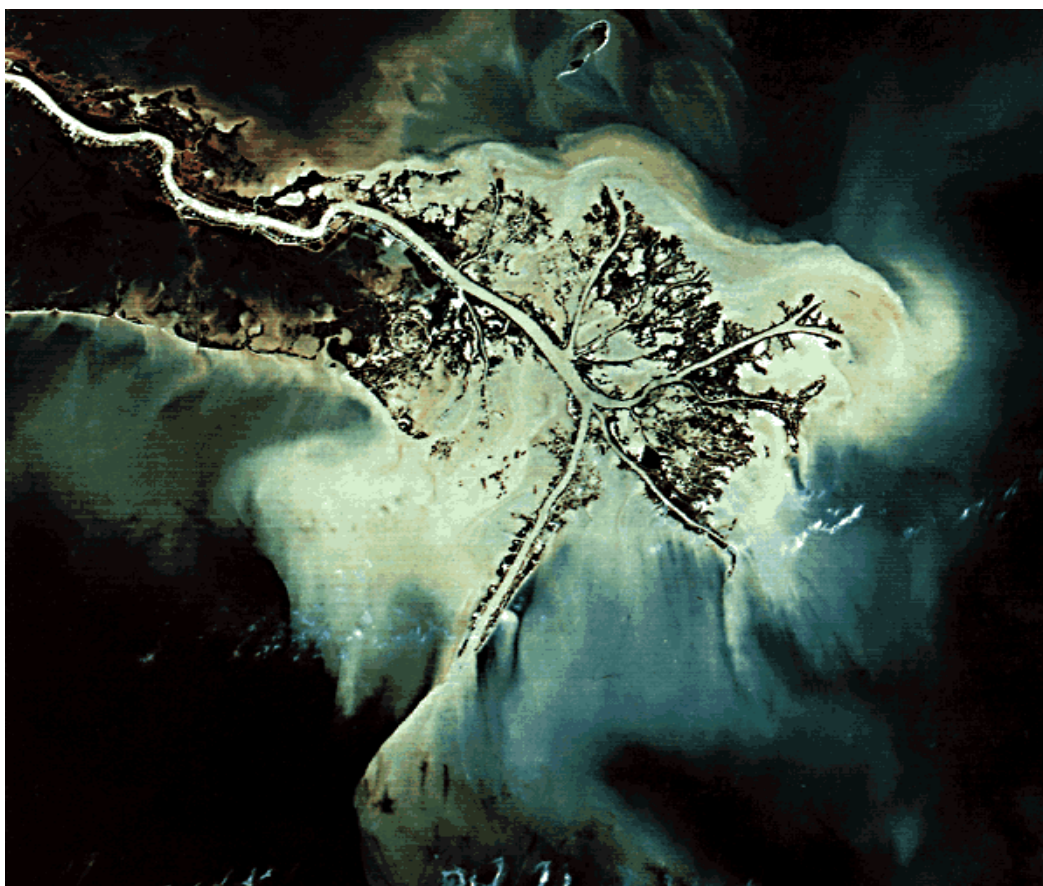


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΩΝ ΔΕΛΤΑ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ
ΠΟΥΣΟΥΛΙΔΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΜΠΑΛΑΣΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

Θεσσαλονίκη Νοέμβριος 2011



Ευχαριστίες...

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επίκουρο καθηγητή Φυσικής Γεωγραφίας κ. Κων/νο Βουβαλίδη για την πολύτιμη βοήθειά, τη συνεχή επίβλεψη και καθοδήγηση καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας για την υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας...



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.4
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΤΑΜΙΩΝ ΔΕΛΤΑ	σελ.7
2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΛΤΑ	σελ7
2.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά δέλτα	σελ7
2.1.2 Δελταϊκή πεδιάδα	σελ7
2.1.3 Μέτωπο δέλτα (delta front)	σελ8
2.1.4 Προδέλτα (prodelta)	σελ9
2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΕΛΤΑ	σελ9
2.2.1 Δέλτα με παράγοντα διαμόρφωσης τις ποτάμιες διεργασίες	σελ10
2.2.2 Δέλτα με παράγοντα διαμόρφωσης τον κυματισμό	σελ11
2.2.3 Δέλτα με παράγοντα διαμόρφωσης τις παλίρροιες	σελ12
2.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΤΩΝ ΔΕΛΤΑ	σελ15
2.4 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΔΕΛΤΑ	σελ17
2.5 ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΔΕΛΤΑ	σελ24
2.6 ΔΕΛΤΑΙΚΑ ΡΙΠΙΔΙΑ (fan deltas)	σελ25
2.6.1 Γενικά	σελ25
2.6.2 Σύστημα τροφοδοσίας των δελταϊκών ριπιδίων (feeder system)	σελ25
2.6.3 Μορφολογία των δελταϊκών ριπιδίων	σελ26
2.7 ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΔΕΛΤΑ	σελ28
2.7.1 Γενικά	σελ28
2.7.2 Υδρογραφικό δίκτυο της Ελλάδας	σελ31
3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	σελ33
4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ35
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	σελ35
4.2 ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ	σελ35
4.3 ΛΟΥΡΟΣ	σελ40

4.4 ΑΡΑΧΘΟΣ.....σελ44

4.5 ΝΕΣΤΟΣ.....σελ49

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ54

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ56



Δέλτα ποταμού Κενάϊ (Νότια Αλάσκα)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σαν ορισμό του ποτάμιου δέλτα μπορούμε να ορίσουμε την συσσώρευση υλών που μεταφέρει ο ποταμός και αποθέτει στις εκβολές του στη θάλασσα ή σε λίμνη. Το όνομα δέλτα δόθηκε αρχικά από τον Ηρόδοτο στην αλλουβιακή (προσχωσιγενή) πεδιάδα που είχε δημιουργήσει ο Νείλος στις εκβολές του, ο οποίος με την τριγωνική μορφή του θύμιζε το γράμμα Δ.



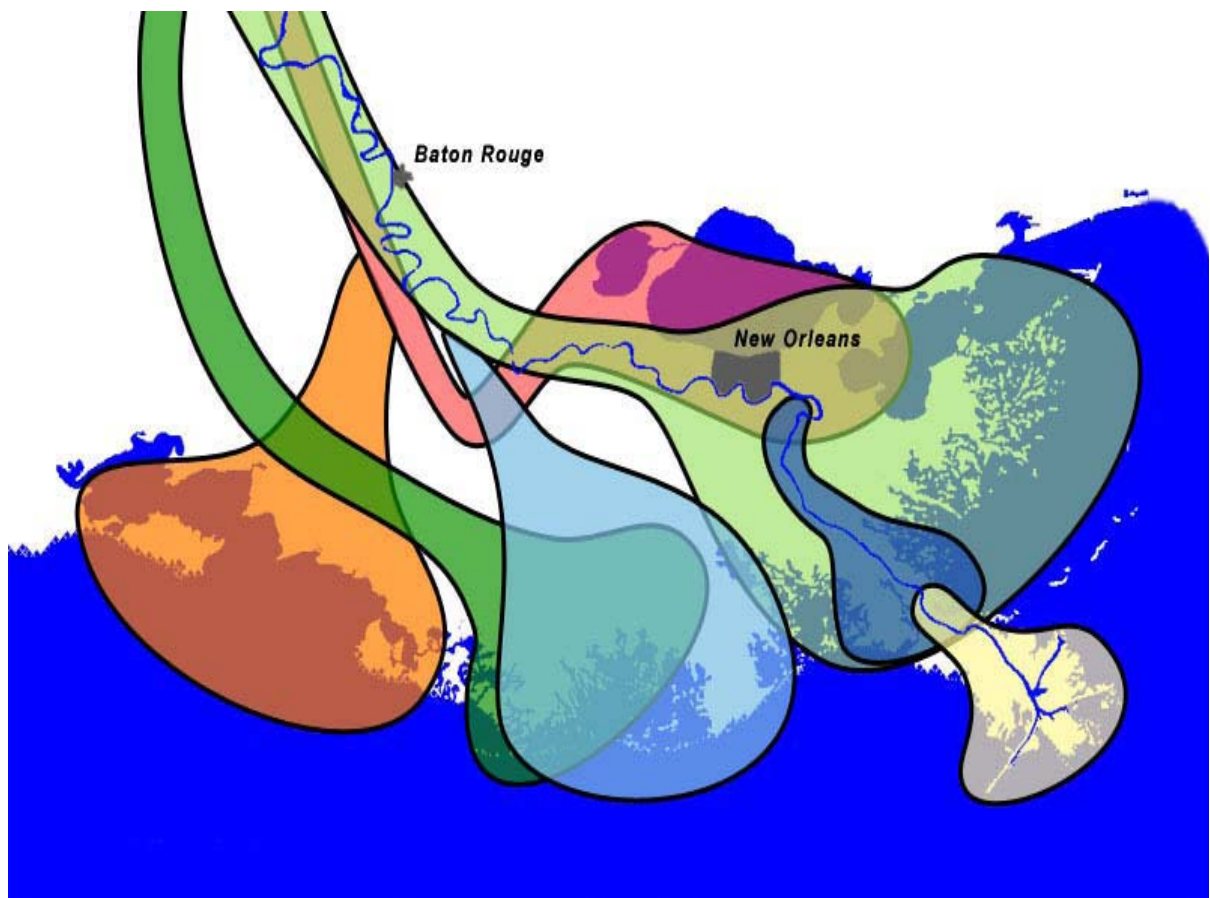
Εικόνα 1.1 Δορυφορική εικόνα του δέλτα του ποταμού Νείλου.

Σήμερα ο όρος περιλαμβάνει χαρακτηριστικές μορφές απόθεσης που δημιουργούνται σε περιοχές ποτάμιων εκβολών, όταν ο ρυθμός προσφοράς ιζήματος από το ποτάμι είναι ταχύτερος από το ρυθμό απομάκρυνσής του από τις θαλάσσιες διεργασίες. Ο σχηματισμός των δέλτα οφείλεται κυρίως στην ελάττωση της ταχύτητας του ρεύματος με το οποίο οι ποταμοί αποθέτουν τις ύλες που μεταφέρουν. Σημαντικοί επίσης παράγοντες είναι η ένταση των παλαιοιών, η μορφολογία των ακτών και του βυθού και προπάντων για τα θαλάσσια δέλτα, η παρουσία ουσιών το χλωριούχο μαγνήσιο που περιέχεται άφθονο στο θαλασσινό νερό. Το οποίο ασκεί ηλεκτρολυτική ενέργεια, προκαλώντας την κατακρήμνιση των φερτών υλών.

Όπως στο παράδειγμα του Νείλου για το οποίο έγινε λόγος παραπάνω, το δέλτα έχει γενικά σχήμα τριγωνικό, με την κορυφή προς τα πάνω και αποτελείται από φερτές ύλες που γίνονται όλο και πιο λεπτές όσο απομακρυνόμαστε από την κορυφή επειδή η ταχύτητα των νερών του ποταμού μειώνεται.

Η παράκτια διαμόρφωση των δέλτα παίρνει συχνά διαφορετικό σχήμα από το τυπικό τριγωνικό, εξαιτίας των αμοιβαίων επιδράσεων μεταξύ της δράσης της απόθεσης και της διάβρωσης και των συνθηκών ισοροπίας που δημιουργούνται μεταξύ του ποταμού και της λεκάνης που τον δέχεται. Έτσι υπάρχουν π.χ. δέλτα λοβοειδή με ενιαίο μέτωπο (Πάδος), δέλτα δακτυλωτά όπως το πόδι χήνας (Μισισσιπής), δέλτα πολυλοβοειδή με χροανοειδείς διακλαδώσεις (Γάγγης-Βραχμαπούτρας).

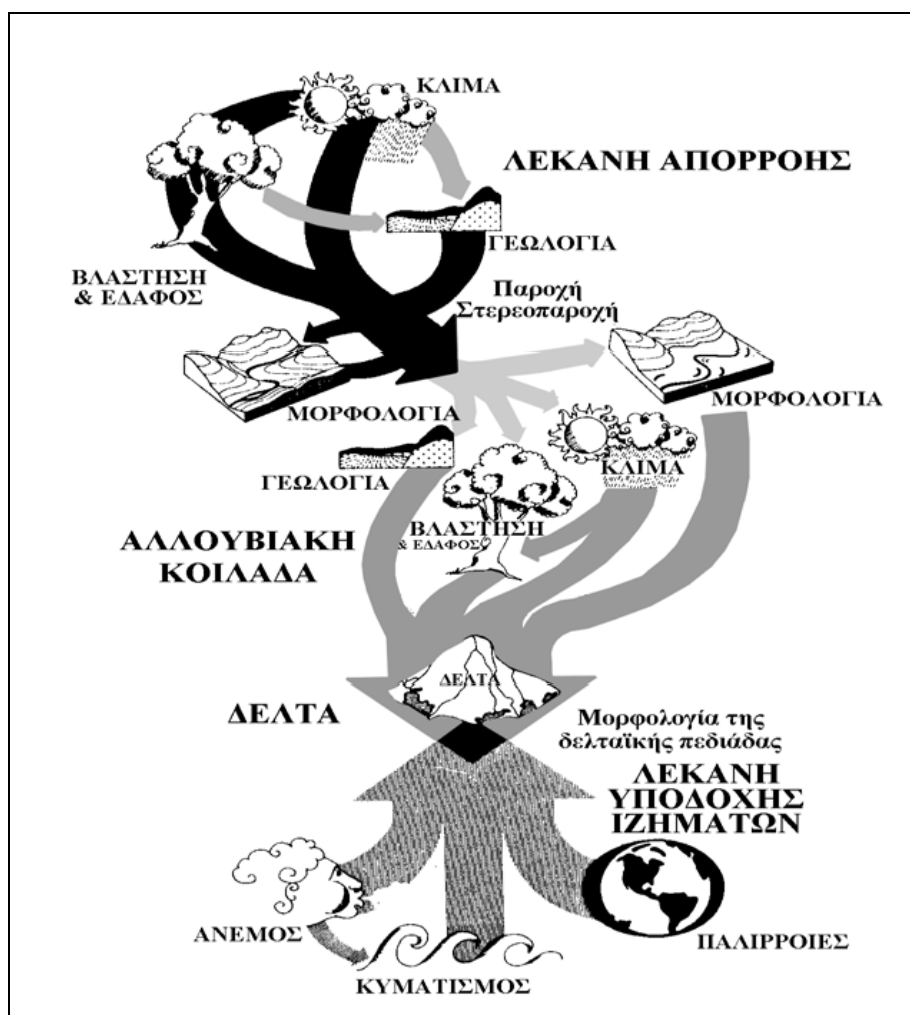
Γενικότερα την δελταική ενότητα έχουμε την δυνατότητα να την ορίσουμε σαν ένα λοβωτό σώμα, αποτελούμενο από ιζήματα μεταφερόμενα στο τέλος του ποταμού από το ρεύμα νερού του και κατά ένα μεγάλο ποσοστό εναποτίθεται υποθαλάσσια, ενώ κατά ένα μικρότερο ποσοστό πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Με βάση τα παραπάνω δίνεται ο ορισμός της ενότητας “λοβός” (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 Υπερτιθέμενοι λοβοί, η συνένωση των οποίων δίνει τον σχηματισμό του δελταϊκού συμπλέγματος του Μισισσιππή (COLEMAN 1976).

Για να σχηματιστεί ένα δέλτα παίζουν ρόλο πολλοί παράγοντες και υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις. Από την μία η προσφορά ιζημάτων από το ποτάμι που έχει να κάνει με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο της λεκάνης απορροής (κλιματικές συνθήκες, είδος και πυκνότητα της βλάστησης, ανθρώπινες ενέργειες όπως κατασκευή φραγμάτων, λιθολογική σύσταση και τεκτονική καταπόνηση των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην περιοχή) και από την άλλη η παρουσία συνθηκών κατάλληλων στη θαλάσσια λεκάνη "υποδοχής" των ιζημάτων (χαμηλή κυματική ενέργεια, μικρό σχετικά βάθος, μικρό εύρος παλίρροιας, ευνοϊκά παράκτια ρεύματα και γεωμετρία κλειστού κόλπου).

Τα δέλτα χαρακτηρίζονται ως συστήματα φυσικά που έχουν δυναμικές μεταβολές και έχουν άμεση ή έμμεση ανταπόκριση σε μεταβολές που συντελούνται στις λεκάνες απορροής και στις παράκτιες διεργασίες με τις διακυμάνσεις που παρουσιάζουν αυτές.



Σχήμα 1.2 Διεργασίες που καθορίζουν την διαμόρφωση των ποτάμιων δέλτα.
(Coleman, Huh and DeWitt, 2003)

2 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΙΩΝ ΔΕΛΤΑ

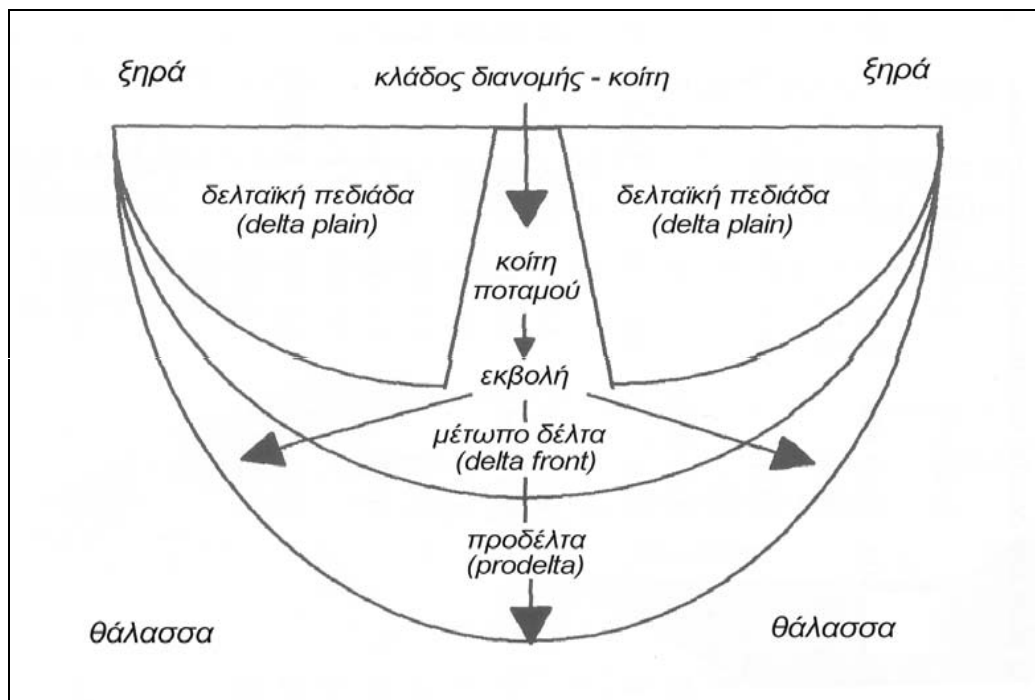
2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΛΤΑ

2.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα

Τα δέλτα αποτελούνται από ένα επιφανειακό και ένα υποθαλάσσιο τμήμα. Τα δύο τμήματα είναι άνισα και διαφορετικά σε έκταση για κάθε δέλτα και διάφοροι παράγοντες παίζουν ρόλο με σημαντικότερο τις θαλάσσιες διεργασίες (κύματα, παλίρροιες, θαλάσσια ρεύματα).

Κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα θεωρούνται η δελταϊκή πεδιάδα, το μέτωπο του δέλτα και το προδέλτα (Σχήμα 2.1.1).

Την δελταϊκή πεδιάδα ορίζει το τμήμα που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και που αποτελεί την συνέχεια αλλουβιακής κοιλάδας του ποταμού προς τη θάλασσα. Σαν μέτωπο του δέλτα θεωρούμε την εκβολή, την ακτογραμμή και ένα τμήμα του υποθαλάσσιου δέλτα. Ενώ προδέλτα ορίζουμε το τμήμα που βρίσκεται υποθαλάσσια.



Σχ. 2.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός δέλτα (Collinson-Reading 1996)

2.1.2 Δελταϊκή πεδιάδα (delta plain)

Σαν δελταϊκή πεδιάδα χαρακτηρίζεται ένα εκτεταμένο χαμηλό περιβάλλον που διαρρέεται από μία ή περισσότερες κοίτες που διακλαδίζονται μεταξύ τους και ονομάζονται κλάδοι διανομής (distributary channels). Οι κοίτες αποκτούν μαιανδρική μορφή όταν η κλίση του δέλτα είναι πολύ μικρή. Η οριοθέτηση των κοιτών γίνεται από φυσικά αναχώματα (natural levees).

Τα φυσικά αναχώματα σε πλημμυρικές παροχές υποχωρούν και η δελταϊκή πεδιάδα καλύπτεται με νερό πλούσιο σε υλικά που αποτελούν τις υπερόχθιες αποθέσεις (over-bank deposits). Από την υποχώρηση των φυσικών αναχωμάτων προκύπτει η εγκατάλειψη της κοίτης και η αλλαγή της ροής του ποταμού με τη δημιουργία νέων κοιτών. Η δελταϊκή πεδιάδα συχνά διασχίζεται από εγκαταλελειμμένες κοίτες (abandoned channels) που αποτελούν τα παλαιά ίχνη ροής του ποταμού. Στη δελταϊκή πεδιάδα παρατηρούνται σε αφθονία υποπεριβαλλόντα όπως αλμυρά εδάφη, περιοδικά ή μόνιμα έλη γλυκού, υφάλμυρου ή αλμυρού νερού (ανάλογα με την απόσταση από τη θάλασσα), πεδία παλίρροιας (tidal flats). Επίσης παρατηρείται διάκριση σε άνω (ή εσωτερική) και κάτω (ή εξωτερική) δελταϊκή πεδιάδα. Η άνω (ή εσωτερική) δελταϊκή πεδιάδα αποτελεί το εγκαταλελειμμένο ή ανενεργό τμήμα του δέλτα που κυριαρχείται από τις ποτάμιες διεργασίες.

Ενώ σε αντίθεση η κάτω (ή εξωτερική) δελταϊκή πεδιάδα κυριαρχείται από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών (κυματισμός, παράκτια ρεύματα, δράση παλίρροιας) και είναι μια δυναμικά μεταβαλλόμενη περιοχή. Η ύπαρξη σημαντικής υψομετρικής διαφοράς μεταξύ των δύο αυτών τμημάτων δεν είναι αναγκαία.

2.1.3 Μέτωπο δέλτα (delta front)

Το μέτωπο του δέλτα περιλαμβάνει την εκβολή του ποταμού, τη δελταϊκή ακτογραμμή και την περιοχή που εκτείνεται από την ακτή προς τη θάλασσα. Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ζώνης αυτής καθορίζονται από τις θαλάσσιες διεργασίες.

- Με βάση ποτάμιων διεργασιών τα δέλτα χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη αμμωδών φραγμάτων στην εκβολή, που είναι προσανατολισμένα κάθετα στη ροή του ποταμού. Άλλο μορφολογικό χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη φυσικών αναχωμάτων που συχνά εκτείνονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, ορίζοντας μια υποθαλάσσια κοίτη.
- Τα δέλτα που διαμορφώνονται από τις παλίρροιες χαρακτηρίζονται από την παρουσία μικρών κόλπων που διαχωρίζονται μεταξύ τους από αμμώδη φράγματα που είναι ευθυγραμμισμένα παράλληλα με τη διεύθυνση ροής της παλίρροιας.
- Τα δέλτα που επηρεάζονται από τον κυματισμό χαρακτηρίζονται από αιγιαλούς, spits και επιμήκη αμμώδη φράγματα εκεί που ο κυματισμός μεταφέρει και αποθέτει ίζημα στην ακτή. Άλλες χαρακτηριστικές γεωμορφές στο μέτωπο των δέλτα αυτού του τύπου είναι οι παραλιακές αμμώδεις ράχες που είναι επιμήκεις αιολικές αποθέσεις άμμου και οι παράκτιες αμμώδεις θίνες.

