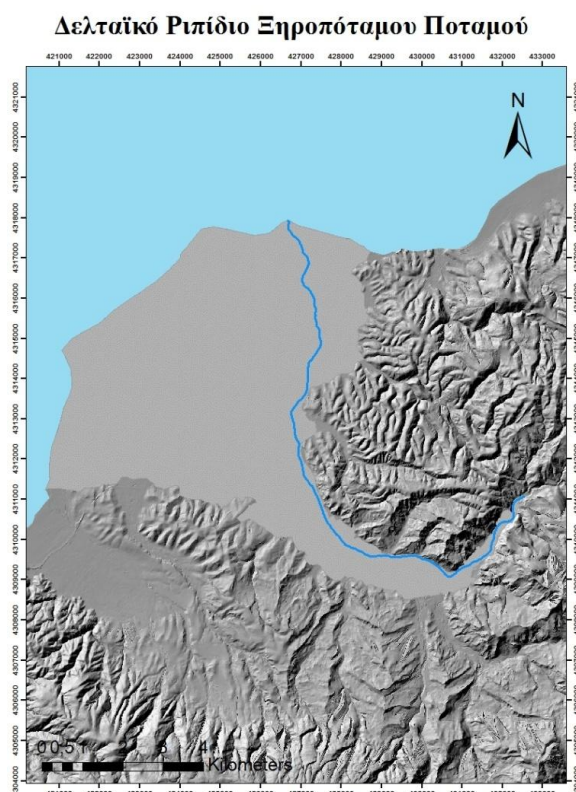




ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

***Γεωμορφολογική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου και του
δελταϊκού ριπιδίου του Χείμαρρου Ξηροπόταμος
(Βόρεια Εύβοια)***



Πτυχιακή Εργασία της Θεοφίλου Σωτηριάννας

Αθήνα, Οκτώβρης 2015

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πτυχιακή Εργασία:

***Γεωμορφολογική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου και του
δέλταϊκού ριπιδίου του Χείμαρρου Ξηροπόταμος***

(Βόρεια Εύβοια)

Εκπόνηση από: Θεοφίλου Σωτηριάννα

Επιβλέπων Καθηγητής: Καρύμπαλης Ευθύμιος

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής: Καρύμπαλης Ευθύμιος

Παρχαρίδης Ισαάκ

Παυλόπουλος Κοσμάς

Αθήνα, Οκτώβρης 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Πρόλογος.....	σελ. 4
2. Περίληψη.....	σελ. 5-6
3. Abstract.....	σελ. 7-8
4. Εισαγωγή.....	σελ. 9-10
5. Μεθοδολογία.....	σελ. 11-12
ΜΕΡΟΣ Α΄: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ	
6. Περιοχή μελέτης.....	σελ. 13-15
7. Κλίμα.....	σελ. 16-22
8. Λεκάνη Απορροής.....	σελ. 23-24
9. Γεωλογία.....	σελ. 25
9.1. Στρωματογραφία.....	σελ. 25-27
9.2. Γεωλογία της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου.....	σελ. 27-30
10. Δέλτα ποταμών.....	σελ. 31-33
11. Κυματισμός.....	σελ. 34
11.1. Χαρακτηριστικά των κυμάτων.....	σελ. 34-41
12. Μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας.....	σελ. 42-46
12.1. Επιπτώσεις της μελλοντικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας... ..	σελ. 46-48
12.2. Απειλούμενες περιοχές στην Ελλάδα.....	σελ. 48-49
12.3. Εκτίμηση των Επιπτώσεων από μια Ενδεχόμενη Άνοδο της Θαλάσσιας Στάθμης στο Δελταϊκό Ριπίδιο του Ξηροπόταμου.....	σελ. 49

ΜΕΡΟΣ Β΄: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

13. Αποτελέσματα

- 13.1. Ποσοτική Ανάλυση Υδρογραφικού Δικτύου..... σελ. 50-53
 - 13.1.1. Επιμήκεις τομές..... σελ. 53-55
- 13.2. Γεωμορφολογική Μελέτη του Δελταϊκού Ριπιδίου..... σελ. 56-93
 - 13.2.1. Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση Δελταϊκού Ριπιδίου..... σελ. 56-57
 - 13.2.2. Παράκτιες και αιολικές γεωμορφές σελ. 57-62
 - 13.2.3. Σημερινή ενεργή κοίτη-Παλαιοκοίτες..... σελ. 62-68
 - 13.2.4. Διάβρωση και Μετατόπιση ακτογραμμής σελ. 68-79
 - 13.2.5. Οικιστική Ανάπτυξη..... σελ. 80-81
 - 13.2.6. Ανθρωπογενείς Επεμβάσεις..... σελ. 82-86
 - 13.2.7. Χρήσεις Γης των Χαμηλών Υψομετρικών Ζωνών του Δελταϊκού Ριπιδίου..... σελ. 86-93

14. Συμπεράσματα..... σελ. 94-96

15. Βιβλιογραφία..... σελ. 97-99

1. Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη μου ανατέθηκε από τον καθηγητή μου κ. Καρύμπαλη Ευθύμιο τον Απρίλιο του 2015 με στόχο, πέραν της ολοκλήρωσης των σπουδών μου, την περαιτέρω διεύρυνση των γνώσεων μου επάνω στην επιστήμη της γεωγραφίας και πιο συγκεκριμένα πάνω στον τομέα της παράκτιας και ποτάμιας γεωμορφολογίας.

Η συνεχής επίβλεψη, καθοδήγηση και υποστήριξη εκ μέρους του επιβλέποντος καθηγητή μου κ. Καρύμπαλη Ευθύμιου συνέβαλε τα μέγιστα στην επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω θερμά την υποψήφια διδάκτορα του τμήματος γεωγραφίας κα. Βαλκάνου Κανέλλα για τη πολύτιμη βοήθεια της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου, καθώς και τον υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος γεωλογίας του ΕΚΠΑ κ. Τσανάκα Κωνσταντίνο, για τη συνεργασία μας κατά την έρευνα πεδίου στην περιοχή μελέτης.

Τέλος, η πολυετής υποστήριξη της οικογενείας μου καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου υπήρξε καθοριστική. Συνεπώς η παρούσα εργασία αφιερώνεται σ' όλους αυτούς.

2. Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου του χείμαρρου Ξηροπόταμος, καθώς και του δελταϊκού του ριπιδίου, στην Βόρεια Εύβοια της Στερεάς Ελλάδας.

Για τους σκοπούς της εργασίας συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν δεδομένα και πληροφορίες για το υδρογραφικό δίκτυο, καθώς και τη γεωλογία και μορφολογία της λεκάνης απορροής. Το υδρογραφικό δίκτυο αναλύθηκε ποσοτικά και αξιολογήθηκε η διαδοχική κατά τάξη απορροή του σε μια προσπάθεια να διερευνηθούν οι φυσικοί παράγοντες που ευθύνονται για τα πλημμυρικά γεγονότα που σημειώνονται στον κάτω ρου του ποταμού δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην οργάνωση του υδρογραφικού δικτύου.

Επιπλέον, κατασκευάστηκε ένας γεωμορφολογικός χάρτης με τις κυριότερες γεωμορφές της δελταϊκής πεδιάδας και του μετώπου του δέλτα. Σημαντικό για την κατασκευή του γεωμορφολογικού χάρτη ήταν η επίσκεψη στην περιοχή για την αναγνώριση και καταγραφή των γεωμορφών, καθώς και για την επαλήθευση των δεδομένων που είχαν προκύψει από την επεξεργασία των χαρτών για την περιοχή μελέτης. Ο γεωμορφολογικός χάρτης του δελταϊκού ριπιδίου απεικονίζει τις μεταβολές που έχουν σημειωθεί στο ριπίδιο τα τελευταία 160 περίπου χρόνια λαμβάνοντας υπόψη έγκυρους παλαιούς χάρτες των δύο τελευταίων αιώνων που απεικονίζουν την περιοχή των εκβολών του ποταμού.

Επίσης, μελετήθηκαν οι επιμέρους παράγοντες που συμβάλλουν στην εξέλιξη του δελταϊκού ριπιδίου, όπως οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας, οι χρήσεις γης στις παράκτιες περιοχές του δέλτα, αλλά και η ανθρωπογενής δραστηριότητα-παρέμβαση με τεχνητές κατασκευές. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες συνεκτιμήθηκαν με σκοπό τη μελέτη της πρόσφατης εξέλιξης του δελταϊκού ριπιδίου.

Τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης του δικτύου έδειξαν ότι στη διαδοχική απορροή κατά τάξη υπάρχουν ανωμαλίες. Αυτό σε συνδυασμό με τη χαμηλή κλίση του Ξηροπόταμου, σε σύγκριση με τις μεγάλες κλίσεις στα ανάντη των κοιτών των παραπόταμων, ενδεχομένως προκαλεί την αύξηση της παροχής της κεντρικής κοίτης του ποταμού κατά τη διάρκεια ακραίων κατακρημνισμάτων.

Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση του δέλτα έδειξε ότι υπήρχε μια παλαιά κοίτη (ορατή σε χάρτες του 1852 και 1884) που κατέληγε στο δυτικό τμήμα του δέλτα, ενώ διαπιστώθηκε ότι το ανατολικό τμήμα του δέλτα υπόκειται σε σημαντική διάβρωση εξαιτίας της δράσης του κυματισμού και των παράκτιων ρευμάτων.

3. Abstract

The aim of this work is the quantitative geomorphological analysis of the drainage network of the torrent Xiropotamos (located in North Evia, Sterea Hellas), as well as the study of its fan-delta.

For the purposes of this work, data and information for the drainage network, as well as the geology and morphology of the basin were collected and processed. The hydrographic network was quantitatively analyzed and the hierarchic drainage by stream order was assessed in an attempt to explore the physical factors which are responsible for flood events occurring along the lower reaches of the main channel, focusing on the organization of the drainage network.

In addition, a geomorphological map was constructed depicting the dominant landforms of the deltaic plain and the deltaic front. Important for the construction of the geomorphological map was the visit in the area for the identification and the record of the landforms, as well as for the verification of the data which were derived from the processing of maps for the study area. The geomorphological map of the delta reflects the changes that have occurred in the delta, during the last 160 years, taking into consideration old accurate maps of the last two centuries that depict the broader area of the estuary.

Also, the individual factors that contribute to the evolution of the delta, such as the changes in sea level and the land use in coastal areas of the delta, but also the anthropogenic activity-interference including artificial constructions, were examined. All these factors were taken into account in order to study the recent evolution of the delta.

The results of quantitative network analysis showed that there are abnormalities in the hierarchic drainage by stream order. This, combined with the low slope of Xeropotamos, compared with the steep slopes of the riverbeds upstream of the tributaries, is possibly causing an increasing provision of the central riverbed during extreme precipitation.

The geomorphological map of the delta showed that there is an old riverbed (visible on maps of 1852 and 1884) which is ended in the western part of the delta,

and also it is found that the eastern part of the delta is subjected to significant erosion due to the wave action and the coastal currents.

4. Εισαγωγή

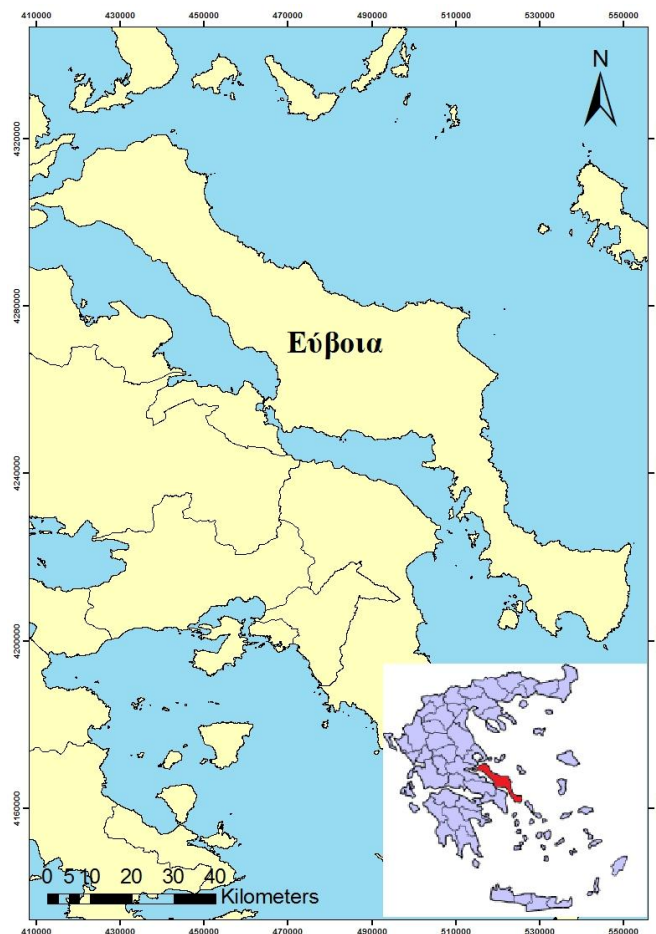
Η Ελλάδα έχει πολλούς ορμητικούς ποταμούς, μεγάλης κλίσης και μικρού μήκους. Η ορμητικότητα τους οφείλεται στο γεγονός ότι διασχίζουν μια μικρή απόσταση ξεκινώντας από μεγάλα υψόμετρα μέχρι να φτάσουν χαμηλότερα στο επίπεδο της θάλασσας. Η ποσότητα του νερού που μεταφέρουν είναι διαφορετική από εποχή σε εποχή καθώς μεγαλύτερες ποσότητες μεταφέρονται κυρίως το φθινόπωρο και το χειμώνα με τις έντονες βροχοπτώσεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, στις εκβολές των ποταμών να συγκεντρώνονται μεγάλες ποσότητες ιζημάτων που υπό προϋποθέσεις οδηγούν στο σχηματισμό δελταϊκών ριπιδίων.

Τα ποτάμια αυτά συστήματα παρότι συνήθως είναι ξηρά, εκδηλώνουν ακραία πλημμυρικά φαινόμενα μικρής συχνότητας, αλλά μεγάλης έντασης. Παρά τη σπουδαιότητα αυτών των πλημμυρών, η υδρολογική ανάλυση των εφήμερων ρευμάτων στην Ελλάδα υπήρξε ιδιαίτερα δύσκολη λόγω της έλλειψης συστηματικών μελετών της βροχόπτωσης και κυρίως των ελλείψεων σε σταθμούς μέτρησης υδρολογικών στοιχείων και κυρίως παροχών.

Οι μορφομετρικοί παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου και των λεκανών απορροής ελέγχουν την υδρολογική απόκριση των λεκανών απορροής σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης και διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στις υδρολογικές διεργασίες (Sefton και Howarth, 1998, Kokkonen et al, 2003, Διακάκη, 2011, Καρύμπαλης 2011, Καρύμπαλης, 2012). Κατά συνέπεια, η κατανόηση της απόκρισης της λεκάνης στα ακραία γεγονότα βροχοπτώσεων με βάση ποσοτικούς γεωμορφολογικούς δείκτες μπορεί να είναι πολύτιμη όταν μελετάται η επικινδυνότητα στον πλημμυρικό κίνδυνο των λεκανών απορροής όπου δεν γίνονται μετρήσεις.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση των φυσικογεωγραφικών παραγόντων που ευθύνονται για πιθανές πλημμύρες στην υδρολογική λεκάνη του Ξηροπόταμου που βρίσκεται στη βόρεια Εύβοια, Στερεά Ελλάδα που αποτελεί μια λεκάνη που δεν παρακολουθείται υδρολογικά, εφαρμόζοντας την ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση του δελταϊκού ριπιδίου, του δικτύου και των λεκανών απορροής με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS.

Επιπλέον, μελετήθηκε η γεωμορφολογία του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού και κατασκευάστηκε ένας γεωμορφολογικός χάρτης με τις κυριότερες γεωμορφές της δελταϊκής πεδιάδας και του μετώπου του δέλτα. Ο χάρτης αυτός απεικονίζει και τις μεταβολές που έχουν σημειωθεί τα τελευταία 160 χρόνια περίπου λαμβάνοντας υπόψη έγκυρους παλαιότερους χάρτες των δύο τελευταίων αιώνων που απεικονίζουν την περιοχή των εκβολών του ποταμού. Μελετήθηκαν οι επιμέρους παράγοντες που συμβάλλουν στην εξέλιξη ενός δελταϊκού ριπιδίου, όπως οι μεταβολές της κοίτης του ποταμού στη δελταϊκή πεδιάδα, η παράκτια διάβρωση λόγω της δράσης του κυματισμού, αλλά και η ανθρωπογενής δραστηριότητα-παρέμβαση με τεχνητές κατασκευές. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες συνεκτιμήθηκαν με σκοπό τη μελέτη της πρόσφατης εξέλιξης του ριπιδίου. Επιπλέον για την εκτίμηση των απωλειών σε ένα ενδεχόμενο μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης εκτιμήθηκαν οι χρήσεις γης για τις χαμηλές υψομετρικές ζώνες του ριπιδίου.



Χάρτης 1. Χάρτης της νήσου Εύβοιας

5. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τη δημιουργία δύο βάσεων δεδομένων, μία για την λεκάνη απορροής και μία για την περιοχή του δέλτα με τη χρήση του Google Earth και του λογισμικού ArcGIS10 και την επιτόπια έρευνα που πραγματοποιήθηκε κατά την επίσκεψη στην περιοχή με σκοπό τις γεωμορφολογικές παρατηρήσεις.

Όσον αφορά, το υδρογραφικό δίκτυο του Ξηροπόταμου ποταμού σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μια χωρική βάση δεδομένων η οποία αποτελείται από πρωτογενή θεματικά επίπεδα GIS (ισοϋψείς με μεσοδιάστημα 20 μ., υψομετρικά σημεία, κανάλια ρευμάτων και γεωλογικοί σχηματισμοί), που προέρχονται από αναλογικές πηγές. Οι πηγές αυτές περιλαμβάνουν τοπογραφικούς χάρτες σε κλίμακα 1:50.000 της Ελληνικής Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατούς (ΓΥΣ) και γεωλογικούς χάρτες με την ίδια κλίμακα που ελήφθησαν από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ). Η επεξεργασία αυτών των θεματικών επιπέδων σε περιβάλλον GIS παράγουν δευτερογενή θεματικά επίπεδα, όπως το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) και τα προϊόντα του, όπως ο χάρτης σκίασης του ανάγλυφου, την ταξινόμηση των ρευμάτων και λεκάνες απορροής, τα οποία είναι αποτελέσματα των βασικών λειτουργιών GIS. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ανάλυσης 20μx20μ DEM κατασκευάστηκε με τη χρήση του ANUDEM αλγορίθμου παρεμβολής (Hutchinson, 2003) στο πλαίσιο του λογισμικού πακέτου ArcGIS. Αυτός ο αλγόριθμος παρεμβολής παράγει σταθερά υδρολογικά αποτελέσματα και διατηρεί την ακεραιότητα του τοπίου (Callow et al. 2007). Επίσης, χαράχτηκαν όλες οι λεκάνες απορροής των κλάδων του δικτύου και μελετήθηκε η διαδοχική κατά τάξη απορροή του υδρογραφικού δικτύου με σκοπό τη διερεύνηση του ρόλου της οργάνωσης του δικτύου στην εκδήλωση πλημμύρων.

Επιπλέον, τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του δέλτα του Ξηροπόταμου υπολογίστηκαν και αναλύθηκαν με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS. Όλες οι μετρήσεις έγιναν μέσω τη χρήση του Google Earth και του λογισμικού GIS ArcGIS 10.1. Δημιουργήθηκε μια ψηφιακή βάση δεδομένων για το δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού με σκοπό την αποτύπωση των γεωμορφών τόσο της δελταϊκής πεδιάδας όσο και κατά μήκος της ακτογραμμής. Η χαρτογράφηση έγινε με υπόβαθρο το ψηφιακό μοντέλο εδάφους του δέλτα ανάλυσης 5x5. Για την οριοθέτηση του δέλτα

χρησιμοποιήθηκε ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000 (φύλο Ιστιαία), ενώ επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι καλύψεις γης της περιοχής μελέτης από μια βάση δεδομένων (ILOTS). Από το Ελληνικό Λαογραφικό και Ιστορικό Αρχείο (Ε.Λ.Ι.Α.), χορηγήθηκαν σε ψηφιακή μορφή τρεις παλαιοί χάρτες της Εύβοιας οι οποίοι χρονολογούνταν το 1852, το 1884 και το 1929. Η μελέτη αυτών των χαρτών οδήγησε στον εντοπισμό των κοιτών του ποταμού οι οποίες δεν είναι πια ενεργές. Επίσης, έγινε εφικτή η σύγκριση των θέσεων αυτών των κοιτών με την σημερινή κοίτη, καθώς και με την επιτόπια έρευνα στην περιοχή, εντοπίστηκαν κάποια ίχνη από τις παλαιοκοίτες αυτές.

Τέλος, έγινε επίσκεψη στην περιοχή μελέτης που πραγματοποιήθηκε τον Σεπτέμβριο του 2015, όπου έγιναν παρατηρήσεις σχετικά με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του δέλτα και επαλήθευση όλων των πληροφοριών που είχαμε ήδη συλλέξει με σκοπό τη σύνταξη ενός τελικού γεωμορφολογικού χάρτη.

6. Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη βόρεια Εύβοια και αφορά το υδρογραφικό δίκτυο και το δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου ο οποίος καταλήγει στην ευρύτερη περιοχή της Ιστιαίας. Η Ιστιαία, παλιά πρωτεύουσα της Βόρειας Εύβοιας και της ομώνυμης Επαρχίας, εξακολουθεί και σήμερα να είναι η μεγαλύτερη πόλη και το εμπορικό κέντρο του βόρειου κομματιού της Εύβοιας. Η Ιστιαία από τον 15ο αιώνα μέχρι και τον 19ο αναφερόταν ως Ξηροχώρι. Η περιοχή μελέτης ανήκει στην περιφερειακή ενότητα Εύβοιας και στην δημοτική ενότητα Ιστιαίας-Αιδηψού.



Εικόνα 1. Χάρτης περιοχής μελέτης- Δήμος Ιστιαία

Το ποτάμι Ξηροπόταμος είναι εφήμερης ροής και το υδρογραφικό του δίκτυο αποστραγγίζει έκταση 128,7 km². Η λεκάνη απορροής έχει σχεδόν κυκλικό σχήμα με τον κύριο άξονα να εκτείνεται από ανατολικά σε δυτικά και φτάνει σε ένα υψόμετρο 960 μέτρα στο νοτιοδυτικό της όριο (Τελέθριο όρος). Η κεντρική κοίτη του υδρογραφικού δικτύου στον άνω ρου, ακολουθεί μια κατεύθυνση ροής από νότο στον βορρά για περίπου 5,5 χιλιόμετρα και στη συνέχεια αλλάζει την πορεία του προς ΒΔ για περίπου 2,6 χιλιόμετρα. Στη συνέχεια κάμπτεται απότομα νοτιοανατολικά και περίπου 11,5 χιλιόμετρα πριν τις εκβολές του ρέει βορειοδυτικά. Εκβάλλει στη θάλασσα μεταξύ της Μαγνησίας προς τα βόρεια και της Εύβοιας προς τα

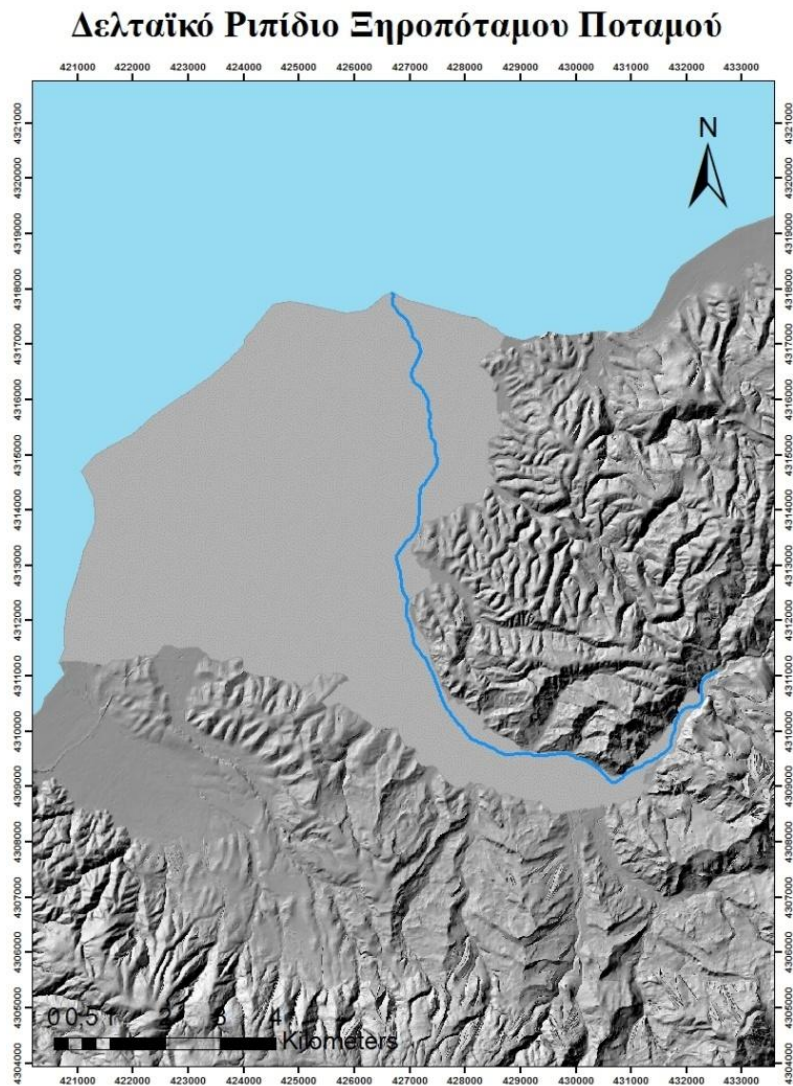
νοτιοανατολικά, στο στενό των Ωρεών. Στις εκβολές του ποταμού έχει αναπτυχθεί ένα εκτεταμένο δελταϊκό ριπίδιο που καταλαμβάνει έκταση περίπου $45,4 \text{ km}^2$ και το μήκος της κοίτης του ποταμού που περικλείεται από το δέλτα του ποταμού είναι περίπου $14,95 \text{ km}^2$. Στο δελταϊκό αυτό ριπίδιο βρίσκεται η πόλη της Ιστιαίας. Το εμβαδόν του δελταϊκού ριπιδίου είναι αρκετά μεγάλο ($45,4 \text{ km}^2$) αναλογικά με το εμβαδόν της λεκάνης απορροής του υδρογραφικού δικτύου, που αποτελεί και την περιοχή προέλευσης των δελταϊκών ιζημάτων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι η λεκάνη απορροής καταλαμβάνεται από πετρώματα που χαρακτηρίζονται από πολύ ευδιάβρωτες λιθολογίες.



Εικόνα 2. Η κεντρική κοίτη του Ξηροπόταμου πριν τη είσοδό του στο δελταϊκό ριπίδιο. Η φωτογραφία τραβήχτηκε μετά από βροχή οπότε τόσο η παροχή όσο και η στερεοπαροχή (κυρίως αιωρούμενα ιζήματα) είναι αυξημένες.

Ο τύπος - μορφή του υδρογραφικού δικτύου αντανακλά την επίδραση της λιθολογίας και τεκτονικής της περιοχής. Στη νοτιοδυτική περιοχή, αδιαπέρατα

μεταμορφωμένα πετρώματα έχουν συντελέσει στην ανάπτυξη ενός πυκνού υδρογραφικού δικτύου με ένα σημαντικό αριθμό κλάδων πρώτης και δεύτερης τάξης, ενώ η υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα είναι πολύ χαμηλότερη σε όλο το υπόλοιπο της λεκάνης, κυρίως λόγω της παρουσίας των διαπερατών σχηματισμών του Νεογενούς (Κατσικάτσος et al, 1980, Χατζηκωνσταντή-Τσαλαχούρη, 1984).



Χάρτης 2. Δελταϊκό Ριπίδιο του χειμάρρου Ξηροπόταμος

7. Κλίμα

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους.

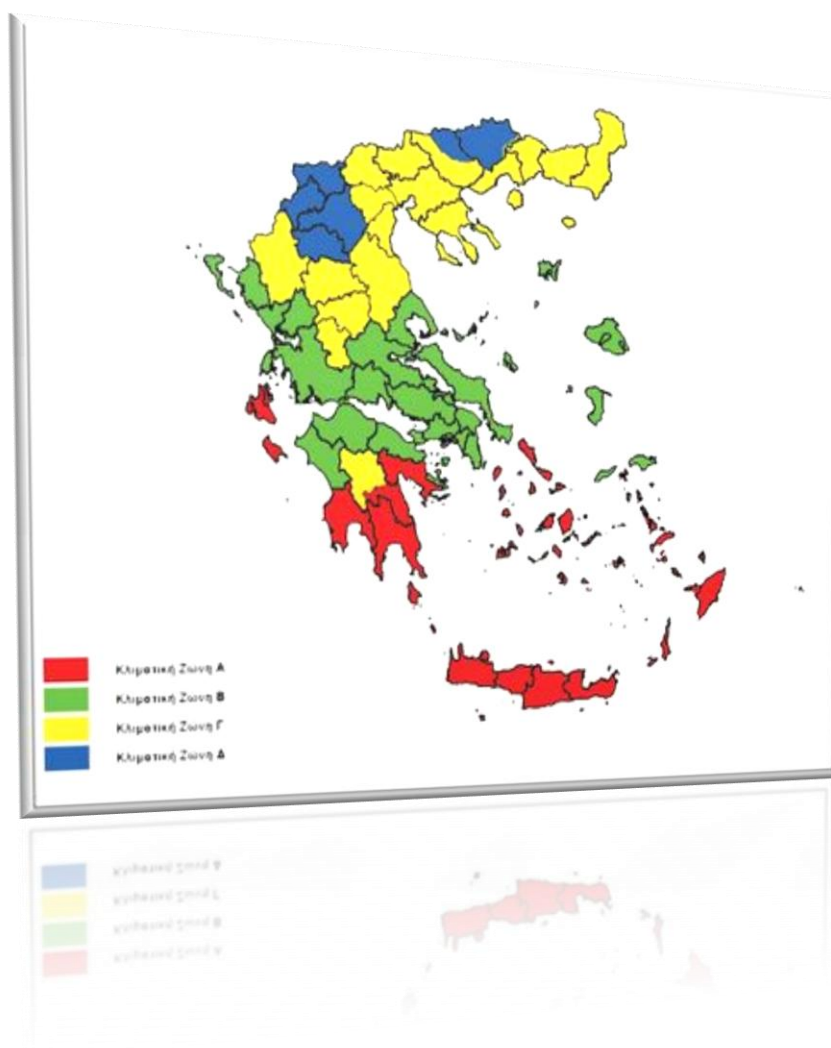
Λεπτομερέστερα στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου (υπάρχουν μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και άλλοι ορεινοί όγκοι) και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι από το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας. Τέτοιες κλιματικές διαφορές συναντώνται ακόμη και σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, πράγμα που παρουσιάζεται σε λίγες μόνο χώρες σε όλο τον κόσμο.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Από την τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. για τα κλιματικά δεδομένα των ελληνικών περιοχών, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας που προσδιορίζει τη ζώνη στην οποία υπάγεται κάθε Νομός της Ελλάδας (Πίνακας 1, Εικ. 3).

