχεδόν υποκυκλικούς θαλάμους οι οποίοι σταδιακά αυξάνονται σε μέγεθος. Το τοίχωμα του κελύφους είναι λεπτό και η επιφάνειά του διάτρητη με ραφές ελαφρώς πεπιεσμένες. Χαρακτηριστικό του είδους αυτού είναι πως είναι μικρότερο από τα υπόλοιπα και εμφανίζει λοβώδες κέλυφος και η έλλειψη κομβίου στην κοιλιακή όψη με τον ανοιχτό ομφαλό (Cimmerman and Langer, 1991).

Παρατηρήσεις: Αυτό το είδος εμφανίζει μεγάλη συχνότητα εμφάνισης στα μελετηθέντα δείγματα. Το 5% περίπου των ατόμων του συγκεκριμένου είδους φέρει μορφολογικές ανωμαλίες. Επίσης παρατηρήθηκε μία ανάλογη σχέση στη συχνότητα εμφάνισης αυτού του είδους με τα είδη της οικογένειας των miliolids και μία αντιστρόφως ανάλογη σχέση με τα άτομα του είδους *Haynesina germanica.*

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

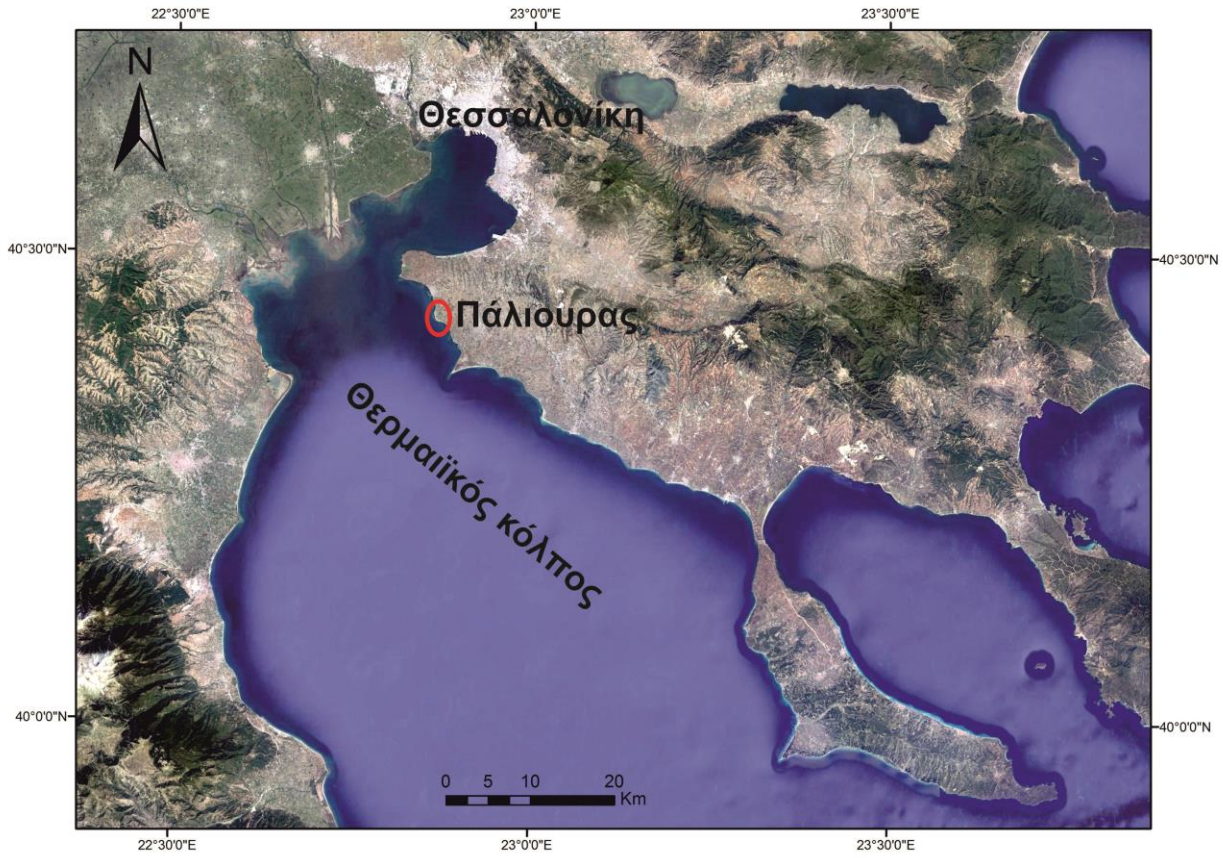
Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Α.Π.Θ

7. Αποτελέσματα

Για την καλύτερη δυνατή μελέτη της κατανομής των τρηματοφόρων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από τη λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα, πραγματοποιήθηκε ποσοτική ανάλυση της βιοκοινωνίας των τρηματοφόρων. Η ανάλυση αυτή βασίστηκε σε στατιστικές μεθόδους ανάλυσης τα αποτελέσματα των οποίων ακολουθούν στα ακόλουθα υποκεφάλαια. Θεωρήθηκε απαραίτητη η καλύτερη αποτύπωση των χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης και για το λόγο αυτό κατασκευάστηκε ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής.

7.1 Γεωλογικός χάρτης

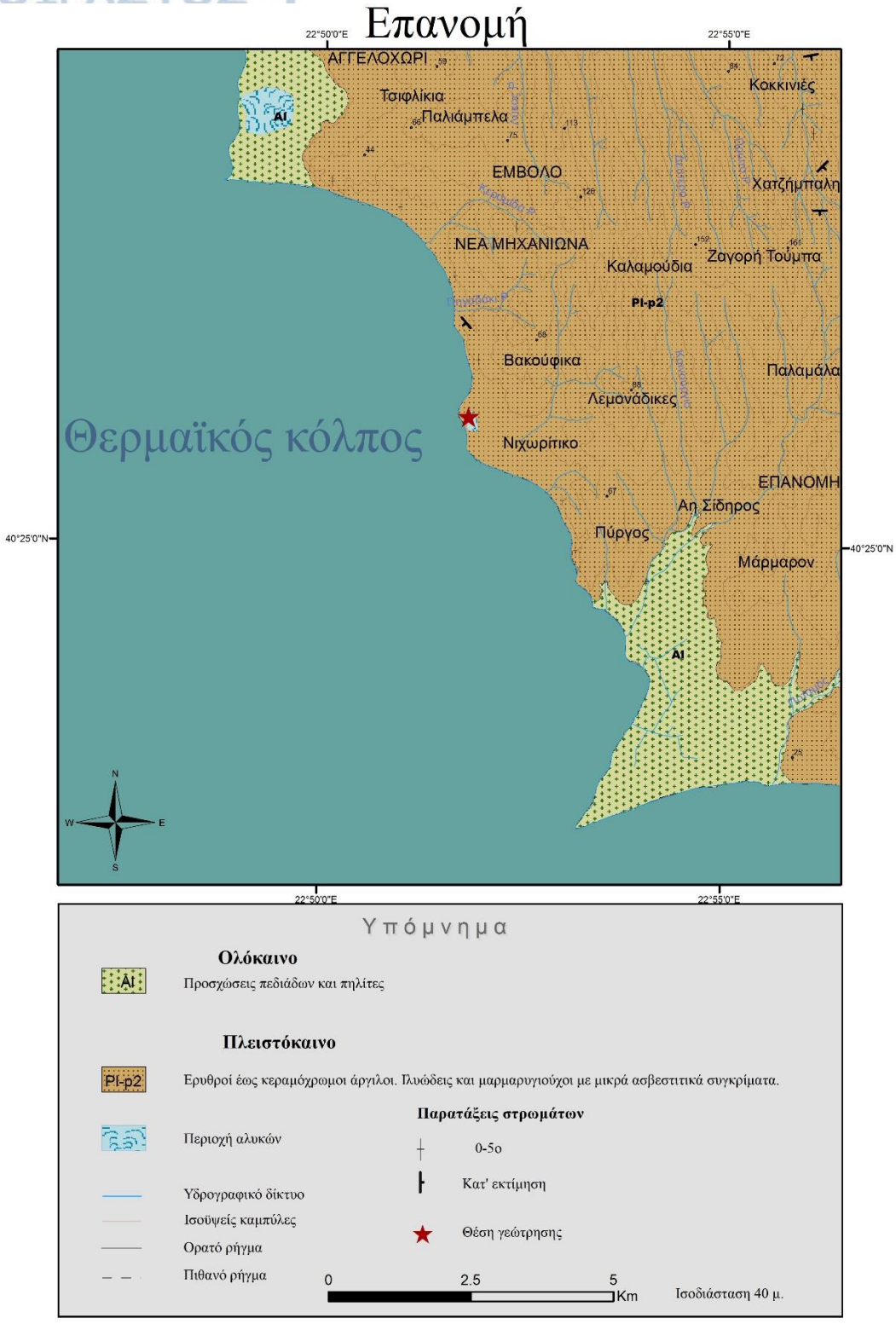
Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας κατασκευάστηκε ο γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης με τη χρήση του προγράμματος ArcGIS v10.0, ο οποίος βασίστηκε στον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε., Φυλλο χάρτη Επανομή (1969) και τροποποιήσεις από Συρίδης (1990). Ο γεωλογικός χάρτης συνοδεύεται από το αντίστοιχο υπόμνημα (Εικ. 21).



Εικ. 20. Χάρτης περιοχής μελέτης (Υπόβαθρο από Google Earth).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Εικ. 21. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Πάλιουρα. Η θέση της γεώτρησης συμβολίζεται με κόκκινο αστερίσκο (τροποποίηση από Φυλλο χάρτη Επανομή, Κλίμακα 1:50000, Ι.Γ.Μ.Ε., 1969 και Συρίδης, 1990).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

7.2 Λιθολογία του Πυρήνα

Το καλοκαίρι του 2010 πραγματοποιήθηκε γεώτρηση στην λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα (PLR-1) που έδωσε πυρήνα ιζήματος 870 cm. Στη συνέχεια, κατέστη δυνατός ο διαχωρισμός του πυρήνα σε στρώματα ιζημάτων και στα πλαίσια της παρούσας διατριβής σχεδιάστηκε η στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης PLR-1 (Σχ. 1). Γενικά φαίνεται να κυριαρχούν τα λεπτόκοκκα ιζήματα με ελάχιστες εμφανίσεις χονδρόκοκκου υλικού και με μία μικρή εμφάνιση οργανικών υλικών. Αναλυτικότερα:

Στο ανώτερο τμήμα του πυρήνα ιζήματος και ειδικότερα στα πρώτα εκατοστά (0-0.4 m), επικρατεί η γκρι άμμος με παρεμβολές γκρι αργίλου. Περίπου στα 0.3 m παρατηρείται η παρουσία στρώματος σκούρης καστανής αργίλου το οποίο παρεμβάλεται μεταξύ των στρωμάτων της άμμου, ενώ στα 0.5 m παρατηρήθηκε στρώμα με εναλλαγές ιλύος και άμμου το οποίο συνεχίζεται μέχρι το 0.75 m. Ακολουθεί λεπτό στρώμα άμμου από τα 0.75 m έως τα 0.9 m και λεπτό στρώμα αργίλου από τα 0.9 m έως το 1 m. Στα συγκεκριμένα στρώματα του πυρήνα ιζήματος παρατηρήθηκε η παρουσία του είδους *Cerastoderma glaucum* καθώς και των *Bittium* και *Potamides.*

Ακολουθεί στρώμα σκούρης καστανής αργίλου από τα 1m έως 1.4 m. Από τα 1.4 m μέχρι και τα 2 m παρατηρήθηκε η παρουσία στρώματος αργίλου, το οποίο διακόπτεται από στρώμα οργανικού υλικού πάχους περίπου 0.1 m. Σε αυτό το τμήμα του πυρήνα βρέθηκαν απολιθώματα του γένους *Cerastoderma*.

Στη συνέχεια, στο βάθος των 2 m παρατηρείται η παρουσία στρώματος πράσινης ιλυούχας άμμου πάχους 0.1 m, το οποίο υπέρκειται ενός στρώματος σκούρης ιλύος πάχους 0.5 m με παρουσία απολιθωμάτον του γένους *Cerastoderma*. Ακολουθούν εναλλαγές γκρι αργίλου και λεπτόκοκκης γκρι άμμου από τα 2.7 έως τα 3 m. Πάνω από τις εναλλαγές των συγκεκριμένων στρωμάτων παρατηρήθηκε η παρουσία ανθρακικού συγκρίματος πάχους 2.65 m.

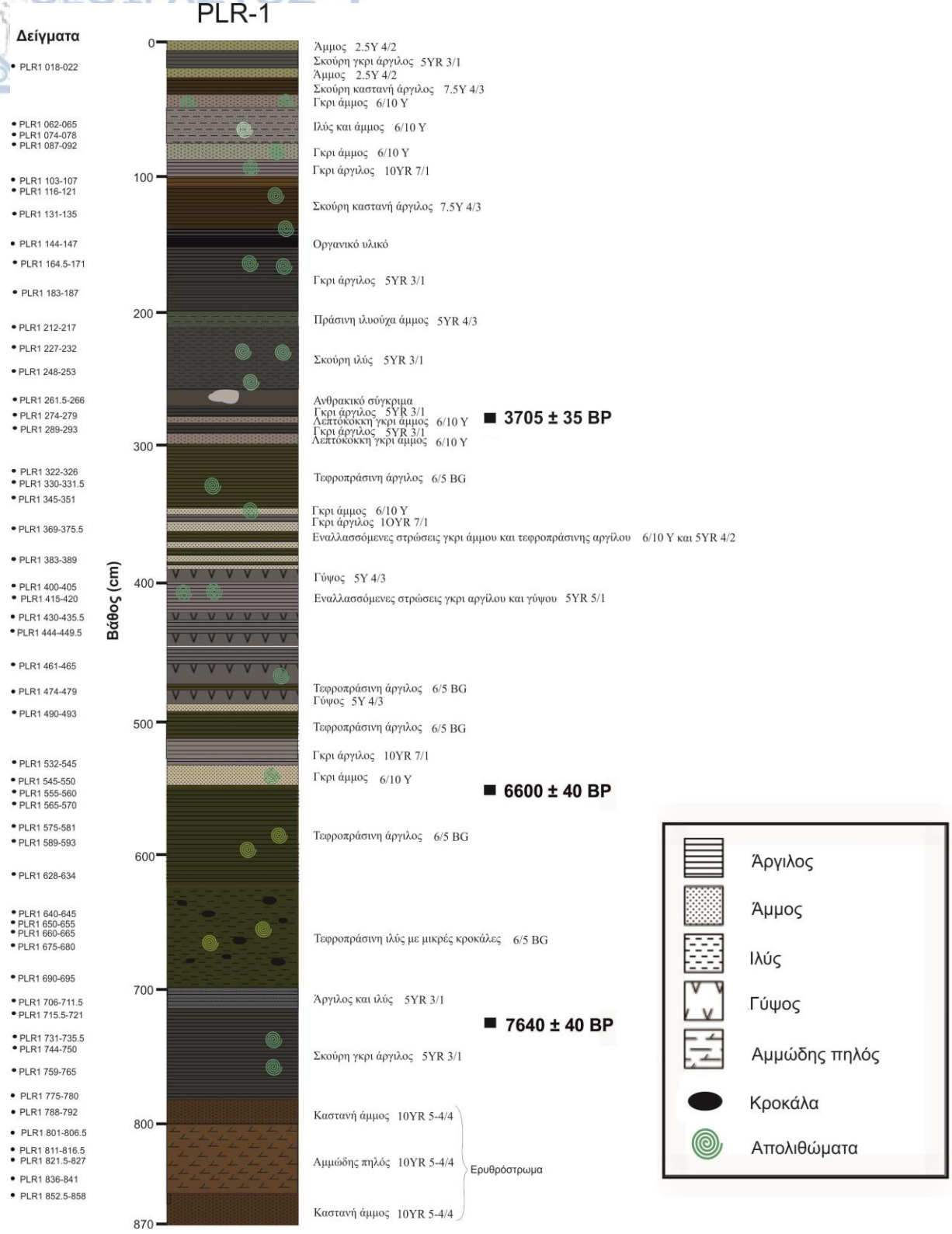
Από τα 3 m μέχρι και τα 3.4 m κυριαρχεί η τεφροπράσινη άργιλος που φέρει απολιθώματα του είδους *Cerastoderma glaucum.* Από τα 3.5 m έως τα 3.9 m, παρατηρήθηκαν εναλλασσόμενες στρώσεις γκρι άμμου και τεφροπράσινης αργίλου που διακόπτονται από ένα στρώμα γκρι αργίλου περίπου στα 3.6 m. Εν συνεχεία στα 3.9 m παρατηρείται λεπτό στρώμα γύψου και ακολουθούν μέχρι τα 4.9 m εναλλασσόμενες στρώσεις γύψου και γκρι αργίλου, τα οποία διακόπτονται από στρώμα τεφροπράσινης αργίλου στα 4.8 m. Στα 4.9 m παρατηρείται στρώμα γκρι άμμου.

Περίπου στα 4.95 m εμφανίζεται στώμα τεφροπράσσινης αργίλου το οποίο υπέρκειται ενός στρώματος γκρι αργίλου (5.15-5.35 m). Σε αυτό το τμήμα του πυρήνα η παρουσία των μακροαπολιθωμάτων είναι μικρή και αντιπροσωπεύεται μόνο από το γένος *Cerastoderma glaucum*. Στα 5.35 m εμφανίζεται ένα μικρό στρώμα απολιθωματοφόρας γκρι άμμου και ακολουθεί στρώμα τεφροπράσινης αργίλου μεγάλου από τα 5.45 έως τα 6.2 m. Στα επόμενα μέτρα του πυρήνα και συγκεκριμένα από τα 6.2 έως τα 7 m, παρατηρείται στρώμα τεφροπράσινης ιλύος με παρουσία μικρών κροκαλών. Στα παραπάνω στρώματα παρατηρήθηκε αφθονία απολιθωμάτων που αντιπροσωπεύεται από τα *Cerastoderma glaucum, Abra, Hydrobia* και *Cerithium.*

.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Σχ. 1. Λιθοστρωματογραφική στήλη του πυρήνα PLR-1.

