

Παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λιμνοθάλασσας του Κίτρους Πιερίας, ΒΔ Θερμαϊκός Κόλπος

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΣ⁽¹⁾, Α.Σ., ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ⁽¹⁾ Κ., ΣΥΡΙΔΗΣ⁽¹⁾, Γ., ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ⁽¹⁾ Κ.

ABSTRACT

This paper deals with the palaeoenvironmental evolution of the Kitros Pierias Lagoon, located at the west coastline of the Thermaikos Gulf, during the upper Holocene. In addition, the palaeoenvironmental units distinguished in the study area were correlated with the Holocene sea level rise in Thermaikos Gulf. The study is based on the sedimentological and stratigraphical analysis of a core 9.5 m long. Sedimentological and palaeontological analysis was carried out in all selected core samples. The determination of the lithophases and biophases allowed the estimation of the stratigraphical units, the interpretation of the geomorphological evolution and the characterization of the palaeoenvironmental conditions. According to the results, we can conclude that the area under investigation was a transitional lagoonal environment, semi-enclosed at its initial stage progressively transformed to an isolated shallow basin. The formation of the semi-enclosed lagoon has been commenced after the conclusion of the rapid phase of sea level rise i.e. 6,000 BP years. Finally, the gradual isolation of the lagoon is attributed to low rate of the sea level rise e.g. over the past 4,000 years..

Keywords: Thermaikos Gulf, salt marsh, coastal geomorphology, North Aegean Sea.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης της λιμνοθάλασσας των Αλυκών Κίτρους Πιερίας, στις δυτικές ακτές του Θερμαϊκού κόλπου, για την περίοδο του Ανώτερου Ολόκαινου. Παράλληλα έγινε προσπάθεια συσχέτισης των ενοτήτων παλαιοπεριβάλλοντος που αναγνωρίστηκαν στην περιοχή μελέτης, με την μεταβολή της Μέσης Θαλάσσιας Στάθμης (Μ.Θ.Σ). Για την διερεύνηση της περιοχής μελέτης πραγματοποιήθηκε μια γεώτρηση βάθους 9 m (KIT-1). Στη συνέχεια έγιναν ιζηματολογικές αναλύσεις σε αδιατάρακτα δείγματα του πυρήνα της γεώτρησης τα οποία χαρακτηρίστηκαν με βάση το τριγωνικό διάγραμμα Folk. Ακολούθησε διαχωρισμός της στρωματογραφίας σε ευρύτερες λιθολογικές φάσεις. Για την παλαιοντολογική έρευνα, η καταγραφή της παλαιοπανίδας που βρέθηκε στα δείγματα κατέστησε δυνατό τον διαχωρισμό της στήλης σε βιοφάσεις. Ο συνδυασμός λιθοφάσεων και βιοφάσεων επέτρεψε τον καθορισμό ενοτήτων που ερμηνεύθηκαν γεωμορφολογικά και χαρακτήρισαν το παλαιοπεριβάλλον. Πιστοποιήθηκε λοιπόν ότι στην περιοχή έρευνας κατά το Ανώτερο Ολόκαινο επικράτησε ένα μεταβατικό περιβάλλον λιμνοθάλασσας, αρχικά ημίκλειστης που στη συνέχεια απομονώθηκε. Η δημιουργία της ήταν αποτέλεσμα της θαλάσσιας επίκλυσης πριν από 6.000 χρόνια τουλάχιστον, ενώ στη συνέχεια η σταδιακή της απομόνωση οφείλεται στους μειωμένους ρυθμούς ανόδου που παρουσίασε η Μ.Θ.Σ κατά τα τελευταία 4.000 χρόνια.

Λέξεις κλειδιά: Θερμαϊκός Κόλπος, αλμυρά έλη, παράκτια γεωμορφολογία, Βόρειο Αιγαίο πέλαγος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λιμνοθάλασσα των αλυκών Κίτρους Πιερίας είναι η μεγαλύτερη σε έκταση λιμνοθάλασσα του Θερμαϊκού κόλπου. Βρίσκεται στο δυτι-

κό τμήμα του κόλπου στο βόρειο άκρο της παραλίας Κατερίνης.

Η λιμνοθάλασσα των αλυκών Κίτρους βρίσκεται στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Μακε-

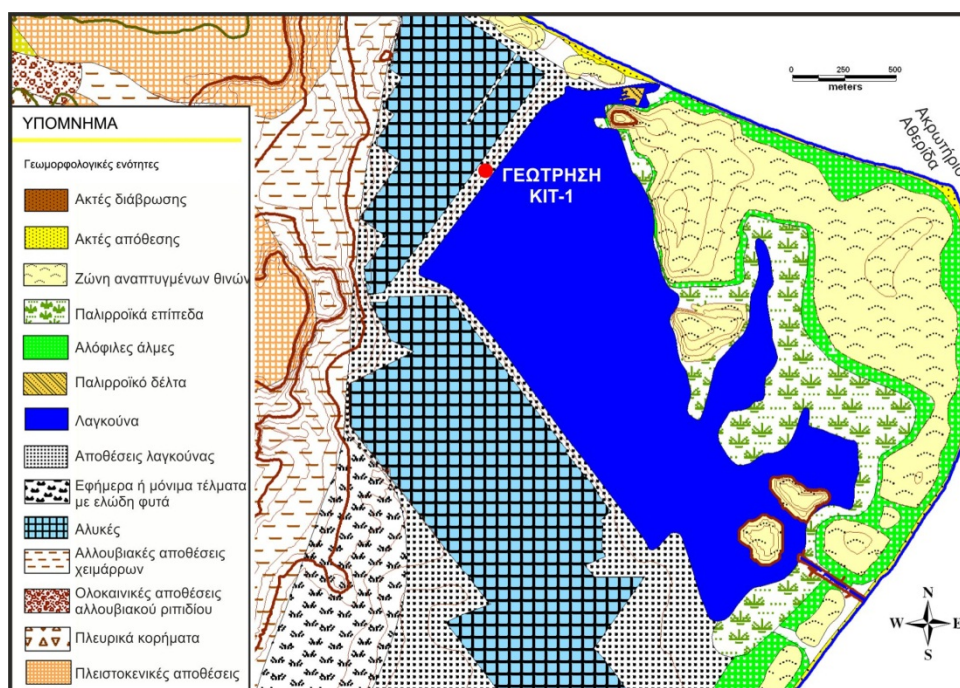
THE PALAEOENVIRONMENTAL EVOLUTION OF THE KITROS PIERIAS LAGOON, SW THERMAIKOS GULF, GREECE.

