

## Μορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά του ενεργού Δέλτα του ποταμού Νέστου, μετά τη κατασκευή των φραγμάτων

ΓΑΡΕΖΟΣ Α.<sup>(1)</sup>, ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ.<sup>(1)</sup>

### ABSTRACT

The purpose of this paper is the geomorphological and sedimentological study of modern Nestos River Delta, to examine the effect of the dams to the sedimentological regime of the coastal zone. Nestos Delta suffered a series of anthropogenic influences; the most significant was the channelization of the river bed, which prevents avulsion and enforces the river to discharge to the sea with one main channel. A DGPS with accuracy better than 1m (GMS-2- Topcon), was used for mapping the coastline, along with sampling the coastal sediments. Sedimentological analysis revealed that the mean size of the sandy material of the coastline reduces with increasing the eastward distance from the river mouth. The western coastline revealed a more complex situation, since it had inherited characteristics from older, abandoned river mouths, bars, spits etc, existed prior to anthropogenic influence. Comparison between the DGPS survey and the 1970 topographic maps revealed some areas with erosional and some with depositional tendencies. A clear erosional tendency was not recorded. Furthermore comparison, between 2000 GPS survey, and the present 2009 DGPS survey, recorded a stability of the coastline within the resolution and the accuracy of the instruments. A possible explanation, is the dramatic reduction of the active area of the delta, due to anthropogenic influence, where at its natural stage, was dispersing sediments with avulsion and multiple river channels in an area of 500 km<sup>2</sup>, but now the active area, where deposition is possible, is only 45.84 km<sup>2</sup>.

**Keywords:** Nestos River Delta, coastal erosion, sedimentology, coastal sediments.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή γεωμορφολογικών και ιζηματολογικών χαρακτηριστικών του σύγχρονου ενεργού δέλτα του Ποταμού Νέστου, μετά τη κατασκευή των φραγμάτων της ΔΕΗ, για τον εντοπισμό ενδείξεων διάβρωσης στην παράκτια ζώνη. Χρησιμοποιήθηκε διαφορικό GPS ακρίβειας καλύτερης του 1m (GMS-2 - Topcon) για την αποτύπωση της ακτογραμμής και έγιναν δειγματοληψίες παράκτιων υλικών. Από την ανάλυση των ιζημάτων, των παλαιότερων χαρτών, μιας παλαιότερης αποτύπωσης με GPS και από συγκρίσεις που έγιναν μεταξύ τους φάνηκε ότι υπάρχει ένα ενεργό ιζηματολογικό καθεστώς, με ζώνες διάβρωσης αλλά και με ζώνες απόθεσης. Το μέσο μέγεθος του παράκτιου αμμώδους υλικού ελαττώνεται προς τα ανατολικά σε σχέση με το στόμιο του ποταμού ενώ στα δυτικά επικρατεί μια πιο σύνθετη κατάσταση κληρονομημένη από παλαιά, πριν τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις, όπου επικρατούσαν πολλαπλά στόμια, spit, φράγματα κλ. Μετά την λειτουργία των φραγμάτων, η ακτή στο τμήμα του ενεργού δέλτα, φαίνεται να παρουσιάζει μια σταθερότητα, χωρίς να ανιχνεύονται μόνιμες διαβρωτικές τάσεις (στα πλαίσια της διακριτικής ικανότητας των οργάνων). Μια πιθανή επεξήγηση είναι το γεγονός της δραματικής ελάττωσης της ενεργού επιφάνειας του δέλτα που έχει προκύψει μετά τον εγκιβωτισμό της κοίτης με αναχώματα, μετά την οποία, το ποτάμι αντί να διασπείρει τα ιζήματά του στα 500 km<sup>2</sup> του φυσικού δέλτα, σήμερα περιορίζεται σε μόλις 45.84 km<sup>2</sup> ενεργού δελταϊκού χώρου.

