



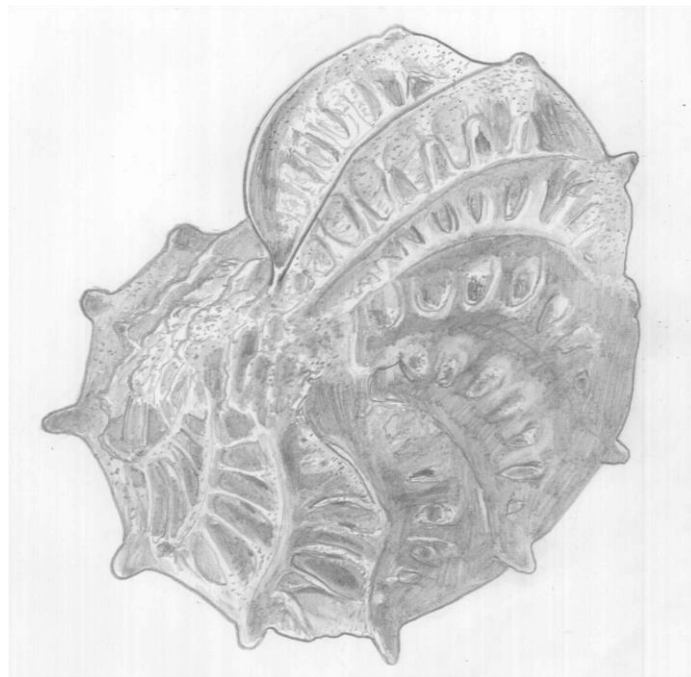
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΟΦΙΑ ΑΨΕΜΙΔΟΥ

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ ΣΤΑ
ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Ν. ΛΗΜΝΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2020





ΣΟΦΙΑ ΑΨΕΜΙΔΟΥ

Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5391

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ ΣΤΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Ν. ΛΗΜΝΟΥ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας,

Επιβλέπουσα

Δρ. Όλγα Κουκουσιούρα, Ε.ΔΙ.Π.



© Σοφία Αψεμίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ ΣΤΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Ν. ΛΗΜΝΟΥ – *Διπλωματική Εργασία*

© Sofia Apsemidou, School of Geology, Dept. of Geology, 2020

All rights reserved.

Distribution and systematics of the microfauna at the coastal ecosystems of Lemnos Island
– *Bachelor Thesis*

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

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

Εικόνα Εξωφύλλου: Elphidium aculeatum



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 Τρηματοφόρα	9
2. Περιοχή μελέτης	15
2.1 Γεωλογία της περιοχής	15
2.2 Περιοχή Μελέτης	20
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	23
3.1 Δειγματοληψία	23
3.2 Εργαστηριακή επεξεργασία	23
2.3 Μέθοδοι ανάλυσης	24
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	26
3.1 Πανιδική ανάλυση	26
3.2 Στατιστική ανάλυση	27
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	29
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	38
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	40



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σκοπός ήταν η μελέτη των σημερινών περιβαλλοντικών συνθηκών στην παράκτια (onshore) ζώνη του νησιού της Λήμνου (ΒΑ Αιγαίο) χρησιμοποιώντας τα τρηματοφόρα ως περιβαλλοντικούς δείκτες.

Για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής, θα ήθελα καταρχάς να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας, Δρ. Όλγα Κουκουσιούρα για τις συμβουλές και την καθοδήγηση καθ' όλη την διάρκεια της πραγματοποίησης της εργασίας, καθώς επίσης και για την άμεση επικοινωνία και συνεννόηση.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω γενικά, το διδακτικό προσωπικό του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ για την παροχή γνώσεων και βοήθειας κατά την διάρκεια των σπουδών μου, όπως και για τη χρήση των εργαστηριακών εγκαταστάσεων του Εργαστηρίου Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου για την στήριξη και την υπομονή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Θεσσαλονίκη, 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την εκτίμηση των σύγχρονων περιβαλλοντικών συνθηκών στον παράκτιο χώρο της Λήμνου πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ιζημάτων πυθμένα για τη μελέτη τρηματοφόρων σε 6 διαφορετικές θέσεις (Κέρος, Πλατύ, Χαβούλη, Εβγάτης, Ηφαιστεία, Μικρό Φαναράκι). Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν περιελάμβαναν την πανιδική ανάλυση και την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με υπολογισμό πανιδικών δεικτών [Taxa (S), Dominance (D), Shannon (H'), Equitability (J), Πυκνότητα (Density)]. Από τις θέσεις μελέτης συλλέχθηκαν συνολικά 843 άτομα που ανήκαν σε 17 γένη και 26 είδη τρηματοφόρων, καθώς και 137 σπασμένα/επανεπεξεργασμένα κελύφη. Διακρίθηκαν 5 πανιδικές συναθροίσεις: Α. Συνάθροιση τυπικού παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος (θέσεις Κέρος, Πλατύ), με τυπικά είδη τα *A. beccarii*, μικρά rotaliids, *Elphidium* spp., *Peneroplis* spp., miliolids και υψηλές τιμές πανιδικών δεικτών, Β. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με έντονη φυτοκάλυψη (θέση Χαβούλη) με τυπικά είδη τα *P. pertusus*, *A. beccarii*, miliolids, *Elphidium* spp., μικρά rotaliids και μέτριες τιμές πανιδικών δεικτών. Γ. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με εισροές γλυκών υδάτων (θέση Εβγάτης), με τυπικά είδη τα *E. crispum*, *A. beccarii*, miliolids και μέτριες-χαμηλές τιμές πανιδικών δεικτών. Δ. Συνάθροιση ανοιχτής λιμνοθάλασσας (θέση Ηφαιστεία) με τυπικά είδη τα *Quinqueloculina* sp1, *A. tepida*, *E. crispum*, *P. planatus* και χαμηλές τιμές πανιδικών δεικτών. Ε. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με έντονο κυματισμό (θέση Μικρό Φαναράκι) και τυπικά είδη τα *A. beccarii*, *Elphidium* spp., *Peneroplis* spp., miliolids, μικρά rotaliids και μέτριες-υψηλές τιμές των πανιδικών δεικτών. Η εργασία αυτή αποδεικνύει την χρησιμότητα των τρηματοφόρων ως περιβαλλοντικοί δείκτες και προσθέτει νέα στοιχεία για το ΒΑ Αιγαίο.

ABSTRACT

For the assessment of the current environmental conditions in the coastal area of Lemnos, foraminiferal sampling was carried out in 6 different locations (Keros, Plati, Chavouli, Evgatis, Hephaestia, Mikro Fanaraki). The methods applied included a fauna analysis and the statistical processing of the data, with calculation of faunal indices [Taxa (S), Dominance (D), Shannon (H'), Equitability (J), Density]. A total of 843 individuals belonging to 17 genera and 26 species of foraminifera were collected from the study areas, as well as 137 broken/reworked specimens. Five faunal assemblages were distinguished: A. Assemblage of typical shallow marine environment (Keros, Plati sites), with typical species *A. beccarii*, small rotaliids, *Elphidium* spp., *Peneroplis* spp., miliolids and high values of faunal indices, B. Assemblage of shallow marine environment with seagrass (Chavouli site) with typical species *P. pertusus*, *A. beccarii*, miliolids, *Elphidium* spp., small rotaliids and moderate values of faunal indices. C. Assemblage of shallow marine environment with freshwater inputs (Evgatis site), with typical species *E. crispum*, *A. beccarii*, miliolids and moderate-low values of faunal indices. D. Assemblage of open lagoon (Hephaestia site) with typical species *Quinqueloculina* sp. 1, *A. tepida*, *E. crispum*, *P. planatus* and low values of faunal indices. E. Assemblage of shallow marine environment with strong waves (Mikro Fanaraki site) with typical species *A. beccarii*, *Elphidium* spp., *Peneroplis* spp., miliolids, small rotaliids and moderate-high values of faunal indices. This work proves the usefulness of foraminifera as environmental bioindicators and provides new data for the NE Aegean.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Τρηματοφόρα

Τα Τρηματοφόρα (Foraminifera d'Orbigny, 1826) αποτελούν ένα Φύλο ευκαρυωτικών, μονοκύτταρων οργανισμών και διακρίνονται σε πλαγκτονικούς και βενθονικούς ανάλογα με τον τρόπο διαβίωσης τους. Συνήθως αποτελούνται από ένα κέλυφος, που μπορεί να είναι ασβεστιτικό, οργανικό, πυριτικό, συμφυρματοπαγές ή αραγωνιτικό (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Η διατήρηση του κελύφους έχει δώσει ένα πλούσιο παλαιοντολογικό αρχείο που ξεκινάει από το Κάμβριο μέχρι σήμερα (Murray, 2006). Διαθέτουν ένα δίκτυο ψευδοποδίων (κοκκιοδικτυοπόδια) με τα οποία συλλαμβάνουν την τροφή τους, μετακινούνται, αναπνέουν, αναπαράγονται και αποβάλλουν περιττώματα (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012; Albani, 1979; Murray, 2006). Έχουν ετεροφασικό κύκλο ζωής δηλαδή χαρακτηρίζονται από στάδια αγενούς και εγγενούς αναπαραγωγής (Τριανταφύλλου και Δημιζα, 2012, και αναφορές). Υπάρχουν πάνω από 50.000 είδη με τα 10.000 να είναι αρτίγονα (Adl et al., 2007; Pawlowski et al., 2014).

Κέλυφος

Το κέλυφος (test) εκκρίνεται από τον ίδιο τον οργανισμό ή αποτελείται από υλικό του περιβάλλοντος και περιβάλλει το μεγαλύτερο μέρος του κυτοπλάσματος. Αποτελεί το πιο σημαντικό ταξινομικό στοιχείο (Albani, 1979). Τα χαρακτηριστικά του είναι ένας ή περισσότεροι θάλαμοι, με πολλά ανοίγματα και τοιχώματα που ποικίλλουν σε σύσταση (Albani, 1979; Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012):

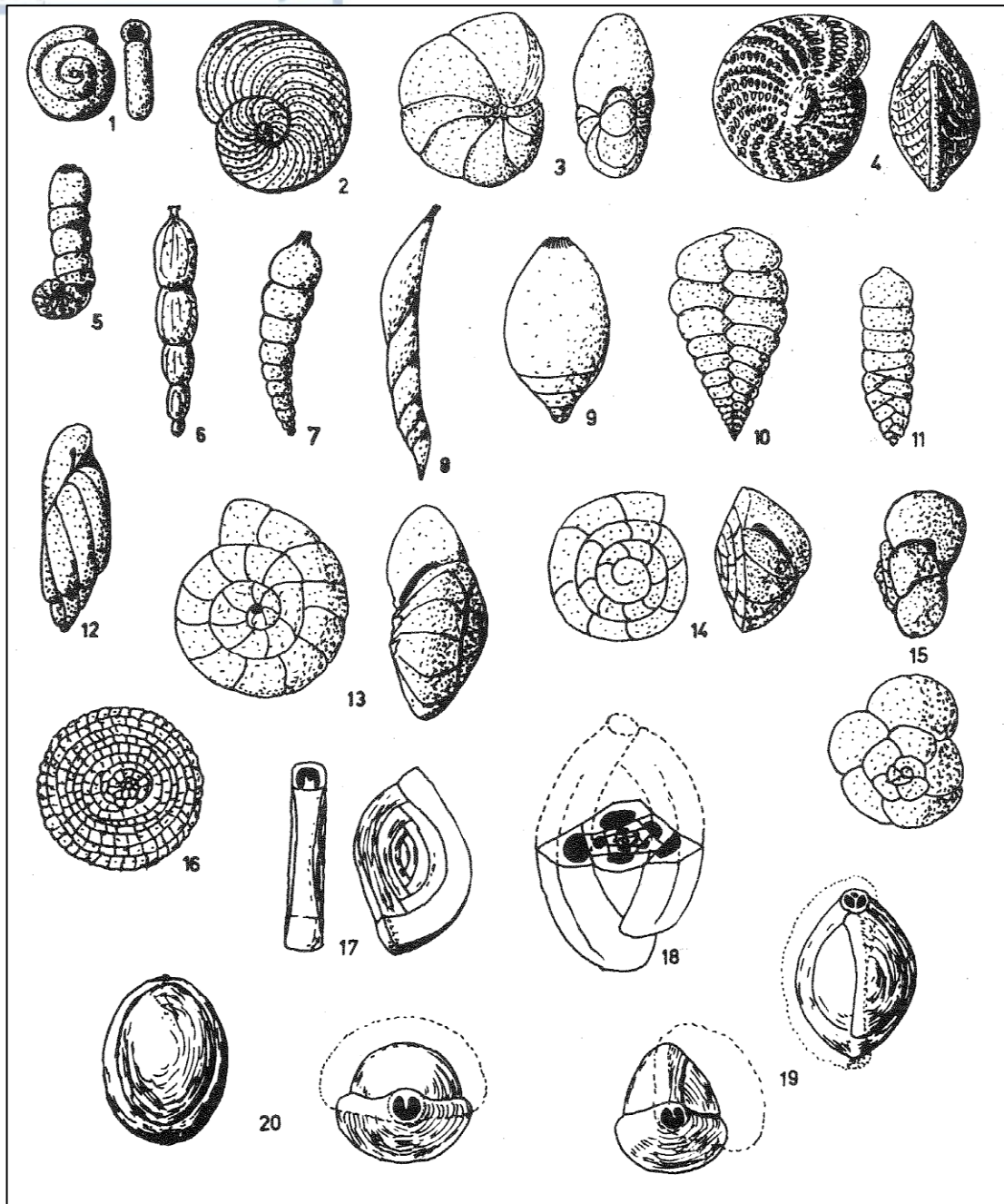
- Χιτινώδεις: λεπτό, εύκολα παραμορφώσιμο. Εμφανίζεται στις πιο απλές μορφές και στο εμβρυικό στάδιο μερικών πιο περίπλοκων μορφών.
- Συμφυρματοπαγές: αποτελείται από δειτρίτικα υλικά που συγκολλώνται με υλικό ασβεστιτικής ή άλλης σύστασης που εκκρίνεται από το τρηματοφόρο.
- Ασβεστολιθικό: μικροκοκκώδεις, πορσελανώδεις, υαλώδεις. Το μικροκοκκώδες τοίχωμα αποτελείται από μικροσκοπικούς κρυστάλλους ασβεστίτη ανομοιόμορφα διατεταγμένοι και εμφανίζεται κυρίως σε τρηματοφόρα του Παλαιοζωικού. Το πορσελανώδες αποτελείται από 3 στρώσεις κρυστάλλων ασβεστίτη πλούσιους σε Mg. Η εσωτερική και η εξωτερική φέρουν κρυστάλλους παράλληλα διατεταγμένους στο τοίχωμα, ενώ η ενδιάμεση τυχαία προσανατολισμένους. Το τοίχωμα δεν φέρει πόρους (αδιάτρητο) και

εμφανίζεται αδιαφανές με λευκό πορσελανώδες χρώμα. Το υαλώδες τοίχωμα αποτελείται από χαμηλής περιεκτικότητας σε Mg ρομβοεδρικούς ασβεστιτικούς κρυστάλλους με τον c άξονα κάθετο στην επιφάνεια. Φέρει πόρους (διάτρητο) και εμφανίζεται διαφανές με υαλώδη όψη. Επίσης, βασικό χαρακτηριστικό των ασβεστολιθικών υαλώδων κελυφών είναι το ελασματοειδές τοίχωμα που δεν εμφανίζεται στις άλλες περιπτώσεις.