¹Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 54124 Θεσσαλονίκη, agdimi@yahoo.gr, vouval@geo.auth.gr, syrides@geo.auth.gr, albanaki@geo.auth.gr

δονίας, στο νομό Πιερίας, 18 Km ΒΑ της πόλης της Κατερίνης. Γεωλογικά ανήκει στο δυτικό περιθώριο της Νεογενούς Λεκάνης Αξιού - Θερμαϊκού (Συρίδης, 1990). Το παράκτιο – μεταβατικό περιβάλλον δημιουργίας της λιμνοθάλασσας ξεκίνησε ουσιαστικά με την θαλάσσια επίκλυση του Ολοκαίνου στον Θερμαϊκό κόλπο (Vouvalidis et al., 2005; Fouche et al., 2008). Μορφολογικά στην χαμηλή παράκτια ζώνη διακρίνουμε τη ζώνη των θινών, με ένα μέσο πλάτος 980 m στην περιοχή του ακρωτηρίου Αθερίδα, και μέσο ύψος θινών τα 1,5 - 2,5 m. Πίσω από τις θίνες εκτείνονται παλιρροϊκά επίπεδα με καλαμιώνες, εφήμερα τέλματα γλυκού νερού, λεπτόκοκκες οργανικές αποθέσεις λαγκούνας και τέλος ο χώρος της λιμνοθάλασσας με τις αλυκές που καλύπτουν μαζί 4,15 km². Στη λιμνοθάλασσα και εκατέρωθεν αυτής καταλήγει υδρογραφικό δίκτυο με κλάδους που αποστραγγίζουν τα βόρεια τμήματα των Πιερικών Ορέων και τη λεκάνη Πιερίας-Κατερίνης. Η λιμνοθάλασσα φιλοξενεί επίσης έναν σημαντικό, από άποψη βιοποικιλότητας, υδροβιότοπο, με

πανίδες θηλαστικών, ερπετών, αμφιβίων και εντόμων και σπάνιες ποικιλίες ορνιθοπανίδας και ιχθυοπανίδας.

Η μεταβολή της Μέσης Θαλάσσιας Στάθμης (Μ.Θ.Σ) αποτελεί μέτρο της σχετικής κατακόρυφης κίνησης ανάμεσα στις επιφάνειες ξηράς και θάλασσας (Poulos et al., 2009, Lambek & Purcell, 2005, Vott, A., 2007). Οι Vouvalidis et al. (2005) πρότειναν μια καμπύλη ανόδου της Μ.Θ.Σ στον ευρύτερο παράκτιο χώρο της Θεσσαλονίκης για τα τελευταία 10.000 χρόνια. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους οδήγησαν στην κατασκευή μιας ομαλής καμπύλης ανόδου που παρουσιάζει υψηλούς ρυθμούς μεταβολής, αρχικά, και σημείο καμπής στα 6.000 γ.Β.Π περίπου. Από τότε και έπειτα ο ρυθμός ανόδου μειώνεται αισθητά. Πράγματι, στα 10.000 γ.Β.Π η Μ.Θ.Σ βρισκόταν 30 m χαμηλότερα από τη σημερινή της θέση και ανήλθε στα -5 m με έναν μέσο ρυθμό ανόδου τα 4 m/1.000 γ. Τα τελευταία 4.000 χρόνια ο ρυθμός αυτός μειώθηκε στα 1 m/1.000 γ.



Σχήμα 1.: Γεωμορφολογικός χάρτης της λιμνοθάλασσας των αλυκών Κίτρος Πιερίας.

Η εργασία αυτή έχει σκοπό να συμβάλει στη μελέτη της Παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης της λιμνοθάλασσας, από τα πρώτα στάδια δημιουργίας της έως σήμερα.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η μελέτη της παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης της περιοχής περιελάμβανε τις εργασίες πεδίου που πραγματοποιήθηκαν στη λιμνοθάλασσα του Κίτρους και την εργαστηριακή έρευνα που απαιτούσε την ιζηματολογική, την παλαιοντολογική και την στρωματογραφική ανάλυση των δειγμάτων, η οποία συντελέστηκε στο εργαστήριο Ιζηματολογίας του Α.Π.Θ.

Προκαταρκτικές εργασίες, που περιελάμβαναν, τη λήψη φωτογραφιών, τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση της περιοχής μέσω της επεξεργασίας ψηφιακού μοντέλου εδάφους, μιας δορυφορικής εικόνας SPOT και ενός χάρτης οικότοπων των περιοχών GR1220002 και GR1250004 του δικτύου NATURA 2000 (Δημητράκος, 2009), βοήθησαν στην επιλογή του βέλτιστου δυνατού σημείου δειγματοληψίας.