2.1.4 Προδέλτα (prodelta)

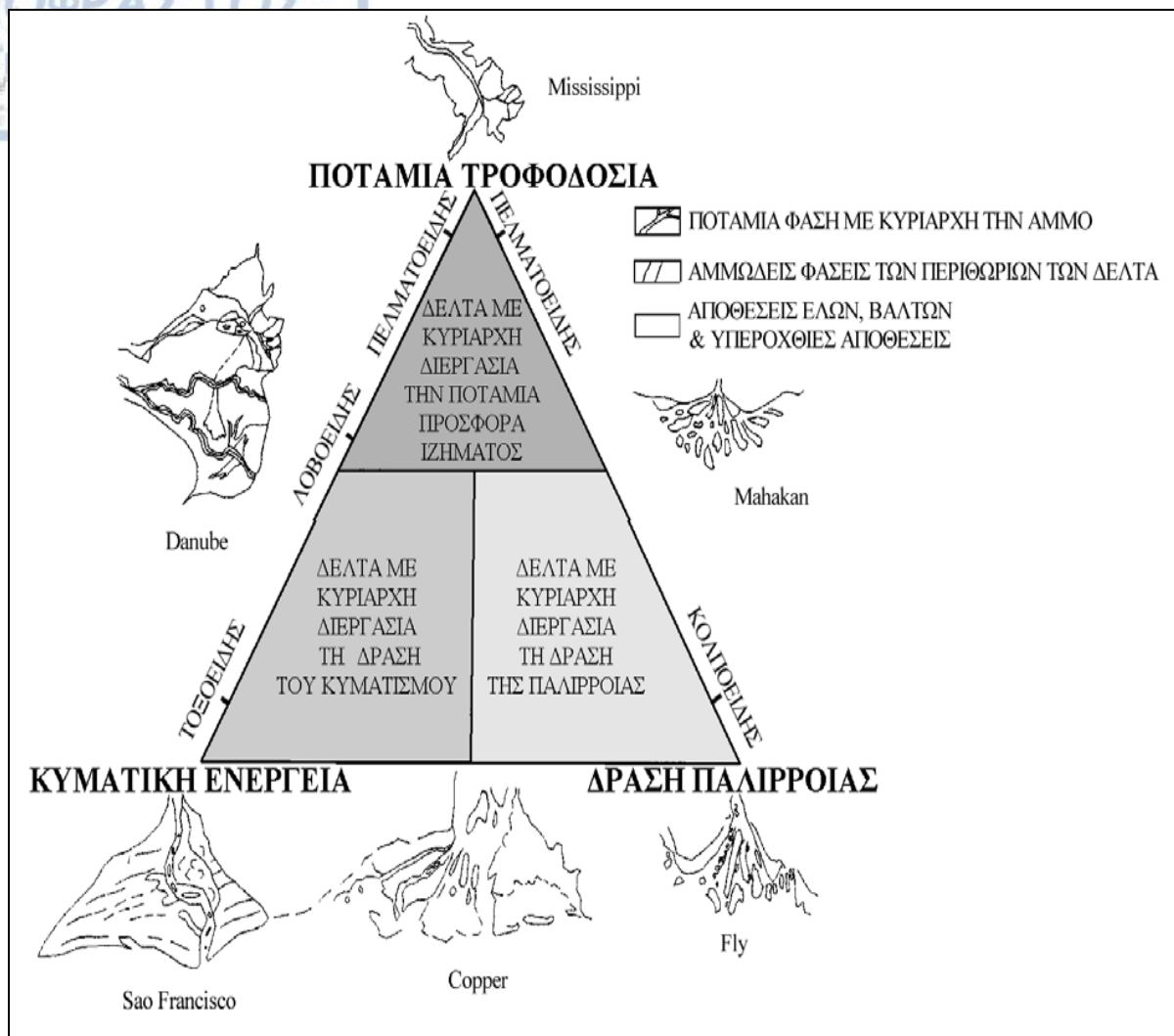
Προδέλτα χαρακτηρίζεται το υποθαλάσσιο τμήμα του δέλτα. Δημιουργείται από τα λεπτόκοκκα κυρίως ιζήματα τα οποία προέρχονται από αιωρούμενα υλικά των ποταμών που αποτίθενται στην θάλασσα. Τα ιζήματα του προδέλτα εμφανίζουν εναλλαγές στρωμάτων με διαφορετική κοκκομετρία που αντιστοιχούν σε διαφορετικά ενεργειακά καθεστώτα του ποταμού. Το προδέλτα βρίσκεται κάτω από τη βάση των κυμάτων και συνεπώς δεν επηρεάζεται άμεσα από τον κυματισμό.



Εικόνα 2.1.1 Αεροφωτογραφία από τα δέλτα του ποταμού Correr στο εθνικό πάρκο κοντά στην Κόρντομπα, Αλάσκα Αμερικής

2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΕΛΤΑ

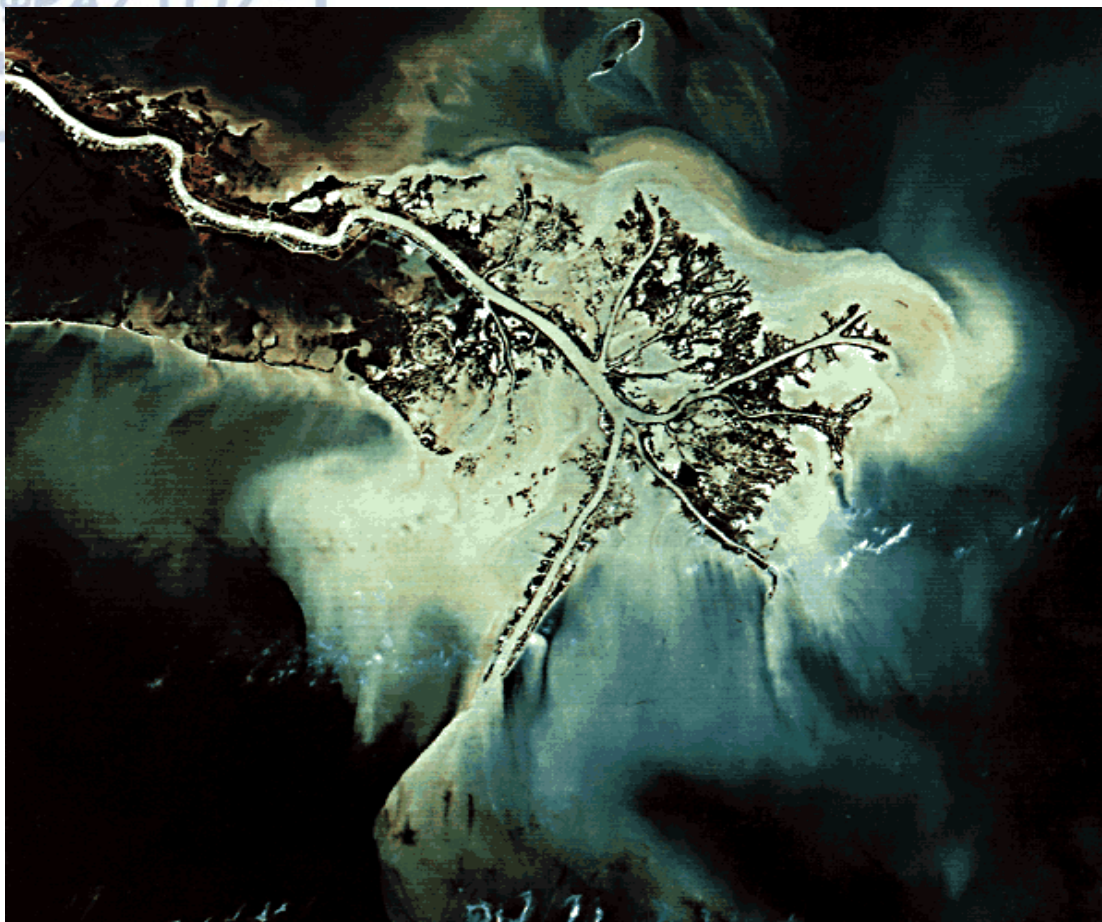
Τα δέλτα ανάλογα με το σχήμα, τη μορφή της ακτογραμμής τους, τον αριθμό και τη μορφή των κοιτών που διαρρέουν τη δελταϊκή πεδιάδα κ.α. ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες. Με βάση ποια διεργασία είναι κυρίαρχη και υπεύθυνη για την τελική διαμόρφωση των δέλτα ο Galloway (1975) δημιούργησε ένα τριγωνικό διάγραμμα όπου κάθε μία από τις κορυφές του τριγώνου αντιπροσωπεύει δέλτα ποταμών με συγκεκριμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά που έχουν διαμορφωθεί με κυρίαρχη διεργασία την ποτάμια τροφοδοσία, την κυματική ενέργεια ή την δράση της παλίρροιας αντίστοιχα (Σχήμα 2.2)



Σχήμα 2.2 Ταξινόμηση των δέλτα βάσει των τριών κύριων διεργασιών διαμόρφωσής τους: ποτάμια τροφοδοσία, κυματική ενέργεια και παλίρροιες (Galloway, 1975).

2.2.1 Δέλτα με παράγοντα διαμόρφωσης τις ποτάμιες διεργασίες

Τα δέλτα αυτού του τύπου διαμορφώνονται από την ποσότητα του μεταφερόμενου ιζήματος (στερεοπαροχή). Τα υλικά που μεταφέρονται σχηματίζουν φυσικά αναχώματα που οριοθετούν τις κοίτες. Η έκταση των αναχωμάτων παρατηρείται εντός της θάλασσας δημιουργώντας μια μορφολογία που θυμίζει πέλμα πτηνού. Για το λόγο αυτό έχει καθιερωθεί η ονομασία δέλτα πέλματος πτηνού (birds foot delta) για τα δέλτα αυτού του τύπου. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του τύπου δέλτα είναι το δέλτα του Μισισσιπή στις νοτιοανατολικές ακτές των ΗΠΑ (Εικόνα 2.1.1).

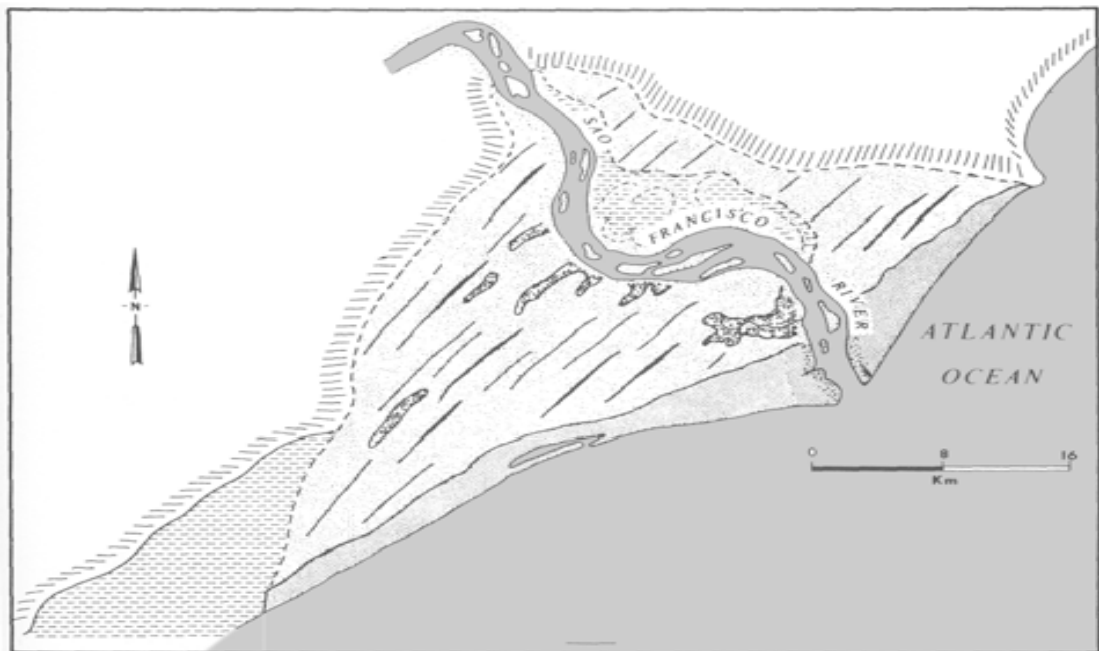


Εικόνα 2.2.1 Δορυφορική φωτογραφία του δέλτα του ποταμού Μισισιπή. Θεωρείται αντιπροσωπευτικό "birds foot" δέλτα με κυρίαρχη διεργασία διαμόρφωσης την ποτάμια τροφοδοσία.

2.2.2 Δέλτα με παράγοντα διαμόρφωσης τον κυματισμό.

Καθώς πλησιάζουν τα κύματα στην ακτή είναι γνωστό ότι μειώνεται και η ενέργεια η οποία περιέχουν. Σε περιοχές με ηπιότερες κλίσεις κλιτύων, υπάρχει η περίπτωση να υπάρξει τέλεια απόσβεση της κυματικής ενέργειας κοντά στα παράλια με πολύ μικρές κλίσεις. Αν η ενέργεια του κυματισμού είναι μεγάλη τότε δεν έχουμε δημιουργία δέλτα αλλά αντί αυτού τα κύματα επαναδιανέμουν το ίζημα κατά μήκος της παραλίας και αυτό μπορεί να προκαλέσει την προέλαση των μεγάλων εκτάσεων ξηράς. Σ' αυτό τον τύπο δέλτα, η δράση του κύματος είναι αυτή που διανέμει το μεταφερόμενο υλικό του ποταμού στην ακτή. Κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό αυτών των δέλτα είναι η ομαλή σχεδόν ευθεία ακτογραμμή. Αν τα κύματα αποσβένουν παράλληλα προς την ακτογραμμή το δέλτα αναπτύσσεται συμμετρικά εκατέρωθεν των εκβολών. Αν τα κύματα αποσβένουν στην ακτογραμμή υπό γωνία, το δέλτα εμφανίζει μια μορφολογία έντονα ασύμμετρη διότι τα επιμήκη

παράκτια ρεύματα, που δημιουργούνται από τη δράση του κυματισμού, μεταφέρουν το ποτάμιο ίζημα πλευρικά των εκβολών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του τύπου είναι το δέλτα του ποταμού Sao Francisco στη Βραζιλία (Σχήμα 2.2.2). Το δέλτα του ποταμού Volta στη Δυτική Αφρική αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ασύμμετρα ανεπτυγμένου δέλτα. Η διαμόρφωσή του έχει επηρεαστεί σημαντικά από τη δράση του κυματισμού και των επιμηκών παράκτιων ρευμάτων.

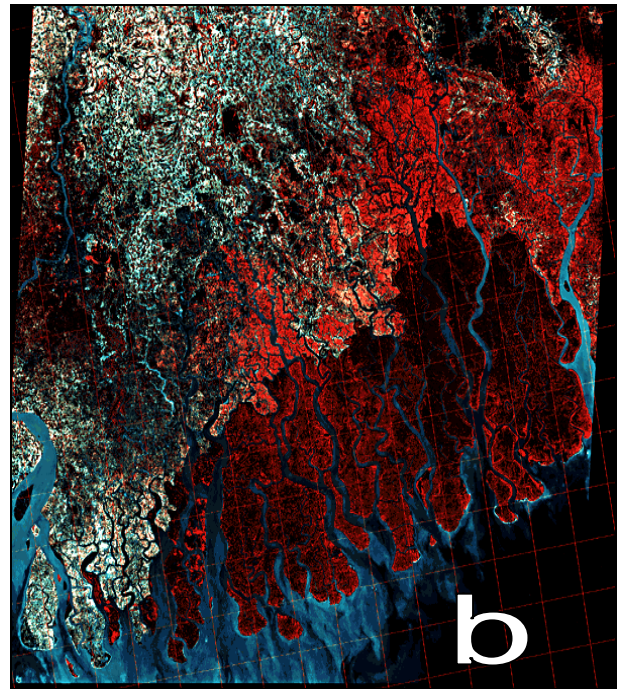


Σχήμα 2.2.2 Δέλτα του ποταμού Sao Francisco. Θεωρείται τυπικό παράδειγμα δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τον κυματισμό

2.2.3 Δέλτα με παράγοντα διαμόρφωσης τις παλίρροιες

Ο τύπος αυτός των δέλτα διαμορφώνεται από τη δράση της παλίρροιας η οποία αναδιανέμει το ποτάμιο ίζημα που καταλήγει στην ακτή. Στα δέλτα της κατηγορίας αυτής έχουν διαμορφωθεί κοίτες (tidal channels) μέσω των οποίων μεταφέρεται το νερό κατά την πλημμυρίδα και την αμψότιδα. Οι κοίτες αυτές διακόπτουν την συνέχεια της ακτογραμμής που αποτελείται από κολπίσκους και αμμώδη φράγματα κάθετα στην ακτή. Στην κατηγορία αυτή ανήκει το δέλτα που έχει διαμορφωθεί στις εκβολές των ποταμών Γάγγη και Βραχμαπούτρα στην Ινδία και το Μπαγκλαντές (Εικόνα 2.2.3).

Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει πως ταξινομούνται τα δέλτα βάση της κοκκομετρίας (δηλαδή το μέγεθος των κόκκων) των δελταϊκών αποθέσεων εξαιρουμένων των μορφολογικών στοιχείων που τα χαρακτηρίζουν. Η ταξινόμηση αυτή έγινε κατά Orton & Reading (1993). Τα δύο άκρα της πλευράς που αφορά την κοκκομετρία είναι οι χάλικες και η ιλύς με ενδιάμεσες κατηγορίες τις άμμους με χάλικες και τις λεπτόκοκκες άμμους (Σχήμα 2.2.3).

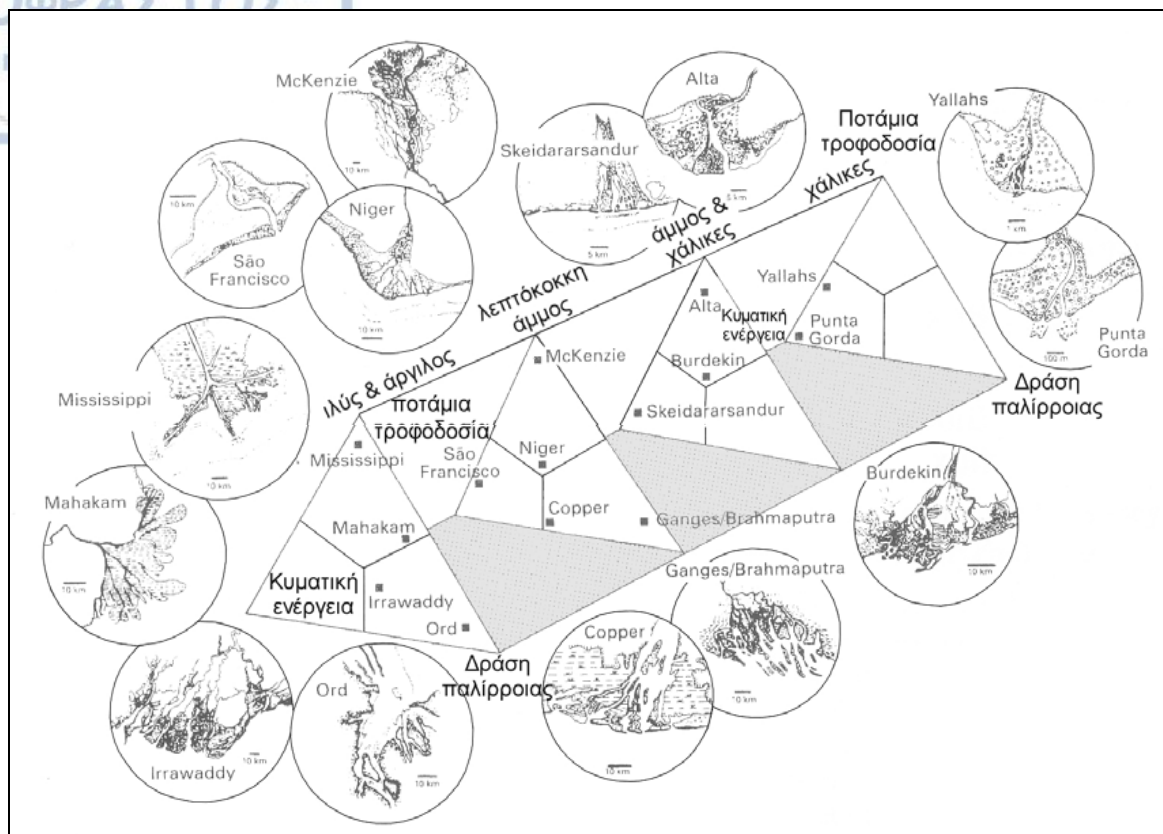


Εικόνα 2.2.3 Δορυφορικές φωτογραφίες του δελταϊκού συμπλέγματος των ποταμών Γάγγη και Βραχμαπούτρα

a) του ανατολικού ενεργού δέλτα

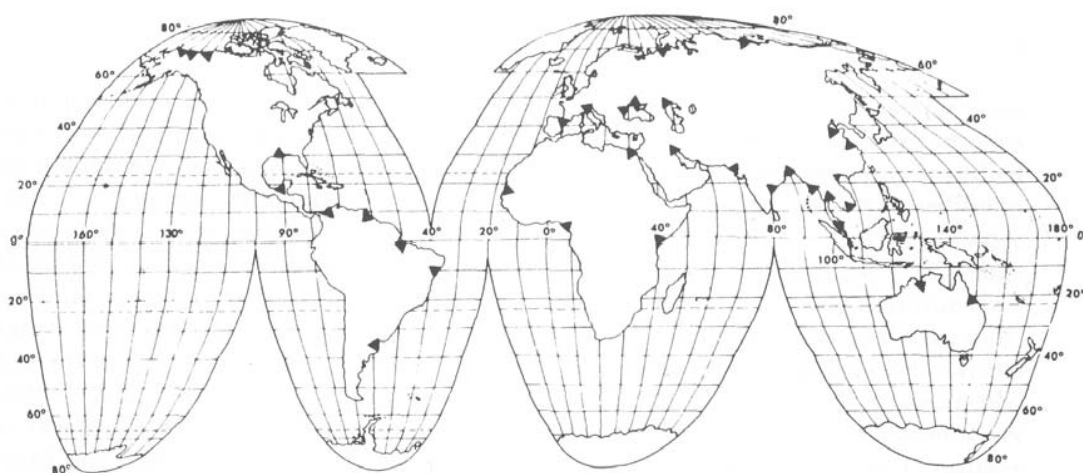
b) του δυτικού εγκαταλελειμμένου δέλτα.

Θεωρείται τυπικό δέλτα με κυρίαρχη διεργασία διαμόρφωσης τις παλίρροιες



Σχήμα 2.2.3 Ταξινόμηση δέλτα βάση κοκκομετρίας κατά Orton & Reading(1993)

Τέλος, σημαντικό είναι να αναφέρουμε πως η εξάπλωση των δελταϊκών σχηματισμών είναι ιδιαίτερος έντονη ανά τη γη και είναι φανερό ότι τα ποτάμια δέλτα εμφανίζονται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και σε όλες τις κλιματικές ζώνες της γης.(Σχήμα 2.2.4)



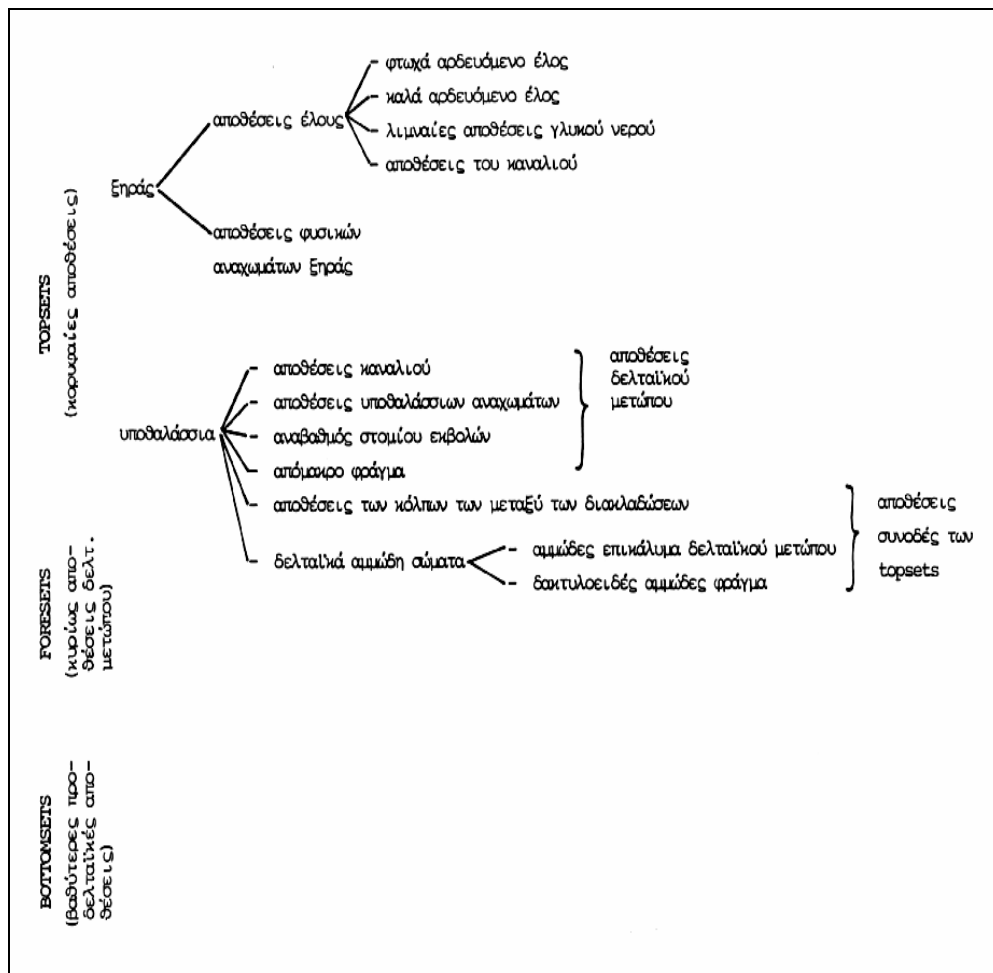
Σχήμα 2.2.4. Γεωγραφική κατανομή των δελταϊκών σχηματισμών ανά την γη. (Coleman & Prior 1980)

2.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΤΩΝ ΔΕΛΤΑ

Δομή ενός ποτάμιου δέλτα

Βάση των κλασσικών απόψεων, όπως ήδη προαναφέραμε, ένα δέλτα είναι φτιαγμένο από κορυφαίες αποθέσεις (topsets), κυρίως αποθέσεις δελταϊκού μετώπου (foresets) και τις βαθύτερες προδελταϊκές (bottomsets). Κάθε μία μονάδα από αυτές αποτελείται από μικρότερες ενότητες που εναποτέθηκαν σε ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, υπάρχουν και πλευρικές αποθέσεις καθώς και άλλες περιβαλλοντικές ενότητες που πλαισιώνουν τα δέλτα.

Ο χωρισμός των δελταϊκών υποπεριβαλλόντων παρουσιάζεται στο (Σχήμα 2.3.1) και βασίστηκε σε μελέτες πάνω στο δέλτα του Μισισσιπή ενώ σε γενικές γραμμές ισχύει για όλα τα δέλτα των ποταμών. Η παρουσία τους ή όχι σ' ένα δελταϊκό σύστημα, και η σχετική μεταξύ τους σημασία, υποδηλώνει τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή.