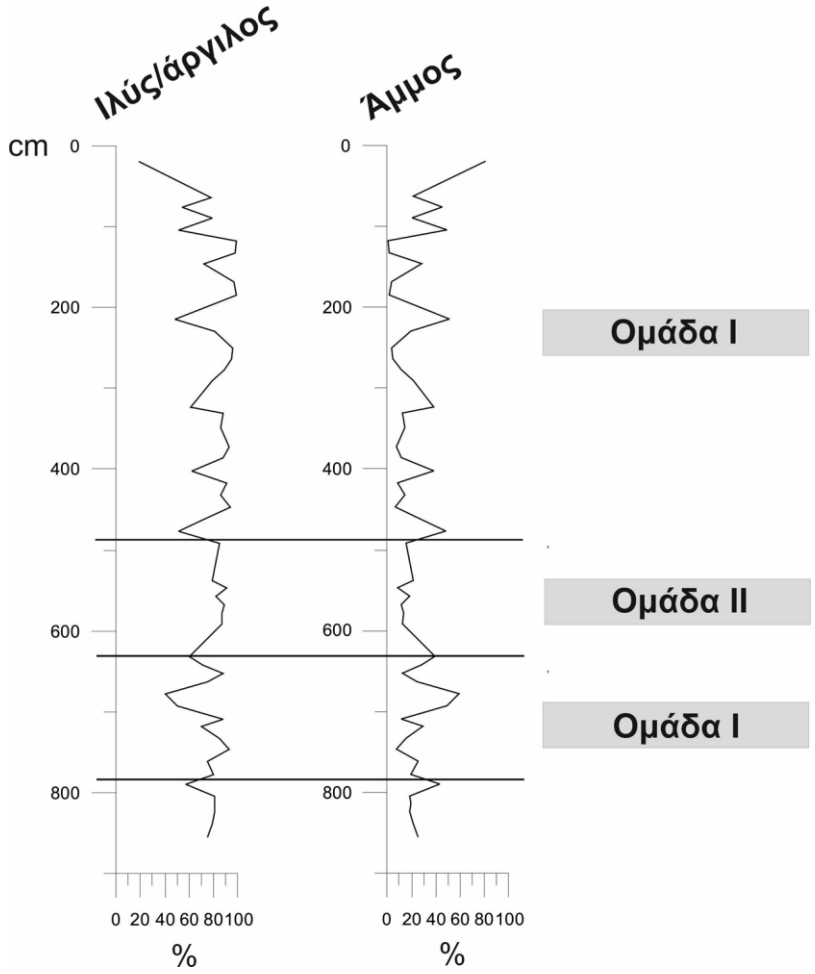
Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Ακολουθεί ένα στρώμα γκρι αργίλου και ιλύος περίπου στα 7 m και στη συνέχεια από τα 7.15 έως τα 7.8 m, παρατηρείται απολιθωματοφόρο στρώμα (*Cerastoderma glaucum, Abra* και *Hydrobia*) σκούρης γκρι αργίλου. Στο κατώτερο τμήμα του πυρήνα εμφανίζεται ορίζοντας ερυθροστρώματος (7.8-8.7 m) που αποτελείται από στρώματα καστανής άμμου τα οποία διακόπτονται από ένα στρώμα αμμώδους πηλού (8-8.5 m).

7.3 Κοκκομετρία

Το μέγεθος των κόκκων των ιζημάτων αποτελεί βασική ιδιότητα των ιζηματογενών αποθέσεων (McManus, 1988; Poppe et al., 2000). Πρόσφατες εργασίες που αφορούν ιζήματα δελταϊκών και άλλων αποθέσεων, χρησιμοποίησαν τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων ως ένα εργαλείο για την καλύτερη κατανόηση έντονων και ραγδαίων αλλαγών στις διαδικασίες απόθεσης κατά την διάρκεια του γεωλογικού χρόνου (Baker et al., 2010; Wang et al., 2010).



Σχ. 2. Ποσοστό συγκέντρωσης ιλύος/αργίλου και άμμου.

Στα δείγματα του πυρήνα ιζήματοςς PLR-1 υπολογίστηκε η κοκκομετρία, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στο διάγραμμα του Σχήματος 2. Τα δείγματα ζυγίστηκαν πριν και μετά από το υγρό κοσκίνισμα και υπολογίστηκε η διαφορά του αρχικού από το τελικό τους βάρος. Το ποσοστό

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

ιλύος/αργίλου αντιστοιχεί στο ποσοστό του ιζήματος το οποίο απομακρύνθηκε κατά την πλύση και το κοσκίνισμα του υλικού των δειγμάτων, ενώ το ποσοστό της άμμου αντιστοιχεί στο ποσοστό του εναπομείνοντος ιζήματος, το οποίο διατηρήθηκε και μετά το υγρό κοσκίνισμα των δειγμάτων.

Από το Σχ. 2, φαίνεται πως οι τιμές της συγκέντρωσης της αργίλου/ιλύος είναι μεγαλύτερες από της άμμου. Επιπλέον φαίνεται πως δεν υπάρχουν έντονες διαφορές στη ποσοστιαία συμμετοχή τους στα δείγματα, ωστόσο η διακύμανση των ποσοστών συμμετοχής τους κατά μήκος του πυρήνα ιζήματος PLR-1 είναι έντονη. Συγκεκριμένα για το ανώτερο τμήμα του πυρήνα τα ποσοστά συγκέντρωσης της άμμου κυμαίνονται από 0.9 έως 81%, ενώ της ιλύος/αργίλου από18.9 έως 99%, ενώ για το κατώτερο τμήμα του πυρήνα τα ποσοστά συγκέντρωσης κυμαίνονται από 7.1 έως 59.3 % για την άμμο και από 92.8 έως 40.6% για την ιλύ/άργιλο. Η διακύμανση των ποσοστών συγκέντρωσης αργίλου/ιλύος και άμμου φαίνεται να παραμένει σταθερή στο ενδιάμεσο τμήμα του πυρήνα γεώτρησης, με εύρος τιμών 60.7-91.2% και 8.7-39% αντίστοιχα.

7.4 Αποτελέσματα χρονολόγησης

Τα τρία δείγματα στα οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος της ραδιοχρονολόγησης (Εικ. 22) προέχονται από τα βάθη 2.82 m, 5.59 m και 7.28 m και πρόκειται για όστρακα διθύρων του είδους *Cerastoderma glaucum*. Οι ηλικίες που προέκυψαν από την ραδιοχρονολόγηση, παρατίθενται στον Πιν. 1.

Εικ.22. Τα τρία δείγματα των διθύρων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την ραδιοχρονολόγηση.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεω
Α.Π.Θ

Κωδικός εργαστηρίου	Πυρήνας	Βάθος (cm)	^{14}C Age (Yr BP)	Βιοδείκτης
Poz-76287	PLR-1	282	3705 ± 35	*C. glaucum*
Poz-76289	PLR-1	559	6600 ± 40	*C. glaucum*
Poz-76288	PLR-1	728	7640 ± 40	*C. glaucum*

Πιν. 1. Προσδιορισμός ηλικίας σε επιλεγμένα δείγματα από τον πυρήνα PLR-1.

7.5 Συγκεντρώσεις τρηματοφόρων και άλλων ομάδων απολιθωμάτων

Κατά την ποσοτική μελέτη των συνολικά 52 δειγμάτων που επιλέχθηκαν από την γεώτρηση προσδιορίστηκαν 14 διαφορετικά είδη τρηματοφόρων που ανήκουν σε 7 γένη (Πιν. 2). Μεταξύ των κελυφών των τρηματοφόρων εντοπίστηκαν επίσης και προσδιορίστηκαν άτομα που φέρουν μορφολογικές διαφοροποιήσεις.

Είδη Τρηματοφόρων
Ammonia tepida
Aubignyna perlucida
Haynesina germanica
Miliolinella subrotunda
Peneroplis pertusus
Quinqueloculina berthelotiana
Quinqueloculina bicarinata
Quinqueloculina carinatastriata
Quinqueloculina laevigata
Quinqueloculina parvula
Quinqueloculina seminula
Quinqueloculina triangularis
Sinuloculina inflata
Sinuloculina mayeriana

Πιν. 2. Κατάλογος των ειδών των τρηματοφόρων που προσδιορίστηκαν στον πυρήνα ιζήματος PLR-1.

Επίσης, βρέθηκαν και προσδιορίστηκαν απολιθώματα οστρακωδών, μαλακίων (γαστερόποδα και δίθυρα) αλλά και χαρόφυτα. Η βαθυμετρική κατανομή των απολιθωμάτων αυτών απεικονίζεται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί. Από τα μαλάκια, τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης παρουσιάζουν τα γένη *Cerastoderma* και *Hydrobia* τα οποία συναντώνται σχεδόν σε όλο τον πυρήνα γεώτρησης με εξαίρεση το βαθύτερο τμήμα της. Μέτριες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στα άτομα του γένους *Abra* και *Potamides*. Τα πρώτα περιορίζονται μεταξύ των βαθών 545 cm και 735.5 cm με σχεδόν συνεχή εμφάνιση ενώ τα δεύτερα εμφανίζονται διάσπαρτα στον πυρήνα

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

ιζήματος. Μικρή συχνότητα εμφάνισης παρατηρήθηκε στα άτομα των γενών *Bittium, Cerithium, Potamides, Rissoa, Gibbula, Donacilla, Mytilus* καθώς και άτομα του είδους *Cyclope neritea.* Επίσης, στον πυρήνα ιζήματος PLR-1 βρέθηκαν αρκετά οστρακώδη και χαρόφυτα.

Τα μαλάκια που βρέθηκαν στα δείγματα ανήκουν σε δύο διαφορετικές ομοταξίες: τα γαστερόποδα και τα δίθυρα και αντιπροσωπεύονται από 7 και 5 είδη αντίστοιχα. Τα μεν γαστερόποδα αντιπροσωπεύονται από τα γένη *Hydrobia, Bittium, Cerithium, Potamides, Rissoa, Gibulla* το είδος *Cyclope neritea* και Trochidae, ενώ τα δίθυρα από τα γένη *Abra, Cerastoderma, Donacilla, Mytilus.* Από τα παραπάνω μαλάκια τα γένη *Cerastoderma* και *Hydrobia* παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στα δείγματα του πυρήνα της γεώτρησης.

Στην παρούσα εργασία η παρουσία των χαρόφυτων παρατηρήθηκε στα περισσότερα δείγματα του ανώτερου τμήματος της γεώτρησης (ομάδα Ι), ενώ στο ενδιάμεσο τμήμα του πυρήνα ιζήματος (ομάδα ΙΙ) παρατηρήθηκαν σε μερικά από τα δείγματα του πυρήνα γεώτρησης (Πίν. 3). Επίσης βρέθηκαν και παρατηρήθηκαν οστρακώδη σχεδόν σε όλο το μήκος της γεώτρησης και συγκεκριμένα σε 39 από τα συνολικα 52 δείγματα (Πίν. 3).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμ

Δείγματα	Γαστερόποδα							Δίθυρα					
είδη	*Bittium*	*Cerithium*	*Hydrobia*	*Potamides*	*Rissoa/Alvania*	*Gibbula*	*Cyclope neritea*	*Abra*	*Cerastoderma*	*Donacilla*	*Mytilus*	Χαρόφυτα	Οστρακώδη
PLR1 018-022													
PLR1 062-065				*					*				*
PLR1 074-078		*	*	*					*				*
PLR1 087-092			*		*				*				*
PLR1 103-107			*	*					*			*	
PLR1 116-121			*						*			*	
PLR1 131-135			*						*				*
PLR1 144-147									*			*	*
PLR1 164.5-171									*			*	*
PLR1 183-187			*						*			*	*
PLR1 212-217				*					*			*	*
PLR1 227-232			*						*			*	*
PLR1 248-253			*						*			*	*
PLR1 261.5-266			*						*				*
PLR1 274-279									*				*
PLR1 289-293									*				*
PLR1 322-326			*	*					*			*	*
PLR1 330-331.5			*						*			*	*
PLR1 345-351			*						*			*	*
PLR1 369-375.5			*						*				*
PLR1 383-389	*		*						*				*
PLR1 400-405			*					*	*			*	*
PLR1 415-420			*						*				*
PLR1 430-435.5			*						*				
PLR1 444-449.5			*						*				*
PLR1 461-465									*				
PLR1 474-479													
PLR1 490-493			*						*				*
PLR1 532-545			*						*				*
PLR1 545-550			*	*	*		*	*	*				*
PLR1 555-560			*	*	*			*	*			*	*
PLR1 565-570			*		*								*
PLR1 575-581			*			*					*	*	*
PLR1 589-593	*		*		*			*	*			*	*
PLR1 628-634			*	*	*				*				*
PLR1 640-645				*			*	*	*				*
PLR1 650-655								*	*				*
PLR1 660-665			*					*					*
PLR1 675-680	*								*				*
PLR1 690-695			*					*	*				*
PLR1 706-711.5			*						*			*	*
PLR1 715.5-721			*					*	*				*
PLR1 731-735.5								*	*				*
PLR1 744-750													*
PLR1 759-765													*
PLR1 775-780													
PLR1 788-792													
PLR1 801-806.5													
PLR1 811-816.5													
PLR1 821.5-827													
PLR1 836-841													
PLR1 852.5-858													

Πιν. 3. Κατάλογος των μαλακίων, οστρακωδών και χαρόφυτων που προσδιορίστηκαν στον πυρήνα ιζήματος PLR-1 (προσδιορισμοί Γ. Συρίδης).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

7.5.2 Ποικιλότητα και επικράτηση

Κατά τον υπολογισμό της ποικιλότητας των ιζημάτων του πυρήνα PLR-1, ο δείκτης Shannon-Wiener παρουσιάζει έντονη διακύμανση με τιμές που κυμαίνονται από 0 (π.χ. PLR-1 103-107) έως 1.37 (PLR-1 555-560). Και ο δείκτης επικράτησης εμφανίζει έντονη διαφοροποίηση και σχετικά υψηλές τιμές στα περισσότερα δείγματα, οι οποίες κυμαίνονται από 0 (π.χ. PLR-1 289-293) έως 1 (π.χ. PLR-1 461-465).

7.5.1 Σχετικές συχνότητες

Η μελέτη της πανίδας των ιζημάτων του πυρήνα PLR-1, χαρακτηρίζεται από σχεδόν συνεχή παρουσία του είδους *Haynesina germanica*. Όπως φαίνεται και από το παράρτημα 2, το γένος αυτό εμφανίζει μέγιστη συχνότητα εμφάνισης σε αρκετά δείγματα έως και 100% (π.χ. PLR-1 116-121, PLR-1 744-750) και ελάχιστη συχνότητα εμφάνισης 0% (π.χ. PLR-1 289-293, PLR-1 675-680).

Σχεδόν συνεχή παρουσία και με σχετικά μεγάλες σχετικές συχνότητες παρατηρείται και στο είδος *Ammonia tepida*. Το συγκεκριμένο είδος παρουσιάζει μέγιστη τιμή 90.9% (PLR-1 532-545) και ελάχιστη τιμή 0% (π.χ. PLR-1 369-375.5, PLR-1 811-816.5).

Χαρακτηριστική είναι επίσης η παρουσία της ομάδας των miliolids που αντιπροσωπεύεται από συνολικά 11 είδη. Από αυτά τα είδη σημαντική είναι η παρουσία του *Quinqueloculina seminula* με μέγιστη τιμή συγκέντρωσης 31.6% (PLR-1 555-560) και του είδους *Sinuloculina inflata* και *Quinqueloculina bicarinata* με μέγιστη τιμή 25% (PLR-1 62-65) και 8% (PLR-1 565-570) αντίστοιχα. Τα υπόλοιπα είδη της συγκεκριμένης ομάδας εμφανίζουν τιμές συγκέντρωσης <6.25%.

Μικρά ποσοστά συγκέντρωσης εμφανίζει το είδος *Aubignyna perlucida* με μέγιστη τιμή συγκέντρωσης 4% (PLR-1 545-550) και ελάχιστη 0%.

Γενικά από τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων φαίνεται να επικρατούν τα τρηματοφόρα με τα υαλώδη ασβεστολιθικά κελύφη και ειδικότερα τα είδη *Ammonia tepida* και *Haynesina germanica* τα οποία κυριαρχούν στις περισσότερες συναθροίσεις. Συγκεκριμένα, το είδος *Ammonia tepida* φτάνει σε ορισμένα δείγματα μέχρι και το 91% (PLR-1 532-545), ενώ το είδος *Haynesina germanica* φτάνει το 100% (π.χ. PLR-1 116-121). Μικρότερα αλλά αξιοσημείωτα ποσοστά συγκέντρωσης εμφανίζουν τα τρηματοφόρα με πορσελανώδες κέλυφος, δηλαδή τα είδη του γένους *Quinqueloculina* (miliolids) τα οποία φτάνουν το 44% σε ορισμένες συναθροίσεις (PLR-1 555-560) και συγκεκριμένα ξεχωρίζουν τα είδη *Quinqueloculina seminula* και *Quinqueloculina bicarinata* με μέγιστα ποσοστά συγκέντρωσης 31.6% (PLR-1 555-560) και 8% αντίστοιχα (PLR-1 565-570) (Σχ. 3).

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως κατά τη μελέτη του υλικού, συλλέχθηκε σημαντικός αριθμός ατόμων με κελύφη που εμφανίζουν μορφολογικές ανωμαλίες (Πιν. 4). Τα είδη των ανωμαλιών που παρατηρήθηκαν στα κελύφη των ατόμων των δειγμάτων εντάσσονται στις δυσμορφίες και αφορούν παραμορφώσεις κελυφών (π.χ. υπεραναπτυγμένους θαλάμους), πολλαπλά στοματικά ανοίγματα και δίδυμα άτομα (Εικ. 23, 24). Τα άτομα αυτά ανήκουν στα είδη *Haynesina germanica, Ammonia tepida, Quinqueloculina seminula* και *Sinuloculina inflata* και εμφανίζουν μέγιστη σχετική συχνότητα 33.3%. Παρατηρήθηκαν σε διάφορα δείγματα του πυρήνα

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

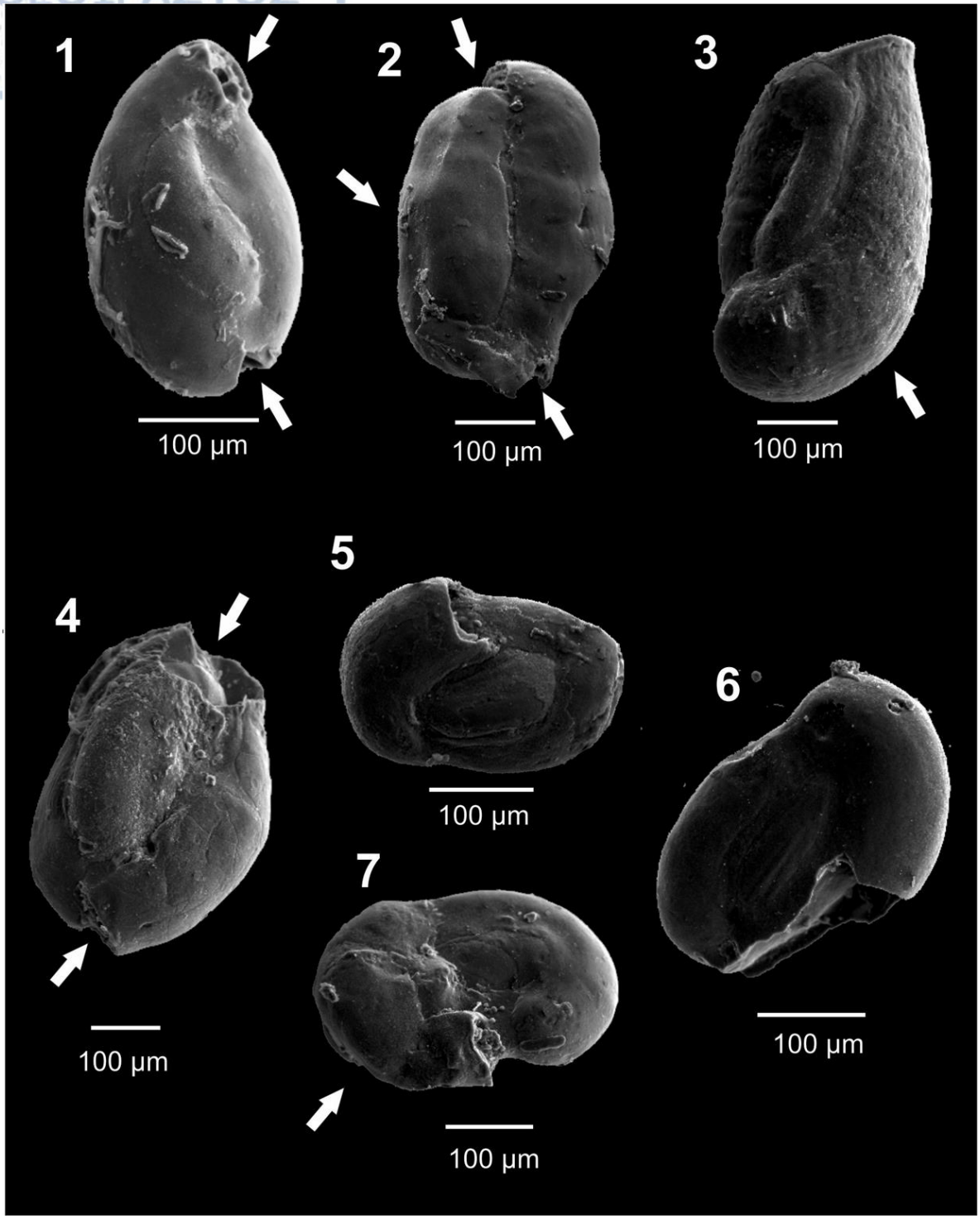
ιζήματος (π.χ. PLR-1 212-217, PLR-1 555-560) και αποτελούν περίπου το 5.4% του συνόλου των ατόμων που βρέθηκαν στα δείγματα του πυρήνα PLR-1.