Οι εργασίες πεδίου περιελάμβαναν τη λήψη πυρήνων ιζήματος από το υπέδαφος της λαγκούνας με κρουστικό γεωτρήπανο (γεώτρηση KIT-1). Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με πυρηνολήπτη μήκους 1 m και εσωτερικό σωλήνα PVC Φ40mm όπου λαμβανόταν το δείγμα και σφραγιζόταν αεροστεγώς. Οι πυρήνες μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου διχοτομήθηκαν, φωτογραφήθηκαν και περιγράφηκαν λεπτομερώς. Μετρήθηκε το ποσοστό της συμπίεσης του αργιλικού υλικού, για την μετατροπή του βάθους πυρήνα σε πραγματικό βάθος δειγματοληψίας. Ακόμη προσδιορίστηκε το χρώμα Munsell του ιζήματος, σε φυσικές συνθήκες υγρασίας. Στη συνέχεια έγινε η συνοπτική περιγραφή της λιθολογίας και της παλαιοπανίδας, για κάθε τμήμα του πυρήνα (1m) και καταγράφηκαν οι σχετικές παρατηρήσεις.

Ιζηματολογική ανάλυση

Από την περιγραφή του πυρήνα ιζημάτων, προέκυψε πως το κύριο μέρος τους αποτελείται από λεπτόκοκκες αποθέσεις και από έναν ορίζοντα χονδρόκοκκου ιζήματος (Σχ. 2 & 3). Για το στρώμα χονδρόκοκκου ιζήματος, εφαρμόστηκε η μέθοδος μηχανικής ανάλυσης με κόσκινα

ακολουθώντας τις προδιαγραφές του Folk (1974). Στη συνέχεια κρίθηκε σκόπιμη η μορφομετρική ανάλυση των κόκκων της άμμου με τη βοήθεια του νομοδιαγράμματος των Krumbein και Sloss (Ψιλοβίκος, 1985).

Για το υπόλοιπο του πυρήνα έγινε μηχανική ανάλυση των λεπτόκοκκων υλικών με τη μέθοδο καθίζησης σε υγρό μέσο, και από μια πλειάδα παραλλαγών της, επιλέχθηκε η τροποποιημένη μέθοδος του σιφωνίου (modified pipette) (ASTM, 1985; Guy, 1969, Αλμπανάκης, in press). Προαναλυτικά έγινε λήψη 53 δειγμάτων ιζήματος από τους πυρήνες, ακολούθησε καθαρισμός του κάθε δείγματος από αργιλικά υλικά επιμόλυνσης, και απομάκρυνση των λεπτόκοκκων οργανικών υλικών. Κατόπιν το κάθε δείγμα υποβλήθηκε σε υγρό κοσκίνισμα, για την κατακράτηση άμμου και θραυσμάτων κελυφών παλαιοπανίδας.

Στρωματογραφία – Παλαιοντολογία

Στο κομμάτι της στρωματογραφικής έρευνας, έγινε ο διαχωρισμός του πυρήνα σε στρώματα ιζημάτων. Η ανάγκη για περαιτέρω ομαδοποίηση και γενίκευση οδήγησε στην κατάταξη των ιζηματολογικών αποτελεσμάτων σε ευρύτερες λιθολογικές φάσεις (I, II, III, IV).

Για τη μελέτη της Παλαιοντολογίας, πραγματοποιήθηκε αναλυτική καταγραφή της παλαιοπανίδας μαλακίων που βρέθηκε στα δείγματα ιζήματος και χαρακτηρίστηκε ανάλογα με το περιβάλλον διαβίωσης του κάθε οργανισμού. Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά έγινε δυνατός ο διαχωρισμός της στήλης σε βιοφάσεις. Ο συνδυασμός λιθοφάσεων και βιοφάσεων οδήγησε στη αναγνώριση και τον καθορισμό ενοτήτων, η γεωμορφολογική ερμηνεία των οποίων επέτρεψε τον χαρακτηρισμό του παλαιοπεριβάλλοντος απόθεσης για κάθε μια απ' αυτές.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Κοκκομετρία

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας ανάλυσης υπολογίστηκαν το κλασματικό και το αθροιστικό βάρος % ανά μέγεθος Φ χονδρόκοκκου ιζήματος και κατασκευάστηκε η κοκκομετρική καμπύλη. Για την εξαγωγή των παραμέτρων μεγέθους του ιζήματος χρησιμοποιήθηκε η γραφική μέθοδος σε λογαριθμικό διάγραμμα πιθανά

νότητας. Από τις τιμές των παραμέτρων μεγέθους του ιζήματος που προέκυψαν και την στατιστική ερμηνεία τους, έγινε δυνατός ο χαρακτηρισμός του δείγματος.

Τα ποσοστά άμμου, ιλύος και αργίλου που προέκυψαν για κάθε δείγμα, τοποθετήθηκαν υπό μορφή σημείου στο τριγωνικό διάγραμμα του Folk (Σχ. 2), και ανάλογα με τη θέση του σημείου αυτού στους τομείς του διαγράμματος, το δείγμα χαρακτηρίστηκε με έναν από τους ακόλουθους χαρακτηρισμούς: **S** Άμμος, **cS** αργιλούχος Άμμος, **mS** πηλούχος Άμμος, **zS** ιλυούχος Άμμος, **sC** αμμούχος Άργιλος, **sM** – αμμούχος Πηλός, **sZ** αμμούχος Ιλύς, **C** Άργιλος, **M** Πηλός, **Z** Ιλύς.