Σχ 2.3.1 Δελταϊκά υποπεριβάλλοντα.

Περιβάλλον των κορυφαίων αποθέσεων (topsets) Υποπεριβάλλοντα.

❖ Κορυφαίες αποθέσεις του δέλτα ξηράς (subaerial topsets)

- Αποθέσεις έλους (swamp). (Reineck & Singh, 1974)
- Φτωχά αρδευόμενο έλος (poor drained swamp)
- Καλά αρδευόμενο έλος (well drained swamp)
- Λιμναίες αποθέσεις γλυκού νερού (lacustrine deposits)
- Λιμναίοι δελταϊκοί συλλεκτήρες (lacustrine delta fill)
- Αποθέσεις του καναλιού
- Αποθέσεις φυσικών αναχωμάτων ξηράς

❖ Υποπεριβάλλοντα των υποθαλάσσιων κορυφαίων (topset) αποθέσεων.

- Σύμπλεγμα περιβαλλόντων δελταϊκού μετώπου.
 - Κανάλια διακλαδώσεων (distributary channels)
 - Υποθαλάσσια αναχώματα (subaqueous levees)
 - Φράγμα στομίου εκβολών των διακλαδώσεων (distributary mouth bar)
 - Απόμακρο φράγμα (distal bar)



Εικόνα 2.3 Δέλτα Μισσισιπή

- **Συνοδές αποθέσεις των κορυφαίων (topsets)**

- Κόλποι μεταξύ των διακλαδώσεων εκβολών (interdistributary *bays*)
- Δελταϊκά αμμώδη σώματα
 - α) Αμμώδες επικάλυμμα δελταϊκού μετώπου (delta front sheet sand)
 - β) Δακτυλοειδές αμμώδες φράγμα (bar finger sand)

Περιβάλλον των κυρίως αποθέσεων του δελταϊκού μετώπου (foresets)

Περιβάλλον λασπών της πλατφόρμας (shelf mud environment) ή βαθύτερες

2.4 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΔΕΛΤΑ

Παρατηρείται μια ποικιλία παραγόντων που βοηθούν στη διαμόρφωση και την εξέλιξη των δέλτα. Αξιοσημείωτοι και πρέπει να αναφερθούν οι ακόλουθοι.

Οι Galloway (1975) και Elliot (1978) διαχωρίζουν τρεις βασικούς παράγοντες για τη διαμόρφωση των δέλτα, και αναφέρουν πως είναι ο κυματισμός, οι παλίρροιες και το ποτάμιο καθεστώς. Απεικονίζουν σ' ένα τριγωνικό διάγραμμα τη σχέση μορφολογίας των δέλτα και της φύσης των διεργασιών που επικρατούν. Τον ίδιο διαχωρισμό δέχεται σε γενικές γραμμές και ο Leeder (1972) υποστηρίζοντας ότι την παροχή σε νερό και ίζημα του ποταμού διαμορφώνουν τα ρεύματα, τα προκαλούμενα από τον κυματισμό και την παλίρροια, παράγοντες που τελικά ελέγχουν και την ολική μορφολογία του δέλτα.



Εικόνα 2.4 Δέλτα Μισσησιπή (*bird-foot*)

Ο Morgan (1970) ομαδοποιεί τους παράγοντες που ελέγχουν τις διεργασίες απόθεσης των δέλτα σε 4 βασικές κατηγορίες :

1. το καθεστώς του ποταμού (ποτάμιες διεργασίες
2. τις παράκτιες διεργασίες
3. τον τρόπο με τον οποίο οικοδομείτε το δέλτα
4. τους κλιματολογικούς παράγοντες

Κατά τους Reineck & Singh(1973) ιδιαιτέρως σημαντικοί παράγοντες είναι οι:

1. η μορφολογία της ακτής, η διαμόρφωση της ακτογραμμής, καθώς και η γωνία κλίσης της ηπειρωτικής κρηπίδας (πλατφόρμας),
2. η διεύθυνση και η ένταση του κυματισμού,
3. ο βαθμός της παράκτιας μετακίνησης των ιζημάτων και η σχέση τους με τη μεταφορά ιζήματος από τους ποταμούς,
4. το εύρος της παλίρροιας

Οι Friedman και Sanders(1978) εξαρτούν την διαμόρφωση των δέλτα από:

1. την επιφάνεια λεκάνης απορροής καθώς και από το είδος και την ποσότητα του μεταφερόμενου ιζήματος του ποταμού,
2. το νερό της λεκάνης στην οποία εκβάλλει ο ποταμός,
3. τους κλιματολογικούς παράγοντες,
4. τις τεκτονικές κινήσεις,
5. τις αλλαγές της στάθμης του νερού που δεν οφείλονται στον τεκτονισμό.

Αναλυτικότερα για το καθένα:

Ο Επιφάνεια λεκάνης απορροής και μεταφερόμενο ίζημα.

Η επιφάνεια λεκάνης απορροής επηρεάζει με έμμεσο τρόπο την μορφολογία ενός δέλτα , καθορίζοντας κατά κύριο λόγο την παροχή σε ίζημα του ποταμού. Επίσης, τον παράγοντα αυτό ελέγχει η πετρολογία της περιοχής αλλά και ο τεκτονισμός της.

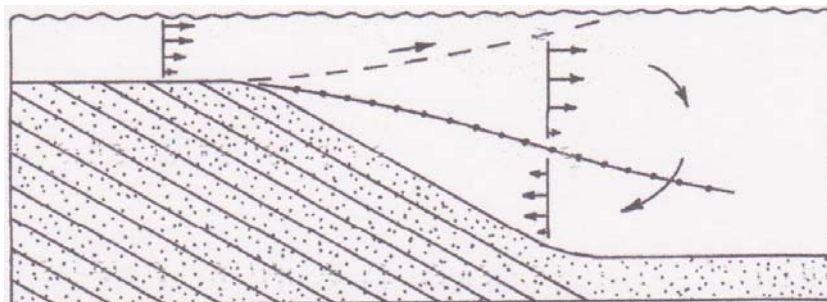
Το ίζημα που εκβάλλετε με το νερό του ποταμού περιέχει δύο διαφορετικά φορτία: α) το αιωρούμενο φορτίο που διαχέεται στο νερό του καναλιού και β) το φορτίο της κοίτης (bed load) που παρασύρεται κατά μήκος του βυθού του καναλιού. Οι αναλογίες αυτών ελέγχουν το δελταϊκό σύμπλεγμα, καθώς ένα δέλτα που δομείται από φορτίο κοίτης διαφέρει κατά πολύ με ένα που δομείται από αιωρούμενο φορτίο. Και στις δύο περιπτώσεις το ίζημα αποτίθεται με τέτοιο τρόπο, που το κανάλι επεκτείνεται και συνεπώς ρέει πάνω στο ίζημα που έχει ήδη εκβάλλει.

ο Το νερό της λεκάνης

Η πυκνότητα του νερού της λεκάνης.

Η πυκνότητα του νερού της λεκάνης στην οποία εκβάλλει ο ποταμός αναμφισβήτητα επηρεάζει καθοριστικά το νερό και το ίζημα που μεταφέρει. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την πυκνότητα του νερού του ποταμού είναι η θερμοκρασία, η αλατότητα και το μεταφερόμενο ίζημα. Βάση αυτών μπορούμε να διακρίνουμε τρεις βασικές περιπτώσεις:

α) Σε αυτή την περίπτωση το νερό του ποταμού διαθέτει την ίδια πυκνότητα με το νερό της λεκάνης. Τα αποτελέσματα που παρατηρούνται είναι ο διασκορπισμός, η καταβύθιση και η τυρβώδης διάχυση του νερού που μπαίνει (Σχήμα 2.4.1). Το νερό στην επιφάνεια ρέει μακριά από το κανάλι εκβολής. Στο βυθό αντίθετα η ροή έχει διεύθυνση γενικά προς το κανάλι. Στο φορτίο της κοίτης (bed load), μπορεί να συσσωρευτεί σε μία απότομη κλίτ. Αυτή η περίπτωση είναι τυπική για ένα ποτάμι που ρέει μέσα σε μία λίμνη και ειδικότερα σε βαθιές λίμνες με απότομες κλίσεις.

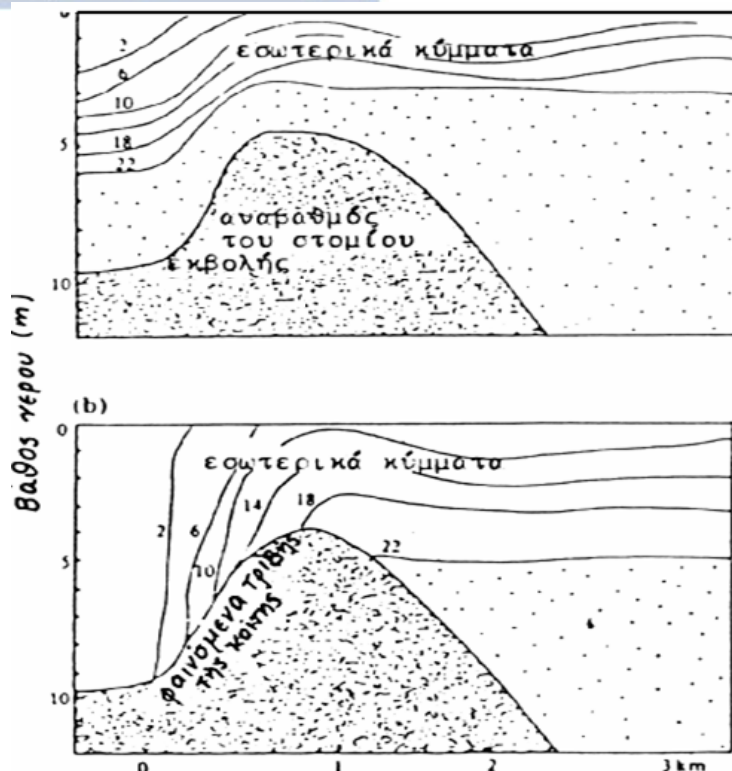


Σχήμα 2.4.1 Απεικόνιση διασκορπισμού, καταβύθισης και τυρβώδης διάχυσης του νερού

β) Στην δεύτερη περίπτωση η πυκνότητα του νερού που εκβάλλετε από το κανάλι είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή της λεκάνης θα έχουμε εγκαθίδρυση ενός καθεστώτος στρωμάτωσης της πυκνότητας κοντά στο στόμιο εκβολής. Μία σφήνα αλμυρού νερού εισέρχεται βαθύτερα του καναλιού και ρέει σ' επαφή με τον πυθμένα ενώ ένα επιφανειακό ρεύμα γλυκού νερού, ακολουθώντας στο αξίωμα της επαφής δύο στρωμάτων νερού διαφορετικής πυκνότητας (το στρώμα με τη μεγαλύτερη τείνει να ρέει και να διασκορπίζεται κάτω από εκείνο με τη μικρότερη πυκνότητα), ρέει έξω από το κανάλι.

Κατά μήκος της κεκλιμένης μεσοεπιφάνειας των δύο στρωμάτων νερού, τα εσωτερικά κύματα που δημιουργούνται προκαλούν κάθετη ανάμιξη, γρήγορη καθίζηση και απόθεση χονδρόκοκκου ιζήματος, με τη μορφή ενός απλού φράγματος στομίου εκβολών (mouth bar) (Σχήμα 2.4.2α). Το φορτίο ιζημάτων, της κοίτης (bed load) σταματάει στην κλίση της σφήνας και αλμυρού νερού όπου και αποτίθεται, ενώ ιλύς και άργιλος συσσωρεύεται στο βυθό του καναλιού κάτω από τ' αλμυρό νερό.

Η απόθεση συνεχίζει με διαδοχικά λεπτότερο ίζημα, τόσο πάνω στην κλιτύ του φράγματος του στομίου όσο και στα βαθύτερα σημεία της λεκάνης.

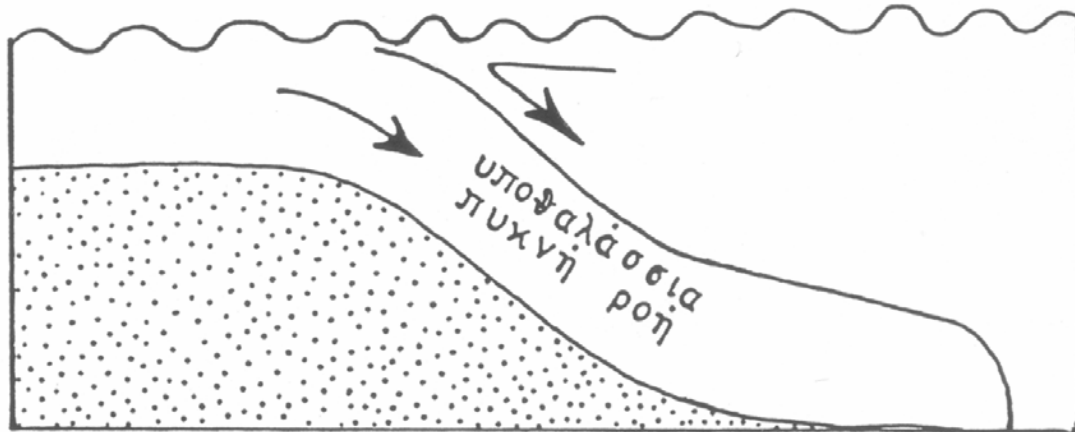


Σχήμα 2.4.2 Σχηματικό προφίλ στο στόμιο εκβολής του ποταμού

- κατά τη διάρκεια χαμηλού ποτάμιου καθεστώτος, όπου η σφήνα του αλμυρού νερού εισβάλλει στο κανάλι και
- σε ψηλό ποτάμιο καθεστώς, όπου η αλμυρή σφήνα εξωθείται από το κανάλι, ενώ παρατηρούνται φαινόμενα τριβής της κοίτης των ποταμού

Με την παλίρροια καθώς η ποσότητα του νερού που εκρέει απ' το κανάλι αυξομειώνεται, η σφήνα κλίνει, ενεργώντας σαν φράγμα για το φορτίο ιζημάτων της κοίτης. Κατά τη διάρκεια των πλημμυρίδων καθώς έχουμε ανύψωση της κολώνας του γλυκού νερού και κατά συνέπεια μεγαλύτερη υδροστατική πίεση στο βυθό, η σφήνα του αλμυρού νερού ωθείται προς τα έξω. Μόνο σ' αυτές τις περιπτώσεις το φορτίο των ιζημάτων της κοίτης εξέρχεται του καναλιού και αποτίθεται (Σχήμα 2.4.2β).

γ) Στην τρίτη και τελευταία περίπτωση η πυκνότητα του νερού που εξέρχεται απ' το κανάλι ξεπερνάει αυτή της λεκάνης, και ως αποτέλεσμα έχουμε η απορροή του ποταμού να βυθίζεται και ωα ρέει κατά μήκος του βυθού σαν μία υποθαλάσσια πυκνή ροή (density underflow). Το αιωρούμενο υλικό και το φορτίο ιζημάτων της κοίτης (bed load), ρέουν κατά μήκος του βυθού σαν ένα τουρβιδιτικό ρεύμα νερού της λεκάνης που βυθίζεται και ακολουθεί την υποθαλάσσια πυκνή ροή στην πορεία της καταβύθισής της (Σχήμα 2.4.3).



Σχήμα 2.4.3 Σχηματικό διάγραμμα της υποθαλάσσιας πυκνής ροής που σχηματίζεται όταν η πυκνότητα του νερού του ποταμού ξεπερνάει αυτήν του νερού της λεκάνης

Ο Wright το 1977 διέκρινε τρεις βασικούς παράγοντες που ελέγχουν τη μορφή απόθεσης σε ίζημα των ποτάμιων εκχύσεων:

1. τις δυνάμεις της αδράνειας και τυρβώδους διάχυσης (inertia and turbulent diffusion), που όπως είδαμε επικρατούν στις ομόπυκνες αναμίξεις (περίπτωση α)
2. τις δυνάμεις της τυρβώδους τριβής της κοίτης (turbulent bed friction), για τις περιπτώσεις που η πυκνότητα του νερού της λεκάνης παίρνει τιμές μεγαλύτερες εκείνης των απορροών του ποταμού (περίπτωση β)
3. τις δυνάμεις επίπλευσης (buoyancy)

Το βάθος του νερού της λεκάνης.

Το βάθος του νερού της λεκάνης μπορεί να επηρεάσει τη διαμόρφωση του δέλτα με δύο τρόπους, α) στον προσδιορισμό του ρυθμού προέλασής του και β) στο στρωματογραφικό μοντέλο του δέλτα. Λίγο αναλυτικότερα, στην πρώτη περίπτωση η ίδια ποσότητα ιζημάτων προωθεί ένα δελταικό λοβό γρήγορα σε ρηχά νερά, αλλά λιγότερο γρήγορα σε βαθιά. Ενώ στην δεύτερη περίπτωση το στρωματογραφικό μοντέλο ενός δέλτα επηρεάζεται από τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του βάθους του καναλιού και του βάθους της λεκάνης στο σημείο

ο Κλιματολογικοί παράγοντες

Οι κλιματολογικοί παράγοντες είναι ιδιαίτερος σημαντικοί για το υδρολογικό καθεστώς, και στη λεκάνη απορροής και στη λεκάνη απόθεσης.

Το ύψος και η κατανομή βροχόπτωσης καθορίζουν τη φυσική βλάστηση και στη συνέχεια αυτή ασκεί επιρροές στην απόδοση του ιζήματος. Αναφορικά για τους ποταμούς, διαπιστώθηκε πως η μέγιστη απόδοση παρατηρείται ημίξερα κλίματα.

Η βροχόπτωση επηρεάζει τη ροή καθώς και τις πλημμύρες σε ένα ποταμό. Λόγω αυτού παρατηρείται πλούσια βλάστηση σε μεγάλα ποτάμια, έστω και αν αυτά διασχίζουν μια ερημική περιοχή.

Το κλίμα επηρεάζει ιδιαίτερος τη θερμοκρασία του νερού της λεκάνης. Η θερμοκρασία βρίσκεται σε συνάρτηση με την πυκνότητα του νερού του ποταμού και της λεκάνης. Και η θερμοκρασία και η πυκνότητα επηρεάζονται εποχιακά και αυτό μπορεί να προάγει ή να εμποδίσει τις υπόγειες ροές λόγω πυκνότητας.

Τέλος η διεύθυνση και η ένταση των επικρατούντων ανέμων, καθορίζουν την ένταση και πρόσπτωση του κυματισμού, ο οποίος παίζει σημαντικό ρόλο στην απόθεση των δελταϊκών λοβών και τη διαμόρφωση της παραλίας.

Ο Τεκτονικές κινήσεις

Επηρεάζουν την ευρύτερη περιοχή ανάπτυξης του δέλτα και τις αποθέσεις ιζήματος από τους ποταμούς. Τα ποτάμια ρέουν σε περιοχές που καταβυθίζονται μόνιμα. Έτσι και τα δέλτα συνοδεύουν πάντα περιοχές μόνιμης καταβύθισης. Η προέλευση του ποταμού δεν επηρεάζεται από αυτό, ο οποίος φαίνεται να έχει τη δυνατότητα να 'αναρριχάται', δηλαδή ν' αποθέτει ιζημα να κτίζει τόσο την κοίτη του όσο και τα φυσικά του αναχώματα (όχθες), με την ίδια ταχύτητα που η γενικότερη περιοχή βυθίζεται.

Το ίζημα διοχετεύεται συνεχώς στο δικό του ιδιαίτερο δελταϊκό λοβό και ο λοβός αυξάνει προχωρώντας. Διακοπές στην προέλαση του ποταμού και του δελταϊκού λοβού του, προκαλούν τα φαινόμενα πλημμύρων, κατά τα οποία προκαλούνται ρηγματώσεις κατά μήκος των φυσικών αναχωμάτων του ποταμού, με αποτέλεσμα την εκτροπή (avulsion) της ροής του, δηλ. την απότομη εγκατάλειψη ενός τμήματος της κοίτης του και τη δημιουργία καινούργιου καναλιού. Η διαφοροποίηση δεν είναι πάντα τελική. Πιθανότητα διχασμού του ποταμού σε δύο κανάλια εκβολής είναι συχνή και έχει ως αποτέλεσμα να ρέει κατ' αυτό τον τρόπο για εκατοντάδες χρόνια.

Ο Μη τεκτονικές αλλαγές στάθμης του νερού.

Οι μη τεκτονικές αλλαγές στάθμης χωρίζονται σε μεσοπρόθεσμες αλλά και μακροπρόθεσμες. Οι μεσοπρόθεσμες οφείλονται κυρίως σε τοπικά κλιματικά φαινόμενα (καταιγίδες – τυφώνες) , ενώ οι μακροπρόθεσμες έχουν ως κύριο αίτιο τις ευστατικές κινήσεις. Έχει παρατηρηθεί ότι δυνατές καταιγίδες μπορεί ν 'αλλάξουν τη στάθμη του νερού κάνοντας το να ανέβει σε ορισμένες περιπτώσεις (wind setup) και να κατέβει σε άλλες (wind setdown). Οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας λόγω ευστατικών κινήσεων αποτέλεσαν σπουδαία γεγονότα στη διάρκεια του Τεταρτογενούς. Στις περιόδους απόσυρσης το δέλτα αναδύεται και αυλακώνεται από τους ποταμούς.

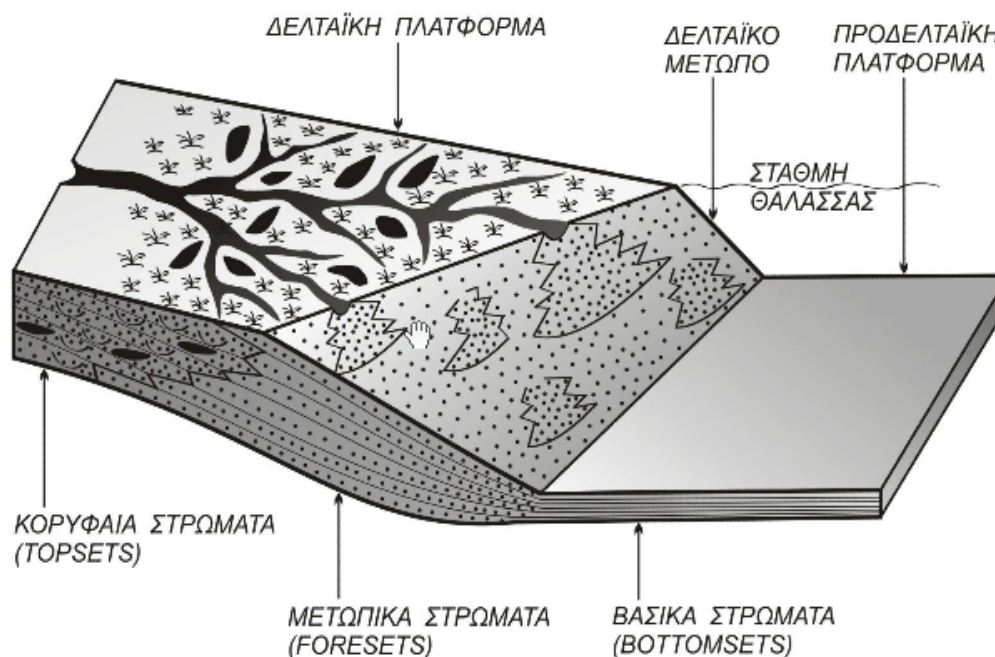
Στην επίκληση, οι βαθυνόμενες κοιλάδες γίνονται εκβολές, όπου μετά την πλήρωσή τους, αρχίζει η ανάπτυξη των δελταϊκών λοβών, στα πιο ανοιχτά σημεία της παραλίας. Είναι ξεκάθαρο ότι οι ακτογραμμές μετακινούνται προς τη στεριά ακόμα και στις δελταϊκές περιοχές, παρότι υπάρχει αφθονία προσφορά ιζήματος. Είναι μόνο λίγες οι περιπτώσεις όπου ο ρυθμός προσφοράς του ιζήματος από τους ποταμούς ήταν αρκετός για να εγκλωβίσει αυτή την κίνηση της ακτογραμμής προς τη στεριά. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, χοντρά πακέτα του παράκτιου πεδίου και των ποτάμιων αποθέσεων συγκεντρώθηκαν διαδοχικά το ένα πάνω στο άλλο στο ίδιο μέρος με αποτέλεσμα τα μέρη της ανθρώπινης διαμονής να θάβονται κάτω από δεκάδες μέτρα ιζήματος, για να 'αποκαλυφτούν μόνο μετά από μεγάλες ανασκαφές.



Εικόνα 2.4.2 Δέλτα ποταμού Μεκονγκ (Νότια Καμπότζη)

2.5 ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΔΕΛΤΑ

Βάση ιζηματολογίας οι αποθέσεις των δέλτα που σχηματίζονται στα περιβάλλοντα και υπο-περιβάλλοντα αυτών κάτω από την επιρροή δυναμικών συνθηκών χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες: κορυφαία στρώματα (topsets), μετωπικά στρώματα (foresets) και βασικά στρώματα (bottomsets) (Σχήμα 2.5).



Σχήμα 2.5 Δελταϊκό μοντέλο ιζηματογέννησης(Ψιλοβίκος-Βαβλιάκης)

Πιο αναλυτικά:

Τα κορυφαία στρώματα περιλαμβάνουν χονδρόκοκκο υλικό σε κοίτες – φράγματα με φακοειδή μορφή, σταυρωτές στρώσεις και διαβαθμισμένα στρώματα. Οι αποθέσεις είναι άμεσα συνδεδεμένες με αποθέσεις μελών από μαύρο λεπτόκοκκο υλικό σε οριζόντιες και παράλληλες στρώσεις. Ακόμα παρατηρούνται αποθέσεις στρωμάτων άμμου και αργίλου σε εναλλασσόμενα στρώματα. Χαρακτηριστικό των κορυφαίων στρωμάτων είναι η ελαφριά κλίση που έχουν προς την πλευρά της θάλασσας.

