ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΜΟΥΜΟΥ ΧΡΥΣΗ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

Η ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΡΛΑΣ ΣΕ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2007

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΟΥ

ΜΟΥΜΟΥ ΧΡΥΣΗΣ

ΜΕ ΘΕΜΑ

Η ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΡΛΑΣ ΣΕ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υπό την επίβλεψη του:

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΒΟΥΒΑΛΙΔΗ, ΛΕΚΤΟΡΑ

Και της συμβουλευτικής επιτροπής:

ΘΟΔΩΡΟΥ ΑΣΤΑΡΑ, ΚΑΘΗΓΗΤΗ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΑΛΜΠΑΝΑΚΗ, ΕΠΙΚΟΥΡΟ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2007

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Η εργασία αυτή αφιερώνεται
στους γονείς μου
και στον αδερφό μου

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά την ολοκλήρωση της διατριβής αυτής αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν και με στήριξαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Ευχαριστώ ειλικρινά τον Λέκτορα κ. Κ. Βουβαλίδη για την πολύτιμη βοήθεια του, από τη στιγμή που αποτέλεσε τον νέο επιβλέποντα καθηγητή της διατριβής μου και ιδιαίτερα για την πολύτιμη βοήθειά του (μετά το θάνατο του Ψιλοβίκου, αρχικό επιβλέποντα της διατριβής μου) κατά την υπαίθρια έρευνα της διατριβής μου. Χωρίς την καθοδήγησή του δεν θα είχε ολοκληρωθεί τόσο γρήγορα η διατριβή μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Θ. Αστάρα και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Κ. Αλμπανάκη, για τις εύστοχες επισημάνσεις τους και την καθοδήγησή τους τόσο στο αρχικό όσο και στο τελικό κείμενο της διατριβής μου.
Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω προς τον Άρη Ψιλοβίκο, γιο του αείμνηστου Α. Ψιλοβίκου για βοήθεια του.

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την συμπαράσταση και την απεριόριστη ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν καθόλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.
Τις θερμότερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω προς τον φίλο μου Πάρη για την υποστήριξη και βοήθεια που μου παρείχε καθόλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.
Ευχαριστώ επίσης θερμά, τους φίλους μου και συναδέλφους, που θα αναφέρω αλφαβητικά, Βαξεβανόπουλο Μ., Μυριούνη Χ. Πέννο Χ., Πεχλιβανίδου Σ., Τσεκούρα Κ. και Τσίτση Μ. για την πολύτιμη βοήθειά τους και τις εύστοχες επισημάνσεις τους.

Νοιώθω όμως την ανάγκη να αναφερθώ και στους δύο αείμνηστους καθηγητές του τμήματος Γεωλογίας , Α. Ψιλοβίκο και Ε. Βαβλιάκη, που είχα την τιμή να τους έχω καθηγητές μου όχι μόνο στη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών αλλά και στη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου. Ο Α. Ψιλοβίκος υπήρξε αρχικός επιβλέπον Καθηγητής μου, ενώ ο Ε. Βαβλιάκης μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής μου. Η συνεργασία μου μαζί τους αποτέλεσε σταθμό στην επιστημονική μου καριέρα, ενώ πολλά από όσα μου διδάξανε θα μείνουν χαραγμένα στη μνήμη μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της συγκεκριμένης διατριβής ειδίκευσης, είναι η μελέτη της δράσης των χειμάρρων της λεκάνης της Κάρλας, καθώς και η διερεύνηση – απεικόνιση των διακυμάνσεων των ακτών της τέως λίμνης προκειμένου να αποτυπωθεί η επίδραση της αλλαγής του τοπικού βασικού επιπέδου στις κοίτες των χειμάρρων.

Στην διατριβή αυτή χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά δεδομένα του υδρογραφικού δικτύου και των επιμέρους λεκανών απορροής, που προήλθαν από τον γεωλογικό και τοπογραφικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. και της Γ.Υ.Σ., αντίστοιχα, κλίμακας 1:50.000. Επίσης, διαχειρίστηκαν ψηφιακά υψομετρικά δεδομένα για τη μελέτη του μορφολογικού αναγλύφου και εφαρμόστηκε μεθοδολογία για την καλύτερη δυνατή προσέγγιση των επιφανειών που καταλάμβανε η τέως λίμνη. Τα αποτελέσματα της γεωμορφολογικής ανάλυσης συνδυάστηκαν με τα ψηφιακά δεδομένα τα οποία προέκυψαν από S.R.T.M. δεδομένα. Η επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων έγινε με τη χρήση λογισμικού Vertical Mapper 3.1.

Πραγματοποιήθηκε ποιοτική και ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου των ρεμάτων, της υδρολογικής λεκάνης της περιοχής μελέτης, όπως προέκυψε μετά τα αποστραγγιστικά έργα της περιοχής. Για την ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου εφαρμόστηκαν οι νόμοι της υδρογραφικής σύνθεσης και υπολογίστηκαν οι μορφομετρικές παράμετροι της υδρογραφικής πυκνότητας (Du), της υδρογραφικής συχνότητας (Fu).

Η ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου πραγματοποιήθηκε, γιατί έπρεπε να μελετηθεί ο χώρος της χαμηλής ζώνης της λίμνης προκειμένου να αποτυπωθούν οι επιδράσεις από την πτώση του τοπικού βασικού επιπέδου, στους χείμαρρους. Οι τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000, όσον αφορά το χαμηλό τμήμα της λεκάνης, δεν έδιναν στοιχεία μεγάλης ακρίβειας. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο αναγλύφου (DEM) της περιοχής μελέτης, προερχόμενο από δεδομένα SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

Για να είναι δυνατός ο συσχετισμός, των εξελίξεων στις κοίτες των ρεμάτων που έδρασαν και αναπτύχθηκαν περιφερειακά της λίμνης, με την λίμνη πριν και μετά την αποξήρανσή της, ήταν απαραίτητο να γνωρίζουμε τις ακτές της Κάρλας και τις διακυμάνσεις τους. Η αποτύπωση των διακυμάνσεων της στάθμης πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του DEM. Με βάση το γεγονός ότι στο χαμηλό τμήμα της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης της τέως λίμνης, δεν υπάρχουν περιοχές με μορφολογικά χαρακτηριστικά δελταϊκών

προεξοχών και αλλουβιακών ριπιδίων, θεωρήθηκε ότι στην ευρύτερη περιοχή του χαμηλού τμήματος της λεκάνης, οι συνθήκες ιζηματογένεσης ήταν ομοιόμορφες και οι ρυθμοί της ιζηματογένεσης σχετικά χαμηλοί.

Έτσι στην προσπάθεια που έγινε για την αποτύπωση των διακυμάνσεων της στάθμης με τη βοήθεια του DEM, για τα τελευταία 3.000 χρόνια δεν αφαιρέθηκε το πάχος της πρόσφατης ιζηματογένεσης, το οποίο ούτως ή άλλος, είναι μικρό (κάτω από τα όρια του σφάλματος του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου).

Στη συνέχεια η επιλογή των προς μελέτη χειμάρρων πραγματοποιήθηκε βάση κάποιων κριτηρίων. Βάση αυτών, η υπαίθρια έρευνα εστιάστηκε στην μελέτη πέντε αντιπροσωπευτικών ρεμάτων που είναι τα ακόλουθα: ρέμα Μπεγιάτικο, Βαγιόρεμα, Βαθύρεμα, ρέμα Ξεριάς και τέλος το ρέμα Μαυρόρεμα. Σε ότι αναφορά στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των κοιτών των ρεμάτων, μετρήθηκε το πλάτος και βάθος της κοίτης και καταγράφηκαν τα επεισόδια διάβρωσης. Έπειτα δημιουργήθηκε ένα μορφολογικό προφίλ κατά μήκος της κοίτης κάθε ρέματος και τοποθετήθηκαν οι μετρήσεις της διάβρωσης, προκειμένου να αναπαρασταθεί το νέο προφίλ ισορροπίας των ρεμάτων. Υπολογίστηκαν, τέλος, οι κλίσεις των ρεμάτων από τα αντίστοιχα μορφολογικά προφίλ.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μελέτη των πέντε χειμάρρων συνδυάστηκαν με τις διακυμάνσεις στη στάθμη της λίμνης καταλήγοντας στα εξής: Οι μεταβολές του τοπικού βασικού επιπέδου στην υδρολογική λεκάνη της τέως λίμνης Κάρλας έχουν δύο βασικά στάδια εξέλιξης.

Η πρώτη συνδέεται με τις συνεχείς μεταβολές της στάθμης της και τη συρρίκνωση της από την στάθμη των 64m, στη χαμηλότερη δυνατή πριν την αποξήρανση στάθμη των 45m (μεταβολή 20m). Τα ποτάμια συστήματα δεχόμενα την αλλαγή αυτή, στις κοίτες τους, δεν έχουν έρθει ακόμα σε ισορροπία, στοιχείο που αντανακλάται από τον εγκιβωτισμό που παρατηρείται στα αλλουβιακά ριπίδια και την παρουσία των σημείων καμπής στις κοίτες τους (knick points) σε μεγάλα υψόμετρα.

Η δεύτερη μεταβολή στο τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής, συνδέεται με την αποξήρανση της Κάρλας. Η μεταβολή αυτή, αρκετά μικρότερη από την προηγούμενη μεταβολή, της τάξης των 2m, φαίνεται να επηρέασε τα ποτάμια συστήματα που αναπτύχθηκαν κυρίως σε λεπτόκοκκα υλικά (Μαυρόρεμα) πιο εύκολα διαβρώσιμα, και όχι σε ποτάμια συστήματα με χοντρόκοκκα υλικά και με σχετικά μικρή υδρολογική λεκάνη (Μπεγιάτικο, Βαγιόρεμα, Βαθύρεμα).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 3
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ 4
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 5
1.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 7
1.3 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ 8
2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 8
2.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ 9
2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 11
2.2.1. Υπόβαθρο περιοχής μελέτης 15
2.2.2. Νεογενείς – Τεταρτογενείς σχηματισμοί της λεκάνης. 17
3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ - ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 17
3.1 ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ 19
3.2. ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΤΕΩΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ 20
4. Η ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ 20
4.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΑΡΧΑΙΑ ΣΥΓΚΡΑΜΑΤΑ 22
4.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ 22
4.2.1. Η λίμνη Κάρλα σύμφωνα με τα παλαιότερα αρχαιολογικά ευρήματα που στηρίζουν την ύπαρξή της και τη δράση της 25
4.2.2 Η λίμνη Κάρλα και η έκτασή της σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές 29
4.2.3 Η λίμνη Κάρλα και η έκτασή της σύμφωνα με αεροφωτογραφίες τις περιοχής του 1945 30
4.3 ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ – ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΗΣ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗΣ 31
4.3.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΦΟΡΟΥΣΑΝ ΤΗΝ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΗ 33
4.3.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ 35
5.ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 35
5.1.ΓΕΝΙΚΑ 35
5.2. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (χαμηλό τμήμα αυτής) 38

5.2.2. Τελική Υδρολογική λεκάνη 41
5.3. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ – ΜΟΡΦΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ 42
5.4.ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ 42
5.4.1. Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου 43
5.5. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΡΕΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ 43
5.5.1. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι για το επιλεγμένο υδρογραφικού δικτύου 48
5.5.2. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι των λεκανών απορροής των 5 ρεμάτων 59
5.5.2.1. Ανάλυση υδρογραφικής πυκνότητας και υδρογραφικής συχνότητας 60
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ 66
6.1. Η ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ 67
6.1.1. Ταξινόμηση του αναγλύφου της λεκάνης της ευρύτερης περιοχής μελέτης 67
6.1.2 Κλίση αναγλύφου 70
6.2. ΤΟ ΧΑΜΗΛΟ–ΠΕΔΙΝΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ 73
6.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ*: ανάγλυφο υδρολογικών λεκανών των χειμάρρων που επιλέχτηκαν* 82
6.3.1. Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα 83
7. ΠΟΤΑΜΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ 91
7.1 Μπεγιάτικο ρέμα 92
7.2 Ρέμα Βαγιόρεμα 100
7.3 Βαθύρεμα 110
7.4 Ξεριάς Ρέμα 123
7.5 Μαύρο Ρέμα 138
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ 149
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 153

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διατριβή αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Γεωγραφία και Περιβάλλον» του τμήματος της Γεωλογίας, της Σχολής Θετικών Επιστημών, του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας και εκπονήθηκε το διάστημα από το 2005 – 2007.

Επιβλέπων καθηγητής της διατριβής αυτής, αρχικά ορίστηκε ο καθηγητής Αν. Ψιλοβίκος. Η αρχική ιδέα για την επιλογή, του συγκεκριμένου θέματος ήταν του επιβλέποντα, ο οποίος αποτέλεσε έναν από τους κυριότερους μελετητές περιβάλλοντος της περιοχής. Το όνομά του έχει συνδεθεί με πολλές μελέτες που αφορούσαν την ευρύτερη περιοχή του Θεσσαλικού κάμπου.

Η συνεργασία μου με τον Α. Ψιλοβίκο υπήρξε καθοριστική και παρόλο που δεν ολοκληρώθηκε, έχει αποτελέσει σημαντικό σταθμό στην επιστημονική μου ολοκλήρωση ως Γεωλόγος.

Τα αλλά δύο μέλη της επιτροπής μου, όπως είχε οριστεί αρχικά ήταν ο καθηγητής Ε. Βαβλιάκης, και ο λέκτορας κ. Κ. Βουβαλίδης.

Λόγω των ατυχών γεγονότων που έλαβαν χώρα, η αρχική σύσταση της επιτροπής μου, άλλαξε. Έτσι ως νέος επιβλέπον καθηγητής της διατριβής μου και συνεχιστής των όσων ξεκινήσαμε με τους αύμνηστους Α. Ψιλοβίκο και Ε. Βαβλιάκη ορίστηκε ο κ. Βουβαλίδης, ενώ τα δύο νέα μέλη της τριμελούς επιτροπής μου είναι ο καθηγητής κ Θ. Αστάρας και ο επίκουρος καθηγητής κ. Κ. Αλμπανάκης.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσης διατριβής ειδίκευσης είναι η συσχέτιση της δράσης των χειμάρρων που αναπτύχθηκαν περιφερειακά της λεκάνης της λίμνης της Κάρλας, με τις αλλαγές που προκλήθηκαν στο τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής πριν και μετά την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας.

Για το λόγο αυτό στην συγκεκριμένη διατριβή δόθηκε έμφαση στα παρακάτω:

(α) Στη μελέτη του υδρογραφικού δικτύου που αναπτύχθηκε περιφερειακά της λεκάνης της λίμνης Κάρλας και συγκεκριμένα στον εντοπισμό των σύγχρονων μεταβολών του (από υπαίθρια έρευνα και παρατήρηση).

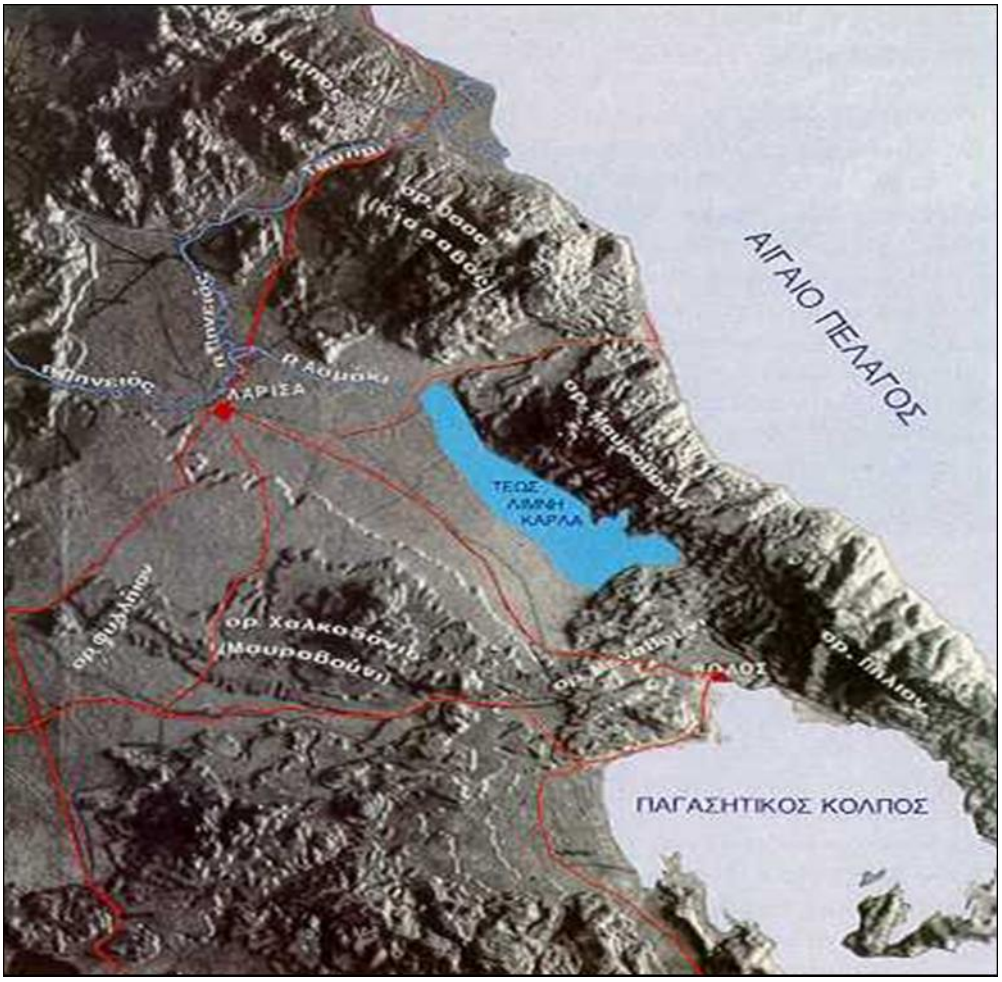
(β) Στη μελέτη του χαμηλού μορφολογικού αναγλύφου της περιοχής μελέτης με τη χρήση G.I.S. δόθηκε έμφαση στο χαμηλό τμήμα του μορφολογικού αναγλύφου, γιατί σε αυτό «αντικατοπτρίζονται» οι όποιες μεταβολές του τοπικού βασικού επιπέδου της περιοχής.

(γ) Από το συνδυασμό των δύο παραπάνω μελετών εξήχθησαν συμπεράσματα για τις εξελικτικές διεργασίες που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή.

1.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η προς μελέτη περιοχή απαρτίζεται, από την περιοχή που κάλυπτε η λίμνη Κάρλα ή Βοϊβηίς, όπως λεγόταν στην αρχαιότητα, και την περιφερειακή υδρολογική της λεκάνη.

Πιο συγκεκριμένα πρόκειται κυρίως για το ΝΑ τμήμα της λεκάνης του Θεσσαλικού κάμπου και περιλαμβάνει την περιοχή νοτιοανατολικά της Λάρισας και βορειοανατολικά του Βόλου, εκεί δηλαδή όπου άλλοτε βρισκόταν η λίμνη Κάρλα, και τα ρέματα που καταλήγουν σε αυτή. Η λίμνη Κάρλα υπήρξε επί σειρά πολλών ετών (υπάρχουν στοιχεία για τη ύπαρξή της από την αρχαιότητα) και αποξηράνθηκε το 1962, την περίοδο που πραγματοποιήθηκαν μαζικές αποξηράνσεις τόσο στη Θεσσαλία, όσο και στη Μακεδονία.



Σχήμα 1.1.: Γεωγραφική τοποθέτηση της λίμνης Κάρλας

Τα όρια της περιοχής καθορίζονται από τα ανατολικά και βορειοανατολικά, από την κορυφογραμμή του όρους Μαυροβουνίου, στους πρόποδες του οποίου

βρίσκονται το χωριά Καλαμάκι και Κανάλια (Σχήμα 1.2). Συνεχίζοντας, όριο της περιοχής μελέτης, νοτιοανατολικά και νότια αποτελούν τα όροι του Πηλίου και του Μεγαβουνίου αντίστοιχα. Στα δυτικά οριοθετείται από τη λοφώδη ζώνη της κεντρικής Θεσσαλίας, ενώ τα όρια δεν είναι σαφή στα βόρεια (Σχήμα 1.1).

Η έκταση της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης που αποστραγγίζουν τα περιφερειακά ρέματα, και άλλοτε τροφοδοτούσαν την λίμνη Κάρλα, είναι 1.121 km^2 ενώ η περίμετρός της είναι 228 km και καλύπτει σχεδόν ολόκληρη τη λεκάνη του Θεσσαλικού κάμπου μέχρι τον ποταμό Πηνειό. Η επιφάνεια της τέως λίμνης Κάρλας, δεν ήταν σταθερή. Αντίθετα, λόγω του μικρού σχετικά βάθους του τεκτονικού βυθίσματος, το βάθος της λίμνης έφθανε τα 5 m. Κάθε φορά που αυξανόταν οι παροχές σε νερό, και λόγω του ομαλού αναγλύφου του πυθμένα της, αυξανόταν και η επιφάνεια της λίμνης σημαντικά.

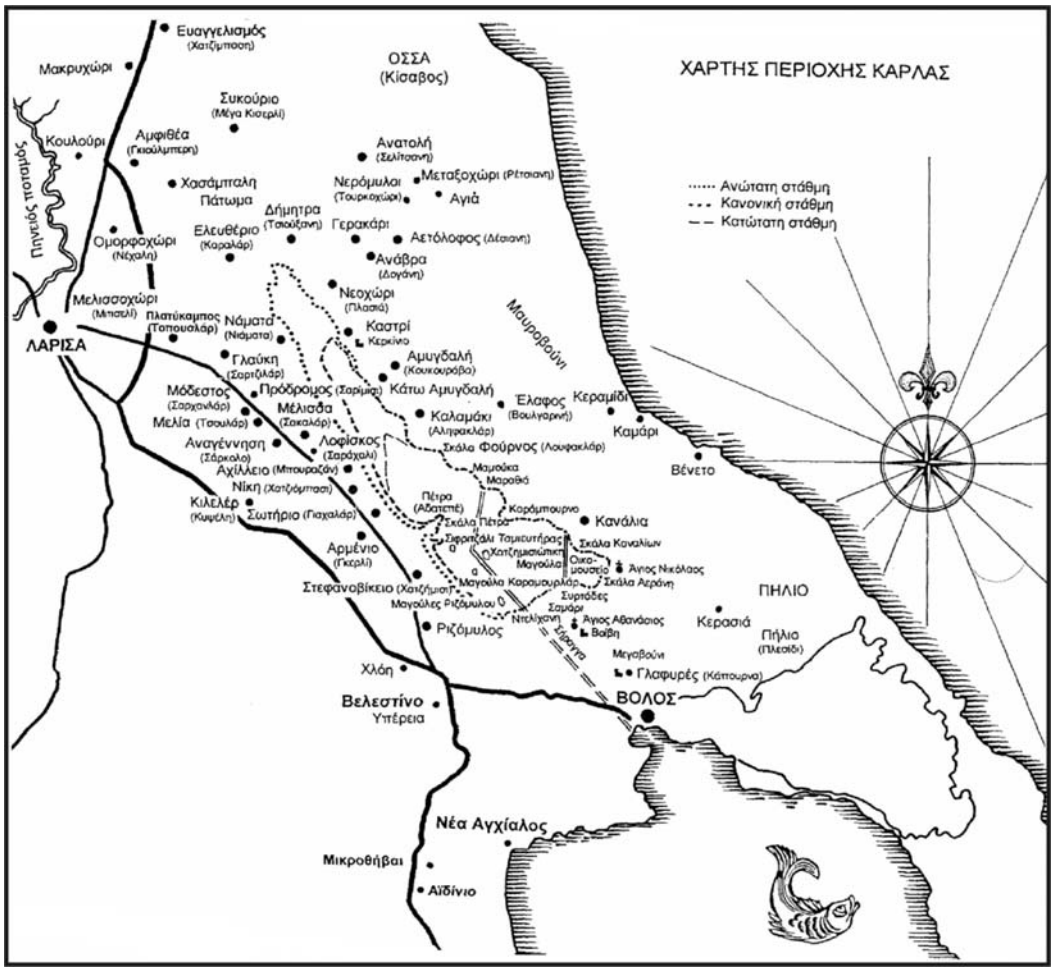
Το κομμάτι αυτό του Θεσσαλικού κάμπου υπήρξε έφορο και αποτελεί μια σημαντική πλουτοπαραγωγική πηγή αγροτικής ανάπτυξης. Έτσι η κύρια ενασχόληση του γειτνιάζοντα, στην περιοχή, πληθυσμού, είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία. Παλαιότερα, και όσο υπήρχε η λίμνη της Κάρλας, υπήρχαν πολλοί ψαράδες, που με την αποξήρανσή της λίμνης έγιναν είτε γεωργοί ή κτηνοτρόφοι.

Η αρχαία ονομασία της Κάρλας, «Βοιβηίς», προέρχεται πιθανόν από την αρχαία πόλη της Θεσσαλίας, Βοιβηίδα, που βρισκόταν κοντά στα Κανάλια. Βέβαια, έχουν υπάρξει και άλλες εκδοχές που συνδέουν το όνομά της με τη μυθολογία. Το όνομα της λίμνης άλλαξε και από Βοιβηίς έγινε Κάρλα στα μεσαιωνικά χρόνια (Ρούσκας, 2001).

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

1.3. ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΥΠΑΓΩΓΗ

Η λεκάνη της Κάρλας, όπως αναφέραμε παραπάνω βρίσκεται στην περιοχή της Θεσσαλίας, στα όρια των νομών Λάρισας και Μαγνησίας, με το μεγαλύτερο κομμάτι της να αναπτύσσεται στο νομό Λάρισας. Διοικητικά ανήκε και στους δύο νόμους. Συγκεκριμένα η λίμνη καταλάμβανε έκταση που ανήκει σήμερα στις κτηματικές περιοχές των παρακάτω κοινοτήτων των δύο νομών.



Σχήμα 1.2: Χάρτης της περιοχής της λίμνης Κάρλας με τα παραλίμνια χωριά της (Ρούσκας, 2001).

Αρχικά για τον νομό Λάρισας, συμπεριλαμβάνονται οι εξής κοινότητες: Καλαμάκι, Αμυγδαλή, Καστρί, Νεοχώρι, Δήμητρα, Νάματα, Γλαύκη, Μόδεστος, Μέλισσα, Λοφίσκος, Αχίλλειο, Νίκη, Σωτήριο, Αρμένιο, και Μέγα Μοναστήρι, ενώ οι κοινότητες που υπάγονται στο νομό Μαγνησίας είναι: Κανάλια, Στεφανοβίκειο, Ριζόμυλος, Άγιος Γεώργιος και ο δήμος του Βελεστίνου. Τα παραπάνω χωριά έχουν αναπτυχθεί περιφερειακά του τεκτονικού βυθίσματος που άλλοτε αποτελούσε τη λίμνη (Ρούσκας, 2001).

2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η λεκάνη απορροής της Κάρλας αποτελεί υπολεκάνη της ευρύτερης λεκάνης της Ανατολικής Θεσσαλίας και καλύπτει το νοτιοανατολικό άκρο αυτής.

Περιβάλλεται από μια ζώνη που χαρακτηρίζεται από ορεινές περιοχές, με υψόμετρα που φτάνουν τα 1978 m, και λοφώδεις περιοχές, με υψόμετρα που κυμαίνονται από 100 μέχρι 300m. Πιο συγκεκριμένα το ορεινό τμήμα αναπτύσσεται κυρίως βορειανατολικό, ανατολικό και νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής. Έτσι, βορειοανατολικά αποτελείται από βουνά που ανήκουν στον ορεινό όγκο της Όσσας, ανατολικά αναπτύσσεται ο όγκος του Μαυροβουνίου, στα νότια το Μεγαβούνι και τέλος στα νοτιοδυτικά το Χαλκοδόνιο. Το λοφώδες τμήμα της λεκάνης αναπτύσσεται σχεδόν αποκλειστικά στα νοτιοδυτικά και δυτικά της. Αποτελείται κυρίως από χαμηλούς λόφους νεογενών ιζημάτων.

Το εσωτερικό της λεκάνης αποτελεί και το πεδινό τμήμα της λεκάνης. Έχει επιμήκης ανάπτυξη, ομαλό ανάγλυφο, με εξαίρεση κάποιες μικρές εμφανίσεις ασβεστολιθικού υποβάθρου (hums). Το βαθύτερο μέρος του πεδινού τμήματος, βρίσκεται στα νοτιοανατολικά της λεκάνης, εκεί όπου υπήρχε η λίμνη Κάρλα.

Στο βόρειο τμήμα της, δημιουργείται μια υπολεκάνη η οποία επιφανειακά είναι κλειστή και η απορροή της καταλήγει στο έλος του Καλοχωρίου. Η λεκάνη αυτή αποτελεί επίσης τμήμα της λεκάνης απορροής της τέως λίμνης Κάρλας. Αυτό προκύπτει από τη μελέτη των γεωμορφολογικών και λοιπών τοπογραφικών στοιχείων της περιοχής. Τόσο υψομετρικά, όσο και υδρολογικά η υπολεκάνη του Καλοχωρίου συνδέεται με τον χαμηλότερα ευρισκόμενο πυθμένα της Κάρλας, προς τον οποίο εκφορτίζεται μέσω καρστικών πηγών (Παληκαρίδου 1998).

Ο καρστικός χαρακτήρας της λίμνης Κάρλας σε συνδυασμό με την παρουσία ανθρακικών πετρωμάτων στην ευρύτερη λεκάνη απορροής της, συντείνουν στον χαρακτηρισμό της ως ημιπόλγης, δηλαδή πόλγης με την μια της πλευρά ανοιχτή. Βασικό χαρακτηριστικό της πόλγης είναι η έλλειψη φυσικού επιφανειακού συστήματος εκροής των υδάτων της από το χώρο της λεκάνης απορροής της. Αυτό συμβαίνει και με την περίπτωση της Κάρλας, όπως προκύπτει από τη μελέτη της τοπογραφίας της. Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές μόνο η παρουσία καταβοθρών και η υπόγεια αποστράγγιση προς τη νοτιοανατολική πλευρά της επέτρεπε την εκφόρτιση του νερού προς τη θάλασσα. Παράλληλα όμως, υπήρχε και η μοναδική επιφανειακή διέξοδος της λεκάνης προς τον Πηνειό ποταμό, σε

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

περιπτώσεις που η υπόγεια αποστράγγιση δεν ήταν σε θέση να αποστραγγίσει την ημιπόλγη (Κωνσταντινίδης 1988, από Παληκαρίδου 1998).

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

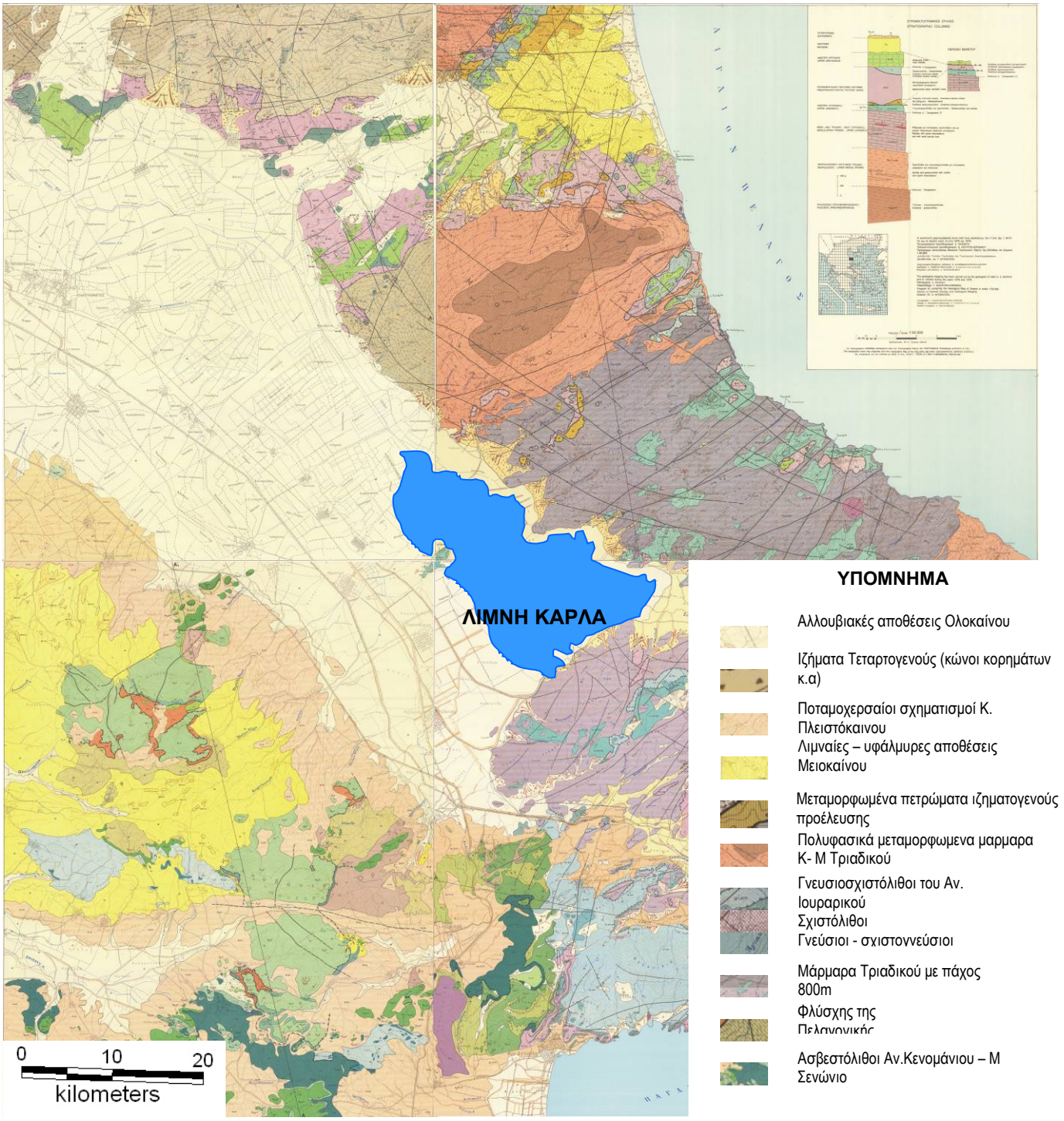
Σύμφωνα με τον Μουντράκη (1985), η λεκάνη της Κάρλας από γεωτεκτονικής άποψης, ανήκει στην ομάδα των Εσωτερικών Ελληνίδων και συγκεκριμένα στην Πελαγονική ζώνη.

Η περιοχή μελέτης έτσι συνίσταται από τα πετρώματα της Πελαγονικής, που αποτελούν το υπόβαθρο της λεκάνης, και ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς, τα οποία βρίσκονται ασύμφωνα τοποθετημένα στο υπόβαθρο.

Τα πετρώματα του υποβάθρου, εμφανίζονται κυρίως στα βορειοανατολικά, ανατολικά και νοτιοανατολικά, όπου δηλαδή αναπτύσσεται η ορεινή ζώνη του αναγλύφου της λεκάνης. Τα Νεογενή ιζήματα καλύπτουν σχεδόν ολοκληρωτικά το δυτικό τμήμα της λεκάνης, ενώ τα Τεταρτογενή εμφανίζονται στο κέντρο της.