Είδος	***Αριθμός ατόμων με μορφολογικές ανωμαλίες***
Ammonia tepida	17
Aubignyna perlucida	0
Haynesina germanica	100
Miliolinella subrotunda	1
Peneroplis pertusus	0
Quinqueloculina berthelotiana	0
Quinqueloculina bicarinata	1
Quinqueloculina carinatastriata	0
Quinqueloculina laevigata	0
Quinqueloculina parvula	1
Quinqueloculina seminula	10
Quinqueloculina triangularis	0
Sinuloculina inflata	1
Sinuloculina mayeriana	1

Πιν. 4. Αριθμός ατόμων των ειδών που φέρουν μορφολογικές ανωμαλίες ανά είδος στο σύνολο των δειγμάτων.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

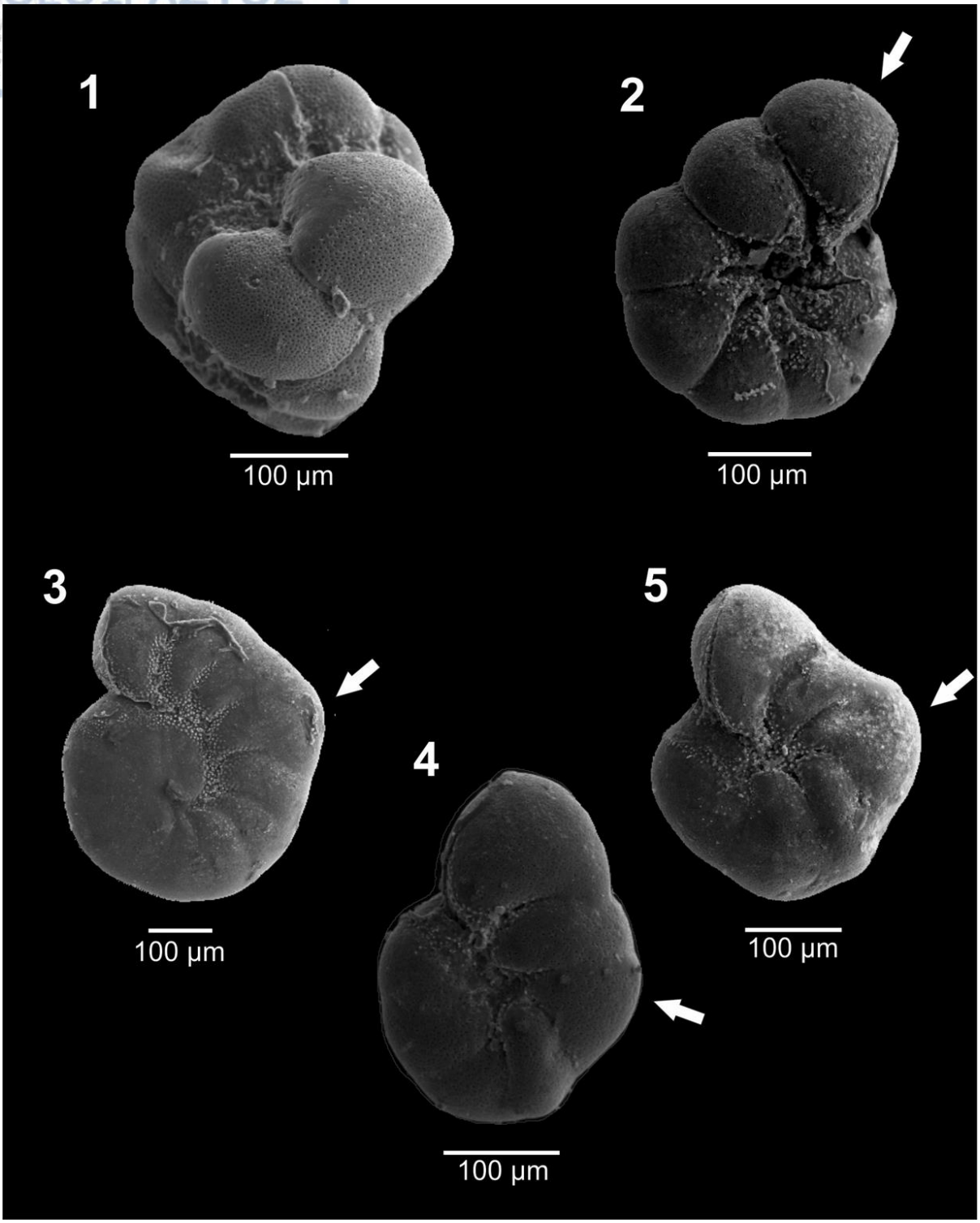
Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Εικ. 23. Άτομα της ομάδας των miliolids, του πυρήνα ιζήματος PLR-1, που φέρουν μορφολογικές διαφοροποιήσεις. **1.** *Quinqueloculina parvula*, πολλαπλά στοματικά ανοίγματα, PLR-1 565-570, **2.** Miliolid, πολλαπλά στοματικά ανοίγματα και σχηματισμός επιπλέον θαλάμου, PLR-1 545-550, **3.** *Sinuloculina mayeriana*, σιαμαία δίδυμα και σχηματισμός επιπλέον θαλάμου, PLR-1 555-560, **4.** *Quinqueloculina bicarinata*, πολλαπλά στοματικά ανοίγματα, PLR-1 545-550, **5.** *Quinqueloculina seminula*, σιαμαία δίδυμα, PLR-1 322-326 **6.** *Quinqueloculina seminula*, σιαμαία δίδυμα, PLR-1 322-326, **7.** *Miliolinella subrotunda*, σχηματισμός επιπλέον θαλάμου, PLR-1 575-581.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Εικ. 24. Άτομα του πυρήνα ιζήματος PLR-1 που φέρουν μορφολογικές διαφοροποιήσεις. **1.** *Ammonia tepida*, σιαμαία-δίδυμα, PLR-1 731-735.5, **2.** *Ammonia tepida*, υπεραναπτυγμένος θάλαμος, PLR-1 565-570, **3.** *Haynesina germanica*, υπεραναπτυγμένος θάλαμος, PLR-1 731-735.5, **4.** *Haynesina germanica*, υπεραναπτυγμένος θάλαμος, PLR-1 731-735.5, **5.** *Haynesina germanica*, υπεραναπτυγμένος θάλαμος, PLR-1 261.5-266.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας

7.6 Στατιστικά δεδομένα/στοιχεία

7.6.1 Στατιστική ανάλυση

Με βάση τις συγκεντρώσεις των τρηματοφόρων στον πυρήνα ιζήματος PLR-1 αλλά και τα στατιστικά δεδομένα που προέκυψαν έγινε ο διαχωρισμός των δειγμάτων σε 2 βασικές ομάδες, οι οποίες ονομάστηκαν I και II. Βασικό ρόλο στην ομαδοποίηση των δειγμάτων έπαιξε η παρουσία της ομάδας των miliolids τα οποία περιορίζονται σε συγκεκριμένα δείγματα τα οποία προέρχονται από το μεσαίο τμήμα της γεώτρησης. Παρακάτω ακολουθεί η στατιστική ανάλυση και περιγραφή των 2 ομάδων που προέκυψαν.

Όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα (Σχ. 3) το κατώτερο μέρος του πυρήνα ιζήματος PLR-1 από βάθος 640 cm μέχρι 765 cm αντιπροσωπεύεται από 10 δείγματα τα οποία συνιστούν την ομάδα I. Στο σύνολο των δειγμάτων αυτής της ομάδας βρέθηκαν 3 διαφορετικά είδη τρηματοφόρων. Στη συνάθροιση αυτή επικρατεί το είδος *Haynesina germanica* με ποσοστό που σε ορισμένα δείγματα φτάνει το 100% (π.χ. PLR-1 759-765) ενώ ακολουθεί η *Ammonia tepida* με συγκεντρώσεις που φθάνουν έως και το 10% (π.χ. PLR-1 731-735.5). Ένα ακόμη γένος που παρατηρήθηκε σε αυτή τη συνάθροιση είναι το *Aubignyna perlucida* με πολύ μικρό ποσοστό συμμετοχής 1.6% (π.χ. PLR-1 731-735.5). Η πανιδική πυκνότητα εμφανίζει σχετικά μικρές τιμές με μέση τιμή 58 ατ./gr ενώ ο δείκτης επικράτησης D παίρνει υψηλές τιμές λόγω της επικράτησης του είδους *Haynesina germanica*, με μέση τιμή 1.26 (Πιν. 5, Σχ. 3). Ο δείκτης *A* παίρνει μηδενικές τιμές σε όλα τα δείγματα αυτής της ομάδας, ενώ ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener χαρακτηρίζεται από γενικά μέτριες τιμές με μέση τιμή 0.72 (Πιν. 5, Σχ. 4). Οι δείκτες FAI και FMI εμφανίζουν σχετικά υψηλές τιμές με μέση τιμή 4 και 2 αντίστοιχα (Πιν. 5, Σχ. 5).

Το ενδιάμεσο τμήμα του πυρήνα ιζήματος αντιπροσωπεύεται από 7 δείγματα που βρίσκονται μεταξύ των βαθών 628 cm και 545 cm και συνιστούν την ομάδα II (Σχ. 3). Σε αυτό το τμήμα του πυρήνα τα άτομα της οικογένειας των miliolids λαμβάνουν τις υψηλότερες τιμές τους συγκεντρώσεις σε σχέση με τα άλλα τμήματα με μέσο όρο συγκέντρωσης 9.66 %. Το ίδιο ισχύει και για τα άτομα του είδους *Ammonia tepida* με μέσο όρο συγκέντρωσης 49.7 %. Αντιθέτως η συγκέντρωση των ατόμων του είδους *Haynesina germanica* χαρακτηρίζεται από σχετικά μέτριες προς χαμηλές συγκεντρώσεις (μέσος όρος 33,7 %). Η πανιδική πυκνότητα λαμβάνει υψηλές τιμές με μέσο όρο 176 ατ./gr και ο αριθμός των τάξων είναι επίσης αρκετά υψηλός. Ο δείκτης επικράτησης λαμβάνει μέτριες προς χαμηλές τιμές με μέσο όρο 0.5 γεγονός που οφείλεται στην ποικιλότητα των ειδών που επικρατεί σε αυτήν την ομάδα. Ο δείκτης Shannon-Wiener H’ και ο δείκτης *A* λαμβάνουν τις μέγιστες τιμές τους σε σχέση με τα άλλα δύο τμήματα του πυρήνα με μέσο όρο 1 και 0.62 αντίστοιχα (Πιν. 5, Σχ. 4). Αντιθέτως οι δείκτες FAI και FMI εμφανίζουν χαμηλές τιμές σε αυτό το τμήμα του πυρήνα με μέση τιμή 5.6 και 1.8 αντίστοιχα (Πιν. 5, Σχ. 5).

Τέλος το ανώτερο τμήμα του πυρήνα ιζήματος PLR-1 συνιστάται από 28 δείγματα μεταξύ των βαθών 18 cm και 493 cm (ομάδα I) (Σχ. 3). Η πανιδική πυκνότητα σε αυτό το τμήμα της γεώτρησης εμφανίζει χαμηλές τιμές. Τα άτομα του είδους *Haynesina germanica* επικρατούν αριθμητικά με μέσο όρο 69%. Μικρές συγκεντρώσεις εμφανίζουν το είδος *Ammonia tepida* και τα άτομα της οικογένειας των miliolids με μέσο όρο συγκέντρωσης 7% και 1.7% αντίστοιχα.

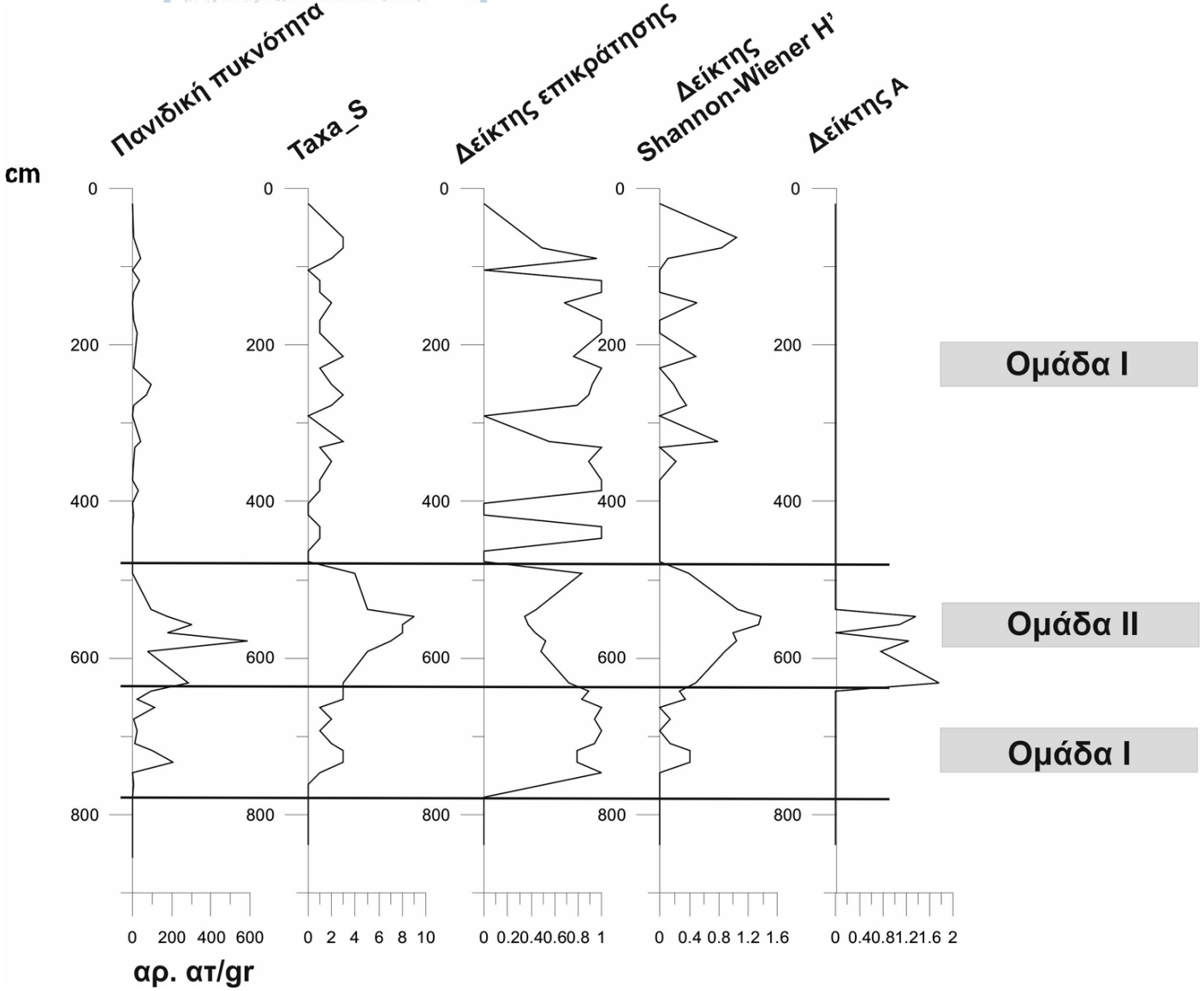
Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Σχ. 3. Σχετική αφθονία (%) των κυριότερων ειδών και συνολικά της ομάδας των miliolids και σύνολα των ειδών.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

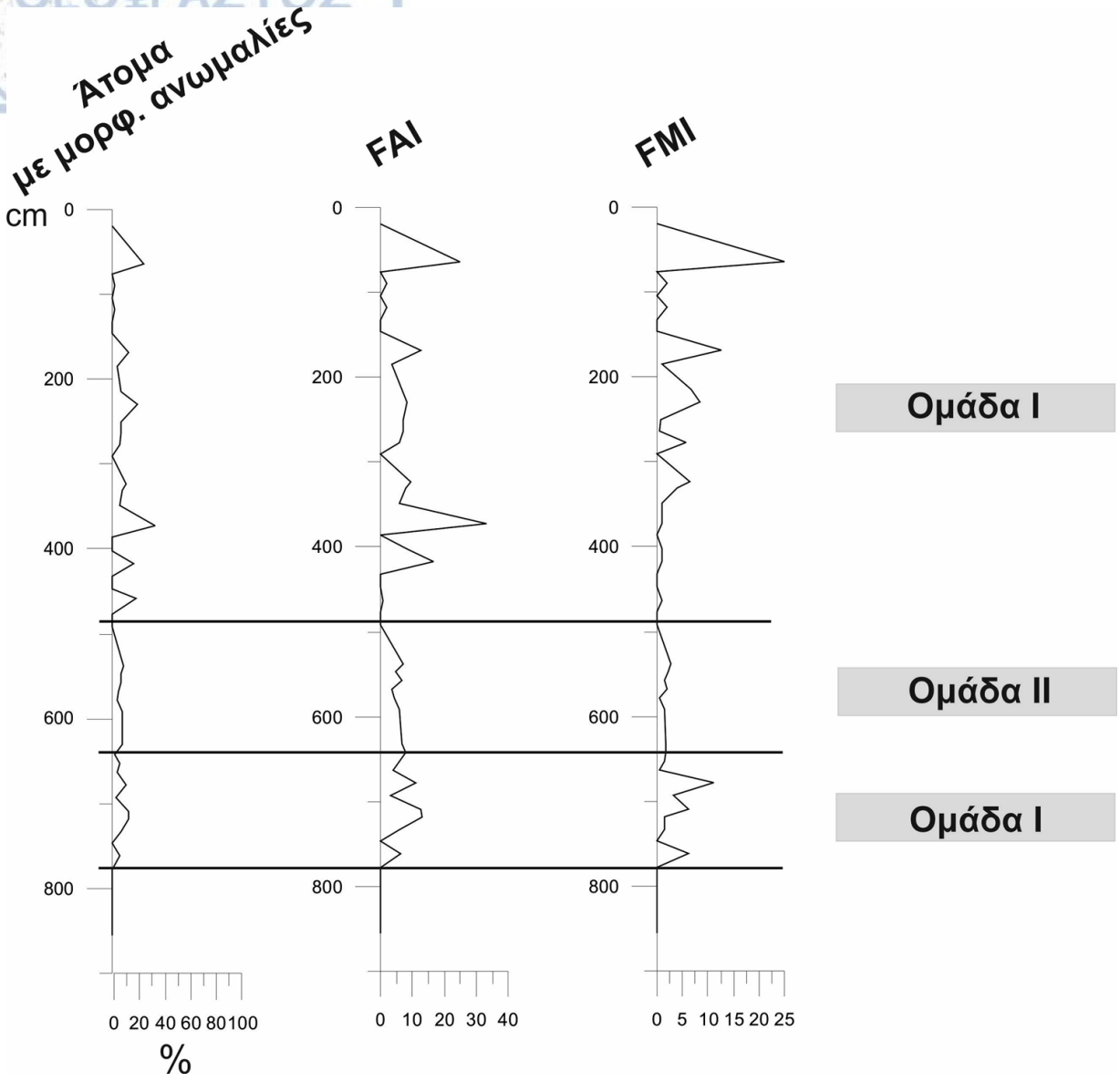
Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας



Σχ. 4. Πανιδική πυκνότητα των βενθονικών τρηματοφόρων, αριθμός τάξων, δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener H', δείκτης επικράτησης και δείκτης *A* του πυρήνα ιζήματος PLR-1.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Σχ. 5. Ποσοστιαία συγκέντρωση ατόμων που φέρουν μορφολογικές ανωμαλίες, δείκτες FAI και FMI και ποσοστό ιλύος.