**Λέξεις κλειδιά:** Δέλτα Ποταμού Νέστου, παράκτια διάβρωση, ιζηματολογία, παράκτια ιζήματα.

### GEOMORPHOLOGICAL AND SEDIMENTOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NESTOS RIVER, ACTIVE DELTA, AFTER THE CONSTRUCTION OF THE DAMS

<sup>1</sup>Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Α.Π.Θ., [garezos\\_a@hotmail.com](mailto:garezos_a@hotmail.com), [albanaki@geo.auth.gr](mailto:albanaki@geo.auth.gr)

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ποταμός Mesta/Νέστος είναι ένας από τους διασυνοριακούς ποταμούς των Βαλκανίων (Σχήμα 1). Το ελληνικό τμήμα της λεκάνης του καλύπτει περιοχές που ανήκουν στις νομαρχίες Δράμας, Καβάλας και Ξάνθης, οι οποίες διοικητικά ανήκουν στο διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Επιπρόσθετα, ο Νέστος αποτελεί όχι μόνο φυσικό όριο μεταξύ της Μακεδονίας και της Θράκης αλλά ταυτόχρονα, μεταξύ των νομών Καβάλας και Ξάνθης



Σχήμα 1: Ο Νέστος ως διασυνοριακός ποταμός

Στον π. Νέστο έχουν κατασκευαστεί δύο φράγματα του Θησαυρού και της Πλατανόβρυσης σχηματίζοντας αντίστοιχα δύο ομώνυμους τεχνητούς ταμιευτήρες. Στο τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας στην περιοχή της εκβολής του ποταμού, υπάρχουν εναλλαγές από ελώδεις εκτάσεις, παρόχθια δένδρωδη και θαμνώδη βλάστηση και παράκτιες λαγκούνες, δημιουργώντας εξαιρετικούς οικοτόπους για ανάπτυξη ορνιθοπανίδας (Αλμπανάκης κ.α. 2007). Έτσι σχηματίζεται ένας σημαντικός υδροβιότοπος προστατευμένος μάλιστα από την συνθήκη του Ramsar.

### 2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Μετά την έξοδο του Νέστου από τα στενά, στην γέφυρα στους Τοξότες, αρχίζει η εύφορη δελταϊκή πεδιάδα με έκταση 500 km<sup>2</sup>, της οποίας οι σύγχρονες αποθέσεις εκτείνονται από τη Νέα Καρβάλη της Καβάλας, μέχρι και τα Άβδηρα (Ψιλοβίκος κ.α. 1986). Η σύγχρονη κατάσταση του δέλτα είναι εντελώς διαφορετική από αυτήν που υπήρχε πριν από μερικές δεκαετίες, καθώς το σύγχρονο δέλτα λόγω του τεχνητού εγκιβωτισμού της κοίτης (1950) και της κα-

τασκευής των φραγμάτων (2000) έχει τροποποιηθεί. Παρατηρείται λοιπόν μια διαφοροποίηση όσον αφορά την έκτασή του ενεργού Δέλτα (λόγω των αναχωμάτων ο Νέστος έπαψε να υπερχειλίζει) αλλά και την ποσότητα των φερτών υλικών τα οποία καταλήγουν σε αυτό (Κωτσόβινος, Ν. 2010).

### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την πραγματοποίηση της μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν οι τοπογραφικοί χάρτες του Δέλτα του Νέστου, κλίμακας 1:50.000, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.), οι αντίστοιχοι γεωλογικοί χάρτες: φύλα Άβδηρα και Χρυσούπολης του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.ΜΕ 1983) και οι ιστορικοί χάρτες της εν λόγω περιοχής.

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε λογισμικό των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Arc Map 9.2. Συγκεκριμένα, ψηφιοποιήθηκε και χαρτογραφήθηκε η ακτογραμμή (κατώτερο όριο ζώνης θραύσης κυμάτων) μέσω τοπογραφικών χαρτών. Το σύστημα προβολής που χρησιμοποιήθηκε κατά την ψηφιοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων είναι το Ε.Γ.Σ.Α 87. Έγινε επίσης χαρτογράφηση στο πεδίο, της ακτογραμμής με τη χρήση διαφορικού GPS (τύπος: GMS-2- της εταιρίας Torcon), με ακρίβεια <1m.