Εξωτερικά τα τρηματοφόρα έχουν ποικίλη μορφολογία του κελύφους, ανάπτυξη των θαλάμων και διακόσμηση.

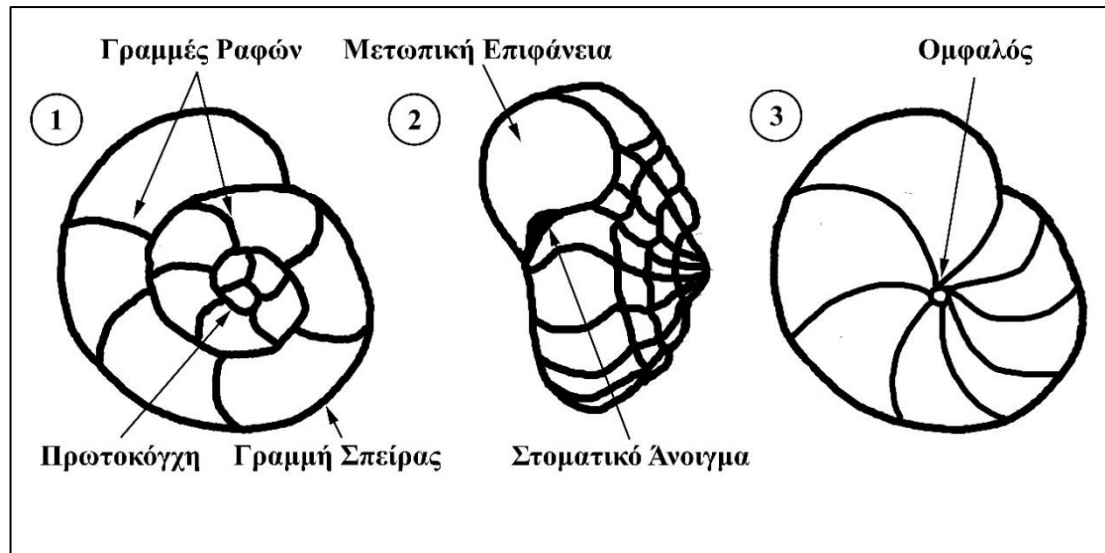
Ο θάλαμος αποτελεί τη βασική «μονάδα» μέσα από την οποία ο οργανισμός ζει. Καθώς αναπτύσσεται δημιουργούνται νέοι θάλαμοι των οποίων σχήμα, αριθμός και τοποθέτηση είναι χαρακτηριστικό του κάθε γένους (Albani, 1979) (Εικ. 1). Κάθε θάλαμος φέρει κοιλότητα και διαχωρίζεται από τους υπόλοιπους μέσω διαφραγμάτων. Τα τελευταία δημιουργούν τις γραμμές ραφής στην εξωτερική επιφάνεια του κελύφους. Εσωτερικά οι θάλαμοι έχουν ένα ενδομεσοθαλαμικό άνοιγμα με το οποίο επιτρέπεται η επικοινωνία όλου του κελύφους (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Το τελικό άνοιγμα λέγεται και στοματικό άνοιγμα το οποίο αποτελεί ταξινομικό στοιχείο σε επίπεδο γένους και είδους. Τα κελύφη μπορεί να είναι μονοθάλαμα (σπάνια) και πολυθάλαμα. Μπορούν να είναι ευθυτενή τα οποία έχουν μία ή περισσότερες σειρές ανάπτυξης θαλάμων. Υπάρχουν επίσης τα περιελιγμένα που χωρίζονται αντίστοιχα σε επιπεδοσπειροειδή, τροχοσπειροειδή και στρεπτοσπειροειδή ανάλογα με τη διεύθυνση των θαλάμων σε ένα ή περισσότερα επίπεδα. Στα επιπεδοσπειροειδή κελύφη, όταν οι ελιγμοί είναι πλήρως ορατοί η περιέλιξη ονομάζεται ανειλιγμένη ενώ χαρακτηρίζεται ως ενειλιγμένη αν ο τελευταίος ελιγμός καλύπτει τους υπόλοιπους. Στα τροχοσπειροειδή κελύφη η όψη όπου είναι ορατός ο αρχικός θάλαμος λέγεται σπειροειδής και αντίστοιχα η αντίθετη ομφαλική (Εικ. 2). Στην περίπτωση των τρηματοφόρων με πορσελανώδη κελύφη υπάρχει η αγαθιστεγής περιέλιξη, όπου οι θάλαμοι είναι διευθετημένοι υπό γωνία με τον τελευταίο θάλαμο να καλύπτει τα υπόλοιπα σε μήκος. Σε πολλές περιπτώσεις τα τρηματοφόρα συνδυάζουν διαφορετικές μορφές συναρμογής άρα και πολύπλοκο μοντέλο ανάπτυξης (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Τέλος, στα κελύφη των τρηματοφόρων μπορεί να υπάρχει ποικίλος στολισμός που βοηθά στην άμυνα, στην πλεύση (πλαγκτονικά τρηματοφόρα) και στην

προσκόλληση (βενθονικά τρηματοφόρα) (Albani, 1979; Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012).



Εικόνα 1. Αρχιτεκτονική κελύφων διάφορων τρηματοφόρων. α) 1-5, επιπεδοσπειροειδή, β) 6-9, ευθυτενή, γ) 13-15, τροχοσπειροειδή, δ) 16, δακτυλοειδής, ε) 17, "spiroloculine", στ) 18, "quineloculine", ζ) 19, "triloculine", η) 20, "biloculine" (από Albani, 1979).

Ένα ακόμη σημαντικό ταξινομικό στοιχείο είναι η πρωτοκόγχη και η δευτεροκόγχη που αποτελούν την εμβρυακή συσκευή δηλαδή το αρχικό κέλυφος κατά την δημιουργία του ατόμου.



Εικόνα 2. Βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά κελύφους τρηματοφόρου. 1. ενειλιγμένη (σπειροειδής) όψη, 2. πλάγια όψη, 3. ανελλιγμένη (ομφαλική) όψη (Τροποποιημένο από Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012).

Συστηματική

Λόγω της πολυπλοκότητας στον προσδιορισμό των ταξινομικών σχέσεων των τρηματοφόρων στο απολιθωμένο και σύγχρονο αρχείο έχουν γίνει πολλές μελέτες που αφορούν και την μοριακή φυλογενετική (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012, και αναφορές). Η τοποθέτηση τους αποτελεί αντικείμενο διαφωνίας (π.χ., Cavalier-Smith, 2003, 2004; Moreira et al., 2007; Irwin et al., 2019), αλλά γενικά ακολουθείται στην παρούσα εργασία η ταξινόμηση κατά Loeblich and Tappan (1992).

Βενθονικά Τρηματοφόρα

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη των βενθονικών τρηματοφόρων. Πρόκειται δηλαδή για τρηματοφόρα που ζουν ελεύθερα ή προσκολλημένα στην επιφάνεια (επιπανδικά) ή λίγο κάτω από αυτήν (ενδοπανδικά) στο βυθό (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Τα ελεύθερα επιπανδικά καθώς και τα ενδοπανδικά ζουν σε μαλακά υποστρώματα που ανάλογα με την ενέργεια του περιβάλλοντος εφαρμόζουν διαφορετική στρατηγική του κελύφους, ενώ τα προσκολλημένα επιλέγουν σκληρά υποστρώματα όπως πετρώματα, κελύφη, ζώα (επιζωικά), φυτά (επιφυτικά) και έχουν την κοιλιακή επιφάνεια επίπεδη ή κοίλη (Murray, 2006; Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Επίσης, τα ενδοπανδικά βρέθηκαν

να ζουν μέσα στο ίζημα σε βάθος όχι μεγαλύτερο των 10 cm αν και σε υφάλμυρες συνθήκες αυτό μπορεί να ξεπεράσει τα 60 cm βάθος (Murray, 2006, και αναφορές).

Τα βενθονικά τρηματοφόρα είναι παμφάγοι οργανισμοί, που σε μερικές περιπτώσεις εμφανίζουν ενδοσυμβιωτική σχέση με φωτοσυνθετικούς οργανισμούς (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012, και αναφορές). Απαντώνται παγκοσμίως σε όλα τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές και ιζηματολογικές συνθήκες, σε θαλάσσια περιβάλλοντα από την παράκτια ζώνη έως την αβυσσική αλλά έχουν βρεθεί και σε υφάλμυρα περιβάλλοντα (π.χ., Triantaphyllou et al., 2003; Murray, 2006; Koukousioura et al., 2012; Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012).

Εφαρμογές Βενθονικών Τρηματοφόρων

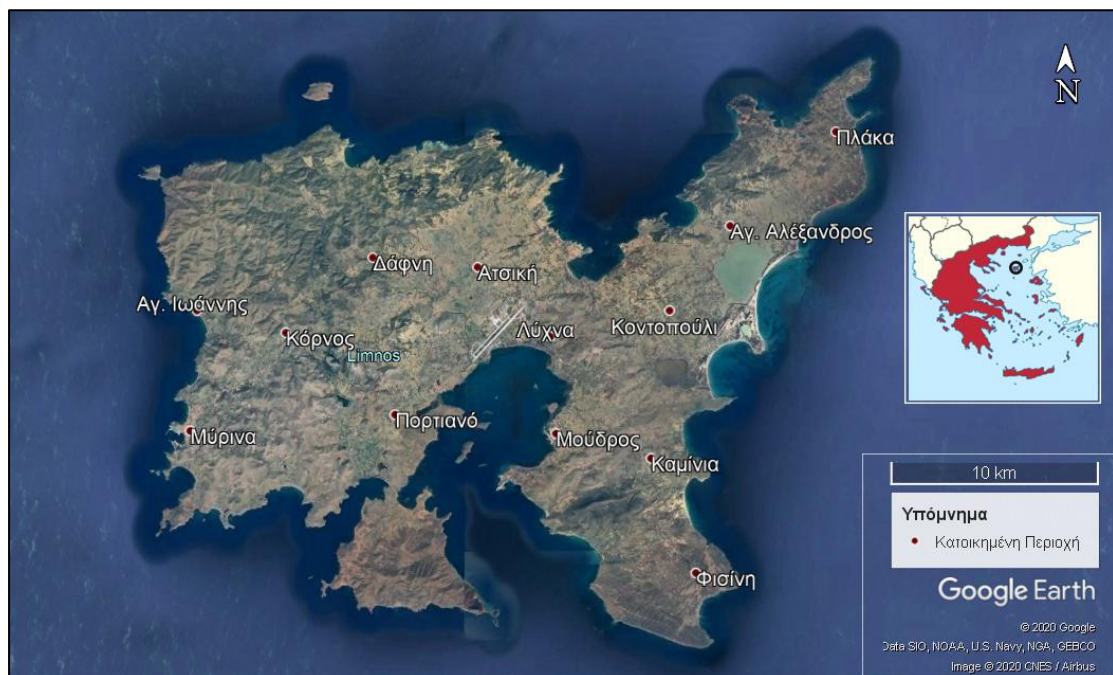
Τα βενθονικά τρηματοφόρα και η εφαρμογή τους σε γεωπεριβαλλοντικές έρευνες αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών, καθώς είναι χρήσιμα στην ανακατασκευή (παλαιο)οικολογικών και (παλαιο)ωκεανογραφικών συνθηκών αλλά και στην βιοστρωματογραφική συσχέτιση και χρονολόγηση (Murray, 2006). Ενδεικτικά αναφέρονται μερικές εργασίες όπου τα τρηματοφόρα χρησιμοποιήθηκαν ως περιβαλλοντικοί δείκτες σε παγκόσμιο και μεσογειακό επίπεδο για το Τεταρτογενές. Οι Khusid et al. (2005) μελετώντας τις συναθροίσεις τρηματοφόρων από πυρήνα γεώτρησης στην ηπειρωτική κατώφρεια της χερσονήσου Καμτσάτκα (Ρωσία) προσδιόρισαν τις πανιδικές μεταβολές κατά την διάρκεια των τελευταίων παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων του Πλειστοκαίνου-Ολοκαίνου. Οι Gustiandini et al. (2007) σε πυρήνα γεώτρησης 30 m από το Gombong (Κεντρική Ιάβα, Ινδονησία) ανέλυσαν τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας κατά το Ολόκαινο με χρήση τρηματοφόρων (*Ammonia beccarii*, Miliolidae) ως δείκτες συγκεκριμένων περιβαλλοντικών συνθηκών (λιμνοθάλασσα, ρηχή θάλασσα). Στην περιοχή Hornsund (Svalbard) οι Zajączkowski et al. (2010) αναφέρουν μια ζώνωση της παρουσίας και βιοποικιλότητας τρηματοφόρων σε fjord, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του θαλάσσιου νερού του Ατλαντικού και του γλυκού νερού από το λιώσιμο των παγετώνων. Οι Dessandier et al. (2019) παρατήρησαν τις συνθήκες περιβαλλοντικού στρες που επικρατούν σε περιοχές ανάβλυσσης φυσικού μεθανίου στα στενά Fram (θάλασσα της Γροιλανδίας) και πώς ανταπεξέρχονται σε αυτό τα τρηματοφόρα. Οι Koukousioura et al. (2019a) και Pavlopoulos et al. (2018), μελέτησαν τις Ολοκαινικές παλαιοπεριβαλλοντικές αλλαγές της παράκτιας περιοχής της νήσου Farasan Al-Kabir

(Σαουδική Αραβία) κάνοντας χρήση τρηματοφόρων. Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο στις ακτές του Ατλαντικού οι Delaine et al. (2014) εξέτασαν τις παλαιοπεριβαλλοντικές μεταβολές των εκβολών του ποταμού Λίγηρα (Γαλλία) με πολυπαραγοντική ανάλυση που περιλάμβανε χρήση τρηματοφόρων. Στη Μεσόγειο πραγματοποιήθηκαν επίσης πολλές έρευνες. Στην περιοχή του San Benedetto del Tronto (Κεντρική Αδριατική, Ιταλία) οι Casieri and Carboni (2007) μελέτησαν την άνοδο της στάθμης της θάλασσας του Ολοκαίνου προσδιορίζοντας βιοφάσεις τρηματοφόρων διαφόρων περιβαλλοντικών συνθηκών. Στην ανατολική Μεσόγειο στην περιοχή του Ελληνικού χώρου πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη των Ολοκαινικών ιζημάτων από παράκτια πεδία του Αιγαίου πελάγους όπου προσδιορίστηκαν οι συναθροίσεις *Ammonia tepida*-*Aubignyna perlucida* και *Ammonia tepida*-*Haynesina germanica*, αντιπρόσωποι περιβαλλοντικών συνθηκών ανοιχτής και κλειστής λιμνοθάλασσας αντίστοιχα (Koukousioura et al., 2012). Ακόμη, οι Triantaphyllou et al. (2016) μελέτησαν στον Πειραιά τις παλαιοπεριβαλλοντικές μεταβολές των τελευταίων 9000 χρόνων με χρήση, μεταξύ άλλων, των τρηματοφόρων ως περιβαλλοντικούς δείκτες. Επίσης, οι Dimiza et al. (2020) ανακατασκεύασαν τις παλαιοκλιματολογικές μεταβολές του Βορείου Αιγαίου τα τελευταία 1500 χρόνια μελετώντας τρηματοφόρα βαθιάς θάλασσας. Τέλος, οι Koukousioura et al. (2019b) μελετώντας την λίμνη Ισμαρίδα (Θράκη) προσδιόρισαν, με τη χρήση τρηματοφόρων ως περιβαλλοντικούς δείκτες, τις Ολοκαινικές μεταβολές του περιβάλλοντος από θαλάσσιο σε λιμνοθαλάσσιο και τελικά, λιμναίων υδάτων όπως εμφανίζεται σήμερα.