Η πανιδική πυκνότητα λαμβάνει χαμηλές τιμές με μέσο όρο 15 ατ./gr. Ο δείκτης επικράτησης D' στα περισσότερα τμήματα αυτής της ομάδας χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές με μέσο όρο 0,64. Ο δείκτης *A* παίρνει μηδενικές τιμές ενώ αντίθετα ο δείκτης Shannon-Wiener H' εμφανίζει μέτριες τιμές με μέσο όρο 0.2 (Πιν. 5, Σχ. 4). Οι δείκτες FAI και FMI λαμβάνουν τις μέγιστες τιμές τους με μέσο όρο 5,8 και 2.85 αντίστοιχα (Πιν. 5, Σχ. 5).

Γενικά στο σύνολο του πυρήνα ιζήματος της γεώτρησης PLR-1 κυριαρχεί η παρουσία του είδους *Haynesina germanica*, γεγονός το οποίο φαίνεται και από το διάγραμμα του δείκτης επικράτησης του σχήματος 2. Το διάγραμμα του συγκεκριμένου δείκτη φαίνεται να είναι παρόμοιο με αυτό της συγκέντρωσης του είδους *Haynesina germanica*. Ακολουθεί σε συγκέντρωση το είδος *Ammonia tepida*. Τα είδη της οικογένειας των miliolids περιορίζονται στα πρώτα μέτρα του πυρήνα

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

γεώτρησης (Ομάδα Ι) και μεταξύ 500 cm και 650 cm (Ομάδα ΙΙ). Τα είδη της οικογένειας των miliolids αντιπροσωπεύονται κυρίως από τα είδη *Quinqueloculina seminula και Quinqueloculina bicarinata* τα οποία και επικρατούν αριθμητικά. Η πανιδική πυκνότητα αλλά και ο αριθμός των ειδών (taxa) παίρνει τις μέγιστες τιμές στο τμήμα του πυρήνα ιζήματος που ανήκει στην ομάδα ΙΙ. Το ίδιο ισχύει και για τον δείκτη Α και τον δείκτη Shannon-Wiener H'. Αντιθέτως στο ίδιο τμήμα του πυρήνα ιζήματος οι δείκτες FAI και FMI παίρνουν τις μικρότερες τιμές τους.

Δείγματα	Τιμές	*Ammonia tepida* %	*Haynesina germanica* %	miliolids %	Πανιδική πυκνότητα αρ. ατ./gr	Δείκτης Shannin-Wiener H'	Δείκτης επικράτησης D	Δείκτης A	Δείκτης FAI	Δείκτης FMI	Σύνολο ατόμων
Ομάδα Ι	ελάχιστη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	μέγιστη	10	100	0	98.56	0.41	1	0	13	11.1	119
	μέση	1.15	48.72	0	25.55	0.07	0.46	0	7	2.12	18
Ομάδα ΙΙ	ελάχιστη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	μέγιστη	90.9	94.02	44.4	590	1.37	0.88	1.754	7.8	2.8	334
	μέση	34.28	45.87	9.66	176.1	0.74	0.53	0.62	5.17	1.47	130
Ομάδα Ι	ελάχιστη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	μέγιστη	50	100	10.71	93.07	1.04	1	0	25	25	168
	μέση	7.19	71.63	1.63	15.91	0.18	0.66	0	6.25	3.06	26

Πιν. 5. Σχετικές συγκεντρώσεις των κυριότερων ειδών των δειγμάτων και παράμετροι συγκεντρώσεων του πυρήνα ιζήματος PLR.

Είναι σημαντικό σε αυτό το σημείο να αναφερθεί πως στα τελευταία 7 δείγματα του πυρήνα ιζήματος PLR-1 και συγκεκριμένα από τα βάθη 775-858 (δείγματα: PLR-1 775-780 έως PLR-1 852.5-858) δεν βρέθηκαν απολιθώματα, συνεπώς τα δείγματα αυτά θεωρούνται στείρα. Το συγκεκριμένο τμήμα του πυρήνα ιζήματος αντιστοιχεί στο Προ-Ολοκαινικό υπόβαθρο.

7.6.2 Πολυπαραγοντικές αναλύσεις

Στα δείγματα του πυρήνα ιζήματος PLR-1 εφαρμόστηκε η Q-mode ανάλυση ομαδοποίησης κατά συστάδες, έτσι ώστε να προσδιοριστεί ο βαθμός διαφοροποίησης της πανιδικής σύνθεσης των τρηματοφόρων στην ακολουθία ιζημάτων του πυρήνα. Από το δενδρόγραμμα που προέκυψε (Σχ. 6) τα δείγματα φαίνεται να ομαδοποιούνται σε δύο μεγάλες ομάδες. Η μία περιλαμβάνει την ομάδα ΙΙ με 7 δείγματα, από τα 532 έως 634 cm (δείγματα: PLR-1 532-545 έως PLR-1 628-634), ενώ η άλλη περιλαμβάνει την ομάδα Ι με 38 δείγματα, από τα 18-493 cm (δείγματα: PLR-1 18-22 PLR-1 έως 490-493) και από τα 640-765 cm (δείγματα: PLR-1 640-645 έως PLR-1 759-765). Στις πολυπαραγοντικές αναλύσεις που ακολουθούν δεν συμπεριλήφθηκαν τα δείγματα PLR-1 775-780 έως PLR-1 852.5-858, τα οποία είναι στείρα και αντιστοιχούν σρο Προ-Ολοκαινικό υπόβαθρο, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

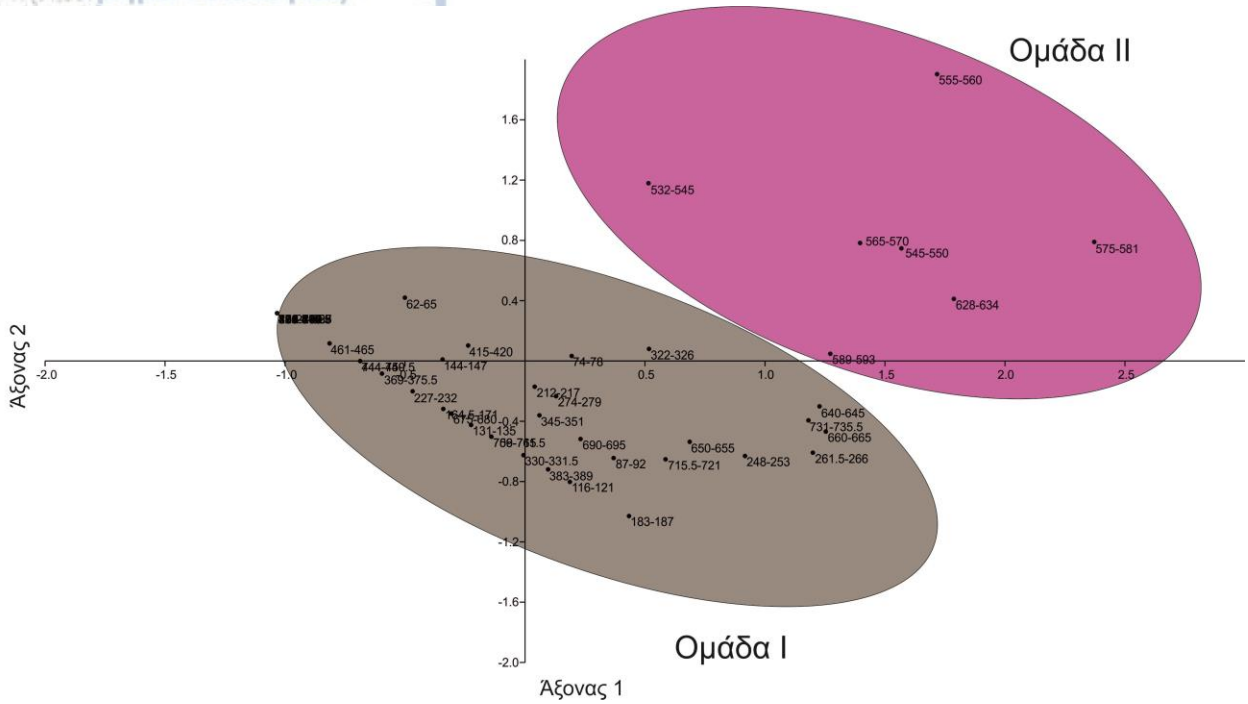
Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Σχ. 6. Δενδρόγραμμα ταξινόμησης των δειγμάτων του πυρήνα ιζήματος PLR-1 όπως προέκυψε από την Q-mode ανάλυση ομαδοποίησης (μέθοδος Centroid Linkage).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας



Σχ. 7. Ομαδοποίηση των δειγμάτων του πυρήνα PLR-1, με την εφαρμογή της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (PCA).

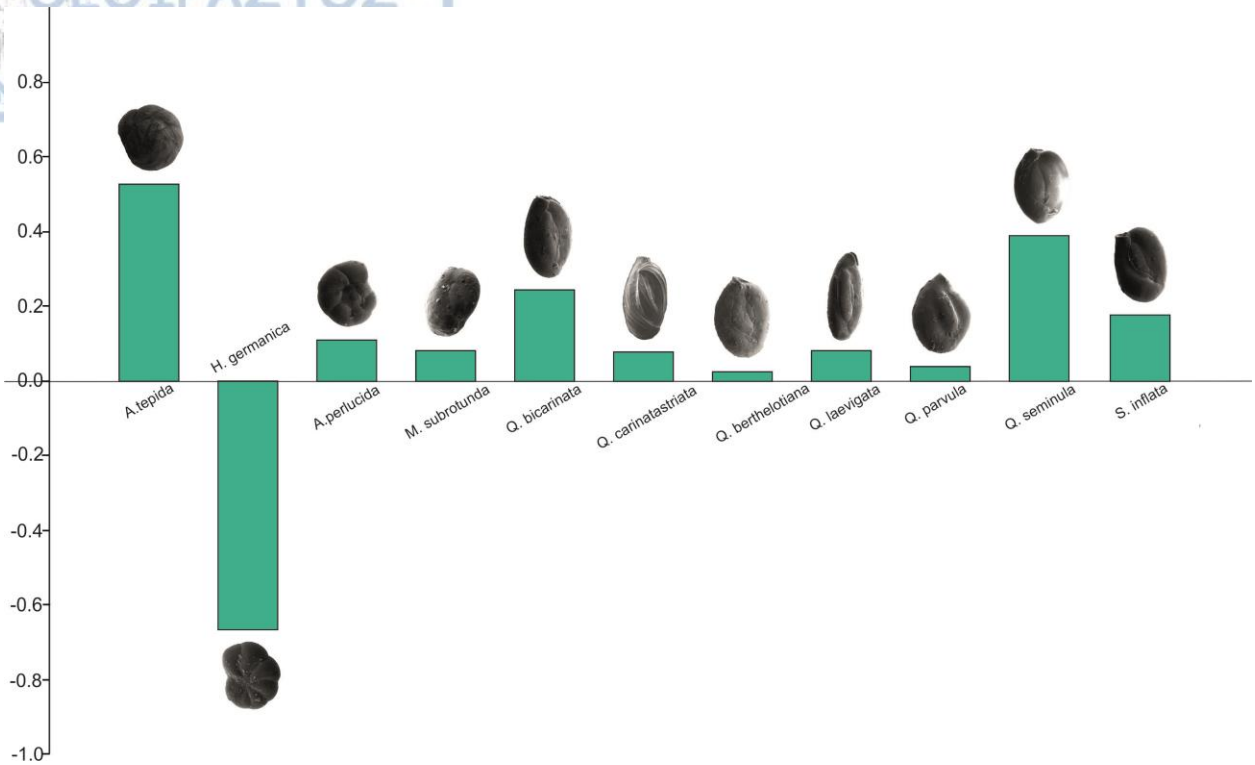
Η Ανάλυση των Κύριων Συνιστωσών (Principal Components Analysis) (Σχ. 7) που εφαρμόστηκε στα δείγματα του πυρήνα ιζήματος PLR-1, φαίνεται να επιβεβαιώνει την ομαδοποίηση που προέκυψε από το δενδρόγραμμα του σχήματος 5. Κατά την εφαρμογή της παραπάνω ανάλυσης ξεχώρισαν δύο κύριοι παράγοντες, οι οποίοι αποτελούν τους άξονες των διαγραμμάτων, των οποίων οι ενδείξεις οριοθετούν τις ομάδες των δειγμάτων που διαχωρίστηκαν και εξηγούν την συνολική μεταβλητότητα. Το ποσοστό μεταβλητότητας και για τους δύο άξονες υπολογίσθηκε στο 87%.

Ο άξονας 1 επηρεάζεται θετικά κυρίως από το είδος *Haynesina germanica*, κατά 0.725, ενώ ο άξονας 2 επηρεάζεται θετικά από τα είδη *Ammonia tepida* κατά 0.525 και *Quinqueloculina seminula* κατά 0.388 και αρνητικά από το είδος *Haynesina germanica* κατά -0.665.

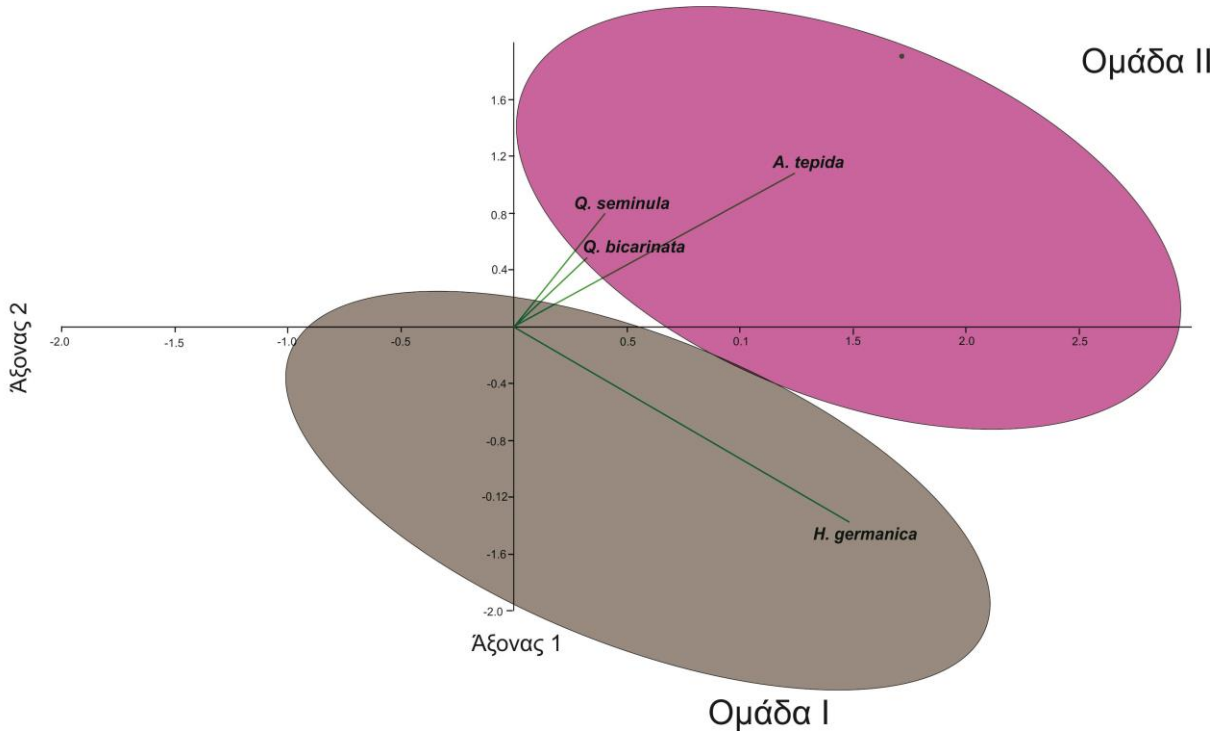
Στο σχήμα 8 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μεταβλητές οι οποίες επηρεάζουν τις συναθροίσεις των τρηματοφόρων, ενώ στο σχήμα 9 παρουσιάζονται οι κύριες μεταβλητές και η ομαδοποίηση των δειγμάτων του πυρήνα PLR-1. Στα επόμενα διαγράμματα (Σχ. 8, Σχ. 9) φαίνεται η διαφοροποίηση του γένους *Haynesina germanica* από τα miliolids και την *Ammonia tepida*, γεγονός που επιβεβαιώνει την ομαδοποίηση των δειγμάτων που προηγήθηκε.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Σχ. 8. Διάγραμμα κύριων μεταβλητών των δειγμάτων του πυρήνα PLR-1.



Σχ. 9. Διάγραμμα κύριων μεταβλητών και ομαδοποίηση των δειγμάτων του πυρήνα PLR-1, με την εφαρμογή της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (PCA).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Α.Π.Θ

8. Παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα

Σε αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνονται οι αναλυτικές παρατηρήσεις στους πληθυσμούς των δειγμάτων που μελετήθηκαν σε σχέση με την βιογεωγραφική τους προέλευση αλλά και την οικολογία τους, καθώς και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των στατιστικών μεθόδων που εφαρμόστηκαν στις συναθροίσεις των βενθονικών τρηματοφόρων.

Η εξέλιξη της πανίδας των βενθονικών τρηματοφόρων της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα καθορίστηκε από την Q-mode ανάλυση ομαδοποίησης (μέθοδος Centroid Linkage), η οποία βρίσκεται σε συμφωνία με το διάγραμμα το οποίο προέκυξε από την ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal Components Analysis). Μελετώντας τα δεδομένα αυτά, σε συνάρτηση με τις ηλικίες που προέκυψαν από τη ραδιοχρονολόγηση προέκυψε η παλαιοπεριβαλλοντική αναπαράσταση της περιοχής μελέτης.

Η Q-mode ανάλυση ομαδοποίησης η οποία εφαρμόστηκε στα δείγματα των τρηματοφόρων του πυρήνα ιζήματος PLR-1 διαχώρησε 2 κύριες ομάδες (Σχ. 6), τα επιμέρους χαρακτηριστικά των οποίων αναλύονται παρακάτω:

Ομάδα Ι (συνάθροιση *Haynesina germanica*/συνάθροιση κλειστής λιμνοθάλασσας)
Η ομάδα Ι περιλαμβάνει τα 2 ακραία τμήματα της γεώτρησης και συγεκριμένα το ανώτερο και το κατώτερο τμήμα της, από τα 18-493 cm (δείγματα: PLR-1 18-22 έως PLR-1 490-493) και το κατώτερο τμήμα της, από τα 640-765 cm (δείγματα: PLR-1 640-645 έως PLR-1 759-765). Στην ομάδα αυτή χαρακτηριστική είναι η παρουσία του είδους *Haynesina germanica*. Το είδος *Ammonia tepida* παρουσιάζει σχετικά χαμηλές τιμές συγκέντρωσεις, ενώ τα miliolids χαρακτηρίζονται από πολύ μικρές συγκεντρώσεις και περιορίζονται μόνο σε δύο δείγματα της ομάδας Ι.

