



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ – ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ
ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΤΟΥ ΠΑΛΙΟΥΡΑ ΕΠΑΝΟΜΗΣ

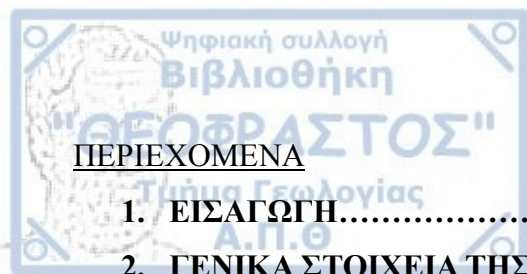
ΑΡΓΥΡΟΥΔΗΣ ΑΝΔΡΟΚΛΗΣ

Α.Ε.Μ : 3827



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Βουβαλίδης Κωνσταντίνος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2011



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 3
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	σελ. 7
2.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	σελ. 7
2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	σελ. 18
2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	σελ. 23
2.4 ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ. 25
2.5 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ.....	σελ. 29
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	σελ. 34
3.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ	σελ. 34
3.2 ΓΕΩΤΡΗΣΗ.....	σελ. 35
3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	σελ. 38
3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ.....	σελ. 41
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	σελ. 44
4.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ.....	σελ. 44
4.2 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	σελ. 47
4.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ.....	σελ. 55
4.4 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ. 57
4.5 ΠΑΛΑΙΟΠΑΝΙΔΑ – ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	σελ. 59
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ. 63
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ. 65
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	σελ. 67
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	σελ. 68

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του υποχρεωτικού μαθήματος “Διπλωματική Εργασία” του Η' εξαμήνου σπουδών στον τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2010 - 2011.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η γεωμορφολογική ανάλυση της ευρύτερης περιοχής από το ακρωτήριο Μεγάλο Έμβολο ως το ακρωτήριο Μύτικας καθώς και η παλαιογεωγραφική – παλαιοπεριβαλλοντική μελέτη της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα Επανομής.

Η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα βρίσκεται περίπου 22,5 km νοτιοδυτικά της Θεσσαλονίκης και απέχει περίπου 1,7 km από την Νέα Μηχανιώνα και 4,5 km από την Επανομή, στον Δήμο της οποία ανήκει διοικητικά. Το μήκος της λιμνοθάλασσας είναι περίπου 550 m ενώ το πλάτος της κυμαίνεται από 50 m έως και 260 m, σχηματίζοντας μια επιφάνεια περίπου 137.000 m². Οι συντεταγμένες της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα είναι 40° 26' 17" N και 22° 52' 00" E.

Για την πραγματοποίηση της εργασίας ελήφθηκε πυρήνας ιζήματος με δειγματοληπτική γεώτρηση (PLR-1) στο υπέδαφος της λιμνοθάλασσας κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2010. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά δεδομένα του υδρογραφικού δικτύου και των λεκανών απορροής, τα οποία προήλθαν από τοπογραφικό χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ) κλίμακας 1:50000. Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά υψομετρικά δεδομένα S.R.T.M, τα οποία έδωσαν το ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (D.E.M) της περιοχής. Τέλος, έλαβε χώρα γεωμορφολογική χαρτογράφηση της περιοχής γύρω από την λιμνοθάλασσα κατά την εαρινή περίοδο του 2011.

Γεωγραφική θέση:

Η Επανομή (ή όπως γραφόταν παλαιότερα Επανωμή) βρίσκεται στα νοτιοανατολικά της Θεσσαλονίκης σε απόσταση 30 km από το κέντρο της πόλης. Έχει έκταση 91541 στρέμματα και ο πραγματικός πληθυσμός της σύμφωνα με την απογραφή του 2001 είναι 8.671 κάτοικοι. Η έκταση των ακτών της φτάνει τα 40 km ενώ το ακρωτήρι της αποτελεί το γεωγραφικό όριο του Θερμαϊκού κόλπου. Από το 1997 στο Δήμο Επανομής υπάρχουν τα δημοτικά διαμερίσματα Επανομής (Έδρα, 5.562 κάτ.) και Μεσημερίου (998 κάτ.). Η Επανομή συνορεύει με τους δήμους Μηχανιώνας, Μίκρας και Θερμαϊκού. Όμως από τον Ιανουάριο του 2011 ο Δήμος Επανομής ενώνεται με τους Δήμους Μηχανιώνας και Θερμαϊκού για τη δημιουργία του Δήμου Θερμαϊκού με έδρα την Περαιά. Η έκταση του νέου Δήμου είναι 131.36 τ.χλμ και ο πληθυσμός του 38349 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ του 2001.



Εικόνα 1.1 Γεωγραφική διαίρεση της Ελλάδας σε Νομούς – με κόκκινη τελεία σημειώνεται ο Δήμος Επανομής στον Νομό Θεσσαλονίκης (από Wikipedia)

Η αρχή της ιστορίας της Επανομής βρίσκεται πολύ παλιά καθώς είναι από τους αρχαιότερους οικισμούς της περιοχής και κατοικούνταν από τα νεολιθικά χρόνια. Στην περιοχή της Επανομής έχουν βρεθεί πολλά αρχαιολογικά ευρήματα που αναφέρονται κυρίως στα παλαιοχριστιανικά και πρωτοχριστιανικά χρόνια. Από τους σπουδαιότερους αρχαιολογικούς χώρους είναι το νεκροταφείο στη θέση Λιμόρι, το οποίο εντοπίστηκε βορειοδυτικά της Επανομής. Πρόκειται για οργανωμένο παλαιοχριστιανικό χώρο ταφής ο οποίος ήταν σε χρήση όλο τον 4ο και το πρώτο μισό του 5ου μ.Χ. αιώνα. Ανατολικά του νεκροταφείου στο Λιμόρι, στη θέση Μπγιαδούδι, ήρθαν στο φως τα ερείπια μιας τρίκλιτης παλαιοχριστιανικής βασιλικής. Ο ναός διέθετε πλούσιο γλυπτό αρχιτεκτονικό διάκοσμο, με πολύχρωμα μάρμαρα και ψηφιδωτά με φύλλα χρυσού και αργύρου.

Τουρισμός:

Λόγω των μεγάλων και καθαρών παραλιών (Κτήμα του Καραγκιόζη, Φανάρι, ακτή Αγελαδάρικο, ακτή Μεσημερίου, παραλία του Ποταμού με το γνωστό Ναύαγιο) και εξαιτίας της μικρής απόστασης από τη Θεσσαλονίκη, η Επανομή είναι δημοφιλής προορισμός για σύντομες αποδράσεις το καλοκαίρι. Οι παραλίες της Επανομής "Ποταμός" και "Πάλιουρας" είναι βραβευμένες με γαλάζιες σημαίες. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τη βράβευση είναι συνολικά 29 και αφορούν στην καθαριότητα, στην οργάνωση της ακτής, στην ασφάλεια των λουόμενων, στη ποιότητα των νερών, στη προστασία του περιβάλλοντος. Μάλιστα στον "Ποταμό" λειτουργεί οργανωμένη ναυαγοσωστική υπηρεσία.

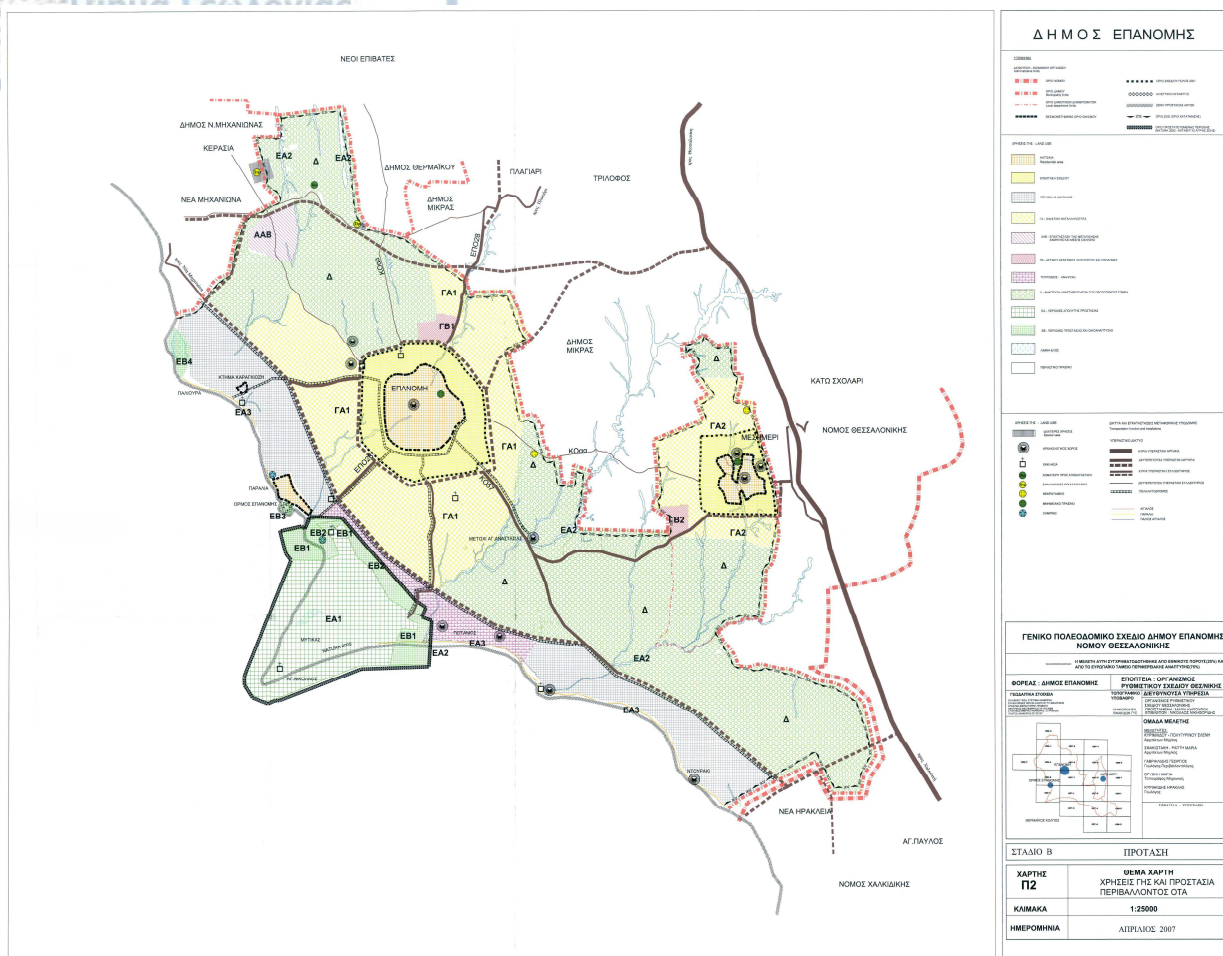
Περιβάλλον:

- Η Επανομή είναι περιοχή υψηλής οικολογικής σημασίας αφού στην περιοχή "Φανάρι" υπάρχει ένας υδροβιότοπος έκτασης 5.500 στρεμμάτων που λειτουργεί ως καταφύγιο αποδημητικών πουλιών και άλλων θηραμάτων και είναι πλούσιος σε χλωρίδα και πανίδα. Ο υδροβιότοπος της Επανομής είναι ενταγμένος στο πρόγραμμα "Natura 2000" της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (από την Wikipedia)

- Δύο «πράσινα» παράκτια πάρκα θα δημιουργηθούν στο νομό Θεσσαλονίκης, από τους δήμους Μηχανιώνας και Επανομής, σε παρθένα από δόμηση ακτογραμμή, μήκους 52 χιλιομέτρων που παραμένει χρόνια αναξιοποίητη. Το πρώτο παράκτιο πάρκο θα γίνει στην Επανομή, σε έκταση 5000 στρεμμάτων και θα αποτελεί το μοναδικό βοτανικό πάρκο στη Μεσόγειο. Εκτός από τόπο αναψυχής και ψυχαγωγίας, το πάρκο θα συμβάλλει και στην περιβαλλοντική εκπαίδευση των επισκεπτών. Το δεύτερο παράκτιο πάρκο θα γίνει στη Μηχανιώνα, σε έκταση 3,500 στρεμμάτων. Επίσης προβλέπεται δημιουργία τράπεζας γενετικού υλικού φυτών, που θα αξιοποιούνται στο βοτανικό πάρκο. (από την εφημερίδα Μακεδονία)

- Στο Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο, η εν λόγω περιοχή χαρακτηρίζεται ως Περιοχή Ειδικής Προστασίας (ΠΕΠ) και ειδικότερα Περιοχή Απόλυτης Προστασίας (ΕΑ) σύμφωνα με τα οποία θεωρείται απαραίτητη η σύσταση φορέα διαχείρισης βάσει του Ν. 2742 /99Φ.Ε.Κ.207 /Α, είτε ανεξάρτητου, είτε ως παραρτήματος του φορέα του Εθνικού Πάρκου ποταμών Αξιού, Λουδία, Αλιάκμονα, της Αλυκής Κίτρους και της λιμνοθάλασσας Καλοχωρίου. Μάλιστα, τον Μάρτιο του 2010 υπογράφηκε το νέο Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Επανομής και Μεσημερίου (ΦΕΚ Α.Α.Π. 101 – 26.03.2010) το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 1.2. Στο χάρτη της Εικόνας 1.2 φαίνεται η πρόταση που έχει εγκριθεί και θεωρηθεί από τον Οργανισμό Ρυθμιστικού Θεσσαλονίκης (Β1 φάση) κατά το μήνα Νοέμβριο του 2007, σε σχέση με το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο. Με έντονο κίτρινο χρώμα είναι οι περιοχές επέκτασης. Με ελαφρύ κίτρινο χρώμα είναι οι περιοχές μελλοντικής οικιστικής καταλληλότητας. Με πράσινο χρώμα είναι οι περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως γεωργική γη. Με γκρι χρώμα εκατέρωθεν του ακρωτηρίου του Φαναρίου είναι η περιοχή για την ανάπτυξη παραθεριστικής κατοικίας. Μεταξύ των δύο αυτών περιοχών, είναι η γη για την ανάπτυξη του τουρισμού. Σύμφωνα με το νέο σχέδιο, η λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα χαρακτηρίζεται τόσο ως λίμνη/έλος όσο και ως περιοχή ΕΒ, δηλαδή *περιοχή προστασίας και οικοανάπτυξης*. (από το blog «Δημοτικά δρώμενα Θεσσαλονίκης»)

- Μέχρι την έκδοση ΚΥΑ για την προστασία της περιοχής, επιτρέπονται έργα προστατευτικής και περιβαλλοντικής διευθέτησης καθώς και τα απολύτως απαραίτητα έργα υποδομής οργανισμών κοινής ωφέλειας. Αντιθέτως απαγορεύονται η δόμηση, το κυνήγι, οι υδατοκαλλιέργειες, τα θαλάσσια σπορ με ταχύπλοα, οι αμμοληψίες και οι ασφαλτοστρώσεις δρόμων.



Εικόνα 1.2 Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Επανομής και Μεσημερίου, 2010 (από το blog «Τα Νέα της Επανομής»)

Οικονομία:

- Η Επανομή έχει πλούσια παράδοση στην παραγωγή κρασιού και τσίπουρου (π.χ. κρασί Γεροβασιλείου). Άλλωστε ο ήπιος χειμώνας και το δροσερό καλοκαίρι που χαρακτηρίζουν το κλίμα της περιοχής δημιουργούν ένα ιδανικό οικοσύστημα για την καλλιέργεια του αμπελιού.
- Η κύρια ασχολία των κατοίκων (το 60%) είναι η γεωργία (κυρίως ελιές, βαμβάκι, καλαμπόκι, κηπευτικά, αμπέλια, ντομάτες, καρπούζια, πεπόνια, σιτάρι), ένα μικρό μέρος ασχολείται με την αλιεία και την κτηνοτροφία ενώ τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι είναι αυτοί που ασχολούνται με τον τουρισμό. (από την Wikipedia)
- Εξάλλου, και σύμφωνα με τα επικαιροποιημένα στοιχεία και τους χάρτες που έχει στη διάθεσή της η κυβέρνηση, υπάρχουν ενδείξεις για μεγάλες ποσότητες πετρελαίου στην περιοχή με κοιτάσματα στον ευρύτερο χώρο του Θερμαϊκού Κόλπου αλλά και στην περιοχή Επανομής - Σιθωνίας. (από την εφημερίδα Μακεδονία)

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης τοποθετείται γεωγραφικά στο ΒΔ άκρο της χερσονήσου της Χαλκιδικής. Στα δυτικά η περιοχή βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος στον Κόλπο του Θερμαϊκού. Προς τον Θερμαϊκό Κόλπο σχηματίζονται ομαλές ακτές και το ακρωτήριο της Επανομής με το χαρακτηριστικό τριγωνικό σχήμα. Οι ακτές γενικά είναι ομαλές, με χαμηλό υψόμετρο. Εξαίρεση αποτελεί μια απόκρυμνη ακτή ιζηματογενούς προέλευσης. Μορφολογικά χαρακτηρίζεται ως ήπια περιοχή όπου παρατηρούνται χαμηλά υψόμετρα που φτάνουν ως τα 300 μέτρα. Η ανάπτυξη των ισοβαθών είναι κανονική, ενώ φαίνεται ότι ακολουθούν το ανάγλυφο της περιοχής.

Όλο το δυτικό τμήμα (από το Μεγάλο Έμβολο ως την Βόρεια Κασσάνδρα) εμφανίζει ώριμο ανάγλυφο με μικρή μορφολογική κλίση 2-5°/N-ΝΔ και με επιμήκεις κοιλάδες σχήματος ανοικτού U. Οι κοιλάδες αυτές είτε είναι ξερές είτε διαρρέονται από μικρούς χειμάρρους, στους οποίους δεν μπορεί να αποδοθεί η τόσο μεγάλη διαπλάτυνση. Συνεπώς, το ανάγλυφο αυτό είναι πιθανότατα κληρονομημένο από παλαιότερο κύκλο εξέλιξης της περιοχής, όπως φαίνεται από την απότομη διακοπή της παλιάς μορφολογικής επιφάνειας στις ακτές λόγω τεκτονικής και από την παράκτια διάβρωση. Έτσι σχηματίζονται σχεδόν σε όλο το μήκος της δυτικής ακτής, παράκτιες αναβαθμίδες και κρεμασμένες ξηρές κοιλάδες σε εναλλαγές με μικρές παράκτιες πεδινές εκτάσεις. Οι εκτάσεις αυτές σχηματίστηκαν από πλήρωση στομιών παλιότερων κοιλάδων. Επίσης διακρίνονται σαφείς χαρακτήρες ανανέωσης των κοιλάδων και αρχή νέου κύκλου διάβρωσης, με την δημιουργία νέων κοιλάδων μέσα στις παλιές και την διάβρωση των χαλαρών ιζημάτων. (Συρίδης, 1990)

Η διάβρωση στρωμάτων ιζημάτων που έχουν μικρή κλίση και διαφορετική σκληρότητα έχει προκαλέσει την δημιουργία ενός χαμηλού λοφώδους αναγλύφου. Διακρίνονται χαρακτηριστικές μορφές *cuestas*, *bute*, *plateau* και λόφοι με μορφολογικά καλύμματα (καπέλα). Οι ελάχιστοι μικροί ορεινοί όγκοι της περιοχής (Κατσίκια, Μύτη, Κορυφή, Μικρή Κατσίκια) αντιστοιχούν σε παλαιότερα πετρώματα τα οποία προεξέχουν ως νησίδες μέσα από το ομαλό ανάγλυφο.

Η δημιουργία της νεότερης, όπως μαρτυρεί η μορφολογία διεύθυνσης Α-Δ της τεκτονικής τάφρου του Ανθεμούντα έχει διακόψει την προς τα ΒΔ συνέχεια του παλαιού ώριμου αναγλύφου της Δυτικής Χαλκιδικής και έχει προκαλέσει την δημιουργία ενός νέου απότομου αναγλύφου με σαφείς χαρακτήρες ανανέωσης, έντονη χαραδρωτική διάβρωση (*Gully erosion*), επέκταση της λεκάνης απορροής του Ανθεμούντα σε βάρος του παλαιότερου αναγλύφου και μετατόπιση του υδροκρίτη προς τα νότια.

Η ύπαρξη ιζημάτων μεγάλου πάχους στην περιοχή επέτρεψε την ανάπτυξη ενός

υδρογραφικού δικτύου με επιμήκεις και παράλληλους κλάδους. Συγκεκριμένα, στην περιοχή μεταξύ του ακρωτηρίου του Μεγάλου Εμβόλου και των οικισμών Πλαγιαρίου και Επανομής παρατηρείται η ανάπτυξη ενός πυκνού υδρογραφικού δικτύου από ευθύγραμμες, διεύθυνσης B-N, παράλληλες μεταξύ τους διαπλατυσμένες κοιλάδες, πολύ μικρής τάξης και σημαντικού μήκους, οι οποίες αναπτύσσονται κάθετα στον διεύθυνσης A-Δ υδροκρίτη του Ανθεμούντα-Δ.Χαλκιδικής. Αυτή η διεύθυνση B-N των κοιλάδων είναι πιθανό να οφείλεται σε τεκτονική επίδραση, επειδή παρόμοια διεύθυνση παρουσιάζει το καταταμητικό σύστημα των Νεογενών απολιθωματοφόρων ασβεστολίθων της ευρύτερης περιοχής (Τρίλοφος, Μεσημέρι). (Συρίδης, 1990)

Παράκτια Γεωμορφολογία

Οι ανατολικές ακτές του ευρύτερου Θερμαϊκού στο Νομό Θεσσαλονίκης αποτελούνται από 12 χιλιόμετρα ακτών διάβρωσης που σχηματίζονται στη βάση παράκτιας αναβαθμίδας με στοιχειώδη έως ανύπαρκτη παραλιακή ζώνη και 25 χιλιόμετρα περίπου ακτών απόθεσης με καλά αναπτυγμένες παραλίες που φαίνονται να βρίσκονται σε φυσική ισορροπία με τις επικρατούσες συνθήκες. (Συρίδης, 1990)

Η παράκτια περιοχή μας ανήκει σε ένα μεταβατικό, παράκτιο, κλαστικό ιζηματογενές αποθετικό περιβάλλον. Ονομάζεται μεταβατικό διότι βρίσκεται στην οριακή ζώνη ξηράς-θάλασσας και μπορεί να επηρεαστεί τόσο από τις συνθήκες που επικρατούν στην ξηρά όσο και από αυτές που επικρατούν στη θάλασσα.

Ταξινόμηση ακτών:

Η ταξινόμηση των ακτών γίνεται αν λάβουμε υπόψη τους βασικούς παράγοντες που διαμορφώνουν τις ακτές. Με αυτό τον τρόπο χωρίζονται σε πρωτογενείς ακτές που διαμορφώνονται από παράγοντες που βρίσκονται έξω από τη θάλασσα και σε δευτερογενείς ακτές που διαμορφώνονται από παράγοντες που βρίσκονται μέσα στη θάλασσα. Οι δευτερογενείς ακτές με τη σειρά τους χωρίζονται σε

- ακτές διάβρωσης από ρεύματα και κύματα
- ακτές απόθεσης κλαστικού υλικού από ρεύματα και κύματα και απόθεσης μη κλαστικού υλικού από τους οργανισμούς που ζουν στην παράκτια ζώνη.

Οι ακτές μπορεί να είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, ενδογενών και εξωγενών. Ακόμη, οι ακτές αποτελούν πολύπλοκα, δυναμικά συστήματα που οι μορφές και το σχήμα τους αλλάζει συνεχώς. Οι πιο σπουδαίοι παράγοντες που διαμορφώνουν (διαβρώνουν, μετακινούν και αποθέτουν υλικά) τις ακτές είναι:

- τα κύματα
- τα ρεύματα

- οι παλίρροιες

αν και επίσης οι άνεμοι, η εκφόρτιση των ποταμών, τα παλιρροιακά ρεύματα και η μεταφορά Έκμαν αποτελούν παράγοντες μεταφοράς άμμου προς την χερσαία παραλία, στις λαγκούνες και στα ανοιχτά της παραλίας (Davis Jr. & Fitzgerald, 2004).

Από μορφολογική άποψη, οι ακτές χαρακτηρίζονται γενικά είτε ως απότομες είτε ως χαμηλές. Στις απότομες ακτές οι τοπικές συνθήκες παίζουν ουσιαστικό ρόλο, έτσι ώστε κάθε ακτή να αποτελεί μια ειδική περίπτωση. Στις χαμηλές ακτές οι γενικότερες συνθήκες καθορίζουν ένα συγκεκριμένο μορφολογικό τύπο στο χώρο του οποίου συμβαίνουν επίσης ορισμένα γενικά φαινόμενα όπως έξοδος ποταμών, επίδραση παλίρροιας κτλ.

Το μοντέλο της χαμηλής ακτής παρουσιάζεται με τους ίδιους μορφολογικούς χαρακτήρες σε παγκόσμια κλίμακα, αλλά με δυο κύριους χαρακτήρες ιζηματογένεσης που διαφέρουν ριζικά μεταξύ τους, τον κλαστικό τύπο (σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη), που θα εξετάσουμε στην συνέχεια και τον μη κλαστικό τύπο (σε μικρά γεωγραφικά πλάτη).

Η απόθεση κλαστικών ιζημάτων που μεταφέρονται από την ξηρά με τα ποτάμια, από τη θάλασσα με τα ρεύματα, τα κύματα και τις παλίρροιες ή με τον άνεμο από κοντινές και μακρινές αποστάσεις, είναι το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα των ακτών αυτών.

Ο ρόλος που παίζουν οι βιογενείς παράγοντες, φυτά και ζώα, καθώς επίσης και οι φυσικοχημικές διεργασίες στο χώρο των ακτών αυτών έχει δευτερεύοντα χαρακτήρα όσο αφορά την ιζηματογένεση. Οι χαμηλές ακτές κλαστικού τύπου συνήθως αποτελούν προέκταση παράκτιων πεδιάδων προς την ανοιχτή θάλασσα και επηρεάζονται από τις παλίρροιες και τα κύματα σε σημαντικό βαθμό. Τα ρεύματα προκαλούνται από τη δράση των κυμάτων και των παλιρροιών επίσης. Αν οι παλίρροιες και τα κύματα έχουν μεγάλο ύψος, τότε οι ακτές χαρακτηρίζονται υψηλής ενέργειας, ενώ σε αντίθετη περίπτωση χαρακτηρίζονται χαμηλής ενέργειας. Η μορφολογία και η απόθεση ιζημάτων στον παράκτιο χώρο εξαρτάται απόλυτα από το ενεργειακό δυναμικό των ακτών.

- Αν οι παλίρροιες έχουν μεγάλο ύψος (εύρος) τότε η θάλασσα προχωρεί βαθιά μέσα στη χαμηλή ξηρά και προκαλεί το σχηματισμό αλμυρών ελών και την απόθεση λεπτόκοκκων υλικών ή εισδύει στα στόμια των εκβολών των ποταμών και προκαλεί την απόθεση άμμου-ιλύος με μορφή νησίδων. Τα υλικά και στις 2 περιπτώσεις έρχονται πιο πολύ από την θάλασσα (μακροπαλιρροιακές ακτές)

- αν οι παλίρροιες έχουν μέτριο ύψος (εύρος) τότε η θάλασσα εισχωρεί και καλύπτει ένα μικρό μέρος της χαμηλής ξηράς και δημιουργεί αλμυρά έλη. Αλλά στο πρόσθιο μέρος της ακτής σχηματίζονται ορισμένα φράγματα στον πυθμένα που με τον χρόνο μετατρέπονται σε μικρά νησάκια από την προσθήκη άμμου. Έτσι δημιουργείται μια ζώνη φραγμάτων-νησίδων και ανοιχτής

λιμνοθάλασσας που επηρεάζεται από τις παλίρροιες (μεσοπαλιρροιακές ακτές)

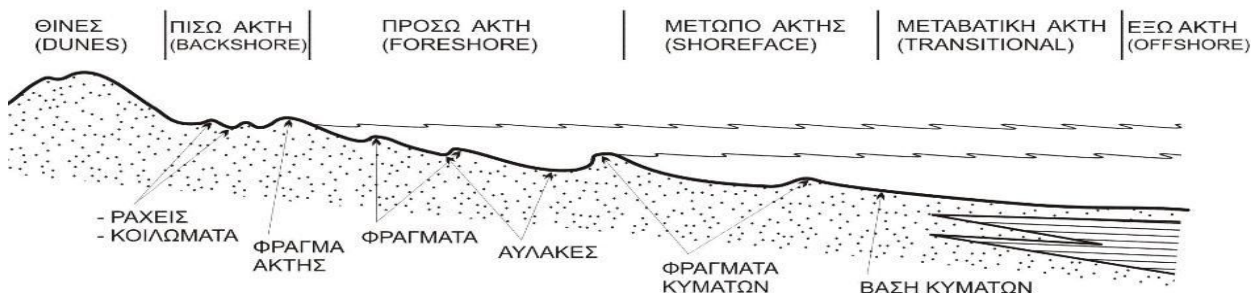
- αν οι παλίρροιες έχουν μικρό ύψος (εύρος) (όπως συμβαίνει στην περιοχή μας) τότε η ζώνη των αλμυρών ελών περιορίζεται πολύ, δημιουργείται μια σταθερή ζώνη θινών στο ανώτερο μέρος της ακτής, σχηματίζονται επιμήκη φράγματα και λιμνοθάλασσες στο χώρο που επηρεάζεται από τις παλίρροιες και ολόκληρη η ζώνη της ακτής προωθείται προς τη θάλασσα από την απόθεση υλικών και το σχηματισμό φραγμάτων (μικροπαλιρροιακές ακτές).