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά όλες οι γεωλογικές δομές και οι σχηματισμοί, που συναντώνται στην περιοχή μελέτης. (Σχήμα 2.1)

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



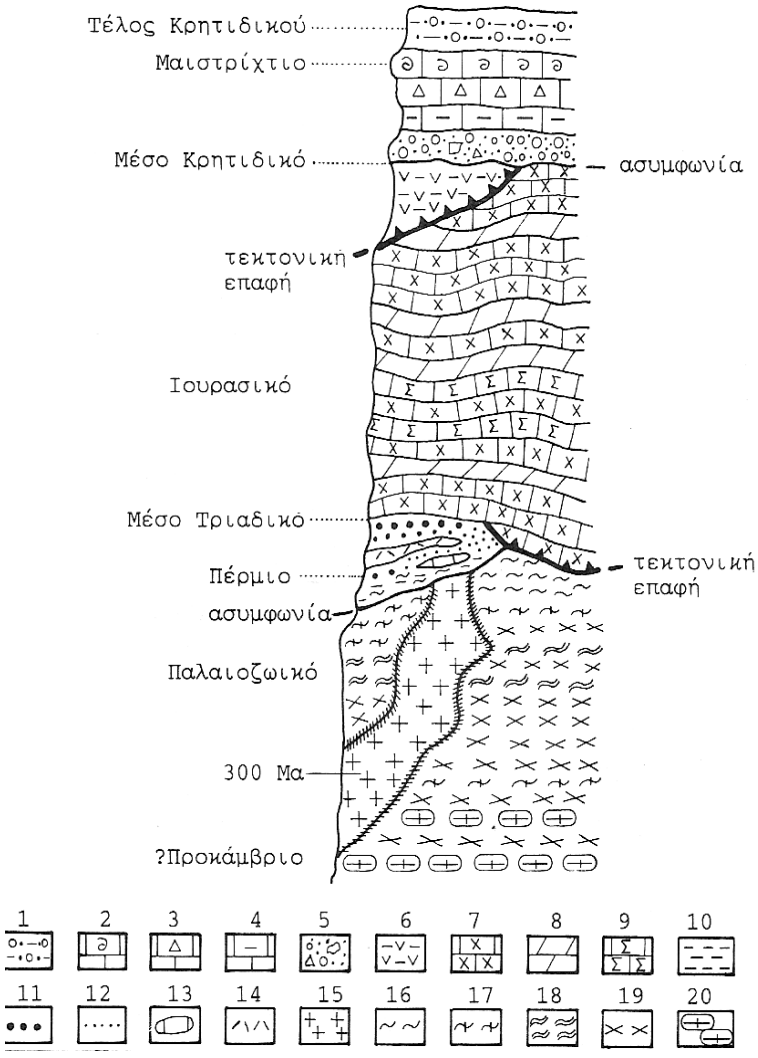
Σχήμα 2.1.: Γεωλογικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης της Ανατολικής Θεσσαλίας (Γεωλογικοί χάρτες φύλλα Αγιά, Πλάτύκαμπος, Βόλος, Βελεστίνο, Φάρσαλα, Λάρισα κλίμακας 1:50.000, ΙΓΜΕ)

2.2.1. ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το υπόβαθρο της περιοχής μελέτης, αποτελείται κυρίως από τα πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης.

Η Πελαγονική ζώνη, που καθιερώθηκε με τον όρο αυτό από τους Brunn (1956) και Aubouin (1957), έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και εκτείνεται από την Γιουγκοσλαβία προς τους Ελληνικούς ορεινούς όγκους του Βόρα, του Βέρνου, του Βερμίου, των Πιερίων, του Ολύμπου, του Πηλίου και της Βόρειας Εύβοιας. Στη συνέχεια κάμπτεται προς τις Σποράδες και περιλαμβάνει τα νησιά Σκιάθος , Σκόπελος, Σκύρος. Πιθανή προέκταση της πελαγονικής στο Αιγαίο είναι τα νησιά Οινούσες (Βόρεια της Χίου), από όπου η ζώνη περνάει στη Βόρεια Μικρά Ασία. (Μουντράκης, 1985)

Παρακάτω αναφέρονται σε γενικές γραμμές οι διαδικασίες σχηματισμού και απόθεσης των βασικών ακολουθιών που συνιστούν την Πελαγονική ζώνη, ενώ στο σχήμα 2.2. φαίνεται η συνοπτική λιθοστρωματογραφική – τεκτονική στήλη της Πελαγονικής Ζώνης.



Σχήμα 2.2.. : Συνοπτική λιθοστρωματογραφική – τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης.

1-5: Επικλυσιγενή ιζήματα Μ - Α Κρητιδικού.
1: Φλύσχης Α. Μαιστριχτίου - Κ. Παλαιόκαινου,
2: ασβεστόλιθος Μαιστριχτίου,
3: μικρολατυποπαγείς ασβ.,
4: μαργαϊκοί ασβ.,
5: κροκαλο-λατυποπαγή της βάσης,
6: οφειόλιθοι & συνοδά πελαγικά ιζήματα,

7-9: πετρώματα των δύο ανθρακικών καλυμμάτων Τριαδικού – Ιουρασικού,
7: κρυσταλλικοί ασβ. & μάρμαρα,
8: δολομίτες,
9: σιπολίνες,

10-14: πετρώματα της μετακλαστικής σειράς Περμίου – Κ. Τριαδικού,
10: μετά-πελίτες, φυλλίτες,
11: χαλαζιακά μετά- κροκαλοπαγή,
12: μετά - ψαμμίτες, μετά - αρκόζες
13: φακοί ασβ.,
14 : μετά – ρυόλιθοι, μετά – τόφφοι,
15 : γνευσιωμένοι γρανίτες Α. Λιθανθρακοφόρου,

16-20: πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου,
16: σχιστόλιθοι,
17: διμαρμαρυγιακοί - γρανατούχοι σχιστόλιθοι,
18: αμφιβολίτες,
19: γνέυσιοι,
20: οφθαλμογνεύσιοι.
(Μουντράκης, 1985).

Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο : Κύριο δομικό στοιχείο της Πελαγονικής είναι τα κρυσταλλωσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου τα οποία μεταμορφώθηκαν κατά τη διάρκεια του Παλαιοζωικού, σε συνθήκες τις βαθύτερες της πρασινοσχιστολιθικής φάσης έως τις ανώτερες της αμφιβολιτικής. Μέσα στα κρυσταλλωσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου παρατηρούνται μεγάλοι γρανιτικοί όγκοι, ηλικίας Άνω Λιθανθρακοφόρου, οι οποίοι αποτελούν μαγματικές διεισδύσεις μέσα στο υπόβαθρο και έχουν προκαλέσει φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής στα κρυσταλλωσχιστώδη πετρώματα

Έρευνες στις διάφορες περιοχές της ζώνης, έδειξαν ότι το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο δεν είναι ομογενές αλλά αποτελείται από πολλές ενότητες πετρωμάτων που συνιστούν αλλεπάλληλα τεκτονικά λέπια.

Παρόλη τη διάκρισή τους όλες οι ενότητες αυτές θεωρούνται παράλληλες κρυσταλλοσχιστώδεις ακολουθίες ενός κοινού υποβάθρου, με παρόμοια λιθολογική σύσταση, ενώ η κρυστάλλωσή τους πραγματοποιήθηκε σε παρόμοιες συνθήκες στο Παλαιοζωϊκό ή πιο παλιά στο Κάμβριο. (Μουντράκης, 1985)

Περμοτριαδικές μετακλαστικές ακολουθίες:

Πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, αποτέθηκε μια κλαστική ιζηματογενής σειρά πάχους περίπου 200m, μέσα στην οποία παρεμβάλλονται ηφαιστειακά υλικά, όξινες και βασικές λάβες και τόφφοι.

Τα ιζήματα αυτά αποτέθηκαν στο Πέρμιο και κάτω Τριαδικό. Μεταμορφώθηκαν στη διάρκεια Ανώτερου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης. Τα πετρώματα που συνιστούν τις Περμοτριαδικές ακολουθίες, είναι φυλλίτες, μετα-πελίτες, μετα-αρκόζες, χλωριτικοί και σερικιτικοί σχιστόλιθοι, μετα-ψαμμίτες, χαλαζιακά μετα-κροκαλοπαγή, αλλεπάλληλες παρεμβολές φακών ερυθρωπών και τεφρών ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων και λατυποπαγών ασβεστόλιθων, ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, μετα-ρυόλιθοι και μετα-τόφφοι. (Μουντράκης, 1985)

Τα ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού – Ιουρασικού:

Η κύρια Αλπική ιζηματογένεση της Πελαγονικής ζώνης είναι νηριτική, ανθρακική στη διάρκεια Τριαδικού – Ιουρασικού και τα πετρώματά της καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις της ζώνης.

Το σύνολο αυτό των ανθρακικών πετρωμάτων συνηθίστηκε να ονομάζεται «Μεσοζωϊκό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής». Νεότερες έρευνες (Μουντράκης 1983, 1984) έδειξαν ότι πρόκειται για δυο χωριστά ανθρακικά καλύμματα που αποτέθηκαν στα δύο περιθώρια της Πελαγονικής, το δυτικό και το ανατολικό. Και τα δύο ανθρακικά καλύμματα εμφανίζουν αισθητή μεταμόρφωση που έλαβε χώρα στην

περίοδο Ανωτέρου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης. (Μουντράκης, 1985)

Οι οφειόλιθοι και τα συνοδά ιζήματα: Σημαντικές οφειολιθικές μάζες παρατηρούνται στην Πελαγονική, τοποθετημένες και στα δύο περιθώρια της ζώνης.

Οι οφειόλιθοι της Πελαγονικής είναι αλλόχθονοι και προέρχονται από τις δύο ωκεάνιες περιοχές των ζωνών Αξιού και Υποπελαγονικής που βρίσκονταν εκατέρωθεν της Πελαγονικής. Επωθήθηκαν πάνω στα Τριαδικοϊουρασικά ανθρακικά καλύμματα των δύο Πελαγονικών περιθωρίων μαζί με τα συνοδεύοντα σε αυτούς ιζήματα βαθιάς θάλασσας. (Μουντράκης, 1985)

Τα επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου – Ανω Κρητιδικού: Μετά την ανάδυση των εσωτερικών ζωνών στην Ανωϊουρασική – Κατωκρητιδική ορογένεση και τη χέρσευση που ακολούθησε, είχαμε ως γνωστό την επίκλυση της θάλασσας Μέσου – Άνω Κρητιδικου. Τα ιζήματα επίκλυσης τοποθετούνται με ασυμφωνία πάνω στα προϋπάρχοντα ανθρακικά πετρώματα των Τριαδικοϊουρασικών καλυμμάτων, που εν τω μεταξύ είχαν πτυχωθεί στην ορογενετική περίοδο, είτε ακόμα τοποθετούνται με επικλυσιγενή ασυμφωνία πάνω στους οφειόλιθους και τα συνοδά τους πελαγικά ιζήματα. (Μουντράκης ,1985)

Η επίκλυση άρχισε γενικά στο Κενομάνιο – Τουρώνιο του Μεσου Κρητιδικού, αλλά σε ορισμένες περιοχές καθυστέρησε και έγινε το Άνω Κρητιδικό. (Μουντράκης, 1985)

Για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Κάρλας, πραγματοποιήθηκε μελέτη των γεωλογικών χαρτών, (φύλλα Αγιά, Πλατύκαμπος, Βόλος, Βελεστίνο, Λάρισα, Φάρσαλα) κλίμακας 1:50.000, του ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών). Η μελέτη αυτή έδειξε ότι η Πελαγονική ζώνη, για τη συγκεκριμένη περιοχή, συγκροτείται από τους εξής σχηματισμούς:

Αρχικά, στο ανατολικό ορεινό τμήμα, που αποτελείται από ένα τμήμα της ορεινού όγκου της Όσσας, από το Μαυροβούνιο και το Πήλιο εμφανίζονται οι παρακάτω σχηματισμοί:

Στον ορεινό όγκο της Όσσας υπάρχουν πετρώματα του κρυσταλλικού υποβάθρου του Παλαιοζωϊκού (γνεύσιοι, γνευσιοσχιστόλιθοι και αμφιβολίτες). Πάνω από αυτά υπάρχει ένα σύστημα από πολυφασικά μεταμορφωμένα πετρώματα, (όπως μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι γνευσιοσχιστόλιθοι, και αμφιβολίτες του Νεοπαλαιοζωϊκού – Κατώτερου Μέσου Τριαδικού) που ανήκουν στις μετακλαστικές ακολουθίες του Περμοτριαδικού. Η εμφάνιση των πετρωμάτων αυτών συνεχίζεται μέχρι το μισό του Μαυροβουνίου (σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη της περιοχής).

Το νότιο τμήμα του Μαυροβουνίου καταλαμβάνεται εξ ολοκλήρου από μάρμαρα που σε θέσεις το πάχος τους φτάνει τα 800m. Αποτελούν κανονική προς τα πάνω εξέλιξη των νεοπαλαιοζωϊκών – κατωμεσοτριαδικών πετρωμάτων. Πάνω από αυτά και επικλυσιγενώς τοποθετημένα βρίσκονται γνευσιοσχιστόλιθοι – σχιστόλιθοι που χρονολογούνται στο Ανώτερο Ιουρασικό.

Σε διάφορες θέσεις της λεκάνης της Κάρλας, εμφανίζονται και πετρώματα της σειράς των οφειολίθων που αποτελούν τα υπολείμματα του παλιού ωκεάνιο φλοιού, και προέρχονται από τις ζώνες Αξιού και Υποπελαγονικής.

Στηριζόμενοι στην χαρτογράφηση που πραγματοποιήθηκε από το ΙΓΜΕ για την ευρύτερη λεκάνη της Κάρλας, οι παραπάνω σχηματισμοί αποτελούν το Προανωκρητιδικό ή Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα. Αυτό αποτελείται από κάτω προς τα πάνω από σερπεντινίτες, μεταμορφωμένα οφειολιθικά πετρώματα (αμφιβολίτες, πρασινίτες) και μεταμορφωμένα ιζηματογενούς προέλευσης.

Η σειρά των μαρμάρων και των σχιστολίθων συνεχίζει και σε όλο το νότιο νοτιανατολικό τμήμα της λεκάνης της Κάρλας, στο ορεινό συγκρότημα του Μεγαβουνίου. Το πάχος τους δεν ξεπερνάει τα 800 m.

Δυτικότερα, στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου, στους ορεινούς όγκους του Χαλκοδονίου και του Μαυροβούνιο εμφανίζονται τα νεότερα πετρώματα της Πελαγονικής. Πρόκειται για επικλυσιγενείς ασβεστολίθους μεσο – παχυστρωματώδεις, τεφροί κρυσταλλικοί, ηλικίας Κενομάνιο – Μέσο Σενώνιο, με πάχος περίπου 150 m. Πάνω από τους ασβεστόλιθους βρίσκεται ο φλύσχης της Πελαγονικής, που αποτελείται από χονδρόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες και ενστρώσεις κλαστικών ασβεστόλιθων. Στα κατώτερα μέλη του φλύσχη εμφανίζονται με μορφή ολισθολίθων, βασικά και υπερβασικά πετρώματα (περιδοτίτες, σερπεντινίτες), καθώς επίσης και ασβεστόλιθους. Το μέγιστο πάχος του φλύσχη είναι περίπου 150 m.

Εμφανίσεις του υποβάθρου έχουμε και στο εσωτερικό της λεκάνης της Κάρλας, με την μορφή εξαρμάτων. Τέτοια εξάρματα είναι η Μαγούλα, η Πέτρα, και το Σιφριτζάλι, και αποτελούνται από πετρώματα που συγκροτούν ολόκληρο το νοτιοανατολικό και νότιο τμήμα.

2.2.2. ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ – ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.

Νεογενείς σχηματισμοί: Σύμφωνα με γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ (1964, 1978, 1984), πρόκειται κυρίως για λιμναία ιζήματα της μεγάλης λίμνης της Θεσσαλίας που αποτέθηκαν στο Νεογενές. Καταλαμβάνουν το δυτικό – νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης, όπου και εμφανίζονται επιφανειακά, ενώ στο κέντρο της λεκάνης συναντώνται κάτω από τα τεταρτογενή ιζήματα.

Τα παλαιότερα από τα ιζήματα του Νεογενούς, είναι λιμναίες έως υφάλμυρες αποθέσεις του Μειόκαινου. Αποτελούνται από μάργες τεφρές έως υπόλευκες, σε στρώματα που το πάχος τους κυμαίνεται από 5 – 20 cm. Κατά θέσεις και κυρίως στα ανώτερα στρώματα των μάργων, εμφανίζονται σκληρές μάργες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με φυτικά λείψανα, σε στρώματα πάχους μέχρι και 15m.

Στα ανώτερα στρώματα των νεογενών αποθέσεων, εμφανίζονται χερσοποτάμιοι σχηματισμοί. Πρόκειται για σχηματισμούς που σύμφωνα με τους γεωλογικούς χάρτες, είναι Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται κυρίως από ρυθμικές αποθέσεις αργίλων, άμμων και κροκάλων, ερυθροφαίου χρώματος. Το μέγεθος των κροκάλων κυμαίνεται από 10 εκατοστά και φτάνει μέχρι και το 1 μέτρο. Το ενδιάμεσο υλικό είναι αργιλοαμμώδες. Πρόκειται λοιπόν για υλικά χειμαρρικού χαρακτήρα που αποτέθηκαν σε εναλλασσόμενο κλιματικό περιβάλλον. Το μέγιστο ορατό πάχος είναι 100 m.

Τεταρτογενείς σχηματισμοί: Είναι λιμναία ιζήματα της τέως λίμνης Κάρλας στο κέντρο και αλλουβιακές αποθέσεις στις εξόδους των χειμάρρων προς την περιλίμνια ζώνη χαμηλού αναγλύφου.

Αναλυτικότερα οι αποθέσεις του τεταρτογενούς αποτελούνται από τα εξής:

- ***Αδρομερείς χαλαρές αποθέσεις*.**

Είναι κυρίως πλευρικά κορήματα, ριπίδια και κώνοι κορημάτων. Συνίστανται από αδρομερή υλικά στα οποία επικρατούν ασβεστολιθικές κροκάλες και ερυθρογή. Αναπτύσσονται είτε μέσα σε χαραδροκοιλάδες, είτε στην έξοδο των χειμάρρων προς την περιλίμνια ζώνη. Τα υλικά αυτά δεν φτάνουν στο κέντρο της λεκάνης, ενώ η σύστασή τους γίνεται περισσότερο λεπτόκοκκη (άμμος, ιλύς, άργιλος) στον παράκτιο χώρο.

- ***Αλλουβιακές αποθέσεις.***

Τις συναντάμε κυρίως στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, πάνω από τα ερυθροστρώματα.

- ***Παράκτιες και λιμναίες αποθέσεις της Κάρλας.***

Τα παράκτια ιζήματα, αποτελούνται κυρίως από χοντροκλαστικό υλικό (κροκάλες και άμμος), ενώ εσωτερικά το υλικό γίνεται πιο λεπτόκοκκο (ιλύς και άργιλος).

Η ιζηματογένεση στην περιοχή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι ξεκίνησε το Α. Μειόκαινο, και συνεχίστηκε στο Τεταρτογενές με τα Πλειστοκαινικά και Ολοκαινικά ιζήματα, μέχρι σήμερα. Αυτό ισχύει για τα κεντρικά βυθίσματα που σχηματίστηκαν κατά μήκος της Πελαγονικής ζώνης (λεκάνη Φλώρινας –Αμυνταίου – Πτολεμαϊδας), (Ψιλοβίκος. κ.α., 1989).

3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ - ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Σημαντικό έμμεσο παράγοντα στη διαμόρφωση της γεωμορφολογίας μιας περιοχής, αποτελεί το κλίμα. Τα στοιχεία του κλίματος που επηρεάζουν την διαμόρφωση της περιοχής είναι ο άνεμος, η θερμοκρασία και τα κατακρυμνίσματα.

Στην περίπτωση της περιοχής μελέτης, η θερμοκρασία και τα κατακρημνίσματα παίζουν το σημαντικότερο ρόλο, αφού συνδέονται με την επιφανειακή κυκλοφορία του νερού στους περιφερειακούς χειμάρρους της τέως λίμνης Κάρλας, οι οποίοι ευθύνονται για τη διαμόρφωση χαρακτηριστικών μορφών διάβρωσης και αποθέσεων στο χώρο που παλιότερα φιλοξενούσε τη λίμνη.

Γενικά η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από κλίμα εύκρατο Μεσογειακού τύπου. Χαρακτηριστικό αυτού του κλίματος είναι ξηρό και θερμό καλοκαίρι και ήπιος βροχερός χειμώνας. Επηρεάζεται άμεσα από το αντικυκλωνικό σύστημα του Ατλαντικού μετά την επέκτασή του προς τη ΝΑ Ευρώπη. Χαρακτηρίζεται έτσι από την εμφάνιση δύο ομάδων ανέμων:

- Των ετήσιων ανέμων που αρχίζουν τη δράση τους από τα μέσα Ιουλίου μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου. Οι άνεμοι αυτοί οφείλονται στο συνδυασμό της επέκτασης του θερινού θερμικού χαμηλού από την περιοχή της Ασίας, και στον αντικυκλώνα του Ατλαντικού προς την ΝΑ Ευρώπη.
- Των ξηρών και θερμών τοπικών ανέμων που είναι γνωστοί με το όνομα «Λίβας» και η δράση τους είναι εξαιρετικά καταστρεπτική για τις καλλιέργειες κυρίως την περίοδο από το Μάιο μέχρι τον Ιούνιο.

Το μικροκλίμα της περιοχής της τέως Κάρλας, έχει εκτιμηθεί σε διάφορες εργασίες.(Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.,1994, ΕΚΒΥ, 1995) Τα δεδομένα όμως των μετεωρολογικών σταθμών της γύρω περιοχής, που χρησιμοποιήθηκαν, αναφέρονται σε μετρήσεις των τελευταίων χρόνων, και αρχίζουν λίγο πριν την αποξήρανση της λίμνης.

Από την αξιολόγηση των μετρήσεων θερμοκρασίας πριν την αποξήρανση της λίμνης προέκυψε ότι για την περίοδο 1946 – 1961, η μέση ετήσια θερμοκρασία ήταν 16,3 ^{o}C και η μέγιστη δεν ξεπερνούσε τους 34,5 ^{o}C το μήνα Ιούλιο, ενώ η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για το μήνα Ιανουάριο κυμαίνονταν στους 1,6 ^{o}C. Μετά την αποξήρανση της λίμνης δηλαδή για την χρονική περίοδο 1962 – 1992, παρατηρήθηκε μια μείωση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά 0,7 ^{o}C. (πιο

συγκεκριμένα, η μέση μέγιστη θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 0,5 ^{o}C, ενώ η μέση ελάχιστη μειώθηκε κατά 0,9 ^{o}C). Φαίνεται πως η αποξήρανση της λίμνης επηρέασε το μικροκλίμα της περιοχής, μεταβάλλοντάς το σε κλίμα ηπειρωτικότερου χαρακτήρα (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 1994)

Σε ότι αφορά τη μέση τιμή της ετήσιας βροχόπτωσης στους διάφορους μετεωρολογικούς σταθμούς γύρω από την τέως λίμνη Κάρλα οι τιμές κυμαίνονται. Έτσι ενδεικτικά, για την περίοδο 1974 – 1992 μετρήσεις από τον βροχομετρικό σταθμό στη περιοχή των Καναλιών, ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο +70m, η μέση ετήσια τιμή βροχόπτωσης είναι 740mm. Αντίστοιχα μετρήσεις από τον βροχομετρικό σταθμό στη περιοχή του Σωτηρίου, που βρίσκεται σε υψόμετρο +54m, για την περίοδο 1956 – 1992, έδειξαν ότι η μέση ετήσια τιμή βροχόπτωσης, είναι 430,1mm.

Την περίοδο 8 – 12 Οκτωβρίου 2006 όμως, η χώρα μας επηρεάστηκε από μία έντονη ατμοσφαιρική διαταραχή, η οποία προκάλεσε σοβαρά πλημμυρικά φαινόμενα σε πολλές περιοχές της χώρας. Τα σημαντικότερα από αυτά σημειώθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης και της Χαλκιδικής, στο Νομό Φθιώτιδας, στο Βόλο και στη δυτική Κρήτη.

Στην περιοχή του Βόλου, η βροχόπτωση που σημειώθηκε στις 9/10/2006 ήταν πολύ ισχυρή και σύμφωνα με μετρήσεις μετεωρολογικών σταθμών από ερασιτέχνες μετεωρολόγους, τα χιλιοστά βροχής που κατεγράφησαν ήταν περισσότερα από 230 mm μέσα σε ένα δωδεκάωρο. Οι μετρήσεις της βροχόπτωσης στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου, κατεγράφησαν από βροχόμετρα τριών περιοχών: του μετεωρολογικού σταθμού της Ε.Μ.Υ. στην περιοχή της Ν. Αγχιάλου, του Ινστιτούτου Προστασίας φυτών στο Φυτόκο και του βροχομετρικού σταθμού της Μακρυνίτσας που υπόκειται στην αρμοδιότητα του Υπουργείου Δημοσίων Έργων. Ο μετεωρολογικός σταθμός της ΕΜΥ εντός της πόλης του Βόλου πλέον δε λειτουργεί. (Φασούλα, Α., 2007).

Αυτά τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα συντέλεσαν σημαντικά στην ενεργοποίηση των ρεμάτων της περιοχής. Έτσι ρέματα που άλλοτε θεωρούνταν ξερά, ενεργοποιήθηκαν και ταυτόχρονα ενεργοποίησαν και τις διαδικασίες διάβρωσης. Τα ρέματα δηλαδή στην προσπάθεια τους να φτάσουν σε ένα προφίλ ισορροπίας άρχισαν να διαβρώνουν την κοίτη τους. Χαρακτηριστικές ήταν οι διαβρωτικές διεργασίες που εντοπίστηκαν στο Μαύρο ρέμα για τις οποίες θα γίνει αναφορά σε σχετικό κεφάλαιο.

3.2. ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΤΕΩΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

Η εξίσωση του υδατικό ισοζύγιο είναι η σχέση που εκφράζει τον τρόπο που κατανέμονται τα κατακρημνύσματα (P) σε μια συγκεκριμένη περιοχή και είναι χαρακτηριστική για κάθε περιοχή (Σούλιος, 1986), εκφράζεται από την σχέση:

P= I + R + E + dw + dp

Όπου P: τα ατμοσφαιρικά κατακρυμνίσματα
R: η επιφανειακή απορροή
E: η εξατμισοδιαπνοή
I: η κατύσδειση
dw: η μεταβολή των υπόγειων αποθεμάτων
dp: ανθρώπινες επεμβάσεις
(όλα τα υδρολογικά μεγέθη εκφράζονται σε mm/έτος ή σε ποσοστά %)

Θεωρώντας ότι η υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κάρλας αποτελεί αυτοτελές και αυτόνομο σύστημα επιφανειακά, είναι δυνατόν η παραπάνω σχέση να πάρει τη μορφή

P = I + R + E

Με δεδομένο ότι το εμβαδόν της λεκάνης της λίμνης Κάρλας είναι ίσο με 1.121 km^2 προκύπτει το παρακάτω ισοζύγιο ύδατος. (Καραναστάσης, 2004)

Πίνακας 3.1.: Ισοζύγιο ύδατος της υδρολογικής λεκάνης της τέως λίμνης Κάρλας (Καραναστάσης, 2004)

	P	**E**	**I**	**R**
Ποσοστό	100	76,2	8	15,8
mm	563	429	45	89
m^3	$572,9*10^6$	$436,6*10^6$	$45,8*10^6$	$90,5*10^6$

4. Η ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΜΑΤΑ

Η αρχή της ιστορίας της δημιουργίας και εξέλιξης, της λεκάνης της Θεσσαλίας, τοποθετείται μετά τη βύθιση της Αιγαιίδας και το σχηματισμό του Αιγαίου Πελάγους. Έτσι, τα τελευταία 500.000 έτη, δηλαδή από το Πλειστόκαινο και μετά αρχίζει μια φάση ταχείας αποστράγγισης των Θεσσαλικών βυθισμάτων προς το Θερμαϊκό. Η υποχώρηση των λιμνών διευκολύνει τη συνένωση των παραπόταμων του Πηνειού με την κύρια κοίτη του, ενώ κατά θέσεις παραμένουν λίμνες (Βοιβηίδα) και έλη (Καρδίτσα). Έτσι δημιουργείται η λίμνη Βοιβηίδα που καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα της ανατολικής λεκάνης της Θεσσαλικής πεδιάδας και αμέσως βορειότερα η Νεσσωνίδα (Ρούσκας 2001).

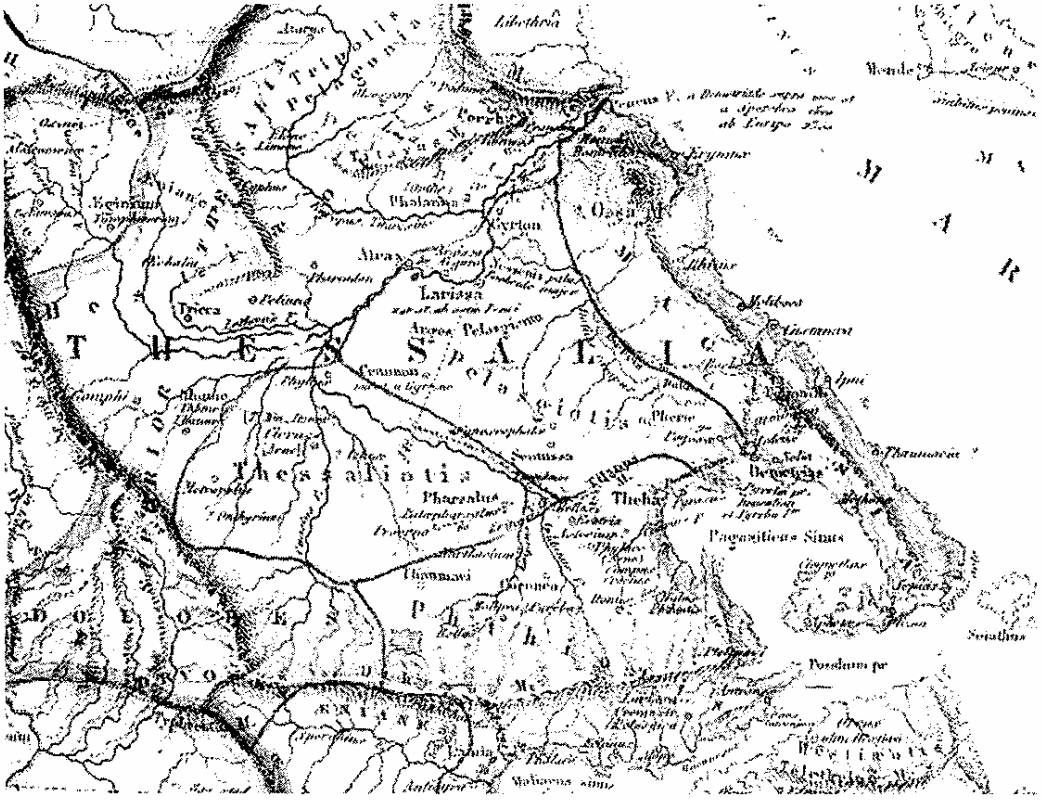
Τα ρέματα της βόρειας περιοχής της λεκάνης βοήθησαν τους ερευνητές να βγάλουν τα απαραίτητα συμπεράσματα για τις κινήσεις των νερών στην ανατολική θεσσαλική πεδιάδα καθώς και για τις συνέπειες που είχαν οι κινήσεις αυτές στη συμπεριφορά των ανθρώπων. Οι σχετικές έρευνες έδειξαν «να επιβεβαιώνεται η ύπαρξη μιας εκτεταμένης λεκάνης η οποία καλύπτοταν από τα νερά της Κάρλας, όπως την αναφέρουν οι σύγχρονοι και την οποία συναντούμε στα αρχαία κείμενα με το όνομα Βοιβηίδα. Η λίμνη αυτή κάλυπτε τη μεγαλύτερη έκταση της λεκάνης από την εποχή των γεωλογικών ανακατατάξεων και σε όλη τη διάρκεια των αρχαίων χρόνων μέχρι τις μέρες μας». Η λίμνη Κάρλα, που αποξηράνθηκε το 1962, υπήρχε από τη Νεολιθική εποχή και αναφέρεται στις αρχαίες πηγές.

Από τα προκλασσικά χρόνια ως το τέλος της αρχαίας εποχής η κύρια πηγή διήγησης της ιστορίας της Βοιβηίδας έχει χαρακτήρα ποιητικό. Τα Ορφικά, ο Όμηρος, ο Ησίοδος και ο Πίνδαρος κάνουν τη Βοιβηίδα αθάνατη εξυμνώντας τις ιδιότητές της, τις ομορφιές της περιοχής στην οποία ανήκει και την ιστορία νυμφών κι ηρώων που έχουν σχέση μ' αυτή. Ο Ηρόδοτος, 2.500 περίπου χρόνια πριν, διασώζει τον απόηχο που έφτασε στη δική του εποχή από τα βάθη της προϊστορίας για την ύπαρξη της τεράστιας θεσσαλικής λίμνης, ενώ ο Στράβων λέει πως αυτές οι λίμνες είναι λείψανα της μεγάλης προϊστορικής θεσσαλικής λίμνης.

Διάσπαρτα στοιχεία του μύθου σχετικά με τις φυσικές ιδιότητες της λίμνης επιβεβαιώνονται από τις μετέπειτα πηγές. Στη συνέχεια της ποιητικής εξύμνησης βρίσκεται ο λόγος των ιστορικών και γεωγράφων της αρχαιότητας. Τα λιμναία γεωγραφικά γεγονότα προβάλλονται στην ουσία με ό,τι η αρχαϊκή ποιητική σκέψη τα είχε επενδύσει. Από τα αρχαία γεωγραφικά κείμενα μέχρι τα κείμενα των γεωγράφων και των περιηγητών των νεότερων χρόνων τα νήματα χάνονται και

βιβλιογραφικά και νοηματικά κι οι πληροφορίες για τη μετονομασθείσα σε Κάρλα, Βοιβηίδα είναι πλέον από άμεση επαφή. (Ρούσκας, 2001).

Ο χάρτης που ακολουθεί (Σχήμα 4.1) αναπαριστά την περιοχή της Θεσσαλίας κατά τον 1^{ο} μ.Χ. αιώνα. Εκτός από τις αναφορές στο όνομα της Κάρλας, ο χάρτης αυτός είναι ένα από τα λίγα στοιχεία που προσδιορίζουν τη θέση της.



Σχήμα 4.1: Η Θεσσαλία κατά τον 1^{ο} μ.χ αιώνα (Strabonis Geographicorum Tabulae XV. Instruxit Carolus Mulleru), (Ρούσκας, 2001)

Παρόλα αυτά όμως, οι όποιες αναφορές στο όνομα της Βοϊβηίδας από συγκράματα των προκλασσικών χρόνων δεν δίνουν πληροφορίες για την μορφολογία της. Αποτελούν μόνο βάσιμα στοιχεία για την ύπαρξή της.

4.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

Πρόκειται για μια λίμνη που, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, λόγω του μικρού βάθους του πυθμένα της, σε συνδυασμό με το ομαλό ανάγλυφο της λεκάνης που την φιλοξενούσε, δεν είχε σταθερή επιφάνεια στη διάρκεια της εξελικτικής της πορείας. Μια μικρή αύξηση του όγκου των νερών που κατέληγαν στην λίμνη, είχε σαν αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση της επιφάνειάς της. Έτσι γενικά οποιαδήποτε μεταβολή προκαλούσε μετακίνηση της ακτογραμμής σε μια ζώνη μεγάλου εύρους.

Σήμερα που η λίμνη δεν υφίσταται πια, ο προσδιορισμός των ακτών της είναι αρκετά δύσκολος.

Τα δεδομένα που υπάρχουν για τη λίμνη Κάρλα αναφέρονται κυρίως στην έκταση που καταλάμβανε τον τελευταίο αιώνα. Τα στοιχεία αυτά συμπεριλαμβάνουν **αρχαιολογικά στοιχεία**, **βιβλιογραφικές αναφορές-μελέτες**, **στοιχεία από χάρτες πριν και μετά την αποξήρανση** και **αεροφωτογραφίες**.

4.2.1. Η λίμνη Κάρλα συμφωνά με τα παλαιότερα αρχαιολογικά ευρήματα που στηρίζουν την ύπαρξη της και τη δράση της.

Τα παλαιότερα στοιχεία που συνηγορούν για την ύπαρξη της Κάρλας, προέρχονται από τη Νεολιθική περίοδο. Βασίζονται κυρίως σε αναφορές, προερχόμενες από αρχαιολογικές ανασκαφές, που γίνανε στην περιοχή για τον εντοπισμό οικισμών της προϊστορικής και ιστορικής περιόδου.

