

**Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΑΛΑΙΟΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΒΕΝΘΟΝΙΚΑ ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ<sup>1</sup>.**

**ΔΗΜΙΖΑ<sup>2</sup>, Μ., ΝΤΡΙΝΙΑ, Χ., ΑΝΤΩΝΑΡΑΚΟΥ, Α., ΤΣΑΠΑΡΑΣ, Ν., ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η στατιστική παλαιοοικολογική επεξεργασία των Βενθονικών Τρηματοφόρων στα ανωπλειοκαινικά ιζήματα της τομής Τσοúτσουρας, στην νότια περιοχή της Κεντρικής Κρήτης κατέδειξε την ύπαρξη τριών κύριων συναθροίσεων με βάση την επίδραση της οξυγόνωσης των υδάτων και της αλμυρότητας.

Οι συναθροίσεις *A. beccarii* - Miliolids και *A. planorbis* - Συμφυρματοπαγή αντιπροσωπεύουν σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες με καλές επικοινωνίες στον πυθμένα, ενώ αντίθετα η συναθροίση *V. bradyana* - *C. carinata* χαρακτηρίζει συνθήκες περιβαλλοντικού stress με μείωση του οξυγόνου και αυξημένη παραγωγικότητα του πυθμένα.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** Βενθονικά Τρηματοφόρα, στατιστική ανάλυση, τομή Τσοúτσουρας, Αν. Πλειόκαινο.

**KEY-WORDS:** Benthic Foraminifera, statistical analysis, Tsoutsouras section, Late Pliocene.

**ABSTRACT**

Benthic foraminifera widespread occurrence, numerical abundance and high fossilization potential rank them among the most powerful biological tools to reconstruct paleoenvironments. Their diversity and composition by suborder sometimes provide a general indication of the past environment, but the benthic taxonomic composition and recognition of faunal assemblages allow more detailed assessments of water depth, intertidal level, salinity, exposure to water turbulence, bottom oxygen concentrations, water temperature and carbon flux.

The distribution of benthic foraminifera group is determined, and an analysis of the data is made in an effort to isolate and identify important relationships between the distribution of organisms studied and the parameters of the physical environment.

Benthic Foraminifera of the Upper Pliocene Tsoutsouras section (southern Crete) are analysed in order to investigate their relationship with paleodepth, sediment grain size and climatic changes. This paper encompasses the first detailed quantitative paleoenvironmental analysis based on benthic foraminifera from this area.

Q-mode analysis revealed the existence of three associations. *A. beccarii*-Miliolids association corresponds to a rather shallow marine environment with vegetation in the neighbourhood. *A. planorbis*-Agglutinants is characterized by a decline in the salinity and the existence of moderate environmental stress which is associated by oxygen depletion and increase of primary productivity. In the upper part of the section *V. bradyana* - *C. carinata* association represents the establishment of a restricted environment with abundant nutrient, where organic matter accumulates and infaunal opportunistic species capable of surviving in stressed conditions dominate.

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο Τσοúτσουρας βρίσκεται στη νοτιοανατολική περιοχή του Ηρακλείου. Στη θέση αυτή εμφανίζονται τρεις λιθοστρωματογραφικοί σχηματισμοί του Νεογενούς: ο σχηματισμός Τεφέλι ηλικίας Κατ. Τορτονίου (Sissingh, 1972; Zachariasse, 1975), σχηματισμός Παράθαμνα ηλικίας Αν. Τορτονίου-Πλειοκαίνου (Zachariasse, 1975) και ο σχηματισμός Τσοúτσουρα, ηλικίας Αν. Πλειοκαίνου (Zachariasse, 1975, Georgiades-Dikeoulia & Marcopoulou-Diacantoni, 1979; Markopoulou-Diacantoni & Wuest, 1999), ο οποίος εμφανίζεται κατά μήκος μίας στενής λωρίδας των νότιων

1:APPLICATION OF PALEOECOLOGICAL STATISTICAL METHODS BASED ON BENTHIC FORAMINIFERA FOR THE DETERMINATION OF THE PALEOENVIRONMENTAL CHANGES.

2:Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Ιστ. Γεωλογίας-Παλαιοντολογίας, Πανεπιστημιόπολη, 157 84 Αθήνα.

ακτών της περιοχής και συνίσταται από μια σειρά, πλούσιων σε απολιθώματα, αμμωδών μαργών, άμμων και κροκαλοπαγών στρωμάτων.