Ανεξάρτητα από την επίδραση της παλίρροιας, κάθε ακτή έχει μια τυπική διατομή (προφίλ) η οποία δίνεται στο Σχήμα 2.1.1.

Από το Σχήμα 2.1.1 (Ψιλοβίκος, 2006) φαίνεται ότι κάθε ακτή χωρίζεται σε ορισμένα τμήματα με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της, όπως:

- Θίνες (dunes), αιολικές αποθέσεις άμμου σε λοφίσκους
- Πίσω ακτή (backshore), με εναλλαγές ράχων (berms) και κοιλωμάτων σε επίπεδη μορφή
- Πρόσω ακτή (foreshore), με εναλλαγές φραγμάτων και αυλάκων μεταξύ του κυρίου φράγματος των κυμάτων (bar) και της πίσω ακτής.
- Μέτωπο ακτής (shore face), από το κύριο φράγμα κυμάτων μέχρι το σημείο που καθορίζει τη βάση των κυμάτων
- Μεταβατική ακτή (transitional), προς τα βαθύτερα από τη βάση των κυμάτων
- Έξω ακτή (offshore), στο χώρο της ρηχής θάλασσας που χαρακτηρίζει την υφαλοκρηπίδα (<200 μ βάθος)

Τα κύματα "βρίσκουν" τον πυθμένα στο σημείο της βάσης τους, που συνεχώς αλλάζει ανάλογα με το μήκος κύματος, στη συνέχεια θραύονται στο μέτωπο της ακτής που σχηματίζεται το φράγμα, ακολουθεί η ζώνη κατακερματισμού στην πρόσω ακτή και η ζώνη σύρσης-παλινδρόμησης στο άνω τμήμα της πρόσω ακτής και στην πίσω ακτή σε μερικές περιπτώσεις. Τα ρεύματα κατά μήκος της ακτής (longshore currents) ακολουθούν τα κοιλώματα, ενώ τα κάθετα-απομακρυνόμενα ρεύματα (rip currents) περνούν μέσα από κενά των φραγμάτων και τελειώνουν στα πιο βαθιά



Σχήμα 2.1.1: Μορφολογική διαίρεση της ακτής (από Ψιλοβίκο, 2006)

νερά. Η πλημμυρίδα και η άμπωτη επηρεάζουν τη ζώνη που βρίσκεται από το μέτωπο της ακτής προς την ξηρά.

Σχετικά με το μοντέλο της χαμηλής ακτής κλαστικού τύπου, ορισμένα στοιχεία που αφορούν στα μορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα για μικροπαλιρροϊκές ακτές δίνονται στο σχήμα 2.1.2. Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι:

- Προς την πλευρά της ξηράς σχηματίζονται αλμυρά έλη από την είσοδο και έξοδο της θάλασσας κατά τις πλημμυρίδες-αμπώτιδες. Μέσα στα έλη αυτά αποτίθεται ιλύς και άργιλος, ενώ τα φυτά που ζουν και πεθαίνουν σκεπάζονται από το λεπτόκοκκο υλικό και δημιουργούν μελλοντικά κοιτάσματα τύρφης και λιγνιτών κλπ.

- Μια ζώνη από θίνες κλείνει συνήθως τα έλη αλλά αφήνει πολλά περάσματα για το θαλασσινό νερό. Οι θίνες αποτελούνται από καθαρή αιολική άμμο που έρχεται από την πίσω-πρόσω ακτή με τη βοήθεια του ανέμου, αφού στεγνώσει εκεί η άμμος κατά τις αμπώτιδες. Σταυρωτές στρώσεις με μεγάλες γωνίες κλίσεων και ποικιλία διευθύνσεων για τα μεγαλύτερα στρώματα χαρακτηρίζουν τις θίνες.

- Τη ζώνη της πίσω ακτής που έχει μια οριζόντια-κυματοειδή επιφάνεια με ράχεις και κοιλώματα. Εδώ γίνεται η απόθεση άμμου-κελυφών-κροκαλών σε οριζόντιες ή ελαφρά κεκλιμένες σταυρωτές στρώσεις.

- Τη ζώνη της πρόσω ακτής, με εναλλαγές φραγμάτων και αυλάκων. Άμμος με σφηνοειδείς, σταυρωτές στρώσεις προς την πλευρά της θάλασσας, με φακούς από κροκάλες ή παρεμβολές ιλύος-αργίλου, που αποτίθεται μέσα στις αύλακες χαρακτηρίζουν τη ζώνη αυτή.

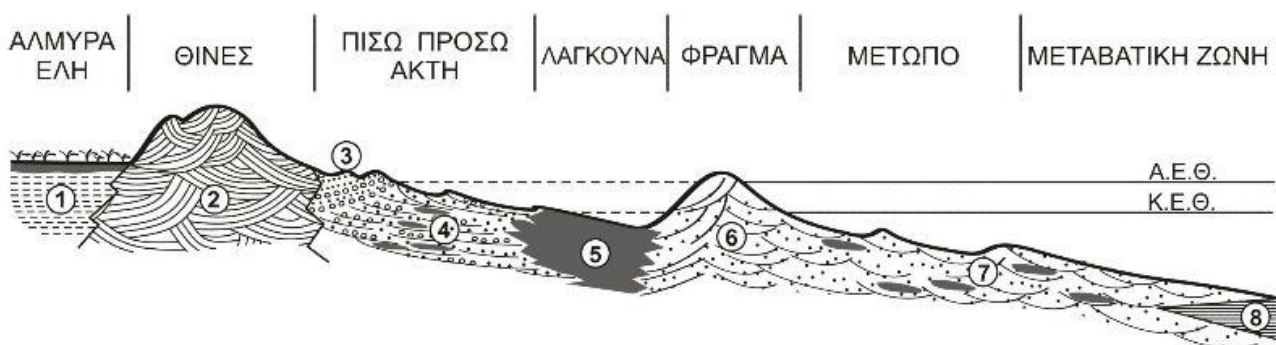
- Τη ζώνη της λιμνοθάλασσας. Πρόκειται για μια ζώνη που σκεπάζεται από νερό ακόμα και κατά τις αμπώτιδες, γιατί το νερό παγιδεύεται πίσω από το μεγάλο φράγμα κυμάτων (λουρνησιδίας). Η είσοδος και η έξοδος του νερού κατά τις παλίρροιες γίνεται από ανοίγματα που υπάρχουν στο φράγμα. Μέσα στη λιμνοθάλασσα αποτίθεται λεπτόκοκκο υλικό σε οριζόντιες ή ελαφρά κεκλιμένες στρώσεις-φυλλώσεις, με παρεμβολές φακών από άμμο. Άμμος και πολλές φορές κροκάλες έρχονται με τα κύματα από την κορυφή του φράγματος που σπάει από την υπερχειλίση της θάλασσας προς τη λιμνοθάλασσα. Πολλές φορές σχηματίζονται ριπίδια ή μικρά δέλτα. Στο χώρο αυτό σχηματίζονται επίσης και δευτερογενείς δομές, όπως ωόλιθοι, στρωματόλιθοι και ποικιλία βιογενών δομών.

- Τη ζώνη του φράγματος των κυμάτων. Πρόκειται για μια επιμήκη ράχη (λουρνησιδα) που μπορεί να βρίσκεται κάτω ή πάνω από τη στάθμη της θάλασσας, να έχει συνεχή ή διακεκομμένη μορφή νησίδων, αλλά αφήνει πάντα κενά για να μπορεί να επικοινωνεί η λιμνοθάλασσα με τη θάλασσα. Το φράγμα σχηματίζεται στη ζώνη θραύσης των κυμάτων, όταν στο βυθό

δημιουργούνται ρεύματα αντίθετης διεύθυνσης προς και από την ξηρά. Τα υλικά που μεταφέρουν αυτά τα ρεύματα (συμβάλλοντα) σχηματίζουν αρχικά μια ράχη που συνεχώς μεγαλώνει με την προσθήκη και άλλων υλικών, μέχρι να φτάσει και να ξεπεράσει τη μέση στάθμη της θάλασσας. Τα φράγματα αποτελούνται από άμμο-κροκάλες σε σταυρωτές αποκλίνουσες στρώσεις, αποτελούν προστατευτικούς σχηματισμούς για την ακτή και μπορεί να σταθεροποιηθούν, να δεχτούν αιολικές αποθέσεις στην επιφάνειά τους και να δημιουργήσουν μια καινούρια ακτή. Αν γίνει αυτό, τότε η λιμνοθάλασσα πίσω μετατρέπεται σιγά-σιγά σε έλος και μια νέα σχηματίζεται μπροστά από τη νέα ακτή, όταν το υλικό συγκεντρωθεί πάλι για να δημιουργήσει ένα καινούριο φράγμα. Η διαδικασία αυτή επιτρέπεται στις χαμηλές ακτές να επεκτείνονται σε βάρος της θάλασσας (προσχωσιγενείς ακτές).

- Τη ζώνη του μετώπου της ακτής, που καλύπτεται πάντα από τη θάλασσα, έχει εναλλαγές ράχων-αυλάκων και αποτελείται από άμμο σε σταυρωτές στρώσεις με παρεμβολές αργιλικού υλικού, ή και φακών από χονδρόκοκκο υλικό. Η ζώνη του μετώπου επηρεάζεται πολύ από τα κύματα γιατί βρίσκεται στο χώρο κοντά στη βάση τους. Τη μεταβατική ζώνη, όπου εναλλάσσονται στρώσεις άμμου με στρώσεις ιλύος-αργίλου σε οριζόντια κεκλιμένα στρώματα με μικρό πάχος (φυλλώσεις) ή πιο μεγάλο πάχος και γλωσσοειδείς απολήξεις.

Σε όλο το χώρο της ακτής ζουν, κινούνται και πεθαίνουν πολλά ζώα. Τα ζώα αυτά δημιουργούν δευτερογενείς βιοδομές, βιοταραχές, ωλίθους, στρωματόλιθους, αποθέτουν υλικά κελυφών και γενικά συμβάλλουν στην ιζηματογένεση. Αλλά η συμβολή τους δεν είναι καθοριστική. Τα βιογενή υλικά και οι δομές είναι χρήσιμες για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορά στα μικροπεριβάλλοντα απόθεσης και στις συνθήκες που επικρατούν σε αυτά (Ψιλοβίκος, 2006).



Σχήμα 2.1.2 : Μοντέλο χαμηλής ακτής κλασικού τύπου (από Ψιλοβίκο, 2006)

Κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου ζωής, οι ακτές διέρχονται από τα στάδια της νεότητας, της ωριμότητας και του γήρατος, μέχρις ότου υποστούν ανανέωση.

Το *στάδιο της νεότητας* χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια των κυμάτων να καταστρέψουν τα προεξέχοντα σημεία της ξηράς, όπως τα ακρωτήρια, να δημιουργήσουν μικρά νησιά ή να εξαφανίσουν τα ήδη υπάρχοντα και να μεταφέρουν τα διαβρωσιγενή υλικά προς το εσωτερικό των κόλπων ή προς τις περιοχές εκείνες όπου ευνοείται η απόθεση. Τα κυριότερα μορφολογικά γνωρίσματα του σταδίου νεότητας είναι οι χαλικώδεις ακτές, οι νησίδες, τα spits, τα tombolos, τα φράγματα, τα σπήλαια και οι αψίδες όταν πρόκειται για απότομες ακτές.

Κατά το *στάδιο της ωριμότητας* οι νησίδες έχουν ήδη εξαφανιστεί, τα ακρωτήρια έχουν αποκοπεί, οι χαλικώδεις και οι αμμώδεις ακτές στο εσωτερικό των κόλπων έχουν επεκταθεί, τα φράγματα σε πολλές περιπτώσεις κλείνουν τα στόμια των κόλπων και δημιουργούν παράκτιες λίμνες γνωστές και ως λαγκούνες ενώ η γραμμή των ακτών παίρνει ένα απλό σχήμα εσοχών και εξοχών, κόλπων και ακρωτηρίων.

Το *στάδιο του γήρατος* χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη ομαλών γραμμικών ακτών παράλληλα με την δημιουργία ζώνης αμμώδους ακτής.

Γενικότερα, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής μιας ακτής, η θάλασσα στη προσπάθειά της να την εξομαλύνει, αναπτύσσεται εις βάρος της ξηράς καταστρέφοντας κάθε εμπόδιο και μεταφέροντας τα υλικά της διάβρωσης προς το εσωτερικό των υπάρχοντων κόλπων (Σωτηριάδης και Ψιλοβίκος, 1984).

Λιμνοθάλασσες

Οι λιμνοθάλασσες είναι δυναμικά αυτόνομα συστήματα με υψηλό δυναμικό παραγωγικότητας αν και οι μεγάλες και δραματικές συχνά αλλαγές στις αβιοτικές παραμέτρους π.χ. θερμοκρασία, αλατότητα έχουν ως αποτέλεσμα συχνές μεταβολές στην κατανομή και μέγεθος των πληθυσμών των οργανισμών στη λιμνοθάλασσα (Lasserre, 1981, από Κουτσούμπα, 2005). Μολονότι τα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα συνδέονται με την θάλασσα - πηγή εισόδου αλμυρού νερού - αλλά και με ποτάμια ή χειμάρους - πηγή εισόδου γλυκού νερού - τόσο η χλωρίδα όσο και η πανίδα τους δεν είναι απλά ένα μίγμα ειδών. Τα συστήματα αυτά έχουν την δική τους λογική και δυναμικό. Το σχήμα, η σύνδεση με ποτάμια και τη θάλασσα καθώς και το μέγεθος των λιμνοθαλασσών είναι αποτέλεσμα περίπλοκων γεωλογικών εξελίξεων με αποτέλεσμα την μοναδικότητα των συστημάτων αυτών.

Ο όρος «λιμνοθάλασσα» (lagoon) χαρακτηρίζει τις μικρές ή μεγάλες αβαθείς παραθαλάσσιες εκτάσεις, που αποτελούνται συνήθως από υφάλμυρα νερά που βρίσκονται σε άμεση επικοινωνία με την θάλασσα από την οποία χωρίζονται συνήθως από μια λωρίδα ξηράς (Kjerfve, 1994 από Κουτσούμπα, 2005). Η δημιουργία των λιμνοθαλασσών είναι αποτέλεσμα

της συνδυασμένης δράσης μιας σειράς διαφορετικών παραγόντων: των εκβολών ποταμών, του κυματισμού της θάλασσας, των παράκτιων ρευμάτων και της παλίρροιας πάνω στη φυσική μορφολογία μιας περιοχής (Bird, 1994 από Κουτσούμπα, 2005). Η δράση αυτή αυτή σε γενικές γραμμές είναι η εξής:

- Η επίδραση του ποταμού συνίσταται στη προοδευτική απόθεση των ιζημάτων τα οποία αποτίθενται σε διεύθυνση κάθετη προς την ακτογραμμή
- Ο κυματισμός και τα παράκτια ρεύματα, τείνουν να εμποδίσουν την εξάπλωση των αποθέσεων του ποταμού και συγχρόνως να ενισχύσουν με μεταφορά νέων υλικών τις λωρίδες ξηράς οι οποίες σχηματίζονται και οι οποίες χωρίζουν συνήθως τις λιμνοθάλασσες από την θάλασσα
- Τέλος η παλίρροια δρά συντηρώντας διαύλους επικοινωνίας της λιμνοθάλασσας με την θάλασσα

Ανάλογα με τον επικρατέστερο από τους προαναφερθέντες παράγοντες οι λιμνοθάλασσες καλύπτουν όλο το φάσμα των συνδυασμών από τις εντελώς κλειστές έως τις ανοικτές (Kjerfve, 1986 από Κουτσούμπα, 2005). Έτσι από άποψη ταξινόμησης οι λιμνοθάλασσες διακρίνονται σε:

- Λιμνοθάλασσες εκβολής με κυρίαρχη δράση του ποταμού
- Ανοικτές λιμνοθάλασσες με κυρίαρχη δράση του κυματισμού και της παλίρροιας
- Μερικώς κλειστές με κυρίαρχη δράση του κυματισμού και των ρευμάτων
- Κλειστές με κυρίαρχη δράση του κυματισμού

Μορφολογία :

Οι λαγκούνες παρουσιάζουν διάφορα σχήματα αλλά οι περισσότερες είναι επιμήκεις, παράλληλες στην ακτογραμμή και αποκομμένες από το ανοιχτό θαλάσσιο περιβάλλον λόγω μια νησίδας φραγμάτων. Επειδή ο κυρίαρχος παράγοντας διαμόρφωσης των ακτών με λαγκούνες είναι τα κύματα, οι λαγκούνες μπορεί να εκτείνονται σε μήκος πολλών χιλιομέτρων ενώ το πλάτος τους συνήθως είναι μικρό (της τάξης των λίγων δεκάδων έως εκατοντάδων μέτρων). Σχηματίζονται σε διάφορες γεωλογικές περιοχές αρκεί να υπάρχει μια εγκόλπωση δίπλα στο ανοιχτό θαλάσσιο περιβάλλον και ένας μηχανισμός που να την απομονώσει από αυτό (όπως η ανάπτυξη ενός φράγματος ή ενός spit). Η φύση αυτών των παράκτιων σχηματισμών τις κάνει να είναι τυπικά πολύ ρηχές, ενώ τα βάθη ενός μέτρου ή και λιγότερο δεν είναι ασυνήθιστα. Ακόμη, δεν είναι σπάνιο κάποιες λαγκούνες να είναι εφήμερες, με ξηρά στρώματα την ξηρή περίοδο του έτους και με στάσιμα νερά κατά την υγρή περίοδο. (Davis Jr. & Fitzgerald, 2004)

Αλατότητα :

Οι λαγκούνες είναι κυρίως υφάλμυρες, ευρύαλες και υπεραλμυρές. Οι ευρύαλες υδατοσυλλογές είναι αυτές που παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στην αλατότητα από υφάλμυρη σε υπεραλμυρή λόγω περιοδικότητας των κατακρημνισμάτων. Οι υπεραλμυρές λαγκούνες είναι αυτές στις οποίες η

αλατότητα είναι μόνιμα πάνω από την φυσιολογική αλατότητα του θαλάσσιου νερού (Davis Jr. & Fitzgerald, 2004) και εμφανίζονται σε περιοχές όπου η εξάτμιση ξεπερνά τα κατακρημνίσματα και την είσοδο γλυκού νερού (Fairbridge, 1968). Όπου οι ποταμόκολλοι ενώνονται με τη λαγκούνα τα νερά είναι υφάλμυρα στην είσοδο του γλυκού νερού και βαθμιαία γίνονται ευρύαλα θαλάσσια προχωρώντας προς τη θάλασσα δίοδο (Stevenson & Emery, 1958 από Fairbridge, 1968)

Θίνες

Οι αμμοθίνες ή θίνες, είναι μικροί λόφοι από άμμο που συνήθως βρίσκονται στις παράκτιες περιοχές και αποτελούν σημαντικό οικότοπο στη μεταβατική ζώνη θάλασσας και ξηράς και δημιουργήθηκαν από τις διεργασίες της διάβρωσης και της απόθεσης της άμμου στην παράκτια ζώνη. Οι παράκτιες αμμοθίνες παρατηρούνται στην παραλία προς την πλευρά της ξηράς, συνήθως πάνω από ανώτερο επίπεδο της παλίρροιας και συχνά οριοθετούν το σημείο όπου σταματά η επίδραση της θάλασσας στην ακτή. Οι θίνες αποτελούν εξαιρετικά σημαντικές παράκτιες μορφές καθώς λειτουργούν ως αμυντικοί μηχανισμοί, προστατεύοντας τις παράκτιες πεδινές περιοχές από τις θαλάσσιες πλημμύρες (Κουσουρής, 2006). Για την δημιουργία τους θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω όροι :

- Να υπάρχει μια περιοχή στην ακτή από την πλευρά της ξηράς που να μπορεί να συλλέξει άμμο αιολικής προέλευσης, ειδικά όπου δεν υπάρχουν βράχια
- Να επικρατεί ένας ισχυρός παράκτιος άνεμος, ικανός να μεταφέρει άμμο από την παραλία προς τις θίνες
- Να υπάρχει άφθονη παροχή άμμου κατάλληλου μεγέθους κόκκων
- Να υπάρχει βλάστηση για να σταθεροποιήσει την άμμο
- Να επικρατούν χαμηλές κλίσεις στην παρακείμενη παραλία από όπου προέρχεται η άμμος

Η αρχική αιολική μεταφορά της άμμου ξεκινά όταν επιτευχθεί μια οριακή τιμή της ταχύτητας του ανέμου, σχετική πάντα με το μέγεθος των κόκκων της άμμου που μεταφέρει. Για να αποτεθεί η άμμος απαιτείται μείωση της ταχύτητας του ανέμου. Στην παραλία αυτή η μείωση επιτυγχάνεται κυρίως στην υπήνεμη πλευρά διαφόρων εμποδίων, όπως φύκια, όστρακα, χαλίκια, ξύλα, σκουπίδια κτλ. Οι συγκεντρώσεις άμμου σχηματίζουν μιαν αεροδυναμική μορφή λόγω των ανέμων και χαρακτηρίζονται από μικρή κλίση στην προσήνεμη πλευρά και μεγάλη κλίση στην υπήνεμη. Αυτές οι αρχικές θίνες που σχηματίζονται γύρω από εμπόδια και δεν έχουν βλάστηση ονομάζονται *σκιώδεις θίνες* (shadow dunes). Όταν αρχίσει να αναπτύσσεται βλάστηση σε αυτές τότε ονομάζονται *εμβρυϊκές θίνες* (embryo dunes). Η βλάστηση παγιδεύει ακόμη περισσότερη άμμο και επιτρέπει στις θίνες να αναπτυχθούν ακόμη περισσότερο. Με αυτό τον τρόπο οι εμβρυϊκές θίνες συνενώνονται σχηματίζοντας συνεχόμενες *ράχεις από θίνες* (foredunes) παράλληλα με την ακτογραμμή.

Τα φυτά είναι παράγοντες ζωτικής σημασίας για την δημιουργία και την σταθεροποίηση ενός παράκτιου συστήματος αμμοθινών. Παρόλα αυτά, οι θίνες αποτελούν ένα πολύ σκληρό περιβάλλον με ένα συνεχώς μετακινούμενο υπόβαθρο, μικρή κατακράτηση νερού σε συνδυασμό με την ξήρανση λόγω του ανέμου, υψηλή αλατότητα, μεγάλες επιφανειακές θερμοκρασίες και ελάχιστα θρεπτικά και οργανικά συστατικά στην άμμο. Ακόμη και έτσι, φυτά με αντοχή στην αλατότητα αποικίζουν τις θίνες βοηθώντας στην ανάπτυξή τους για να αντικατασταθούν στη συνέχεια από άλλα φυτά, ειδικά χλόη του είδους *Ammophila arenaria*, οδηγώντας στην απόλυτη ανάπτυξη των θινών. Αυτές οι φυτοκοινωνίες είναι ξεροφυτικές, αποτελούμενες από φυτά που μπορούν να επιβιώσουν σε συνθήκες ελάχιστου νερού καθώς βασίζονται στο ριζικό τους σύστημα και στα χοντρά, λεία φύλλα τους για την διατήρηση του νερού. Σε αυτό το σημείο εξέλιξης, οι θίνες ονομάζονται *κίτρινες θίνες* λόγω των μεγάλων ποσοτήτων γυμνής άμμου που παρατηρείται στην επιφάνειά τους. Προχωρώντας προς την ξηρά παρατηρείται αλλαγή στην βλάστηση με χερσότοπους/λειμώνες όπου οι θίνες ονομάζονται *γκρίζες θίνες*. (Haslett, 2009)

Στις αμμοθίνες διαβιεί ένα μεγάλο πλήθος από φυτά και ζώα, ενώ σε υποβαθμισμένες περιπτώσεις έχει εποικιστεί η περιοχή από νιτρόφιλα και άλλα γηγενή ή ξενικά είδη. Τα πρώτα φυτά που εποικίζουν τις αμμοθίνες είναι συνήθως φυτά μικρού μεγέθους, με ακανθώδη σκληρά, μικρά και τριχωτά φύλλα και με ισχυρό, εκτεταμένο ριζικό σύστημα, ενώ σε σταθερότερες καταστάσεις συναντώνται από ποώδη φυτά, σκληρόφυλλους θάμνους μέχρι και δένδρα (π.χ. Αγκάθι της παραλίας, Αμμοφίλες, Αγρόπυρα, Εφέδρες, Γατάκι, Όθανθος, Κενταύρια, Σιλένες, Κρίνος της παραλίας, Σαλσόλες, Κακίλες, Βούρλα, Νεροκάλαμο, Καμπανούλες, Εουφόρβιες, Αγριοβιολέτες, Κίστους, Ερίκες, Αλμυρίκια, Χαρουπιές, Αγριλιές, Κέδρα, Πεύκα κ.ά).

Ως προς τα ζώα, αυτά που απαντώνται στα αμμοθινικά συστήματα είναι θαλασσοπούλια και άλλα πουλιά, τρωκτικά, ερπετά, αμφίβια, έντομα, γαστερόποδα, αράχνες κ.ά. (Κουσουρής, 2006)

Παράκτια στερεομεταφορά

Η κυριότερη διεργασία που είναι υπεύθυνη για την δημιουργία όλων των μορφοδυναμικών χαρακτηριστικών στην παραλία, είναι η παράκτια στερεομεταφορά. Στην πράξη, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κάτω από συγκεκριμένες κυματικές συνθήκες, η παράκτια συγκέντρωση άμμου που συνιστά την παραλία δεν είναι ακίνητη αλλά «ρέει» σαν ποτάμι προς μια κατεύθυνση κατά μήκος της ακτής.

