

ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΠΟΤΑΜΙΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΒΡΟΥ (ΘΡΑΚΗ)*

Α. ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ¹ & Ν. ΚΑΝΤΗΡΑΝΗΣ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ποτάμιες αποθέσεις του Έβρου χαρακτηρίζονται ως αμμοίλυοειδεις εξαιτίας της περιορισμένης συμμετοχής κόκκων μεγέθους αργίλου (<20%). Ο χαλαζίας, οι άστριοι (πλαγιόκλαστα > καλιούχων αστρίων) και οι μαρμαρυγίες είναι τα αφθονότερα ορυκτά στα κλάσματα >20 και 20-2 μμ. Ακολουθούν οι ζεόλιθοι μορντενίτης και κλινοπτιλόλιθος, καθώς και ο τρεμολίτης και διοψίδιος. Στο αργιλικό κλάσμα (<2 μμ) επικρατούν κατά σειρά αφθονίας η ενδοστρωματωμένη φάση ιλλίτη/σμεκτίτη, ο ιλλίτης και ο χλωρίτης (μαζί με τον βερμικουλίτη και την ενδοστρωμάτωση χλωρίτη/βερμικουλίτη), ενώ τα αμυγή ορυκτά σμεκτίτης και καολινίτης είναι πολύ περιορισμένα. Η ραγδαία ιζηματοπόθεση σε περιόδους βροχοπτώσεων περιορίζει τις φυσικές και χημικές διεργασίες, καθώς και το βαθμό επανεπεξεργασίας των υλικών και έτσι δημιουργούνται ιζήματα ανώριμα στην ορυκτολογική σύσταση.

ABSTRACT

The fluvial deposits of Evros (Thrace) are characterized as sandy silts because of the limited participation of grains with clay size (<20%). Quartz, feldspars (plagioclases > potassium feldspars) and micas are the most abundant minerals in the fractions >20 and 20-2 μm. The zeolite minerals mordenite and clinoptilolite follow, as well as the tremolite and diopside. In the clay fraction (<2 μm) and in decreasing abundance the interstratified phase illite/smectite, illite and chlorite (with vermiculite and the interstratified chlorite/vermiculite) predominate. The presence of the unstable Ca-Mg minerals indicates that they derived from the weathering of rocks of analogous composition located in the extended drainage basin of Evros. The reworking of these materials is limited because of the large discharge load in short time intervals and its rapid transportation and deposition. The rapid sediment deposition during periods of intense rainfalls restricts the physical and chemical processes, as well as the extent of reworking of materials resulting in the formation of sediments mineralogically immature. The Ca-Mg minerals content in the >20μm fraction varies between 23 and 35%. The limited abundance of the discrete minerals smectite and kaolinite may be due to the unfavorable physicochemical or climatic conditions for their formation, as well as to the rapid transportation and deposition of the products, both preventing the extended action of the weathering factors.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ποτάμιες αποθέσεις, λεκάνη απορροής, Ca-Mg-ούχα ορυκτά, ζεόλιθοι, ορυκτολογική ωριμότητα, Έβρος, Θράκη.

KEY WORDS: Fluvial deposits, drainage basin, Ca-Mg minerals, zeolites, mineralogical maturity, Evros, Thrace.

* COMPOSITION AND ORIGIN OF THE RECENT FLUVIAL DEPOSITS OF EVROS (THRACE).

¹ Aristotle University of Thessaloniki, Dept. of Geology, 540 06 Thessaloniki. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος", Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Τρώντσιος (1991) εξετάζοντας τα Παλαιογενή ιζημάτα (βάθη 1.100-3.200 m) από πυρήνες γεωτρήσεων στο δέλτα του Έβρου, διαπίστωσε ότι η μέση λιθολογική σύστασή τους είναι: Ιλύς 67%, άργιλος 19% και άμμος 14%.

Ο Σκουλικιδής (1992) διαπίστωσε ότι η υδροχημεία του Έβρου καθορίζεται από τη χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων στη λεκάνη απορροής και στη διαδρομή του ποταμού, καθώς και από τη ρύπανση και τη βιολογική δραστηριότητα. Η συγκέντρωση των ιόντων των περισσότερων στοιχείων, Ca, Mg, K, Na κ.λπ., καθώς και αυτή του συνολικού οργανικού άνθρακα, παρουσιάζει υψηλές τιμές και σε ορισμένες περιπτώσεις τις υψηλότερες τιμές μεταξύ όλων των ποταμών του Ελληνικού χώρου.

Οι Τουραμπίδης και Τρώντσιος (1993) εξετάζοντας τις ενδοστρωματωμένες αργιλικές φάσεις των Παλαιογενών ιζημάτων από πυρήνες γεωτρήσεων στο δέλτα του Έβρου, διαπίστωσαν την απουσία των αμιγών φάσεων σμεκτίτη και καολινίτη που μπορεί να οφείλεται στις δυσμενείς για το σχηματισμό τους φυσικοχημικές και κλιματικές συνθήκες ή στον ταχύ ρυθμό μεταφοράς και απόθεσης των υλικών από τα νερά του ποταμού.