Το βασικό χαρακτηριστικό της μικροπανίδας της ομάδας Ι, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι η παρουσία του είδους *Haynesina germanica*. Το είδος *Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840) έχει περιγραφεί ευρέως ως ένας σημαντικός κάτοικος ρηχών υδάτων κατά μήκος των Ευρωπαϊκών ακτών, της Μεσογείου, του κόλπου του Μεξικού και του Καναδά (Hansen and Lykke-Andersen, 1977; Langer, 2000; Langer et al., 1989; Boyd and Honig, 1992; Alve and Murray, 1999; Horton et al., 1999; Armynot du Chatelet et al., 2004; Murray, 1991, 2006; Debenay and Guillou, 2002; Hottinger et al., 2001; Triantaphyllou et al., 2010; Koukousioura et al., 2012). Είναι ένα είδος μέσου γεωγραφικού πλάτους, μέσων θερμοκρασιών και ευρύαλο που προτιμά τα ρηχά και πηλώδη περιβάλλοντα των αλμυρών βάλτων σε ενδοπαλιρροιακά ενδιαιτήματα με αλατότητες που γενικά κυμαίνονται μεταξύ 1 και 30 psu, και θερμοκρασίες μεταξύ 12 και 22^{o}C (Hottinger et al., 2001). Σύμφωνα με τους Armynot du Chatelet et al. (2004), το συγκεκριμένο είδος είναι από τα πλέον ανθεκτικά και απαντάται συχνά σε μολυσμένα δελταϊκά περιβάλλοντα και σε ζώνες που είναι πλούσιες σε οργανικό υλικό. Επίσης, σύμφωνα με τους Koukousioura et al. (2012), απαντάται σε περιβάλλοντα περιβαλλοντικής πίεσης που σχετίζονται με έντονες διαφοροποιήσεις στις φυσικές μεταβλητές και κυρίως στις μεταβολές της αλατότητας.

Στις συγκεντρώσεις των τρηματοφόρων, υπολογίστηκαν οι δείκτες FAI και FMI, για την εκτίμηση των μορφολογικών διαφοροποιήσεων. Τα τρηματοφόρα που φέρουν μορφολογικές

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

διαφοροποιήσεις έχουν μελετηθεί επισταμένα τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις έχουν συνδεθεί είτε με ραγδαίες μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών, είτε με ανθρωπογενείς επεμβάσεις (Vilela and Koutsoukos, 1992; Geslin et al., 1998, 2002). Μερικά είδη φαίνονται να είναι πιο ευαίσθητα στις αλλαγές συγκεκριμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων και για αυτό το λόγο έχουν μελετηθεί τόσο σε απολιθωμένα (π.χ., Cann and Deckker, 1981; Caralp, 1989), σε Ολοκαινικά (Dimiza et al., 2012; Κουκουσιούρα, 2012) όσο και σε σύγχρονα είδη. (π.χ., Arnal, 1955; Alve, 1991; Yanko et al., 1994, 1998, Κουκουσιούρα, 2005). Σύμφωνα με τους Coccioni et al. (2003, 2005) αλλά και τους Dimiza et al. (2012), που εφάρμοσαν τους δείκτες σε Ολοκαινικές συναθροίσεις, οι αυξημένες τιμές των δεικτών FAI (Foraminiferal Abnormality Index) και FMI (Foramininiferal Monitoring Index), σχετίζονται με ραγδαίες και έντονες περιβαλλοντικές αλλαγές και συγκεκριμένα με διακυμάνσεις της αλατότητας. Στη συγκεκριμένη συνάθροιση παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές των δεικτών FAI και FMI, οι οποίες υποδηλώνουν χαμηλές τιμές αλατότητας, άρα και μειωμένη έως μηδενική επικοινωνία της λιμνοθάλασσας σε αυτή τη χρονική περίοδο με το θαλάσσσιο περιβάλλον.

Οι μηδενικές τιμές του μικροπαλαιοντολογικού δείκτη *A* που παρατηρήθηκαν στην συγκεκριμένη συνάθροιση, ενισχύουν την υπόθεση των συνθηκών χαμηλής αλατότητας. Επίσης, από τη κοκκομετρική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα δείγματα του πυρήνα ιζήματος PLR-1 (Σχ.2), παρατηρήθηκαν έντονες διακυμάνσεις στα τμήματα της γεώτρησης της ομάδας Ι. Φαίνεται πως οι συνθήκες που επικρατούσαν δεν ήταν σταθερές, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται σε παροδική προσφορά υλικού από τη χέρσο και από την θάλασσα.

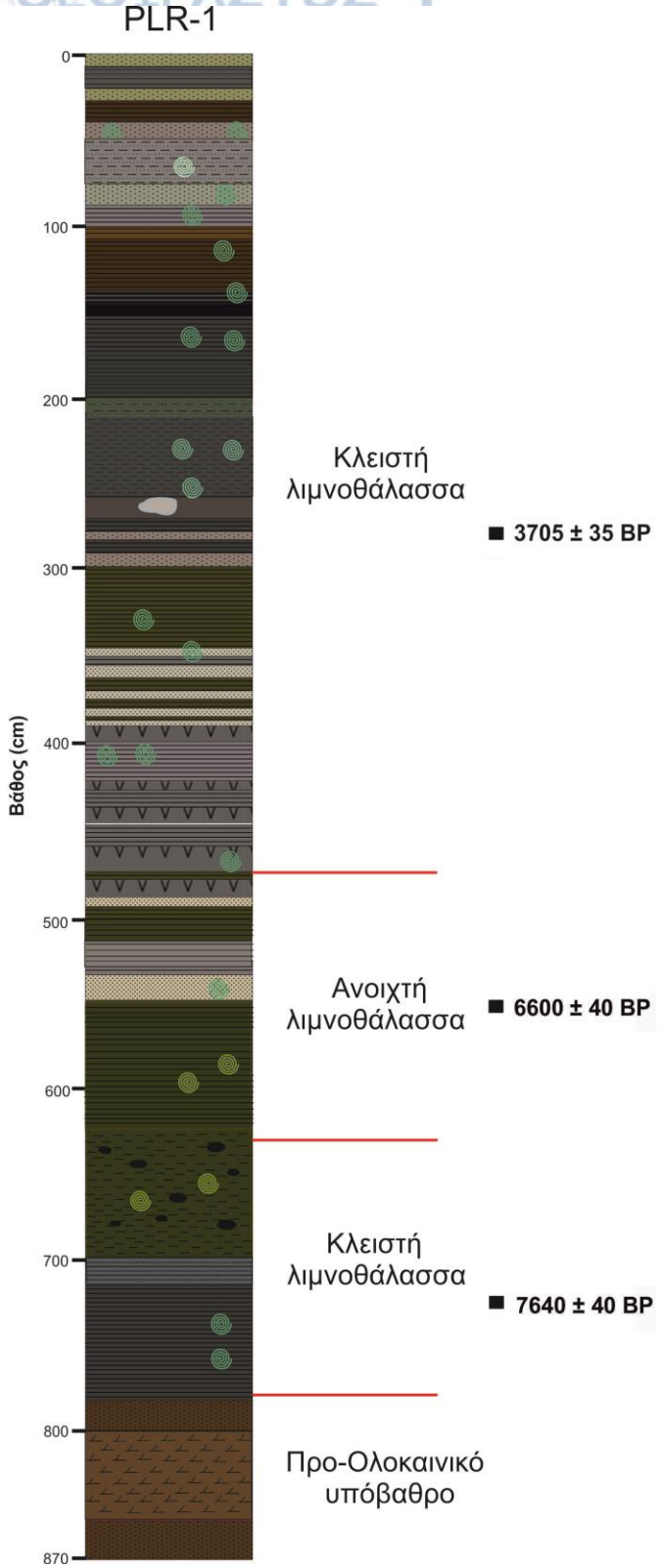
Παρόμοιες συναθροίσεις έχουν περιγραφεί στη λιμνοθάλασσα της Βενετίας (Serandrei Barbero et al., 1997; Coccioni et al., 2009), και σε διάφορες παράκτιες περιοχές του Αιγαίου (π.χ., Triantaphyllou et al., 2003) και καθορίζουν περιβάλλον ενδότερης λιμνοθάλασσας (συνάθροιση F1; Carboni et al., 2009, 2010). Επίσης και η Κουκουσιούρα (2012), έχει περιγράψει ως περιβάλλον κλειστής λιμνοθάλασσας (ομάδα II_L και II_K) κατά το Μέσο-Άνω Ολόκαινο τα ανώτερα μέρη των πυρήνων της Λαφρούδα Θράκης και των Αλυκών Κίτρους.

Ομάδα ΙΙ (συνάθροιση miliolids και *Ammonia tepida*/συνάθροιση ανοιχτής λιμνοθάλασσας)
Η ομάδα ΙΙ περιλαμβάνει το ενδιάμεσο τμήμα του πυρήνα ιζήματος PLR-1 και συγκεκριμένα τα δείγματα βάθους 532 cm έως 634 cm (δείγματα: PLR-1 532-545 έως PLR-1 628-634). Σε αυτή την συνάθροιση είναι χαρακτηριστική η εμφάνιση των miliolids η οποία ήταν και καθοριστική για τον διαχωρισμό της συγκεκριμένης ομάδας. Επιπλέον, παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης των ατόμων του είδους *Ammonia tepida*, ενώ η συγκέντρωση του είδους *Haynesina germanica* είναι πολύ μειωμένη σε σχέση με την προηγούμενη συνάθροιση.

Τα miliolids αποτελούν ομάδα βενθονικών τρηματοφόρων που εμφανίστηκαν πρώτη φορά κατά το Κατώτερο Λινθραθακοφόρο και έχουν μελετηθεί εκτενώς, καθώς κατέχουν σημαντική θέση στα παράκτια περιβάλλοντα. Χαρακτηριστικό γνώρισμά τους αποτελούν τα πορσελανώδη κελύφη, τα οποία σχηματίζουν πολλαπλούς θαλάμους, είναι αδιάτρητα και φέρουν ψευδο χιτινώδες κάλυμμα. Το κέλυφός τους δομείται από τυχαία προσανατολισμένους κρυστάλλους ασβεστίου με υψηλό ποσοστό μαγνησίου μαζί με οργανικό υλικό. Παρουσιάζουν αφθονία σε ρηχά περιβάλλοντα όπως εκβολές ποταμών και κατά μήκος ακτών, αλλά συναντώνται και σε βαθύτερα ωκεάνια περιβάλλοντα (Loeblich and Tappan, 1964).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



Σχ. 10. Παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Τα miliolids κατέχουν σημαντική θέση στα παράκτια περιβάλλοντα και για αυτό το λόγο έχουν μελετηθεί εκτενώς. Χαρακτηριστικό τους αποτελεί η παρουσία συμβιωτικών ειδών με βάση τα οποία μπορεί να γίνει και ο διαχωρισμός των επιμέρους ειδών της συγκεκριμένης ομάδας τρηματοφόρων (Sen Gupta, 2003).

Στη συγκεκριμένη εργασία βρέθηκαν σε σχετικά μέτρια ποσοστά επί του συνόλου του πληθυσμού αλλά παρ' όλα αυτά ο ρόλος τους κρίθηκε καθοριστικός λόγω της μεγάλης οικολογικής τους σημασίας. Τα άτομα της οικογένειας των miliolids βρέθηκαν σε όλα τα δείγματα της ομάδας ΙΙ του πυρήνα ιζήματος PLR-1 καθώς και σε λίγα δείγματα της ομάδας Ι. Στο σύνολο των μελετηθέντων δειγμάτων αντιπροσωπεύονται από 10 διαφορετικά είδη (Πίνακας 1).

Το γένος *Ammonia* είναι το πιο κοινό γένος των βενθονικών τρηματοφόρων με παγκόσμια εξάπλωση στο εσωτερικό τμήμα των υφαλοκρηπίδων, των εκβολών των ποταμών και των ελωδών περιβαλλόντων (Murray, 1991). Συγκεκριμένα το είδος *Ammonia tepida* του οποίου η παρουσία είναι έντονη στα μελετηθέντα δείγματα του πυρήνα ιζήματος PLR-1, αποτελεί χαρακτηριστικό βενθονικό τρηματοφόρο ρηχών υδάτων. Τόσο η *Ammonia tepida* όσο και η *Haynesina germanica* εμφανίζονται ανθεκτικά σε μεγάλο εύρος συνθηκών αλατότητας και αποτελούν τυπικά είδη λιμνοθαλάσσιων και δελταϊκών περιβαλλόντων (Bradshaw, 1961; Walton and Sloan, 1990; Triantaphyllou et al., 2012; Koukousioura et al., 2012). Συνήθως βρίσκεται σε υφάλμυρα περιβάλλοντα με αλατότητα μικρότερη από 33‰ (Debenay, 1978; Redois, 1996).

Τα κελύφη του είδους *Ammonia tepida* στα δείγματα του Πυρήνα ιζήματος PLR-1 παρουσιάζουν μικρό μέγεθος και φέρουν λεπτά κελύφη. Με σκοπό την ποσοτικοποίηση αυτής της παρατήρησης, πραγματοποιήθηκαν βιομετρικές μετρήσεις στα κελύφη του συγκεκριμένου είδους και έγινε διαχωρισμός τους: σε μικρά (small, <0.5 mm) και μεγάλα (large, >0.5 mm) κελύφη. Έτσι, μέσω του τύπου A=L/(S+L)*100 (όπου L=Large και S=Small), υπολογίστηκε ο δείκτης A (Koukousioura et al., 2012), ο οποίος χρησιμοποιείται ως δείκτης εκτίμησης της αλατότητας. Η μείωση των τιμών της αλατότητας έχει ως αποτελεσμα την αύξηση της συμμετοχής του είδους *Ammonia tepida* και συνδυάζεται με μείωση του μεγέθους των κελυφών του σε συνθήκες χαμηλότερης αλατότητας (Κουκουσιούρα, 2012; Koukousioura et al., 2012).

Οι αυξημένες σε σχέση με τις προηγούμενες ομάδες τιμές του δείκτη A σε συνδυασμό με την παρουσία των miliolids υποδηλώνει αυξημένη αλατότητα, άρα και συνεχή θαλάσσια επίδραση, δηλαδή επικοινωνία της λιμνοθάλασσας με το θαλάσσιο περιβάλλον.

Η υπόθεση της αυξημένης αλατότητας επιβεβαιώνεται και από τις χαμηλές τιμές των δεικτών μορφολογικής διαφοροποίησης, FAI και FMI που παρατηρήθηκαν στα δείγματα της συγκεκριμένης συνάθροισης. Επιπλέον, από τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης φαίνεται πως το ποσοστό συγκέντρωσης της άμμου και της αργίλου/ιλύος στα δείγματα της Ομάδας ΙΙ παραμένει σταθερό χωρίς έντονες μεταβολές, γεγονός που επιβεβαιώνει την υπόθεση της καλής επικοινωνίας με το θαλάσσιο περιβάλλον.

Βάσει των παραπάνω η συνάθροιση της ομάδας ΙΙ αντιπροσωπεύει ένα περιβάλλον ανοιχτής λιμνοθάλασσας που χαρακτηρίζεται από την εισροή θαλάσσιων υδάτων κανονικής αλατότητας και βρίσκεται σε επικοινωνία με την θάλασσα.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Ο συγκεκριμένος τύπος συνάθροισης θα μπορούσε να συγκριθεί με το σύγχρονο οικοσύστημα της Βραυρώνας. Συγκεκριμένα, οι συναθροίσεις που έχουν περιγραφεί και από την Κουκουσιούρα (2012) και αφορούν τις ομάδες I_K, I_L και I_V-II_V των πυρήνων ΚΙΤ-1, LAF-8 και VG-3 αντίστοιχα ορίζουν συνθήκες ανοιχτής λιμνοθάλασσας τουλάχιστον για το Κάτω-Μέσο Ολόκαινο. Παρόμοιες Ολοκαινικές συναθροίσεις τρηματοφόρων έχουν περιγραφεί ως περιβάλλοντα εξωτερικής λιμνοθάλασσας (συνάθροιση F2, Carboni et al., 2010). Βέβαια, η μελετηθείσα συνάθροιση δεν είναι πανομοιότυπη των παραπάνω τυπικών λιμνοθαλάσσιων συναθροίσεων για τη Μεσόγειο, καθώς απουσιάζουν πολλά επιφυτικά είδη χαρακτηριστικά τέτοιων περιβαλλόντων. Αυτό υποδηλώνει τη σαφή απουσία φυτοκάλυψης χωρίς όμως να διαφοροποιείται ο λιμνοθαλάσσιος χαρακτήρας της συνάθροισης.

Η ακολουθία της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα χωρίστηκε σε 4 παλαιοπεριβαλλοντικές ενότητες:

Ενότητα 1: προ-Ολοκαινικά χερσαία ιζήματα, τα οποία αντιστοιχούν στο χερσαίο περιβάλλον /ανάγλυφο το οποίο καλύφθηκε από την άνοδο της θάλασσας

Ενότητα 2: δημιουργία κλειστής λιμνοθάλασσας με συναθροίσεις τύπου I

Ενότητα 3: δημιουργία ανοικτής λιμνοθάλασσας με συναθροίσεις τύπου II

Ενότητα 4: δημιουργία κλειστής λιμνοθάλασσας με συναθροίσεις τύπου I

Συγκεκριμένα κατά το Κάτω-Μέσο Ολόκαινο η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα ανταποκρινόταν σε ένα κλειστό περιβάλλον λιμνοθάλασσας (ομάδα I, συνάθροιση *H. germanica*). Μια προοδευτική αλλαγή σε περιβάλλον ανοιχτής λιμνοθάλασσας (ομάδα II, συνάθροιση *A.tepida* και miliolids) έλαβε χώρα μετά τα 7640 yr BP. Μετά τα 6600 yr BP η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα ξανά κλείνει, γεγονός που πιθανότατα συνδέεται με τη μείωση του ρυθμού ανόδου του μέσου επιπέδου της θάλασσας και τον υψηλότερο ρυθμό της συνεχούς παράκτια ιζηματογένεσης. Η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα φαίνεται να μην είχε ποτέ καλή επικοινωνία με τη θάλασσα και στο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα λειτουργούσε ως κλειστό λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον.

Παρόμοια εξέλιξη κατά τη διάρκεια του Ολοκαίνου παρουσιάζει και η περιοχή των αλυκών Κίτρους, που βρίσκεται στην δυτική ακτή του Θερμαϊκού κόλπου, ακριβώς απέναντι της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα. Σύμφωνα με την Κουκουσιούρα (2012) και Koukousioura et al. (2012), οι Αλυκές Κίτρους παρουσιάζουν μία προοδευτική μετάβαση από περιβάλλον ανοιχτής λιμνοθάλασσας σε συνθήκες κλειστής λιμνοθάλασσας, μετά το 6500 cal yr BP. Το συμβάν αυτό το οποίο έχει καταγραφεί ετερόχρονα σε πλήθος παράκτιων ακολουθιών του Αιγαίου (Koukousioura et al., 2012), φαίνεται να επηρεάζει το κεντρικό τμήμα του βόρειου Αιγαίου (π.χ. λιμνοθάλασσα Κίτρους), όπως και τη λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα με μια μετάβαση σε κλειστές λιμνοθαλάσσιες συμθήκες, που συνέβη μετά τα ~6000 yr BP.