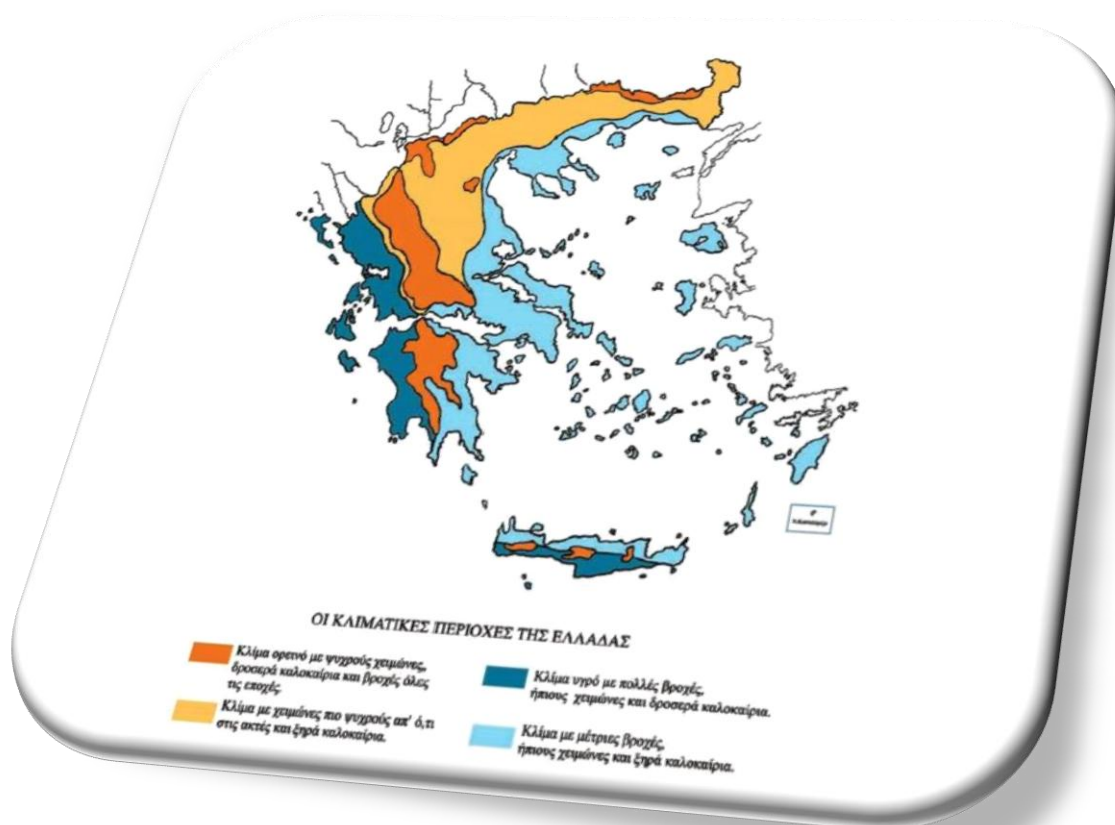
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
ΖΩΝΗ Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα

Πίνακας 1: Νομοί ανά κλιματική ζώνη (πηγή: Υ.Π.Ε.Κ.Α.2010)

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω.



Εικόνα 3: Κλιματικές ζώνες στην ελληνική επικράτεια (Υ.Π.Ε.Κ.Α.2010)



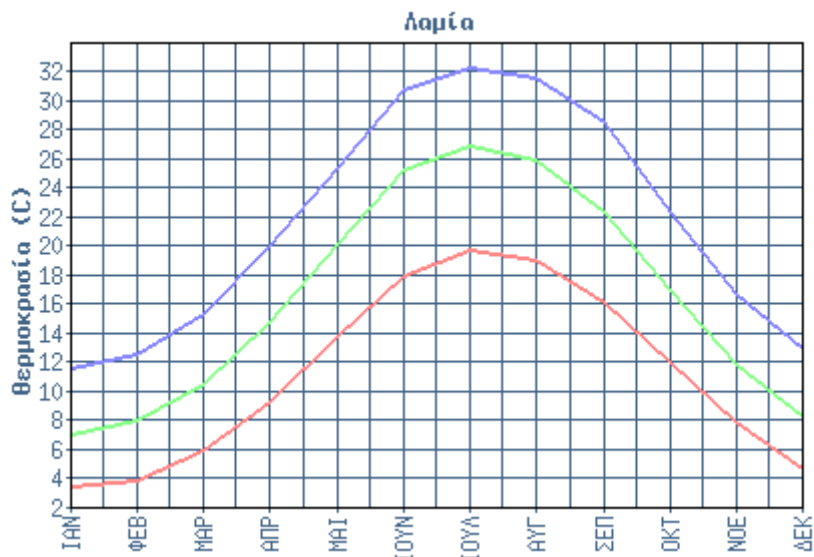
Εικόνα 4. Οι κλιματικές περιοχές της Ελλάδας (Ρίζος, 2012), πηγή:
(<http://rizosdimitris.blogspot.gr/2012/01/4.html>)

Παρατηρείται από τις εικόνες 3 και 4 ότι ο Νομός της Εύβοιας, άρα και η περιοχή μελέτης, ανήκει στην κλιματική ζώνη Β και στην 4^η κλιματική περιοχή. Αυτό σημαίνει πως είναι μια περιοχή με κλίμα που χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια, σε συνδυασμό με μέτριες βροχοπτώσεις.

Παρακάτω, τα στοιχεία και τα διαγράμματα που δίνονται είναι από δεδομένα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας του 1970-1997. Πρόκειται για στοιχεία που αφορούν γενικά την Στερεά Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα την Λαμία, όπου και είναι η πιο κοντινή περιοχή στην Ιστιαία με υπάρχοντα δεδομένα.

1 ^ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	3.5	3.9	5.9	9.3	13.8	18.0
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	7.1	8.0	10.5	14.8	20.1	25.3
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	11.6	12.6	15.3	20.0	25.4	30.8
2 ^ο Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	19.7	19.1	16.2	12.0	7.9	4.7
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	26.9	25.9	22.4	16.9	11.8	8.3
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	32.3	31.6	28.5	22.4	16.7	12.9

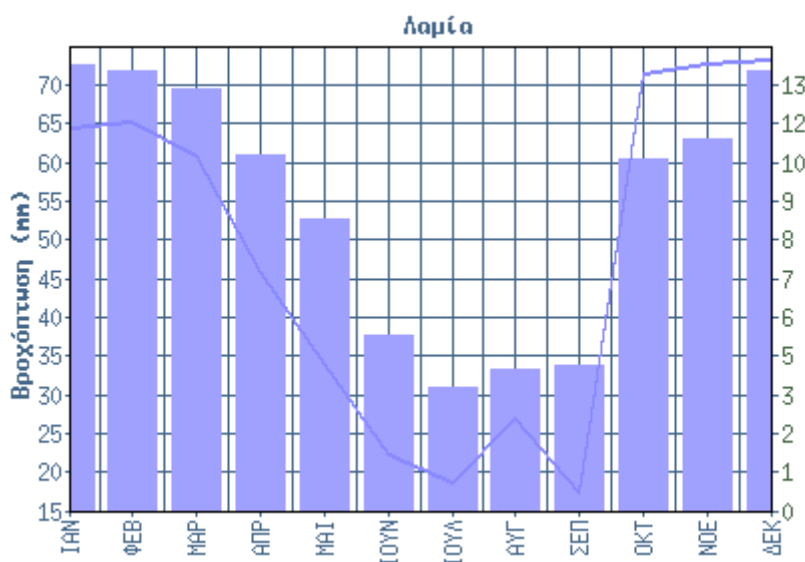
Πίνακας 2. Μηνιαίες θερμοκρασίες για την περιοχή της Λαμίας-ΕΜΥ



Διάγραμμα 1. Ετήσια πορεία της Μηνιαίας Θερμοκρασίας (°C) -για το μετεωρολογικό σταθμό Λαμίας για την χρονική περίοδο 1970-1997-ΕΜΥ

1 ^ο Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	64.4	65.2	60.9	46.0	34.1	22.4
Συνολικές Μέρες Βροχής	13.3	13.1	12.6	10.6	8.7	5.2
2 ^ο Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση	18.8	27.0	17.4	71.4	72.9	73.3
Συνολικές Μέρες Βροχής	3.7	4.2	4.3	10.5	11.1	13.1

Πίνακας 3. Μηνιαίες Βροχοπτώσεις για την περιοχή της Λαμίας-ΕΜΥ



Διάγραμμα 2. Ετήσια πορεία της Μηνιαίας Βροχόπτωσης (mm) -για το μετεωρολογικό σταθμό Λαμίας για την χρονική περίοδο 1970-1997-ΕΜΥ

Από τα παραπάνω δεδομένα παρατηρείται πως η περιοχή της Λαμίας, άρα και η περιοχή μελέτης, κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο Σεπτέμβρη υπάρχει χαμηλή βροχόπτωση με συνδυασμό αύξησης της θερμοκρασίας σε αντίθεση με τους υπόλοιπους μήνες. Αυτό σημαίνει, πως τους περισσότερους μήνες του χρόνου σημειώνονται έντονες βροχοπτώσεις, άρα υπάρχει έντονη μεταφορά ιζημάτων από τον ποταμό, και απόθεσή τους στο δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού Ξηροπόταμος.

Η περιοχή της Βόρειας Εύβοιας έχει ένα τυπικό μεσογειακό κλίμα, με μέσες ετήσιες θερμοκρασίες περίπου 17°C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στη λεκάνη

απορροής κυμαίνεται μεταξύ 696,6 χιλιοστά στη βορειοδυτική πεδινή περιοχή (μετεωρολογικός σταθμός Ιστιαίας), 1176,3 χιλιοστά στη βορειοανατολική ορεινή περιοχή (μετεωρολογικός σταθμός Μηλιές), 883,3 χιλιοστά στο νότιο τμήμα (μετεωρολογικός σταθμός Σήμια) και 849,7 χιλιοστά στο δυτικό της όριο (μετεωρολογικός σταθμός Καστανιώτισσα). Οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά άνισα κατανεμημένες με περίπου το 75% από αυτές να συμβαίνουν την υγρή περίοδο του έτους, το διάστημα δηλαδή μεταξύ των μηνών Οκτωβρίου και Μαρτίου.

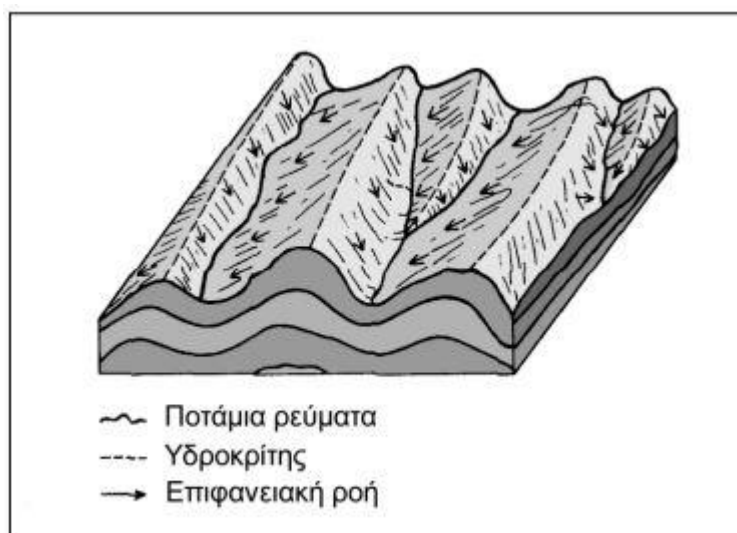


Χάρτης 3. Μετεωρολογικοί σταθμοί της Βόρειας Εύβοιας

8. Λεκάνη Απορροής

Λεκάνη απορροής ενός ποταμού, ή υδρολογική λεκάνη, ονομάζεται ένα τμήμα της επιφάνειας του ανάγλυφου όπου τα νερά των βροχοπτώσεων αποστραγγίζονται από το υδρογραφικό δίκτυο του εν λόγω ποταμού. Οι λεκάνες που σχηματίζονται από τους παραπόταμους ονομάζονται υπολεκάνες και ανάλογα με την τάξη του παραπόταμου που περιέχουν τις διακρίνουμε σε υπολεκάνες 1^{ης}, 2^{ης}, κλπ. τάξεως. Το άθροισμα των επί μέρους λεκανών αποτελεί τη λεκάνη του κυρίως ποταμού.

Τα όρια κάθε λεκάνης καθορίζονται από μία γραμμή που λέγεται υδροκριτική γραμμή ή υδροκρίτης (Εικ.5). Ο υδροκρίτης σχηματίζεται ενώνοντας τα ψηλότερα σημεία μιας περιοχής, που εκατέρωθεν αυτού τα επιφανειακά νερά κατευθύνονται προς διαφορετικές λεκάνες απορροής. Εξ' άλλου η λέξη υδροκρίτης σημαίνει ότι κρίνει την τύχη των υδάτων (Καρύμπαλης, 2010).

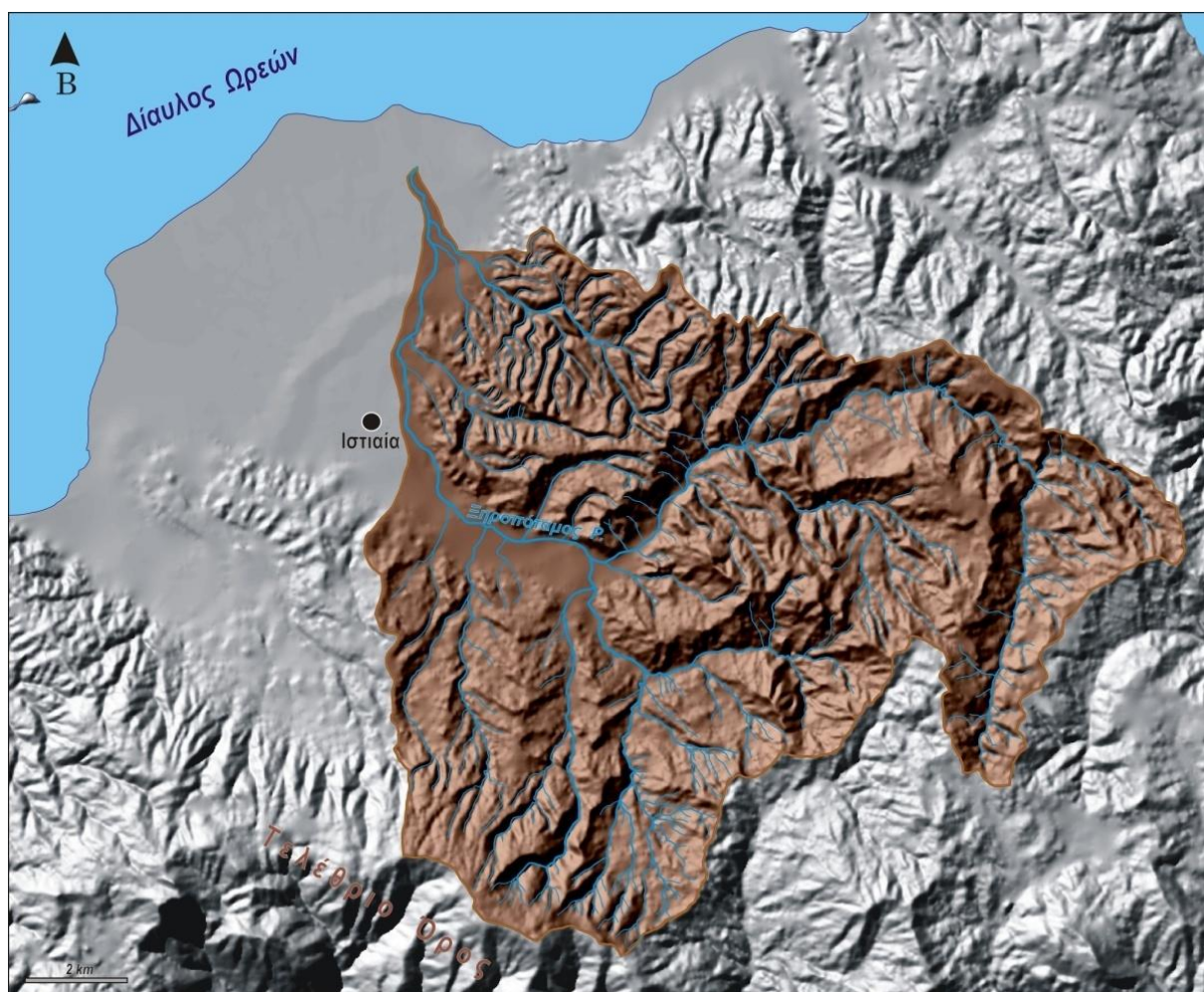


Εικόνα 5: Τρισδιάστατη απεικόνιση όπου σημειώνονται τα ποτάμια ρεύματα, η επιφανειακή ροή του νερού και ο υδροκρίτης που οριοθετεί μια λεκάνη απορροής.

Τα στοιχεία μιας λεκάνης απορροής που παίζουν ρόλο στον καθορισμό του υδρολογικού ισοζυγίου εκτός από τα κλιματικά (βροχοπτώσεις, θερμοκρασίες) είναι:

- Η φύση των πετρωμάτων που καλύπτουν τη λεκάνη και οι σχέσεις μεταξύ τους. Λέγοντας φύση των πετρωμάτων, εννοείται η περατότητα τους και η θέση τους στη λεκάνη.

- Η μορφολογία της λεκάνης και του υδρογραφικού δικτύου. Εννοείται ο ποσοτικός προσδιορισμός ορισμένων παραμέτρων που έχουν σχέση με το υδρολογικό ισοζύγιο, όπως είναι:
 - (i) Η μέση κλίση λεκάνης
 - (ii) Η κατανομή της επιφάνειας στα διάφορα υψόμετρα
 - (iii) Το μέσο υψόμετρο
 - (iv) Οργάνωση υδρογραφικού δικτύου.



Χάρτης 4. Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης

9. Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής της Βόρειας Εύβοιας

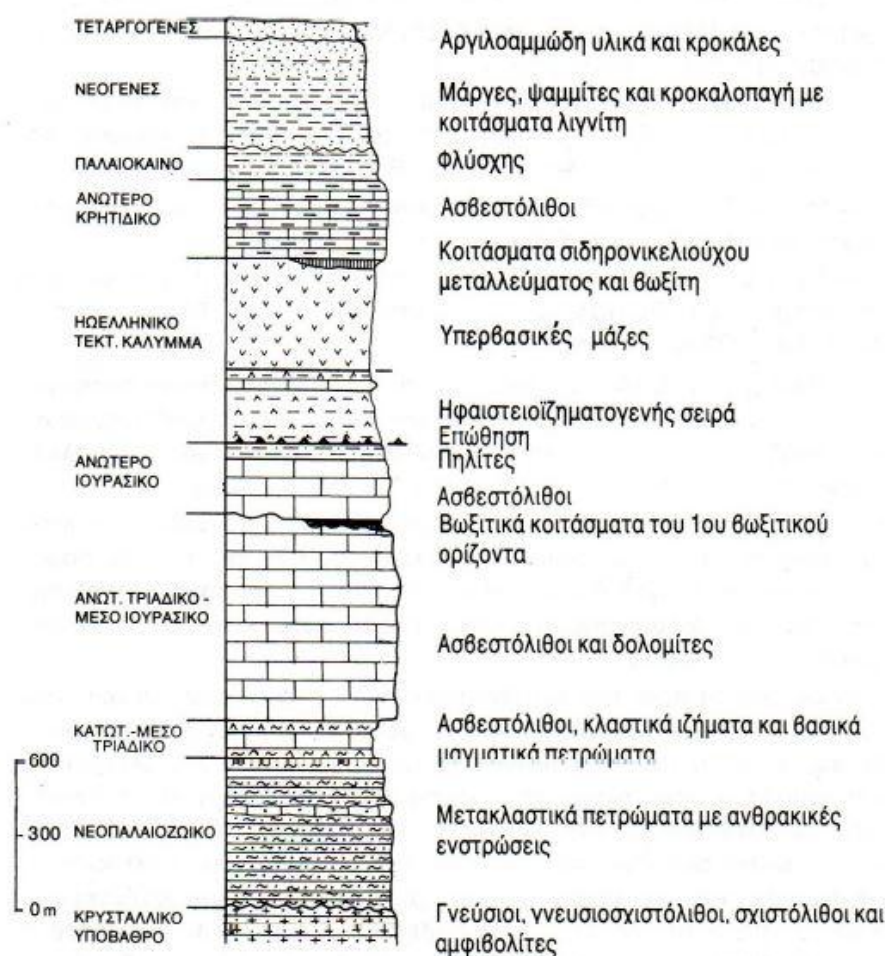
Η Κεντρική και Βόρεια Εύβοια ανήκουν γεωλογικά στην Πελαγονική ζώνη μη μεταμορφωμένων σχηματισμών. Η Πελαγονική ζώνη είναι μια Εσωτερική ισοπική ή γεωτεκτονική ζώνη της Ελλάδας.

Οι ισοπικές ή γεωτεκτονικές ζώνες είναι μεγάλες γεωλογικές ενότητες, που η κάθε μια από αυτές έχει τους δικούς της λιθολογικούς, παλαιογεωγραφικούς, τεκτονικούς χαρακτήρες και έχουν την ίδια τεκτονο-ιζηματογενή εξέλιξη στη διάρκεια του Αλπικού ορογενετικού κύκλου. Οι ισοπικές-γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας διακρίνονται σε Εξωτερικές και Εσωτερικές (Κατσίκατσου Χ. Γ., 1992).

9.1 Στρωματογραφία

Μια τυπική στρωματογραφική σειρά στην Κεντρική και Βόρεια Εύβοια περιλαμβάνει:

- Ένα παλαιοζωικό κρυσταλλικό υπόβαθρο.
- Νεοπαλαιοζωικούς ημιμεταμορφωμένους, κυρίως κλαστικούς, σχηματισμούς.
- Σχηματισμούς του Κατώτερου-Μέσου Τριαδικού (κλαστικούς σχηματισμούς, εκρηξιγενή πετρώματα και ασβεστόλιθους).
- Μη μεταμορφωμένους ανθρακικούς σχηματισμούς του Μέσου-Ανώτερου Τριαδικού-Ανώτερου Ιουρασικού.
- Επωθημένες μεγάλες μάζες οφιολιθικών πετρωμάτων, πάνω στους προηγούμενους σχηματισμούς, που συνοδεύονται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας (Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα).
- Επικλυσιγενείς μεσο-ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους.
- Παλαιοκαινικό φλύσχη (Εικόνα 6)



Εικόνα 6. Στρωματογραφική στήλη της Πελαγονικής ζώνης μη μεταμορφωμένων σχηματισμών της Κεντρικής και Βόρειας Εύβοιας. (Κατά Γ. Χ. Κατσικάτσος, 1992).

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση

Βασικός γεωλογικός σχηματισμός της Υποπελαγονικής γεωτεκτονικής ζώνης είναι η «σχιστοκερατολιθική διάπλαση», η απόθεση της οποίας διήρκησε όλο το Ιουρασικό, ενώ σε κάποιες περιοχές με διαφορετική ασβεστολιθική σειρά, η απόθεση της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης άρχισε από το άνω Τριαδικό.

Ο σχηματισμός αυτός συνίσταται από λεπτόκοκκα ιζήματα, δηλαδή κόκκινους, πράσινους, μαύρους αργλικούς σχιστόλιθους, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, μάργες, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες, αργιλοπηλίτες, παρεμβολές λεπτόκοκκων πελαγικών ασβεστόλιθων. Τα ιζήματα αυτά βρίσκονται σε συνεχείς εναλλαγές και συγκροτούν μια σειρά σημαντικού πάχους που αντιπροσωπεύει ιζηματογένεση πελαγική-ωκεάνια (Μουντράκης Δ., 1985).

Οφιόλιθοι

Το μεγαλύτερο μέρος των οφιολιθικών μαζών υπέρκειται της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης. Στη βάση των μεγάλων αυτών μαζών παρατηρείται και ο σχηματισμός τεκτονικών οφιολιθικών μιγμάτων. Οι μεγάλες οφιολιθικές ακολουθίες που βρίσκονται σε πολλά μέρη της Εύβοιας αποτελούνται από τα παρακάτω βασικά πετρώματα: σερπεντινίτες, χαρτσβουργίτες, δουνίτες, λερζόλιθοι, νορίτες, γάββροι, διαβάσεις, δολερίτες, βασάλτες, pillow lavas, κ.α. (Μουντράκης Δ., 1985).

Ασβεστόλιθοι

Στην ευρύτερη περιοχή της Εύβοιας απαντώνται ασβεστόλιθοι του Τριαδικού, Ιουρασικού, και του Κρητιδικού. Συγκεκριμένα οι πρώτοι είναι πελαγικοί με πυριτικούς κονδύλους είτε νηριτικοί με φύκη, ανάλογα με τη θέση τους κοντά στον ωκεάνιο χώρο ή το ηπειρωτικό περιθώριο. Οι δεύτεροι υπόκεινται των οφιολίθων μεταξύ των οποίων υπάρχει τεκτονική επαφή. Πρόκειται για ασβεστόλιθους πελαγικούς ή νηριτικούς, τυπικούς του ηπειρωτικού περιθωρίου. Οι ασβεστόλιθοι του άνω Κρητιδικού είναι είτε νηριτικοί είτε πελαγικοί μαργαϊκοί μέσα στους οποίους παρεμβάλλονται ψαμμιτικά στρώματα. Αποτελούν το δεύτερο επικλυσιογενές στρώμα μετά το κροκαλοπαγές βάσης, το οποίο αποτέθηκε επίσης μετά την επίκληση της θάλασσας κατά το μέσο Κρητιδικό. Τα ιζήματα αυτά προστάτευσαν τα σιδηρονικελιούχα λατεριτικά κοιτάσματα τα οποία σχηματίστηκαν κατά την περίοδο χέρσευσης που ακολούθησε μετά την ορογένεση κατά την οποία αναδύθηκε η Υποπελαγονική (Μουντράκης Δ., 1985).

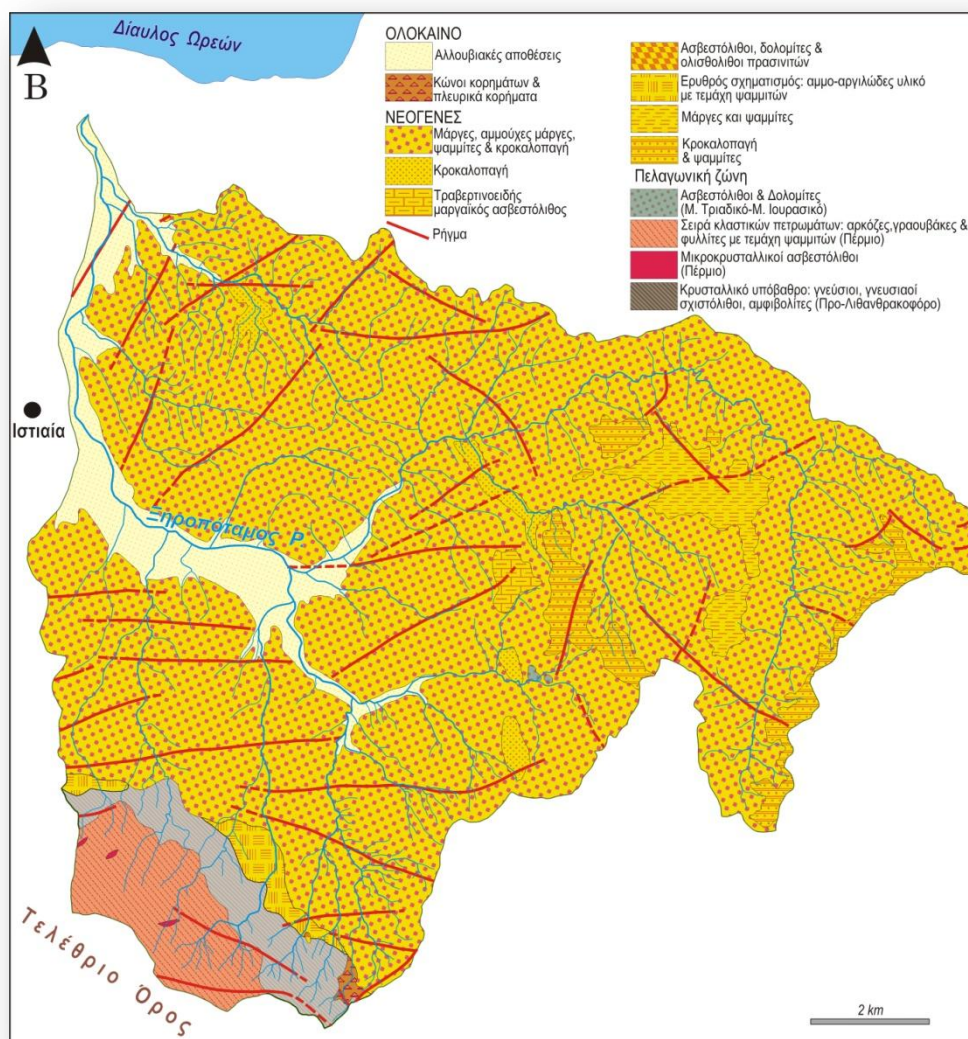
9.2 Γεωλογία της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου

Η υδρολογική λεκάνη του Ξηροπόταμου αποτελείται από Αλπικούς και Νεογενείς σχηματισμούς. Οι αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στην Πελαγονική γεωτεκτονική ενότητα και καταλαμβάνουν το νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Αποτελούνται από τα Προ-Λιθανθρακοφόρα κρυσταλλικά πετρώματα των γνεύσιων, γνεύσιακών-σχιστόλιθων και αμφιβολιτών, τα οποία επικαλύπτονται από μικρές εμφανίσεις μικροκρυσταλλικών ασβεστόλιθων Περμίου ηλικίας που

εναλάσσονται με σειρά κλαστικών πετρωμάτων που αποτελούνται κυρίως από αρκόζες, γραουβάκες και φυλλίτες με ψαμμίτες.