Ο Πεχλιβάνογλου (1995) μελετώντας την κατανομή των σύγχρονων λεπτόκοκκων ιζημάτων του ποταμού Έβρου στον πυθμένα του κόλπου της Αλεξανδρουπόλης, διαπίστωσε ότι καθοριστικό ρόλο παίζουν οι διαφορετικές φυσικοχημικές συνθήκες του θαλασσινού νερού, αλλά και το υψηλό περιεχόμενο σε σίδηρο του φορτίου του ποταμού. Επίσης, ότι οι άστριοι, ο χαλαζίας και οι μαρμαρυγίες είναι τα επικρατέστερα ορυκτά στα αδρόκοκκα κλάσματα άμμου και ιλύος, ενώ σημαντική είναι η παρουσία ανθρακικών ορυκτών. Σε μικρότερα ποσοστά υπάρχουν αμφίβολοι, πυρόξενοι, καολινίτης και χλωρίτης. Κατά κανόνα δεν είναι έντονη η διάβρωση των ευπαθών ορυκτών (αμφιβόλων, αστρίων κ.λπ.).

Οι Tsirambides et al. (1989 και 1993), Kirov et al. (1990), Tsolis-Katagas και Katagas (1990), Skarpelis et al. (1993), Koutles et al. (1995), Stamatakis et al. (1996) και Kassoli-Fourmaraki et al. (1997) εξετάζοντας τα ηφαιστειοκλαστικά ιζημάτα από διάφορες περιοχές του Έβρου, διαπίστωσαν ότι περιέχουν κλινοπιλόλιθο (από ίχνη μέχρι 90%), μορντενίτη (από ίχνη μέχρι 45%) και ευλανδίτη και ότι η αφθονία τους σχετίζεται κυρίως με την αρχική σύσταση των ηφαιστειακών πετρωμάτων.

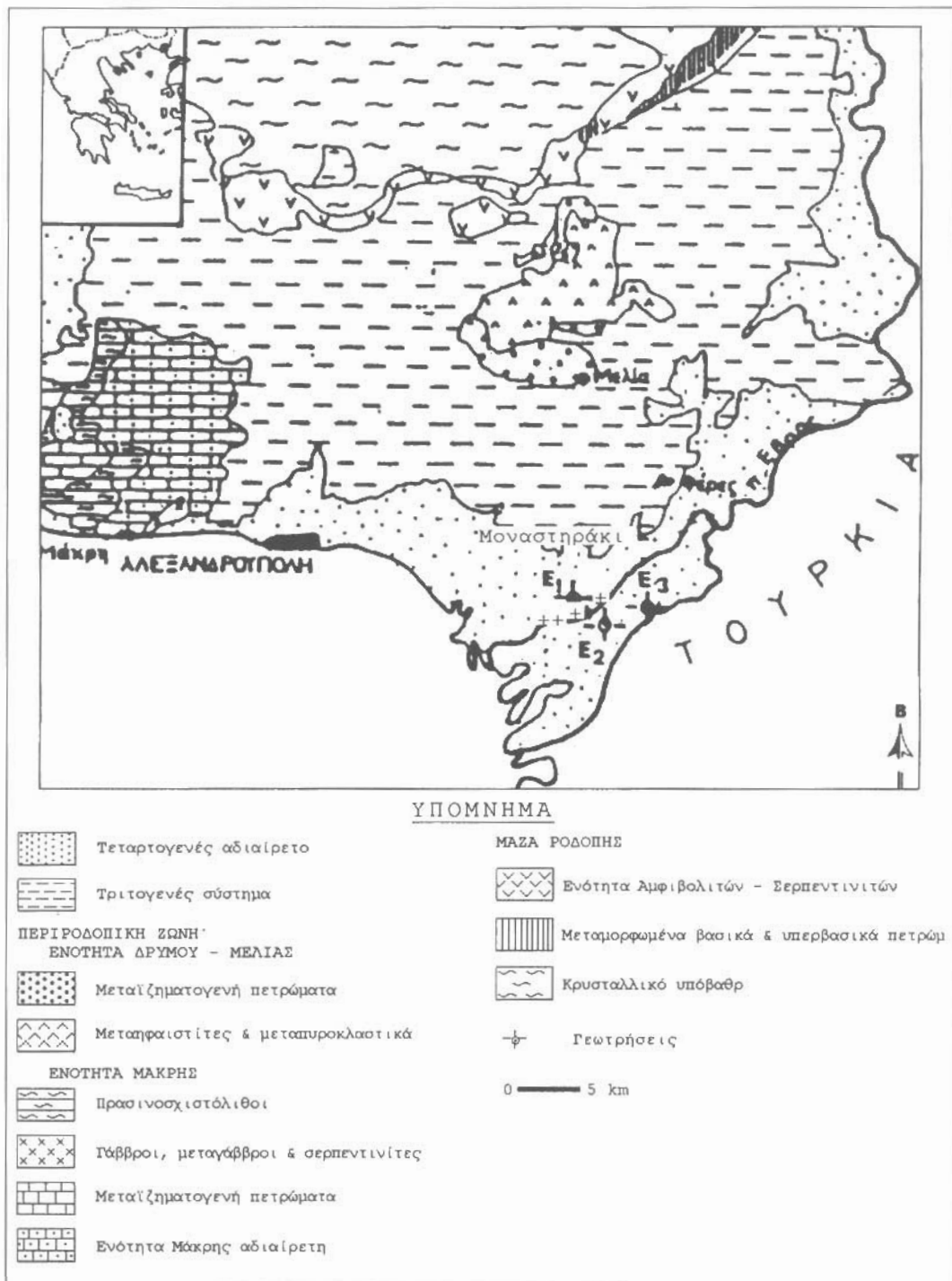
Στην εργασία αυτή εξετάζεται η σύσταση και η προέλευση των σύγχρονων ποτάμιων αποθέσεων του Έβρου στο δυτικό τμήμα του δέλτα του και πριν την παροχέτευσή τους στο Θρακικό Πέλαγος.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στο δέλτα του ποταμού Έβρου, στην έξοδο της ομώνυμης κοιλάδας. Αυτή ανήκει στη μεταλπική Τριτογενή λεκάνη της Θράκης που καταλαμβάνεται από μολασσικά ιζημάτα τα οποία καλύπτουν ασήμφωνα τα προαλπικά και αλπικά πετρώματα της ευρύτερης περιοχής. Από γεωλογική άποψη οι αποθέσεις που εξετάζονται στην εργασία αυτή βρίσκονται τοποθετημένες πάνω στην Περιοδοποική ζώνη που στην περιοχή της Θράκης αντιπροσωπεύεται από τις ενότητες Μάκρης και Δρυμού-Μελιάς (Κουρής, 1980, Παπαδόπουλος, 1980 & 1982.) (Σχ. 1):