Η κατασκευή γεωμορφολογικών χαρτών πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας την εξής διαδικασία (Pavlopoulos et al 2009): α) Συλλογή χαρτών και δορυφορικών εικόνων του Google Earth, β) επίσκεψη στην περιοχή μελέτης για την ορθή καταγραφή και αποτύπωση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της παράκτιας ζώνης, γ) συλλογή και μελέτη βιβλιογραφικού υλικού με παλαιότερες επιστημονικές προσεγγίσεις της περιοχής και τέλος δ) χαρτογράφηση της περιοχής (GMS-2- της Torcon και GPS χειρός Garmin)

Η ιζηματολογική έρευνα υπαίθρου πραγματοποιήθηκε κατά μήκος της ακτογραμμής του Δέλτα του Νέστου και περιελάμβανε 20 επιλεγμένα σημεία. Τα 13 είναι δυτικά των εκβολών και τα 7 ανατολικά καλύπτοντας σχεδόν εξ ολοκλήρου την παράκτια ζώνη. Τα δείγματα συλλέ-

χτηκαν σε σακουλάκια από τρεις ζώνες κάθε θέσης (πρόσω ακτή, πίσω ακτή και θίνες, Ψιλοβίκος Av. & Ψιλοβίκος Αρ., 2010). Στη συνέχεια, τα δείγματα, από τις τρεις ζώνες, ενοποιήθηκαν σε ένα ώστε να αντιπροσωπεύει την μέση κατάσταση που επικρατεί στην επιφάνεια του προφίλ κάθε θέσης της ακτής. Τα δείγματα εξετάστηκαν εργαστηριακά και υπολογίστηκαν ο μέσος όρος μεγέθους, η ταξινόμηση, η λοξότητα και κύρτωση. Οι ιζηματολογικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο ιζηματολογίας, του Τομέα της Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, του Τμήματος γεωλογίας του Α.Π.Θ., κατά Ψιλοβίκο Av. & Ψιλοβίκο Αρ. (2010).

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

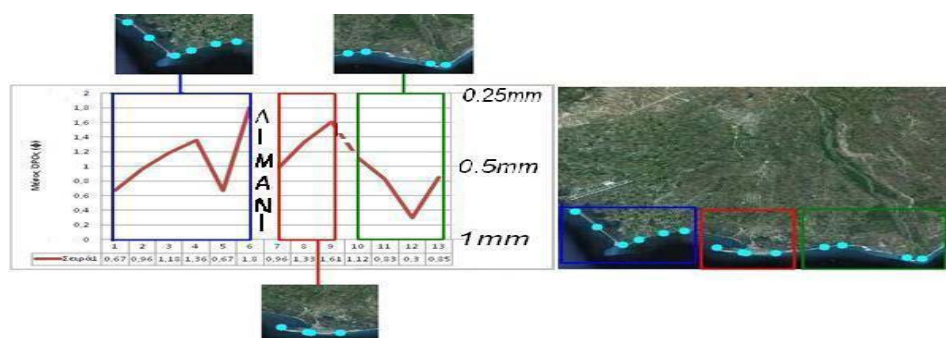
Τα αποτελέσματα των ιζηματολογικών αναλύσεων παρουσιάζονται, για τις μεν θέσεις δειγματοληψίας στην ακτή δυτικά του στομίου εκβολής στον Πίνακα 1 και το Σχήμα 2, για δε τις θέσεις ανατολικά του στομίου εκβολής στον Πίνακα 2 και το Σχήμα 3.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα ιζηματολογικών αναλύσεων στο δυτικό τμήμα της παράκτιας ζώνης του Δέλτα.

| Δυτικό<br>δέλτα | Μέσος όρος (m)                        | Ταξινόμηση<br>(σ) | Λοξότητα<br>(sk) | Κύρτωση<br>(ku)      |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| W.1             | Χοντρόκοκκη-πολύ χοντρόκοκκη άμμος    | Μέτρια καλή       | Συμμετρική       | Λεπτόκυρτη           |
| W.2             | Χοντρόκοκκη άμμος                     | Μέτρια καλή       | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη            |
| W.3             | Χοντρόκοκκη άμμος                     | Καλή              | Συμμετρική       | Λεπτόκυρτη           |
| W.4             | Χοντρόκοκκη άμμος                     | Καλή              | Συμμετρική       | Λεπτόκυρτη           |
| W.5             | Χοντρόκοκκη-πολύ χοντρόκοκκη<br>άμμος | Μέτρια καλή       | Συμμετρική       | Πολύ λεπτό-<br>κυρτη |
| W.6             | Μεσόκοκκη-Χοντρόκοκκη άμμος           | Μέτρια καλή       | Συμμετρική       | Λεπτόκυρτη           |
| W.7             | Μεσόκοκκη-Χοντρόκοκκη άμμος           | Καλή              | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη            |
| W.8             | Χοντρόκοκκη άμμος                     | Μέτρια καλή       | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη            |
| W.9             | Μεσόκοκκη-Χοντρόκοκκη άμμος           | Μέτρια καλή       | Συμμετρική       | Λεπτόκυρτη           |
| W.10            | Χοντρόκοκκη άμμος                     | Μέτρια καλή       | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη            |
| W.11            | Χοντρόκοκκη άμμος                     | Μέτρια καλή       | Πολύ θετική      | Μεσόκυρτη            |
| W.12            | Πολύ χοντρόκοκκη άμμος                | Πολύ καλή         | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη            |
| W.13            | Χοντρόκοκκη-πολύ χοντρόκοκκη άμμος    | Καλή              | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη            |