Η εξελικτική ακολουθία που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης συμφωνεί με τα πρόσφατα προτεινόμενα μοντέλα της σχετικής ανόδου του επιπέδου της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές του Αιγαίου (Vouvalidis et al., 2005; Pavlopoulos et al., 2010; Pavlopoulos et al., 2011), όπου μια πτώση του ρυθμού ανόδου του επιπέδου της θάλασσας έχει καταγραφεί πριν τα 4000 yr BP, οφειλόμενη στις παλαιοκλιματικές συνθήκες και στις τοπικές τεκτονικές επιδράσεις.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

9. Συμπεράσματα

Η οικολογία και η βιογεωγραφική κατανομή των βενθονικών τρηματοφόρων μελετάται ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Παρ' όλα αυτά δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητό με ποιον τρόπο τα τρηματοφόρα επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις των διαφόρων περιβαλλοντικών μεταβλητών. Ωστόσο στο μέλλον αναμένεται να απαντηθούν πολλά ερωτήματα σε σχέση με τον οικολογικό ρόλο των τρηματοφόρων στα θαλάσσια οικοσυστήματα.

Στην παρούσα εργασία έγινε η προσπάθεια προσδιορισμού του παλαιοπεριβάλλοντος της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα η οποία στηρίχτηκε στην μικροπαλαιοντολογική μελέτη των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από τον πυρήνα ιζήματος PLR-1. Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προέκυψαν τα ακόλουθα γενικά συμπεράσματα σχετικά με τη μελέτη των βενθονικών τρηματοφόρων στην λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα, τα οποία συνοψίζονται παρακάτω.

- Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των βενθονικών τρηματοφόρων και οι δυνατότητες εφαρμογής των αποτελεσμάτων στα πλαίσια της Περιβαλλοντικής Μικροπαλαιοντολογίας. Για το λόγο αυτό μελετήθηκε η χωρική και χρονική κατανομή τους στα ιζήματα της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα. Επιπλέον, εξετάστηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στην ποσοτική και ποιοτική σύνθεση της βιοκοινωνίας τους.
- Συνολικά συλλέχθηκαν 52 δείγματα από τα 8.7 m του πυρήνα ιζήματος PLR-1. Από την μελέτη των 52 δειγμάτων, συλλέχθηκαν, αναγνωρίσθηκαν και προσδιορίστηκαν ταξινομικά 14 είδη βενθονικών τρηματοφόρων τα οποία ανήκουν σε 7 γένη.
- Η έλλειψη επιφυτικών ειδών οδηγεί στο συμπέρασμα πως στη περιοχή μελέτης υπήρχε απουσία φυτοκάλυψης.
- Οι διαφορές στις συγκεντρώσεις των τρηματοφόρων ανά τα διάφορα βάθη του πυρήνα ιζήματος PLR-1 επέτρεψαν την αναπαράσταση του παλαιοπεριβάλλοντος της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα. Συγκεκριμένα, μελετώντας τις συγκεντρώσεις των τρηματοφόρων έγινε εφικτός ο διαχωρισμός των δειγμάτων σε 2 διαφορετικές ομάδες οι οποίες δηλώνουν διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι ομάδες αυτές αντιστοιχούν σε 2 διαφορετικές φάσεις των συνθηκών που επικρατούσαν στη λιμνοθάλασσα, δηλαδή 2 διαφορετικούς τύπους παλαιοπεριβάλλοντος.
- Η εφαρμογή πολυπαραγοντικών αναλύσεων (Q-mode ανάλυση ομαδοποίησης και ανάλυση Κύριων Συνιστωσών) συνέβαλε στον προσδιορισμό και την διάκριση των παλαιοπεριβαλλόντων.
- Παρατηρείται μία αντίστροφη σχέση μεταξύ των ειδών *Haynesina germanica* και *Ammonia tepida*, καθώς όταν αυξάνεται η σχετική αφθονία του ενός είδους μειώνεται του άλλου και αντίστροφα (Σχ. 2).
- Από το βάθος των 775 cm έως τα 858 cm (δείγματα: PLR-1 775-780 έως PLR-1 852.5-858) δεν βρέθηκαν απολιθώματα στα μελετηθέντα δείγματα. Τα συγκεκριμένα δείγματα είναι στείρα και αντιστοιχούν στο Προ-Ολοκαινικό υπόβαθρο.
- Από τα αποτελέσματα ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την κατανομή των βενθονικών τρηματοφόρων στην περιοχή μελέτης είναι η αλατότητα.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

- Συγκεκριμένα το ανώτερο και το κατώτερο τμήμα του πυρήνα ιζήματος PLR-1 (ομάδα I: 18-493 cm και 640-765 cm) αντιστοιχεί στη φάση της κλειστής λιμνοθάλασσας, με χαρακτηριστική την αυξημένη συγκέντρωση του είδους *Haynesina germanica*, ενώ το ενδιάμεσο τμήμα (ομάδα II: 532-634 cm), αντιστοιχεί στη φάση της ανοιχτής λιμνοθάλασσας με χαρακτηριστική την παρουσία των αντιπροσώπων της ομάδας των *Ammonia tepida* και miliolids.
- Ο δείκτης ποικιλότητας, ο δείκτης *A*, αλλά και οι δείκτες μορφολογικής διαφοροποίησης των τρηματοφόρων FAI και FMI αποτέλεσαν καθοριστικό παράγοντα στην διάκριση των παλαιοπεριβαλλόντων. Σε συνθήκες υψηλής αλατότητας (ανοιχτή λιμνοθάλασσα) ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener και ο δείκτης *A* εμφανίζουν αυξημένες τιμές, ενώ οι δείκτες FAI και FMI εμφανίζουν μειωμένες τιμές.
- Η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα αποτελούσε ένα κλειστό περιβάλλον στα περίπου 7500 yr BP, το οποίο μετατράπηκε σε περιβάλλον ανοιχτής λιμνοθάλασσας (ομάδα II, συνάθροιση *A.tepida* και miliolids) στα περίπου 6500 yr BP. Μετά τα 6500 yr BP η λιμνοθάλασσα ξανά κλείνει, γεγονός που πιθανότατα συνδέεται με την μείωση του ρυθμού ανόδου του μέσου επιπέδου της θάλασσας και τον υψηλότερο ρυθμό της συνεχούς παράκτια ιζηματογένεσης.
- Η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα φαίνεται να μην είχε ποτέ καλή επικοινωνία με τη θάλασσα και στο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα λειτουργούσε ως κλειστό λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον.
- Η συγκεκριμένη μετάβαση έχει παρατηρηθεί σε πολλά παράκτια περιβάλλοντα και αν και ετερόχρονη και διαχρονική, οφείλεται στον μειούμενο ρυθμό ανόδου της ανόδου του επιπέδου της θάλασσας από το 6000 yr cal BP και σχετίζεται με την απόθεση ποτάμιων και δελταϊκών ιζημάτων, τις κλιματικές και γεωμορφολογικές συνθήκες και την τοπική τεκτονική.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Βιβλιογραφία

Alve, E., 1991. Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in Sorfjord, Western Norway. Journal of Foraminiferal Research 21, 1-19.

Alve, E., Murray, J.W., 1999. Marginal marine environments of the Skagerrak and Kattegat: a baseline study of living (stained) benthic foraminiferal ecology. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 146(1–4), 171–193.

Poignant, A., Mathieu, R., Levy, A., Cahuzac, B., 2000. *Haynesina germanica* (Ehrenberg), *Elphidium excavatum* (terquem) L.S. et *Porosononion granosum* (d'orbigny), espèces margino-littorales de Foraminifères d'aquitaine centrale (So France) au miocène moyen (langhien). Le problème d'elphidium lidoense cushman. Revue de Micropaléontologie 43(3), 393-405.

Anastasakis, G., Dermitzakis, M., 1986. Upper Cenozoic connection of the Aegean to the Eastern Mediterranean: Marine Geological Evidence as compared to the fossil mammals of the region. C.I.E.S.M., Congress Mallorca, Spain, 20-25 October, 1986, Monaco. Rapports et Procés-Verbaux des Réunions 30(2), 72-73.

Armynot du Chatelet, E., Debenay, J.P., Soulard, R., 2004. Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. Environmental Pollution 127, 27–40.

Arnal, R.E., 1955. Significance of abnormal foraminifera. Bulletin Geological Society of America, pp. 1641.

Baker, D., Peterson, C., Hemphill-Haley, E., Twichell, D., 2010. Latest Pleistocene and Holocene (2-16 ka) sedimentation in the Columbia River estuary, Oregon, USA. Marine Geology 273, 83-95.

Balopoulos, E.Th., Friligos, N.Ch., 1993. Water circulation and eutrophication in the northwestern Aegean Sea: Thermaikos Gulf. Journal of Environmental Science and Health, Part A 28(6), 1311–1329.

Bergamasco, A., Malanotte-Rizzoli, P., 2010. The circulation of the Mediterranean Sea: a historical review of experimental investigations. Advances in Oceanography and Limnology 1, 11–28.

Bernasconi, M.P., Melis, R., Stanley, J-D., 2006. Benthic biofacies to interpret Holocene environmental changes and human impact in Alexandria's Eastern Harbor, Egypt. The Holocene 16(8), 1163-1176.

Boltovskoy, E., Scott, D., Medioli, F., 1991. Morphological variations of benthic foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters: a review. Journal of Paleontology 65, 175-185.

Boltovskoy, E., Wright, R., 1976. Recent Foraminifera. Dr. W. Junk bυ Publishers, The Hague, p. 515.

Boyd, R., Honig, C., 1992. Estuarine sedimentation of the eastern shore of Nova Scotia. Journal of Sedimentary Research, 62, 569–583.

Bradshaw, J.S, 1961. Laboratory experiment on the ecology of foraminifera. Micropaleontology, 12, 87–106.

Bronk Ramsey, C., 2001. Development of the radiocarbon calibration program OxCal. Radiocarbon 43(2A), 355-363.

Bronk Ramsey, C., Lee, S., 2013. Recent and Planned Developments of the Program OxCal. Radiocarbon 55(2-3), 720-730.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας

Cann, J.H., De Deckker, P., 1981. Fossil Quaternary and living foraminifera from athalassic (non-marine) saline lakes, southern Australia. Journal of Paleontology 55(3), 660-670.

Caralp, M.H., 1989. Size and morphology of the benthic foraminifer Melonis barleeanum: ralationships with marine organic matter. Journal of Foraminiferal Reserch 19, 235-245.

Carboni, M.G., Bergamin, L., Di Bella, L., Esu, D., Pisegna Cerone, E., Antonioli, F., Verrubbi, V., 2010. Palaeoenvironmental reconstruction of Late Quaternary foraminifera and molluscs from the ENEA borehole (Versilian plain, Tuscany, Italy). Quaternary Research 74, 265-276.

Carboni, M.G., Bergamin, L., Di Bella, L., Iamundo, F., Pugliese, F., 2002. Paleological evidences from foraminifers and ostracods on Late Quaternary sea-level changes in the Ombrone river plain (central Tyrrhenian coast, Italy). Geobios 35, 39-50.

Carboni, M.G., Bergamin, L., Di Bella, L., Iamundo, F., Pugliese, F., 2010. Palaeoenvironmental reconstruction of Late Quaternary foraminifera and molluscs from the ENEA borehole (Versilian plain, Tuscany, Italy). Quaternary Research 74, 265-276.

Carboni, M.G., Succi, M.C., Bergamin, L., Di Bella, L., Fezza, V., Landini, B., 2009. Benthic foraminifera from two coastal lakes of Southern Latium, (Italy). Preliminary evaluation of eliminary of Environmental quality. Marine Pollution Bulletin 59, 268-280.

Casini, M., Mocenni, C., Paoletti, S., Pranzo, M., 2015. Decision support system development for integrated management of European coastal lagoons. Environmental Modelling and Software 64, pp. 47-57.

Cimerman, F., Langer, M.R., 1991. Mediterranean foraminifera. Academia Scientarium et. Artium Slovenica, Dela, Opera 30, Classis IV, Historia Naturalis, pp. 118.

Clarkson, E.N.K., 1998. Invertebrate Palaeontology and Evolution. Blackwell Science Ltd, p. 463.

Coccioni, R., 2000. Bentic foraminifera as bioindicators of heavy metal pollution. A case study from the Goro Lagoon (Italy). In: Martin, R.E., (Ed.), Environmental Micropaleontology: The Application of Microfossils to Environmental Geology. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, p. 71-103.

Coccioni, R., Frontalini, F., Marsili, A., Mana, D., 2009. Benthic foraminifera and trace element distribution: a case-study from the heavily polluted lagoon of Venice (Italy). Marine Pollution Bulletin 59, 257-267.

Coccioni, R., Frontalini, F., Marsili, A., Troiani, F., 2005. Foraminiferi benthonici i metalli i traccia: Implicazioni ambientali. Quaderni del Centro di Geobiologia dell'Universitá degli Studi de Urbino 3, 57-92.

Coccioni, R., Marsili, A., Venturati, A., 2003. Foraminiferi e stress ambientale. Quaderni del Centro di Geobiologia dell'Universitá degli Studi de Urbino 1, 99-118.

Corliss, B.H., 1985. Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. Nature 314, 435-438.

Culver, S.J., Woo, H.J., Oertel, G.F., Buzas, M.A., 1996. Foraminifera of coastal depositional environments, Virginia, U.S.A., distribution and taphonomy, Palaios 11, 459-486.

d'Orbigny, A., 1826. Tableau Méthodique de la Classe des Céphalopodes. Annales des Sciences Naturelles, Paris (Série 1), 7, 245–314.

d'Orbigny, A., 1852. Cours Élémentaire de Paléontologie et de Géologie Stratigraphique. Victor Masson, Paris.

d'Orbigny, A.D., 1846. Foraminifères Fossiles du Bassin Tertiare de Vienne (Autriche), Gide, Paris.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Davis, R.A. Jr, Fitzgerald, D.M., 2004. Beaches and Coasts. Blackwell Publishing, Australia, pp. 419.

De Rijk, S., Jorissen, F.J., Rohling, E.J., 1999. Benthic foraminifera distribution in the Mediterranean Sea. Journal of Foraminiferal Research 29(2), 93-103.

Debenay, J.-P., 1978. Distribution des foraminifères vivants et des tests vides en Baie de Bourgneuf. Thèse de Docteur, Universite Pierre et Marie Curie, pp. 196.

Debenay, J-P., Guillou, J-J., Redois, F., Geslin, E., 2000. Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments: a base for using foraminifera as bioindicators. In: Martin, R.E., (Ed.). Environmental Micropaleontology: The application of Microfossils to Environmental Geology. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, p. 36-97.

Di Bella, L., Casieri, S., Carboni, G.S., 2008. Late Quaternary paleoenvironmental reconstruction of the Termiti structural high (Central Adriatic Sea) from benthic foraminiferal assemblages. Geobios 41, 729-742.

Dieckman, G.S., Spindler, M., Lange, M.A., Ackley, S.F., Eicken H., 1991. Antarctic Sea ice: a habitat for the foraminifer *Neogloboquadrina pachyderma*. Journal of Foraminiferal Research 21, 182-189.

Dimiza, M.D, Koukousioura, O., Triantafyllou, M.V., 2012. Benthic foraminiferal morphological abnormalities from Holocene sediments of the Aegean Sea, Greece: paleonvironmental implications. 10th Symposium on Oceanography and Fishery, p. 12.

Dimiza, M.D, Koukousioura, O., Triantafyllou, M.V., Dermitzakis, M.D., 2016. Live and dead benthic foraminiferal assemblages from coastal environments of the Aegean Sea (Greece): Distribution and diversity. Revue de Micropaléontologie 59(1), 19-32

Dobell, C., 1932. Antony van Leeuwenhoek and his 'Little Animals', Harcourt. Brace and Company, New York.

Dujardin, F., 1835. Observations nouvelles sur les Céphalopodes microscopiques. Annales des Sciences Naturelles 3, 108–109.

Evelpidou, N., Pavlopoulos, K., Vassilopoulos, A., Triantaphyllou, M., Vouvalidis, K., Syrides, G., 2010. Sea level changes in Upper Holocene and palaeogeographical reconstruction. Geodinamica Acta 23(5-6), 233-240.

Fiorini, F., Vaiani, S.C., 2001. Benthic foraminifera and transgressive-regressive cycles in the Late Quaternary subsurface sediments of the Po Plain near Ravenna (Northern Italy). Bollettino della Società Palaeontologica Italiana 40(3), 357–403.

Fodor, L., Csontos, L., Bada, G., Benkovics, L., 1999. Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens, a new synthesis of paleostress data. *In* : Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Seranne, M. (eds) The Mediterranean basins, Tertiary extension within the Alpine orogeny, Geological Society, London, Special Publications 156, 295-334.

Fouache, E., Ghilardi, M., Vouvalidis, K., Syrides, G., Styllas, M., Kunesch, S., Stiros, S., 2008. Constribution of the Holocene Reconstruction of Thessaloniki Coastal Plain, Greece. Journal of Coastal Research 24(5), 1161-1173

Frontalini, F., Coccioni, R., 2008. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: a case study from the central Adriatic Sea cost of Italy. Estuarine Coastal and Shelf Science 76(2), 404-417.

Ganoulis, J., 1987. Oceanographic Elements and Environmental Investigation of the Impacts of the Draining Project of Thessaloniki Gulf. Department of Hydraulics, University of Thessaloniki, Rep. Minist. of Environment, (in Greek).

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας

Geslin, E., Debenay, J.-P., and Lesourd, M., 1998a. Abnormal wall textures and test deformation in Ammonia (hyaline foraminifer). The Journal of Foraminiferal Research 28(2), 148-156.

Geslin, E., Debenay, J.-P., Lesourd, M., Duleba, W., and Eichler, B.B., 1998b. A quantitative and qualitative study of hyaline deformed tests in a non polluted estuary (Jureia, Brazil). International Symposium on Foraminifera, Mexico, 1998, Rev. Soc. Mexicana Paleontolog. Abst. 9, 38.

Geslin, E., Debenay, J-P., Duleba, W., Bonetti, C., 2002. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between impacted and non impacted areas. Marine Micropaleontology 45, 151-168.

Geslin, E., Stouff, V., Debenay, J-P. Lesourd, M., 2000. Environmental variation and foraminiferal test abnormalities. In: Martin, R.E., (Ed.), Environmental Micropaleontology: The application of Microfossils to Environmental Geology. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 191-215.

Ghilardi M., 2006. Apport et intérêt de la Modélisation Numérique de Terrain en géomorphologie, étude du site de Méthoni (Piérie – Grèce). Mémoire du laboratoire de géomorphologie et d'environnement littoral de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 45, Dinard, p. 114.

Goiran, J.-P., Pavlopoulos, K.P., Fouache, E., Triantaphyllou, M., Etienne, R., 2011. Piraeus, the ancient island of Athens: evidence from Holocene sediments and historical archives. Geology 39(6), 531–534.

Goldfuss, G.A., 1817. Ueber die Entwicklungsstufen des Thieres. Nürnberg, Leonhard Schrag.

Gooday, A., 2002. Organic-walled Allogromiids: aspects of their occurrence, diversity and ecology in marine habitats. Journal of Foraminifera Research 32, 384-399.

Gooday, A., Alve, E., 2001. Morphological and ecological parallels between sublittoral and abyssal foraminiferal species in the NE Atlantic: a comparison of *Stainforthia fusiformis* and *Stainforthia* sp., Progress in Oceanography 50, 261-283.

Hallock, P., 1985. Why are larger Foraminifera large?. Paleobiology 11, 195-208.

Hallock, P., 1999. Symbiont-bearing foraminifera. In: Sen Gupta, B.K., Ed., Modern foraminifera. Kluwer Academic Publishers, Great Britain, pp. 123-139.