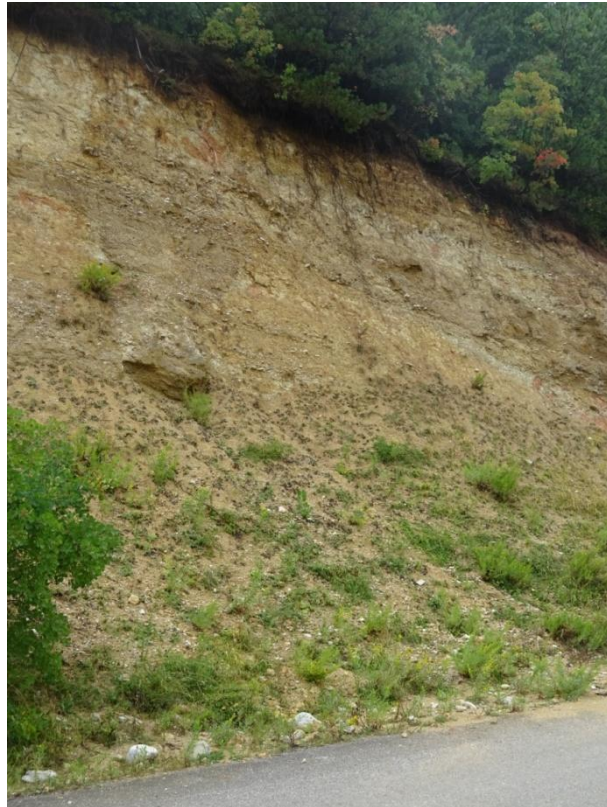
Οι σχηματισμοί του Νεογενούς αποτελούνται από εναλλαγές αμμωδών μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών λιμναίας και ποταμο-λιμναίας φάσης. Οι αποθέσεις αυτές αποτελούν τους ανώτερους ορίζοντες της Νεογενούς ακολουθίας και είναι γενικά μικρής συνεκτικότητας και περιλαμβάνουν μεγάλα τεμάχια (ογκόλιθους) (> 1m) από μεταμορφωμένα πετρώματα. Ορισμένες περιοχές του κεντρικού και βορείου τμήματος της λεκάνης απορροής καταλαμβάνονται από κροκαλοπαγή που αποτελούνται από αποστρογγυλεμένες κροκάλες ασβεστόλιθων, οφιόλιθων, πυριτόλιθων και μερικές φορές γνευσίων, διαφόρων διαστάσεων σε καλή συνετικοποίηση. Μια μικρή εμφάνιση του τραβερτινοειδούς μαργαϊκού ασβεστόλιθου που περικλείει φυτικά υπολείμματα εμφανίζεται στο κέντρο της λεκάνης 2,6 χιλιόμετρα δυτικά της Κάτω Μονοκαρυάς. Στην περιοχή Μεγαλοράχη υπάρχουν επίσης εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών, και ψαμμίτες. Στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής, κατά μήκος της επαφής μεταξύ των αλπικών σχηματισμών και των Νεογενών αποθέσεων παρατηρείται ο «Κόκκινος σχηματισμός». Είναι ο χαμηλότερος ορίζοντας των Νεογενών σχηματισμών και αποτελείται από αργιλώδες, αμμώδες υλικό με γωνιώδη κομμάτια αμμόλιθου διαφόρων μεγεθών και μικρής συνεκτικότητας, χερσαίας προέλευσης.

Οι Ολοκαινικής ηλικίας αλλουβιακές αποθέσεις αποτελούνται από χαλαρά υλικά όπως άμμο, γωνιώδη και αποστρογγυλεμένες κροκάλες και αργιλώδη άμμο που βρίσκονται κατά μήκος της κεντρικής κοίτης του Ξηροπόταμου, καθώς και κατά μήκος του κάτω ρου των κεντρικών κοιτών των ρεμάτων Ξηριάς Βουτάς και Παντώνη.



Χάρτης 5. Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου ποταμού (βασισμένος στους αντίστοιχους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ)

Στις παρακάτω φωτογραφίες που τραβήχτηκαν κατά την έρευνα πεδίου που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης φαίνονται στρώματα Νεογενών σχηματισμών που καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου.



Εικόνα 7. Αποθέσεις Νεογενούς ηλικίας που καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου.



Εικόνα 8. Αποθέσεις Νεογενούς ηλικίας που καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου.

10. Δέλτα ποταμών

Εκβολή στην γεωγραφία είναι το σημείο στο οποίο ένας ποταμός καταλήγει στην θάλασσα. Συχνά κατά την εκβολή τους οι ποταμοί διακλαδίζονται σε επιμέρους κλάδους καλύπτοντας συνολικά μεγάλες εκτάσεις. Οι εκτάσεις που καλύπτονται με αυτό τον τρόπο από τους κλάδους του ποταμού που εκβάλλει καταλαμβάνονται από τα ιζήματα που μεταφέρει το ποτάμι, έχουν συνήθως τριγωνικό σχήμα και ονομάζονται δέλτα ποταμού. Ο όρος δέλτα ποταμού δηλώνει την έκταση που καλύπτουν οι αποθέσεις ενός ποταμού στην περιοχή των εκβολών του. Το όνομα αυτό δόθηκε απ' το σχήμα των προσχώσεων του Νείλου στις εκβολές του, που έμοιαζαν με το ελληνικό γράμμα Δ. Αργότερα, όμως, ο όρος άρχισε να χρησιμοποιείται ανεξαρτήτων του σχήματος που δημιουργείται στις εκβολές των διάφορων ποταμών (ΤΣΙΟΥΡΗΣ Σ., ΓΕΡΑΚΗΣ Π., 1991).

Οι εκβολές των ποταμών έχουν διάφορες μορφές. Πιο συνηθισμένη είναι η περίπτωση σχηματισμού δέλτα, αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που ποταμοί εκβάλουν στην θάλασσα χωρίς να διακλαδίζονται σε επιμέρους κλάδους. Άλλη περίπτωση εκβολής ποταμού είναι με σχηματισμό λιμνοθάλασσας στην περιοχή της εκβολής του. Αυτό οφείλεται στα φερτά υλικά που εναποθέτει ο ποταμός στην περιοχή που εκβάλλει δημιουργώντας μία πολύ ρηχή θάλασσα με πλάτος αρκετών χιλιομέτρων, στην οποία συνυπάρχει το γλυκό νερό του ποταμού και το αλμυρό της θάλασσας. Στις περιπτώσεις των ποταμών που είναι προέκταση παγετώνων οι ποταμοί εκβάλουν σχηματίζοντας βαθιές χαράδρες που είναι γνωστές ως φιόρδ¹. Τέτοιου τύπου εκβολές είναι συνηθισμένες στην περιοχή της Νορβηγίας και της Γροιλανδία.

Ο σχηματισμός των ποτάμιων δέλτα είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού πολλών παραγόντων. Για να δημιουργήσει ένας ποταμός ένα δέλτα στις εκβολές του πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Πρώτον, είναι η μεγάλη προσφορά ιζήματος από το ποτάμι που έχει να κάνει με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο

¹Τα **φιόρδ** δημιουργήθηκαν πριν χιλιάδες χρόνια μετά το λιώσιμο των πάγων, μετά την εποχή των παγετώνων όπου το νερό της θάλασσας πλημμύρισε τις κοιλάδες της περιοχής όπου αυτά εμφανίζονται. Τα συναντούμε στις δυτικές ακτές της Νορβηγίας και στις ακτές της Χιλής. Τα φιόρδ είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης των ακτών που έχουν δημιουργήσει πολύπλοκους δαντελωτούς κόλπους. Το μήκος μερικών φιόρδ ξεπερνά τα 200 μ. και το βάθος τους τα 1000 μ.

της λεκάνης “απορροής” και, δεύτερον, η ύπαρξη κατάλληλων συνθηκών στη θαλάσσια λεκάνη υποδοχής των ιζημάτων (Καρύμπαλης, 2010).

Οι περιοχές που τα ποτάμια εκβάλλουν, κυρίως όταν δημιουργούν δέλτα πρόσφεραν από την αρχαιότητα ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη κοινωνιών. Παραδείγματα ανάπτυξης πολυπληθών κοινωνιών στις εκβολές ποταμών έχουμε στις εκβολές του Νείλου όπου σχηματίζεται το περίφημο Δέλτα του Νείλου αλλά και στις εκβολές των Γάγγη και Βραχμαπούτρα στην περιοχή του Μπαγκλαντές. Πολλές σύγχρονες μεγαλουπόλεις επίσης είναι χτισμένες πάνω σε εκβολές ποταμών, όπως η Νέα Υόρκη που είναι χτισμένη στις εκβολές του ποταμού Χάντσον.

Μολονότι όλοι οι ποταμοί μεταφέρουν ιζήματα, δεν έχουν όλοι τη δυνατότητα να σχηματίζουν δέλτα. Για να σχηματιστεί ένα δέλτα, πρέπει να υπάρχει ευνοϊκός συνδυασμός παραγόντων που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του ποταμού, της λεκάνης απορροής του ποταμού και της θαλάσσιας λεκάνης υποδοχής των ποταμίων ιζημάτων.

Ο σχηματισμός τους οφείλεται κυρίως στην ελάττωση της ταχύτητας του ρεύματος, με το οποίο οι ποταμοί αποθέτουν τα φερτά υλικά που μεταφέρουν. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες για τη διαμόρφωσή τους είναι η ένταση των παλιρροιών (πρέπει η διακύμανση της παλίρροιας να μην είναι μεγάλη), η μορφολογία των ακτών και του βυθού (προπάντων για τα θαλάσσια δέλτα και η παρουσία ουσιών, όπως του χλωριούχου μαγνησίου, που ασκεί ηλεκτρολυτική ενέργεια και προκαλεί την κατακρήμνιση των φερτών υλών.

Ο σχηματισμός τους γίνεται ως εξής: Στην αρχή το δέλτα είναι αρκετά απλό. Σχηματίζεται από μια μόνο ποτάμια κοίτη-κλάδο διανομής, που τείνει να επιμηκύνει το ρεύμα εντός της θάλασσας με μια κοίτη που δημιουργείται απ' τις ύλες που μεταφέρει. Στη συνέχεια, όσο συσσωρεύονται τα ιζήματα, το πάχος της απόθεσης αυξάνει κι έτσι προκαλεί την εκτροπή του ρεύματος του ποταμού που, στο κάτω μέρος της λεκάνης, αρχίζει να δημιουργεί μια νέα διακλάδωση - κλάδο διανομής.

Το δέλτα των θαλασσών παίρνει συχνά σχήμα διάφορο απ' το τριγωνικό εξαιτίας των αμοιβαίων επιδράσεων μεταξύ της δράσης της απόθεσης και της διάβρωσης και των συνθηκών ισορροπίας που δημιουργούνται μεταξύ του ποταμού και της θαλάσσιας λεκάνης που τον δέχεται.

Ανάλογα με τους παράγοντες και τις διεργασίες σχηματισμού τους, τα δέλτα μπορούν να διακριθούν σε διάφορους μορφολογικούς τύπους: ακτινωτός, πέλματος πτηνού, λοβοειδής, τοξοειδής. Μία από τις αιτίες των διαφορών μεταξύ των δέλτα, ως προς τα οικοσυστήματα που αυτά φιλοξενούν, είναι οι διαφορές τους ως προς τον μορφοδυναμικό τύπο.

Ένα δέλτα, παρόλο που συνηθίζεται να θεωρείται συνολικά υγρότοπος, στην πραγματικότητα αποτελείται από μωσαϊκό διαφόρων τύπων υγροτόπων αλλά και χερσαίων τοποθεσιών. Εάν θέλει κάποιος να ακριβολογήσει, τα δέλτα είναι ευρύτερες μονάδες τοπίου, οι οποίες περικλείουν επιμέρους τύπους υγροτόπων. Οι μονάδες αυτές έχουν προέλθει είτε από φυσικές διεργασίες είτε από αποξηράνσεις.

Σε δέλτα μπορεί κάποιος να συναντήσει, εκτός από κοίτες ποταμών (τις περισσότερες φορές διευθετημένες–εγκιβωτισμένες), λιμνοθάλασσες, παράκτια αλοέλη (δηλαδή αλμυρά έλη), υγρολίβαδα, παρόχθια δάση και παρόχθιους θαμνώνες, αλυκές, ορυζώνες, στραγγιστικές τάφρους, αρδευτικές διώρυγες κλπ. που δεν έχουν πάντα σαφώς διακριτά όρια, και, όπως ήδη αναφέρθηκε, αποτελούν μωσαϊκό. Αυτή ακριβώς η εν είδη μωσαϊκού χωροδιάταξη των οικοσυστημάτων και η ποικιλότητά τους καθιστά τα δέλτα ιδιαιτέρως ενδιαφέροντα από άποψη μελέτης, χαρτογράφησης, χωρισμού σε επιμέρους διαχειριστικές ενότητες και λήψης μέτρων διαχείρισης. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μονάδων ενός δέλτα οφείλονται κυρίως στους παράγοντες υδατικό καθεστώς και ορνιθοπανίδα.

Το νερό στις διάφορες τοποθεσίες ενός δέλτα μπορεί να είναι γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό. Η αλατότητα κυμαίνεται τόσο από έτος σε έτος, όσο και από εποχή σε εποχή του έτους. Τα οικοσυστήματα των ελληνικών δέλτα καταπονούνται από την έλλειψη ικανής ποσότητας γλυκού νερού κατά το θέρος, διότι το γλυκό νερό των ποταμών οδηγείται στα αρδευτικά δίκτυα. Ουσιαστικά έχει σχεδόν διακοπεί η φυσική διεργασία του εμπλουτισμού των δελταϊκών πεδιάδων με θρεπτικά στοιχεία, τα οποία μετέφερε στις πεδιάδες αυτές κάθε έτος το πλημμυρικό νερό των ποταμών. Η καταπόνηση μπορεί να μειωθεί αισθητά με την εφαρμογή σύγχρονων προσεγγίσεων που αποσκοπούν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των αρδεύσεων. Οι περιοχές των δέλτα καλλιεργούνται εντατικά και γενικά προσφέρουν ευνοϊκές συνθήκες για την εγκατάσταση οικισμών και μερικές απ' αυτές τις περιοχές υπήρξαν κοιτίδες σημαντικών πολιτισμών, όπως το δέλτα του Νείλου και του Ινδού (Σ. Ντάφης, κ.ά., 2003).

11. Κυματισμός

Με τον όρο Κυματισμός χαρακτηρίζεται γενικά το σύνολο των φυσικών φαινομένων που παρουσιάζει η επιφάνεια της θάλασσας, που οφείλονται κυρίως στην απορρόφηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Ο κυματισμός αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους γεωμορφολογικούς παράγοντες που δρουν στην παράκτια ζώνη. Τα θαλάσσια κύματα είναι περιοδικές μηχανικές ταλαντώσεις των μορίων του θαλάσσιου νερού με τις οποίες μεταφέρεται ενέργεια, η οποία σε μεγάλο ποσοστό καταναλώνεται με τη θραύση τους κατά μήκος της ακτής. Τα κύματα που προσπίπτουν στην ακτή μπορούν να προκαλέσουν:

- ⇒ διάβρωση,
- ⇒ μεταφορά ή
- ⇒ απόθεση ιζήματος,

διαμορφώνοντας έτσι τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ακτογραμμής.

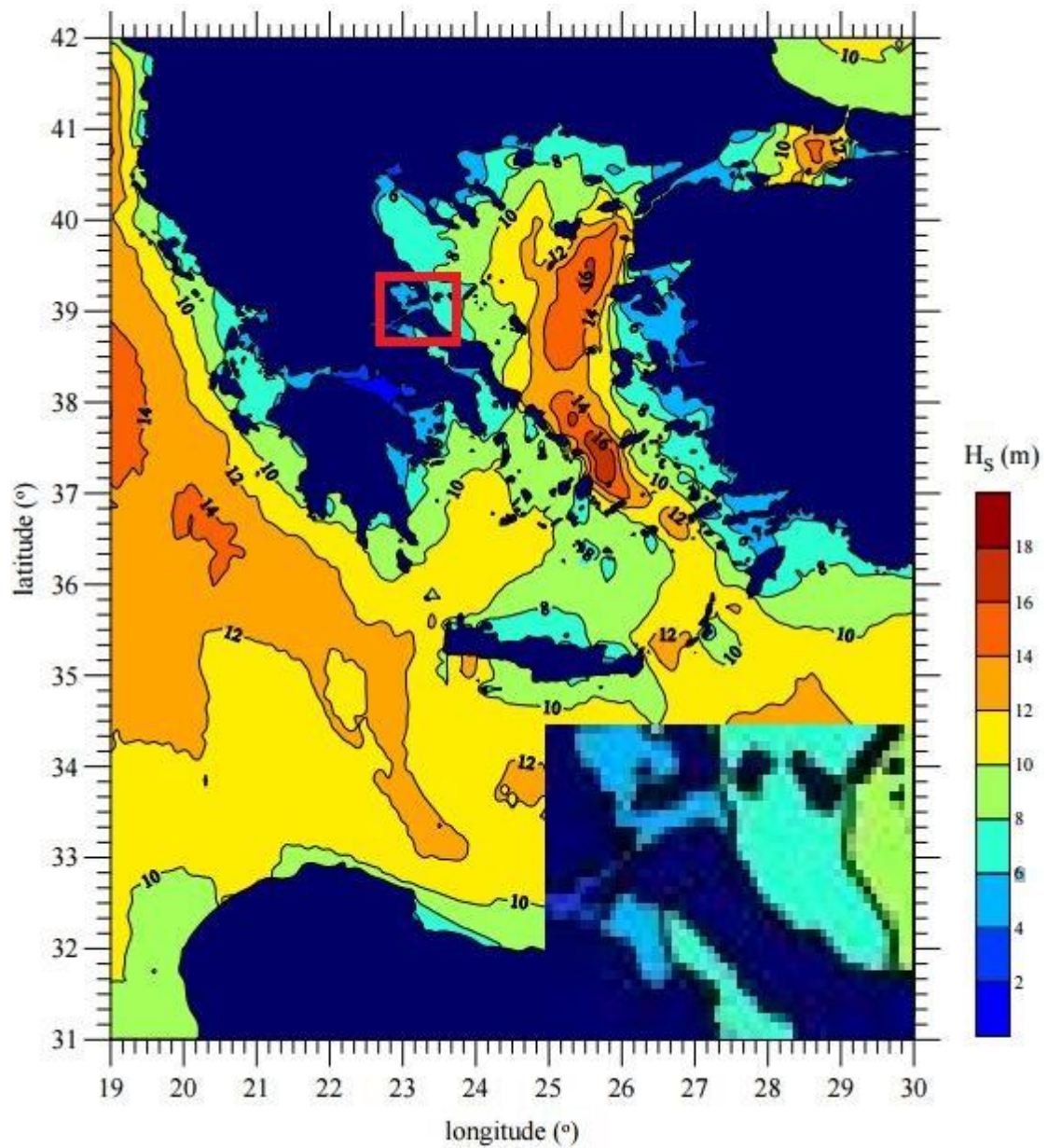
11.1 Χαρακτηριστικά των κυμάτων

Το κύμα έχει την ιδιότητα να μεταφέρει ένα ποσό ενέργειας από το ένα σημείο στο άλλο, μέσα σε ένα υγρό μέσο διάδοσης, όπως το θαλασσινό νερό, χωρίς όμως να επιφέρει κάποια μόνιμη αλλαγή σε αυτό. Η βασική δομή του κύματος αποτελείται από μια αλληλουχία κορυφών και κοιλιών (wave crests and troughs) που μπορούν να προσδιοριστούν από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

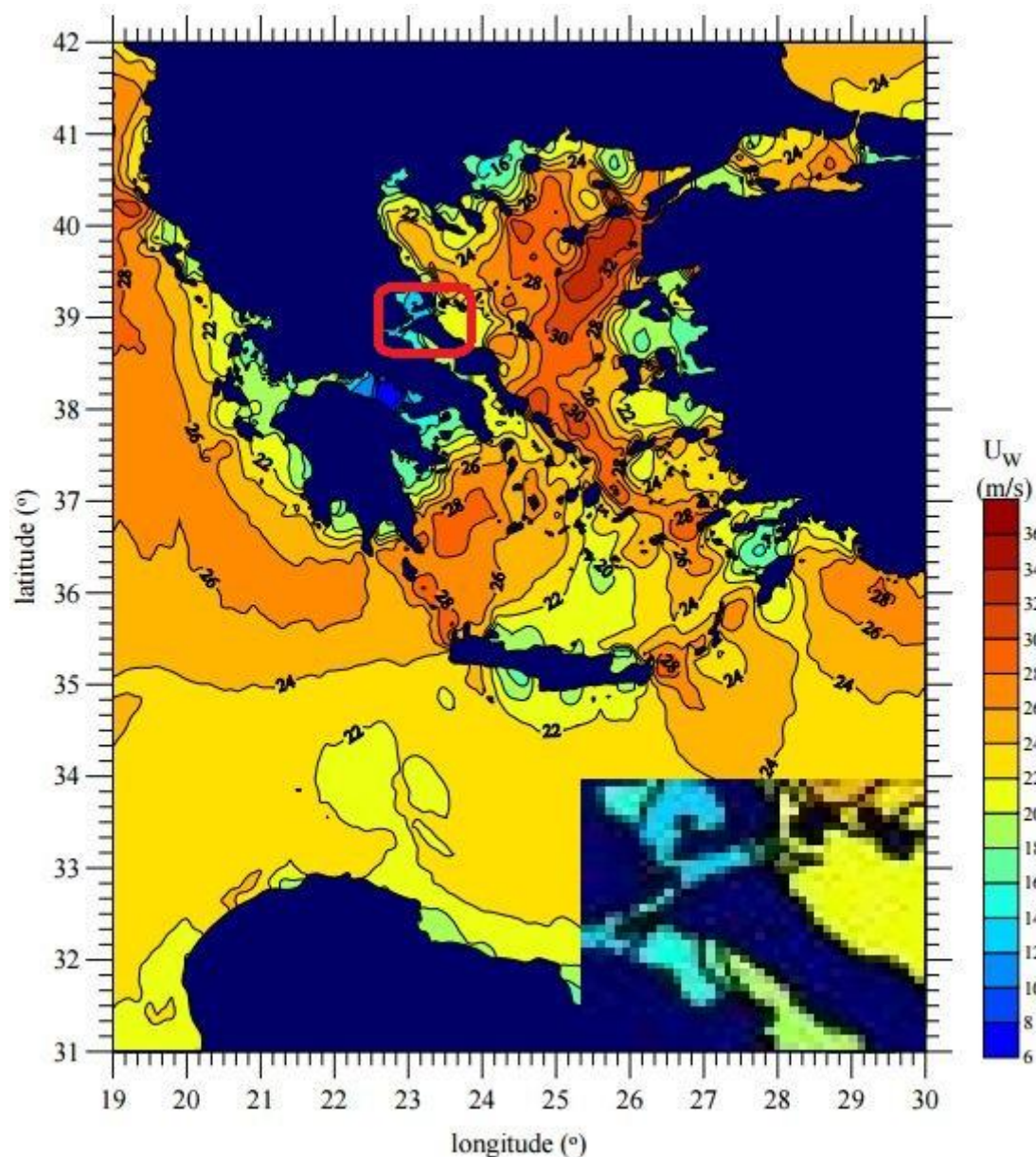
- **Μήκος κύματος (L) (wave length):** είναι η οριζόντια απόσταση μεταξύ 2 διαδοχικών κορυφών (crests) ή κοιλιών (troughs).
- **Ύψος κύματος (H) (wave height):** είναι η κάθετη απόσταση μεταξύ του υψηλότερου (κορυφή) και του κατώτερου (κοιλία) σημείου ενός κύματος. Το σημαντικό ύψος κύματος (significant wave height) (H_s) είναι ο μέσος όρος του ενός τρίτου ($1/3$) των υψηλότερων κυμάτων.
- **Περίοδος κύματος (T) (wave period):** είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη διέλευση 2 διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών του κύματος από το ίδιο σημείο.
- **Συχνότητα κύματος (F) (wave frequency):** είναι ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα σημείο στη μονάδα του χρόνου.

- **Ταχύτητα (u) (wave velocity):** εξαρτάται κυρίως από το βάθος των νερών της θάλασσας στην οποία διαδίδεται. Όσο μειώνεται το βάθος της θάλασσας η ταχύτητα των κυμάτων ελαττώνεται. Καθώς ένα κύμα κινείται προς την ακτή η κυκλική ταχύτητα των σωματιδίων του νερού, κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και ιδιαίτερα η οριζόντια συνιστώσα της φτάνει σε ένα μέγιστο, ακριβώς κάτω από την κορυφή του κύματος. Αντίθετα, όταν ένα κύμα κατευθύνεται προς την ανοικτή θάλασσα, η κυκλική ταχύτητα των σωματιδίων του νερού παίρνει τη μέγιστη τιμή της κάτω από την κοιλία. Τέλος, η κυματική ενέργεια εξαρτάται αποκλειστικά από το ύψος του κύματος και είναι ανεξάρτητη από τα υπόλοιπα βασικά χαρακτηριστικά (Καρύμπαλης, 2010).

Μία βασική παράμετρος που θα φανεί χρήσιμη στην παρούσα εργασία είναι το μέσο σημαντικό ύψος κύματος και της ταχύτητας του ανέμου. Οι παρακάτω χάρτες περιγράφουν τις τιμές σχεδιάσεως 50 ετών του μέσου σημαντικού ύψους κύματος και ταχύτητας του ανέμου όλης της Ελλάδος, καθώς στο κόκκινο πλαίσιο είναι η περιοχή μελέτης. Επίσης, υπάρχουν και ενδεικτικοί συνοπτικοί χάρτες των κυματικών μετώπων, από το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ του Ελλ. Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) ημερήσιας βάσης, οι οποίοι μας δείχνουν το ύψος κύματος της περιοχής μελέτης σε τρεις διαφορετικές ημέρες.



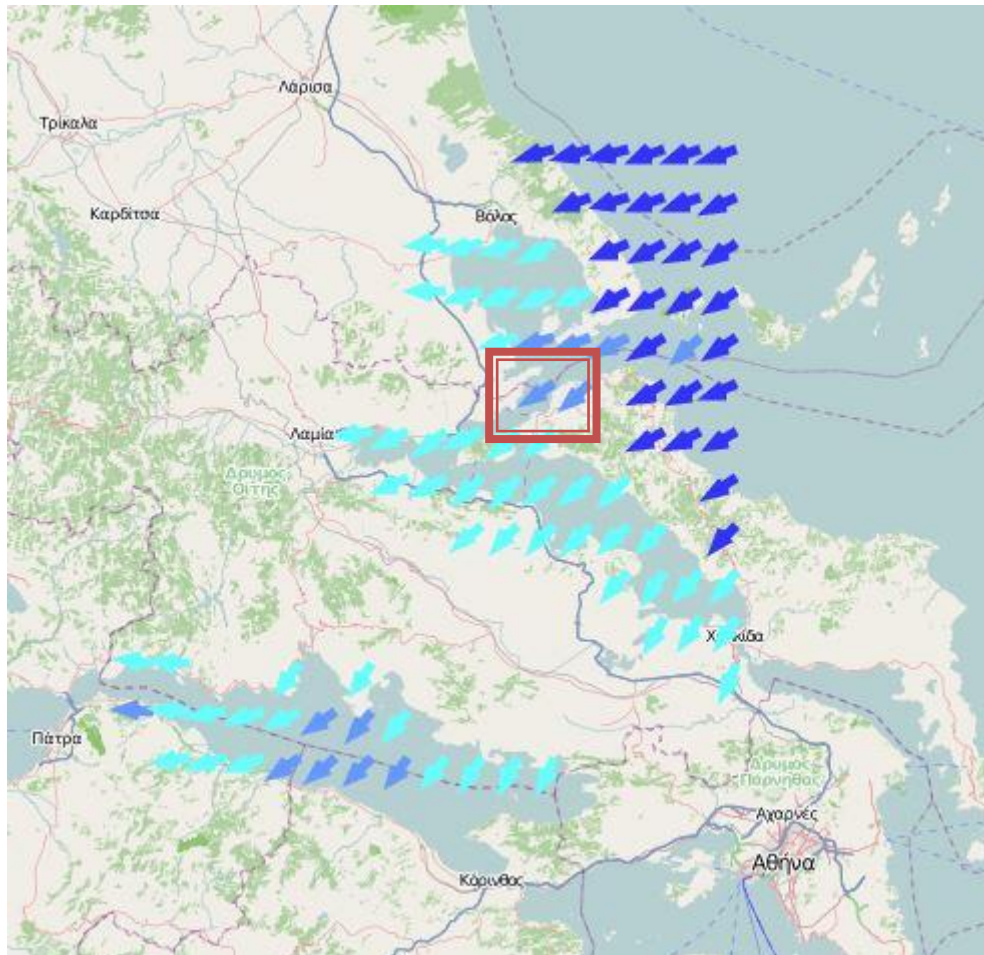
Χάρτης 6. Τιμές σχεδιάσεως 50 ετών του ύψους κυματισμού - Άτλαντας ανέμων και κύματος, ΕΛΚΕΘΕ 2007.