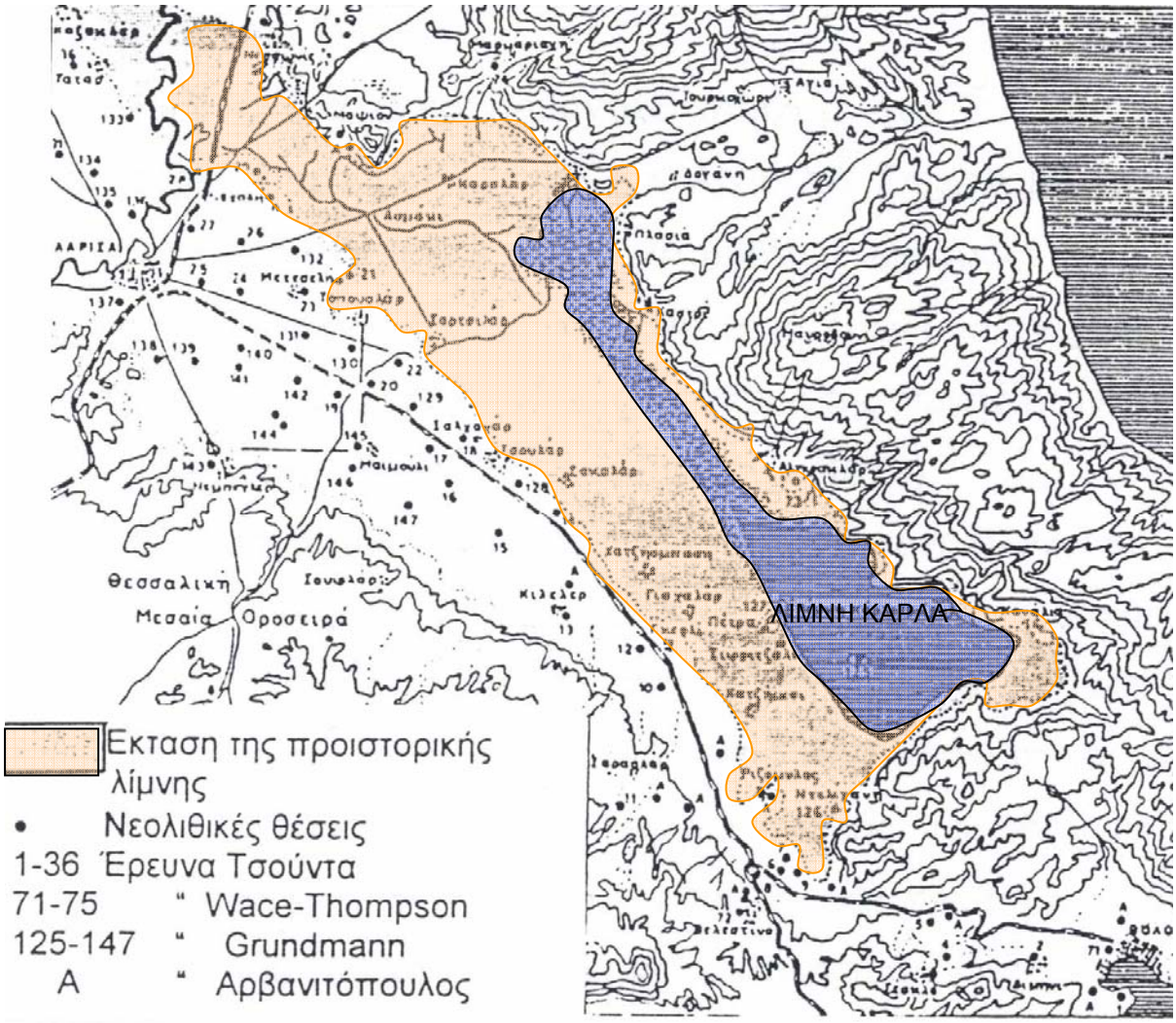
Είναι βέβαιο ότι το θεσσαλικό περιβάλλον της Νεολιθικής εποχής ήταν πολύ περισσότερο υγρό και πλούσιο σε πηγές νερού απ’ ό,τι σήμερα, μολονότι τα έλη μπορεί να ήταν λιγότερο εκτεταμένα απ’ ό,τι το 19ο αιώνα.

Το μεγαλύτερο μέρος των θέσεων της Νεολιθικής εποχής στο θεσσαλικό κάμπο βρισκόταν στις όχθες μιας λίμνης ή ενός ποταμού. Η στάθμη της λίμνης Βοιβηίδας βρισκόταν 20m ψηλότερα, οπότε και η επιφάνειά της, ήταν πιο εκτεταμένη.

Ο πρώτος αρχαιολόγος που έκανε επανειλημμένες περιοδείες στην περιοχή από το 1889 μέχρι το 1906, μετά την απελευθέρωση και ένωση της Θεσσαλίας με την Ελλάδα, ήταν ο Χρήστος Τσούντας, στον οποίο οφείλονται οι πρώτες ανασκαφές και η ανακάλυψη του Διμηνιού και του Σέσκλου, καθώς και οι πρώτες συστηματικές επισημάνσεις των προϊστορικών και πρωτοϊστορικών θέσεων της Θεσσαλίας. (Ρούσκας, 2001)

Σημαντική επίσης θεωρείται και η έρευνα του Grundmann (1937) (Γάλλης 1989, από Παληκαρίδου 1998), στη δεκαετία του 1930, με την οποία επισήμανε

πολλούς νέους προϊστορικούς οικισμούς. Βάση της έρευνας του τοποθέτησε σε χάρτη της θέσεις των μέχρι τότε γνωστών οικισμών της περιοχής και τα όρια της λίμνης Κάρλας που προκύψαν από τα στοιχεία αυτά.



Σχήμα 4.2. Σκαρίφημα των Νεολιθικών θέσεων της Βορειοανατολικής Θεσσαλίας κατά Grundmann 1937 (Γαλλής 1989, από Παληκαρίδου 1998)

Τα όρια της λίμνης που φαίνονται στο χάρτη αφορούν την προϊστορική λίμνη και συγκεκριμένα τα όρια της κατά την 4^{η} χιλιετία. Τα όρια αυτά συμπίπτουν με την ισοϋψή των 64m (Αποστολοπούλου – Κακαβογιάννη, 1979, από Παληκαρίδου 1998) .

Επίσης σύμφωνα με τον Grundmann (1937), η Χατζημισιώτικη μαγούλα, πιστεύεται πως ήταν νησί, όπως άλλωστε συνέβαινε και πριν την αποξήρανση. Από περαιτέρω έρευνες στην περιοχή προκύπτει πως το όριο της στάθμης δεν ήταν

σταθερό στα 64m κατά τους προϊστορικούς χρόνους. Σε αυτό συνηγορούν τα ακόλουθα αρχαιολογικά ευρήματα:

(1) Στην περιοχή της Πέτρας βρέθηκε τείχος που περιβάλλει τον ψηλότερο λόφο με πάχος 5m και μήκος 4 km, και χρονολογείται στη Μυκηναϊκή εποχή. Αυτό σημαίνει πως η περιοχή κατοικήθηκε στην περίοδο αυτή. Το πιο ενδιαφέρον όμως είναι ότι παρατηρήθηκε κίνηση νερού πάνω από τα μυκηναϊκά λείψανα, κάτι που δείχνει ότι είχαμε άνοδο της στάθμης στα τέλη της Μυκηναϊκής περιόδου. (Αποστολοπούλου – Κακαβογιάννη, 1979, από Παληκαρίδου 1998)

(2) Ένα άλλο σημαντική στοιχείο είναι ότι στη θέση Μαγούλα Καραμουρλάρ, που βρίσκεται 2 km ΑΝΑ του Στεφανοβικείου, στην ισοϋψή των 50m, εντοπίστηκε οικισμός της Αρχαιότερης Νεολιθικής εποχής και Μέσης Νεολιθικής εποχής. Αυτό φανερώνει πως για την δεδομένη χρονική περίοδο η περιοχή δεν καλύπτονταν από νερό και η στάθμη της λίμνης ήταν χαμηλότερη των 50m.

Από όλα τα παραπάνω προκύπτουν συνοπτικά στα εξής: Αρχικά ότι η λίμνη δεν είχε σταθερή στάθμη. Κατά την Μέση Νεολιθική εποχή, πραγματοποιήθηκε άνοδο της στάθμης πάνω από τα 50m. Μετά τις αρχές της Πρώιμης εποχής Χαλκού, η στάθμη πέφτει κάτω από τα 50m και τελικά στα τέλη της Μυκηναϊκής περιόδου η στάθμη ανεβαίνει στα 64m (Αποστολοπούλου – Κακαβογιάννη, 1979, από Ρούσκα, 2001). Η εξήγηση που δίνεται για τις διακυμάνσεις αυτές στη στάθμη της λίμνης, είναι ότι το πέρασμα από την Νεολιθική εποχή στην εποχή Χαλκού συνδέεται κλιματολογικά με μια αλλαγή του κλίματος σε πιο θερμό και ξηρό και τελικά επέφερε την απόσυρση στην ακτή της λίμνης κάτω από την ισοϋψή των 50m.

Πίνακας 4.1 Συνοπτικά οι διακυμάνσεις στη στάθμη της Κάρλας στη Νεολιθική περίοδο

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	**ΣΤΑΘΜΗ ΛΙΜΝΗΣ**
Μέση Νεολιθική περίοδος	>50m
Πρώιμη εποχή Χαλκού	<50m
Τέλος Μυκηναϊκής περιόδου	64m

Τα παραπάνω αρχαιολογικά στοιχεία ενισχύονται ακόμα περισσότερο από τα αποτελέσματα πρόσφατων γεωλογικών ερευνών. Αυτές αναφέρουν τον εντοπισμό μιας θέσης παράκτιων αποθέσεων, στην περιοχή του λόφου Πέτρα. Συγκεκριμένα βρέθηκε σε υψόμετρο 51m στην νοτιοδυτική πλευρά της Πέτρας ,παράκτιος σχηματισμός αποτελούμενος από άμμο με πολλά θραύσματα κοχυλιών. Από ραδιοχρονολογήσεις που έγιναν, προσδιορίστηκε μία ηλικία παλαιότερη από 30.000 χρόνια, (Caputo 1994, από Παληκαρίδου 1998).

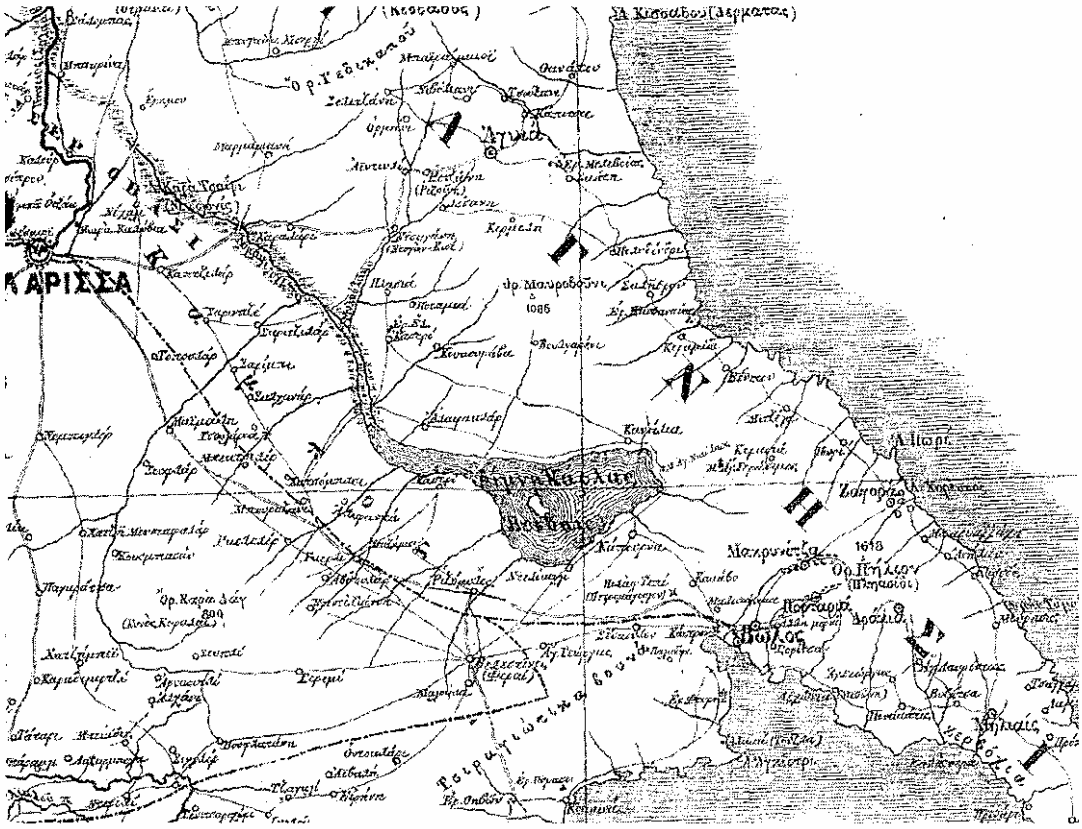
Σύμφωνα με τον Schneider (Bottema 1979), εκτιμάται ότι η λίμνη Κάρλα μερικές φορές κατά τη διάρκεια της μεσοπαγετώδους περιόδου θα πρέπει να έφτανε

τα 20m βάθος. Αυτό σύμφωνα με την τοπογραφία της περιοχής σημαίνει πως η έκταση της λίμνης ήταν αρκετά μεγάλη και πρέπει να έφτανε στον Πηνειό ποταμό. Αυτό επιβεβαιώνεται άλλωστε από την κατανομή των Νεολιθικών οικισμών στους οποίους αναφερθήκαμε παραπάνω.

4.2.2. Η λίμνη Κάρλα και η έκταση της σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές

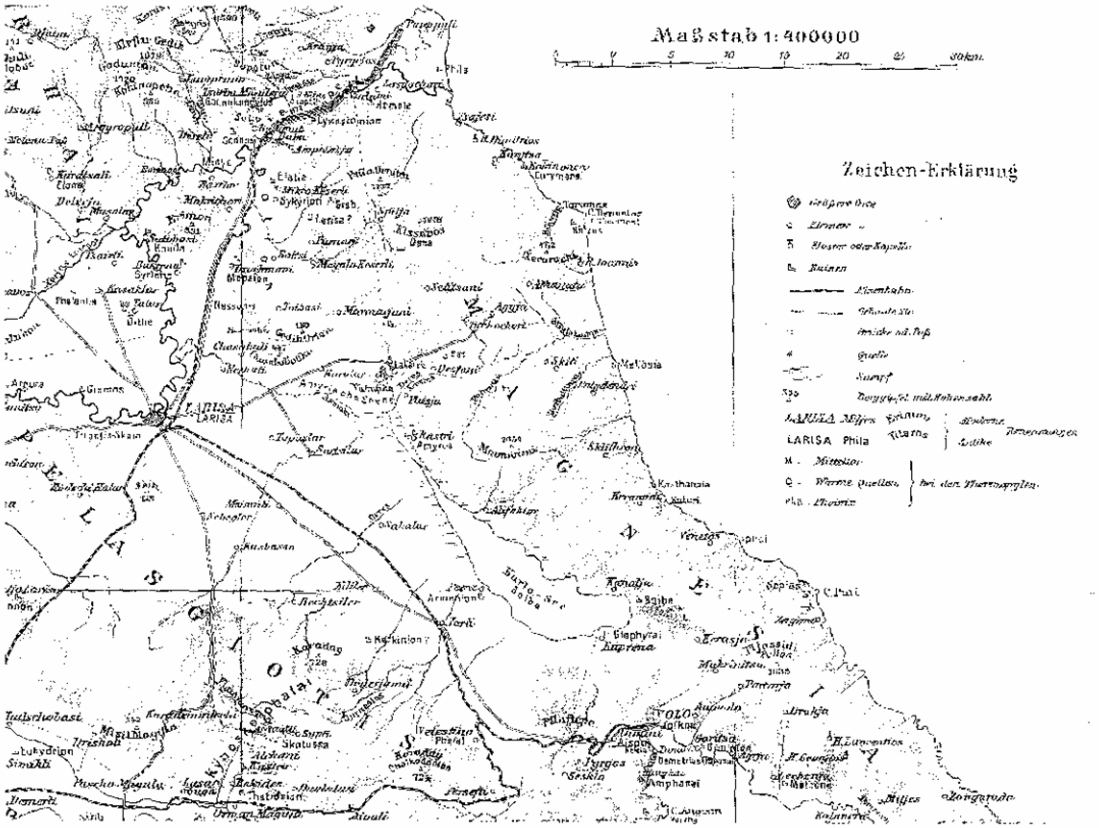
Οι περισσότερες αναφορές για την έκταση της Κάρλας σχετίζονται με τον τελευταίο αιώνα. Σύμφωνα με αυτές η λίμνη δεν είχε σταθερή στάθμη, άρα και έκταση. Κατά καιρούς η έκτασή της μεταβάλλονταν επηρεαζόμενη κυρίως από τις κλιματικές μεταβολές που καθόριζαν τις εισροές και τις εκροές (Ananiadis 1956).

Παρακάτω, στους χάρτες που ακολουθούν (Ρούσκας, 2001), αποτυπώνεται η λίμνη Κάρλα στα τέλη του 19^{ου} αιώνα ο πρώτος, και πιο πρόσφατα στην 3^{η} δεκαετία του 20^{ου} αιώνα ο δεύτερος, και πως συνδέεται μέσω του ρέματος Ασμάκι με τον Πηνειό ποταμό.



Σχήμα 4.3: Η λίμνη Κάρλα όπως αποτυπώνεται σε χάρτη του 19^{ου} αιώνα (Γεωργιάδης 1894, από Ρούσκας, 2001)

Η Βοιβηίδα αν και δεχόταν και τα νερά από τα γύρω ρέματα, βασική πηγή τροφοδοσία της αποτελούσαν οι πλημμύρες του Πηνειού ποταμού. Έτσι όταν δεν υπήρχαν πλημμύρες μειώνονταν η έκτασή της και πολλές φορές αποξηραίνονταν τελείως, όπως έγινε δύο φορές στη διάρκεια της εικοσαετίας 1860-1880. Πολλές φορές λόγω ξηρασίας η λίμνη στέρεψε. Από το 1881 έχει στερέψει τρεις φορές. Μια επίσης μεγάλη ξηρασία, που μετέτρεψε τη λίμνη σε βάλτο και αργότερα σε ένα απέραντο χωράφι, ήταν τον Ιούλιο του 1899 (Γιάννης Κορδάτος). Επίσης σύμφωνα με τον Ανανιάδη, η λίμνη Κάρλα «στέγνωσε» τελείως κατά το 1908. Αυτή φαίνεται να είναι και η τελευταία μεγάλη ξηρασία της Κάρλας πριν την τελική αποξήρανσή της το 1962 (Ananiadis 1956)



Σχήμα 4.4.: Χάρτης της περιοχής της Κάρλας που έγινε την Τρίτη δεκαετία του 20ου αιώνα (από Ρούσκας, 2001)

Στον πίνακα 4.2., που παρατίθεται παρακάτω, δίνονται στοιχεία για τη στάθμη της λίμνης και την αντίστοιχη καλυπτόμενη έκτασή της, και αφορούν την περίοδο 1907 -1953 (Ananiadis 1956).

Πίνακας 4.2.: Αριθμητική απεικόνιση του υψομέτρου της ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης και η αντίστοιχη έκτασή της κατά την χρονική περίοδο 1907-1953 (Ananiadis 1956, από Παληκαρίδου,1998)

ΕΤΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ (km)		ΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ (km^2)	
	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ
1907-1910	45,80	44,72	72,5	44,7
1921	50,10	-	179,0	-
1931	49,18	48,28	152,0	128,9
1932	49,13	-	150,1	-
1949	45,80	45,13	72,5	54,4
1950	45,05	44,71	68,3	41,3
1951	45,81	44,98	72,8	50,8
1952	46,34	45,45	85,5	63,0
1953	45,85	45,48	74,8	63,3
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ 1907-1953	47,007	35,42	103,06	49,6

Από τα στοιχεία του πίνακα, φαίνεται ότι για την περίοδο 1907-1953,η λίμνη κατέλαβε τη μεγαλύτερη έκτασή της, περίπου 180.000 στρέμματα με στάθμη στα 50,10 m από την επιφάνεια της θάλασσας, το χειμώνα του 1920-21, εξαιτίας των μεγάλων πλημμύρων του Πηνειού ποταμού (Ρούσκας, 2001). Η δεύτερη σε μέγεθος έκταση που κατέλαβε η λίμνη, ήταν στη διάρκεια του χειμώνα 1930-31, όταν η στάθμη της έφτασε 49,18m και η έκτασή της 152.000 στρέμματα. Η κατασκευή όμως των αναχωμάτων στον Πηνειό ποταμό το 1940 περιόρισε την υπερχείλισή του και κατά συνέπεια την επιφάνεια της λίμνης. Μεταξύ των ετών 1949 και 1961 το μέγιστο υψόμετρο της επιφάνειας της λίμνης έφτασε τα 47,65 m καταλαμβάνοντας αντίστοιχη έκταση 115.000 στρέμματα, ενώ το ελάχιστο υψόμετρο της επιφάνειας της έφτασε τα 44,71 m και η έκτασή της στα 40.000 στρέμματα .

Η σημαντική αυτή μείωση στη στάθμη της, είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση στη ποσότητα των γλυκών νερών και οδήγησε στην αύξηση της αλατότητάς της. Έτσι η πλούσια ιχθυοπανίδα της Κάρλας άρχισε να μειώνεται. Το μέγιστο βάθος της Κάρλας, που πριν το 1940 έφτανε τα 5,5 m μειώθηκε το 1950-1951 σε 2 m.

Όλες αυτές οι αλλαγές και διακυμάνσεις στην στάθμη – έκταση της λίμνης Κάρλας, είχαν απασχολήσει από το παρελθόν πολλούς ερευνητές. Η σχέση αυτή μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας και της έκτασης της λίμνης προσδιορίστηκε αρχικά

από τις μελέτες του J. Jackson το 1921 και του Macdonald το 1932 (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. 1994). Η σχέση μεταξύ στάθμης και έκτασης της λίμνης όπως προκύψανε από τις παραπάνω μελέτες φαίνεται στον πίνακα 4.3

Πίνακας 4.3: Αποτύπωση σχέσης της στάθμης και της έκτασης της λίμνης Κάρλας όπως προσδιορίστηκε αρχικά από τις μελέτες του J. Jackson (1921) και του Macdonald (1932) (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.) (από Παληκαρίδου, 1998)

ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΕΚΤΑΣΗ (km^2)	ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΕΚΤΑΣΗ (km^2)
43.80	4.0	46.20	81.0
44.00	14.0	46.24	83.0
44.20	20.0	46.34	85.5
44.40	28.0	46.60	91.0
44.60	36.0	46.80	96.0
44.71	40.0	46.89	99.0
44.80	42.0	47.00	100.0
45.00	50.0	47.04	102.0
45.08	-	47.20	105.0
45.20	55.0	47.27	107.5
45.40	62.0	47.40	109.0
45.60	66.0	47.46	110.7
45.65	68.0	47.60	113.0
45.80	69.0	47.65	115.0
45.82	73.0	47.80	118.0
46.00	77.5	48.00	122.0

Τελευταία εφαρμόστηκαν νέες μέθοδοι (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. 1994), με σκοπό την διατύπωση μιας σχέσης μεταξύ της στάθμης και της έκτασης της λίμνης με βάση την τοπογραφία. Σύμφωνα με αυτές προέκυψαν νέες πιο ακριβείς σχέσεις της στάθμης και της έκτασης της λίμνης, οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακα 4.4)

Πίνακας 4.4: Πίνακας που παρουσιάζει τη σχέση της στάθμης και της έκτασης της λίμνης Κάρλας όπως προέκυψε από νεότερες πιο ακριβείς σχέσεις. (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ 1994, από Παληκαρίδου, 1998)

ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΕΚΤΑΣΗ (km^2)	ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΕΚΤΑΣΗ (km^2)
43,80	0,047	45,80	52,477
44,00	1,252	46,00	56,796
44,20	4,688	46,50	61,217
44,40	10,206	47,00	71,411
44,60	17,166	47,50	83,359
44,80	25,333	48,00	91,694
45,00	34,310	48,50	101,376
45,20	42,572	49,00	118,026
45,40	48,426	49,50	131,191
45,50	50,447	50,00	146,886
45,60	0,047	50,50	161,892

4.2.3. Η λίμνη Κάρλα και η έκταση της συμφωνά με αεροφωτογραφίες τις περιοχής του 1945.

Σημαντική πληροφορία για την έκταση της τέως λίμνης λίγο πριν την αποξήρανσή της, δίνεται από αεροφωτογραφίες του 1945, οι οποίες χορηγήθηκαν από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.) και είναι κλίμακας 1:42.000.

Η έκταση της Κάρλας όπως μετρήθηκε από τις αεροφωτογραφίες είναι 78,35km^2.

Εικόνα 4.5: Η λίμνη Κάρλα από αεροφωτογραφίες που λήφθηκαν το 1945.

4.3 ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ – ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΗΣ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗΣ

Η λίμνη Κάρλα και ο τρόπος της διαχείρισης της απασχόλησε από πολύ παλιά τις Ελληνικές κυβερνήσεις. Η πολιτική των αποξηράνσεων, που ξεκίνησε στα τέλη του 19ου αιώνα (1889) με την αποξήρανση της λίμνης Κωπαϊδας και επιτάθηκε αμέσως μετά τη μικρασιατική καταστροφή με τις μεγάλες αποξηράνσεις στην περιοχή της Μακεδονίας (έλος Γιαννιτσών, πεδιάδα Σερρών) δεν άφησε έξω από τα μεγαλόπνοα αυτά σχέδια την λίμνη Κάρλα. Οι λόγοι που συνέβαλαν και τελικά ενίσχυσαν την πολιτική αυτή των μαζικών αποξηράνσεων είναι οι εξής:

- Η κατάληψη κατάλληλων προς καλλιέργεια εκτάσεων.
- Η πρόκληση πλημμυρικών φαινομένων στις πεδινές περιοχές.
- Η συσχέτισή τους με την εξάπλωση της ελονοσίας, μιας αρρώστιας εξαιρετικά διαδεδομένης μέχρι τα μέσα του αιώνα μας.
- Τέλος, οι αλλαγές στις κοινωνικό-οικονομικές συνθήκες, που συντελέσθηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα, ιδιαίτερα η αλλαγή στο ιδιοκτησιακό καθεστώς της γης με την κατάργηση των μεγαλοϊδιοκτησιών και τη διανομή της γης στον αγροτικό πληθυσμό, καθώς και η ανάγκη αποκατάστασης του 1,5 εκατ. προσφύγων της μικρασιατικής καταστροφής κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη σχεδιασμού και εκτέλεσης σειράς μεγάλων εγγειοβελτιωτικών έργων τα οποία δημιούργησαν τις προϋποθέσεις αξιοποίησης των πεδινών εκτάσεων που καλύπτονταν από υγροτόπους.

Έτσι η πολιτική αυτή των αποξηράνσεων ολοκληρώθηκε τελικά κατά την περίοδο της «πράσινης επανάστασης» στη δεκαετία του 1960 με το τελευταίο μεγάλο εγγειοβελτιωτικό έργο, την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας στη Θεσσαλία. Η αποξήρανση της Κάρλας αποτελούσε για όλους μια σίγουρη λύση στο πρόβλημα της αποκατάστασης των ακτημόνων. Αποξηράνθηκε τελικά το 1962 με την εφαρμογή του σχεδίου κατασκευής μιας αποστραγγιστικής σήραγγας και της διοχέτευσης των υδάτων της προς των Παγασητικό κόλπο (Πρακτικά Συνάντησης Εργασίας για τους Ελληνικούς Υγροτόπους, 1990).

4.3.1. Η ιστορία των μελετών και έργων που πραγματοποιηθήκαν για την αποξήρανση και αφορούσαν την αντιπλημμυρική προστασία και άρδευση

Η ιστορική εικόνα έχει συνοπτικά ως εξής:

- **1911-1913 (J.Nobile, Halien Ingeniere):** Ο Ιταλός μηχανικός J. Nobile, εκπόνησε μελέτη που προέβλεπε τη δημιουργία αναχωμάτων για την προστασία της περιοχής από τις πλημμύρες του Πηνειού. Τη δημιουργία σήραγγας για μερική αποξήρανση της Κάρλας. Τμήμα της λίμνης θα διατηρούνταν ως ταμιευτήρας νερού για άρδευση.
- **1934-1940:** Δημιουργήθηκαν προστατευτικά αναχώματα στον Πηνειό ποταμο, συγκεκριμένα στη δυτική όχθη από τη Λάρισα μέχρι τη Γυρτώνη, με τα οποία αποκόπηκε η εισροή πλημμυρικών νερών του ποταμού στην Κάρλα μέσω του ρέματος Ασμάκι. Η τροφοδοσία της Κάρλας γινόταν πλέον μόνο από τη φυσική λεκάνη απορροής της.
- **1940-1949:** Έγινε εκτροπή, μέσω συλλεκτήρα στον Πηνειό ποταμό, του ρέματος της Ν. Λεύκης (Κουσμπασανιώτης), μαζί με τα νερά του χειμάρρου των Ν. Καρυών (Μπεγλεριώτη), τα οποία βρισκόταν στη δυτική πλευρά της λεκάνης απορροής της Κάρλας και κατέληγαν σε αυτή.
- **1947-1950:** Γίνεται κατασκευή συλλεκτήρα (Σ5) των ορεινών υδάτων του βορειοανατολικού τμήματος και διοχέτευσή τους στον Πηνειό ποταμό.
- **1948-1958:** Πραγματοποιείται δημιουργία στραγγιστικού δικτύου των παρακάρλιων εκτάσεων, το δίκτυο αυτό περιλαμβάνει στραγγιστικά έργα στις περιοχές των κοινοτήτων Ριζομύλου, Αρμενίου, Σωτηρίου, Νίκης, Αχίλλειου, Λοφίσκου, Μέλισσας, Μελίας, μέχρι τον Πλατύκαμπο. Με τα έργα αυτά επιδιώχτηκε η διευθέτηση των πεδινών υδάτων της περιοχής και η ταχύτερη στράγγιση των αντίστοιχων περιοχών.
- **1953 (Παπαδάκης):** Έγινε πρόταση, από τον Παπαδάκη, για τη δημιουργία αρδευτικού και στραγγιστικού δικτύου. Η λίμνη θα περιοριζόταν σε 64.700 στρ. στο νοτιοανατολικό τμήμα της με ανάχωμα στο δυτικό. Επιπλέον προτείνεται η δημιουργία σήραγγας προς τον Παγασητικό, μήκους 11,5 km και παροχής 5,8 m^3/sec.
- **1961 (Κατασκευάζεται η σήραγγα):** Πραγματοποιείται η κατασκευή σήραγγας (8,5 m^3/sec) αλλά όχι και αναχώματος οπότε η λίμνη αποξηραίνεται εντελώς.
- **1977 (Άλφα–Ωμέγα):** Γίνεται προκαταρτική μελέτη αντιπλημμυρικών και αποστραγγιστικών έργων.
- **1980 (Άλφα – Ωμέγα, Νικολαϊδης Έξαρχος):** Προμελέτη αντιπλημμυρικού και αρδευτικού ταμιευτήρα (42.000 στρ) και συναφών έργων.

- **1984 (Μελέτη Γ. Βαβίζου,)** «Επιπτώσεις αποξήρανσης λίμνης Κάρλας – Ενιαίος Φορέας Καλλιέργειας – Ταμιευτήρας», η οποία προσδιορίζει τις επιπτώσεις της αποξήρανσης της Κάρλας σε φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον
- **1985 (Πρόταση Ε.Κουτσερή σε ειδικό συμπόσιο για την Κάρλα στο Στεφανοβίκειο):** Προτείνεται η δημιουργία πολλών μικρών αντιπλημμυρικών-αρδευτικών ταμιευτήρων (συνδεδεμένοι με χάνδακες) διάσπαρτοι σε όλη την έκταση, συνολικού εμβαδού 12.000 στρ., με εκσκαφή σε βάθος 10m, για άρδευση έκτασης 180.000 στρ.
- **1987 (ΥΠΕΧΩΔΕ, μελέτη εκτροπής Αχελώου):** Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή προτείνεται η χρήση των νερών του Αχελώου για την άρδευση της περιοχής Κάρλας. Για την αντιπλημμυρική προστασία προτείνονται ταμιευτήρας 15.000-20.000 στρ. και νέα σήραγγα στο Αιγαίο.
- **1987 (Νομαρχία Μαγνησίας):** Για το μεσοδιάστημα ως την κατασκευή των έργων Αχελώου, προτείνεται προσωρινή κατασκευή ταμιευτήρα 4.000 στρ. με ανάχωμα 2 m στα βαθύτερα σημεία για μερική αντιπλημμυρική προστασία.
- **1989 (ΥΕΒ Μαγνησίας και Λάρισας):** Αποπεράτωση της κατασκευής του προαναφερθέντος ταμιευτήρα 4.000 στρ., ενώ ταυτόχρονα γίνεται η κατασκευή μικρών ταμιευτήρων (300-2000 στρ), ως προσωρινή λύση για αρδευτικούς σκοπούς κοντά στα χωριά Καλαμάκι, Νάματα, Πλατύκαμπο, Δήμητρα, Αμυγδαλή.
- **1992 (ΕΨΙΛΟΝ ΕΠΕ):** Μελέτη – γνωμάτευση με σκοπό τον εντοπισμό και την καταγραφή των επιπτώσεων που θα προκληθούν από τη δημιουργία του ταμιευτήρα στο αβιοτικό, βιοτικό, κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον της περιοχής.

Μελέτες για την περίπτωση της Κάρλας γίνονται συνεχώς. Γίνανε όμως πολλοί λάθος χειρισμοί, γιατί όλοι εστίασαν στα οικονομικά οφέλη και μόνο. Τελικά σήμερα τα έργα για την επανασύσταση της Κάρλας συνεχίζονται. Η δημιουργία του ταμιευτήρα ολοκληρώθηκε, τα νερά των ρεμάτων που αποστραγγίζουν την περιοχή συλλέγονται τεχνητά και συμβάλουν στην δημιουργία της λίμνης. Μένει η ολοκλήρωση του έργου της εκτροπής του Αχελώου (Μπαμπατζιμόπουλος, Χ., Αντωνόπουλος, Β., 1990).

.

4.3.2. Επιπτώσεις από την αποστράγγιση της λίμνης Κάρλας

Κάθε φορά που ο ανθρώπινος παράγοντας επεμβαίνει στις διεργασίες της φύσης, είναι φυσικό επόμενο να δημιουργούνται μια σειρά από προβλήματα που έχουν σαν φυσικό αποδέκτη τον ίδιο τον άνθρωπο.

Οι πιο σημαντικές επιπτώσεις που καταγράφηκαν μετά την ολοκλήρωση της αποξήρανσης της λίμνης Κάρλας, παρατίθενται παρακάτω (Μπαμπατζιμόπουλος, Χ., Αντωνόπουλος, Β., 1990).

(1) Επιπτώσεις στη δημόσια υγεία: Δεν δημιουργήθηκαν δυσμενής επιπτώσεις στην δημόσια υγεία από την στράγγιση της λίμνης. Αντιθέτως ο αριθμός των κρουσμάτων ελονοσίας μειώθηκε σημαντικά και συνεπώς το περιβάλλον έγινε πιο υγιεινό.

(2) Επιπτώσεις στα ιχθυοαποθέματα: Η αποστράγγιση της λίμνης Κάρλας είχε ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση των ψαριών από την περιοχή. Σήμερα μόνο πολύ λίγα ψάρια μπορούν να βρεθούν σε ορισμένες διώρυγες και τάφρους της περιοχής.

(3) Επιπτώσεις στη θάλασσα: Δεν υπάρχουν συγκεκριμένα στοιχεία από μετρήσεις για τους ρύπους που φθάνουν στον Παγασητικό κόλπο δια μέσου της σήραγγας. Μέρος των σοβαρών προβλημάτων ρύπανσης του κόλπου πρέπει όμως να οφείλεται στο νερό που στραγγίζει από τη σήραγγα. Στις εκβολές της σήραγγας παρατηρήθηκαν επίσης φερτά υλικά.

(4)Απώλειες νερού: Η αποστράγγιση της λίμνης Κάρλας και η απομάκρυνση της επιφανειακής απορροής της λεκάνης προς τη θάλασσα έχει εκτιμηθεί ότι οδηγεί σε απώλεια περίπου 63 εκατομμύρια m^3 ετησίως. Το αποτέλεσμα του περιορισμού του εμπλουτισμού των υπογείων νερών είναι η συνεχής πτώση της υπόγειας στάθμης. Η πτώση της στάθμης οφείλεται επίσης και στην υπεράντληση, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης επιφανειακού νερού.

(5)Απώλειες εδάφους: Στις παρυφές της πρώην λίμνης παρατηρείται διάβρωση του επιφανειακού εδάφους που παρασύρεται με το νερό προς τον Παγασητικό κόλπο.

(6) Επιπτώσεις στο οικοσύστημα: Η αποστράγγιση της λίμνης και η περιοδική κατάκλιση των εδαφών από τις πλημμύρες στην περιοχή επηρεάζουν τους μικροοργανισμούς του εδάφους και την περιεκτικότητα σε οργανική ύλη του εδάφους. Η εντατική καλλιέργεια της πρώην λίμνης με τη χρησιμοποίηση μεγαλύτερων ποσοτήτων γεωργικών φαρμάκων και λιπασμάτων έχει μεταβάλει την οικολογία της περιοχής. Το μεγαλύτερο πρόβλημα παρουσιάστηκε στα

μεταναστευτικά πουλιά. Από αυτά, περίπου 450.000, και αρκετές άλλες κατηγορίες πουλιών έχασαν το ενδιαίτημά τους.

(7) Κοινωνικές επιπτώσεις: Οι μελέτες για την αποστράγγιση της λίμνης δεν περιελάμβαναν τις κοινωνικές επιπτώσεις των έργων στον πληθυσμό της περιοχής. Η αποξήρανση της λίμνης δημιούργησε νέα γεωργική γη η οποία καταπατήθηκε από τους ιδιοκτήτες που συνόρευαν με τη λίμνη. Οι ψαράδες της λίμνης οι οποίοι δεν ήταν ιδιοκτήτες γης κοντά στη λίμνη δεν πήραν μερίδιο στις νέες εκτάσεις. Αυτή η κατάσταση οδήγησε στην αύξηση της μετανάστευσης των ψαράδων. Ακόμα και σήμερα δεν έχει ξεκαθαριστεί το ιδιοκτησιακό καθεστώς της πρώην λίμνης Κάρλας.

5.ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1.ΓΕΝΙΚΑ

Μια ολοκληρωμένη μελέτη υδρογραφικού δικτύου περιλαμβάνει την μορφή του και την ποσοτική ανάλυσή του. Η μορφή του δικτύου αντανακλά πολλές φορές ένα συνδυασμό διαφόρων παραγόντων όπως γεωλογία, τεκτονική, κλιματολογία κ.α. της εν λόγω περιοχής. Η ποσοτική ανάλυση συντελείται από τον καθορισμό συγκεκριμένων μορφομετρικών παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου και δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την συμπεριφορά του δικτύου.

Για την επεξεργασία των παραπάνω παραμέτρων, βασική προϋπόθεση ήταν η ψηφιοποίηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των αντίστοιχων λεκανών απορροής τους. Για το λόγω αυτό χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικά φύλλα κλίμακας 1:50.000 και ισοδιάστασης 20m, της Γ.Υ.Σ, που για την περιοχή μελέτης ήταν τα φύλλα: Αγιάς, Βελεστίνου, Βόλος, Λάρισα, Πλατύκαμπος, Φάρσαλα. Για την ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα MapInfo 6.0.

5.2. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (χαμηλό τμήμα αυτής)

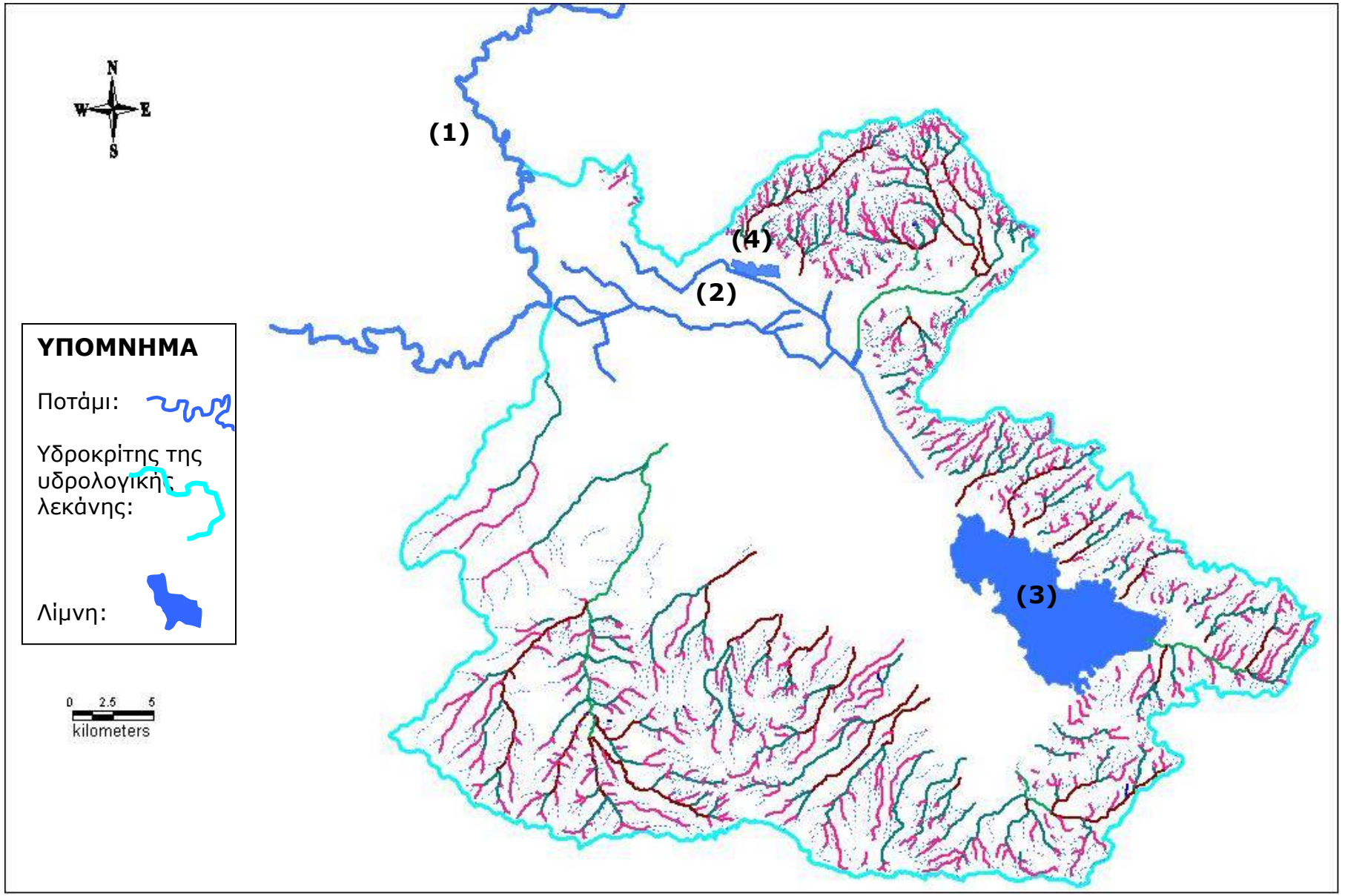
Η υδρολογική λεκάνη της περιοχής που μελετήθηκε στη διατριβή αυτή, μετά από συνεχείς επεμβάσεις του ανθρώπου, στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο, να παρουσιαστεί η κατάστασή της πριν και μετά τις ανθρώπινες επεμβάσεις και για το λόγω αυτό γίνεται διαχωρισμός της σε ***αρχική υδρολογική λεκάνη της τέως λίμνης Κάρλας*** (ή φυσική υδρολογική λεκάνη), και ***τελική υδρολογική λεκάνη της τέως λίμνης Κάρλας*** (ή τεχνητή υδρολογική λεκάνη)

5.2.1. Αρχική Υδρολογική Λεκάνη

Η υδρολογική λεκάνη της Κάρλας σήμερα δεν είναι ίδια με την υδρολογική λεκάνη που άλλοτε υπήρξε ικανή να τροφοδοτεί και να συντηρεί την τέως λίμνη. Αυτή συμπεριλάμβανε τμήμα του Πηνειού ποταμού, το ρέμα Ασμάκι, τη λίμνη Νεσσωνίδα, και φυσικά τη λίμνη της Κάρλας. (σχήμα 5.1)

Πρόκειται για μια λεκάνη που η έκτασή της έφτανε τα 1.590km^2. Σε αυτή συμπεριλαμβάνονταν ο Πηνειός ποταμός, που επικοινωνούσε έμμεσα με την Κάρλα μέσω της λίμνης Νεσσωνίδας και του ρέματος Ασμάκι.

Η επικοινωνία της Κάρλας με τον Πηνειό ήταν αμφίπλευρη. Οι πλημμύρες του Πηνειού ήταν και η πιο σημαντική πηγή τροφοδοσίας και συνέβαλε σημαντικά στην διατήρηση της λίμνης μέχρι πρόσφατα. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι μετά από έργα που γίνανε στην διευθέτηση της κοίτης του Πηνειού ποταμού, με τη δημιουργία αναχωμάτων προκειμένου οι πλημμύρες του να μην καταλήγουν στην λίμνη, άρχισε η αντίστροφη μέτρηση για την λίμνη με μια σημαντική μείωση στη στάθμη της, τέτοιας έκτασης που θύμιζε έλος. Τότε ήταν που όλοι, κρατικοί φορείς και κάτοικοι της γύρω περιοχής, επιθυμούσαν περισσότερο από ποτέ την αποξήρανσή της.



Σχήμα 5.1: Αρχική υδρολογική λεκάνη Λιμνης Κάρλας, (1) Πηνειός ποταμός, (2) ρέμα Ασμάκι, (3) λίμνη Κάρλας πριν την αποξήρανση και (4) λίμνη Νεσσωνίδα

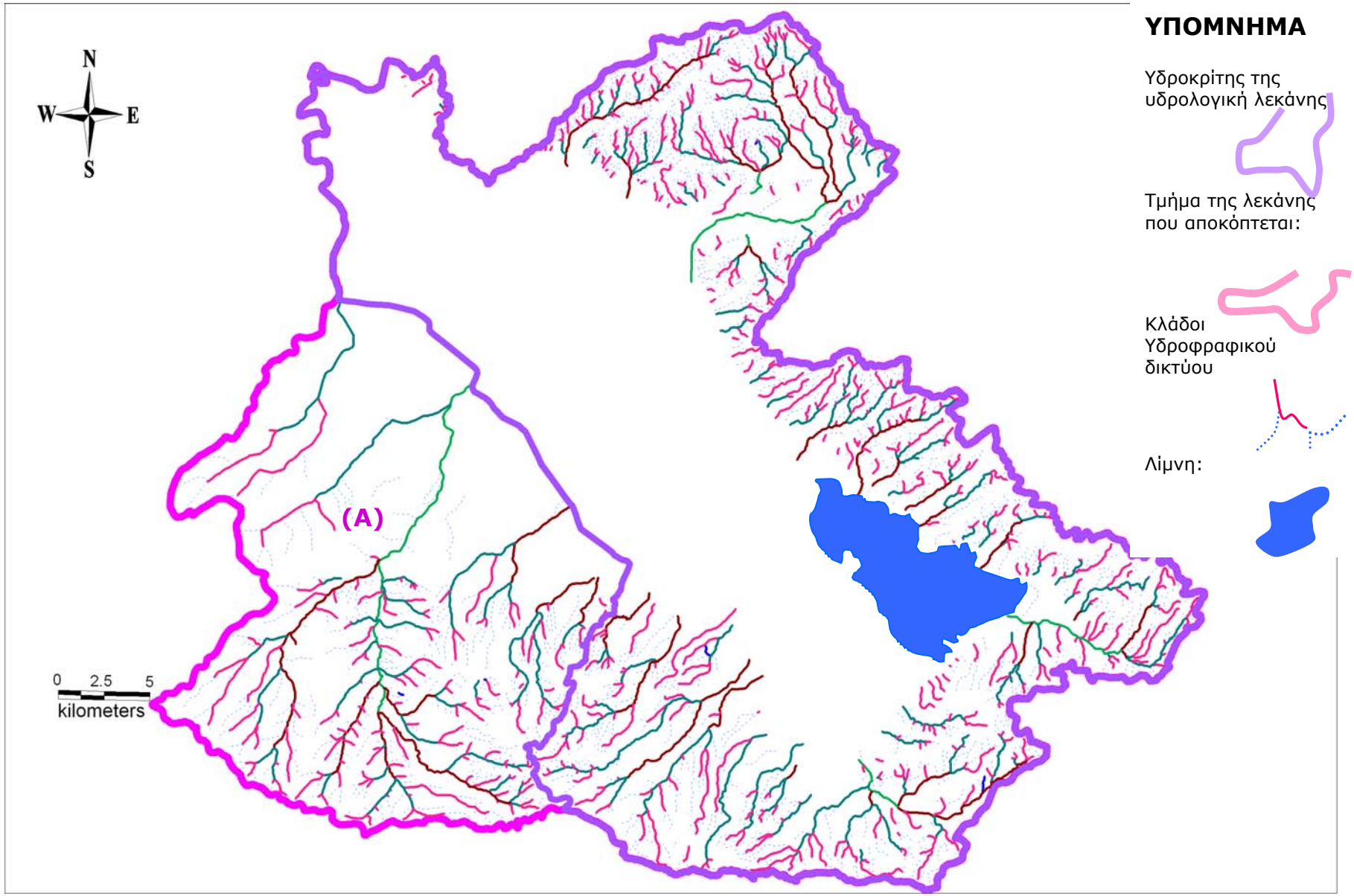
5.2.2. Τελική Υδρολογική Λεκάνη

Με την οριστική απόφαση για την αποξήρανση της λίμνης πραγματοποιήθηκε, όπως αναφέρθηκε και σε σχετικό κεφάλαιο, μια σειρά από αποστραγγιστικά έργα. Στα έργα αυτά συμπεριλαμβάνονταν και η δημιουργία αποστραγγιστικών τάφρων για τη συλλογή των νερών ορισμένων ρεμάτων της υδρολογικής λεκάνης. Έτσι η φυσική υδρολογική λεκάνη, περιορίζεται σημαντικά, εφόσον αποκόπτεται ένα κομμάτι της.(σχήμα 5.2).

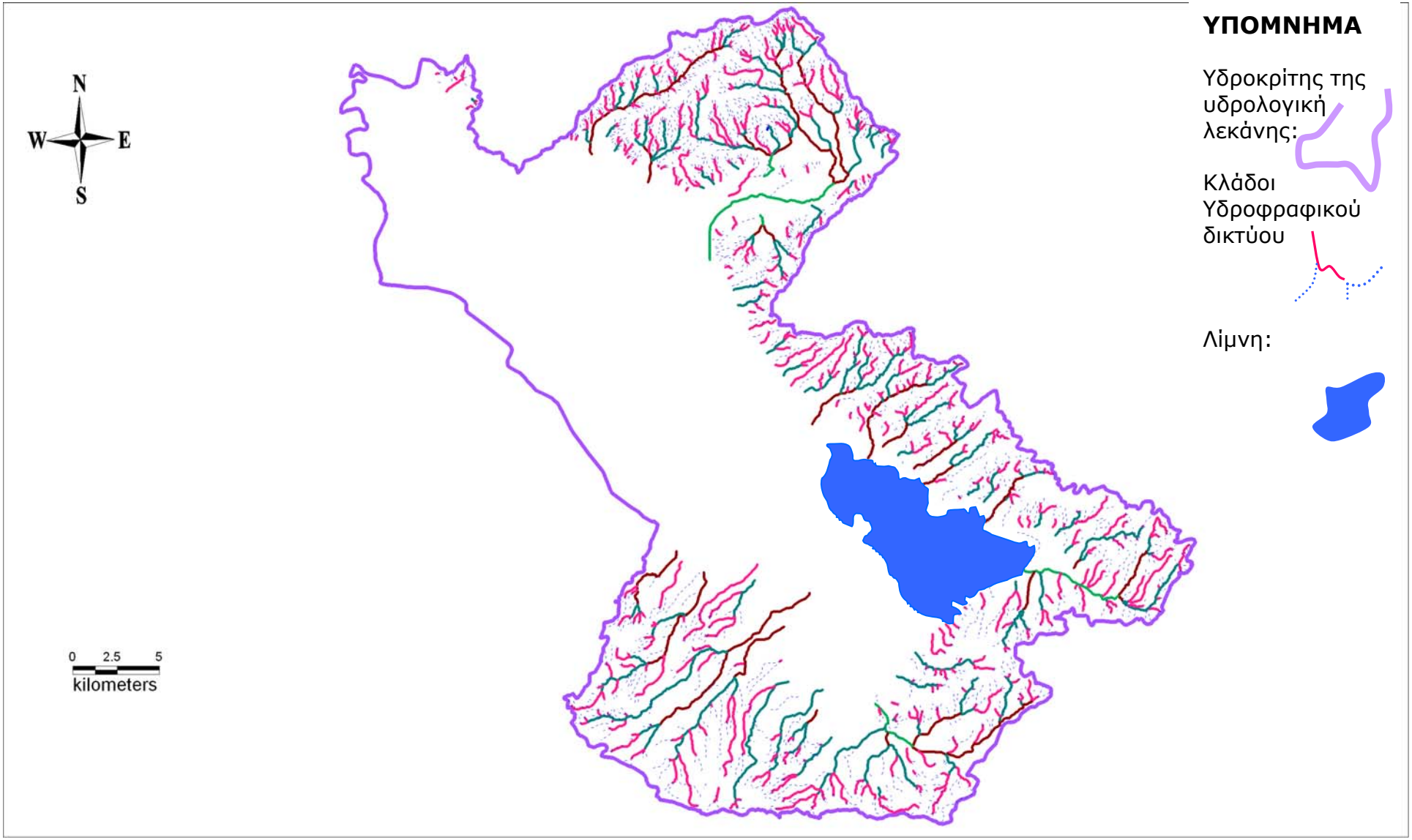
Η μορφή που αποκτά η νέα υδρολογική λεκάνη της τέως λίμνης μετά τις τεχνητές επεμβάσεις φαίνεται στο σχήμα 5.3..

Η νέα έκτασή της όπως μετρήθηκε είναι 1.121 km^2. Αποκόπτεται, δηλαδή ένα μεγάλο κομμάτι από το βορειοδυτικό τμήμα της αρχικής λεκάνης. Συγκεκριμένα ρέματα μεγάλης παροχής όπως αυτό της Νέας Λευκής και Χάλκης (Κουσμπασανιώτικο ρέμα) οδηγήθηκαν προς τον Πηνειό. Οι οποιεσδήποτε αλλαγές που αφορούν στην κοίτη τους τελικά, δεν σχετίζονται με τις αλλαγές του βασικού επιπέδου στην περιοχή της τέως λίμνης Κάρλας, γι αυτό και δεν λαμβάνονται υπ'οψιν.

Ο αριθμός των ρεμάτων που καταλήγουν στην περιοχή της τέως λίμνης περιορίστηκαν έτσι αρκετά, ενώ τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται στην ανατολική πλευρά της λεκάνης, στους πρόποδες του όρους Μαυροβούνιο. Η τελική επιλογή των ρεμάτων που μελετήθηκαν στην συγκεκριμένη διατριβή έγινε από την νέα υδρολογική λεκάνη. Η επιλογή τους έγινε με βασικό κριτήριο την άμεση επικοινωνία τους με την περιοχή που παλαιότερα φιλοξενούσε την λίμνη Κάρλα.



Σχήμα 5.2. Η υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κάρλας. (Α) Η επιφάνεια του υδρογραφικού δικτύου που αποκόπτεται. (ροζ χρώμα)



Σχήμα 5.3: Σχηματική απεικόνιση της τεχνητής – ανθρωπογενώς διαμορφωμένης υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κάρλας, μετά τα αποστραγγιστικά έργα

5.3. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ – ΜΟΡΦΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής της Κάρλας, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 5.2., αποτελείται από ρέματα, τα περισσότερα από τα οποία είναι περιοδικής ροής. Η ανάπτυξή τους, περιφερειακά της περιοχής που παλαιότερα φιλοξενούσε την λίμνη, δεν είναι ομοιόμορφη. Τα μεγαλύτερης ανάπτυξης δίκτυα βρίσκονται κυρίως στην δυτική πλευρά, όπως επίσης και νότια. Αντίθετα στα ανατολικά της περιοχής μελέτης το δίκτυο είναι λιγότερο αναπτυγμένο. Αυτό οφείλεται κατά ένα μέρος στη διαφορετικότητα του αναγλύφου των δύο πλευρών, καθώς και στη λιθολογία. Στην ανατολική πλευρά που το δίκτυο έχει πιο περιορισμένη ανάπτυξη, επικρατούν τα ασβεστολιθικά πετρώματα της Πελαγονικής. Στην δυτική πλευρά που η ανάπτυξη του δικτύου είναι χαρακτηριστικά μεγαλύτερη, επικρατούν ιζήματα του Τριτογενούς.

Στη μεγαλύτερη έκτασή του το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει ανάπτυξη δενδριτικής μορφής. Η χαρακτηριστική επιμήκυνση που παρατηρείται στους κλάδους των ρεμάτων που αναπτύσσονται ανατολικά, το δίκτυο δηλαδή, παρουσιάζει σχεδόν παράλληλη μορφή, που υποδεικνύει ένα υψηλό ανάγλυφο, με μεγάλες μορφολογικές κλίσεις.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

5.4.ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

5.4.1.Αρίθμιση υδρογραφικού δικτύου

Η ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου έχει απασχολήσει κατά καιρούς πολλούς επιστήμονες (Horton, 1945, Strahler, 1952, από Αστάρα, 1980), οι οποίοι πρότειναν πολλούς διαφορετικούς τρόπους αρίθμησης, με σκοπό την διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των κλάδων του δικτύου. Οι τρόποι αυτοί αρίθμησης βρίσκουν εφαρμογή και σήμερα.

Στην συγκεκριμένη διατριβή η αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου έγινε σύμφωνα με την μέθοδο αρίθμησης κατά Strahler, 1952 (από Σωτηριάδη & Ψιλοβίκο, 1984), σύμφωνα με την οποία : *Ρέματα τα οποία δεν δέχονται νερό από μικρότερους κλάδους ρεμάτων ονομάζονται 1^{ης} τάξης. Η ένωση δύο κλάδων 1^{ης} τάξης δημιουργούν έναν κλάδο 2^{ης} τάξης. Η σύνδεση δύο κλάδων 2^{ης} τάξης δημιουργεί έναν κλάδο 3^{ης} τάξης κ.ο.κ. Σε περίπτωση ένωσης δύο κλάδων διαφορετικής τάξης, ο κλάδος που προκύπτει χαρακτηρίζεται με την τάξη του κλάδου μεγαλύτερης τάξης από τους δύο που συνδέονται.*

Με βάση την αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου, αριθμείται και η αντίστοιχη λεκάνη απορροής, που αποστραγγίζει το συγκεκριμένο δίκτυο. Δηλαδή η λεκάνη απορροής των κλάδων 1^{ης}, 2^{ης},3^{ης} κτλ. τάξης, ονομάζονται αντίστοιχα 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης}, κτλ. τάξης.

Από την αρίθμησή του υδρογραφικού δικτύου, για την ευρύτερη υδρολογική λεκάνη της τέως λίμνης Κάρλας μετά τα έργα της αποξήρανσης, προέκυψε ότι έχουν αναπτυχθεί 5 κλάδοι 5^{ης} , 29 κλάδοι 4^{ης} τάξης,115 κλάδοι 3^{ης} τάξης, 454 κλάδοι 2^{ης} τάξης και τέλος 1722 κλάδοι 1^{ης} τάξης (Πίνακας 5.1.),

Πίνακας 5.1.:Αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου της λίμνης Κάρλας (κατά Strahler) .

Τάξεις κλάδων	**5^{ης}**	**4^{ης}**	**3^{ης}**	**2^{ης}**	**1^{ης}**
Αριθμός κλάδων	5	29	115	454	1722

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αριθμητική ανάλυση του δικτύου, με τον υπολογισμό ορισμένων μορφομετρικών παραμέτρων.

5.5. Επιλογή των ρεμάτων που μελετήθηκαν

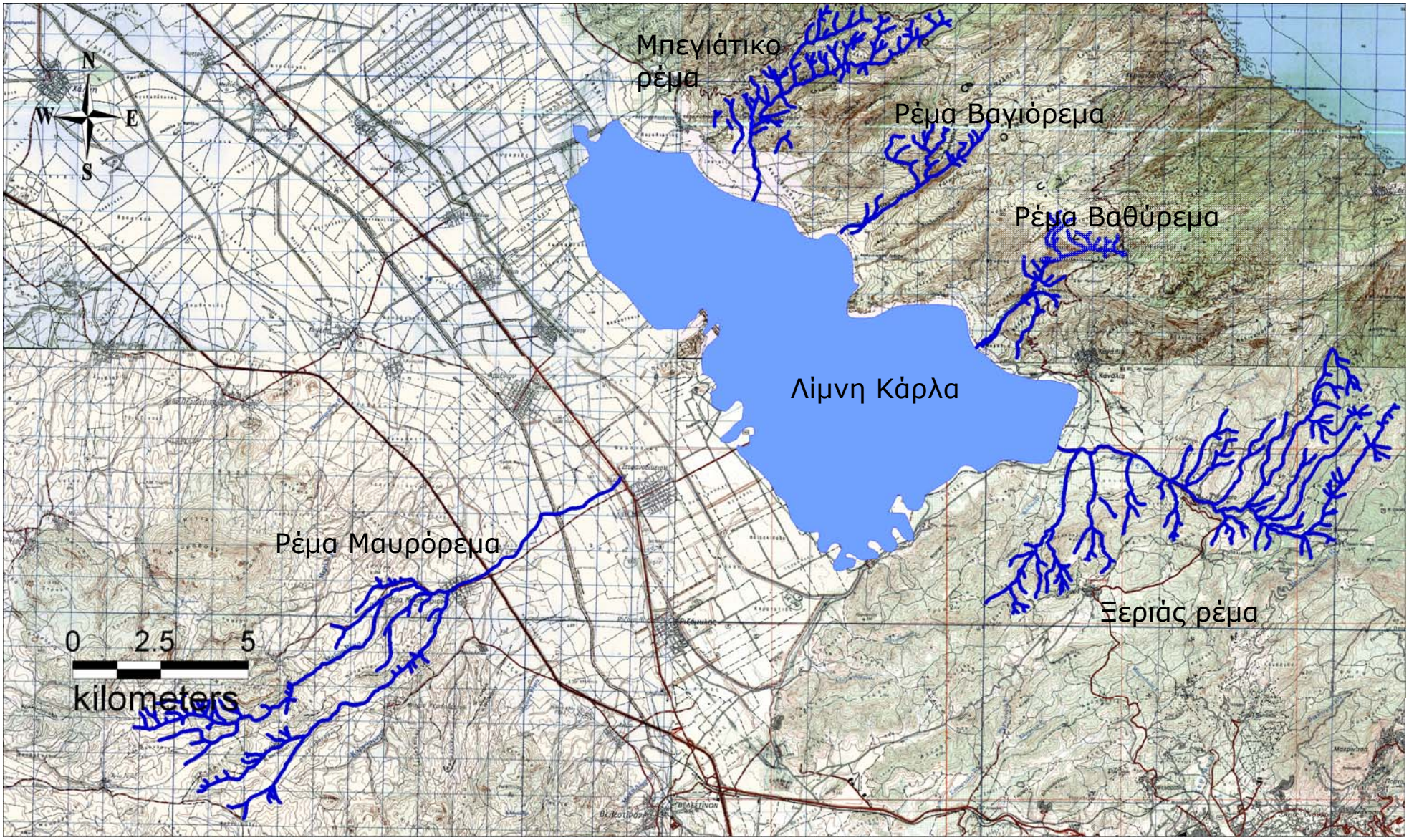
Ο σκοπός της συγκεκριμένης διατριβής ειδίκευσης είναι η δράση των χειμάρρων στην λεκάνη της λίμνης Κάρλας. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής υπέστη όμως, σημαντικές αλλαγές. Η πιο καθοριστική ήταν ο περιορισμός της αρχικής υδρολογικής λεκάνης. Κρίθηκε λοιπόν απαραίτητο να επιλεχθούν και να μελετηθούν τα πιο αντιπροσωπευτικά από αυτά. Έτσι για την τελική επιλογή των ρεμάτων που μελετήθηκαν, λήφθηκαν υπόψιν κάποια επιπλέον κριτήρια που είναι τα εξής:

1. Επιλέχτηκαν τα ρέματα εκείνα που κατέληγαν στην λίμνη Κάρλα τα οποία επηρεάζονται άμεσα από τις αλλαγές στο τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής μετά την αποξήρανση της λίμνης.

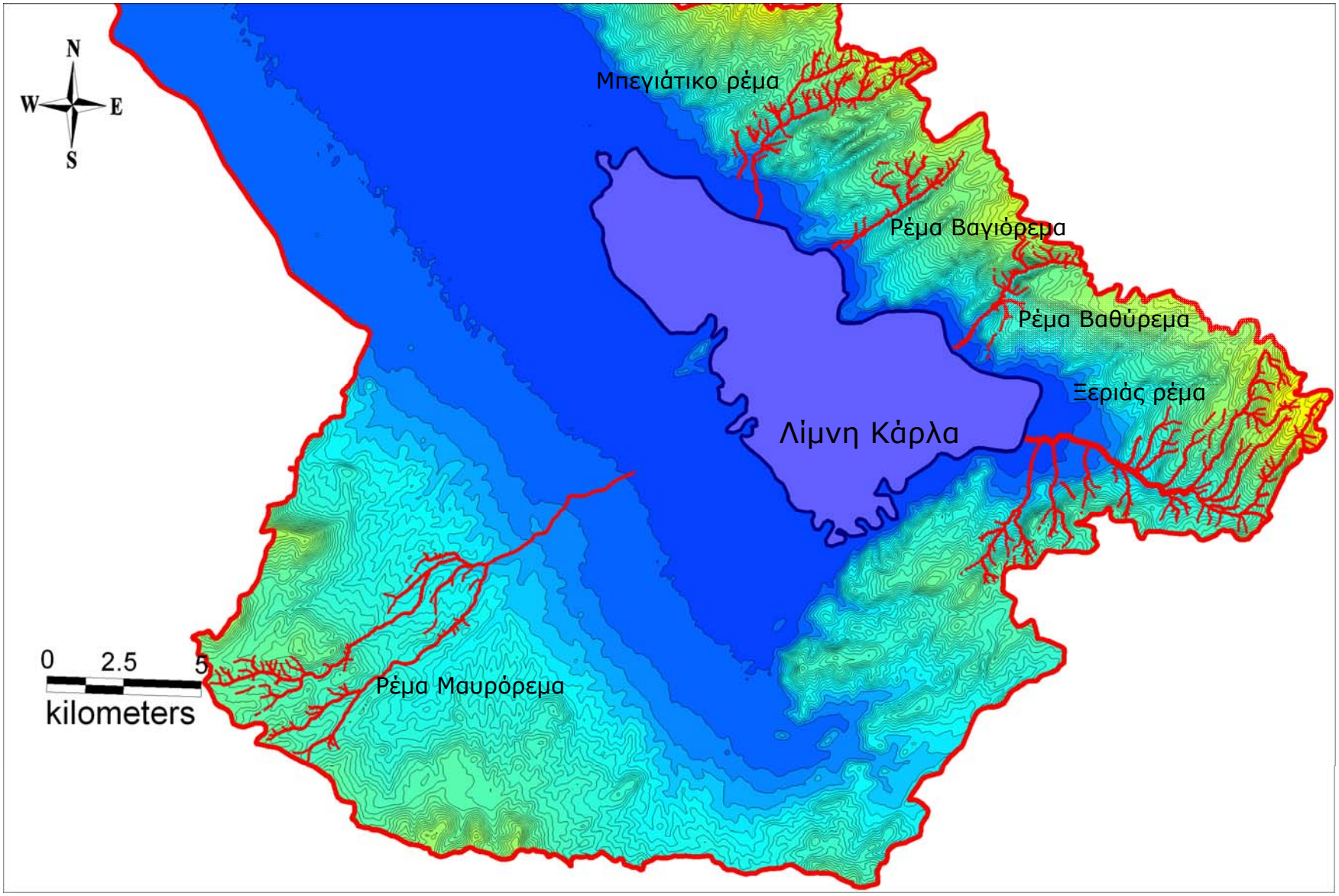
2. Κατά την περιήγηση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης, κάποια ρέματα αποκλείστηκαν λόγω των ανθρωπογενών επεμβάσεων στην κοίτη τους, όπως για παράδειγμα το ρέμα Κληματόρεμα, που βρίσκεται στα νότια της περιοχής μελέτης, και η δράση του επηρεάστηκε σημαντικά από συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος που έχει αναπτυχθεί στη γειτονική περιοχή.

3. Τέλος κάποια ρέματα αποκλείστηκαν λόγω της μικρής ανάπτυξής τους και κατά συνέπεια της μικρής έκτασης της υδρολογικής τους λεκάνης, οπότε και οι οποιεσδήποτε μεταβολές δεν ήταν μετρήσιμες.

Έχοντας σαν βάση τα παραπάνω κριτήρια καταλήξαμε στην επιλογή πέντε ρεμάτων, στα οποία υπάρχει η δυνατότητα να αποτυπωθούν οι μεταβολής από την μεταβολή του βασικού επιπέδου. Αυτά είναι τα ακόλουθα: ρέμα Μπεγιάτικο, Βαγιόρεμα, Βαθύρεμα, ρέμα Ξεριάς και τέλος το Μαύρο ρέμα. (σχήμα 5.3,τοπογραφικός χάρτης περιοχής, και σχήμα 5.4 απεικόνιση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου.)