Hallock, P., 2000. Symbiont-bearing foraminifera: harbingers of global change. Micropaleontology 46, 95-104.

Hamman, D., 1988. Book Review: Foraminiferal Genera and their Classification, by Alfred R, Loeblich and Helen Tappan. Journal of Foraminiferal Research 18, 271-274.

Hansen, M.J., Lykke-Andersen, A.L., 1977. Wall structure and classification of fossil and recent elphidiid and nonionid Foraminifera. Fossils and Strata 10, 1–37.

Haq, B.U., Boersma, A., 1978. Introduction to Marine Micropaleontology. Elsevier Science, p.376.

Harloff, J., Mackensen, A., 1977. Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin. Marine Micropaleontology 31, 1-29.

Harris, G., 2008. Lagoons. In: Jørgensen, S.E., Fath, B.D. (Eds.). Encyclopedia of Ecology. Academic Press, Oxford, pp. 2061–2068.

Hayek, L.C., Buzas, M.A., 1997. Surveying natural populations. Columbia University Press, New York, p.563.

Hayward, B.W., Hollis, C.J., 1994. Brackish foraminifera in New Zealand: a taxonomic and ecological review. Micropaleontology 40(3), 185-222.

Horton, B.P., Edwards, R.J., Lloyd, J.M., 1999. UK intertidal foraminiferal distributions: implications for sea-level studies. Marine Micropaleontology 36, 205–223.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
ΑΠΘ

Hottinger, L., Halicz, E. and Reiss, Z., 1993, Recent Foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea, Slovensha. Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana, pp. 179.

Hottinger, L., Reiss, Z., Langer, M., 2001. Spiral canals of some Elphidiidae. Micropaleontology 47(2), 5–34.

Jeffrey, C., 1967. The origin and differentiation of the Archegoniate Land Plants: a second contribution. Kew Bulletin 21, 335–349.

Jonasson, K.E., Schroder-Adams, C.J., Patterson, R.T., 1995. Benthic foraminiferal distribution at Middle Valley, Juan de Fuca Ridge, a northeast Pacific hydrothermal venting site. Marine Micropaleontology 25, 151-167.

Jorissen, F.J., 1987. Benthic foraminifera from the Adriatic Sea: Principles of phenotypic variation. Utrecht micropaleontological bulletins 37, 1-176.

Jorissen, F.J., 1988. The distribution of benthic foraminifera in the Adriatic Sea. Marine Micropaleontology 12, 21-48.

Jorissen, F.J., Barmawidjaja, D.M., Puskaric, S., Van Der Zwaan, G.J., 1992. Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: the relation with the organic flux. Marine Micropaleontology 19, 131-146.

Jorissen, F.J., De Stigter, H.C., Widmark, J.G.V., 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. Marine Micropaleontology 26, 3-15

Karageorgis, A.P. and Christos, L.A., 2003. Seasonal variation in the distribution of suspended particulate matter in the northwest Aegean Sea. Journal of Geophysical Research 108, C8, 3274, doi: 10.1029/2002JCOO672.

Kjerfve, B., Magill, K., 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. Marine Geology 88, 187–199.

Kossmat, F., 1924. Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Die kriegs Schauplätze 1914-18. Geol. Dergestellt, H. 12, 198, S. Berlin.

Koukousioura, O., Dimiza, M.D., Triantafyllou, M.V., 2010. Alien foraminifers from Greek coastal areas (Aegean Sea, Eastern Mediterranea). Mediterranean Marine Science 11(1), 155-172.

Koukousioura O., Dimiza M.D., Triantaphyllou M.V., 2014. Benthic foraminifera from coastal areas of the Aegean Sea (Greece). International Symposium on Foraminifera, FORAMS 2014, September 19-24, Conception, Chile, Abstracts Volume, 89 p.

Koukousioura, O., Dimiza, M.D., Triantafyllou, M.V., Hallock, P., 2011. Living benthic foraminifera as an environmental proxy in coastal ecosystems: a case study from the Aegean Sea (Greece, NE. Mediterranen). Journal of Marine Systems 88(4), 489-501.

Koukousioura, O., Triantafyllou, M.V., Dimiza, M.D., Pavlopoulos, K., Syrides, G., Vouvalidis, K., 2012. Benthic foraminiferal evidence for and Paleoenvironmental evolution of Holocene coastal plains in the Aegean Sea (Greece). Quaternary International 261, 105-117. Kovach, W., 1987. Multivariate methods of analyzing paleocological data. Paleontological Society 3, 72-104.

Koukousioura O., Triantaphyllou M.V., Dimiza M.D., Pavlopoulos K., Syrides G., Vouvalidis K., 2010. Benthic foraminifera of coastal sequences in the Aegean Sea: paleoenvironmental implications during the last 6000 years. INQUA 501- IGCP 521 Six Plenary Meeting and Field Trip, Rhodes, Greece, 27 September – 5 October 2010.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Kovtun, A., Torn, K., Martin, G., Kullas, T., Kotta, J., Suursaar, Ü., 2011. Influence of abiotic environmental conditions on spatial distribution of charophytes in the coastal waters of West Estonian Archipelago, Baltic Sea. Journal of Coastal Research, SI 64, pp. 412–416.

Lambeck, K., Bard, E., 2000. Sea-level changes along the French Mediterranean coast for the past 30,000 years. Earth and Planetary Science Letters 175, 203-222.

Langer, M.R., 2000. Comparative molecular analysis of smallsubunit ribosomal 18S DNA sequences from Haynesina germanica (Ehrenberg, 1840), a common intertidal foraminifer from the North Sea. Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Monatshefte 11(10), 641–650.

Langer, M.R., Frick, H., Sil, M.T., 1998. Photophile and sciaphil foraminiferal assemblages from marine plant communities of Lavezzi Islands (Corsica, Mediterranean Sea). Review de Paléobiologie 17(2), 525-530.

Langer, M.R., Hottinger, L., Huber, B., 1989. Functional morphology in low-diverse benthic foraminiferal assemblages from tidal flats of the North Sea. Senckenbergiana Marit Frankfurt am Main, 20(34), 81–99.

Lee, J.J., 2006. Algal symbiosis in larger foraminifera. Symbiosis 42, 63-75.

Lee, J.J., Faber, W.W.Jr., Anderson, O.R., Pawlowski, J., 1991. Life-cycles of foraminifera. In: Lee, J.J., Anderson, O.R., Eds, Biology of foraminifera, London, Academic Press, pp. 285-334.

Lévy, A., 1991. Peuplements actuels et thanatocénoses à Soritidae et Peneroplidae des Keys de Floride (USA). Oceanologica Acta 14, 515–24.

Lévy, A., Mathieu, R., Poignant, A., Rosset-Moulinier, M., 1989. Revision des Miliolidae (Foraminiferida) de type Quinqueloqulin de mediterranee occidentale. 113 Congress National des societes savantes. Strasbourg, 1988, Sciences de la Terre, 161-174.

Lévy, A., Mathieu, R., Poignant, A., Rosset-Moulinier, M., 1991. Morphologie et morphométrie de foraminiféres benthiques (Miliolacea) du Cénozoique á l'actuel. Geobios 13, 97-104.

Lévy, A., Mathieu, R., Poignant, A., Rosset-Moulinier, M., 1992. Foraminiféres a arrangement quinquéloqulin et triloqulin (Miliolacea) de Méditerranée. Revue de Paléobiology 11(1), 111-135.

Li, S., Wang, Q., Zhang, H., Lu, H., Martín-Closas, C., 2016. Basin (Eastern China) and their Eurasian correlation. Cretaceous Research 59, 179-200.

Lia, S., Wangc, Q., Zhanga, H., Luc, H., Martín-Closas, C., 2016. Charophytes from the Cretaceous–Paleogene transition in the Pingyi Basin (Eastern China) and their Eurasian correlation. Cretaceous Research 59, pp. 179-200.

Lipps, J.H., Langer, M.R., 1999. Bentic foraminifera from the meromictic Mecherchar Jellyfish Lake, Palau (western Pacific). Micropaleontology 45(3), 278-284.

Loeblich A. R. and Tappan, H., 1964. Treatise on Invertebrate Paleontology, R.C. Moore (Ed) Protista-Sarcodina 11, pp. 436-510.

Loeblich, A.R. and Tappan, H., 1987. Foraminiferal Genera and Their Classification, v.1–2. Van Nostrand Reinhold, New York.

Loeblich, A.R., Tappan, H., 1988. Foraminiferal Genera and their classification Van Nostrand Reinhold, New York, p.545.

Loeblich, A.R., Tappan, H., 1994. Foramifera of the Sahul Shelf and Timor Sea. Cushman Foundation for Foraminiferal Research Special Publication 31, Washington.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας

Lykousis, V., Roussakis, G., Alexandri, M., Pavlakis, P., Papoulia, I., 2002. Sliding and regional slope stability in active margins: North Aegean Trough (Mediterranean). Marine Geology 186, 281–298.

Mattox, K.R., Stewart, K.D., 1984. Classification of the green algae: a concept based on comparative cytology D.E.G. Irvine, D.M. John (Eds.), Systematics of the Green Algae, Academic Press, London, pp. 29–72.

Mazzini, I., Anadon, P., Barbieri, M., Castorina, F., Ferreli, L., Gliozzi, E., Mola, M., Vittori, E., 1999. Late Quaternary sea-level changes along the Tyrrhenian coast near Orbetello (Tuscany, Central Italy): palaeoenvironmental reconstruction using ostracods. Marine Micropalaeontology 37, 289–311.

McManus, J., 1988. Grain size determination and interpretation. In: Tucker, M. (Ed.), Techniques in Sedimentology. Blackwell, UK, pp. 63-85.

Mendes, I., Gonzalez, R., Dias, J.M.A., Lobo, F., Martins, V., 2004. Factors influencing recent benthic foraminifera distribution on the Guandiana shelf (Southwestern Iberia). Marine Micropaleontology 51, 171-192.

Meriç, E., Görmüs, M., Avşar, N., 2007. Holocene geologic history of the Golden Horrn (Istanbul, NW Turkey) based on foraminiferal data. Journal of Asian Earh Sciences 30, 353-363.

Milker, Y., 2010. Western Mediterranean shelf foraminifera: Recent distribution, Holocene sea-level reconstructions, and paleoceanographic implications. PhD Thesis, Hamburga, p. 191.

Milker, Y., Schmiedl, G., Betzler, C., Römer, M., Jaramillo-Vogel, D., Siccha, M., 2009. Distribution of recent benthic foraminifera in neritic carbonate environments of the western Mediterranean Sea, Marine Micropaleontology 70, 207-225.

Millott Taupier-Letage, C., I., 2005. Circulation in the Mediterranean Sea. Environmental Chemistry, 5, Part K, 29-66.

Mojtahid, M., Jorissen, F., Landsard, B., Fortanier, C., Bombled, B., Rabouille, C., 2009. Spatial distribution of live benthic foraminifera in the Rhone prodelta: faunal response to a continental-marine organic matter gradient. Marine Micropaleontology 70, 177-200.

Morhange, C., Goiran, J.P., Bourcier, M., Carbonel, P., Le Campion, J., Rouchy, J.M., Yon, M., 2000. Recent Holocene paleo-environmental evolution and coastline changes of Kition, Larnaca, Cyprus, Mediterranean Sea, Marine Geology 170, 205-230.

Morigi, C., Jorissen, F.J., Fraticelli, S., Horton, B.P., Principi, M., Sabbatini, A., Capotondi, L., Curzi, P.V., Negri, A., 2005. Benthic foraminiferal evidence for the formation of the Holocene mud-belt and bathymetrical evolution in the central Adriatic Sea. Marine Microplaeontology 57(1-2), 25-49.

Murray, J.W., 1991. Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. Longman, Wiley, Harlow /Essex, New York, p. 397.

Murray, J.W., 2006. Ecology and applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press, New York, p. 426.

Murray, J.W., Whittaker, J.E., Alve, E., 2000. On the type species of Aubignyna and a description of A. hamblensis, a new microforaminifer from temperate shallow waters. Journal of Micropalaeontology 19(1), 61-67.

Nakada, M., Lambeck, K., 1989. Late Pleistocene and Holocene sea-level change in Australian region and mantle rheology. Geophysical Journal 96, 497-517.

Nixon, F.C., Reinhardt, E.G., Rothaus, R., 2009. Foraminifera and tidal notches: dating neotectonic events at Korphos, Greece, Marine Geology 257, 41-53.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Papanikolaou, D., Alexandri, M., Nomikou P., Ballas, D., 2000. Morphotectonic structure of the western part of the North Aegean based on swath bathymetry. Marine Geology 190, 465-492.

Pavlopoulos, K., Kapsimalis, V., Theodorakopoulou, K., Panagiotopoulos, I.P., 2011. Vertical displacement trends in the Aegean coastal zone (NE Mediterranean) during the Holocene assessed by geo-archaeological data. The Holocene 22(6), 717-728.

Pavlopoulos, K., Theodorakopoulou, K., Bassiakos, Y., Hayden, B., Tsourou, T., Triantaphyllou, M., Kouli, K., Vandarakis, D., 2007. Paleonevironmental evolution of Istron (N.E. Crete), during the last 6000 years: depositional environment, climate and sea level changes. Geodinamica Acta 20(4), 219–229.

Pe-Piper, G., Piper, D.J.W., 2002. The igneous rocks of Greece, Gebrüder Borntträeger, Stuttgart.

Piper, D.J.W., Perissoratis, C., 1991. Late Quaternary sedimentation on the north Aegean continental margin, Greece. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 75(1), 46–61.

Poppe, L.J., Eliason, A.H., Fredericks, J.J., Rendigs, R.R., Blackwood, D., Polloni, C.F., 2000. Chapter 1. Grain-size analysis of marine sediments e methodology and data processing. In: Poppe, L.J., Hastings, M.E., Eliason, A.H., Fredericks, J.J., Rendigs, R.R., Blackwood, D.S. (Eds.), U.S.G.S. East-coast Sediment Analysis: Procedures, Database, and Georeferenced Displays. U.S. Geological Survey, Woods Hole, MA. U.S. Geological Survey Open File Report 00-358.

Poulos, S.E., Chronis, G.T., Collins, M.B., Lykousis, V. 2000. Thermaikos Gulf coastal system, NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air–land–ocean interactions and human activities. Journal of Marine Systems 25, 47–76.

Poulos, S.E., Drakopoulos, P.G., Collins, M.B., 1997. Seasonal variability in sea surface oceanographic conditions in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean): an overview, Journal of Marine Systems 13, 225–244.

Poulos, S.E., Panagiotopoulos, I., 1997. The role of the currents in the modern sedimentation of the seabed in Thermaikos gulf and Zakynthos Strait. 5th Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries, Kavala 1, pp. 399–403, in Greek.

Psimoulis, P., Ghilardi, M., Fouache, E., and Stiros, S., 2007. Subsidence and evolution of the Thessaloniki Plain, Greece, based on historical leveling and GPS data. Engineering Geology 90(1–2), 55–70.

Redois, F., 1996. Les foraminifères benthiques actuels bioindicateurs du milieu marin: Exemples du plateau continental Sénégalais et de l'estran du Golfe du Morbihan (France). Thèse de Doctorat, Université d'Angers 1-2, pp. 450.

Robinson, A.R., Leslie, W.G., Theocharis, A., Lascaratos, A., 2001. Mediterranean Sea circulation. Encyclopedia of Ocean Science 3, 1689-1705.

Robles, F.L.E., Collins, M.B., Ferentinos, G., 1983. Water masses in Thermaikos Gulf, North western Aegean Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science 16, 363–378.

Rousakis, G., Karageorgis, A.P., Conispoliatis, N., Lykousis, V., 2004. Last glacial-Holocene sediment sequences in N. Aegean basins: Structure, accumulation rates and clay mineral distribution. Geo-Marine Letters 24(2), 97-111.

Saraswati, P.K., 2002. Growth and habitat of some recent miliolid foraminifera: Paleogeological implications. Current Science 82(1), 81-84.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Saraswati, P.K., Shimoike, K., Iwao, K., Mitra, A., 2003. Distribution of larger foraminifera: in the reef sediments of Akajima, Okinawa, Japan. Journal of Geological Society of India 61, 16-21.

Schneidera, C.S., Garcíab, A., Martín-Closasc, C., Chivas, R.A., 2015. The role of charophytes (Charales) in past and present environments: An overview. Aquatic Botany 120, 2–6.

Schubert, H., Blindow, I., 2003. Charophytes of the Baltic Sea. The Baltic Marine Biologists Publication No.19, Koltz Scientific Books, Köningstein/Taunus.

Scott, D.B, Schafer, C.T., Medioli, F.S., 2004. Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators. Cambridge University Press, Cambridge, p. 177.

Scott, D.B., Piper, D.J.W., and Panagos, A.G., 1979. Recent salt marsh and intertidal mudflat foraminifera from the western coast of Greece. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 85, 243-266

Scott, D.S., Medioli, F.S., Schafer, C.T., 2001. Monitoring in Coastal Environments using Foraminifera and Thecamoebian Indicators. Cambridge University Press, Cambridge, p. 177.

Semeniuk, T.A., 2000. Spatial variability in epiphytic foraminifera from micro- to regional scale. Journal of Foraminifera Research 30, 99-109.

Sen Gupta, B.K. (Ed.), 2003. Modern Foraminifera. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Sen Gupta, B.K., and Machain-Castillo, M.L., 1993. Benthic foraminifera in oxygen poor habitats. Marine Micropaleontology 20,183-201.

Serandrei-Barbero, R., Albani, A.D., Zecchetto, S., 1997. Palaeoenvironmental significance of a benthic foraminiferal fauna from an archaeological excavation in the Lagoon of Venice, Italy. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 136, 41-52.

Sgarrella, F., Moncharmont Zei, M., 1993. Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology. Bollettino della Società Paleontologica Italiana 32, 145–264.

Shannon, C., Weaver, W., 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press Urbana, p. 127.

Stiros, S., 2001. Rapid subsidence of the Thessaloniki (Northern Greece) coastal plain, 1960–1999. Engineering Geology 61, 243–256.

Tassos, S.T., 1983. Marine Holocene foraminifera and ostracoda from Kalloni Bay, Lesvos Island, Greece. Bolletino della Societa paleontological Italina 22(1-2), 135-144.

Theodorakopoulou, K., Pavlopoulos, K., Triantaphyllou, M., Kouli, K., Tsourou, T., Bassiakos, Y., Zacharias, N., Hayden, B., 2009. Geoarchaeological studies in coastal area in Istron-Kalochorio (gulf of Mirabello-Eastern Crete): landscape evolution and palaeoenvironmental reconstruction. Zeitschrift für Geomorphologie 53(1), 55-70.

Todo, Y., Kitazato, H., Hashimoto, J., Gooday, A.J., 2005. Simple Foraminifera flourish at the ocean's deepest point. Science 307, 689.

Torn, K., Martin, G., Kukk, H., Trei, T., 2004. Distribution of charophyte species in Estonian coastal waters (NE Baltic Sea) Scientia Marina 68, pp. 129–136.

Travis, J.L., Bowser, S.S., 1991. The motility of foraminifera, in: Biology of Foraminifera. J. Lee and O. R. Anderson, eds., Academic Press, London, pp. 91-155.

Triantaphyllou, M., Karkanas, P., Kouli, K., Syrides, G., Vouvalidis, K., Palyvos, N., Tsourou, T., 2010. Paleoenvironmental evolution and prehistoric human environment, in the embayment of Palamari (Skyros Island, Greece) during Middle-Late Holocene, Quaternary International 216, 41–53.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
ΑΠΘ

Triantaphyllou, M.V., Kouli, K., Tsourou, T., Koukousioura, O., Pavlopoulos, K., Dermitzakis, M.D., 2010. Paleoenvironmental changes since 3000 BC in the coastal marsh of Vravron (Attica, SE Greece). Quaternary International 216, 14–22.