Τα κύματα που πλησιάζουν μια ευθύγραμμη παραλία, δεν προσπίπτουν κάθετα σε αυτήν αλλά υπό γωνία. Η γωνία πρόσπτωσης μεταβάλλεται με την διάθλαση και τείνει να γίνει κάθετη στην παραλία. Δεν προλαβαίνει όμως να το κατορθώσει και τελικά προσπίπτει στην παραλία, όχι κάθετα, αλλά με γωνία. Το κύμα που φτάνει στα αβαθή θραύεται και τελικά «ξεχύνεται» υπό την γωνία πρόσπτωσης επάνω στην παραλία ανεβαίνοντας το ύψωμα μικρής κλίσης που σχηματίζει η

παράκτια άμμος εμπρός από τη θάλασσα. Τα νερά που συσσωρεύονται στο ανώτερο τμήμα της παραλίας επιστρέφουν πίσω στη θάλασσα λόγω βαρύτητας. Τώρα όμως ρέουν προς τη θάλασσα με γωνία κάθετη στην ακτή. Κάθε φορά που ένα κύμα «σκάει» στην ακτή ανέρχεται στην παραλία υπό την γωνία πρόσπτωσης και επιστρέφει πίσω στη θάλασσα υπό κάθετη γωνία. Έτσι δημιουργείται μια πριονωτή παλινδρόμηση που τελικά μεταφέρει τους κόκκους της άμμου κατά μήκος της ακτής δημιουργώντας την **παράκτια στερεομεταφορά**. Ο χώρος στον οποίο λαμβάνει χώρα αυτή η διαδικασία ονομάζεται ζώνη παλινδρόμησης και το πλάτος της εξαρτάται από το μέγεθος του κυματισμού, την κλίση της παραλίας και την κοκκομετρία των υλικών της ακτής. Δηλαδή λεπτόκοκκη άμμος δίνει πολύ ομαλές κλίσεις, όχι μόνο στο χερσαίο τμήμα της παραλίας αλλά και στο υποθαλάσσιο, βοηθώντας στην εκτόνωση των μεγάλων κυμάτων μακριά από την ακτή και στην προστασία από μεγάλες τρικυμίες. Αντίθετα, στις παραλίες που συνίστανται από κροκάλες και ψηφίδες η κλίση της χερσαίας και υποθαλάσσιας παραλίας είναι μεγάλη.

Σε μια επιμήκη ακτή, εφόσον προσβάλλεται από κυματισμούς με επικρατούσα διεύθυνση με συγκεκριμένη γωνία, τότε μπορούν να υπάρξουν τρεις καταστάσεις κατά μήκος της ακτής:

1. πρώτη είναι η περιοχή όπου συμβαίνει διάβρωση και σχηματίζεται παράκτια αναβαθμίδα με κάθετο μέτωπο καθώς τα κύματα απομακρύνουν τα υλικά που διαβρώνονται από τη βάση της αναβαθμίδας

2. δεύτερη είναι η περιοχή όπου υπάρχει ισορροπία και η ποσότητα του υλικού που προστίθεται είναι ίδια με την ποσότητα που απομακρύνεται, δηλαδή πρόκειται για μια ζώνη επιμήκους στερεομεταφοράς σε ισορροπία

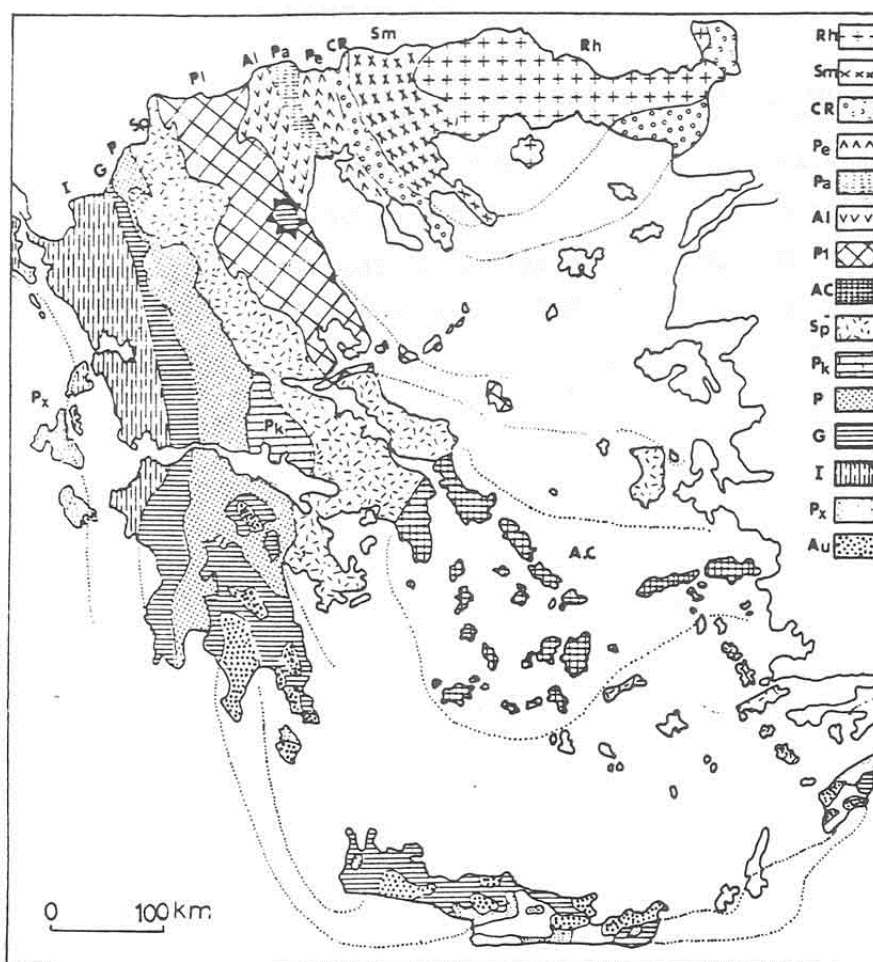
3. τέλος, η τρίτη περιοχή είναι εκεί όπου τα υλικά της παραλίας μην μπορώντας να προωθηθούν περαιτέρω από τα κύματα αποτίθενται. Αυτό συνήθως συμβαίνει όταν αλλάξει η διεύθυνση της ακτής και τα κύματα στραφούν λόγω διάθλασης χάνοντας την μεταφορική τους ικανότητα.

Σε περιπτώσεις όπου μια παραλία βρίσκεται μεταξύ δύο απόκρημνων ακρωτηρίων τότε την ονομάζουμε *ακτή τύπου θύλακα* (pocket beach). Στις παραλίες τύπου θύλακα τα κύματα συνήθως διαθλώνται με τέτοιο τρόπο ώστε στα δύο άκρα της παραλίας να επικρατεί επιμήκης στερεομεταφορά με φορά προς τον μυχό του κόλπου όπου σχηματίζεται η πλατύτερη παραλία. Τα υλικά εγκλωβίζονται στον θύλακα και η παραλία στο κέντρο μεγαλώνει. Τα υλικά όμως απομακρύνονται από το κέντρο προς το αβαθές θαλάσσιο τμήμα με την βοήθεια των βελοειδών ρευμάτων (rip currents) τα οποία σχηματίζονται από την συσσώρευση θαλάσσιων μαζών στο κέντρο της εγκόλπωσης. (Αλμπανάκης και συν., 2004)

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Σύμφωνα με τις σύγχρονες γεωτεκτονικές απόψεις, η περιοχή μελέτης ανήκει στην Υποζώνη Παιονίας της Ζώνης Αξιού των Εσωτερικών Ελληνίδων Ζωνών έχοντας στα ανατολικά την Περιοδοπική Ζώνη και στα δυτικά την Υποζώνη Πάικου.

Η Ζώνη Αξιού καθορίστηκε αρχικά από τον Kossmat (1924) (από Μουντράκη, 2010) ως μια ζώνη BBD-NNA διεύθυνσης και πλάτους 30-70 Km, παρεμβαλλόμενη μεταξύ της μάζας της Ροδόπης προς τα ανατολικά και της Πελαγονικής Ζώνης προς τα δυτικά. Αρχίζει από την περιοχή των Σκοπίων, επεκτείνεται μέχρι τον Θερμαϊκό Κόλπο και το Αιγαίο, όπου περιλαμβάνει ορισμένα από τα νησιά των Βόρειων Σποράδων και κάμπτεται στη συνέχεια προς τη Μικρά Ασία, με πιθανή διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ.



Σχήμα 2.2.1 : Γεωτεκτονική διαίρεση της Ελλάδας σε ζώνες – Υποζώνη Παιονίας (Pe) (από Μουντράκη, 2010)

Η Υποζώνη Παιονίας καθορίστηκε αρχικά ως μια Μεσοζωική αύλακα μεταξύ της Ελληνικής Ενδοχώρας (Σερβομακεδονική Μάζα) και του υβώματος του Πάικου. Η σημερινή γεωτεκτονική αντίληψη είναι ότι αντιπροσωπεύει τμήμα της παλιάς ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος με

ιζηματογένεση ανοιχτής βαθιάς θάλασσας.

Βασικό τεκτονικό χαρακτηριστικό της ζώνης είναι η λεπιοειδής τεκτονική. Τα τεκτονικά λέπια, που σχηματίστηκαν από την Τριτογενή συμπιεστική τεκτονική έχουν μικρές ή μεγάλες διαστάσεις, έχουν κλίση προς τα ΒΑ και με συνεχείς επιπτεύσεις προς τα Δ, ΝΔ τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο. Μάλιστα οι επιμέρους ενότητες της ζώνης αντιπροσωπεύουν ουσιαστικά η κάθε μία ένα μεγαλέπι που συγκροτείται από ορισμένους σχηματισμούς. Οι Ενότητες-μεγαλέπια της Υποζώνης Παιονίας είναι οι εξής:

A. Δυτικές Ενότητες ή Προπαιονία

- 1 Ενότητα Γευγελής
- 2 Ενότητα Ωραιοκάστρου
- 3 Ενότητα Βαφειοχωρίου
- 4 Ενότητα Αρτζάν

B. Ανατολικές Ενότητες

- 1 Ενότητα Άσπρης Βρύσης
- 2 Ενότητα Μεταλλικού
- 3 Ενότητα Λεβεντοχωρίου

Προαλπικό Υπόβαθρο:

Το προαλπικό υπόβαθρο είναι το ίδιο και για της τρεις υποζώνες (Παιονίας, Πάικου, Αλμωπίας) και περιλαμβάνει αρκετές εμφανίσεις μεταμορφωμένων πετρωμάτων-συχνά συμπτυγμένων με αλπικά ιζήματα-η τεκτονική θέση των οποίων δείχνει, πολλές φορές με βεβαιότητα, ότι αντιπροσωπεύουν παλαιοζωϊκά (προαλπικά) πετρώματα. Τα πετρώματα αυτά είναι γνεύσιοι, μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, χαλαζιακοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι και μικρογρανιτικές και πηγματιτικές παρεμβολές. Η ηλικία των εμφανίσεων αυτών θεωρείται Παλαιοζωϊκή διότι οι ραδιοχρονολογήσεις έδωσαν ηλικία μεταμόρφωσης Ερκύνια (250-300 εκ.χρόνια). Οι εμφανίσεις αυτών των Παλαιοζωϊκών μεταμορφωμένων πετρωμάτων έχουν προέλευση τη Σερβομακεδονική μάζα από όπου αποσπάστηκαν τεκτονικά κατά τη διάρκεια των πτυχώσεων και συμπτυχώθηκαν με τα αλπικά ιζήματα της Ζώνης Αξιού.

Αλπικοί Σχηματισμοί:

Κύρια χαρακτηριστικά πετρώματα της ζώνης είναι οι οφειόλιθοι, οι οποίοι καθορίζουν και τον ωκεάνιο χαρακτήρα της Παιονίας στα πλαίσια της ευρύτερης Ζώνης Αξιού. Τα οφειολιθικά πετρώματα βρίσκονται σε όλες τις ενότητες και συνοδεύονται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας, έχουν όμως ιδιαίτερα μεγάλη έκταση στην Ενότητα Γευγελής. Όλοι οι σχηματισμοί της ζώνης εμφανίζονται ασθενικά μεταμορφωμένοι στην πρασινοσχιστολιθική φάση που έλαβε χώρα κατά την πρώιμη ορογενετική περίοδο Άνω Ιουρασικού-Κάτω Κρητιδικού.

Ο φλύσχης ηλικίας Άνω Ιουρασικού-Βασικού Κρητιδικού έχει αισθητή εξάπλωση στις

Ενότητες Βαφειοχωρίου και Αρτζάν ενώ απουσιάζει από τις Ενότητες Γευγελής και Ωραιοκάστρου.

Η ιζηματογένεση του Ιουρασικού στην Ανατολική Παιονία ήταν πυριτική και συνοδεύονταν από βασικά πυριγενή ενώ στην Προπαιονία υπήρχε νηριτική ιζηματογένεση και το Ανώτερο Ιουρασικό.

Μαζί με τα κερατολιθικά ιζήματα και της οφειόλιθους της Ανατολικής Παιονίας υπάρχουν αναμιγμένα κλαστικά ιζήματα, τα οποία απουσιάζουν από την Προπαιονία και προήλθαν από την Σερβομακεδονική Μάζα στο Ιουρασικό.

Δεν εμφανίζονται στρώματα Μέσο-Άνω Κρητιδικού στη ζώνη Παιονίας. Εν τούτοις έχουν βρεθεί τέτοια στρώματα στη γειτονική περιοχή των Σκοπίων (Sopur) όπως επίσης και στη Χερσόνησο της Κασσάνδρας Χαλκιδικής που θεωρείται η προς τα ΝΑ προέκταση της Υποζώνης Παιονίας. Έτσι πιστεύεται ότι όντως έλαβε χώρα η Μέσο-Άνω Κρητιδική επίκλυση στην Παιονία αλλά τα πετρώματά της καλύπτονται σήμερα από τα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα που έχουν μεγάλη εξάπλωση στην περιοχή (Μουντράκης, 2010).

Ολόκληρη η περιοχή της Δυτικής Χαλκιδικής και η Κασσάνδρα καλύπτεται από ένα παχύ κάλυμμα νεότερων, χαλαρών κυρίως ιζημάτων του Νεογενούς. Έτσι στην περιοχή αυτή είναι πολύ δύσκολη η μελέτη του υποβάθρου καθώς εμφανίζεται μόνο στην περιοχή νότια της λεκάνης του Ανθεμούντα με μικρές εμφανίσεις Ιουρασικών ασβεστολίθων και στην Ν.Κασσάνδρα με μικρές εμφανίσεις Κρητιδικού ασβεστόλιθου (Συρίδης, 1990).

Μεταλικοί Σχηματισμοί:

ο Μολασσική Αύλακα Αξίου του Τριτογενούς

Το μεγαλύτερο μέρος της μολάσσας καλύπτεται σήμερα από της χερσαίες Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις της κοιλάδας του Αξίου και της ευρύτερης πεδιάδας της Θεσσαλονίκης. Στα νοτιότερα τμήματα της πεδιάδας τα μολασσικά ιζήματα εντοπίστηκαν και μάλιστα με μεγάλο πάχος στον υποθαλάσσιο χώρο του Θερμαϊού Κόλπου με γεωτρήσεις πετρελαίου που έγιναν στην Επανομή Θεσσαλονίκης.

Η ιζηματογένεση της αύλακας ήταν πολυφασική, μολασσική δηλαδή θαλάσσια, λιμναία και χερσαία. Αποτελείται από ψαμμίτες, μάργες, κροκαλοπαγή, λατυποπαγή και ασβεστόλιθους ηλικίας Ανώτερου Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου – Άνω Μειοκαίνου.

Αυτοί οι σχηματισμοί αποθέτονται ασύμφωνα πάνω στα πληγέντα από την πτύχωση παλαιότερα αλπικά στρώματα της Παιονίας ενώ έχουν υποστεί τα κατάλοιπα της συμπίεστικής τεκτονικής του Ανώτερου Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου. Πρόκειται επομένως για μια μολάσσα βραδυγεωσυγκλινική του τύπου των ενδοκοιλωμάτων.



Σχήμα 2.2.2 : Γεωλογικός χάρτης του Ι.Γ.Ε.Υ, Φύλλο χάρτη Επανομή, Κλίμακα 1:50000

ο Λεκάνη Αξιού-Θεσσαλονίκης του Νεογενούς-Τεταρτογενούς

Είναι λεκάνη-κοιλάδα μεγάλου πλάτους, διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ που εκτείνεται από τα ελληνοσκοπιανά σύνορα προς τη Θεσσαλονίκη και συνεχίζει στον Θερμαϊκό Κόλπο.

Μεγάλη εξάπλωση εμφανίζουν τα Νεογενή-Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης στην περιοχή ΝΑ της Θεσσαλονίκης στον κορμό της Χαλκιδικής και προς την χερσόνησο της Κασσάνδρας. Στην περιοχή αυτή και συγκεκριμένα στα υψώματα νότια της κοιλάδας του Ανθεμούντα, στην Επανομή και στον παραθαλάσσιο χώρο του Θερμαϊκού Κόλπου έχουν γίνει βαθιές γεωτρήσεις για την έρευνα πετρελαίου και φυσικού αερίου και διαπιστώθηκε η ασύμφωνη τοποθέτηση των νεογενών ιζημάτων της λεκάνης πάνω στα μολассικά ιζήματα της Αύλακας Αξιού. Ανάλογες εικόνες παρατηρούνται και στις επιφανειακές εμφανίσεις στην περιοχή ΝΑ της Θεσσαλονίκης όπου διαπιστώθηκαν μολассικά ιζήματα, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες (σχηματισμός Αντωνίου) ηλικίας Κάτω-Μέσο Μειοκαίνου καθώς και υπερκείμενα χερσαία ερυθροστρώματα (σχηματισμός Τρίγλιας) ηλικίας Άνω Μειοκαίνου και στη συνέχεια με ασυμφωνία πάνω σε αυτά ποταμολιμναία ιζήματα της λεκάνης Αξιού-Θεσσαλονίκης, δηλαδή άργιλοι, άμμοι, μαζώδεις ασβεστόλιθοι (σχηματισμός Γωνιάς) ηλικίας Πλειοκαίνου και ερυθροστρώματα Βιλλαφράγκιου (Μουντράκης, 2010, Συρίδης, 1990).

Σχηματισμός Μουδανιών

Σύμφωνα με τον Συρίδη 1990, τα Νεογενή-Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης μπορούν να διαχωριστούν στους εξής Σχηματισμούς, από τα κατώτερα προς τα ανώτερα:

- ο Σχηματισμός Αντωνίου
- ο Σχηματισμός Τρίγλιας

- Σχηματισμός Τριλόφου
- Σχηματισμός Γωνιάς
- Σχηματισμός Μουδανιών
- Σχηματισμός Ελαιοχωρίων

Συγκεκριμένα στην παράκτια περιοχή της Επανομής εμφανίζεται ο Σχηματισμός Μουδανιών, ο οποίος ονομάστηκε έτσι από τα Νέα Μουδανιά που είναι κτισμένα πάνω στα ιζήματά του.

Ο σχηματισμός είναι νεώτερος και καλύπτει το Σχηματισμό Γωνιάς, από τον οποίο διαχωρίζεται με επιφάνεια διάβρωσης. Κατά θέσεις καλύπτεται από τον νεώτερο Σχηματισμό Ελαιοχωρίων από τον οποίο επίσης διαχωρίζεται με επιφάνεια διάβρωσης.

Τα ιζήματά του έχουν ένα εκτιμώμενο πάχος 200m και εμφανίζονται σταδιακά στα ανατολικά του κύριου όγκου των ιζημάτων του Σχηματισμού Γωνιάς (νότιοι πρόποδες Κατσίκας, Νέα Σίλατα, Σωζόπολη) και καλύπτουν όλο το τμήμα του χαμηλού αναγλύφου νότια των δυτικών υπωρειών του Χολομώντα μέχρι το βόρειο τμήμα της Κασσάνδρας ενώ εμφανίσεις έχουμε και στην περιοχή Μεγάλου Εμβόλου-Μηχανιώνας.

Περιλαμβάνει ένα μεγάλο όγκο ερυθροστρωμάτων, τα οποία αποτελούνται από εναλλαγές φακών υπογωνιωδών κροκαλών, άμμων-ψαμμιτών με διασταυρούμενη στρώση και αμμούχων-ιλυούχων αργίλων. Ανεξάρτητα από την κοκκομετρική σύσταση του υλικού, όλα τα στρώματα-φακοί περιέχουν καστανέρυθρο λεπτόκοκκο υλικό, το οποίο δίνει ενιαίο χρωματισμό στα ιζήματα.

Παλαιογεωγραφία

Ο ευρύτερος χώρος του Βόρειου Αιγαίου στον οποίο εντάσσεται η μελετηθείσα περιοχή, θεωρείται μεταβατική περιοχή μεταξύ Τηθύος – Παρατηθύος. Η λεκάνη Αξιού – Θερμαϊκού αποτελεί μια Νεογενή τάφρο με ένα παχύ κάλυμμα ιζημάτων πάχους άνω των 4 χιλιομέτρων. Από στοιχεία γεωτρήσεων φαίνεται ότι η μεγαλύτερη βύθιση, με αντίστοιχα πάχη ιζημάτων, τοποθετείται στη δυτική πλευρά της λεκάνης, ενώ η υπό μελέτη περιοχή αποτελεί τμήμα του ανατολικού περιθωρίου της.

Ήδη από το Μεσοζωϊκό, η περιοχή Αξιού – Θερμαϊκού αποτελεί βαθειά θάλασσα, τμήμα της ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος με απόθεση των αντίστοιχων ιζημάτων της Υποζώνης Παιονίας. Στη γειτονία της εμφανίζονται αναδυμένες οι παλιές μάζες κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων της ελληνικής ενδοχώρας (Σερβομακεδονική Μάζα και Μάζα Ροδόπης), οι οποίες την τροφοδοτούν με κλαστικό υλικό. Κατά το τέλος Κρητιδικού ως Μέσο Ηώκαινο η περιοχή αναδύεται και χερσεύει. Μια έντονη τεκτονική φάση που αρχίζει κατά το Μέσο – Άνω Ηώκαινο προκαλεί την λεπίωση των πετρωμάτων, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται μια νεώτερη αύλακα (Αύλακα Αξιού), στην οποία αποτίθενται μεγάλη ποικιλία Άνω Ηώκαινικών – Κάτω Ολιγοκαινικών μολασσικών ιζημάτων. Μια συνεχόμενη «βραδεία» φάση τεκτονισμού, μετά το Κάτω Ολιγόκαινο και πριν το Μειόκαινο, επαναρηγματοώνει τα ήδη τεκτονισμένα ιζήματα.

Από παλαιογεωγραφική άποψη ο χώρος της δυτικής Χαλκιδικής – Κασσάνδρας αποτελεί τα ανατολικά περιθώρια της ευρύτερης λεκάνης Αξιού – Θερμαϊκού, η εξέλιξη της οποίας φαίνεται ότι ακολούθησε τις εξής 7 φάσεις:

1η φάση: Δημιουργία της ευρύτερης λεκάνης Αξιού – Θερμαϊκού λόγω τεκτονισμού (*Κάτω – Μέσο Μειόκαινο*)

2η φάση: Απόθεση μολασσικού τύπου ιζημάτων (*Κάτω – Μέσο Μειόκαινο έως Ανώτερο Μειόκαινο*)

3η φάση: Πρώτη χέρσευση στα ανατολικά της λεκάνης (*Βαλλέζιο – Κατώτερο Τουρόλιο*)

4η φάση: Δημιουργία υφάλμυρου λιμναίου περιβάλλοντος και απόθεση απολιθωματοφόρων ιζημάτων (*Ανώτατο Μειόκαινο*)

5η φάση: Δημιουργία ποταμολιμναίου περιβάλλοντος και απόθεση ανθρακικών ιζημάτων (*Πλειόκαινο*)

6η φάση: Δημιουργία χερσαίου περιβάλλοντος (*Βιλλαφράγκιο*)

7η φάση: Ρηγμάτωση της περιοχής και είσοδος της θάλασσας (*Κάτω – Μέσο Πλειστόκαινο έως σήμερα*) (Συρίδης, 1990).

2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται από υψηλή σεισμικότητα. Μάλιστα έχουν καταγραφεί ιστορικοί σεισμοί τις χρονιές 620, 667, 700, 1677, 1759, 1902, 1904, 1905, 1932 και 1968. Ο ιστορικός σεισμός του 1968 είχε μέγεθος 6.5.

Ο εφελκυσμός που παρατηρείται επιμέρους είναι:

- **ΔΒΔ-ΑΝΑ** κατά το Μειόκαινο. Οι τάσεις αυτές έδωσαν ρήγματα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ κανονικά με αριστερόστροφη συνιστώσα,

- **Α-Δ** με ρήγματα κανονικά διεύθυνσης Β-Ν των οποίων όμως ο ρόλος δεν είναι εξακριβωμένος. Τα ρήγματα αυτά εμφανίζονται επανενεργοποιημένα ως οριζόντιας μετατόπισης (Pavlidis S. Et al., 1988 από Ζερβοπούλου, 2010)

- **ΒΑ-ΝΔ** κατά το Πλειόκαινο – Κ. Πλειστόκαινο με ρήγματα ΒΔ-ΝΑ κανονικά, και

- **Β-Ν** με μικρές αποκλίσεις έχει από το Μέσο Πλειστόκαινο έως και σήμερα που δίνει ρήγματα Α-Δ με επαναδραστηριοποίηση παλαιότερων τα οποία εμφανίζουν οριζόντια συνιστώσα.

Άρα τα ενεργά ρήγματα που είναι δυνατόν να δράσουν σήμερα είναι τα κανονικά με διεύθυνση Α-Δ.

Ρήγμα Ανθεμούντα

Βρίσκεται νότια και νοτιοανατολικά της πόλης της Θεσσαλονίκης (απέχει περίπου 14 km), έχει γενική διεύθυνση Α-Δ και συνολικό μήκος 32 km περίπου. Το ρήγμα εκτείνεται από την θαλάσσια περιοχή βόρεια του Αγγελοχωρίου μέχρι και μετά το χωριό Γαλαρινός. Είναι κανονικό

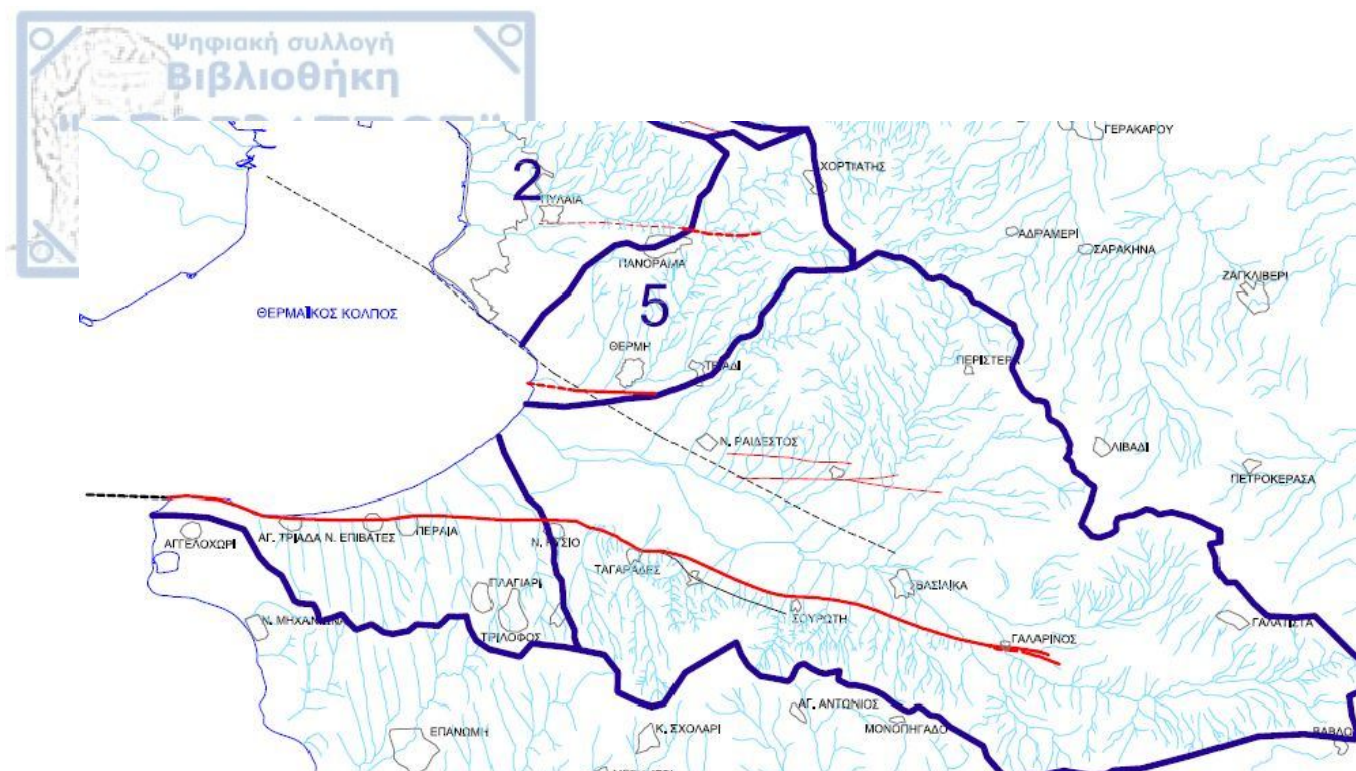
ρήγμα, με μετάπτωση προς Βόρεια. Χωρίζεται σε τρία τμήματα (segments) με βάση την παράταξή τους αλλά και την υποθετική επέκταση του ρήγματος προς την θαλάσσια περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου.