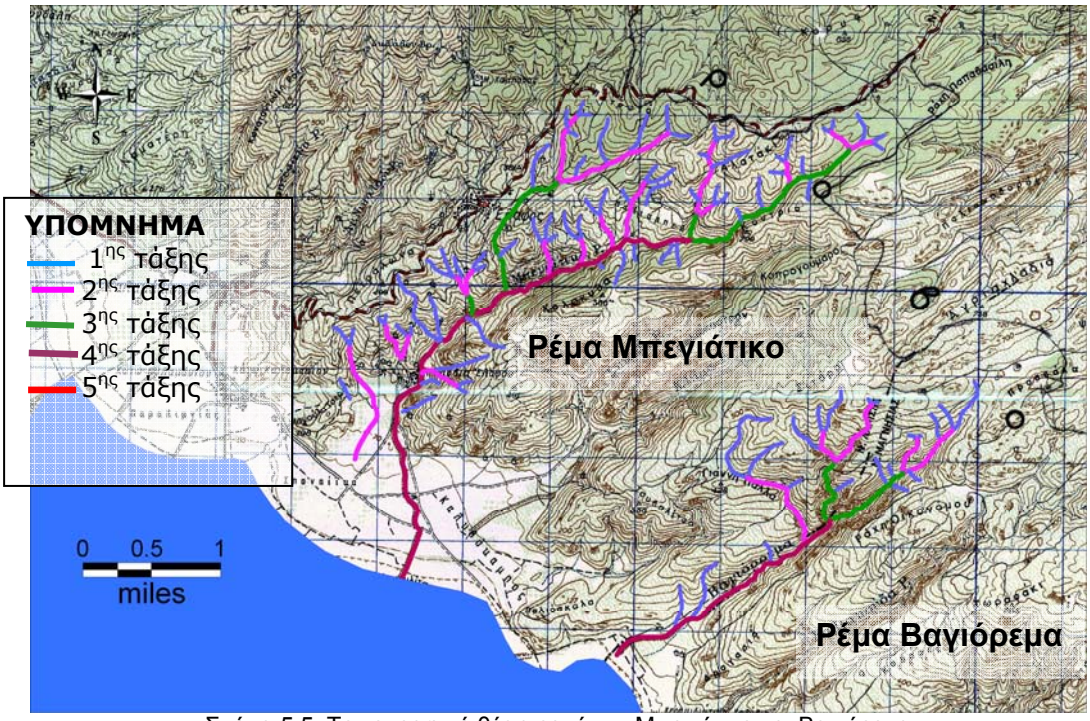


Σχήμα 5.3 Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής της λίμνης Κάρλας. Παρουσιάζονται α) η επιφάνεια της λίμνης πριν από τα αποστραγγιστικά έργα και β) οι χείμαρροι που μελετήθηκαν



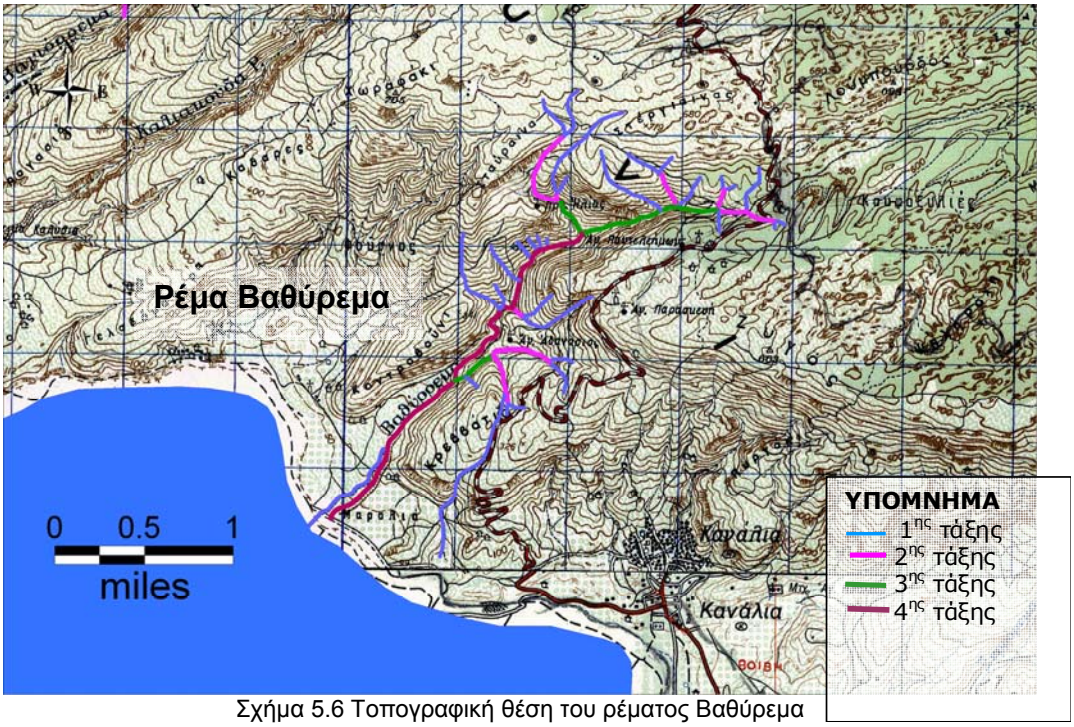
Σχήμα 5.4.Απεικόνιση του ψηφιακού μορφολογικού αναγλύφου (DEM), της περιοχής της λίμνης Κάρλας και των υπό μελέτη χειμάρρων του υδρογραφικού δικτύου της

Τα τέσσερα από τα πέντε ρέματα αναπτύσσονται κυρίως στα ανατολικά της περιοχής μελέτης. Πρώτα μελετήθηκε το Μπεγιάτικο ρέμα που βρίσκεται βορειοανατολικά της περιοχής μελέτης, το αμέσως επόμενο είναι το Βαγιόρεμα (σχήμα 5.5).

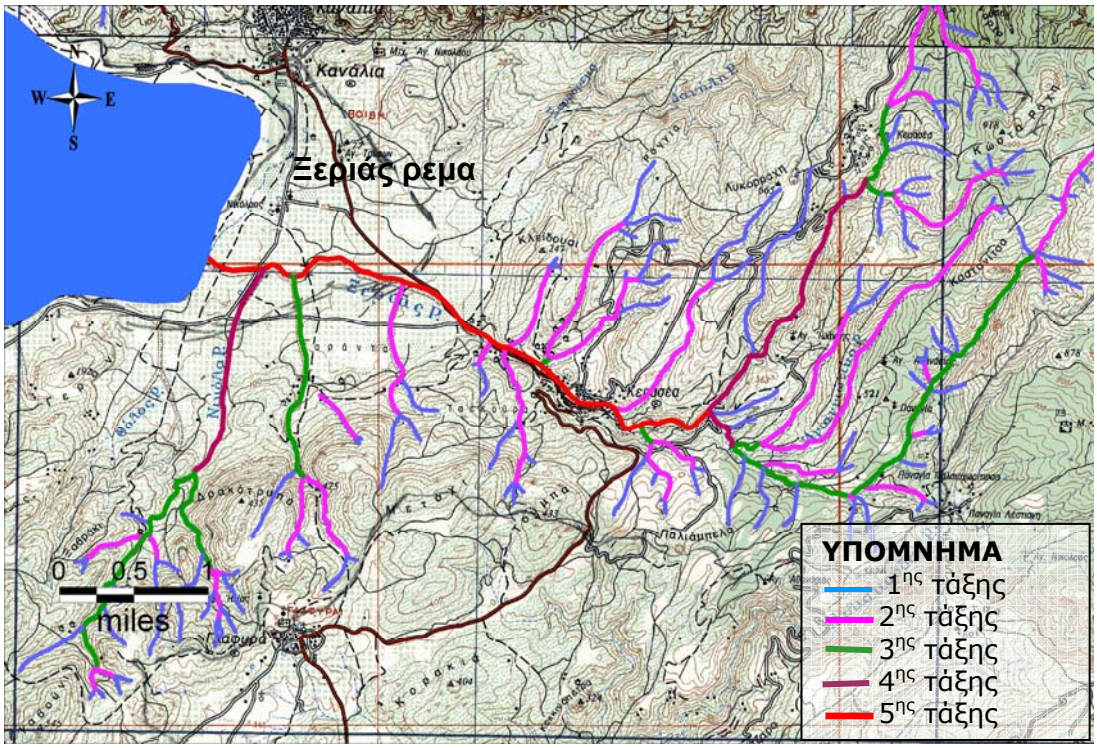


Σχήμα 5.5. Τοπογραφική θέση ρεμάτων Μπεγιάτικο και Βαγιόρεμα

Έπειτα ακολουθεί το Βαθύρεμα (σχήμα 5.6) και ο Ξεριάς που αναπτύσσεται νοτιοανατολικά της περιοχής (σχήμα 5.7)

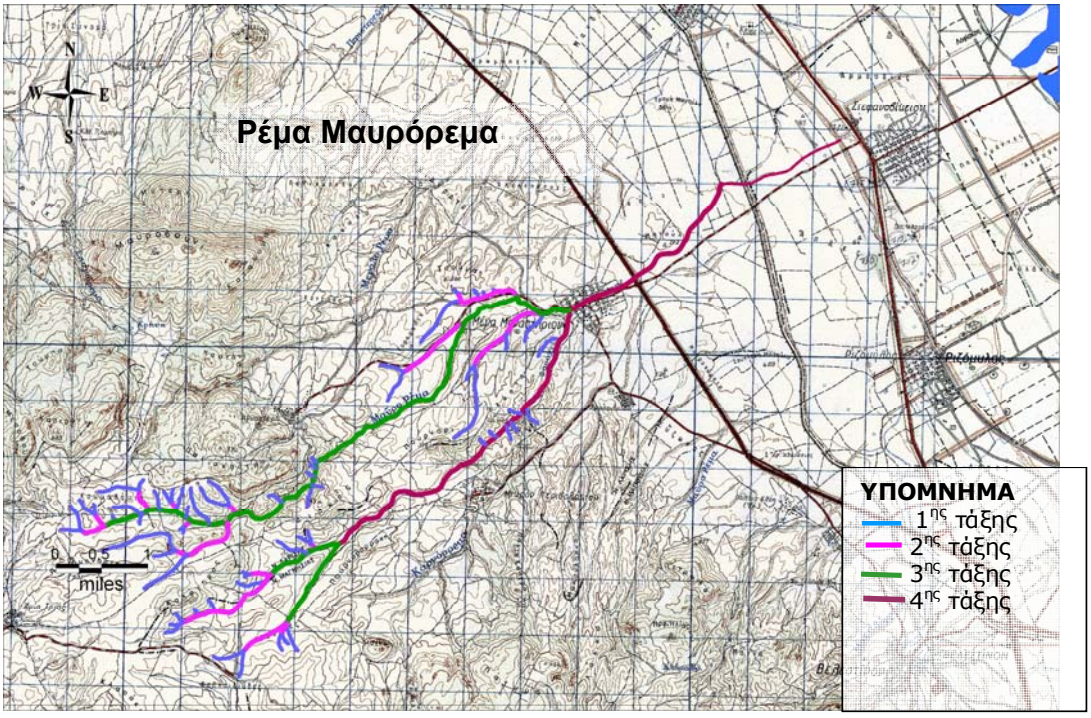


Σχήμα 5.6 Τοπογραφική θέση του ρέματος Βαθύρεμα



Σχήμα 5.7 Τοπογραφική θέση του ρέματος Ξεριάς

Τέλος από την δυτική πλευρά της περιοχής και λόγω των έργων που αναφέρθηκαν παραπάνω, ένα μόνο από τα ρέματα της περιοχής πληρούσε τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την σωστή συλλογή στοιχείων. Πρόκειται για το Μαύρο Ρέμα, που περνάει από το χωριό Μεγάλο Μοναστήρι, (σχήμα 5.8)



Σχήμα 5.8 Τοπογραφική θέση του ρέματος Μαυρόρεμα

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της κοίτης των χειμάρρων μετρήθηκαν και στην ύπαιθρο. Τα στοιχεία που προκύψανε από την επιτόπια έρευνα θα αναπτυχθούν σε σχετικό κεφάλαιο.

5.5.1.Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι των χειμμάρων

Οι μορφομετρικές παράμετροι που υπολογίστηκαν, υπολογίστηκαν για τα 5 ρέματα που αποτέλεσαν τα μόνα από το περιφερειακό υδρογραφικό δίκτυο, που καταλήγουν στην περιοχή της τέως λίμνης Κάρλας.

Έτσι αρχικά υπολογίστηκε ο συντελεστής διακλάδωσης Rb, που ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των κλάδων μιας δεδομένης τάξης N_u, προς τον αριθμό των κλάδων της επόμενης τάξης $N_{(u+1)}$. Επίσης υπολογίστηκε ο λόγος του μήκους των κλάδων της RL, που ορίζεται ως ο λόγος του μέσου μήκους των κλάδων μιας δεδομένης τάξης ρέματος L_u , προς το μέσο μήκος των κοιτών της αμέσως προηγούμενης $L_{(u-1)}$ (Horton, 1945 από Βουβαλίδη 2004).

Έχοντας υπολογίσει τις παραπάνω παραμέτρους, ακολούθησε η εφαρμογή των νόμων υδρογραφικής σύνθεσης, του 1^{ου} δηλαδή και 2^{ου} νόμου του Horton (1945).

Ο πρώτος νόμος ή αλλιώς νόμος του αριθμού των κλάδων διατυπώνεται ως εξής: *Ο αριθμός των διαδοχικώς μικρότερων τάξεων ενός υδρογραφικού δικτύου, τείνει να σχηματίσει μια αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας ο πρώτος όρος είναι η μονάδα (ο απλός κλάδος μέγιστης τάξης) και λόγος, ο λόγος διακλάδωσης Rb (Horton, 1945, από Σωτηριάδη & Ψιλοβίκο 1984).*

Η μαθηματική έκφραση του νόμου αυτού είναι

$$\mathbf{Nu = Rb^{(k-u)}}$$

Όπου, Nu: ο αριθμός ρεμάτων τάξης u

K: η μέγιστη τάξη

U: η ζητούμενη τάξη

Rb: ο λόγος διακλάδωσης, που εκφράζεται με τη σχέση $\mathbf{Rb= Nu/ N_{(u+1)}}$

Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιείται ο μέσος όρος του Rb και οι τιμές του για φυσικά αναπτυσσόμενα δίκτυα κυμαίνονται από 3 έως 5 (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984).

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Στους υπολογισμούς που έγιναν για την εφαρμογή του 1ου νόμου συμπεριλήφθηκε και ο υπολογισμός του σταθμικού μέσου όρου του λόγου διακλάδωσης $W\overline{Rb}$, σύμφωνα με τον Schumm (1956), για τη λήψη ενός αντιπροσωπευτικού λόγου διακλάδωσης (Schumm 1956, από Αστάρα 1980). Η μαθηματική έκφραση του σταθμικού μέσου όρου του λόγου διακλάδωσης είναι εξής:

$$W\overline{Rb} = \frac{\sum_{i=1}^{u}\left(Rb_{u,u+1}\right)*\left(N_{u}+N_{u+1}\right)}{\sum_{i=1}^{u}\left(N_{u}+N_{u+1}\right)}$$

Ο δεύτερος νόμος του Horton (1945), (ή νόμος του μήκους των κλάδων, τροποποιημένος από τον Broscoe, 1959, από Αστάρα, 1980) διατυπώνεται ως εξής: *Τα αθροιστικά μέσα μήκη των διαδοχικά μεγαλύτερων τάξεων των κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, τείνουν να σχηματίσουν μία αύξουσα γεωμετρική ακολουθία της οποίας ο πρώτος όρος είναι το μέσο μήκος των κλάδων πρώτης τάξης και λόγος, ο λόγος του μήκους RL*

Η μαθηματική έκφραση του νόμου είναι

$$\Sigma\overline{Lu} = \overline{L}_1 * RL^{(u-1)}$$

Όπου $\overline{Lu}$: τα μέσο μήκος κλάδων έκαστης τάξης

$\overline{L}_1$: το μέσο μήκος του κλάδου 1ης τάξης

u: η ζητούμενη τάξη κλάδων

RL: ο λόγος του μήκους των κοιτών που δίνεται από τη σχέση:

$$\mathbf{RL_{(u,u-1)} = L_u/L_{(u-1)}}$$

Οι νόμοι υδρογραφικής σύνθεσης εφαρμόστηκαν στην συγκεκριμένη διατριβή και για τα 5 επιλεγμένα ρέματα με σκοπό να διαπιστωθεί αν η ανάπτυξή τους είναι φυσιολογική και αν όχι να αναζητηθούν οι παράγοντες που συντέλεσαν σε αυτό.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα της αριθμητικής ανάλυσης των 5 ρεμάτων.

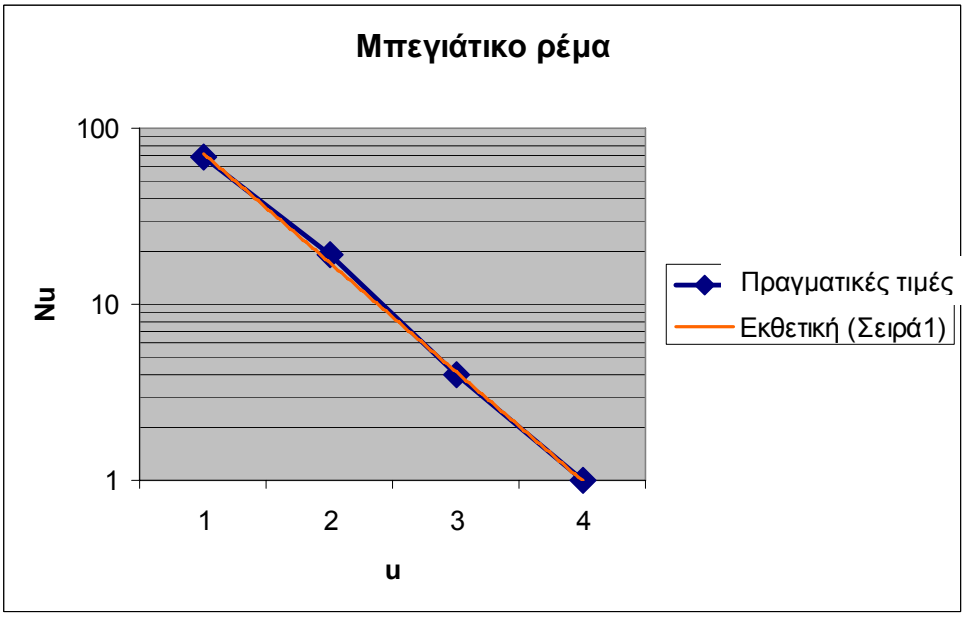
(1) Μπεγιάτικο ρέμα

Πίνακας 5.2: Εφαρμογή του 1ου και 2ου νόμου του Horton και υπολογισμός των μορφομετρικών παραμέτρων Rb και RL για το ρέμα Μπεγιάτικο.

Ρέμα Μπεγίατικο	**1ος Νόμος Horton**				**2ος Νόμος Horton**				
u	***Nu***	***Rb***	$\overline{Rb}$	$W\overline{Rb}$	***Lu (km)***	$\overline{Lu}$ ***(km)***	$\Sigma\overline{Lu}$ ***(km)***	***RL***	$\overline{RL}$
1	68	3.578	4.109	3.824	19.21	0.2825	0.2825	-	2.807
2	19	4.75			9.828	0.517	0.8	2.831	
3	4	4			4.582	1.145	1.945	2.432	
4	1	-			9.617	9.617	11.562	5.944	

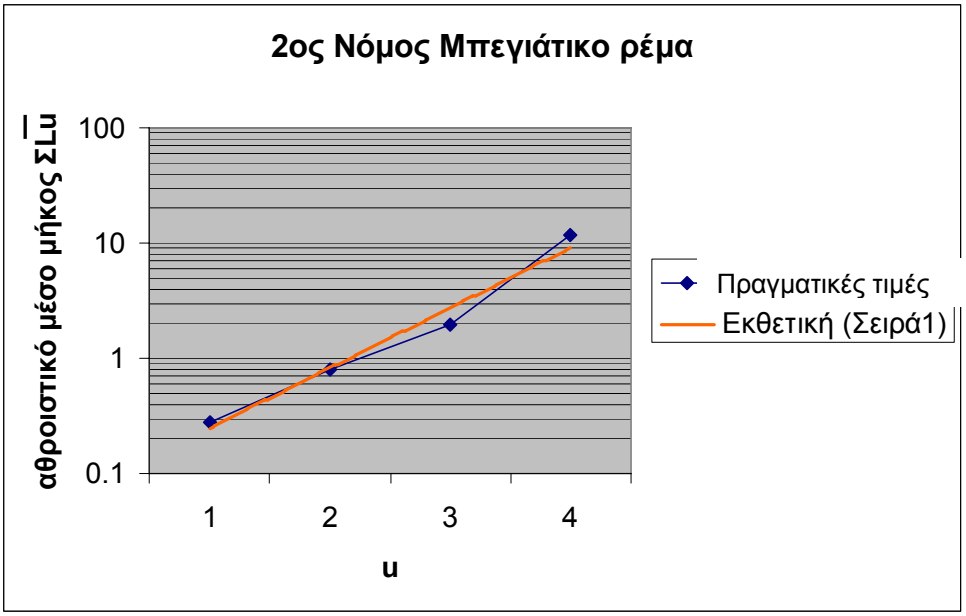
Από τα στοιχεία που προκύπτουν από τον πίνακα 5.2. για το ρέμα Μπεγιάτικο, η τιμή του $W\overline{Rb}$ εμπίπτει μέσα στις φυσιολογικές τιμές ($3 < W\overline{Rb} < 5$), οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το δίκτυο για το συγκεκριμένο ρέμα έχει αναπτυχθεί φυσιολογικά, χωρίς να έχει επηρεαστεί από κάποια τεκτονική ή άλλη γεωλογική δομή (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984).

Από τη γραφική παράσταση (σχήμα 5.9) που προέκυψε με την εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton, για το Μπεγιάτικο ρέμα, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση για καμία από τις τάξεις των ρεμάτων, οπότε συμπεραίνεται ότι ο 1ος νόμος ισχύει και άρα το δίκτυο έχει αναπτυχθεί φυσιολογικά.



Σχήμα 5.9. Γραφική απεικόνιση του 1ου νόμου του Horton για το ρέμα Μπεγιάτικο

Από την γραφική απεικόνιση του 2ου νόμου Horton, για το ίδιο ρέμα (σχήμα 5.10), παρατηρήθηκε ότι οι κλάδοι 3ης τάξης είναι μικρότετοι σε μήκος. Το γεγονός αυτό συνδέεται άμεσα με την λιθολογία της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, οφείλεται στους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς της Πελαγονικής οι οποίοι λόγο των ιδιαίτερων τεκτονικών δομών τους (διακλάσεις), δεν επιτρέπουν την επιφανειακή απορροή με αποτέλεσμα οι κλάδοι να έχουν μικρότερη ανάπτυξη.



Σχήμα 5.10. Γραφική απεικόνιση του 2ου νόμου του Horton για το ρέμα Μπεγιάτικο

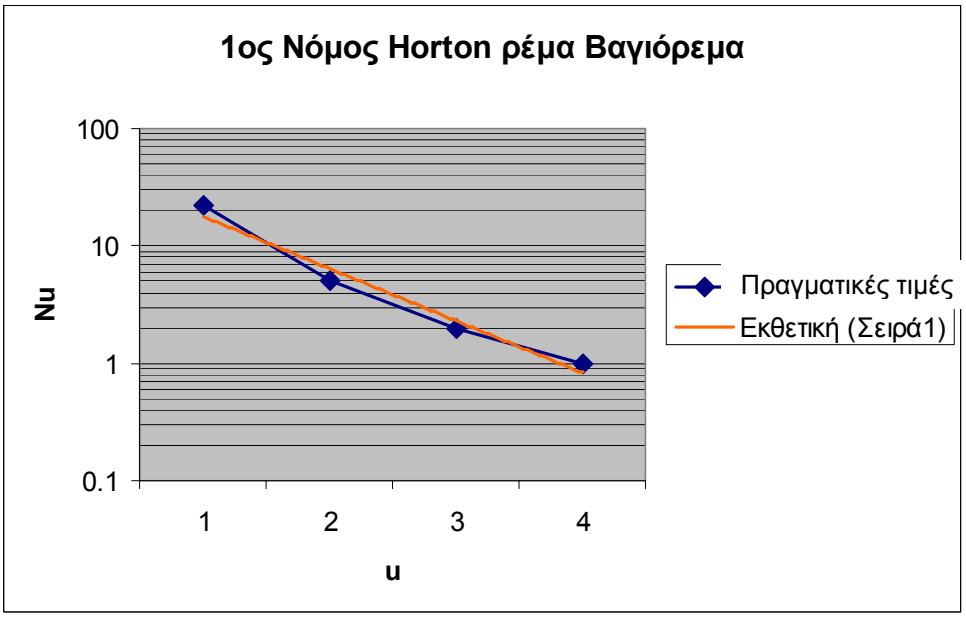
(2) Βαγιόρεμα

Πίνακας 5.3: Εφαρμογή του 1ου και 2ου νόμου του Horton και υπολογισμός των μορφομετρικών παραμέτρων Rb και RL για το ρέμα Βαγιόρεμα.

Ρέμα Βαγιόρεμα	**1ος Νόμος Horton**		**2ος Νόμος Horton**						
u	***Nu***	***Rb***	$\overline{Rb}$	$W\overline{Rb}$	***Lu (km)***	$\overline{Lu}$ ***(km)***	$\overline{\Sigma Lu}$ ***(km)***	***RL***	$\overline{RL}$
1	22	4.4	2.967	4.009	8.383	0.381	0.381	-	2.434
2	5	2.5			3.738	0.747	1.128	2.961	
3	2	2			1.954	0.977	2.105	1.865	
4	1	-			3.104	3.104	5.209	2.474	

Για το ρέμα Βαγιόρεμα σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 5.3, η τιμή του δεν εμπίπτει μέσα στις φυσιολογικές τιμές (3 < $W\overline{Rb}$ < 5). Αυτό σημαίνει ότι, για το ρέμα Βαγιόρεμα το δίκτυο δεν έχει αναπτυχθεί φυσιολογικά, έχει επηρεαστεί δηλαδή, από κάποια τεκτονική ή άλλη γεωλογική δομή (Σωτηρίαδης & Ψιλοβίκος, 1984).

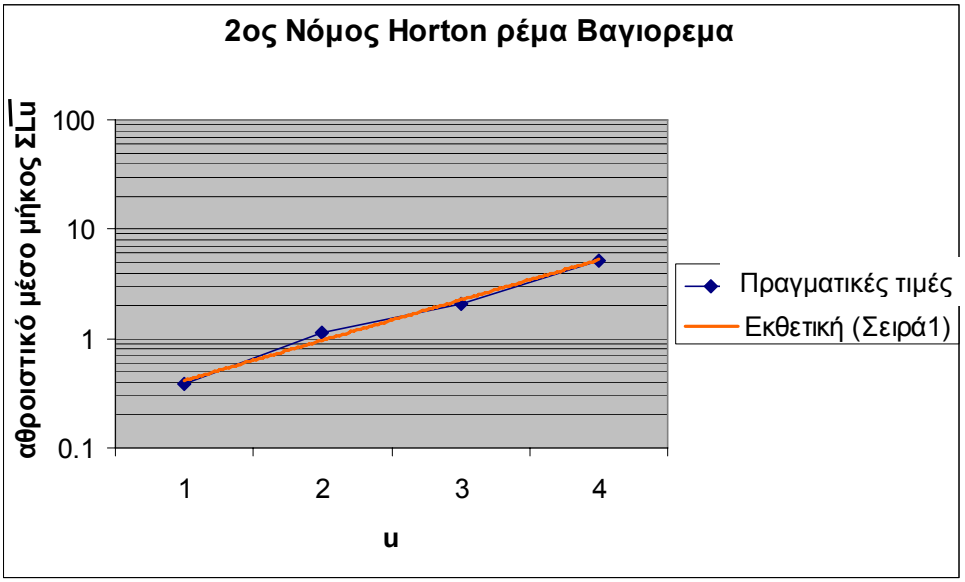
Η γραφική παράσταση (σχήμα 5.11) που προέκυψε με την εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Horton, για το Βαγιόρεμα, φανερώνει μια σημαντική απόκλιση για τα ρέματα τάξης 2^{ης} και 3^{ης} (μικρότερα σε αριθμό από το αναμενόμενο), οπότε συμπεραίνεται πως 1^{ος} νόμος δεν ισχύει και άρα η ανάπτυξη των ρεμάτων 2ης και 3^{ης}, έχει επηρεαστεί πιθανόν από τη γεωλογία της περιοχής που συνιστάται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα.



Σχήμα 5.11. Γραφική απεικόνιση του 1^{ου} νόμου του Horton για το ρέμα Βαγιόρεμα

Η γραφική απεικόνιση του 2^{ου} νόμου Horton, για το ίδιο ρέμα, αποτυπώνεται στο σχήμα 5.12. Υπάρχει μια μικρή απόκλιση για τα ρέματα 2^{ης} τάξης, έχουν μεγαλύτερη ανάπτυξη σε μήκος.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου για το ρέμα Βαγιόρεμα, έχει επηρεαστεί από τη γεωλογία της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα τα ασβεστολιθικά πετρώματα της Πελαγονικής τα οποία δεν επιτρέπουν την ελεύθερη επιφανειακή απορροή, σε συνδιασμό με το έντονο και απότομο ανάγλυφο ευθύνονται και επηρεάζουν την ανάπτυξή του.



Σχήμα 5.12. Γραφική απεικόνιση του 2ου νόμου του Horton για το ρέμα Βαγιόρεμα

(3) Βαθύρεμα

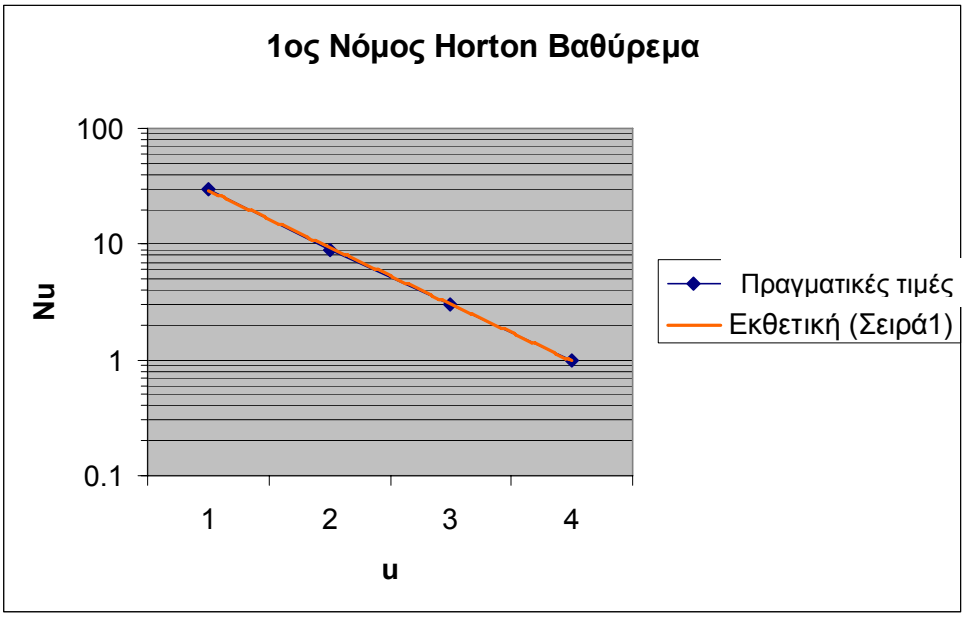
Πίνακας 5.4: Εφαρμογή του 1ου και 2ου νόμου του Horton και υπολογισμός των μορφομετρικών παραμέτρων Rb και RL για το ρέμα Βαθύρεμα.

Ρέμα Βαθύρεμα	**1ος Νόμος Horton**				**2ος Νόμος Horton**				
u	***Nu***	***Rb***	$\overline{Rb}$	$W\overline{Rb}$	***Lu (km)***	$\overline{Lu}$ ***(km)***	$\Sigma\overline{Lu}$ ***(km)***	***RL***	$\overline{RL}$
1	30	3.333	3.11	3.255	12.19	0.406	0.406	-	2.463
2	9	3			3.105	0.345	0.751	1.849	
3	3	3			0.688	0.688	1.439	1.916	
4	1	-			3.777	3.777	5.216	3.624	

Από τα στοιχεία που προκύπτουν από τον πίνακα 5.4 για το ρέμα Βαθύρεμα, η τιμή του $W\overline{Rb}$ εμπίπτει μέσα στις φυσιολογικές τιμές ($3 < W\overline{Rb} < 5$), οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι τάξεις των ρεμάτων του δικτύου, για το συγκεκριμένο ρέμα έχουν αναπτυχθεί φυσιολογικά, χωρίς να έχουν επηρεαστεί από κάποια τεκτονική ή άλλη γεωλογική δομή (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984).

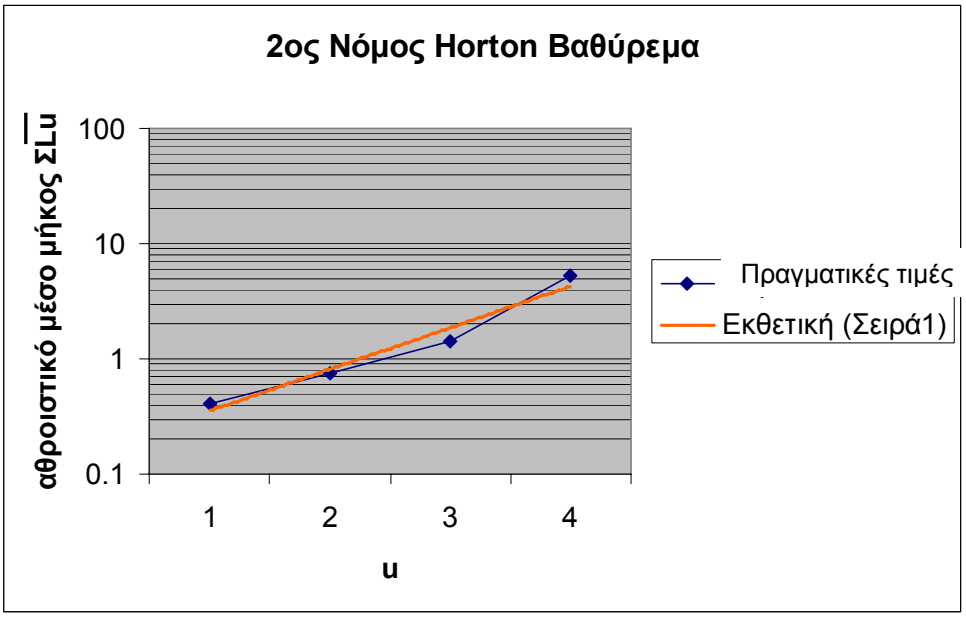
Από τη γραφική παράσταση (σχήμα 5.13) που προέκυψε με την εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton, για το Βαθύρεμα ρέμα, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει

καμία απόκλιση σε ότι αφορά στις τάξεις των ρεμάτων, οπότε συμπεραίνεται ότι ο 1^{ος} νόμος ισχύει και άρα το δίκτυο έχει αναπτυχθεί φυσιολογικά.



Σχήμα 5.13. Γραφική απεικόνιση του 1^{ου} νόμου του Horton για το ρέμα Βαθύρεμα

Η γραφική απεικόνιση του 2^{ου} νόμου Horton, για το Βαθύρεμα, φαίνεται στο σχήμα 5.14. Παρατηρείται μια μικρή απόκλιση για τα ρέματα 3^{ης} τάξης, με μικρότερα μέσα μήκοι. Όπως και για τα προηγούμενα ρέματα που αναπτύχθηκαν στην πλευρά του Μαυροβουνίου, συμπεραίνεται ότι η παρουσία των ασβεστολίθων επηρέασε την αναπτυξή του.



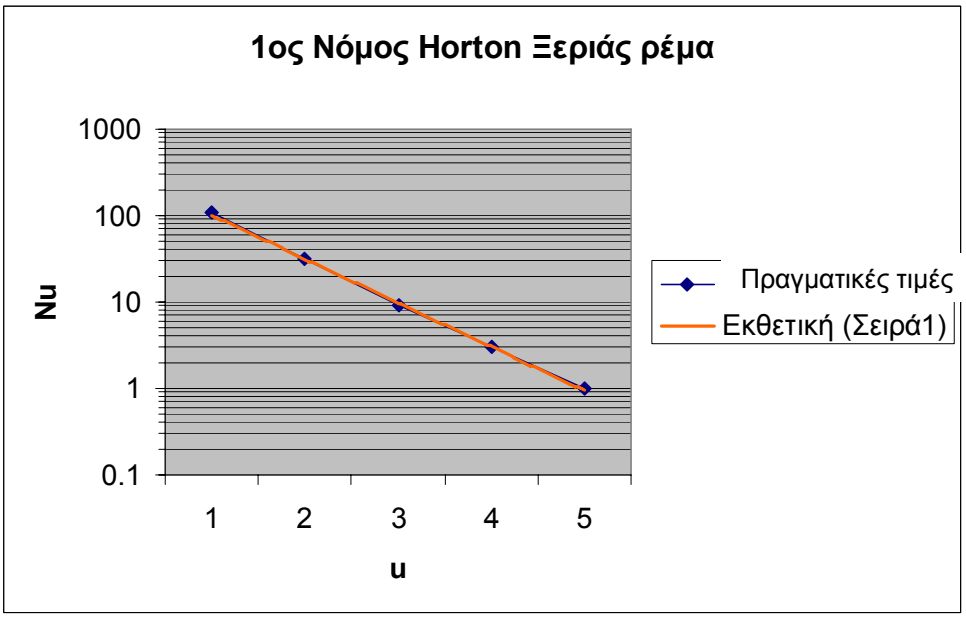
Σχήμα 5.14. Γραφική απεικόνιση του 2^{ου} νόμου του Horton για το ρέμα Βαθύρεμα

(4) Ξεριάς ρέμα

Πίνακας 5.5.: Εφαρμογή του 1ου και 2ου νόμου του Horton και υπολογισμός των μορφομετρικών παραμέτρων Rb και RL για το ρέμα Ξεριάς.