1. Ενότητα Μάκρης. Αποτελείται από την κατώτερη μετά-ιζηματογενή σειρά με ανθρακικούς κυρίως σχηματισμούς πάχους 300 m περίπου και από την ανώτερη μεταμορφωμένη ηφαιστειο-ιζηματογενή σειρά πρασινοσχιστολίθων πάχους 200-300 m.
2. Ενότητα Δρυμού-Μελιάς. Οι επικρατέστεροι πετρογραφικοί σχηματισμοί της ενότητας αυτής είναι οι αργιλικόι σχιστόλιθοι, αργιλικές βιτουμενούχες μάργες, χαλαζιακοί ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και πυροκλαστικά ιζημάτα.

Σημαντικό χαρακτηριστικό για τη διαμόρφωση και εξέλιξη της περιοχής αποτελεί ο ποταμός Έβρος που εκβάλλει στο νοτιοανατολικό άκρο της λεκάνης και είναι ο μεγαλύτερος μετά το Δούναβη ποταμός της ΝΑ Ευρώπης. Κατά το Θεριανό (1974) ανήκει στο χιονοβρόχινο τύπο. Η λεκάνη απορροής του έχει **Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.δων και παραποτάμων**



Σχ. 1: Γεωλογικό σκαριόγραμμα περιοχής Έβρου όπου εμφανίζονται στο δέλτα του ποταμού οι θέσεις των γεωτρήσεων της Δ.Ε.Π. και οι θέσεις δειγματοληψίας αυτής της μελέτης (Μαγχανάς, 1988).

Fig. 1: Geologic sketch map of the Evros area where the sites of P.P.E. drillings and sampling of this study are shown in the river delta (Magganas, 1988).

συνολικού μήκους 3.424 km, από τα οποία 410 km είναι οι κύριοι κλάδοι, αποστραγγίζει το μεγαλύτερο μέρος της Βουλγαρίας, σχεδόν ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Τουρκία και μεγάλο τμήμα της Ελληνικής Θράκης. Το δέλτα του είναι λοβοειδούς τύπου, επιφάνειας 188 km² και πλάτους 10 km περίπου (Ψιλοβίκος και Χαχαμίδου, 1987). Αποτελείται από τη δελταϊκή πλατφόρμα με πολλές κοίτες διασποράς, επιμέρους λιμνοθάλασσες, λίμνες και έλη, καθώς επίσης και από το υποθαλάσσιο τμήμα της κατωφέρειας και της προδελταϊκής πλατφόρμας στον κόλπο της Αλεξανδρούπολης. Αν και ο Έβρος δεν αποτελεί τυπικό ποταμόκολλο (estuary), εντούτοις η κίνηση των υδάτινων μαζών του ποταμού και της θάλασσας πρέπει να ακολουθεί ανάλογα μοντέλα.

Σημειώνεται ότι ο ποταμός Έβρος εξαιτίας του μεγέθους της λεκάνης απορροής του και του μήκους του, αναμένεται να παρουσιάζει την υψηλότερη υδατοπαραγωγή και στερεοπαραγωγή μεταξύ όλων των ποταμών του Ελληνικού χώρου. Κατά τον Πεχλιβάνογλου (1995) η ετήσια στερεοπαραγωγή του είναι μεγαλύτερη από 1.000.000 m³. Το πάχος των μολυσσικών ιζημάτων μπροστά στις εκβολές είναι 3.000 m, ενώ το πάχος των νεότερων μετά-Πλειστοκαινικών ιζημάτων φτάνει έως και 10 m.

Στο δυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής που καλύπτει μέρος της ανατολικής, κεντρικής, καθώς και όλη τη νότια Βουλγαρία, επικρατούν (Πεχλιβάνογλου, 1995): α. Προκάμβρια και παλαιοζωικά πετρώματα γρανιτικής ή γρανοδιוריτικής σύστασης, εναλλασσόμενα με μοσχοβιτικούς-βιοιτιτικούς γνευσίους, β. Κρητιδικός ασβεστιτικός φλύσχος, γ. Ηώκαινικά πυριγενή και ιζηματογενή πετρώματα, δ. Νεογενή ιζήματα χερσαίας προέλευσης και ε. Ολοκαινικά πυροκλαστικά πετρώματα.

Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής που καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Ευρωπαϊκής Τουρκίας, επικρατούν (Πεχλιβάνογλου, 1995): α. Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα που καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της ανατολικής Θράκης, β. Σημαντικές εμφανίσεις φλύσχη τόσο στο βόρειο όσο και στο νότιο τμήμα της, γ. Μικρής έκτασης εμφανίσεις ανθρακικών πετρωμάτων στο βόρειο τμήμα και δ. Όξινα τυρριτικά πετρώματα στο βόρειο και βορειοανατολικό τμήμα της ανατολικής Θράκης.

Τέλος, το νοτιοδυτικό και νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής που καλύπτει τμήμα της Ελληνικής Θράκης, περιλαμβάνει: α. Τις σημαντικές αποθέσεις ζεολιθών στις περιοχές Μεταξάδων-Πενταλόφου, β. Τα ανθρακικά πετρώματα, τους σχιστολίθους και τους χαλαζίτες της ενότητας Μάκρης, γ. Τους σχιστολίθους, φαιμίτες, μάργες και πυροκλαστικά της ενότητας Δρυμού-Μελίας και δ. Τις αλλουβιακές προσχώσεις του δέλτα του Έβρου.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δείγματα λήφθηκαν από τη δυτική όχθη του δυτικού βραχίονα (πλάτους περίπου 60 m) του δέλτα του Έβρου, περίπου 5 km νότια της κοινότητας Μοναστηρακίου (Σχ. 1). Πριν από κάθε αναλυτική τεχνική τα δείγματα υποβλήθηκαν σε καθαρισμό και κλασματοποίηση, ώστε να ακτινογραφούνται κοκκομετρικά ομόλογα και απαλλαγμένα από προσμίξεις κλάσματα. Κατά σειρά εφαρμόστηκαν οι παρακάτω χημικές κατεργασίες κατά Jackson (1974):

Για την αφαίρεση των ανθρακικών και διαλυτών αλάτων χρησιμοποιήθηκε ρυθμιστικό διάλυμα 1N οξικού νατρίου (NaOAc)-οξικού οξέος (HOAc) με pH=5,0 και έγινε πεπτοποίηση κάθε δείγματος σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 80°C για 30 λεπτά περίπου με συνεχείς αναδεύσεις. Ακολούθησαν τρεις φυγοκεντρικές πλύσεις με το ίδιο ρυθμιστικό διάλυμα.

Η αφαίρεση της οργανικής ύλης και του MnO₂ έγινε με επίδραση H₂O₂ 30%. Το ελαφρώς όξινο περιβάλλον (από την προηγούμενη κατεργασία) διευκολύνει την αντίδραση του H₂O₂ με την περιεχόμενη οργανική ύλη. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 30ml H₂O₂ για 3ωρη κατεργασία σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 80°C με συχνές αναδεύσεις. Ακολούθησαν δύο φυγοκεντρικές πλύσεις με ρυθμιστικό διάλυμα με pH=5,0.

Για την απομάκρυνση των άμορφων χιτώνων ή κρυστάλλων από οξειδία του Fe και υδροξειδία του Fe και Al χρησιμοποιήθηκαν υδροξείδια του Fe (Na₂C₆H₅O₇·2H₂O)-1M

διττανθρακικού νατρίου (NaHCO_3) με $\text{pH}=7.3$ και περιοδική προσθήκη 1g (μέχρι 3g) διθειονικού νατρίου ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) κατά την πεπτοποίηση σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας $75\text{-}80^\circ\text{C}$ για 15 λεπτά περίπου. Ακολούθησαν τρεις φυγοκεντρικές πλύσεις με το ίδιο ρυθμιστικό διάλυμα, απιονισμένο νερό και μεθανόλη.

Η εκλεκτική διάλυση και απομάκρυνση των παραπάνω ανεπιθύμητων υλικών βοηθάει στο διαμερισμό και στον αξιόπιστο διαχωρισμό των ορυκτών συστατικών ενός ιζήματος σε διαφορετικά μεγέθη κόκκων.

Ακολούθησε η κλάσηματοποίηση των καθαρών δειγμάτων με καθίζηση των κόκκων εξαιτίας της βαρύτητας από αιώρημα σε απιονισμένο νερό ή με φυγοκεντρική πλύση κάτω από ειδικές συνθήκες. Προσδιορίστηκε η κατανομή του μεγέθους των κόκκων.

Για την ακτινογραφική εξέταση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ακτινοβολία ακτίνων-Χ χαλκού με μήκος κύματος $\text{CuK}_\alpha=1,54184 \text{ \AA}$ και φίλτρο $\text{Ni}=0,0170 \text{ mm}$ σε περιθλασίμετρο τύπου PHILIPS PW 1011 με περιοχή σάρωσης $3\text{-}43^\circ 2\theta$. Η ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων προσδιορίστηκε σε αντιπροσωπευτικά κλάσματα της ιλύος και αργίλου. Χρησιμοποιήθηκαν τα κλάσματα >20 , $20\text{-}2$ και <2 μm και πάρθηκαν διαγράμματα περιθλασης σε τυχαία, παράλληλα προσανατολισμένα και διαποτισμένα με αιθυλενογλυκόλη παρασκευάσματα. Ο ποιοτικός και ημιποσοτικός προσδιορισμός για τα δύο αδρόκοκκα κλάσματα έγινε με βάση τις μεθόδους των Schultz (1964), Perry και Hower (1970) και Reynolds και Hower (1970). Η μέθοδος των Moore και Reynolds (1997) χρησιμοποιήθηκε για την ορυκτολογική σύσταση του αργιλικού κλάσματος ($<2 \mu\text{m}$).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το συνολικό ποσοστό των ανεπιθύμητων υλικών είναι αρκετά σημαντικό, γιατί είναι αναμενόμενο στο ποτάμιο περιβάλλον. Τόσο τα ανθρακικά άλατα, όσο και η οργανική ύλη, καθώς επίσης και τα οξείδια του Fe και υδροξείδια του Fe και Al αφθονούν εξαιτίας της εύκολης μεταφοράς και συναπόθεσης με τα λειψά λεπτομερή ιζήματα στο χώρο του ποταμού. Τα δείγματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως αμμοίλυδη εξαιτίας της περιορισμένης συμμετοχής κόκκων μεγέθους αργίλου ($<20\%$) και της πολύ μεγάλης παρουσίας κόκκων με μέγεθος $>20 \mu\text{m}$ (ποσοστά $>52\%$) (Πίν. 1).

Πίν. 1: Εκατοστιαία κατανομή μεγέθους κόκκων (μm) των δειγμάτων που αναλύθηκαν

Table 1: Grain size distribution (μm) of the samples analyzed

Δείγμα ¹	C.O.I. ²	>20	$20\text{-}2$	<2
EV ₁	5	70	13	12
EV ₂	5	54	21	20
EV ₃	5	72	12	11
EV ₄	5	68	16	11
EV ₅	12	52	20	16

¹ Οι δείκτες στα δείγματα του Έβρου (EV) δηλώνουν την τοποθεσία τους.

² Συνολικό ποσοστό ανεπιθύμητων υλικών (ανθρακικά + οργανικά + οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου).

Τα ιζήματα που εξετάζονται χαρακτηρίζονται ως ανώριμα ορυκτολογικά εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης ασβεστίου. Η ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. (άμμος + ιλύς) που κυμαίνεται από 23 έως 35% (Πίν. 2).

Πιν. 2: Ορυκτολογική σύσταση (κ.β.%) των κλασμάτων (μm) των δειγμάτων που αναλύθηκαν
Table 2: Mineralogical composition (wt%) of separated size fractions (μm) of the samples analyzed

Δείγμα	Μέγεθος	Q	Pl	Or	Tr	Di	Mor	Cpt	T.cl	I	Ch
EV ₁	>20	29	18	22	6	ίχνη	8		17		
	20-2	23	12	9	ίχνη	4	15		37		
	<2	ίχνη	ίχνη				ίχνη			66	34
EV ₂	>20	27	37	10	19	ίχνη	ίχνη		7		
	20-2	29	15	10	9	4	ίχνη		33		
	<2	ίχνη	ίχνη				ίχνη			68	32
EV ₃	>20	34	32	11	6	ίχνη	8		9		
	20-2	28	13	ίχνη	9	4	13		33		
	<2	ίχνη	ίχνη	ίχνη			ίχνη			74	26
EV ₄	>20	28	30	14	6	3		10	9		
	20-2	24	13	9	7	4		12	31		
	<2	ίχνη	ίχνη	ίχνη				ίχνη		74	26
EV ₅	>20	30	20	15	20	ίχνη		7	8		
	20-2	24	15	9	7	4		12	29		
	<2	ίχνη	ίχνη	ίχνη				ίχνη		75	25

Q= χαλαζίας, Pl= πλαγιόκλαστο, Or= ορθόκλαστο, Tr= τρεμολίτης, Di= διοψίδιος, Mor= μορντενίτης, Cpt= κλινοπτιλόλιθος, T.cl= σύνολο αργιλικών ορυκτών και μαρμαρυγιών, I= ιλλίτης (+ιλλίτης/σμεκτίτης + σμεκτίτης), Ch= χλωρίτης (+ βερμικουλίτης + χλωρίτης/βερμικουλίτης + καολινίτης).