Η σύγκριση των μετρήσεων της θέσης της ακτογραμμής με το διαφορικό GPS, σε σχέση με τοπογραφικούς χάρτες της ΓΥΣ (εκδόσεως 1970) παρουσιάζεται στο Σχήμα 4, υπό την μορφή σκαριφήματος, με έγχρωμη αναπαράσταση των ζωνών τόσο απόθεσης όσο και διάβρωσης οι οποίες εντοπίστηκαν. Δεν διαπιστώνεται μια γενική ενιαία διαβρωτική τάση.

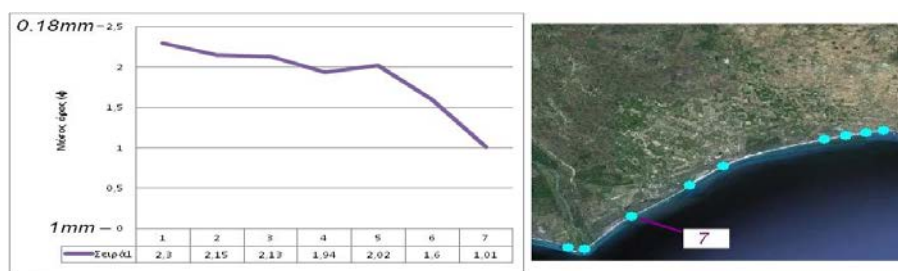
Στο Σχήμα 5, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης της καταγεγραμμένης ακτογραμμής με απλό GPS από Στύλλα (2000), σε σχέση με την χαρτογράφηση με το διαφορικό GPS, η οποία έγινε το 2009, στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Στο Σχήμα 5 τα αποτελέσματα παρουσιάζονται κατά θέσεις, στις οποίες εντοπίζονται οι μέγιστες θετικές (πρόσχωση) ή αρνητικές (διάβρωση) αποκλίσεις. Οι αποκλίσεις βρίσκονται μέσα στα όρια του σφάλματος των οργάνων και δεν προκύπτουν σημαντικές μετατοπίσεις.



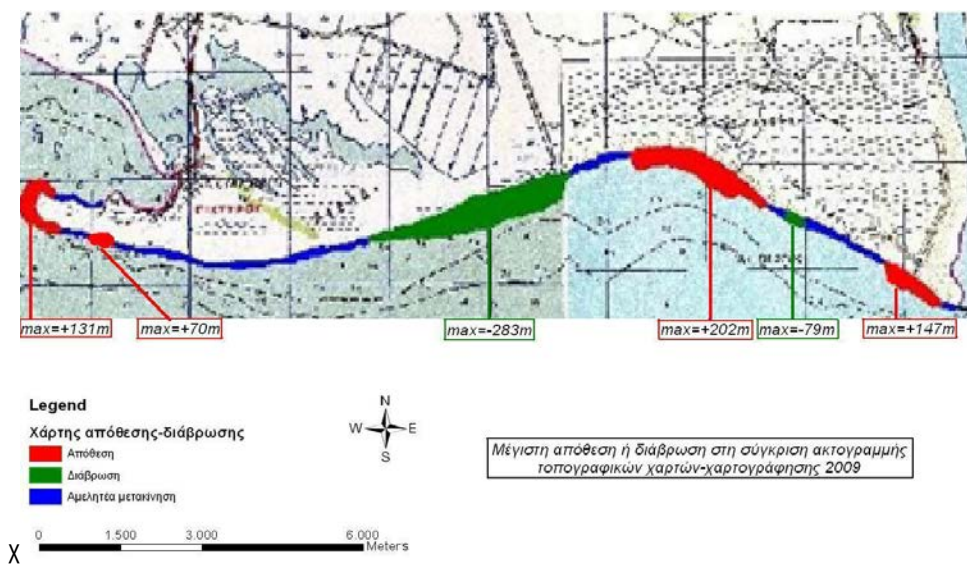
Σχήμα 2: Χωρική κατανομή του μέσου όρου μεγέθους των κόκκων στο δυτικό τμήμα της παράκτιας ζώνης του Δέλτα.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ιζηματολογικών αναλύσεων στο ανατολικό τμήμα της παράκτιας ζώνης του Δέλτα.

