

## ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΟ ΜΕΤΩΠΟ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΡΟΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΒΡΟΥ, ΒΑ ΑΙΓΑΙΟ ΠΕΛΑΓΟΣ\*

Θ.Δ. ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ<sup>1</sup>, Β. ΚΑΨΙΜΑΛΗΣ<sup>2</sup>, Μ.Ο. ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ<sup>3</sup>, Ε. ΚΑΜΠΙΕΡΗ<sup>1</sup> & Α. ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΗΣ<sup>1</sup>

### ΣΥΝΟΨΗ

Η ανάπτυξη των σύγχρονων αποθέσεων στο δελταϊκό πρίσμα του Ποταμού Έβρου πραγματοποιείται κατά μήκος ενός άξονα με γενική διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ. Το λεπτοκλαστικό χερσογενές υλικό καλύπτει το σύνολο του δελταϊκού μετώπου και μεγάλο μέρος του προδέλτα. Ο ρυθμός ιζηματογένεσης της περιοχής μπροστά από τις εκβολές εκτιμάται πάνω από 2cm/yr, ενώ μειώνεται σημαντικά σε απόσταση 8 km από αυτές. Τα αμμώδη συστατικά των προδελταϊκών φάσεων μπορεί να προέρχονται από διάφορες πηγές, όπως η λεκάνη απορροής του Έβρου, οι ακτές της δυτικής Θράκης ή ο ποταμοχειμάρος Λουτρούς. Η παρουσία αμμώδους ιζήματος στις βαθύτερες περιοχές του κόλπου της Αλεξανδρούπολης φαίνεται να έχει σχέση με την τελευταία Ολοκαινική επίγλιση της θάλασσας.

### ABSTRACT

Gravity cores data from the Evros River delta front and prodelta confirm the aspect that the Evros River deltaic deposits tend to west-northwest, along the main direction of the local hydrodynamic regime, preventing the construction of a symmetrical Holocene prism.

In the delta front, the terrigenous sediment consists mostly of fine-grained material. Its vertical succession is monotonous with slight differences in grain size or colour, and lack of internal structure or current-produced laminae, indicating almost immutable sedimentary processes as well as long-term discharge fluctuations. The river-borne sand is limited because of its entrapment in the river mouth but sometimes, during extreme conditions (periods of high river discharge, short-lived catastrophic events etc.), can be transported seawards covering an extensive area of the Alexandroupolis Gulf. The negligible biogenic content and the absence of bioturbation effects are attributed to the high rates of deposition. Some bioturbated horizons are produced when sedimentation rates decrease temporarily.

The prodelta sediment distribution patterns occur a distinctive zonation along an east-southeast to west-northwest trend. In the central part, mud dominates, while on both sides of this area, the content of sand gradually increases and becomes the prevalent facies near the coast and in the outer plateau of the gulf. The vertical facies sequences of the upper sedimentary cover are complicated, with many variations in grain size, colour and biogenic content reflecting a complicated manner of deposition. The major feeder of this area is the Evros River providing great amounts of suspended load. Another remarkable source of sand is derived from the coastline, which during storm conditions provides coarse-grained material in the shoreface area. Finally, a sediment supplier of local importance, Loutros River, affects the eastern area of Alexandroupolis building up a small subaqueous fan.

In the open sea, the consequences of the modern sedimentation are negligible. The sandy character of the surface and sub-surface sediments, the analysis of biogenic fragments, the long distance from the present-day terrigenous sources are some evidences which lead to the view that the upper sediment body of the southwestern part of the study area has a presumable relict origin.

<sup>210</sup>Pb profiles are, more of less, consistent showing a sedimentation rate more than 2 cm/yr in the delta front, which decreases to 0.2 cm/yr at about 8 km seaward.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** Έβρος ποταμός, δέλτα, ιζηματογενείς φάσεις, υπολειμματικές άμμοι, ρυθμός ιζηματογένεσης  
**KEY WORDS:** Evros River, delta, sedimentary facies, relict sands, accumulation rates

\* CONSIDERATION OF MODERN SEDIMENTARY PROCESSES OF THE EVROS RIVER DELTA FRONT AND PRODELTA, NE AEGEAN SEA

1. Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΚΘΕ), Άγιος Κοσμάς, 166 04 Ελληνικό  
2. Département de Géologie et Océanographie, UMR CNRS 5805, Université Bordeaux-I, 33405 Talence, France  
3. Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Καρναντώνη 17, Μυτιλήνη

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δέλτα των ποταμών είναι περιβάλλοντα παγίδευσης κι απόθεσης των χερσογενών υλικών που αναπτύσσονται συνήθως σε περιόδους αργής επίκλισης της στάθμης της θάλασσας ή σταθεροποίησης αυτής σε ένα υψηλό επίπεδο (Wright, 1985; Posamentier et al., 1992). Η μορφολογία κι η στρωματογραφία των δελταϊκών αποθέσεων είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων, όπως του κλίματος, της γεωλογίας της λεκάνης απορροής, του τεκτονισμού, της θαλάσσιας κυκλοφορίας, της παλίρροιας κ.ά. (Goodbred Jr. & Kuehl, 2000). Η κοκκομετρία των ποτάμιων φερτών υλών είναι ένας παράγοντας ίσης σπουδαιότητας με τους παραπάνω, που επηρεάζει σημαντικά τη δυναμική εξέλιξη, τις ιζηματογενείς φάσεις και την εσωτερική δομή των δελταϊκών συστημάτων.

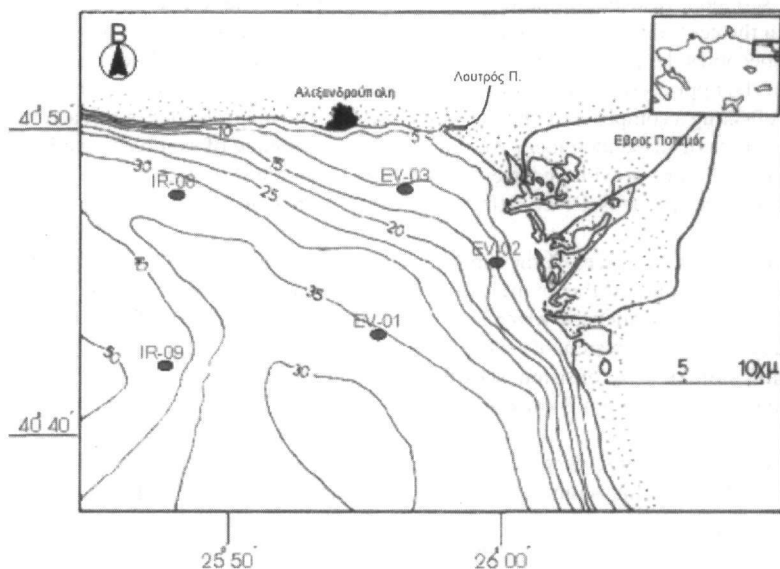
Τα ιζημάτα που συνήθως εισέρχονται στα δέλτα έχουν ιλυοαργιλώδη έως αμμώδη σύσταση κι η απόθεσή τους ελέγχεται κατά κύριο λόγο από το υδροδυναμικό καθεστώς της περιοχής. Οι διεργασίες της επαναιώρησης, παραμόρφωσης, διαγένεσης κ.ά. καθορίζουν την οριστική διευθέτηση και τη γεωμετρία των αποθέσεων στο χώρο (Elliott, 1986).

Το αντικείμενο αυτής της μελέτης είναι αφενός να αναγνωρίσει και να περιγράψει τις πρόσφατες ιζηματολογικές διεργασίες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του υποθαλάσσιου ολοκαινικού πρίσματος του Έβρου Ποταμού κι αφετέρου να εντοπίσει και να ερμηνεύσει τις στρωματογραφικές φάσεις των υπο-επιφανειακών ιζημάτων στα διάφορα υποπεριβάλλοντα του κόλπου της Αλεξανδρούπολης. Επίσης, γίνεται προσπάθεια εκτίμησης του ρυθμού ιζηματογένεσης που επικρατεί στο μέτωπο του δέλτα και στο προδέλτα του Έβρου Ποταμού.

## 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Περιοχή μελέτης είναι το μέτωπο του δέλτα και το προδέλτα του Ποταμού Έβρου. Το συνολικό μήκος του ποταμού είναι 515 km κι η λεκάνη απορροής του είναι περίπου 52.900 km<sup>2</sup>. Το σχηματιζόμενο δέλτα είναι λοβοειδές, φθάνει σε πλάτος τα 10 km περίπου και σε έκταση τα 188 km<sup>2</sup> (Ψιλοβίκος & Χαχαμίδου, 1987). Η μορφολογία των ακτών είναι πολυσχιδής κι υπάρχουν επιμήκεις αμμοησίδες.

Η μέση ετήσια απορροή του ποταμού Έβρου υπολογίζεται σε 6,80 km<sup>3</sup>/γρ. η μεγαλύτερη μεταξύ των ποταμών που εκβάλλουν στην Ελλάδα. Έχει παρατηρηθεί ότι κατά την περίοδο της μέγιστης παροχής του Έβρου, υδάτινη μάζα χαμηλής αλατότητας (28%) και πυκνότητας (1,019 gr/cm<sup>3</sup>) διαχέεται με μορφή επιφανειακού ως υποεπιφανειακού στρώματος, σε μικρό ή μέσο βάθος ως 5 m, με κατεύθυνση ΝΑ-ΒΔ. Η υδάτινη αυτή μάζα με ελαφρά μεταβαλλόμενες τιμές ανιχνεύεται σε απόσταση ως 30 km περίπου από τις εκβολές του ποταμού (Πεχλιβάνογλου κ.ά., 1993).



Σχήμα 1. Βαθυμετρία στον Κόλπο της Αλεξανδρούπολης και θέσεις δειγματοληψιών (από Pehlivanoglou, 1989)  
Figure 1. Bathymetry in the Gulf of Alexandroupolis and sampling positions (from Pehlivanoglou, 1989)

Το υποθαλάσσιο ανάγλυφο είναι ομαλό με πολύ μικρές κλίσεις (Σχήμα 1). Τα βάθη ακόμη και σε απόσταση 10 km από την ακτή δεν υπερβαίνουν τα 35 m, με αποτέλεσμα η κλίση του βυθού να παρουσιάζεται μικρότερη από 0,1 % εκτός από το ΝΑ και ΒΔ άκρο της περιοχής όπου το ανάγλυφο είναι εντονότερο. Μετά την ισοβαθή των 30 m σχηματίζεται επίμηκες υποθαλάσσιο πλατώ με μέσο βάθος 35 m και διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ. Εξαίρεση αποτελούν το ΒΔ άκρο, στην περιοχή Μάκρης, και το ΝΑ, νοτιότερα των εκβολών του Έβρου όπου το ανάγλυφο είναι πιο απότομο και η κλίση του βυθού παρουσιάζει μικρή αύξηση (0,1 – 1 %) (Πεχλιβάνογλου κ.ά., 1993).

Τα επιφανειακά ιζήματα του πυθμένα στον κόλπο της Αλεξανδρούπολης είναι λεπτόκοκκα και κατανέμονται κατά μήκος ζωνών με κύρια διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ σχεδόν παράλληλα με την ακτογραμμή (Σχήμα 2). Αυτή η κατανομή επηρεάζεται κυρίως από την τοπογραφία της ακτής, τη βαθυμετρία, τον κυματισμό και τα υποθαλάσσια ρεύματα της περιοχής.

Στην κεντρική περιοχή το υλικό έχει αργιλο-ιλυώδη σύσταση. Προς τα βόρεια παρατηρείται σταδιακή μετάβαση σε αδρότερα ιζήματα με συστάσεις αμμώδους ιλύος, αμμώδους αργιλοίλους, αργιλοιλυώδους άμμου και άμμου στην παράκτια ζώνη. Νότια της κεντρικής περιοχής υπάρχει μια ζώνη αμμώδους αργίλου και στο μεγαλύτερο μέρος του υποθαλάσσιου πλατώ επικρατεί υπολειμματική άμμος (Pehlivanoglou, 1989).

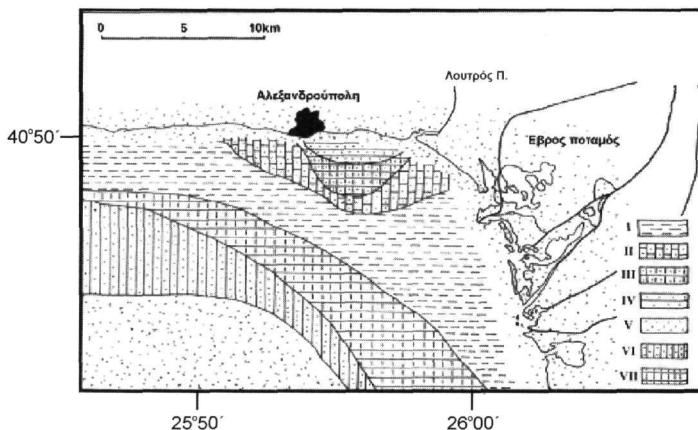
### 3. ΥΛΙΚΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ

Το σύνολο των εργασιών πεδίου πραγματοποιήθηκε το Φεβρουάριο 1998 με το ωκεανογραφικό σκάφος "ΑΙΓΑΙΟ" του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι θέσεις δειγματοληψίας, για τον προσδιορισμό των οποίων χρησιμοποιήθηκε δορυφορικό σύστημα Global Positioning System (GPS TRIMBLE NAVIGATIONS 4000AX LOCATOR).

Για τις δειγματοληψίες των ιζημάτων χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη δειγματοληπτών: ο πυρηνολήπτης βαρύτητας (gravity corer) και ο δειγματολήπτης τετράγωνης διατομής (box corer). Οι πυρήνες κόπηκαν εγκάρσια, περιγράφηκαν μακροσκοπικά και φωτογραφήθηκαν. Ακολούθησε η επιλογή των πιο κατάλληλων και πιο αντιπροσωπευτικών θέσεων επιμέρους δειγματοληψίας, έτσι ώστε τα δείγματα να καλύπτουν όλες τις ιζηματολογικές ενότητες που διακρίθηκαν στο στάδιο της μακροσκοπικής εξέτασης.

Τα δείγματα αναλύθηκαν ως προς την κοκκομετρική τους σύσταση (Folk, 1974), ενώ παράλληλα έγινε κοκκομετρική ανάλυση της λεπτόκοκκης φάσης (<63 μm) με τη συσκευή SEDIGRAPH (Micromeritics 5000 ET), μετά από διαχωρισμό με υγρό κοσκίνισμα.

Για την ανάλυση του  $^{210}\text{Pb}$  έγινε πυκνή δειγματοληψία υπο-δειγμάτων στους πυρήνες EV-01 και EV-02. Ο υπολογισμός του ρυθμού ιζηματογένεσης στηρίζεται στη μέτρηση της ακτινοβολίας-α του  $^{210}\text{Po}$  κι εμμέσως του  $^{210}\text{Pb}$  που βρίσκεται σε ισορροπία με το  $\text{Po}$ . Η ακτινοβολία του  $^{210}\text{Po}$  μετράται, μετά από πλήρη διαλυτοποίηση



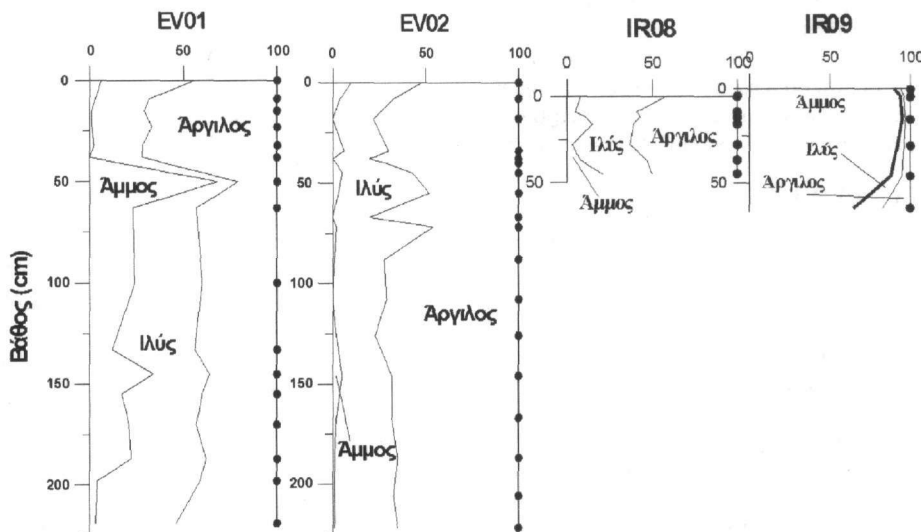
Σχήμα 2. Κατανομή λιθολογικών τύπων επιφανειακών ιζημάτων του κόλπου της Αλεξανδρούπολης (I Αργιλοίλυσ, (II) Αμμώδης ιλύς, (III) Αμμώδης αργιλοίλυσ, (IV) Αργιλοιλυώδης άμμος, (V) Άμμος, (VI) Αργιλώδης άμμος, (VII) Αμμώδης άργιλος (από Pehlivanoglou, 1989).

Figure 2. Distribution of the sedimentary types of the surface sediments in the Gulf of Alexandroupolis (I Clayey-Silt, (II) Sandy Silt, (III) Sandy Clayey-Silt, (IV) Clayey-Silty Sand, (V) Sand, (VI) Clayey Sand, (VII) Sandy Clay (from Pehlivanoglou, 1989).

του ιζήματος και προσρόφηση του  $^{210}\text{Pb}$  σε δίσκους αργύρου, με φωτοπολλαπλασιαστές τύπου ORTEC EG&G (Sanchez-Cabesa *et al.*, 1998). Η συγκέντρωση υποβάθρου (supported  $^{210}\text{Pb}$ ) υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων  $^{210}\text{Pb}$  στα βαθύτερα τμήματα των πυρήνων όπου πλέον η συγκέντρωση του ισότοπου είναι σχεδόν σταθερή.

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η κοκκομετρική σύσταση των υπο-επιφανειακών ιζημάτων στον κόλπο της Αλεξανδρούπολης δίνεται στο Σχήμα 3.



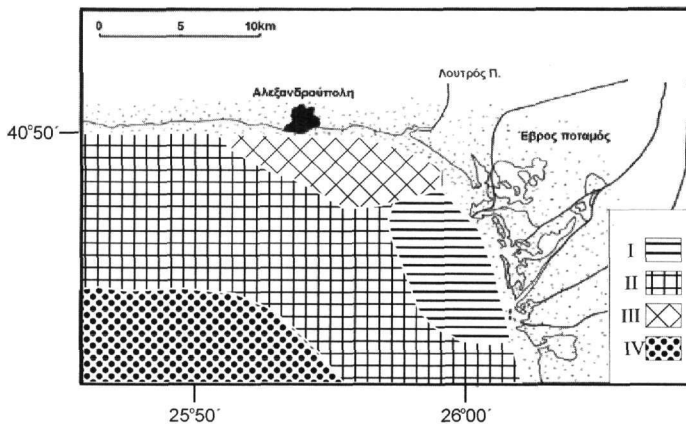
Σχήμα 3. Κατακόρυφες κατανομές κοκκομετρικών τάξεων στους πυρήνες των ιζημάτων (οι κουκκίδες συμβολίζουν τα σημεία δειγματοληψίας)

Figure 3. Vertical distributions of the grain size fractions in the sediment cores (dots represent points of sampling)

Ο πυρήνας EV-02 αποτελείται από λεπτόκοκκα ιζήματα, με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε άμμο. Αυτές οι ιζηματολογικές φάσεις σχηματίζονται από την καθίζηση των φερτών υλών του Έβρου Ποταμού κι είναι αντιπροσωπευτικές του ανώτερου τμήματος των αποθέσεων του δελταϊκού μετώπου (Σχήμα 4). Οι μικρές διαφοροποιήσεις στη σύστασή τους μπορούν να οφείλονται στις εποχικές αλλαγές της παροχής του ποταμού ή στις διακυμάνσεις του υδροδυναμικού καθεστώτος μερυστά από τις εκβολές. Το ποσοστό της άμμου δεν ξεπερνάει το 10 %, γεγονός που υποδηλώνει ότι σχεδόν το σύνολο των χονδρόκοκκων υλικών εγκλωβίζεται στο δελταϊκό πεδίο και δεν μπορεί διαφεύγει προς τη θάλασσα. Η περιεκτικότητα των βιογενών συστατικών είναι αρκετά μικρή λόγω, πιθανώς, του αυξημένου ρυθμού καθίζησης των χερσογενών υλικών.

Ο πυρήνας IR-08 βρίσκεται στο δυτικότερο σημείο του προδέλτα του Έβρου Ποταμού. Χαρακτηρίζεται από ομοιογενές αργιλοϊλυώδες ιζημα του οποίου το αμμώδες κλάσμα κυμαίνεται από 10-20 %. Ο κύριος τροφοδότης της περιοχής σε λεπτόκοκκο υλικό παραμένει ο Έβρος Ποταμός, ενώ η χερσογενής άμμος πιθανώς προέρχεται από τη γειτονική ακτή.

Ο πυρήνας EV-01 συλλέχθηκε από το βαθύτερο σημείο (βάθος 38 m) ενός μορφολογικού κοιλώματος, όπου στα βορειοανατολικά βρίσκεται ο κόλπος της Αλεξανδρούπολης και στα νοτιοδυτικά υπάρχει μια μικρή ανύψωση από αμμώδες υλικό (Σχήμα 1). Μετά τα πρώτα 40 cm όπου επικρατούν πολύ λεπτόκοκκα ιζήματα, ακολουθεί ένας οριζοντας (41-60 cm) με απότομη αύξηση στο ποσοστό του αμμώδους κλάσματος, από 0 σε 68 %. Μετά από αυτόν τον οριζοντα αργιλοϊλυώδους άμμου ακολουθούν πιο λεπτόκοκκα στρώματα αμμωδών αργιλοϊλυών μέχρι τα 194 cm. Αυτές οι έντονες διακυμάνσεις των φάσεων μπορούν να αποδοθούν στην ύπαρξη και παράλληλη λειτουργία δυο διαφορετικών πηγών τροφοδοσίας, εκ των οποίων η πρώτη, ο Έβρος Ποταμός, προσφέρει λεπτόκοκκο υλικό κι η δεύτερη, το παράπλευρο ύψωμα στα νοτιοδυτικά, τροφοδοτεί την περιοχή με άμμο.



**Σχήμα 4. Κατανομή των διαφόρων υποπεριβαλλόντων του κόλπου της Αλεξανδρούπολης (I) μέτωπο του δέλτα του Έβρου Ποταμού, (II) Προδέλτα του Έβρου Ποταμού, (III) υποθαλάσσιο ριπίδιο του ποταμοχείμαρρου Λουτρός, (IV) υπολειμματικές άμμοι**

**Figure 4. Distribution of various sub-environment of the Alexandroupolis Gulf (I) Evros River delta front, (II) Evros River prodelta, (III) subaqueous alluvial fan of Loutros River, (IV) relict sediment**

Η περιοχή μπροστά στις εκβολές του ποταμοχείμαρρου Λουτρός αποτελεί ένα ειδικό υποπεριβάλλον στο κόλπο. Το επιφανειακό ιζήμα του σταθμού EV-03 είναι αμμώδης ιλύς, του οποίου η απόθεση πιθανά ελέγχεται από ένα σύνολο παραγόντων, όπως το είδος κι ο ρυθμός της στερεοπαροχής του ποταμοχείμαρρου, η τροφοδοσία του Έβρου Ποταμού, η ένταση του υδροδυναμικού καθεστώτος καθώς κι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που σχετίζονται με την πόλη της Αλεξανδρούπολης.

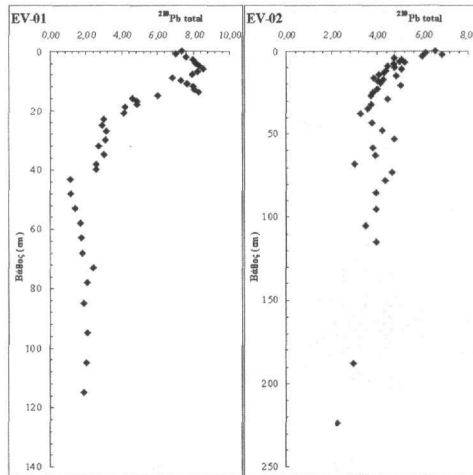
Τα ιζήματα του πυρήνα IR-09 έχουν κυρίως αμμώδη σύσταση. Πιθανά αίτια της επικράτησης του αμμώδους κλάσματος στην περιοχή αυτή είναι: (α) η απομάκρυνση του πιο λεπτόκοκκου υλικού των αποτιθέμενων ιζημάτων από τα υποθαλάσσια ρεύματα με τη διαδικασία της επαναχώρησης κι η μεταφορά τους σε άλλες περιοχές του κόλπου, ή/και (β) η θέση της περιοχής σε σχέση με τις εκβολές του δέλτα όταν αυτό επεκτεινόταν πιο νοτιοδυτικά σε περιόδους χαμηλότερης στάθμης της θάλασσας (παγετώδης περίοδος Τεταρτογενούς).

Η στάθμη της θάλασσας κατά τη διάρκεια των παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων από το Ανώτερο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα παρουσίασε διαδοχικές ταπεινώσεις κι ανυψώσεις, διαφορετικές χρονικά και χωρικά για κάθε περιοχή. Η μέγιστη τιμή της τελευταίας απόσυρσης στην περιοχή του ΒΑ Αιγαίου ήταν περίπου 90 – 125 m από το σημερινό επίπεδο κι έλαβε χώρα πριν από 16.000 έτη περίπου, κατά την παγετώδη περίοδο του Ανώτερου Βουρμίου. Ακολούθησε η Φλάνδρια επίκλυση, αρχικά, με ρυθμό ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας 0,01 m/έτος η οποία, αργότερα, επιβραδύνθηκε στα 0,02 m/έτος περίπου. Πριν από 7.500 έτη η στάθμη της θάλασσας έφτασε και σταθεροποιήθηκε στο σημερινό της, περίπου, επίπεδο επιτρέποντας την απόθεση μεγάλου όγκου ιζημάτων μπροστά από τις εκβολές των ποταμών, με αποτέλεσμα το σχηματισμό εκτενών δελταϊκών προσιμάτων (Kraft *et al.*, 1982).

Η ταχεία επίκλυση των παράκτιων περιοχών της ξηράς κατά τη φάση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας σε συνδυασμό με τη μικρή τροφοδοσία των αβαθών περιοχών του κόλπου της Αλεξανδρούπολης σε ιζήματα, είχε σαν αποτέλεσμα οι επικλησθείσες περιοχές της τωρινής υφαλοκρηπίδας να μην έχουν καλυφθεί από πρόσφατα ολοκαινικά ιζήματα αλλά να απαντούν ακόμη εκεί ιζήματα που υπήρχαν πριν από την επίκλυση (Perissoratis & Mitropoulos, 1989). Τα ιζήματα αυτά που καλύπτουν τμήμα του σημερινού πυθμένα αλλά αποτέθηκαν σε συνθήκες ιζηματογένεσης διαφορετικές από τις πιο πρόσφατες, ονομάζονται υπολειμματικά ιζήματα (relict sediments) (Swift, 1974; McManus, 1975).

Την άποψη περί ύπαρξης υπολειμματικών ιζημάτων στο νότιο τμήμα του Κόλπου της Αλεξανδρούπολης υποστηρίζουν τόσο οι Perissoratis *et al.* (1987), όσο κι ο Πεχλιβάνογλου (1995).

Η κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης του  $^{210}\text{Pb}$  με το βάθος των πυρήνων απεικονίζεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Κατακόρυφη κατανομή συγκέντρωσης  $^{210}\text{Pb}$   
 Figure 5. Profiles of  $^{210}\text{Pb}$  activity

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα του πυρήνα EV-01 από τα 40 cm μέχρι και το βάθος των 115cm, η συγκέντρωση παραμένει σχεδόν σταθερή. Η ανωμαλία στην κατανομή που παρατηρείται από τα 40 έως τα 65 cm βάθος οφείλεται στην απότομη αύξηση του ποσοστού της άμμου αυτού του οριζοντα, διότι η διάθρωση της συγκέντρωσης του  $^{210}\text{Pb}$  με βάση το <63 μm κοκκομετρικό κλάσμα εξομαλύνει σε μεγάλο βαθμό την καμπύλη. Τα ανώτερα 40 cm του πυρήνα αντιστοιχούν σε πρόσφατα ιζήματα (100 τελευταία έτη). Ο οριζοντας 15-40 cm παρουσιάζει εκθετική μείωση της συγκέντρωσης του  $^{210}\text{Pb}$  με το βάθος, υποδεικνύοντας ότι για μια χρονική περίοδο σταθερής προσφοράς υλικού ο ρυθμός ιζηματογένεσης υπολογίζεται στα 0,2 cm/yr. Στα ανώτερα 15 cm του πυρήνα οι αυξομειώσεις της συγκέντρωσης του  $^{210}\text{Pb}$  αντικατοπτρίζουν μεταβολές στη ροή αιωρούμενου υλικού στο σταθμό EV-01, με τις αρνητικές κλίσεις να αντιστοιχούν σε αύξηση του προσφερόμενου υλικού και τις θετικές σε μείωση.

Όσον αφορά στον πυρήνα EV-02 με τη μέθοδο του  $^{210}\text{Pb}$  φαίνεται ότι μέχρι τα 225 cm βάθος οι συγκεντρώσεις του  $^{210}\text{Pb}$  συνεχίζουν να ελαττώνονται με αποτέλεσμα να μη μπορούν να εξισωθούν με τη συγκέντρωση υποβάθρου. Αυτό σημαίνει ότι μέχρι και αυτό το βάθος η ηλικία των ιζημάτων δεν ξεπερνά τον τελευταίο αιώνα, με συνέπεια ο ρυθμός ιζηματογένεσης στη συγκεκριμένη περιοχή να ξεπερνά τα 2 cm/yr. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο σε περιοχές που βρίσκονται υπό την άμεση επίδραση ποταμού.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές των ρυθμών ιζηματογένεσης που υπολογίζονται με τη μέθοδο του  $^{210}\text{Pb}$  είναι οι μέγιστες και για το λόγο αυτό στη διεθνή βιβλιογραφία ονομάζονται φαινομενικές (apparent). Παρόλα αυτά, οι ρυθμοί που υπολογίστηκαν στην περιοχή του ποταμού Έβρου συγκρινόμενοι με τους ρυθμούς στις εκβολές άλλων ποταμών βρίσκονται σε παρόμοια επίπεδα. Για παράδειγμα, στο μέτωπο του δέλτα του ποταμού Ροδανού (B.Δ. Μεσόγειος) ο ρυθμός ιζηματογένεσης υπολογίστηκε σε 0,63 cm/yr (Zuo *et al.*, 1991), στο δέλτα του ποταμού Πάδου (B. Αδριατική) οι τιμές κυμαίνονται από 1,45 έως 0,44 cm/yr ελαττούμενες προς τα ανοιχτά (Frignani *et al.*, 1991), ενώ στο δέλτα του ποταμού Αξιού (B.Δ. Αιγαίο) η ιζηματογένεση υπολογίστηκε περίπου στο 1 cm/yr (Kaberli and Anagnostou, 1998).

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των στοιχείων από το δέλτα του ποταμού Έβρου έδειξε τα ακόλουθα:

1. Στο δέλτα τα χερσογενή ιζήματα αντιπροσωπεύονται κυρίως από λεπτοκλαστικά υλικά γεγονός που πιστοποιεί ότι η χονδροκόκη φάση συγκρατείται στις εκβολές του ποταμού. Η τροφοδοσία της θαλάσσιας περιοχής σε άμμο είναι γενικά περιορισμένη και πιθανώς να πραγματοποιείται μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες π.χ. περιόδοι έντονης εκροής του ποταμού, στιγμιαία καταστροφικά γεγονότα. Το ανώτερο ιζηματογενές κάλυμμα αποτελείται από μια μονότονη συσσώρευση ιλυαργίλων χωρίς καμία σημαντική δομή αποδεικνύοντας ότι η ιζηματογένεση στην περιοχή είναι σχετικά ομοιόμορφη και συνεχής. Η αρκετά μικρή συγκέντρωση των βιογενών υπολειμμάτων δεν οφείλεται, πιθανώς, στη μειωμένη παρουσία ζωντανών οργανισμών αλλά στον ιδιαίτερα γρήγορο ρυθμό της χερσογενούς ιζηματογένεσης.