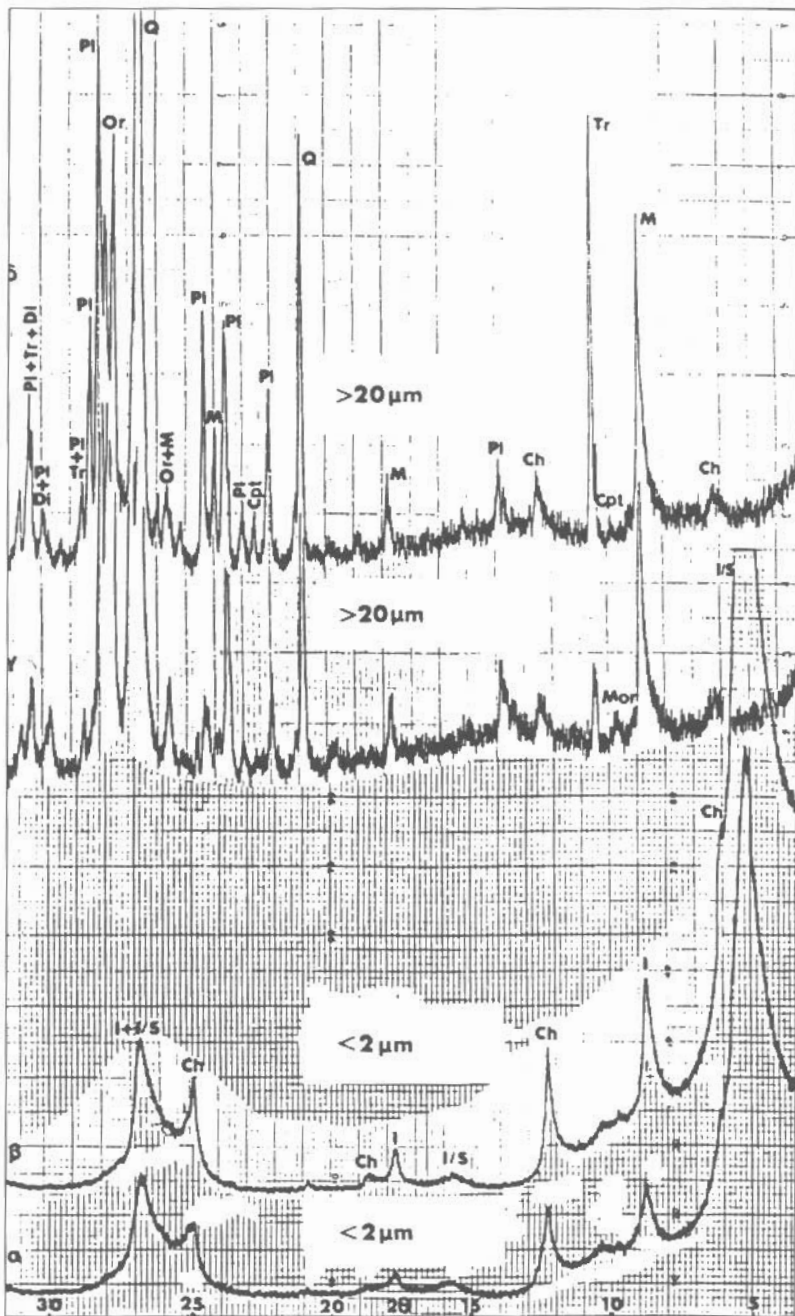
Από ορυκτολογική άποψη παρατηρείται μικρή τοπική διαφοροποίηση στην κατανομή των διαφόρων ορυκτών των αδρόκοκκων και λεπτόκοκκων κλασμάτων και σημαντική ποσοτική διαφοροποίηση μεταξύ των ορυκτών στα επιμέρους κλάσματα (Πίν. 2 & Σχ. 2). Στα αδρόκοκκα κλάσματα υψηλό είναι το ποσοστό του χαλαζία και των αστρίων που αυξάνει όσο αυξάνει η κοκκομετρική διαβάθμιση, ενώ δεν παρατηρείται σημαντική εξαλλοίωσή τους. Τα πλαγιόκλαστα υπερτερούν των καλιούχων αστρίων. Αντίθετα, στο αργιλικό κλάσμα (<2 μm) τόσο ο χαλαζίας όσο και οι άστριοι μειώνονται και εμφανίζονται μόνο σε ίχνη. Αξιοσημείωτα υψηλό ποσοστό παρουσιάζουν και οι μαρμαρυγίες τόσο ως μοσχοβίτης (ή σερικίτης) στο αδρόκοκκο κλάσμα όσο και ως ιλλίτης στο λεπτόκοκκο (Σχ. 2). Επίσης, σημαντική είναι η παρουσία στα δύο αδρόκοκκα κλάσματα των αμφιβόλων (τρεμολίτης). Ακολουθούν σε αφθονία οι πυρόξενοι (διοψίδιος). Αξιοσημείωτη είναι η παρουσία των δύο ζεολιθικών ορυκτών, μορντενίτη και κλινοπτιλόλιθου, κυρίως στα δύο αδρόκοκκα κλάσματα >20 και 20-2 μm, με μεγαλύτερη συμμετοχή στο δεύτερο.

Ο σμεκτίτης που εξαιτίας της μικρής διαμέτρου των κόκκων του είναι από τα ευκολότερα μεταφερόμενα αργιλικά ορυκτά, παρουσιάζεται σε μικρές ποσότητες στο λεπτομερέστερο αργιλικό κλάσμα και φαίνεται να είναι νατριούχος. Η ενδοστρωμάτωση ιλλίτη/σμεκτίτη αποτελεί την αφθονότερη φάση σε όλα τα αργιλικά κλάσματα όλων των δειγμάτων. Ο χλωρίτης, ο βερμικουλίτης και η ενδοστρωμάτωση τους (Ch/V) αναγνωρίζονται ποιοτικά κυρίως στα δύο αδρόκοκκα κλάσματα. Τέλος, ο καολινίτης είναι πολύ περιορισμένος.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκτεταμένη παρουσία του χαλαζία, των αστρίων και των μαρμαρυγιών στα δύο αδρόκοκκα κλάσματα είναι αναμενόμενη, αφού αποτελούν τα υλικά αποσάθρωσης των μητρικών πετρωμάτων της μεγάλης λεκάνης απορροής του Έβρου, όπου επικρατούν πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα πλούσια σε τέτοια ορυκτά.