Σεισμικότητα

Το ρήγμα του Ανθεμούντα συνδέεται με μια σειρά μικροσεισμικών δονήσεων που συνέβησαν στην περιοχή το Φθινόπωρο του 1988 αλλά πιθανόν να συνδέεται και με τον σεισμό των Βασιλικών το 1677, με μέγεθος $M=6.2$, που καταγράφηκε στη Μονή Βλατάδων της Θεσσαλονίκης και κατάρσενε τα Βασιλικά αλλά και τα γύρω χωριά. Οι Παπαζάχος & Παπαζάχου 2003, τοποθετούν το επίκεντρο αυτού του σεισμού στα Βασιλικά (40.50B, 23.00A) στην περιοχή του Ανθεμούντα. Ενώ δεν υπάρχουν πληροφορίες αν και ο σεισμός του 1759 που έπληξε καταστροφικά την πόλη της Θεσσαλονίκης, οφειλόταν στο ρήγμα του Ανθεμούντα. Παράλληλα μικροσεισμικότητα ($M=1.7-2.2$ κατά τα έτη 2004, 2006, Κατάλογοι Σεισμών Α.Π.Θ.) εμφανίζεται και σε ένα υποτμήμα του ρήγματος, στην περιοχή της Περαιάς (Δ. Θερμαϊκού), όπου παρατηρήθηκαν και φαινόμενα ασεισμικής ολίσθησης.

Σεισμική Επικινδυνότητα

Το ρήγμα του Ανθεμούντα με συνολικό μήκος 32 km, σε πιθανή ενεργοποίηση όλου του ορατού μήκους του (παραλείπεται το υποθετικό τμήμα το οποίο αποτελεί συνέχεια του ρήγματος υποθαλάσσια και το μήκος του θα μπορούσε να είναι 3 km) από τον Γαλαρινό μέχρι και το Αγγελολώρι μπορούμε να περιμένουμε μέγεθος σεισμού μέχρι και $M=6.9$. Ενώ με την ενεργοποίηση επιμέρους μόνο τμημάτων του Γαλαρινός – Ν. Ρύσιο και Ν. Ρύσιο – Αγγελολώρι το μέγεθος του σεισμού μπορεί να είναι $M=6.5$. Ο ιστορικός σεισμός των Βασιλικών έδωσε μέγεθος $M=6.2$. Η μέση κατακόρυφη μετατόπιση φτάνει τα $MVD=174$ cm για την ενεργοποίηση όλου του ορατού μήκους του ρήγματος ενώ η μέση μετατόπιση τα $AD=79$ cm (Ζερβοπούλου, 2010).



Σχήμα 2.3.1 : Κύρια ρήγματα της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης-διακρίνεται στα νότια το ρήγμα του Ανθεμούντα (από Ζερβοπούλου, 2010)

2.4 ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ

Παλιρροιακό εύρος

Ως παλίρροια ορίζουμε τις διαδοχικές εναλλασσόμενες ανόδους και καθόδους του επιπέδου της θάλασσας σε σχέση με την ξηρά, οι οποίες δημιουργούνται από την βαρυτική έλξη που ασκούν η Σελήνη και ο Ήλιος στη Γη. Επιπρόσθετοι μη αστρονομικοί παράγοντες, όπως η μορφολογία των αβαθών παράκτιων περιοχών, το τοπικό βάθος του νερού στην ωκεάνια λεκάνη καθώς και άλλες υδρογραφικές και μετεωρολογικές επιδράσεις, παίζουν σημαντικό ρόλο στο εύρος, στο χρόνο άφιξης αλλά και στο ύψος της παλίρροιας σε μια περιοχή. Σε περιοχές με μικρό παλιρροιακό εύρος, όπως η Ελλάδα, οι μετεωρολογικοί παράγοντες μπορεί να έχουν διπλάσια ή τριπλάσια επίδραση από ότι η αστρονομική παλίρροια. Ένας άνεμος κάθετος στην ακτή, ένα βαρομετρικό υψηλό ή χαμηλό μπορεί να κάνουν τη στάθμη της θάλασσας στις περιοχές του Αιγαίου και του Ιονίου να μεταβληθεί περισσότερο από ένα μέτρο ενώ η αστρονομική παλίρροια δεν υπερβαίνει τα 30 εκατοστά (Αλμπανάκης, 1999). Το θαλάσσιο υποσύστημα του Θερμαϊκού μπορεί να χαρακτηριστεί ως μικροπαλιρροιακό (microtidal).

Μορφολογία του Θερμαϊκού Κόλπου

Ο Θερμαϊκός Κόλπος αποτελεί το ΒΔ ηπειρωτικό όριο του Βόρειου Αιγαίου που οδηγεί στη βαθιά λεκάνη των Σποράδων. Μορφολογικά περιλαμβάνει (Poulos & Drakopoulos, 2004 από Αγγελάκου, 2009):

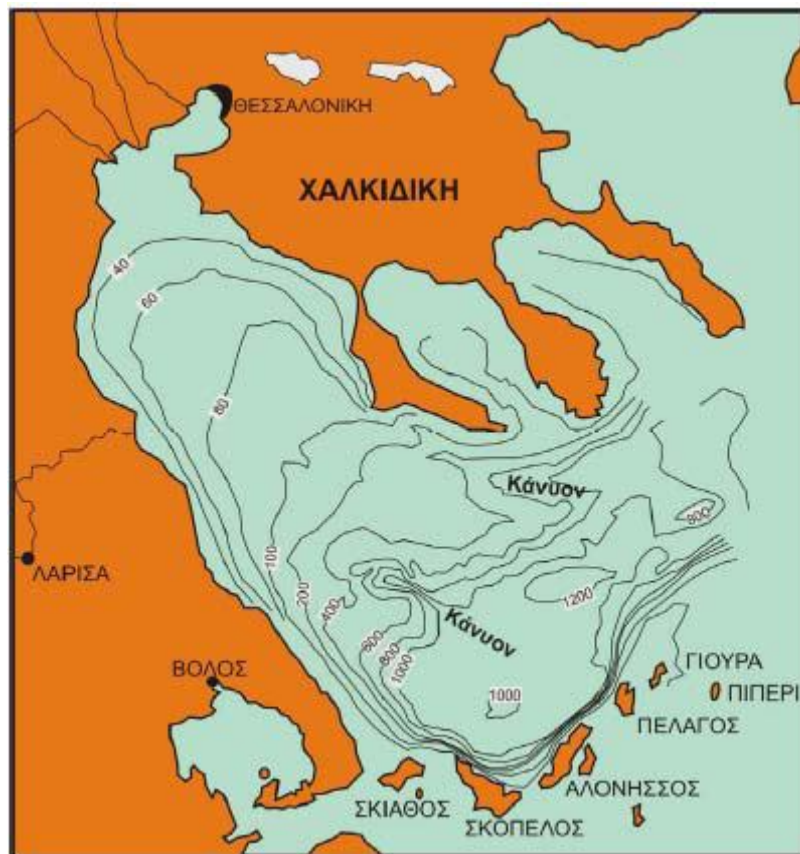
- Το ηπειρωτικό περιθώριο (υφαλοκρηπίδα), το οποίο είναι πλατύ και γίνεται βαθμιαία απότομο σε νερά βάθους 130-150 m.

- Την ηπειρωτική κατωφέρεια, η οποία είναι απότομη και φτάνει στην βαθιά λεκάνη των Σποράδων σε νερά βάθους 1.200 m, με ακανόνιστη μορφολογία λόγω της ύπαρξης δυο υποθαλάσσιων κώνων, ένα νοτιοδυτικά με προσανατολισμό ΑΒΑ-ΔΝΔ και ένα με γραμμή ανάπτυξης Δ-Α (Σχήμα 2.4.1).

Το πλατώ του Θερμαϊκού που εκτείνεται μέχρι την ισοβαθή των 200 m, περιλαμβάνει όλο το Θερμαϊκό κόλπο και καλύπτει έκταση 5.100 km² . Μπορεί να διακριθεί περαιτέρω (Poulos et al., 2000 από Αγγελάκου, 2009):

- Στο εσωτερικό ηπειρωτικό περιθώριο, με βάθη μικρότερα από 40m που περιλαμβάνει τον κόλπο της Θεσσαλονίκης και έχει έκταση 1.100 km².

- Στο εξωτερικό ηπειρωτικό περιθώριο (ανοιχτός Θερμαϊκός) με βάθη από 50-200 m και έκταση 4.000 km².



Σχήμα 2.4.1 : Βαθυμετρία του Θερμαϊκού Κόλπου (από Αλμπανάκης, 1999)

Μεταβολή της Μέσης Θαλάσσιας Στάθμης (Μ.Θ.Σ)

Ο Θερμαϊκός κόλπος αποτελεί αποδέκτη μεγάλων ποσοτήτων ιζημάτων, τα οποία μεταφέρονται από μεγάλα ποτάμια συστήματα που εκβάλουν στην δυτική πλευρά του κόλπου όπου και έχει σχηματιστεί μία ταχέως προωθούμενη δελταϊκή πεδιάδα με αντίστοιχο μεγάλο πάχος

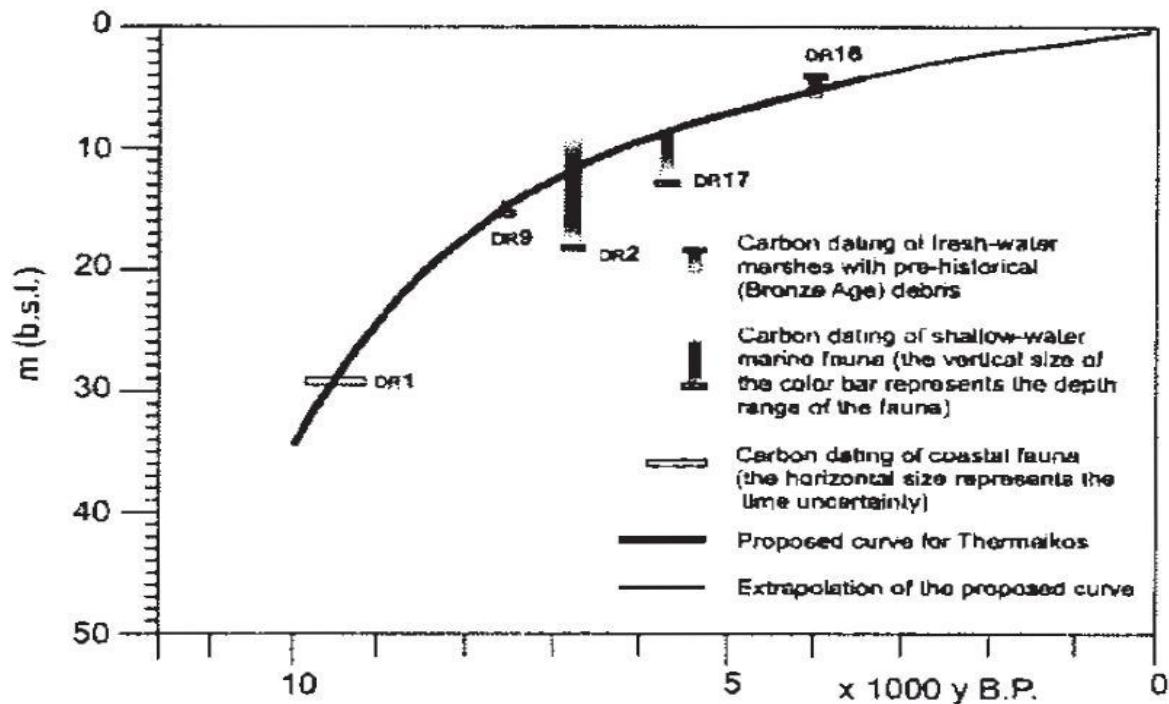
ολοκαινικών προδελταϊκών αποθέσεων. Αντίθετα, το ανατολικό τμήμα του κόλπου χαρακτηρίζεται από εναλλαγές διαβρωσιγενών και αποθετικών ακτών με σχηματισμό παράκτιων αναβαθμίδων και χαμηλών ακτών οι οποίες εγκλωβίζουν πίσω τους λιμνοθάλασσες και έλη. Μετά από την εφαρμογή του μοντέλου του Bruun για την ισορροπία του παράκτιου μορφολογικού προφίλ, στις ανατολικές ακτές του Θερμαϊκού φάνηκε ότι οι αναβαθμίδες υποχωρούν με ταχύτατο ρυθμό διάβρωσης ανταποκρινόμενες στην ολοκαινική συνεχή άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Ο μέσος ρυθμός διάβρωσης τα τελευταία 10000 χρόνια είναι περίπου 0,15 m/y, αλλά ο πρόσφατος ρυθμός διάβρωσης πρέπει να είναι μικρότερος, περίπου στο 0,10 m/y. Σημαντικό τμήμα της παράκτιας αρχαίας πόλης Αινείας, η οποία βρισκόταν κτισμένη επάνω στην αναβαθμίδα της Μηχανιώνας, πρέπει να έχει ήδη εξαφανιστεί. Οι σύγχρονες αποθετικές ακτές με τις λιμνοθάλασσες και τα έλη βρίσκονται σε ισορροπία με το μορφολογικό προφίλ του μοντέλου του Bruun και δεν διαβρώνονται. Οι ακτές αυτές βρίσκονται στους άξονες κοιλάδων και σήμερα προεξέχουν σαν ακρωτήρια γιατί δεν διαβρώνονται αλλά υποχωρούν με πολύ μικρότερο ρυθμό ανταποκρινόμενες στην εκάστοτε άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας. Η σημερινή μορφή της ακτογραμμής των ανατολικών ακτών του Θερμαϊκού, όπου οι χαμηλές ακτές προεξέχουν σαν ακρωτήρια οφείλεται στην πολύ μεγαλύτερη υποχώρηση, λόγω διάβρωσης, των υψηλών ακτών σε σχέση με τις χαμηλές όπου υπάρχει ισορροπία.

Η ανταπόκριση των ακτών στις διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας εξαρτάται από τον τύπο της ακτής (ακτές απόθεσης ή ακτές διάβρωσης) καθώς και από ένα σύνολο άλλων παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί συμπεριλαμβάνουν την λιθολογική σύσταση και την κλίση των παράκτιων στρωμάτων, στην περίπτωση των ακτών διάβρωσης, την ποσότητα των μεταφερόμενων ιζημάτων, την ύπαρξη ή όχι βλάστησης, το κυματικό καθεστώς, την παράκτια μορφοδυναμική συμπεριφορά καθώς και το τοπικό κλίμα και τις ευστατικές κινήσεις (Kommar, 1998 από Αλμπανάκης και συν., 2005). Το χρονικό εύρος μέσα στο οποίο οι γεωμορφολογικές μεταβολές έχουν ανταπόκριση στο παράκτιο περιβάλλον είναι πολύ μεγάλο και κυμαίνεται από μερικά δευτερόλεπτα έως και χιλιάδες χρόνια. Οι μεταβολές παροδικού ή εφήμερου χαρακτήρα (μικρής περιόδου) οφείλονται στην δυναμική των κυμάτων, στην παράκτια κυκλοφορία και σε μεγάλα επεισόδια καταιγίδων. Ενώ οι μεταβολές μεγάλης περιόδου οφείλονται στις μεγάλης κλίμακας κλιματικές αλλαγές και ευστατικές κινήσεις του επιπέδου της θάλασσας. (Αλμπανάκης και συν., 2005)

Το 2005 οι Vouvalidis et al., χρησιμοποιώντας δεδομένα από 17 γεωτρήσεις στον παράκτιο χώρο της Θεσσαλονίκης, πρότειναν την καμπύλη ανόδου της Μ.Θ.Σ στην ευρύτερη περιοχή για τα τελευταία 10000 χρόνια, η οποία παρατείνεται στο διάγραμμα του σχήματος 2.4.2. Τα αποτελέσματα της ραδιοχρονολόγησης από την ίδια εργασία, οδήγησαν στην κατασκευή μιας ομαλής και μη ταλαντευόμενης καμπύλης ανόδου που παρουσιάζει σημείο καμψής στα 6000 y.B.P

περίπου. Από εκεί και μετά ο ρυθμός ανόδου μειώνεται αφού στα 10000 y.B.P η Μ.Θ.Σ βρισκόταν 30 μέτρα χαμηλότερα από το σημερινό επίπεδο και ανήλθε απότομα στα -5 μέτρα με ένα μέσο ρυθμό ανόδου τα 4 m/1000 y (transgression). Τα τελευταία 4000 χρόνια ο ρυθμός αυτός μειώθηκε στο 1m/1000 y (highstand).

Σύμφωνα με την εργασία των Αλμπανάκη, Στύλλα, Βουβαλίδη, Συρίδη (2005), η υποχώρηση των ανατολικών ακτών του Θερμαϊκού είναι της τάξης των 1400 μέτρων περίπου για τα τελευταία



Σχήμα 2.4.2 : Καμπύλη μεταβολής Μέσης Θαλάσσιας Στάθμης για τις ακτές του Θερμαϊκού Κόλπου (Vouvalidis et al., 2005)

9500 χρόνια (για στάθμη της θάλασσας στα -30 μέτρα από το σημερινό επίπεδο), δίνοντας ένα ρυθμό περίπου 0,15 m/y. Ο ρυθμός αυτός πρέπει να ήταν πιο ταχύς στην αρχή και πιο ήπιος τα τελευταία 3-4 χιλιάδες χρόνια όπου υπάρχει επιβράδυνση του ρυθμού ανόδου της Μ.Θ.Σ. Με βάση το μοντέλο εξέλιξης των ακτών που προτάθηκε στην ίδια εργασία, το σημερινό ομαλό ανάγλυφο με την ήπια κλίση επεκτεινόταν ομαλά προς το εσωτερικό βύθισμα του Θερμαϊκού, το οποίο πιθανόν να είναι προϊόν τεκτονικής δράσης. Οι σημερινές κοιλάδες επίσης επεκτείνονταν προς το κέντρο του κόλπου. Η ολοκαινική άνοδος της Μ.Θ.Σ έφτασε στην περιοχή 9000 με 10000 χρόνια πριν και άρχισε να διαβρώνει σχηματίζοντας αναβαθμίδες. Εισήλθε επίσης και μέσα στις παλαιοκοιλάδες. Εκεί, οι χείμαρροι με μεγάλη στερεοπαροχή δημιούργησαν αποθέσεις ελαττώνοντας την κλίση και δημιουργώντας προφίλ ισορροπίας. Έτσι, στις παράκτιες περιοχές οι οποίες βρίσκονταν στους άξονες των μεγάλων ρεμάτων επήλθε ισορροπία. Ο ρυθμός υποχώρησής τους ήταν κατά πολύ μικρότερος από ότι στις περιοχές όπου δημιουργήθηκε αναβαθμίδα. Με τον καιρό, οι περιοχές

στους άξονες των κοιλάδων ανέπτυξαν εκτεταμένες χαμηλές ζώνες ακτών με λαγκούνες και έλη, συγκεντρώνοντας τα περισσότερα παράκτια ιζήματα από την διάβρωση των αναβαθμίδων και από τους υπόλοιπους χειμάρους.

2.5 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Ο λόγος που μας ενδιαφέρει το κλιματικό καθεστώς που επικρατεί στην περιοχή μας είναι ότι το κλίμα ασκεί μεγάλη επιρροή στο μέγεθος και στον αριθμό των ποταμών καθώς και στον συνολικό όγκο των ιζημάτων που καταλήγουν στην ακτή. Ακόμη, το κλίμα υποδεικνύει το είδος των φυτών, των θάμνων και των δέντρων που αποικίζουν τα φράγματα αλλά και το είδος της βλάστησης που βρίσκεται στο πίσω μέρος των φραγμάτων (Davis Jr. & Fitzgerald, 2004).

Ο δεύτερος λόγος έχει να κάνει με το υδρολογικό ισοζύγιο των λεκανών απορροής της περιοχής και συγκεκριμένα με την επιφανειακή απορροή (R), έναν από τους παράγοντες της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου ($P=I+R+E$). Οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι η θερμοκρασία, ο άνεμος και άλλοι παράγοντες που ρυθμίζουν την εξατμισιδιαπνοή και έμμεσα επιδρούν στην απορροή και κυρίως η βροχόπτωση (κατακρημνίσματα) που μπορεί να επιδρά με

- την ένταση
- την κατανομή μέσα στο υδρολογικό έτος
- το συνολικό ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (Σούλιος, 1986).

Το κλίμα είναι το σύνολο των ατμοσφαιρικών συνθηκών οι οποίες περικλύουν τη θερμότητα, την υγρασία και την κίνηση του αέρα μέσα σε μεγάλες χρονικές περιόδους και είναι ανεξάρτητο από οποιαδήποτε στιγμιαία κατάσταση (καιρός) (Μαχαίρας και Μπαλαφούτης, 1985).

Γενικά το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από μεσογειακό ως ημίξηρο ακριβώς επειδή βρίσκεται σε μια μεταβατική κλιματική ζώνη επιδεικνύοντας χαρακτηριστικά τόσο ηπειρωτικών όσο και μεσογειακών κλιμάτων.

Στην κλιματική κατάταξη κατά Köppen ανήκει στον κλιματικό τύπο **Csa** (Μεσογειακό κλίμα ενδοχώρας) που χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και ξηρά και πολύ θερμά καλοκαίρια. Συγκεκριμένα η βροχόπτωση του ξηρότερου μήνα είναι μικρότερη των 30 mm και μικρότερη του 1/3 του βροχομετρικού ύψους του υγρότερου μήνα (ξηρή περίοδος του έτους θεωρείται το θέρος) ενώ η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη των 22 βαθμών Κελσίου.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι της τάξης των 460 χιλιοστών περίπου ενώ οι χιονοπτώσεις είναι μεν σποραδικές αλλά λαμβάνουν χώρα κάθε χρόνο. Κατά τη διάρκεια των πιο ψυχρών χειμώνων η θερμοκρασία φτάνει ως τους -10°C (η χαμηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί είναι -14°C). Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι μέγιστες θερμοκρασίες είναι συνήθως πάνω από

τους 30°C αλλά σπάνια ξεπερνούν τους 40°C (η μέγιστη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί είναι 42°C). Ακόμη, οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες τα καλοκαίρια και λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια καταιγίδων.

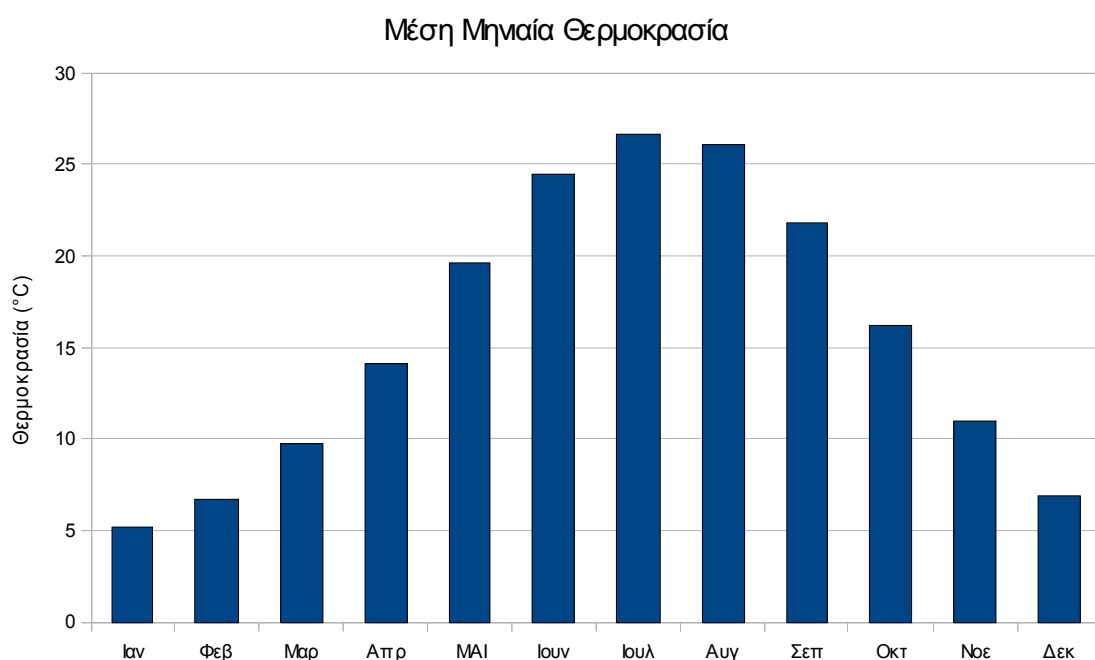
Τα δεδομένα προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ) στο αεροδρόμιο Θεσσαλονίκης στην Μίκρα και καλύπτουν μια περίοδο μελέτης ανάμεσα στο 1959 και το 1997. Ο σταθμός βρίσκεται σε υψόμετρο 4 μέτρων περίπου και γεωγραφικού μήκους 22°58' και γεωγραφικού πλάτους 40°31'. Το κύριο χαρακτηριστικό του σταθμού είναι ότι βρίσκεται κοντά την θάλασσα και μακριά από αστική περιοχή, συνεπώς οι συνθήκες που επικρατούν προσομοιάζουν με τις συνθήκες στον Πάλιουρα που βρίσκεται περίπου 13.5 χιλιόμετρα ΝΔ του αεροδρομίου. Συγκεκριμένα τα στοιχεία που δίνονται είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία βροχόπτωση και η μέση μηνιαία ένταση και διεύθυνση του ανέμου για την περίοδο καταγραφής.

Θερμοκρασία

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται, η μέση μηνιαία θερμοκρασία για την περίοδο καταγραφής (1959-1997). Από αυτές τις τιμές προκύπτει το διάγραμμα του σχήματος 2.5.1.

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Θερμοκρασία	5,2	6,7	9,7	14,2	19,6	24,4	26,6	26,0	21,8	16,2	11,0	6,9

Πίνακας 2.5.1 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία για το σταθμό της Μίκρας (1959 – 1997) (από την ιστοσελίδα της Ε.Μ.Υ)



Σχήμα 2.5.1 : Διάγραμμα κατανομής της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για το σταθμό της Μίκρας (1959 – 1997) (από την ιστοσελίδα της Ε.Μ.Υ)

Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία παραμένει όλο τον χρόνο πάνω από το μηδέν. Η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία παρατηρήθηκε τον Ιανουάριο και ήταν 1,3°C ενώ η μέγιστη μηνιαία κατά τον Ιούλιο και ήταν 31,5°C. Γενικά οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες παρατηρούνται κατά τους θερινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο ενώ οι ελάχιστες κατά τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο, όπως φαίνεται και στο ραβδόγραμμα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία υπολογίζεται αν προστεθούν οι μέσες ημερήσιες τιμές ενός μήνα και διαιρεθούν με το πλήθος των ημερών. Τέλος, το μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος είναι 21,4°C. Το μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος παριστάνει τη διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου (26,6°C) και ψυχρότερου (5,2°C) μήνα του χρόνου.