Τα μετωπικά στρώματα περιλαμβάνουν αποθέσεις άμμου με παρουσία στο εσωτερικό φακών από κροκάλες. Το μέγεθος της άμμου μειώνεται όσο η απόσταση από την εκβολή του ποταμού μεγαλώνει με αποτέλεσμα την ανάμιξη της με ιλύ. Οι αποθέσεις εμφανίζονται σε στρώσεις με σταυρωτή διάταξη ενώ τα λεπτόκοκκα υλικά παρουσιάζουν φυλλώσεις. Τα βασικά στρώματα περιλαμβάνουν ιλύ, άμμο και άργιλο, σε οριζόντιες, παράλληλες – λεπτές στρώσεις σε τμήματα του πυθμένα που βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος. Τα υλικά αρχικά αιωρούνται μέσα στο νερό, έπειτα κατακάθονται σε ήρεμο περιβάλλον και σχηματίζουν τις προδελταϊκές αργλικές στρώσεις.

2.6 ΔΕΛΤΑΪΚΑ ΡΙΠΙΔΙΑ (fan deltas)

2.6.1 Γενικά

Ο όρος δελταϊκό ριπίδιο χαρακτηρίζει τα δέλτα των ποταμών που κύριο συστατικό τους είναι το χονδρόκοκκο ίζημα, σε αντίθεση με τα δέλτα που αποτελούνται από λεπτομερές υλικό. Τα χονδρόκοκκα υλικά είναι ενδεικτικά της υψηλής ποτάμιας ενέργειας, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο στη μεταφορά του υλικού στην ακτή.

2.6.2 Σύστημα τροφοδοσίας των δελταϊκών ριπιδίων (feeder system)

Το σύστημα τροφοδοσίας (feeder system) αποτελεί την πηγή των ποτάμιων υλικών από τα οποία σχηματίζονται τα δελταϊκά ριπίδια. Κατά τον Postma (1990) υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη συστημάτων τροφοδοσίας.

Ο πρώτος τύπος συστήματος τροφοδοσίας περιλαμβάνει ποταμούς ή χείμαρρους μεγάλης κλίσης, των οποίων το υδρογραφικό δίκτυο διατρέχει μια περιοχή με έντονο και ορεινό ανάγλυφο που ανυψώνεται τεκτονικά. Σε λεκάνες απορροής με τέτοια χαρακτηριστικά είναι αρκετά συχνά τοπικά φαινόμενα κατολισθήσεων καθώς και πλημμυρικά επεισόδια που τροφοδοτούν τις κοίτες με πολύ χονδρόκοκκα υλικά (όπως οι χάλικες). Τα αδρομερή αυτά υλικά συνήθως μεταφέρονται σαν φορτίο κοίτης (bedload) στο μέτωπο του δέλτα και μερικές φορές φθάνουν έως την περιοχή του προδέλτα.

Ο δεύτερος τύπος συστήματος τροφοδοσίας χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλης κλίσης ποταμούς με διακλαδιζόμενες κοίτες (δηλαδή ποτάμια που χαρακτηρίζονται από μια ροή που παρουσιάζει πολλές κοίτες οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους από νησίδες αλλουβιακών υλικών). Τέτοια συστήματα τροφοδοσίας χαρακτηρίζουν συνήθως παγετώδεις περιοχές καθώς και τεκτονικά ενεργές περιοχές. Στην περίπτωση παγετωδών περιοχών η παροχή του ποταμού προκύπτει από την τήξη του πάγου των παγετώνων. Το νερό αυτό συχνά έχει μεγάλη πυκνότητα με αποτέλεσμα η υπερπυκνη ροή (hyperpycnal flow), που παρατηρείται στις εκβολές του ποταμού, να μεταφέρει το αδρομερές (χονδρόκοκκο) υλικό έως το μέτωπο του δέλτα ή ακόμη και το προδέλτα.

Ο τρίτος τύπος συστήματος τροφοδοσίας περιλαμβάνει ποταμούς με διακλαδιζόμενο τύπο κοίτης και μεσαία κλίση, που συνήθως εμφανίζονται σε παγετώδη περιβάλλοντα. Παρότι στην περίπτωση αυτή η ενέργεια του ποταμού είναι μικρότερη, λόγω της μικρότερης κλίσης, το ίζημα μεταφέρεται και στην περίπτωση αυτή σαν φορτίο κοίτης (bedload), αποτελείται όμως σε μεγαλύτερο ποσοστό από άμμο παρά από αδρομερείς χάλικες.

2.6.3 Μορφολογία των δελταϊκών ριπιδίων

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των δελταϊκών ριπιδίων ποικίλουν σημαντικά. Σχηματίζονται συνήθως σε ακτές τεκτονικά ενεργών περιοχών από ποταμούς με διαφορετικό ενεργειακό καθεστώς ανάλογα με την κλίση της κοίτης τους.

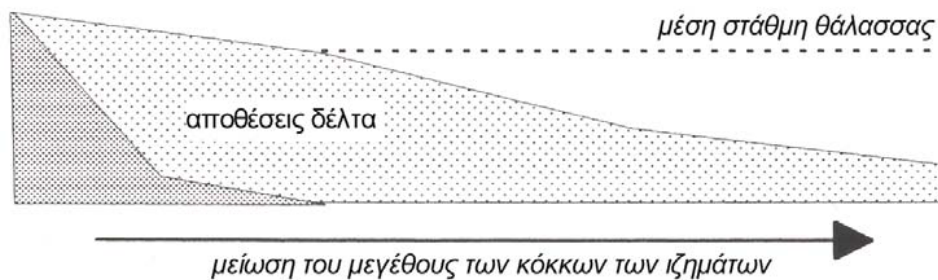
Βάση της κλίσης και του βάθους της υφαλοκρηπίδας (coastal shelf) έχουν οριστεί τρεις μεγάλες κατηγορίες δελταϊκών ριπιδίων (Σχήμα 2.6.1) (Reading and Collinson, 1996):

1. *Δελταϊκά ριπίδια κρηπίδας (ρηχών νερών)*: αναπτύσσονται μέχρι 200 m βάθος (Shelf-type shallow water fan deltas) και εμφανίζονται σε παράκτιες περιοχές με ρηχά νερά και όπου η υφαλοκρηπίδα έχει μικρή κλίση. Περιλαμβάνουν μια δελταϊκή πεδιάδα και ένα δελταϊκό μέτωπο που κλίνει προς τη θάλασσα και εκτείνεται ομαλά έως το προδέλτα. Τα ιζήματα σε αυτά τα δελταϊκά ριπίδια είναι γενικά χονδρόκοκκα όμως παρατηρείται μια σταδιακή μείωση στο μέγεθος των κόκκων από τη δελταϊκή πεδιάδα προς το προδέλτα που αποτελείται από σχετικά λεπτόκοκκα ιζήματα εάν τα νερά στα οποία αναπτύσσεται το ριπίδιο δεν είναι πολύ ρηχά.

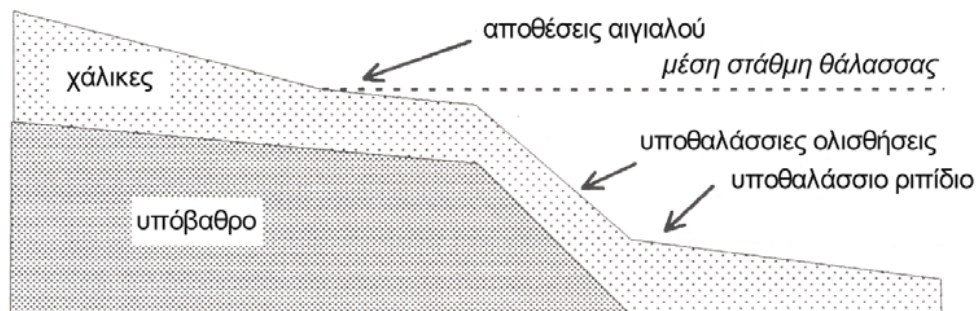
2. *Δελταϊκά ριπίδια κατωφέρειας ή ριπίδια νερών μεγάλου βάθους* (Slope-type fan deltas): αναπτύσσονται σε βάθη μεγαλύτερα των 200 m και χαρακτηρίζονται από απότομη και μεγάλη κλίση μεταξύ του δελταϊκού μετώπου και του προδέλτα. Είναι δυνατόν, σε ορισμένες περιπτώσεις, στη βάση της απότομης κλιτύος να αναπτύσσεται ένα υποθαλάσσιο δέλτα που τροφοδοτείται από υποθαλάσσιες ροές υλικών του δελταϊκού μετώπου. Γενικά η μορφολογία αυτού του δελταϊκού ριπιδίου χαρακτηρίζεται από μια δελταϊκή πεδιάδα που έχει μικρή έως ενδιάμεση κλίση και ένα δελταϊκό μέτωπο μεγάλης κλίσης. Όσον αφορά τα ιζηματολογικά του χαρακτηριστικά η δελταϊκή πεδιάδα αποτελείται από χάλικες που προς τη θάλασσα μεταπίπτουν σε εκτεταμένες αποθέσεις αιγιαλού που επικάθονται στην κορυφή του απότομου δελταϊκού μετώπου.

3. *Δελταϊκά ριπίδια τύπου Gilbert (Gilbert-type fan deltas)*: παρουσιάζουν στρωματογραφική διάρθρωση που περιλαμβάνει τρεις ιζηματολογικές ενότητες. Τα πρόσθια στρώματα ιζημάτων (foreset), τα κορυφαία στρώματα ιζημάτων (topset) και τα στρώματα πυθμένα (bottomset). Τα δελταϊκά ριπίδια αυτού του τύπου είναι κεκλιμένα με απότομη κλίση σε όλο το μήκος τους, από τη δελταϊκή πεδιάδα έως το προδέλτα, και μπορούν να αναπτυχθούν τόσο σε βαθιά όσο και σε ρηχά νερά. Σε αυτού του τύπου τα δελταϊκά ριπίδια η κλίση των υποθαλάσσιων κλιτύων μπορεί να φθάσει τις 35° και είναι αρκετά συχνή η εμφάνιση διεργασιών κίνησης υλικών λόγω βαρύτητας.

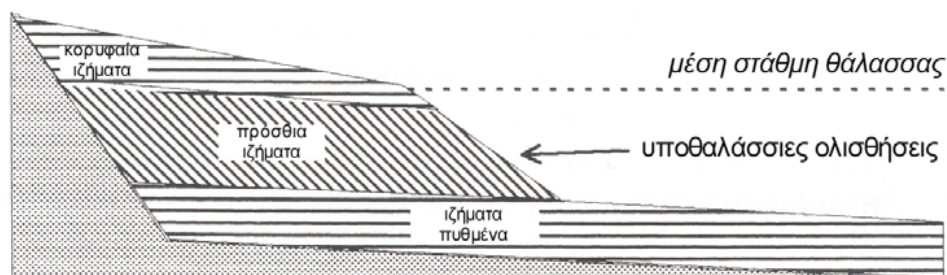
(α) Δελταϊκό ριπίδιο ρηχών νερών (shelf-type, shallow water, fan delta)



(β) Δελταϊκό ριπίδιο νερών μεγάλου βάθους (slope-type, deep water, fan delta)



(γ) Δελταϊκό ριπίδιο τύπου Gilbert (Gilbrt type fan delta)



ξηρά ΔΕΛΤΑΪΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ ΜΕΤΩΠΟ ΔΕΛΤΑ ΠΡΟΔΕΛΤΑ θάλασσα

Σχήμα 2.6.1 Σχηματική απεικόνιση των τριών τύπων δελταϊκών ριπιδίων (Reading and Collinson, 1996).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα δελταϊκά ριπίδια αποτελούνται από χονδρόκοκκα υλικά με αποτέλεσμα οι παλίρροιες να έχουν μικρή επίδραση στη μεταφορά και την επανεπεξεργασία των ιζημάτων και συνεπώς στην τελική διαμόρφωση των μορφολογικών τους χαρακτηριστικών. Ομοίως οι κυματικές συνθήκες αίθριου καιρού παίζουν περιορισμένο ρόλο σε αντίθεση με τα κύματα καταιγίδας και τα τσουνάμι που η επίδρασή τους μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική.

2.7 ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΔΕΛΤΑ

2.7.1 Γενικά

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από πολύ ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη των δέλτα. Κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της ακτογραμμής της καταλαμβάνεται από δέλτα ποταμών, δελταϊκά ριπídια και παράκτιες πεδιάδες. Οι δελταϊκοί σχηματισμοί συνδέονται με την ανάπτυξη και την ευημερία. Συγκεντρώνουν μεγάλο μέρος της γεωργικής, αλιευτικής και τουριστικής δραστηριότητας της χώρας συνεπώς η σημασία τους για την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη είναι πολύ μεγάλη. Επίσης πολύ σημαντική είναι η οικολογική και περιβαλλοντική σημασία των μεγάλων δέλτα που αποτελούν υδροβιότοπους απαραίτητους για τη διαβίωση σπάνιων ειδών χλωρίδας και πανίδας.

Τα ποτάμια της Ελλάδας, που κατά κύριο λόγο έχουν μικρό μήκος και αποστραγγίζουν ορεινές περιοχές με έντονο ανάγλυφο, εμφανίζουν ιδιαιτέρως υψηλές στερεοπαροχές.

Ο Poulos (1996) πρότεινε την εξής σχέση για την εκτίμηση του αιωρούμενου ιζηματογενούς φορτίου δηλαδή της ποσότητας ιζήματος που μεταφέρεται σε αιώρηση από ένα ποτάμι:

$$S=1954 \cdot A^{0,88}$$

όπου

S είναι το αιωρούμενο ιζηματογενές φορτίο (σε τόνους) και

A είναι η έκταση της λεκάνης απορροής (σε km²)

Βάση της σχέσης αυτής, οι στερεοπαροχές για μερικά από τα ελληνικά ποτάμια φαίνονται στον Πίνακα 2.7.1. Οι μεγάλες τιμές στερεοπαροχής σε πολλά από τα ελληνικά αυτά ποτάμια εξηγείται στο ότι διαθέτουν την ικανότητα μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ιζήματος εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων του αναγλύφου και της μεγάλης κλίσης των κοιτών, στις υψηλές τιμές της ετήσιας βροχόπτωσης, ιδιαίτερα σε μεγάλα υψόμετρα και κυρίως στη δυτική Ελλάδα και σε ορισμένες περιπτώσεις στην ευδιάβρωτη λιθολογία των σχηματισμών που καλύπτουν τις λεκάνες απορροής.

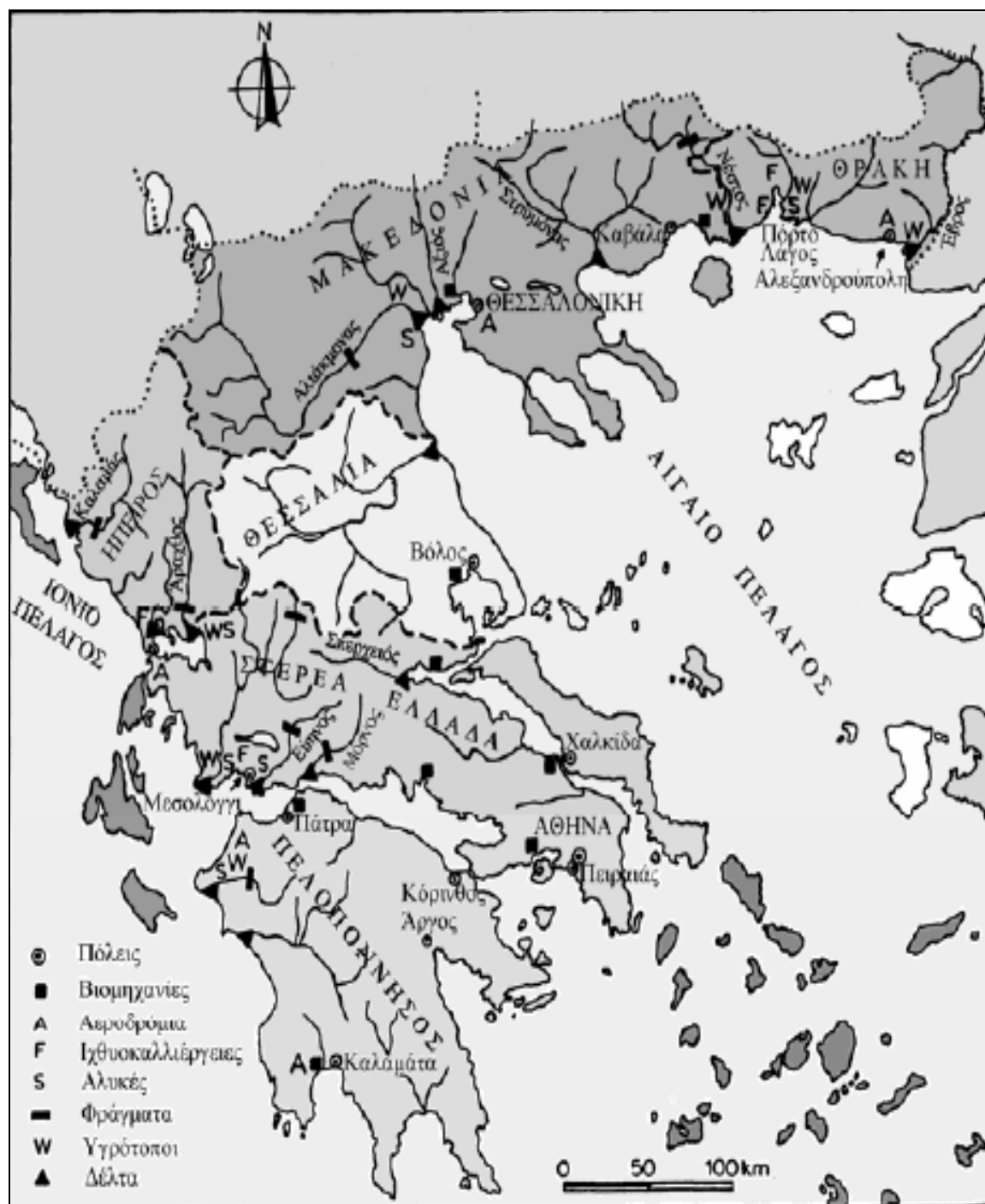
Ποταμός	Εμβαδόν λεκάνης απορροής (A_B) (km^2)	Εμβαδόν δέλτα (A_D) (km^2)	Λόγος A_D/A_B (10^{-2})	% της έκτασης της λεκάνης ανάντη του σταθμού μέτρησης σε σχέση με όλη την έκταση της λεκάνης	Μέση ετήσια Παροχή (m^3/sec)	Μέση ετήσια ποσότητα ιζήματος που μεταφέρεται σε αιώρηση (10^6t)
Εύηνος	1070	90	8.4	59.3	27.6	15.74
Αραχθός	1895	245	12.9	97.9	69.8	7.31
Λούρος	785	110	14.0	43.7	19.3	0.08
Αχελώος	5470	270	4.9	75.3	188	2.53
Σπερχειός	1780	104	5.8	65.1	62.0	2.10
Αλιάκμονας	9250	120	1.3	65.7	73	2.80
Πηνειός	10750	70	0.7	65.9	81.0	4.4
Καλαμάς	1826	80	4.4	81.1	51	1.92
Νείλος (Αίγυπτος)	2716×10^3	12512	0.46	89	2830	110.0
Πάδος (Ιταλία)	71.7×10^3	13398	18.69	95	1484	20.0
Εβρος (Ισπανία)	89.8×10^3	624	0.69	90	552	2.8

Πίνακας 2.7.1 Λόγοι εμβαδόν δέλτα/εμβαδόν λεκάνης, στοιχεία παροχής και στερεοπαροχής σε αιώρηση για οκτώ ελληνικά και τρία μεγάλα δέλτα της Μεσογείου

Ποταμός	Εκβολές	Έκταση λεκάνης απορροής	Έκταση δέλτα (km^2)	Μήκος δελταϊκής ακτογραμμής
Αχελώος	Πατραϊκός κόλπος	5470	270	80
Αλφειός	Ιόνιο πέλαγος	3600	110	40
Αλιάκμονας	Θερμαϊκός κόλπος	9250	120	16
Αραχθός	Αμβρακικός κόλπος	1895	245	25
Αξιός	Θερμαϊκός κόλπος	23750	400	35
Εύηνος	Πατραϊκός κόλπος	1070	90	40
Εβρος	ΒΔ Αιγαίο πέλαγος	52900	190	20*
Καλαμάς	Ιόνιο πέλαγος	1826	80	30
Λούρος	Αμβρακικός κόλπος	785	110	15
Νέστος	Βόρειο Αιγαίο πέλαγος	6178	435	62,5
Μόρνος	Κορινθιακός κόλπος	1010	28	14
Πηνειός (Θεσσαλίας)	Θερμαϊκός κόλπος	10750	70	20
Πηνειός (Πελοποννήσου)	Ιόνιο πέλαγος	913	85	22,5
Σπερχειός	Μαλιακός κόλπος	1780	104	25
Στρυμόνας	Βόρειο Αιγαίο πέλαγος	16550	10	10,5

Πίνακας 2.7.2 Έκταση λεκάνης απορροής, έκταση δέλτα και μήκος δελταϊκής ακτογραμμής για τα μεγαλύτερα δέλτα του Ελληνικού χώρου.

Συγκρίνοντας τους λόγους μεταξύ της έκτασης της δελταϊκής πεδιάδας και της έκτασης της λεκάνης απορροής μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι παρά την μικρή έκταση των λεκανών απορροής πολλά ελληνικά ποτάμια έχουν καλά ανεπτυγμένα δέλτα. Αυτοί οι λόγοι για τα ποτάμια του Πίνακα 2.7.2 (Poulos 1996).



Χάρτης 2.7.1 Χάρτης της Ελλάδας με τις σημαντικότερες ανθρώπινες κατασκευές, τους υγρότοπους και τα μεγαλύτερα ποτάμια δέλτα. (Poulos 1996)

2.7.2 Υδρογραφικό δίκτυο της Ελλάδας

Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου σε ένα τόπο εξαρτάται βασικά από το κλίμα και το ανάγλυφο αλλά και οι δυο αυτοί βασικοί παράγοντες επηρεάζονται ο ένας από τον άλλο. Έτσι στην Ελλάδα η γένεση των ελληνίδων οροσειρών έχει επηρεάσει το κλίμα, ώστε να μπορούμε γενικά να ξεχωρίσουμε δύο ζώνες, δυτικής και ανατολικής Ελλάδας, των οποίων το κλίμα και το υδρογραφικό δίκτυο διαφέρουν μεταξύ τους. Στη δυτική Ελλάδα το ύψος βροχής είναι μεγαλύτερο γι' αυτό και οι ποταμοί που πηγάζουν από εκεί δέχονται πολλά νερά σε σύγκριση προς την έκταση που έχουν οι λεκάνες απορροής τους. Παράγοντες επίσης σημαντικοί που επηρεάζουν την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου είναι η τοπική μορφολογία που έχει καθοριστεί από την τεκτονική δομή και την φύση των πετρωμάτων. Η βασική μάλιστα τεκτονική δομή είναι και εκείνη που καθορίζει και τη διεύθυνση ροής των ποταμών. Το απότομο και τραχύ ανάγλυφο των ορεινών περιοχών της Ελλάδας και η ραγδιότητα των βροχοπτώσεων πάνω στις λεκάνες απορροής, δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες σχηματισμού χειμάρρων, των οποίων χαρακτηριστικό είναι η μεγάλη ταχύτητα ροής και η αύξηση της διαβρωτικής ενέργειας. Τα φερτά υλικά που μεταφέρονται έτσι σε μεγάλες ποσότητες από τις ορεινές περιοχές συσσωρεύονται στις πεδιάδες ή χύνονται και μεταφέρονται σε μεγαλύτερες ακόμα αποστάσεις από τους αποδέκτες των χειμάρρων, χειμαρροποτάμους ή ποτάμους.

Κλασσικό παράδειγμα μεταφορικής ικανότητας είναι ο Σπερχειός ποταμός του οποίου οι προσχώσεις κατά τους ιστορικούς χρόνους τείνουν να μεταβάλλουν τον Μαλιακό κόλπο σε πεδιάδα. Παρόμοια φαινόμενα παρατηρούμε και στον Θερμαϊκό κόλπο, όπου συνεχώς η ξηρά αυξάνεται από τις προσχώσεις του Αλιάκμονα, του Αξιού, του Γαλλικού κ.α.

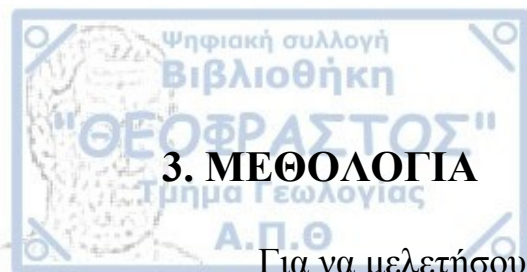
Υπολογίζεται ότι οι ποταμοί της Ελλάδας παρασύρουν κατά μέσο όρο φερτές ύλες «εν εωρήσει» 800 γραμμάρια σε κάθε κυβικό μέτρο νερού. Υπολογίστηκε ότι τα υλικά αυτά, χαλίκια, κροκάλες, ογκόλιθοι είναι περίπου 4,4 εκ. τόνοι το χρόνο.