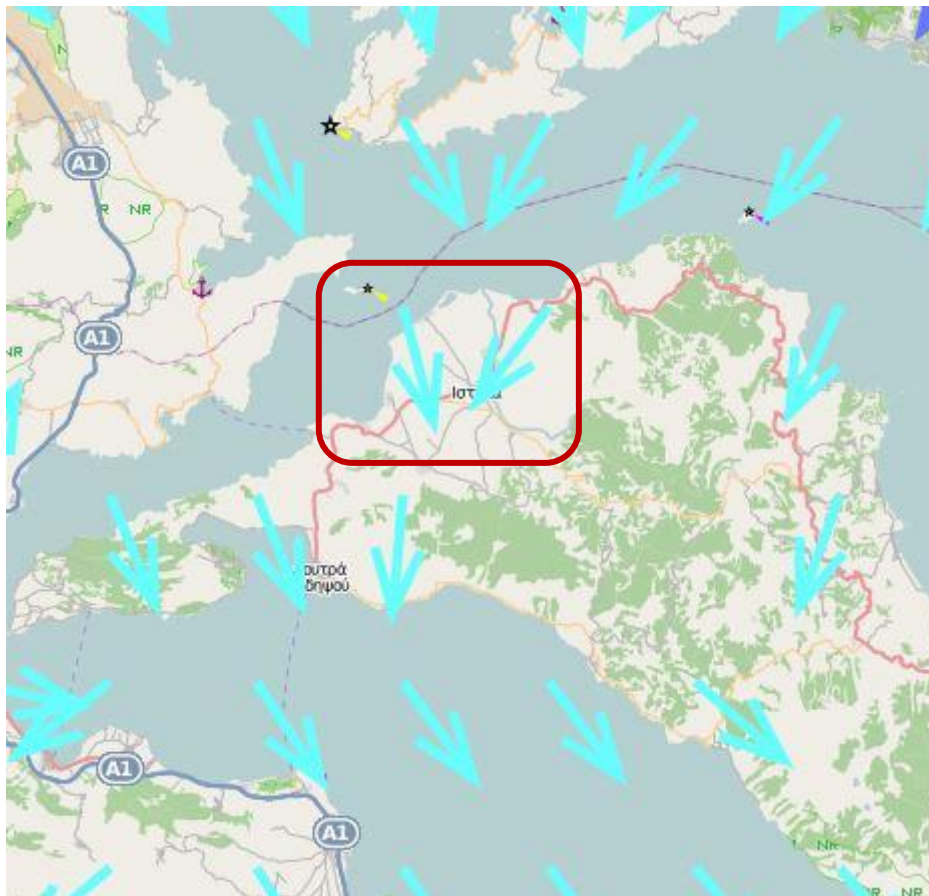
Χάρτης 7. Τιμές σχεδιάσεως 50 ετών της ταχύτητας του ανέμου - Ατλαντας ανέμου και κύματος, ΕΛΚΕΘΕ 2007.

Παρατηρείται λοιπόν, από τους δύο παραπάνω χάρτες 6 και 7 πως σύμφωνα με το μοντέλο τιμών σχεδίασης του σημαντικού ύψους κύματος και της ταχύτητας του ανέμου, υπάρχει πιθανότητα τουλάχιστον μία φορά στα επόμενα 50 χρόνια να σημειωθεί κυματισμός ύψους 2-4 μέτρων με ένταση ανέμου 10-14 m/s στη θαλάσσια περιοχή μελέτης.

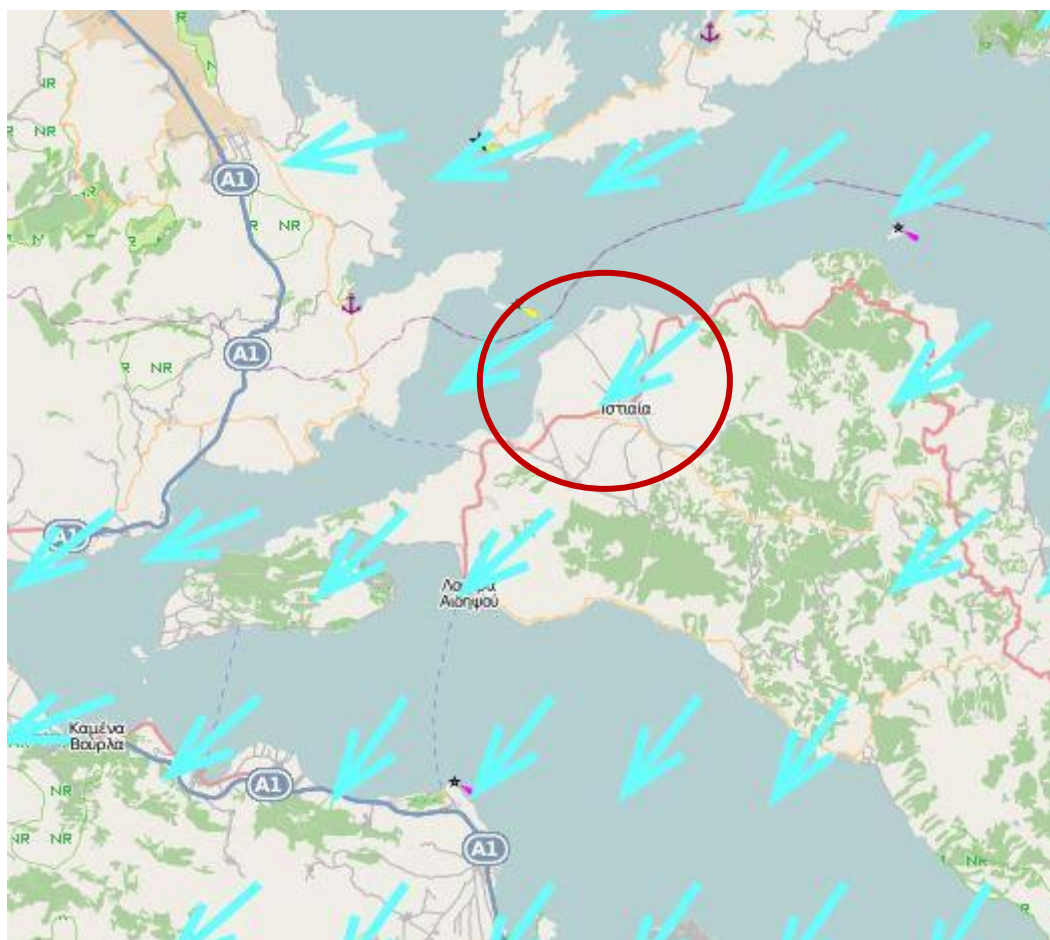
i. 10/9/2015



ii. 12/9/2015



iii. 13/9/2015



Εικόνες 9. Ενδεικτικοί συνοπτικοί χάρτες των κυματικών μετώπων, από το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ του Ελλ. Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ).

Σύμφωνα με τους ενδεικτικούς χάρτες, το μέσο σημαντικό ύψος κύματος στην περιοχή της βόρειας Εύβοιας και πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή της Ιστιαίας, κυμαίνεται από κάτω από 0,5μ μέχρι 1,5μ.

Οι μικρές τιμές, που ισχύουν σε ετήσια βάση, σύμφωνα και με τους παραπάνω χάρτες των τιμών σχεδίασης, οφείλονται στο γεγονός ότι πρόκειται για μια περιοχή προστατευμένη (στενό Αρτεμισίου) με σχετικά μικρές τιμές ταχύτητας ανέμου. Ο ήπιος κυματισμός επιτρέπει στις φερτές ύλες του ποταμού να αποτεθούν στις εκβολές. Συνεπώς, ευνοείται ο σχηματισμός του δελταϊκού ριπιδίου του Ξηροπόταμου ιδίως στο δυτικότερο τμήμα του σε αντίθεση με το ανατολικό το οποίο είναι πιο “εκτεθειμένο” στον κυματισμό.

12. Μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας

Η στάθμη της θάλασσας καθορίζεται από το μέσο επίπεδο του εύρους της παλίρροιας (χαμηλής και υψηλής στάθμης) η οποία είναι αποτέλεσμα της βαρυτικής αλληλεπίδρασης Γης-Ηλιου-Σελήνης. Η στάθμη της θάλασσας όμως μεταβάλλεται προσωρινά (για ώρες, μέρες ή και μερικά έτη) και από μετεωρολογικά και υδρολογικά αίτια, όπως καταιγίδες και εκφορτίσεις ποταμών. Το μέσο επίπεδο αναφοράς της στάθμης των ωκεανών καλείται γεωειδές το οποίο είναι η ισοδυναμική επιφάνεια του πεδίου βαρύτητας της Γης και το οποίο θεωρητικά συμπίπτει με το μέσο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας (Mean Sea Level). Η μέση στάθμη της θάλασσας όμως αποκλίνει από το γεωειδές δημιουργώντας την λεγόμενη τοπογραφία της επιφάνειας της θάλασσας (sea surface topography). Στο γεωειδές υπάρχουν υψώματα και ταπεινώσεις της στάθμης της θάλασσας σε σχέση με το κέντρο της Γης της τάξης των μερικών δεκάδων μέτρων. Αυτές είναι συνάρτηση των ανωμαλιών βαρύτητας εξαιτίας της ανισοκατανομής της γήινης μάζας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι διάφορες αναπαραστάσεις της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας στο παρελθόν δεν λαμβάνουν υπόψη την εκάστοτε μορφή του γεωειδούς όπως μεταβαλλόταν από την ανακατανομή της γήινης μάζας.

Ο όρος ευστατισμός αναφέρεται στις παγκόσμιες και μακροχρόνιες (εκατοντάδες έως χιλιάδες χρόνια) μεταβολές του επιπέδου της στάθμης, με την άνοδο αυτού να καλείται επίκλυση και την πτώση αυτού απόσυρση. Οι βασικότερες αιτίες του ευστατισμού είναι η μεταβολή του όγκου των ωκεάνιων υδάτων, κυρίως λόγω της μεταβολής του όγκου των παγετώνων, και η μεταβολή του μεγέθους των ωκεάνιων λεκανών κυρίως μέσα από την ισοστατική τροποποίηση της λιθόσφαιρας ως αντίδραση στην μεταβολή του όγκου των παγετώνων και μέσα από βραδείς γεωδυναμικές διεργασίες (ορογένεση) ή και από την συσσώρευση ιζήματος. Θεωρητικά, η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας θα αναμενόταν να είναι παγκόσμια και ταυτόχρονη δεδομένου ότι οι ωκεανοί συνδέονται μεταξύ τους. Η σύγκριση όμως καμπυλών μεταβολής της στάθμης της θάλασσας από διαφορετικές περιοχές δείχνει ότι αυτό δεν ισχύει αποδεικνύοντας ότι οι ευστατικές μεταβολές δεν είναι ομοιόμορφες παγκόσμια. Αυτή η διαφορεική απόκριση της στάθμης ερμηνεύεται σε μεγάλο ποσοστό με την προσαρμοστική ικανότητα της Γης (μέσω της ελαστικής παραμόρφωσης) απέναντι στην μεταβολή επιφανειακών φορτίων πάγου και νερού

τήξης (Chappell, 1974, Clark et al., 1978) . Κατά την τήξη των πάγων η ισοστατική παραμόρφωση συντελεί στην ανύψωση της χέρσου που αποφορτίζεται από το επιφανειακό φορτίο των πάγων ενώ το νερό της τήξης 3 επιφορτίζει τις ωκεάνιες λεκάνες. Εξαιτίας της ιξώδους φύσης του εσωτερικού της Γης, η ισοστατική παραμόρφωση συνεχίζεται και μετά (μερικά χιλιάδες χρόνια) την τήξη των πάγων (Walcott, 1972, Clark et al., 1978).

Δεν υπάρχει πλέον αμφιβολία πως η κλιματική αλλαγή είναι η μεγαλύτερη πρόκληση που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σήμερα και ιδιαίτερα ευάλωτες από την αλλαγή του κλίματος θα είναι και οι παράκτιες ζώνες. Μην ξεχνάμε πως πάνω από το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε απόσταση μικρότερη των 60 χιλιομέτρων από κάποια ακτή. Ιδιαίτερα για την Ελλάδα που με το πλήθος νησιών της διαθέτει τη μεγαλύτερη ακτογραμμή στην Ευρώπη με πλήθος οικονομικών δραστηριοτήτων, η τρωτότητα της παράκτιας ζώνης είναι ζήτημα τεράστιας περιβαλλοντικής, οικονομικής και κοινωνικής σημασίας.

Η μελέτη της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας στην Μεσόγειο ευνοείται από:

- α) το μικρό εύρος παλίρροιας το οποίο καθιστά τις ενόργανες μετρήσεις περίπου αντίστοιχες με την μέση τιμή στάθμης της θάλασσας, και
- β) την πληθώρα γεωλογικών και αρχαιολογικών δεδομένων που βοηθούν στην μελέτη της θαλάσσιας παλαιοστάθμης.

Η διακύμανση του γεωειδούς (συνάρτηση της ανισοκατανομής της γήινης μάζας) στην Ανατολική Μεσόγειο μεταξύ του ΒΔ Ιονίου (Κέρκυρα) και ΝΑ Αιγαίου (Ρόδος) είναι της τάξης των 20 μέτρων (Limpach et al., 2006). Παράλληλα όμως δυσχεραίνεται από την έντονη ενεργό τεκτονική, η οποία διαφοροποιείται χωρικά και επομένως η διάκριση και η ποσοτικοποίηση των αιτιών της σχετικής μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης μεταξύ του ευστατισμού και της τεκτονικής είναι μια από τις συνηθεις δυσκολίες στην μελέτη της παλαιοστάθμης.

Λαμβάνοντας υπόψη την ανοδική τάση της θαλάσσιας στάθμης τις τελευταίες δεκαετίες σε συνδυασμό με τις προβλέψεις, που κυμαίνονται από 1 έως και 1,5 μέτρα ανόδου της στάθμης μέχρι το 2100 (IPCC, 2013), καθίσταται επιτακτική η ανάγκη να ερευνηθούν οι παράκτιες περιοχές που παρουσιάζουν υψηλή επικινδυνότητα κατακλυσμού.

Η ασφαλής όμως εκτίμηση της επικινδυνότητας μιας περιοχής από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας δεν καθορίζεται μόνο από τον ρυθμό και το εύρος ανόδου της στάθμης αλλά και:

α) από την αλληλεπίδραση μεταξύ του τεκτονισμού της συγκεκριμένης περιοχής και του ευστατισμού. Αυτό σημαίνει ότι περιοχές που εντάσσονται σε τεκτονικά ενεργές ζώνες μπορεί να εξουδετερώνουν την σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας εάν βρίσκονται σε σχετικά ανερχόμενα τεμάχια ενεργών ρηγμάτων ή αντιθέτως να ενδυναμώνουν την σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας εάν βρίσκονται σε σχετικά κατερχόμενα τεμάχια ενεργών ρηγμάτων.

β) από την δυναμική σχέση μεταξύ ανόδου της στάθμης της θάλασσας και τη μεταβολή των στερεοπαροχών. Είναι γνωστό ότι σε περιοχές εκβολών μεγάλων ποταμών δημιουργούνται δέλτα, τα οποία προωθούνται προς την θάλασσα και σταδιακά τροποποιούν την υφιστάμενη παράκτια ζώνη. Επομένως, η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας λόγω κλιματικής αλλαγής μπορεί να αμβλυνθεί από την απόθεση νέου κλαστικού υλικού στην δελταϊκή-παράκτια ζώνη. Αντίθετα, εάν η στερεοπαροχή μειωθεί θα αυξήσει την επίκλυση της θάλασσας προς την παράκτια περιοχή. Η μεταβολή της στερεοπαροχής μπορεί να είναι αποτέλεσμα μιας κλιματικής μεταβολής (ανθρωπογενούς ή φυσικής) μέσα από την οποία θα επηρεαστεί ο ρυθμός διάβρωσης, ως αποτέλεσμα της μεταβολής βροχόπτωσης και φυτοκάλυψης, ή ανθρωπογενούς παρέμβασης όπως για παράδειγμα η κατασκευή φραγμάτων, οι αμμοληψίες, οι πυρκαγιές κτλ.

γ) επιπλέον η τρωτότητα μιας περιοχής λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας καθορίζεται από την μορφολογία και το υψόμετρο της ακτής καθώς και από την σύσταση των πετρωμάτων της. Το τελευταίο, καθορίζει τους ρυθμούς διάβρωσης καθώς αυτοί κυμαίνονται από πολύ υψηλοί σε αργιλικά μαλακά εδάφη έως χαμηλοί σε ασβεστολιθικά και άλλα συμπαγή πετρώματα.

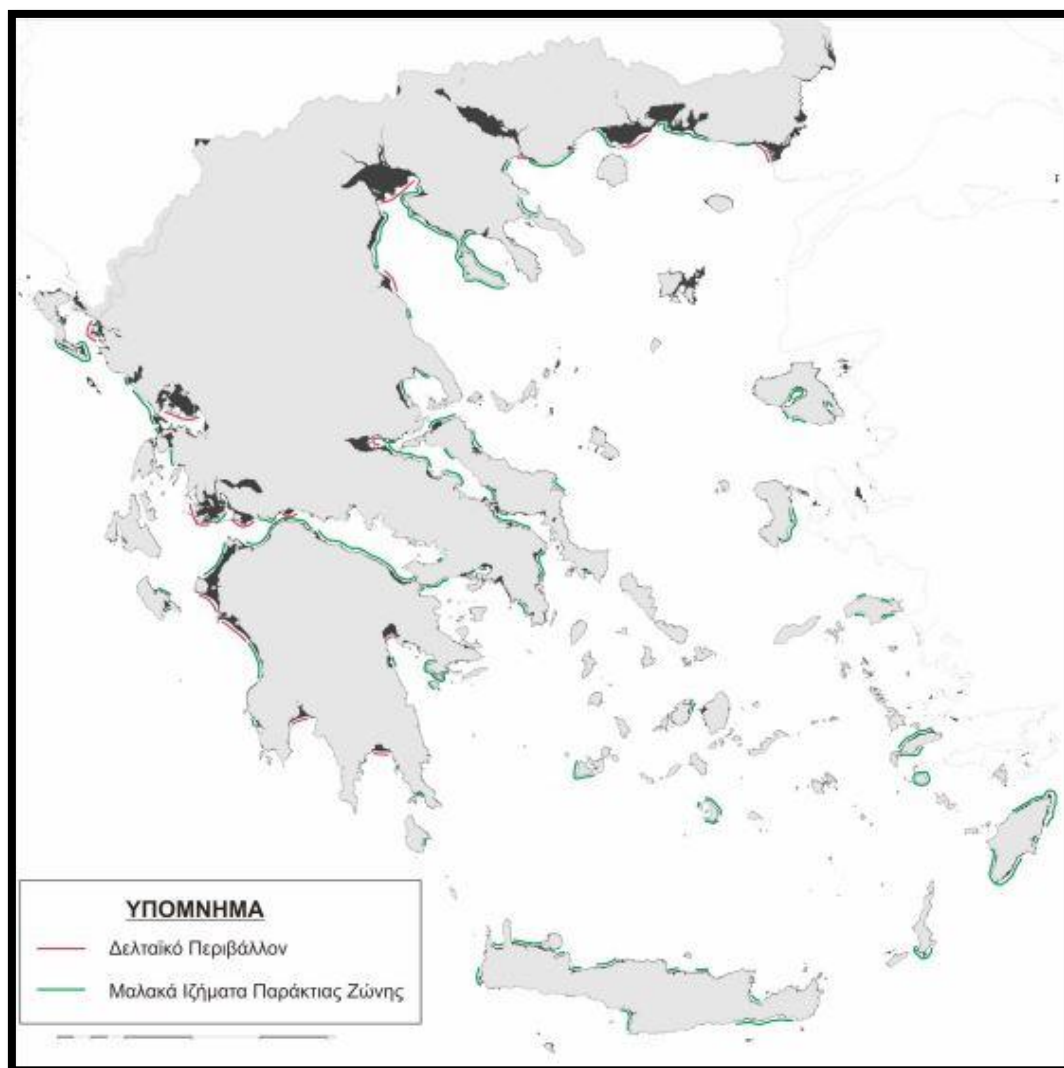
Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω παράγοντες οι παράκτιες περιοχές της Ελλάδας κατηγοριοποιήθηκαν σε 3 ζώνες:

1. **Δελταϊκές.** Συμβολίζονται με χρώμα κόκκινο και αφορούν παράκτιες περιοχές απόθεσης με χαλαρά μη συνεκτικά ιζήματα, χαμηλού απόλυτου υψομέτρου και υψηλής τρωτότητας στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.
2. **Νεογενών και Τεταρτογενών μαλακών ιζημάτων.** Συμβολίζονται με πράσινο χρώμα και αφορούν ζώνες οπισθοδρομούσας διάβρωσης των ακτών.

Πρόκειται για παράκτιες περιοχές με συνήθως χαμηλό υψόμετρο στις οποίες αναμένονται μέτριες επιπτώσεις με χαρακτηρισμό μέτριας τρωτότητας.

3. **Βραχώδεις.** Αφορούν κυρίως αλπικά πετρώματα χαμηλής τρωτότητας στην διάβρωση και στην κατάκλυση από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και εκτείνονται στις υπόλοιπες ακτογραμμές χωρίς ιδιαίτερη χρωματική διαγράμμιση (Μαρία Παπανικολάου, κ.ά., 2011).

Η υποδιαίρεση των παράκτιων περιοχών ως προς την τρωτότά τους στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας στην Εικ. 10 δείχνει ότι οι περιοχές υψηλής επικινδυνότητας είναι οι δελταϊκές περιοχές. Παρατηρούμε πως η περιοχή μελέτης μας αποτελείται από μαλακά ιζήματα πράγμα που κάνει την περιοχή ευάλωτη στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.



Εικόνα 10: Χάρτης υποδιαίρεσης των παράκτιων ζωνών σε αυτές που χαρακτηρίζονται ως μέτριας τρωτότητας (πράσινο χρώμα) στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας και συνίστανται από μαλακά ιζήματα Νεογενούς-Τεταρτογενούς ηλικίας συνήθως χαμηλού υψομέτρου και σε αυτές που χαρακτηρίζονται ως υψηλής τρωτότητας και αποτελούν δελταϊκές αποθέσεις χαμηλού υψομέτρου (ερυθρό χρώμα). Οι υπόλοιπες παράκτιες ζώνες χαρακτηρίζονται ως περιοχές χαμηλής τρωτότητας και αποτελούν συνήθως βραχώδεις και υψηλού υψομέτρου παράκτιες περιοχές. Πάνω στο χερσαίο χώρο οι μαύρες περιοχές σημειώνουν τα υψόμετρα κάτω των 20 μέτρων, όπου κατά κανόνα απαντούν χαλαρές ιζηματογενείς αποθέσεις (πηγή: ΕΜΕΚΑ).

12.1 Επιπτώσεις της μελλοντικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας

Ίσως η γνωστότερη από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, που εξελίσσεται σε βάθος χρόνου, αλλά και η εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων στην παράκτια ζώνη, λόγω της αλλαγής της θερμοκρασίας στην επιφάνεια των νερών της θάλασσας. Οι ακτές επηρεάζονται με:

- τον μόνιμο κατακλυσμό των παράκτιων εκτάσεων και τη μετακίνηση των ζωνών αιγιαλού και παραλίας, λόγω της επιτάχυνσης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας,
- την παράκτια διάβρωση από αυξημένες κυματικές καταιγίδες και
- την υφαλμύρωση των υπόγειων παράκτιων υδροφορέων.

Οι επιπτώσεις των φαινομένων αυτών στις κοινωνίες και την οικονομία περιλαμβάνουν:

- ❖ αύξηση των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία από πλημμύρες/καταιγίδες,
- ❖ επιδείνωση της ποιότητας του πόσιμου νερού,
- ❖ μειωμένη γεωργική παραγωγή λόγω αλλαγών στο κλίμα της περιοχής που ασκείται η δραστηριότητα, αλλά και αλλαγών στο ισοζύγιο νερού και υφαλμύρωσής του,
- ❖ αλλαγές στη θαλάσσια και παράκτια βιοποικιλότητα και στους πληθυσμούς των ψαριών, και κατά συνέπεια στην αλιεία, μετακινήσεις πληθυσμών που κατοικούν σε πληγείσες παράκτιες ζώνες,
- ❖ βλάβες στις υποδομές (λιμάνια, παραθαλάσσιοι οδικοί άξονες, παράκτια αεροδρόμια, συστήματα αποχέτευσης, μονάδες επεξεργασίας λυμάτων),

- ❖ ανακατατάξεις σε δραστηριότητες που εξαρτώνται από το κλίμα, όπως ο τουρισμός και οι δραστηριότητες στην ύπαιθρο,
- ❖ μείωση της αξίας της γης,
- ❖ αύξηση των ασφαλιστρών, αλλά και αύξηση των κινδύνων κατάρρευσης των ασφαλιστικών εταιριών, λόγω της κατακόρυφης αύξησης της οικονομικής ζημιάς από τις καταστροφές που πρέπει να καλύπτουν και
- ❖ αυξημένο κόστος προστασίας των ακτών.

Η άνοδος της θάλασσας οφείλεται κυρίως στη θερμική διαστολή λόγω της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας και δευτερευόντως, στο λιώσιμο των παγετώνων της στεριάς (Γροιλανδία, Ανταρκτική) και τη μετατόπισή τους στη θάλασσα, κάτι που προσθέτει επιπλέον μάζες νερού στις θάλασσες.

Οι επιπτώσεις της άνοδου της θαλάσσιας στάθμης καθορίζονται από την συνολική επιφάνεια των παράκτιων περιοχών που κατακλύζονται, πλήττοντας έτσι παραλίες τουριστικής χρήσης, κατοικίες, οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα, εκτάσεις φυτικής και ζωικής παραγωγής (φυσικής ή ανθρωπογενούς φύσεως), ιχθυοκαλλιέργειες, κτλ. Μια εκτίμηση της υπό διάβρωση ακτογραμμής και των υπό απειλή παράκτιων οικοσυστημάτων κατά την άνοδο της στάθμης της θάλασσας φαίνεται στον πίνακα 4. Είναι χαρακτηριστικό ότι από τις τέσσερις περιοχές της Ελλάδας, η Κρήτη εμφανίζει ένα συντριπτικό ποσοστό του μήκους της ακτογραμμής της να κινδυνεύει από διάβρωση κάτι το οποίο μπορεί να αποδίδεται στον σχετικά μεγάλο ρυθμό ανύψωσης που υπόκειται.

Περιοχή	Μήκος ακτο- γραμμής, km)	Μήκος ακτογραμμής (km) υπό διάβρωση	Έκταση παράκτιων οικοσυστημάτων υπό απειλή (km ²)
Β. Αιγαίο	1311	231 (17.6%)	349
Ν. Αιγαίο	3423	503 (14.7%)	929
Ιόνιο	1056	260 (24.6%)	356
Κρήτη	1148	756 (65.8%)	355
Σύνολο	6938	1750 (25.2%)	1989

Πίνακας 4: Διάβρωση Μεσογειακής Ακτογραμμής Εκτιμήσεις του ποσοστού και του μήκους των ακτογραμμών τεσσάρων ευρύτερων νησιωτικών περιοχών της Ελλάδας που κινδυνεύουν από διάβρωση κατά την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και εκτιμήσεις των εκτάσεων όπου τα οικοσυστήματα απειλούνται (EUROSION 2000).

12.2 Απειλούμενες περιοχές στην Ελλάδα

Η ελληνική παράκτια ζώνη είναι η μεγαλύτερη ανάμεσα σ' εκείνες των ευρωπαϊκών χωρών, με το συνολικό της μήκος να ισούται περίπου με 16.200 χλμ., ενώ 12 από τις 13 περιφέρειές της είναι παράκτιες. Επιπρόσθετα, η παράκτια ζώνη έχει ιδιαίτερη σημασία για την ελληνική οικονομία, καθώς πολλές από τις παραγωγικές δραστηριότητες που συνεισφέρουν σημαντικά στην αύξηση του ΑΕΠ υλοποιούνται εκεί.

Το σύνολο, όμως, των παράκτιων αγαθών και υπηρεσιών βρίσκεται σε έναν διαρκή κίνδυνο, κυρίως τα τελευταία χρόνια, ενώ και οι προβλέψεις δεν είναι ιδιαίτερα ευοίωνες. Οι απειλές για το ελληνικό παράκτιο και θαλάσσιο περιβάλλον προέρχονται είτε από φυσικούς κινδύνους (π.χ. διάβρωση) είτε, κυρίως, από ανθρωπογενείς επιδράσεις (π.χ. υπερεκμετάλλευση φυσικών πόρων, αστικοποίηση, ρύπανση, ευτροφισμό κ.ά.). Το σημαντικότερο πρόβλημα της παράκτιας ζώνης είναι ο υψηλός ρυθμός διάβρωσης της ακτογραμμής. Επιπρόσθετα, η κλιματική αλλαγή έρχεται να οξύνει τις μέχρι τώρα πιέσεις, στο βαθμό που μια από τις πλέον βέβαιες επιπτώσεις της είναι η μέση παγκόσμια άνοδος της στάθμης της θάλασσας (ΑΣΘ). Η διάβρωση των παράκτιων εδαφών αναμένεται να ενταθεί στο προσεχές μέλλον, τόσο λόγω της προβλεπόμενης ανόδου της μέσης θαλάσσιας στάθμης και της επιδείνωσης των ακραίων κυματικών φαινομένων, όσο και λόγω μεταβολών στην ένταση και το ρυθμό των βροχοπτώσεων και της κατασκευής ποτάμιων διαχειριστικών έργων. Ακόμη και αν οι δραστικές πολιτικές μετριασμού παγκοσμίως κατορθώσουν, με σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, να σταθεροποιήσουν το κλίμα, η ΑΣΘ και τα συνωδά φαινόμενα παράκτιας διάβρωσης και θυελλογενών μετεωρολογικών παλινροιών θα συνεχίσουν, όπως γνωρίζουμε εδώ και 20 έτη περίπου, να υφίστανται για αιώνες.

Οι περιοχές που θα αντιμετωπίσουν τα μεγαλύτερα προβλήματα είναι αυτές με μικρή κλίση και/ή αμμώδη σύσταση, όπως τα παράκτια οικοσυστήματα, τα δέλτα των ποταμών, κλπ, όπως η περιοχή μελέτης μας, δηλαδή το δέλτα του ποταμού

Ξηροπόταμου. Συνολικά εκτιμάται πως μέχρι το τέλος του αιώνα και σύμφωνα με απαισιόδοξα σενάρια, η χώρα μας θα μπορούσε να χάσει από την άνοδο της θάλασσας και τη μόνιμη πλημμύρα παράκτιων περιοχών συνολική έκταση 800 χιλιάδων στρεμμάτων πολύτιμης ακτής. Για να αντιληφθεί κανείς το μέγεθος, αρκεί να σκεφτεί πως τόση είναι μια ζώνη με πλάτος ένα χιλιόμετρο και μήκος από την Αθήνα ως την Αλεξανδρούπολη.