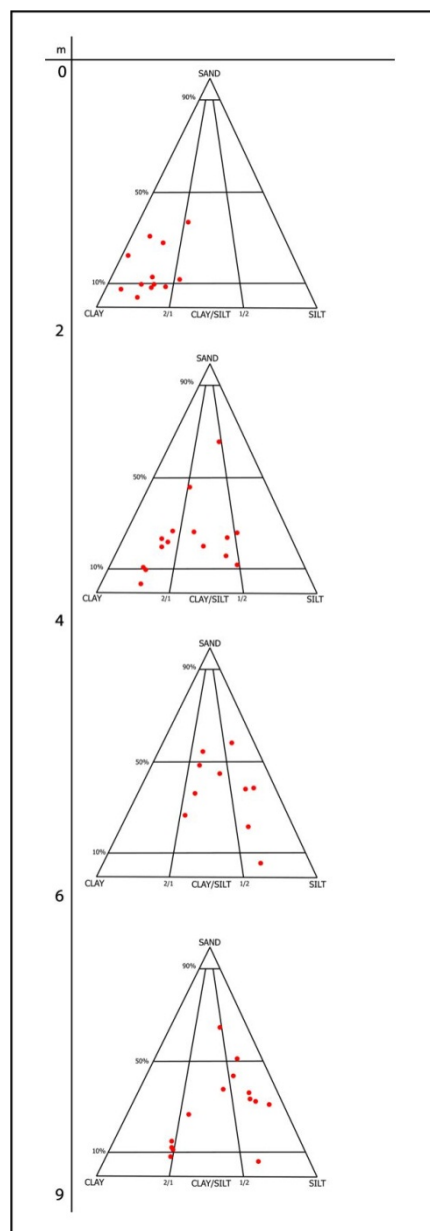
Τέλος, έγινε γραφική παράσταση της κατά βάθους μεταβολής των ποσοστών (Σχ. 3). Η συγκεκριμένη γραφική κατανομή βοήθησε στη σύνθεση της στρωματογραφίας.

3.2 Πανίδα – Παλαιοπεριβάλλον

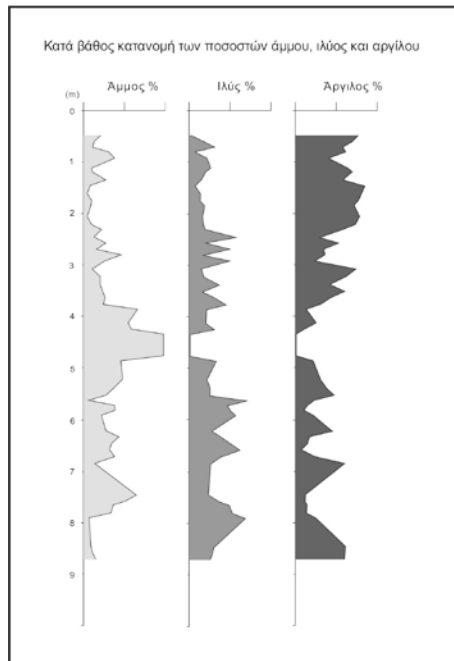
Η ταξινόμηση που ακολουθήθηκε για την ομαδοποίηση της παλαιοπανίδας στηρίχθηκε στο περιβάλλον διαβίωσης των οργανισμών. Συγκεκριμένα, τα είδη που βρέθηκαν εμπίπτουν στην υφάλμυρη και την ευρύαλη θαλάσσια πανίδα. Βρέθηκαν ακόμη είδη, καθαρά θαλάσσιου περιβάλλοντος διαβίωσης, με μηδαμινές ανοχές στη μεταβολή της αλατότητας (stenohaline) που χαρακτηρίστηκαν ως «θαλάσσια πανίδα».

Συμπερασματικά, η παλαιοπανίδα που βρέθηκε μπορεί να υποδιαιρεθεί, σύμφωνα με τον Verhoeven (1980) σε 3 ομάδες ανάλογα με την προέλευσή τους (οικολογία, περιβάλλον διαβίωσης) :

- **Υφάλμυρη πανίδα:** είδη που ζουν σε υφάλμυρα νερά και μπορούν ακόμη να επιβιώσουν σε ένα μεγάλο εύρος αλατότητας (mixohaline, hypersaline). Πρόκειται για χαρακτηριστικούς κατοίκους του λιμνοθαλάσσιου περιβάλλοντος : *Cerastoderma glaucum*, *Abra ovata*, *Hydrobia*.



Σχήμα 2: Απεικόνιση των αποτελεσμάτων των ιζηματολογικών αναλύσεων των δειγμάτων της γεώτρησης KIT-1 σε κοινό τριγωνικό διάγραμμα, ανά 2m βάθους πυρήνα.



Σχήμα 3: Γραφική παράσταση της κατά βάθους κατανομής των ποσοστών άμμου, ιλύος και αργίλου στη γεώτρηση KIT-1.

• **Ευρύαλη θαλάσσια πανίδα:** οργανισμοί τυπικοί θαλάσσιου περιβάλλοντος χαμηλής ακτής που μπορούν να προσαρμοζονται σε νερά με μεγάλο εύρος αλατότητας (euzyhaline) : *Bittium reticulatum*, *Rissoa*, *Cerithium vulgatum*, *Cyclope neritea*, *Nassa*.

• **Θαλάσσια πανίδα:** με μικρή ή και ανύπαρκτη ανοχή στις διακυμάνσεις της αλατότητας: *Tapes*, *Venus gallina*, *Plagiocardium*, *Donax*.

Για τη βενθική πανίδα, διαπιστώθηκε ότι μπορούμε επί μέρους να τη χωρίσουμε

- σε οργανισμούς που κατοικούν σε ιλύο-αργιλώδεις βυθούς (*Abra*),
- σε αυτούς που ζουν αποκλειστικά θαμμένοι στην άμμο (*Cyclope*, *Venus*, *Donax*)
- στα γαστερόποδα *Bittium* και *Rissoa* που διαβιώνουν σε θαλάσσια φύκη.
- η *Cerastoderma glaucum* που διαβιώνει εξ ίσου σε όλα τα παραπάνω είδη βυθού.