Ρέμα Ξεριάς	**1ος Νόμος Horton**				**2ος Νόμος Horton**				
u	***Nu***	***Rb***	$\overline{Rb}$	$W\overline{Rb}$	***Lu (km)***	$\overline{Lu}$ ***(km)***	$\Sigma\overline{Lu}$ ***(km)***	***RL***	$\overline{RL}$
1	107	3.452	4.298	3.450	38.82	0.363	0.363	-	2.494
2	31	3.444			29.9	0.965	1.327	3.658	
3	9	3			13.16	1.462	2.789	2.102	
4	3	3			6.25	2.083	4.873	1.746	
5	1	-			7.164	7.164	12.036	2.470	

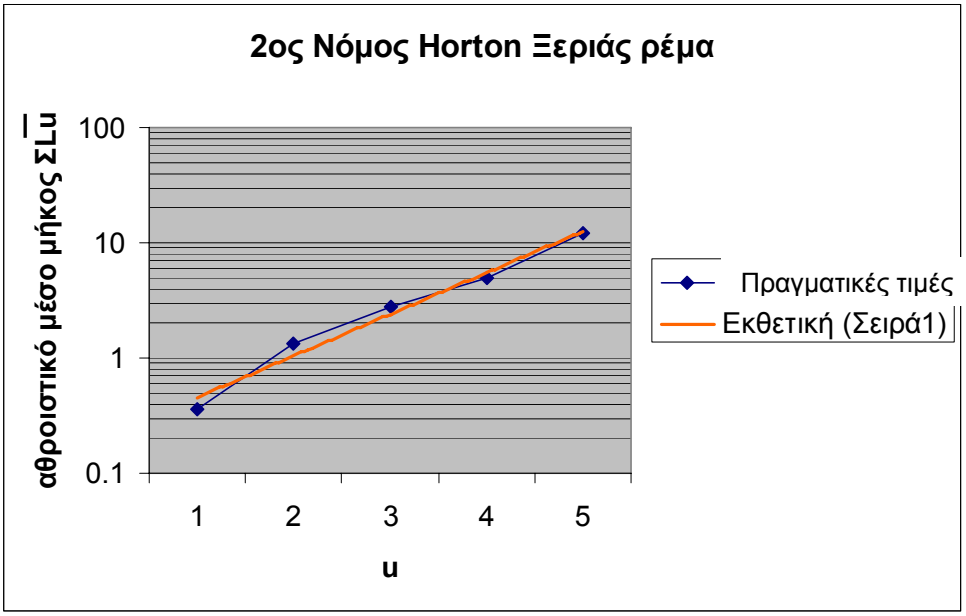
Για το ρέμα Ξεριάς, από τα στοιχεία που προκύπτουν από τον πίνακα 5.5, η τιμή του $W\overline{Rb}$ εμπίπτει μέσα στις φυσιολογικές τιμές ($3 < W\overline{Rb} < 5$), οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι τάξεις των ρεμάτων του δικτύου, για το συγκεκριμένο ρέμα έχουν αναπτυχθεί φυσιολογικά, χωρίς να έχουν επηρεαστεί από κάποια τεκτονική ή άλλη γεωλογική δομή (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984).



Σχήμα 5.15. Γραφική απεικόνιση του 1ου νόμου του Horton για το ρέμα Ξεριάς

Από τη γραφική παράσταση (σχήμα 5.15.) που προέκυψε με την εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton, για το ρέμα Ξεριάς, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει καμία απόκλιση σε ότι αφορά στις τάξεις των ρεμάτων, οπότε

συμπεραίνεται ότι ο 1ος νόμος ισχύει και άρα το δίκτυο έχει αναπτυχθεί φυσιολογικά.



Σχήμα 5.16. Γραφική απεικόνιση του 2ου νόμου του Horton για το ρέμα Ξεριάς

Από τη γραφική απεικόνιση του 2ου νόμου Horton, για το ρέμα Ξεριάς (σχήμα 5.16), παρατηρείται απόκλιση για τα ρέματα 2ης τάξης. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται οι κλάδοι 2ης τάξης είναι μεγαλύτερου μήκους. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η ανάπτυξη του ρέματος, έχει επηρεαστεί τις γεωλογικές δομές τις περιοχής.

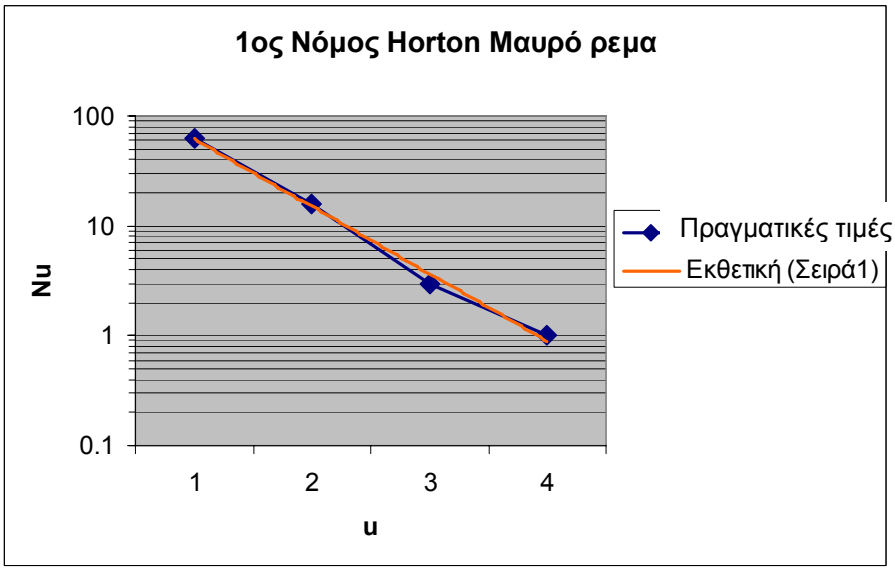
(5) <u>Μαύρο ρέμα</u>

Πίνακας 5.6: Εφαρμογή του 1ου και 2ου νόμου του Horton και υπολογισμός των μορφομετρικών παραμέτρων Rb και RL για το Μαύρο ρέμα.

Ρέμα Μαύρο ρέμα	**1ος Νόμος Horton**				**2ος Νόμος Horton**				
u	***Nu***	***Rb***	$\overline{Rb}$	$W\overline{Rb}$	***Lu (km)***	$\overline{Lu}$ ***(km)***	$\overline{\Sigma Lu}$ ***(km)***	***RL***	$\overline{RL}$
1	63	3.937	4.09	4.208	23.16	0.367	0.367	-	3.669
2	16	5.33			10.64	0.665	1.032	2.808	
3	3	3			13.67	4.557	5.589	5.413	
4	1	-			9.983	9.983	15.572	2.786	

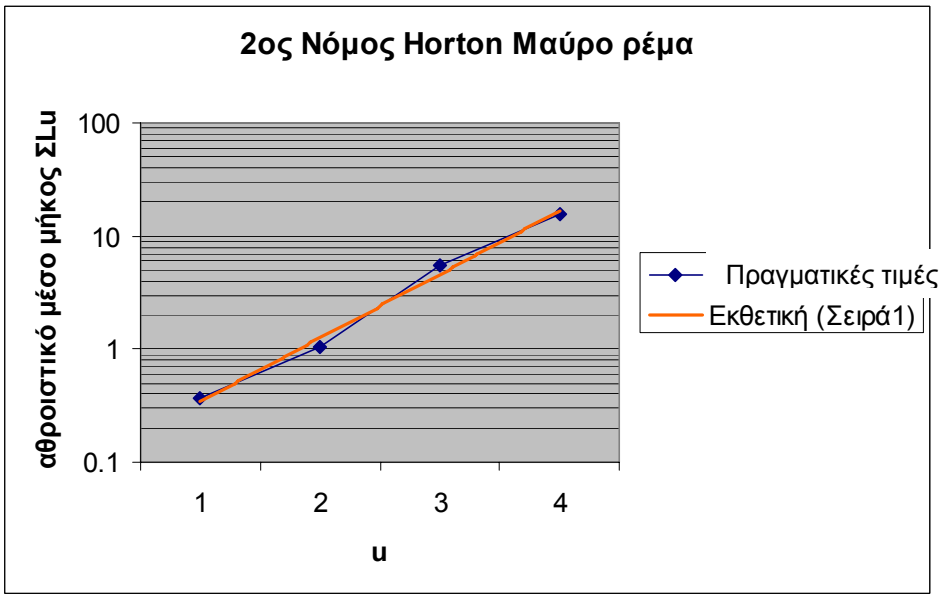
Τέλος εφαρμόστηκε ο 1ος και 2ος νόμος για το Μαύρο ρέμα. Έτσι από τον πίνακα 5.6. προκύπτει ότι η τιμή του $W\overline{Rb}$ εμπίπτει μέσα στις φυσιολογικές τιμές

(3 < $W\overline{Rb}$ < 5), οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι τάξεις των ρεμάτων του δικτύου, για το συγκεκριμένο ρέμα έχουν αναπτυχθεί φυσιολογικά, χωρίς να έχουν επηρεαστεί από κάποια τεκτονική ή άλλη γεωλογική δομή (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984). Ισχύει λοιπόν ο 1^{ος} νόμος.



Σχήμα 5.17. Γραφική απεικόνιση του 1^{ου} νόμου του Horton για το Μαύρο ρέμα

Η γραφική απεικόνιση για το συγκεκριμένο ρέμα (σχήμα 5.17.), δείχνει οτι υπάρχει μια απόκλιση για τα ρέματα 3^{ης} τάξης (μικρότερα σε αριθμό από το αναμενόμενο), οπότε συμπεραίνεται πως η ανάπτυξη των ρεμάτων 3^{ης} τάξης πιθανόν να έχει επηρεαστεί από τη γεωλογία της περιοχής.



Σχήμα 5.18. Γραφική απεικόνιση του 2^{ου} νόμου του Horton για το Μαύρο ρέμα

Τέλος, από τη γραφική απεικόνιση του 2^{ου} νόμου Horton, για το Μαύρο ρέμα (σχήμα 5.18.), παρατηρείται μια μικρή απόκλιση για τα ρέματα 2^{ης} (μικρότερου μήκους) και 3^{ης} τάξης (μεγαλύτερα μήκη). Η ιδιομορφία αυτή που παρατηρείται στην ανάπτυξη του ρέματος Μαύρο ρέμα, οφείλεται στη λιθολογία της περιοχής. Πρόκειται κυρίως για τεταρτογενή ιζήματα τα οποία σε συνδυασμό με τις μικρές κλίσεις της μορφολογίας, επιτρέπουν την ελεύθερη επιφανειακή ανάπτυξη του ρέματος, με κλάδους δημιουργώντας έτσι επιμηκυμένους κλάδους.

Συμπερασματικά λοιπόν για τα πέντε ρέματα, προκύπτει ότι, από τον προσδιορισμό των μορφομετρικών παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου και από την εφαρμογή των δύο νόμων του Horton, η ανάπτυξη των ρεμάτων σε γενικές γραμμές παρουσιάζεται φυσιολογική. Οι μόνες επιδράσεις που παρατηρήθηκαν οφείλονται στην λιθολογία και την τεκτονική της περιοχής, που διαμόρφωσαν την επιδεκτικότητα των πετρωμάτων στη διάβρωση (πχ. ασβεστόλιθος).

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

5.5.2. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι των λεκανών απορροής των 5 ρεμάτων

Οι μορφομετρικές παράμετροι που υπολογίστηκαν για τις λεκάνες απορροής των 5 ρεμάτων είναι η υδρογραφική συχνότητα Du και η υδρογραφική πυκνότητα Fu. Πρόκειται για αριθμητικές εκφράσεις της υφής μιας λεκάνης απορροής και συνδέονται με το κλίμα τις περιοχής, τη λιθολογική σύσταση, τη βλάστηση και το ανάγλυφο των λεκανών (Αστάρας, 1980).

Η υδρογραφική πυκνότητα ορίζεται από τον τύπο Du=$\frac{\Sigma Lu}{A_u}$, όπου ΣLu είναι το συνολικό μήκος των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων μιας αυτοτελούς λεκάνης απορροής (σε km)και A_u το εμβαδόν της λεκάνης απορροής (σε km^2). (Horton, 1945 από Αστάρα, 1980). Η τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας ποικίλουν και κάθε φορά αντικατοπτρίζουν κάτι διαφορετικό για την εν λόγω περιοχή. Έτσι όταν οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 3 έως 4 km^{-1}, θεωρούνται χαμηλές και φανερώνουν περιοχές οι οποίες καλύπτονται από πυκνή βλάστηση και αποτελούνται από σκληρά πετρώματα. Στις περιοχές όπου καλύπτονται από πυκνή βλάστηση και μαλακά πετρώματα, η υδρογραφική πυκνότητα παίρνει τιμές από 8 μέχρι 16 km^{-1} και θεωρούνται μέσες τιμές. Τέλος, υψηλές τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας, δηλαδή από 30 έως 50 km^{-1}, παρατηρούνται σε περιοχές όπου στερούνται φυτικής κάλυψης και έχουν υψηλό ανάγλυφο (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984).

Η υδρογραφική συχνότητα ορίζεται από τον τύπο $Fu = \frac{\Sigma Nu}{A_u}$, όπου ΣNu, είναι ο συνολικός αριθμός των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων μιας λεκάνης απορροής και A_u το εμβαδόν της λεκάνης απορροής. Οι μονάδες μέτρησης της υδρογραφικής συχνότητας είναι km^{-2} (Horton, 1945 από Αστάρα, 1980).

Οι παραπάνω μορφομετρικές παράμετροι υπολογίστηκαν για τις λεκάνες απορροής των 5 ρεμάτων και τις υπολεκάνες τους, ενώ η γεωγραφική κατανομή τους αποτυπώθηκε σε σχετικούς χάρτες για να απεικονιστεί ο τρόπος που κατανέμονται οι τιμές τους.

5.5.2.1. Ανάλυση υδρογραφικής πυκνότητας και υδρογραφικής συχνότητας

Οι υπολογισμοί της υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας έγιναν για για κάθε ρεμα ξεχωριστά. Σε γενικές γραμμές όμως παρατηρείται πως οι τιμές τις υδρογραφικής πυκνότητας και για τα 5 ρέματα είναι χαμηλή. Το εύρος των τιμών για τις λεκάνες 3ης τάξης των ρεμάτων κυμαίνεται από 1,1458 km^{-1};έως 3,988 km^{-1} , για τις λεκάνες 4ης τάξης από 2,005 km^{-1} έως 4,342 km^{-1} ενώ για την μοναδική λεκάνη 5ης τάξης η υδρογραφική πυκνότητα είναι 2,27 km^{-1}

Αντίστοιχα οι τιμές τις υδρογραφικής συχνότητας για τα ρέματα 3ης τάξης κυμαίνονται από 2,87 ρέματα ανά km^2 έως 17,605 ρέματα ανά km^2,για τα 4ης τάξης από 2,41 ρέματα ανά km^2 έως 5,12 ρέματα ανά km^2 και τέλος για την λεκάνη 5ης τάξης είναι 3,62 ρέματα ανά km^2.Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται αναλυτικά οι τιμές για τις λεκάνες κάθε ρέματος ξεχωριστά.

Πίνακας 5.8:Τιμές υδρογραφικής συχνότητας – πυκνότητας για τις λεκάνες 3ης και 4ης τάξης του ρέματος Μπεγιάτικο

ΜΠΕΓΙΑΤΙΚΟ ΡΕΜΑ								
Λεκάνες **3ης**	**3.4.1**		**3.4.2**		**3.4.3**		**3.4.4**	
	Du(km^{-1})	Fu(n*km^{-2})	Du(km^{-1})	Fu(n*km^{-2})	Du(km^{-1})	Fu(n*km^{-2})	Du(km^{-1})	Fu(n*km^{-2})
	3,46	9,59	3,98	12,87	3,46	6,45	4,97	6,45
Λεκάνες **4ης**	**4.4**							
	Du(km^{-1})	Fu(n*km^{-2})						
	3,56	7,43						

Πίνακας 5.9:Τιμές υδρογραφικής συχνότητας – πυκνότητας για τις λεκάνες 3ης και 4ης τάξης του ρέματος Βαγιόρεμα

ΒΑΓΙΟΡΕΜΑ				
Λεκάνες 3ης	**3.3.1**		**3.3.2**	
	Du(km^{-1})	Fu(n*km^{-2})	Du(km^{-1})	Fu(n*km^{-2})
	1,14	2,87	3,018	6,67
Λεκάνες 4ης	**4.3**			
	Du(km^{-1})	Fu(km^{-2})		
	1,85	3,19		

Πίνακας 5.10:Τιμές υδρογραφικής συχνότητας – πυκνότητας για τις λεκάνες 3ης και 4ης τάξης του ρέματος Βαθύρεμα

ΒΑΘΥΡΕΜΑ				
Λεκάνες **3ης**	**3.2.1**		**3.2.2**	
	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)
	3,22	8,86	3,018	6,67

Λεκάνες **4ης**	**4.2**		
	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	
	2,24	5,12	

Πίνακας 5.11:Τιμές υδρογραφικής συχνότητας – πυκνότητας για τις λεκάνες 3ης και 4ης τάξης του ρέματος Μαύρο ρέμα

ΜΑΥΡΟ ΡΕΜΑ						
Λεκάνες **3ης**	**3.5.1**		**3.5.2**		**3.5.3**	
	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)
	2,12	3,24	2,15	4,77	1,85	3,04

Λεκάνες **4ης**	**4.5**		
	Du(km^{-1})	Fu(km^{-2})	
	2,00	2,89	

Πίνακας 5.12:Τιμές υδρογραφικής συχνότητας – πυκνότητας για τις λεκάνες 3ης και 4ης τάξης του ρέματος Ξεριάς

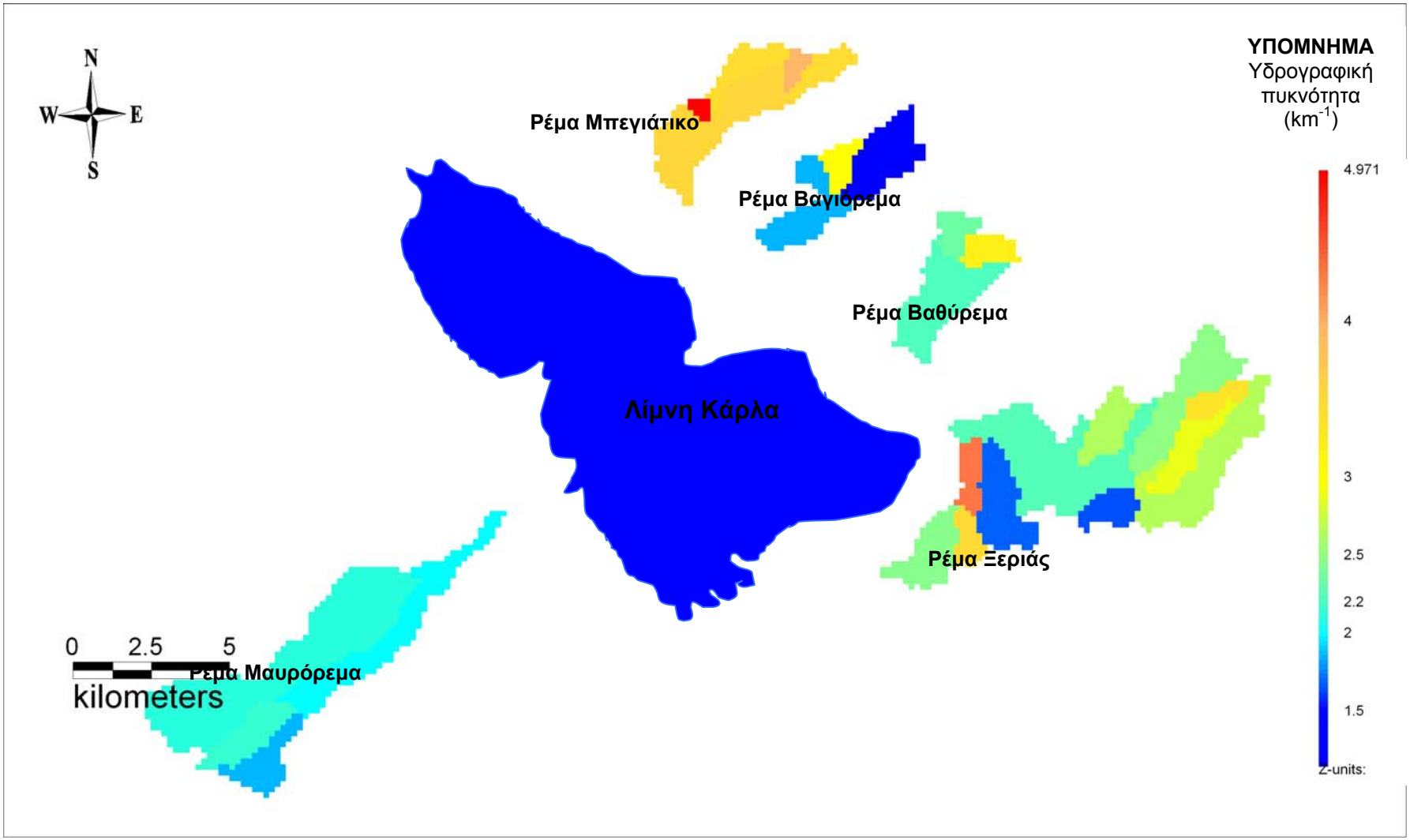
ΞΕΡΙΑΣ ΡΕΜΑ								
Λεκάνες **3ης**	**3.1.1**		**3.1.2**		**3.1.3**		**3.1.4**	
	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)
	2,48	5,07	3,49	7,32	1,68	2,94	1,65	4,78
	3.1.5		**3.1.6**		**3.1.7**		**3.1.8**	
	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)
	2,67	5,59	2,92	3,09	3,37	8,20	2,52	12,29
	3.1.9							
	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)						
	2,6621	4,071						
Λεκάνες **4ης**	**4.1.1**		**4.1.2**		**4.1.3**			
	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)		
	2,53	3,76	2,76	4,93	4,34	2,41		
Λεκάνη **5ης**	**5**							
	Du(km^{-1})	Fu($n*km^{-2}$)						
	2,27	3,62						

Από την γενικότερη κατανομή των τιμών τόσο της υδρογραφικής πυκνότητας όσο και της υδρογραφικής πυκνότητας προκύπτουν τα εξής:

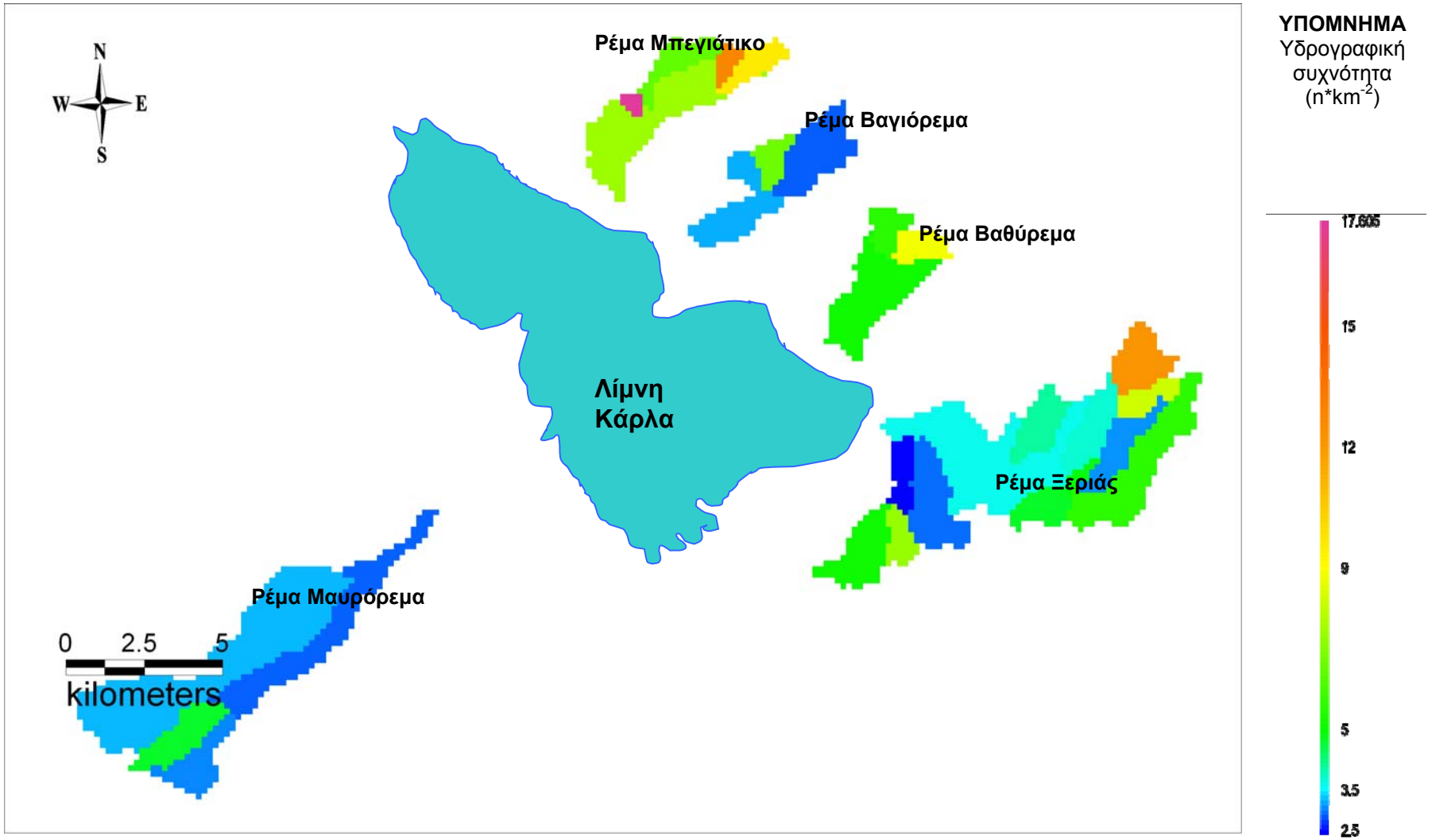
Το γενικότερο εύρος των τιμών της υδρογραφικής πυκνότητας δείχνει ότι για όλες τις λεκάνες η υδρογραφική πυκνότητα είναι χαμηλή και σε πολλές περιπτώσεις μικρότερη του 3.

Ακολουθούν σχετικοί χάρτες κατανομής της υδρογραφικής πυκνότητας (Σχήμα 5.19.), και υδρογραφικής πυκνότητας (σχήμα 5.20)

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Σχήμα 5.19. Χάρτης γεωγραφικής κατανομής της υδρογραφικής πυκνότητας για τις λεκάνες των 5 ρεμάτων



Σχήμα 5.20. Χάρτης γεωγραφικής κατανομής της υδρογραφικής συχνότητας (Fu) για τις λεκάνες των ρεμάτων

Ο τρόπος που κατανέμονται οι τιμές τόσο της υδρογραφικής πυκνότητας όσο και της υδρογραφικής συχνότητας για τα πέντε επιλεγμένα ρέματα αποτελεί συνάρτηση της λιθολογίας και της κατανομής του αναγλύφου.

Από το σχήμα 5.20, όπου απεικονίζεται η κατανομή της υδρογραφικής συχνότητας για τις λεκάνες των πέντε ρεμάτων, παρατηρείται ότι οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στην ανατολική και νοτιοανατολική πλευρά της περιοχής. Οι συγκεκριμένες θέσεις από λιθολογικής άποψης αποτελούνται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα της Πελαγονικής και ο συνδυασμός τους με το έντονο ανάγλυφο δίνουν αυτές τις χαμηλές τιμές της συχνότητας. Χαμηλές τιμές όμως της υδρογραφικής συχνότητας, παρατηρούνται και στη δυτική πλευρά της περιοχής στο ρέμα Μαύρο ρέμα, όπου τόσο η λιθολογία όσο και η μορφολογία του αναγλύφου δεν συνηγορούν σε αυτό. Πιθανή αιτία για τις χαμηλές τιμές στην περίπτωση του Μαύρου ρέματος είναι ότι η ευρύτερη περιοχή καλλιεργείται με αποτέλεσμα τον περιορισμό της ελεύθερης ανάπτυξης του δικτύου. Άλλη αιτία μπορεί να είναι και το ότι δεν έχει γίνει καταγραφή των δικτύων στους τοπογραφικούς χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000, κάτι που συχνά απαντάται στο χαμηλό ανάγλυφο.

Ανάλογη είναι και η κατανομή της υδρογραφικής πυκνότητας. Η γενικότερη διακύμανση των τιμών όμως, δεν είναι πολύ μεγάλη. Η μέγιστη τιμή είναι 4,791km^{-1} ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των τιμών της υδρογραφικής πυκνότητας (64,30%) κυμαίνεται από 2 μέχρι 3km^{-1}.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

Η ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου, αφορά στην ανάλυση του αναγλύφου της περιοχής μελέτης η οποία απαρτίζεται από τρία ξεχωριστά τμήματα, την ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου για ολόκληρη την υδρολογική λεκάνη, το χαμηλό τμήμα της λεκάνης (που φιλοξενούσε τη λίμνη), και το ανάγλυφο των υδρολογικών λεκανών των χειμάρρων που επιλεχτήκαν.

Για τη λεπτομερή ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου όμως, ήταν απαραίτητη η χρήση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM) της περιοχής. Για την παραγωγή του αρχικά χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες της Γ.Υ.Σ (φύλλα: Βόλος, Αγιά, Πλατύκαμπος, Βελεστίνο, Λάρισα, Φάρσαλα) κλίμακας 1:50.000 και ισοδιάστασης 20m. Το παραγόμενο DEM που προέκυψε από την ψηφιοποίηση όλων των ισοϋψών στο πρόγραμμα MapInfo 6.0, όμως υστερούσε στην εξαγωγή στοιχείων σε ότι αφορά την περιοχή χαμηλού αναγλύφου της υδρολογικής λεκάνης, δηλαδή την περιοχή που φιλοξενούσε άλλοτε τη λίμνη, λόγω της ισοδιάστασης του χάρτη (20m). Πιο συγκεκριμένα τα υψόμετρα αυτού του τμήματος της λεκάνης κυμαίνονται από 45m – 60m και δεν αποτυπώνονται με ακρίβεια στους χάρτες κλίμακας 1:50.000 (μόνο με δύο ισοϋψείς). Στην αναζήτηση λοιπόν ενός DEM καλύτερης και υψηλότερης ανάλυσης, για το κομμάτι αυτό της υδρολογικής λεκάνης, χρησιμοποιήθηκε DEM προερχόμενο από δεδομένα SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Τα SRTM DEM δεδομένα έχουν παραχθεί από εικόνες Radar που συλλέχθηκαν από την NASA, έπειτα από ειδική αποστολή και δόθηκαν σε χρήση το 2003.

Πρόκειται για υψηλής ακρίβειας δεδομένα. Η ακρίβεια τους οφείλεται στον ειδικό σχηματισμό – τρόπο λήψης των δεδομένων από την επιφάνεια της γης. Δύο κεραίες λάμβαναν τους ανακλώμενους παλμούς ταυτόχρονα, η μια τοποθετημένη στο εξωτερικό μέρος του διαστημικού λεωφορείου και η άλλη στην άκρη μιας βάσης μήκους 60m. Η διάταξη αυτή επέτρεψε την εφαρμογή της τεχνικής της συμβολομετρίας ραντάρ μονής διέλευσης (single-pass radar interferometry), και συνεπώς την παραγωγή ενός υψηλής ακρίβειας, υψομετρικού μοντέλου παγκόσμιας εμβέλειας, με ακρίβεια που στον κατακόρυφο άξονα προσεγγίζει τα 6m και η οριζόντια απόσταση των pixel είναι της τάξης των 30m.

Ενδεικτικά, η σύγκριση δεδομένων DEM προερχόμενα από τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000, με δεδομένα SRTM DEM (Jarvis., et al., 2005, από Βουβαλίδης κ.α., 2006), έδειξε ότι από τα 59 σημεία του GPS, οι 47 (80%) υψομετρικές τιμές του SRTM προσέγγιζαν τις αντίστοιχες υψομετρικές τιμές του

GPS. Η μέση υψομετρική διαφορά ανάμεσα στα δεδομένα SRTM και GPS ήταν 8m, ενώ η αντίστοιχη διαφορά των τοπογραφικών δεδομένων με αυτά του GPS ήταν 20m. Το υψόμετρο υποτιμήθηκε από τα δεδομένα SRTM σε 44 περιπτώσεις (75%) σε σύγκριση με τα τοπογραφικά δεδομένα όπου σε 52 περιπτώσεις (88%) υπήρξε υποτίμηση του υψομέτρου. Η ποσοστιαία διαφορά για τα σημεία του GPS πάνω από 100m, δείχνει ότι τα δεδομένα του SRTM καλύτερα από τα αντίστοιχα τοπογραφικά. (Andy Jarvis, et al, 2005, από Βουβαλίδης κ.α., 2006)

Η σύγκριση λοιπόν, που πραγματοποιήθηκε στην παραπάνω εργασία αποδεικνύει την ακρίβεια που παρέχουν τα δεδομένα SRTM. Αυτός υπήρξε και ο βασικότερος λόγος της εφαρμογής τους στη συγκεκριμένη διατριβή.

Για την ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου, στην συγκεκριμένη διατριβή, μελετήθηκαν αρχικά το ανάγλυφο για ολόκληρη την λεκάνη και στην συνέχεια πιο αναλυτικά το χαμηλό ανάγλυφο αυτής και το ανάγλυφο των λεκανών των ρεμάτων που μελετήθηκαν.

6.1. Η ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

6.1.1. Ταξινόμηση του αναγλύφου της λεκάνης της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Η παραμετροποίηση των και η ποσοτικοποίηση των ιδιοτήτων της υδρολογικής λεκάνης είναι θέματα με τα οποία ασχολήθηκαν πολλοί επιστήμονες. Ο Dikau 1989, πρότεινε μια ταξινόμηση των λεκανών έτσι ώστε να γίνει πιο εύκολα ο χαρακτηρισμός τους. Χώρισε την κάθε λεκάνη σε περιοχές με συγκεκριμένο εύρος υψομέτρων πάνω από την επιφάνεια, της θάλασσας με σκοπό να αποδώσει στην κάθε περιοχή ορισμένο χαρακτηρισμό. Η ταξινόμηση που πρότεινε είναι η εξής:

- <150 m: Χαρακτηρίζονται πεδινές περιοχές,
- 150 – 600 m: Χαρακτηρίζονται λοφώδεις περιοχές,
- 600 – 900 m: Χαρακτηρίζονται ημιορεινές με βουνά, και ψηλούς λόφους,
- >900 m: Χαρακτηρίζονται ορεινές.