2. Η κατανομή των ιζημάτων στο προδέλτα παρουσιάζει μια ζώνωση με διεύθυνση σχεδόν ανατολικά - δυτικά. Στο κεντρικό τμήμα κυριαρχούν τα λεπτοκλαστικά υλικά, ενώ στις εκατέρωθεν περιοχές το ποσοστό της άμμου διαρκώς αυξάνει ώσπου, τελικά, γίνεται το επικρατούν κλάσμα στα ιζήματα που βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή αλλά και στην ανοιχτή θάλασσα. Η λιθολογική σύσταση του υπο-επιφανειακού στρώματος είναι πολύπλοκη, με αρκετές διακυμάνσεις που υποδηλώνουν αλλαγές στον τρόπο και το είδος της ιζηματογένεσης. Ο κύριος τροφοδότης της περιοχής είναι ο Έβρος Ποταμός προσφέροντας μεγάλες ποσότητες λεπτοκλαστικού φορτίου. Μία άλλη σημαντική πηγή ιζημάτων είναι η ακτή της δυτικής Θράκης η οποία, ιδιαίτερα σε περιόδους έντονων καιρικών φαινομένων παρέχει χονδροκόκκο υλικό σε περιοχές με πιο μεγάλα βάθη. Τέλος, ο ποταμοχείμαρρος Λουτρός, ανατολικά της Αλεξανδρούπολης, φαίνεται να έχει τοπική επίδραση σχηματίζοντας ένα μικρής έκτασης υποθαλάσσιο ριπίδιο.
3. Στην ανοιχτή θάλασσα οι συνέπειες της σύγχρονης ιζηματογένεσης φαίνονται να είναι αμελητέες. Η λιθολογική σύσταση κι η εξέταση της βιογενούς φάσης συνηγορούν στην άποψη κι άλλων ερευνητών περί της υπολειμματικής προέλευσης αυτών των ιζημάτων. Επομένως, το αμμώδες στρώμα που καλύπτει την νοτιο-δυτική περιοχή μελέτης αντιπροσωπεύει υπολειμματικά ιζήματα, δηλαδή παλαιότερες αποθέσεις που δεν καλύφθηκαν από πρόσφατα ιζήματα μετά την τελευταία επίκλυση της θάλασσας.
4. Ο ρυθμός ιζηματογένεσης της περιοχής μπροστά από τις εκβολές εκτιμάται σε περισσότερο από 2 cm/yr, τιμή αναμενόμενη, ενώ μακρύτερα και νοτιοδυτικά από τις εκβολές μειώνεται σχεδόν 10 φορές, παρατήρηση που συμβαδίζει με την παρατήρηση για τον άξονα ανάπτυξης των δελταϊκών αποθέσεων.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ELLIOTT, T., 1986. Deltas. In: *Sedimentary Environments and Facies* (Ed. by H.G. Reading), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 113-154.
- FRIGNANI, M. & LANGONE, L., 1991. Accumulation rates and  $^{137}\text{Cs}$  distribution in sediments off the Po river delta and the Emilia-Romagna coast (northwestern Adriatic Sea, Italy). *Cont. Shelf Res.* 11 (6), 525-542.
- GOODBRED Jr., S.L. & KUEHL, S.A., (2000). The significance of large sediment supply, active tectonism, and eustasy on margin sequence development: Late Quaternary stratigraphy and evolution of the Ganges-Brahmaputra delta. *Sedimentary Geology* 133, 227-248.
- KABERI, H. & ANAGNOSTOU, C., (1998). Mesoscale sedimentation rates in the prodelta deposits of Axios river, Thermaikos gulf - NW Aegean sea. In: "EU-MAST II, METRO-MED Project, Dynamics of Matter Transfer and Biogeochemical Cycles: Their Modeling in Coastal systems of the Mediterranean Sea. A MAST - III ELOISE European Union Project". 3<sup>rd</sup> Workshop and Steering Committee Meeting of the EU-MAST II, Toulouse (Ed. by C. Anagnostou), NCMR, Athens, pp. 90-92.
- ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ, Θ.Δ., ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ, Μ.Ο., ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΗΣ, Α. & ΚΑΜΠΕΡΗ, Ε., (2000). Κατανομή ιζηματολογικών και γεωχημικών παραμέτρων στο υποθαλάσσιο δέλτα του ποταμού Έβρου, Πρακτ. 6<sup>ο</sup> Πανελλ. Συμπ. Ωκεαν. & Αλιείας, Χίος, 456-463.
- KRAFT, J.C., KAYAN, I. & EROL, O., (1982). Geology and paleogeographic reconstructions in the vicinity of ancient Troy. In: *Geology of Troy*, (Ed. by G.R. Rapp & J. Giggord), Princeton Univ. Press, pp. 11-42.
- McMANUS D.A., 1975. Modern versus relict sediment on the continental shelf. *Bull. Geol. Soc. Am.* 86, 1154-1160.
- PECHLIVANOGLU, K., (1989). Evros delta: Evolution of continental shelf sediments. *Marine Geology* 87, 27-29.
- PERISSORATIS, C., MOORBY, S.A., PAPAVALIOU, C., CRONAN, D.S., ANGELOPOULOS, I., SAKELLARIADOU, F. & MITROPOULOS, D., (1987). The geology and geochemistry of the surficial sediments off Thraki, Northern Greece. *Marine Geology* 74, 209-224.
- ΠΕΡΙΣΟΡΑΤΗΣ, Κ.Δ. & ΠΑΝΑΓΟΣ, Α.Γ., (1982). Ενδειξεις παρουσίας υφαλοορηίου και υπολειμματικών ιζημάτων στον Κόλπο του Άγιου Όρους (Σιγγιτικός), Β. Αιγαίο. *Ορυκτός Πλούτος* 17, 35-44.
- ΠΕΧΛΙΒΑΝΟΓΛΟΥ, Κ., ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ, Α. & ΤΡΩΝΤΣΙΟΣ, Γ., (1993). Προέλευση - κατανομή αργιλικών ορυκτών στον κόλπο Αλεξανδρούπολης, Πρακτ. 4<sup>ο</sup> Πανελλ. Συμπ. Ωκεαν. & Αλιείας, Ρόδος, σελ. 272-275.
- POSAMENTIER, H.W., ALLEN, G.P. & JAMES, D.P., (1992). High resolution sequence stratigraphy - East Coulee delta, Alberta. *Journal of Sedimentary Petrology* 62 (2), 310-317.
- SANCHEZ-CABESA, J.A., MASQUE, P. & ANI-RAGOLTA, I., (1998).  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$  analysis in sediments and soils by microwave acid digestion. *Journal of Radioactivity and Nuclear Chemistry* 227 (1-2), 19-22.
- SWIFT, D.J.B., (1974). Continental shelf sedimentation. In: *The Geology of Continental Margins* (Ed. by C.A. Burk & C.L. Drake), Springer-Verlag, Berlin, pp. 117-135.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. & ΧΑΧΑΜΙΔΟΥ, Ε., (1987). Συμβολή στην έρευνα των Ολοκαινικών Ελληνικών Δέλτα, Πρακτ. Β' Πανελλ. Συμπ. Ωκεαν. & Αλιείας, Αθήνα, σελ. 456-463.
- WRIGHT, L.D., (1985). River deltas. In: *Coastal Sedimentary Environments* (Ed. by R.A. Davis), Springer-Verlag, New York, pp. 1-76.
- ZUO, Z., EISMA, D. & BERGER, G.W., 1991. Determination of sediment accumulation and mixing rates in the gulf of Lions, Mediterranean Sea. *Oceanologica Acta* 14 (3), 253-262.