ΟΙ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΠΟΤΑΜΟΙ

Ποταμός	Μήκος Κοίτης χλμ	Λεκάνη απορροής τ. χλμ
Αλιάκμονας	320	9210
Αχελώος	220	5470
Πηνειός	205	10704
Έβρος*	204	3340
Νέστος*	130	2524
Στρυμόνας	118	6027
Καλαμάς	115	1826
Αλφειός	110	3600
Αραχθός	110	1890
Ευρώτας	82	1605
Λούρος	80	785
Πηνειός (Πελοπον.)	80	913
Σπερχειός	80	1482
Αξιός*	76	2300
Αώος*	70	2120
Λαδώνας	70	1113
Μόρνος	70	1180
Πάμισος	60	622
Ευήνος	40	1070
Αρδός	36	925
* Σε ελληνικό έδαφος		



Εικόνα 2.7.2 Δέλτα ποταμού που εκβάλει σε λίμνη.



3. ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

Για να μελετήσουμε τις μεταβολές που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 χρόνων στα δέλτα των παραπάνω ποταμών, χρησιμοποιήσαμε λογισμικό ΓΣΠ (Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών) και συγκεκριμένα τα προγράμματα GoogleOzi και GlobalMapper.

Για τη σημερινή κατάσταση της γεωμορφολογίας των δέλτα χρησιμοποιήθηκαν τα δορυφορικά δεδομένα του GoogleEarth πρόσφατης χρονολογικής λήψης, τα οποία στη συνέχεια με τη χρήση του λογισμικού GoogleOzi εξήχθησαν σε μορφή χαρτών. Οι χάρτες αυτοί παρουσιάζουν τη σημερινή μορφή των δέλτα και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτά. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε τους χάρτες που έχουμε λάβει, στο GlobalMapper. Ακόμη, λάβαμε χάρτες από την Γενική Υπηρεσία Στρατού που απεικονίζουν τις μελετώμενες περιοχές κατά τη δεκαετία του 1970. Τοποθετήσαμε και τους τοπογραφικούς χάρτες που απεικονίζουν τις περιοχές των δέλτα που μελετάμε, 40 χρόνια πριν, αφού όμως πρώτα γεωαναφέραμε τον κάθε χάρτη με τη χρήση του προγράμματος.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε τη χρήση προβολικών συστημάτων. Η βασική αρχή λειτουργίας των προβολικών συστημάτων βασίζεται στην μεγέθυνση και εστίαση μιας παραγόμενης εικόνας σε μια επίπεδη λευκή επιφάνεια. Για την επίτευξη αυτού απαιτείται η χρήση κατάλληλων φακών για τη μεγέθυνση και την εστίαση μιας εικόνας, η οποία σχηματίζεται εντός της προβολικής συσκευής. Το προβολικό σύστημα στο οποίο προβάλλονται οι παρακάτω χάρτες είναι το ΕΓΣΑ87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987). Αναλυτικότερα:

Προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87

Όνομα προβολικού συστήματος: Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 87

Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum): Ε.Γ.Σ.Α. 87 με αφετηρία το μετατεθημένο γεώκεντρο, βάθρο Διονύσου

Ελλειψοειδές αναφοράς: GRS'80

Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a: 6378137.000m

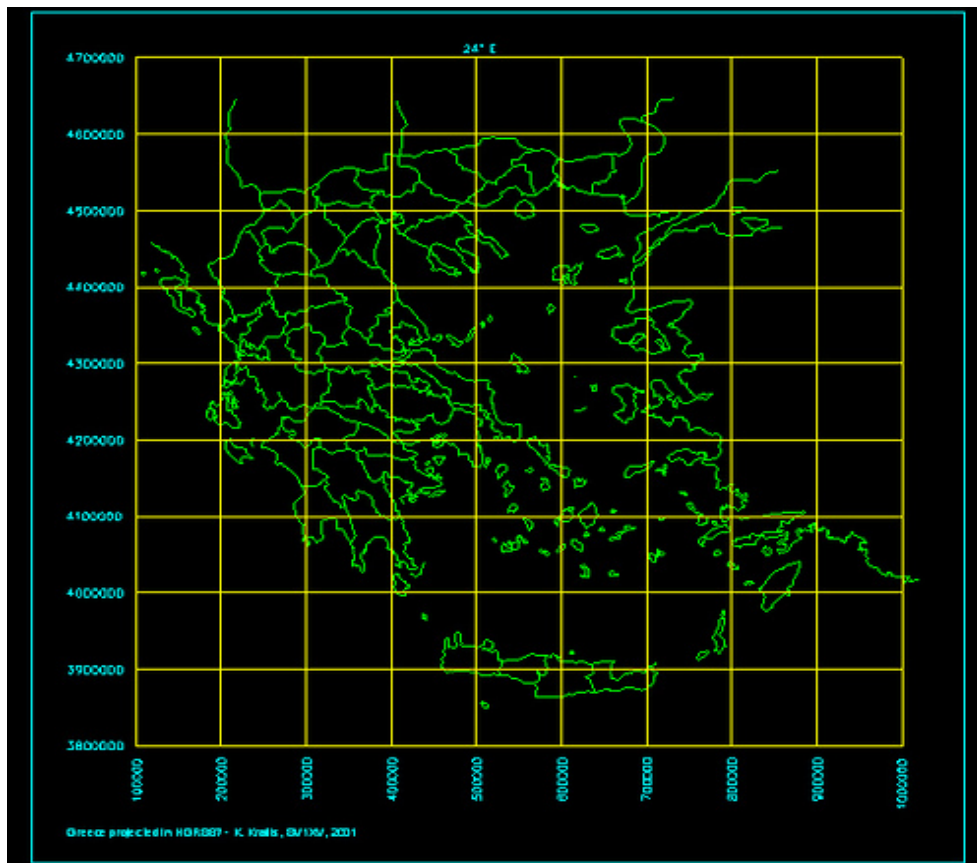
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f): 1/298.25722101

Συντελεστής κλίμακας Ko 0.9996

Είναι το πλέον πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, και είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών - Ε.Μ.Π., της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ. Θεωρείται μια ενιαία ζώνη για όλη την χώρα με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda_0=240$ και χρησιμοποιείται ενιαίος συντελεστής κλίμακας 0.9996. Οι παραμορφώσεις με αυτόν τον τρόπο μπορούν να φτάσουν μέχρι και 1:1.000 στα άκρα της χώρας (δηλ. 1 μέτρο σε απόσταση 1χλμ.). Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κεντρικός μεσημβρινός έχει ως τετμημένη 500000μ. Αρχή των τεταγμένων θεωρείται ο ισημερινός ($\varphi=0^\circ$)

Αφού έχουμε τοποθετήσει τους σημερινούς χάρτες από το GoogleOzi και τους γεωαναφερμένους τοπογραφικούς χάρτες στο GlobalMapper και έχουν προβληθεί στο ΕΓΣΑ87, παρατηρούμε τις μεταβολές που έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 χρόνων στην ευρύτερη περιοχή των ποτάμιων δέλτα. Συγκεκριμένα μελετάμε την ακτογραμμή και τις μεταβολές που έχει υποστεί το δέλτα κατά τη χρονική αυτή διάρκεια. Οι μεταβολές διαγράφονται στα πολύγωνα που σχηματίζονται με τη χρήση του προγράμματος. Κατόπιν θα αναφέρουμε τις μετρήσεις των μεταβολών που προκύπτουν από τη μελέτη του κάθε δέλτα, θα τις συγκρίνουμε και τέλος θα καταλήξουμε στα ανάλογα συμπεράσματα.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε την πιθανότητα σφάλματος κατά την σύγκριση των χαρτών της Γενικής Υπηρεσίας Στρατού με αυτούς που λάβαμε από το GoogleOzi, διότι οι παλαιότεροι χάρτες δεν είναι κατασκευασμένοι με την σύγχρονη τεχνολογία.



Προβολικό σύστημα της Ελλάδος (ΕΓΣΑ87)

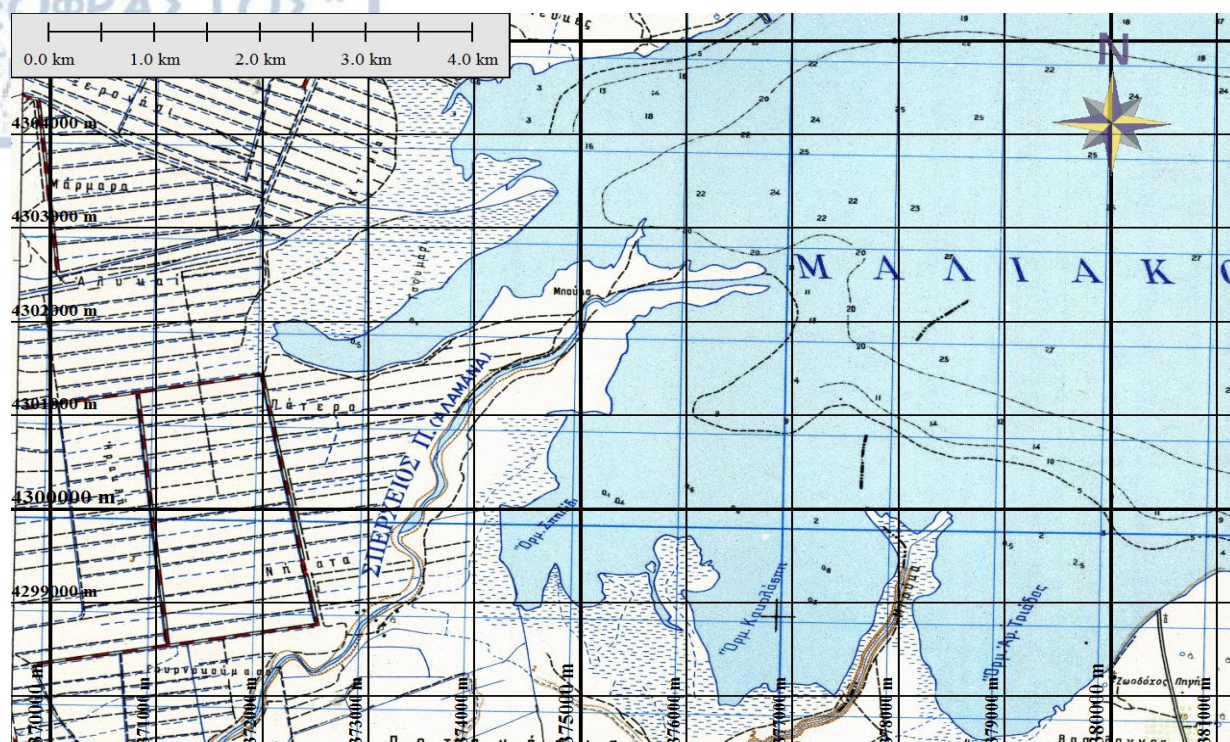
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Γενικά

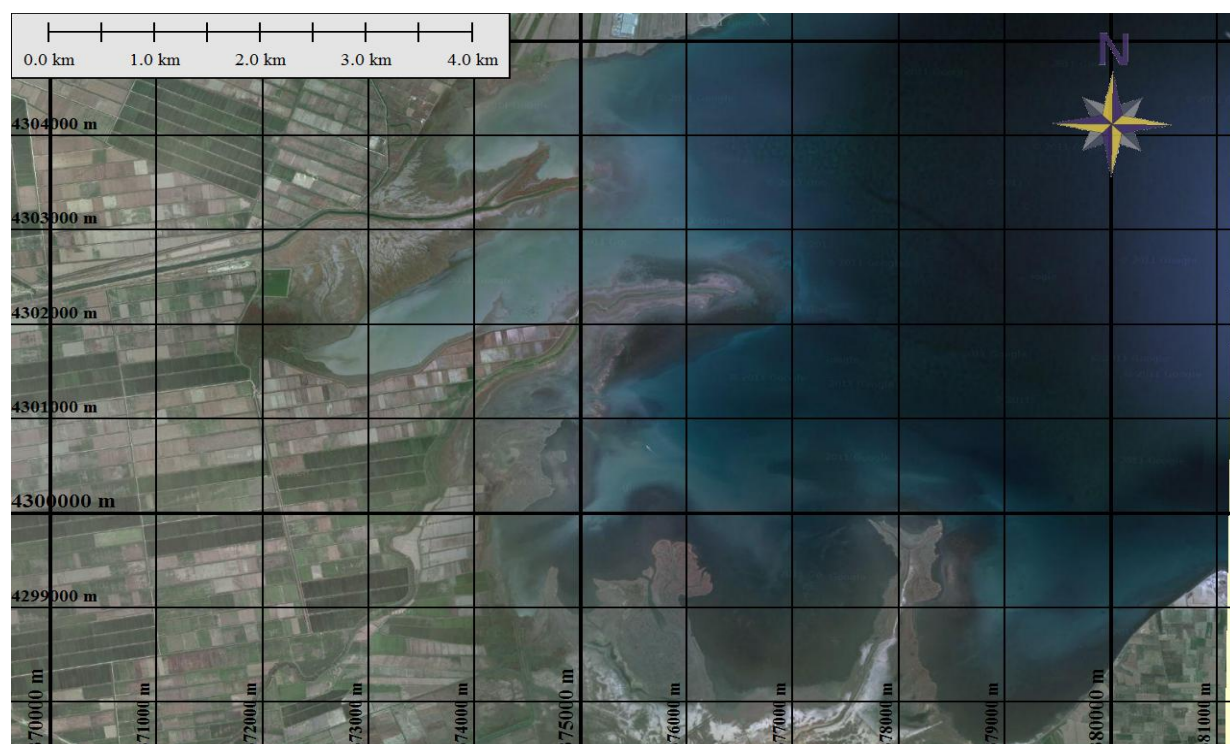
Για την εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας επιλέξαμε ως αντικείμενο μελέτης τέσσερα ποτάμια διασκορπισμένα στον ευρύτερο ελληνικό γεωγραφικό χώρο. Συγκεκριμένα τον ποταμό Σπερχειό, τον ποταμό Λούρο, τον ποταμό Αραχθό και τον ποταμό Νέστο. Τα ποτάμια επιλέχθηκαν με συγκεκριμένα κριτήρια βάση ορισμένων χαρακτηριστικών τους. Ένα από αυτά που είναι και το σημαντικότερο, είναι το είδος του κόλπου στο οποίο εκβάλλουν, αν δηλαδή είναι κλειστός ή ανοιχτός καθώς επίσης και το περιβάλλον που τον χαρακτηρίζει. Στα συγκεκριμένα ποτάμια το περιβάλλον είναι κυματικό. Ακόμη, ιδιαίτερης σημασίας είναι η γεωγραφική θέση της πηγής και της εκβολής των ποταμών. Κάποια από αυτά πηγάζουν και εκβάλλουν στον ελληνικό χώρο ενώ κάποια άλλα πηγάζουν από το εξωτερικό και εκβάλλουν στον ελληνικό χώρο (πχ ποταμός Νέστος) και χαρακτηρίζονται διασυνοριακά. Τέλος, η ανθρωπογενής επέμβαση είναι καθοριστικής σημασίας για την επιλογή των ποταμών είτε με την παρουσία φραγμάτων, είτε με την εφαρμογή αρδευτικών έργων που επηρεάζουν τη μορφολογία τους.

4.2 ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ

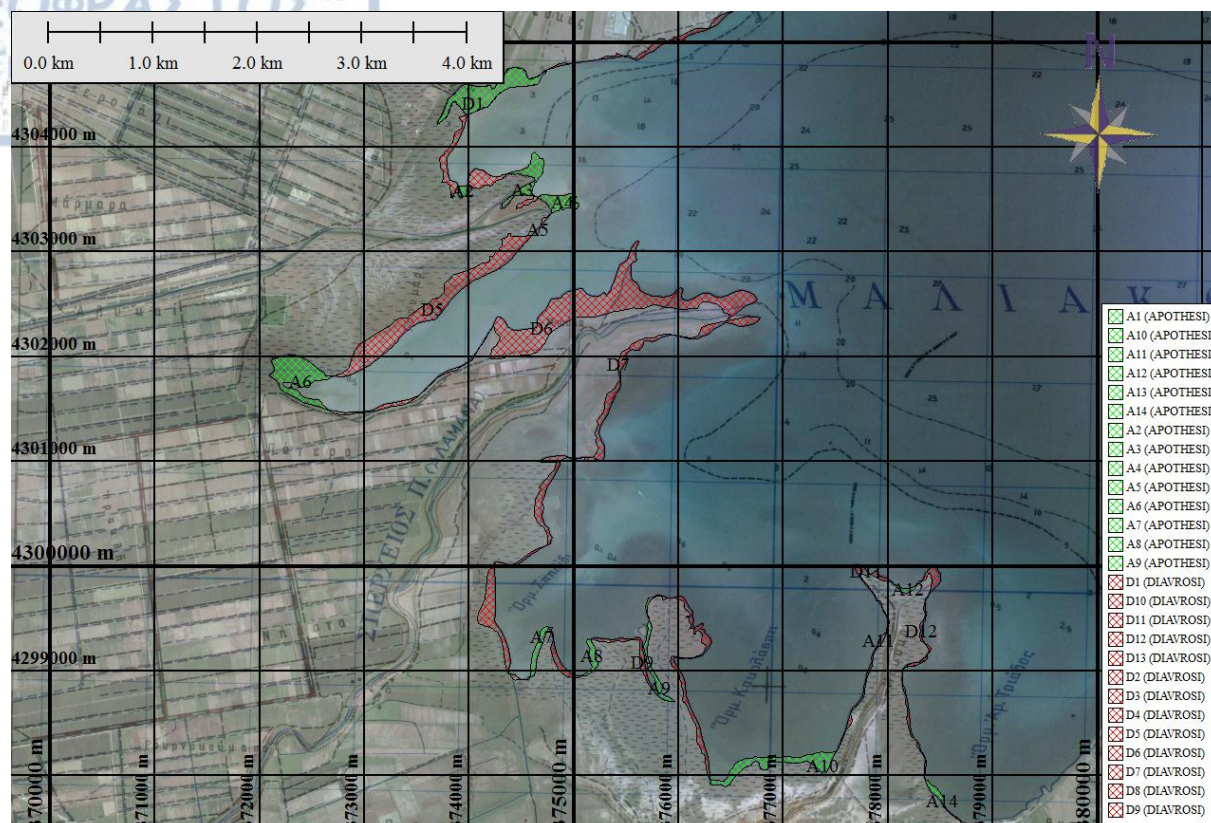
Για την μελέτη του δέλτα του ποταμού Σπερχειού έχουμε ως δεδομένα τους παρακάτω τέσσερις χάρτες. Ο χάρτης 1 ο οποίος κατασκευάστηκε από την Γ.Υ.Σ (Γενική Υπηρεσία Στρατού) απεικονίζει το φύλλο Στυλίσ και μας παρέχει πληροφορίες της ευρύτερης περιοχής κατά τη δεκαετία του 1970. Στο χάρτη 2 που δημιουργήσαμε από το GoogleOzi, απεικονίζεται η ίδια περιοχή στην σημερινή της μορφή. Στο χάρτη 3 φαίνεται η σύνθεση των παραπάνω χαρτών με την προσθήκη των πολυγώνων που δείχνουν την μεταβολή στη μορφολογία του δέλτα κατά την χρονική περίοδο των τελευταίων 40 χρόνων. Με το κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η διάβρωση ενώ με το πράσινο η απόθεση. Τέλος στον χάρτη 4 διαγράφονται μόνο τα πολύγωνα μεταβολής και τα αριθμητικά τους στοιχεία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.



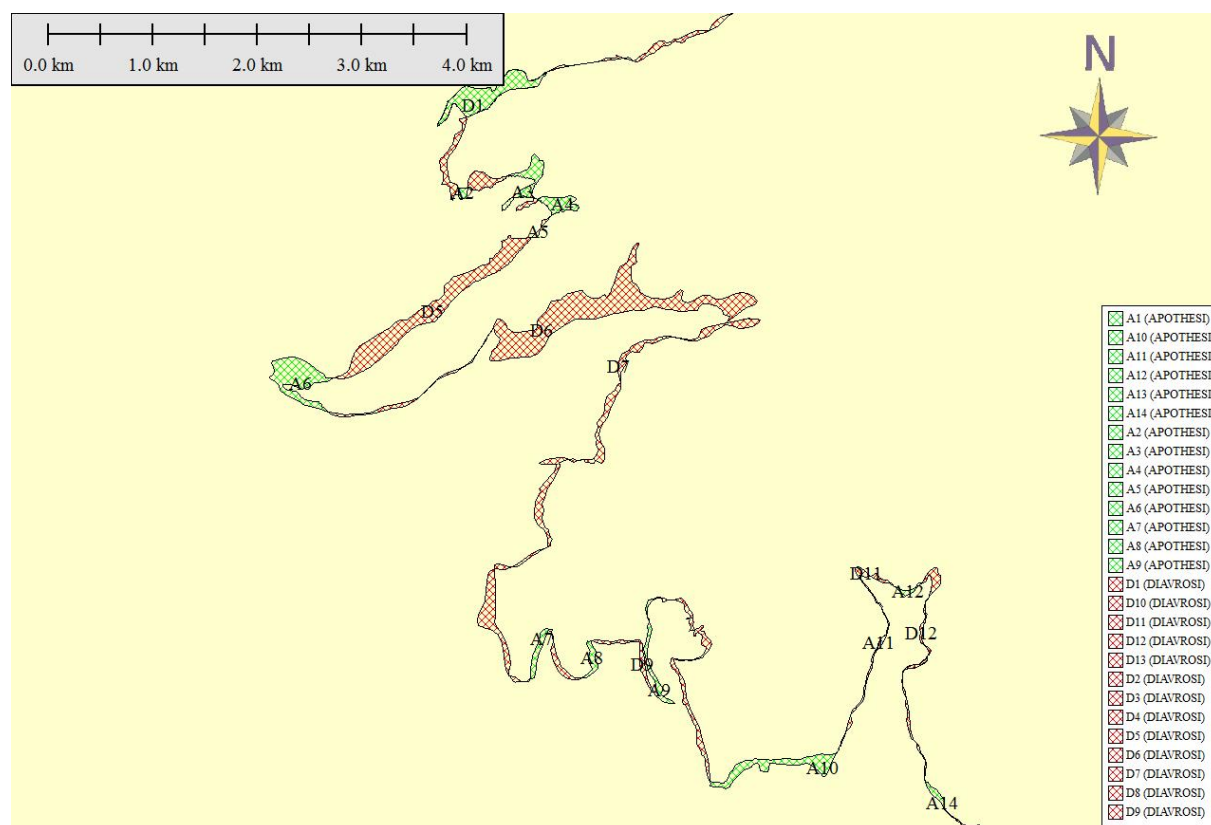
Χάρτης 4.2.1 Δέλτα ποταμού Σπερχειού (1970)



Χάρτης 4.2.2 Δέλτα ποταμού Σπερχειού (Σήμερα)



Χάρτης 4.2.3 Σύγκριση χαρτών και πολύγωνα μεταβολής μορφολογίας εκατέρωθεν του δέλτα του ποταμού Σπερχειού



Χάρτης 4.2.4 Πολύγωνα μεταβολής μορφολογίας εκατέρωθεν του δέλτα του ποταμού Σπερχειού

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ		
ΠΕΔΙΑ	ΑΠΟΘΕΣΗ (km ²)	ΔΙΑΒΡΩΣΗ (km ²)
A1	0,152	-
A2	0,0082	-
A3	0,0556	-
A4	0,04709	-
A5	0,002504	-
A6	0,1366	-
A7	0,02452	-
A8	0,01894	-
A9	0,03178	-
A10	0,0979	-
A11	0,004785	-
A12	0,00723	-
A13	0,0604	-
A14	0,01718	-
D1	-	0,0875
D2	-	0,03843
D3	-	0,0786
D4	-	0,002243
D5	-	0,3143
D6	-	0,565
D7	-	0,2623
D8	-	0,01913
D9	-	0,02532
D10	-	0,0747
D11	-	0,03753
D12	-	0,04716
D13	-	0,004119
ΣΥΝΟΛΟ	0,664729	1,556332

Ο ποταμός Σπερχειός έχει μήκος 85 km και συνολική έκταση λεκάνη απορροής 1907 km² και εκβάλλει στον Μαλιακό κόλπο, οπού σχηματίζεται το δέλτα του. Η κεντρική κοίτη, στο χώρο οπού εκβάλλει, χωρίζεται σε τρεις νέες κοίτες, την παλιά κοίτη του ποταμού, τη νεώτερη και την κοίτη εκτροπής.

Το δέλτα και η πεδινή προσχωματική περιοχή του ποταμού αποτελούνται από Τεταρτογενείς αποθέσεις, αργίλλους, άμμους, χαλίκια και κροκάλες και χαρακτηρίζονται από ήπιο ανάγλυφο.

Από γεωμορφολογικής άποψης το δέλτα του ποταμού κατατάσσεται στα πελματοειδούς τύπου δέλτα και εκβάλλει σε ένα κόλπο που έχει χαρακτηριστεί χαμηλής ενέργειας, σχετικά κλειστός. Επίσης, περιέχει ο κόλπος ένα εσωτερικό λοβό μέγιστου βάθους 27 m και ένα εξωτερικό τμήμα με βάθη μεγαλύτερα των 50 m.

Η διαμόρφωση της πεδινής-δελταϊκής περιοχής καθορίζεται από τη λεκάνη απορροής και το υδρογραφικό δίκτυο του π. Σπερχειού, που την τροφοδοτούν με νερά και φερτές ύλες. Σύνηθες φαινόμενο είναι η υπερχειλίση του ποταμού στο Δέλτα με αποτέλεσμα να αλλάζει η κύρια κοίτη ροής του.