3.3 Λιθοστρωματογραφικές φάσεις

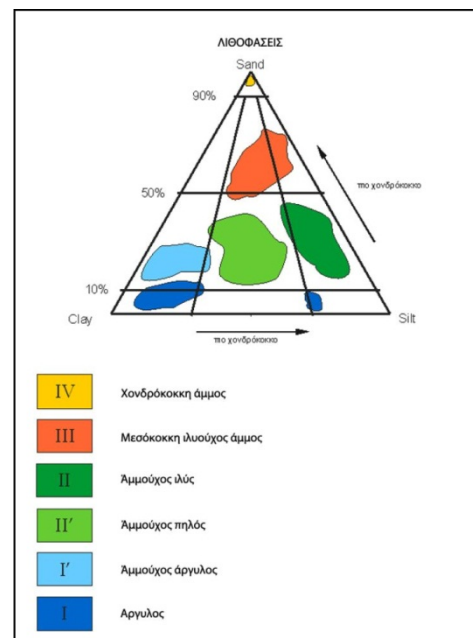
Με την συνοπτική προβολή όλων των αποτελεσμάτων σε ένα κοινό τριγωνικό διάγραμμα

και την ομαδοποίηση τους, ακολούθησε περαιτέρω διαχωρισμός της στήλης σε λιθολογικές φάσεις (Σχ. 4). Η ομαδοποίηση σε λιθοφάσεις έγινε με κριτήριο τα ποσοστά συμμετοχής χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων συστατικών στο ίζημα και την εγγύτητα των δειγμάτων στο τριγωνικό διάγραμμα. Συνδέονται δε η καθεμία με διαφορετική ενέργεια περιβάλλοντος απόθεσης σύμφωνα με τη λογική ότι, όσο πιο χονδρόκοκο είναι ένα ίζημα τόσο μεγαλύτερης ενέργειας περιβάλλον χρειάζεται για να αποθεθεί. Αναλυτικότερα αναγνωρίστηκαν οι εξής λιθοφάσεις με σειρά αύξουσας ενέργειας αποθετικού περιβάλλοντος.

• **Λιθοφάση I :** Αργιλικά, πολύ λεπτόκοκκα ιζήματα (C,Z,sC). Στα 0,60 m. πυρήνα βρέθηκε λεπτός ορίζοντας με σημαντική παρουσία οργανικής ύλης.

• **Λιθοφάση I' :** Λεπτόκοκκη αμμούχος άργιλος (sC) τεφροπράσινου χρώματος (5/5 GY, 6/10 BG, 5/10 Y, κλίμακα Munsell).

• **Λιθοφάση II' :** Αμμούχος πηλός (sm) με τεφροπράσινο χρώμα (4/5 G, 4/10 Y, 3/10 GY, κλίμακα Munsell).



Σχήμα 4: Ομαδοποίηση των λιθοβάσεων για τα δείγματα που αναλύθηκαν στη γεώτρηση KIT-1 των Αλυκών Κίτρους Πιερίας

- **Λιθοφάση II** : Αμμούχος ιλύς (sZ) σκούρου τεφροπράσινου χρώματος (3/10 Y, κλίμακα Munsell), με σημαντικά ποσοστά μαρμαρυγία στη σύνθεσή της.
- **Λιθοφάση III** : Μεσόκοκκη πηλούχος – ι-λυούχος άμμος (mS, zS) σκούρου τεφροπράσινου χρώματος (3/10 Y, Munsell)
- **Λιθοφάση IV** : Καθαρή χονδρόκοκκη άμμος (S) σε ένα παράκτιο περιβάλλον απόθεσης. Οι κόκκοι είναι χαλαζιακής και ασβεστιτικής σύστασης, ενώ υπάρχουν διάσπαρτες κατά θέσεις, μικρές ψηφίδες. Ο ορίζοντας παρουσιάζει διαβάθμιση στρώσης, με αύξηση του μεγέθους των κόκκων από τη βάση του και προς τα πάνω.

3.4 Βιοστρωματογραφικές φάσεις

Με βάση την ανάλυση και τη ταξινόμηση της παλαιοπανίδας που προηγήθηκε και λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή της κατά μήκος του πυρήνα, ήταν δυνατή η ομαδοποίηση του στις ακόλουθες βιοστρωματογραφικές ενότητες, σύμφωνα με την επικράτηση ή όχι κάποιας μορφής πανίδας έναντι κάποιας άλλης (Σχ. 5).

- **eM (euryhaline marine)**: Επικράτηση της ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας κυρίως με τα γένη *Bittium* και *Rissoa*, που ζουν στα θαλάσσια φύκη. Σταθερή, αλλά με μειωμένη πυκνότητα, η παρουσία υφάλμυρης πανίδας, με μικρά νεαρά άτομα και λεπτοκέλυφα όστρακα. Ελάχιστη παρουσία αμιγώς θαλάσσιας πανίδας με αποστρογγυλεμένα όστρακα.
- **B (brackish)**: Επικράτηση της υφάλμυρης πανίδας με μεσαία έως μεγάλα άτομα *Cerastoderma* και *Abra*, συχνά σε θέση ζωής. Αραιή παρουσία της ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας, με μικρά και εμβρυϊκά άτομα (*Bittium*) και σταδιακή εξαφάνισή της. Απουσία θαλάσσιας πανίδας.
- **M (marine)**: Επικράτηση της αμιγώς θαλάσσιας και της ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας με αραιή εμφάνιση υφάλμυρων εκπροσώπων (*Cerastoderma*). Όλα τα άτομα είναι από λίγο έως πολύ διαβρωμένα και αποστρογγυλεμένα. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει τη θαλάσσια προέλευση της βιοφάσης και τη μεταφορά της από ρεύματα νερού (παλιρροϊκά ρεύματα, κύματα).

4. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ

Τα αποτελέσματα από την ιζηματολογική, την παλαιοντολογική και τη στρωματογραφική προσέγγιση του θέματος, οδήγησαν σε γεωμορφολογικά συμπεράσματα για την εξέλιξη του παλαιοπεριβάλλοντος στο χώρο έρευνας. Είναι γεγονός ότι, ελλείψει εργασιών ραδιοχρονολόγησης, ήταν αδύνατον να χρονολογηθούν απόλυτα οι φάσεις εξέλιξης, παρά μόνο να συσχετιστούν ως ένα βαθμό με την καμπύλη ανόδου της Μ.Θ.Σ στο Θερμαϊκό.