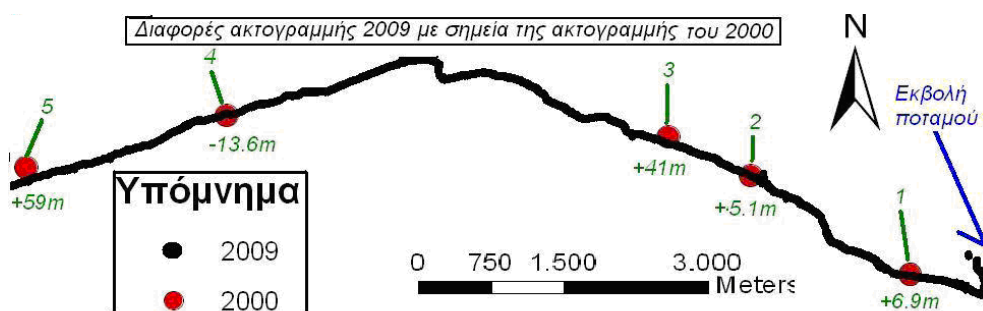
| Ανατολικό<br>δέλτα | Μέσος όρος (m)              | Ταξινόμηση (σ) | Λοξότητα<br>(sk) | Κύρτωση<br>(ku) |
|--------------------|-----------------------------|----------------|------------------|-----------------|
| E.1                | Λεπτόκοκκη-μεσόκοκκη άμμος  | Καλή           | Πολύ θετική      | Λεπτόκυρτη      |
| E.2                | Λεπτόκοκκη-μεσόκοκκη άμμος  | Κακή           | Θετική           | Λεπτόκυρτη      |
| E.3                | Λεπτόκοκκη-μεσόκοκκη άμμος  | Μέτρια-καλή    | Θετική           | Μεσόκυρτη       |
| E.4                | Μεσόκοκκη άμμος             | Μέτρια-καλή    | Θετική           | Μεσόκυρτη       |
| E.5                | Μεσόκοκκη άμμος             | Καλή           | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη       |
| E.6                | Μεσόκοκκη-χοντρόκοκκη άμμος | Πολύ καλή      | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη       |
| E.7                | Χοντρόκοκκη άμμος           | Καλή           | Συμμετρική       | Μεσόκυρτη       |