Βροχόπτωση

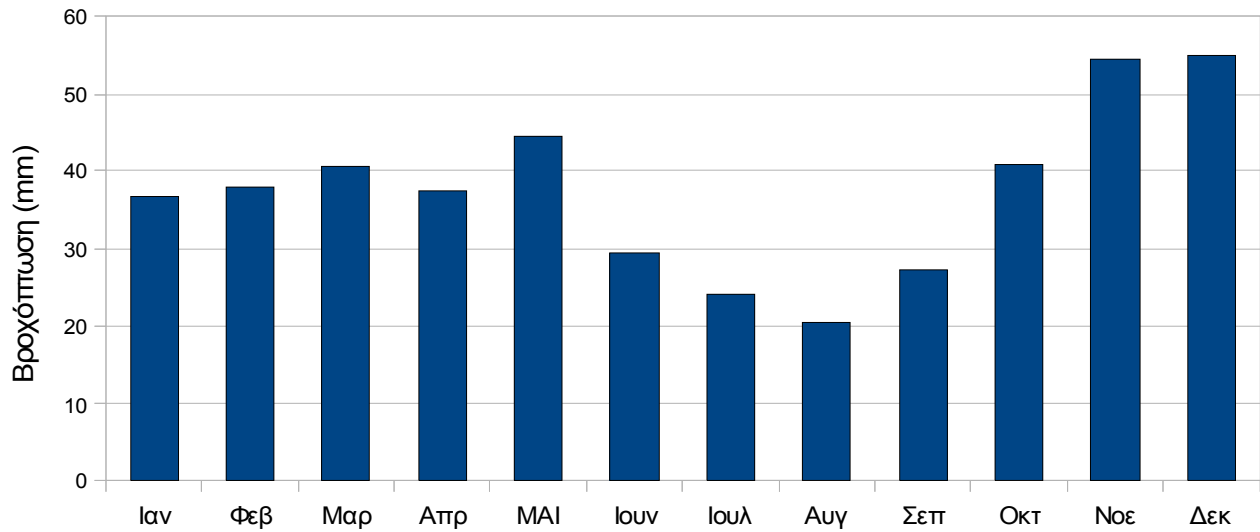
Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές των κατακρημνισμάτων σε χιλιοστά που καταγράφηκαν στο σταθμό της Μίκρας.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μέση Ετήσια Βροχόπτωση
Βροχόπτωση (mm)	36,8	38	40,6	37,5	44,4	29,6	23,9	20,4	27,4	40,8	54,4	54,9	448,7

Πίνακας 2.5.2 : Μέση μηνιαία βροχόπτωση για τον σταθμό της Μίκρας (1959 – 1997) (από την ιστοσελίδα της Ε.Μ.Υ)

Από τις τιμές του πίνακα προκύπτει το διάγραμμα της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης.

Σταθμός Μίκρας 1959-1997
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση

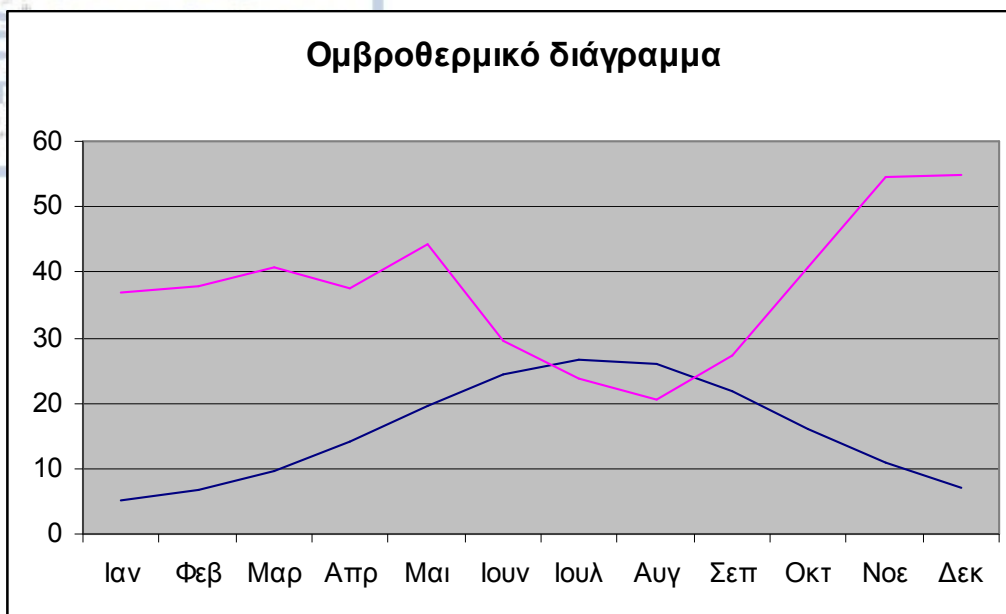


Σχήμα 2.5.2 : Διάγραμμα κατανομής της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για τον σταθμό της Μίκρας (1959 – 1997) (από την ιστοσελίδα της Ε.Μ.Υ)

Παρατηρούμε ότι οι υψηλότερες τιμές βροχής εμφανίζονται κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο ενώ οι ελάχιστες κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Το μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων ή ετήσιος βροχομετρικός δείκτης που είναι ο μέσος όρος των ετήσιων υψών κατακρημνισμάτων είναι 448,7 mm.

Η ετήσια πορεία της βροχής ή βροχομετρικό σύστημα μιας περιοχής αποτελεί θεμελιώδες κλιματικό στοιχείο. Στην περιοχή μας επικρατεί ο μεσογειακός τύπος βροχομετρικού συστήματος που παρουσιάζει ένα χειμερινό μέγιστο και ένα χαρακτηριστικό θερινό ελάχιστο βροχόπτωσης.

Παρακάτω παρουσιάζεται το ομβροθερμικό διάγραμμα που κατασκευάστηκε από την μέση μηνιαία θερμοκρασία και την μέση μηνιαία βροχόπτωση για τον σταθμό της Μίκρας. Παρατηρώντας τα σημεία τομής των δύο καμπυλών, βλέπουμε ότι από τα μέσα Ιουνίου έως τα μέσα του Σεπτεμβρίου εμφανίζονται υψηλές τιμές θερμοκρασίας και χαμηλές τιμές βροχόπτωσης, συνεπώς αυτή είναι η ξηρή περίοδος της περιοχής μας.



Σχήμα 2.5.3: Ομβροθερμικό διάγραμμα για τον σταθμό της Μίκρας (1959 – 1997) (από την ιστοσελίδα της Ε.Μ.Υ)

Άνεμος

Στον πίνακα παρουσιάζονται τόσο η μέση μηνιαία ένταση όσο και η μέση μηνιαία διεύθυνση των ανέμων που πνέουν στην περιοχή της Μίκρας.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ένταση(kt)	5,8	5,9	5,5	5,4	5,1	6	6,5	5,7	5,4	4,9	5	5,4
Διεύθυνση	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	Ν	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ

Πίνακας 2.5.3 : Μέσες μηνιαίες τιμές της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου για τον σταθμό της Μίκρας (1959 – 1997) (από την ιστοσελίδα της Ε.Μ.Υ)

Παρατηρούμε ότι η μέση ένταση των ανέμων είναι ισόποσα κατανομημένη καθ'όλη τη διάρκεια του έτους και γενικά δεν φτάνει σε μεγάλες τιμές – η μεγαλύτερη παρατηρείται τον Ιούλιο και είναι 6,5 kt. Η διεύθυνση των ανέμων παρουσιάζεται σχεδόν χωρίς καμία διαφοροποίηση μέσα στο έτος με βορειοδυτική συνιστώσα, εκτός από τον Αύγουστο που εμφανίζει νότια συνιστώσα.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Γεωμορφολογική χαρτογράφηση

Για την ενδελεχή μελέτη της περιοχής χαμηλού αναγλύφου, στα πέριξ της λαγκούνας του Πάλιουρα κρίθηκε σκόπιμη η χαρτογράφηση σε μεγαλύτερη κλίμακα και η απόδοσή της με την μορφή γεωμορφολογικού χάρτη. Η χαρτογράφηση των γεωμορφολογικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη σύνθεση στοιχείων που προήλθαν από σύνθεση δορυφορικών εικόνων του Εθνικού Κτηματολογίου και από επί τόπου παρατηρήσεις, στο προβολικό σύστημα Ε.Γ.Σ.Α 87', σε περιβάλλον GIS του προγράμματος ArcGIS v10. Χαρτογραφήθηκαν ακόμη η φυσική ακτογραμμή, οι ακτές (τύπου απόθεσης) καθώς και η ζώνη των παράκτιων θινών. Στον χώρο της λαγκούνας χαρτογραφήθηκαν οι λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις (πηλοί, άργιλοι), οι κοίτες του ρέματος που εκβάλει στον Πάλιουρα καθώς και οι ελώδης περιοχές με καλαμιώνες που δημιουργούνται από τα νερά που μεταφέρει το ρέμα.

Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής γύρω από την λαγκούνα έλαβε χώρα σε δύο περιόδους, το καλοκαίρι του 2010 και την άνοιξη του 2011 και περιελάμβανε τόσο επιτόπια έρευνα και καταγραφή όσο και λήψη φωτογραφιών. Ο εξοπλισμός που συνόδευε την υπαίθρια μελέτη ήταν ένα σημειωματάριο και μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή.

Σκοπός της χαρτογράφησης στο πεδίο ήταν η διαπίστωση και η καταγραφή του πλάτους του μετώπου της ακτής, του πλάτους των θινών αλλά και της βλάστησης που φύεται επάνω τους η οποία είναι δείκτης σταθερότητας, της εισόδου του γλυκού νερού στη λαγκούνα μέσω χειμάρρου που εκβάλει σε αυτήν καθώς και η ανάπτυξη καλαμιών και άλλης βλάστησης που αποδεικνύει την παρουσία γλυκού νερού, της παρουσίας ή μη παλιρροιακού δέλτα στην προς θάλασσα πλευρά της λαγκούνας, της επιφάνειας της λαγκούνας ανάλογα με την εποχή, η εύρεση κατάλληλου σημείου για την γεώτρηση, το μέγεθος της ανθρώπινης παρέμβασης, η γενικότερη χλωρίδα και πανίδα και τέλος την επόπτευση του υδρογραφικού δικτύου και της γενικότερης γεωμορφολογίας της περιοχής.

Αρχικά, την θερινή περίοδο του 2010, εποπτεύθηκαν ορισμένοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου ανατολικά του Πάλιουρα και κάθετα στον δρόμο που οδηγεί προς τα εκεί ενώ διαπιστώθηκε και η ομαλή κλίση οδεύοντας από τα ανάντη προς τα κατόντη. Στη συνέχεια βαδίσαμε κυκλικά γύρω από τη λαγκούνα και πάνω στις θίνες ψάχνοντας το σημείο της γεώτρησης. Τελικά, βαδίσαμε πάνω στο έδαφος της λαγκούνας και έπειτα στον αυχένα της παραλίας.

Στη συνέχεια, την εαρινή περίοδο του 2011, βαδίσαμε πάλι κυκλικά γύρω από τη λαγκούνα ξεκινώντας από την βόρεια πλευρά της και στη συνέχεια ελέγξαμε την περιοχή κατά μήκος της παραλίας, κατά μήκος των θινών και κατά μήκος της όχθης της λαγκούνας καθώς ήταν γεμάτη με νερό λαμβάνοντας ταυτόχρονα φωτογραφίες.

3.2 Γεώτρηση

Η γεώτρηση στα ιζήματα της λαγκούνας έλαβε χώρα κατά την θερινή περίοδο του 2010 και σε αυτήν συνέβαλλαν οι καθηγητές κκ Συρίδης Γεώργιος και Αλμπανάκης Κωνσταντίνος, οι οποίοι βοήθησαν ουσιαστικά με τις γνώσεις και την οργάνωσή τους, καθώς και οι υποψήφιοι διδάκτορες του Α.Π.Θ κ Πέννος Χρήστος και κα Πεχλιβανίδου Σοφία.

Ο σκοπός της γεώτρησης ήταν η λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων και η συγκέντρωση στοιχείων σχετικά με την λιθοστρωματογραφική διάρθρωση των ιζημάτων με τελικό στόχο τον προσδιορισμό της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης της λιμνοθάλασσας.

Για την εκπλήρωση της γεώτρησης χρησιμοποιήσαμε κρουστικό, βενζινοκίνητο, δειγματοληπτικό γεωτρύπανο. Ακόμη, στον εξοπλισμό περιλαμβάνονται ο μεταλλικός δειγματολήπτης, η κεφαλή του, το καλαθάκι, τα μεταλλικά στελέχη, ο υδραυλικός εξολκέας, άδειες πλαστικές σωλήνες, μεταλλικά στηρίγματα, γαλλικά κλειδιά καθώς και μέσα αποθήκευσης και καθαρισμού. Το σύνολο του εξοπλισμού φορτώνεται και ξεφορτώνεται με ευκολία από το τρέιλερ του αυτοκινήτου, γεγονός που συγκαταλέγεται στα πλεονεκτήματα της μεθόδου δειγματοληψίας.



Εικόνα 3.2.1 : Ο εξοπλισμός της γεώτρησης, διακρίνεται ο υδραυλικός εξολκέας στα αριστερά και ο μεταλλικός δειγματολήπτης πάνω στα στηρίγματα

Αρχικά, τοποθετείται μέσα στον δειγματολήπτη μια άδεια πλαστική σωλήνα μήκους 1 μέτρου και διαμέτρου 5 εκατοστών. Έπειτα κοχλιώνεται η κεφαλή του δειγματολήπτη μαζί με το καλαθάκι στο εσωτερικό της και όλη η κατασκευή προσαρτάται στο γεωτρύπανο. Στη συνέχεια και αφού ο χειριστής το φέρει σε απόλυτα κάθετη θέση ξεκινά τη διάτρηση των ιζημάτων ώσπου να έχει εισαχθεί ολόκληρος ο δειγματολήπτης μέσα στο έδαφος. Για την εξαγωγή του χρησιμοποιείται ένας υδραυλικός εξολκέας ο οποίος τροφοδοτείται από βενζινοκίνητο κινητήρα στο τρέιλερ.

Αφού εξαχθεί ο δειγματολήπτης τοποθετείται επάνω σε ειδικά μεταλλικά στηρίγματα και με τη βοήθεια γαλλικών κλειδιών ξεβιδώνεται η κεφαλή του, συλλέγεται το ίζημα που έχει απομείνει μέσα της ενώ στη συνέχεια εξάγεται και το καλαθάκι όπου επίσης συλλέγεται το εναπομείνων ίζημα. Κατόπιν, εξάγεται η πλαστική σωλήνα, τοποθετούνται πλαστικά πώματα στο πάνω και κάτω μέρος της, καθαρίζεται από την λάσπη εξωτερικά, σημειώνεται με μαρκαδόρο ο κωδικός της γεώτρησης, το βάθος που βρισκόμαστε και βέλος που δείχνει προς τα κάτω για προσανατολισμό και τελικά το δείγμα αποθηκεύεται.

Για το επόμενο μέτρο δειγματοληψίας, κοχλιώνεται στον δειγματολήπτη ένα μεταλλικό στέλεχος μήκους ενός μέτρου, το οποίο προσαρτάται στο γεωτρύπανο. Έπειτα ακολουθούνται τα ίδια βήματα που περιγράφονται στις 2 πιο πάνω παραγράφους. Η διαδικασία συνεχίζεται και για τα επόμενα μέτρα μέχρι να φτάσουμε στο στρώμα των ερυθροστρωμάτων.

Εργαστηριακή επεξεργασία των δειγμάτων της γεώτρησης

Με την παραπάνω διαδικασία λάβαμε 9 αδιατάρακτα δείγματα ιζημάτων μήκους 1 μέτρου το κάθε ένα, τα οποία μεταφέρθηκαν στο τμήμα Γεωλογίας για περαιτέρω επεξεργασία.

Κατά το φθινόπωρο του 2010 έλαβε χώρα η διάνοιξη των πυρήνων δειγματοληψίας και η περιγραφή τους σε ειδικό χώρο του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας.

Οι σωλήνες που περιέχουν τα δείγματα κόπηκαν εγκάρσια με την βοήθεια ηλεκτρικού τροχού. Ακολούθησε η περιγραφή του κάθε μέτρου ξεχωριστά, μια διαδικασία που περιλάμβανε καταγραφή της λιθολογίας, προσδιορισμό του χρώματος του ιζήματος σε φυσική υγρασία σύμφωνα με την χρωματική κλίμακα Munsell, καταγραφή της παλαιοπανίδας και των μορφολογικών, ιζηματολογικών και λοιπών χαρακτηριστικών. Ακόμη, μετρήθηκε το ποσοστό της συμπίεσης που υπέστη το υλικό κατά την γεώτρηση με σκοπό να μετατραπεί το *βάθος πυρήνα* σε πραγματικό *βάθος δειγματοληψίας*. Με γνωστό το ποσοστό συμπίεσης του υλικού στους πυρήνες της γεώτρησης, έγινε αναγωγή του βάθους δειγματοληψίας, στο πραγματικό τους βάθος.

Στη συνέχεια, το κάθε ανοιγμένο δείγμα φωτογραφίζεται από κοντινή απόσταση ανά λίγα εκατοστά, ενώ λαμβάνονται και δείγματα οστράκων για περαιτέρω μελέτη. Τελικά και τα 9 δείγματα διατάσσονται το ένα δίπλα στο άλλο μαζί με τις ενδεικτικές τους καρτέλες και φωτογραφίζονται ομαδικά (Εικόνα 3.2.2) πριν συσκευαστούν το κάθε ένα ξεχωριστά σε πλαστική συσκευασία και αποθηκευτούν σε ειδικό χώρο του Πανεπιστημίου.

Ακόμη, καταρτίστηκε ένας πίνακας ταξινόμησης της παλαιοπανίδας ανάλογα με το περιβάλλον διαβίωσης του κάθε οργανισμού (υφάλμυρο, ευρύαλο, θαλάσσιο). Σύμφωνα με τον Verhoeven (1980) (από Δημητράκο, 2009), η υδρόβια πανίδα που ζει σε υφάλμυρα νερά, όπως είναι αυτά μιας λαγκούνας, μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρεις ξεχωριστές ομάδες σύμφωνα με την προέλευσή της και τις περιοχές κατανομής της σε ένα θαλάσσιο - λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον. Είδη που κατανέμονται κυρίως στα γλυκά νερά αλλά δείχνουν έναν κάποιο βαθμό ανοχής στην αύξηση της αλατότητάς τους καλούνται «ευρύαλη πανίδα γλυκού νερού» (euryhaline). Αντίθετα, είδη που προέρχονται από ένα θαλάσσιο περιβάλλον διαβίωσης, αλλά μπορούν να ανεχτούν ως ένα βαθμό



Εικόνα 3.2.2 : Οι 9 πυρήνες της γεώτρησης διαταγμένοι σε σειρά για φωτογράφιση

τη μείωση της αλατότητας του νερού και να προσαρμοστούν, καλούνται «ευρύαλη θαλάσσια πανίδα». Τέλος, τα είδη που διαβιώνουν αποκλειστικά στα υφάλμυρα νερά καλούνται «υφάλμυρη πανίδα».

3.3 Ανάλυση υδρογραφικού δικτύου

Εισαγωγή

Η στοιχειώδης μονάδα διάβρωσης από το ρέον ύδωρ είναι ο χείμαρρος, ο οποίος μορφολογικά διακρίνεται σε τρεις περιοχές που αντιστοιχούν στα τρία διαφορετικά στάδια δυναμικής δράσης:

	Μορφολογικά	Δυναμικά
1.	Λεκάνη απορροής	Στάδιο διάβρωσης
2.	Κοίτη ροής	Στάδιο μεταφοράς
3.	Κώνος προσχώσεων	Στάδιο απόθεσης

Πίνακας 3.3.1 : Διαχωρισμός της περιοχής δράσης του νερού

Λεκάνη απορροής είναι εκείνη η περιοχή, η οποία αποστραγγίζεται από ένα σύστημα ρεμάτων, δηλαδή εκείνη η ζώνη της επιφάνειας της οποίας τα ύδατα συγκεντρώνονται στα χαμηλότερα σημεία ώστε να δημιουργήσουν ένα ρέμα. Βέβαια, κάθε ρέμα φέρει την δικιά του λεκάνη απορροής, η οποία καθορίζεται από το ανάγλυφο της επιφάνειας.

Υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής θεωρείται το σύνολο των ρυακίων, χειμάρρων, παραποτάμων και ποταμών τα οποία αυλακώνουν και αποστραγγίζουν την περιοχή αυτή. Τα υδρογραφικά δίκτυα εμφανίζονται υπό διάφορες μορφές καθώς εξαρτώνται από έναν συνδυασμό των γεωλογικών και κλιματικών στοιχείων της κάθε περιοχής.

Ως υδροκριτική γραμμή ή υδροκρίτης ορίζεται η νοητή γραμμή που συνδέει τα υψηλότερα σημεία των υψωμάτων της επιφάνειας και διαχωρίζει τη ροή των όμβριων υδάτων κατά τις δύο πλευρές των υψωμάτων αυτών (δηλαδή διαχωρίζει δύο γειτονικές λεκάνες απορροής). (Σωτηριάδης και Ψιλοβίκος, 1984)

Αρίθμηση των υδρογραφικών δικτύων

Στην μελέτη του υδρογραφικού δικτύου περιλαμβάνεται τόσο η ποιοτική όσο και η ποσοτική ανάλυσή του. Η ποιοτική ανάλυση πραγματοποιείται με τον καθορισμό της μορφής του δικτύου, η οποία ελέγχεται από διάφορους παράγοντες κυρίως όμως από την γεωλογική και την τεκτονική δομή της περιοχής καθώς και από τις κλιματικές συνθήκες. Ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου ορίζεται η μαθηματική – αριθμητική έκφραση των μορφολογικών χαρακτηριστικών του. Η ποσοτική ανάλυση παρέχει την δυνατότητα συγκρίσεων μεταξύ των δομικών στοιχείων ενός υδρογραφικού δικτύου, δηλαδή των κλάδων του, των λεκανών απορροής του και των μεσολεκανωδών περιοχών. Επίσης, η ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου βοηθάει στον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, στην πρόβλεψη της εξέλιξης και στον προσδιορισμό της υδρολογικής συμπεριφοράς των υδρογραφικών δικτύων. Για να γίνει η ποσοτική ανάλυση ενός υδρογραφικού δικτύου θα πρέπει πρώτα να καθοριστεί μια σχέση μεταξύ των

κλάδων του δικτύου, η οποία θα βασίζεται στη διαφορά του μεγέθους και της θέσης του κάθε κλάδου ως προς τους υπόλοιπους κλάδους.

Οι επιστήμονες, από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα, θέσπισαν κανόνες και νόμους που καθορίζουν τη σχέση μεταξύ των κλάδων και των λεκανών ενός δικτύου. Η ύπαρξη μεγάλων κεντρικών κλάδων, μικρότερων δευτερευόντων και ακόμη μικρότερων παρακλάδων ενός δικτύου, έδωσε αφορμή στον Horton, το 1945, να αριθμήσει το υδρογραφικό δίκτυο και να κατατάξει τους κλάδους του σε τάξεις.

Ακολουθώντας τον Horton, ο Strahler το 1952 πρότεινε μια νέα μέθοδο αρίθμησης. Ο Strahler θεώρησε ότι τα ρέματα που δεν δέχονται τα νερά μικρότερων κλάδων ρεμάτων ονομάζονται 1^{ης} τάξης. Σύνδεση δύο κλάδων 1^{ης} τάξης δημιουργεί ένα ρέμα 2^{ης} τάξης. Σύνδεση δύο κλάδων 2^{ης} τάξης δημιουργεί ένα ρέμα 3^{ης} τάξης και ούτω καθεξής. Στην περίπτωση που συνδέονται δύο κλάδοι διαφορετικής τάξης, ο νέος κλάδος που προκύπτει έχει την τάξη του μεγαλύτερου από τους δύο συμβαλλόμενους κλάδους. Η μέθοδος του Strahler θεωρείται η πλέον ορθόδοξη για να ερμηνεύσει τους νόμους της υδρογραφικής σύνθεσης. Για την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου που βρίσκεται στα ανατολικά του Πάλιουρα χρησιμοποιήθηκε η αρίθμηση κατά Strahler. Επίσης η αρίθμηση των λεκανών απορροής του κάθε κλάδου του υδρογραφικού δικτύου, ακολουθεί την αρίθμηση των κλάδων κατά Strahler. Έτσι, οι λεκάνες απορροής των κλάδων πρώτης, δεύτερης, τρίτης κτλ τάξης, ονομάζονται αντίστοιχα λεκάνες πρώτης, δεύτερης, τρίτης κτλ τάξης. Οι μεσολεκανώδεις περιοχές θεωρείται ότι ανήκουν σε λεκάνες μεγαλύτερες των συμβαλλόμενων τάξεων.

Η ποσοτική ανάλυση ενός υδρογραφικού συστήματος (δικτύου – λεκανών) προϋποθέτει την μέτρηση ορισμένων μορφομετρικών ιδιοτήτων του συστήματος και τον καθορισμό των αντίστοιχων μορφολογικών παραμέτρων του.

Οι παράμετροι αυτές είναι δυνατόν να αναπτύσσονται κατά μία, δύο ή και τρεις διαστάσεις ενώ ο αριθμός τους είναι πολύ μεγάλος (Σωτηριάδης και Ψιλοβίκος, 1984). Στον Πίνακα δίνονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία καθώς και τα σύμβολά τους ή και οι μαθηματικοί τύποι υπολογισμού τους και οι διαστάσεις τους.

Παράμετροι	Σύμβολα - Τύποι	Διαστάσεις
<i>Υδρογραφικό Δίκτυο</i>		
Τάξη κλάδου	u	-
Αριθμός κλάδων τάξης u	N_u	-
Συνολικός αριθμός κλάδων εντός λεκάνης τάξης u	ΣN_u	-
Συνολικό μήκος κλάδων τάξης u	L_u	Km
Συνολικό μήκος κλάδων εντός λεκάνης τάξης u	$\Sigma L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_u$	Km
<i>Γεωμετρία λεκανών</i>		
Εμβαδόν λεκάνης τάξης u	A_u	Km ²
Περίμετρος λεκάνης	P	Km
Υδρογραφική πυκνότητα	$D_u = \Sigma L_u / A_u$	Km ⁻¹
Υδρογραφική συχνότητα	$F_u = \Sigma N_u / A_u$	Km ⁻²
Κυκλικότητα	$C_u = 4\pi A_u / P^2$	-

Πίνακας 3.3.2 : Μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικών δικτύων και λεκανών απορροής

Οι περισσότερες παράμετροι που αναφέρονται υπολογίστηκαν αυτόματα από το πρόγραμμα Global Mapper 12 εκτός από τις υδρογραφική πυκνότητα, υδρογραφική συχνότητα και κυκλικότητα που υπολογίστηκαν γραφικά.

Εφ'όσον δεχτούμε την ύπαρξη γεωμετρικής ομοιότητας μεταξύ των στοιχείων των λεκανών απορροής, τότε η υδρογραφική πυκνότητα θα πρέπει να είναι μια παράμετρος με την ίδια ομοιότητα. Ως υδρογραφική πυκνότητα D_u ορίζουμε τον λόγο του συνολικού μήκους όλων των κλάδων του δικτύου μιας αυτοτελούς λεκάνης απορροής, δια του εμβαδού της λεκάνης αυτής, δηλαδή $D_u = \Sigma L_u / A_u$ (σε km⁻¹).

Οι τιμές που μπορεί να πάρει η υδρογραφική πυκνότητα ποικίλλουν εντός ευρέων ορίων. Έτσι, διακρίνετε σε χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα για τιμές από 3 ως 4, μέση υδρογραφική

πυκνότητα για τιμές από 8 ως 16 και υψηλή υδρογραφική πυκνότητα για τιμές από 30 ως 50. Σε περιοχές που αποτελούνται από σκληρά πετρώματα και καλύπτονται από πυκνή βλάστηση, η υδρογραφική πυκνότητα είναι χαμηλή. Σε περιοχές που αποτελούνται από μαλακά πετρώματα και καλύπτονται από πυκνή βλάστηση, η υδρογραφική πυκνότητα έχει μέσες τιμές. Υψηλές τιμές υδρογραφικής πυκνότητας παρατηρούνται σε περιοχές που αποτελούνται από ιζηματογενείς σχηματισμούς, στερούνται φυτικής κάλυψης και έχουν υψηλό ανάγλυφο. Ακόμη, η υδρογραφική πυκνότητα αυξάνεται όσο πιο νέα είναι η τεκτονική δραστηριότητα σε μια περιοχή.

Η υδρογραφική συχνότητα ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού αριθμού των κλάδων μιας λεκάνης απορροής δια του εμβαδού της λεκάνης αυτής, δηλαδή $F_u = \Sigma N_u / A_u$ (σε km^{-2}). Η διαμόρφωση του μεγέθους της υδρογραφικής πυκνότητας εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που εξαρτάται και η υδρογραφική συχνότητα, δηλαδή από το είδος των γεωλογικών δομών, από το κλίμα και από τη βλάστηση.

Ως κυκλικότητα C_u μιας λεκάνης απορροής ορίζεται το πηλίκο του εμβαδού A_u της λεκάνης προς την περίμετρό της P και υπολογίζεται από τον τύπο $C_u = 4\pi A_u / P_u^2$. Η κυκλικότητα είναι μια παράμετρος που χαρακτηρίζει τη μορφή και το σχήμα που έχει αποκτήσει μια λεκάνη λόγω της δράσης του νερού. Συνεπώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια ποσοτική παράμετρος ώστε να διακριθούν μεταξύ τους λεκάνες που έχουν υποστεί ανύψωση ή όχι. Οι τιμές που μπορεί να λάβει η παράμετρος της κυκλικότητας είναι από 0 έως 1. Τιμές κοντά στο 1 δείχνουν κυκλικές λεκάνες που είναι αποτέλεσμα μακρόχρονης δράσης του ρέοντος νερού και ασθενούς τεκτονικής δραστηριότητας. Τιμές που τείνουν στο 0 δείχνουν επιμήκεις λεκάνες, με προσανατολισμένη διεύθυνση ροής, αποτέλεσμα πρόσφατης τεκτονικής δράσης.

Για την εξαγωγή των παραγόντων και των χαρακτηριστικών που αναφέρθηκαν, πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των αντίστοιχων λεκανών απορροής, με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Global Mapper v.12. Η ψηφιοποίηση έγινε στον τοπογραφικό χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ), φύλλο Επανομή και κλίμακας 1:50000.

Το σύνολο των τριγωνομετρικών σημείων της χώρας με τις γεωδαιτικές τους συντεταγμένες (ϕ , λ) και το υψόμετρό τους (H) ορίζουν το Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Γ.Σ.Α ή datum) στο οποίο γίνεται εξάρτηση των γεωδαιτικών και χαρτογραφικών εργασιών. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το προβολικό σύστημα **ΕΓΣΑ'87** (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 87 ή GGRS'87), το οποίο είναι το πιο πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα (Αστάρας, Βουβαλίδης, Οικονομίδης, 2005).

3.4 Ανάλυση Μορφολογικού Αναγλύφου

Για την μελέτη των λεκανών που γειτνιάζουν με την λαγκούνα του Πάλιουρα και την

εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στις γεωμορφολογικές εκείνες διαδικασίες που διαμόρφωσαν το επιφανειακό ανάγλυφο, πραγματοποιήθηκε ανάλυση του αναγλύφου με τη χρήση υψομετρικών δεδομένων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου ή digital elevation model (D.E.M) το οποίο προέκυψε από δεδομένα του προγράμματος Shuttle Radar Topography Mission (S.R.T.M) της NASA. Το πρόγραμμα αυτό, παράγει ψηφιακά τοπογραφικά δεδομένα σαρώνοντας σχεδόν ολόκληρη την επιφάνεια του πλανήτη μας με βήμα περίπου 90 μέτρα.

Στη συνέχεια, με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος ArcGIS 10 πραγματοποιήθηκε ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου με την δημιουργία χάρτη υψομέτρων, ενώ παράλληλα αναλύθηκε και η πρώτη παράγωγος του υψομέτρου με αποτέλεσμα τη δημιουργία χάρτη κλίσεων.

Ταξινόμηση αναγλύφου

Με σκοπό να χαρακτηριστεί το ανάγλυφο που παρατηρείται στην περιοχή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ταξινόμησης των υψομέτρων που προτείνει ο Dikau, 1989. Σύμφωνα με την ταξινόμηση αυτή, μια περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ανάλογα με το απόλυτο υψόμετρο που παρουσιάζει.

Απόλυτο υψόμετρο	Χαρακτηρισμός περιοχής
< 150 m	Πεδινή
150 – 600 m	Λοφώδης
600 – 900 m	Ημιορεινή
> 900 m	Ορεινή

Πίνακας 3.4.1 : Ταξινόμηση αναγλύφου κατά Dikau, 1989 (από Πέννος, 2009)

Χρησιμοποιώντας τους χαρακτηρισμούς του Πίνακα 3.4.1 και το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (D.E.M), κατασκευάστηκε ο χάρτης υψομέτρων για τις λεκάνες της περιοχής.

Κλίση αναγλύφου

Μια σημαντική παράμετρος για την περαιτέρω ανάλυση του αναγλύφου μιας περιοχής, αποτελεί η κλίση του αναγλύφου. Η κλίση του αναγλύφου είναι μία παράμετρος σύμφωνα με την οποία μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τον βαθμό διάβρωσης που συντελείται στη συγκεκριμένη περιοχή. Για την ταξινόμηση των κλίσεων των λεκανών χρησιμοποιήθηκε το σύστημα ταξινόμησης που πρότεινε ο Demek το 1972 και που χρησιμοποιείται επίσης από την Διεθνή Γεωγραφική Εταιρία (International Geographical Union - I.G.U). Σύμφωνα με την ταξινόμηση αυτή, οι κλίσεις του αναγλύφου χωρίστηκαν σε έξι ομάδες οι οποίες χαρακτηρίζουν διαφορετικές επιφάνειες καθώς και διαφορετικό βαθμό διάβρωσής τους.

Έτσι, τιμές κλίσεων από 0° έως 2° αντιπροσωπεύουν ένα ανάγλυφο επίπεδο έως ελαφρά

κεκλιμένο και έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος. Αυτό το εύρος κλίσεων προσφέρει τις καλύτερες συνθήκες για την καλλιέργεια εκτάσεων καθώς και για την δημιουργία οποιουδήποτε τύπου ανθρώπινης κατασκευής (δρόμοι, κτήρια κτλ).

Τιμές κλίσεων από 2° έως 5° δείχνουν ένα ελαφρά κεκλιμένο ανάγλυφο, διάβρωση τύπου καλύμματος και έναρξη αυλακωτής διάβρωσης. Στις περιοχές που εμφανίζονται τέτοιες τιμές κλίσεων ευνοείται η κατασκευή οικοδομημάτων ενώ οι καλλιέργειες πρέπει να γίνονται κάθετα στην κλίση που εμφανίζουν.

Εύρος κλίσεων από 5° έως 15° δείχνουν ένα ισχυρά κεκλιμένο ανάγλυφο, όπου λαμβάνουν χώρα κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή διάβρωση. Στις κλίσεις αυτής της τάξης παρατηρούνται σημαντικές δυσκολίες στην κατασκευή υποδομών καθώς και στην καλλιέργεια των εδαφών.

Κλίσεις από 15° έως 35° αντιπροσωπεύουν ένα απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο όπου παρατηρούνται έντονες διεργασίες απογύμνωσης, ερπυσμοί εδαφών, λασπορροές καθώς επίσης και έντονη αυλακωτή ή γραμμική διάβρωση. Στις κλίσεις αυτές παρατηρούνται ελάχιστες ανθρώπινες κατασκευές.

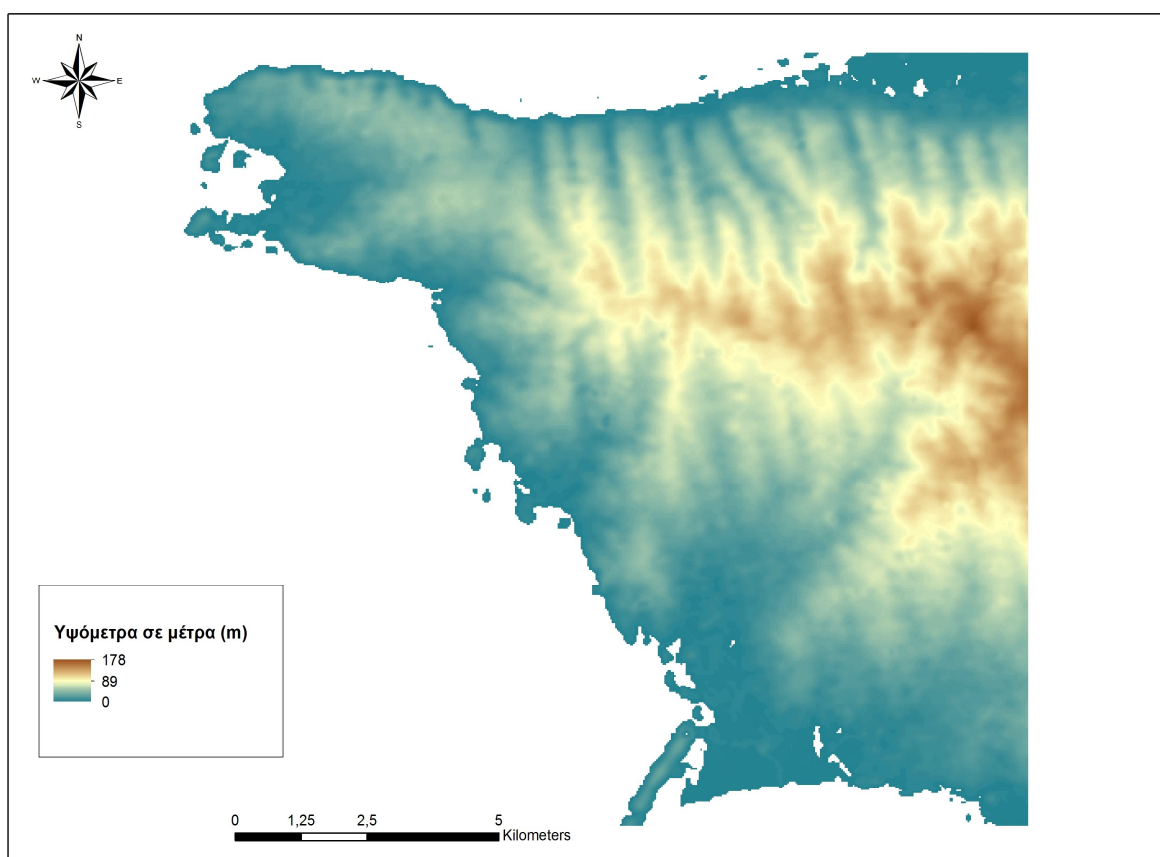
Τιμές κλίσεων από 35° έως 55° δείχνουν ένα απότομο ανάγλυφο όπου εμφανίζεται ένα λεπτό, ασυνεχές στρώμα εδάφους και έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος.

Τέλος, τιμές κλίσεων μεγαλύτερες από 55° φανερώνουν ένα κάθετο ανάγλυφο, απουσία εδάφους, απογύμνωση πετρωμάτων καθώς και κατάρρευση βράχων.

Βάση του συστήματος που αναφέρθηκε παραπάνω, κατασκευάστηκε ο χάρτης κλίσεων για τις λεκάνες της περιοχής ανατολικά του Πάλιουρα με την βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (D.E.M) και την χρήση της εργαλειοθήκης “Spatial Analyst” του λογισμικού προγράμματος ArcGIS 10.

Ταξινόμηση αναγλύφου

Χρησιμοποιώντας τους χαρακτηρισμούς του αναγλύφου του πίνακα 3.4.1, κατά Dikau, 1989 αλλά και το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (D.E.M), κατασκευάστηκε ο χάρτης υψομέτρων για την περιοχή ανατολικά της λαγκούνας του Πάλιουρα.



Σχήμα 4.1.1 : Χάρτης υψομέτρων της ευρύτερης περιοχής του Πάλιουρα

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το ανάγλυφο της περιοχής μας χαρακτηρίζεται ως πεδινό έως λοφώδες. Οι χαμηλές, πεδινές περιοχές καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των λεκανών, τόσο στα βόρεια όσο και στα νότια αλλά κυρίως στα δυτικά όπου βρίσκονται οι ακτές. Οι λοφώδεις περιοχές βρίσκονται στα ανατολικά από όπου και ξεκινούν τα ρέματα που καταλήγουν στις ακτές. Οι πεδινές περιοχές περικλείονται από περιοχές που χαρακτηρίζονται ως λοφώδεις. Γενικά παρατηρείται μια ομοιομορφία στην κατανομή των υψομέτρων από τις παράκτιες περιοχές προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα.

0 – 150 m	84,26%
150 – 600 m	15,74%
600 – 900 m	0,00%
>900 m	0,00%

Πίνακας 4.1.1 : Τύποι αναγλύφου ανάλογα με το απόλυτο υψόμετρο και τα αντίστοιχα ποσοστά τους για τις λεκάνες πλησίον του Πάλιουρα

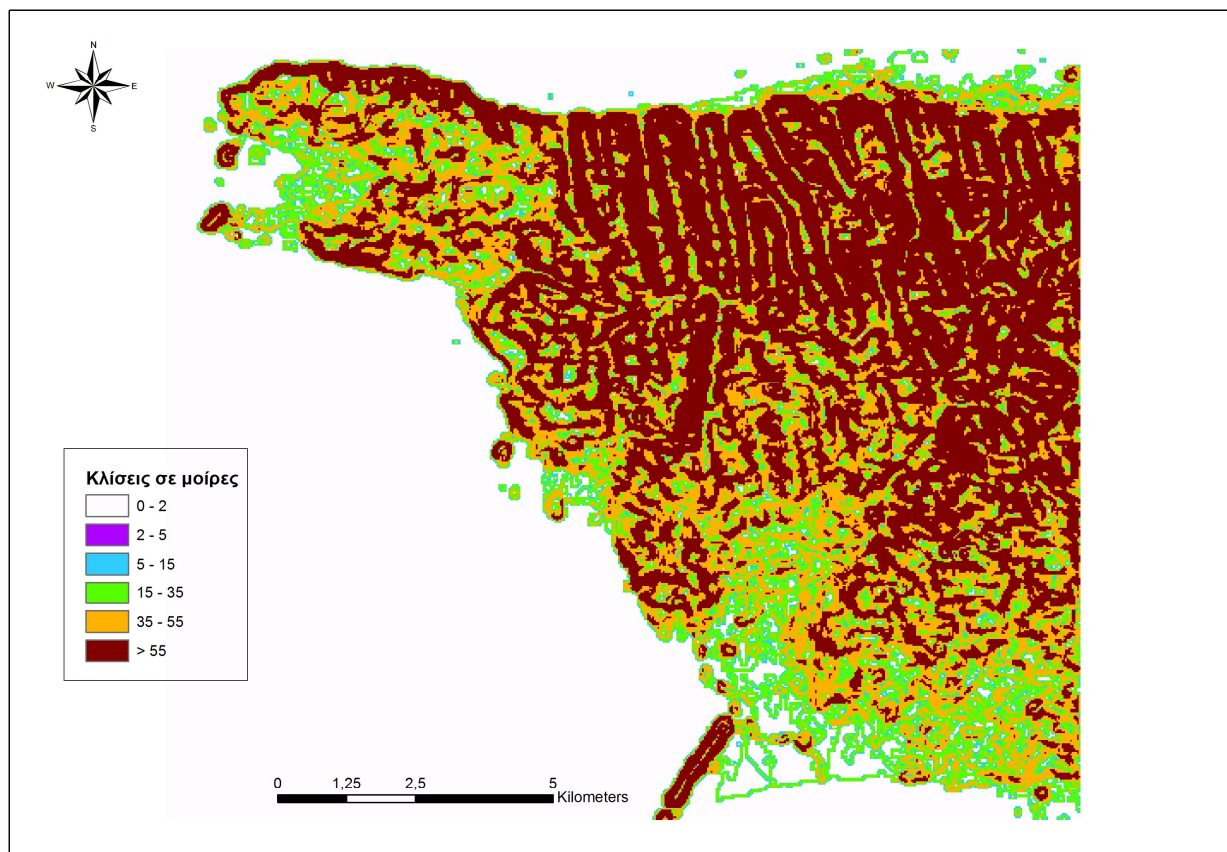
Το μεγαλύτερο υψόμετρο που παρατηρείται στην εγγύς περιοχή του Πάλιουρα είναι 178 μέτρα στα ανατολικά του χάρτη υψομέτρων και δυτικά του χωριού Πλαγιάρι. Το χαμηλότερο υψόμετρο που παρατηρείται, όπως είναι φυσιολογικό, είναι τα 0 μέτρα στις παράκτιες περιοχές στα δυτικά του χάρτη. Τόσο χαμηλές τιμές υψομέτρων δεν ήταν δυνατό να εντοπιστούν από τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:50000 αφού η ισοδιάσταση των χαρτών αυτών είναι 20 μέτρα.

Κλίση αναγλύφου

Βάσει του συστήματος που πρότεινε ο Demek το 1972, το οποίο αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, κατασκευάστηκε ο χάρτης κλίσεων για τις λεκάνες πλησίον του Πάλιουρα, με την βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (D.E.M) και της εργαλειοθήκης Spatial Analyst του λογισμικού προγράμματος ArcGIS v.10.

0° - 2°	2,40%
2° - 5°	3,60%
5° - 15°	11,99%
15° - 35°	23,97%
35° - 55°	23,97%
> 55°	34,07%

Πίνακας 4.1.2 : Κλίσεις του αναγλύφου και αντίστοιχα ποσοστά



Σχήμα 4.1.2 : Χάρτης κλίσεων της περιοχής πλησίον του Πάλιουρα

Παρατηρώντας τον χάρτη κλίσεων εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

Πολύ μικρές κλίσεις που ανήκουν στις 2 πρώτες βαθμίδες της διαβάθμισης κατά Demek, δηλαδή από 0° ως 2° και από 2° ως 5° είναι σχεδόν ανύπαρκτες και παρατηρούνται κυρίως στις παράκτιες περιοχές. Αυτό συμβαίνει διότι οι κλίσεις πλησίον της ακτής είναι πάρα πολύ μικρές επειδή στην περιοχή παρουσιάζονται κυρίως ακτές απόθεσης.

Σχετικά μικρό ποσοστό της επιφάνειας καλύπτουν περιοχές με τιμές κλίσεων από 5° ως 15° και λίγο μεγαλύτερο οι τιμές από 15° έως 35° . Αυτές οι περιοχές εντοπίζονται κοντά στις παράκτιες περιοχές και κυρίως στα νότια του χάρτη και χαρακτηρίζονται από σχετικά μικρά υψόμετρα.

Επίσης μεγάλο ποσοστό επιφάνειας καλύπτουν περιοχές με κλίσεις από 35° έως 55° . Τέτοιες τιμές κλίσεων εμφανίζονται στα μεγαλύτερα υψόμετρα και μέσα στα ευθύγραμμα ρέματα που βρίσκονται στα βορειοανατολικά. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει πως οι περιοχές αυτές έχουν υποστεί έντονη απογύμνωση και παρουσιάζουν ένα απόκρυμνο ανάγλυφο.

Το μεγαλύτερο μέρος των λεκανών της περιοχής χαρακτηρίζεται από τιμές κλίσεων που είναι μεγαλύτερες από 55° . Τέτοιες περιοχές φανερώνουν κάθετο ανάγλυφο, απουσία πετρωμάτων καθώς και πιθανή κατάρρευση βράχων ενώ τις βρίσκουμε σε μεγάλα υψόμετρα και κυρίως στα βόρεια του χάρτη όπου βρίσκονται τα επιμήκη ρέματα.

4.2 Υδρογραφικό δίκτυο και λεκάνες απορροής Ποιοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής αποτελείται ως επί το πλείστον από επιμήκεις κύριους κλάδους οι οποίοι καταλήγουν είτε στον Θερμαϊκό κόλπο είτε στην λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα.

Το βόρειο τμήμα καλύπτεται από επιμήκεις κλάδους μήκους εκατοντάδων μέτρων και οι οποίοι φτάνουν ως την 3η τάξη μεγέθους κατά Strahler, ενώ εκβάλουν στον Θερμαϊκό Κόλπο στην περιοχή των χωριών Περαία, Νέοι Επιβάτες, Αγία Τριάδα. Στην περιοχή αυτή το δίκτυο χαρακτηρίζεται ως παράλληλο και η δημιουργία του συνδέεται με τις απότομες κλίσεις που παρατηρούνται στην περιοχή.

Προς τα νοτιοδυτικά το δίκτυο φέρει δενδριτική μορφή, η οποία σχετίζεται με έλλειψη κάποιας γεωλογικής δομής και αναπτύσσεται σε σχετικά ομαλές περιοχές ή νέες περιοχές, με ομογενή πετρολογική κατασκευή. Στην περιοχή αυτή τα ρέματα καλύπτουν όλο τον προσφερόμενο χώρο με ομοιομορφία και κανονικότητα ανάμεσα στους κλάδους.

Το υδρογραφικό δίκτυο των κλάδων που αποφορτίζονται στην λαγκούνα του Πάλιουρα εμφανίζει σύνθετη μορφή συνδυάζοντας την δενδριτική μορφή με την παράλληλη.

Τέλος, στο νότιο τμήμα του χάρτη το υδρογραφικό δίκτυο έχει παράλληλη μορφή με κλάδους που φτάνουν ως και την 4η τάξη μεγέθους κατά Strahler.

Ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου

Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αρίθμησης κατά Strahler, 1952. Την ίδια αρίθμηση των κλάδων του δικτύου ακολουθεί και η αρίθμηση των αντίστοιχων λεκανών απορροής, δηλαδή οι λεκάνες απορροής των κλάδων πρώτης, δεύτερης, τρίτης κτλ τάξης, ονομάζονται αντίστοιχα λεκάνες πρώτης, δεύτερης, τρίτης κτλ τάξης.

Εφαρμόζοντας την παραπάνω μέθοδο αρίθμησης για το υδρογραφικό δίκτυο στην περιοχή μελέτης μας βρέθηκαν: 1 κλάδος 4ης τάξης, 10 κλάδοι 3ης τάξης, 32 κλάδοι 2ης τάξης και 139 κλάδοι 1ης τάξης.

Τάξεις κλάδων	4η	3η	2η	1η
Αριθμός κλάδων	1	10	32	139

Πίνακας 4.2.1 : Αριθμός κλάδων του υδρογραφικού δικτύου ανά τάξη κλάδων

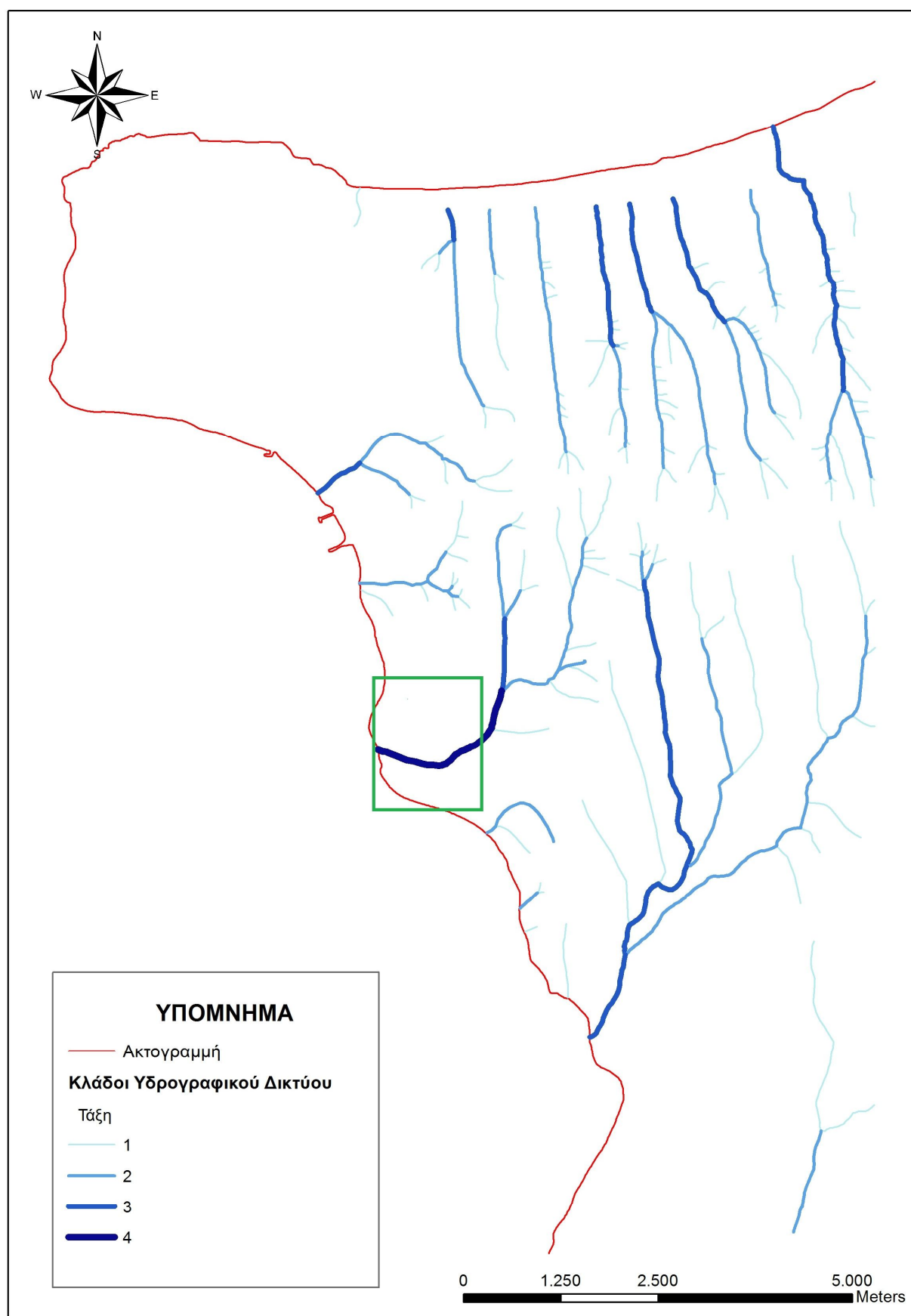
Στο Σχήμα 4.2.1 παρουσιάζονται οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου χωρισμένοι κατά

τάξεις. Ο μοναδικός κλάδος 4ης τάξης της περιοχής καταλήγει στην λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα.

Ανάλυση των μορφομετρικών παραμέτρων των λεκανών απορροής

Οι μορφομετρικές παράμετροι που υπολογίστηκαν για τις λεκάνες απορροής είναι η υδρογραφική πυκνότητα (Du), η υδρογραφική συχνότητα (Fu) καθώς και η κυκλικότητα (Cu).