Αξιοσημείωτος είναι ο χειμαρρικός χαρακτήρα του ποταμού με έντονη στερεομεταφορική δράση. Η επίδραση της στερεομεταφοράς του ρεύματος έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση παραγωγικού εδάφους και την υποβάθμιση του χώρου των ορεινών λεκανών απορροής. Τα υλικά αυτά μεταφέρονται από τις κοίτες των ρευμάτων και έτσι προσχώνεται η τεχνητή κοίτη, μειώνονται οι παροχετευτικές διαστάσεις και πολύ πιθανόν δημιουργούνται πλημμυρικά φαινόμενα.

Όσον αφορά το κλίμα στη λεκάνη απορροής του ποταμού το κατατάσσουμε στην υποτροπική μεσογειακή ζώνη με καλοκαίρι θερμό και ξηρό και χειμώνα ήπιο και υγρό. Επίσης μπορεί να γίνει η ακόλουθη διάκριση στο χώρο του ποταμού: στον Μαλιακό κόλπο το κλίμα χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό, ενώ στο εσωτερικό είναι πεδινό ηπειρωτικό στην κοιλάδα του Σπερχειού και ορεινό ηπειρωτικό με ψυχρό και δριμύ χειμώνα σε περιοχές με υψόμετρο πάνω από 500 m.

(Ευθυμίου –Μερτζάνης-Σαπουντζής-Ζακυνθινός 2005)

Μετά το τέλος της δεκαετίας του '50 οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις έγιναν πιο έντονες με αποτέλεσμα να επηρεάζονται τα φυσικά οικοσυστήματα.

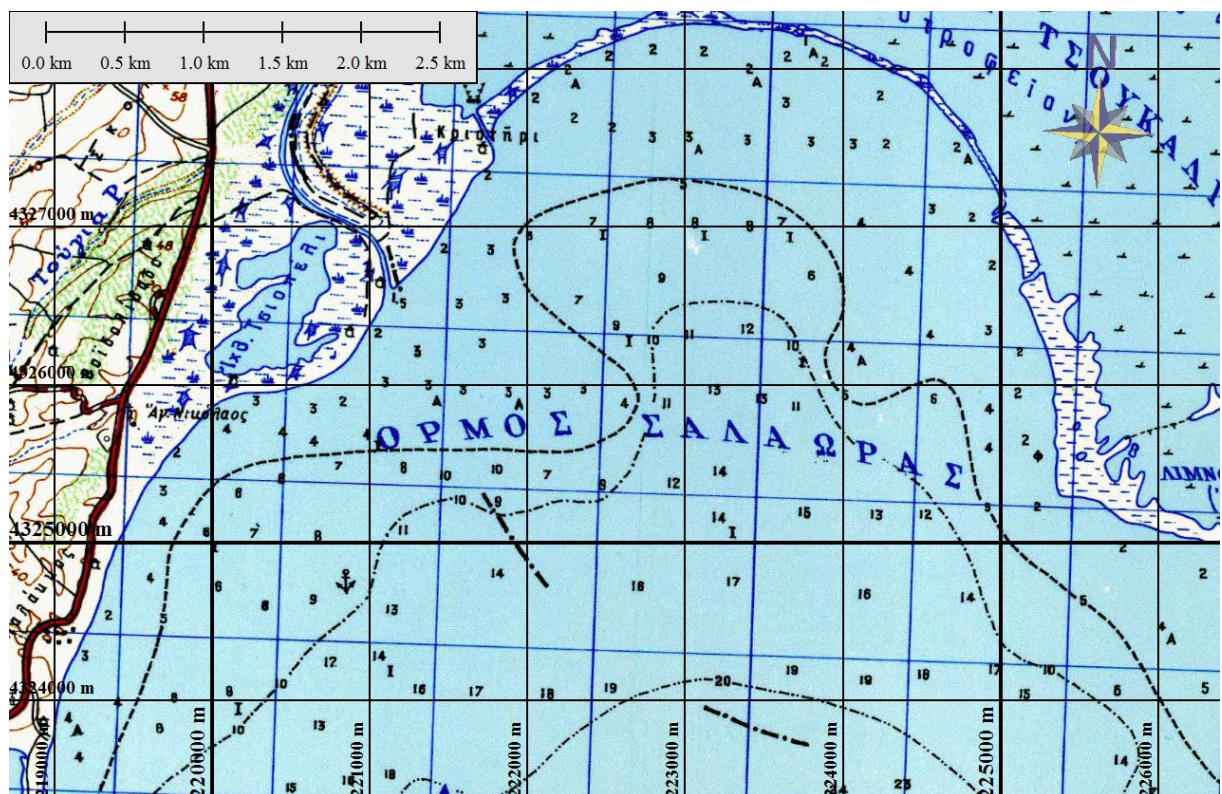
Οι κυριότερες ανθρωπογενείς επεμβάσεις είναι οι εξής :

- Οι γεωργικές καλλιέργειες και η εντατικοποίηση τους.
- Η μετατόπιση της κύριας κοίτης
- Οι απολήψεις λεπτόκοκκου και χονδρόκοκκου υλικού
- Η διάνοιξη δρόμων και η κατασκευή αρδευτικών και στραγγιστικών δικτύων
- Η ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών λυμάτων και οικιακών απορριμμάτων

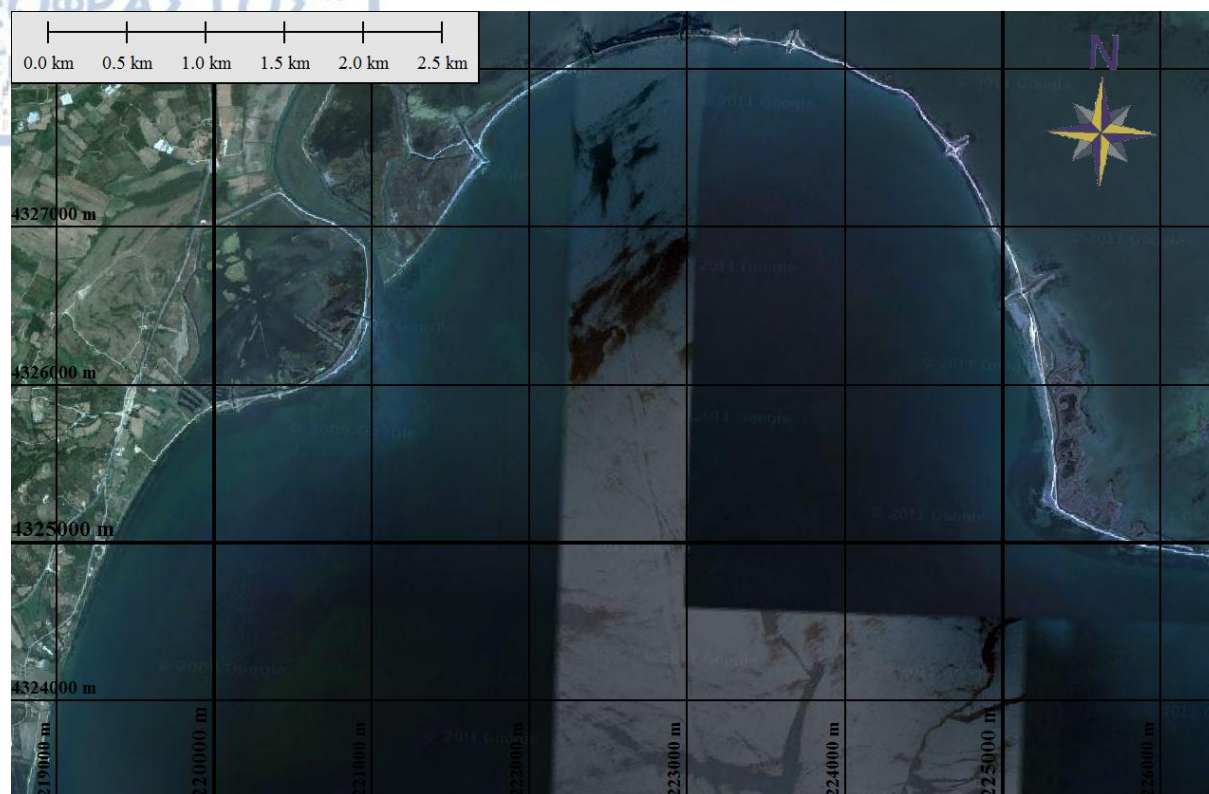
Οι παραπάνω ανθρώπινες δραστηριότητες επηρέασαν σημαντικά τα φυσικά οικοσυστήματα του δέλτα. Η διατήρηση της ισορροπίας του υδρολογικού ισοζυγίου καθώς επίσης η δυνατότητα της αντιδιαβρωτικής προστασίας της λεκάνης και ο περιορισμό της υπερ-παραγωγής φερτών υλών, είναι οι παράγοντες που βασίζεται πάνω τους το σχέδιο-πλάνο ώστε να αντιμετωπιστεί η υποβάθμιση του δελταϊκού χώρου. Από τα παραπάνω είναι ξεκάθαρο πως στο δέλτα του ποταμού Σπερχειού το φαινόμενο της διάβρωσης είναι εντονότερο από αυτό της απόθεσης. Το συγκεκριμένο δέλτα επηρεάζεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από τις ποτάμιες διεργασίες, όμως, αξιοσημείωτη είναι και η επιρροή που ασκεί σε αυτό ο κυματισμός εντός του Μαλιακού κόλπου.

4.3 ΛΟΥΡΟΣ

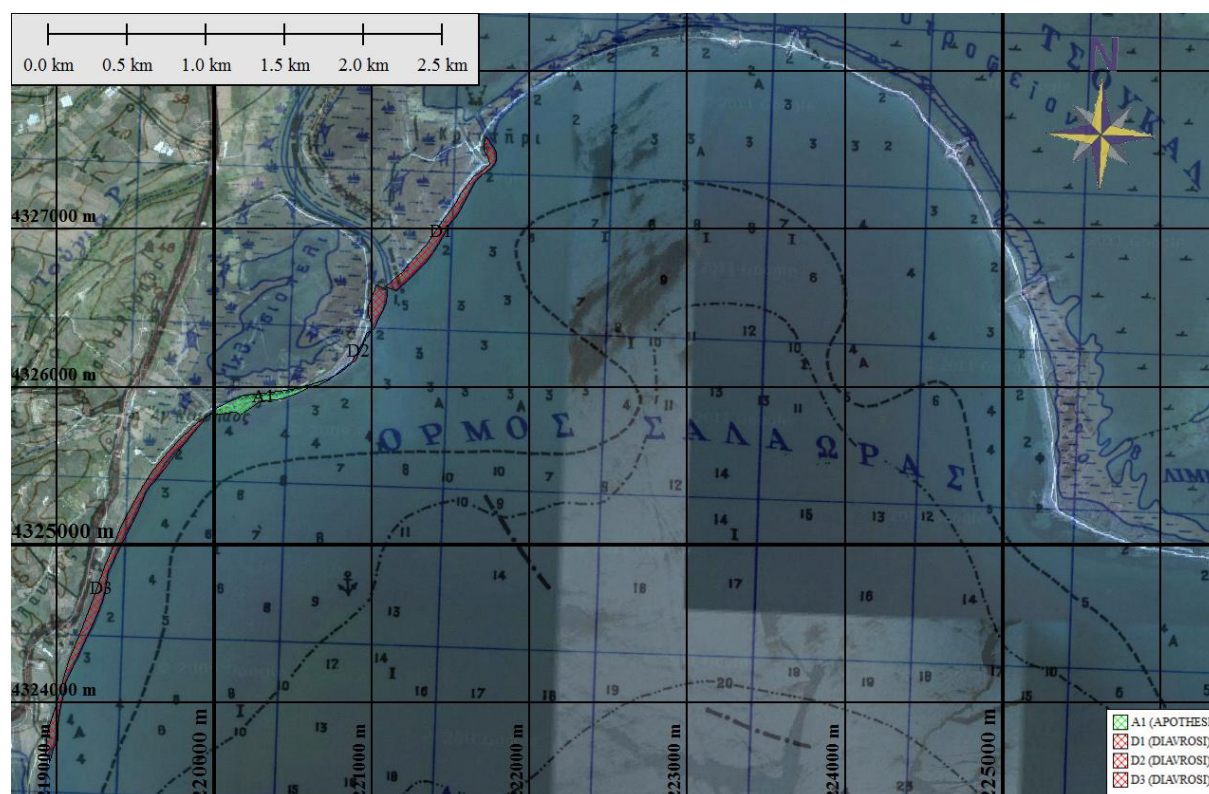
Για την μελέτη του δέλτα του ποταμού Λούρου έχουμε ως δεδομένα τους παρακάτω τέσσερις χάρτες. Ο χάρτης 1 ο οποίος κατασκευάστηκε από την Γ.Υ.Σ (Γενική Υπηρεσία Στρατού) απεικονίζει το φύλλο Άρτα και μας παρέχει πληροφορίες της ευρύτερης περιοχής κατά τη δεκαετία του 1970. Στο χάρτη 2 που δημιουργήσαμε από το GoogleOzi, απεικονίζεται η ίδια περιοχή στην σημερινή της μορφή. Στο χάρτη 3 φαίνεται η σύνθεση των παραπάνω χαρτών με την προσθήκη των πολυγώνων που δείχνουν την μεταβολή στη μορφολογία του δέλτα κατά την χρονική περίοδο των τελευταίων 40 χρόνων. Με το κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η διάβρωση ενώ με το πράσινο η απόθεση. Τέλος στον χάρτη 4 διαγράφονται μόνο τα πολύγωνα μεταβολής και τα αριθμητικά τους στοιχεία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.



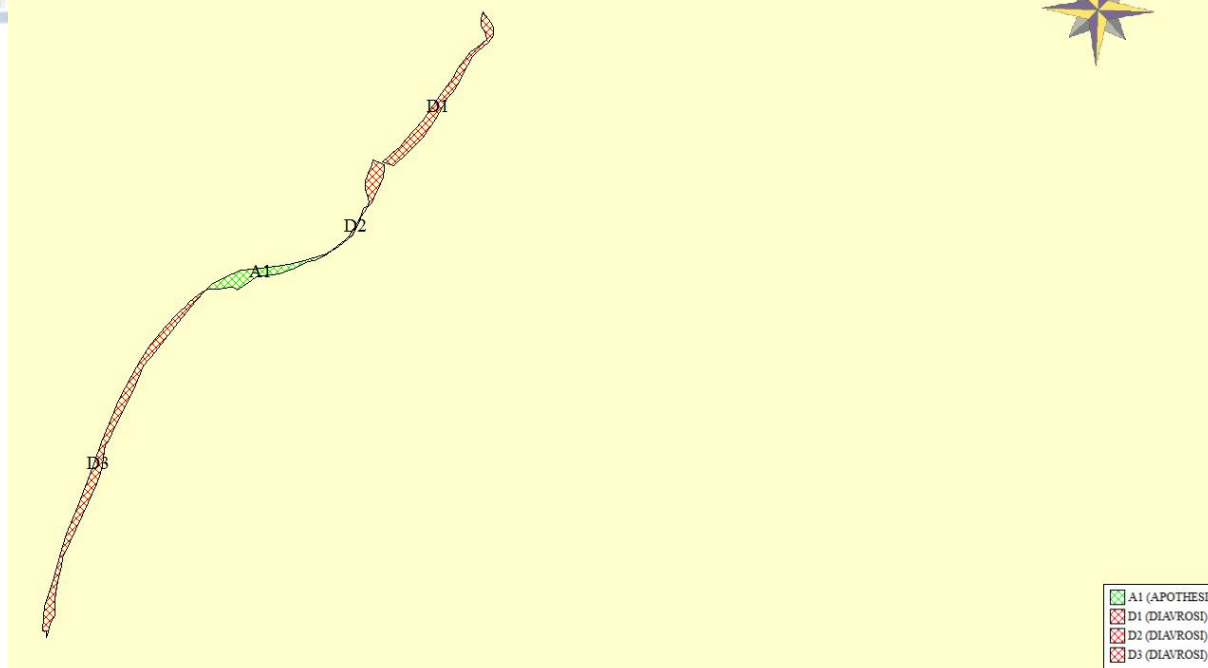
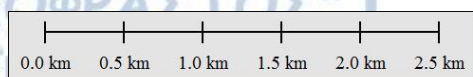
Χάρτης 4.3.1 Δέλτα ποταμού Λούρου (1970)



Χάρτης 4.3.2 Δέλτα ποταμού Λούρου (Σήμερα)



Χάρτης 4.3.3 Σύγκριση χαρτών και πολύγωνα μεταβολής μορφολογίας εκατέρωθεν του δέλτα του ποταμού Λούρου



Χάρτης 4.3.4 Πολύγωνα μεταβολής μορφολογίας εκατέρωθεν του δέλτα του ποταμού Λούρου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΛΟΥΡΟΥ		
ΠΕΔΙΑ	ΑΠΟΘΕΣΗ (km ²)	ΔΙΑΒΡΩΣΗ (km ²)
A1	0,03674	-
D1	-	0,0607
D2	-	0,02343
D3	-	0,1027
ΣΥΝΟΛΟ	0,03674	0,18683

Ο ποταμός Λούρος στα δυτικά του Αμβρακικού κόλπου διασχίζει ασβεστολιθικά κυρίως πετρώματα, χωρίς να μεταφέρει τα υλικά τα οποία έχουν δημιουργηθεί από την δράση της αποσάθρωσης των πετρωμάτων υπερβασικής σύστασης και είναι πολύ μικρότερης δυναμικότητας όσον αφορά την παροχή νερού και την παροχή του μεταφερόμενου στερεού υλικού.

Η συνεισφορά του ποταμού Λούρου στο ιζηματολογικό προφίλ της πεδινής έκτασης είναι μικρή και περιορίζεται σε μια στενή λωρίδα εκατέρωθεν της κοίτης του ποταμού σήμερα και κατά ένα μικρό μέρος στην ανατολική μεριά οπού εκβάλει.

Η προσχωματική ικανότητα του ποταμού Λούρου είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με την προσχωματική ικανότητα άλλων ποταμών που εκβάλουν στον Αμβρακικό κόλπο όπως παραδείγματος χάρη ο ποταμός Άραχθος, καθώς διαθέτει πολύ μεγαλύτερη λεκάνη απορροής από αυτήν του ποταμού Λούρου. Η λεκάνη απορροής του ποταμού Λούρου καταλαμβάνει γύρω στα 685 km² και το μήκος της κύριας ακτής υπολογίζεται περί τα 73 km. Η διεύθυνση της κοίτης είναι Β.ΒΔ-Ν.ΝΑ και ακολουθεί την διεύθυνση των αξόνων πτύχωσης των πετρωμάτων της περιοχής. Έτσι συμπεραίνουμε πως το δελταϊκό πεδίο του ποταμού δεν είναι ιδιαιτέρως ανεπτυγμένο με αποτέλεσμα να μην είναι καθοριστικής σημασίας η δράση του ποταμού στην δημιουργία της πεδιάδας της Άρτας.

Εκτός της ποσοτικής προσέγγισης και μελέτης του προσχωματικού υλικού που αποτίθεται θα πρέπει να υπάρξει και μια ποιοτική προσέγγιση ώστε να έχουμε μια πλήρη άποψη για την γενικότερη μορφολογία της περιοχής. Ο ποταμός Λούρος προσφέρει ποσότητες κυρίως λεπτόκοκκου υλικού καθώς επίσης και ασβεστολιθικές κροκάλες και χαλίκια που προέρχονται από την δράση των καρστικών πηγών των ασβεστολίθων. Οι ποσότητες που προσφέρονται είναι μικρές και δεν ασκούν ιδιαιτέρως σημαντική επιρροή στο σχηματισμό της γενικότερης μορφολογίας της περιοχής.

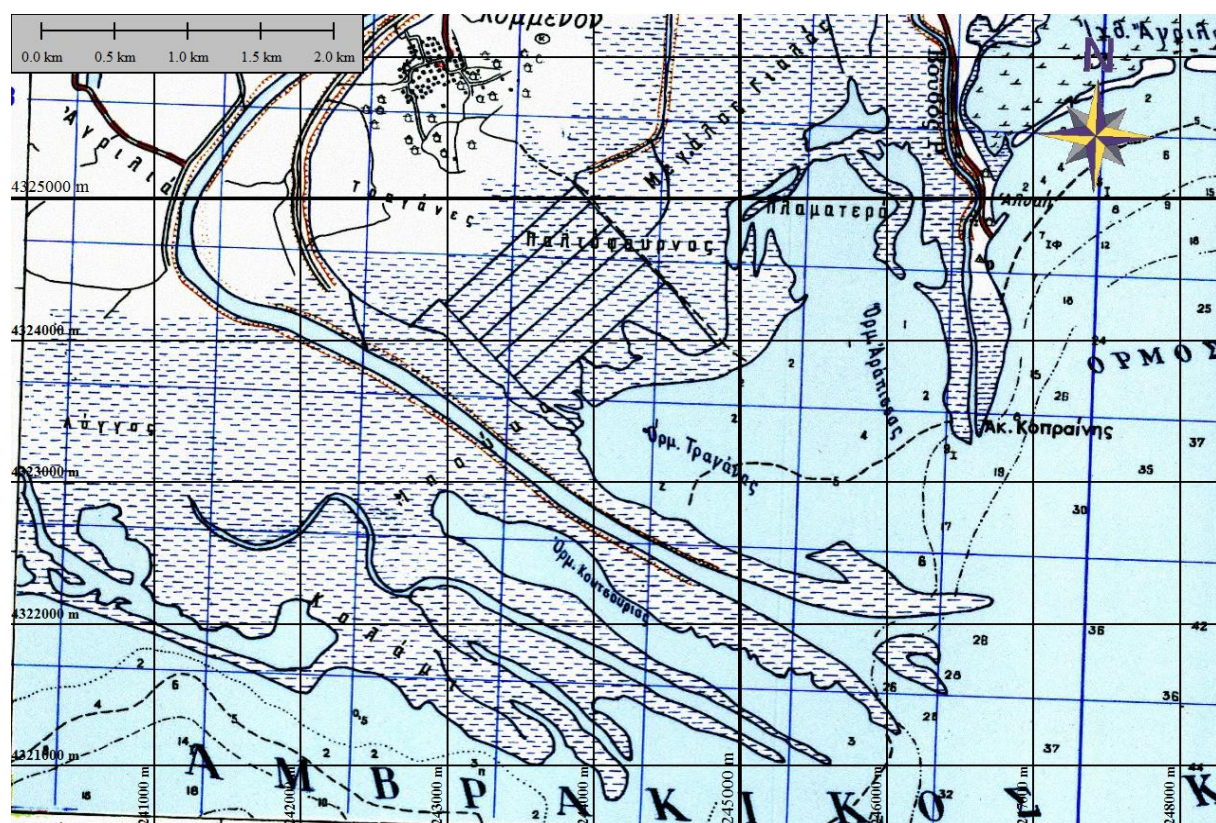
Μια μικρή αναφορά στο κλίμα της περιοχής, το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί εύκρατο, ήπιο που μεταβάλλεται προς ηπειρωτικό. Το κλίμα της περιοχής επηρεάζεται από υγρές αέριες μάζες που προέρχονται από το Ιόνιο πέλαγος και εκφορτίζονται στην οροσειρά της Πίνδου. Το μικρότερο ύψος βροχόπτωσης παρατηρείται στα δυτικά και υπολογίζεται στα 1200 mm, ενώ προς το δέλτα φτάνει τα 1600 mm. Ανατολικότερα και βορειότερα στους ορεινούς όγκους το ύψος της βροχόπτωσης υπολογίζεται στα 2600 mm. Οι απόλυτες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες για τους σταθμούς Ακτίου και Άρτας είναι 37 °C και 41 °C κατά το καλοκαίρι και -3,6 °C και -7,2 °C κατά το χειμώνα. Τα παραπάνω στοιχεία αφορούν ετήσια κατανομή. (Βρινιώτης-Παπαδοπούλου 2004)

Συνοψίζοντας, καταλήγουμε πως ο Λούρος ποταμός χαρακτηρίζεται από μικρή μεταφορική ικανότητα στερεού υλικού χερσαίας προέλευσης και πως οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν τα τελευταία 30 χρόνια εκατέρωθεν του δέλτα του, προέκυψαν από την κυματική δράση στο εσωτερικό του Αμβρακικού κόλπου. Έτσι μπορούμε να καταλάβουμε το λόγο που στους χάρτες μας παρατηρούμε μεγαλύτερα ποσά διάβρωσης παρά απόθεσης στην ευρύτερη περιοχή του δέλτα του συγκεκριμένου ποταμού.