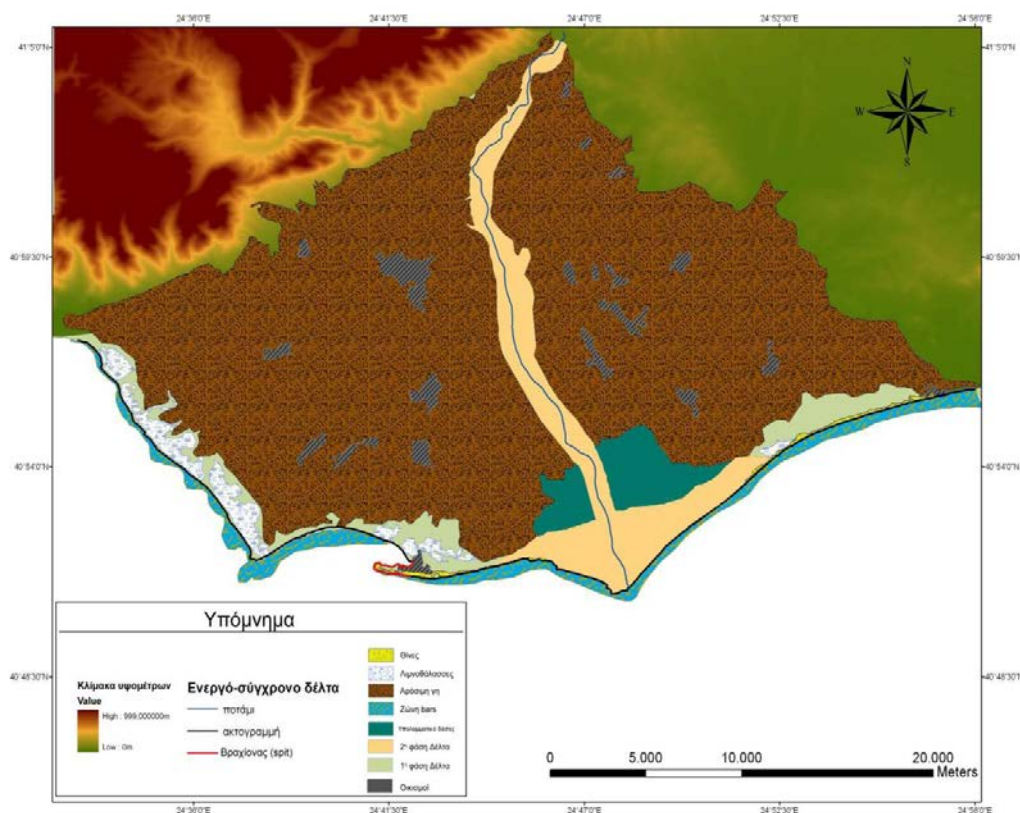
Σχήμα 3: Χωρική κατανομή του μέσου όρου μεγέθους κόκκων στο ανατολικό τμήμα της παράκτιας ζώνης του Δέλτα.



Σχήμα 4: Σύγκριση ακτογραμμών 1975(Γ.Υ.Σ) - 2009(GMS-2-)



Σχήμα 5: Σύγκριση ακτογραμμών 2000 - 2009(GMS-2-):



Σχήμα 6: Χάρτης χρήσεων γης και παράκτιων γεωμορφών. Με κίτρινο χρώμα, το σύγχρονο ενεργό τμήμα του δέλτα, μεταξύ των αναχωμάτων και της ακτογραμμής.

Τέλος, μέσω της χαρτογράφησης του σύγχρονου δέλτα κατασκευάστηκε ο χάρτης χρήσεων γης, των παράκτιων γεωμορφών και του ενεργού δέλτα, του οποίου η δραστηριότητα περιορίζεται μεταξύ των αναχωμάτων, του στόμιου της εκβολής και της σύγχρονης ακτογραμμής (Σχήμα 6). Οι έκταση των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών (όπως μετρήθηκαν μέσω του GIS), παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Σύγκριση συνολικής έκτασης του Δέλτα με τους τύπους γης.

| ΤΥΠΟΣ                | ΕΚΤΑΣΗ (Km <sup>2</sup> ) |
|----------------------|---------------------------|
| Δυτική αρόσιμη γη    | 228.75                    |
| Ανατολική αρόσιμη γη | 169.47                    |
| Λιμνοθάλασσες        | 8.2                       |
| Ζώνη θινών           | 3.2                       |

|                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| Υπολειμματικό δάσος          | 16.39                        |
| Σύγχρονο-ενεργό Δέλτα        | 45.84                        |
| <b>Συνολική έκταση Δέλτα</b> | <b>500.65 Km<sup>2</sup></b> |

Η έκταση του Δέλτα προ των ανθρωπογενών επεμβάσεων μετρήθηκε σε 500.65 Km<sup>2</sup>, ενώ το σύγχρονο-ενεργό δέλτα έχει πλέον έκταση ίση με 45.84Km<sup>2</sup> δηλαδή σχεδόν υπόδεκαπλασιάστηκε.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την ιζηματολογική ανάλυση προκύπτει η ένδειξη ότι στο ανατολικό τμήμα της ακτής υπάρχει τάση ελάττωσης του μέσου μεγέθους των υλικών, με την απομάκρυνση προς τα ανατολικά, από το στόμιο της εκβολής. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι στο ανατολικό κομμάτι οι

δειγματοληψίες είναι λιγότερες εξαιτίας της μεγάλης δυσχέρειας πρόσβασης στην περιοχή, λόγω απαγορεύσεων πρόσβασης για στρατιωτικούς λόγους.