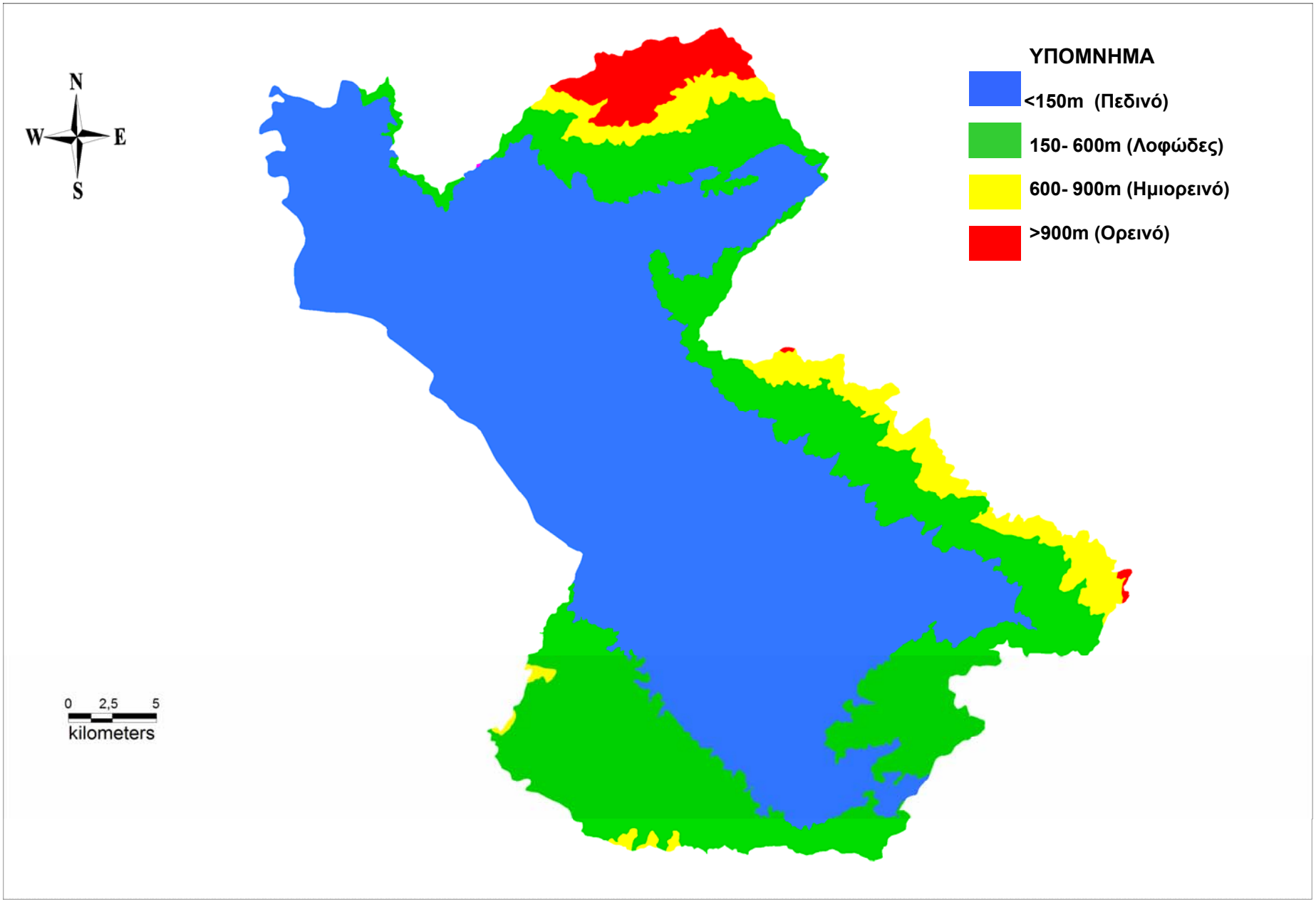
Εφαρμόζοντας την παραπάνω ταξινόμηση Dikau, 1989 στο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου, κατασκευάστηκε χάρτης υψομέτρων με τη βοήθεια του προγράμματος Mapinfo 6.0 (Πεχλιβανίδου, 2007). Ο χάρτης υψομέτρων που προέκυψε φαίνεται στο σχήμα 6.1. Στον πίνακα 6.1 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατανομή των

υψομέτρων ανάλογα με την επιφάνεια που καταλαμβάνουν. Από την χωρική κατανομή των υψομέτρων, προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του αναγλύφου για την λεκάνη της Κάρλας, χαρακτηρίζεται ως πεδινή περιοχή με ποσοστό 61,81%. Το 30,07% είναι λοφώδες. Ως ημιορεινή περιοχή χαρακτηρίζεται ένα μικρό ποσοστό (5,79%), ενώ τέλος το ορεινό τμήμα της λεκάνης καταλαμβάνει ένα το 2,319% της συνολικής έκτασης της περιοχής.

Πίνακας 6.1. Κατανομή % του αναγλύφου σύμφωνα με την κατανομή Dikau

Εύρος Υψομέτρων	**Τύπος αναγλύφου**	**Έκταση σε km^2**	**Ποσοστό έκτασης %**
<150	Πεδινό	692,9	61,81
150-600	Λοφώδες	337,1	30,07
600-900	Ημιορεινό	65	5,79
>900	Ορεινό	26	2,319

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Σχήμα 6.1. Ταξινόμηση του μορφολογικού αναγλύφου της τέως λίμνης Κάρλας σύμφωνα με την κατανομή Dikau

6.1.2 Κλίση αναγλύφου

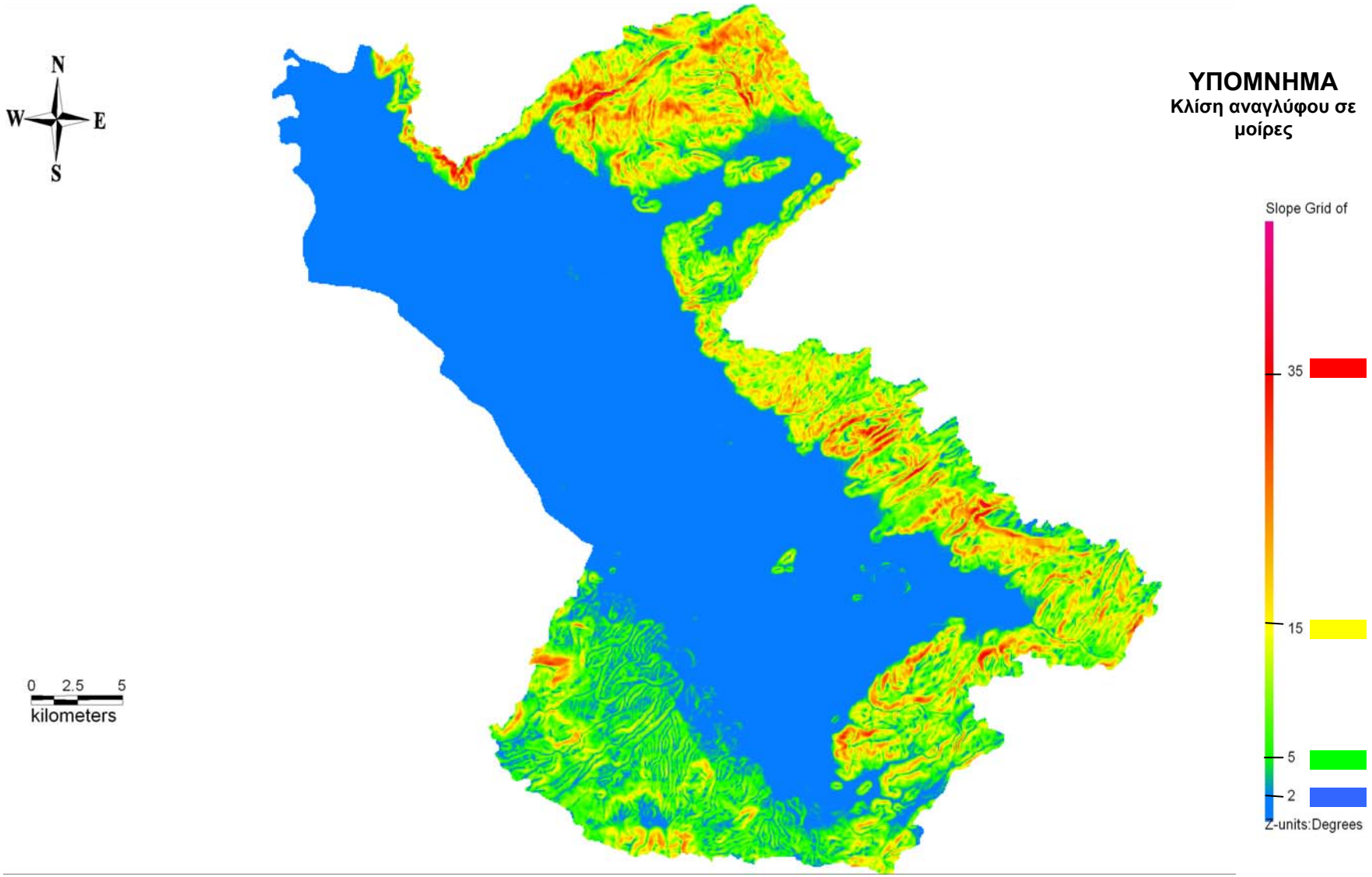
Σημαντική παράμετρος, για την περαιτέρω ανάλυση του αναγλύφου μιας περιοχής, αποτελεί και η κλίση του αναγλύφου. Βάση αυτού, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για το βαθμό διάβρωσης που συντελείται σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Για την ταξινόμηση των κλίσεων της περιοχής μελέτης, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα ταξινόμησης που προτάθηκε από τον Demek (1972). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, οι τιμές της μέσης κλίσης του αναγλύφου χωρίστηκαν σε έξι ομάδες, οι οποίες χαρακτηρίζουν διαφορετικές επιφάνειες καθώς και διαφορετικό τρόπο διάβρωσής τους. (Demek, 1972, Πεχλιβανίδου, 2007).

Αναλυτικότερα, τιμές κλίσεων από **0°** έως **2°** αντιπροσωπεύουν ένα ανάγλυφο επίπεδο έως ελαφρά κεκλιμένο και έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος. Κλίσεις από **2°** έως **5°**, φανερώνουν ένα ανάγλυφο με ελαφρώς κεκλιμένες κλιτύες, διάβρωση τύπου καλύμματος και έναρξη της αυλακωτής διάβρωσης. Κλίσεις από **5°** έως **15°**, φανερώνουν ένα ανάγλυφο με ισχυρά κεκλιμένες κλιτύες, όπου λαμβάνουν χώρα κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή διάβρωση. Κλίσεις από **15°** έως **35°**, αντιπροσωπεύουν ένα ανάγλυφο με απότομες έως εξαιρετικά απότομες κλιτύες, όπου παρατηρούνται έντονες διεργασίες απογύμνωσης, ερπυσμοί εδαφών, λασπορροές, και έντονη αυλακωτή και γραμμική διάβρωση. Κλίσεις από **35°** έως **55°**, δείχνουν ένα απόκρημνο ανάγλυφο, όπου παρουσιάζει ένα πολύ λεπτό ασυνεχές στρώμα εδάφους, και έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος. Τέλος, κλίσεις μεγαλύτερες των **55°**, φανερώνουν ένα κάθετο ανάγλυφο, απουσία εδάφους, απογύμνωση πετρωμάτων και κατάρρευση βράχων.

Σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης της IGU Commission on Geomorphological Survey and Mapping (Demek, 1972), κατασκευάστηκε χάρτης κλίσεων για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Κάρλας, με τη βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM), και φαίνεται στο σχήμα 6.2. Ταυτόχρονα, προσδιορίστηκε η έκταση σε Km^2, καθώς και το ποσοστό της έκτασης (%) των περιοχών, που αντιστοιχούν σε κάθε ομάδα κλίσεων, όπως φαίνεται στον πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2. : Έκταση και ποσοστό έκτασης, που αντιστοιχεί σε κάθε ομάδα κλίσεων, όπως αυτά προέκυψαν από το σχήμα 6.2.

Εύρος κλίσεων	Έκταση σε Km^2	Ποσοστό έκτασης (%)
$0^o – 2^o$	599,51	53.48
$2^o – 5^o$	111,035	9.905
$5^o – 15^o$	269,56	24.04
$15^o – 35^o$	134,57	12.005



Σχήμα 6.2. : Χάρτης κλίσεων αναγλύφου της λεκάνης της Κάρλας..

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του πίνακα 6.2, καθώς και το χάρτη κλίσεων του σχήματος 6.2, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα :

Το μεγαλύτερο ποσοστό κατανομής των κλίσεων στην περιοχή μελέτης αντιστοιχεί σε κλίσεις αναγλύφου 0^o – 2^o, με ποσοστό 53,48%, περιλαμβάνει το χαμηλό τμήμα της λεκάνης. Πρόκειται για το τμήμα της λεκάνης της Κάρλας όπου φιλοξενούνταν η λίμνη Κάρλα, ενώ οι κλίσεις φανερώνουν το λόγο που, ενώ οι διακυμάνσεις της στάθμης δεν ήταν τόσο μεγάλες, οι αντίστοιχες διακυμάνσεις της έκτασης της λίμνης ήταν μεγάλες.

Οι θέσεις που φιλοξενούν τα ρέματα της περιοχής και σε ποσοστό 24,04% έχουν κλίσεις από 5^o – 15^o, φανερώνοντας ένα ισχυρά κεκλιμένες κλιτύες.

Τέλος το ποσοστό που αναλογεί σε κλίσεις 15^o – 35^o, είναι 12% ενώ δεν υπάρχουν καθόλου θέσεις με μεγαλύτερες τιμές κλίσεων.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

6.2.: ΤΟ ΧΑΜΗΛΟ – ΠΕΔΙΝΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ένα βασικό χαρακτηριστικό της λίμνης Κάρλας ήταν οι συνεχείς διακυμάνσεις της στάθμης της, ανάλογα με τις πλημμύρες του Πηνειού και το ύψος των βροχοπτώσεων στην ευρύτερη περιοχή.

Για να είναι δυνατός ο συσχετισμός, των εξελίξεων στις κοίτες των ρεμάτων που έδρασαν και αναπτύχθηκαν περιφερειακά της λίμνης, με την λίμνη και την λίμνη πριν και μετά την αποξήρανσή της, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις ακτές της Κάρλας και τις διακυμάνσεις τους. Στο κεφάλαιο αυτό, λοιπόν γίνεται προσπάθεια αποτύπωσης αυτών των διακυμάνσεων της στάθμης, με τη βοήθεια του DEM σε συνδυασμό με τις καταγραφές από αρχαιολογικές μελέτες, για τις παλαιότερες διακυμάνσεις, ενώ για τις πιο πρόσφατες, από αεροφωτογραφίες λίγο πριν την αποξήρανση. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται παρακάτω.

- Αρχαιολογικά στοιχεία έδειξαν ότι στη Μέση Νεολιθική περίοδο η στάθμη της Κάρλας ήταν μεγαλύτερη των **50m** (πιο εκτεταμένη αναφορά έγινε σε σχετικό κεφάλαιο).
- Μια σημαντική αρχαιολογική ανακάλυψη στην περιοχή της Πέτρας (ψηλότερος λόφος στο εσωτερικό της λίμνης) έδωσε σημαντικά και ακριβή στοιχεία για την στάθμη της τότε λίμνης στη Μυκηναϊκή περίοδο. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι παρατηρήθηκε κίνηση νερού πάνω από τα τείχη, κάτι που φανερώνει ότι είχαμε άνοδο της στάθμης στο τέλος της Μυκηναϊκής περιόδου. Συμπεραίνεται λοιπόν πως για τη συγκεκριμένη περίοδο η στάθμη έφτασε στα **64m (**Αποστολοπούλου, - Κακαβογιάννη 1979, από Παληκαρίδου, 1998).
- Ακολουθεί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, για το οποίο δεν υπάρχει καμία πληροφορία όσον αφορά τις διακυμάνσεις της στάθμης, μέχρι το 1956 οπότε και έγινε σχετική έρευνα από τον Ανανιάδη (1956). Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη το 1921 η στάθμη της λίμνης έφτανε τα **50,10m** ενώ το 1953 έφτανε τα **45,85m**.
- Τέλος σημαντική πληροφορία για τη στάθμη της τέως λίμνης πριν την αποξήρανση δίνεται από τις **αεροφωτογραφίες του 1945**, όπου η έκτασή της είναι **78,35 km^2**. (σχήμα 6.3)

Όλα τα παραπάνω στοιχεία σε συνδυασμό με τα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ (Πίνακας 4.3) δίνουν συνοπτικά των παρακάτω πίνακα 6.3.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Πίνακας 6.3. Συγκεντρωτικός πίνακας των σημαντικότερων στοιχείων που αφορούσαν στις διακυμάνσεις της στάθμης της Κάρλας όπως προκύπτει από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4.

ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	**ΣΤΑΘΜΗ**	**ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ**
Νεολιθική Περίοδος	>50m	161,892km^2
Μηκυναϊκή Περίοδος	64m	
1921	50,10m	
1945(αεροφωτογραφίες)		78,35km^2
1953	45,85	56,796km^2

Σχήμα 6.3: Η λίμνη Κάρλα, λίγο πριν την αποξήρανσή της από αεροφωτογραφίες της Γ.Υ.Σ, του 1945,

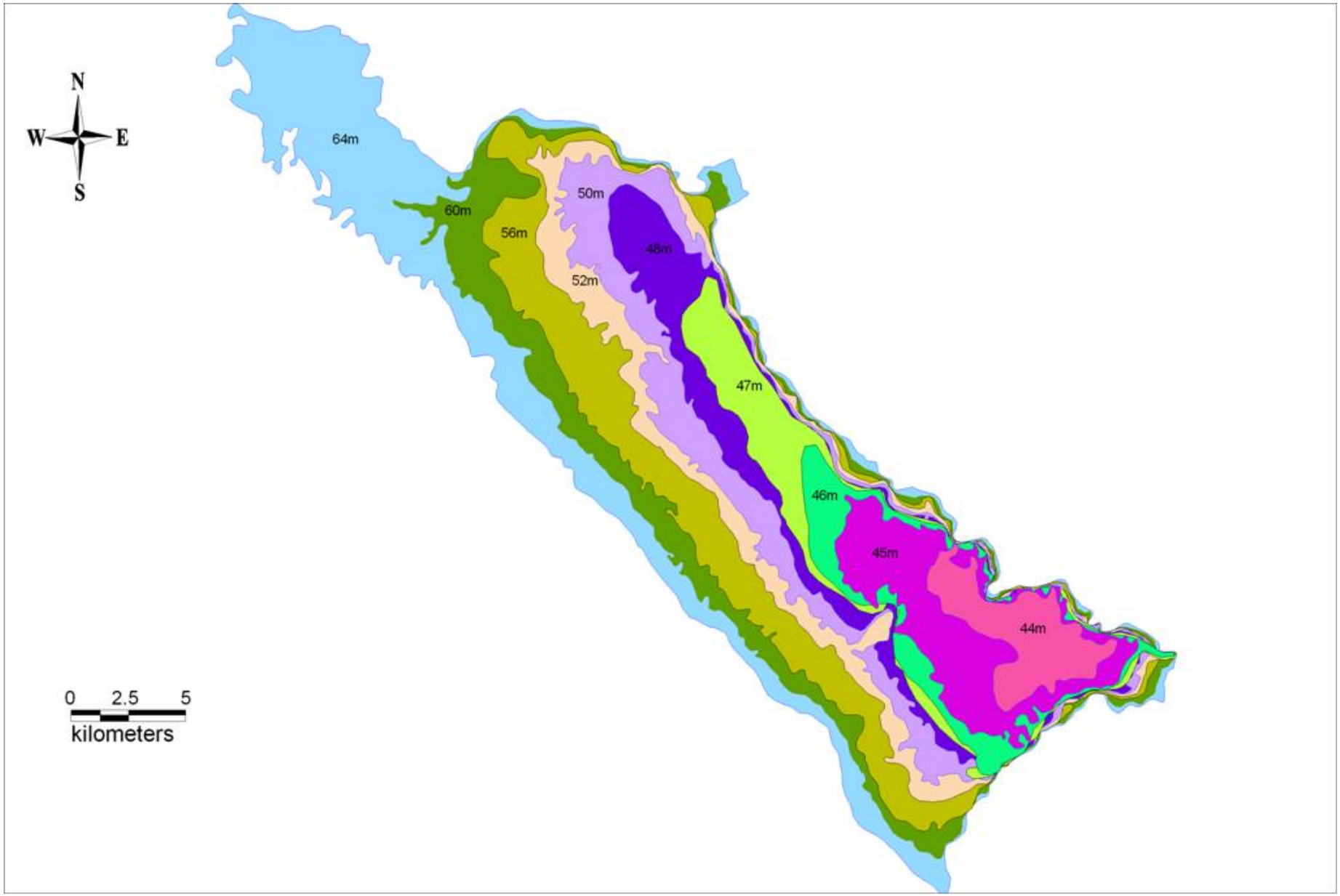
Στη συνέχεια, γίνεται προσπάθεια σύγκρισης αυτών με τα αποτελέσματα που έδωσε το DEM για την εν λόγω περιοχή. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι συνοπτικά η εξής: Με σχετική λειτουργία του προγράμματος Mapinfo 6.0, για κάθε ξεχωριστή τιμή στάθμης, επιλέγονται τα σημεία με μικρότερες τιμές από αυτές του επιθυμητού υψομέτρου. Έτσι για τα διαφορετικά υψόμετρα προκύπτει διαφορετική έκταση της επιφάνειας της τέως λίμνης, και εξαρτάται φυσικά, απόλυτα, από την μορφολογία του αναγλύφου που δίνει το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM).

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί η εξής παρατήρηση: Με βάση το γεγονός ότι στο χαμηλό τμήμα της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης της τέως λίμνης, δεν υπάρχουν περιοχές με μορφολογικά χαρακτηριστικά δελταϊκών προεξοχών και αλλουβιακών ριπιδίων, θεωρούμε ότι στην ευρύτερη περιοχή του χαμηλού τμήματος της λεκάνης, οι συνθήκες ιζηματογένεσης ήταν ομοιόμορφες και οι ρυθμοί της ιζηματογένεσης σχετικά χαμηλοί. Για το λόγο αυτό, στην προσπάθεια που έγινε για την αποτύπωση των διακυμάνσεων της στάθμης με τη χρήση του DEM για τα τελευταία 3.000 χρόνια, δεν αφαιρέθηκε το πάχος της πρόσφατης ιζηματογένεσης, το οποίο έτσι και αλλιώς είναι μικρό (κάτω από τα όρια του σφάλματος του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου). Με αυτό τον τρόπο, προκύψανε οι ακτές όπως φαίνονται παρακάτω (σχήμα 6.4.).

Πιο συγκεκριμένα στο σχήμα 6.4. αναπαρίστανται ενδεικτικά ορισμένες από τις ακτές της λίμνης, και προκύπτουν σύμφωνα με τη σημερινή μορφολογία της λεκάνης. Πρόκειται για τις εξής στάθμες: 44m, 45m, 46m, 47m, 48m 50.10m, 52m, 56m, 60m, και τέλος 64m.

Εντύπωση κάνουν οι μεγάλες διακυμάνσεις στην επιφάνεια, όπως προκύψανε από την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου DEM.

Η δυνατότητα που προσφέρθηκε με τη χρήση του DEM, να αποτυπωθούν οι ακτές τις τέως Κάρλας είναι πολύ σημαντική διότι είναι δυνατή πλέον η συσχέτιση των διεργασιών των ρεμάτων με τις αλλαγές του βασικού επιπέδου, αφού για κάθε αλλαγή της στάθμης, μπορεί να δοθεί σχηματική εικόνα της κατάστασης των ακτών.



Σχήμα 6.4.: Προσεγγιστική αναπαράσταση των ακτών της λίμνης Κάρλας για διάφορες στάθμες όπως προέκυψαν από επεξεργασία των στοιχείων του DEM (SRTM).

Αναλυτικά από τις μετρήσεις σχετικά με τις διακυμάνσεις της στάθμης, από το DEM, προκύψανε τα εξής (πίνακας 6.4)

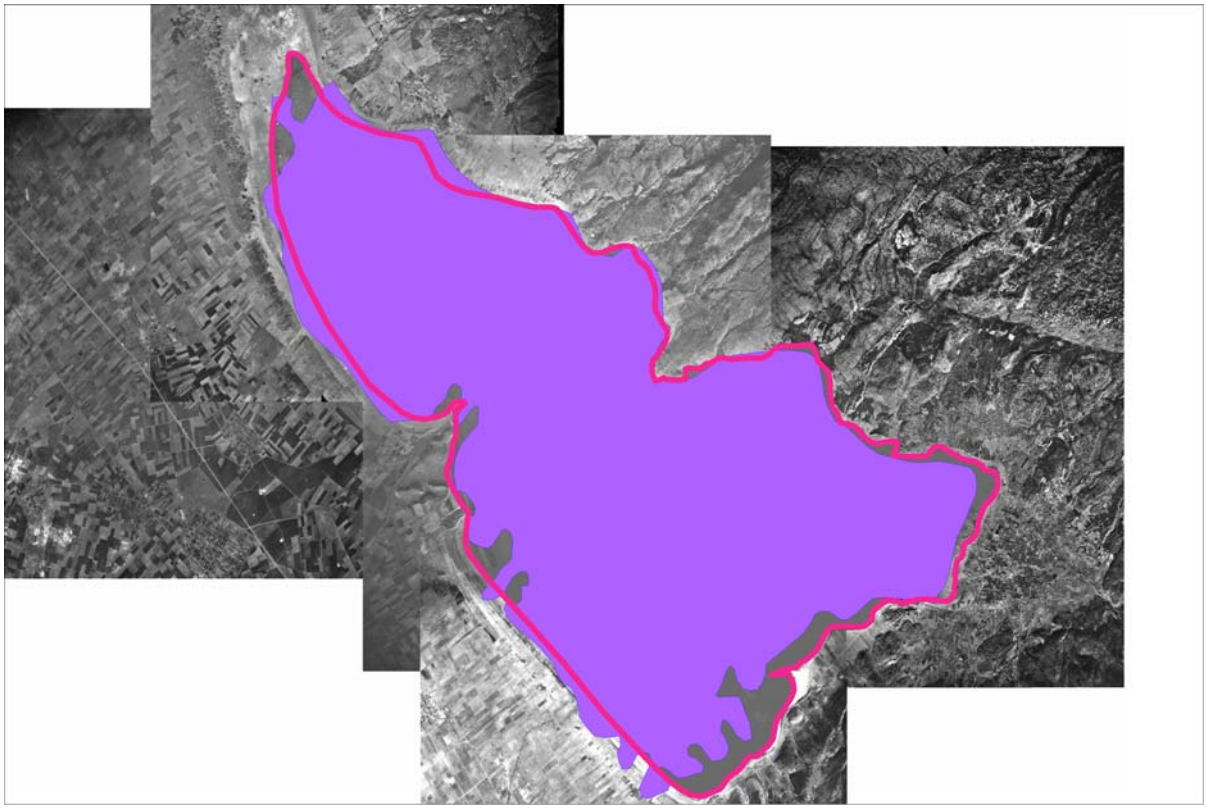
Πίνακας 6.4: Πίνακας τιμών στάθμης – επιφάνειας, για την τέως λίμνη Κάρλα σύμφωνα με τα στοιχεία που προκύψανε από την ανάλυση του DEM.

ΣΤΑΘΜΗ (m)	**ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ($km^{2)}$**
43,80	12,74
44	21,86
45	60,67
45,75	73,04
45,85	76,06
46	81,39
47	108,3
48	140,8
49	164,5
50,10	188,6
51	209,2
52	228,3
53	248,1
54	264,5
55	278,5
56	297,5
57	313,9
58	326,3
59	336,9
60	348,1
61	369,9
62	405,7
63	423,5
64	446,6

Παρατηρείται πως λόγω του ομαλού σχετικά αναγλύφου της λεκάνης που φιλοξενούσε παλαιότερα τη λίμνη Κάρλα, ακόμα και μικρές διακυμάνσεις στη στάθμη είχε σαν αποτέλεσμα μεγάλες αλλαγές στην επιφάνειά της. Χαρακτηριστική είναι η

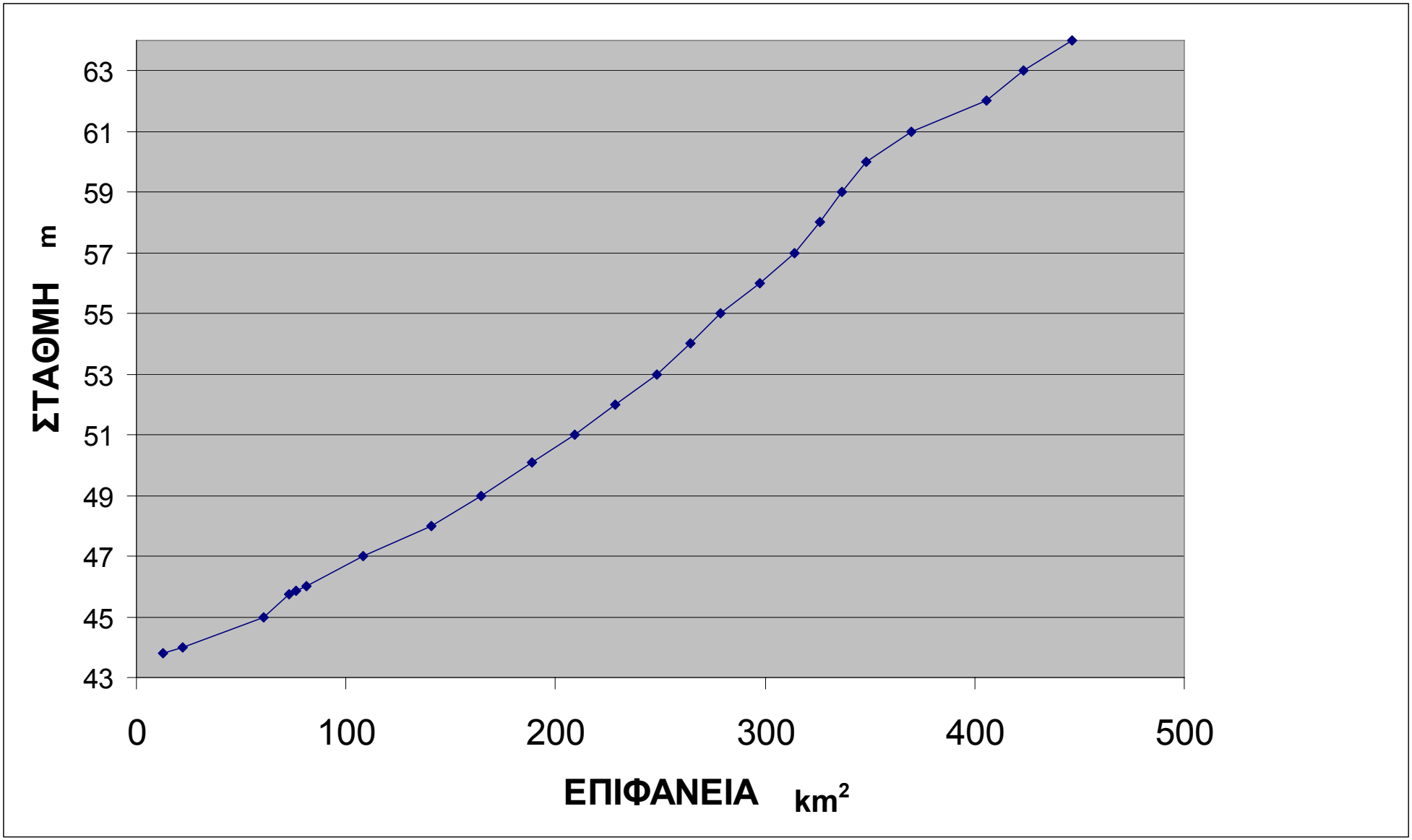
έκταση που είχε η λίμνη κατά τη μέση Νεολιθική περίοδο, έφτανε τα 446,6 km^2 και είναι η μεγαλύτερη έκταση στην ιστορία της Κάρλας.

Μια σημαντική παρατήρηση που προκύπτει από το DEM αφορά στην επιφάνεια της λίμνης για τη στάθμη των 45,85m που είναι 76,06km^2. Η στάθμη αυτή είναι πολύ κοντά στη στάθμη που φαίνεται να είχε η λίμνη λίγο πριν την αποξήρανσή της. Η επιφάνεια της λίμνης όπως μετρήθηκε από την αεροφωτογραφία είναι 78,35 km^2. Η σύγκριση των δύο επιφανειών φαίνεται στο σχήμα 6.5. Η σύγκριση αυτή επιβεβαιώνει την ορθότητα των μετρήσεων της στάθμης με τη βοήθεια του DEM που προέκυψε από το SRTM, αφού το σφάλμα από την σύγκριση των δύο επιφανειών είναι της τάξης 2,92%.



Σχήμα 6.5: Μια συγκριτική απεικόνιση της στάθμης των 45,85m, προερχόμενη από το DEM (SRTM) (επιφάνεια με το μοβ χρώμα), με την στάθμη της λίμνης Κάρλας όπως αποτυπώθηκε από τις αεροφωτογραφίες της ΓΥΣ, του 1945 (κόκκινο περίγραμμα).

Ακολουθεί γραφική παράσταση στάθμης – επιφάνειας (Σχήμα 6.6), που προέκυψε από τα στοιχεία του πίνακα 6.4.

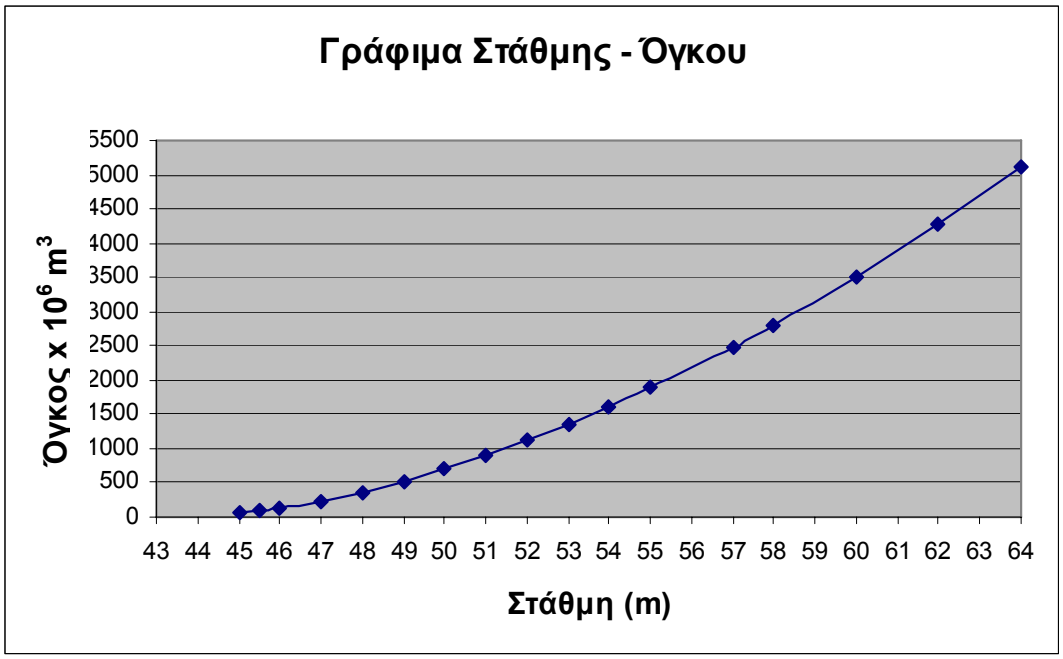


Σχήμα 6.6.: Γράφημα μεταβολής στάθμης - επιφάνειας, για την λίμνη Κάρλα με βάση τα στοιχεία του χαμηλού αναλύφου της λεκάνης της.