Ο συσχετισμός των λιθολογικών (I, II, III και IV) και των βιοστρωματογραφικών φάσεων (eM, B και M) οδήγησε στον καθορισμό παλαιοπεριβαλλοντικών ενοτήτων, η ερμηνεία των οποίων κατέδειξε την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής (Σχ. 5). Κάθε ενότητα συνδέεται, με ορισμένες συνθήκες απόθεσης, με επικράτηση συγκεκριμένου τύπου πανίδας και εμφανίζει συγκεκριμένα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά.

- **Ενότητα a** (5,08 – 9 m) : Συνθήκες ιζηματογένεσης χαμηλής ενέργειας (Κύριες λιθοφάσεις I, I', II, II') που παρουσιάζουν μια επαναληπτικότητα στο χρόνο. Η φαινομενική αυτή ρυθμικότητα στην εναλλαγή των φάσεων δεν είναι επεισοδιακή αλλά σχετίζεται με το βαθμό απομόνωσης της λεκάνης και, σε συνδυασμό με την επικράτηση της ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας, καταδεικνύεται πως για την περίοδο αυτή λειτούργησε στην περιοχή μια μερικώς απομονωμένη λεκάνη θαλάσσιας ιζηματογένεσης μικρού έως μεσαίου βάθους με βλάστηση θαλάσσιων φυκιών. Η ιζηματογένεση συντελέστηκε σε ένα περιβάλλον ημίκλειστου θαλάσσιου κόλπου (semi enclosed marine bay) ή ποταμόκολπου (estuarine), το οποίο περιελάμβανε εγκολπώσεις με πολύ ήρεμες συνθήκες ιζηματογένεσης, αλλά και περιοχές με εντονότερες παλαιοευματικές συνθήκες, όπου αποτίθονταν πιο χονδρόκοκκα ιζήματα (φάσεις II, II' και III). Το όριο απομόνωσης της λεκάνης προς τη θάλασσα ήταν ένα επικλυσιογενές φράγμα άμμου (transgressive sand barrier) με τη μορφή αμμοβραχίωνα (headland spit,) και με μη μόνιμες θίνες χαμηλού ύψους.
- **Ενότητα b** (3,80 - 5,08 m) : Συνθήκες ιζηματογένεσης υψηλής ενέργειας με κυκλικότητα

Βάθος	Λιθοφάσεις	Χρώμα Munsell	Βιοφάσεις	Γεωμορφολογική - Παλαιοπεριβαλλοντική ερμηνεία	Ενότητες
0	I'				
	I	5/5 GY		Prograded sand barrier (Προελαύνον φράγμα άμμου)	
		5/5 GY			
1	I'	4/10 GY			
	I	6/10 BG		Dune (Αμμοθίνες)	
	I'				
		5/10 Y			
2	I	3/10 GY	B	Brackish coastal lagoon (isolated) (Απομονωμένη υφάλμυρη λιμνοθάλασσα)	d
		4/10 GY			
		6/10 BG		Low energy sedimentation (Ιζηματογένεση περιβάλλοντος χαμηλής ενέργειας)	
	I'				
		6/10 BG			
3	III				
		4/5 G			
	II'	4/10 Y	eM	Semi-isolated coastal lagoon (Ημι-απομονωμένη παράκτια λιμνοθάλασσα)	c
4	III	4/10 GY			
			M	Transgressive sand barrier (Επικλυσιγενές φράγμα άμμου)	
	IV			Washover flat (Πεδίο απόπλυσης)	b
				Backbarrier Tidal delta (Παλιρροϊκό δέλτα)	
5	III			Tidal channel (Παλιρροϊκό κανάλι)	
	II'	4/10 GY			
	I				
		6/10 BG		Transgressive sand barrier (Επικλυσιγενές φράγμα άμμου)	
6	II	5/5 GY			
	II'			Bay barrier	
				Headland spit (Αμμοβραχίονας)	
	II		eM	Barrier island	
7	I			Semi-enclosed marine bay (Ημι-κλειστός θαλάσσιος κόλπος)	a
	III	4/10 GY			
	II			Estuary (Ποταμόκολπος)	
8					
	I			Low energy sedimentation	
9				Seagrass (Θαλάσσια φύκη)	

Σχήμα 5: Συνοπτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της έρευνας στην περιοχή των Αλυκών Κίτρου Πιερίας. Παρουσιάζονται η στρωματογραφία, με τις λιθολογικές και τις βιοστρωματογραφικές φάσεις, το χρώμα των αποθέσεων (κατά Munsell), καθώς και οι ενότητες παλαιοπεριβάλλοντος (a, b, c και d) που προτάθηκαν για την περιοχή, με τη γεωμορφολογική ερμηνεία τους.

στην εναλλαγή των φάσεων (III - IV - III). Επικράτηση της αμιγούς θαλάσσιας πανίδας με φανερά σημάδια μεταφοράς. Τα στοιχεία αυτά φανερώνουν τη λειτουργία μιας λεκάνης ιζηματογένεσης με καλή επικοινωνία με τη θάλασσα. Το φράγμα άμμου δεν ήταν πλέον ενιαίο αλλά διακόπηκε από παλιρροϊκά κανάλια (tidal channels) επικοινωνίας. Τα πάχη της λιθοφάσης III εκατέρωθεν της IV και η διαβάθμιση της στρώσης των αποθέσεων υποδηλώνουν μια σχετικά απότομη αύξηση της ενέργειας ιζηματογένεσης που ακολουθήθηκε από μια σταδιακή μείωση της. Η ακολουθία αυτή μπορεί να ερμηνευτεί με την επεισοδική διάνοιξη ενός παλιρροϊκού καναλιού, την απόθεση παλιρροϊκών δελταϊκών αποθέσεων (χονδρόκοκκη παράκτια άμμος), επεισοδικών αποθέσεων απόπλυσης (washover flats) από θαλάσσια κύματα, και τη σταδιακή πλήρωση των καναλιών με υλικά.