Στην ακτή δυτικά της εκβολής, εμφανίζεται μια πιο σύνθετη κατάσταση με κληρονομημένα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά από παλαιότερες καταστάσεις, γιατί εδώ υπήρχαν παλαιά στόμια εκβολής πριν τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, με τεχνητή διευθέτηση της κοίτης.

Στο ανθρωπογενές σύστημα του ποταμού Νέστου, (εγκιβωτισμός της κοίτης και κατασκευή φραγμάτων) έχει πλέον προσαρμοστεί η φύση και κάτω από αυτές τις συνθήκες συνεχίζουν και συντελούνται οι φυσικές διεργασίες.

Μετά την λειτουργία των φραγμάτων (σύγκριση ακτογραμμών 2000-2009), στην ακτή δεν παρατηρούνται μετρήσιμες μεταβολές, ενδεχόμενα γιατί ο διαθέσιμος χώρος για διασπορά των ιζημάτων είναι σήμερα σχεδόν δέκα φορές μικρότερος από ότι ήταν στη φυσική του κατάσταση.

Δεν είναι πλέον δυνατή η εναλλαγή των κοιτών και η διασπορά των ιζημάτων στην δελταϊκή πεδιάδα, όταν υπερχειλίζουν οι κοίτες. Αν δεν υπήρχαν τα φράγματα της ΔΕΗ, αλλά μόνο ο εγκιβωτισμός της κοίτης στην δελταϊκή πεδιάδα, με τα πλευρικά αναχώματα, θα αναμενόταν μια ενεργή προέλαση του ενεργού δελταϊκού μετώπου μέσα στη θάλασσα, και διασπορά των ιζημάτων εκατέρωθεν της εκβολής. Η σύγκριση των ακτογραμμών 1970 – 2009, η οποία εντοπίζει τόσο ζώνες διάβρωσης, όσο και ζώνες απόθεσης, ενδεχόμενα δείχνει μια υπολειμματική τέτοια κατάσταση.

Το γεγονός ότι για μια περίπου δεκαετία (2000 – 2009) παρατηρείται μια σχετική σταθερότητα της ακτογραμμής, ενδεχόμενα είναι μια ένδειξη ότι το εναπομείναν τμήμα της λεκάνης απορροής, κατάντη των φραγμάτων, να παράγει ικανή ποσότητα ιζημάτων για την ισορροπία του -κατά πολύ μικρότερου- σημερινού ενεργού δέλτα, αλλά όχι για την προέλασή του, όπως θα ήταν αναμενόμενο σε ένα φυσικό σύστημα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αλμπανάκης, Κ., Λαζαρίδου, Μ., Μουστάκα, Μ. (2007)., "Μελέτη επικαιροποίησης του συστήματος των φυσικών και βιολογικών πα-

ραμέτρων του ποτάμιου οικοσυστήματος του ποταμού Νέστου". Α.Π.Θ Για τη Δημοσία Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η)

Ι.Γ.Μ.Ε, 1983. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας 1 : 500.000, Δεύτερη έκδοση, Αθήνα

Κωτσοβίνος, Ν. (2010). " Η περιβαλλοντική σημασία του έργου: Μεταφορά και διανομή νερού από τον ποταμό Νέστο στην πεδιάδα της Ξάνθης για την αποκατάσταση των υπόγειων υδροφόρων" Νομαρχία Ξάνθης. Δεύτερο Αναπτυξιακό Συνέδριο

Στύλλας, Μ. (2000). Μορφολογικά και ιζηματολογικά γνωρίσματα του δέλτα του ποταμού Νέστου. Πτυχιακή, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Φυσικής Γεωγραφίας και Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ.

Ψιλοβίκος Αν. & Αρ. Ψιλοβίκος. (2010). Ιζηματολογία. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη. 358 σελ.

Ψιλοβίκος Α., Ε. Βαβλιάκης.,Θ. Λάγγαλης. (1986). "Φυσική και ανθρωπογενείς διεργασίες της πρόσφατης εξέλιξης του δέλτα του Νέστου". Πρακτικά Τρίτου Συνεδρίου. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας.

Folk, R., L., 1951. Stages of textural maturity in sedimentary rocks. Jour. Sed. Petr., 21: pp. 127 – 130.

Pavlopoulos. K., Evelpidou. N., Vassilopoulos. A., (2009). "Mapping geomorphological environments" .