2. Περιοχή μελέτης

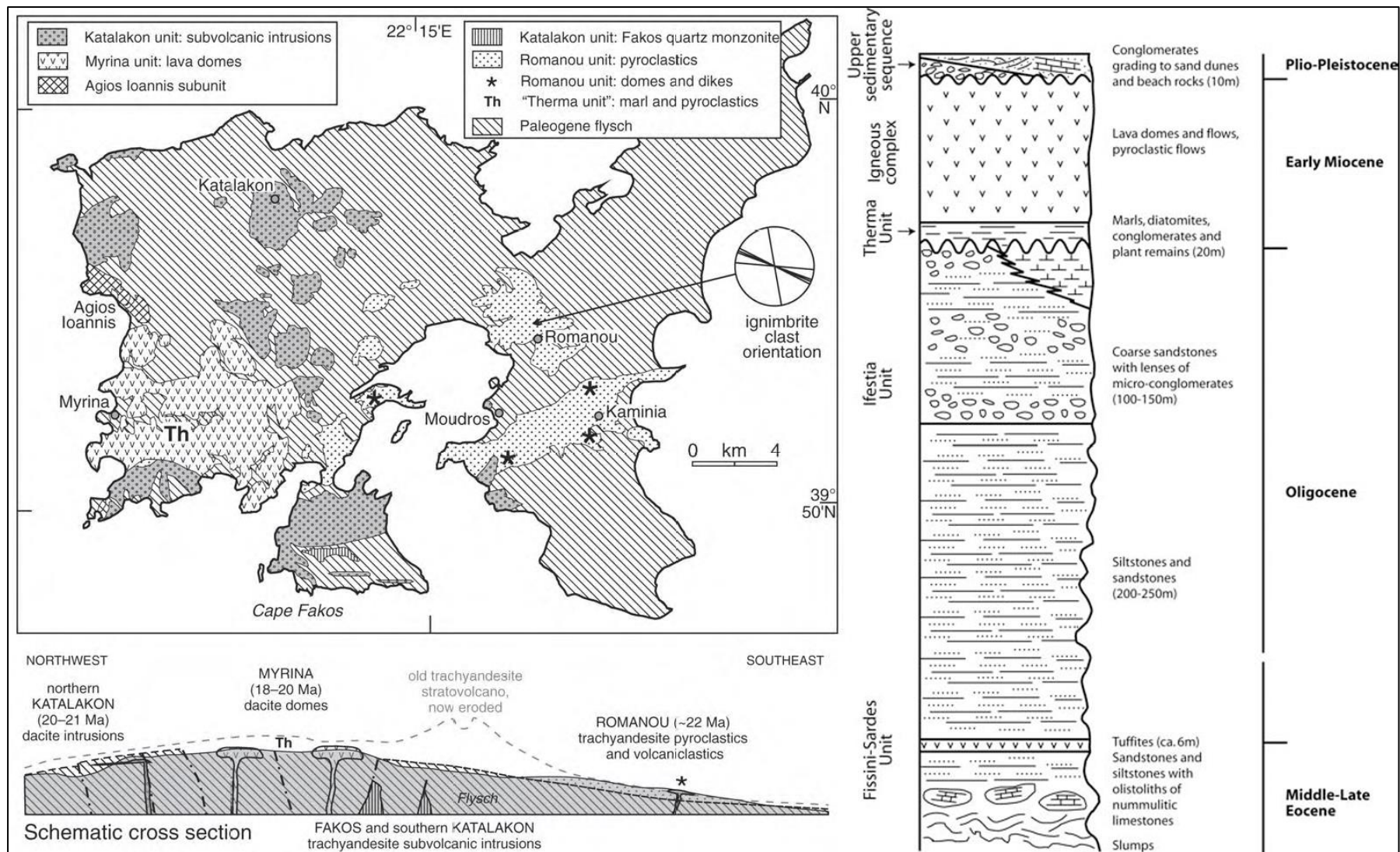
2.1 Γεωλογία της περιοχής

Η Λήμνος (Εικ. 3) είναι το όγδοο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και βρίσκεται στο ΒΑ τμήμα του Αιγαίου πελάγους. Το συνολικό μέγεθος του νησιού είναι 476 m² με πλήθος παραλιακών εκτάσεων 310 km.



Εικόνα 3. Δορυφορική φωτογραφία της Λήμνου (Εικόνα από Google Earth Pro).

Η γεωλογική εξέλιξη της περιοχής περιγράφηκε από τους Innocenti et al. (2009). Οι κατώτεροι σχηματισμοί του νησιού αποτελούνται από ιζήματα ηλικίας Μέσου-Άνω Ηωκαίνου (Λουτήσιο) έως Κάτω Μειοκαίνου (Εικ. 4). Ανάλυση των ψαμμιτικών σχηματισμών έδειξε την προέλευση του κλαστικού υλικού από χαμηλής έως μέσης μεταμόρφωσης ιζηματογενή πετρώματα προερχόμενα από τη μάζα Ροδόπης και την Περιοδοπική ζώνη. Τα ιζήματα αυτά αντανακλούν τις γεωδυναμικές σχέσεις μεταξύ Σερβομακεδονικής ζώνης-Μάζας Ροδόπης και το κλείσιμο του ωκεάνιου χώρου της Πίνδου (Υποπελαγονική) που υποβυθίστηκε κατά το Ανώτερο Κρητιδικό στο Ευρωπαϊκό περιθώριο κάτω από τις ενωμένες ενότητες των ζωνών Ροδόπης-Βαρδάρ-Πελαγονικής. Κατά το Άνω Ολιγόκαινο έως Κάτω Μειόκαινο η περιοχή τεκτονίζεται και η στρωματογραφική ακολουθία πτυχώνεται, διαβρώνεται και καλύπτεται κυρίως από ηπειρωτικά ιζήματα.



Εικόνα 4. Γεωλογικός χάρτης και ΒΔ-ΝΑ τομή της Λήμνου και συνθετική στρωματογραφική στήλη (Τροποποιημένο από Innocenti et al., 1994 και Innocenti et al., 2009).

Μια αναλυτικότερη περιγραφή και χρονολόγηση της στρωματογραφικής ακολουθίας του νησιού δόθηκε πρόσφατα από τους Papanikolaou and Triantaphyllou (2019). Η μελέτη έδειξε την παρουσία ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς με πάχος ανώτερο των 2200 m. Με βάση τα δεδομένα από την μελέτη των ασβεστολιθικών ναννοαπολιθωμάτων βρέθηκε η ακολουθία αυτή να εκτείνεται από το Άνω Ηώκαινο (βιοζώνη NP17, 38–40 Ma) έως το όριο Μειοκαίνου (βιοζώνη NP25, 24–25 Ma και έως 23 Ma εντός της βιοζώνης NN1). Οι χαρακτηριστικές ενότητες που περιγράφονται από τους ίδιους ερευνητές είναι οι εξής:

- Κατώτεροι ορίζοντες, με επιφανειακές εμφανίσεις στην ΝΑ Λήμνο, πάχους άνω των 300 m και ηλικία Α. Ηώκαινο (NP17).

- Ένας υπερκείμενος διακριτός ορίζοντας, που εμφανίζεται κατά μήκος ενός λόφου διάταξης ΒΔ-ΝΑ στην ΝΑ Λήμνο, ανατολικά της Φισίνης, αποτελείται από ένα τεμαχώδες σχηματισμό με ολισθόλιθους από νηρητικούς νουμμουλιτοφόρους ασβεστόλιθους. Αυτός ο ορίζοντας εμφανίζεται περίπου 100–120 m πάνω από τις κατώτερες εναλλαγές ψαμμιτών και πηλινών του Α. Ηώκαινου (NP17).

- Ένας άλλος διακριτός ορίζοντας περίπου 150-200 m, υπερκείμενος του προηγούμενου σχηματισμού, αποτελείται από ενστρώσεις ηφαιστειακών τόφφων μέσα σε κυκλικά επαναλαμβανόμενη στρωματογραφική ακολουθία που εκτίθεται στο ακρωτήριο της Αγίας Ειρήνης. Χρονολογήθηκε στο Άνω Ηώκαινο – Κάτω Ολιγόκαινο (βιοζώνη NP23, 27,14-30,0 Ma). Τα ραδιοχρονολογικά δεδομένα από τις χαμηλότερες ηφαιστειακές διεισδύσεις αποκάλυψαν μια ηλικία περίπου 36 Ma.

- Εκατοντάδες μέτρα πιο πάνω στην ακολουθία υπάρχει μια αλλαγή σε πυκνούς ψαμμίτες και κροκαλοπαγή μεταβλητού πάχους, ανάλογα με τη θέση της περιοχής εντός των λοβών των υποθαλάσσιων ριπιδίων. Το μέσο πάχος των κροκαλοπαγών στο κεντρικό τμήμα της ανατολικής Λήμνου είναι 150-200 m. Η ηλικία προσδιορίστηκε στο Άνω Ολιγόκαινο (27,14–26,81 Ma, βιοζώνη NP24).

- Η στρωματογραφική ακολουθία συνεχίζεται χωρίς μεταβολές στο Άνω Ολιγόκαινο μέχρι το όριο Ολιγοκαίνου – Μειοκαίνου. Εμφανίσεις της ακολουθίας, χωρίς έντονο τεκτονισμό, υπάρχουν στο δυτικό τμήμα της Λήμνου, από τον Κάσπακα μέχρι το ΒΔ ακρωτήριο Μούρτζουφλος στην περιοχή της Βίγλας. Οι νεότερες ηλικίες έχουν προσδιοριστεί στην περιοχή αυτή μεταξύ 26,81-24,36 Ma (NP25) και έως 23 Ma (NN1). Στους ανώτερους ορίζοντες συνήθη είναι η παρουσία ηφαιστειακών φλεβών

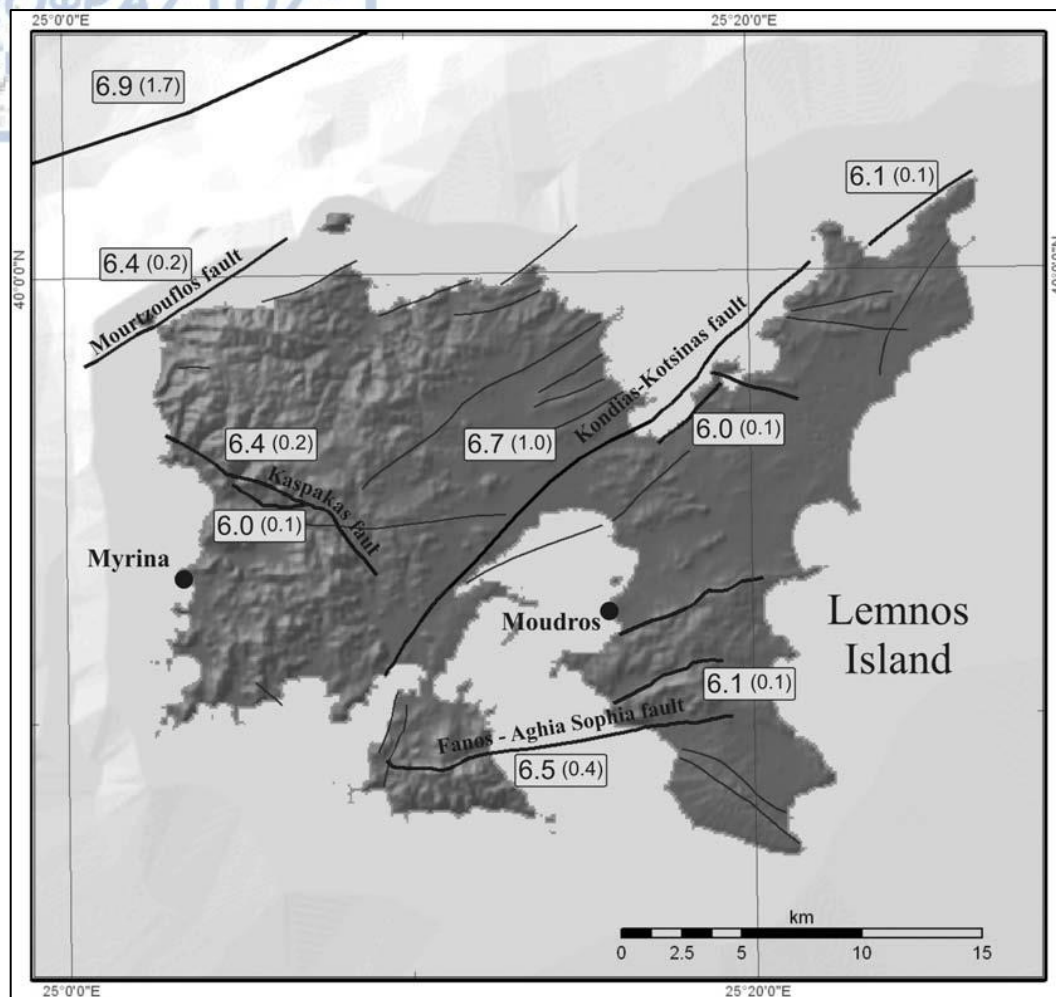
και εκχύσεων, ενώ τα ηφαιστειακά προϊόντα εμφανίζονται εκτεταμένα στο κεντρικό-νότιο τμήμα του νησιού και χρονολογούνται στο Κάτω Μειόκαινο (18–22 Ma). Οι πυροκλαστικές αποθέσεις καλύπτουν ασύμφωνα την υποκείμενη ιζηματογενή ακολουθία.

Εξάλλου, είναι γνωστό ότι κατά το Μειόκαινο σημειώθηκε έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα που έδωσε τα αντίστοιχα πετρώματα και σχηματισμούς ηλικίας 22-18 Ma (Innocenti et al., 2009). Αποτελούν τα παλαιότερα σε ηλικία πυριγενή πετρώματα του Αιγαίου. Ο μαγματισμός σταματάει στο Μέσο Μειόκαινο λόγω της μετακίνησης του ορογενούς προς τα Νότια.

Όσον αφορά τη συνολική στρωματογραφική ακολουθία της Λήμνου, μαζί με την ισοδύναμη αλληλουχία ιζημάτων της περιοχής της Θράκης, με την οποία συσχετίζεται (Innocenti et al., 2009, Papanikolaou and Triantaphyllou, 2019), αυτή δείχνει ένα βαθύ θαλάσσιο περιβάλλον μολассικού τύπου σε οπισθοτόξια λεκάνη (back-arc basin) (Papanikolaou and Triantaphyllou, 2019, και αναφορές).

Η θέση της Λήμνου κοντά στην Τάφρο του Βορείου Αιγαίου, κλάδου της ευρύτερης ρηξιγενούς ζώνης του ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας, την καθιστά ένα υψηλής ενεργότητας και σεισμικότητας κέντρο (Pavlidis et al., 2009, και αναφορές). Έχουν χαρτογραφηθεί μια σειρά ενεργών ρηγμάτων που προφανώς επηρεάζουν την γεωμορφολογία και εξέλιξη της περιοχής (Εικ. 5). Οι Pavlidis et al. (2009) προσδιόρισαν τα εξής:

- Ρήγμα Μούρτζουφλου. Το μεγαλύτερο μέρος του βρίσκεται μακριά από τις ακτές και εφάπτεται στο νησί στο ομώνυμο ακρωτήριο στο ΒΔ τμήμα του νησιού.
- Ρήγμα Κάσπακα. Εκτείνεται κατά μήκος μιας λοφώδους έκτασης στο ΝΔ τμήμα και επηρεάζει άμεσα την πρωτεύουσα του νησιού Μύρινα.
- Ρήγμα Κοντία-Κοτσίνα. Αποτελεί μια περίπλοκη δομή με κατεύθυνση ΒΑ-ΝΔ που διαπερνά το νησί και έχει άμεση επιρροή στην παράκτια μορφολογία.
- Ρήγμα Φανού-Αγίας Σοφίας. Κατεύθυνσης ΔΝΔ-ΑΒΑ και βύθιση προς Ν.



Εικόνα 5. Χαρτογραφημένα ρήγματα της Λήμνου και μέγιστα αναμενόμενα μεγέθη σεισμών (από Pavlides et al., 2009).

2.2 Περιοχή Μελέτης

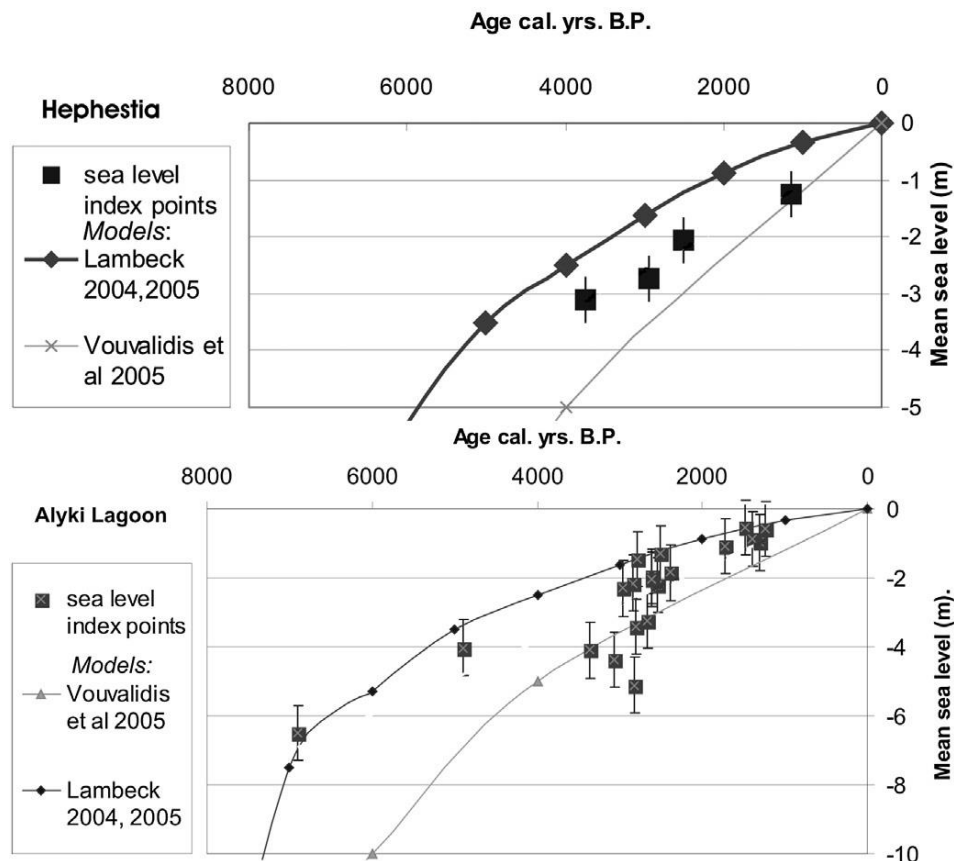
Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας διαχωρίζεται σε 6 σημεία που αφορούν την παράκτια ζώνη της Νήσου Λήμνου. Συγκεκριμένα, οι δειγματοληψίες επιφανειακών ιζημάτων πυθμένα πραγματοποιήθηκαν στις εξής παράκτιες περιοχές (Εικ. 6).

- 1) Εβγάτης, βρίσκεται στο ΝΔ τμήμα του νησιού και στο κέντρο περίπου της παραλιακής ζώνης εκχύνεται χείμαρρος.
- 2) Χαβούλη, βρίσκεται στο ΝΑ τμήμα του νησιού.
- 3) Κέρος, βρίσκεται στο Α τμήμα του νησιού. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν λιμνοθάλασσες.
- 4) Μικρό Φαναράκι, βρίσκεται στο ΝΑ τμήμα του νησιού.
- 5) Ηφαιστεία, που βρίσκεται στο ΒΑ τμήμα του νησιού κοντά στον ομώνυμο αρχαιολογικό χώρο.
- 6) Πλατύ, βρίσκεται στο ΝΔ τμήμα του νησιού, κοντά στην Μύρινα.

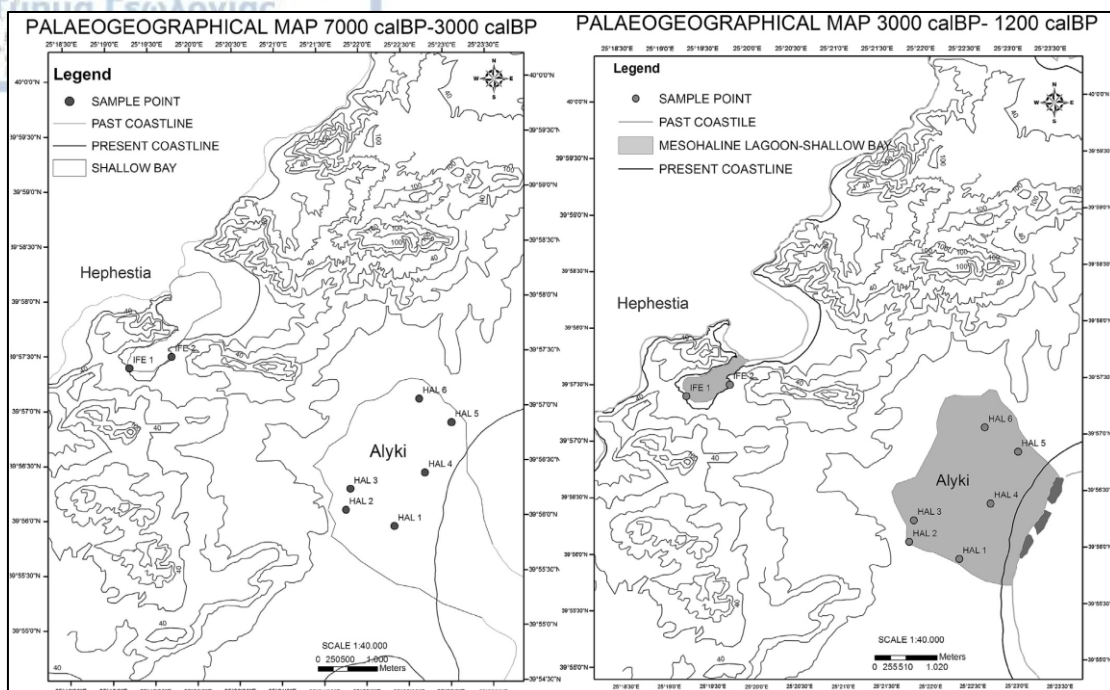


Εικόνα 6. Δορυφορικές φωτογραφίες των περιοχών μελέτης: 1. Εβγάτη (Κλίμακα: 400 m), 2. Χαβούλη (200 m), 3. Κέρος (2 km), 4. Μικρό Φαναράκι (100 m), 5. Ηφαιστεία (400 m), 6. Πλατύ (600 m) (Εικόνες από Google Earth Pro).

Οι πρόσφατες γεωμορφολογικές και περιβαλλοντικές μεταβολές των παράκτιων περιοχών της Λήμνου, παρόλη την υπάρχουσα τεκτονική δραστηριότητα οφείλονται στον ρυθμό αύξησης του επιπέδου της θάλασσας, όπως έχει παρατηρηθεί στο Ολόκαινο (Lambeck, 2004; Lambeck and Purcell, 2005; Vouvalidis et al., 2005). Ο Lambeck (1995) προτείνει ότι η στάθμη της θάλασσας στο ευρύτερο ελληνικό χώρο επηρεάζεται περισσότερο από υδρο-παγετο-ισοστατικούς παράγοντες παρά από μακροχρόνιες τεκτονικές διεργασίες. Έτσι, μετά το λιώσιμο των παγετώνων της Βούρμιας περιόδου παρατηρείται αύξηση του ρυθμού ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, με κορύφωση περίπου στα 6000 BP και στη συνέχεια σταθεροποίηση αυτού. Οι Pavlopoulos et al. (2013), μελετώντας τις παράκτιες παλαιοπεριβαλλοντικές μεταβολές και τις αλλαγές της στάθμης της θάλασσας του Ολοκαίνου της Λήμνου (Εικ. 7) παρατήρησαν μια σταδιακή είσοδο των θαλάσσιων υδάτων προς τα ενδότερα τα τελευταία 7000 BP (Εικ.8), με επιρροή ολιγόαλων υδάτων προερχόμενα από την Μαύρη Θάλασσα στις ανατολικές ακτές. Επίσης σημείωσαν ότι η συμπαγοποίηση των ιζημάτων προκαλεί μεταβολές στο πώς επηρεάζεται γεωμορφολογικά η ακτογραμμή από την θάλασσα.



Εικόνα 7. Καμπύλες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας. Μοντέλα από Vouvalidis et al. (2005) και Lambeck (2004), Lambeck and Purcell (2005) σε σύγκριση με στοιχεία στάθμης από τις θέσεις Ηφαιστεία και Αλυκή. Από Pavlopoulos et al. (2013).

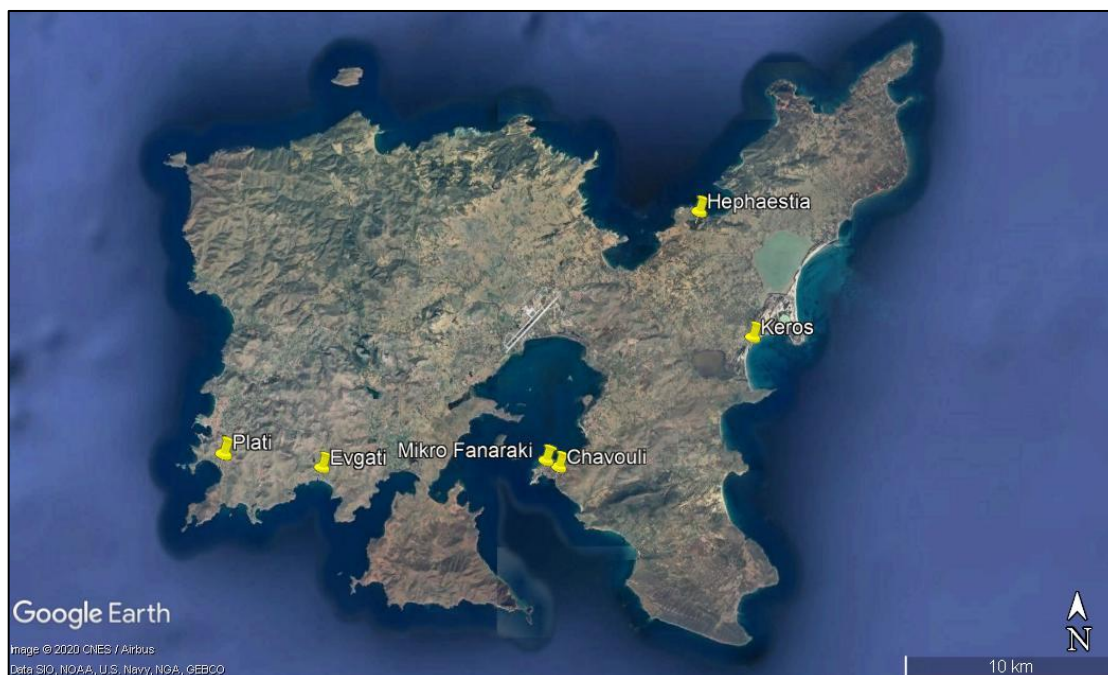


Εικόνα 8. Γεωμορφολογικές και περιβαλλοντικές μεταβολές στις θέσεις Ηφαιστεία και Αλυκή κατά τα τελευταία 7000 BP. Από Pavlopoulos et al. (2013).

Τα επιφανειακά ιζήματα πυθμένα συλλέχθηκαν από 6 παράκτιες περιοχές της Λήμνου (Πιν. 1, Εικ. 9), σε βάθος νερού 50 cm. 100 gr συλλέχθηκαν για κάθε δείγμα ιζήματος και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες δειγματοληψίας.

Πίνακας 1. Συντεταγμένες των θέσεων δειγματοληψίας.

Sampling site	Coordinates	
Plati	39°51'23.64"N	25°3'53.42"E
Evgati	39°51'5.39"N	25°7'8.88"E
Mikro Fanaraki	39°51'16.74"N	25°14'32.65"E
Chavouli	39°51'6.71"N	25°14'57.89"E
Keros	39°54'23.59"N	25°21'21.84"E
Hephaestia	39°57'34.33"N	25°19'35.53"E



Εικόνα 9. Θέσεις δειγματοληψίας όπως κατανέμονται στην δορυφορική εικόνα της Λήμνου. Εικόνα από Google Earth Pro.

3.2 Εργαστηριακή επεξεργασία

Μετά την πραγματοποίηση της δειγματοληψίας, τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης για περαιτέρω επεξεργασία. Αρχικά, τα δείγματα ξηράνθηκαν και ζυγίστηκαν ξεχωριστά με χρήση ζυγαριάς A&D Model FX-320 (ακριβείας 3 δεκαδικών) και οι τιμές καταγράφηκαν. Στη συνέχεια τα δείγματα προετοιμάστηκαν για πλύση με κόσκινο. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε εφαρμόζεται

κοινώς από πολλούς ερευνητές για μελέτη τρηματοφόρων (π.χ., Koukousioura et al., 2012, Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Στη συνέχεια, τα δείγματα πλύθηκαν κάτω από τρεχούμενο νερό σε κόσκινο διαμέτρου 63 μm ούτως ώστε να απομακρυνθούν η ιλύς και η άργιλος και να παραμείνει το αμμώδες υλικό μαζί με τα πιθανά τρηματοφόρα (μέγεθος $>62,5 \mu\text{m}$). Το υλικό αυτό μεταφέρθηκε προσεκτικά σε διηθητικό χαρτί για να ξηραθεί. Στη συνέχεια, κάθε επεξεργασμένο δείγμα διαιρέθηκε σε ίσα τμήματα ξεκινώντας από 1/2 έως 1/64. Κάθε δείγμα διαιρέθηκε αναλόγως με τον πανιδικό του πλούτο έπειτα από αρχική εκτίμηση με παρατήρηση από το μικροσκόπιο. Η επιλογή των δειγμάτων τρηματοφόρων πραγματοποιήθηκε κάτω από στερεοσκοπικό μικροσκόπιο τύπου Jena με μεγέθυνση 40X-80X. Συλλέχθηκαν μόνο βενθονικά τρηματοφόρα, με στόχο τα 300 άτομα σε κάθε δείγμα, πλήρη και θραύσματα και πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός τους σε επίπεδο γένους και είδους. Στην παρούσα εργασία δε διαχωρίστηκαν τα νεκρά από τα ζωντανά άτομα, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μελέτη των βενθονικών τρηματοφόρων σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου (Alve and Nagy, 1986), καθώς μόνο η ζωντανή μικροπανίδα αντανακλά τις περιβαλλοντικές συνθήκες μόνο κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας (Buzas et al., 2002).

2.3 Μέθοδοι ανάλυσης

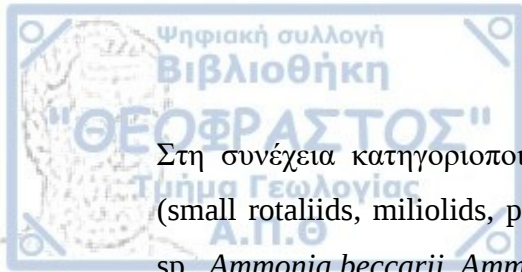
Η παρουσία, το πλήθος και η ποσοστιαία συμμετοχή του κάθε είδους τρηματοφόρου στα επιμέρους δείγματα μελετήθηκαν με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 2013. Καθώς βρέθηκαν θραύσματα (broken) και επανεπεξεργασμένα (reworked) κελύφη τρηματοφόρων, αυτά μετρήθηκαν ξεχωριστά για κάθε δείγμα πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό τους επί 100 και διαιρώντας το με το σύνολο των ατόμων (ολόκληρα + broken/reworked). Τα ποσοστά παρουσιάστηκαν με τη μορφή «πίτας» χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Grapher 9 v9.2.612 της Goldensoftware και τοποθετήθηκαν πάνω στην αντίστοιχη δορυφορική εικόνα από Google Earth Pro, αφού επεξεργάστηκαν με Photoshop CS6. Υπολογίστηκε επίσης η πυκνότητα (Density)

$$D = \frac{S \times N}{W_0}$$

όπου S: διαχωρισμός δείγματος προς μελέτη (π.χ. 32 αν μελετήθηκε το 1/32 του αρχικού δείγματος)

N: σύνολο τρηματοφόρων σε ένα δείγμα

W_0 : βάρος δείγματος πριν την πλύση.



Στη συνέχεια κατηγοριοποιήθηκαν τα τρηματοφόρα σε ομάδες διαφόρων τάξεων (small rotaliids, miliolids, peneropliids) εκτός από τα είδη *Textularia* sp., *Globulina* sp., *Ammonia beccarii*, *Ammonia tepida* και *Amphistegina lobifera*.

Με τη χρήση του προγράμματος επεξεργασίας δεδομένων PAST v.4.03 (Hammer et al., 2001) υπολογίστηκαν, οι δείκτες ποικιλότητας, Taxa (S), Dominance (D), Shannon (H) και Equitability (J). Ο Taxa (S) δείχνει τα διαφορετικά είδη ανά δείγμα, ο Dominance (D) είναι δείκτης επικράτησης (τιμές 0-1) των πολυπληθέστερων ειδών ανά δείγμα, ο Shannon (H) είναι δείκτης ποικιλότητας που μετράει την ετερογένεια, δηλαδή την κατανομή των ατόμων στα διάφορα είδη (Koukousioura et al., 2012) και ο Equitability (J) είναι δείκτης ομοιομορφίας (τιμές 0-1) που μαρτυρά σε τι βαθμό είναι κατανεμημένα τα πλήθη στα είδη.

Από τα 6 δείγματα που μελετήθηκαν συλλέχθηκαν 843 άτομα με ολοκληρωμένα κελύφη που ανήκαν σε 17 γένη και 26 είδη τρηματοφόρων. Επίσης, παρατηρήθηκαν 137 θρυμματισμένα (broken) και επανεπεξεργασμένα (reworked) κελύφη τρηματοφόρων που λήφθηκαν ποσοτικά υπόψιν ως πιθανοί δείκτες περιβαλλοντικών συνθηκών.

Στη θέση Κέρος βρέθηκαν 152 ολόκληρα άτομα, εκ των οποίων τα πολυπληθέστερα είδη είναι τα *Ammonia beccarii* (25%), *Cibicides refulgens* (15,1%), *Asterigerinata mamilla* (11,8%), *Elphidium complanatum* (9,9%), *Rosalina bradyi* (9,2%) *Peneroplis pertusus* (6,6%) και *Elphidium crispum* (5,3%), ενώ σε μικρότερα ποσοστά υπάρχουν τα *Peneroplis planatus* (4%), *Quinqueloculina* sp1 (4%), *Quinqueloculina* sp2 (2,6%), *Buccella frigida* (1,3%), *Conorbella* sp. (1,3%), *Elphidium translucens* (1,3%), *Conorbella patelliformis* (0,7%), *Planorbulina* sp. (0,7%), *Rosalina globularis* (0,7%) και *Quinqueloculina* sp3 (0,7%). Επιπρόσθετα βρέθηκαν 22 broken/reworked άτομα (12,6%).

Στη θέση Πλατύ βρέθηκαν 142 ολόκληρα άτομα, εκ των οποίων τα πολυπληθέστερα είδη είναι τα *Elphidium complanatum* (14,8%), *Rosalina globularis* (14,8%), *Quinqueloculina* sp1 (14,1%), *Peneroplis pertusus* (13,4%), *Ammonia beccarii* (12%), *Cibicides refulgens* (8,5%), *Elphidium crispum* (8,5%), *Quinqueloculina* sp2 (6,3%) και σε μικρότερα ποσοστά τα *Peneroplis planatus* (2,1%), *Asterigerinata mamilla* (1,4%), *Conorbella* sp. (1,4%), *Vertebralina* sp. (1,4%), *Spiroloculina* sp. (0,7%), *Planorbulina mediterraneensis* (0,7%). Επίσης βρέθηκαν 21 broken/reworked άτομα (12,9%).

Στη θέση Χαβούλη βρέθηκαν 235 ολόκληρα άτομα, με τα πολυπληθέστερα είδη να είναι τα *Peneroplis pertusus* (46,4%), *Ammonia beccarii* (16,2%), *Elphidium crispum* (13,2%), *Quinqueloculina* sp1 (11,5%) και σε μικρότερα ποσοστά τα *Quinqueloculina* sp2 (4,3%), *Buccella frigida* (2,1%), *Peneroplis planatus* (2,1%), *Rosalina globularis* (1,7%), *Asterigerinata mamilla* (0,9%), *Cibicides refulgens* (0,9%), *Globulina* sp. (0,4%), *Rosalina bradyi* (0,4%). Επίσης βρέθηκαν 20 broken/reworked άτομα (7,8%).

Στη θέση Εβγάτης βρέθηκαν 141 ολόκληρα άτομα, με το μεγαλύτερο ποσοστό να έχουν τα *Elphidium crispum* (51,1%), *Ammonia beccarii* (19,2%), *Quinqueloculina* sp1

(19,2%), *Quinqueloculina* sp2 (6,4%) και σε μικρότερα ποσοστά τα *Globulina* sp. (2,1%), *Peneroplis planatus* (1,4%), *Peneroplis pertusus* (0,7%). Επίσης βρέθηκαν 9 broken/reworked άτομα (6%).

Στη θέση Ηφαιστεία βρέθηκαν 56 ολόκληρα άτομα, με το μεγαλύτερο ποσοστό παρουσίας να ανήκει στα *Quinqueloculina* sp1 (66,1%), *Ammonia tepida* (21,4%), *Elphidium crispum* (8,9%) και μικρό ποσοστό συμμετοχής τα *Peneroplis planatus* (3,6%). Επίσης βρέθηκαν 7 broken/reworked άτομα (11,1%).

Τέλος στη θέση Μικρό Φαναράκι βρέθηκαν 117 ολόκληρα άτομα, εκ των οποίων τα πολυπληθέστερα ήταν τα *Elphidium crispum* (33,3%), *Peneroplis pertusus* (27%), *Quinqueloculina* sp2 (11,1%), *Quinqueloculina* sp1 (6,8%), *Ammonia beccarii* (6,8%), *Cibicides refulgens* (5,1%), *Peneroplis planatus* (5,1%) και σε μικρότερο ποσοστό τα *Amphistegina lobifera* (0,9%), *Cancris* sp. (0,9%), *Eponides* sp. (0,9%), *Rosalina bradyi* (0,9%), *Rosalina globularis* (0,9%), *Textularia* sp. (0,9%). Επιπρόσθετα βρέθηκαν 58 broken/reworked (33,1%).

3.2 Στατιστική ανάλυση

Υπολογίστηκαν στη συνέχεια οι δείκτες ποικιλότητας Taxa (S), Dominance (D), Shannon (H') και Equitability (J). Δίνονται επίσης οι τιμές της πυκνότητας για την κάθε θέση (Πιν. 2).

Στη θέση Κέρος το Taxa (S) δείχνει την παρουσία 17 διαφορετικών ειδών, που αποτελεί την μέγιστη τιμή για κάθε θέση, ο δείκτης Dominance (D) είναι χαμηλός (0,13), ενώ ο Shannon (H') έχει την υψηλότερη τιμή για κάθε θέση (2,32) και ο Equitability (J) επίσης (0,82). Η πυκνότητα υπολογίστηκε στα 573 άτομα/gr.

Στη θέση Πλατύ το Taxa (S) δείχνει την παρουσία 14 ειδών, ο δείκτης Dominance (D) είναι χαμηλός (0,12), ο Shannon (H) είναι υψηλός (2,29) και ο Equitability έχει την υψηλότερη καταγεγραμμένη τιμή (0,87). Η πυκνότητα υπολογίστηκε στα 1465 άτομα/gr, που είναι η μεγαλύτερη από κάθε άλλη θέση.

Στη θέση Χαβούλη το Taxa (S) δείχνει την παρουσία 12 ειδών, ο δείκτης Dominance (D) είναι χαμηλός (0,28), ο δείκτης Shannon (H') έχει μέτρια τιμή (1,66) όπως επίσης μέτρια τιμή έχει και ο Equitability (J) (0,67). Η πυκνότητα βρέθηκε στα 83 άτομα/gr.

Στη θέση Εβγάτης το Taxa (S) δείχνει την παρουσία 7 ειδών, ο δείκτης Dominance (D) είναι χαμηλός (0,34), ο δείκτης Shannon (H') είναι μέτριος-χαμηλός (1,33) και ο Equitability (J) μέτριος (0,68). Η πυκνότητα υπολογίστηκε στα 11 άτομα/gr.

Στη θέση Ηφαιστεία το Taxa (S) κατέγραψε το μικρότερο αριθμό ειδών (4), με μέτριο δείκτη Dominance (D) (0,49), χαμηλό δείκτη Shannon (H') (0,94) και μέτριο Equitability (J) (0,68). Η πυκνότητα είναι η χαμηλότερη καταγεγραμμένη στα 2 άτομα/gr.

Τέλος στη θέση Μικρό Φαναράκι το Taxa (S) δείχνει την παρουσία 13 ειδών, με χαμηλό δείκτη Dominance (D) (0,21), μέτριο-υψηλό δείκτη Shannon (H') (1,88) και μέτριο-υψηλό Equitability (J) (0,73). Η πυκνότητα είναι επίσης χαμηλή στα 3 άτομα/gr.

Πίνακας 2. Πυκνότητα και δείκτες των θέσεων μελέτης.

Index Sample	Density (No/gr)	Taxa (S)	Dominance (D)	Shannon (H)	Equitability (J)
Keros	573	17	0,13	2,32	0,82
Plati	1465	14	0,12	2,29	0,87
Chavouli	83	12	0,28	1,66	0,67
Evgati	11	7	0,34	1,33	0,68
Hephaestia	2	4	0,49	0,94	0,68
Mikro Fanaraki	3	13	0,21	1,88	0,73

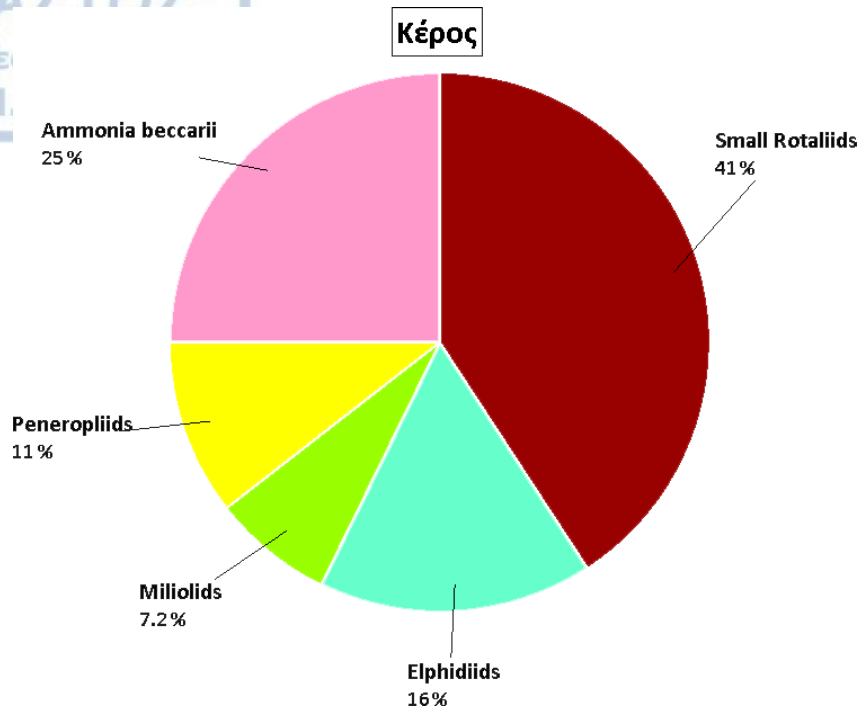
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις θέσεις μελέτης έδειξαν διαφοροποιήσεις στο πλήθος και ποικιλότητα της πανίδας των τρηματοφόρων. Αυτά αντανακλούν και διαφορετικές συνθήκες διαβίωσης, άρα και πιθανά διαφορετικά περιβάλλοντα. Για να έχουμε μια σαφέστερη εικόνα, έγινε ομαδοποίηση των τρηματοφόρων στις αντίστοιχες τάξεις τους, εκτός από μερικά συγκεκριμένα είδη (Πιν. 3).

Πίνακας 3. Ομαδοποίηση και σχετικά ποσοστά τρηματοφόρων των περιοχών μελέτης.

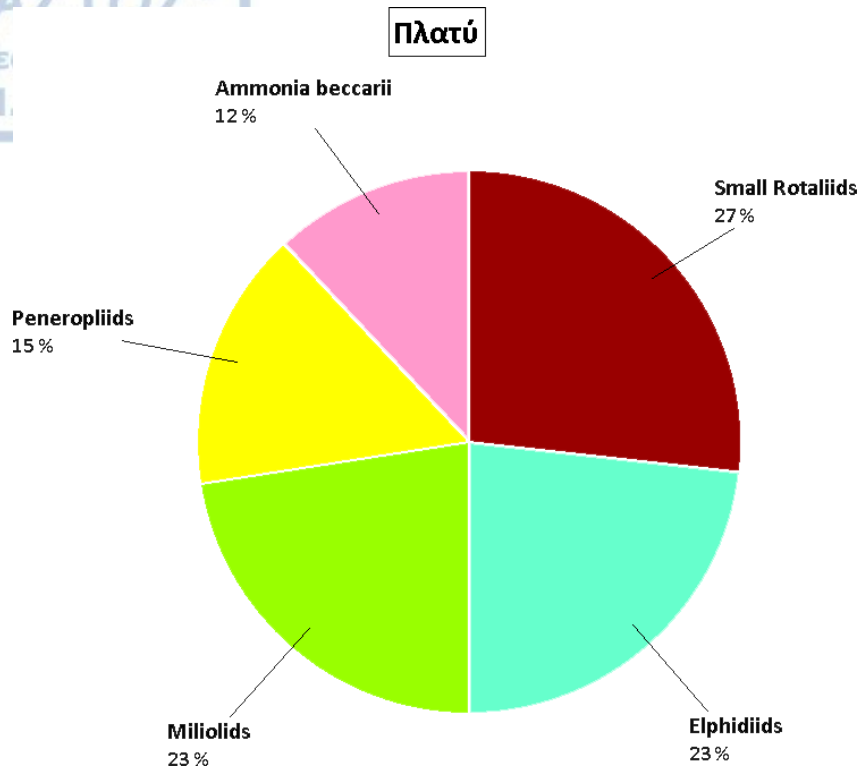
	Keros	Plati	Chavouli	Evgati	Hephaestia	M. Fanaraki
small Rotaliids	40,79	26,76	5,96	0,00	0,00	8,55
Elphidiids	16,45	23,24	13,19	51,06	8,93	33,33
Miliolids	7,24	22,54	15,74	25,53	66,07	17,95
Peneroplids	10,53	15,49	48,51	2,13	3,57	31,62
<i>A. beccarii</i>	25,00	11,97	16,17	19,15	0,00	6,84
<i>A. tepida</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	21,43	0,00
<i>A. lobifera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
<i>Globulina</i> sp.	0,00	0,00	0,43	2,13	0,00	0,00
<i>Textularia</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85

Η πανίδα στον παράκτιο χώρο της Κέρου παρουσιάζει μεγάλη ποικιλότητα και πλήθος (Εικ. 10), όπου εμφανίζονται τα περισσότερα είδη από κάθε άλλη θέση. Αφθονούν τα μικρά rotaliids (40,8%) ενώ συμμετέχουν στην πανίδα τα *Elphidium* spp. (16,5%), *Peneroplis* spp. (10,5%) και σε μικρότερο βαθμό τα miliolids (7,2%), που είναι τυπική συνάντηση παράκτιου μικρού βάθους περιβάλλον και συναντιέται ανάλογα σε άλλα μέρη του Αιγαίου (π.χ., Koukousioura et al., 2012, Triantaphyllou et al., 2016). Αυτό αποδεικνύεται και από την επικράτηση της *A. beccarii*, που εμφανίζεται συχνά σε θαλάσσιο περιβάλλον μικρού βάθους (Koukousioura et al., 2012), ενώ οι υψηλές τιμές των δεικτών Shannon (H') (2,32), Equitability (J) (0,82) και της πυκνότητας (573 άτομα/gr) αντιστοιχούν σε ένα υψηλής ποικιλότητας παράκτιο θαλάσσιο περιβάλλον.



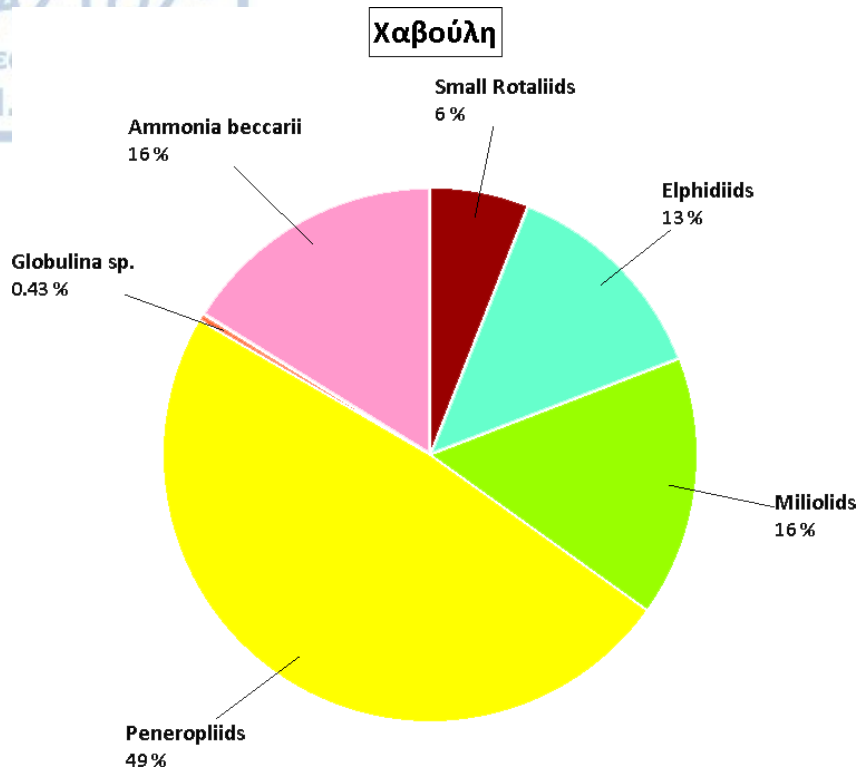
Εικόνα 10. Ποσοστά συμμετοχής τρηματοφόρων στη θέση Κέρος.

Στη θέση Πλατύ παρατηρείται πιο ομοιογενής κατανομή της ποικιλότητας (Εικ. 11). Η *A. beccarii*, που ευδοκimeί σε μικρού βάθους θαλάσσια περιβάλλοντα (Koukousioura et al., 2012) αφθονεί (12%), ενώ περίπου ισόποσα είναι τα ποσοστά των μικρών rotaliids (27%), *Elphidium* spp. (23%), miliolids (23%) και ελαφρώς λιγότερα *Peneroplis* spp. (15%), που σε ανάλογους συνδυασμούς συναντώνται συχνά στα παράκτια περιβάλλοντα του Αιγαίου (Koukousioura et al., 2012, Triantaphyllou et al., 2016). Έχουμε κι εδώ υψηλές τιμές Shannon (H') (2,29) και Equitability (J) (0,87), καθώς και πολύ υψηλή πυκνότητα (1465 άτομα/gr). Τα παραπάνω στοιχεία μαρτυρούν την ύπαρξη στην περιοχή τυπικών συνθηκών παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος.



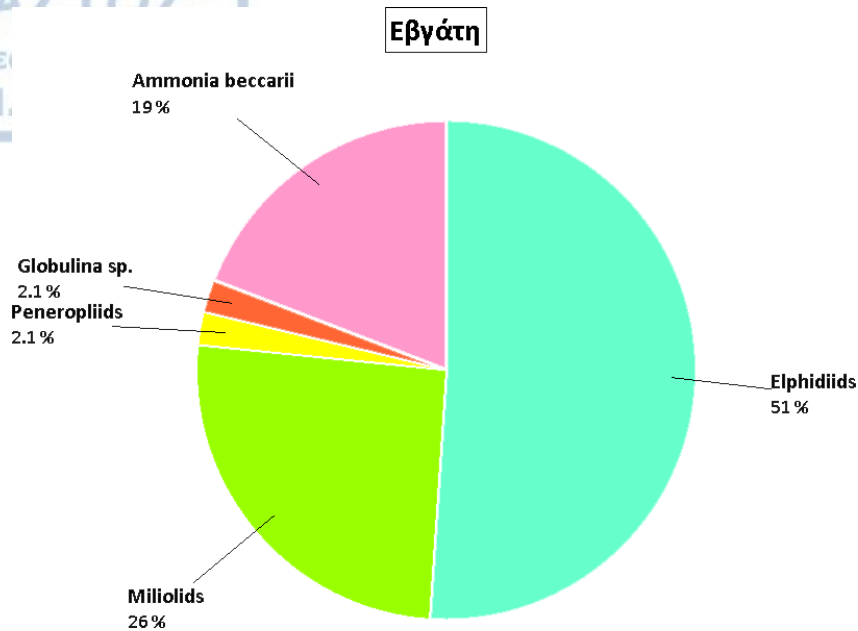
Εικόνα 11. Ποσοστά συμμετοχής τρηματοφόρων στη θέση Πλατύ.

Στη θέση Χαβούλη υπάρχει μια μεγάλη επικράτηση των peneropliids (Εικ.12), ιδίως του είδους *P. pertusus* (46,4% της πανίδας), που είναι επιφυτικό είδος και συναντάται σε αφθονία σε θαλάσσια περιβάλλοντα με έντονη κάλυψη από φύκη όπως το *Posidonia oceanica* (Badr-Eldin et al., 2019). Κατά τα άλλα η παρουσία των *A. beccarii* (16%), miliolids (16%), elphidiids (13%) και rotaliids (6%) φανερώνουν ένα παράκτιο θαλάσσιο περιβάλλον (Koukousioura et al., 2012). Ωστόσο οι μέτριες τιμές των Shannon (H') (1,66) και Equitability (J) (0,67) δείχνουν ότι στη θέση αυτή επικρατούν συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη συγκεκριμένων ειδών, που πιθανώς να οφείλονται στην εντονότερη φυτοκάλυψη του βυθού που ευνοεί περισσότερο επιφυτικά είδη. Η πυκνότητα (83 άτομα/gr) είναι επίσης αρκετά μικρότερη από τις προηγούμενες θέσεις μελέτης. Με βάση τα παραπάνω λοιπόν η πανίδα αυτή είναι χαρακτηριστική θαλάσσιου παράκτιου περιβάλλοντος με έντονη φυτοκάλυψη του βυθού.



Εικόνα 12. Ποσοστά συμμετοχής τρηματοφόρων στη θέση Χαβούλη.

Στη θέση Εβγάτης, υπάρχει μια μεγάλη επικράτηση των elphidiids (Εικ.13), κυρίως του είδους *E. crispum* (51%), που θεωρείται ως stress-tolerant είδος (Koukousioura et al., 2011, Dimiza et al., 2016a). Αυτά σε συνδυασμό με την αφθονία σε άτομα από *A. beccarii* (19%), miliolids (26%) συνιστούν μια πανίδα παράκτιου περιβάλλοντος (Koukousioura et al., 2012), σε ιδιαίτερες ωστόσο συνθήκες. Ο δείκτης Shannon (H') είναι χαμηλός και ο Equitability (J) μέτριος, ενώ η πυκνότητα είναι χαμηλή (11 άτομα/gr). Αυτή η χαμηλότερη βιοποικιλότητα και προτίμηση συγκεκριμένων ειδών μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη εφήμερων ποταμών ή χειμάρρων στην περιοχή (Εικ. 14) από όπου σποραδικά εισρέουν γλυκά ύδατα στον θαλάσσιο χώρο. Με βάση τα παραπάνω η πανίδα χαρακτηρίζεται ως παράκτιου περιβάλλοντος, με επεισόδια εισροής γλυκών υδάτων.



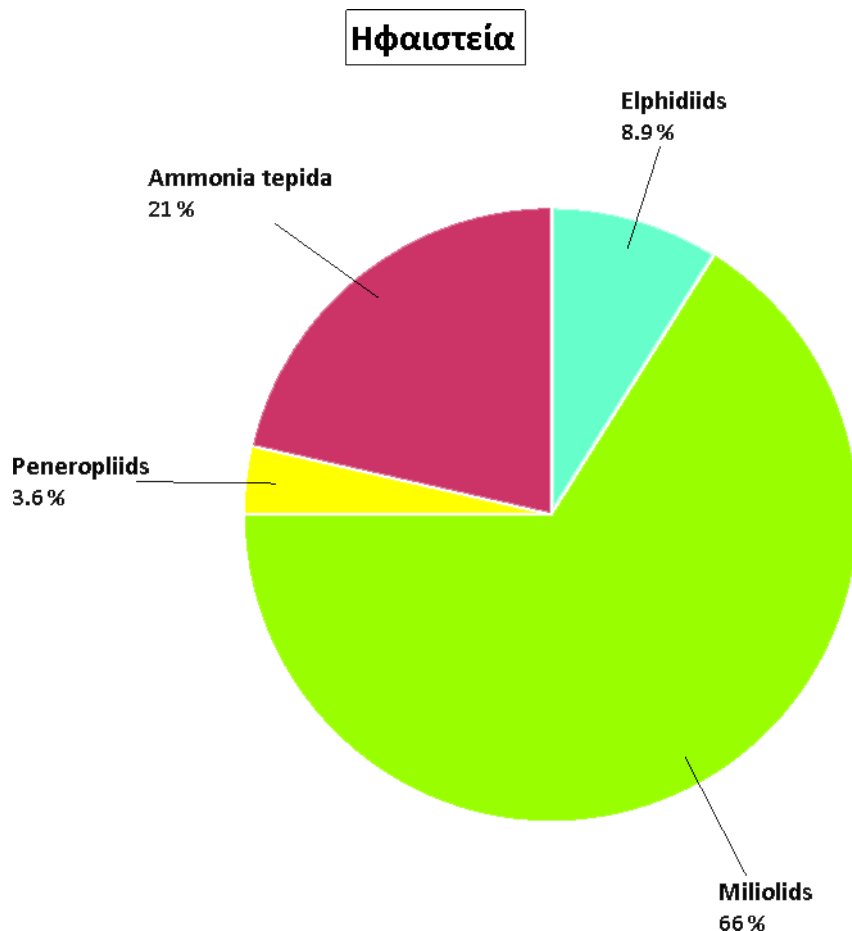
Εικόνα 13. Ποσοστά συμμετοχής τρηματοφόρων στη θέση Εβγάτη.



Εικόνα 14. Η παράκτια ζώνη της θέσης Εβγάτη όπου εμφανίζονται εφήμεροι ποταμοί (κόκκινα βέλη) (Εικόνα από Google Earth Pro).

Στη θέση Ηφαιστεια υπάρχουν μόνο 4 είδη τρηματοφόρων (Εικ. 15), όπου επικρατούν τα *Quinqueloculina* sp. 1 (66,1%) και *A. tepida* (21,4%) και σε πολύ μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν *E. crispum* (8,9%) και *P. planatus* (3,6%). Η *A. tepida* είναι ένα ευρύαλο καιροσκοπικό είδος που αντέχει σε συνθήκες περιβαλλοντικού στρες και εμφανίζεται σε παράκτιο έως λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον χαμηλής αλατότητας σε πολλές περιοχές του Αιγαίου (π.χ., Koukousioura et al., 2012; Triantaphyllou et al.,

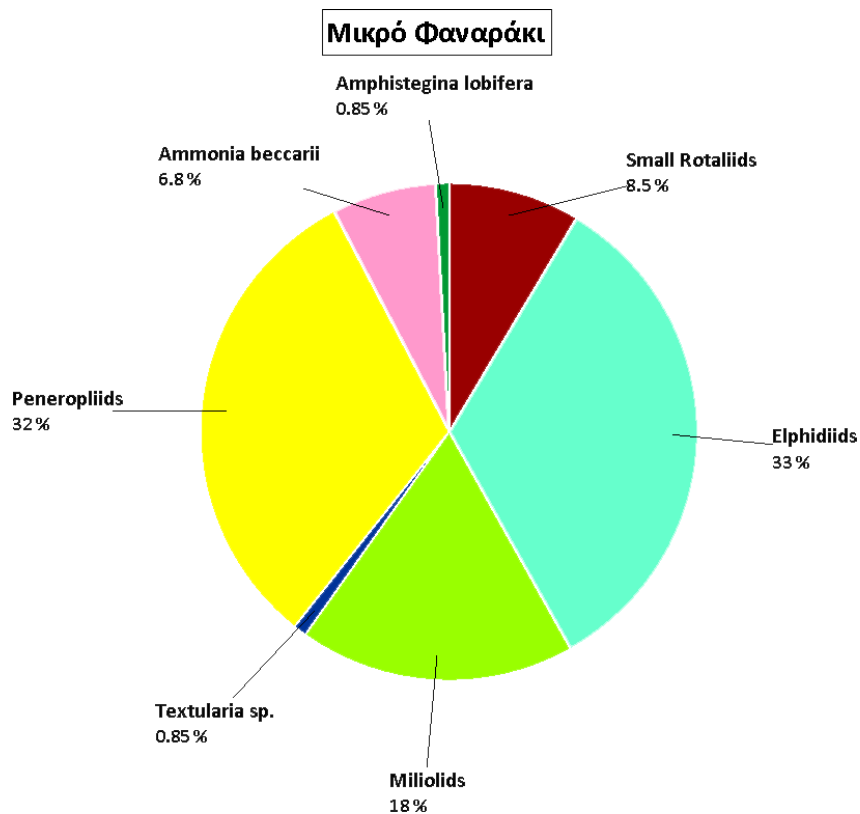
2016; Dimiza et al., 2016a, b; Dimiza et al., 2019; Koukousioura et al., 2019c). Ο δείκτης Shannon (H') είναι χαμηλός (0,94), ο Equitability (J) μέτριος (0,68) και ο δείκτης Dominance (D) λαμβάνει την πιο μεγάλη τιμή από κάθε άλλη θέση μελέτης (0,49), που συμφωνούν με την επικράτηση συνθηκών ενός πιο κλειστού περιβάλλοντος. Αυτό ενισχύεται από την παρατήρηση οστρακωδών στο δείγμα. Η συνάθροιση αυτή αντιστοιχεί λοιπόν σε πανίδα ενός περιβάλλοντος χαμηλής αλατότητας, λιμνοθαλάσσιο.



Εικόνα 15. Ποσοστά συμμετοχής τρηματοφόρων στη θέση Ηφαιστεία.

Τέλος, στη θέση Μικρό Φαναράκι επικρατούν τα elphidiids (33,3%) και peneropliids (31,6%), ενώ συμμετέχουν σε μικρότερα ποσοστά τα Miliolids (18%), Rotaliids (8,6%), *A. beccarii* (6,8%), που σαν συνάθροιση (Εικ. 16) συναντώνται στα παράκτια θαλάσσια περιβάλλοντα του Αιγαίου (Koukousioura et al., 2012). Ο δείκτης Shannon (H') είναι μέτριος-υψηλός (1,88), όπως και ο Equitability (J) (0,73). Η πυκνότητα είναι πολύ μικρή (3 άτομα/gr). Αξιοσημείωτη είναι η εύρεση στο δείγμα της θέσης αυτής

σημαντικού αριθμού θραυσμάτων και αποστρογγυλεμένων κελυφών τρηματοφόρων (58), που δείχνει ένα περιβάλλον υψηλής ενέργειας, άρα εντονότερου κυματισμού. Η παρουσία του συμφυρματοπαγούς τρηματοφόρου *Textularia* sp. ενισχύει αυτή την άποψη, καθώς είναι σύνηθες η συγκεκριμένη κατηγορία τρηματοφόρων να προσαρμόζεται σε περιβάλλοντα ενέργειας όπου η παροχή αδρόκοκκου υλικού είναι εντονότερη (Τριανταφύλλου και Δήμιζα, 2012). Έτσι η πανίδα της θέσης αυτής χαρακτηρίζεται ως παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με έντονο κυματισμό.



Εικόνα 16. Ποσοστά συμμετοχής τρηματοφόρων στη θέση Μικρό Φαναράκι.

Πανιδικές συναθροίσεις τρηματοφόρων της Λήμνου ως περιβαλλοντικοί δείκτες

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αποτύπωση των σημερινών περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στο ΒΑ Αιγαίο και συγκεκριμένα στη Ν. Λήμνο, με τη χρήση των βενθονικών τρηματοφόρων ως μέθοδο μελέτης, που πλέον θεωρείται ευρέως ένα αποτελεσματικό εργαλείο στις γεωπεριβαλλοντικές έρευνες. Σκοπός ήταν επίσης η εύρεση συναθροίσεων τρηματοφόρων που να αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, σύμφωνες με παρόμοιες έρευνες στο χώρο του Αιγαίου, αλλά και να ενισχύσουν το συγκεκριμένο πεδίο ερευνών με νέα στοιχεία. Οι

δειγματοληψίες στους παράκτιους χώρους της Λήμνου έδειξαν την επικράτηση συγκεκριμένων συνθηκών, όπου τα τρηματοφόρα αναλόγως προσαρμόζονται (Εικ. 17). Οι σημερινές πανιδικές συναθροίσεις της Λήμνου μπορούν να συνοψιστούν στις εξής:

A. Συνάθροιση τυπικού παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος

Θέσεις: Κέρος, Πλατύ

Τυπικά είδη: *A. beccarii*, μικρά rotaliids, *Elphidium* spp., *Peneroplis* spp., miliolids

Δείκτες: Υψηλές τιμές Taxa (S) (14-17), χαμηλές τιμές Dominance (D) (0,12-0,13), υψηλές τιμές των δεικτών Shannon (H') (2,29-2,32) και Equitability (J) (0,82-0,87)

Πυκνότητα: 1465-573 άτομα/gr

B. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με έντονη φυτοκάλυψη

Θέση: Χαβούλη

Τυπικά είδη: *P. pertusus*, *A. beccarii*, miliolids, *Elphidium* spp., μικρά rotaliids

Δείκτες: Υψηλή τιμή Taxa (S) (12), ελαφρώς χαμηλό Dominance (D) (0,28), μέτριες τιμές των δεικτών Shannon (H') (1,66) και Equitability (J) (0,67)

Πυκνότητα: 83 άτομα/gr

Γ. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με εισροές γλυκών υδάτων

Θέση: Εβγάτης

Τυπικά είδη: *E. crispum*, *A. beccarii*, miliolids

Δείκτες: Μέτρια-χαμηλή τιμή Taxa (S) (7), μέτριος Dominance (D) (0,34), χαμηλός Shannon (H') (1,33) και μέτριος Equitability (J) (0,68)

Πυκνότητα: 11 άτομα/gr

Δ. Συνάθροιση ανοιχτής λιμνοθάλασσας

Θέση: Ηφαιστεία

Τυπικά είδη: *Quinqueloculina* sp. 1, *A. tepida*, *E. crispum*, *P. planatus*

Δείκτες: Χαμηλός Taxa (S) (4), μέτριος Dominance (D) (0,49), χαμηλός δείκτης Shannon (H') (0,94) και μέτριος Equitability (J) (0,68)

Πυκνότητα: 2 άτομα/gr

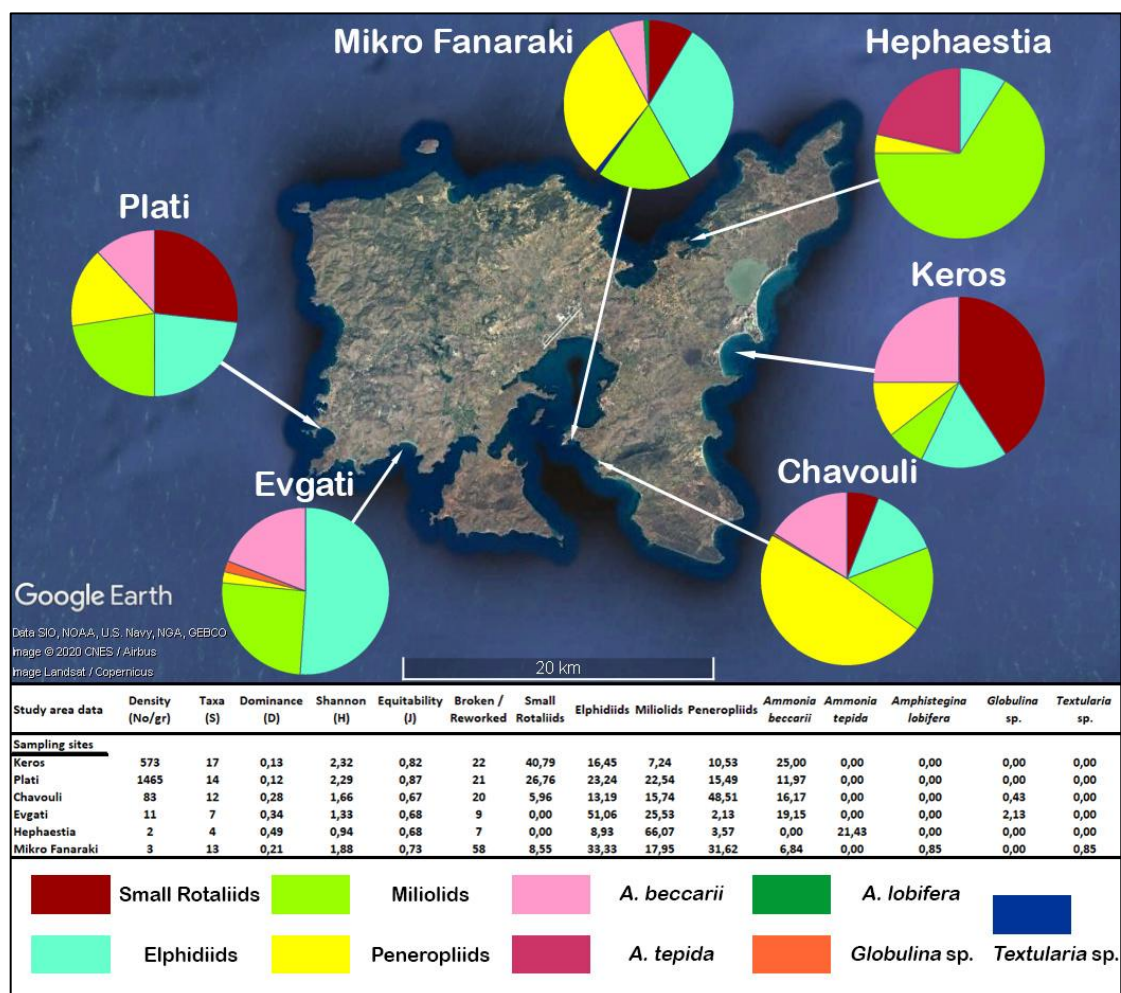
Ε. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με έντονο κυματισμό

Θέση: Μικρό Φαναράκι

Τυπικά είδη: *A. beccarii*, *Elphidium* spp., *Peneroplis* spp., miliolids, μικρά rotaliids

Δείκτες: Υψηλή τιμή Taxa (S) (13), χαμηλός Dominance (D) (0,21), μέτριες-υψηλές τιμές των δεικτών Shannon (H') (1,88) και Equitability (J) (0,73)

Πυκνότητα: 3 άτομα/gr



Εικόνα 17. Σύνθεση των δεδομένων των περιοχών μελέτης. Οι θέσεις σημειώνονται με λευκά βέλη.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

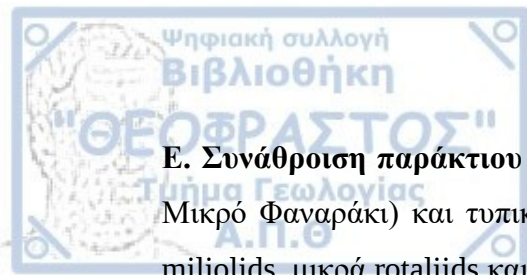
Οι παράκτιες περιβαλλοντικές συνθήκες της Ν. Λήμνου, στο γενικότερο πλαίσιο του Αιγαίου, επηρεάζονται, εκτός από τις τεκτονικές διεργασίες, από την προαναφερθείσα εισροή των θαλάσσιων υδάτων με την άνοδο της στάθμης που σημειώνεται στο Ολόκαινο. Αυτοί οι δύο μηχανισμοί είναι οι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στην γεωμορφολογική και περιβαλλοντική διαμόρφωση του νησιού. Ωστόσο σε τοπικό επίπεδο οι ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν χρήζουν μιας πιο εξειδικευμένης μελέτης. Για την εκτίμηση των σημερινών περιβαλλοντικών συνθηκών στον παράκτιο χώρο της Λήμνου πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε 6 διαφορετικές θέσεις (Κέρος, Πλατύ, Χαβούλη, Εβγάτης, Ηφαιστεία, Μικρό Φαναράκι) με σκοπό τη μελέτη των τρηματοφόρων και τη χρήση τους ως περιβαλλοντικοί δείκτες. Εφαρμόστηκαν μέθοδοι που περιλάμβαναν την πανιδική ανάλυση και τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, με υπολογισμό πανιδικών δεικτών [Taxa (S), Dominance (D), Shannon (H'), Equitability (J), Πυκνότητα]. Από τις θέσεις μελέτης συλλέχθηκαν συνολικά 843 ολόκληρα άτομα που ανήκαν σε 17 γένη και 26 είδη τρηματοφόρων, καθώς και 137 θρυμματισμένα/επανεπεξεργασμένα κελύφη, που λήφθηκαν υπόψιν ως πιθανοί δείκτες περιβαλλοντικών συνθηκών και όχι στη στατιστική επεξεργασία της πανίδας. Η ανάλυση διέκρινε 5 πανιδικές συναθροίσεις:

Α. Συνάθροιση τυπικού παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος (θέσεις Κέρος, Πλατύ), με τυπικά είδη τα *A. beccarii*, μικρά rotaliids, *Elphidium* spp., *Peneroplis* spp., miliolids και υψηλές τιμές πανιδικών δεικτών,

Β. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με έντονη φυτοκάλυψη (θέση Χαβούλη) με τυπικά είδη τα *P. pertusus*, *A. beccarii*, miliolids, *Elphidium* spp., μικρά rotaliids και μέτριες τιμές πανιδικών δεικτών.