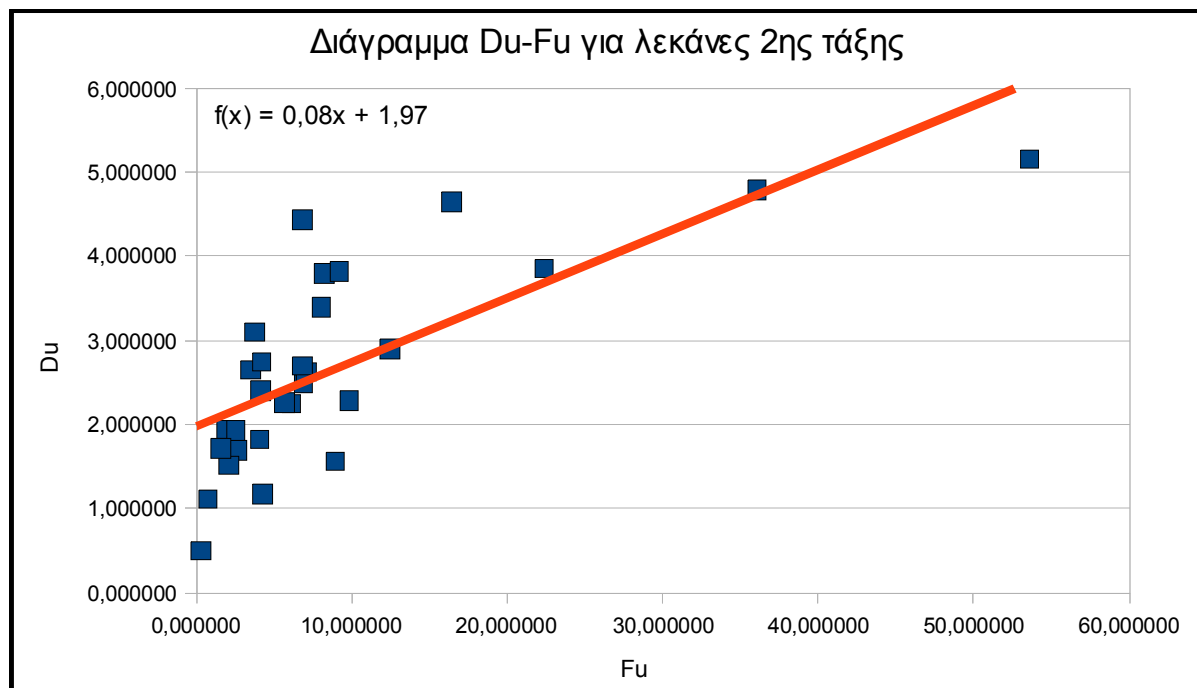
Από τους υπολογισμούς της υδρογραφικής πυκνότητας (Du), για τις λεκάνες 2ης, 3ης και 4ης τάξης, προκύπτει ότι η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου για την περιοχή μας είναι χαμηλή. Συγκεκριμένα, για την μοναδική λεκάνη 4ης τάξης η πυκνότητα ισούται με $1,830710 \text{ km}^{-1}$. Για τις λεκάνες 3ης τάξης, οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας κυμαίνονται από $0,910847 \text{ km}^{-1}$ έως $3,126324 \text{ km}^{-1}$, με μια μέση τιμή $2,173280 \text{ km}^{-1}$. Τέλος, για τις λεκάνες 2ης τάξης, οι τιμές της πυκνότητας κυμαίνονται από $0,496657 \text{ km}^{-1}$ έως $5,155315 \text{ km}^{-1}$, με μια μέση τιμή $2,662931 \text{ km}^{-1}$. Η μέγιστη τιμή που εμφανίζεται είναι $5,155315 \text{ km}^{-1}$ ενώ η ελάχιστη $0,496657 \text{ km}^{-1}$. Στον χάρτη παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των λεκανών παρουσιάζει χαμηλές τιμές πυκνότητας ανάμεσα σε 1 έως 2 km^{-1} ενώ οι επιμήκεις λεκάνες στα βόρεια εμφανίζουν επίσης χαμηλή πυκνότητα από 2 ως 3 km^{-1} . Η χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα οφείλεται στην ομαλή ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου και στην απουσία έντονης γεωλογικής δομής.



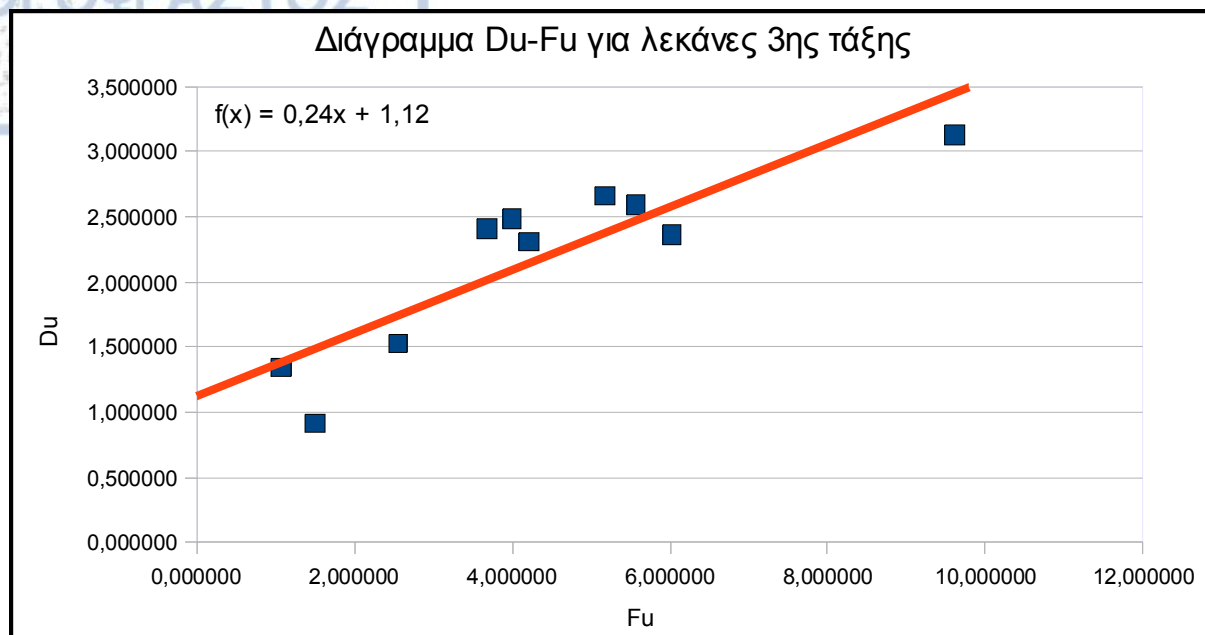
Σχήμα 4.2.1 : Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής Μηχανιώνας – Επανομής, στο πράσινο πλαίσιο σημειώνεται η θέση της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα

Όσον αφορά στις τιμές της υδρογραφικής συχνότητας (F_u) αυτές είναι γενικά χαμηλές εκτός από κάποιες εξαιρέσεις όπου εμφανίζονται τόσο μέσες όσο και υψηλές τιμές. Συγκεκριμένα για την μοναδική λεκάνη 4ης τάξης η συχνότητα ισούται με $2,706424 \text{ km}^2$. Για τις λεκάνες 3ης τάξης, οι τιμές της υδρογραφικής συχνότητας κυμαίνονται από $1,076698 \text{ km}^2$ έως $9,608895 \text{ km}^2$, με μια μέση τιμή $4,338967 \text{ km}^2$. Τέλος, για τις λεκάνες 2ης τάξης, οι τιμές της συχνότητας κυμαίνονται από $0,314923 \text{ km}^2$ έως $53,600142 \text{ km}^2$, με μια μέση τιμή $9,002186 \text{ km}^2$. Η μέγιστη τιμή συχνότητας που εμφανίζεται στις λεκάνες είναι $53,600142 \text{ km}^2$ και η ελάχιστη είναι $0,314926 \text{ km}^2$. Από τον χάρτη παρατηρούμε ότι η πλειονότητα των λεκανών εμφανίζει πολύ χαμηλές τιμές συχνότητας από $0,3$ έως 3 km^2 , ενώ οι επιμήκεις λεκάνες στα βόρεια παρουσιάζουν επίσης χαμηλές τιμές από 3 ως 8 km^2 . Η χαμηλή υδρογραφική συχνότητα οφείλεται στην ομαλή ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου και στην απουσία έντονης γεωλογικής δομής.

Με σκοπό να διερευνηθεί η σχέση με την οποία μεταβάλλονται οι δύο παράμετροι, χαρτογραφήθηκαν οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας με αυτές της υδρογραφικής συχνότητας, για τις λεκάνες 2ης και 3ης τάξης. Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα, οι δύο παράμετροι μεταβάλλονται ανάλογα, δηλαδή αύξηση της υδρογραφικής πυκνότητας συνεπάγεται αύξηση της υδρογραφικής συχνότητας τόσο για τις λεκάνες 2ης όσο και για τις λεκάνες 3ης τάξης. Η εξίσωση που περιγράφει καλύτερα την μεταβολή αυτή, είναι η γραμμική, της μορφής $y=ax + b$, η οποία ονομάζεται εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης. Η εξίσωση αυτή για τις λεκάνες 2ης τάξης είναι $y=0,08x+1,97$, ενώ για τις λεκάνες 3ης τάξης είναι $y=0,24x+1,12$.



Σχήμα 4.2.2 : Διάγραμμα υδρογραφικής πυκνότητας – υδρογραφικής συχνότητας των λεκανών 2ης τάξης

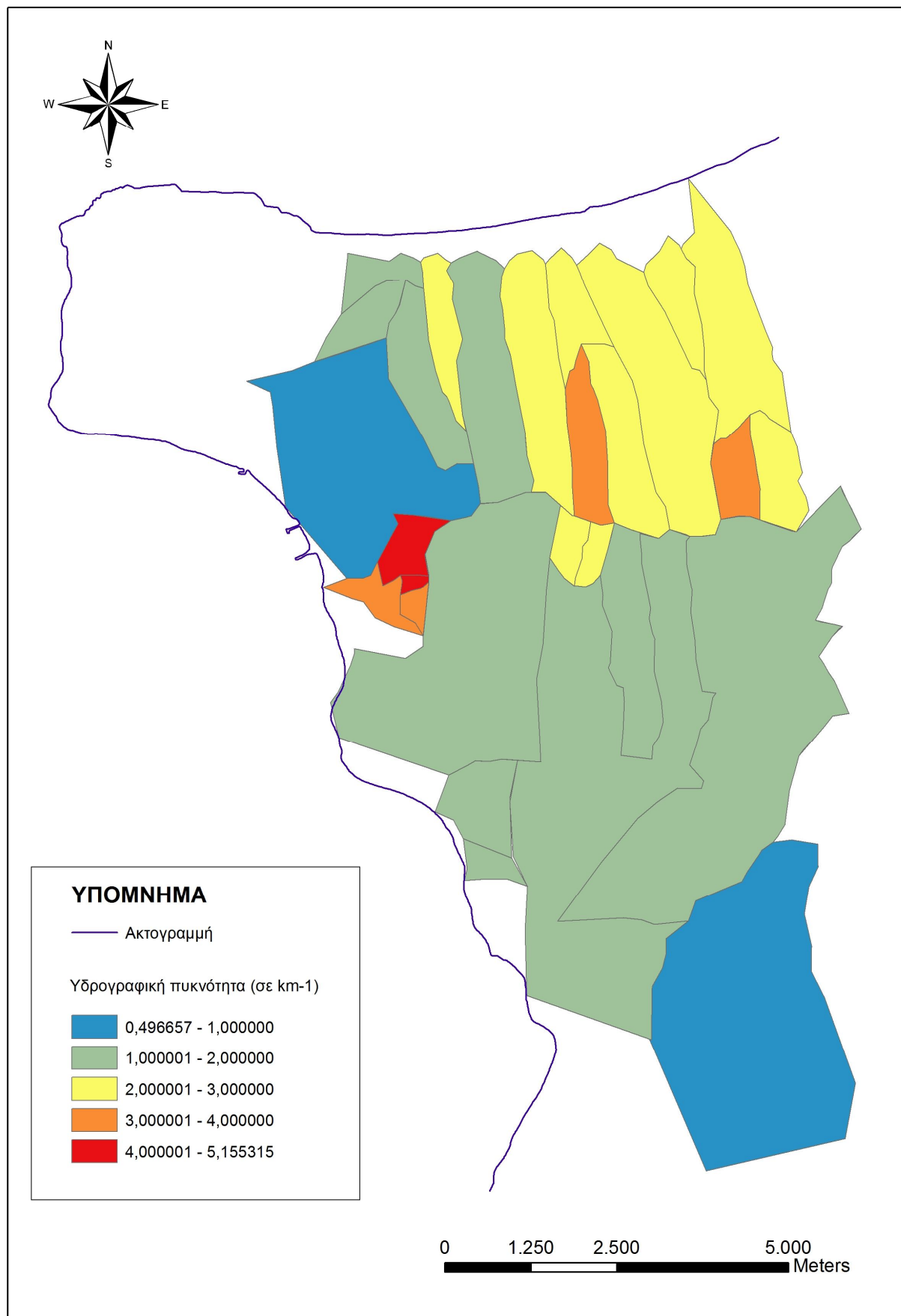


Σχήμα 4.2.3 : Διάγραμμα υδρογραφικής πυκνότητας – υδρογραφικής συχνότητας των λεκανών 3ης τάξης

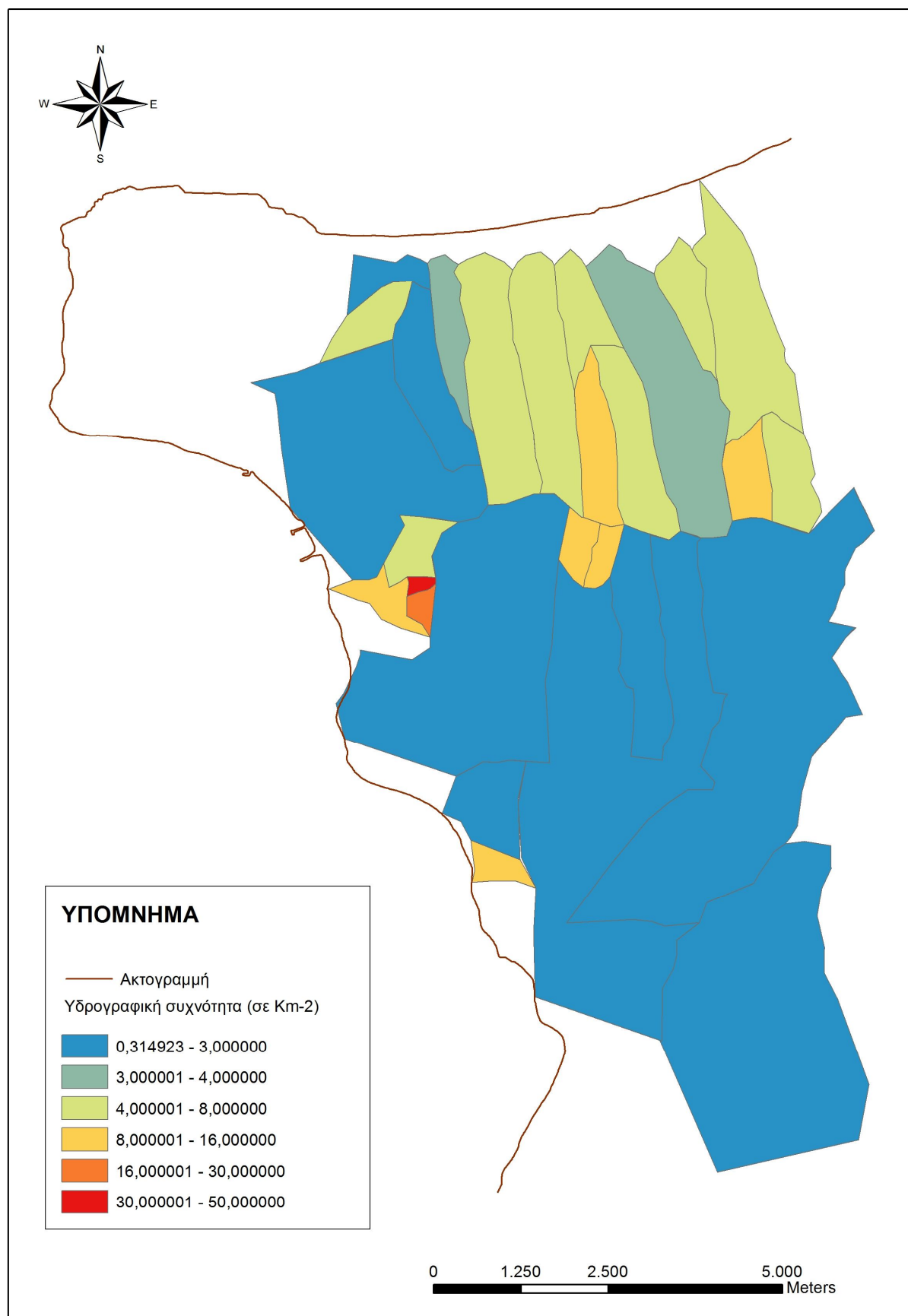
Από τους υπολογισμούς της κυκλικότητας (Cu) για τις λεκάνες 2ης, 3ης και 4ης τάξης φαίνεται πως μόνο σε τρεις λεκάνες υπάρχει ένδειξη για νεοτεκτονική δραστηριότητα αφού λεκάνες με τιμές κυκλικότητας μικρότερες από 0,4 θεωρούνται αρκετά επιμήκεις σύμφωνα με τους Καρύμπαλης 1999 και Lykoudi and Angelaki 2004 (από Πέννος, 2009). Για την μοναδική λεκάνη 4ης τάξης η κυκλικότητα ισούται με 0,604249. Για τις λεκάνες 3ης τάξης οι τιμές της κυκλικότητας κυμαίνονται από 0,377893 έως 0,593077 ενώ για τις λεκάνες 2ης τάξης η κυκλικότητα παίρνει τιμές ανάμεσα στο 0,335878 και στο 0,803546. Οι λεκάνες με την μικρή κυκλικότητα βρίσκονται τόσο στο βόρειο όσο και στο κεντρικό τμήμα του χάρτη, ενώ οι επιμήκεις λεκάνες στα βόρεια επίσης έχουν μικρή κυκλικότητα. Γενικά οι λεκάνες που βρίσκονται κοντά στην ακτή εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές κυκλικότητας, γεγονός που δείχνει μακρόχρονη δράση του ρέοντος ύδατος και ασθενή τεκτονική δραστηριότητα.

Γεωμορφολογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής του Πάλιουρα

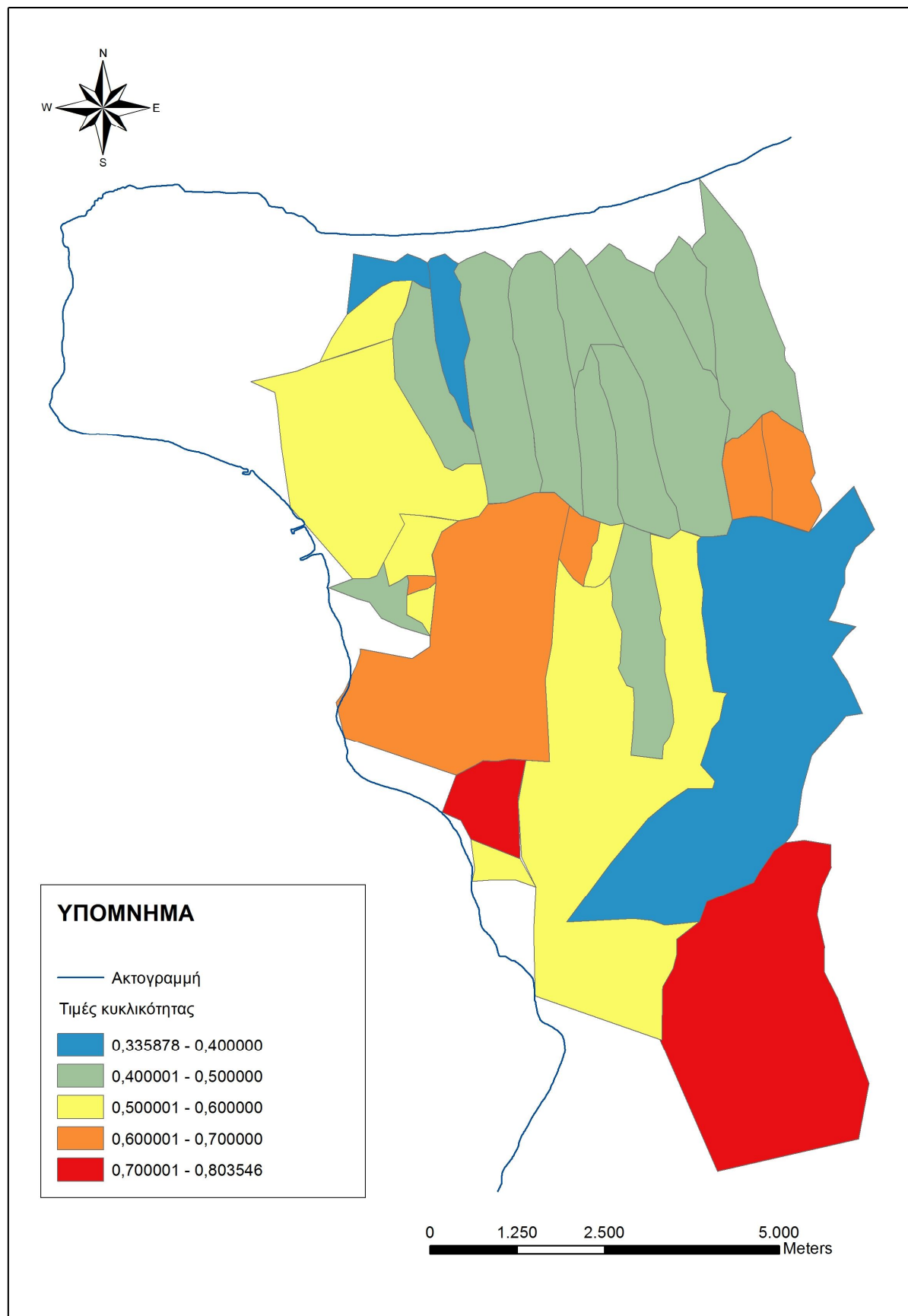
Όσον αφορά στην λεκάνη απορροής του Πάλιουρα, βρέθηκε ότι αυτή είναι η μοναδική λεκάνη 4ης τάξης στην περιοχή μελέτης, ενώ τα αποτελέσματα της μορφολογικής ανάλυσης για αυτήν είναι τα εξής: η υδρογραφική πυκνότητα (Du) είναι ίση με $1,830710 \text{ km}^{-1}$, η υδρογραφική συχνότητα (Fu) ισούται με $2,706424 \text{ km}^{-2}$ και η κυκλικότητα βρέθηκε ίση με 0,604249. Ακόμη, έχει περίμετρο μήκους 13,002 χιλιομέτρων και εμβαδόν ίσο με 8,128807 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Εμφανίζει 15 υπολεκάνες 1ης τάξης, 4 υπολεκάνες 2ης τάξης και 2 υπολεκάνες 3ης τάξης. Συνολικά, μετρώνται 22 κλάδοι υδρογραφικού δικτύου συνολικού μήκους 14,881 χιλιομέτρων.



Σχήμα 4.2.4 : Χάρτης χωρικής κατανομής της υδρογραφικής πυκνότητας (Du) σε λεκάνες 2ης, 3ης και 4ης τάξης



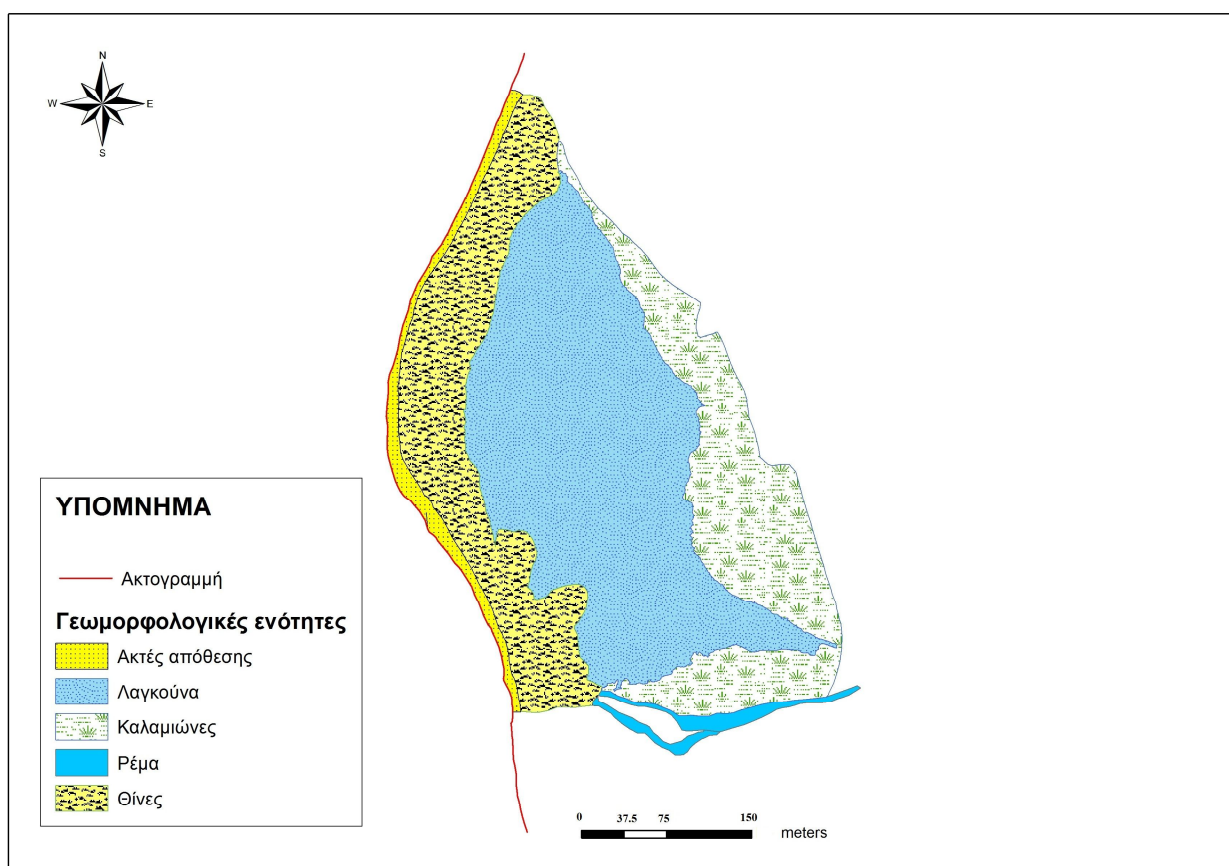
Σχήμα 4.2.5 : Χάρτης γεωγραφικής κατανομής της υδρογραφικής συχνότητας (F_u) σε λεκάνες 2ης, 3ης και 4ης τάξης



Σχήμα 4.2.6 : Χάρτης γεωγραφικής κατανομής της κυκλικότητας (Cu) για λεκάνες 2ης, 3ης και 4ης τάξης

4.3 Γεωμορφολογική χαρτογράφηση

Για την ενδελεχή μελέτη της περιοχής χαμηλού αναγλύφου, στα πέριξ της λαγκούνας του Πάλιουρα κρίθηκε σκόπιμη η χαρτογράφηση σε μεγαλύτερη κλίμακα και η απόδοσή της με την μορφή γεωμορφολογικού χάρτη. Η χαρτογράφηση των γεωμορφολογικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη σύνθεση στοιχείων που προήλθαν από σύνθεση δορυφορικών εικόνων του Εθνικού Κτηματολογίου και από επί τόπου παρατηρήσεις, στο προβολικό σύστημα Ε.Γ.Σ.Α 87', σε περιβάλλον GIS του προγράμματος ArcGIS v10. Χαρτογραφήθηκαν ακόμη η φυσική ακτογραμμή, οι ακτές (τύπου απόθεσης) καθώς και η ζώνη των παράκτιων θινών. Στον χώρο της λαγκούνας χαρτογραφήθηκαν οι λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις (πηλοί, άργιλοι), οι κοίτες του ρέματος που εκβάλει στον Πάλιουρα καθώς και οι ελώδης περιοχές με καλαμιώνες που δημιουργούνται από τα νερά που μεταφέρει το ρέμα.



Σχήμα 4.3.1 : Γεωμορφολογικός χάρτης με την λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα στη μέγιστη εξάπλωσή της



Σχήμα 4.3.2 : Γεωμορφολογικός χάρτης με την λιμνοθάλασσα του Πάλιουρα στην ελάχιστη εξάπλωσή της

4.4 Στρωματογραφία

Από τις εργασίες που προηγήθηκαν, κατέστη δυνατός ο διαχωρισμός του πυρήνα σε στρώματα ιζημάτων και ο σχεδιασμός της στρωματογραφικής στήλης της γεώτρησης PLR - 1, η οποία δίνεται στο Σχήμα 4.4.1.

Όπως παρατηρούμε στη στρωματογραφική στήλη του Σχήματος 4.4.1, τα λεπτόκοκκα ιζήματα είναι αυτά που κυριαρχούν στη λιθολογία της λιμνοθάλασσας, με ελάχιστες εμφανίσεις χονδρόκοκκου υλικού και με μία μικρή εμφάνιση οργανικών υλικών.

Αναλυτικά, η λιθοστρωματογραφία της γεώτρησης PLR -1 είναι η εξής:

0 – 1 m : στα ανώτερα στρώματα κυριαρχεί η άμμος ενώ προς τα κάτω αυξάνεται η ποσότητα της ιλύος. Υπάρχουν αφθονα όστρακα *Cerastoderma glaucum* αλλά και *Bittium*.

1 – 2 m : σχεδόν ολόκληρο το μήκος του πυρήνα καταλαμβάνεται από άργιλο, εκτός από το βάθος των 1,5 μέτρων όπου βρίσκουμε οργανικές ενστρώσεις. Η παρουσία οστράκων είναι μικρή καθώς εμφανίζονται τα είδη *Cerastoderma glaucum* και *Cerastoderma edule*.