Triantaphyllou, M.V., Pavlopoulos, K., Tsourou, T., Dermitzakis, M.D., 2003. Brackish marsh benthic microfauna and paleoenvironmental changes during the last 6.000 years on the coastal plain of Marathon (SE Greece). Rivista Italiana Paleontologia et Stratigrafia 109 (3), 539–547.

Triantaphyllou, M.V., Ziveri, P., Tselepides, A., 2004. Coccolithophore export production and response to seasonal surface water variability in the oligotrophic Cretan Sea (Mediterranean). Micropaleontology 50, 127–144.

Van der Zwaan, G.J., Duijnstee, I.A.P., den Dulk, M., Ernst, S.R., Jannick, N.T, Kouwenhoven, T.J., 1999. Benthic foraminifers: proxies or problems? A review of paleoecological concepts. Earth-Science Reviews 46, 213-236.

Vickerman, K., 1992. The diversity and ecological significance of Protozoa. Biodiversity and Conservation 1, 334–41.

Vilela, C.G., Koutsoukos, E.A.M., 1992. Miliolina (Foraminiferida) em sedimentos recentes da foz do Amazonas: uma resposta comportamental a um ambiente dinamico: 37th Congr. Brasileiro de Geologia-SBG/SP, São Paulo, SP, Brasil, 1992, Abst., pp. 92-93.

Vouvalidis, K., Syrides, G., Albanakis, K.S., 2005. Holocene morphology of the Thessaloniki Bay: impact of sea-level rise. Zeitschrift für Geomorphologie N.F 137, 147-158.

Walton, W.R., Sloan, B.J., 1990. The genus Ammonia Brünnich, 1772: its geographic distribution and morphologic variability. Journal of Foraminiferal Research 20, pp. 128–156.

Wang, H.J., Bi, N.S., Saito, Y., Wang, Y., Sun, X.X., Zhang, J., Yang, Z.S., 2010. Recent changes in sediment delivery by the Huanghe (YellowRiver) to the sea: causes and environmental implications in its estuary. Journal of Hydrology 391, 302-313.

Yanko, V., Ahmad, M., Kaminski, M.A., 1998. Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: Implication for pollution monitoring. Journal of Foraminiferal Reserch 28, 177-200.

Yanko, V., Kronfeld, J., Flexer, A., 1994. Response of benthic foraminiferal to various pollution sources: Implication for pollution monitoring. Journal of Foraminiferal Reserch 24, 1-17.

Yanko-Hombach, V., Koral, H., Avsar, N., Motnenko, I., McGann, M., 2006. Geomorphological, depositional and foraminiferal indicators of Late Quaternary tectonic uplift in Iskenderun Bay, Turkey. In: Dilek, Y., Pavlides, S., (Eds.), Postcollisional Tectonics and Magmatism in Mediterranean Region and Asia, 409. Geological Society of America, pp. 591-613.

Zervakis, V., Georgopoulos, D., Drakopoulos, P.G., 2000. The role of the North Aegean in triggering the recent Eastern Mediterranean climatic changes, Journal of Geophysical Research 105, 26, 103–26,116, doi: 10.1029/ 2000JC900131.

Zervakis, V., Georgopoulos, D., Karageorgis, A.P, Theocharis, A., 2004. On the response of the Aegean Sea to climatic variability: A review, International Journal of Climatology 24, 1845–1858, doi:10.1002/joc.1108.

Αλμπανάκης, Κ., 1990. Μαθήματα Ωκεανογραφίας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σ. 160.

Αλμπανάκης, Κ., Στύλλας, Μ., Βουβαλίδης, Α., Συρίδης, Γ., 2005. Γεωμορφολογικές μεταβολές στην περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου σαν αποτέλεσμα της Ολοκαινικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας τομ. XXXVIII, σ. 77-85

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Αργυρούδης, Α., Παλαιογεωγραφική-Παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα Επανομής, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σ. 73.

Κοκκάλας, Σ., Κουκουβέλας, Ι., Ξυπολιάς, Π., 2012. Γεωλογία Ελλάδας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, σ. 133.

Κουκουσιούρα, Ο., 2012. Τα βενθονικά τρηματοφόρα ως δείκτες περιβαλλοντικής υγείας των ολοκαινικών παράκτιων οικοσυστημάτων: οι περιπτώσεις του Ευβοϊκού, Θερμαϊκού κόλπου και των ακτών του Ν. Ξάνθης, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σ. 161.

Μουντράκης Μ.Μ., 2010. Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σ. 373.

Συρίδης, Γ., 1990. Λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών-Τεταρτογενών ιζηματογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σ. 320.

Τριανταφύλλου, Μ.Β., Δήμιζα, Μ.Δ., 2012. Μικροπαλαιοντολογία & Γεωπεριβάλλον, Εκδοτικός όμιλος Ίων, Αθήνα, σ. 168.

Ψιλοβίκος, Α., 1984. Μαθήματα Ιζηματολογίας. Τομέας Γεωλογίας-Φυσικής Γεωγραφίας. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας

Παράρτημα 1. Σχετικές συχνότητες και απόλυτες περιεκτικότητας των ειδών των βενθονικών τρηματοφόρων, του πυρήνα ιζήματος PLR-1.

Δείγματα/Είδη	Μέσο Βάθος	*Ammonia tepida*		*Haynesina germanica*		*Aubignyna perlucida*		*Miliolinella subrotunda*		*Quinqueloculina bicarinata*		*Quinqueloculina bicarinata striata*		*Quinqueloculina berthelotiana*		*Quinqueloculina laevigata*		*Quinqueloculina parvula*		*Quinqueloculina seminula*		*Quinqueloculina triangularis*		*Sinuloculina inflata*		*Sinuloculina mayeriana*		*Peneroplis pertusus*	
			%		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%
PLR-1 18-22	20	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 62-65	63.5	2	50.00	1	25.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	25.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 74-78	76	5	31.25	10	62.50	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	6.25
PLR-1 87-92	89.5	1	2.08	47	97.92	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 103-107	105	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 116-121	118.5	0	0.00	47	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 131-135	133	0	0.00	12	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 144-147	145.5	1	20.00	4	80.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 164.5-171	168.25	0	0.00	8	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 183-187	185	0	0.00	104	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 212-217	214.5	1	6.67	13	86.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	6.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 227-232	229.5	0	0.00	5	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 248-253	250.5	5	4.42	108	95.58	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 261.5-266	263.75	7	4.17	158	94.05	3	1.79	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 274-279	276.5	2	11.76	15	88.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 289-293	291	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 322-326	324	5	17.86	20	71.43	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	10.71	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 330-331.5	330.75	0	0.00	25	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 345-351	348	1	5.56	17	94.44	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 369-375.5	372.25	0	0.00	3	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 383-389	386	0	0.00	35	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 400-405	402.5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 415-420	417.5	2	33.33	4	66.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 430-435.5	432.75	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 444-449.5	446.75	0	0.00	2	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 461-465	463	0	0.00	1	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 474-479	476.5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 490-493	491.5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 532-545	538.5	60	90.91	2	3.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	1.52	0	0.00	0	0.00	3	4.55	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 545-550	547.5	73	59.35	35	28.46	5	4.07	3	2.44	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7	5.69	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 555-560	557.5	93	48.19	12	6.22	3	1.55	0	0.00	10	5.18	1	0.52	0	0.00	1	0.52	0	0.00	61	31.61	0	0.00	8	4.15	4	2.07	0	0.00	0	0.00
PLR-1 565-570	567.5	63	56.25	24	21.43	3	2.68	3	2.68	9	8.04	0	0.00	0	0.00	5	4.46	4	3.57	0	0.00	1	0.89	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 575-581	578	160	47.90	152	45.51	2	0.60	1	0.30	5	1.50	4	1.20	0	0.00	0	0.00	0	0.00	6	1.80	0	0.00	4	1.20	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 589-593	591	13	12.75	72	70.59	0	0.00	5	4.90	7	6.86	1	0.98	0	0.00	0	0.00	1	0.98	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	2.94	0	0.00	0	0.00
PLR-1 628-634	631	57	32.95	106	61.27	0	0.00	0	0.00	2	1.16	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7	4.05	0	0.00	1	0.58	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 640-645	642.5	18	15.65	96	83.48	1	0.87	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 650-655	652.5	3	4.48	63	94.03	1	1.49	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 660-665	662.5	13	8.72	135	90.60	1	0.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 675-680	677.5	0	0.00	9	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 690-695	692.5	1	3.23	30	96.77	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 706-711.5	708.75	0	0.00	16	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 715.5-721	718	2	2.90	67	97.10	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 731-735.5	733.25	12	10.08	105	88.24	2	1.68	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 744-750	747	0	0.00	2	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 759-765	762	0	0.00	16	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 775-780	777.5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 788-792	790	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 801-806.5	803.75	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 811-816.5	813.75	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 821.5-827	824.25	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 836-841	838.5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
PLR-1 852.5-858	855.25	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Παράρτημα 2. Μετρήσεις αριθμού τάξων, ατόμων, δείκτη επικράτησης και δείκτη ποικιλότητας.

Δείγματα	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Shannon_H
PLR-1 18-22	0	0	0	0
PLR-1 62-65	3	4	0.375	1.04
PLR-1 74-78	3	16	0.4922	0.8305
PLR-1 87-92	2	48	0.9592	0.1013
PLR-1 103-107	0	0	0	0
PLR-1 116-121	1	47	1	0
PLR-1 131-135	1	12	1	0
PLR-1 144-147	2	5	0.68	0.5004
PLR-1 164.5-171	1	8	1	0
PLR-1 183-187	1	104	1	0
PLR-1 212-217	3	15	0.76	0.4851
PLR-1 227-232	1	5	1	0
PLR-1 248-253	2	113	0.9154	0.1812
PLR-1 261.5-266	3	168	0.8866	0.262
PLR-1 274-279	2	17	0.7924	0.3622
PLR-1 289-293	0	0	0	0
PLR-1 322-326	3	28	0.5536	0.7873
PLR-1 330-331.5	1	25	1	0
PLR-1 345-351	2	18	0.8951	0.2146
PLR-1 369-375.5	1	3	1	0
PLR-1 383-389	1	35	1	0
PLR-1 400-405	0	0	0	0
PLR-1 430-435.5	0	0	0	0
PLR-1 444-449.5	1	2	1	0
PLR-1 461-465	1	1	1	0
PLR-1 474-479	0	0	0	0
PLR-1 490-493	0	0	0	0
PLR-1 532-545	4	66	0.8297	0.3966
PLR-1 545-550	5	123	0.4387	1.051
PLR-1 555-560	9	193	0.3411	1.373
PLR-1 565-570	8	112	0.3736	1.35
PLR-1 575-581	8	334	0.4375	1
PLR-1 589-593	7	102	0.5227	1.034
PLR-1 628-634	5	173	0.4858	0.8771
PLR-1 640-645	3	115	0.7214	0.4823
PLR-1 650-655	3	67	0.8864	0.2597
PLR-1 660-665	3	149	0.8286	0.3358
PLR-1 675-680	1	9	1	0
PLR-1 690-695	2	31	0.9376	0.1425
PLR-1706-711.5	1	16	1	0
PLR-1 715.5-721	2	69	0.9437	0.1312
PLR-1 731-735.5	3	119	0.789	0.4105
PLR-1 731-735.5	3	119	0.789	0.4105
PLR-1 759-765	1	16	1	0
PLR-1 775-780	0	0	0	0
PLR-1 788-792	0	0	0	0
PLR-1 801-806.5	0	0	0	0
PLR-1 811-816.5	0	0	0	0
PLR-1 821.5-827	0	0	0	0
PLR-1 836-841	0	0	0	0
PLR-1 852.5-858	0	0	0	0

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Παράρτημα 3. Μετρήσεις αρχικού και τελικού βάρους των δειγμάτων και ποσοστιαία συγκέντρωση ιλύος/αργίλου και άμμου σε κάθε δείγμα.

Δείγματα	Αρχικό Βάρος	Τελικό Βάρος (Άμμος)	Ιλύς/Άργιλος (%)	Άμμος(%)
PLR1 018-022	10,702	8,672	18,96841712	81,03158288
PLR1 062-065	9,778	2,123	78,28799345	21,71200655
PLR1 074-078	5,806	2,642	54,49534964	45,50465036
PLR1 087-092	9,329	1,945	79,15103441	20,84896559
PLR1 103-107	8,113	3,949	51,3250339	48,6749661
PLR1 116-121	10,752	0,101	99,06063988	0,939360119
PLR1 131-135	10,944	0,199	98,18165205	1,818347953
PLR1 144-147	8,382	2,379	71,61775233	28,38224767
PLR1 164.5-171	10,112	0,369	96,35087025	3,649129747
PLR1 183-187	9,29	0,127	98,63293864	1,367061356
PLR1 212-217	9,449	4,846	48,71414965	51,28585035
PLR1 227-232	9,661	1,854	80,80944002	19,19055998
PLR1 248-253	9,713	0,387	96,01564913	3,98435087
PLR1 261.5-266	9,878	0,473	95,21158129	4,788418708
PLR1 274-279	9,037	1,034	88,55814983	11,44185017
PLR1 289-293	9,079	1,948	78,5438925	21,4561075
PLR1 322-326	10,368	3,984	61,57407407	38,42592593
PLR1 330-331.5	10,705	1,329	87,58524054	12,41475946
PLR1 345-351	10,824	1,555	85,63377679	14,36622321
PLR1 369-375.5	9,548	0,695	92,72098869	7,279011311
PLR1 383-389	9,068	1,063	88,2774592	11,7225408
PLR1 400-405	9,749	3,691	62,13970664	37,86029336
PLR1 415-420	9,942	0,895	90,99778717	9,002212834
PLR1 430-435.5	9,603	1,359	85,84817245	14,15182755
PLR1 444-449.5	9,957	0,661	93,36145425	6,638545747
PLR1 461-465	9,404	2,794	70,28923862	29,71076138
PLR1 474-479	9,644	4,652	51,76275404	48,23724596
PLR1 490-493	9,046	1,397	84,55671015	15,44328985
PLR1 532-545	11,289	2,396	78,77579945	21,22420055
PLR1 545-550	10,974	0,964	91,21560051	8,78439949
PLR1 555-560	10,146	1,842	81,84506209	18,15493791
PLR1 565-570	9,973	1,153	88,43878472	11,56121528
PLR1 575-581	9,058	1,176	87,01700155	12,98299845
PLR1 589-593	10,69	1,364	87,2404116	12,7595884
PLR1 628-634	9,792	3,848	60,70261438	39,29738562
PLR1 640-645	9,644	2,752	71,46412277	28,53587723
PLR1 650-655	10,856	1,318	87,85924834	12,14075166
PLR1 660-665	10,691	2,627	75,42793003	24,57206997
PLR1 675-680	10,125	6,013	40,61234568	59,38765432
PLR1 690-695	9,879	4,866	50,74400243	49,25599757
PLR1 706-711.5	10,305	1,205	88,30664726	11,69335274
PLR1 715.5-721	11,201	3,317	70,38657263	29,61342737
PLR1 731-735.5	9,076	1,385	84,73997356	15,26002644
PLR1 744-750	10,137	0,726	92,83811779	7,161882214
PLR1 759-765	9,888	2,459	75,13147249	24,86852751
PLR1 775-780	9,665	1,89	80,44490429	19,55509571
PLR1 788-792	9,633	4,157	56,84625766	43,15374234
PLR1 801-806.5	10,609	1,983	81,30832312	18,69167688
PLR1 811-816.5	10,766	2,095	80,54059075	19,45940925
PLR1 821.5-827	9,206	1,726	81,25135781	18,74864219
PLR1 836-841	9,059	1,941	78,57379402	21,42620598
PLR1 852.5-858	9,942	2,481	75,04526252	24,95473748

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Παράρτημα 4. Μετρήσεις δεικτών FAI και FMI στα δείγματα του πυρήνα ιζήματος PLR-1.

Δείγματα	FAI	FMI
PLR-1 018-022	0	0
PLR-1 062-065	25	25
PLR-1 074-078	0	0
PLR-1 087-092	2	2
PLR-1 103-107	0	0
PLR-1 116-121	2	2
PLR-1 131-135	0	0
PLR-1 144-147	0	0
PLR-1 164.5-171	12,5	12,5
PLR-1 183-187	3,6	0,9
PLR-1 212-217	6,6	6,6
PLR-1 227-232	8,3	8,3
PLR-1 248-253	7	0,8
PLR-1 261.5-266	7,1	0,5
PLR-1 274-279	5,8	5,8
PLR-1 289-293	0	0
PLR-1 322-326	9,6	6,4
PLR-1 330-331.5	8	4
PLR-1 345-351	5,8	1
PLR-1 369-375.5	33,3	1
PLR-1 383-389	0	0
PLR-1 400-405	8,5	1
PLR-1 415-420	16,6	1
PLR-1 430-435.5	0	0
PLR-1 444-449.5	0	0
PLR-1 461-465	1	1
PLR-1 474-479	0	0
PLR-1 490-493	0	0
PLR-1 532-545	7	2,8
PLR-1 545-550	4,7	2,3
PLR-1 555-560	6,8	1,5
PLR-1 565-570	3,5	2,1
PLR-1 575-581	4,2	0,6
PLR-1 589-593	6,1	1,5
PLR-1 628-634	6,9	1,7
PLR-1 640-645	7,8	1,7
PLR-1 650-655	5,9	1,4
PLR-1 660-665	4	0,6
PLR-1 675-680	11,1	11,1
PLR-1 690-695	3,2	3,2
PLR-1 706-711.5	12,5	6,2
PLR-1 715.5-721	13	1,4
PLR-1 731-735.5	5,8	1,6
PLR-1 744-750	0	0
PLR-1 759-765	6,2	6,2
PLR-1 775-780	0	0
PLR-1 788-792	0	0
PLR-1 801-806.5	0	0
PLR-1 811-816.5	0	0
PLR-1 821.5-827	0	0
PLR-1 836-841	0	0
PLR-1 852.5-858	0	0

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ

Παράρτημα 5. Μετρήσεις του μικροπαλαιοντολογικού δείκτη *A* στα δείγματα του πυρήνα ιζήματος PLR-1.

Δείγματα	Σύνολα Ammonia	>5μ	<5μ	A
PLR-1 62-65	2	0	2	0
PLR-1 74-78	5	0	5	0
PLR-1 87-92	1	0	1	0
PLR-1 144-147	1	0	1	0
PLR-1 212-217	1	0	1	0
PLR-1 248-253	5	0	5	0
PLR-1 261.5-266	7	0	7	0
PLR-1 274-279	2	0	2	0
PLR-1 322-326	5	0	5	0
PLR-1 345-351	1	0	1	0
PLR-1 415-420	2	0	2	0
PLR-1 532-545	60	0	60	0
PLR-1 545-550	73	1	72	1.369
PLR-1 555-560	93	1	92	1.075
PLR-1 565-570	63	0	63	0
PLR-1 575-581	160	2	158	1.25
PLR-1 589-593	130	1	129	0.769
PLR-1 628-634	57	1	56	1.754
PLR-1 640-645	18	0	18	0
PLR-1 650-655	3	0	3	0
PLR-1 660-665	13	0	13	0
PLR-1 690-695	1	0	1	0
PLR-1 715.5-721	2	0	2	0
PLR-1 731-735.5	12	0	12	0

Ψηφιακή βιβλιοθήκη Θεόφραστος – Τμήμα Γεωλογίας – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης