



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

***Ποσοτική Μορφομετρική Ανάλυση στο
δελταϊκό ριπίδιο του χειμάρρου Τρανόρεμα
(Κεντρική Στερεά Ελλάδα)***

Πτυχιακή εργασία

Γεωργία Καλογεροπούλου

Αθήνα, 2019



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων

Καρύμπαλης Ευθύμιος

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Μέλη

Χαλκιάς Χρίστος

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Μπάλιας Γεώργιος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Γεωργία Καλογεροπούλου, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

*Στις γιαγιάδες μου, Γεωργία και Διονυσία
που είναι πάντα δίπλα μου*

Πάντα στον νου σου νάχεις την Ιθάκη.
Το φθάσιμον εκεί ειν' ο προορισμός σου.
Αλλά μη βιάζεις το ταξείδι διόλου.
Καλλίτερα χρόνια πολλά να διαρκέσει
και γέρος πια ν' αράξεις στο νησί,
πλούσιος με όσα κέρδισες στο δρόμο,
μη προσδοκώντας πλούτη να σε δώσει η Ιθάκη.

Η Ιθάκη σ'έδωσε τ' ωραίο ταξείδι.
Χωρίς αυτήν δεν θάβγαινες στον δρόμο.
Άλλα δεν έχει να σε δώσει πια.

Κι αν πτωχική την βρεις, η Ιθάκη δε σε γέλασε.
Έτσι σοφός που έγινες, με τόση πείρα,
ήδη θα το κατάλαβες οι Ιθάκες τι σημαίνουν.

-Κ. Π. Καβάφης, Ιθάκη, 1911-

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας, κλείνει ο κύκλος των προπτυχιακών μου σπουδών στο Τμήμα Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών. Ήταν μια πολύ ενδιαφέρουσα περίοδος της ζωής μου, από την οποία έχω μόνο ευχάριστες αναμνήσεις.

Θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Κύριο Καρύμπαλη Ευθύμιο, τόσο για την πρόταση και ανάθεση του θέματος της πτυχιακής εργασίας, όσο και για την επίβλεψη, την καθοδήγηση και τις συμβουλές του στην διεκπεραίωση της.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Κύριο Χαλκιά Χρήστο και τον Κύριο Μπάλια Γεώργιο, καθώς και όλα τα μέλη ΔΕΠ (Διδακτικό Ερευνητικό Προσωπικό) του Τμήματος Γεωγραφίας, για την συμβολή τους στις γνώσεις και στις τεχνικές που διδάχτηκα στην διάρκεια των σπουδών μου, καθώς χωρίς αυτούς θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω ξεχωριστά την οικογένεια μου και τους φίλους μου, που ήταν δίπλα μου και με στήριζαν, όχι μόνο κατά την διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής μου εργασίας, αλλά καθ' όλη την φοίτηση μου στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	8
Abstract.....	9
Κατάλογος Εικόνων.....	10
Κατάλογος Χαρτών	10
Κατάλογος Πινάκων	11
Κατάλογος Σχημάτων.....	11
Κεφάλαιο 1 . Εισαγωγή.....	12
Κεφάλαιο 2 . Δέλτα και Δελταϊκά ριπίδια.....	14
2.1. Μορφολογία.....	15
2.2. Διαμόρφωση.....	15
2.3. Ταξινόμηση.....	17
2.4. Γενικά για τα δελταϊκά ριπίδια.....	18
Κεφάλαιο 3 . Περιοχή μελέτης.....	21
3.1. Γενικές πληροφορίες για την ευρύτερη περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου.....	21
3.2. Χρήσεις γης και βιοποικιλότητα.....	24
Κεφάλαιο 4 . Γεωλογικά στοιχεία περιοχής.....	27
4.1. Γεωλογία.....	27
4.2. Λιθολογία.....	28
4.3. Μορφολογία ανάγλυφου και χαρακτηριστικά υδρογραφικού δικτύου....	31
4.4.Τεκτονισμός και Σεισμικότητα.....	34
Κεφάλαιο 5 . Μεθοδολογία και Ανάλυση δεδομένων.....	38
5.1. Χρήση Λογισμικών.....	38
5.2. Επεξεργασία δεδομένων και εξαγωγή χαρτών.....	39
5.2.1. Βασικά Επίπεδα.....	39

5.2.2. Εξαγωγή χαρτών.....	40
Κεφάλαιο 6 . Μεθοδολογία ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης.....	44
6.1. Στοιχεία για την μορφομετρική ανάλυση.....	44
6.2. Το δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος.....	47
Κεφάλαιο 7 . Αποτελέσματα ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης στο δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος.....	49
7.1. Λόγος προέκτασης της δελταϊκής προεξοχής προς την θάλασσα.....	49
7.2. Δείκτης ασυμμετρίας.....	50
7.3. Όγκος ιζημάτων.....	52
7.4. Δείκτης κατανομής ιζημάτων.....	52
7.5. Ολική υποθαλάσσια υψομετρία.....	54
7.6. Σύγκριση αποτελεσμάτων με ανάλογες μελέτες.....	55
Κεφάλαιο 8 . Συμπεράσματα.....	56
Παράρτημα.....	58
Βιβλιογραφία.....	59

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την ποσοτική μορφομετρική ανάλυση στο δελταϊκό ριπίδιο που έχει αναπτυχθεί στις εκβολές του χειμάρρου Τρανόρεμα, στο νοτιοδυτικό τμήμα του Νομού Φωκίδας, στην Κεντρική Στερεά Ελλάδα. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, μελετήθηκε η γεωλογία της ευρύτερης περιοχής του δελταϊκού ριπιδίου, όπως είναι οι λιθολογικοί σχηματισμοί, τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά, ο τεκτονισμός και η σεισμικότητα. Στην συνέχεια, για να πραγματοποιηθεί η ποσοτική μορφομετρική ανάλυση του δελταϊκού ριπιδίου εφαρμόζοντας και την σχετική μεθοδολογία, αξιοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 10.4, με τη χρήση του οποίου έγιναν οι ποσοτικοί υπολογισμοί των μορφομετρικών παραμέτρων που αναλύθηκαν καθώς και η σχεδίαση των χαρτών της περιοχής. Ο βασικός στόχος αυτής της ανάλυσης ήταν η εκτίμηση της κατανομής του όγκου των δελταϊκών ιζημάτων και τα χαρακτηριστικά της δελταϊκής προεξοχής, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις δυναμικές διεργασίες κατά μήκος του δελταϊκού μετώπου.

Πιο αναλυτικά, πρόκειται για ένα δελταϊκό ριπίδιο που τροφοδοτείται από έναν εποχικό χείμαρρο σε περιοχή έντονου ανάγλυφου με τεκτονική ανύψωση. Είναι ριπίδιο κρηπίδας (ρηχών νερών) με κοίλο υποθαλάσσιο πρανές το οποίο κυριαρχείται από τον κυματισμό και τα παράκτια ρεύματα. Η πλειονότητα της περιοχής καλύπτεται από δασικές εκτάσεις και μόνιμες καλλιέργειες ενώ έχει αναπτυχθεί αστική δόμηση στα ανατολικά της. Διαθέτει απότομες κλίσεις και ανθεκτικούς λιθολογικούς σχηματισμούς της Ζώνης Ωλονού – Πίνδου, με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στην προεξοχή να καταλαμβάνονται από ασβεστόλιθο, φλύσχη και δελταϊκές αποθέσεις. Ακόμα, το ρήγμα που οριοθετεί στα βόρεια την δελταϊκή πεδιάδα είναι αυτό που προκαλεί την εμφάνιση μικροσεισμών στην ευρύτερη περιοχή και που επηρεάζει τον τεκτονισμό της. Όλα τα παραπάνω επιβεβαιώθηκαν από την ολοκλήρωση της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης, που αποτέλεσε βασικό εργαλείο στην παρατήρηση του όγκου και της κατανομής των δελταϊκών ιζημάτων στα δύο τμήματα που δημιουργήθηκαν, στην ομοιομορφία της ακτογραμμής καθώς και στη διαμόρφωση της υποθαλάσσιας κλιτύος.

Λέξεις κλειδιά: Ποσοτική μορφομετρική ανάλυση, Δελταϊκό ριπίδιο, Τρανόρεμα, Σ.Γ.Π.

Abstract

This thesis deals with the quantitative morphometric analysis of the fan delta that developed at the mouth of the Tranorema stream, in the southwestern part of Fokida Prefecture, in Central Greece. In the context of this work, the geology of the wider fan delta area was studied, such as lithological formations, hydrogeological characteristics, tectonics and seismicity. Subsequently, in order to perform the quantitative morphometric analysis of the fan delta using the relevant methodology, ArcGIS 10.4 software was used, which applied to calculate the morphometric parameters analyzed and to design the area maps. The main objective of this analysis was to estimate the volume distribution of the deltaic sediments and the characteristics of the deltaic protrusion in order to extract conclusions about the dynamic processes along the deltaic front.

More specifically, it is a fan delta that is fed by a seasonal stream in tectonic elevation. It is a shelf-type shallow water fan delta with hollow sub-aqueous slopes dominated by wave activity and coastal currents. The majority of the area is covered by forests and permanent crops while urban development has been constructed to the east. It has steep slopes and durable lithological formations in the Olonos-Pindos Zone, with the largest concentrations of the protrusion being occupied by limestone, flysch and deltaic deposits. Furthermore, the fault that borders the northern deltaic plain is the one that contributes to the appearance of small earthquakes in the wider area and which affects its tectonics. All of the above was confirmed by the completion of quantitative morphometric analysis, which was a key tool in observing the volume and distribution of Deltaic sediments in the two segments created, the uniformity of the coastline and the formation of the subaqueous slope.

Keywords: Quantitative morphometric analysis, Fan delta, Tranorema, G.I.S.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Αδρομερές υλικό της ακτής του δελταϊκού ριπιδίου.....	31
Εικόνα 2: Δενδριτικός (a) και Παράλληλος (b) τύπος υδρογραφικού δικτύου.....	33
Εικόνα 3: Κανονικό ρήγμα.....	36
Εικόνα 4: Ρήγμα Μαραθιά.....	38
Εικόνα 5: Σύνολο σεισμικών δονήσεων κατά την περίοδο 2009-2019.....	38
Εικόνα 6: Δορυφορική εικόνα της δυτικής ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου.....	55
Εικόνα 7: Δορυφορική εικόνα της ανατολικής ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου.....	56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Η θέση του Νομού Φωκίδας στην Ελλάδα.....	21
Χάρτης 2: Περιοχή μελέτης ως προς την θέση της στον Νομό Φωκίδας.....	22
Χάρτης 3: Κάλυψη γης με βάση το Corine Land Cover 2018.....	24
Χάρτης 4: Προστατευόμενες περιοχές δικτύου Natura 2000.....	26
Χάρτης 5: Λιθολογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής μελέτης.....	29
Χάρτης 6: Κλίσεις ανάγλυφου.....	31
Χάρτης 7: Ισοϋψείς καμπύλες και υδρογραφικό δίκτυο περιοχής μελέτης.....	32
Χάρτης 8: Λεκάνη απορροής Τρανορέματος.....	33
Χάρτης 9: Τεκτονικές κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών και κυρίαρχες τάσεις.....	35
Χάρτης 10: Ζώνες ανάλυσης στο δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος.....	48

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ονοματολογία του Corine Land Cover.....	43
Πίνακας 2: Άμεσα υπολογίσιμες μορφομετρικές παράμετροι	46
Πίνακας 3: Έμμεσα υπολογίσιμες μορφομετρικές παράμετροι.....	46
Πίνακας 4: Τιμές μορφομετρικών παραμέτρων του δελταϊκού ριπιδίου του Τρανορέματος.....	50
Πίνακας 5: Τιμές μορφομετρικών παραμέτρων δυτικού και ανατολικού τμήματος της δελταϊκής προεξοχής.....	51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Οι παράγοντες και οι διεργασίες που παίζουν ρόλο στην διαμόρφωση των ποτάμιων δέλτα.....	14
Σχήμα 2: Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός δέλτα.....	16
Σχήμα 3: Ταξινόμηση των δέλτα βάσει των τριών διεργασιών διαμόρφωσης τους.....	17
Σχήμα 4: Πρισματικό διάγραμμα ταξινόμησης των δέλτα κατά Orton και Reading.....	18
Σχήμα 5: Τα μορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά των τριών τύπων δελταϊκών ριπιδίων.....	20
Σχήμα 6: Στρωματογραφική στήλη των σχηματισμών της Ζώνης Ωλονού – Πίνδου.....	28
Σχήμα 7: Τμήματα δελταϊκής προεξοχής στην μορφομετρική ανάλυση.....	45
Σχήμα 8: Διάγραμμα αθροιστικού αδιάστατου όγκου (V_j')- αδιάστατης απόστασης (X_j').....	51

Βασικός σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μορφομετρική ανάλυση της δελταϊκής προεξοχής του δελταϊκού ριπιδίου του χειμάρρου Τρανόρεμα, με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα ΣΓΠ και αξιοποιώντας δεδομένα για τα γεωλογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής αλλά και για τις παράκτιες διεργασίες που δρουν στην περιοχή του δελταϊκού μετώπου. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η μελέτη, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης για δελταϊκή προεξοχή που προτάθηκε από τους Wright και Coleman (1975) ώστε να εξαχθούν τα αποτελέσματα, τόσο για τους παράγοντες διαμόρφωσης του ριπιδίου, όσο και για την απόθεση και κατανομή των ποτάμιων ιζημάτων. Αρχικά έγινε η επιλογή της περιοχής εφαρμογής της μεθοδολογίας με κριτήρια που αφορούν τον τύπο του δελταϊκού ριπιδίου και τα χαρακτηριστικά της δελταϊκής προεξοχής. Το δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος έχει όλα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που προσφέρονται για την εφαρμογή της μεθοδολογίας της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης. Είναι ένα δελταϊκό ριπίδιο που έχει διαμορφωθεί από την ποτάμια τροφοδοσία με ίζημα και τη δράση του κυματισμού σε ένα μικροπαλιρροιακό περιβάλλον, όπως είναι ο Κορινθιακός κόλπος. Η δελταϊκή προεξοχή είναι σαφής και σαφώς προσδιορίσιμη.

Η εργασία στην συνέχεια περιλαμβάνει την αναφορά στα γεωλογικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην σημερινή εικόνα του δελταϊκού ριπιδίου. Αναζητήθηκε και αξιοποιήθηκε το διαθέσιμο βιβλιογραφικό υλικό που σχετίζεται με την περιοχή, καθώς επίσης και η μελέτη παρόμοιων ερευνών που σχετίζονται με την μορφομετρική ανάλυση άλλων δελταϊκών προεξοχών, έτσι ώστε να γίνει μια σύγκριση στα αποτελέσματα που εξήχθησαν. Έγινε μια γενικευμένη παρουσίαση της θέσης του δελταϊκού ριπιδίου και των στοιχείων της περιοχής. Δεδομένου ότι το δελταϊκό ριπίδιο αναπτύσσεται στο κατεχόμενο τέμαχος του κανονικού ρήγματος του Μαραθιά, γεγονός που σημαίνει ότι σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωσή του έχει διαδραματίσει ο τεκτονισμός, γίνεται μια γενική αναφορά στα ρήγματα και πιο συγκεκριμένα σε αυτά που αναπτύσσονται στον βόρειο Κορινθιακό Κόλπο.

Αναζητήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν χαρτογραφικά ψηφιακά δεδομένα για την περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου. Δημιουργήθηκε μια ψηφιακή χωρική βάση δεδομένων με σκοπό τόσο την

εκτίμηση των τιμών των μορφομετρικών παραμέτρων, όσο και της παραγωγής χαρτών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις ως υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκαν οι χάρτες που παρέχει το Google Maps. Πριν την παρουσίαση και ανάλυση της περιοχής που μελετάται στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, κρίθηκε αναγκαίο να γίνει μια αναφορά στις έννοιες «δέλτα» και «δελταϊκό ριπίδιο» καθώς η όλη προσέγγιση αφορά ένα δελταϊκό ριπίδιο και συγκεκριμένα αυτό του Τρανορέματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΕΛΤΑ ΚΑΙ ΔΕΛΤΑΪΚΑ ΡΙΠΙΔΙΑ

Ο όρος «δέλτα» εμφανίστηκε αρχικά τον 5^ο αιώνα π.Χ., στην προσπάθεια του Ηρόδοτου να περιγράψει τις γεωμορφές που σχηματίζονται στην παράκτια ζώνη των εκβολών του ποταμού Νείλου. Στην σύγχρονη εποχή, ο όρος χρησιμοποιείται για να χαρακτηριστεί η μορφή απόθεσης φερτών υλικών που προκύπτει στην περιοχή των ποτάμιων εκβολών, όταν ο ρυθμός απόθεσης ιζήματος είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό απομάκρυνσης του από τις θαλάσσιες διεργασίες (παράκτια ρεύματα, κυματισμός, παλίρροιες). Αποτελούν σημαντικό παράγοντα εξέλιξης πολιτισμών ήδη από την αρχαιότητα, καθώς προσέλκυαν την εγκατάσταση μόνιμου πληθυσμού. Πλέον οι δελταϊκές περιοχές αξιοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για γεωργικές, αλιευτικές και τουριστικές δραστηριότητες αφού διαθέτουν πολύ εύφορα εδάφη για καλλιέργεια και αποτελούν ιδιαίτερους χώρους υδροβιότοπων, συγκεντρώνοντας σπάνια ήδη χλωρίδας και πανίδας. Αξίζει να σημειωθεί πως τα δέλτα φαίνεται να εμπεριέχουν τύρφη, ορυκτό άνθρακα και άλλες οργανικές ενώσεις που μπορούν να αποτελέσουν πηγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, ενώ τα κενά που υπάρχουν μεταξύ των ιζημάτων μπορούν να λειτουργήσουν σαν φυσικοί χώροι αποθήκευσης υδρογονανθράκων (Καρύμπαλης, 2010: 143).



Σχήμα 1: Οι παράγοντες και οι διεργασίες που παίζουν ρόλο στην διαμόρφωση των ποτάμιων δέλτα.

Πηγή: Καρύμπαλης, 2010

Οι πλειονότητα των δέλτα βρίσκεται σε ηπειρωτικές περιοχές αφού δεν υπάρχουν παλιρροιακά ρεύματα για να διασκορπίσουν το υλικό που αποτίθεται στην παράκτια ζώνη (Βουβαλίδης, 2011: 89). Σύμφωνα με καταγραφές, η ταχύτητα προέλασης των δέλτα είναι μεγάλη και κυμαίνεται από 3 μέτρα το χρόνο (Νείλος) μέχρι και 60 μέτρα (Μισισσιπής). Στην χώρα μας, τέτοια μορφή προέλασης συναντάται στην Βόρεια Ελλάδα. Ωστόσο είναι σίγουρο πως ούτε όλοι οι ποταμοί έχουν την δυνατότητα να σχηματίσουν δελταϊκή προεξοχή, αλλά ούτε και όλα τα δέλτα μοιάζουν μεταξύ τους (Καρύμπαλης, 2010: 143).

2.1. Διαμόρφωση

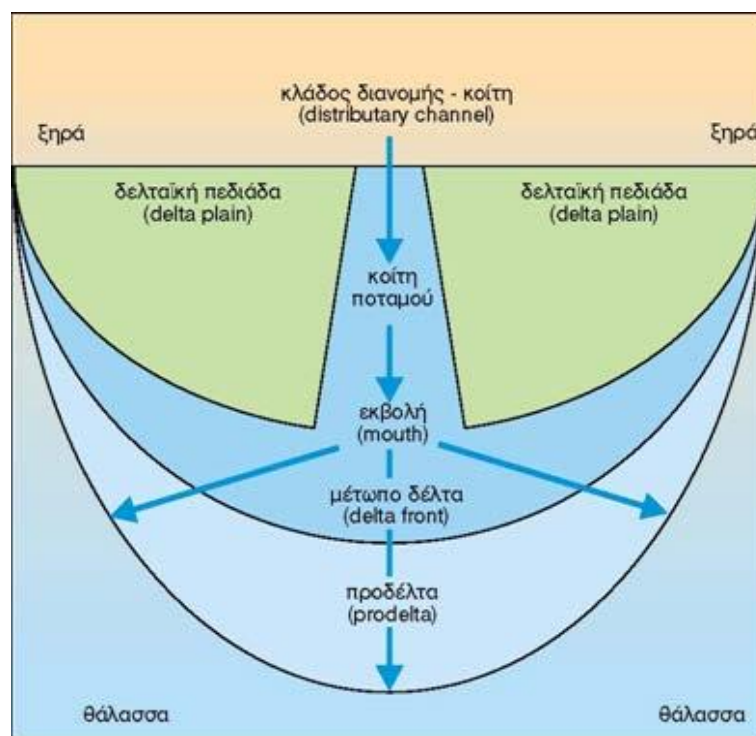
Για την δημιουργία και διαμόρφωση ενός δέλτα, συμβάλλουν πολλοί παράγοντες και πρέπει να πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Αρχικά, είναι απαραίτητη η υψηλή προσφορά ιζήματος από το ποτάμι, κάτι που διαμορφώνεται από τις επικρατούσες συνθήκες της λεκάνης απορροής όπως είναι η μορφή της βλάστησης, οι κλιματολογικές συνθήκες, η τεκτονική καταπόνηση των γεωλογικών σχηματισμών, οι ανθρωπογενείς ενέργειες (για παράδειγμα κατασκευή φραγμάτων) και άλλα (Παυλόπουλος, 2011: 468). Ακόμα, θα πρέπει να υπάρχουν και οι κατάλληλες συνθήκες στην θαλάσσια λεκάνη εκβολής (μικρή κυματική ενέργεια, ευνοϊκά παράκτια ρεύματα, σχετικά μικρό βάθος, περιορισμένο παλιρροιακό εύρος και γεωμετρία κλειστού κόλπου) προκειμένου να καταφέρει το ποτάμι να αποθέσει αρκετό υλικό. Είναι ξεκάθαρο πως τα δέλτα αποτελούν δυναμικά συστήματα και μπορούν να μεταβληθούν από την οποιαδήποτε μεταβολή που μπορεί να προκύψει σε έναν από τους παράγοντες και διεργασίες διαμόρφωσης τους (Καρύμπαλης, 2010: 143).

2.2. Μορφολογία

Μορφολογικά, τα δέλτα χωρίζονται σε δύο μέρη: το επιφανειακό τμήμα και το υποθαλάσσιο. Τα δύο αυτά τμήματα έχουν άνιση έκταση που οφείλεται κυρίως στις θαλάσσιες διεργασίες, που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, και στην υποθαλάσσια μορφολογία. Με βάση τις συνθήκες που επικρατούν στο δέλτα, τα τρία βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του είναι: η δελταϊκή πεδιάδα (delta plain), το μέτωπο του δέλτα (delta front) και το προδέλτα (prodelta) (Καρύμπαλης, 2010: 146).

Αρχικά η *δελταϊκή πεδιάδα* αποτελεί μία ιζηματογενή πλατφόρμα που σκεπάζει την ενεργή ακτογραμμή και επεκτείνεται προς την θάλασσα. Μπορεί να διασχίζεται από μία ή περισσότερες κοίτες διακλαδιζόμενου ή μαιανδρικού τύπου και η κλίση της επιφάνειάς της είναι σχετικά μικρή, με μια μεγαλύτερη κλίση στην περιοχή όπου εισέρχεται υποθαλάσσια. Γύρω από τις κοίτες δημιουργούνται φυσικά αναχώματα τα οποία ενίοτε σε επεισόδια ακραίων παροχών υποχωρούν, και έτσι η πεδιάδα καλύπτεται από νερό πλούσιο σε ιλύ και

άργιλο, λεπτομερή υλικά που αποτίθενται μετά την υποχώρηση των υδάτων δημιουργώντας πολύ εύφορα εδάφη. Με αυτή όμως την διαδικασία προκύπτει συχνά η εγκατάλειψη της κύρια κοίτης και η αλλαγή της ροής του ποταμού με την δημιουργία νέων κοιτών και η δελταϊκή πεδιάδα αποκτά ένα πλήθος παλαιοκοιτών, μάρτυρες της παλαιότερη ροής του ποταμού. Το ανώτερο τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας αποτελεί το ανενεργό τμήμα του δέλτα ενώ το κατώτερο τμήμα της είναι ενεργό αφού επικοινωνεί με το μέτωπο και επηρεάζεται άμεσα από τις θαλάσσιες διεργασίες (Masselink and Hughes, 2003: 145). Το μέτωπο του δέλτα είναι το πιο ενεργό τμήμα του και το πιο ενδιαφέρον από μορφοδυναμικής άποψης αφού σε εκείνο το τμήμα είναι που εντοπίζεται η μοναδικότητα της κάθε δελταϊκής προεξοχής. Το μέτωπο αποτελείται από τις εκβολές, την ακτογραμμή και την περιοχή που εκτείνεται από την ακτογραμμή προς την θάλασσα. Ανάλογα με τις διεργασίες που κυριαρχούν στο δέλτα, το μέτωπο του αναπτύσσει και διαφορετική γεωμετρία. Τέλος, το υποθαλάσσιο τμήμα ενός δέλτα ονομάζεται προδέλτα και αποτελείται από λεπτόκοκκα ιζήματα που αποτίθενται από το υλικό που αιωρείται σε αφθονία μέσα στην θάλασσα ανοιχτά των εκβολών. Δεδομένου ότι βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, δεν επιδρά σε αυτό η κυματική ενέργεια αλλά ούτε και η παλίρροια. Συχνά μπορεί να προκύψουν υποθαλάσσιες μικροκατολισθήσεις και ροές υλικών εξαιτίας της συσσώρευσης μεγάλου όγκου λεπτόκοκκων ιζημάτων. Τέλος, μία πιθανή μικρή σεισμική δόνηση μπορεί να προκαλέσει την αποκόλληση των κλιτύων του πρόδελτα και να οδηγήσει στην εκδήλωση κυμάτων βαρύτητας (tsunami) (Καρύμπαλης, 2010: 146-148).

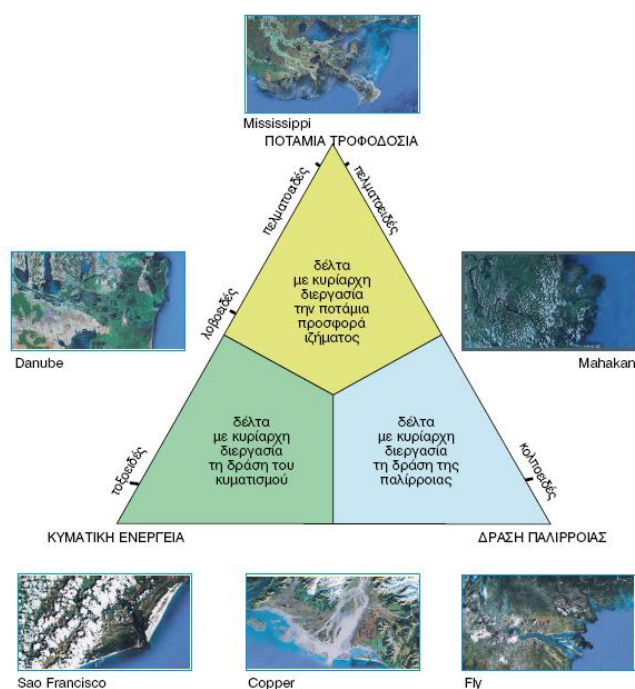


Σχήμα 2: Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός δέλτα. Πηγή: Καρύμπαλης, 2010

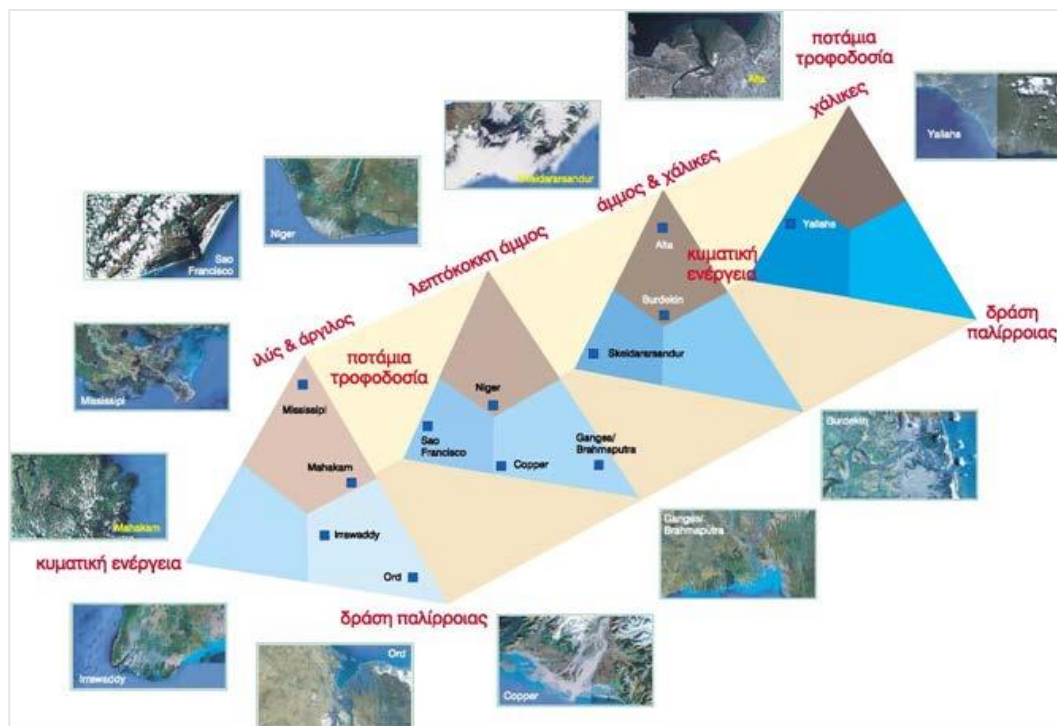
2.3. Ταξινόμηση

Κατά την πάροδο των χρόνων έχουν προταθεί διάφορες μορφές ταξινόμησης των δέλτα, που λαμβάνουν ως κριτήριο το σχήμα τους, την μορφή της ακτογραμμής, τον αριθμό και την μορφή των κοιτών, και άλλα. Ο Galloway το 1975 πρότεινε την ταξινόμηση των δέλτα με βάση την κυρίαρχη διεργασία που διαμορφώνει την δελταϊκή προεξοχή και την μορφή της ακτογραμμής. Παρατηρώντας το σχήμα που βρίσκεται παραπάνω, σε κάθε κορυφή του τριγώνου βρίσκεται η κύρια διεργασία που διαμόρφωσε το δέλτα με κάποια συγκεκριμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά (ποτάμια τροφοδοσία, κυματική ενέργεια, δράση παλίρροιας), ενώ στις πλευρές του απεικονίζονται τα ποτάμια δέλτα με βάση το ποσοστό συμμετοχής της διεργασίας.

Τα **δέλτα που κυριαρχούνται από τις ποτάμιες διεργασίες** έχουν σαν κύριο χαρακτηριστικό την μεγάλη ποσότητα ιζήματος που φτάνει στις εκβολές τους. Τα φυσικά αναχώματα που δημιουργούνται από τα φερτά υλικά εκτείνονται μέσα στην θάλασσα με αποτέλεσμα το δέλτα να θυμίζει πέλμα πτηνού. Στα **δέλτα που έχουν κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τον κυματισμό**, φαίνεται πως το υλικό που μεταφέρεται προς τις εκβολές του ποταμού ανακατανέμεται με την δράση των κυμάτων. Αποτέλεσμα αυτής της δράσης είναι η ομαλή ακτογραμμή ενώ σε περίπτωση που υπάρχει θραύση των κυμάτων παράλληλα αυτής, τότε η κατανομή των ιζημάτων αναπτύσσεται συμμετρικά εκατέρωθεν της εκβολής του ποταμού. Εάν τα κύματα προσεγγίζουν την ακτογραμμή υπό γωνία, τότε η μορφολογία του δέλτα θα είναι ασύμμετρη καθώς τα ιζήματα μεταφέρονται πλευρικά των εκβολών από τα παράκτια ρεύματα. Τέλος, τα **δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης την παλίρροια** εμφανίζουν ανακατανομή του ιζήματος αλλά εξαιτίας της δράσης της παλίρροιας. Η ακτογραμμή αυτών των δέλτα εμφανίζει κόλπους καθώς η παλίρροια δημιουργεί κοίτες μέσω των οποίων κυκλοφορεί το νερό κατά την πλημμυρίδα και την άμπωτη (Καρύμπαλης, 2010: 149-151).



Σχήμα 3: Ταξινόμηση των δέλτα βάσει των τριών διεργασιών διαμόρφωσής τους.
Πηγή: Καρύμπαλης, 2010



Σχήμα 4: Πρισματικό διάγραμμα ταξινόμησης των δέλτα κατά Orton και Reading. Πηγή: Reading and Orton, 1996. Τροποποιημένο από Καρύμπαλης, 2010

Υπάρχει και μία άλλη μορφή ταξινόμησης με βάση την κοκκομετρία των δελταϊκών αποθέσεων και όχι την μορφολογία τους, που προτάθηκε από τους Orton και Reading (1993) και προβάλλεται με την βοήθεια ενός πρίσματος το οποίο στην μία πλευρά είχε την κοκκομετρία με άκρα την ιλύ και τους χάλικες (λεπτόκοκκο σε χονδρόκοκκο) και στις ακμές βρίσκονται οι διεργασίες.

2.4. Γενικά για τα δελταϊκά ριπίδια

Κάτι ανάλογο με τα δέλτα είναι και τα δελταϊκά ριπίδια, τα οποία έχουν σαφώς μικρότερη έκταση σε σχέση με τα δέλτα αλλά μεγαλύτερη μορφολογική κλίση και αποτελούνται από αδρομερή κυρίως ιζήματα. Τα χονδρόκοκκα ιζήματα υποδεικνύουν την ύπαρξη υψηλής ποτάμιας ενέργειας που απαιτείται για την μεταφορά τους προς την ακτή. Όταν ένας υπερφορτωμένος ποταμός εξέρχεται από έναν ορεινό όγκο σε μία περιοχή με μικρότερη κλίση, αποθέτει τα φερτά υλικά εξαιτίας αυτής την διαφοράς κλίσεων.

Το σύστημα τροφοδοσίας των δελταϊκών ριπίδιων αποτελεί την πηγή των ποτάμιων υλικών και κατατάσσεται σε τρία είδη, σύμφωνα τον διαχωρισμό του Postma (1990):

1. **Ποταμοί ή χείμαρροι μεγάλης κλίσης όπου το υδρογραφικό τους δίκτυο αποστραγγίζει σε μία περιοχή με έντονο ανάγλυφο που ανυψώνεται τεκτονικά.** Σε αυτό το είδος τροφοδοσίας, εμφανίζονται συχνά φαινόμενα κατολισθήσεων στις

λεκάνες απορροής αλλά και πλημμύρες που τροφοδοτούν την κοίτη με αδρά υλικά που μεταφέρονται σαν φορτίο κοίτης στο μέτωπο του ριπιδίου έως ακόμα και στην περιοχή του πρόδελτα.

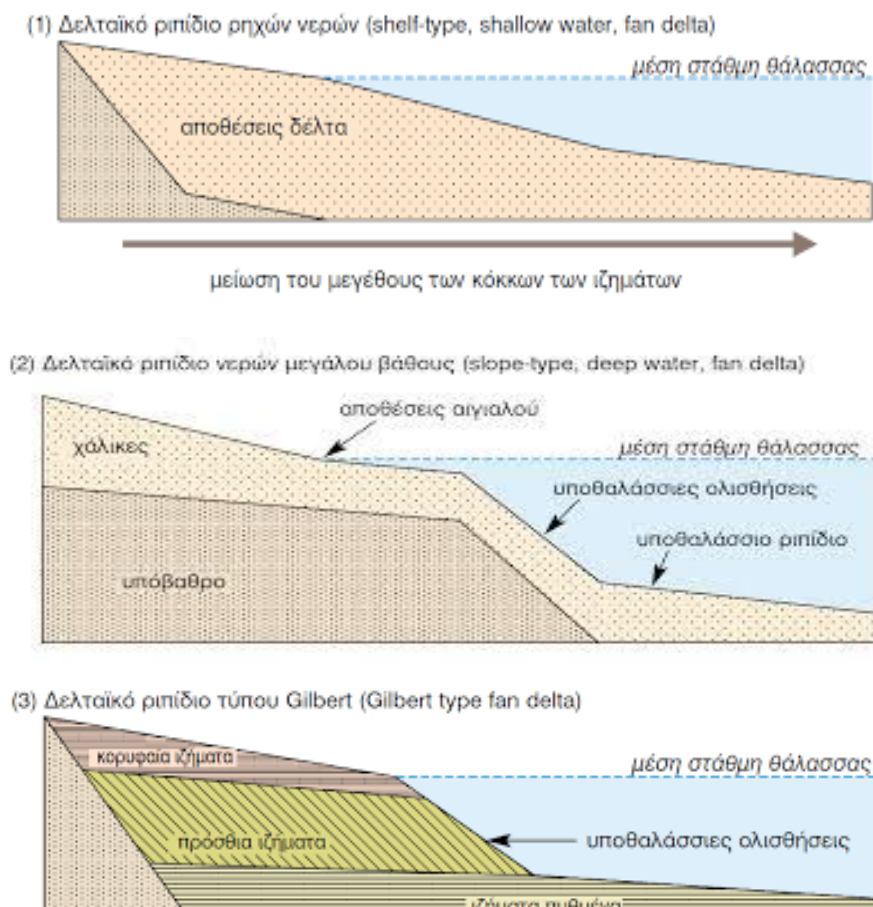
2. **Ποταμοί μεγάλων κλίσεων με διακλαδιζόμενες κοίτες που χωρίζονται μέσω νησίδων αλλουβιακού υλικού.** Εντοπίζονται συνήθως σε παγετώδη περιοχές τεκτονικά ενεργές όπου εξαιτίας της φύσεως της περιοχής το νερό που διαπερνά έχει μεγάλη πυκνότητα. Αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης είναι η υπέρπυκνη ροή που καταφέρνει να μεταφέρει το χονδρόκοκκο ιζημα ακόμα και μέχρι το πρόδελτα.
3. **Ποταμοί με διακλαδιζόμενη κοίτη και ενδιάμεση κλίση που εντοπίζονται σε παγετώδη περιβάλλοντα.** Με εμφανώς μικρότερη ενέργεια σε σχέση με την προηγούμενη μορφή τροφοδοσίας μεταφέρεται λεπτόκοκκο ιζημα σαν φορτίο κοίτης στις εκβολές του ποταμού. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μικρότερης κλίσης που υπάρχει στην περιοχή κατάληξης του ιζήματος.

Μορφολογικά, τα δελταϊκά ριπίδια εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία ως προς τα χαρακτηριστικά τους και αυτό οφείλεται συχνά στον έντονο τεκτονισμό που εντοπίζεται στις εκβολές του ποταμού και λόγω της κλίσης της κοίτης. Έτσι, με κριτήριο την κλίση και το υποθαλάσσιο βάθος της υφαλοκρηπίδας, τα δελταϊκά ριπίδια κατανέμονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. **Δελταϊκά ριπίδια κρηπίδας (ρηχών νερών),** που φτάνουν μέχρι τα 200 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και διαμορφώνονται σε περιοχές με ρηχά ύδατα και με υφαλοκρηπίδα μικρής κλίσης. Το μέτωπο του ριπιδίου κλίνει ομαλά προς την θάλασσα και το πρόδελτα, ενώ τα ιζήματα του μειώνονται σταδιακά από χονδρόκοκκα στην πεδιάδα σε λεπτόκοκκα στο πρόδελτα. Σε περίπτωση που τα νερά στα οποία αναπτύσσεται το ριπίδιο είναι μεγαλύτερου βάθους, στο πρόδελτα αποτίθενται λεπτομερή ιζήματα.
2. **Δελταϊκά ριπίδια κατωφέρειας ή νερών μεγάλου βάθους,** που αναπτύσσονται σε βάθη μεγαλύτερα των 200 μέτρων με μεγάλη μορφολογική κλίση στην περιοχή μεταξύ του δελταϊκού μετώπου και του πρόδελτα. Σε αρκετές περιπτώσεις το δελταϊκό ριπίδιο αποκτά ένα μικρό υποθαλάσσιο ριπίδιο, που τροφοδοτείται από υποθαλάσσιες ροές υλικών του μετώπου, στην βάση της απότομης κλιτύος. Η κλίση της δελταϊκής πεδιάδας

αυτής της κατηγορίας ριπιδίου φαίνεται πως είναι μικρή προς ενδιάμεση και αυτή του δελταϊκού μετώπου αρκετά έντονη, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η κατανομή των φερτών υλικών του ποταμού. Στην δελταϊκή πεδιάδα αποτίθενται χάλικες οι οποίοι προς την θάλασσα μεταπίπτουν σε αποθέσεις αιγιαλού που καταλήγουν στην κορυφή του μετώπου του ριπιδίου.

3. **Δελταϊκά ριπίδια τύπου Gilbert**, που διαθέτουν ιδιαίτερη στρωματογραφία και περιεγράφηκαν για πρώτη φορά από τον Gilbert το 1885. Πιο αναλυτικά, η στρωματογραφική τους διάρθρωση αποτελείται από τις εξής ιζηματολογικές ενότητες: τα πρόσθια στρώματα ιζημάτων (foreset), τα κορυφαία στρώματα ιζημάτων (topset) και τα στρώματα πυθμένα (bottomset). Διαθέτουν απότομη κλίση (μπορεί να φτάσει και τις 35°) σε όλη τους την έκταση, από την πεδιάδα μέχρι και το πρόδελτα, ενώ έχουν την δυνατότητα να διαμορφωθούν σε ρηχά αλλά και σε βαθιά νερά. Τέλος, εξαιτίας αυτής τους της μορφολογίας, στα ριπίδια αυτά εντοπίζονται συχνά φαινόμενα διεργασιών κίνησης υλικών λόγω βαρύτητας (Καρύμπαλης, 2010: 163-166).



Σχήμα 5: Τα μορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά των τριών τύπων δελταϊκών ριπιδίων.

Πηγή: Καρύμπαλης, 2010

3.1. Γενικές πληροφορίες για την ευρύτερη περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου



Χάρτης 1: Η θέση του Νομού Φωκίδας στην Ελλάδα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία όπως ήδη αναφέρθηκε, μελετάται ποσοτικά το δελταϊκό ριπίδιο του χειμάρρου Τρανόρεμα, που βρίσκεται στις βόρειες ακτές του δυτικού Κορινθιακού Κόλπου και πιο συγκεκριμένα στις νοτιοδυτικές ακτές του Νομού Φωκίδας. Ο Νομός Φωκίδας εμφανίζει μια ποικιλομορφία στα μορφολογικά του χαρακτηριστικά, καθώς παρουσιάζει ορεινό και πετρώδες ανάγλυφο σε συνδυασμό με έντονο υδρογραφικό δίκτυο και εκτεταμένες πεδινές εκτάσεις (ελαιώνες) στα ανατολικά. Θεωρείται ένας από τους πιο ορεινούς νομούς της Ελλάδας, καθώς εντός των συνόρων του περιλαμβάνει κάποιους από τους μεγαλύτερους ορεινούς όγκους της χώρας (Βαρδούσια, Γκιώνα, Οίτη, Παρνασσός) ενώ στα κεντρικά του νομού βρίσκεται η τεχνητή λίμνη του Μόρνου και ο μεγαλύτερος ελαιώνας των Βαλκανίων στην Άμφισσα. Ο πληθυσμός του νομού ανέρχεται στους 40.343 κάτοικους σύμφωνα με την απογραφή του 2011 της ΕΛ.ΣΤΑΤ. και διαιρείται σε δύο μεγάλους δήμους έπειτα από την εφαρμογή του Προγράμματος «Καλλικράτης» , τον Δήμο Δελφών και τον Δήμο Δωρίδος, στον οποίο βρίσκεται και το δελταϊκό ριπίδιο που μελετάται και η λεκάνη απορροής του

υδρογραφικού του δικτύου. Ο Δήμος Δωρίδος έχει πληθυσμό 13.627 μόνιμους κατοίκους και διαιρείται σε τέσσερις δημοτικές ενότητες (Βαρδουσίων, Ευπαλίου, Λιδωρικού, Τολοφώνος).



Χάρτης 2: Περιοχή μελέτης ως προς την θέση της στον Νομό Φωκίδας

Στην δελταϊκή πεδιάδα του ριπιδίου βρίσκονται δύο οικισμοί, ανατολικά της κεντρικής κοίτης του Τρανορέματος αυτός του Μαραθιά και δυτικά αυτός του Σκαλώματος, με πληθυσμό 521 και 57 κατοίκους αντίστοιχα που εντάσσονται στην Τοπική Κοινότητα Ευπαλίου (<https://el.wikipedia.org/wiki/>). Το δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος οριοθετείται από την ακτή ($38^{\circ} 23' 23''$ Β, $22^{\circ} 00' 12''$ Α) μέχρι και το σημείο απ' όπου περνάει το οδικό δίκτυο ($38^{\circ} 23' 50''$ Β, $22^{\circ} 00' 23''$ Α), ενώ το υψόμετρο του ξεπερνά τα 20 μέτρα στην κορυφή του (στην έξοδο της κεντρικής κοίτης του χειμάρρου από την λεκάνη απορροής του). Πρόκειται για ένα ριπίδιο σχετικά μικρών μορφολογικών κλίσεων το οποίο έχει διαμορφωθεί από την απόθεση αδρομερών υλικών (κροκάλων και χάλικων) που προήλθαν από τις διεργασίες του Τρανορέματος, χείμαρρο με εποχικό χαρακτήρα που εκβάλλει στον Κορινθιακό κόλπο. Το δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος μορφολογικά ανήκει σε αυτά που έχουν διαμορφωθεί από συνδυασμό προσφοράς υλικού από το υδρογραφικό δίκτυο και αναδιανομή των υλικών αυτών από τον κυματισμό και τα παράκτια ρεύματα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με μια ταξινόμηση που προέκυψε από την μελέτη όλων των ριπιδίων της βόρειας ακτής του

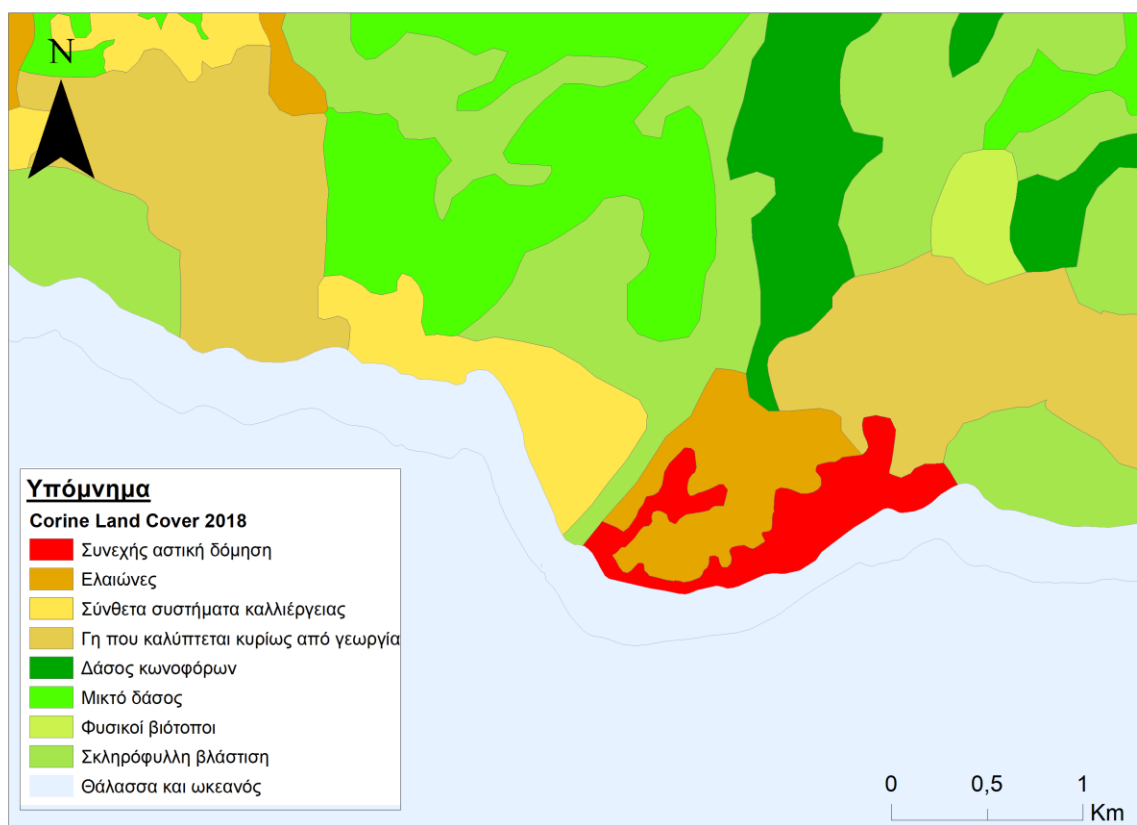
Κορινθιακού κόλπου διαπιστώθηκε ότι με κριτήριο τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά του ριπιδίου και της λεκάνης απορροής ανήκει σε αυτά που έχουν προκύψει από καλά ανεπτυγμένα υδρογραφικά δίκτυα με μεγάλη λεκάνη απορροής (Karymbalis, Gaki-Papanastassiou & Ferentinou, 2010: 134). Σύμφωνα με την ίδια ταξινόμηση τα χαρακτηριστικά του μοιάζουν με εκείνα των ριπιδίων της απέναντι ακτής της Πελοποννήσου. Βασικός λόγος για αυτό είναι ότι η διαμόρφωση και ο σχηματισμός του δελταϊκού ριπιδίου του Τρανορέματος έχει επηρεαστεί από το ενεργό κανονικό ρήγμα του Μαραθιά που ανυψώνει την περιοχή της λεκάνης απορροής και «βυθίζει» την περιοχή του ριπιδίου. Επιπλέον το ρήγμα αυτό έχει προκαλέσει κατολίσθηση στο ανατολικό άκρο του ριπιδίου (η οποία ενεργοποιήθηκε και τη δεκαετία του 1960) διαμορφώνοντας ένα μεγάλης κλίσης μικρότερο ριπίδιο στο ανατολικό άκρο της δελταϊκής πεδιάδας του ριπιδίου που μελετήθηκε (Karymbalis, Gaki-Papanastassiou & Ferentinou, 2010). Πρέπει να διευκρινιστεί ότι η ποσοτική ανάλυση αφορά το ριπίδιο του Τρανορέματος του οποίου η δημιουργία ήταν σταδιακή από την απόθεση των φερτών υλικών του ποταμού χωρίς να συμπεριληφθεί το ριπίδιο που προέκυψε από τα υλικά της κατολίσθησης.

Το δελταϊκό ριπίδιο που μελετήθηκε ποσοτικά έχει ημικυκλικό σχήμα και διαμορφώθηκε από την κυριαρχία ποτάμιων διεργασιών, γεγονός που εξηγείται από την καλά αναπτυγμένη και σαφώς καθορισμένη κοίτη η οποία κυριαρχείται από την παρουσία χονδρόκοκκου υλικού (βότσαλα, κούτσουρα και ογκόλιθοι). Στην άμεση περιοχή των εκβολών φαίνεται η ενεργή περιοχή προέλασης του ριπιδίου.

Ως προς τις κλιματολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής του δέλτα, φαίνεται πως κυριαρχεί το εύκρατο μεσογειακό κλίμα με μέση θερμοκρασία γύρω στους 16° C. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατακρημνισμάτων συμβαίνει τους χειμερινούς μήνες αλλά γενικά φαίνεται πως δεν κατανέμεται ομοιόμορφα κατά την διάρκεια του χρόνου. Η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ των 800 χιλιοστών κοντά στην ακτογραμμή και λίγο περισσότερα από 1.100 χιλιοστά στις βορειότερες περιοχές που διαθέτουν μεγαλύτερο υψόμετρο. Τέλος, παρατηρώντας τον γεωτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας, φαίνεται πως η λεκάνη απορροής του υδρογραφικού δικτύου που δημιούργησε το δελταϊκό ριπίδιο, ανήκει στην Ζώνη Ωλονού – Πίνδου και κυριαρχείται από παρουσία ασβεστόλιθου Ιουρασικού – Σενωνίου και φλύσχη Άνω Κρητιδικού – Ηωκαίνου, όπως εντοπίζεται και στον λιθολογικό χάρτη που παρατίθεται στην συνέχεια της εργασίας.

3.2. Χρήσεις γης και βιοποικιλότητα

Η μελέτη των χρήσεων γης και των ζωνών προστασίας της βιοποικιλότητας πραγματοποιείται στην παρούσα πτυχιακή εργασία με την βοήθεια του λογισμικού ArcGIS και των υποβάθρων Corine Land Cover και Natura 2000 αντίστοιχα. Όσον αφορά το πρώτο, πρόκειται για μια εκτεταμένη βάση δεδομένων που περιλαμβάνει όλους τους τύπου κάλυψης γης χωρισμένους σε 44 κλάσεις, με πιο πρόσφατη την έκδοση του *Corine Land Cover 2018* που παρουσιάζεται και μέσω του παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 3: Κάλυψη γης με βάση το Corine Land Cover 2018

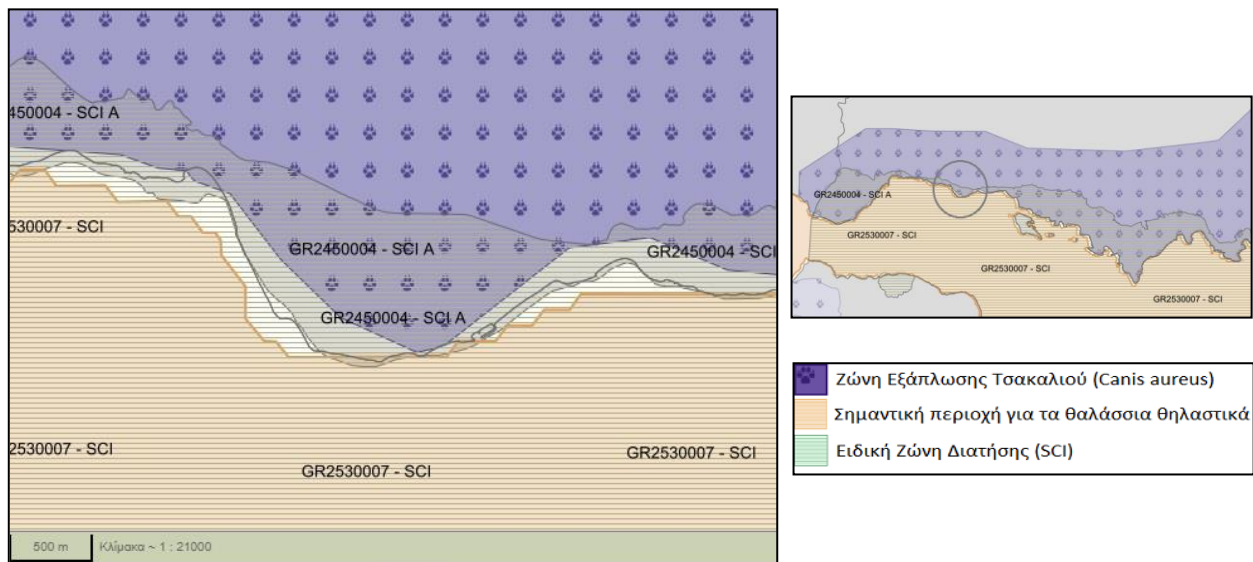
Παρατηρώντας την κατανομή των χρήσεων γης με την βοήθεια του χάρτη φαίνεται πως στην περιοχή κυριαρχούν οι φυσικές δασικές περιοχές και η σκληρόφυλλη βλάστηση, έναντι της τεχνητής αστικής δόμησης που περιορίζεται μόνο στο ανατολικό τμήμα του δελταϊκού ριπιδίου. Αυτό το γεγονός εξηγείται και λόγω του απότομου ανάγλυφου που περιβάλλει το ριπίδιο στα βόρεια όρια του, επιτρέποντας επομένως την ανάπτυξη των δασικών περιοχών. Ακόμα, η περιοχή εντός της δελταϊκής προεξοχής καλύπτεται από μόνιμες καλλιέργειες (όπως είναι οι ελαιώνες) και από σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (κυρίως σπρωφόρα δέντρα) που εκμεταλλεύονται το εύφορο έδαφος του δελταϊκού ριπιδίου, που έχει δημιουργηθεί από την

απόθεση ιζήματος με την πάροδο των χρόνων. Αμέσως μικρότερη έκταση από αυτή που καταλαμβάνουν οι δασικές περιοχές, εμφανίζουν οι επιφάνειες από γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργία στα βορειοδυτικά και βόρεια-βορειοανατολικά της ευρύτερης περιοχής του δελταϊκού ριπιδίου.

Όσον αφορά το δίκτυο *Natura 2000*, πρόκειται για ένα διευρυμένο πανευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο προστασίας οικοσυστημάτων και απειλούμενων με εξαφάνιση ειδών, που αποτελεί θεμέλιο της περιβαλλοντικής πολιτικής στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την διατήρηση του περιβάλλοντος. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών:

1. τις «*Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)*» (Special Protection Areas – SPA) που ασχολούνται με την προστασία της орνιθοπανίδας, σύμφωνα με την οδηγία (79/409/ΕΟΚ) για την διατήρηση των άγριων πτηνών
2. τους «*Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)*» (Sites of Community Importance – SCI) που ορίζονται από την οδηγία (92/43/ΕΟΚ) που αφορά τους οικοτόπους.

Οι Ζώνες Ειδικές Προστασίας, μετά τον εντοπισμό τους από τα Κράτη Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης εντάσσονται αυτομάτως στο δίκτυο *Natura 2000* ενώ αντίθετα οι Τόποι Κοινοτικής Σημασίας ακολουθούν διαφορετική διαδικασία. Εφόσον ολοκληρωθεί η επιστημονική αξιολόγηση από τα Κράτη Μέλη και η διαπραγμάτευση με την Ευρωπαϊκή Ένωση, γίνεται η ένταξη τους. Μετά την οριστικοποίηση του καταλόγου των Τόπων Κοινοτικής Σημασίας τα Κράτη Μέλη είναι υποχρεωμένα να κηρύξουν τις περιοχές αυτές σε «Ειδικές Ζώνες Διατήρησης» (ΕΖΔ) (Special Areas of Conservation – SAC) μέσα στα επόμενα 6 χρόνια. Η Ελλάδα διαθέτει επίσημα 202 Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΦΕΚ 1495/Β/06.09.2010) και 241 Τόπους Κοινοτικής Σημασίας, εκ των οποίων οι 239 χαρακτηρίστηκαν ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΦΕΚ60/Α/31-3-2011) (<https://www.callisto.gr/blog/oi-periohes-natura-2000/>).



Χάρτης 4: Προστατευόμενες περιοχές δικτύου Natura 2000. Πηγή: oikoskopio.gr

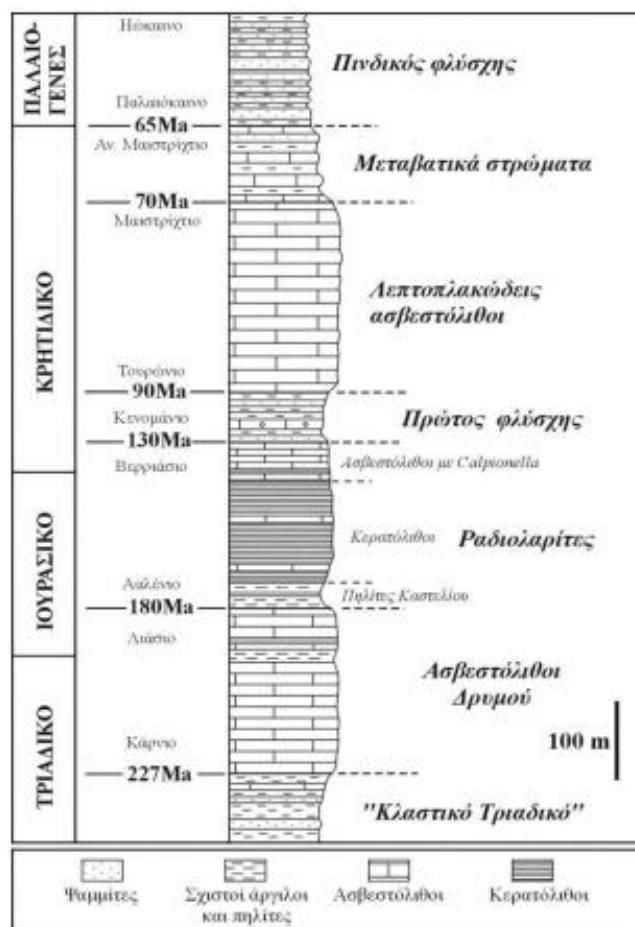
Στον παραπάνω χάρτη παρουσιάζονται οι ζώνες προστασίας που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου μελέτης. Όπως φαίνεται, ο θαλάσσιος χώρος νότια του, ανήκει στον Κορινθιακό Κόλπο, ο οποίος αποτελεί σημαντική περιοχή για την βιοποικιλότητα στοχεύοντας στην προστασία των θαλάσσιων θηλαστικών που ζουν είτε μόνιμα στον κόλπο είτε διέρχονται από αυτόν. Στον Κορινθιακό Κόλπο φιλοξενούνται πληθυσμοί από τέσσερα είδη δελφινιού (ΡΙνοδέλφινιο, Ζωνοδέλφινιο, Κοινό δελφίνι, Σταχτοδέλφινιο), ένα είδος φάλαινας (Πτεροφάλαινα), η φώκια *Monachus monachus* αλλά και χελώνες *Caretta caretta*. Προχωρώντας βορειότερα στην περιοχή, φαίνεται πως όλη η παράκτια ζώνη από την περιοχή της Ναύπακτου (δυτικά του ριπιδίου) μέχρι και την περιοχή της Ιτέας (βορειοανατολικά του ριπιδίου) αποτελεί βιότοπο που χαρακτηρίζεται ως Ειδική ζώνη Διατήρησης (SCI). Καλύπτει έκταση ίση με 109,27 τετραγωνικά χιλιόμετρα και εξαιτίας των πιέσεων της οικιστικής ανάπτυξης διατρέχει τον κίνδυνο της υποβάθμισης του τοπίου και της βλάστησης. Βέβαια πρέπει να αναφερθεί πως η βλάστηση στην περιοχή μελέτης είναι σε αρκετά καλή κατάσταση, με συνδυασμό φυτοκοινοτήτων χαμηλής βλάστησης και διάσπαρτων συστάδων πεύκου και πλατάνου, χωρίς αυτό να αναιρεί όμως την σημαντικότητα της προστασίας της ζώνης από πιθανούς κινδύνους. Τέλος, με έντονο χρώμα στον χάρτη σημειώνεται η ζώνη εξάπλωσης Τσακαλιού, που περιορίζεται σε ελάχιστες περιοχές της Ελλάδας. Υπολογίζεται περίπου ότι ο πληθυσμός του συγκεκριμένου είδους δεν ξεπερνά τα 1.500 άτομα συνολικά και αυτό γιατί την περίοδο μεταξύ του 1974 και 1980 κυνηγήθηκε έντονα στην χώρα. Η περιοχή του Μαραθιά ανήκει στην ζώνη που διαθέτει μέγιστο αριθμό τα 50 άτομα, που ζουν σε διάσπαρτους πληθυσμούς εντός της ζώνης (<https://www.callisto.gr/wildlife/tsakali>).

Μελετώντας την λιθολογία και την τεκτονική δομή μιας περιοχής, δίνεται η δυνατότητα να εντοπιστεί ο τρόπος που επηρεάζουν αυτές την γεωμορφολογία της, την διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου και την στερεοπαροχή του, τον βαθμό διάβρωσης των πετρωμάτων και συνεπώς την εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής που μελετάται. Στην συνέχεια παρατίθενται οι παράγοντες που συντέλεσαν στην διαμόρφωση της δελταϊκού ριπιδίου του Τρανορέματος στην περιοχή του Μαραθιά.

4.1. Γεωλογία

Η ευρύτερη περιοχή στην οποία εντάσσεται το δελταϊκό ριπίδιο που μελετάται ανήκει γεωτεκτονικά στην Ζώνη Ωλονού – Πίνδου, η οποία διακρίθηκε και περιεγράφηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα από τον Philiprson (1898). Η ζώνη καλύπτει ένα μεγάλο τμήμα της χώρας και εκτείνεται προς τον βορρά στην Αλβανία και στις πρώην Γιουγκοσλαβικές χώρες, ενώ διαμέσου της Ρόδου συνεχίζει προς την πλευρά της Μικράς Ασίας και έρχεται σε επαφή με την ζώνη της Antalya. Ως προς την στρωματογραφική δομή της ζώνης υπάρχει μία εναλλαγή ανθρακικών και πυριτικών ιζημάτων βαθιάς θάλασσας με συνολικό πάχος που δεν υπερβαίνει τα 1.050 μέτρα. Η διάρθρωση της ζώνης διακρίνεται στο κατώτερο στρώμα και παλαιότερο σχηματισμό, από το «Κλαστικό Τριαδικό» ηλικίας Μέσου Τριαδικού, που συνίσταται κυρίως από ψαμμίτες με παρεμβολές αργιλικών σχιστόλιθων και πηλιτών, με εσωτερικές ιζηματογενής αποθέσεις τουρβιδικών αποθέσεων. Το πάχος των πετρωμάτων του σχηματισμού δεν υπερβαίνει τα 100 μέτρα. Στο ανώτερο ορίζοντα της ζώνης εντοπίζεται ο «Πινδικός Φλύσχης» ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού – Ηωκαίνου, ο νεότερος σχηματισμός της Ζώνης Ωλονού – Πίνδου που αποτελεί μια κλαστική ακολουθία τουρβιδιτών από εναλλαγή ψαμμίτη, αργίλου και πηλιτών. Ο «Πινδικός Φλύσχης» εμφανίζει διακυμάνσεις στο πάχος του καθώς μπορεί να κυμαίνεται από κάποιες δεκάδες μέτρα στα δυτικά του τμήματα μέχρι και 3 – 4 χιλιόμετρα στα ανατολικά. Σημαντική είναι και η παρουσία των ασβεστόλιθων στην Ζώνη Ωλονού – Πίνδου, που εντοπίζεται σε δύο διαφορετικά στρώματα, στον σχηματισμό «Ασβεστόλιθων Δρυμού» και σε αυτό των «Λεπτοπλακωδών Ασβεστόλιθων». Οι «Ασβεστόλιθοι Δρυμού» αναπτύχθηκαν επί Ανώτερου Τριαδικού – Κατώτερου Ιουρασικού, ενώ το στρώμα αποτελείται από ημιπελαγικούς ασβεστόλιθους με μικρές παρεμβολές

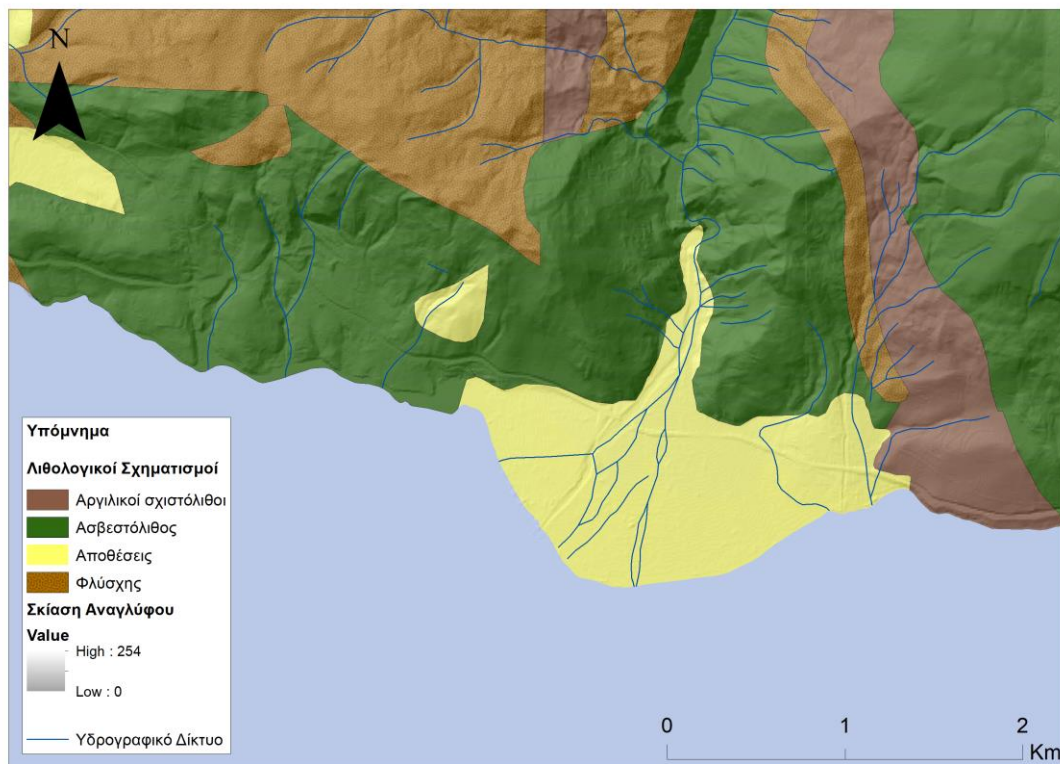
κερατόλιθων και πράσινων πηλινών με μέγιστο πάχος τα 300 μέτρα. Οι «Λεπτοπλακώδεις Ασβεστόλιθοι» είναι ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού και διαθέτει βιομικριτικούς ασβεστόλιθους πελαγικής φάσης με παρεμβολές από στρώματα πυριτόλιθων και μέγιστο πάχος στρώματος τα 400 μέτρα (Κουκουβέλας, 2015). Το δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος ανήκει στην Ζώνη Ωλονού – Πίνδου και εμφανίζει κυρίως ασβεστόλιθους Ιουρασικού – Σενωνίου και φλύσχη Ανώτερου Κρητιδικού – Ηωκαίνου διαμορφώνοντας την λιθολογική δομή που παρουσιάζεται στην συνέχεια (Karymbalis, Gaki-Papanastassiou and Ferentinou, 2010).



Σχήμα 6: Στρωματογραφική στήλη των σχηματισμών της Ζώνης Ωλονού – Πίνδου.
Πηγή: Κουκουβέλας, 2015

4.2.Λιθολογία

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, στην ευρύτερη περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου εντοπίζονται κυρίως ασβεστόλιθοι Ιουρασικού – Σενωνίου και φλύσχη Ανώτερου Κρητιδικού – Ηωκαίνου που χρονολογούνται στον Μεσοζωικό αιώνα. Στον Χάρτη 5 παρουσιάζονται οι λιθολογικοί σχηματισμοί που καταγράφηκαν μετά την γεωλογική χαρτογράφηση του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών σε κλίμακα 1:50.000.



Χάρτης 5: Λιθολογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής μελέτης

Ο ασβεστόλιθος όπως φαίνεται καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα του χάρτη αλλά και της ευρύτερης περιοχής. Αποτελεί ένα ιζηματογενές πέτρωμα, με λεπτούς – μεσοπλακώδεις σχηματισμούς, με κύριο ορυκτολογικό συστατικό τον ασβεστίτη και συνήθως περιέχει διάφορες προσμίξεις ενώσεων αργιλίου, σιδήρου και άλλων υλικών (Μπεάζη-Κατσιώτη, 2015: 106). Στο ασβεστολιθικό πέτρωμα της περιοχής μελέτης εντοπίζεται μεταδιαβάσης στο βόρειο τμήμα του, κερατόλιθοι βορειοδυτικά του και πελαγικοί ασβεστόλιθοι στην περιοχή δυτικά του ριπιδίου. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ασβεστολιθικών πετρωμάτων είναι τα απολιθώματα και οι διαφορετική τους όψη που ποικίλλει ανάλογα με τον χρόνο και τον χώρο που έγινε η ιζηματογένεση. Ακόμα, οι ασβεστόλιθοι εμφανίζουν καρστικά φαινόμενα καθώς είναι ευδιάλυτο πέτρωμα και διαλύεται λόγω της επίδρασης του νερού. Επιπλέον, είναι πέτρωμα που διατηρεί το ανάγλυφο και ευνοεί την ανάπτυξη φαραγγιών και κοιλάδων σχήματος V από την σε βάθος διάβρωση που προκάλεσε η ροή του Τρανορέματος.

Αμέσως μεγαλύτερη επιφάνεια στον λιθολογικό χάρτη της ευρύτερης περιοχής του ριπιδίου, καλύπτει ο φλύσχης, που αντιπροσωπεύει την θαλάσσια ιζηματογενή φάση και αποτελείται από εναλλαγή αδρόκοκου ψαμμίτη, μάργες, κροκαλοπαγή, αργιλικό σχιστόλιθο και ιλυόλιθο (<http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/struct/geotech/terminology.html>). Σχηματίστηκε στην τελευταία

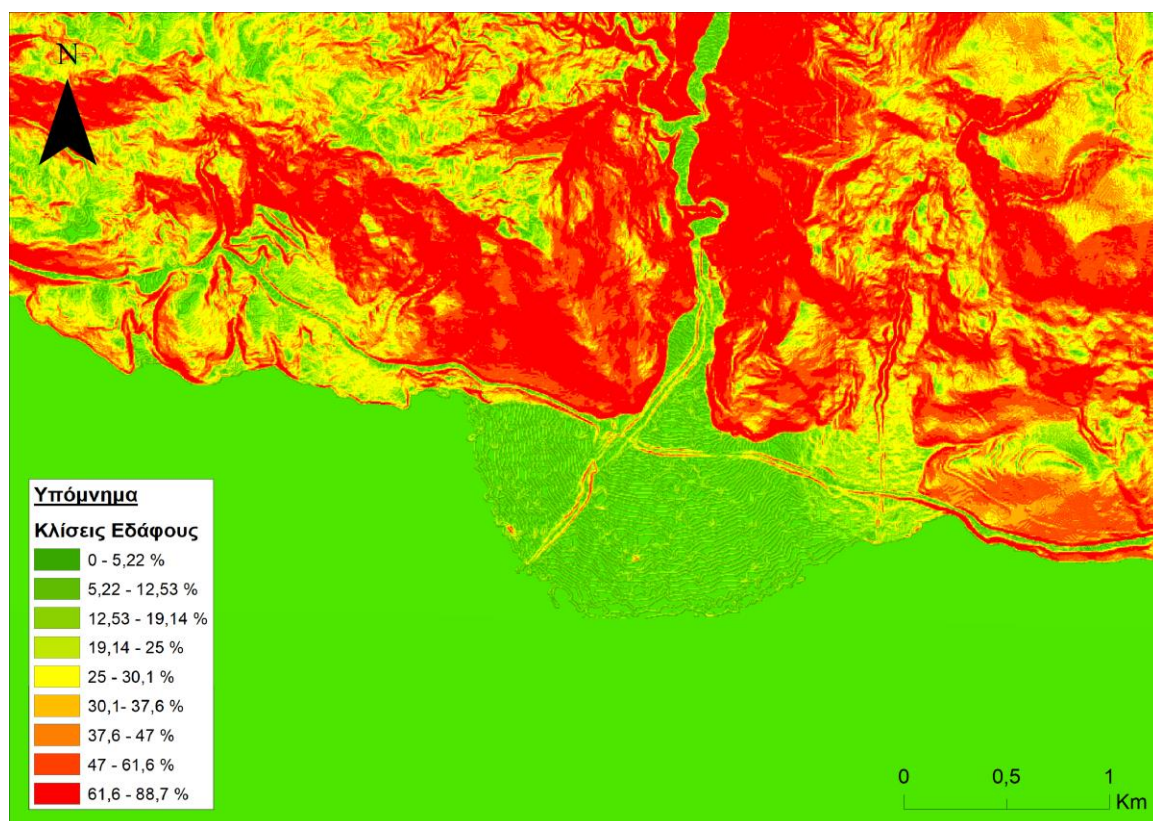
φάση της ορογένεσης, στο τέλος της περιόδου σχηματισμού μεγάλων ορεινών όγκων διαθέτοντας έντονους τεκτονικούς σχηματισμούς και παραμορφώσεις, ενώ αποτελεί χαρακτηριστικό σχηματισμό της Ζώνης Ωλονού – Πίνδου στην οποία ανήκει και το δελταϊκό ριπιδίο του Τρανορέματος. Στην συνέχεια, εντοπίζονται οι αποθέσεις του δελταϊκού ριπιδίου, που έχουν δημιουργηθεί από την απόθεση φερτού υλικού του Τρανορέματος. Σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας περιγράφεται αναλυτικά η διαμόρφωση, η μορφολογία και η ταξινόμηση των δελταϊκών ριπιδίων και τα χαρακτηριστικά αυτών. Η προεξοχή που μελετάται ανήκει στην κατηγορία δελταϊκού ριπιδίου που τροφοδοτείται από χείμαρρο μεγάλης κλίσης όπου το υδρογραφικό τους δίκτυο αποστραγγίζει σε μία περιοχή με έντονο ανάγλυφο που ανυψώνεται τεκτονικά. Καταγράφονται αποθέσεις αδρών υλικών που μεταφέρονται σαν φορτίο κοίτης στο μέτωπο του ριπιδίου ενώ κατά μήκος της σχετικά ομαλής ακτογραμμής αναπτύσσονται αιγιαλοί με αποθέσεις λεπτόκοκκων υλικών (άμμος) αλλά και χονδρόκοκκων (κροκάλες και λατύπες).



Εικόνα 1: Αδρομερές υλικό της ακτής του δελταϊκού ριπιδίου. Πηγή: Καρύμπαλης Ε.

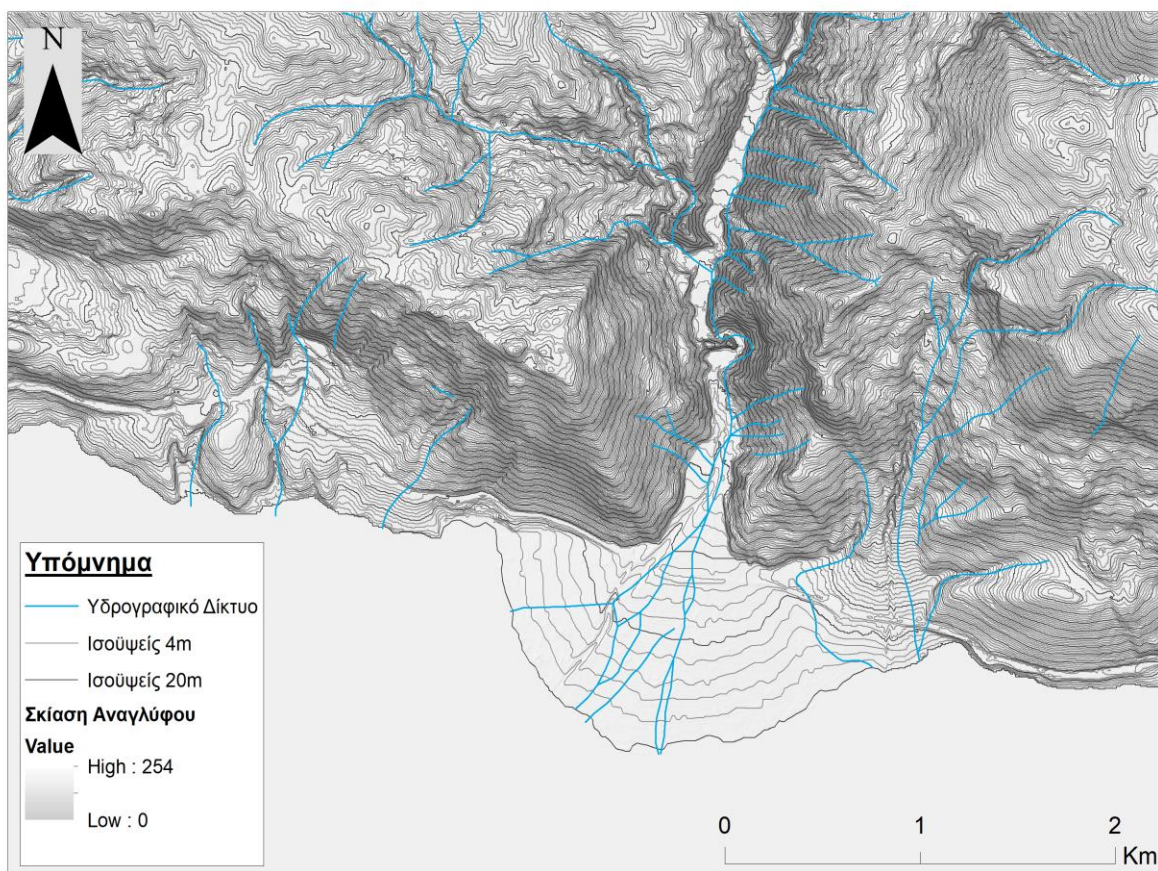
Τέλος, εντοπίζεται μια ζώνη *αργιλικών σχιστόλιθων* που βρίσκεται μεταξύ του ασβεστόλιθου και του φλύσχη, η οποία ανήκει στα κλαστικά ιζήματα. Πρόκειται για σχηματισμό που προκύπτει από την αποσάθρωση πετρωμάτων εξαιτίας φυσικών παραγόντων όπως ο αέρας και το νερό και αποτελείται από ανθεκτικά ορυκτά όπως ο χαλαζίας. Υπάρχει η ταξινόμηση των κόκκων του στρώματος με βάση το μέγεθος τους, από κροκάλες με διάμετρο μεγαλύτερη των 20 χιλιοστών μέχρι και άργιλο του οποίου το μέγεθος είναι μικρότερο από 0,002 χιλιοστά.

4.3. Μορφολογία ανάγλυφου και χαρακτηριστικά υδρογραφικού δικτύου

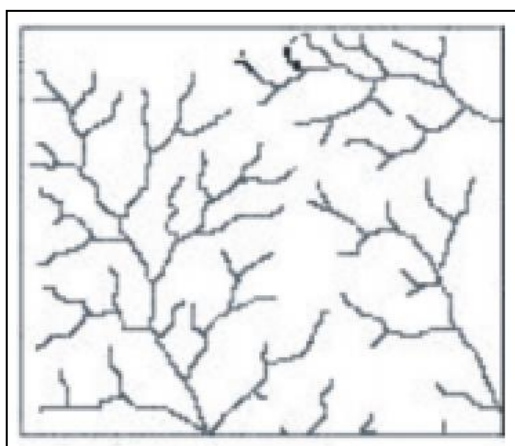


Χάρτης 6: Κλίσεις ανάγλυφου

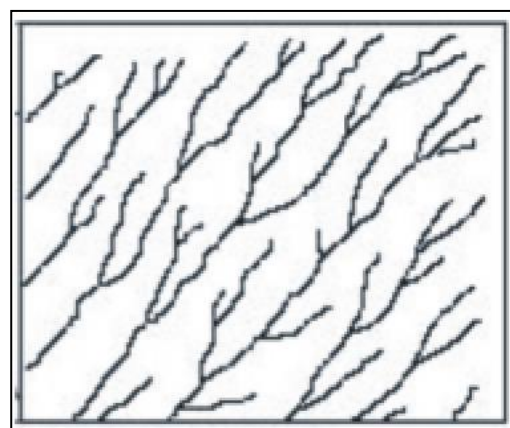
Το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής του ριπιδίου, όπως φαίνεται και από τον παραπάνω χάρτη, είναι αρκετά έντονο ενώ η ευδιάβρωτη φύση των πετρωμάτων από τα οποία αποτελείται διευκολύνει στην αποστράγγιση του από ένα καλά ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο. Μελετώντας τον χάρτη κλίσεων της περιοχής, επιβεβαιώνεται το έντονο ορεινό ανάγλυφο, αφού διακρίνονται κλίσεις πάνω από 47% που φτάνουν μέχρι και 88,7%, στις πλευρές των κοιλάδων του ποταμού. Επιπρόσθετα, στην περιοχή εντός της κοιλάδας σχήματος V και στην δελταϊκή πεδιάδα εμφανίζονται αρκετά ήπιες κλίσεις από 0% έως και 12,53%, ενώ στις επίπεδες επιφάνειες σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 500 μέτρων, εντοπίζονται κλίσεις που φτάνουν μέγιστη τιμή το 25%. Υπάρχουν απότομες κλίσεις στις περιοχές όπου διέρχεται και έχει διαβρώσει κατά βάθος το υδρογραφικό δίκτυο, ενώ σχετικά ομαλές και επίπεδες επιφάνειες εντοπίζονται στην περιοχή της δελταϊκής πεδιάδας και στην επιφάνεια του ορεινού όγκου, σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 500 μέτρων. Κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό όπως φαίνεται και από τον τοπογραφικό χάρτη, αποτελεί η κοιλάδα σχήματος V που διαμόρφωσε το υδρογραφικό δίκτυο και η μικρής κλίσης δελταϊκή πεδιάδα, που είναι αποτέλεσμα απόθεσης των υλικών μεταφοράς του υδρογραφικού δικτύου.



Χάρτης 7: Ισοϋψείς καμπύλες και υδρογραφικό δίκτυο περιοχής μελέτης



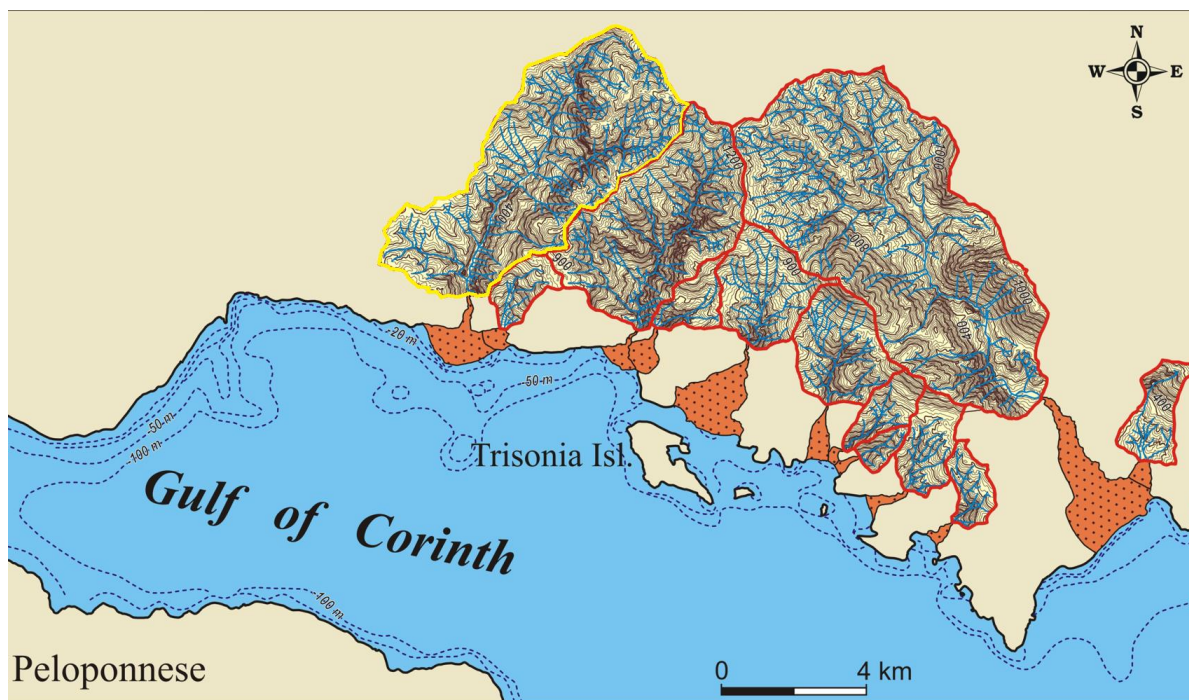
(a)



(b)

Εικόνα 2: Δενδριτικός (a) και Παράλληλος (b) τύπος υδρογραφικού δικτύου. Πηγή: Τσόδουλος, 2017

Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργήθηκε το υδρογραφικό δίκτυο του χειμάρρου της περιοχής οφείλεται σε πολλούς παράγοντες εκ των οποίων οι βασικότεροι είναι οι κλιματολογικές συνθήκες, η δομή και αντοχή των γεωλογικών σχηματισμών, η κλίση του ανάγλυφου, ο χαρακτήρας της λεκάνης απορροής και η μέση ετήσια παροχή. Στην συγκεκριμένη περιοχή, το υδρογραφικό δίκτυο αποτελεί ένα συνδυασμό δενδριτικής και παράλληλης μορφής. Η δενδριτική μορφή προκύπτει από τις ποτάμιες διεργασίες σε περιοχή ομογενών γεωλογικών σχηματισμών χωρίς έντονη γεωλογική δομή ενώ η παράλληλη μορφή εντοπίζεται σε περιοχή έντονων κλίσεων πετρωμάτων όπου επιβάλλεται μία συγκεκριμένη κατεύθυνση ροής. Επομένως, παράλληλος τύπος υδρογραφικού δικτύου συναντάται στις κλιτύες με πολύ απότομη κλίση που υποχρεώνουν την συγκεκριμένη κατεύθυνση, ενώ ο δενδριτικός τύπος εμφανίζεται στις πιο ήπιες κλίσεις των ορεινών όγκων της λεκάνης απορροής (Καρύμπαλης και Τσόδουλος, 2016). Τα κατακρημνίσματα στην περιοχή όπως ήδη αναφέρθηκαν, κυμαίνονται από 800 έως και 1.100 χιλιοστά τον χρόνο και συγκεντρώνονται κυρίως τους χειμερινούς μήνες, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παροχής στις κοίτες του δικτύου στην λεκάνη απορροής αυτήν την περίοδο του έτους. Η λεκάνη απορροής διαθέτει γεωλογικούς σχηματισμούς ευδιάβρωτους όπως ο φλύσχης (0,8% αδρομερή υλικά, 27,1% ασβεστόλιθος, 72,1% φλύσχης) που βοηθούν στην αυξημένη προσφορά φερτών υλικών στις εκβολές με αποτέλεσμα το σχηματισμό του δελταϊκού ριπιδίου.



Χάρτης 8: Λεκάνη απορροής Τρανορέματος (σημειώνεται με κίτρινο χρώμα). Πηγή: Καρύμπαλης Ε.

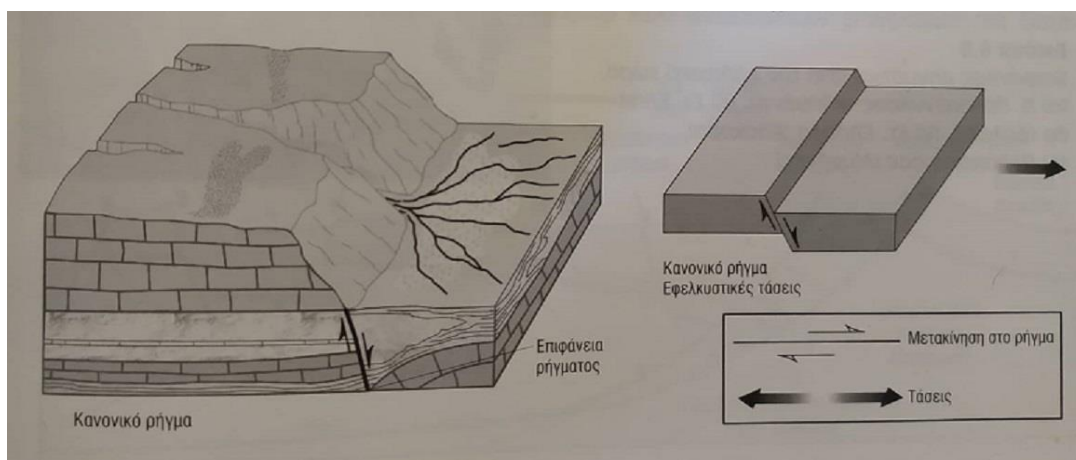
4.4. Τεκτονισμός και Σεισμικότητα

Ο τεκτονισμός και η σεισμικότητας είναι συχνά φαινόμενα στην Ελλάδα καθώς βρίσκεται στην περιοχή σύγκλισης της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας με την Αφρικανική. Εστιάζοντας περισσότερο στην περιοχή μελέτης, φαίνεται να ανήκει σε ρηξιγενή ζώνη της χώρας με τις πιο ενεργές τεκτονικά περιοχές, αφού ο Κορινθιακός Κόλπος είναι από τις περισσότερες τεκτονικά ενεργές δομές του κόσμου. Ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί μια ασύμμετρη τεκτονική τάφρο, που χαρακτηρίζεται από την συνεχή απομάκρυνση του βόρειου τμήματος (Στερεά Ελλάδα) από το νότιο (την Πελοπόννησο), με ετήσιο ρυθμό έως και 15 χιλιοστά (Armijo et al., 1996). Πέραν της ανύψωσης που συμβαίνει στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, εμφανίζεται και μία πληθώρα ρηγμάτων με ένα από αυτά (εκείνο του Μαραθιά) να επηρεάζει και την διαμόρφωση του δελταϊκού ριπιδίου της περιοχής μελέτης.

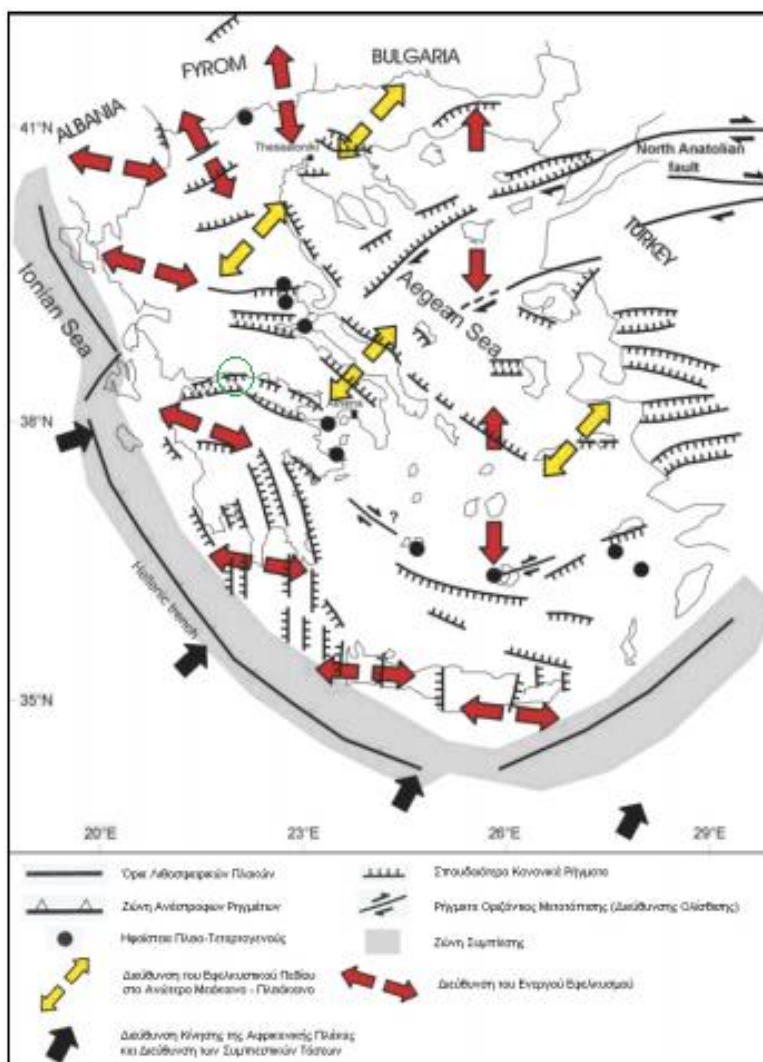
Ρήγμα «ονομάζεται κάθε ρηξιγενής δομή (θραύση, διάρρηξη) των πετρωμάτων εκατέρωθεν της οποίας παρατηρούνται μετακινήσεις των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που παραμορφώνεται» (Παυλόπουλος, 2011: 141). Οι μετατοπίσεις μπορούν να είναι από ελάχιστα εκατοστά ακόμα και μέχρι κάποια χιλιόμετρα ενώ τα ίχνη που αφήνει αυτή η μετατόπιση είναι άλλοτε ευδιάκριτα και άλλοτε είναι αντιληπτά από την μετακίνηση που πραγματοποιείτε στα στρώματα που κόβουν. Το ρήγμα χωρίζει το πέτρωμα σε δύο τμήματα, τα τεκτονικά τεμάχια που μετακινούνται προς την επιφάνεια του ρήγματος πραγματοποιώντας διάφορες κινήσεις. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες με βάση τον τρόπο κίνησης των επιμέρους τμημάτων του σχηματισμού: κανονικά, ανάστροφα και ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης.

Το ρήγμα στην περιοχή μελέτης βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του δελταϊκού ριπιδίου και ουσιαστικά κατεβάζει την δελταϊκή πεδιάδα και ανυψώνει τους ορεινούς όγκους που το περιβάλλουν, και άρα τη λεκάνη απορροής του Τρανορέματος. Ανήκει στην κατηγορία των κανονικών ρηγμάτων, όπου προκαλεί κατακόρυφη μετατόπιση των πετρωμάτων εκατέρωθεν αυτού, και δημιουργήθηκε από την δράση εφελκυστικών τάσεων που επικρατούν στην ευρύτερη ζώνη. Το τμήμα βόρεια του ρήγματος ανυψώνεται εξαιτίας της μετατόπισης των πετρωμάτων ενώ αντίθετα το τμήμα νότια του ρήγματος, που αποτελεί το δελταϊκό ριπίδιο που μελετάται, βυθίζεται. Η ύπαρξη ενός ρήγματος σε μία περιοχή επιδρά σημαντικά στην διαμόρφωση του ανάγλυφου της καθώς δημιουργούνται απότομες πλαγιές και κοιλάδες ενώ επηρεάζεται άμεσα και η διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου, ενισχύοντας την κατά βάθος διάβρωση, γεγονός που εντοπίζεται και στην περιοχή του Τρανορέματος. Επιπλέον,

όπως αναφέρθηκε έχει προκαλέσει κατολίσθηση στο ανατολικό άκρο του ριπιδίου όπου η απόθεση των υλικών της πάνω στην δελταϊκή πεδιάδα έχει διαμορφώσει ένα μικρότερο ριπίδιο κατολίσθησης.



Εικόνα 3: Κανονικό ρήγμα. Πηγή: Παυλόπουλος, 2011



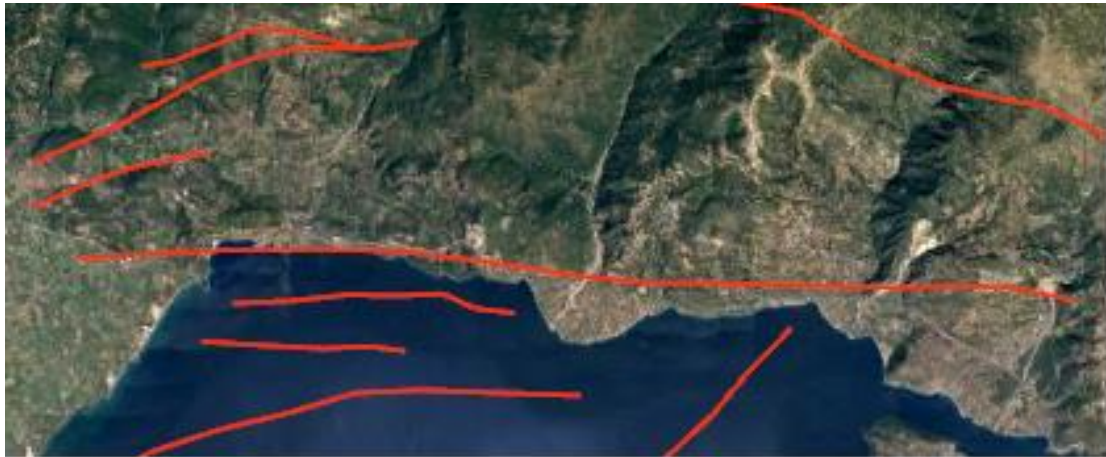
Χάρτης 9: Τεκτονικές κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών και κυρίαρχες τάσεις (ο πράσινος κύκλος δείχνει το ρήγμα του Μαραθιά). Πηγή: eqgeogr.weebly.com/active-faults.html

Οι περιοχές που βρίσκονται κοντά σε ενεργά ρήγματα (μετατόπιση στο διάστημα των τελευταίων 500.000 χρόνων) επηρεάζονται σημαντικά εμφανίζοντας έντονη σεισμική δραστηριότητα. Ο σεισμός αποτελεί ένα γεωδυναμικό φαινόμενο που ορίζεται ως μια «*βίαιη κίνηση του εδάφους μικρής διάρκειας που προκαλείται από διαρρήξεις στο εσωτερικό της γης*» (Καρύμπαλης, 2013) και η μέτρηση του μεγέθους του υπολογίζεται μέσω τριών διαφορετικών κλιμάκων:

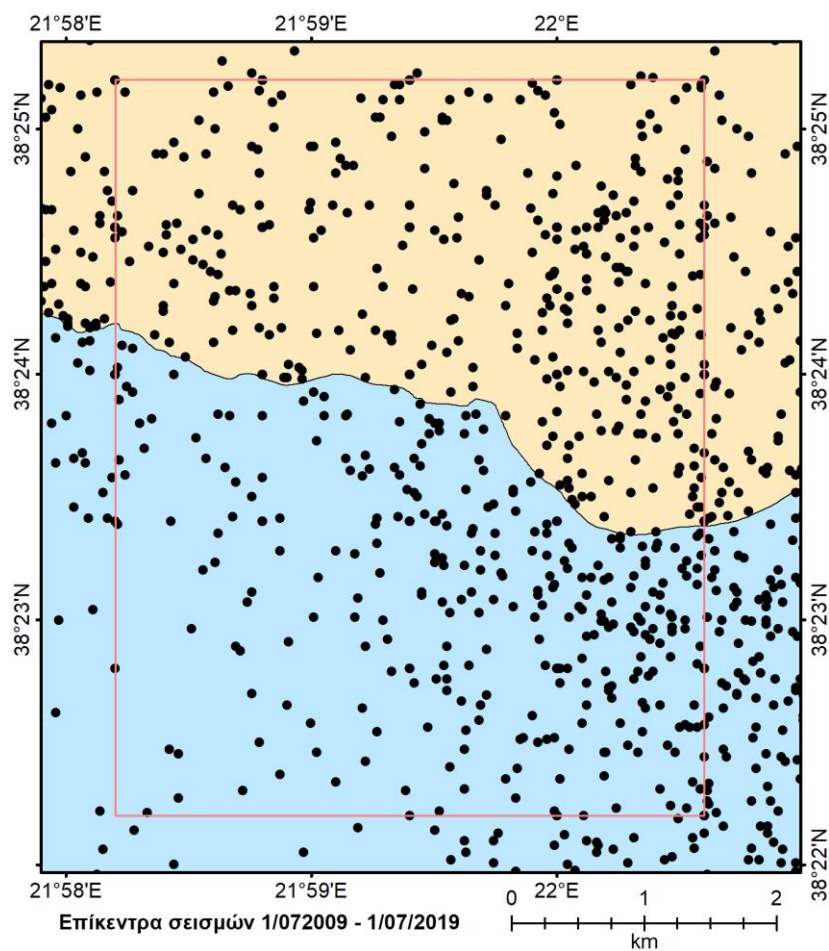
1. Τοπικού μεγέθους Richter (M_L - μέγιστο πλάτος σεισμικών κυμάτων)
2. Επιφανειακού μεγέθους Gutenberg (M_S - πλάτος επιφανειακών κυμάτων)
3. Χωρικού μεγέθους Gutenberg (πλάτος επιμηκών κυμάτων σε μεγάλες αποστάσεις)

Στην περιοχή μελέτης έχουν καταγραφεί επιφανειακοί σεισμοί με εστιακά βάθη που κυμαίνονται από 1 έως και 100 χιλιόμετρα. Για να εντοπιστεί καλύτερα η ένταση των σεισμών, με την βοήθεια των δεδομένων που παρέχει το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου, έγινε η οπτικοποίηση του συνόλου των σεισμικών δονήσεων της τελευταίας δεκαετίας (2009-2019) στην περιοχή του δέλτα, χωρίς να οριστεί κάποιο κριτήριο.

Όπως φαίνεται στον χάρτη, υπάρχει μια πληθώρα σεισμικών δονήσεων που συνέβησαν στην περιοχή γύρω από το δέλτα. Σύμφωνα με τα δεδομένα, τα τελευταία 10 χρόνια συνέβησαν περίπου 1.400 επιφανειακές σεισμικές δονήσεις με εστιακό βάθος μικρότερο των 30 χιλιομέτρων και μέσης έντασης μεταξύ των 2,5 και 4 βαθμών της κλίμακας Richter. Είναι προφανές πως το ρήγμα που βρίσκεται βόρεια του δελταϊκού ριπιδίου αλλά και τα υπόλοιπα ρήγματα που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή, προκαλούν την έντονη σεισμικότητα της περιοχής αλλά και την αναδιαμόρφωση του ανάγλυφου της. Επομένως, είναι πιθανό η ύπαρξη του ρήγματος να επηρέασε και την κατανομή των ιζημάτων στο δελταϊκό ριπίδιο του Μαραθιά.



Εικόνα 4: Το ρήγμα του Μαραθιά. Πηγή: Google Earth Pro, NOA Faults



Εικόνα 5: Σύνολο σεισμικών δονήσεων κατά την περίοδο 2009-2019.

Πηγή: Χαραλαμπάκης Μ., Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Εθνικού
Αστεροσκοπείου Αθηνών

5.1.Χρήση λογισμικών

Με σκοπό τον εντοπισμό της περιοχής και την μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων ήταν αναγκαία η αξιοποίηση εξειδικευμένων λογισμικών και προγραμμάτων που βοηθούν στην πολύπλευρη ανάλυση της περιοχής μελέτης. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το ArcGIS 10.4, το Google Earth και το Microsoft Excel. Με το πρώτο έγινε η συνολική επεξεργασία των δεδομένων της δελταϊκής προεξοχής ενώ με το δεύτερο έγινε η οριοθέτηση της περιοχής και η βασική παρατήρηση των βασικών μορφολογικών στοιχείων. Τέλος, στο πρόγραμμα του Excel εισήχθησαν οι βασικές μετρήσεις της μορφομετρικής ανάλυσης και ο υπολογισμός των παραμέτρων της.

Αρχικά, πρέπει να αναφερθεί πως η συμβολή του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών στην παρούσα εργασία ήταν πολύ σημαντική για την οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων της περιοχής και την εξαγωγή θεματικών χαρτών που βοηθούν στην μελέτη του δελταϊκού ριπιδίου. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται, το Σ.Γ.Π. (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών) αποτελεί ένα «*σύνολο υλικού, λογισμικού και διαδικασιών το οποίο με την κατάλληλη χρήση υποστηρίζει τη συλλογή, διαχείριση, ανάλυση, μοντελοποίηση και παρουσίαση δεδομένων με χωρική αναφορά*» (Χαλκιάς, 2006: 56). Όσον αφορά το λογισμικό ArcGIS, είναι κατασκευή της ESRI που πρωτοκυκλοφόρησε το 1999 και επεξεργάζεται χάρτες και γεωγραφικές πληροφορίες ενώ παρέχεται ανοιχτά στο διαδίκτυο. Αποτέλεσμα της χρήσης του λογισμικού αυτού είναι η εξαγωγή χαρτών και χωρικών δεδομένων με εύκολη κατανόηση από τον χρήστη. Η συγκεκριμένη έκδοση του λογισμικού που έγινε η επεξεργασία της δελταϊκής προεξοχής του Τρανορέματος είναι η 10.4 που δημοσιεύτηκε το 2016.

Μέσω του προγράμματος *Google Earth* εντοπίστηκε η ευρύτερη περιοχή στην οποία εντάσσεται το ριπίδιο του Τρανορέματος με την βοήθεια των δορυφορικών φωτογραφιών και δεδομένων των Σ.Γ.Π. (Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών) που παρέχονται μέσα στο εν λόγω πρόγραμμα. Ακόμα, με την βοήθεια των πληροφοριών του, έγινε ο εντοπισμός της κάλυψης γης ως προς την διαμόρφωση και τον χώρο που καταλαμβάνουν οι οικισμοί στην περιοχή αλλά και οι εκμεταλλεύσιμες γεωργικές εκτάσεις. Πληροφορίες, όπως η μορφολογία,

η γειτνίαση και ο προσανατολισμός της περιοχής μελέτης, ήταν και αυτές εντοπίσιμες από το Google Earth. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί πως το πρόγραμμα αυτό διατίθεται στο κοινό από το 2001 ενώ οι φωτογραφίες χρονολογούνται από το 2004 και έπειτα, με ανάλυση το ένα μέτρο (για τις ευρωπαϊκές χώρες). (https://el.wikipedia.org/wiki/Google_Earth).

Επιπλέον για τους σκοπούς της εργασίας χρησιμοποιήθηκε και το λογισμικό *Microsoft Excel* για την επεξεργασία των δεδομένων (κυρίως του όγκου των ιζημάτων ανά παραλληλόγραμμο του ριπιδίου) της περιοχής. Το πρόγραμμα αυτό έχει ημερομηνία πρώτης έκδοσης το 1987 και διαθέτει εργαλεία για τον υπολογισμό δεδομένων, την εξαγωγή γραφημάτων και λογιστικών φύλλων. Η εφαρμογή του είναι διαδεδομένη και χρησιμοποιείται από εκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως ως το βασικό πρόγραμμα καταχώρησης και υπολογισμού δεδομένων (https://el.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel). Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε η έκδοση του 2016 στην οποία εισήχθησαν οι πληροφορίες για την δελταϊκή προεξοχή, που δημιουργήθηκαν στο ArcGIS, ώστε να υπολογιστούν οι μορφομετρικοί παράμετροι της ανάλυσης.

5.2.Επεξεργασία δεδομένων και εξαγωγή χαρτών

5.2.1. Βασικά επίπεδα

Όπως προαναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, η εισαγωγή των δεδομένων και η εξαγωγή των χαρτών πραγματοποιήθηκε στο λογισμικού ArcGIS. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από διάφορες πηγές και επεξεργάστηκαν με κοινό προβολικό σύστημα αναφοράς, το *Greek Grid (GGRS87)*. Παρακάτω παρατίθενται τα βασικά πρωτογενή δεδομένα που εισήχθησαν στο λογισμικό επεξεργασίας και οι πηγές από όπου προήλθαν.

- 1) **Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM)**: Είναι το βασικό επίπεδο με την επεξεργασία του οποίου έγινε η εξαγωγή χαρτών όπως για παράδειγμα αυτός των ισοϋψών καμπυλών και πηγή του αποτελεί το Εθνικό Κτηματολόγιο.
- 2) **Νόμοι Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.)**: Μέσω του geodata.gov.gr, πηγή ανοιχτών γεωχωρικών δεδομένων της Ελλάδας, επιλέχθηκε το θεματικό επίπεδο που περιέχει την διαίρεση της Ελλάδας σε νομούς, και αποτέλεσε υπόβαθρο για αρκετούς από τους χάρτες που δημιουργήθηκαν.

- 3) **Υδρογραφικό Δίκτυο:** Είναι αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης του τοπογραφικού χάρτη που προήλθε από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού με κλίμακα 1:50.000.
- 4) **Γεωλογία περιοχής:** Ο χάρτης που κατασκευάστηκε περιλαμβάνει τους λιθολογικούς σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής, που εμπεριέχεται η δελταϊκή προεξοχή, με πηγή το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών και κλίμακα 1:50.000.
- 5) **Χρήσεις γης (Corine Land Cover):** Αποτελεί το θεματικό επίπεδο στο οποίο απεικονίζεται η χρήση γης της περιοχής, χωρισμένο σε κατηγορίες (π.χ. αστική δόμηση, αμπελώνες κ.ά.) και πάρθηκε από την ιστοσελίδα Copernicus (για το 2018).
- 6) **Προστατευόμενες περιοχές (Natura 2000):** Στο συγκεκριμένο θεματικό επίπεδο απεικονίζονται οι προστατευόμενες περιοχές που θεσπίστηκαν από το πανευρωπαϊκό δίκτυο προστασίας ειδών και οικοτόπων Natura 2000. Πηγή αποτέλεσε η ιστοσελίδα Οικοσκόπιο.

5.2.2. Εξαγωγή χαρτών

Για την δημιουργία θεματικών χαρτών, ήταν αναγκαίο αρχικά να δημιουργηθεί μία γεωβάση, η οποία έχει «δυνατότητες αποθήκευσης, διαχείρισης και εξόδου δεδομένων» (Χαλκιάς, 2006: 54). Έγινε με την εξής διαδικασία:

Arc Toolbox → Data Management Tools → Workspace → Create File GDB

Για την δημιουργία της σύνθεσης των αεροφωτογραφιών της περιοχής (Μωσαϊκό) ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

Arc Toolbox → Data Management Tools → Raster → Mosaic Dataset → Create Mosaic Dataset

Μετά την απόκτηση του μωσαϊκού, έγινε η δημιουργία του *Χάρτη Σκίασης Ανάγλυφου* (hillshade) που αποτελεί μια «τεχνική σχεδίασης σκιών πάνω στο ανάγλυφο, με στόχο την προσομοίωση του οπτικού αποτελέσματος της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στην γήινη επιφάνεια» (Χαλκιάς, 2006). Με την βοήθεια του χάρτη σκίασης ανάγλυφου έγινε εύκολα αντιληπτή η μορφολογία του εδάφους, με απότομες και μη κλίσεις, καθώς επίσης και η καταβάθος διάβρωση στις κοίτες του υδρογραφικού δικτύου. Για την παραγωγή του χάρτη έγιναν τα παρακάτω βήματα:

Arc Toolbox → Spatial Analyst Tools → Surface → Hillshade

(azimuth: 315, altitude: 45)

Με στόχο την κατασκευή των *Ισοϋψών καμπυλών* ήταν σκόπιμο αρχικά να οριστεί η ισοδιάσταση που θα εξυπηρετούσε την μελέτη των γεωμορφών που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης. Έτσι επιλέχθηκε ισοδιάσταση ανά 4 μέτρα για την βέλτιστη απεικόνιση του ανάγλυφου καθώς επίσης και ανά 20 μέτρα. Για την κατασκευή τους έγιναν τα εξής:

Arc Toolbox → Spatial Analyst Tools → Surface → Contour (input feature: mosaic, contour interval: 4 και 20 αντίστοιχα)

Επόμενο βήμα αποτέλεσε η εισαγωγή του *Υδρογραφικού Δικτύου (Add Data)* και η αποκοπή του στα όρια της περιοχής του δέλτα με την διαδικασία:

Geoprocessing → Clip (input features: υδρογραφικό δίκτυο, clip features: hillshade)

Ακριβώς η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για την εισαγωγή του θεματικού επιπέδου των *Νομών Ο.Κ.Χ.Ε.* και την αποκοπή του στα όρια της περιοχής:

Geoprocessing → Clip (input features: νομοί ΟΚΧΕ, clip features: hillshade)

Στην συνέχεια, κατασκευάστηκε ο *Χάρτης Κλίσεων Γης (slope)* που «απεικονίζει τον ρυθμό μεταβολής της τιμής του υψομέτρου» (Χαλκιάς, 2006) και στην προκειμένη περίπτωση εκφράζεται σε ποσοστό επί τις εκατό (percent rise). Κατασκευάστηκε ως εξής:

Arc Toolbox → Spatial Analyst Tools → Surface → Slope (input features: mosaic, output measurement: percent rise)

Η κατασκευή του *Λιθολογικού χάρτη* έγινε από την εισαγωγή (*Add data*) του θεματικού επιπέδου που περιέχει τους γεωλογικούς σχηματισμούς από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών σε κλίμακα 1:50.000. Το επίπεδο αποτελείται από την ψηφιοποίηση των πολυγώνων των σχηματισμών αυτών, το οποίο μετά πρέπει να αποκοπεί με βάση τα όρια της περιοχής μελέτης. Αυτό θα γίνει ως εξής:

Geoprocessing → Clip (input features: geology, clip features: hillshade)

Ακόμα, αφού εισαχθεί το καινούργιο επίπεδο που κατασκευάστηκε, έγινε η ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών με την βοήθεια του πίνακα περιγραφών του επιπέδου (*Attribute table*):

Δεξί κλικ στο επίπεδο → Open Attribute Table → Table Options → Add field

Επιλέγουμε τους σχηματισμούς που θέλουμε να ομαδοποιήσουμε για την πρώτη ομάδα που δημιουργείται και κάνοντας δεξί κλικ στην καινούργια στήλη επιλέγουμε το *Field Calculator*, δίνοντας της την τιμή 1. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για όσες ομάδες γεωλογικών σχηματισμών θέλουμε να κατασκευάσουμε, με αλλαγή βέβαια της αρίθμησης (π.χ. 2,3,4.. κ.λπ.). Για να βελτιωθεί η οπτικοποίηση και παρατήρηση του επιπέδου, ήταν σκόπιμο να αλλάξει ο συμβολισμός της κάθε ομάδας γεωλογικών σχηματισμών με βάση την λιθολογία. Η διαδικασία ήταν η παρακάτω:

Δεξί κλικ στο επίπεδο → Properties → Symbolology → Categories → Unique values → value field → επιλογή νέας στήλης → αλλαγή συμβόλου για κάθε νέα ομάδα

Τέλος, για την καλύτερη παρουσίαση των λιθολογικών σχηματισμών, δημιουργήθηκε ένα καινούργιο επίπεδο που αποτελούσε την ένωση των γειτονικών ασβεστόλιθων χωρίς εσωτερικά σύνορα: *Δεξί κλικ στο επίπεδο → επιλογή των ασβεστόλιθων από την ομάδα → Geoprocessing → Dissolve* (input features: λιθολογικοί σχηματισμοί)

Ο *Χάρτης Χρήσεων Γης* δημιουργήθηκε από την εισαγωγή του θεματικού επιπέδου που απεικονίζει την κάλυψη της γης, ενώ ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με παραπάνω, έγινε η αποκοπή της επιθυμητής περιοχής στα όρια μελέτης και η οπτικοποίηση των τύπων κάλυψης με βάση το υπόμνημα που παρέχει το *Corine Land Cover*.

Για την κατασκευή του *Χάρτη Προστατευόμενων Περιοχών Natura 2000* εισήχθη στο ArcGIS το θεματικό επίπεδο που απεικονίζει τις ζώνες προστατευόμενων περιοχών και έγινε η αποκοπή της στα επιθυμητά όρια με βάση την διαδικασία που αναφέρεται και στα προηγούμενα στάδια. Ακόμα, έγινε η επιλογή του συμβόλου για κάθε τύπο ζώνης με βάση το υπόμνημα που παρέχει το *Οίκοςκορίο.gr*, ενώ απεικονίζεται ακόμα και η ζώνη εξάπλωσης τσακαλιού στην περιοχή.

Τέλος, έγινε συμπληρωματικά η αποτύπωση της *σεισμικότητας* της περιοχής με την βοήθεια της βάσης δεδομένων που διαθέτει το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Πιο συγκεκριμένα, έγινε η επιλογή της χρονικής περιόδου που επιθυμούμε να εντοπίσουμε την σεισμικότητα (από 01/07/2009 έως 01/07/2019). Έπειτα, ορίστηκε η περιοχή ενδιαφέροντος μέσω της επιλογής δύο σημείων στον χάρτη και την δημιουργία ενός ορθογωνίου εντός του οποίου εμφανίζονται τα αποτελέσματα (Γ. Πλάτος: 38.3760 - 38.4103, Γ. Μήκος: 21.9725 - 22.0388). Το εστιακό βάθος των σεισμικών δονήσεων περιορίστηκε από 0

έως και 100 μέτρα κάτω από το έδαφος ενώ το τοπικό μέγεθος από 0 έως και 5 βαθμούς της κλίμακας Richter και η απεικόνιση των σεισμικών επικέντρων έγινε μέσω του προγράμματος ArcGIS.



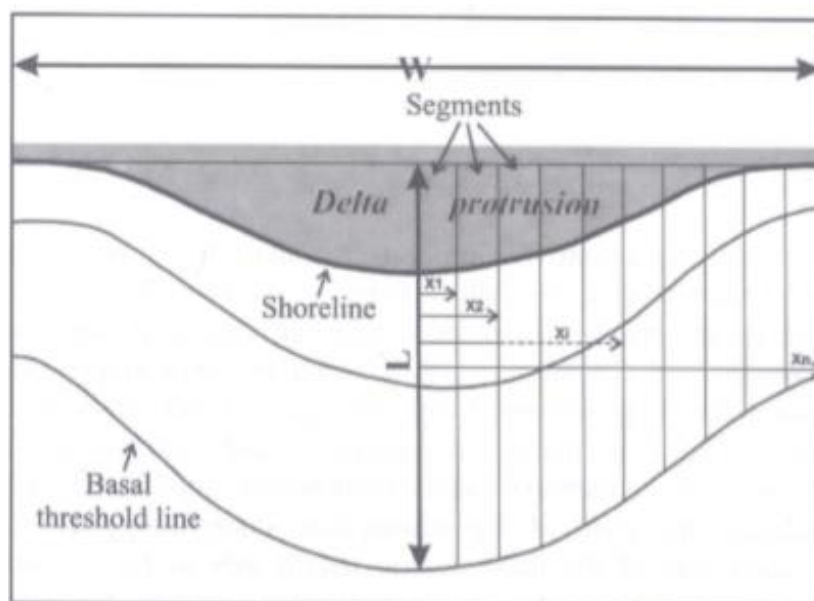
Εικόνα 6: Ονοματολογία των κλάσεων του Corine Land Cover. Πηγή: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή το βασικό αντικείμενο της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι η ποσοτική μορφομετρική ανάλυση της δελταϊκής προεξοχής του ριπιδίου του Τρανορέματος. Πρόκειται για μια ιδιαίτερη μέθοδο περιγραφής και ανάλυσης των χαρακτηριστικών του δελταϊκού ριπιδίου μέσω της χρήσης συγκεκριμένης μεθοδολογίας για τον υπολογισμό των μορφομετρικών παραμέτρων. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην μορφομετρική ανάλυση προέρχονται από φωτογραφίες, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες καθώς επίσης και από τοπογραφικούς χάρτες με ισοϋψείς καμπύλες. Ακόμα, για την πιο λεπτομερή εξέταση μιας περιοχής θα ήταν χρήσιμες υπαίθριες μετρήσεις που θα λειτουργούσαν συμπληρωματικά στην αποτύπωση της στρωματογραφίας των ιζημάτων (Παπαπέτρου-Ζαμάνη, 1995: 24). Για την ανάλυση του δελταϊκού ριπιδίου του Τρανορέματος, έγινε η απεικόνιση και επεξεργασία της περιοχής μέσω του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) από τις τεχνικές των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Τέλος, μέσω υπολογιστικών φύλλων έγινε η καταγραφή των δεδομένων του δέλτα και ο υπολογισμός των μορφομετρικών παραμέτρων που ολοκληρώνουν την μελέτη της δελταϊκής προεξοχής.

6.1. Στοιχεία για την μορφομετρική ανάλυση

Η μορφομετρική ανάλυση των δελταϊκών προεξοχών προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Wright και Coleman (1973) και παρέχει την ποσοτική περιγραφή της εξέλιξης και του σχηματισμού του δέλτα, με βάση μια τυποποιημένη διαδικασία που προσαρμόζεται κάθε φορά στις ιδιαιτερότητες κάθε δελταϊκής προεξοχής. Η μορφομετρία των δέλτα επικεντρώνεται στην επιφανειακή και στην υποθαλάσσια ιζηματογενή περιοχή της δελταϊκής προεξοχής και αποτελεί την συσχέτιση της δράσης των ποτάμιων και των θαλάσσιων διεργασιών στην γεωμορφολογία του ριπιδίου με έναν ποσοτικό τρόπο. Με βάση την δομή της προεξοχής και τα στοιχεία που την αποτελούν, προκύπτει ο υπολογισμός και των μορφομετρικών παραμέτρων της ανάλυσης. Προσφέρει σημαντικά στοιχεία για την εσωτερική διαμόρφωση του δέλτα, την κατανομή των ιζημάτων στην προεξοχή, την μορφή της ακτογραμμής και του πρόδελτα καθώς και τις συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή (στερεοπαροχή του χειμάρρου, θαλάσσια δυναμική και άλλα) και συντέλεσαν στην τελική διαμόρφωση του δελταϊκού ριπιδίου. Επομένως, η μορφομετρία εστιάζει κυρίως στα βασικά χαρακτηριστικά της προεξοχής λαμβάνοντας υπόψιν και το γενικότερο πλαίσιο της

περιοχής για την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Για να πραγματοποιηθεί η μορφομετρική ανάλυση της δελταϊκής προεξοχής, απαιτείται ο σχεδιασμός ενός μοντέλου το οποίο χωρίζει την προεξοχή σε δύο τμήματα, δυτικό και ανατολικό, εκατέρωθεν της κεντρικής κοίτης, καθένα από τα οποία παρουσιάζει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του στα πλαίσια της εξέλιξης του δελταϊκού ριπιδίου. Όσο αφορά την ποσοτική προσέγγιση της μορφομετρικής ανάλυσης, προκύπτουν δύο τύποι μορφομετρικών παραμέτρων που συμμετέχουν στην τελική μορφή και ταξινόμηση του ριπιδίου. Ο πρώτος τύπος μορφομετρικής παραμέτρου είναι οι *άμεσα υπολογίσιμες*, οι οποίες προκύπτουν από την παρατήρηση των παραγόμενων ψηφιακών χαρτών απευθείας από τον ερευνητή. Ο δεύτερος τύπος παραμέτρου είναι οι *έμμεσα υπολογίσιμες*, που υπολογίζονται με την βοήθεια των δεδομένων που διαθέτει το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) της περιοχής το οποίο χρησιμοποιήθηκε. Στον Πίνακα 2 και στον Πίνακα 3 που βρίσκονται στην συνέχεια, παρατίθενται οι άμεσες και οι έμμεσες μορφομετρικές παράμετροι που προκύπτουν καθώς και η περιγραφή τους, ο τύπος με τον οποίο υπολογίζονται και η μονάδα μέτρησης τους. Η συνολική εφαρμογή της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης αλλά και ο υπολογισμός των μορφομετρικών παραμέτρων που προέκυψαν στην συνέχεια, έδωσαν αρκετά ενδιαφέροντα αποτελέσματα, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από άλλες μελέτες αυτής της κατηγορίας που έχουν πραγματοποιηθεί. Στην Ελλάδα, η ποσοτική μορφομετρική ανάλυση έχει εφαρμοστεί για το δέλτα του Νέστου, του Μόρνου, του Εύηνου, του Αχελώου και του Πηνειού, με κάποια από αυτά τα αποτελέσματα να παρατίθενται στη συνέχεια για την σύγκριση των χαρακτηριστικών τους.



Σχήμα 7: Τμήματα δελταϊκής προεξοχής στην μορφομετρική ανάλυση.

Πηγή: Karymbalis, Chalkias and Stournaras, 2007

Συμβολισμός	Περιγραφή Άμεσων παραμέτρων	Μονάδα
W	Μέγιστο πλάτος δελταϊκής προεξοχής	m
L	Μήκος δελταϊκής προεξοχής κάθετα στο πλάτος	m
E	Συνολικό Εμβαδόν δελταϊκής προεξοχής	km ²
Ls	Μήκος ακτογραμμής	km
N	Αριθμός ευθύγραμμων τμημάτων ίδιου πλάτους (διαφέρει για κάθε χρήστη)	αδιάστατο
X	Πλάτος κάθε ευθύγραμμου τμήματος (διαφέρει για κάθε χρήστη)	m
a _s	Εμβαδόν περιοχής μεταξύ της πρώτης ισοβαθούς (-5 m) γύρω από την δελταϊκή προεξοχή και της ακτογραμμής (0 m)	km ²
A _s	Εμβαδόν περιοχής μεταξύ της βασικής οριακής γραμμής (-12 m) και της ακτογραμμής	km ²
z	Κατακόρυφη απόσταση πάνω από την βασική οριακή γραμμή και την ακτογραμμή (απόλυτη διαφορά μεταξύ ισοβαθών -5 και -12 m)	m
Z	Συνολική κατακόρυφη απόσταση από την βασική οριακή γραμμή έως και την ακτογραμμή (απόλυτη τιμή ισοβαθούς βάσης)	m
A _(0-h)	Εμβαδόν περιοχής μεταξύ ακτογραμμής και πρώτης ισούψους	m ²

Πίνακας 2: Άμεσα υπολογίσιμες μορφομετρικές παράμετροι

Συμβολισμός	Περιγραφή Έμμεσων παραμέτρων	Τύπος	Μονάδα
R _p	Λόγος που δείχνει την προέκταση της δελταϊκής προεξοχής προς την θάλασσα	$R_p = L / W$	-
R _c	Λόγος που εκφράζει την αντικανονικότητα της ακτογραμμής	$R_c = L_s / W$	-
v _j	Όγκος ιζημάτων σε κάθε τμήμα, βάση του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους	$v_j = \int_{bc}^h adz$	km ³
V _j	Αθροιστικός όγκος ιζημάτων από τον άξονα μέχρι τα επιθυμητά όρια	$V_j = \sum_{j=1}^j V_j$	km ³
V _{j'}	Αθροιστικός αδιάστατος όγκος. Vn ο συνολικός όγκος	$V_j' = V_j / V_n$	-
S _k	Λόγος ασυμμετρίας δελταϊκής προεξοχής (V _{east} / V _{west})	$S_k = V_e / V_w$	-
β _w	Λόγος ασυμμετρίας του δυτικού τμήματος της δελταϊκής προεξοχής	$x_{jw} \text{ για } V_{jw} = V_{jw}' / 2$	-
β _e	Λόγος ασυμμετρίας του ανατολικού τμήματος της δελταϊκής προεξοχής	$x_{je} \text{ για } V_{je} = V_{je}' / 2$	-
B	Αριθμητική έκφραση της διανομής του όγκου ιζημάτων	$B = (\beta_w + \beta_e) / 2$	-
HJ	Υποθαλάσσιο υψομετρικό διάστημα (υποδεικνύει την γενική κλίση και την καμπυλότητα του υποθαλάσσιου δελταϊκού προφίλ)	$Hj = \int_{bc}^0 (as / As) d(z / Z)$	-
R _v	Λόγος τρωτότητας περιοχής εξαιτίας της αύξησης της στάθμης της θάλασσας	$R_v = A_{(0-h)} / A_d$	-

Πίνακας 3: Έμμεσα υπολογίσιμες μορφομετρικές παράμετροι

6.2. Εκτίμηση ποσοτικών μορφομετρικών παραμέτρων

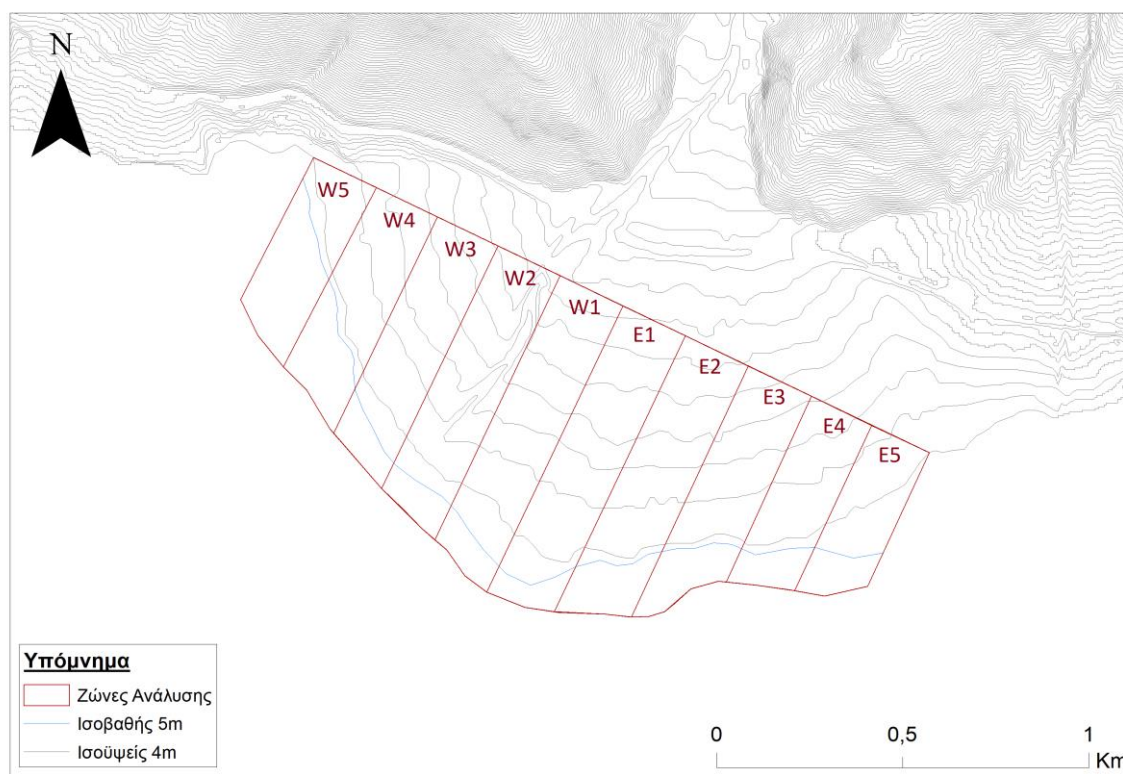
Με στόχο την ποσοτική μορφομετρική ανάλυση της περιοχής που μελετάται, ήταν απαραίτητη η χρήση ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών όπου θα εισαχθεί το υπόβαθρο για την εξαγωγή των μορφομετρικών παραμέτρων. Πιο αναλυτικά, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS, ένας δορυφορικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής, οι γεωλογικοί χάρτες σε κλίμακα 1:50.000 από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Φύλλο 186 και 187) και τα φύλλα «Ναύπακτος» και «Αμυγδαλέα» σε κλίμακα 1:50.000 από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, που απεικονίζουν την περιοχή και βοηθούν στην απόκτηση των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Από την επεξεργασία όλων αυτών των χαρτών κατασκευάστηκαν τα θεματικά επίπεδα που συντελούν στην δημιουργία όλων των ερευνητικών χαρτών της εργασίας καθώς επίσης και στον υπολογισμό των άμεσων και των έμμεσων μορφομετρικών παραμέτρων.

Αρχικά, έπρεπε να οριστεί η δελταϊκή προεξοχή του ριπιδίου. Η δελταϊκή προεξοχή είναι το τμήμα εκείνο της δελταϊκής πεδιάδας που ορίζεται από την ακτογραμμή του ριπιδίου και τον άξονα πλάτους (W) ο οποίος αποτελεί το μέγιστο πλάτος της δελταϊκής πεδιάδας. Ο άξονας πλάτους είναι μια ευθεία γραμμή η οποία ενώνει τα δύο ακραία σημεία της δελταϊκής προεξοχής. Είναι χαρακτηριστικό ότι για το ριπίδιο του Τρανορέματος η χάραξη του πλάτους ήταν εύκολη. Πρέπει να σημειωθεί ότι το ανατολικό άκρο ορίστηκε έτσι ώστε να μην συμπεριλαμβάνει η δελταϊκή προεξοχή το ριπίδιο που έχει προκύψει από την κατολίσθηση για την οποία έγινε λόγος παραπάνω. Το υποθαλάσσιο τμήμα της προεξοχής αποτελεί την υποθαλάσσια συνέχεια της δελταϊκής πεδιάδας και επεκτείνεται προς την θάλασσα σε τέτοιο βάθος έτσι ώστε να προκύπτει μια απότομη κλίση σε αυτήν. Το μήκος της δελταϊκής προεξοχής (L) αποτελεί την μέγιστη απόσταση από το μέσο του πλάτους της προεξοχής, μέχρι την βασική οριακή γραμμή, που είναι η ισοβαθής των 12 μέτρων για αυτό το δελταϊκό ριπίδιο.

Πραγματοποιώντας τις πρώτες μετρήσεις στο πλάτος (W) και στο μήκος (L) της δελταϊκής προεξοχής του Τρανορέματος, ορίστηκαν τα δύο τμήματα της δελταϊκής προεξοχής, δυτικό και ανατολικό. Κάθε ένα από τα δύο τμήματα χωρίστηκε σε 5 τμήματα ίσου πλάτους ($x = 183,8\text{m}$). Συνολικά λοιπόν δημιουργήθηκαν 10 τμήματα ίσου πλάτους που χωρίστηκαν μέσω του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους και βάση του μέγιστου πλάτους της δελταϊκής προεξοχής, στα οποία έγινε ο υπολογισμός της έκτασης που καταλαμβάνουν, του όγκου των ιζημάτων που έχουν κατανεμηθεί σε αυτά καθώς και των μεγεθών που αφορούν την ποσοτική μορφομετρική ανάλυση.

Ο υπολογισμός των άμεσων μορφομετρικών παραμέτρων έγινε απευθείας από τις ζώνες ανάλυσης που κατασκευάστηκαν και είναι το εμβαδόν κάθε ζώνης (α), το πλάτος τους (x), η επιφάνεια μεταξύ της πρώτης ισοβαθούς και της ακτογραμμής (a_s), η επιφάνεια μεταξύ της οριακής γραμμής (ισοβαθής -12m) και της ακτογραμμής (A_s), η απόλυτη διαφορά μεταξύ των δύο ισοβαθών καμπυλών (z) και η απόλυτη τιμή της οριακής ισοβαθούς (Z). Έπειτα, προέκυψε ο υπολογισμός των έμμεσων μορφομετρικών παραμέτρων της προεξοχής που αφορούν τον όγκο ιζημάτων κάθε ζώνης (v_j), τον λόγο ασυμμετρίας της προεξοχής (S_k) και την διανομή της (β_w, β_e, B), την τρωτότητα (R_v), την υποθαλάσσια κλίση και καμπυλότητα (HJ) και τους λόγους προέκτασης (R_p) και αντικανονικότητας (R_c).

Τελευταίο βήμα στην ποσοτική μορφομετρική ανάλυση αποτελεί η απεικόνιση της κατανομής του όγκου των ιζημάτων σε σχέση με την θέση της κάθε ζώνης ανάλυσης στην δελταϊκή προεξοχή. Η απεικόνιση αυτή πραγματοποιείται μέσω της κατασκευής του διαγράμματος αθροιστικού αδιάστατου όγκου ιζημάτων (V_j') και πλάτους κάθε ζώνης ανάλυσης (X_j') από τον κεντρικό άξονα της περιοχής μελέτης. Το παρακάτω διάγραμμα ($V_j' - X_j'$) αποτελεί το βασικό εργαλείο για την ποσοτική μορφομετρική ανάλυση του δελταϊκού ριπιδίου και σε συνδυασμό με την ανάλυση των μορφομετρικών παραμέτρων, ολοκληρώνεται η μελέτη της περιοχής ως προς την διαμόρφωση της μορφολογικά και την κατανομή των φερτών υλικών του υδρογραφικού δικτύου που αποτέθηκαν σε αυτή.



Χάρτης 10: Ζώνες ανάλυσης στο δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑΪΚΟΥ ΡΙΠΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΤΡΑΝΟΡΕΜΑΤΟΣ

Για την ολοκλήρωση της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης είναι σημαντική η αποτύπωση των αποτελεσμάτων για την δελταϊκή προεξοχή του Τρανορέματος. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων και των υπολογισμών για το δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος φαίνονται στους Πίνακες 4 και 5 ενώ στο σχήμα 8 φαίνεται το διάγραμμα αθροιστικού αδιάστατου όγκου ιζημάτων (V_j') και πλάτους κάθε ζώνης ανάλυσης (X_j') από τον κεντρικό άξονα της περιοχής μελέτης. Η κατασκευή του μοντέλου για τον υπολογισμό των στοιχείων της περιοχής είχε ως αποτέλεσμα την υποδιαίρεση της σε δύο τμήματα, δυτικό και ανατολικό, παρουσιάζοντας κοινά στοιχεία αλλά και διαφορές μεταξύ τους. Η επιλογή συγκεκριμένων τιμών για τις ισοβαθής καμπύλες αλλά και ο τρόπος με τον οποίο υπολογίστηκαν οι μορφομετρικές παράμετροι προέκυψαν από την βιβλιογραφία που αναφέρεται στην εφαρμογή της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης σε άλλες δελταϊκές περιοχές της χώρας και της Μεσογείου (Stournaras, 1984). Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί πως ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό κάθε μορφομετρικής παραμέτρου βρίσκεται αναλυτικά στον Πίνακα 3, μαζί με τον συμβολισμό, την περιγραφή και την μονάδα μέτρησης της.

7.1. Λόγος προέκτασης της δελταϊκής προεξοχής προς την θάλασσα (R_p)

Η πρώτη παράμετρος που αναλύεται είναι ο λόγος προέκτασης της δελταϊκής προεξοχής προς την κατεύθυνση της θάλασσας (R_p) και προκύπτει από την διαίρεση του μήκους του άξονα της προεξοχής (L) προς το μέγιστο πλάτος της (W), που για το υπό μελέτη ριπίδιο έχει την τιμή 0,4667. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η χαμηλή τιμή του λόγου υποδηλώνει σχετική κανονικότητα στην δημιουργία της ακτής και επομένως την συνολική διαμόρφωση της δελταϊκής προεξοχής. Η κανονικότητα αυτή της περιοχής μελέτης αποτυπώνεται επίσης και στην διαμόρφωση των δύο τμημάτων της και στην έλλειψη σημαντικών διαφορών μεταξύ τόσο του όγκου των ιζημάτων όσο και των μορφολογικών χαρακτηριστικών, κάτι που επιβεβαιώνεται και στην συνέχεια της εργασίας. Αντίστοιχα, ο λόγος αντικανονικότητας (R_c) έχει την τιμή 0,0014 και υποδηλώνει την έλλειψη διαταραχών στην δελταϊκή περιοχή, και επομένως ομοιομορφία στην μορφολογία του ριπιδίου.

7.2. Δείκτης ασυμμετρίας (S_k)

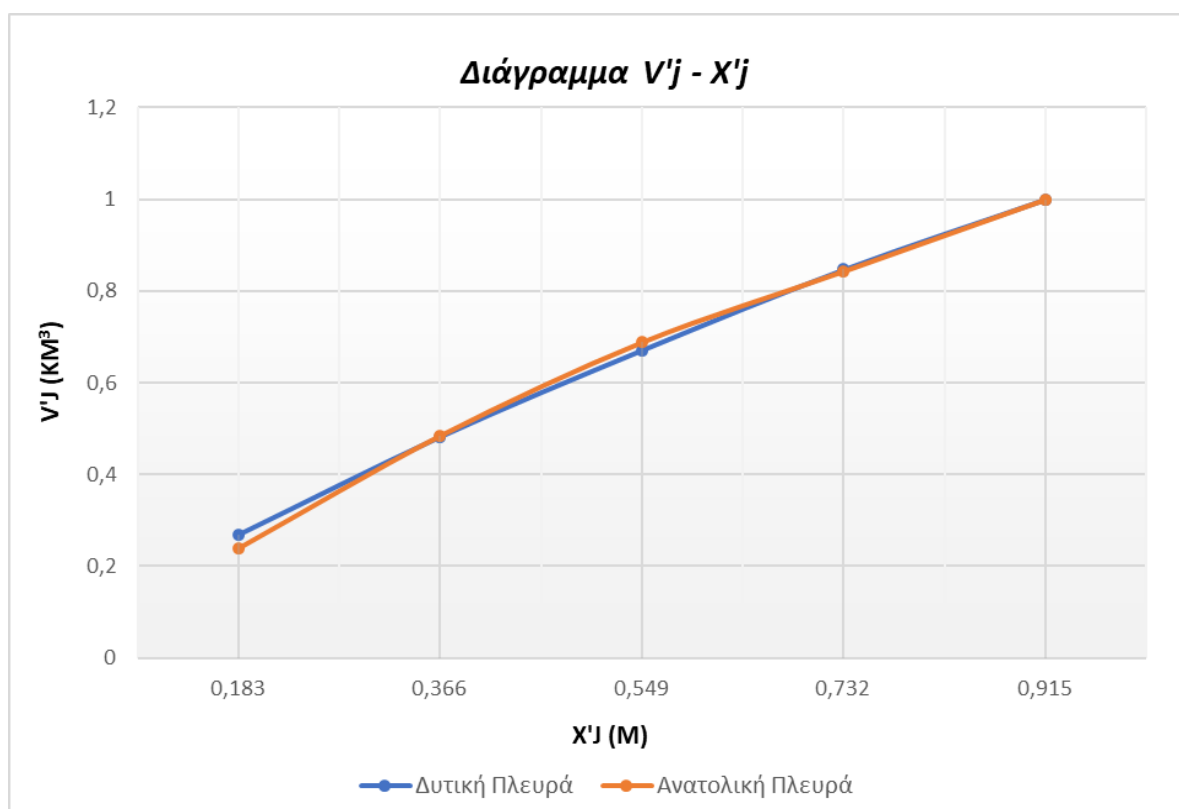
Ο δείκτης ασυμμετρίας (S_k) εκφράζει την ασυμμετρία στην διανομή των ιζημάτων και κατέχει την τιμή 1,10 υποδηλώνοντας πως δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στον συνολικό όγκο ιζήματος του δυτικού και ανατολικού τμήματος της δελταϊκής προεξοχής. Αυτό σημαίνει πως δεν κυριαρχεί έντονη παράκτια δραστηριότητα (κυματισμός ή επιμήκη παράκτια ρεύματα) σε μία μόνο κατεύθυνση αλλά υπάρχει συνολικά ίση διανομή ιζήματος κατά μήκος και των δύο τμημάτων, που οφείλεται στην πρόσφατη εξέλιξη του δελταϊκού ριπιδίου. Βέβαια, το ανατολικό τμήμα της προεξοχής είναι πιο μακριά από την σημερινή κοίτη του χειμάρρου όμως η μεγάλη ποσότητα ιζήματος που βρίσκεται εκεί, προέρχεται από την ύπαρξη παλαιότερων κοιτών που εγκαταλείφθηκαν.

Άμεσες παράμετροι	Τιμή δελταϊκής προεξοχής	Μονάδα Μέτρησης
W	1.838,20	m
L	857,8	m
E	1,2304	km ²
Ls	2,5	km
N	10	αδιάστατο
X	183,8	m
a _s	0,1141	km ²
A _s	0,379	km ²
z	7	m
Z	12	m
A _(o-h)	267,8	m ²
Ad	851	m ²
Έμμεσες παράμετροι		
R _p	0,4667	-
R _c	0,0014	-
V _w	1,4549	km ³
V _e	1,3226	km ³
S _k	1,10	-
β _w	0,3798	-
β _e	0,3777	-
B	0,3788	-
HJ _w	0,1568	-
Hj _e	0,1960	-
HJ	0,1758	-
R _v	0,3147	-

Πίνακας 4: Τιμές μορφομετρικών παραμέτρων για το δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος

Τμήμα	α (km ²)	v_j (km ³)	V_j (km ³)	V_j' (km ³)	x_j (m)	x_j' (m)
Δυτικό (W)						
W1	0,154	0,3467	0,3894	0,267656	183,8	0,183
W2	0,142	0,3116	0,7010	0,48180	367,6	0,366
W3	0,124	0,2746	0,9756	0,67055	551,4	0,549
W4	0,113	0,2565	1,2320	0,846823	735,2	0,732
W5	0,092	0,2229	1,4549	1	919	0,915
Ανατολικό (Ε)						
E1	0,158	0,3158	0,3158	0,238772	183,8	0,183
E2	0,149	0,3251	0,6409	0,484538	367,6	0,366
E3	0,123	0,2694	0,9103	0,688228	551,4	0,549
E4	0,093	0,2053	1,1156	0,843452	735,2	0,732
E5	0,078	0,2071	1,3226	1	919	0,915

Πίνακας 5: Τιμές μορφομετρικών παραμέτρων για το δυτικό και ανατολικό τμήμα της δελταϊκής προεξοχής



Σχήμα 8: Διάγραμμα αθροιστικού αδιάστατου όγκου (V_j') – αδιάστατης απόστασης (X_j')

7.3. Όγκος ιζημάτων (V_j , V_j')

Η διανομή του όγκου των δελταϊκών ιζημάτων πραγματοποιήθηκε και για τα δύο τμήματα της δελταϊκής προεξοχής και αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ποτάμιων και των θαλάσσιων διεργασιών που συμβαίνουν στην περιοχή. Ο όγκος ιζήματος για το δυτικό και το ανατολικό τμήμα παρατίθεται αναλυτικά στον Πίνακα 5 και παρουσιάζεται γραφικά μέσω του διαγράμματος αθροιστικού αδιάστατου όγκου ιζήματος (V_j') και αδιάστατης απόστασης από τον άξονα της προεξοχής (L) (Σχήμα 8). Παρατηρώντας το διάγραμμα, φαίνεται πως τα δύο τμήματα του ριπιδίου έχουν κοινή διαμόρφωση και ομοιότητα στον όγκο των ιζημάτων σε ολόκληρη την έκταση του, με πολύ μικρές αποκλίσεις σε ορισμένα σημεία. Για παράδειγμα, στην απόσταση των 183,8 μέτρων από τον άξονα του μήκους της προεξοχής το δυτικό τμήμα διαθέτει ελάχιστα μεγαλύτερο όγκο ιζήματος σε σχέση με αυτόν του ανατολικού ($W1= 0,2676 \text{ km}^3$, $E1= 0,2387 \text{ km}^3$) καθώς στο δυτικό βρίσκεται η σημερινή κοίτη του χειμάρρου με αποτέλεσμα την πρόσφατη απόθεση φερτού υλικού. Αντίστοιχα, σε απόσταση 549 μέτρων από τον κεντρικό άξονα, το ανατολικό τμήμα εμφανίζει μεγαλύτερη τιμή στον όγκο σε σχέση με το δυτικό, πιθανώς εξαιτίας των εκβολών παλαιότερων κοιτών του υδρογραφικού δικτύου στην συγκεκριμένη ζώνη του τμήματος (E3). Ακόμα, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η σχετικά ευθεία γραμμή του δυτικού τμήματος στο διάγραμμα υποδηλώνει την διαμόρφωση ευθείας ακτογραμμής (Wright and Coleman, 1973) ενώ αντίθετα η λιγότερο ευθεία γραμμή μαρτυρά την ύπαρξη κυρτότητας και οξείας ακτογραμμής σε εμφανώς πιο ενεργή περιοχή με αλλαγές συνθηκών.

7.4. Δείκτης κατανομής ιζημάτων (B , β_w , β_e)

Ο δείκτης κατανομής ιζημάτων (B) λαμβάνει την τιμή 0,3798 για το δυτικό τμήμα της δελταϊκής προεξοχής (β_w) και την τιμή 0,3777 για το ανατολικό τμήμα της (β_e). Σε συσχέτιση με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, οι κοντινές τιμές των τμημάτων εκατέρωθεν του άξονα αντιστοιχούν σε παρόμοιο ρυθμό εξέλιξης των δύο περιοχών του ριπιδίου και ομοιομορφία στην κατανομή των ιζημάτων. Ακολουθώντας τις αρχές της μορφομετρικής ανάλυσης, όταν ο δείκτης κατανομής ($B = 0,3788$) είναι ίσος με 0,5, η ακτογραμμή της προεξοχής είναι ευθεία γραμμή που σημαίνει ότι υπάρχει πλήρης ισορροπία ανάμεσα στον ρυθμό απόθεσης στερεών υλικών και στην δράση των θαλάσσιων διεργασιών που επεμβαίνει στην κατανομή τους. Όταν η τιμή του δείκτη είναι 0, τότε η ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου είναι οξεία και δακτυλιοειδής (Karymbalis, Chalkias & Stournaras, 2007), μορφολογία που δεν εντοπίζεται στην συγκεκριμένη

περιοχή μελέτης. Οι τιμές για τα δύο τμήματα ($\beta_w = 0,3798$, $\beta_e = 0,3777$) δείχνουν πως το δυτικό τμήμα έχει πιο ευθύγραμμη ακτογραμμή σε σχέση με αυτήν του ανατολικού, ενώ το γεγονός ότι και οι δύο τιμές είναι λίγο μικρότερες από το 0,5 σημαίνουν την επάρκεια σε προσφερόμενο υλικό και την σταθερή δράση του κυματισμού και των παράκτιων ρευμάτων. Συγκριτικά με τις τιμές του δείκτη άλλων δελταϊκών περιοχών στην Ελλάδα, πρόκειται για μεγαλύτερες αριθμητικά τιμές στο δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος, αφού για παράδειγμα ο δείκτης κατανομής ιζήματος του Εύηνου ποταμού είναι 0,19 (Karymbalis, Chalkias & Stournaras, 2007), του Αχελώου 0,25 (Φελώνη, Νάστος και Πούλος, 2012) και του Πηνειού 0,27 (Στουρνάρας και Γαλάνη, 1995). Στην διαφορά των παραπάνω τιμών μπορεί να οφείλεται η έλλειψη επάρκειας προσφερόμενου υλικού των ποταμών σε σχέση με το Τρανόρεμα, η ύπαρξη λιγότερο ευδιάβρωτων πετρωμάτων υποβάθρου και λιθολογικών σχηματισμών αλλά και η μεγαλύτερη ενέργεια κυματισμού και παράκτιων ρευμάτων που δημιουργούν δακτυλιοειδής ακτογραμμή.

Στην δελταϊκή προεξοχή του Τρανορέματος επιδρούν παράκτια ρεύματα που αναδιαμορφώνουν την ακτογραμμή και στα δύο τμήματα της προεξοχής. Πρόκειται για επιμήκη παράκτια ρεύματα νοτιοδυτικών και νοτιοανατολικών κατευθύνσεων με τα πρώτα να είναι πιο έντονα στο δυτικό τμήμα και να έχουν ως αποτέλεσμα την εξομάλυνση της ακτογραμμής και την μετατροπή της σε σχεδόν ευθύγραμμη. Σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 1999 και 2007 στον Κορινθιακό Κόλπο, το μέσο ύψος των κυμάτων που προσεγγίζουν την παράκτια περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου του Τρανορέματος είναι 0,2 μέτρα (Karymbalis, Chalkias C., Chalkias G., Grigoropoulou, Manthos and Ferentinou, 2012). Εξαιτίας του προσανατολισμού της προεξοχής, στην ανατολική πλευρά επιδρούν και οι δύο κατευθύνσεις παράκτιων ρευμάτων δημιουργώντας πιο οξεία ακτογραμμή και εμφάνιση ακρωτηρίων από χαλαρά υλικά (cuspsate foreland). Είναι φραγματική γεωμορφή απόθεσης τριγωνικού σχήματος που προεξέχει στη θάλασσα αποτελούμενη από χαλαρά κυρίως υλικά και εντοπίζεται σε περιοχές όπου συναντώνται δύο επιμήκη ρεύματα αντίθετης κατεύθυνσης σε ακτές με μεγάλη τροφοδοσία ιζήματος (Καρύμπαλης, 2010: 227). Τα δυτικά παράκτια ρεύματα είναι πιο δυναμικά σε σχέση με τα ανατολικά και επομένως στα ακρωτήρια του ανατολικού τμήματος του ριπιδίου υπάρχει μετακίνηση στο κατανεμημένο υλικό κατά μήκος της ακτής και παράκτια διάβρωση που επιβεβαιώνεται από την λιμενική υποδομή, καθώς αποτελεί ένα από τα έργα προστασίας των ακτών.

7.5. Ολική υποθαλάσσια υψομετρία (HJ)

Το υποθαλάσσιο προφίλ και η μορφολογία την δελταϊκής προεξοχής υποδεικνύουν την σχέση αλληλεπίδρασης της ποτάμιας παροχής και της κυματικής δραστηριότητας (Wright and Coleman, 1973). Έτσι, η ολική υποθαλάσσια υψομετρία (HJ) εκφράζει το υποθαλάσσιο υψομετρικό διάστημα και γενικότερα την κλίση της κλιτύος του πρόδελτα και την καμπυλότητα της. Έπειτα από τις μετρήσεις του εμβαδού των δύο τμημάτων μέσω του ArcGIS, υπολογίστηκε πως η ολική τιμή του υποθαλάσσιου υψομετρικού ολοκληρώματος είναι 0,1758 ενώ υπολογίστηκαν αντίστοιχα για κάθε τμήμα του ριπιδίου, δυτικό και ανατολικό ($HJ_w = 0,1568$, $HJ_e = 0,1960$). Όταν η τιμή είναι μεγαλύτερη του 0,50 εκφράζει κυρτότητα και αντίθετα όταν είναι μικρότερη του 0,50 υποδηλώνει την κοιλότητα. Στην περίπτωση του ριπιδίου του Τρανορέματος, η τιμή δείχνει κοιλότητα, άρα και μικρότερη ποσότητα προσφερόμενων ιζημάτων από αυτήν που οι θαλάσσιες διεργασίες μπορούν να επεξεργαστούν και να ταξινομήσουν. Ακόμα, η χαμηλότερη τιμή του δυτικού τμήματος δείχνει ότι η κυματική δραστηριότητα είναι η κυρίαρχη διαδικασία ανακατανομής ιζημάτων κατά μήκος αυτής της ακτογραμμής, αφού υπάρχουν επιμήκη παράκτια ρεύματα.



Εικόνα 7: Δορυφορική εικόνα της δυτικής ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου. Πηγή: Google Earth



Εικόνα 8: Δορυφορική εικόνα της ανατολικής ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου. Πηγή: Google Earth

7.6. Σύγκριση αποτελεσμάτων με ανάλογες μελέτες

Στην προσπάθεια σύγκρισης των αποτελεσμάτων αυτής της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης με αντίστοιχες αναλύσεις άλλων δελταϊκών περιοχών φάνηκε πως υπάρχουν σαφώς μεγαλύτερες τιμές στις βασικές μετρήσεις στο δέλτα του Εύηνου, του Πηνειού και του Αχελώου εξαιτίας του μεγέθους των προεξοχών σε σχέση με αυτήν του Τρανορέματος. Οι έμμεσες παράμετροι που μετρήθηκαν έχουν κοντινές τιμές, που μαρτυρούν την ομοιομορφία στην μορφολογία και διαμόρφωση της δελταϊκής προεξοχής κάθε ποταμού, ακόμα και στο υποθαλάσσιο τμήμα της, αφού και τα τρία δέλτα εμφανίζουν κοιλότητα. Παρά τις ιδιομορφίες λοιπόν κάθε δελταϊκής περιοχής, είναι πρόδηλο πως τα δέλτα που ανήκουν στην κατηγορία του τύπου Ροδανού, αντιπροσωπευτική κατηγορία για τα δέλτα της Ελλάδας, ακολουθούν τους γενικούς κανόνες διαμόρφωσης τους, προσδίδοντας στον ερευνητή την δυνατότητα πρόβλεψης της λιθολογικής και μορφολογικής δομής. Γενικά, ακολουθώντας τα σημερινά δεδομένα και τις παρεμβάσεις στην εξέλιξη της δελταϊκής προεξοχής του Τρανορέματος, οι γεωμορφολογικοί και μορφομετρικοί παράγοντες συνηγορούν ενδεχομένως στις δυνατότητες ανάπτυξης του δελταϊκού ριπιδίου αλλά ο παράγοντας της κυματικής ενέργειας απέτρεψε αυτή την ανάπτυξη. Όλα τα παραπάνω ισχύουν για το χρονικό διάστημα που δεν σημειώθηκαν σημαντικές ανθρωπογενείς δράσεις που μετατρέπουν και επηρεάζουν δραματικά την εξέλιξη του δελταϊκού ριπιδίου και της προεξοχής του, οι οποίες είναι αδύνατο να ενταχθούν σε ένα ποσοτικό πλαίσιο ελέγχου.

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η πραγματοποίηση της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης μέσα από την περιγραφή και αποτύπωση των φυσικογεωγραφικών και γεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή μελέτης. Η παρουσίαση όλων των στοιχείων του δελταϊκού ριπιδίου δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την αξιοποίηση του λογισμικού ArcGIS μέσα στο οποίο εισήχθησαν τα απαραίτητα επίπεδα και δημιουργήθηκαν οι χάρτες της περιοχής, καθώς επίσης και των υπολογιστικών φύλλων του Microsoft Excel με το οποίο υπολογίστηκαν οι μορφομετρικοί παράμετροι της ανάλυσης.

Πρόκειται λοιπόν για το δελταϊκό ριπίδιο του εποχικού χειμάρρου Τρανόρεμα, ο οποίος εκβάλλει στις νοτιοδυτικές ακτές του Νομού Φωκίδας και στα βορειοδυτικά παράλια του Κορινθιακού Κόλπου. Κατά προσέγγιση επίπεδη επιφάνεια σε όλη την έκταση της δελταϊκής πεδιάδας με υψόμετρο μικρότερο των 20 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας, που περιβάλλεται από ορεινούς όγκους με πολύ απότομες κλίσεις και υψόμετρο που φτάνει τα 1000 μέτρα.

Το δελταϊκό ριπίδιο του Τρανορέματος αποτελεί παράκτια γεωμορφή που δημιουργήθηκε από την κυριαρχία της ποτάμιας διεργασίας και διαμορφώθηκε επιμέρους από την κυριαρχία του κυματισμού. Ακόμα, η μικρή του έκταση είναι αυτή που το κατατάσσει σαν δελταϊκό ριπίδιο και η τροφοδοσία του προέρχεται από χείμαρρο μεγάλης κλίσης του οποίου το υδρογραφικό δίκτυο αποστραγγίζει σε περιοχή έντονου ανάγλυφου με τεκτονική ανύψωση. Μορφολογικά, με βάση την κλίση και το βάθος της υφαλοκρηπίδας, ανήκει στην κατηγορία των ριπιδίων κρηπίδας (ρηχών νερών), βάθους μέχρι 200 μέτρων με ομαλή κλίση και χονδρόκοκκα ιζήματα που μειώνονται σταδιακά.

Ως προς την διατήρηση του περιβάλλοντος, η ευρύτερη περιοχή ανήκει στο δίκτυο Natura 2000 για την προστασία των οικοτόπων και της άγρια ζωής και εντάσσεται στην Ειδική Ζώνη Διατήρησης που εκτείνεται σε όλη την παραλιακή ζώνη από την Ναύπακτο μέχρι και την Ιτέα. Αποτελείται κυρίως από δασικές περιοχές και εκτάσεις μόνιμων καλλιεργειών, δεδομένου πως τα δέλτα αποτελούν πολύ εύφορα εδάφη, και ο αστικός ιστός περιορίζεται στο νοτιοδυτικό και νοτιοανατολικό τμήμα του ριπιδίου όπου έχουν διαμορφωθεί δύο οικισμοί.

Η λιθολογική δομή της ευρύτερης περιοχής του Μαραθιά εντάσσεται στην Ζώνη Ωλονού – Πίνδου, όπου εντοπίζονται εναλλαγές πυριτικών και ανθρακικών ιζημάτων και χαρακτηρίζεται κυρίως από ασβεστόλιθους Ιουρασικού – Σενωνίου και από φλύσχη Ανώτερου Κρητιδικού – Ηωκαίνου. Ακόμα, υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση δελταϊκών αποθέσεων στην δελταϊκή πεδιάδα και μικρότερη συγκέντρωση αργιλικών σχιστόλιθων στα ανατολικά όρια της. Το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής είναι αρκετά έντονο με κλίσεις που φτάνουν περίπου το 12,5% στην δελταϊκή πεδιάδα και από 47% μέχρι και 88,7% στα ορεινά.

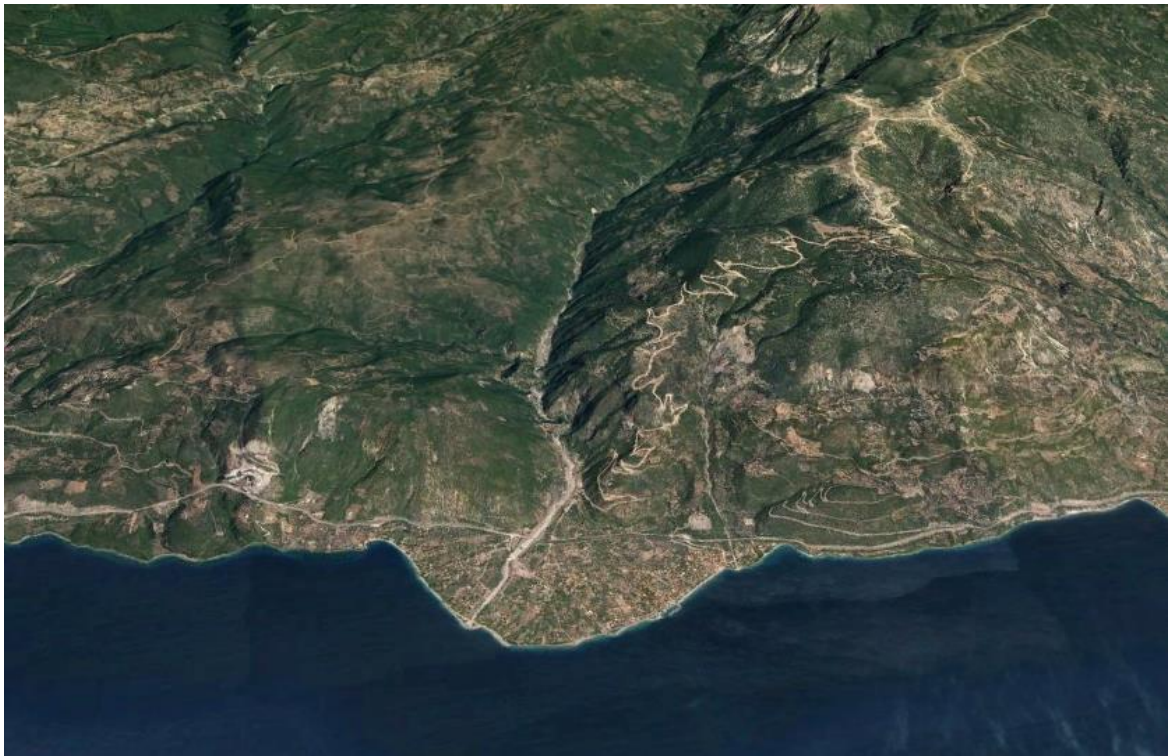
Εξαιτίας του έντονου ανάγλυφου και των ευδιάβρωτων πετρωμάτων, το υδρογραφικό δίκτυο διάβρωσε σε βάθος την περιοχή και δημιούργησε την έντονη κοιλάδα σχήματος V, από όπου περνάει και ο εποχικός χείμαρρος. Όπως παρατηρήθηκε, η λιθολογία της περιοχής καθόρισε και διαμόρφωσε το υδρολογικό καθεστώς της, που επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες εκ των οποίων οι βασικότεροι είναι οι κλιματολογικές συνθήκες, η φύση των γεωλογικών σχηματισμών, η κλίση του ανάγλυφου, ο χαρακτήρας της λεκάνης απορροής και η μέση ετήσια παροχή.

Ο τεκτονισμός και η σεισμικότητα της περιοχής θεωρείται πως συνέβαλε στον τρόπο με τον οποίο διαμορφώθηκε η δελταϊκή προεξοχή, καθώς το τμήμα του ριπιδίου βυθίζεται στον Κορινθιακό Κόλπο και οι ορεινοί όγκοι στα βόρεια του ανυψώνονται εξαιτίας της μετακίνησης των πετρωμάτων. Μελετώντας τα υπάρχοντα δεδομένα και τις καταγραφές, υπάρχουν αρκετοί μικροσεισμοί με μέση ένταση τους 3 βαθμούς της κλίμακας Richter που προκύπτουν από το ενεργό ρήγμα του Μαραθιά, κατεύθυνσης Δ – Α, το οποίο «χωρίζει» τους ορεινούς όγκους από την δελταϊκή πεδιάδα.

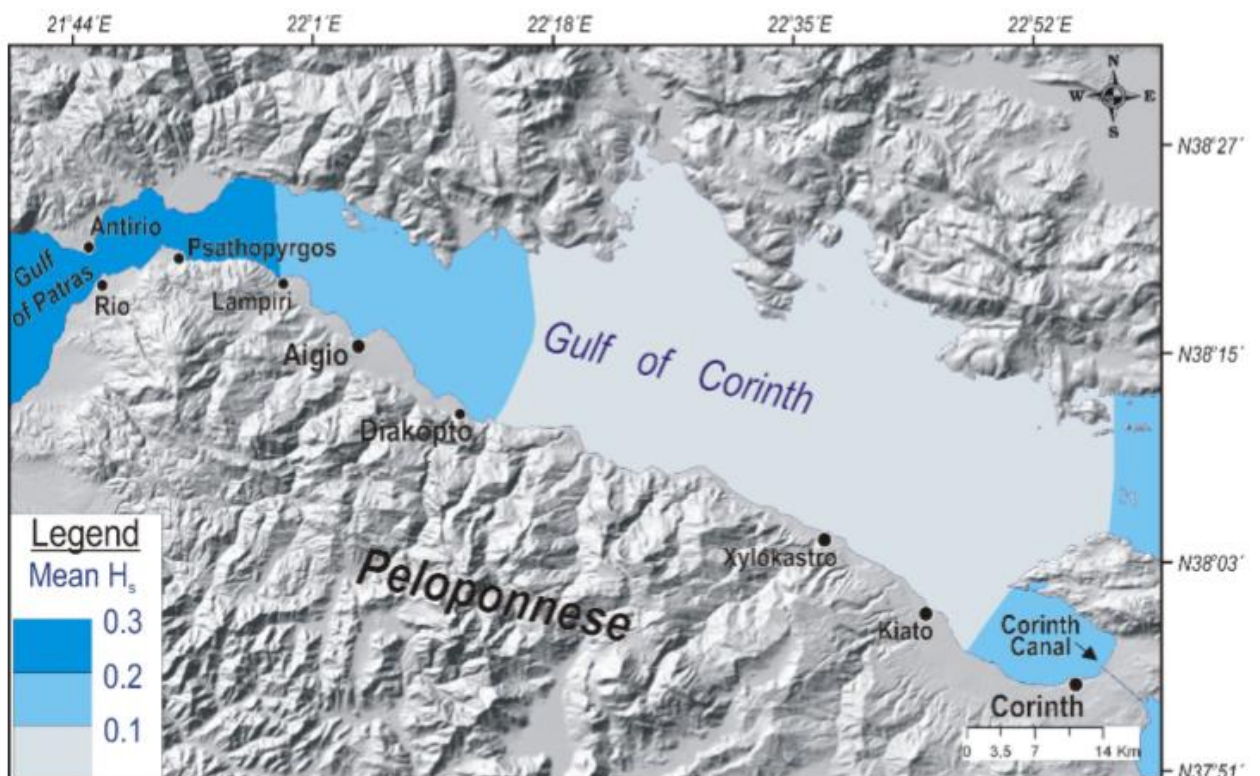
Τέλος, με την ολοκλήρωση της ποσοτικής μορφομετρικής ανάλυσης επιβεβαιώθηκαν όσα στοιχεία παρουσιάζονται στην φυσικογεωγραφική και γεωλογική ανάλυση της περιοχής. Αρχικά, διαπιστώθηκε η έλλειψη διαταραχών στην ακτογραμμή της δελταϊκής προεξοχής καθώς και στην κατανομή των ιζημάτων στα δύο τμήματα που δημιουργήθηκαν. Υπήρχαν πολύ λίγες διαφορές μεταξύ του δυτικού και του ανατολικού τμήματος της δελταϊκής προεξοχής του δελταϊκού ριπιδίου, οι οποίες οφείλονται στην συγκέντρωση των ιζημάτων σε συγκεκριμένα απόσταση από τον κεντρικό άξονα μήκους της προεξοχής και από την ομοιομορφία της ακτογραμμής τους. Παρά την σχετική ισορροπία μεταξύ των επιμηκών παράκτιων ρευμάτων που επιδρούν στην παράκτια ζώνη του ριπιδίου του Τρανορέματος, φαίνεται πως στο ανατολικό τμήμα υπάρχουν πιο έντονα ρεύματα νοτιοδυτικής κατεύθυνσης που σχηματίζουν ράχες ιζημάτων κατά μήκος της ακτογραμμής του τμήματος.

Δυτικό (W)	Όγκος (km ³)	Ανατολικό (E)	Όγκος (km ³)
W1.1	0,0422	E1.1	0,0385
W1.2	0,0637	E1.2	0,0514
W1.3	0,0492	E1.3	0,0305
W1.4	0,0364	E1.4	0,0422
W1.5	0,0338	E1.5	0,03
W1.6	0,0362	E1.6	0,0512
W1.7	0,0368	E1.7	0,0388
W1.8	0,0276	E1.8	0,0332
W1.9	0,0208	E2.1	0,07525
W2.1	0,0427	E2.2	0,0196
W2.2	0,0403	E2.3	0,0566
W2.3	0,0458	E2.4	0,0414
W2.4	0,0476	E2.5	0,0344
W2.5	0,0378	E2.6	0,0438
W2.6	0,0376	E2.7	0,0384
W2.7	0,0328	E2.8	0,0156
W2.8	0,027	E3.1	0,0755
W3.1	0,044	E3.2	0,0147
W3.2	0,0434	E3.3	0,0486
W3.3	0,0532	E3.4	0,045
W3.4	0,0314	E3.5	0,042
W3.5	0,0492	E3.6	0,0356
W3.6	0,0376	E3.7	0,008
W3.7	0,0158	E4.1	0,048
W4.1	0,09875	E4.2	0,0203
W4.2	0,0217	E4.3	0,0662
W4.3	0,0572	E4.4	0,0466
W4.4	0,0526	E4.5	0,0242
W4.5	0,0262	E5.1	0,0495
W5.1	0,1478	E5.2	0,0956
W5.2	0,0287	E5.3	0,057
W5.3	0,0464	E5.4	0,005

Όγκος ιζήματος για κάθε τμήμα των ζωνών του δυτικού και ανατολικού τμήματος της δελταϊκής προεξοχής του Τρανορέματος. Τα τμήματα αφορούν τις περιοχές μεταξύ των υψομετρικών καμπυλών και ξεκινούν από την ισοβαθή των 12 m προχωρώντας προς τα βόρεια της ορισμένης προεξοχής.



Κουλάδα σχήματος V στην περιοχή μελέτης. Πηγή: Google Earth Pro



Χάρτης μέσου ύψους κυμάτων στον Κορινθιακό Κόλπο. Πηγή: Wave and Wind Atlas of the Hellenic Seas, Τροποποίηση από Karymbalis et al., 2012

Ελληνική

1. Βουβαλίδης, Κ., 2011, *Φυσική Γεωγραφία*, Αθήνα: Εκδόσεις Δίσιγμα
2. Καρύμπαλης, Ε. Θ., 2010, *Παράκτια Γεωμορφολογία*, Αθήνα: Εκδόσεις Ίων
3. Καρύμπαλης, Ε. Θ., 2013, *Σημειώσεις Φυσικής Γεωγραφίας*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών
4. Καρύμπαλης Ε. Θ., Τσόδουλος Ι. Μ., 2016, *Σημειώσεις Ποτάμιας Γεωμορφολογίας*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών
5. Κουκουβέλας, Ι. Κ., 1998, *Τεκτονική Γεωλογία*, Αθήνα: Εκδόσεις Leader Books
6. Μπεάζη-Κατσιώτη, Μ., 2015, «Πετρώματα» στο, Μπεάζη-Κατσιώτη, Μ., *Ειδικά κεφάλαια ανόργανης χημείας*, Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών (σελ.104-114)
7. Παπαπέτρου-Ζαμάνη Α., 1995, *Γεωμορφολογία*, Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία
8. Παυλόπουλος, Κ. Π., 2011, *Γεωμορφολογία: Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες*, Αθήνα: Εκδόσεις Ίων
9. Στουρνάρας Γ., Γαλάνη Χ., 1995, *Μορφομετρική ανάλυση του Δέλτα του Πηνειού (Θεσσαλία)*, Διατριβή, Τομέας Δυναμικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
10. Φελώνη Ε. Γ., Νάστος Π. Θ., Πούλος Σ. Ε., 2012, *Μορφομετρική Ανάλυση της δελταϊκής προεξοχής του ποταμού Αχελώου*, Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών και Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
11. Χαλκιάς, Χ. Ν., 2006, *Όροι και Έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών*, Αθήνα: Εκδόσεις Ίων

Ξενόγλωσση

1. Armijo, R., King, B., Rigo, G. and Papanastassiou, D., 1996, *Quaternary Evolution of the Corinth Rift and its implications for the Late Cenozoic evolution of the Aegean*, *Geophys. J. Int.*, 126, 11-53

2. Karymbalis E., Chalkias c., Chalkias G., Grigoropoulou E., Manthos G. and Ferentinou M., 2012, *Assessment of the Sensitivity of the Southern Coast of the Gulf of Corinth (Peloponnese, Greece) to Sea-level Rise*, Central European Journal of Geosciences, Vol. 4.
3. Karymbalis E., Chalkias C. and Stournaras G., 2007, *Quantitative Morphometric Analysis of the Evinos River Delta (Western Greece)*, Proceedings of the Eighth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, 13-17 November 2007, Alexandria, Egypt
4. Karymbalis E., Gaki-Papanastassiou K. and Ferentinou M., 2010, *Fan deltas classification coupling morphometric analysis and artificial neural networks: The case of NW coast of Gulf of Corinth, Greece*, Hellenic Journal of Geosciences, vol. 45, 133-146.
5. Masselink G. and Hughes M., 2003, *Coastal Processes & Geomorphology*, London: Routledge
6. Philippson, A., 1898, *La tectonique de l' Egeide*. Ann. De Geographie,
7. Stournaras, G., 1984, *Evolution et comportement d' un systeme aquifere, heterogene. Geologie et hydrogeologie du delta du Nestos (Grece) et de ses bordures*, These, Univ. Grenoble
8. Wright L. D. and Coleman L. M., 1973, *Variations in morphology of major river deltas as function of ocean wave and river discharge regimes*, Am. Ass. Petrol. Geol. Bull. 47, 370-398.

Ηλεκτρονικές Πηγές

1. Ανοιχτά Γεωχωρικά Δεδομένα – Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας, 2015, Όρια Νομών Shapefile, [<http://geodata.gov.gr/dataset/oria-nomon-okkhe>],
2. Βικιπαιδεία, Google Earth, [https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth], (19/07/2019)
3. Βικιπαιδεία, Microsoft Excel, [https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel], (19/07/2019)
4. Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, Χάρτης Σεισμικότητας, [<http://www.gein.noa.gr/el/seismikotita/xartes>], (05/09/2019)
5. Καλλιστώ, 2018, Οι περιοχές Natura 2000 της Ελλάδας, [<https://www.callisto.gr/blog/oi-periohes-natura-2000-tis-elladas>], (10/08/2019)
6. Καραϊνδρου Ε. Ι., Τρικούζας Δ., Φαρέας Κ., 2010, *Διερεύνηση Περιβαλλοντικών Θεμάτων Νομού Φωκίδας*, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τμήμα Ανατολικής Στερεάς, [http://www.teetas.gr/sites/default/files/omadessergasias/diereunese_periballontikon_thematon_n_phokidas.pdf] (15/08/2019)

7. Κουκουβέλας, Ι. Κ., 2015, *Εξωτερικές Ελληνίδες*, Σημειώσεις Μαθήματος Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, [<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/GEO324/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%BF%CF%82/%CE%95%CE%9E%CE%A9%CE%A4%CE%95%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%95%CE%A3%20%CE%95%CE%9B%CE%9B%CE%97%CE%9D%CE%99%CE%94%CE%95%CE%A3.pdf>], (20/08/2019)
8. Οικοσκόπιο, *Χάρτης*, [<http://www.oikoskopio.gr/map/>], (12/08/2019)
9. Ορολογία Γεωτεχνικής Μηχανικής, *Ασβεστόλιθος*, Εργαστήριο Δομικής Μηχανικής και Στοιχείων Τεχνικών Έργων, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο [<http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/struct/geotech/terminology.html>] (30/08/2019)
10. Copernicus Europe's Eyes on Earth, *Corine Land Cover*, [<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2018>], (12/08/2019)