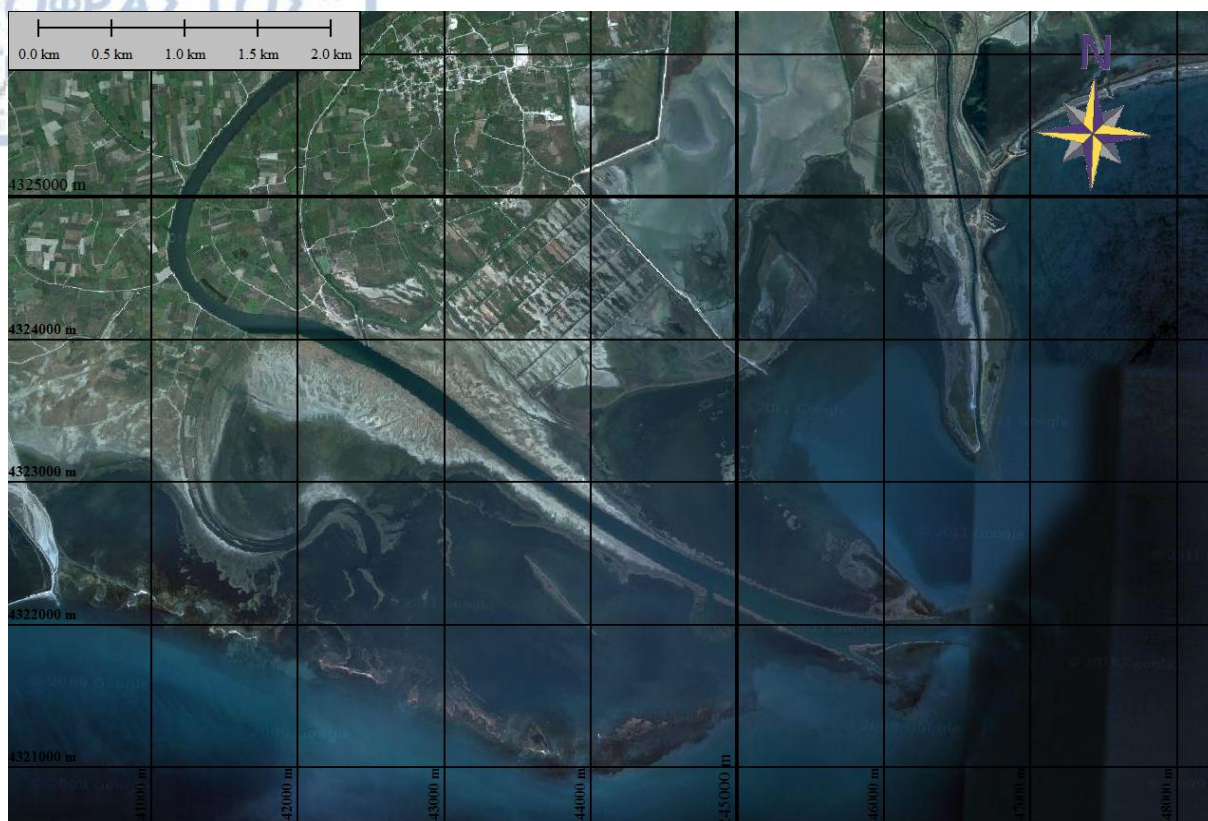
Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πως η ποσότητα στερεού υλικού που μεταφέρει ο ποταμός είναι μικρή, καθώς η απόθεση σε σύγκριση με την διάβρωση που παρατηρείται είναι λιγότερο έντονη. Το δέλτα του ποταμού επηρεάζεται κυρίως από τις ποτάμιες διεργασίες αλλά και από τον κυματισμό στον Αμβρακικό κόλπο.

4.4 ΑΡΑΧΘΟΣ

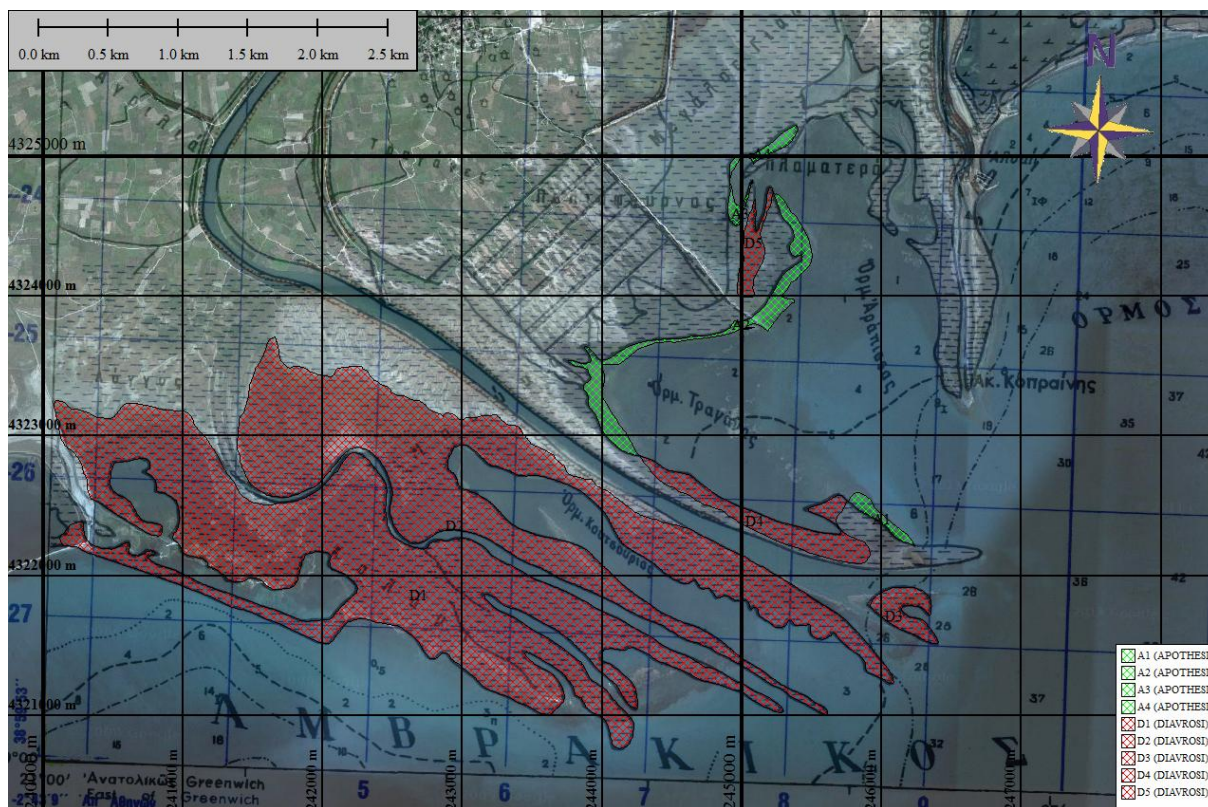
Για την μελέτη του δέλτα του ποταμού Άραχθου έχουμε ως δεδομένα τους παρακάτω τέσσερις χάρτες. Ο χάρτης 1 ο οποίος κατασκευάστηκε από την Γ.Υ.Σ (Γενική Υπηρεσία Στρατού) απεικονίζει το φύλλο Πέτα και μας παρέχει πληροφορίες της ευρύτερης περιοχής κατά τη δεκαετία του 1970. Στο χάρτη 2 που δημιουργήσαμε από το GoogleOzi, απεικονίζεται η ίδια περιοχή στην σημερινή της μορφή. Στο χάρτη 3 φαίνεται η σύνθεση των παραπάνω χαρτών με την προσθήκη των πολυγώνων που δείχνουν την μεταβολή στη μορφολογία του δέλτα κατά την χρονική περίοδο των τελευταίων 40 χρόνων. Με το κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η διάβρωση ενώ με το πράσινο η απόθεση. Τέλος στον χάρτη 4 διαγράφονται μόνο τα πολύγωνα μεταβολής και τα αριθμητικά τους στοιχεία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.



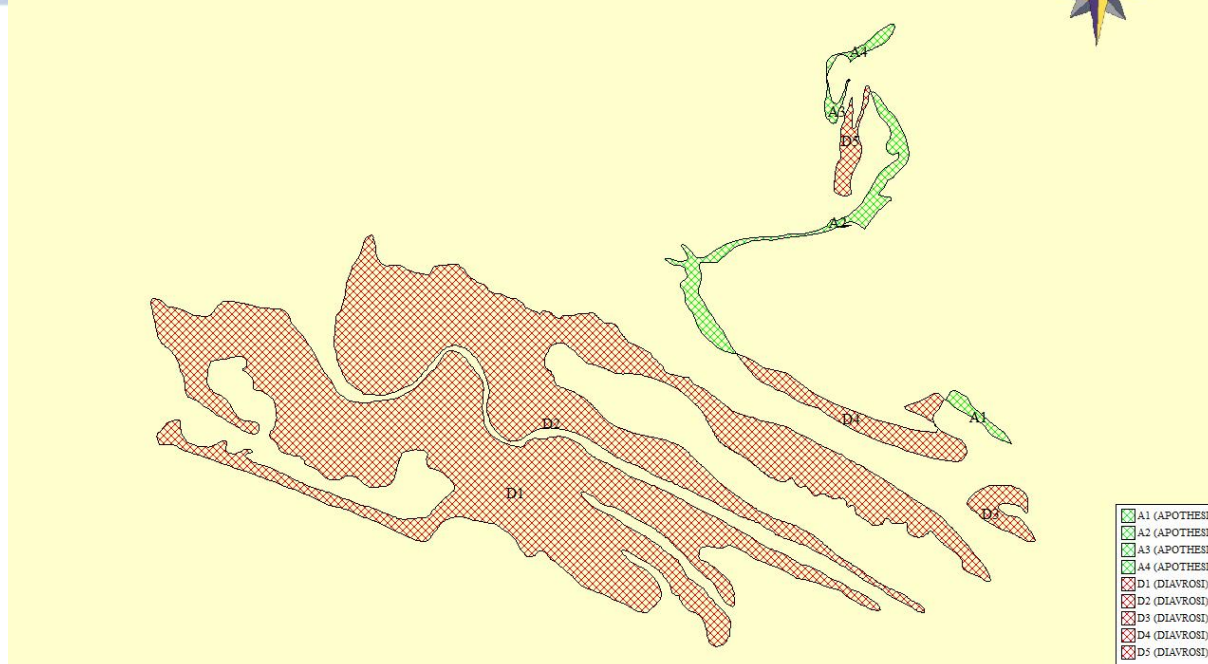
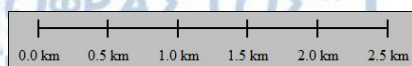
Χάρτης 4.4.1 Δέλτα ποταμού Άραχθου (1970)



Χάρτης 4.4.2 Δέλτα ποταμού Άραχθου (Σήμερα)



Χάρτης 4.4.3 Σύγκριση χαρτών και πολύγωνα μεταβολής μορφολογίας εκατέρωθεν του δέλτα του ποταμού Άραχθου



Χάρτης 4.4.4 Πολύγωνα μεταβολής μορφολογίας εκατέρωθεν του δέλτα του ποταμού Άραχθου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΡΑΧΘΟΥ		
ΠΕΔΙΑ	ΑΠΟΘΕΣΗ (km ²)	ΔΙΑΒΡΩΣΗ (km ²)
D1	-	3,228
D2	-	2,479
D3	-	0,101
D4	-	0,2515
D5	-	0,0795
A1	0,0382	-
A2	0,2388	-
A3	0,0197	-
A4	0,0329	-
ΣΥΝΟΛΟ	0,3296	6,139

Ο ποταμός Αραχθός πηγάζει από την οροσειρά της Πίνδου κοντά στο Μέτσοβο, ρέει με γενική κατεύθυνση Β-N και εκβάλλει στον Αμβρακικό Κόλπο Έχει μήκος περίπου 110 χλμ. και τα νερά του προέρχονται κυρίως από βροχές, λιωμένο χιόνι και από δυο σημαντικά καρστικά συστήματα: το αντίκλινο του Αραχθού (ανατολικές πλαγιές των βουνών Μιτσικέλι και Ξεροβούνι) και των Τζουμέρκων. Τα πετρώματα που διαβρέχει ο ποταμός είναι κυρίως φλύσχης και λιγότερο ασβεστολιθικά πετρώματα.

Το ανάγλυφο του χερσαίου τμήματος του δέλτα είναι χαμηλό ενώ το υποθαλάσσιο τμήμα παρουσιάζει μικρή κλίση στην αρχή και μετά από λίγα μέτρα βαθαίνει απότομα ώσπου να καταλήξει σε βάθος 60 περίπου μέτρων. Οι βροχοπτώσεις είναι αρκετά ψηλές και οι μέσες ετήσιες τιμές φτάνουν τα 1200 mm (Μπόλτσης, 1986). Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή είναι ήπιες, μεσογειακού τύπου.

Η περιοχή του δέλτα αποτελείται από τα ιζήματα που μετέφερε ο Αραχθός και εν μέρει από ιζήματα του ποταμού ανατολικά αυτού, τον Βούβο. Οι ακτές καταλαμβάνονται από δελταϊκούς σχηματισμούς που φαίνεται να μεταναστεύουν στα ανατολικά. Η μετάθεση αυτή καθώς και η κάμψη του δέλτα, οφείλονται στην δράση των νότιων-νοτιοδυτικών ανέμων που κυριαρχούν στην περιοχή. Δυτικά της περιοχής υπάρχει ο όρμος του Φειδόκαστρου. Στην τελική διαμόρφωση του κόλπου και στο σχηματισμό των αμμολουριδίων της λιμνοθάλασσας Λογαρού συνέβαλλαν τα ιζήματα που προέρχονταν από: (α) τη διάβρωση του νησιωτικού συμπλέγματος της Κορωνησίας, και (β) από τον Αραχθό που εκείνη την εποχή βρισκόταν στη θέση Παλιομπούκα. Αργότερα, με την απομάκρυνση των εκβολών του Αραχθού προς τα ανατολικά, ο ποταμός σχημάτισε ένα νέο δελταϊκό του σύστημα που βρισκόταν περίπου 1 χιλιόμετρο νοτιοδυτικά από τη σημερινή του θέση. Στα τέλη της δεκαετίας του 1930 έγινε διευθέτηση και εκτροπή της κύριας κοίτης, οπότε άρχισε να αναπτύσσεται ο σημερινός δελταϊκός λοβός.

Κατά την διάνοιξη του νέου διαύλου και μέχρι το 1945 ο ρυθμός εισχώρησης των δελταϊκών προσχώσεων στη θάλασσα ήταν τεράστιος. Η μετάπτωση του της παλιάς κοίτης από το μαιανδρικό (άνω τμήμα) στο ευθύγραμμο (κάτω τμήμα) σχήμα υποδηλώνει μια προσπάθεια διευθέτησης που έγινε λίγο πριν από την διάνοιξη του νέου διαύλου. Εκτός από την κύρια κοίτη του, ο Αραχθός εξέβαλλε στον Αμβρακικό Κόλπο μέσω ενός δικτύου από πολυάριθμα, δευτερεύοντα κανάλια τα οποία λειτουργούσαν σε περιόδους πλημμύρων. Στα δυτικά του ενεργού δέλτα, βρίσκεται η λιμνοθάλασσα της Παλιομπούκας, η οποία έχει τριγωνικό σχήμα, με την μια γωνία της να κατευθύνεται προς το νότο. Οι μαιανδρικοί ποτάμιοι σχηματισμοί που διακρίνονται βόρεια της λιμνοθάλασσας, αποτελούν αδιάψευστη μαρτυρία μιας παλιάς εγκαταλελειμμένης εκβολής του Αραχθού. Ανατολικά του δέλτα, διακρίνονται οι εκβολές του Βουβού ποταμού που αναπτύσσονται σε έναν άξονα Β-N.

Οι δελταϊκές προσχώσεις του Άραχθου επεκτάθηκαν από το 1945 μέχρι το 1960, μπροστά από το νέο δίαυλο, άλλα 1700-1800 μέτρα, φτάνοντας νότια από τις εκβολές του Βουβού και περιορίζοντας την έκταση της λιμνοθάλασσας της Κόφραινας. Η περιοχή κοντά στον παλιό δίαυλο διαβρώνεται έντονα και σε μερικά σημεία η θάλασσα εισχωρεί περίπου δύο χιλιόμετρα. Η λιμνοθάλασσα της Παλιομπούκας επικοινωνεί με την γειτονική λιμνοθάλασσα Κόφτρα, μέσω ενός φυσικού καναλιού. Αντίθετα, η εκβολή του ποταμού Βουβού δεν φαίνεται να μεταβάλλεται σημαντικά.

Από τις αρχές του 60 μέχρι τα τέλη του 80 παρατηρείται μια σημαντική διάβρωση στις εκβολές του Άραχθου. Οι προσχώσεις μπροστά από το νέο δίαυλο, επεκτείνονται, προς τα ανατολικά, μόνο 700 περίπου μέτρα (κατά μέσο όρο, 25 μέτρα το χρόνο), ενώ εκατέρωθεν της διευθετημένης κοίτης παρατηρείται μικρής έκτασης διάβρωση. Παράλληλα οι παράκτιες αμμολουρίδες που προστάτευαν την περιοχή νότια-νοτιοδυτικά του παλιού διαύλου, υποχωρούν και ένα νέο λιμνοθάλασσιο σύστημα φαίνεται να αναπτύσσεται. (Καψιμάλλης-Τζιάβος-Λιβανός-Αναγνώστου 2003)

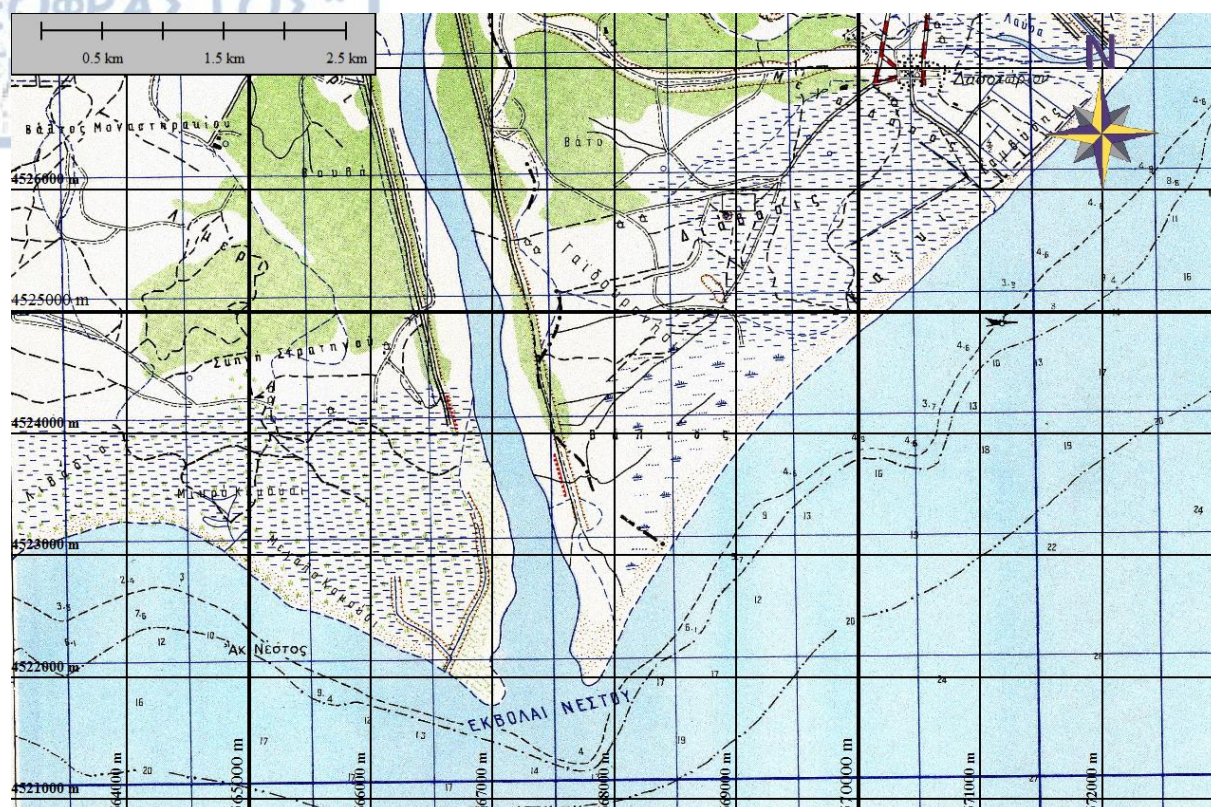
Την τελευταία 20ετία η διάβρωση συνεχίζει να είναι έντονη στις εκβολές. Εκτεταμένες χέρσες περιοχές καλύφθηκαν από θάλασσα και μόνο κάποιες αμμονησίδες έχουν απομείνει. Η ακτογραμμή της λιμνοθάλασσας Πλατανάκι έχει υποχωρήσει προς τα βόρεια, ενώ η μετωπική της αμμολουρίδα έχει καταρρεύσει σε αρκετά σημεία. Ένα τεχνητό ανάχωμα, πάνω στο οποίο υπάρχει δρόμος, είναι το μόνο όριο που χωρίζει την λιμνοθάλασσα Πλατανάκι από την λιμνοθάλασσα της Κόφτρας-Παλιομπούκας. Αντίθετα, σχεδόν καμία αλλαγή δεν παρατηρείται στην περιοχή της εκβολής του Βουβού, η οποία πιθανώς να έχει φτάσει σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας μεταξύ της προσφοράς ιζήματος από τον ποταμό και της διαβρωτικής ικανότητας της θάλασσας.

Οι παραπάνω διακυμάνσεις στην εξέλιξη των δελταϊκών αποθέσεων της σημερινής εκβολής του Άραχθου Ποταμού πρέπει να οφείλονται στη μεταβαλλόμενη ικανότητα του ποταμού να τροφοδοτεί με ιζήματα την περιοχή. Αμέσως μετά την εκτροπή του στην νέα θέση, ο ποταμός πρόσχωσε μια πολύ αβαθή παράκτια περιοχή που ευνοούσε την γρήγορη προέλαση του δελταϊκού πεδίου, ενώ μετά το 1960 καθώς εισχώρησε στις βαθύτερες περιοχές, η υπαίθρια ανάπτυξη του άρχισε σταδιακά να επιβραδύνεται, αφού έπρεπε να δημιουργήσει όλο και πιο παχιές, υποθαλάσσιες αποθέσεις. Με την κατασκευή ενός πυκνού αρδευτικού δικτύου και κυρίως με την κατασκευή των υδροηλεκτρικών φραγμάτων στο Πουρνάρι (1981 και 1996), οι ποσότητες του νερού και του ιζήματος που εισέρεαν στον κόλπο μειώθηκαν δραστικά, συντείνοντας έτσι στην ανάσχεση της δελταϊκής προέλασης. Η επακόλουθη επικράτηση των θαλάσσιων διεργασιών (κύματα, ρεύματα), έναντι της προσχωματικής ικανότητας του ποταμού, οδήγησε στη διάβρωση της περιοχής γύρω από το νέο δίαυλο και το σχηματισμό μιας αβαθούς λιμνοθάλασσας (Πλατανάκι), στα νοτιοδυτικά του παλιού διαύλου

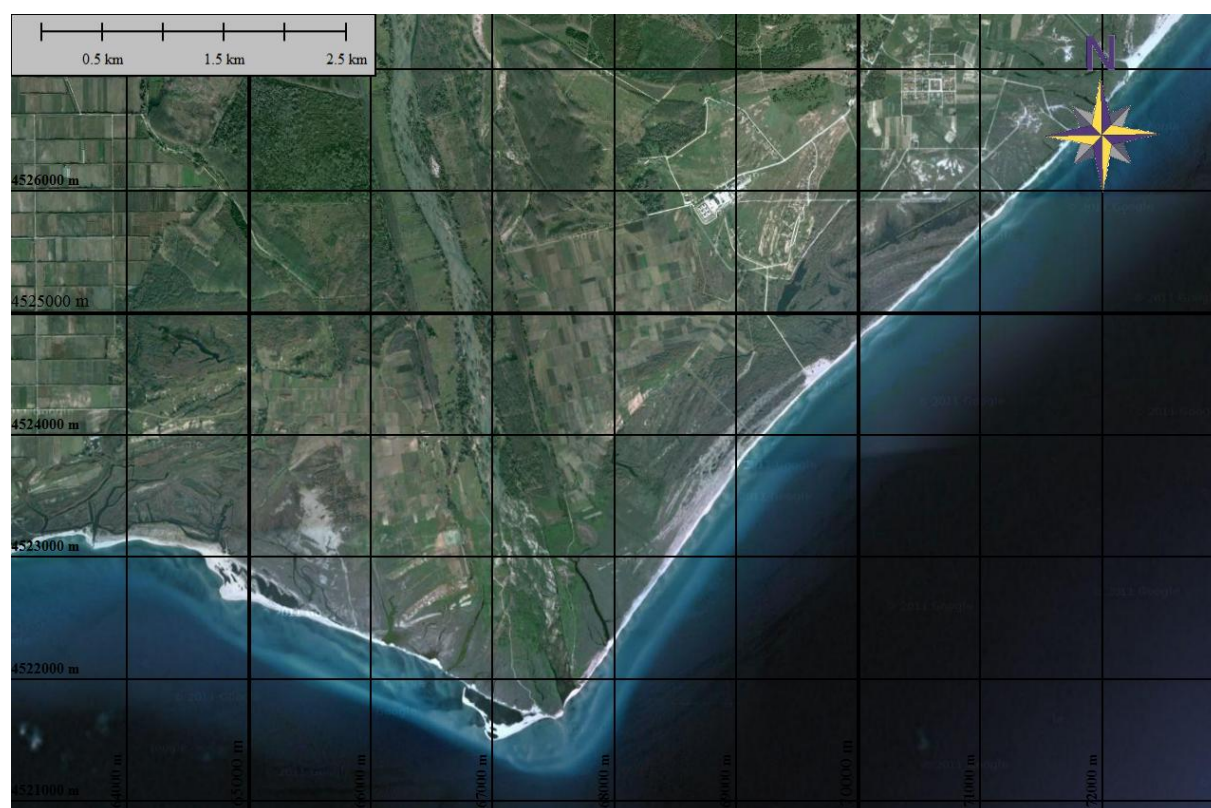
Συμπερασματικά οι εκβολές του ποταμού Άραχθου παρουσίασαν κατά καιρούς μεγάλες μεταβολές κατά την ανάπτυξή τους. Η παλιά εκβολή βρισκόταν 1 περίπου χιλιόμετρο, νοτιοδυτικά της σημερινής εκβολής, όπως διαπιστώνεται από τους εγκαταλελειμμένους μαιάνδρους του ποταμού. Από τη διάνοιξη του νέων διαύλων και από την τεχνητή εκτροπή και ευθυγράμμιση της κατώτερης κοίτης του, φαίνεται η άμεση επέμβαση του ανθρώπου για την εκμετάλλευση της ποτάμιας παροχής. Ένα εκτεταμένο αρδευτικό δίκτυο αναπτύχθηκε πάνω στη δελταϊκή πεδιάδα της Άρτας και ένα υδροηλεκτρικό φράγμα κατασκευάστηκε στην κύρια κοίτη του Άραχθου ποταμού, κοντά στο Πουρνάρι. Το τελευταίο διάστημα χαρακτηρίζεται από καθολική οπισθοχώρηση της ακτογραμμής στην περιοχή γύρω από τον παλιό αλλά και το νέο δίαυλο, λόγω έλλειψης ποτάμιου ιζήματος και επακόλουθης επικράτησης των θαλασσίων διεργασιών (κύματα και ρεύματα). Αυτές οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις συνέτειναν στην κατακράτηση ιζήματος στην κοίτη ή το δελταϊκό πεδίο του ποταμού, και συνεπώς στην εντυπωσιακή επιβράδυνση της προέλασης της νέας εκβολής. Τέλος να αναφέρουμε ότι η δημιουργία του δέλτα επηρεάζεται από τις ποτάμιες διεργασίες, όμως η δράση του κυματισμού στον Αμβρακικό κόλπο είναι ιδιαιτέρως σημαντική για την μορφολογία της περιοχής του δέλτα.