2 – 3 m : έως το βάθος των 2,7 μέτρων περίπου βρίσκουμε ιλύ ενώ στο κατώτερο στρώμα εμφανίζονται εναλλαγές αργίλου και άμμου. Στα ανώτερα στρώματα της ιλύος βρίσκουμε θραύσματα *Cerastoderma edule* ενώ πιο κάτω *Cerastoderma glaucum*. Μάλιστα στις θέσεις 2,48 και 2, 82 μέτρων βρίσκουμε 2 πλήρη άτομα *Cerastoderma glaucum*.

3 – 4 m : έως τα 3,5 μέτρα περίπου κυριαρχεί η άργιλος με μικρές εναλλαγές με άμμο ενώ στο κατώτερο στρώμα παρατηρούμε εναλλαγές αργίλου με γύψο. Στο βάθος των 3,2 μέτρων βρίσκουμε ένα όστρακο *Potamides conicus* ενώ το υπόλοιπο μήκος του πυρήνα κυριαρχείται από *Cerastoderma glaucum* σε αφθονία.

4 – 5 m : ολόκληρο σχεδόν το μήκος του πυρήνα καταλαμβάνεται από συνεχείς εναλλαγές αργίλου με γύψο, ενώ μόνο στα κατώτερα στρώματα εμφανίζεται λίγη άμμος. Παρατηρείται σχεδόν πλήρης απουσία οστράκων είτε γαστερόποδων είτε δίθυρων αφού υπάρχει μόνο μία εμφάνιση *Cerastoderma glaucum* μέσα σε στρώμα αργίλου.

5 – 6 m : η πλήρης κυριαρχία της αργίλου και σε αυτόν τον πυρήνα διακόπτεται από ένα στρώμα άμμου στα πρώτα εκατοστά. Παρατηρείται έντονη παρουσία οστράκων τόσο γαστερόποδων όσο και δίθυρων. Συγκεκριμένα βρίσκουμε *Cerastoderma glaucum* σε αφθονία (μάλιστα κατά θέσεις και ολόκληρα άτομα), *Potamides conicus* και *Abra* επίσης σε αφθονία και τέλος μια εμφάνιση *Cerithium* στα 5,5 μέτρα περίπου.

6 – 7 m : η λεπτόκοκκη άργιλος όσο πάμε προς τα κάτω αναμιγνύεται με άμμο ενώ στο κατώτερο στρώμα επικρατεί μόνο χονδρόκοκκο υλικό με άμμους και κροκάλες. Η παρουσία οστράκων διθύρων και γαστερόποδων είναι και εδώ έντονη.

ΚΛΙΜΑΚΑ

ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

ΠΑΛΑΙΟΠΑΝΙΔΑ

0m

1m

2m

3m

4m

5m

6m

7m

8m

8.7m

Cerastoderma glaucum

Bittium

Cerastoderma glaucum

Cerastoderma edule

Cerastoderma edule

Cerastoderma glaucum

Potamides conicus

Cerastoderma glaucum

Cerastoderma glaucum

Cerastoderma glaucum

Potamides conicus, Cerithium

Abra

Cerastoderma glaucum

Hydrobia, Potamides conicus

Abra

Donacilla cornea

Abra, Hydrobia

Abra

Cerastoderma glaucum

Σχήμα 4.4.1 : Συνοπτική λιθοστρωματογραφική στήλη του πυρήνα της γεώτρησης PLR – 1

Συγκεκριμένα βρίσκουμε σε αφθονία *Cerastoderma glaucum* (μάλιστα βρίσκουμε ολόκληρα άτομα ενώ στα 6,5 μέτρα περίπου βρέθηκε έμβρυο του συγκεκριμένου δίθυρου), καθώς και λίγες εμφανίσεις από *Potamides conicus*, *Abra* και *Hydrobia*. Τέλος, στα 6,8 μέτρα βρίσκουμε το δίθυρο *Donacilla cornea* μέσα στις κροκάλες.

7 – 8 m : επικρατούν τα λεπτόκοκκα αργιλοίλυδη υλικά με μικρές ενστρώσεις άμμου. Τα όστρακα *Cerastoderma glaucum* που παρατηρούμε είναι όλα πλήρη άτομα ενώ βλέπουμε επίσης *Abra* και μια εμφάνιση *Hydrobia*.

8 – 8,7 m : στα τελευταία 70 εκατοστά του πυρήνα το ίζημα που κυριαρχεί είναι η άργιλος ενώ βρίσκουμε και ένα όστρακο *Cerastoderma glaucum*.

4.5 Παλαιοπανίδα – παλαιοπεριβάλλον

Τα δεδομένα της παλαιοπανίδας προήλθαν από την αναλυτική περιγραφή του πυρήνα της γεώτρησης PLR – 1, όπου αναγνωρίστηκε επί τόπου μια πανίδα μακροβενθικών μαλακίων αποτελούμενη από γένη και είδη δίθυρων και γαστερόποδων. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το παλαιοπεριβάλλον της λαγκούνας, η χρήση της πανίδας έπαιξε καθοριστικό ρόλο.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η ταξινόμηση κατά Verhoeven (1980) (από Δημητράκο, 2009) για την ομαδοποίηση της παλαιοπανίδας. Συγκεκριμένα, τα είδη που βρέθηκαν εμπίπτουν στην υφάλμυρη και την ευρύαλη θαλάσσια πανίδα. Βρέθηκαν ακόμη είδη, καθαρά θαλάσσιου περιβάλλοντος διαβίωσης, με μηδαμινές ανοχές στη μεταβολή της αλατότητας (*stenohaline*) που χαρακτηρίστηκαν ως «θαλάσσια πανίδα».

Αναλυτικά η σύνθεση της παλαιοπανίδας που βρέθηκε στη λαγκούνα του Πάλιουρα, αποτελείται κυρίως από τα ακόλουθα γένη – είδη:

Δίθυρα (Bivalvia)

1. ***Cerastoderma glaucum*** : ανήκει στην οικογένεια *Cardiidae* και είναι χαρακτηριστικό είδος υφάλμυρης πανίδας που ζει σε μεταβατικά περιβάλλοντα λαγκούνας (*coastal lagoon*) της Μεσογείου. Βρέθηκε σε μεγάλη συχνότητα σε όλο το μήκος του πυρήνα της γεώτρησης και σε ορισμένα βάθη με μεγάλη πυκνότητα. Η *C. glaucum* έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα στις μεταβολές της αλατότητας (4-5 έως 38 ‰) και της θερμοκρασίας. Μπορεί και διαβιώνει στην επιφάνεια αργιλώδους αλλά και αμμόδους βυθού, είτε εντελώς θαμμένη σε αυτόν και ακόμα μέσα σε υποθαλάσσια βλάστηση από φύκη (Zenetos et al., 2005 από Δημητράκο, 2009).



Εικόνα 4.5.1 : Λεπτομέρεια από τον πυρήνα της γεώτρησης, όστρακο *Cerastoderma glaucum*

2. **Cerastoderma edule** : ανήκει στην οικογένεια Cardiidae και είναι ένα ευρύαλο θαλάσσιο είδος που διαβιώνει κυρίως σε περιβάλλοντα ρηχής θάλασσας, δελταϊκά, ημίκλειστου θαλάσσιου κόλπου (semi enclosed marine bay), και ποταμόκολπων (estuarine) (Ivel, 1979 από Δημητράκο, 2009). Στα δείγματα πυρήνα που λάβαμε, βρέθηκε στα 1 ως 3 μέτρα βάθος χωρίς μεγάλη συχνότητα.

3. **Abra** : είναι ένα γένος διθύρων που ανήκει στην οικογένεια Semelidae, με πολλά είδη υφάλμυρης αλλά και θαλάσσιας πανίδας. Στην γεώτρηση PLR – 1 εμφανίζεται για πρώτη φορά μετά τα 5 μέτρα και φτάνει ως το βάθος των 8 μέτρων με μέτρια συχνότητα.



Εικόνα 4.5.2 : Λεπτομέρεια από τον πυρήνα της γεώτρησης, όστρακο *Abra*

4. **Donacilla cornea** : ανήκει στην οικογένεια Mesodesmatidae και είναι γνωστό ως αμμοκόχυλο. Είναι διηθηματοφάγος/ιζηματοφάγος οργανισμός, χαρακτηριστικός των μεσοπαραλιακών άμμων. Βρίσκεται βυθισμένο σε μαλακό υπόστρωμα στα πρώτα εκατοστά του ιζήματος της μεσοπαραλιακής ζώνης (Κουτσούμπας, 2003 από Πασπαλά, 2008) καθώς και στα όρια της υπερπαραλιακής ζώνης, ενώ κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου μπορεί να βρεθεί και στην υποπαραλιακή ζώνη (Κούκουρας, 1979 από Πασπαλά, 2008). Η μεγαλύτερη αφθονία του φαίνεται να είναι στα πρώτα 2 cm του υποστρώματος (Κούκουρας, 1979 από Πασπαλά, 2008). Συνεπώς πρόκειται για έναν τυπικό εκπρόσωπο θαλάσσιας πανίδας, ο οποίος εμφανίζεται σε βάθος 7,83 μέτρων στην γεώτρηση του Πάλιουρα.

Γαστερόποδα (Gastropoda)

1. **Bittium** : είναι ένα γένος θαλάσσιων Γαστερόποδων ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας που ανήκουν στην οικογένεια Cerithiidae και εκπροσωπούνται από δεκάδες είδη. Στους πυρήνες της γεώτρησης εμφανίζεται με μεγάλη συχνότητα στα 0,5 ως 1 μέτρο.

2. **Potamides conicus** : ανήκει στην οικογένεια Potamididae ενώ παλιότερα ονομαζόταν *Pirenella conica*. Είναι ένα γαστερόποδο με μεγάλη ανεκτικότητα στην αλατότητα. Στην γεώτρηση εμφανίζεται πρώτη φορά στα 3,2 μέτρα και φτάνει ως τα 6,39 μέτρα ενώ έχει μεγάλη συχνότητα στα 5 με 6 μέτρα βάθος.

3. **Cerithium** : είναι ένα γένος θαλάσσιων Γαστερόποδων (διαβιούν επίσης επάνω σε φύκια) που ανήκουν στην οικογένεια Cerithiidae και εκπροσωπούνται από δεκάδες είδη. Στην γεώτρηση PLR – 1 το βρίσκουμε μόνο μία φορά στα 5,55 μέτρα.

4. **Hydrobia** : είναι ένα γένος Γαστερόποδων υφάλμυρης πανίδας που ανήκουν στην οικογένεια Hydrobiidae και εκπροσωπούνται από λίγα είδη. Εμφανίζει μικρή συχνότητα στη γεώτρηση από τα 6,39 ως τα 7,14 μέτρα.

Συμπερασματικά, η πανίδα που βρέθηκε μπορεί να διαιρεθεί (κατά Verhoeven, 1980 από Δημητράκο, 2009) σε 3 ομάδες ανάλογα με την οικολογία και το περιβάλλον διαβίωσης.

Υφάλμυρη πανίδα: είδη που ζουν σε υφάλμυρα νερά και μπορούν ακόμη να επιβιώνουν σε ένα μεγάλο εύρος αλατότητας (mixohaline, hypersaline). Πρόκειται για χαρακτηριστικούς κατοίκους του λιμνοθαλάσσιου (ανοικτού ή απομονωμένου) περιβάλλοντος : *Cerastoderma glaucum*, *Abra* και *Hydrobia* .

Ευρύαλη θαλάσσια πανίδα : οργανισμοί τυπικοί θαλάσσιου περιβάλλοντος χαμηλής ακτής (inter tidal range, foreshore, shoreface) που μπορούν να προσαρμόζονται σε νερά με μεγάλο εύρος αλατότητας (euryhaline) : *Bittium*, *Cerithium*, *Potamides conicus*.

Θαλάσσια πανίδα : με μικρή ή και ανύπαρκτη ανοχή στις διακυμάνσεις της αλατότητας : *Donacilla cornea*.

Με βάση την ανάλυση και τη ταξινόμηση της παλαιοπανίδας που προηγήθηκε και λαμβάνοντας υπόψιν την κατανομή της κατά μήκος του πυρήνα, ήταν δυνατή η ομαδοποίησή της στις ακόλουθες βιοστρωματογραφικές ενότητες, σύμφωνα με την επικράτηση ή όχι κάποιας μορφής πανίδας έναντι κάποιας άλλης.

- eM (euryhaline marine): Επικράτηση της ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας κυρίως με τα γένη *Bittium*, *Cerithium* και *Potamides* που ζουν στα θαλάσσια φύκη. Σταθερή και με μεγάλη πυκνότητα η παρουσία υφάλμυρης πανίδας και πλήρης απουσία θαλάσσιας πανίδας.

- B (brackish): Επικράτηση της υφάλμυρης πανίδας με άτομα *Cerastoderma*, *Abra* και *Hydrobia* συχνά σε θέση ζωής. Αραιή παρουσία της ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας και απουσία θαλάσσιας πανίδας.

- M (marine): Επικράτηση της αμιγώς θαλάσσιας και της ευρύαλης θαλάσσιας πανίδας με το είδος *Donacilla cornea* και αραιή εμφάνιση υφάλμυρων εκπροσώπων (*Cerastoderma*).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά από την συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, τα οποία προήλθαν από την γεώτρηση PLR - 1, την έρευνα στο πεδίο και την επεξεργασία στα λογισμικά προγράμματα Global Mapper version 12 και ArcGIS version 10, καθώς και από την μελέτη της βιβλιογραφίας, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα για την γεωμορφολογική εξέλιξη της λαγκούνας του Πάλιουρα.

Κομβικό χρονικά σημείο στην πορεία εξέλιξης της παλαιογεωγραφίας της περιοχής, αλλά και των παράκτιων περιβαλλόντων γενικότερα, αποτέλεσε η λήξη της τελευταίας παγετώδους περιόδου του Πλειστοκαίνου και η έναρξη του μεσοπαγετώδους Ολοκαίνου. Ωστόσο η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στη χρονική περίοδο του Ανώτερου Ολοκαίνου, τα τελευταία 10.000 χρόνια. Είναι γνωστό ότι, κατά το μέγιστο της τελευταίας παγετώδους περιόδου, 24.000 y.B.P., η Μέση Θαλάσσια Στάθμη (Μ.Θ.Σ), βρισκόταν 120 m χαμηλότερα από τα σημερινά της επίπεδα. Το γεγονός αυτό τοποθετεί την ακτογραμμή στα όρια του εξωτερικού ηπειρωτικού περιθωρίου με την ηπειρωτική κατωφέρεια του Θερμαϊκού κόλπου.

Κατά το Ολόκαινο, και με την επακόλουθη τήξη των παγετώνων, άρχισε η άνοδος της Μ.Θ.Σ και, μόλις ο ρυθμός ανόδου της ξεπέρασε το ρυθμό ιζηματογένεσης στο χώρο του δέλτα (18.000 y.B.P), ξεκίνησε η θαλάσσια επίκλυση (marine transgression). Το αποτέλεσμα της επίκλυσης στη γεωμορφολογία ήταν η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (retrogradation) και μαζί της όλων των παράκτιων και μεταβατικών περιβαλλόντων απόθεσης. Τα ιζήματα που αποτέθηκαν κατά τη φάση αυτή, ένα σύμπλεγμα αποτελούμενο από παράκτιες άμμους, και αμμώδεις ιλύες και αργίλους, περιβάλλοντος απόθεσης ακτών χαμηλής ενέργειας, απαρτίζουν το επικλυσιγενές σύστημα.

Καθώς λοιπόν η Μ.Θ.Σ ανέβαινε, όλο το σύστημα της ακτής μετανάστευε προς τη χέρσο προσαρμοζόμενο στην εκάστοτε στάθμη, σύμφωνα με το μοντέλο μετακίνησης ενός επικλυσιγενούς παράκτιου φράγματος (transgressive barrier rollover) του Carter (1988) (από Δημητράκο, 2009). Η θάλασσα κατέκλυσε τα κατάντη τμήματα των ρεμάτων που σήμερα εκβάλλουν στην παράκτια ζώνη δυτικά του Πάλιουρα και δημιούργησε πλημμυρισμένες κοιλάδες με παράλληλη διάταξη. Οι υδροκρίτες και οι κλιτύες των λεκανών απορροής σχημάτισαν χερσονήσους και ακρωτήρια (headlands). Η έντονη θαλάσσια διάβρωση μορφοποίησε τα ακρωτήρια αυτά σχηματίζοντας μέτωπα παράκτιων αναβαθμίδων. Υπολείμματα των αναβαθμίδων αυτών παρατηρούμε σήμερα βόρεια της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα και προς την Μηχανιώνα. Η θαλάσσια διάβρωση των αναβαθμίδων προσέφερε άφθονο κλαστικό υλικό το οποίο αρχικά αποτίθετο στο χώρο του μετώπου της ακτής (shoreface). Η συνεχής διάβρωση του μετώπου της ακτής από τη δράση των κυμάτων και η επαναδιευθέτηση του κλαστικού υλικού από θαλάσσια ρεύματα, παράλληλα σε αυτή, οδήγησαν στο σχηματισμό παράκτιων φραγμάτων άμμου. Τα φράγματα αυτά άλλοτε ήταν αυτόνομες νησίδες (barrier island) και άλλοτε ενωνόταν με τη ξηρά στο ακρωτήριο (headland spit) σχηματίζοντας εγκολπώσεις.

Όπισθεν των φραγμάτων άμμου επικρατούσε ένα περιβάλλον, με αποθέσεις χαμηλής ενέργειας (λεπτόκοκκες), πάνω στις οποίες μετανάστευε το φράγμα κατά την οπισθοχώρηση της ακτής. Οι τιμές αλατότητας στο χώρο αυτό ήταν σχετικά μικρές εξαιτίας της ανάμιξης του γλυκού νερού από τα ρέματα με το θαλάσσιο και για αυτό το λόγο η πανίδα που επικρατούσε ήταν η ευρύαλη θαλάσσια. Αυτή ήταν, σε γενικές γραμμές, η πορεία εξέλιξης του παράκτιου συστήματος κατά την περίοδο της θαλάσσιας επίκλυσης του Ολοκαίνου, για να φτάσουμε στα τελευταία 10.000 χρόνια του, και να αναφερθούμε στα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα στην περιοχή.

Ελλείπει εργασιών ραδιοχρονολόγησης, ήταν αδύνατον να χρονολογηθούν οι φάσεις εξέλιξης, παρά μόνο να συσχετιστούν ως ένα βαθμό με την καμπύλη ανόδου της Μ.Θ.Σ στο Θερμαϊκό, που ήταν και το μόνο διαθέσιμο δεδομένο που εμπεριείχε τη διάσταση του χρόνου.

Παρατηρώντας την καμπύλη μεταβολής της Μέσης Θαλάσσιας Στάθμης για τον χώρο του Θερμαϊκού Κόλπου, συμπεραίνουμε ότι η άνοδος του θαλάσσιου επιπέδου ξεκίνησε πριν 10000 χρόνια και περίπου 4000 γ.Β.Ρ άρχισε να μειώνεται πολύ ο ρυθμός ανόδου ώσπου έφτασε σε highstand. Το τμήμα εκείνο της καμπύλης μεταβολής της Μ.Θ.Σ στο οποίο ο ρυθμός ανόδου έχει πια υπερκεραστεί από το ρυθμό ιζηματογένεσης ονομάζεται στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία highstand.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι η γεωμορφολογική δομή της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα δεν είναι καινούργια στην παράκτια περιοχή του Θερμαϊκού. Με βάση την καμπύλη του σχήματος 2.4.2 και την στρωματογραφική στήλη του σχήματος 4.4.1, μπορούμε να τοποθετήσουμε την έναρξη λειτουργίας της λιμνοθάλασσας στα 6100 γρ Β.Ρ.

Χρησιμοποιώντας και την παλαιοπανίδα της γεώτρησης PLR – 1, συμπεραίνουμε ότι για τα πρώτα 1000 χρόνια (δηλαδή ως και 5100 γρ Β.Ρ.) η λιμνοθάλασσα δέχτηκε λεπτόκοκκα ιζήματα σε ήρεμο υφάλμυρο περιβάλλον. Στη συνέχεια παρατηρούμε μια μεταβολή στο περιβάλλον απόθεσης με πιο χονδρόκοκκα ιζήματα (άμμος, ιλυούχος άμμος και κροκάλες) και παρουσία πανίδας αμιγώς θαλάσσιας (*Donacilla cornea*) αλλά και ευρύαλης θαλάσσιας, γεγονός που δικαιολογείται λόγω περιοδικών εισόδων της θάλασσας στη λαγκούνα. Για το υπόλοιπο χρονικό διάστημα η λιμνοθάλασσα λειτούργησε ως ένα καθαρά υφάλμυρο περιβάλλον ιζηματοπόθεσης με λεπτόκοκκες αποθέσεις και σταδιακή επικράτηση αμιγώς υφάλμυρης πανίδας (*Cerastoderma glaucum*, *Cerastoderma edule*).

* γρ Β.Ρ = years Before Present, δηλαδή χρόνια πριν από Σήμερα

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Davis Jr, R.,A., Fitzgerald, D.,M., 2004. *Beaches and coasts*. Wiley-Blackwell, p.419

Fairbridge, W., R., 1968. *The encyclopedia of Geomorphology – Encyclopedia of earth sciences series*. Vol.3, Reinhold Book Corporation, p.1295

Haslett, S.,K., 2009. *Coastal systems. Second edition*, Routledge, p.216

Vouvalidis, K.,G., Syrides, G., E., Albanakis, K., S., 2005. *Holocene morphology of the Thessaloniki Bay: impact of sea level rise*. Zeitschrift für Geomorphologie, 137 (Suppl.) : pp. 147-158.

Αγγελάκου, Γ.Α., 2009. *Σύγχρονες φυσικογεωγραφικές μεταβολές και οικολογική ποιότητα της παράκτιας ζώνης του Αγγελοχωρίου Νομού Θεσσαλονίκης*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.194

Αλμπανάκης, Κ., 1999. *Μαθήματα Ωκεανογραφίας*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σ.160

Αλμπανάκης, Κ., Στύλλας, Μ., Βουβαλίδης, Κ., Συρίδης, Γ., 2005. *Γεωμορφολογικές μεταβολές στην περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου σαν αποτέλεσμα της Ολοκαινικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας*. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τόμος XXXVIII, σ.77-85

Αστάρης, Θ., Βαβλιάκης, Ε., Ψιλοβίκος, Α., Αλμπανάκης, Κ., 2004. *Φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον*. Τμήμα εκδόσεων Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.147

Αστάρης, Θ., Βουβαλίδης, Κ., Οικονομίδης, Λ., 2005. *Ψηφιακή χαρτογραφία και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS)*. Τμήμα εκδόσεων Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.54

Δημητράκος, Α., 2009. *Παλαιογεωγραφική – παλαιοπεριβαλλοντική εξέλιξη της λιμνοθάλασσας του Κίτρου Πιερίας*. Διατριβή ειδίκευσης, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.150

Ζερβοπούλου, Α., 2010. *Νεοτεκτονικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης σε σχέση με τα εδάφη θεμελίωσης*. Διδακτορική διατριβή Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.300

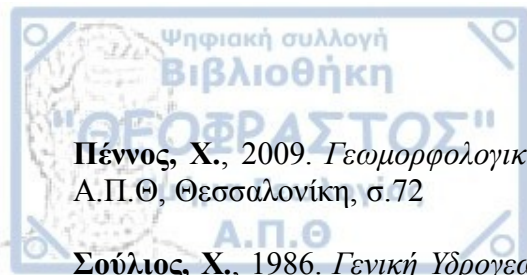
Ι.Γ.Ε.Υ., 1968. *Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας 1:50000, φύλλον Επανωμή*. Υπό Λαλέχου, Ν., Στρωματογραφία: Bizon, G, Αθήνα

Κουτσούμπας, Λ., 2005. *Οικολογία παράκτιων υδατικών συστημάτων – διδακτικές σημειώσεις*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Μυτιλήνη

Μαχαίρας, Π., Μπαλαφούτης, Χ., 1985. *Μαθήματα Γενικής Κλιματολογίας*. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, σ.276

Μουντράκης, Λ., 2010. *Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σ.373

Πασπαλά, Σ., 2008. *Δυναμική πληθυσμού του Donacilla cornea (Poli, 1795) σε βιότοπο με ανθρωπογενείς επιδράσεις*. Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι.Θ, Μουδανιά, σ.60



Πέννος, Χ., 2009. *Γεωμορφολογική μελέτη της λεκάνης του Αγγίτη ποταμού*. Διατριβή ειδίκευσης, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.72

Σούλιος, Χ., 1986. *Γενική Υδρογεωλογία – Πρώτος Τόμος*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σ.295

Συρίδης, Γ., 1990. *Λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών – Τεταρτογενών ιζηματογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής*. Διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.317

Σωτηριάδης, Α., Ψιλοβίκος, Α., 1984. *Ασκήσεις Γεωμορφολογίας*. Υπηρεσία δημοσιευμάτων Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.140

Ψιλοβίκος, Α., 2006. *Ηλεκτρονική έκδοση βιβλίου Ιζηματολογίας*. Τμήμα εκδόσεων Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, σ.210

Διαδίκτυο:

1. **Κουσουρή, Θ., Σ.**, 2006. *Αμμοθινικά συστήματα στην Ελλάδα*. Από την ιστοσελίδα www.sciencenews.gr/docs/amothines.doc

2. Wikipedia
<http://el.wikipedia.org/wiki/Επανομή>

3. Εφημερίδα Μακεδονία
<http://www.makthes.gr/news/reportage/36480/>

4. Blog «Δημοτικά δρώμενα Θερμαϊκού»
<http://dimotikadrwmenaepanomis.blogspot.com/>

5. Blog «Τα νέα της Επανομής»
<http://www.epanominews.blogspot.com/>

6. Ιστοσελίδα της Ε.Μ.Υ
http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Thessaloniki_Mikra



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τελειώνοντας αυτή την εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ.Κωνσταντίνο Βουβαλίδη, Επίκουρο Καθηγητή του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας για την καθοδήγησή του και τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε καθ'όλη την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ τον κ.Γεώργιο Συρίδη, Αναπληρωτή Καθηγητή του τομέα Γεωλογίας για την συμβολή του στην στρωματογραφική έρευνα.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τους υποψήφιους διδάκτορες του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, για την πρόθυμη προσφορά τους να μου λύσουν όλες τις απορίες μου σχετικά με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και για την υπομονή τους.



Φωτογραφία 1: Οπισθοαιγιαλός ΒΔ του Πάλιουρα - στο βάθος διακρίνεται η αναβαθμίδα της Μηχανιώνας



Φωτογραφία 2: Άποψη του Πάλιουρα από τις θίνες στα ΒΔ της λιμνοθάλασσας



Φωτογραφία 3: Οπισθοαιγιαλός στα κεντροδυτικά του Πάλιουρα – διακρίνεται η αύξηση του πλάτους σε σχέση με τα ΒΔ



Φωτογραφία 4: Διαβρωμένες θίνες με πλούσια βλάστηση στα όρια του οπισθοαιγιαλού, κεντροδυτικά του Πάλιουρα



Φωτογραφία 5: Οι δυτικές ακτές της λιμνοθάλασσας



Φωτογραφία 6: Έλη με καλαμιώνες στις νότιες ακτές της λιμνοθάλασσας, στο σημείο εισόδου του ρέματος



Φωτογραφία 7: Η χαρακτηριστική «μύτη» στα ΝΑ της λιμνοθάλασσας



Φωτογραφία 8: Αποψη του ρέματος που καταλήγει στον Πάλιουρα από την πλευρά της θάλασσας



Φωτογραφία 9 : Δορυφορικές φωτογραφίες του Πάλιουρα που καταδεικνύουν την εποχική μεταβολή της λιμνοθάλασσας, αριστερά χειμερινό προφίλ, δεξιά θερινό προφίλ

Στο εξώφυλλο της παρούσας εργασίας διακρίνεται άποψη του ορεινού όγκου του Ολύμπου από την βορειοανατολική πλευρά της λιμνοθάλασσας του Πάλιουρα