- **Ενότητα c** (2,73 -3,80 m) : Οι συνθήκες ιζηματογένεσης είναι μέσης προς χαμηλής ενέργειας (λιθοφάση II) με προς τα πάνω αύξηση των λεπτόκοκκων υλικών. Η επικρατούσα πανίδα είναι η ευρύαλη θαλάσσια με αυξανόμενη όμως, προς τα πάνω, συμμετοχή της υφάλμυρης. Διαφαίνεται λοιπόν η λειτουργία, κατά την περίοδο αυτή, μιας ημι-επικοινωνούσας με τη θάλασσα, λεκάνης που σταδιακά απομονώθηκε σε ένα περιβάλλον παράκτιας λιμνοθάλασσας με υφάλμυρα νερά.

- **Ενότητα d** (0 – 2,73 m) : Κατά την περίοδο αυτή η λιμνοθάλασσα εμφανίζεται αρκετά απομονωμένη, με υφάλμυρες συνθήκες, σταδιακή υποβάθμιση και εξαφάνιση της θαλάσσιας πανίδας. Η ιζηματογένεση είναι πλέον πολύ χαμηλής ενέργειας (λιθοφάσεις I,I'). Η απομόνωση της λεκάνης, λόγω πλήρωσης των καναλιών επικοινωνίας της με τη θάλασσα, και η εξέλιξη του περιβάλλοντος σε λιμνοθαλάσσιο οφείλεται πιθανόν στη μείωση του ρυθμού ανόδου της σχετικής στάθμης της θάλασσας. Ο σταθερός για την περιοχή ρυθμός παράκτιας ιζηματογένεσης ήταν πια μεγαλύτερος από το ρυθμό ανόδου της Μ.Θ.Σ. με αποτέλεσμα η ακτή να μετατραπεί σε αποθετικού τύπου. Συγχρόνως, η απόθεση κλαστικού υλικού στην ακτή και οι ανεμπόδιστες από την αργή θαλάσσια επίκλυση, αιολικές διεργασίες ευνόησαν το σχηματισμό ενός μόνιμου συστήματος θινών που καλύ-

πτονται από αλόφιλη βλάστηση και που έχουν ύψος κατά πολύ μεγαλύτερο από το μέσο παλιρροϊκό εύρος. Όπισθεν του αμμόδους φράγματος, τα ιζήματα που αποτέθηκαν ήταν τυπικά λεπτόκοκκα ιζήματα λαγκούνας, ενώ στα σημεία που ευνοήθηκε η ανάπτυξη ελών και βάλτων γλυκού νερού (marshes), έγινε απόθεση μαύρων οριζόντων οργανικού υλικού (peat deposits).

Στο Σχήμα 5 παρατίθενται συνοπτικά η στρωματογραφία, με τις λιθολογικές και τις βιοστρωματογραφικές φάσεις, το χρώμα των αποθέσεων (κατά Munsell), καθώς και οι ενότητες παλαιοπεριβάλλοντος (a, b, c και d) που προτάθηκαν για την περιοχή, με τη γεωμορφολογική ερμηνεία τους.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κομβικό χρονικά σημείο στην πορεία εξέλιξης της παλαιογεωγραφίας της περιοχής, αποτέλεσε η έναρξη του μεσοπαγετώδους Ολοκαίνου. Ωστόσο η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στη χρονική περίοδο του Ανώτερου Ολοκαίνου, τα τελευταία 10.000 χρόνια κατά την οποία στην περιοχή του Κίτρους, υπήρχε ένα επικλυσιγενές φράγμα άμμου και όπισθεν του επικρατούσε ένα περιβάλλον ποταμόκολπου ή ημικλειστού θαλάσσιου κόλπου, (ενότητα a). Οι συνθήκες ιζηματογένεσης σε αυτή την ανοικτή λιμνοθάλασσα, ήταν γενικά χαμηλής ενέργειας. Σύμφωνα με το μοντέλο εξέλιξης λαγκούνας, του Nichols (1989), που βασίζεται πάνω στη δυναμική σχέση που παρουσιάζουν μεταξύ τους οι ρυθμοί ιζηματογένεσης που επικρατούν σε μια περιοχή, με τους ρυθμούς ανόδου της Μ.Θ.Σ, η περιοχή στη φάση αυτή χαρακτηρίζεται ως «ελλειμματική» λιμνοθάλασσα (deficit lagoon) με τους ρυθμούς ανόδου της Μ.Θ.Σ να είναι μεγαλύτεροι των ρυθμών ιζηματογένεσης.

Στη συνέχεια της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης, παρατηρούμε μια αύξηση της ενέργειας αποθετικού περιβάλλοντος με χονδρόκοκκα παράκτια ιζήματα (άμμος, ιλυούχος άμμος), και την παρουσία πανίδας αμιγώς θαλάσσιας, με εμφανή σημάδια μεταφοράς (ενότητα b). Η γεωμορφολογική ερμηνεία που προτείνεται, είναι η καταστροφή του παράκτιου φράγματος από κάποιο επεισοδικό γεγονός και η λειτουργία εκεί κάποιου παλιρροϊκού καναλιού (tidal chan-

nel) με τον επακόλουθο σχηματισμό ενός παλιρροϊκού δέλτα. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε με την σταδιακή πλήρωση του παλιρροϊκού καναλιού, και την «επούλωση» του φράγματος στο σημείο εκείνο.

Στο επόμενο χρονικό διάστημα η λιμνοθάλασσα συνέχισε να λειτουργεί ως ένα μεταβατικό περιβάλλον ιζηματογένεσης με λεπτόκοκκες αποθέσεις (ενότητα c). Σε γενικές γραμμές μπορούμε να τοποθετήσουμε χρονικά αυτή τη φάση, περίπου στα 5.000 με 4.000 π.Π όταν ο ρυθμός ανόδου της Μ.Θ.Σ άρχισε να μειώνεται. Η επικοινωνία της λαγκούνας με τη θάλασσα ήταν μεν καλή και ευνοούσε την παρουσία ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας, αλλά σταδιακά περιοριζόταν εξ αιτίας της σταθεροποίησης της Μ.Θ.Σ. Κατά το μοντέλο του Nichols πάλι, η λαγκούνα στο στάδιο αυτό τείνει να χαρακτηριστεί «εξισορροπημένη» (equilibrium lagoon), με τη μορφολογία της να διατηρείται εξ αιτίας της ισορροπίας που υπάρχει μεταξύ της ανόδου της Μ.Θ.Σ και της προσφοράς ιζήματος.