Γ. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με εισροές γλυκών υδάτων (θέση Εβγάτης), με τυπικά είδη τα *E. crispum*, *A. beccarii*, miliolids και μέτριες-χαμηλές τιμές πανιδικών δεικτών.

Δ. Συνάθροιση ανοιχτής λιμνοθάλασσας (θέση Ηφαιστεία) με τυπικά είδη τα *Quinqueloculina* sp1, *A. tepida*, *E. crispum*, *P. planatus* και χαμηλές τιμές πανιδικών δεικτών.



Ε. Συνάθροιση παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος με έντονο κυματισμό (θέση Μικρό Φαναράκι) και τυπικά είδη τα *A. beccarii*, *Elphidium* spp., *Peneroplis* spp., miliolids, μικρά rotaliids και μέτριες-υψηλές τιμές των πανιδικών δεικτών.

Με την εκτίμηση των περιβαλλόντων των θέσεων μελέτης της Ν. Λήμνου, η εργασία αυτή αποδεικνύει την χρησιμότητα των τρηματοφόρων ως περιβαλλοντικοί δείκτες, όπως επίσης προσθέτει νέα γεωπεριβαλλοντικά στοιχεία για το ΒΑ Αιγαίο. Επίσης, συμφωνεί με παρόμοιες μελέτες που έγιναν στο χώρο του Αιγαίου γενικότερα, προτείνοντας νέες συναθροίσεις που να λαμβάνονται υπόψη σε μελλοντικές μελέτες.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adl, S.M., Leander, B.S., Simpson, A.G.B., Archibald, J.M., Anderson, O.R., Bass, D., Bowser, S., Brugerolle, G., Farmer, M.A., Karpov, S., Kolisko, M., Lane, C.E., Lodge, D.J., Mann, D.G., Meisterfeld, R., Mendoza, L., Moestrup, Ø., Mozley-Standridge, S.E., Smirnov, A.V. and Spiegel, F., 2007. Diversity, nomenclature, and taxonomy of Protists. *Systematic Biology* 56, 684-689.
- Albani, A.D., 1978. Recent shallow water Foraminifera from New South Wales. AMSA Handbook No.3, Australian Marine Sciences Association, 57 pp.
- Alve, E. and Nagy, J., 1986. Estuarine foraminiferal distribution in Sandebukta, a branch of the Oslo Fjord. *Journal of Foraminiferal Research* 16, 261-284.
- Badr-ElDin, A.M., Charle, C.M. and El-Sabrouti, M.A.F., 2019. Response of benthic foraminifera to coastal protection of the western coast of Alexandria, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 45, 1-9.
- Buzas, M.A., Hayek, L.-A.C., Reed, S.A. and Jett, J.A., 2002. Foraminiferal densities over five year in the Indian River Lagoon, Florida: a model of pulsating patches. *Journal of Foraminiferal Research* 32(1), 68-93.
- Casieri, S. and Carboni, M.G., 2007. Late-Quaternary paleoenvironmental reconstruction of San Benedetto del Tronto coast (Central Adriatic Sea) by benthic foraminiferal assemblages. *Geologica Romana* 40, 163-173.
- Cavalier-Smith, T., 2003. Protist phylogeny and the high-level classification of Protozoa. *European Journal of Protistology* 34, 338-348.
- Cavalier-Smith, T., 2004. Only six kingdoms of life. *Proceedings of the Royal Society, London, B* 271, 1251-1262.
- Delaine, M., Armynot du Châtelet, E., Bout-Roumazelles, V., Goubert, E., Le Cadre, V., Recourt, P., Trentesaux, A. and Arthuis, R., 2014. Multiproxy approach for Holocene paleoenvironmental reconstructions from microorganisms (testate amoebae and foraminifera) and sediment analyses: The infilling of the Loire Valley in Nantes (France). *The Holocene* 25, 407-420.
- Dimiza, M.D., Triantaphyllou, M.V., Koukousioura, O., Hallock, P., Simboura, N., Karageorgis, A.P. and Papathanasiou, E., 2016a. The Foram Stress Index: a new tool

for environmental assessment of soft-bottom environments using benthic foraminifera. A case study from the Saronikos Gulf, Greece, Eastern Mediterranean. *Ecological Indicators* 60, 611-621.

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

Dimiza, M.D., Ravani, A., Kapsimalis, V., Panagiotopoulos, I.P., Skampa, E. and Triantaphyllou, M.V., 2019. Benthic foraminiferal assemblages in the severely polluted coastal environment of Drapetsona-Keratsini, Saronikos Gulf (Greece). *Revue de micropaléontologie* 62, 33-44.

Dimiza, M.D., Fatourou, M., Arabas, A., Panagiotopoulos, I., Gogou, A., Kouli, K., Parinos, C., Rousakis, G. and Triantaphyllou, M.V., 2020. Deep-sea benthic foraminifera record of the last 1500 years in the North Aegean Trough (northeastern Mediterranean): A paleoclimatic reconstruction scenario. *Deep-Sea Research II* 171.

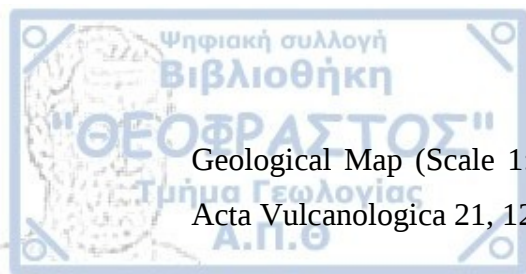
Dessandier, P-A., Borrelli, C., Kalenitchenko, D. and Panieri, G., 2019. Benthic Foraminifera in Arctic Methane Hydrate Bearing Sediments. *Frontiers in Marine Science*. 765, 16 pp.

Gustiantini, L., Tri Dewi, K., Müller, A. and Praptisih, 2007. Paleoenvironmental reconstruction from benthic foraminiferal assemblages of early Holocene, shallow marine deposit of Gombong, Central Java. *Bulletin of the Marine Geology* 22, 16-22.

Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. Past paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*.

Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Pertusati, P., Fytikas, M. and Kolios, N., 1994. The geology and geodynamic significance of the Island of Limnos, North Aegean Sea, Greece. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Mh.* 11, 661-691.

Innocenti F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Pertusati, P., Fytikas, M., Kolios N., Vougioukalakis, G.E., Androulakakis, N., Critelli, S. and Caracciolo, L., 2009.



Geological Map (Scale 1:50,000) of Limnos Island (Greece): Explanatory Notes. *Acta Vulcanologica* 21, 123-134.

- Irwin, N.A.T., Tikhonenkov, D.V., Hehenberger, E., Mylnikov, A.P., Burki, F. and Keeling P.J., 2019. Phylogenomics supports the monophyly of the Cercozoa. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 130, 416-423.
- Khusid, T.A., Barash, M.S., Biebow, N., Nuernberg, D., Tiedemann, R., 2005. Late Quaternary Environmental Changes on the Southeastern Slope of the Sea of Okhotsk Inferred from Benthic Foraminifera. *Oceanology*, Vol 45, 413-419.
- Koukousioura, O., Dimiza, M.D., Triantaphyllou, M.V. and Hallock, P., 2011. Living benthic foraminifera as an environmental proxy in coastal ecosystems: a case study from the Aegean Sea (Greece, NE. Mediterranean). *Journal of Marine Systems* 88, 489-501.
- Koukousioura, O., Triantaphyllou, M.V., Dimiza, M.D., Pavlopoulos, K., Syrides, G. and Vouvalidis, K., 2012. Benthic foraminiferal evidence and paleoenvironmental evolution of Holocene coastal plains in the Aegean Sea (Greece), *Quaternary International* 261, 105-117.
- Koukousioura, O., Pavlopoulos, K., Triantaphyllou, M.V., Vandarakis, D., Marion de Procé, S., Chondraki, V., Kapsimalis, V. and Fouache, E., 2019a. Benthic foraminifera contribution to the stratigraphic and paleoenvironmental evolution of the coastal area of Farasan Al-Kabir Island (Saudi Arabia). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, Special Publication 7.
- Koukousioura, O., Kouli, K., Vouvalidis, K., Aidona, E., Karadimou, G. and Syrides, G., 2019b. A multi-proxy approach for reconstructing environmental dynamics since the mid Holocene, in Ismarida Lake (N. Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, Special Publication 7.
- Koukousioura, O., Dimiza, M.D., Kyriazidou, E., Triantaphyllou, M.V., Syrides, G., Aidona, E., Vouvalidis, K., Panagiotopoulos, I.P. and Papadopoulou, L., 2019c. Environmental evolution of the Paliouras coastal lagoon in the eastern Thermaikos gulf (Greece) during Holocene. *Environmental Earth Sciences* 78, 16 pp.

Lambeck, K., 1995. Late Pleistocene and Holocene sea-level change in Greece and south-western Turkey: a separation of eustatic, isostatic and tectonic contributions. *Geophysics Journal* 122, 1022-1044.

Lambeck, K., 2004. Sea-level change through the last glacial cycle: geophysical, glaciological and palaeogeographic consequences. *Geoscience* 336, 677-689.

Lambeck, K. and Purcell, A., 2005. Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas. *Quaternary Science Reviews* 24, 1969-1988.

Loeblich, A.R. and Tappan, H., 1992. Present status of foraminiferal classification, in studies in benthic foraminifera. In: Takayanagi, Y. and Saito, T., (eds). *Proceedings of the Fourth International Symposium on Benthic Foraminifera, Sendai, 1990 (Benthos '90)*. Tokai University Press, 93-102.

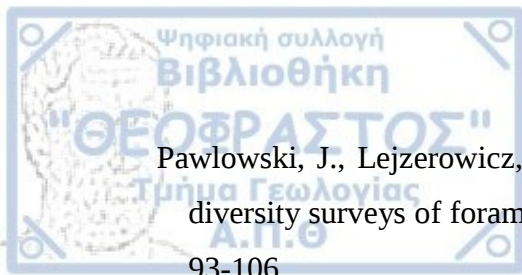
Moreira, D., von der Heyden, S., Bass, D., López-García, P., Chao, E. and Cavalier-Smith, T., 2007. Global eukaryote phylogeny: Combined small-and large-subunit ribosomal DNA trees support monophyly of Rhizaria, Retaria and Excavata. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44, 255-66.

Murray, J., 2006. *Ecology and applications of benthic foraminifera*. Cambridge University Press, 440 pp.

Papanikolaou, D. and Triantaphyllou, M., 2019. New stratigraphic data of the Limnos volcano-sedimentary sequence and correlations with the Thrace Basin. *Bulletin of the Geological Society of Greece, Special Publication* 7.

Pavlidis, S., Tsapanos, Th., Zouros, N., Sboras, S., Koravos, G. and Chatzipetros, A., 2009. Using Active Fault Data for Assessing Seismic Hazard: a Case Study From NE Aegean Sea, Greece. *Earthquake Geotechnical Engineering Satellite Conference, XVIIth International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering*, 14 pp.

Pavlopoulos, K., Fouache, E., Sidiropoulou, M., Triantaphyllou, M.V., Vouvalidis, K., Syrides, G., Gonnet, A. and Greco, E., 2013. *Quaternary International* 308-309, 80-88.



Pawlowski, J., Lejzerowicz, F. and Esling, P., 2014. Next-generation environmental diversity surveys of foraminifera: preparing the future. *The Biological Bulletin* 227, 93-106.

Triantaphyllou, M.V., Pavlopoulos, K., Tsourou, Th. and Dermitzakis, M.D., 2003. Brackish marsh benthic foraminifera and paleoenvironmental changes during the last 6000 years on the coastal plain of Marathon (SE Greece). *Rivista Italiana Paleontologia et Stratigrafia* 109, 539-547.

Triantaphyllou, M.V., Dimiza, M.D., 2012. *Micropaleontology and Environment*. ION Publishing Group, 167 pp.

Triantaphyllou, M.V., Pavlopoulos, K.P., Kouli, K., Koukousioura, O., Dimiza, M.D., Aidona E., Syrides, G., Gogou, A., Karageorgis, A.P., Kyrikou, S., Pallikarakis, A., Archontikis, O., Goiran, J.-P., Anagnostou, C. and Fouache, E., 2016. Paleoenvironmental evolution and sea level change in Saronikos Gulf (Piraeus coastal plain and Elefsis Bay, Greece) during the Holocene. Conference paper. Medclivar 2016 Conference, University of Athens, Athens, Greece.

Vouvalidis, K., Syrides, G. and Albanakis, K., 2005. Holocene morphology of the Thessaloniki bay: impact of the sea level rise. *Annales of Geomorphology* 137, 147-158.

Zajaczkowski, M., Szczuciński, W., Plessen, B., Jernas, P., 2010. Benthic foraminifera in Hornsund, Svalbard: Implications for paleo-environmental reconstructions. *Polish Polar Research* 31, 349- 375.

Ιστοσελίδες

<http://www.marinespecies.org> | WoRMS – World Register of Marine Species

<http://www.researchgate.net> | Αναζήτηση Εργασιών

<http://www.scholar.google.com> | Μελετητής Google

<http://www.wikipedia.org> | Γενικές πληροφορίες για την Λήμνο