4.5 ΝΕΣΤΟΣ

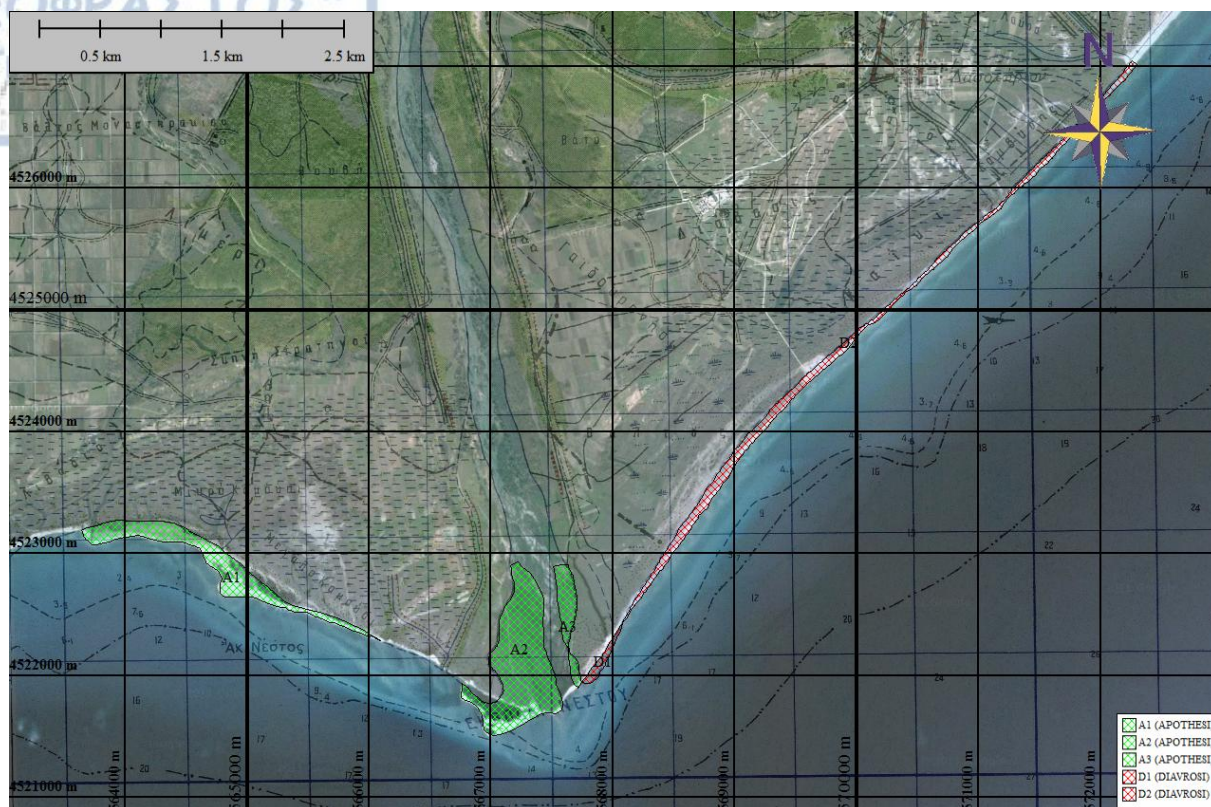
Για την μελέτη του δέλτα του ποταμού Νέστου έχουμε ως δεδομένα τους παρακάτω τέσσερις χάρτες. Ο χάρτης 1 ο οποίος κατασκευάστηκε από την Γ.Υ.Σ (Γενική Υπηρεσία Στρατού) απεικονίζει το φύλλο Άβδηρα και μας παρέχει πληροφορίες της ευρύτερης περιοχής κατά τη δεκαετία του 1970. Στο χάρτη 2 που δημιουργήσαμε από το GoogleOzi, απεικονίζεται η ίδια περιοχή στην σημερινή της μορφή. Στο χάρτη 3 φαίνεται η σύνθεση των παραπάνω χαρτών με την προσθήκη των πολυγώνων που δείχνουν την μεταβολή στη μορφολογία του δέλτα κατά την χρονική περίοδο των τελευταίων 40 χρόνων. Με το κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η διάβρωση ενώ με το πράσινο η απόθεση. Τέλος στον χάρτη 4 διαγράφονται μόνο τα πολύγωνα μεταβολής και τα αριθμητικά τους στοιχεία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.



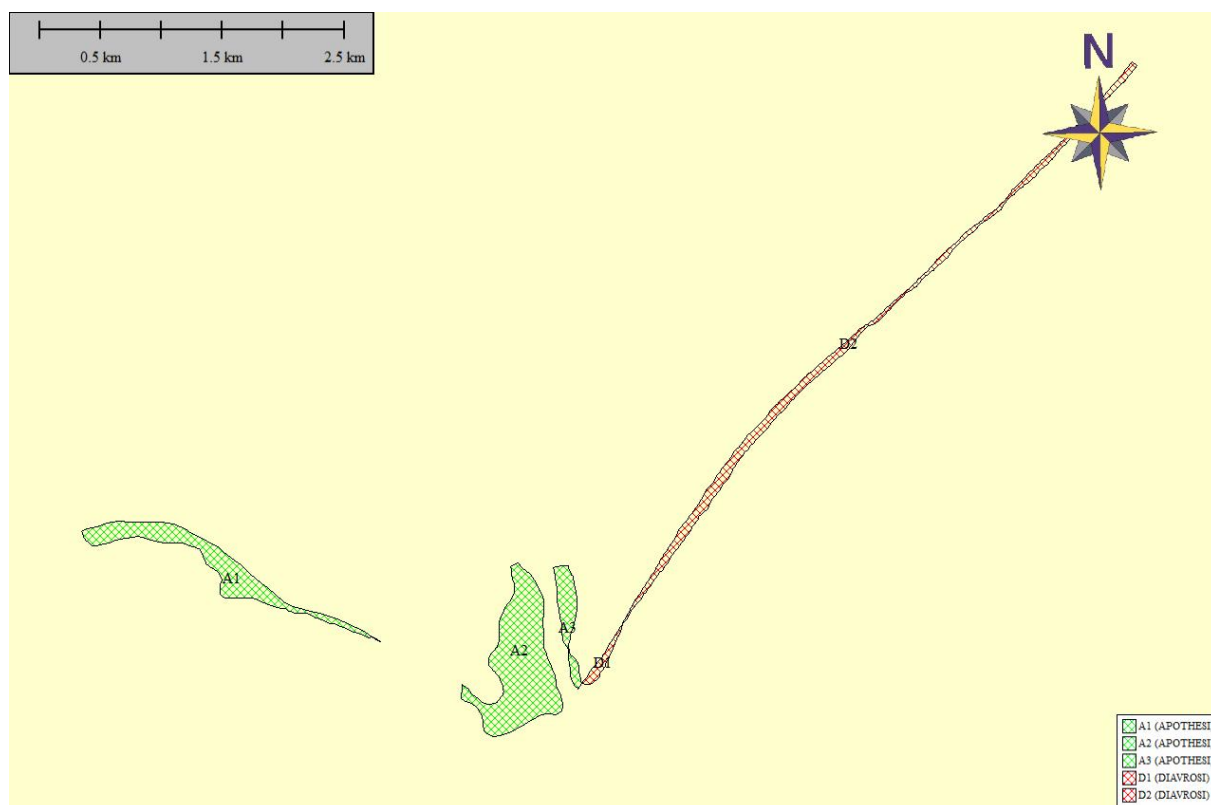
Χάρτης 4.5.1 Δέλτα ποταμού Νέστου (1970)



Χάρτης 4.5.2 Δέλτα ποταμού Αραχθού (Σήμερα)



Χάρτης 4.5.3 Σύγκριση χαρτών και πολύγωνα μεταβολής μορφολογίας εκατέρωθεν του δέλτα του ποταμού Νέστου



Χάρτης 4.5.4 Πολύγωνα μεταβολής μορφολογίας εκατέρωθεν του δέλτα του ποταμού Νέστου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΝΕΣΤΟΥ		
ΠΕΔΙΑ	ΑΠΟΘΕΣΗ (km ²)	ΔΙΑΒΡΩΣΗ (km ²)
A1	0,3038	-
A2	0,535	-
A3	0,0975	-
D1	-	0,0289
D2	-	0,2923
ΣΥΝΟΛΟ	0,9363	0,3212

Ο ποταμός Νέστος πηγάζει από την Βουλγαρία, διαρρέει όλο το ελληνικό έδαφος και χύνεται στο Αιγαίο. Έχει συνολικό μήκος 234 χλμ. (130 στο ελληνικό έδαφος) και λεκάνη απορροής 6178 τ χλμ. Πηγάζει μεταξύ των νοτιοδυτικών κλιτύων του ορεινού συγκροτήματος Ρίλα και της βορειοδυτικής Ροδόπης και εκβάλλει στο Αιγαίο απέναντι από την Θάσο σχηματίζοντας ένα μεγάλο και τεματωδες δέλτα.

Το Δέλτα του Νέστου βρίσκεται στα νότια σύνορα των Νομών Καβάλας και Ξάνθης. Η αρχή του τοποθετείται στην έξοδο του ποταμού από τον ορεινό όγκο, στους Τοξότες και απλώνεται προς τα νότια, καταλαμβάνοντας μία αρκετά μεγάλη έκταση από την Νέα Καρβάλη μέχρι τα Άβδηρα με μήκος ακτογραμμής περίπου 50 χιλιομέτρων. Έχει συνολική έκταση περίπου 500,000 στρ.. Θεωρείται από τους σημαντικότερους υγροτόπους της χώρας αλλά και της Ευρώπης. Τα τρία φράγματα που έχουν κατασκευαστεί είναι στη σειρά εκείνα του Τεμένους, της Πλατανόβρυσης, του Θησαυρού.

Τα δέλτα του Νέστου έχουν σχηματιστεί στα όρια μιας μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης στο νότιο τμήμα της Ροδόπης. Η αρχική βύθιση αυτής της ρηξιγενούς ζώνης τοποθετείται στο Κάτω-Μέσο Μειόκαινο, οπότε μεταφέρθηκαν και αποτέθηκαν στο χώρο αυτό, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και αργιλοψαμμίτες σε ποταμοδελταϊκό περιβάλλον. Η μεγάλη και συνεχής βύθιση της ρηξιγενούς ζώνης της νότιας Ροδόπης και η συνεχής απόθεση υλικών στον ευρύτερο χώρο των δέλτα είχαν αποτέλεσμα να αποκτήσουν οι ιζηματογενείς δελταϊκές αποθέσεις πάχος 2,5-6,0 χλμ.

Σύμφωνα με έρευνες έχει παρατηρηθεί ότι στις αλλαγές στην μορφολογία του Νέστου παίζουν ρόλο κυρίως φυσικές αιτίες και διεργασίες. Όμως τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της ανθρώπινης επέμβασης (αλλαγές στην κοίτη ροής, αποξηράνσεις ελών, λιμνών, λαγκούνων, κατασκευή αρδευτικών δικτύων, καλλιέργεια εκτάσεων) διατάραξαν την φυσική ισοροπία.

Από τη μορφολογία και την ανάπτυξη του δέλτα συμπεραίνουμε πως πρόκειται για σχηματισμό τοξοειδούς μορφής, τύπου Νείλου. Στην περίπτωση αυτή τον κυριότερο ρόλο διαμόρφωσης έχουν τα θαλάσσια κύματα, τα οποία εξαρτώνται άμεσα από τη φόρα και την ταχύτητα των ανέμων που πνέουν στην περιοχή του δέλτα κατά την διάρκεια του έτους.

Δευτερεύοντα και όχι τόσο σημαντικό ρόλο παίζει η τροφοδοσία σε κλαστικό υλικό και νερό από τον Νέστο καθώς επίσης και η δράση των θαλασσίων ρευμάτων κατά μήκος της ακτής. Μικρός είναι επίσης και ο ρόλος των παλιρροιών. Η παρουσία των νησιών Θάσο και Θασοπούλα μπροστά στον θαλάσσιο χώρο του Δέλτα είχε και έχει αποφασιστικό ρόλο για το σχηματισμό και την εξέλιξή του.

Το χερσαίο τμήμα του δέλτα του Νέστου δεν χαρακτηρίζεται από σταθερότητα κατά το Τεταρτογενές, αλλά μετατοπιζόταν πλευρικά. Επεκτεινόταν προς το χώρο της υφαλοκρηπίδας του Βορείου Αιγαίου κατά την διάρκεια των παγετωδών περιόδων, με την κάθοδο της στάθμης της θάλασσας. Συρρικνώνονταν προς τις κλιτείες των ορεινών όγκων της Ροδόπης κατά την διάρκεια των μεσοπαγετωδών περιόδων, με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. (Γαρέζος 2007)

Η σταδιακή άνοδος της στάθμης της θάλασσας προκάλεσε μείωση στην κλίση της κοίτης του Νέστου και στην ταχύτητα ροής του ποταμού, με συνέπεια να αλλάξει η συμπεριφορά του. Δηλαδή να υπερχειλίζει συχνά, να αλλάζει κοίτες ροής, να μαιανδρίζει και να αποθέτει μεγάλες ποσότητες υλικού κατά την πορεία του και στις εκβολές του. Ταυτόχρονα η δράση των κυμάτων και ρευμάτων της θάλασσας στο αβαθές μέτωπο του Δέλτα απέκτησε μεγάλη ένταση με συνέπεια την διασπορά των υλικών στο χώρο αυτό. Έτσι σχηματίστηκε ένα περίπλοκο σύστημα από φράγματα, λαγκούνες, βραχίονες, έλη και ράχεις στο οποίο προστέθηκαν και οι αιολικές θίνες. Τα αποτελέσματα των φυσικών αυτών διεργασιών είναι τα ακόλουθα:

Κοίτες ροής, Έλη – Υγρά εδάφη, Φράγματα bars, Λαγκούνες, Βραχίονες, Ράχεις Κοιλώματα (Ridges-runnels), Θίνες (dunes)

Μετά το εργαστηριακό κομμάτι από το οποίο εξάγαμε τις μεταβολές της ακτογραμμής του ποτάμιου δέλτα του Νέστου, από την χρονική περίοδο του 70 μέχρι σήμερα, παρατηρούμε τα πολύγωνα απόθεσης-διάβρωσης. Συμπεραίνουμε ότι το δυτικό κομμάτι, που εκτείνεται από τις εκβολές του ποταμού μέχρι το ακρωτήριο Ακρονέρι, προεξέχει του ανατολικού τμήματος του δέλτα. Αυτό οφείλεται στο ότι δέχεται το περισσότερο φερτό υλικό. Το γεγονός αυτό επαληθεύεται από την ύπαρξη των γεωμορφολογικών δομών που αναλύθηκαν παραπάνω, οι οποίες μαρτυρούν παράκτια μεταφορά υλικού από τις εκβολές προς την Κεραμωτή.

Ένας ακόμη λόγος που δημιουργεί τέτοιες γεωμορφές είναι το μικρό ανάπτυγμα πελάγους λόγω του φυσικού εμποδίου της Θάσου.

Αντίθετα στην ανατολική μεριά του δέλτα, δεν παρατηρούνται ανάλογες δομές τόσο σε αριθμό όσο και σε μέγεθος. Σε αυτό το κομμάτι οι παράγοντες που παίζουν ρόλο είναι ο εγκιβωτισμός της κοίτης, το μεγάλο ενεργό ανάπτυγμα πελάγους και η κύρια φορά των κυματισμών καταστούν ένα περιβάλλον στο οποίο η δυνατότητα δημιουργίας γεωμορφών είναι σαφώς μικρότερη.

Παρατηρούμε και στα πολύγωνα μεταβολών ότι στο δυτικό κομμάτι έχουμε περισσότερες διεργασίες απόθεσης λόγω των γεωμορφολογικών δομών που έχουν αναπτυχθεί, ενώ στο ανατολικό κομμάτι παρατηρούμε μικρότερη παράκτια μεταβολή και αυτή έχει να κάνει με διάβρωση της ζώνης που οφείλεται κατά κύριο λόγο από τη δράση κυματισμών. Η δράση των κυμάτων κατά κύριο λόγο αλλά και των παράκτιων ρευμάτων έχει ως αποτέλεσμα την μετακίνηση σημαντικών ποσοτήτων παράκτιου υλικού.

Σε κάθε περίπτωση θα περιμέναμε μια τεράστια δράση μεταφοράς υλικών από ένα τέτοιο μεγάλο ποταμό, όμως συμπεραίνουμε ότι μετά την ανθρώπινη επέμβαση με την κατασκευή φραγμάτων, το φερτό υλικό δεν καταφτάνει εύκολα στην δελταϊκή περιοχή, αλλά μένει στη διαδρομή προς αυτή δημιουργώντας τις χαρακτηριστικές δομές.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά θα πρέπει να αναφέρουμε πως για τον σχηματισμό ενός δέλτα θα πρέπει να συνδυαστούν αρκετοί παράγοντες. Είναι ξεκάθαρο πως δεν υπάρχει ένας και μοναδικός κανόνας που ισχύει για όλα τα δέλτα και τον τρόπο δημιουργίας τους. Ιδιαίτερης σημασίας για το σχηματισμό ενός δέλτα είναι οι τοπικές συνθήκες (περιβαλλοντικές – μορφολογικές) που επικρατούν στην περιοχή όπου βρίσκεται αυτό.

Επίσης, οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις είναι καθοριστικής σημασίας για τον χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση ενός δέλτα αφού η επιρροή τους σε αυτό είναι ιδιαίτερος έντονη. Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις χωρίζονται σε έμμεσες και άμεσες. Οι έμμεσες επεμβάσεις χαρακτηρίζονται από τροφοδοσία υλικών όπως νερό και ιζήματα (πχ γεωργικές καλλιέργειες και κατασκευή φραγμάτων) ενώ οι άμεσες αφορούν τις κοίτες και τις πιθανές αλλαγές που μπορούν να δημιουργηθούν σε αυτές από τον άνθρωπο (πχ ευθυγράμμιση και περιορισμός κοίτης).

Αξιοσημείωτα συμπεράσματα για την μεταβολή της μορφολογίας ενός δέλτα με το πέρασμα των χρόνων μπορούν να προκύψουν από τον πλημυρικό χαρακτήρα που πιθανότατα διαθέτει αυτό. Σε αυτή την περίπτωση δηλ., όπου παρατηρούνται συχνά πλημυρικά φαινόμενα έχουμε ως αποτέλεσμα την έντονη διάβρωση μεγάλων τμημάτων στην ευρύτερη περιοχή.

Τέλος, η κυματική δράση παίζει καθοριστικό ρόλο στο κατά πόσο θα μεταβληθεί και θα αλλάξει μορφολογικά ένα ποτάμιο δέλτα, είτε αυτό βρίσκεται σε περιβάλλον κλειστού κόλπου είτε σε περιβάλλον ανοιχτού πελάγους. Η διαφορά έχει να κάνει πως στην πρώτη περίπτωση η κυματική δράση μεταβάλλει σε μικρό ποσοστό την ακτογραμμή ενώ στην δεύτερη οι μεταβολές που παρατηρούνται στην ακτογραμμή από την δράση των κυμάτων είναι εντυπωσιακές στο πέρασμα του χρόνου και ιδιαιτέρως εμφανείς, δίνοντας μας τεκμηριωμένα στοιχεία για τις μεταβολές που παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή του δέλτα. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να είναι διάβρωση ή απόθεση υλικού.

Όλα τα παραπάνω προέκυψαν από τη μελέτη των γενικών χαρακτηριστικών που αφορούν τα ποτάμια δέλτα αλλά και από την μελέτη των μεταβολών μέσα στο χρόνο συγκεκριμένων δέλτα ελληνικών ποταμών. Το μόνο σίγουρο είναι πως τα δέλτα δεν θα σταματήσουν να μεταβάλλονται ποτέ καθώς οι φυσικές διεργασίες είναι συνεχείς όπως και οι ανθρωπογενείς, οι οποίες όμως θα πρέπει να περιορίζονται αυστηρά όταν ξεκινάει η αρνητική επίδρασή τους σε αυτά.





6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bhattacharya J. P. and Giosan L., 2003, Sedimentology, International Association of Sedimentologists, http://www.whoi.edu/cms/files/sedimentology_45597.pdf

Bird Eric, 2008, Coastal Geomorphology, Wiley, England, p. 332-336
http://books.google.gr/books?id=-YX0mWBpjGkC&pg=PA335&dq=encyclopedia+of+coastal+science+deltas&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q=encyclopedia%20of%20coastal%20science%20deltas&f=false

Friedman M. Gerald - Sanders John Essington, 1978, Principles of sedimentology, Wiley, Michigan, p. 496-501
http://books.google.gr/books?id=IWTwAAAAMAAJ&q=friedman+and+sanders+1973&dq=friedman+and+sanders+1973&hl=el&ei=rnvTTd77H4mh-QaB5JjJCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CC8Q6AEwAQ

Hansjorg Seybold , Andrade S. Jose, Jr. and Hans J. Herrmann, June 2007, Modeling river delta formation, PNAS, Boston, <http://www.pnas.org/content/104/43/16804.full.pdf>

Haslett K. Simon, 2009, Coastal Systems, Routledge, USA Canada, p. 109-112, 116-123
http://books.google.gr/books?id=dt5Tn9stJO4C&pg=PA121&lpg=PA121&dq=fan+deltas+collinson&source=bl&ots=bzMQQxTo-E&sig=-9ukHall83o02M2YciWvIxCJFI&hl=el&ei=oNjPTaaEOsSSOri9yf4M&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CB8Q6AEwAA#v=onepage&q=fan%20deltas%20collinson&f=false

Kindinger-Penland-Williams-Suter, 1989, Transactions-Gulf Coast Association of Geological Societies, USA
http://pubs.usgs.gov/ds/542/FACS_Logbook/87039_Logbook/Kindinger_etal_1989.pdf

Poulos S.E - Collins M.B. - Shaw H.F, 1996, Deltaic Sedimentation, Coastal Education And Research Foundation, London, <http://www.jstor.org/pss/4298544>

Reineck H.-E. – Singh I.B., July 1980, Depositional Sedimentary Environments, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. p 323-327, <http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/Librospdf/Depositional%20sedimentary%20environments.pdf>

Schwartz L. Maurice, 2005, Encyclopedia of coastal science, Springer, The Netherlands, p. 362-367

http://books.google.gr/books?id=VWnxpAxp6TMC&pg=PA367&lpg=PA367&dq=encyclopedia+of+coastal+science+deltas&source=bl&ots=9DpRITbXdo&sig=BXqGhyUB6IZ5kGfi7SJnvO6if4o&hl=el&ei=w9LPTdnWNMGAOs67gfwM&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=encyclopedia%20of%20coastal%20science%20deltas&f=false

Βρυνιώτης Δ. – Παπαδοπούλου Κ., Απρίλιος 2004, Ο Ρόλος των ποταμών Λούρου και Άραχθου στην ανάπτυξη των Ιζημάτων της πεδιάδας της Άρτας με την συμβολή γεωχημικών παραμέτρων, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Πρακτικά 10^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη.

<http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/bgsg/article/viewFile/1500/1346>

Ευθυμίου Γ. – Μερτζάνης Α. – Σαπουντζής Μ. – Ζακυνθινός Γ., Φεβρουάριος 2005, Ανθρωπογενείς επιδράσεις στο δέλτα του ποταμού Σπερχειού-Μέτρα προστασίας, ανάδειξης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων, Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε), Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Τ.Ε.Ι. Λαμίας, Τμήμα Δασοπονίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Τμήμα Γεωπονίας, Αθήνα. http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_efthimiu.pdf

Κασιμάλης Βασίλειος - Τζιαβός Χρήστος - Λιβανός Ισίδωρος και Αναγνώστου Χρήστος, Η νέα εκβολή του Άραχθου ποταμού: Παράγοντες που επηρεάζουν την γεωμορφολογική εξέλιξη, Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Θαλάσσιων Επιστημών.

<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=6046>

Ψιλοβίκος Α.- Βαβλιάκης Ε.-Λαγγάλης Θ., Μάιος 1988, Φυσικές και ανθρωπογενείς διεργασίες της πρόσφατης εξέλιξης του δέλτα του Νέστου, πρακτικά 3^{ου} συνεδρίου-Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Ελλάδα <http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/bgsg/article/view/446/427>

Ψιλοβίκος Α. , Γενική Ιζηματολογία, Θεσσαλονίκη ΑΠΘ, σ. 22-24