12.3 Εκτίμηση των Επιπτώσεων από μια Ενδεχόμενη Άνοδο της Θαλάσσιας Στάθμης στο Δελταϊκό Ριπίδιο του Ξηροπόταμου

Σύμφωνα με τις πρόσφατες αναφορές της IPCC (2013) η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να ανέβει κατά μέσο όρο κατά περίπου 50 cm έως το έτος 2100. Η άνοδος αυτή θα έχει επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη με ιδιαίτερα αρνητικές στα δέλτα των ποταμών. Οι περιοχές των δέλτα που αναμένεται άμεσα να αντιμετωπίσουν σημαντικό πρόβλημα κατάκλισης από μια ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης είναι αυτές που έχουν υψόμετρο μικρότερο από 50 cm. Πέραν όμως των χαμηλών αυτών περιοχών σημαντικές θα είναι και οι επιπτώσεις στις μεγαλύτερες υψομετρικές ζώνες των 4 m και 5 m δεδομένου ότι ακόμη και αν δεν κατακλυσθούν άμεσα θα αναδιανεμηθούν οι χρήσεις γης εντός αυτών.

Στην περιοχή μελέτης, πρέπει να αναφερθεί ότι σε περιοχές όπου παρατηρείται διάβρωση και υποχώρηση της ακτογραμμής οι επιπτώσεις στις χρήσεις γης ενδέχεται να ενταθούν με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, ενώ σε περιοχές που προελαύνουν, κυρίως στην ενεργή εκβολή, ενδέχεται τα αρνητικά αποτελέσματα να μετριαστούν λόγω της προσφοράς και απόθεσης ποτάμιων ιζημάτων. Τα αποτελέσματα της εκτίμησης των επιπτώσεων κατά μήκος των δελταϊκών ακτογραμμών με στόχο την ποσοτικοποίηση των παρατηρήσεων και τον εντοπισμό των πλέον τρωτών περιοχών, αποτελούν ένα από τα επόμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας.

ΜΕΡΟΣ Β΄: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

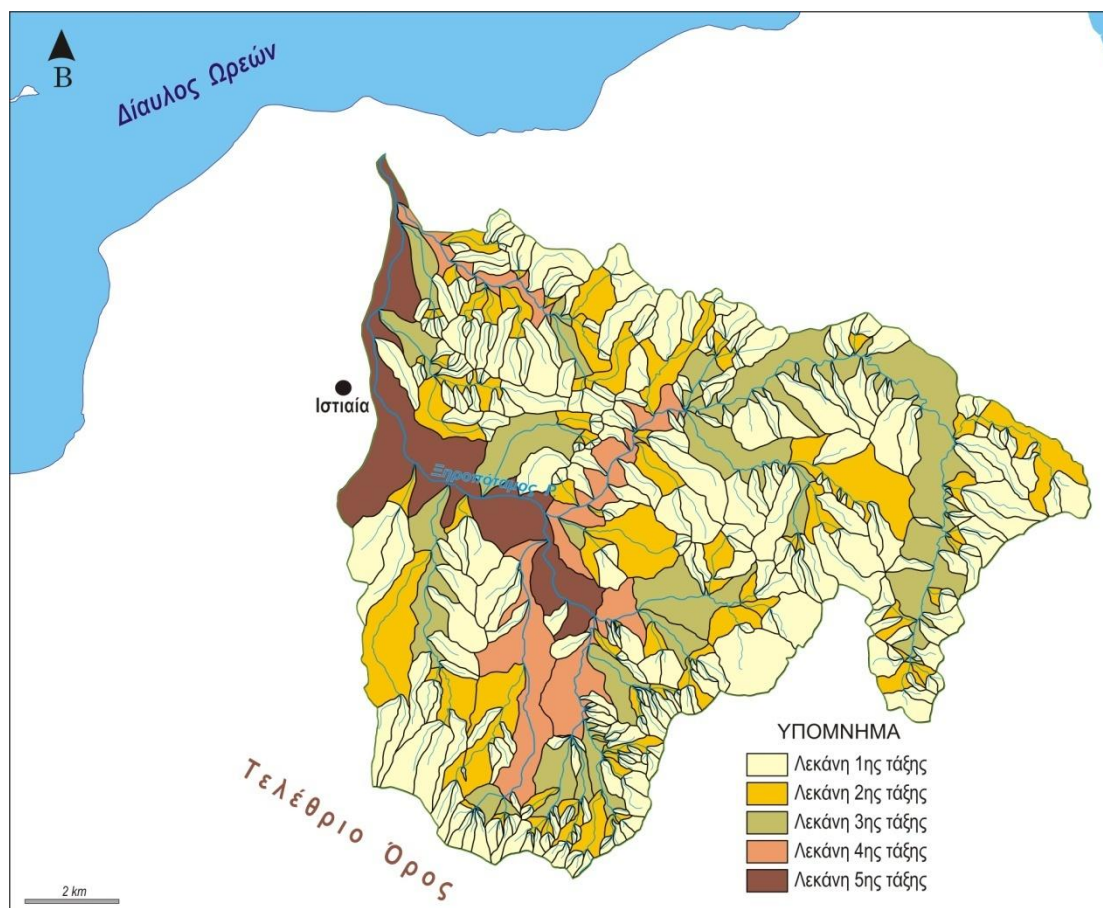
13. Αποτελέσματα

13.1 Ποσοτική Ανάλυση Υδρογραφικού Δικτύου

Η ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου Ξηροπόταμου έδειξε σχετικά υψηλούς λόγους διακλάδωσης (4.3), μήκους κοίτης (5.0) και εμβαδόν λεκάνης απορροής (5.2). Ιδιαίτερα υψηλές τιμές (>5) παρατηρήθηκαν για τους λόγους μεταξύ των κλάδων τέταρτης και της κεντρικής κοίτης πέμπτης τάξης (Πίνακας 5) με λόγο εμβαδών λεκάνης 6,8. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν πολλοί τέταρτης τάξης κλάδοι που απορρέουν άμεσα στην πέμπτης τάξης κοίτη του ποταμού (χωρίς να την δημιουργούν).

Πίνακας 5. Σχέση μεταξύ των αριθμών των κλάδων, μέσου συνολικού μήκους κλάδων (σε χλμ) και μέση έκταση της λεκάνης απορροής (σε km^2) ανά τάξη για το υδρογραφικό δίκτυο του χείμαρρου Ξηροπόταμος.

Τάξη κλάδο υ	Αριθμ ός κλάδ ων	Λόγος διακλ άδωσ ης	μέσος λόγος	Μήκο ς κλάδο υ	Λόγος Μήκο υς	Μέσος λόγος Μήκο υς	Εμβα δόν Λεκάν ης Απορ ροής	Λόγος εμβαδ ού	Μέσος λόγος εμβαδ ού
1	321			0.55			0.19		
2	79	4.1		2.22	4.0		0.83	4.4	
3	19	4.2	4.3	11.36	5.1	5.0	4.50	5.4	5.2
4	5	3.8		48.62	4.3		19.04	4.2	
5	1	5.0		314.40	6.5		128.70	6.8	



Χάρτης 8. Αρίθμηση τάξεων των υπολεκανών της λεκάνης απορροής.

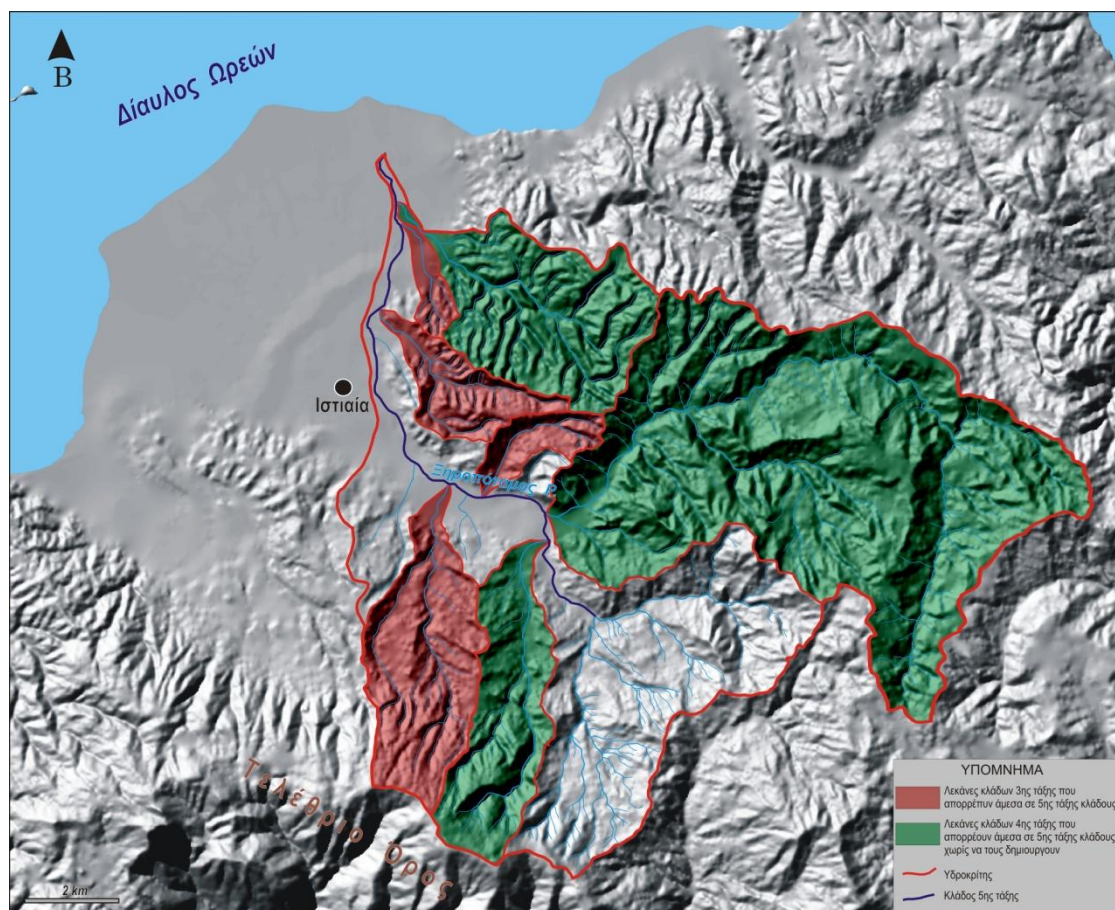
Αυτές οι συμβολές εντοπίζονται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του δικτύου 1,7, 11,1, και 11,6 χιλιόμετρα ανάντη των εκβολών του ποταμού σε θέσεις όπου η κλίση της κεντρικής κοίτης του ποταμού είναι πολύ χαμηλή (περίπου 1,3%). Έτσι, κατά τη διάρκεια ακραίων βροχοπτώσεων, η επιφανειακή απορροή που προκύπτει από την αποστράγγιση έκτασης 73,3 km² προστίθεται άμεσα στην κεντρική κοίτη πέμπτης τάξης.

Πίνακας 6. Αριθμός κλάδων, μήκος κοίτης και εμβαδόν λεκάνης απορροής για κάθε τάξη που απορρέει άμεσα σε κλάδους ανώτερης τάξης για το υδρογραφικό δίκτυο του χειμάρρου Ξηροπόταμου.

Τάξη κλάδου	Αριθμός κλάδων	%	Μήκος κλάδου	%	Εμβαδόν Λεκάνης Απορροής	%
1 ^η σε 3 ^η	65	20.2	40.37 km	22.9	14.07 km ²	22.9
1 ^η σε 4 ^η	25	7.8	16.75 km	9.5	4.81 km ²	7.8
1 ^η σε 5 ^η	3	0.9	4.02 km	2.3	1.40 km ²	2.3
2 ^η σε 4 ^η	13	16.5	38.88 km	22.2	13.64 km ²	20.9
2 ^η σε 5 ^η	2	2.5	6.94 km	4.0	3.31 km ²	5.1
3 ^η σε 5 ^η	4	21.1	47.15 km	21.8	18.44 km ²	21.6

Οι πιο σημαντικές ανωμαλίες αφορούν τους κλάδους πρώτης τάξης που απορρέουν άμεσα σε τρίτης τάξης κλάδους, καθώς επίσης και τους τρίτης τάξης κλάδους που απορρέουν άμεσα στην πέμπτης τάξης κεντρική κοίτη του Ξηροπόταμου. 65 κλάδοι πρώτης τάξης οι οποίοι αντιστοιχούν στο 20,2% του συνολικού αριθμού των κλάδων της τάξης αυτής απορρέουν απευθείας σε ρεύματα τρίτης τάξης. Το συνολικό μήκος των κοιτών αυτών των κλάδων αντιστοιχεί στο 22,9% του συνολικού μήκους των κλάδων πρώτης τάξης και αποστραγγίζει μια έκταση που αντιστοιχεί στο 22,9% του εμβαδού των λεκανών απορροής πρώτης τάξης. Οι ανωμαλίες αυτές αφορούν κυρίως το τρίτης τάξης ποταμό Ξεριά, όπου συνολικά 33 κλάδοι πρώτης τάξης απορρέουν κατευθείαν στην κεντρική του κοίτη.

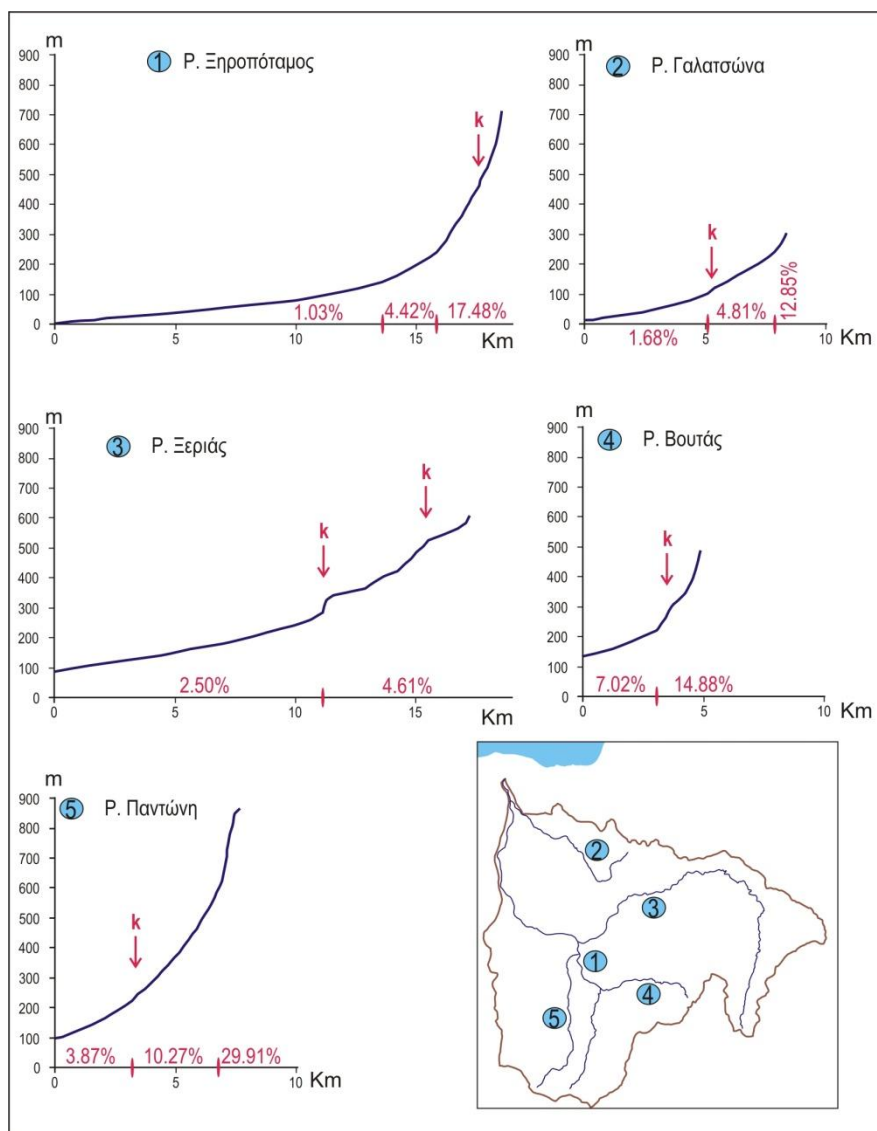
Οι τέσσερις κλάδοι τρίτης τάξης που απορρέουν άμεσα στην πέμπτης τάξης κεντρική κοίτη του Ξηροπόταμου συμβάλλουν στον κάτω ρου του ποταμού και στο ανατολικό όριο του δέλτα (2.2, 4.2, 8.7 και 9.5 χλμ ανάντη της εκβολής του ποταμού), όπου βρίσκεται η πόλη της Ιστιαίας. Αυτά τα τρία δίκτυα αυξάνουν την παροχή της κεντρικής κοίτης του ποταμού κατά τη διάρκεια ακραίων κατακρημνισμάτων καθώς συνεισφέρουν με την επιφανειακή απορροή που προέρχεται από μια περιοχή συνολικής έκτασης περίπου 18,4 km² (Χάρτης 9).



Χάρτης 9. Ανωμαλίες μεταξύ των κλάδων στις λεκάνες απορροής

13.1.1 Επιμήκεις τομές

Οι επιμήκεις τομές της κεντρικής κοίτης του ποταμού καθώς και των κύριων παραποτάμων του έδειξαν τις διαφοροποιήσεις στο υψόμετρο της κοίτης κατά μήκος της ροής. Όλα τα ποτάμια μπορούν να διαιρεθούν σε ότι αφορά την κλίση της κοίτης τους σε τρία επιμέρους τμήματα. Ένα ανώτερο τμήμα, ορεινής περιοχής, με σχετικά υψηλή μέση κλίση κοίτης (17,48%, 12,85% και 29,91% αντίστοιχα), ένα μεσαίο τμήμα με μέση κλίση (4,42%, 4,81% και 10,27%) και ένα χαμηλό τμήμα περιοχής με σημαντικά χαμηλότερες τιμές κλίσεων (1,03% , 1,68% και 3,87%). Το τμήμα της διαδρομής του Ξηροπόταμου ήπιας κλίσης αντιστοιχεί στα τελευταία 12,5 χιλιόμετρα, πριν τις εκβολές του ποταμού. Το κατώτερο αυτό ήπιας κλίσης τμήμα αντιστοιχεί στο κάτω μέρος της αλλουβιακής του κοιλάδας και στο τμήμα της διαδρομής του διαμέσω του δέλτα. Στο τμήμα αυτό είναι ενεργή η απόθεση.



Εικόνα 11. Οι κλίσεις των επιμήκεις τομών της κεντρικής κοίτης του ποταμού και των κύριων παραποτάμων

Οι άλλοι δύο παραπόταμοι (Βουτάς και Ξεριάς) περιέχουν δύο τμήματα: ένα ανώτερο μεγάλης κλίσης κοίτης (14,88% και 4,61% αντίστοιχα) και ένα κατώτερο μέρος που εκτείνεται έως 3,14 και 11,6 χιλιόμετρα πριν τη συμβολή τους με τον Ξηροπόταμο, όπου οι κλίσεις της κοίτης είναι σημαντικά χαμηλότερες (1,68% και 2,5 % αντίστοιχα). Κατά μήκος των κύριων καναλιών όλων των παραποτάμων παρατηρούνται σημεία κάμψης (knick-points) με σημαντικότερα εκείνα των Ξεριά και Βουτά. Η επιμήκης τομή του ποταμού Ξεριά παρουσιάζει σημαντικά σημεία κάμψης (knickpoints) περίπου 11,2 χιλιόμετρα ανάντη της συμβολής με τον Ξηροπόταμο το οποίο είναι αποτέλεσμα της πειρατείας του ρεύματος. Το πάνω μέρος

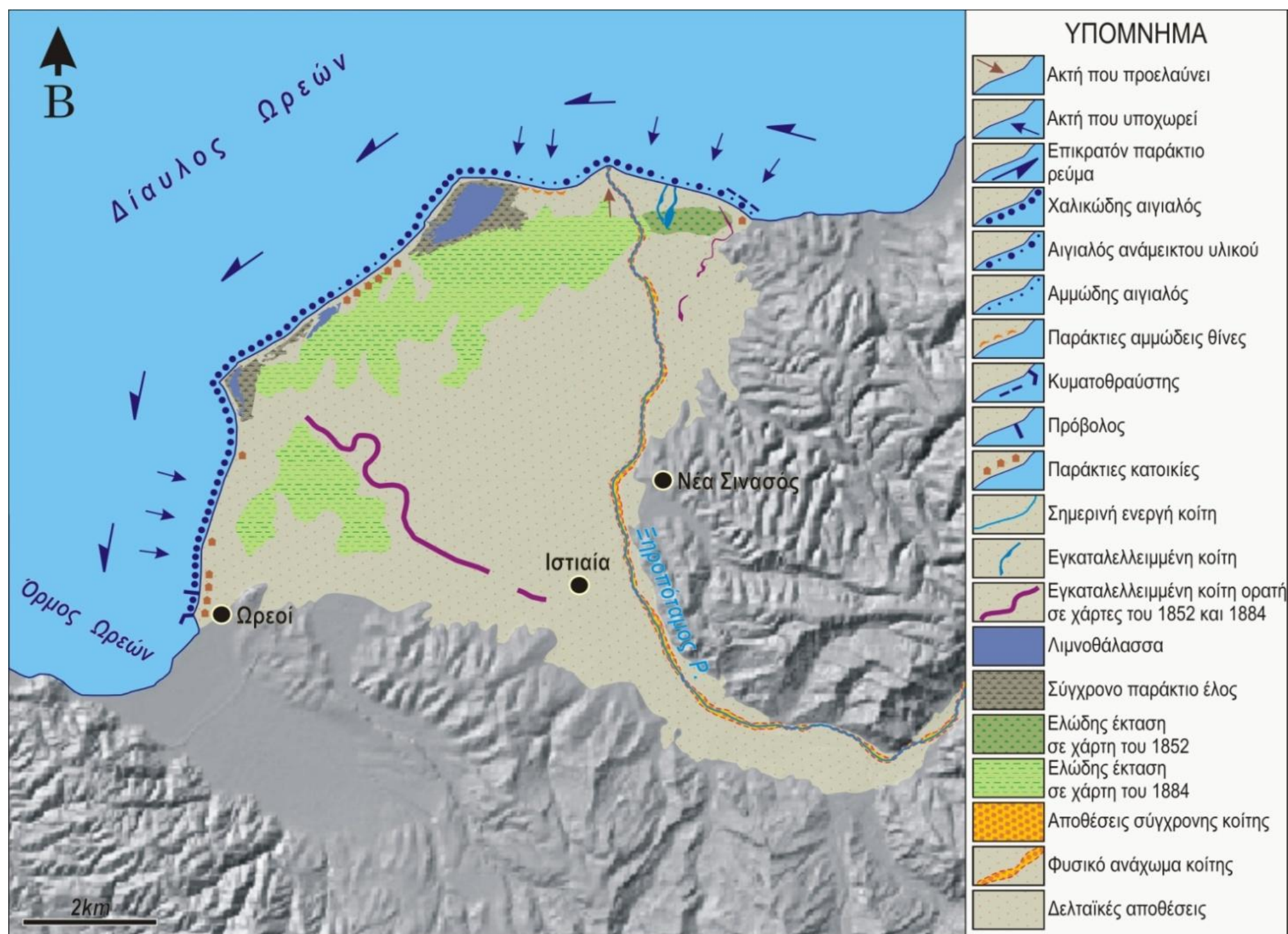
του κύριου καναλιού του Ξεριά φαίνεται ότι ήταν το ανώτερο τμήμα του γειτονικού ρέματος Αμμουδιά που σήμερα ακολουθεί μια διεύθυνση ροής NA-BΔ. Μερικά knickpoints αντιστοιχούν σε ρήγματα που τέμνουν της κοίτες ή είναι το αποτέλεσμα της διέλευσης των ποταμών από γεωλογικούς σχηματισμούς του Νεογενούς διαφορετικής λιθολογίας με διαφορετική ανθεκτικότητα στην ποτάμια διάβρωση. Οι έντονες και απότομες διακυμάνσεις της κλίσης των κοιτών έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ταχύτητας ροής του νερού σε περιοχές με χαμηλή κλίση, που βρίσκονται στον κάτω ρου του Ξηροπόταμου, καθώς και κοντά στη συμβολή των παραποτάμων με την κύρια κοίτη, και τη συνακόλουθη συσσώρευση ενός τεράστιου όγκου νερού σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, που η κεντρική κοίτη του ποταμού δεν μπορεί να παροχετεύσει σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης.

13.2 Γεωμορφολογική Μελέτη του Δελταϊκού Ριπιδίου

13.2.1 Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση Δελταϊκού Ριπιδίου

Με σκοπό τη διερεύνηση των διεργασιών που συνέβαλαν στη πρόσφατη διαμόρφωση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του δελταϊκού ριπιδίου του Ξηροπόταμου και των διεργασιών που δρουν κατά μήκος της ακτογραμμής πραγματοποιήθηκε η γεωμορφολογική του χαρτογράφηση. Σημαντική για την αποτύπωση των γεωμορφών τόσο του δελταϊκού μετώπου όσο και της δελταϊκής πεδιάδας ήταν η παρατήρηση των εικόνων google earth και τοπογραφικών χαρτών κλίμακας 1:5000 καθώς και παλαιών χαρτών των δύο προηγούμενων αιώνων που απεικονίζουν την περιοχή. Παρότι η ακρίβεια των χαρτών αυτών δεν ήταν μεγάλη η παρατήρησή τους ήταν καθοριστική για τον εντοπισμό των παλαιών - εγκαταλελειμμένων- κοιτών. Επίσης ο χάρτης πέραν των γεωμορφών περιλαμβάνει και τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις που εντοπίστηκαν κατά μήκος της ακτογραμμής. Οι γεωμορφές που αναγνωρίστηκαν από το google earth επιβεβαιώθηκαν και συμπληρώθηκαν (διορθώθηκαν) κατά την επίσκεψη στην περιοχή όπου οι γεωμορφές εντοπίστηκαν και καταγράφηκαν με GPS.

Οι γεωμορφές που χαρτογραφήθηκαν, εν τέλει, ήταν τόσο κοιτών (σημερινή κοίτη, παλαιοκοίτες, δελταϊκές αποθέσεις), όσο και παράκτιες (αιγιαλοί χαλικώδεις, αμμώδεις ή ανάμεικτου υλικού, παράκτια έλη, λιμνοθάλασσες, περιοχές διάβρωσης) αλλά και αιολικές (παράκτιες αμμώδεις θίνες), ενώ καταγράφηκαν και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις.



Χάρτης 10. Γεωμορφολογικός χάρτης του δελταϊκού ριπιδίου του Ξηροπόταμου

13.2.2 Παράκτιες και αιολικές γεωμορφές

Παράλληλα με την περιγραφή των γεωμορφών που αναγνωρίστηκαν παρατίθενται φωτογραφίες από την περιοχή μελέτης για την καλύτερη κατανόηση της γεωμορφολογίας και της εξέλιξης του δελταϊκού ριπιδίου του Ξηροπόταμου ποταμού.

Σε όλο το μήκος της σημερινής ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου παρατηρήθηκαν αιγιαλοί. Το υλικό ποικίλει ανάλογα με την επιμέρους περιοχή με κυρίαρχη την παρουσία χαλίκων. Υπάρχουν και αιγιαλοί κυρίως στο ανατολικό τμήμα που είναι ανάμεικτου υλικού, δηλαδή κροκάλων, χαλίκιων και άμμου. Το μέγεθος των χαλίκων στο δυτικό δέλτα είναι σημαντικά μικρότερο (3-4 cm) σε σχέση με αυτό των αιγιαλών του ανατολικού και κυρίως της περιοχής των εκβολών που φθάνει σε διάμετρο έως και τα 8-9 cm. Χαρακτηριστική ήταν και η παρουσία φραγματικών αιγιαλών μπροστά από τις λιμνοθάλασσες οι οποίες έχουν αναπτυχθεί σε περιοχές που παλαιές κοίτες του ποταμού κατέληγαν στη θάλασσα. Οι αιγιαλοί αυτοί είναι χαλικώδεις και προστατεύουν τις λιμνοθάλασσες και τα παράκτια έλη από τις θαλάσσιες διεργασίες.

Δυτικά των σημερινών εκβολών ήταν η μόνη περιοχή όπου παρατηρήθηκε αμμώδης υλικό κατά μήκος της ακτογραμμής. Το υλικό είναι πολύ καλής ταξινόμησης και πίσω από τον αμμώδη αιγιαλό παρατηρήθηκε η παρουσία εμβρυακών παράκτιων αμμωδών θινών μικρού ύψους που δεν ξεπερνά το 1 m. Οι αμμοθίνες ή θίνες, είναι μικροί λόφοι από άμμο, αποτελούν σημαντικό οικότοπο στη μεταβατική ζώνη θάλασσας και ξηράς και δημιουργήθηκαν από τις διεργασίες της αιολικής αναδιανομής και απόθεσης της άμμου στην παράκτια ζώνη. Έτσι, η άμμος της ακτής που κύματα και ρεύματα έφεραν στην παραλία παρασύρθηκε από τον άνεμο σχηματίζοντας τις γεωμορφές αυτές. Η άμμος αυτή προήρθε και μεταφέρθηκε από τη λεκάνη απορροής του ποταμού ή και των υποθαλάσσιων συσσωρεύσεων άμμου. Οι θίνες που χαρτογραφήθηκαν είναι ημι-σταθεροποιημένες με φτωχή βλάστηση. Το προς την ακτή μέτωπο των θινών διαβρώνεται σήμερα από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών όπως μαρτυρά η μεγάλη του κλίση.



Εικόνα 12. Αιγιαλός ανάμεικτου υλικού δυτικά της σημερινής εκβολής του ποταμού (ανατολικό τμήμα του ριπιδίου).



Εικόνα 13. Αιγιαλός χαλικώδους υλικού στον οικισμό των Ωρεών (δυτικό τμήμα του ριπιδίου).



Εικόνα 14. Εμβρυακές παράκτιες αμμώδεις θίνες ημι-σταθεροποιημένες με φτωχή βλάστηση δυτικά των σημερινών ενεργών εκβολών.

Χαρακτηριστική στο χερσαίο τμήμα του δελταϊκού μετώπου του ριπιδίου είναι η ύπαρξη λιμνοθαλασσών και παράκτιων ελών. Λιμνοθάλασσα ονομάζεται μια μεγάλη έκταση από λιμνάζοντα νερά, που βρίσκεται κοντά στη θάλασσα και επικοινωνεί με αυτή.

Δυτικά και ανατολικά του οικισμού Κανατάδικα υπάρχουν δύο αβαθείς λιμνοθάλασσες. Ονομάζονται Μεγάλο και Μικρό Λιβάρι. Περιμετρικά αυτών αναπτύσσονται εκτεταμένες ελώδεις εκτάσεις. Αποτελούν ένα σπάνιο φυσικό υδροβιότοπο με έντονο ορνιθολογικό ενδιαφέρον, που αποτελεί ενδιάμεσο σταθμό για μεταναστευτικά πτηνά. Επίσης, υπάρχει άλλη μία λιμνοθάλασσα, ίσως και η πιο σημαντική γιατί εκεί ήταν η εκβολή των παλαιοκοίτων του 1852 και 1884, στην περιοχή Τσοκαΐτη Ιστιαίας, η οποία βρίσκεται μεταξύ των οικισμών Κανατάδικα και Ωρεούς.

Η φυσική διαμόρφωση των φραγμάτων που προστατεύουν τις λιμνοθάλασσες στην περιοχή μπορεί να προέρχεται από θίνες ή προσχώσεις και υλικά των παλαιοκοιτών του ποταμού στις παλαιές εκβολές του και την αναδιανομή τους από τη δράση του κυματισμού και των παράκτιων ρευμάτων. Σημαντικό ρόλο στη δημιουργία των λιμνοθαλασσών πιθανά έπαιξε η εγκατάλειψη των παλαιών κοιτών που είχε σαν αποτέλεσμα τη διακοπή τροφοδοσίας των τμημάτων αυτών του ριπιδίου με ίζημα. Αυτή η διακοπή τροφοδοσίας σε συνδυασμό με την καθίζηση των παλαιών ιζημάτων οδήγησαν στο σχηματισμό των μικρού βάθους λιμνοθαλασσών.



Εικόνα 15. Λιμνοθάλασσα Μεγάλο Λιβάρι.

13.2.3 Σημερινή ενεργή κοίτη-Παλαιοκοίτες

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κοίτη του χειμάρρου Ξηροπόταμος είναι εφήμερης ροής και εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις της περιοχής, έτσι ύστερα από την έρευνα πεδίου που έγινε μία μέρα μέσα σε εβδομάδα έντονων βροχοπτώσεων, μπορέσαμε να δούμε με μεγαλύτερη ευκολία την ύπαρξη ροής νερού στην κοίτη, καθώς και όλων των αποθέσεων της γύρω από αυτήν.



Εικόνα 16. Η κοίτη του Ξηροπόταμου πλησίον της κορυφής του δελταϊκού ριπιδίου και το φυσικό της ανάχωμα.



Εικόνα 17. Πλημμυρισμένος δρόμος που διέρχεται από την κοίτη του ποταμού περίπου 1km ανάντη των εκβολών. Η έντονη βροχοπτώσεις κατά το χρόνο της επιτόπιας έρευνας οδήγησε στην αυξημένη παροχή και στερεοπαροχή του ποταμού.

Σημαντικό για τη χαρτογράφηση των εγκαταλελειμμένων κοιτών που διασχίζουν τη δελταϊκή πεδιάδα ήταν η παρατήρηση των εικόνων google earth καθώς και τριών τοπογραφικών χαρτών των ετών 1852, 1884 και 1929.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι εικόνες από το Ε.Λ.Ι.Α. που απεικονίζουν τους παλαιούς χάρτες της περιοχής μελέτης. Η παρατήρηση αυτών οδήγησε στη σχεδίαση ενός χάρτη του σημερινού δελταϊκού ριπιδίου όπου φαίνεται τόσο η σημερινή ενεργή κοίτη, όσο και η θέση των παλαιών.



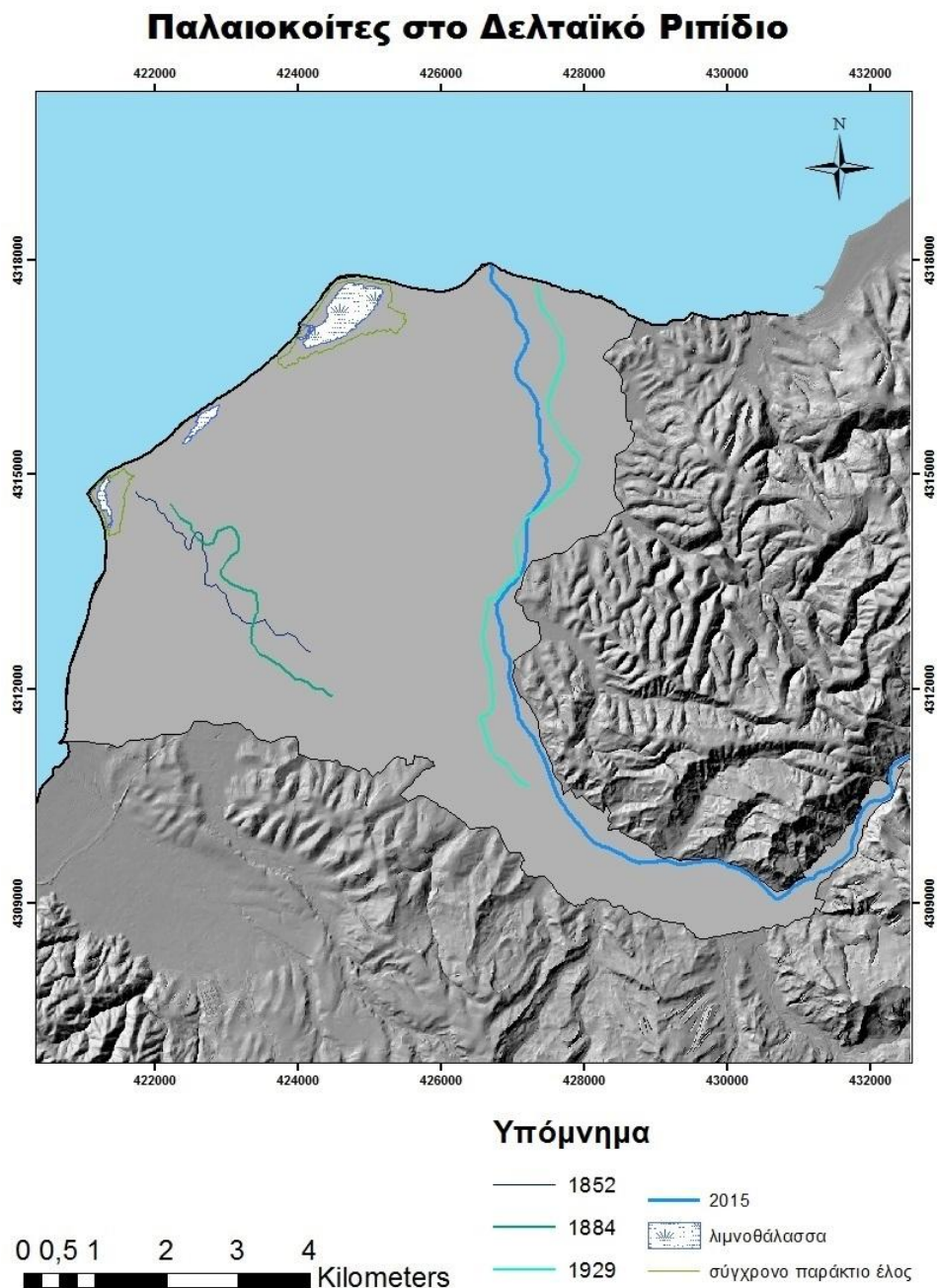
Εικόνα 18. Χάρτης Βόρειας Εύβοιας του 1852, ο οποίος εκδόθηκε από τα γραφεία χαρτογράφησης και αρχείων στρατιωτικού ενδιαφέροντος από τον γαλλικό στρατό (Dérôt de la Guerre) και σχεδιάστηκε από τον Erhard.



Εικόνα 19. Χάρτης Βόρειας Εύβοιας του 1884, από τους Μ. Γρενβίχης και Μ. Παριοίων.



Εικόνα 20. Χάρτης Εύβοιας και Σκύρου του 1929, κλίμακας 1:200.000, από τον Υπολογαγό του Μηχανικού Χείλαρη Σταύρο.



Χάρτης 11. Σύγκριση μεταξύ των θέσεων των παλαιών μη ενεργών κοιτών και της σημερινής ενεργής κοίτης στο δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου ποταμού.

Γίνεται φανερό οι παλαιές κοίτες της δελταϊκής πεδιάδας του Ξηροπόταμου το 1852 και το 1884 βρίσκονταν αρκετά δυτικότερα από την σημερινή ενεργή κοίτη, εκεί όπου σήμερα παρατηρείται η μία λιμνοθάλασσα, μεταξύ Ωρεών και Κανατάδικων. Η κοίτη αυτή ακόμη και στο χάρτη του 1852 δε φαίνεται να είναι εντελώς ενεργή καθώς δεν καταλήγει στην ακτογραμμή αλλά και δεν εκτείνεται ως την κορυφή του ριπιδίου.

Παρόλα αυτά φαίνεται να λειτουργούσε ως δευτερογενής κοίτη τουλάχιστον έως το 1884. Σήμερα είναι δύσκολα ορατή εξαιτίας της ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Παρατηρείται ακόμα, η ύπαρξη και άλλων λιμνοθαλασσών και σύγχρονου παράκτιου έλους, κεντρικά και ανατολικά στο δέλτα. Επίσης η κύρια ενεργή κοίτη και των τριών παλαιών χαρτών από ένα σημείο 2,3 km περίπου ανάντη των εκβολών φαίνεται να ρέει πιο ανατολικά από τη σημερινή της πορεία καταλήγοντας στο ανατολικό άκρο του δέλτα όπου σήμερα παρατηρείται και η μεγαλύτερη παράκτια διάβρωση. Είναι πολύ πιθανό η κοίτη σε εκείνη την περιοχή να αποκόπηκε και η ροή της να ακολούθησε μια διαδρομή δυτικότερα κατά μήκος της οποίας ρέει έως σήμερα. Κάποιο πλημμυρικό επεισόδιο πιθανά άλλαξε την πορεία της κοίτης οδηγώντας το ποτάμι να ακολουθήσει τη σημερινή του κοίτη ελαφρώς δυτικότερα.

13.2.4 Διάβρωση και Μετατόπιση ακτογραμμής

Έντονη διάβρωση παρατηρείται στο ανατολικό τμήμα του δέλτα, πολύ πιθανόν λόγω της δράσης του κυματισμού και των παρακτίων ρευμάτων στην περιοχή, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, εφόσον λόγω του προσανατολισμού της ακτογραμμής ως προς την επικρατούσα διεύθυνση του κυματισμού είναι το τμήμα του δέλτα που επηρεάζεται πιο έντονα. Μέτα από επίσκεψη στην περιοχή μελέτης, επιβεβαιώθηκε η διάβρωση στην παράκτια ζώνη από διάφορες ενδείξεις οι οποίες θα αναφερθούν και παρακάτω, με σημαντικότερο την παρουσία χαμηλών κρημνών σε χαλαρές δελταϊκές αποθέσεις που έχουν σχηματισθεί από τη διάβρωση.

Η ανατολική ακτή χαρακτηρίζεται από σχεδόν κατακόρυφους ή κατακόρυφους χαμηλούς κρημνούς κατά μήκος της ακτογραμμής, μπροστά από τους οποίους αναπτύσσεται μικρού εύρους χαλικώδης αιγιαλός,.



Εικόνα 21. Χαμηλός κρημνός από τη διάβρωση στο ανατολικό τμήμα του δέλτα (δυτικά των σημερινών ενεργών εκβολών). Μπροστά από τον κρημνό αναπτύσσεται μικρού εύρους χαλικιώδης αιγιαλός.

Η ακτογραμμή του δέλτα που εκτείνεται για περισσότερο από 15 χιλιόμετρα εμφανίζει έντονη μετατόπιση στο ανατολικό τμήμα με πολλά σημεία της ακτογραμμής να υποχωρούν λόγω διάβρωσης από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών και ένα μικρό τμήμα στην εκβολή του ποταμού να προελαύνει.

Υπόμνημα

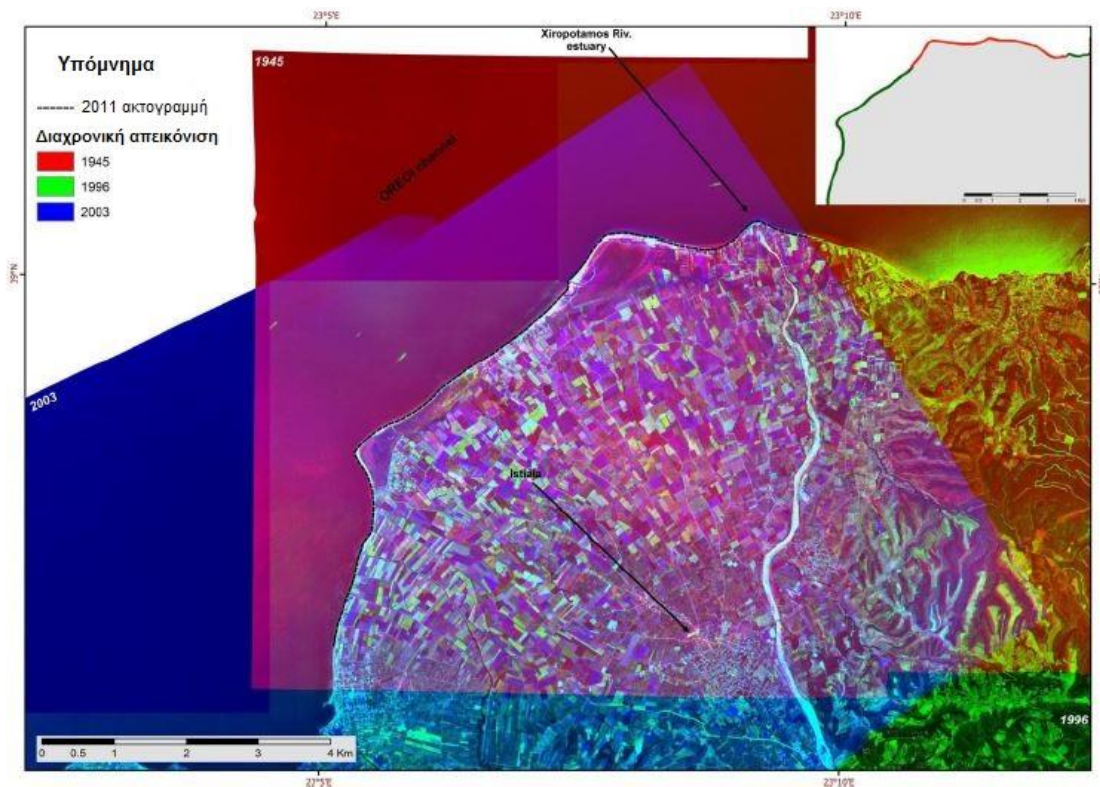
- ακτογραμμή 2015
- ακτογραμμή 1996
- υποχώρηση ακτογραμμής
- προέλαση ακτογραμμής
- κοίτη
- έλος
- σύγχρονο παράκτιο έλος
- κυματοθραύστης

{ 70 }

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το υδρογραφικό δίκτυο είναι ανεπτυγμένο κυρίως σε Νεογενή λιμναία ιζήματα (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και μάργες). Ως εκ τούτου, οι μεγάλες ποσότητες των υλικών από τη διάβρωση της λεκάνης μεταφέρονται στη θάλασσα κατά τη διάρκεια των περιόδων βροχοπτώσεων και τα ιζήματα μπορούν να αποτεθούν κατά μήκος της ακτογραμμής.

Στον παραπάνω χάρτη (12) έχει γίνει μια σύγκριση των ακτογραμμών μεταξύ 1996 και σήμερα, 2015. Παρατηρείται, γενικά, πως η περιοχή στην οποία υπάρχει μεγαλύτερη διαχρονικά μετατόπιση της ακτογραμμής είναι στο ανατολικό τμήμα του δέλτα, εκεί όπου το τμήμα του δελταϊκού μετώπου είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένο στο παράκτιο ρεύμα με κατεύθυνση προς τα δυτικά. Σ' αυτό το τμήμα, λοιπόν, η ακτογραμμή έχει υποχωρήσει λόγω διάβρωση από το 1996 έως σήμερα και το μοναδικό τμήμα το οποίο είναι και λογικό να έχει προελάσει είναι ο άμεσος χώρος της σημερινής ενεργού εκβολής της κοίτης, όπου εκεί εναποτίθενται τα φερτά υλικά.

Στην παρούσα μελέτη, και όσον αφορά την διαχρονική μετατόπιση της ακτογραμμής στην περιοχή μελέτης, φάνηκε πολύ χρήσιμο τα αποτελέσματα ενός άρθρου που δημοσιεύτηκε στο International Journal of GEO-Information από τους Papadopoulou και Vasilakis, 2014. Η διαχρονική απεικόνιση της ακτογραμμής έγινε με την χρήση και την επεξεργασία τριών δορυφορικών εικόνων διαφορετικών χρονολογιών (1945, 1996 και 2003).



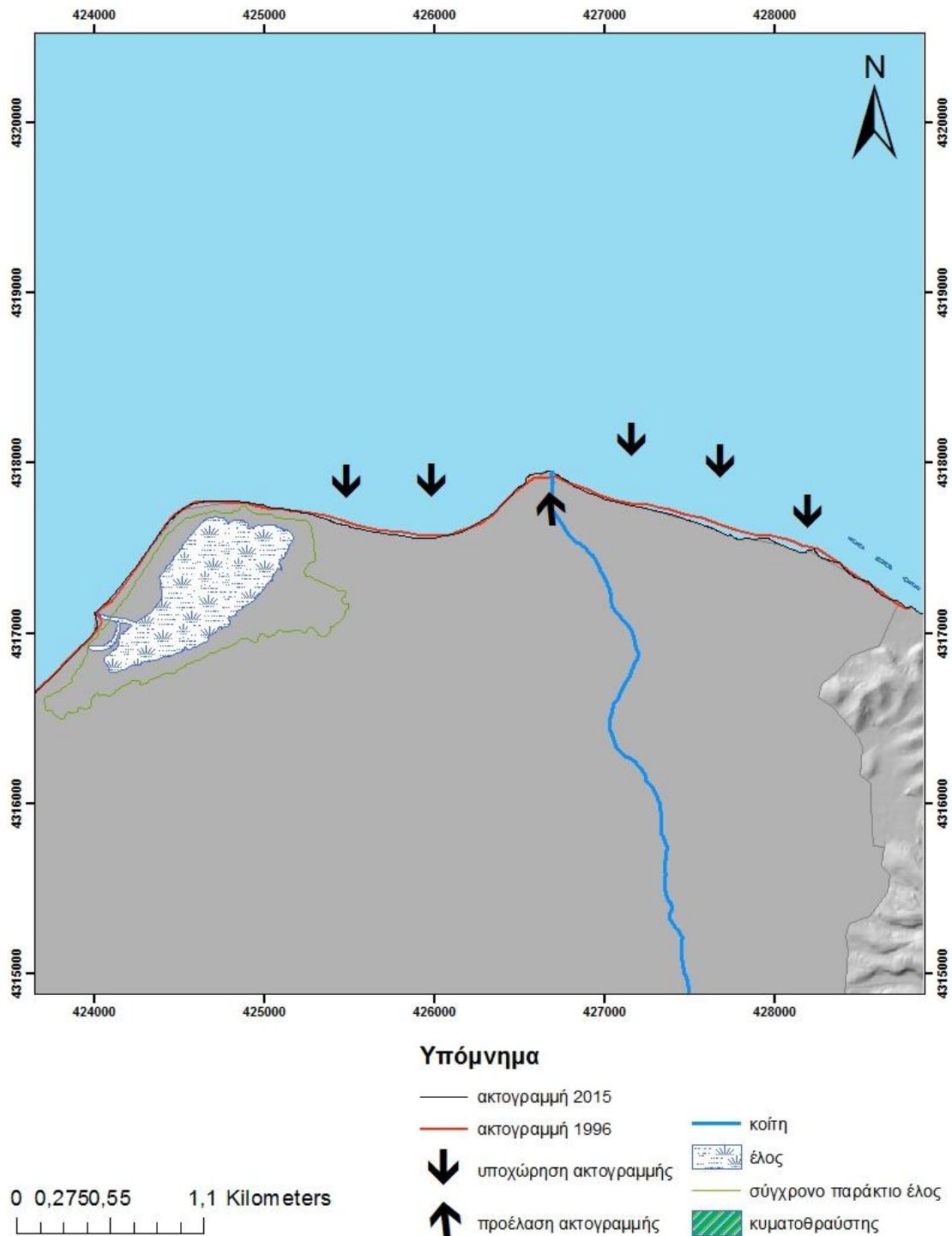
Χάρτης 13. Ψευδέγχρωμη διαχρονική απεικόνιση που προέκυψε από το συνδυασμό τριών ορθοδιορθωμένων ιστορικών αεροφωτογραφιών που καλύπτουν την περιοχή του δέλτα, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των ακτών του 1945, 1996 και 2003 (οι οποίες είναι αρκετά σαφείς). Η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στην ακτογραμμή του 2011. Η πόλη της Ιστιαίας, καθώς και οι εκβολές του ποταμού Ξηροπόταμου υποδεικνύονται με μαύρα βέλη. Ο μικρός χάρτης στο πάνω δεξί μέρος της εικόνας δείχνει την κεντρική παράκτια περιοχή με κόκκινο χρώμα η οποία εμφανίζει τη μεγαλύτερη μεταβολή, μεταξύ των γενικώς σταθερών τμημάτων της ακτογραμμής (πράσινο χρώμα)- Papadopoulou and Vassilakis, 2014.

Το προκύπτον χρώμα της σύνθετης εικόνας παρουσιάζεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εντοπίσει τις περιοχές με υψηλές τιμές εικονοστοιχείων για κάθε ένα από τα κόκκινα, πράσινα ή μπλε χρώματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι τοποθεσίες όπου επιφάνεια της Γης άλλαξε σημαντικά από την μία ημερομηνία στην επόμενη τονίζονται. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που τίποτα δεν αλλάζει στην επιφάνεια της περιοχής μελέτης καθ' όλη τη χρονική περίοδο από το σύνολο των δεδομένων, το ποσό της ανάκλασης και απορρόφησης στο ορατό φάσμα θα είναι το ίδιο και, ως εκ τούτου, θα δημιουργούνται μη έντονα χρώματα (της κλίμακας RGB). Αντιθέτως, τα εικονοστοιχεία στις ψευδόχρωμες εικόνες που είναι χρωματισμένα σχεδόν κόκκινα

αντιπροσωπεύουν περιοχές που υπέστησαν σημαντική αλλαγή μετά το 1945 και δεν έχουν αποκατασταθεί στην αρχική τους κατάσταση μέχρι το 2003. Το ίδιο ισχύει και στις περιπτώσεις που κάποια εικονοστοιχεία είναι χρωματισμένα από τα άλλα δύο χρώματα (πράσινο και μπλε). Αν δύο από τα τρία χρώματα αναμειγνύονται (π.χ. κόκκινο και πράσινο μας δίνει κίτρινο χρώμα), αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη περιοχή παρέμεινε αμετάβλητη.

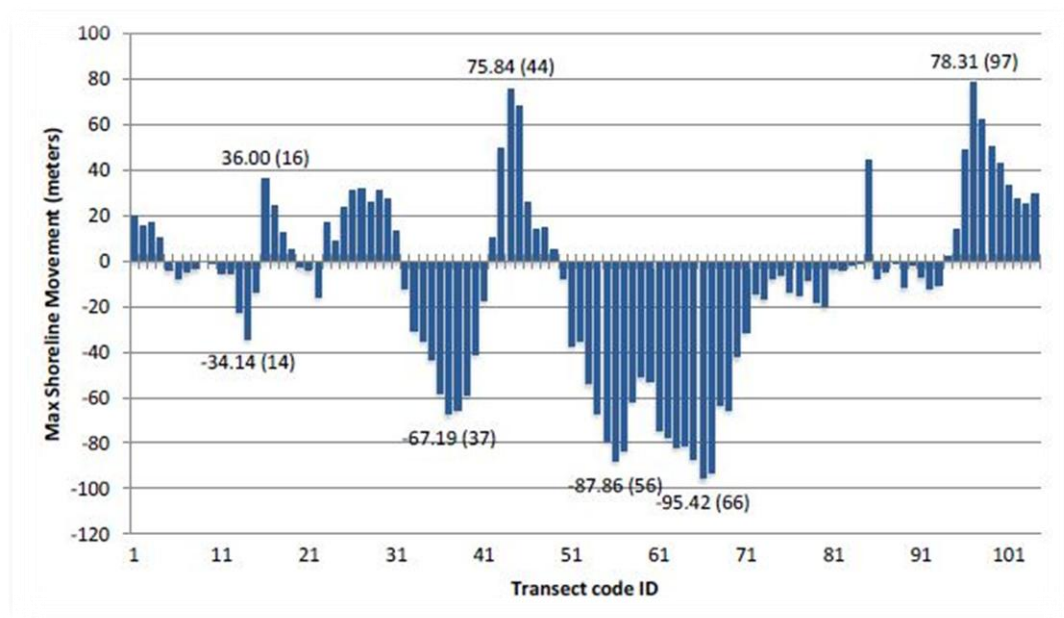
Όσον αφορά την παράκτια ζώνη η πιο σημαντική αλλαγή παρατηρήθηκε στο ανατολικότερο τμήμα της περιοχής του δέλτα, όπου βρίσκεται η σημερινή εκβολή του Ξηροποτάμου. Σ' αυτήν ακριβώς την περιοχή της εξόδου, ένα γαλαζωπό χρώμα παρατηρείται περαιτέρω μέσα στα νερά της θάλασσας και αποκαλύπτει την διαβάθμιση της παράκτιας ζώνης, λόγω των ιζημάτων μεταφοράς και απόθεσης κατά την χρονική περίοδο του 2003, καθώς αυτό είναι το χρονικό διάστημα που εκχωρήθηκε το μπλε χρώμα στη ψευδέγχρωμη εικόνα. Επιπλέον, οι περιοχές που καλύπτουν τις πλευρές πιο μακριά από την εκβολή, τόσο ανατολικά όσο και δυτικά, έχουν κόκκινο χρώμα. Σύμφωνα με τον χάρτη 13, το κόκκινο χρώμα δείχνει την τοποθεσία της ακτογραμμής κατά τη διάρκεια του 1945 και η ερμηνεία του οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η υποχώρηση της παράκτιας ζώνης έχει ήδη λάβει χώρα για τα τελευταία 60 χρόνια περίπου. Η διάβρωση της δελταϊκής ακτογραμμής φαίνεται να εντείνεται περισσότερο προς τα ανατολικά, καθώς είναι σημαντική η μετατόπιση της ακτογραμμής που παρατηρείται, αλλά το μόνο διαθέσιμο σύνολο δεδομένων για αυτήν την περιοχή ήταν κατά τη χρονική περίοδο 1945 και 1996 και, ως εκ τούτου, δεν μπορεί να υπολογιστεί με αξιοπιστία ο ρυθμός διάβρωσης της ακτογραμμής. Η υποχώρηση της παραλίας σε αυτό το τμήμα του δελταϊκού ριπιδίου είναι της τάξης των 100 m για τη χρονική περίοδο από το 1945 έως το 2003 και εκτείνεται για περισσότερο από ένα χιλιόμετρο κατά μήκος της ακτής.

Διαχρονική Σύγκριση Ακτογραμμών



Χάρτης 14. Σύγκριση ακτογραμμών μεταξύ 1996 και 2015 με εστίαση στα τμήματα που προελαύνουν και υποχωρούν.

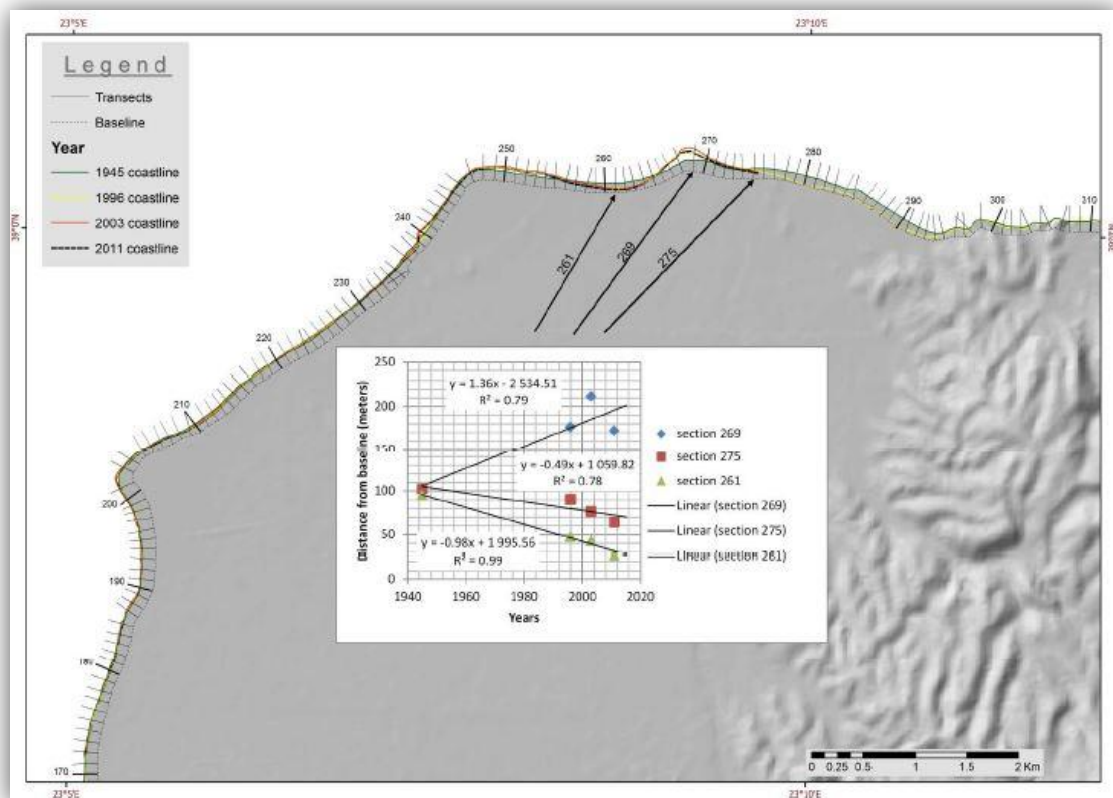
Όπως είναι φανερό στους παραπάνω χάρτες 13 και 14, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές κατά μήκος της ακτογραμμής που εκτείνεται δυτικά της περιοχής που περιγράφεται, ούτε και γύρω από τις θέσεις των λιμνοθαλασσών, που πιθανώς σχετίζονται με τις παλαιότερες ενεργές εκβολές του Ξηροπόταμου. Αντιθέτως, οι αλλαγές σαφώς εντοπίζονται στο πλάτος του φραγματικού αιγιαλού που διαχωρίζει τη λιμνοθάλασσα από την ανοικτή θάλασσα. Αυτό φαίνεται από το πλάτος του αποτιθέμενου υλικού, το οποίο συγκεντρώνεται στην εσωτερική πλευρά του αιγιαλού της πλευράς των λιμνοθαλασσών προς την ανοικτή θάλασσα, και καλύπτεται με νερό. Η διάβρωση των αιγιαλών αυτών περιορίζεται σε λιγότερο από 4-5 μ κατά τα τελευταία 66 χρόνια.



Διάγραμμα 4. Η ελάχιστη και η μέγιστη μετατόπιση της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου που παρατηρήθηκε σε κάθε μία από 104 τομές για τη χρονική περίοδο μεταξύ των ετών 1945 και 2011 (Papadopoulou and Vassilakis, 2014).

Τα ποσοτικοποιημένα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει μια ανομοιόμορφη μετατόπιση της ακτογραμμής του δέλτα λόγω της παράκτιας διάβρωσης. Φαίνεται ότι μεγάλη μετατόπιση της ακτογραμμής εντοπίζεται σε συγκεκριμένα τμήματα, αλλά η υποχώρηση της ακτογραμμής δεν συμβαίνει παντού. Η υποχώρηση εντοπίστηκε σε αρκετά μικρά τμήματα της περιοχής μελέτης, και φτάνει τα 75 μ, αλλά μόνο στο

ανατολικότερο τμήμα, ενώ 36 μ είναι η μέγιστη υποχώρηση της ακτογραμμής στο δυτικό τμήμα. Αντιθέτως, η μεγαλύτερη διάβρωση η κατά μήκος φθάνει τα 100 m. Αυτή η ανάλυση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής είναι ευάλωτο σε παράκτιες αλλαγές (Papadopoulou and Vassilakis, 2014)

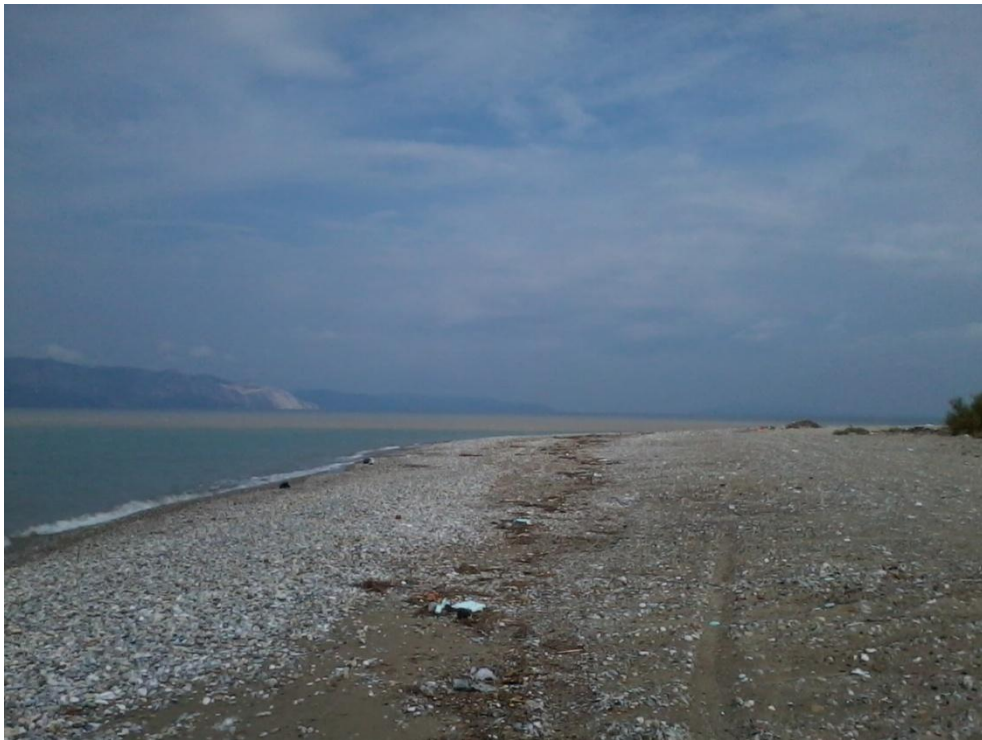


Χάρτης 15. Διατομές στις οποίες οι Papadopoulou and Vassilakis (2014) εκτίμησαν τη μετατόπιση της ακτογραμμής.

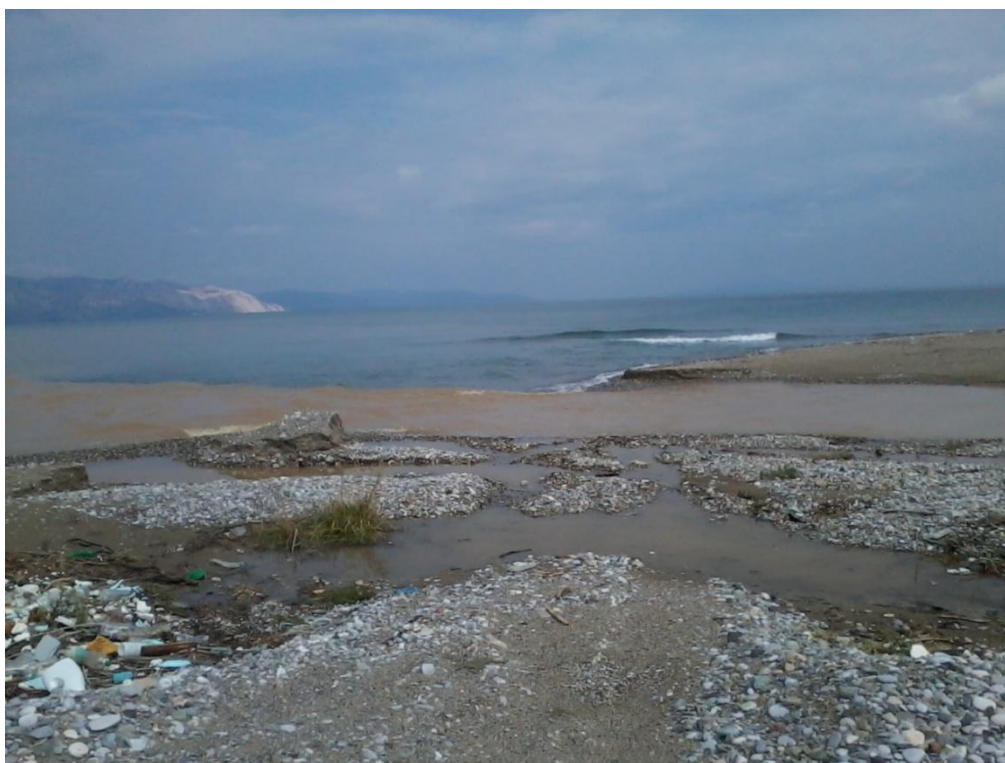
Ο σχηματισμός και η εξέλιξη της παράκτιας ζώνης του δελταϊκού ριπιδίου Ξηροπόταμου φαίνεται να ελέγχεται, κατά κύριο λόγο, από τις παράκτιες υδροδυναμικές και τις δυναμικές των ιζημάτων και, δευτερευόντως, από κάθε τοπική αλλαγή της στάθμης της θάλασσας ή από αλλαγές των χρήσεων γης. Επιπλέον, η ανθρώπινη παρέμβαση κατά μήκος της παραλιακής ζώνης έχει αρνητικές επιπτώσεις στην εξέλιξη των φυσικών παράκτιων διεργασιών, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με τη μεταφορά των ιζημάτων. Δεδομένου ότι η γενική τάση της ακτογραμμής είναι να

υποχωρεί, η εξέλιξη θα ήταν καταστροφική αν επιβεβαιωθούν τα σενάρια της μελλοντικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

Παρακάτω, παρατίθενται φωτογραφίες από την περιοχή μελέτης όπου δείχνουν τη σημερινή ενεργή εκβολή του ποταμού και την μεταφορά των φερτών υλικών από το παράκτιο ρεύμα και τον κυματισμό. Η ημέρα λήψης των φωτογραφιών ήταν μετά από βροχόπτωση με αποτέλεσμα η επικρατούσα διεύθυνση του παράκτιου ρεύματος να γίνεται αντιληπτή από την παράσυρση των αιωρούμενων ιζημάτων. Είναι προφανές ότι τόσο ο κυματισμός όσο και το παράκτιο ρεύμα διευθύνεται προς τα δυτικά. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος διάβρωσης της ανατολικής ακτογραμμής του δέλτα.



Εικόνα 22. Φωτογραφία στην εκβολή του ποταμού, όπου διακρίνεται η διασπορά των φερτών υλικών στη θάλασσα και η παράσυρσή τους προς τα δυτικά από τη συνδυασμένη δράση του κυματισμού και του επιμήκους παράκτιου ρεύματος .



Εικόνα 23. Φωτογραφία στην εκβολή του ποταμού, όπου διακρίνεται η συγκέντρωση των φερτών υλικών στη θάλασσα και η κίνηση των κυμάτων η οποία είναι προς τα δυτικά.

Η διαχρονική παρατήρηση της ακτογραμμής δεν οδήγησε σε διαπίστωση ιδιαίτερα έντονης διάβρωσης στο δυτικότερο τμήμα του δέλτα, π.χ. στους Ωρεούς, η μετατόπιση είναι ανεπαίσθητη. Παρόλα αυτά, κατά την έρευνα πεδίου παρατηρήθηκε πως στο τμήμα αυτό υφίσταται μικρή διάβρωση και ο πιθανός λόγος είναι στην ύπαρξη προβόλων που έχουν κατασκευασθεί κάθετα στην ακτογραμμή σε συνδυασμό με τη διεύθυνση του παράκτιου ρεύματος. Σ' αυτά τα σημεία οι φερτές ύλες που μεταφέρονται από την εκβολή του δέλτα με φορά προς τα δυτικά μόλις συναντούν το εμπόδιο, στην προκειμένη περίπτωση του προβόλου, αποτίθενται στα ανατολικά τους με αποτέλεσμα την μείωση των ιζημάτων στη δυτική πλευρά των προβόλων. Το χαμηλό φορτίο ιζημάτων που μεταφέρεται στην δυτική πλευρά των προβόλων δεν επιτρέπει την αναπλήρωση των απομακρυνόμενων ιζημάτων με αποτέλεσμα την συνεχή διάβρωση της παράκτιας ζώνης. Παρακάτω παρατίθενται φωτογραφικό υλικό από αυτές τις περιπτώσεις συγκέντρωσης υλικών στην ανατολική πλευρά ενός προβόλου στον οικισμό των Ωρεών.



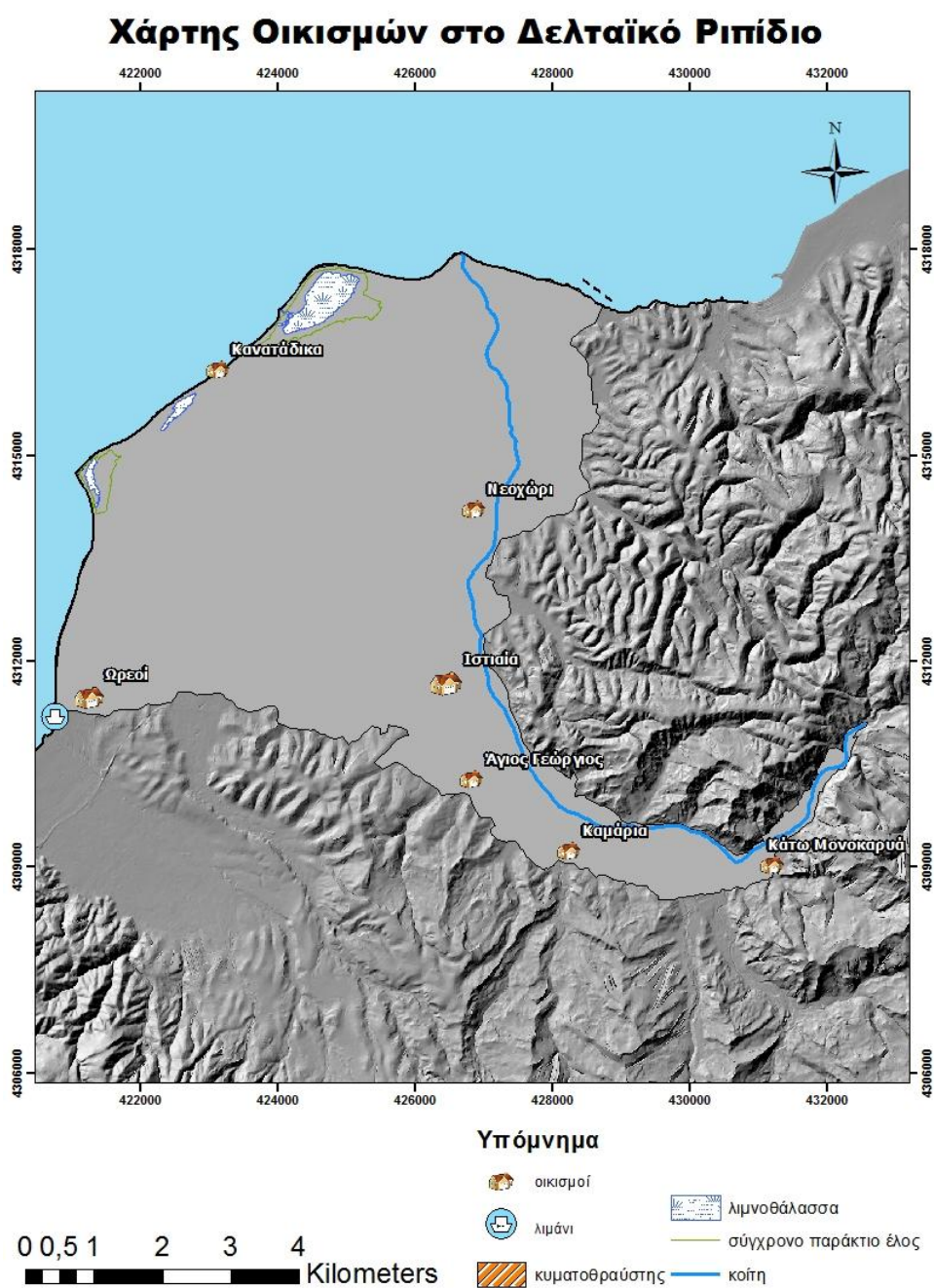
Εικόνα 24. Διάβρωση στον παράκτιο χώρο του δυτικού τμήματος του δέλτα



Εικόνα 25. Ενδείξεις διάβρωσης στο δυτικό τμήμα του δέλτα.

13.2.5 Οικιστική Ανάπτυξη

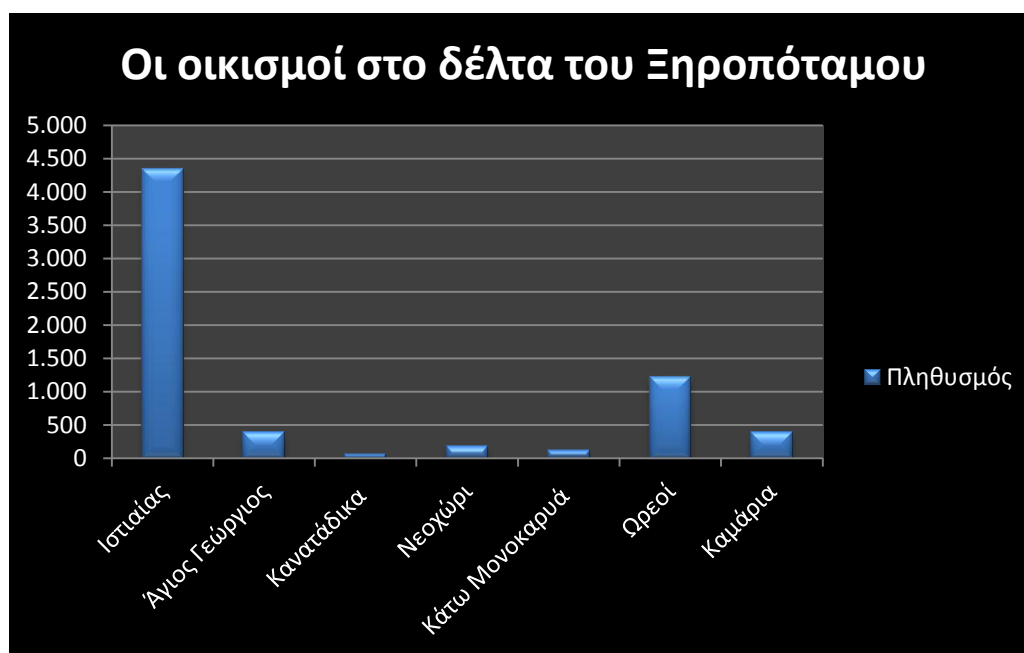
Οι οικισμοί που περιλαμβάνονται στο δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου είναι η Ιστιαία, ο Άγιος Γεώργιος, τα Κανατάδικα, η Καμαριά, η Κάτω Μονοκαρυά, οι Ωρεοί και το Νεοχώρι. Στον παρακάτω χάρτη παρατηρείται η γεωγραφική θέση του κάθε οικισμού στο δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου.



Χάρτης 16. Χάρτης ανάπτυξης οικισμών στο δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου.

Η πόλη της Ιστιαίας που βρίσκεται στην κορυφή του δελταϊκού ριπιδίου του Ξηροπόταμου έχει πληθυσμό 4.339 κατοίκους. Ο Άγιος Γεώργιος έχει 389 κατοίκους, τα Κανατάδικα 59 κατοίκους, το Νεοχώρι με 170 κατοίκους, η Κάτω Μονοκαρυά έχει 113 κατοίκους, οι Ωρεοί έχει 1.209 κατοίκους και τα Καμάρια έχει 381 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, Απογραφή 2011).

Παρατηρείται λοιπόν, και μέσα από το παρακάτω διάγραμμα 3 πως ο πληθυσμός των κοινοτήτων στο δελταϊκό ριπίδιο είναι 6.660 κάτοικοι σε μία έκταση 45,4 km². Ενώ στον Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού που έχει συνολική έκταση 477,9 τ.χλμ, ο μόνιμος πληθυσμός μετά τη συγχώνευση και με βάση την απογραφή του 2011 ανέρχεται σε 21.083 κατοίκους. Οι αριθμοί αυτοί μας δείχνουν πως η περιοχή μελέτης έχει συγκεντρώσει ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού του δήμου γενικότερα κυρίως λόγω των ιδιαίτερα ευνοϊκών συνθηκών που προσφέρει το δέλτα.



Διάγραμμα 4. Διάγραμμα πληθυσμού στο δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού Ξηροπόταμος.

13.2.6 Ανθρωπογενείς Επεμβάσεις

Κατά μήκος όλης της παράκτιας περιοχής του δελταϊκού ριπιδίου κατά την έρευνα πεδίου παρατηρήθηκε πως όλη σχεδόν η περιοχή του χερσαίου δελταϊκού μετώπου έχει επηρεαστεί άμεσα από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις είτε με κατασκευές που αποσκοπούν στην προστασία κατοικιών και δρόμων από τη διάβρωση λόγω της δράσης του κυματισμού είτε με κατασκευές όπως παραθεριστικές κατοικίες και εγκαταστάσεις επαγγελματικών δραστηριοτήτων. Στις παρακάτω, φωτογραφίες διακρίνονται ορισμένες από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις που καταγράφηκαν κατά την υπαίθρια γεωμορφολογική χαρτογράφηση.



Εικόνα 26. Τρεις κυματοθραύστες οι οποίοι βρίσκονται στο ανατολικότερο τμήμα του δελταϊκού ριπιδίου του Ξηροπόταμου.



Εικόνα 27. Τοποθέτηση ογκόλιθων και σκυροδέματος για προστασία παραθεριστικής κατοικίας από τη διάβρωση. Η φωτογραφία είναι από το ανατολικό άκρο του δελταϊκού ριπιδίου.

Χαρακτηριστική είναι η παρουσία τριών παράλληλων προς την ακτογραμμή κυματοθραυστών κατασκευασμένων από ογκόλιθους με σκοπό την προστασία του ανατολικού ορίου του δέλτα. Η κυματική σκιά που προκύπτει από τους κυματοθραύστες έχει οδηγήσει στη δημιουργία μικρών χαλικωδών αιγιαλών πίσω από αυτούς. Στην ίδια περιοχή όπως φαίνεται στις φωτογραφίες 26 και 27 οι κάτοικοι έχουν κατασκευάσει από ογκόλιθους και σκυρόδεμα αυτοσχέδια τείχη προστασίας των παραθεριστικών κατοικιών τους από τη διάβρωση. Αυτό μπορεί να είναι αποτελεσματικό για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα αλλά σίγουρα δεν μπορεί να είναι μόνιμο. Η διάβρωση είναι εμφανής και στο δυτικό όριο του δέλτα κοντά στους Ωρεούς όπου μικροί πρόβολοι έχουν κατασκευασθεί για τη συγκράτηση του ιζήματος της παράκτιας κυκλοφορίας.



Εικόνα 28. Πρόβολος στην θάλασσα με αποτέλεσμα την συγκέντρωση υλικών στο ανατολικό τμήμα του, στην περιοχή των Ωρεών.



Εικόνα 29. Αυθαίρετη κατοικία στην παραλιακή ζώνη του δέλτα. Η φωτογραφία είναι από το ανατολικό δέλτα (δυτικά των σημερινών εκβολών).



Εικόνα 30. Ιχθυοκαλλιέργειες.

Στις φωτογραφίες 29 και 30 φαίνονται κατά πάσα πιθανότητα αυθαίρετες κατοικίες ο περίβολος των οποίων φθάνει έως την ακτογραμμή ή και μέσα στη θάλασσα, εμποδίζοντας την διέλευση του αιγιαλού. Είναι εμφανής η διάβρωση και εδώ καθώς τμήμα του παλιότερου περιβάλλοντος έχει καταστραφεί και βρίσκεται εντός του νερού. Τέλος, παρατηρούμε την αναπτυξη ιχθυοκαλλιέργειων στο δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου που έχουν αναπτυχθεί στις λιμνοθάλασσες που αντιστοιχούν στους παλιούς δελταϊκούς "λοβούς".

13.2.7 Χρήσεις Γης των Χαμηλών Υψομετρικών Ζωνών του Δελταϊκού Ριπιδίου

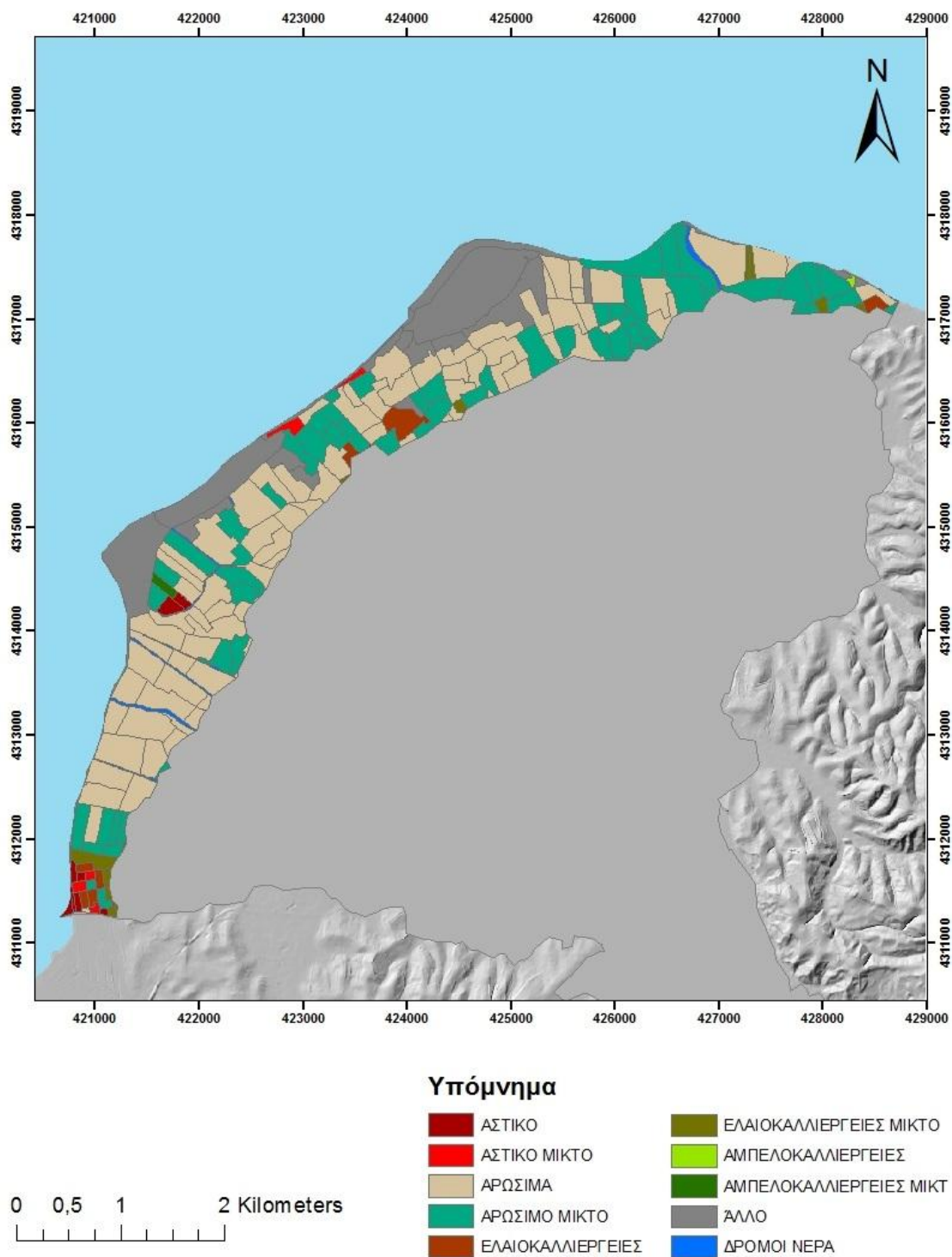
Όπως αναφέρθηκε μια από τις διεργασίες που αναμένεται να επηρεάσουν το δελταϊκό ριπίδιο μελλοντικά είναι η αναμενόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης που εντείνεται από την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με τις πρόσφατες αναφορές της IPCC (2013) η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να ανέβει κατά μέσο όρο κατά περίπου 50 cm έως το έτος 2100. Η άνοδος αυτή θα έχει επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη με ιδιαίτερα αρνητικές στα δέλτα των ποταμών.

Σε μια προσπάθεια εκτίμησης των αρνητικών αποτελεσμάτων από μια άνοδο της θαλάσσιας στάθμης εκτιμήθηκαν με αρκετά μεγάλη λεπτομέρεια οι χρήσεις γης για τις χαμηλές υψομετρικές ζώνες του δελταϊκού ριπιδίου. Δεδομένου ότι οι χρήσεις γης αποτελούν μια ένδειξη των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων τα αποτελέσματα αποτελούν μια πρώτη αδρή αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων στο δελταϊκή πεδιάδα. Με βάση τα στοιχεία από τον Οργανισμό Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτήτων Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.) του 2011, δημιουργήθηκαν δύο χάρτες οι οποίοι δίνουν πληροφορίες για τις χρήσεις γης κοντά στις χαμηλές υψομετρικές ζώνες του δελταϊκού ριπιδίου του Ξηροπόταμου.

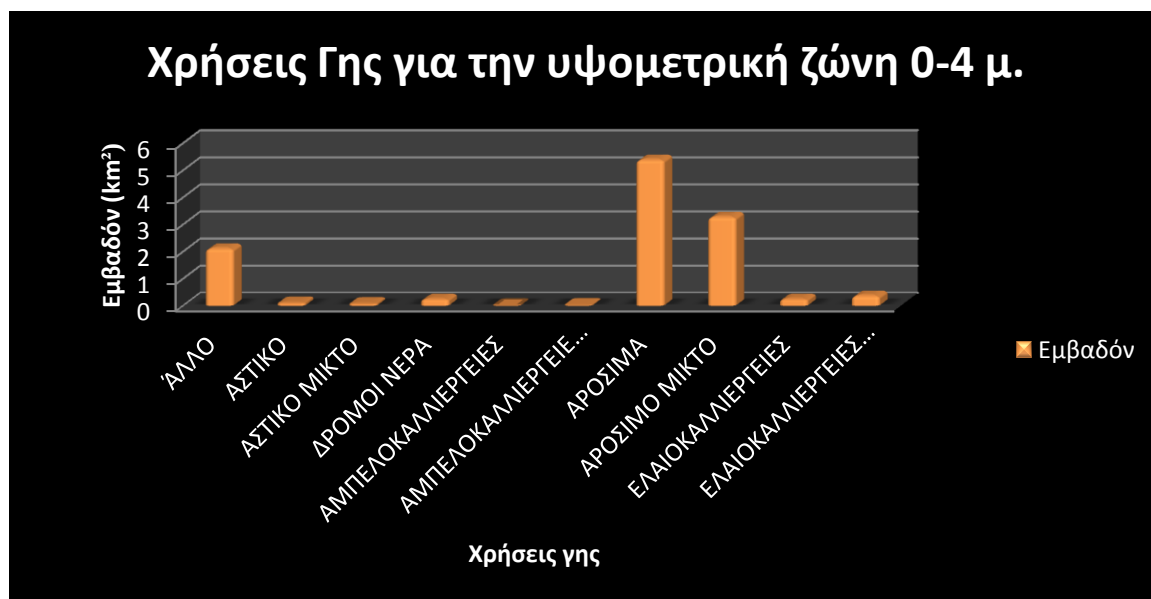
Γνωρίζοντας αρχικά, πως το συνολικό εμβαδόν του δέλτα είναι 45,4 km², θέλοντας λοιπόν, να εκτιμηθούν οι εκτάσεις ανά χρήση γης κοντά στην ακτογραμμή χρησιμοποιήθηκαν οι ισοϋψείς από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM 5x5) και δημιουργήθηκαν δυο πολύγωνα από τις ισοϋψείς των 4 και 5 μέτρων έως την ακτογραμμή. Ως αποτέλεσμα, γίνεται εφικτή η αναγνώριση των τι ποσοστών χρήσεων γης καταλαμβάνουν τις χαμηλές υψομετρικές ζώνες του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού Ξηροπόταμος.

Ο παρακάτω χάρτης 17 απεικονίζει τις χρήσεις γης στο δελταϊκό ριπίδιο από την ισοϋψή των 4 μέτρων έως την ακτογραμμή και σε έκταση 9,7 km² και στην συνέχεια ακολουθούν διαγράμματα που απεικονίζουν τις εκτάσεις που καταλαμβάνει κάθε χρήση γης, καθώς και σε τι ποσοστά αντιστοιχεί η κάθε μία.

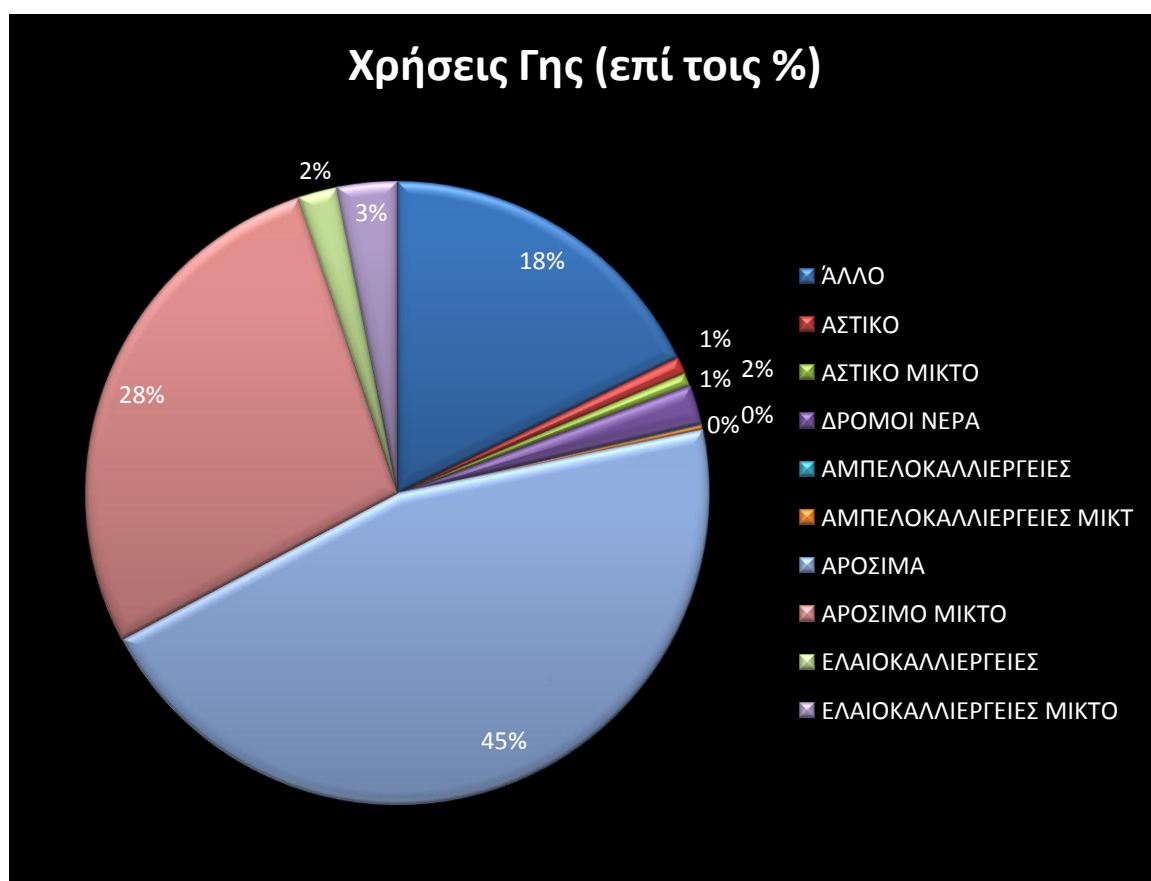
Χρήσεις Γης για την υψομετρική ζώνη 0-4 μ.



Χάρτης 17. Χρήσεις γης από την ακτογραμμή έως την ισοϋψή των 4 μέτρων για το δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου.



Διάγραμμα 5. Εμβαδόν χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0-4 μ.



Διάγραμμα 6. Ποσοστά επί τοις % των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0-4 μ.

Παρατηρείται λοιπόν, και από τον χάρτη αλλά και από τα διαγράμματα πως την μεγαλύτερη έκταση, και κατά συνέπεια, και το μεγαλύτερο ποσοστό το κατέχουν τα αρόσιμα εδάφη που καλύπτει το 45% της υψομετρικής αυτής ζώνης. Δηλαδή, από την συνολική έκταση του δέλτα που είναι 45,4 km², στα 9,7 km², που καταλαμβάνει η χαμηλή υψομετρική ζώνη, τα 5,4 km² είναι περιοχές αρόσιμης γης.

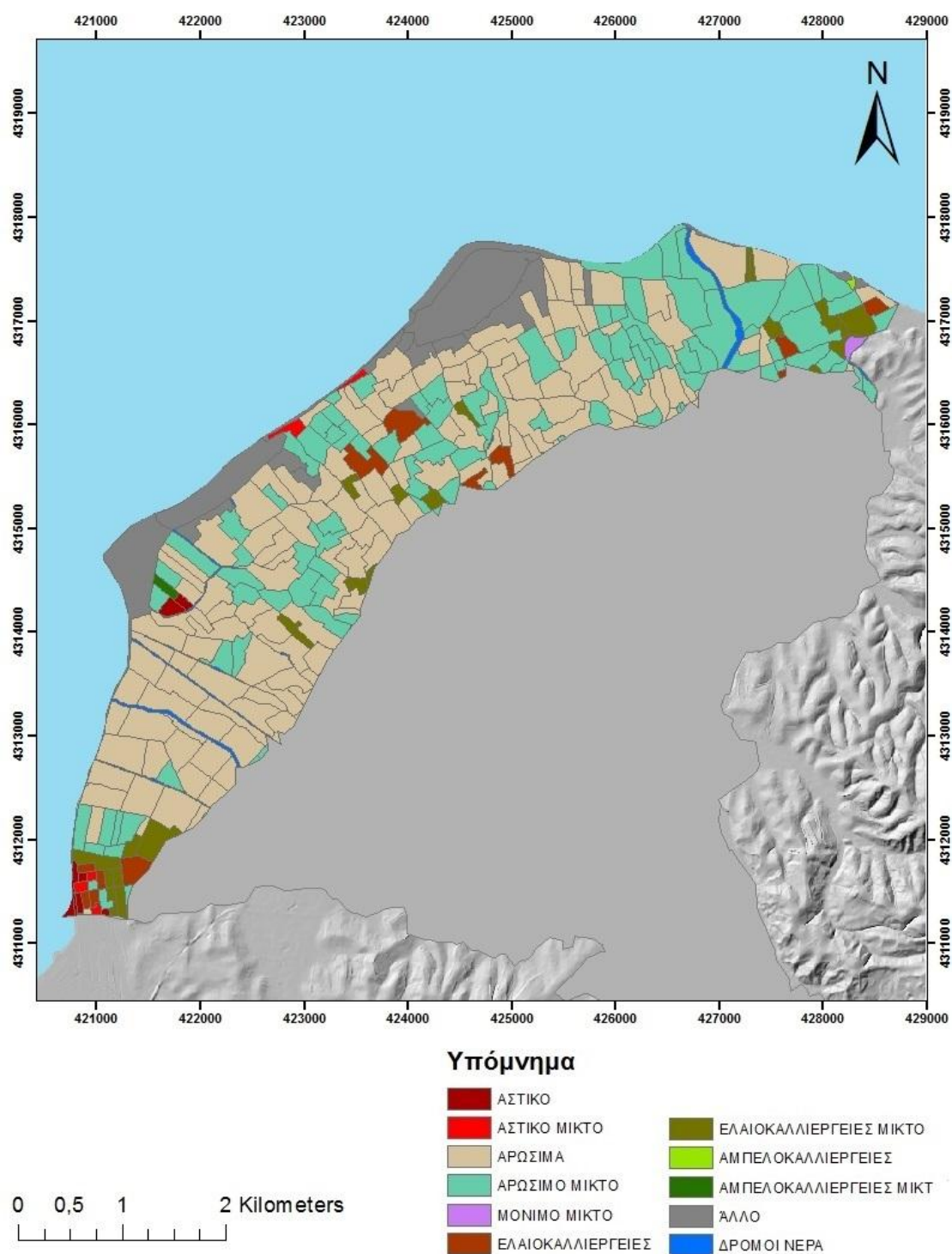
Αρόσιμη γη είναι καλλιεργήσιμες περιοχές τακτικά αρόσιμες και γενικά υπό ένα σύστημα εναλλαγής καλλιέργειας. Η αρόσιμη γη χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:

- i. **Μη αρδεύσιμη γη-αρόσιμη γη**, όπως εκτάσεις με δημητριακά, όσπρια, καλλιέργειες ζωοτροφών, βολβόφυτα και χέρσο έδαφος. Περιλαμβάνονται ανθοκομικές καλλιέργειες, καθώς και οπωροκηπευτικά, είτε σε ανοικτό χωράφι είτε κάτω από πλαστικό ή γυαλί. Περιλαμβάνονται επίσης καλλιέργειες αρωματικών, φαρμακευτικών και μαγειρικών φυτών. Εξαιρούνται τα μόνιμα λιβάδια.
- ii. **Μόνιμα αρδεύομενη γη**, καλλιέργειες που ποτίζονται μόνιμα ή περιοδικά χρησιμοποιώντας μόνιμη υποδομή. Οι περισσότερες από αυτές τις καλλιέργειες δεν θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν χωρίς την τεχνητή παροχή νερού. Δεν περιλαμβάνονται τα σποραδικά αρδεύσιμα εδάφη.
- iii. **Ορυζώνες**, γη διαμορφωμένη για καλλιέργεια ρυζιού. Επίπεδες επιφάνειες με αρδευτικά κανάλια. Επιφάνειες περιοδικά πλημμυρισμένες (Δημήτρης Κ. Μέλισσας, 2010).

Οι υπόλοιπες χρήσεις γης που ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά είναι τα αρόσιμα μικτά εδάφη με 27,7%, οι άλλες χρήσεις με 17,8%, οι μικτές ελαιοκαλλιέργειες με 3,1%, οι ελαιοκαλλιέργειες με 2,04%, οι δρόμοι νερών που αντιστοιχούν στην κοίτη του ποταμού και σε αρδευτικά κανάλια, με 2,02%, το αστικό με 0,9%, το αστικό μικτό με 0,7%, οι μικτές αμπελοκαλλιέργειες με 0,2% και οι αμπελοκαλλιέργειες με 0,07%.

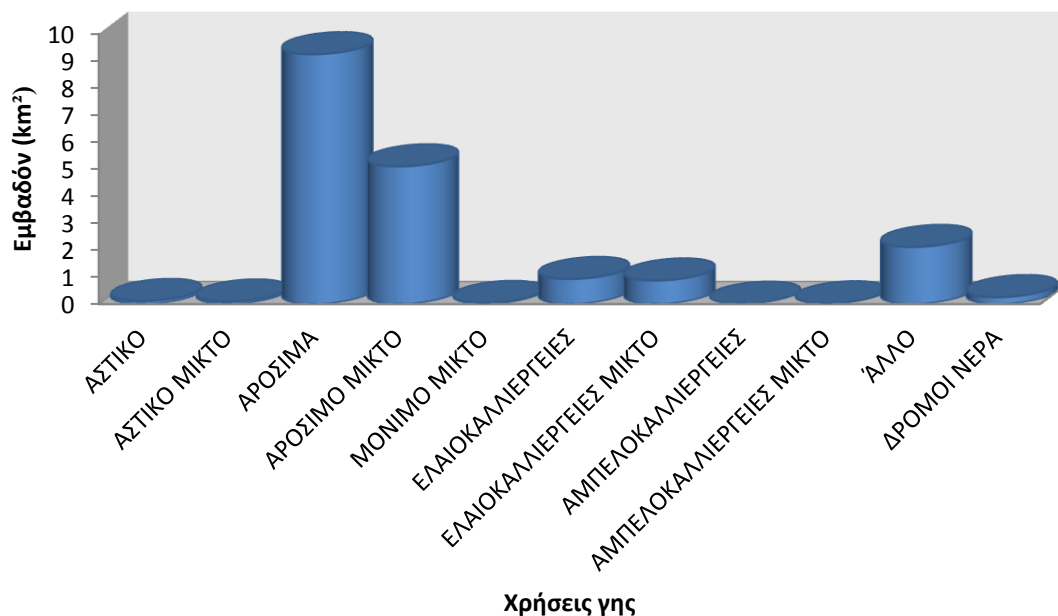
Ο παρακάτω χάρτης 18 απεικονίζει τις χρήσεις γης στο δελταϊκό ριπίδιο από την ισοϋψή των 5 μέτρων έως την ακτογραμμή και σε έκταση 16,1 km² και στην συνέχεια, όπως και προηγουμένως, ακολουθούν διαγράμματα που μας παρουσιάζουν τις εκτάσεις που καταλαμβάνει κάθε χρήση γης, καθώς και σε τι ποσοστά αντιστοιχεί η κάθε μία.

Χρήσεις Γης για την υψομετρική ζώνη 0-5 μ.



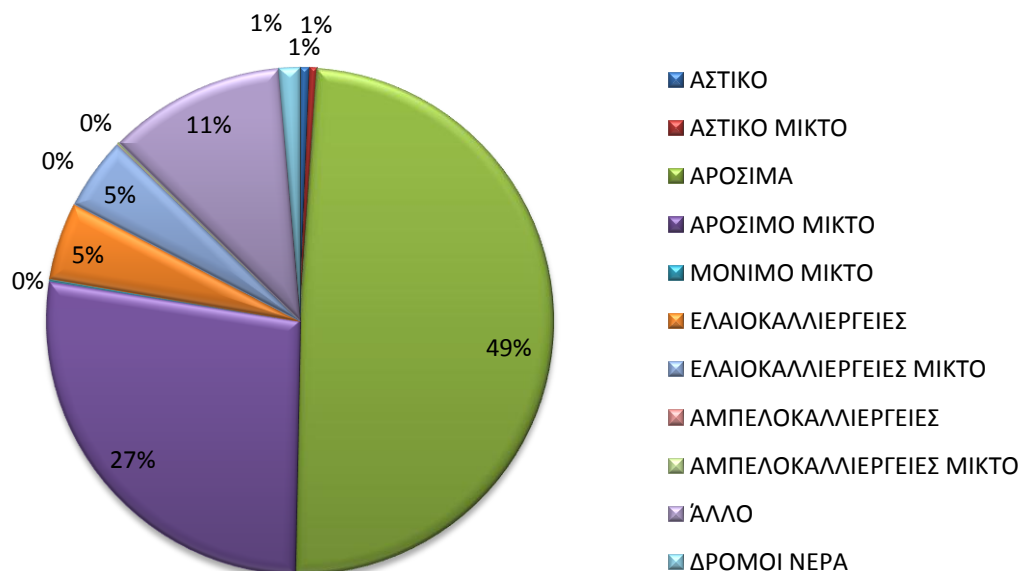
Χάρτης 18. Χρήσεις γης από την ακτογραμμή έως την ισοϋψή των 5 μέτρων για το δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου.

Χρήσεις Γης για την υψομετρική ζώνη 0-5 μ.



Διάγραμμα 7. Εμβαδόν χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0-5 μ.

Ποσοστά Χρήσεων Γης (επί τοις %)



Διάγραμμα 8. Ποσοστά επί τοις % των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0-5 μ.

Παρατηρείται λοιπόν, και από τον χάρτη αλλά και από τα διαγράμματα πως την μεγαλύτερη έκταση, και κατά συνέπεια, και το μεγαλύτερο ποσοστό το κατέχουν τα αρόσιμα εδάφη που καλύπτει το 49,2% της υψομετρικής αυτής ζώνης. Δηλαδή, από την συνολική έκταση του δέλτα που είναι 45,4 km², στα 16,1 km², που καταλαμβάνει η χαμηλή υψομετρική ζώνη, τα 9,2 km² είναι περιοχές αρόσιμης γης.

Οι υπόλοιπες χρήσεις γης που ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά είναι τα αρόσιμα μικτά εδάφη με 27,1%, οι άλλες χρήσεις με 11,2%, οι ελαιοκαλλιέργειες με 4,9%, οι μικτές ελαιοκαλλιέργειες με 4,6%, οι δρόμοι νερών που αντιστοιχούν στην κοίτη του ποταμού και σε αρδευτικά κανάλια με 1,4%, το αστικό με 0,6%, το αστικό μικτό με 0,5%, το μόνιμο μικτό με 0,2%, οι μικτές αμπελοκαλλιέργειες με 0,1% και οι αμπελοκαλλιέργειες με 0,04%.

14. Συμπεράσματα

Η ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου του Ξηροπόταμου έδειξε σχετικά υψηλούς λόγους διακλάδωσης, μήκους κοίτης και εμβαδόν λεκάνης απορροής. Ιδιαίτερα υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν για τους λόγους μεταξύ των κλάδων τέταρτης και της κεντρικής κοίτης πέμπτης τάξης. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν πολλοί τέταρτης τάξης κλάδοι που απορρέουν άμεσα στην πέμπτης τάξης κοίτη του ποταμού (χωρίς να την δημιουργούν). Έτσι, κατά τη διάρκεια ακραίων βροχοπτώσεων, η επιφανειακή απορροή που προκύπτει από την αποστράγγιση έκτασης 73,3 km² προστίθεται άμεσα στην κεντρική κοίτη πέμπτης τάξης. Οι πιο σημαντικές ανωμαλίες αφορούν τους κλάδους πρώτης τάξης που απορρέουν άμεσα σε τρίτης τάξης κλάδους, καθώς επίσης και τους τρίτης τάξης κλάδους που απορρέουν άμεσα στην πέμπτης τάξης κεντρική κοίτη του Ξηροπόταμου. Αυτά τα τρία δίκτυα αυξάνουν την παροχή της κεντρικής κοίτης του ποταμού κατά τη διάρκεια ακραίων κατακρημνισμάτων καθώς συνεισφέρουν με την επιφανειακή απορροή που προέρχεται από μια περιοχή συνολικής έκτασης περίπου 18,4 km² με αποτέλεσμα την ύπαρξη πλημμυρικών φαινομένων. Συνεπώς μια φυσική αιτία πλημμυρών του ποταμού είναι η οργάνωση του υδρογραφικού δικτύου. Μια άλλη αιτία είναι οι μεγάλες κλίσεις στα ανάντη τμήματα των κεντρικών κοιτών του δικτύου. Το τμήμα της διαδρομής του Ξηροπόταμου πριν τις εκβολές στο τμήμα της διαδρομής του διαμέσω του δέλτα όπως και στο κάτω μέρος της αλλουβιακής του κοιλάδας είναι ήπιας κλίσης. Οι έντονες και κλίσεις του άνω ρου των κοιτών των παραποτάμων έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλες ταχύτητες ροής του νερού και απότομη μείωσή της στις περιοχές με χαμηλή κλίση, που βρίσκονται στον κάτω ρου του Ξηροπόταμου, καθώς και κοντά στη συμβολή των παραποτάμων με την κύρια κοίτη. Αυτό σημαίνει συσσώρευση ενός τεράστιου όγκου νερού σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης, με αποτέλεσμα η κεντρική κοίτη του ποταμού να μη μπορεί να το παροχετεύσει ενισχύοντας την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων.

Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση του δελταϊκού ριπιδίου οδήγησε στη διαπίστωση ότι οι κυρίαρχες γεωμορφές που συναντώνται στη δελταϊκή πεδιάδα και κατα μήκος της ακτογραμμής είναι η σημερινή κοίτη, οι παλαιοκοίτες, οι δελταϊκές αποθέσεις, οι αιγιαλοί χαλικώδεις, αμμώδεις ή ανάμεικτου υλικού, τα παράκτια έλη,

οι λιμνοθάλασσες και οι παράκτιες αμμώδεις θίνες ενώ εντοπίστηκαν και οι περιοχές διάβρωσης. Σε όλο το μήκος της σημερινής ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου παρατηρήθηκαν αιγιαλοί με κυρίαρχη την παρουσία χαλίκων, όμως υπάρχουν και αιγιαλοί κυρίως στο ανατολικό τμήμα που είναι ανάμεικτου υλικού. Χαρακτηριστική ήταν και η παρουσία φραγματικών αιγιαλών μπροστά από τις λιμνοθάλασσες οι οποίες έχουν αναπτυχθεί σε περιοχές που παλαιές κοίτες του ποταμού κατέληγαν στη θάλασσα. Δυτικά των σημερινών εκβολών ήταν η μόνη περιοχή όπου παρατηρήθηκε αμμώδης υλικό κατά μήκος της ακτογραμμής, το υλικό είναι πολύ καλής ταξινόμησης και πίσω από τον αμμώδη αιγιαλό παρατηρήθηκε η παρουσία εμβρυακών παράκτιων αμμωδών θινών μικρού ύψους που δεν ξεπερνά το 1 m. Χαρακτηριστική, στο χερσαίο τμήμα του δελταϊκού μετώπου του ριπιδίου, είναι η ύπαρξη λιμνοθαλασσών και παράκτιων ελών.

Μετά από τη χαρτογράφηση των εγκαταλελειμμένων κοιτών του 1852, 1884 και 1929, καθώς και της σημερινής κοίτης, που διασχίζουν τη δελταϊκή πεδιάδα παρατηρήθηκε η ύπαρξη μιας παλαιάς κοίτης που είναι ορατή σε χάρτες του 1852 και 1884 που βρισκόταν αρκετά δυτικότερα από την σημερινή ενεργή κοίτη, εκεί όπου σήμερα παρατηρείται η μία λιμνοθάλασσα. Επίσης, η κύρια ενεργή κοίτη φαίνεται να έρεε πιο ανατολικά από τη σημερινή της πορεία καταλήγοντας στο ανατολικό άκρο του δέλτα όπου σήμερα παρατηρείται και η μεγαλύτερη παράκτια διάβρωση, όμως η κοίτη σε εκείνη την περιοχή αποκόπηκε και η ροή της ακολούθησε μια διαδρομή δυτικότερα κατά μήκος της οποίας ρέει έως σήμερα.

Ένας εκ των σημαντικότερων παραγόντων της πρόσφατης εξέλιξης του δέλτα είναι η υποχώρηση της ακτογραμμής κυρίως στο ανατολικό τμήμα του δέλτα λόγω διάβρωσης των ακτών, πολύ πιθανόν λόγω της δράσης του κυματισμού και του επικρατούντος παράκτιου ρεύματος. Σ' αυτό το τμήμα, η ακτογραμμή έχει υποχωρήσει λόγω διάβρωση από το 1996 έως σήμερα και το μοναδικό τμήμα το οποίο είναι και λογικό να έχει προελάσει είναι ο άμεσος χώρος της σημερινής ενεργού εκβολής της κοίτης, όπου εκεί αποτίθενται τα φερτά υλικά. Η υποχώρηση της παραλίας σε αυτό το τμήμα του δελταϊκού ριπιδίου είναι της τάξης των 100 m για τη χρονική περίοδο από το 1945 έως το 2003 όπως διαπιστώθηκε από τη μελέτη των Papadopoulou and Vassilakis (2014) και εκτείνεται για περισσότερο από ένα χιλιόμετρο κατά μήκος της ακτής. Οι παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώθηκαν κατά την

εργασία πεδίου. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές κατά μήκος της ακτογραμμής που εκτείνεται δυτικά της περιοχής που περιγράφεται.

Τέλος, οι ανθρώπινες επεμβάσεις είναι αρκετές στην παράκτια ζώνη με σκοπό την προστασία από τη διάβρωση, όπως η δημιουργία κυματοθραυστών και η τοποθέτηση ογκόλιθων, αλλά και την οικονομική εκμετάλλευση της περιοχής μελέτης, όπως η δημιουργία ιχθυοκαλλιεργειών. Σε μια προσπάθεια εκτίμησης των αρνητικών αποτελεσμάτων από μια ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης και αφού εκτιμήθηκαν με αρκετά μεγάλη λεπτομέρεια οι χρήσεις γης για τις χαμηλές υψομετρικές ζώνες του δελταϊκού ριπιδίου, παρατηρήθηκε πως οι χρήσεις γης που θα απειληθούν περισσότερο είναι τα αρόσιμα εδάφη με ποσοστό 45% για την υψομετρική ζώνη 0-4 μ. και 49% για την υψομετρική ζώνη 0-5 μ.

15. Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Αργυρίου Αθανάσιος, Γαγλία Αθηνά, Δασκαλάκη Έλενα, Ζαχαριάς Παναγιώτης, Κατσάνος Δημήτριος, Κοντογιαννίδης Σίμων, Λαδόπουλος Γεώργιος, Λαδόπουλος Ιωάννης, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών», (2010), Τεχνική Οδηγία, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.).
- Γιάσογλου Ν., Κοσμάς Κ., «Η ερμημοποίηση», από τον συλλογικό τόμο «Ερμημοποίηση», Εθνική Επιτροπή κατά της Ερμημοποίησης και Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, Αθήνα 2004.
- Δουκάκης, Ε. (2007), *Μέθοδοι Προσδιορισμού του Ρυθμού Μεταβολής των Ακτογραμμών*, Ενικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Καρύμπαλης Ε., (2010). *Παράκτια Γεωμορφολογία*, Αθήνα: ΙΩΝ.
- Κατσιακάτσου Χ. Γ. (1992) – Γεωλογία της Ελλάδας.
- Κατσιακάτσος Γ., Κούνης Γ., Φυτίκας Μ., Μέττος Α., & Βιδάκης Μ., 1980 Γεωλογικός χάρτης Ελλάδας (1:50.000). Φύλλο Λίμνη, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- Κουσουρήs Θ, 2009. Η θάλασσα και το περιβάλλον της. Διδακτικές σημειώσεις Πανεπιστήμιο Αιγαίου, σελ. 37-42.
- Μέλισσας, Δημήτρης Κ. Οι χρήσεις γης και το γενικό πολεοδομικό σχέδιο Δημήτρης Κ. Μέλισσας. - 2η έκδ. - Αθήνα: Εκδόσεις Σάκκουλα Α.Ε., 2010.
- Μουντράκης Δ., Γεωλογία της Ελλάδας, εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1985.
- Παπανικολάου Μ., Παπανικολάου Δ., Βασιλάκης Ε., (2011), «Μεταβολές της Στάθμης της Θάλασσας και Επιπτώσεις στις Ακτές», Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ).
- Παπανικολάου Δημήτριος, Μαρία Παπανικολάου, Παλαιοκλιματικές Αλλαγές, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ), 2011.

- Παυλόπουλος Κ. (2008), *Σημειώσεις Γεωμορφολογίας*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
- Τσιούρης Σ., Γεράκης Π. (1991), *Υγρότοποι της Ελλάδος. Αξία-Αλλοιώσεις-Προστασία*. Α.Π.Θ. - W.W.F.
- Χαλκιάς Χ. (2003), *Σημειώσεις Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών II*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
- ΕΛ.ΣΤΑΤ., Ελληνική Στατιστική Αρχή.
- Κ.ΕΝ.Α.Κ. - ΟΙ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ - ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑ, <http://rizosdimitris.blogspot.gr/2012/01/4.html>, [29/01/2015].
- ΠΟΣΕΙΔΩΝ του Ελλ. Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ).

Ξενόγλωσση

- Callow, N., Roberts, R. and Fawkes, J.Z. (2006). Effects of dynamic and static imagery on vividness of imagery, skiing performance and confidence. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*, 1. Retrieved 12 April 2007.
- Chappell, J. (1974) "Geology of coral terraces, Huon Peninsula, New Guinea: A study of Quaternary tectonic movements and sea-level changes", *Bull. Geol. Soc. Am.*, 85.
- Clark, J.A., Farrell, W.E. and Peltier, W.R., 1978. Global changes in postglacial sea level: a numerical calculation. *Quat. Res. (N.Y.)*, (in press).
- Colin D. Woodroffe (2002), *Coasts, Form, process and evolution*, New York, University of Cambridge.
- Sefton, C.E.M. and Howarth, S.M., 1998. Relationships between dynamic response characteristics and physical descriptors of catchments in England and Wales. *Journal of Hydrology* 211.
- Kokkonen, T. S., Jakeman, J., Young, P. C., and Koivusalo, H. J.: Predicting daily flows in ungauged catchments: model regionalization from catchment descriptors at the Coweeta Hydrologic Laboratory, North Carolina, *Hydrol. Process*, 2003.

- Emmanuel Vassilakis and Kyriaki Papadopoulou-Vrynioti, “Quantification of Deltaic Coastal Zone Change Based on Multi-Temporal High Resolution Earth Observation Techniques”, ISPRS International Journal of GEO-Information, 2014.
- Reading, H.G., & Collinson J.D., (1996), *Clastic coasts, Sedimentary Environments: Process, Facies and Stratigraphy*, 3rd edition, Blackwell Science: Oxford.
- Tsimplis N. M. (1995), “A two-dimensional tidal model for the Mediterranean Sea”, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, **100** (C8), pp. 16,223-16,239.
- Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5), Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Chapter 13 – Sea Level Change - Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment.
- Floor J. A. (2000), *Disappearing beaches: engineering solutions*, <http://www.seafriends.org.nz/oceano/beacheng.htm>.
- Google Earth. <http://www.google.com/earth/index.html>.
- Washington State Department of Ecology, <http://www.ecy.wa.gov/programs/sea/coast/erosion/jetty.html>.