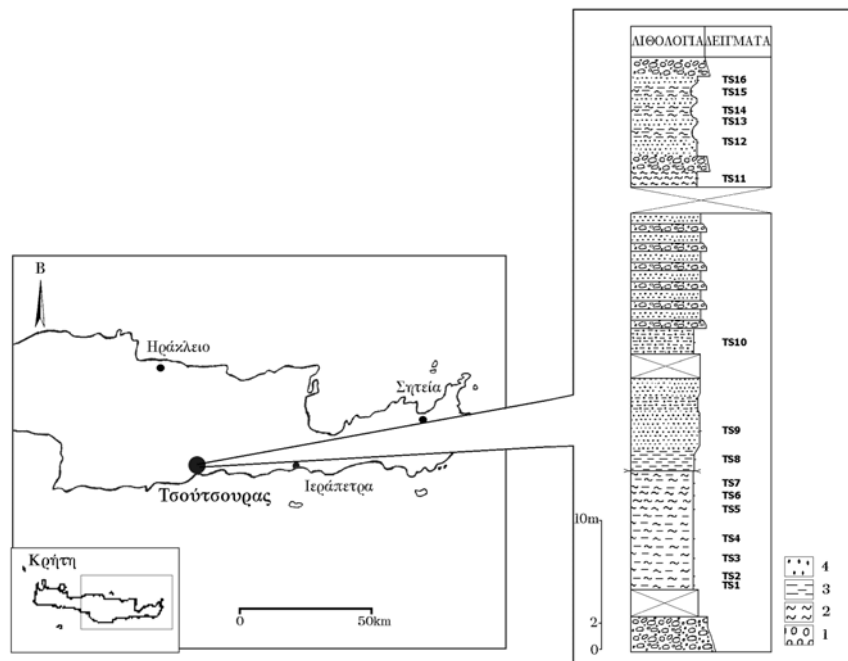
Κύριο στόχο της μελέτης αυτής αποτελεί η οικοστρωματογραφική και παλαιοοικολογική ερμηνεία των ιζημάτων αυτών με βάση μικροπαλαιοντολογικά ποσοτικά δεδομένα. Οι παλαιοοικολογικές στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, ασχολούνται με την περιγραφή κύριων χαρακτηριστικών ενός πληθυσμού, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που περιέχονται στο δείγμα παρατήρησης. Η συλλογή, οργάνωση, ανάλυση και ερμηνεία των χαρακτηριστικών αυτών αποσκοπεί στη διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών των εκάστοτε οικοσυστημάτων.

### ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ

Οι παλαιοοικολογικές παρατηρήσεις στην τομή Τσούτσουρας, βασίστηκαν στις συγκεντρώσεις των βενθονικών Τρηματοφόρων, που συλλέχθηκαν από δέκα έξι θέσεις δειγματοληψίας της τομής. Οι θέσεις των δειγμάτων σημειώνονται στην αντίστοιχη λιθοστρωματογραφική στήλη (Εικ. 1).

Το υλικό μελετήθηκε σε μικροσκόπια Leitz, αφού υπέστη κατεργασία με Perydrol, πλύση με χρήση κοσκίνων 63μ και 125μ και διαχωρισμό με τη βοήθεια ενός Otto microsplitter. Για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των βενθονικών Τρηματοφόρων οι μετρήσεις έγιναν μετά τον διαχωρισμό του υλικού, σε ποσότητες τέτοιες ώστε να περιέχουν τουλάχιστον 200 άτομα. Μετρήσεις ατόμων έγιναν τόσο στα βενθονικά όσο και στα πελαγικά άτομα.

Στη συνέχεια ακολούθησε προσδιορισμός και συστηματική ταξινόμηση των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων για τη βιοστρωματογραφική μελέτη και των βενθονικών Τρηματοφόρων για την παλαιοοικολογική ποιοτική και ποσοτική ανάλυση. Σημειώνεται ότι στα δείγματα TS6 και TS9 δεν πραγματοποιήθηκε ποσοτική ανάλυση, λόγω του μικρού ποσοστού εμφανίσεως των βενθονικών Τρηματοφόρων και τη κακή διατήρηση που τα κατέστησε μη προσδιορίσιμα. Συγκεκριμένα η ποσοτική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή των ακόλουθων στατιστικών μεθόδων:



Εικ. 1. Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Τσούτσουρας όπου 1. κροκαλοπαγή, 2. μάργα, 3. άργιλος, 4. ψαμμίτης.

### Αναλογία πλαγκτονικών-βενθονικών Τρηματοφόρων

Γενικά, η αναλογία πλαγκτονικών-βενθονικών Τρηματοφόρων έχει συσχετιστεί με τρεις περιβαλλοντικούς παράγοντες: το βάθος, την παροχή οργανικού υλικού καθώς και την επιλεκτική διάλυση των ανθρακικών (Grimsdale & van Morkhoven, 1955, Lutze, 1980, Zachariasse, 1978). Επιπλέον, η γενική σχέση μεταξύ του βάθους και της θαλάσσιας παραγωγικότητας η οποία εκφράζεται με τον τύπο:  $\%P = P / (P + B) \times 100$  (όπου

P είναι τα πλαγκτονικά τρηματοφόρα και B τα βενθονικά), δίνεται από την σχέση:  $Depth=e^{(3.58718+(0.03534x\%P))}$  (v.d. Zwaan et al. 1990). Η βαθυμετρική κατανομή γίνεται σύμφωνα με τους Morkhoven et al., (1986) όπου η ενδονηριτική ζώνη κυμαίνεται από 0-50 μ., η μεσονηριτική από 50-100 μ., η εξωνηριτική από 100-200 μ, η ανώτερη βαθύαλη ζώνη από 200-600 μ. και η μέση βαθύαλη ζώνη από 600-1000μ.

#### Ποικιλότητα ειδών και Επικράτηση

Η ποικιλότητα των ειδών θεωρείται το μέτρο της επιδράσεως του περιβαλλοντικού stress στις κοινωνίες των βενθονικών Τρηματοφόρων.