Η παρουσία σε σημαντικές ποσότητες των μορντενίτη και κλινοπτιλόλιθου δικαιολογούνται από την εκτεταμένη εμφάνιση ηφαιστειοκλαστικών ιζημάτων στη λεκάνη απορροής του Έβρου τόσο



Σχ. 2: Περιθλασιογράμματα δειγμάτων EV₁ (α,γ) και EV₅ (β,δ). Διαποτισμένα με αιθυλενογλυκόλη (α,β), τυχαία προσανατολισμένα (γ,δ).

Q=χαλαζίας, Pl= πлагιοκλάστο, Or= ορθόκλαστο, M= μαμαρυγιάς (ή σερικίτης), Di= διοψίδιο, Mor= μορνενίτης, Cpt= κλινοπτιλόλιθος, Ch= χλωρίτης (+ βερμικουλίτης + χλωρίτης/βερμικουλίτης), I= ιλλίτης, I/S= ιλλίτης/σμεκτίτης.

Fig. 2: X-ray diffraction diagrams of samples EV₁ (α,γ) and EV₅ (β,δ). Glycolated (α,β), randomly oriented (γ,δ).

Q = quartz, Pl = plagioclase, Or = orthoclase, M = mica (or sericite), Tr = tremolite, Di = diopside, Mor = mordenite, Cpt = clinoptilolite, Ch = chlorite (+ vermiculite + chlorite/vermiculite), I = illite, I/S = illite/smectite.

μέσα στην Ελληνική όσο κυρίως μέσα στη Βουλγαρική επικράτεια. Η ζεολιθοποίηση ορισμένων λεπτομερών ηφαιστειοκλαστικών στρωμάτων κατέληξε σε συγκεντρώσεις μέχρι και 90% σε κλινοπτιλόλιθο (Kassoli-Fournaraki et al., 1997).

Η παρουσία των ασταθών Ca-Mg-ούζων ορυκτών υποδηλώνει την προέλευσή τους κυρίως από τα άφθονα πετρώματα ανάλογης σύστασης της εκτεταμένης λεκάνης απορροής του Έβρου. Επιβεβαιώνει επίσης την περιορισμένη επανεπεξεργασία του υλικού στη λεκάνη απόθεσης που είναι αποτέλεσμα της μεγάλης παροχής του ποταμού σε μικρά χρονικά διαστήματα και της γρήγορης μεταφοράς και απόθεσης των ιζημάτων. Στη διαπίστωση αυτή καταλήγουμε αν λάβουμε υπόψη και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή. Τα υλικά που μεταφέρονται σε παρόμοιες συνθήκες παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στην κοκκομετρική τους σύσταση, εμφανίζουν κακή ταξινόμηση και η μορφολογία των κόκκων τους είναι γωνιώδης ως υπογωνιώδης. Η ραγδαία ιζηματοπόθεση σε περιόδους εντόνων βροχοπτώσεων περιορίζει τις φυσικές και χημικές διεργασίες, καθώς και το βαθμό επανεπεξεργασίας των υλικών και έτσι δημιουργούνται ιζήματα ανώριμα στον ιστό και στην ορυκτολογική σύσταση.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η περιορισμένη εμφάνιση αμιγών φάσεων σμεκτίτη και καολινίτη. Αν λάβουμε υπόψη ότι τα ηφαιστειακά υλικά που παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό τους, είναι ευρύτατα διαδομένα στον ευρύτερο χώρο της λεκάνης και ότι τα μαγμαρυγικά ορυκτά και ο χλωρίτης, από τα οποία συχνά μετασχηματίζονται, συμμετέχουν σε όλα τα δείγματα που εξετάστηκαν με σχετικά μεγάλη αφθονία, τότε η περιορισμένη εμφάνιση του σμεκτίτη και καολινίτη θεωρείται πιθανό να οφείλεται: α. Στις δυσμενείς για το σχηματισμό τους φυσικοχημικές συνθήκες του περιβάλλοντος (αναγωγικές, pH ουδέτερο έως αλκαλικό), β. Στους κλιματικούς παράγοντες και τις συνέπειες από την επικράτηση ξηρού και θερμού κλίματος στην περίοδο απόθεσης και γ. Στο γρήγορο ρυθμό μεταφοράς και απόθεσης των υλικών που περιορίζει τη διάρκεια της έκθεσης αυτών στους παράγοντες αποσάθρωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΘΕΡΙΑΝΟΣ, Α.Δ. 1974. Η γεωλογική κατανομή της παροχής των Ελληνικών ποταμών. *Δελτίο Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, 11, 28-58.
- JACKSON, M.L. 1974. Soil chemical analysis. Adv. course. Madison, Wisconsin, 690 pp.
- KASSOLI-FOURNARAKI, A., STAMATAKIS, M., HALL, A., FILIPPIDIS, A., MICHAILIDIS, K., TSIRAMBIDES, A., and KOUTLES, T. 1997. The Ca-rich clinoptilolite of Pentalofos, Thrace, Greece. 5th Intern. Congress on Occurrence, Properties, and Utilization of Natural Zeolites, Ischia, Italy, 178-180.
- KIROV, G.N., FILIPPIDIS, A., TSIRAMBIDES, A., TZVETANOV, R.G. and KASSOLI-FOURNARAKI, A. 1990. Zeolite-bearing rocks in Petrota area (Eastern Rhodope massif, Greece). *Geologica Rhodopica*, 2, 500-511.
- ΚΟΥΡΗΣ, Χ. 1980. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, φύλλο Μέση-Ξυλαγανή, κλιμ. 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- KOUTLES, TH., KASSOLI-FOURNARAKI, A., FILIPPIDIS, A., and TSIRAMBIDES, A. 1995. Geology and geochemistry of the Eocene zeolite-bearing volcanoclastic sediments of Metaxades, Thrace, Greece. *Estudios Geol.*, 51, 19-27.
- ΜΑΓΚΑΝΑΣ, Α. 1988. Μελέτη της Ορυκτολογίας, Πετρολογίας, Γεωχημείας και των φαινομένων μεταμόρφωσης βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων της Περιοδοτικής ζώνης στην περιοχή της Θράκης. *Διδακτορική Διατριβή*, Αθήνα, 332 σελ.
- MOORE, D.M. and REYNOLDS, R.C., JR. 1997. X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals (2nd ed.). Oxford Univ. Press, New York, 384 pp.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π. 1980. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, φύλλο Φέρες-Πέπλος-Αίνος, κλιμ. 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π. 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, φύλλο Μάρωνεια, κλιμ. 1:50.000.

Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.

- PERRY, E. and HOWER, J. 1970. Burial diagenesis in Gulf Coast pelitic sediments. *Clays and Clay Minerals*, 18, 165-177.
- ΠΕΧΛΙΒΑΝΟΓΛΟΥ, Κ. 1995. Ορυκτολογική και γεωχημική μελέτη των ιζημάτων του κόλπου της Αλεξανδρούπολης. Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 187 σελ.
- REYNOLDS, R.C.Jr. and HOWER, J. 1970. The nature of interlayering in mixed-layer illite-montmorillonite. *Clays and Clay Minerals*, 18, 25-36.
- SCHULTZ, L.G. 1964. Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale. U.S.G.S. Sp. P., 30 p.
- SKARPELIS, M.G., MARANTOS, I., and CHRISTIDIS, G. 1993. Zeolites in Oligocene volcanic rocks Dadia-Lefkimi area, Thrace, Northern Greece: Mineralogy and cation exchange properties. *Bull. Geol. Soc. Greece* 28 (2), 305-315.
- ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, Ν. 1992. Überblick über die geohydrochemie der grossten Griechischen Flüsse (Ελληνική περίπτωση). *Ann. Geol. Pays Hell.*, 35, 413-449.
- STAMATAKIS, M.G., HALL, A., and HEIN, J.R. 1996. The zeolite deposits of Greece. *Mineral. Deposita*, 31(6), 473-481
- ΤΡΩΝΤΣΙΟΣ, Γ. 1991. Κοκκομετρική, ορυκτολογική και χημική μελέτη των Παλαιογενών ιζημάτων από γεωτρήσεις στο δέλτα του Έβρου. Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 235 σελ.
- ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ, Α. και ΤΡΩΝΤΣΙΟΣ, Γ. 1993. Μελέτη ενδοστρωματωμένων αργιλικών φάσεων Παλαιογενών ιζημάτων δέλτα Έβρου. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, 28(2): 55-67.
- ΤΣΙΡΑΜΒΙΔΗΣ, Α., ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ, Α., and ΚΑΣΣΟΛΙ-ΦΟΥΡΝΑΡΑΚΗ, Α. 1993. Zeolitic alteration of Eocene volcanoclastic sediments at Metaxades, Thrace, Greece. *Applied Clay Sci.*, 7, 509-526.
- ΤΣΙΡΑΜΒΙΔΗΣ, Α., ΚΑΣΣΟΛΙ-ΦΟΥΡΝΑΡΑΚΗ, Α., ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ, Α., and ΣΟΛΔΑΤΟΣ, Κ. 1989. Preliminary results on clinoptilolite-containing volcanoclastic sediments from Metaxades, NE Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 23(2), 451-460.
- ΤΣΟΛΙΣ-ΚΑΤΑΓΑΣ, Ρ. and ΚΑΤΑΓΑΣ, Σ. 1990. Zeolitic diagenesis of Oligocene pyroclastic rocks of the Metaxades area, Thrace, Greece. *Mineral. Mag.*, 54, 95-103.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. και ΧΑΧΑΜΙΔΟΥ, Ε. 1987. Συμβολή στην έρευνα των Ολοκαινικών Ελληνικών δέλτα. 2ο Πανελλ. Συμπ. Ωκεαν. & Αλιείας, Αθήνα, 456-463.