Από τα 4.000 π.Π και έπειτα, παρατηρείται στην περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου, μια πτώση του ρυθμού ανόδου της Μ.Θ.Σ στα 1 m/1.000 π (Vouvalidis et al, 2005). Το γεγονός αυτό σηματοδοτεί την έναρξη της ανάπτυξης παράκτιων θινών. Η προσφορά ιζήματος από την ακτή και οι ανεμπόδιστες πια αιολικές διεργασίες δίνουν στις θίνες σημαντικό ύψος, ενώ η βλάστηση που σταδιακά αποκτούν, τις καθιστά πλέον μόνιμες γεωμορφές (Roy et al, 1994). Το αποτέλεσμα αυτών των δυο διεργασιών στο μεταβατικό περιβάλλον της λιμνοθάλασσας, είναι η μερική έως και πλήρης απομόνωση της λαγκούνας. Η αρχή του φαινομένου της απόσυρσης, με σταδιακή απομόνωση της λεκάνης, προσδιορίστηκε στρωματογραφικά (ενότητα d) , από την πολύ χαμηλή ενέργεια αποθετικού περιβάλλοντος που εμφανίζουν οι αποθέσεις (άργιλος) και την επικράτηση των μαλακών υφάλμυρου περιβάλλοντος, με σταδιακή εξαφάνιση της ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας. Η λαγκούνα σε αυτήν την τελευταία της φάση, βρίσκεται σε ένα στάδιο γήρατος, αφού ένα μεγάλο μέρος της στα νότια κυρίως τμήματά της έχει πληρωθεί από ελώδεις αποθέσεις. Κατά το μοντέλο εξέλιξης του Nichols, τείνει να χαρακτηριστεί ως «πλεονασματική» (surplus lagoon).

Στην ευρύτερη παράκτια περιοχή της βόρειας Πιερίας φαίνεται λοιπόν ότι κατά το Ανώτερο Ολόκαινο δημιουργήθηκε ένα μεταβατικό περιβάλλον λιμνοθάλασσας, ημίκλειστης έως απομονωμένης. Η δημιουργία αυτού του περιβάλλοντος είναι αποτέλεσμα της ανόδου της Μ.Θ.Σ, ενώ αντίθετα η σταδιακή απομόνωση του από τη θάλασσα οφείλεται στους μειωμένους ρυθμούς ανόδου που αυτή παρουσιάζει, και την επακόλουθη προέλαση της ακτογραμμής που συντελείται τα τελευταία 4.000 χρόνια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Folk, R., L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing, Austin, Texas, 182pp.
- Fouache, E., Ghilardi, M., Vouvalidis, K., Syrides, G., Styllas, M., Kunesch, S., Stiros, S., 2008. Contribution on the Holocene Reconstruction of Thessaloniki Coastal Plain, Greece. *Journal of Coastal Research*, 24, 5, 1161–1173.
- Guy, H., P., 1969. Laboratory theory and methods for sediment analysis. In: USGS – TWRI (Ed.): *Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey*, Book 5, Ch. C1, 58 p.
- Lambeck, K., 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.
- Nichols, M., M., 1989. Sediment accumulation rates and relative sea – level rise in lagoons. *Marine Geology*, 88 : pp. 201 – 219.
- Poulos S. E., Ghionis G. and Maroukian H. , 2009. Sea-level rise trends in the Attico-Cycladic region (Aegean Sea) during the last 5000 years. *Journal of Geomorphology Geomorphology*, 107(1-2), 10-17.
- Psilovikos, A., 1979. Sediment analysis at Gibraltar. Point, Lincolnshire. *E. Mid. Geogr.* 7 (3 – 51) : pp. 128 – 133.
- Roy, P., S., Cowell, P., J., Ferland, M., A., Thom, B., G., Wave – dominated coasts. In : Carter, R., W., G., Woodroffe, C., D., (Ed) : *Coastal Evolution. Late Quaternary shoreline morphodynamics*. Cambridge University Press, Cambridge : pp. 121 – 186.

- Verhoeven, J., T., A., 1980. The ecology of *Ruppia* – dominated communities in Western Europe. II. Synecological classification, structure and dynamics of macroflora and macrofauna communities. *Aquatic Botany*, 8: pp 1 – 85.
- Vött, A. (2007) Relative sea level changes and regional tectonic evolution of seven coastal areas in NW Greece since the mid-Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 26, 7-8, 894-919.
- Vouvalidis, K.G., Syrides, G.E., Albanakis, K.S., Holocene morphology of the Thessaloniki Bay: impact of sea level rise, *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 137, (Suppl.), (2005) 147-158.
- Αλμπανάκης Κ., (*in press*) Πρόταση δημιουργίας πρωτοκόλλου κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο σιφωνίου (πιπέτας) με υποδεκαπλάσιο χρόνο ανάλυσης. *Bull. Geol. Society of Greece*, vol.
- Δημητράκος, Α., 2009. Παλαιογεωγραφική – παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λιμνοθάλασσας του Κίτρου Πιερίας. Διατριβή Ειδικευσης, Τμ. Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Συρίδης, Γ., 1990. Λιθοστρωματογραφική Βιοστρωματογραφική και Παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών – Τεταρτογενών ιζηματογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής. Διδακτορική Διατριβή. Επιστ. Επετ. Τμ. Γεωλογίας, Παράρτημα Νο11, 1-243.