Μια πρώτη προσέγγιση της ποικιλότητας γίνεται απλά με τον αριθμό των ειδών σε κάθε δείγμα.

Ο Fischer-a δείκτης πρωτοαναφέρθηκε από τους Fischer et al., (1943) και δείχνει την σχέση μεταξύ του αριθμού των ειδών και του αριθμού των ατόμων σε μια βενθονική συγκέντρωση. Τελευταία, όμως για τον υπολογισμό της ποικιλότητας χρησιμοποιείται η Shannon-Weaver συνάρτηση H, η οποία αποτελεί μια πολύ καλή παράμετρο συγκέντρωσης που λαμβάνει υπόψη τις αναλογίες και των μη διαδεδομένων ειδών, ενώ είναι ανεξάρτητη του μεγέθους του δείγματος (Margalef, 1968):

$$H(s) = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad \text{όπου } M \text{ ο αριθμός των ειδών, και } p_i \text{ η αναλογία στη}$$

συγκέντρωση του i είδους ( $p_i = n_i/N$ , όπου  $n_i$  είναι ο αριθμός των ατόμων του είδους i και N ο συνολικός αριθμός των ατόμων).

Η επικράτηση (Dominance) υποδεικνύει το είδος που κυριαρχεί ή που αριθμητικώς υπερτερεί σε ένα συγκεκριμένο δείγμα.

Υψηλή ποικιλότητα και χαμηλή επικράτηση αντιπροσωπεύουν χαμηλά επίπεδα οικολογικού stress, τα οποία συνήθως χαρακτηρίζουν σχετικώς σταθερά και καλά αεριζόμενα θαλάσσια περιβάλλοντα (Boltonskoy & Wright, 1976; Murray, 1991).

Γενικά τιμές του δείκτη Fisher-a < 5 χαρακτηρίζουν υφάλμυρα ή υπερύαλα περιθωριακά περιβάλλοντα αλλά μπορεί επίσης να υποδεικνύουν κανονικά θαλάσσια περιβάλλοντα με υψηλή επικράτηση ενός μόνου είδους. Αντίθετα, τιμές του δείκτη  $H > 2.1$  χαρακτηρίζουν κανονικά θαλάσσια περιβάλλοντα.

#### Πολυμεταβλητή ανάλυση

Τα δεδομένα που προέκυψαν από την μέτρηση των ειδών από την τομή Τσούτσουρας, υπέστησαν πολυμεταβλητή ανάλυση (ομαδοποίηση-Cluster Analysis). Αυτού του είδους στατιστική ανάλυση εφαρμόζεται για τον ταυτόχρονο έλεγχο μιας ομάδας μεταβλητών που επιδρούν σε μια συγκέντρωση βενθονικών τρηματοφόρων.

Πιο συγκεκριμένα, η ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε μέσω της αναλύσεως Q-mode.

Κατά την Q-mode ανάλυση τα δείγματα συγκρίνονται μεταξύ τους και ομαδοποιούνται ανάλογα με την περιεχόμενη σε αυτά πανίδα. Το δενδρόγραμμα που προκύπτει αναδεικνύει την ομοιογένεια μεταξύ των δειγμάτων ενώ η ομαδοποίηση που προκύπτει αντιπροσωπεύει βιοτόπους όπου επικρατούν διαφορετικές οικολογικές συνθήκες.

#### **ΒΙΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ**

Η βιοστρωματογραφική ανάλυση της τομής Τσούτσουρας βασίστηκε στις συγκεντρώσεις των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων. Από τις βιοζώνες των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων χρησιμοποιήθηκαν αυτές για το χώρο της Μεσογείου, που έχουν προταθεί από την Cita (1973, 1975) και έχουν αναθεωρηθεί από τους Rio et al., (1984), σε συσχέτιση με τις βιοζώνες που έχει προτείνει επίσης για το χώρο της Μεσογείου, ο Spaak (1983).

Με βάση την κατανομή και τη σύνθεση της πανίδας, η ηλικία των δειγμάτων προσδιορίζεται στο Αν. Πλειόκαινο. Ειδικότερα η τυπική εμφάνιση του είδους *Globorotalia inflata* κυρίως στα κατώτερα στρώματα της τομής, παραπέμπει στο διάστημα της βιοζώνης MPL6 (Cita, 1975) ή στο κατώτερο τμήμα της βιοζώνης IX (Spaak, 1983).

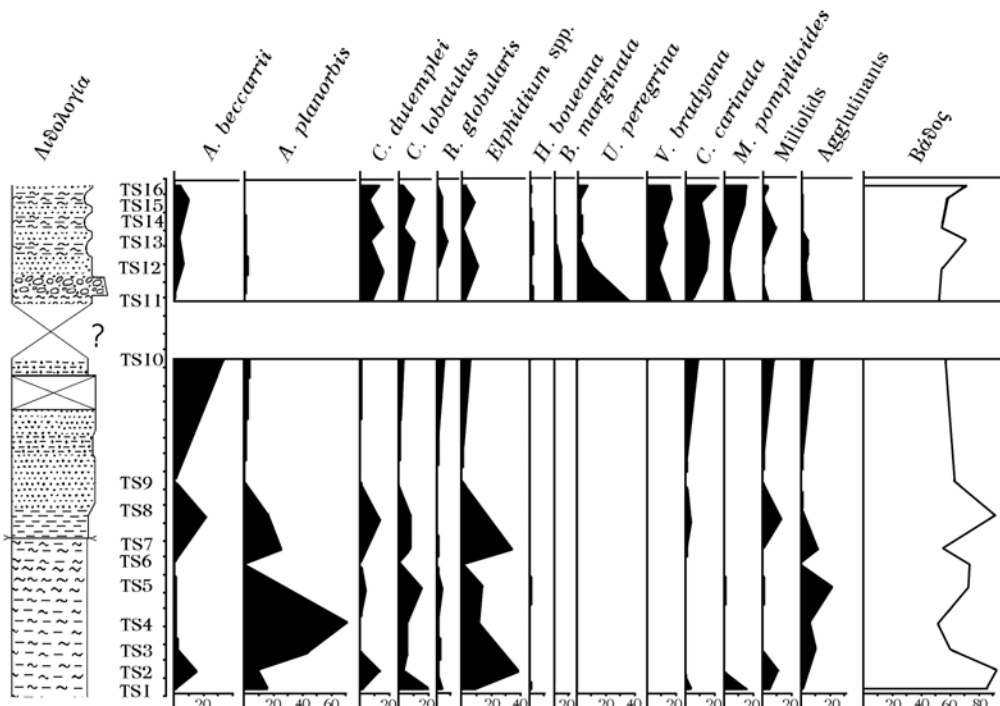
#### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Η μελέτη της βενθονικής μικροπανίδας επέτρεψε την ακόλουθη ποιοτική ανάλυση στην τομή Τσούτσουρας:

Agglutinants	<i>Gavelinopsis praegeri</i> (HER.-AL. & EAR.)
<i>Ammonia beccarii</i> (LINNAEUS)	<i>Glandulina laevigata</i> D' ORBIGNY
<i>Ammonia tepida</i> (CUSHMAN)	<i>Globobulimina pyrula</i> (D' ORBIGNY)
<i>Asterigerinata planorbis</i> (D' ORBIGNY)	<i>Guttulina communis</i> (D' ORBIGNY)
<i>Bolivina alata</i> SEGUENZA	<i>Gyroidinoides soldanii</i> (D' ORBIGNY)
<i>Bolivina catanensis</i> SEGUENZA	<i>Hanzawaia boueana</i> (D' ORBIGNY)
<i>Bolivina pseudoplicata</i> HER.-AL. & EAR.	<i>Lenticulina orbicularis</i> (D' ORBIGNY)
<i>Bolivina spathulata</i> WILLIAMSON	Miliolids
<i>Bolivina</i> spp.	<i>Melonis pompilioides</i> (FICHTEL & MOLL)
<i>Bulimina aculeata</i> D' ORBIGNY	<i>Neoconorbina</i> spp.
<i>Bulimina costata</i> D' ORBIGNY	<i>Nodosaria scalaris</i> (BATSCH)
<i>Bulimina elongata</i> D' ORBIGNY	<i>Nodasaria</i> spp.
<i>Bulimina marginata</i> D' ORBIGNY	<i>Nonion boueanum</i> (D' ORBIGNY)
<i>Bulimina</i> spp.	<i>Nonion depressulum</i> (WALKER & JACOB)
<i>Cancris auriculus</i> (FICHTEL & MOLL)	<i>Nonionella atlantica</i> CUSHMAN
<i>Cassidulina carinata</i> SILVESTRI	<i>Oolina laevigata</i> D' ORBIGNY
<i>Cibicides dutemplei</i> (D' ORBIGNY)	<i>Oridorsalis umbonatus</i> (RESS)
<i>Cibicides lobatulus</i> (WALKER & JACOB)	<i>Planorbulina mediterranensis</i> D' ORBIGNY
<i>Cibicides refulgens</i> MONTFORT	<i>Planulina ariminensis</i> D' ORBIGNY
<i>Discorbis pattelliformis</i> V. BELLEN	<i>Pullenia bulloides</i> (D' ORBIGNY)
<i>Discorbis</i> spp.	<i>Reusella spinulosa</i> (REUSS)
<i>Elphidium aculeatum</i> (D' ORBIGNY)	<i>Rosalina globularis</i> D' ORBIGNY
<i>Elphidium advenum</i> (CUSHMAN)	<i>Siphonina reticulata</i> (CZJZEK)
<i>Elphidium crispum</i> (LINNEAUS)	<i>Trifarina carinata</i> (CZJZEK)
<i>Elphidium fichtellianum</i> (D' ORBIGNY)	<i>Uvigerina mediterranensis</i> D' ORBIGNY
<i>Elphidium macellum</i> (FICHTEL & MOLL)	<i>Uvigerina peregrina</i> (CUSHMAN)
<i>Elphidium</i> spp.	<i>Valvulineria bradyan</i> FORMASINI
<i>Fursenkoina acuta</i> (D' ORBIGNY)	<i>Virgulina schreiberiana</i> CZJZEK

Πίνακας 1

Τα δεδομένα από τις καμπύλες σχετικής αφθονίας των ειδών (Εικ. 2) δείχνουν ότι μια μεταβολή στη σύσταση της βενθονικής πανίδας έλαβε χώρα με τον χρόνο η οποία επιβεβαιώνεται με τα αποτελέσματα της ανάλυσης Q-mode.



Εικ. 2. Διαγράμματα συχνότητας των κυριότερων ειδών της τομής Τσουτσοώρας, καθώς και διάγραμμα μεταβολής του βάθους.

Αυτή έδωσε τρεις κύριες ομάδες δειγμάτων οι οποίες αντιπροσωπεύουν τρεις κύριες συναθροίσεις ειδών που πήραν το όνομά τους από το πιο άφθονο είδος (Εικ. 3). Έτσι αναγνωρίστηκαν:

Συνάθροιση *A. beccarii* - Miliolids με παρουσία σε μικρότερο όμως ποσοστό των ειδών του γένους *Elphidium*, *A. planorbis*, *C. carinata* και Συμφυρματοπαγών (δείγματα TS1, TS3, TS5, TS7).

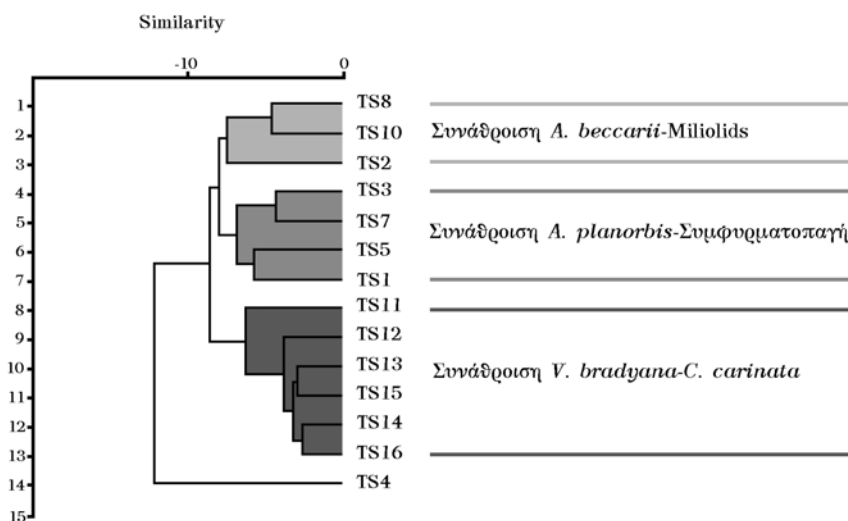
Συνάθροιση *A. planorbis* - Συμφυρματοπαγών με εμφάνιση σε μικρότερο ποσοστό ειδών του γένους *Elphidium* και *M. pompilioides* ενώ απουσιάζουν τα Miliolids (TS2, TS8 και TS10).

Συνάθροιση *V. bradyana* - *C. carinata* με μικρό ποσοστό εμφάνισης των ειδών *U. peregrina*, *C. dutemplei*, *C. lobatulus*, *Neoconorbina* spp.

Ο πιο σημαντικός οικολογικός παράγοντας για τον διαχωρισμό των παραπάνω συναθροίσεων είναι η οξυγόνωση των υδάτων και η αλμυρότητα.

Κριτήρια για την εκτίμηση της οξυγόνωσης και της αλμυρότητας βασίζονται στη μορφολογία των Τρηματοφόρων, στο μέγεθος του κελύφους, το πάχος του τοιχώματος και στην παρουσία χαρακτηριστικών ειδών (Phleger & Soutar, 1973; Bernhard, 1986; Kaiho, 1994).

Γενικά οι συναθροίσεις *A. beccarii* - Miliolids και *A. planorbis* - Συμφυρματοπαγών χαρακτηρίζονται από την φανερή υπεροχή επιφυτικών ειδών τα οποία συνδέονται με την ευφωτική ζώνη και δείχνουν υποπαράκτιο έως περιπαράκτιο περιβάλλον. Αυτά είναι συνήθως μεγαλύτερα από 0.350 mm, με εύρωστο κέλυφος, επιπανιδικά, περιελιγμένα επιπεδοσπειροειδώς ή τροχοσπειροειδώς. Κύριο παλαιοοικολογικό χαρακτηριστικό των ειδών που απαρτίζουν τις συναθροίσεις αυτές είναι ότι απουσιάζουν από τα περιβάλλοντα με χαμηλό ποσοστό O<sub>2</sub>.



Εικ. 3. Ομαδοποίηση των δειγμάτων η οποία πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο της Q-mode ανάλυσης.

Ειδικότερα η συνάθροιση *Ammonia beccarii* - Miliolids, είναι συνδεδεμένη με αβαθή εύκρατα ή θερμά νερά. Το αυξημένο ποσοστό αντιπροσώπων της οικογενείας των Miliolids υποδεικνύει ήσυχα ύδατα και βραδύ ρυθμό ιζηματογένεσης καθώς και περιβάλλον αυξημένης αλμυρότητας με αμμώδες υπόβαθρο (Phleger, 1964). Επιπλέον φαίνεται να υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στα επιφυτικά Miliolids και τη θαλάσσια βλάστηση, καθώς και την περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο που παράγεται κυρίως από ασβεστολιθικά φύκη (Murray, 1963, Brasier, 1975). Η έντονη παρουσία της *A. beccarii* το οποίο αποτελεί είδος ευρύαλο, ευρύθερμο και στενόβαθο που συχνά κυριαρχεί στο εσωτερικό τμήμα της κρηπίδας σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη, ιδιαίτερα ανθεκτικό στις διακυμάνσεις της αλμυρότητας, ενισχύει την παραπάνω ερμηνεία.

Η Συνάθροιση *A. planorbis* - Συμφυρματοπαγή χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό συχνότητας των συμφυρματοπαγών ειδών, τα οποία είναι γνωστά για την προτίμησή τους σε περιοχές υψηλού ρυθμού ιζηματογένεσης (Alve, 1996) και τα οποία σύμφωνα

με τους Kaminski et al. (1995) υποδεικνύουν την ύπαρξη ενδιάμεσων οξυγονωμένων συνθηκών, ενώ σε συνδυασμό με την απουσία των Miliolids εκφράζουν μείωση της αλμυρότητας. Το αυξημένο ποσοστό των ειδών του γένους *Elphidium* υποδεικνύει ένα περιβάλλον σχετικά χαμηλής αλμυρότητας όπου επικρατεί η ταχεία ιζηματογένεση (Murray, 1973; Boltovkoy & Wright, 1976).

Μια σημαντική αλλαγή όσον αφορά στις περιβαλλοντικές συνθήκες παρατηρείται στη Συνάθροιση *Valvulinera bradyana* - *Cassidulina carinata*. Η συνάθροιση αυτή χαρακτηρίζεται κυρίως από το υψηλό ποσοστό του είδους *V. bradyana* το οποίο αποτελεί χαρακτηριστικό είδος που αντέχει στο περιβαλλοντικό stress συνθηθέστερο σε αβαθή ύδατα (Rupp, 1986). Επιπλέον, το χαμηλό ποσοστό των επιφυτικών ειδών υποδεικνύει διατάραξη της υποθαλάσσιας βλάστησης ενώ η έντονη παρουσία ειδών όπως η *C. carinata* φανερώνει συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως. Το γεγονός αυτό σχετίζεται κάλλιστα με μεγάλη παραγωγικότητα του πυθμένα, η οποία επισημαίνεται και από την πληθώρα των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων και το σχετικά υψηλό λόγο P/B.

Ωστόσο η σχετική αφθονία που παρουσιάζουν κάποια είδη που δεν ανέχονται συνθήκες περιβαλλοντικού stress όπως τα *C. dutemplei* και *Hanzawaia boueana* πιθανόν να οφείλεται στην προσφορά και απόθεση αδρομερέστερου υλικού. Ετσι η φύση του υποβάθρου φαίνεται να ανταγωνίζεται το περιβαλλοντικό stress στην ανάπτυξη της βενθονικής πανίδας. Επιπλέον, η συνάθροιση αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό μεταφευμένων αβαθών Τρηματοφόρων (*C. lobatulus*), γεγονός που υποδεικνύει την ύπαρξη χαμηλής πυκνότητας τουρβιδιτικών ρευμάτων.

#### Βάθος απόθεσης - Ποικιλότητα

Οι τιμές της αναλογίας πλαγκτονικών προς βενθονικά τρηματοφόρα κυμαίνονται μεταξύ 0,1-0,3, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ιζηματογένεση έλαβε χώρα σε ένα ιδιαίτερα ρηχό περιβάλλον (55-65 μ.) χαρακτηριστικό της μέσης νηριτικής ζώνης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σχετικά αυξημένο ποσοστό των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων στα δείγματα TS1, TS2, TS8, TS13 και TS16 μπορεί να οφείλεται σε μια αύξηση της παροχής οργανικού υλικού (Zachariasse et al., 1990; Zijderveld et al., 1991) ή σε μια έλλειψη εισροής χερσογενούς κλαστικού υλικού.

Ο υπολογιζόμενος δείκτης ποικιλότητας H(S) (Πίνακας 2) παραμένει σχετικά σταθερός με μικρής κλίμακας διακυμάνσεις, που υποδεικνύουν ένα σχετικά σταθερό θαλάσσιο περιβάλλον. Εξαίρεση αποτελεί το δείγμα TS4, όπου η χαμηλή του τιμή (<2) σε συνδυασμό με την χαμηλή τιμή που παρουσιάζει ο δείκτης Fischer-a (<5), υποδηλώνει ένα υφάλμυρο περιθωριακό περιβάλλον, με υψηλή επικράτηση του είδους *G. praegeri*, ενώ με χαμηλότερο ποσοστό υπάρχουν είδη του γένους *Elphidium*, Συμφυρματοπαγή καθώς και η *A. planorbis*. Σύμφωνα με τους Murray (1973) και Boltovkoy & Wright (1976) αυτά θεωρούνται ως τα σημαντικότερα μέλη της ζωντανής πανίδας των υφάλμυρων λιμνοθαλασσών, όπου ζουν προσκολλημένα στη θαλάσσια χλωρίδα, ενώ ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι συνήθως δείχνουν προτίμηση σε περιοχές με κινούμενα ύδατα και ταχεία ιζηματογένεση.

	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	TS7	TS8	TS10	TS11	TS12	TS13	TS14	TS15	TS16
<b>Taxa</b>	29	15	18	18	17	10	14	21	20	29	24	19	27	22
<b>Ατομα</b>	174	93	111	180	72	73	58	118	180	181	147	108	182	187
<b>Επικράτηση</b>	0,10	0,19	0,23	0,49	0,14	0,21	0,12	0,15	0,16	0,08	0,09	0,09	0,09	0,12
<b>H(S)</b>	2,69	2,07	2,05	1,34	2,33	1,87	2,32	2,48	2,28	2,82	2,70	2,57	2,66	2,43
<b>Fischer-a</b>	9,94	5,06	6,09	4,98	7,02	3,13	5,86	7,43	5,76	9,75	8,14	6,68	8,77	6,48

Πίνακας 2

#### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η στατιστική παλαιοοικολογική επεξεργασία των Βενθονικών Τρηματοφόρων σε ιζήματα του Αν. Πλειοκαίνου από την περιοχή του Τσουτίσουρα της νότιας περιοχής στην Κεντρική Κρήτη κατέδειξε ότι η διάταξη των βενθονικών κοινωσιών, στην εξεταζόμενη περιοχή, αντικατοπτρίζει διακυμάνσεις της αλμυρότητας, όσο και αυξομειώσεις του οξυγόνου και μεταβολές της πρωτογενούς αλμυρότητας. Πιο συγκεκριμένα:

Η ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster analysis, Q-mode), διαχώρισε την πανίδα των βενθονικών Τρηματοφόρων σε τρεις κύριες συναθροίσεις με βάση την επίδραση της οξυγόνωσης των υδάτων και της αλμυρότητας.

Οι συναθροίσεις *A. Beccarii* - Miliolids και *A. planorbis* - Συμφυρματοπαγή χαρακτηρίζονται από την αυξημένη παρουσία των επιφυτικών ειδών και την μικρή συμμετοχή των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων υποδεικνύοντας έτσι ότι η απόθεση των ιζημάτων έγινε στην ευφωτική ζώνη, σε παράκτιο έως περιπαράκτιο περιβάλλον. Από τα βενθονικά Τρηματοφόρα και τη συχνότητά τους συμπεραίνεται ότι, ως επί το πλείστον, οι επικοινωνίες στον πυθμένα ήταν καλές με σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες των υδάτων.

Ειδικότερα, όμως, για την συναθροίση *A. planorbis* - Συμφυρματοπαγή παρατηρείται μια μείωση της αλμυρότητας, όπως αυτή συμπεραίνεται από την απουσία των Miliolids και το υψηλό ποσοστό των Συμφυρματοπαγών, καθώς και ύπαρξη περιορισμένου περιβαλλοντικού stress με την μορφή μείωσης του οξυγόνου που σχετίζεται με αύξηση της πρωτογενούς παραγωγικότητας. Εντούτοις, η φανερή υπεροχή των ειδών που δεν ανέχονται το περιβαλλοντικό stress οποιασδήποτε μορφής, υπαινίσσεται σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες με αποτέλεσμα την αυξητική τάση της βενθονικής πανίδας.

Το περιβαλλοντικό stress φαίνεται να κυριαρχεί στην συναθροίση της *V. bradyana* - *C. carinata*, με μείωση του οξυγόνου που σχετίζεται κάλλιστα με μεγάλη παραγωγικότητα του πυθμένα, καθώς και μείωση των επιφυτικών ειδών που εκφράζει διατάραξη της θαλάσσιας βλάστησης.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1]Alve, E. (1996) -Benthic foraminiferal evidence of environmental change in the Skagerrak over the past six decades. *Nor. Geol. Unders. Bull.*, **vol. 430**:85-93.
- [2]Bernhard, J.M. (1986). Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of Foraminiferal Research*, **vol. 16**:207-215.
- [3]Boltovskoy, E. & Wright, R. (1976) -Recent Foraminifera. *The Hague*.
- [4]Brasier, H. D. (1975) -The ecology and distribution of recent foraminifera from the reefs and shoals around Barbuda, West Indies. *J. Foram. Res.*, **vol. 5**:193-210.
- [5]Cita, M. B., (1973) -Pliocene biostratigraphy and chronostratigraphy. In *W. B. F. Ryan, K. J. Hsu et al., Init. Rep. DSDP*, **vol. 13**(2): 1343-1379, Washington (U. S. Govt. Printing Office).
- [6]Cita, M. B., (1975) -Studi sul Pliocene e gli strati di passaggio dal Miocene al Pliocene VIII. Planktonic foraminiferal biozonation of the Mediterranean Pliocene deep sea record: a revision. *Riv. It. Paleontol. Strat.*, **vol. 81**(4): 527-544.
- [7]Fisher, R. A., Corbet, A. S., Williams, C. B. (1943) -The relationship between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, **12**:42-58.
- [8]Georgiades-Dikeoulia, E. & Marcopoulou-Diacantoni, A. (1979) -La presence du Pliocene superieur dans la region de Tsoutsouros au Sud de l' ile de Crete (Province d' Heraklion). *VI Coll. Geol. Aegian, Reg. Proceed*, **vol. I**:151-158.
- [9]Gooday, A.J. (1988). A response by benthic foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep-sea. *Nature*, **vol. 332**: 70-73.
- [10]Grimsdale, T. F. & van Morkhoven, F. P. C. M. (1955) -The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. *Proceedings of the 4th World Petroleum Congress, Section I/D*, p. 473-491.
- [11]Kaiho, K. (1994). Benthic foraminiferal dissolved oxygen index and dissolved oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, **vol. 22**: 719-722.
- [12]Kaminski, M. A., Boersma, A., Tyska, J. & Holbourn, A. E. L. (1995) - Response of deep-water agglutinated foraminifera to dysoxic conditions in the California Borderland basins. In: *Kaminski et al (Eds) Poceedings of the Fourth International Workshop on Agglutinated Foraminifera. Krakow Poland Grzybowski Foundation, Special Publication*, **vol. 3**:131-140.

- [13]Lutze, G. F. (1980) -Depth distribution of benthic foraminifera on the continental margin of NW Africa. *Meteor. Forsch. Ergebn.*, **C. 32**:31-80, Stuttgart.
- [14]Marcopoulou-Diacantoni, A. & Wuest, J. (1999) -Les bryozoaires du Pliocene superieur de Crete (Formation de Tsoutsouros, Province de Monofatsiou, SA d' Heraklion). *Revue Paleobiol.*, **vol. 18(2)**:547-576, Genenve.
- [15]Margalef, R. (1968) -Perspectives in Ecological Theory, *Univ. of Chicago Press*, ps 111, Chicago.
- [16]Morkhoven, van F. P. C. M., Berggren, W. A., Edwards, A. S. (1986) -Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic Foraminifera. *Centres de Recherches-Exploration Production Elf Aquitaine*, **11**:423.
- [17]Murray, J. W. (1963) -Ecological experiments on Foraminiferida. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **vol. 43**:631-642.
- [18]Murray, J. W. (1973) -Distribution and ecology of living benthic foraminifera. *Crane, Russak & Co.*, ps 274, New York.
- [19]Murray, J. W. (1991) -Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. *Longman, Harlow, Essex*, ps 397.
- [20]Phleger, F. B. (1964) -Foraminifera ecology and marine geology. *Mar. Geol.*, **vol 1**:16-43, Elsevier.
- [21]Phleger, F.B. & A. Soutar, 1973. Production of benthic foraminifera, northwest Gulf of Mexico. Part II, Foraminifera species. *Geological Society of America Memoir*, **46**, 1-64.
- [22]Rio, D., Sprovieri, R., Stefano, E. di & Raffi, I. (1984) -*Globorotalia truncatulinoides* (d' Orbigny) in the Mediterranean upper Pliocene geologic record. *Micropal.*, **vol. 30(2)**:121-137.
- [23]Rupp C. (1986) -Palaeoecologie der Foraminiferen in der Sandschalerzone (Badenien, Miozan) des Wiener Beckens. *Beitr. Palaont. Osterr.*, **vol. 12**:1-180, taf. 41, Wien.
- [24]Sissingh, W. (1972) -Late Cenozoic ostracoda of the south Aegean island arc. *Utrecht Micropaleontological Bull.*, **vol. 6**, ps 187.
- [25]Spaak, P. (1983) -Accuracy in correlation and ecological aspects of the planktonic foraminiferal zonation of the Mediterranean Pliocene. *Utr. Micropal. Bull.*, **vol. 28**:1-160.
- [26]Zachariasse, W. J. (1975) -Planktonic foraminiferal biostatigraphy of the Late Neogene of Crete (Greece). *Utrecht Micropaleontol. Bull.*, **vol. 11**:143.
- [27]Zachariasse, W. J. (1978) -Planktonic foraminifera. *Utr. Micr. Bull.*, **vol 17**:177-240, Utrecht.
- [28]Zachariasse, W.J., Gudjonsson, L., Hilgen, F.J., Langereis, C.G., Lourens, L.J., Verhallen, P.J.J.M. & Zilderneld, J.D.A. (1990). Late Gauss to early Matuyama invasions of *Neogloboquadrina atlantica* in the Mediterranean and associated record of climatic change. *Paleoceanography*, **vol. 5**: 239-252.
- [29]Zwaan, G. J. van der, Jorissen, F. J. & Stigter, H. C. de (1990) -The depth dependancy of planktonic / benthic foraminiferal ratios : Constraints and applications. *Marine Geology*, **vol. 95**:1-16, Elsevier.
- [30]Zijderreld, J.D.A., Langereis, C.G., Hilgen, F.J., Verhallen, D.J.J.M. & Zachariasse, W.J. (1991). Integrated magnetostratigraphy and biostratigraphy of the upper Pliocene - lower Pleistocene from the Monte Singa and Crotone areas in southern Calabria (Italy). *Earth Planet. Sci. Lett.*, **vol 107** :697-714.