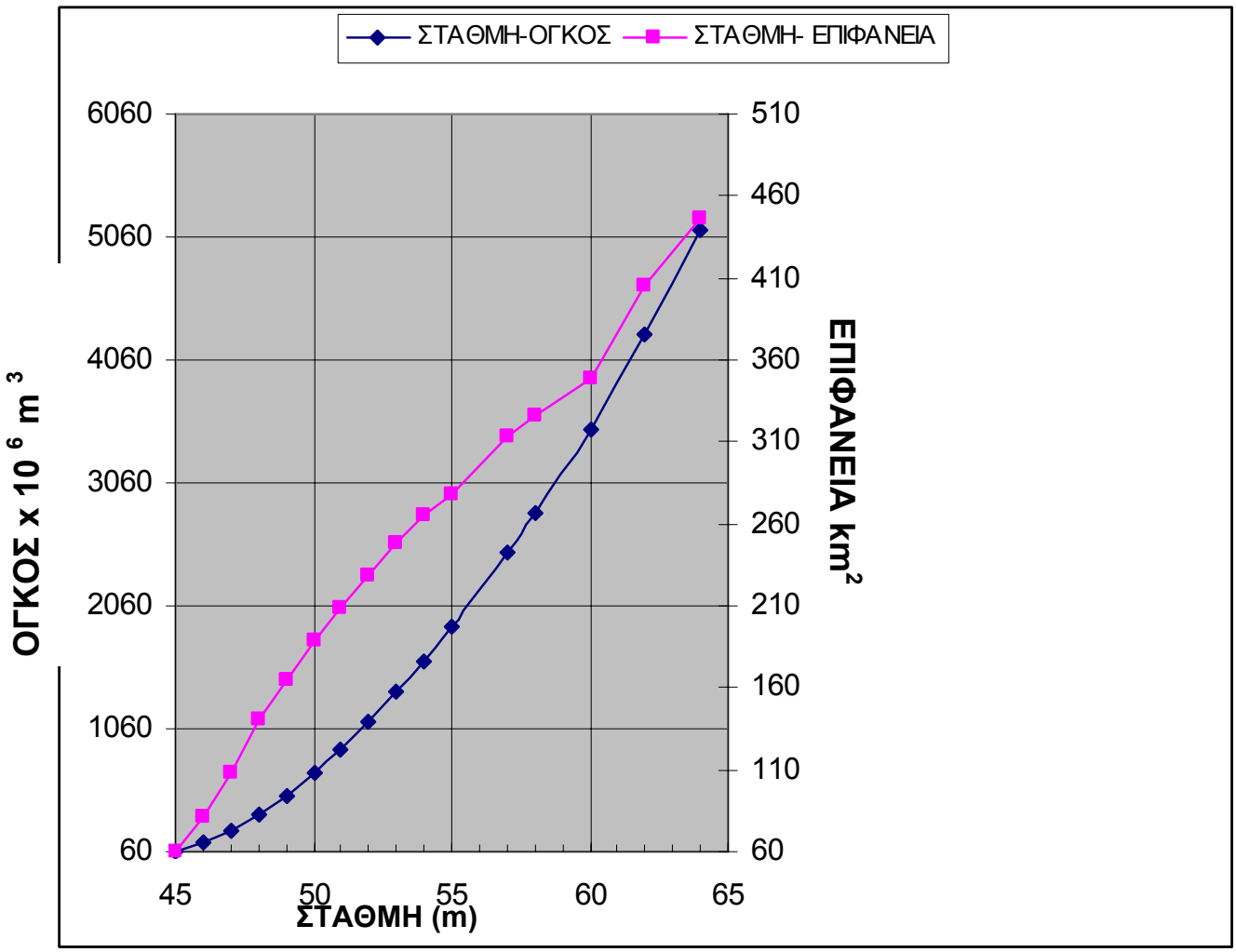
Μετά τη ανάλυση και αποτύπωση των διαφορετικών επιφανειών της τέως λίμνης Κάρλας, έγινε δυνατός ο υπολογισμός του όγκου των νερών για κάθε ξεχωριστή επιφάνεια. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 6.5.: Πίνακας τιμών στάθμης – όγκου, για τις διαφορετικές στάθμης της λίμνης Κάρλας

Στάθμη (m)	**Όγκος x10^6 m^3**
45	61
45.5	93
46	132
47	231
48	359
49	515
50	694
51	895
52	1115
53	1355
54	1613
55	1889
57	2490
58	2813
60	3496
62	4269
64	5125



Σχήμα 6.7.: Γράφημα στάθμης – όγκου νερών, για τις διαφορετικές επιφάνειες της λίμνης Κάρλας



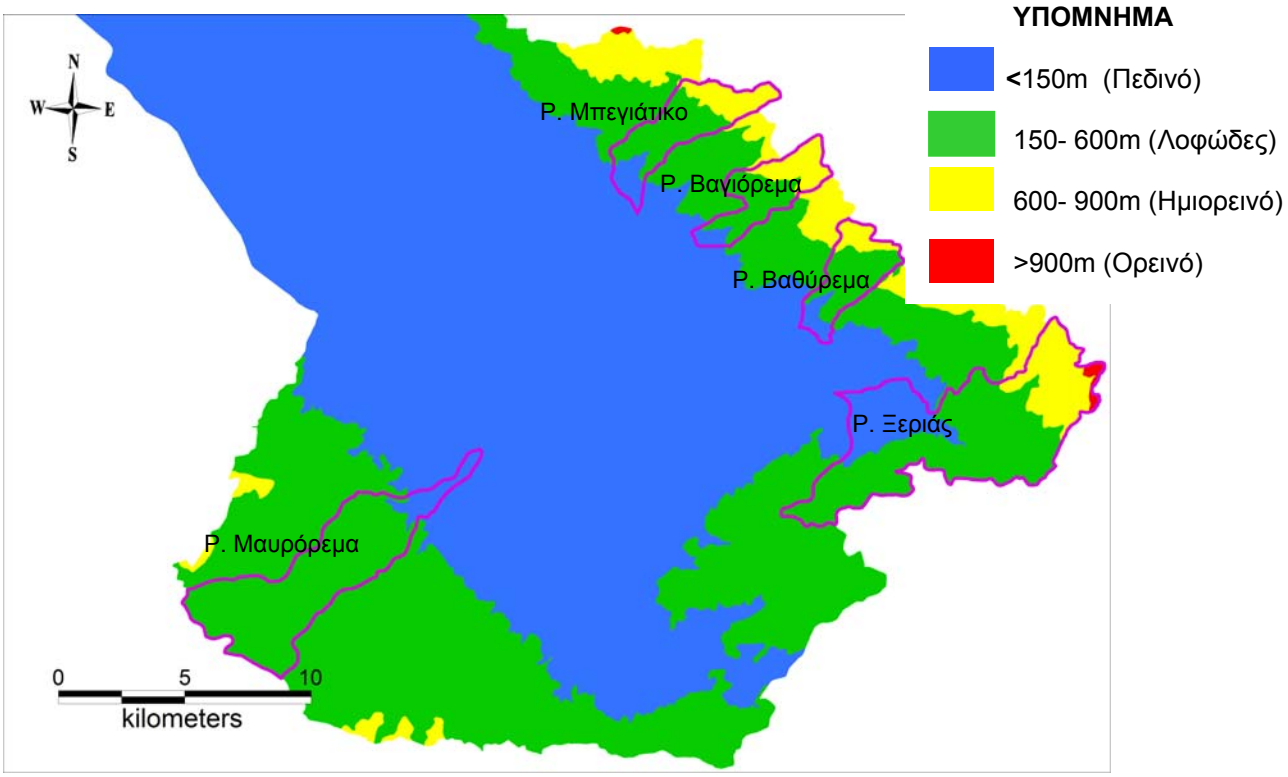
Σχήμα 6.8: Συγκεντρωτικό διάγραμμα όγκου-στάθμης και επιφάνειας- στάθμης. Για κάθε στάθμη απεικονίζονται ο όγκος και η επιφάνεια της λίμνης Κάρλας.

Πίνακας 6.8: Συγκεντρωτικά δεδομένα όγκου – επιφάνειας – στάθμης που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του γραφίματος (Σχήμα 6.8)

Στάθμη (m)	Όγκος x10^6 m^3	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ km^2
45	61	60,67
46	132	81,39
47	231	108,3
48	359	140,8
49	515	164,5
50	694	188,6
51	895	209,2
52	1115	228,3
53	1355	248,1
54	1613	264,5
55	1889	278,5
57	2490	313,9
58	2813	326,3
60	3496	348,1
62	4269	405,7
64	5125	446,6

6.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ*: Το ανάγλυφο των επιμέρους υδρολογικών λεκανών των χειμάρρων που επιλεχτήκαν*

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με το ανάγλυφο των λεκανών των χειμάρρων που επιλέχτηκαν.



Σχήμα 6.9.: Κατανομή υψομετρικού αναγλύφου για τις λεκάνες των ρεμάτων που μελετήθηκαν, κατά Dikau, 1989

Από το σχήμα 6.9. συμπεραίνεται ότι σε όλες τις λεκάνες το υψόμετρο του αναγλύφου στο μεγαλύτερο ποσοστό του δεν ξεπερνά τα 600m. Πιο συγκεκριμένα για το Μαύρο ρέμα το υψόμετρο φτάνει μέχρι τα 600m και μπορεί να χαρακτηριστεί σύμφωνα με την κατανομή Dikau, σε λοφώδες, για το ρέμα Ξεριάς στη ανατολική του πλευρά μόνο το ανάγλυφο ξεπερνά ακόμα και τα 900m. Για τις λεκάνες των υπόλοιπων ρεμάτων παρατηρείται πως για όλες, το υψόμετρο φτάνει τα 900m, όμως το μεγαλύτερο τμήμα τους μπορεί να χαρακτηριστεί λοφώδες. Για τη σωστή όμως υψομετρική ανάλυση των λεκανών των 5 χειμάρρων πρέπει να γίνουν υψομετρικές καμπύλες και να υπολογιστούν τα υψομετρικά ολοκληρώματα.

6.3.1 Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα

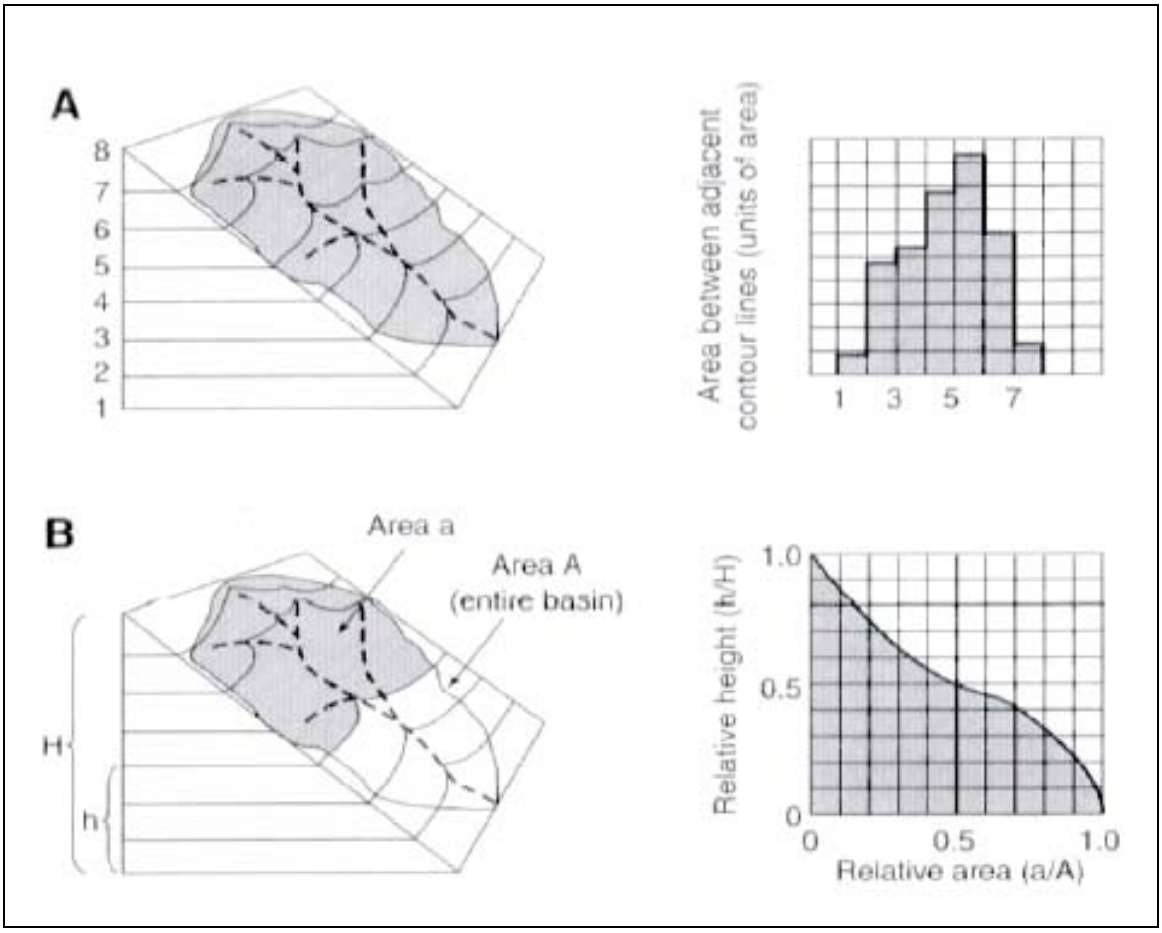
Σε μια υδρολογική λεκάνη, η κατανομή των υψομέτρων μπορεί να εκφραστεί από την υψομετρική καμπύλη. Για την κατασκευή της απαιτείται ο υπολογισμός του σχετικού υψομέτρου $\frac{h}{H}$ και του σχετικού εμβαδού $\frac{a}{A}$. Σε μια συγκεκριμένη λεκάνη, το H αποτελεί το τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης (διαφορά υψηλότερου σημείου της λεκάνης από το χαμηλότερο σημείο της) και το h, είναι το ύψος της βάσης κάθε τμήματος από τη βάση της λεκάνης. Το *A,* είναι το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης και το *α,* είναι το εμβαδόν της επιφάνειας που βρίσκεται από το υψόμετρο *h* μέχρι το ανώτερο σημείο της λεκάνης. (σχήμα 6.10). Οι τιμές για τον λόγο $\frac{a}{A}$, κυμαίνονται από 1, που αντιστοιχεί στο στόμιο της λεκάνης (όπου η τιμή για τον λόγο $\frac{h}{H}$ είναι ίση με μηδέν), έως 0.0, στο ψηλότερο σημείο της λεκάνης, όπου αντίστοιχα η τιμή του λόγου $\frac{h}{H}$ είναι ίση με τη μονάδα (Keller & Pinter, 2002).(σχήμα 6.10.)

Η υψομετρική καμπύλη, προκύπτει από την τοποθέτηση των τιμών των δύο λόγων, $\frac{h}{H}$ και $\frac{a}{A}$, είναι σύστημα συντεταγμένων όπως φαίνεται στο σχήμα 10, οπότε ενωμένες οι τιμές δίνουν την υψομετρική καμπύλη της λεκάνης απορροής. Είναι ανεξάρτητη από την κλίμακα του χάρτη, του μεγέθους και του αναγλύφου των λεκανών και για το λόγο αυτό βοηθάει σε συγκριτικές παρατηρήσεις.

Ο χαρακτηρισμός μιας υψομετρικής καμπύλης, γίνεται μέσο του υπολογισμού του υψομετρικού ολοκληρώματος, το οποίο εκφράζει το εμβαδόν που βρίσκεται κάτω από την υψομετρική καμπύλη. Η σχέση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος είναι η εξής (Keller& Pinter, 2002):

$$Hi = \frac{\bar{h} - h\min}{h\max - h\min}$$

όπου $\bar{h}$: είναι το μέσο υψόμετρο της λεκάνης
$h\min$: είναι το ελάχιστο υψόμετρο της λεκάνης
$h\max$: είναι το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης



Σχήμα 6.10 :Υπολογισμός υψομετρικής καμπύλης. (Keller & Pinter, 2002).

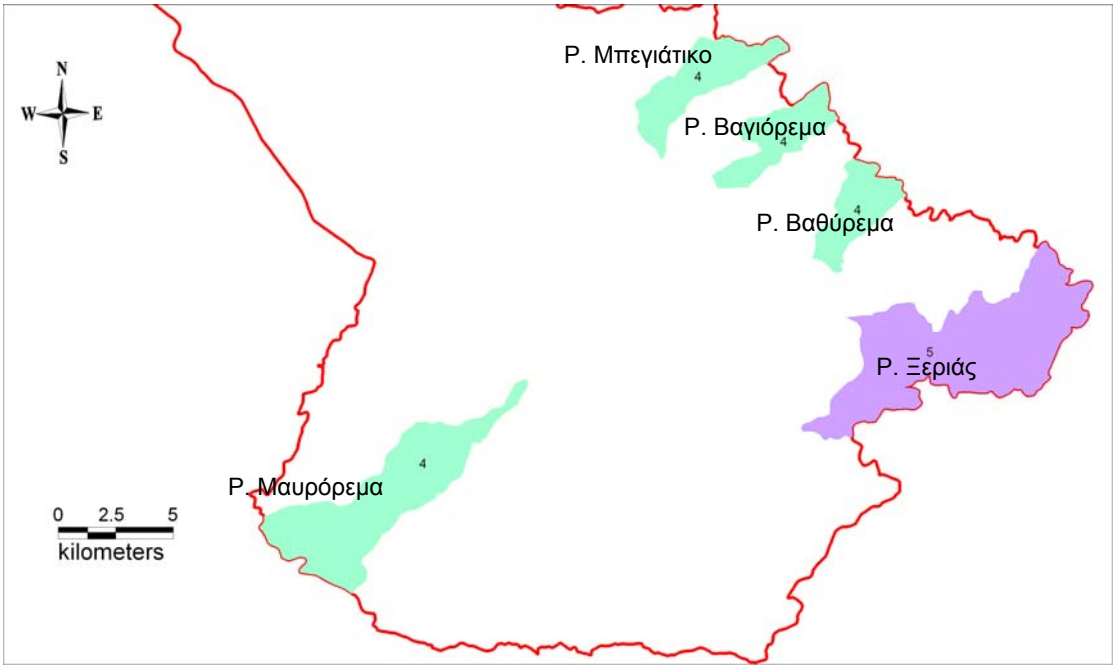
Οι τιμές για τα ελάχιστα υψόμετρα, υπολογίστηκαν από τον τοπογραφικό χάρτη και αντιστοιχούν στην κορυφή (apex) του ριπιδίου για την κάθε λεκάνη. Οι τιμές του μέσου υψομέτρου υπολογίζονται είτε από τον μέσο όρο 50 στατιστικά τυχαίων σημείων μέσα στη λεκάνη, ή ως η μέση τιμή όλων των υψομέτρων της λεκάνης με τη χρήση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου. Ο υπολογισμός του μέσου υψομέτρου στην συγκεκριμένη διατριβή, υπολογίστηκε με τη χρήση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου.

Η μορφή της υψομετρικής καμπύλης σε συνδυασμό με την τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος, σύμφωνα με τον Strahler (1952, 1957, 1964, από Αστάρα 1980), παρέχουν στοιχεία για το στάδιο της απογύμνωσης της κάθε λεκάνης απορροής. Πιο συγκεκριμένα υψηλή τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος, χαρακτηρίζει περιοχές που βρίσκονται στο στάδιο νεότητας, με ένα τραχύ ανάγλυφο, ενώ κυριαρχούν απότομες και βαθιές κοιλάδες σχήματος V. Ενδίαμεσης μορφής υψομετρικές καμπύλες, φανερώνουν ένα ώριμο στάδιο εξέλιξης της κοιλάδας και μια γενικότερη ισορροπία των γεωμορφολογικών διεργασιών. Τέλος η παρουσία πλατώματος, σε συνδυασμό με χαμηλές τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος δείχνουν πως η περιοχή βρίσκεται στο στάδιο του γήρατος, χαρακτηρίζεται από τεκτονική αδράνεια ενώ κυριαρχούν οι πεπλατυσμένες κοιλάδες.

Οι τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος που φανερώνουν τη μετάβαση από το ένα στάδιο στο άλλο είναι οι εξής:

Για τη μετάβαση από το στάδιο νεότητας στο στάδιο ωριμότητας η τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος, είναι περίπου 60%, ενώ η μετάβαση από το στάδιο ωριμότητας στο στάδιο γήρατος, ανταποκρίνεται στην τιμή 35% του υψομετρικού ολοκληρώματος (Strahler 1952, 1957, 1964, από Αστάρα 1980).

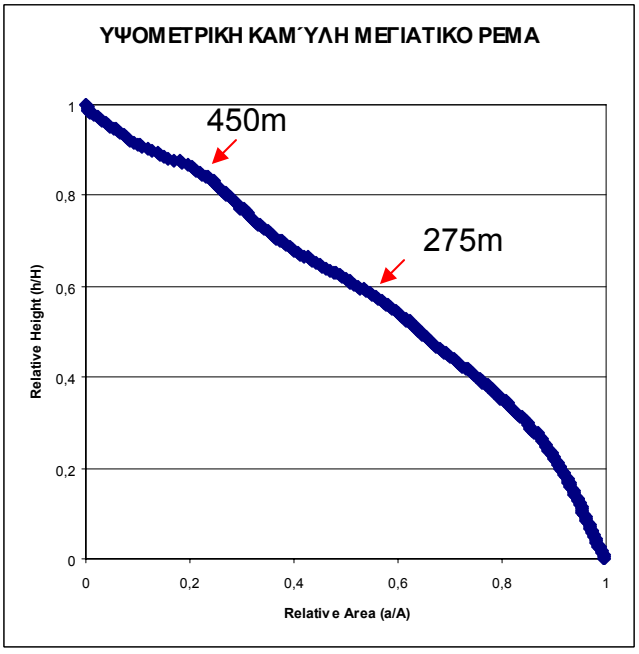
Με βάση όλα αναφέρθηκαν παραπάνω για το υψομετρικό ολοκλήρωμα και την υψομετρική καμπύλη υπολογίστηκαν τα υψομετρικά ολοκληρώματα – καμπύλες για τα 5 επιλεγμένα ρέματα και τις λεκάνες απορροής τους. (Σχήμα 6.11)



Σχήμα 6.11: Λεκάνες των 5 ρεμάτων για τα οποία κατασκευάστηκε υψομετρική καμπύλη.

Αρχικά για το ρέμα Μπεγιάτικο ο υπολογισμός του υψομετρικού ολοκληρώματος, από τη σχέση $Hi = \frac{\bar{h} - h\min}{h\max - h\min}$, έδωσε ποσοστό % του Hi ίσο με 59,38 (πίνακας 6.9), στοιχείο που φανερώνει πως από εξελικτικής άποψης η λεκάνη του ρέματος Μπεγιάτικο, βρίσκεται στο όριο του σταδίου νεότητας με το στάδιο ωριμότητας.

Στη συνέχεια από την κατασκευή της υψομετρικής καμπύλης (σχήμα 6.12) παρατηρήθηκαν τα εξής: Σε υψόμετρο 450m, που όπως φαίνεται από την υψομετρική καμπύλη, παρατηρείται διαφοροποίησή της, αιτία είναι η πολύ έντονη η δράση της τεκτονικής. Από μελέτη του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο Αγιάς – Παναγιά Αγιάς, στο υψόμετρο των 450m παρατηρήθηκαν ρήγματα, κάθετα στον άξονα της λεκάνης. Σε υψόμετρο 275m, η καμπή που παρατηρήθηκε στην καμπύλη, οφείλεται σε στην γεωλογία της περιοχής και πιο συγκεκριμένα στην αλλαγή σχηματισμών.



Σχήμα 6.12: Υψομετρική καμπύλη του ρέματος Μπεγιάτικο

Πίνακας 6.9: Πίνακας τιμών για τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος Hi του ρέματος Μπεγιάτικο.

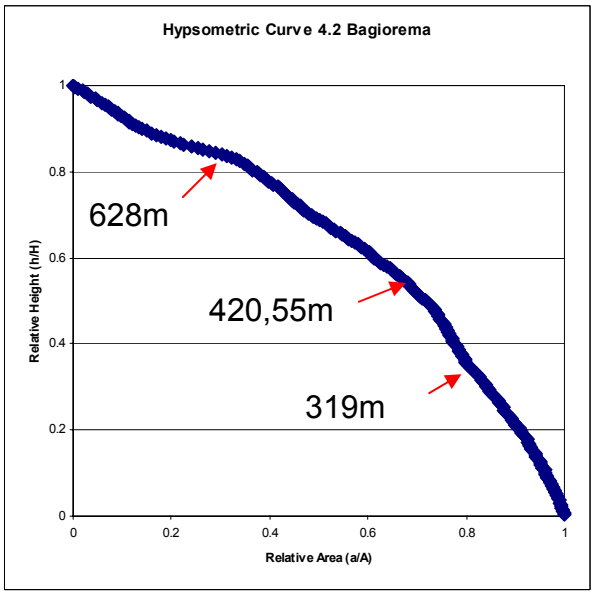
ΛΕΚΑΝΗ	$\bar{h}$	$h\max$	$h\min$	Hi	Hi %
ΜΠΕΓΙΑΤΙΚΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ	509,72	808,07	73,43	0,59	59,39

Για το ρέμα Βαγιόρεμα, ο υπολογισμός του υψομετρικού ολοκληρώματος, έδειξε ότι η λεκάνη βρίσκεται στο στάδιο της νεότητας, με τιμή του Hi % ίση με 63,417% > του 60% (πίνακας 6.10).

Πίνακας 6.10: Πίνακας τιμών για τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος του ρέματος Βαγιόρεμα.

ΛΕΚΑΝΗ	$\overline{h}$	$h\max$	$h\min$	Hi	Hi %
ΒΑΓΙΟΡΕΜΑ	505,62	748,20	85,12	0,63	63,42

Από την κατασκευή της υψομετρικής καμπύλης, προκύψανε τα εξής συμπεράσματα: Το υψόμετρο 628m, όπου παρατηρείται σημείο καμπής στην καμπύλη, είναι το υψόμετρο μέχρι το οποίο φτάνει η διάβρωση των ρεμάτων της λεκάνης. Έπειτα για το υψόμετρο των 420m, η διαφοροποίηση της καμπύλης οφείλεται στην τεκτονική δράση στην περιοχή και συγκεκριμένα σε σημεία απότομης αλλαγής της κοίτης (knick point) που βρίσκεται μεταξύ ρηγμάτων, μέσα σε ένα ομοιογενές υπόβαθρο (Μάρμαρα του Ιουρασικού). Αυτό συνεχίζεται μέχρι τα 319m, όπου επίσης είναι έντονη η δράση της τεκτονικής.



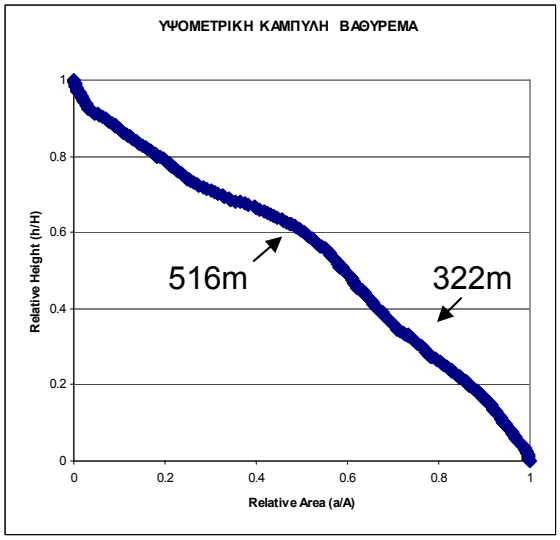
Σχήμα 6.13: Υψομετρική καμπύλη του ρέματος Βαγιόρεμα

Στο ρέμα Βαθύρεμα, ο υπολογισμός του υψομετρικού ολοκληρώματος έδειξε ότι η λεκάνη απορροής βρίσκεται σε στάδιο ωριμότητας, με τιμή του Hi % ίση με 54,212% (πίνακας 6.11).

Πίνακας 6.11: Πίνακας τιμών για τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος του ρέματος Βαθύρεμα.

ΛΕΚΑΝΗ	$\overline{h}$	$h\max$	$h\min$	Hi	Hi %
ΒΑΘΥΡΕΜΑ	462,39	780,57	85,65	0,54	54,212

Από την επεξεργασία της υψομετρικής καμπύλης (σχήμα 6.14) και συσχέτισή της με τα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη, φύλλο Αγιάς – Παναγιά Αγιάς, προκύψανε τα εξής: Τα σημεία απότομης αλλαγής της κοίτης (knick point) που παρατηρήθηκαν σε υψόμετρο 516m και 322m, σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη, οφείλονται στη δράση έντονης τεκτονικής (ρήγματα) στην περιοχή.



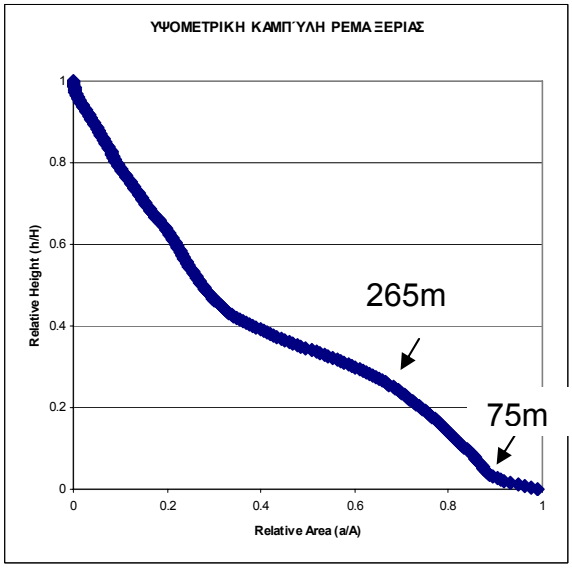
Σχήμα 6.14: Υψομετρική καμπύλη για την λεκάνη του ρέματος Βαθύρεμα

Επόμενο ρέμα του οποίου υπολογίστηκε η υψομετρική καμπύλη και το υψομετρικό ολοκλήρωμα, είναι ο Ξεριάς. Η τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος, έδειξε ότι η λεκάνη απορροής του βρίσκεται σε στάδιο προχωρημένης νεότητας, με τιμή 38,19% (πίνακας 6.12).

Πίνακας 6.12: Πίνακας τιμών για τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος του ρέματος Ξεριάς.

ΛΕΚΑΝΗ	$\bar{h}$	$h\max$	$h\min$	Hi	Hi %
ΞΕΡΙΑΣ	393.35	953.82	46.94	0.382	38.19

Στη συνέχεια κατασκευάστηκε η υψομετρική καμπύλη για το ρέμα Ξεριάς, από την οποία και με την συμβολή του γεωλογικού χάρτη, φύλλο Βόλος, παρατηρήθηκαν τα εξής: Το σημείο απότομης αλλαγής της κοίτης (knick point) στο υψόμετρο 265m, οφείλεται στη γεωλογία και συγκεκριμένα στο γεωλογικό όριο των γνεύσιων με τους σχιστόλιθους του προανωκρητιδικού καλύμματος. Επίσης από το υψόμετρο των 75m και κάτω, η διαφοροποίηση της υψομετρικής καμπύλης, οφείλεται στις αλλουβιακές αποθέσεις στην λεκάνη του ρέματος.



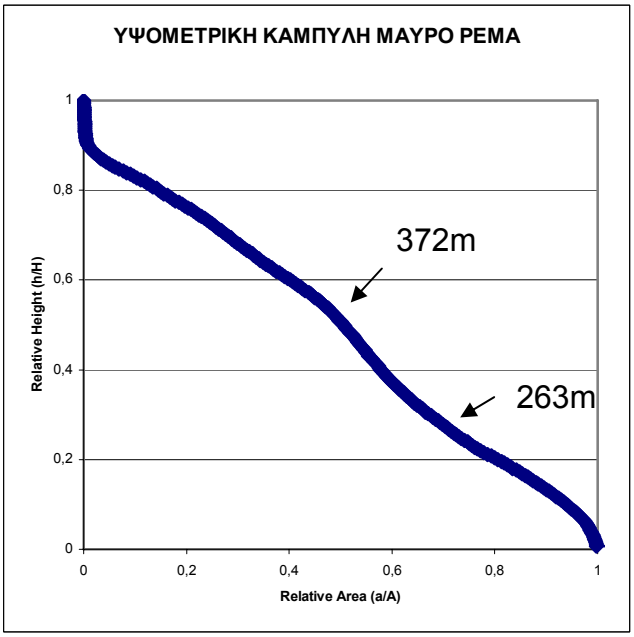
Σχήμα 6.15: Υψομετρική καμπύλη για την λεκάνη του ρέματος Ξεριάς

Τέλος υπολογίστηκε το υψομετρικό ολοκλήρωμα και κατασκευάστηκε η υψομετρική καμπύλη για το ρέμα Μαυρόρεμα. Από την τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος προέκυψε πως η λεκάνη απορροής του ρέματος Μαυρόρεμα βρίσκεται σε στάδιο ωριμότητας, με τιμή 48,58% (πίνακας 6.13).

Πίνακας 6.13: Πίνακας τιμών για τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος του ρέματος Μαυρόρεμα.

ΛΕΚΑΝΗ	$\overline{h}$	$h\max$	$h\min$	Hi	Hi %
ΜΑΥΡΟΡΕΜΑ	335,67	561,58	122,24	0.48	48,58

Στη συνέχεια από την κατασκευή της υψομετρικής καμπύλης και συσχέτισή της με τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο Βελεστίνο, προκύψανε τα εξής: Το σημείο καμπής στην καμπύλη, για το υψόμετρο 372m, οφείλεται στη γεωλογία και συγκεκριμένα αντανακλά το γεωλογικό όριο Νεογενών σχηματισμών με το φλύσχη. Το ίδιο συμβαίνει και στο υψόμετρο 263m, όπου υπάρχει το γεωλογικό όριο Νεογενών με τους Πλειστοκαινικούς σχηματισμούς της περιοχής (σχήμα 6.16).



Σχήμα 6.16: Υψομετρική καμπύλη για την λεκάνη του ρέματος Ξεριάς

7. ΠΟΤΑΜΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, σκοπός της παρούσας διατριβής είναι ο προσδιορισμός των αλλαγών στις διεργασίες που έλαβαν χωρά στις κοίτες των ρεμάτων. Οι αλλαγές αυτές σχετίζονται με τις αλλαγές στο τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής, που διαδραματίστηκαν με την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας.

Για τον προσδιορισμό των αλλαγών αυτών, πραγματοποιήθηκε υπαίθρια έρευνα. Κατά την περιήγησή μας στο ύπαιθρο, μελετήθηκαν οι κοίτες και των εξής 5 ρεμάτων: **Ρ. Μπεγιάτικο**, **Ρ. Βαγιόρεμα**, **Ρ. Βαθύρεμα**, **Ρ. Ξεριάς** και **Ρ. Μαυρόρεμα**. Η επιλογή των 5 αυτών ρεμάτων έγινε σύμφωνα με τα εξής κριτήρια:

α. Επιλέχτηκαν τα ρέματα εκείνα που καταλήγουν στην περιοχή που φιλοξενούσε την λίμνη Κάρλα, τα οποία επηρεάζονται άμεσα από τις αλλαγές στο τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής μετά την αποξήρανση της λίμνης.

β. Κατά την περιήγηση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης, κάποια ρέματα αποκλείστηκαν λόγω των ανθρωπογενών επεμβάσεων στην κοίτη τους, όπως για παράδειγμα το ρέμα Κληματόρεμα, που βρίσκεται στα νότια της περιοχής μελέτης, και η δράση του επηρεάστηκε σημαντικά από συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος που έχει αναπτυχθεί στη γειτονική περιοχή.

γ. Τέλος κάποια ρέματα αποκλείστηκαν λόγω της μικρής ανάπτυξής τους και κατά συνέπεια μικρής υδρολογικής τους λεκάνης, οπότε και οι οποιεσδήποτε μεταβολές δεν ήταν μετρήσιμες.

Το τμήμα της κοίτης τους, που επικεντρώθηκε η έρευνα είναι από την επαφή των αλλουβιακών ριπιδίων τους με το υπόβαθρο, προς τα κατάντη και μέχρι το σημείο της εκβολής του κάθε ρέματος. Η έρευνα εστιάστηκε σε αυτό το κομμάτι γιατί οι αλλαγές στο βασικό επίπεδο της περιοχής από την πτώση της στάθμης στη λίμνη είναι μόλις μερικά μέτρα, αφού επρόκειτο για μια λίμνη με μέση στάθμη 5m. Αυτό σε συνδυασμό με το ότι οι αλλαγές αυτές πραγματοποιήθηκαν σχετικά πρόσφατα (1962), έστρεψαν την προσοχή της έρευνας στο κομμάτι του αλλουβιακού ριπιδίου των χειμάρρων που είναι πιο κοντά στην λίμνη και επηρεάζεται άμεσα από τις αλλαγές. Έτσι αναζητήθηκαν τα γνωστά σημεία απότομης αλλαγής της κοίτης (knick point), κατά μήκος της κοίτης τα οποία συνδέονται άμεσα με αλλαγές στο βασικό επίπεδο.

Στην τελική διαμόρφωση των κοιτών των χειμάρρων σημαντικός παράγοντας υπήρξε και το ύψος βροχής στην ευρύτερη περιοχή. Επρόκειτο όμως γενικά για ρέματα εποχιακής δράσης και όχι αρκετής για να διαμορφωθεί η κοίτη με βάση το νέο τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής. Τα έντονα όμως καιρικά φαινόμενα στις 9/10/2006 με τις έντονες βροχοπτώσεις (καταγράφηκε 230mm ύψος βροχής σε ένα δωδεκάωρο), δραστηριοποίησαν τα ρέματα της περιοχής,

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

βοηθώντας έτσι σημαντικά στην καταγραφή στοιχείων που συνηγορούσαν στις διαθρωτικές τους διεργασίες.

Οι παράμετροι που μετρήθηκαν στην υπαίθρια έρευνα, αφορούν στην μορφολογία της κοίτης των ρεμάτων. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκε το πλάτος και βάθος της κοίτης, και καταγράφηκαν τα επεισόδια διάβρωσης. Έπειτα δημιουργήθηκε ένα μορφολογικό προφίλ κατά μήκος της κοίτης κάθε ρέματος και τοποθετήθηκαν οι μετρήσεις της διάβρωσης, προκειμένου να αναπαρασταθεί το νέο προφίλ ισορροπίας των ρεμάτων. Υπολογίστηκαν οι κλίσεις των ρεμάτων από τα αντίστοιχα μορφολογικά προφίλ.

Σκοπός της διαδικασίας αυτής υπήρξε ο συσχετισμός των διαβρωτικών διαδικασιών περιφερειακά της τέως λίμνης, με τις αυξομειώσεις στην στάθμη της και πολύ περισσότερο με το γεγονός της αποξήρανσή της. Τα αποτελέσματα της υπαίθριας έρευνας για τα 5 ρέματα, παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά.

7.1 Μπεγιάτικο ρέμα

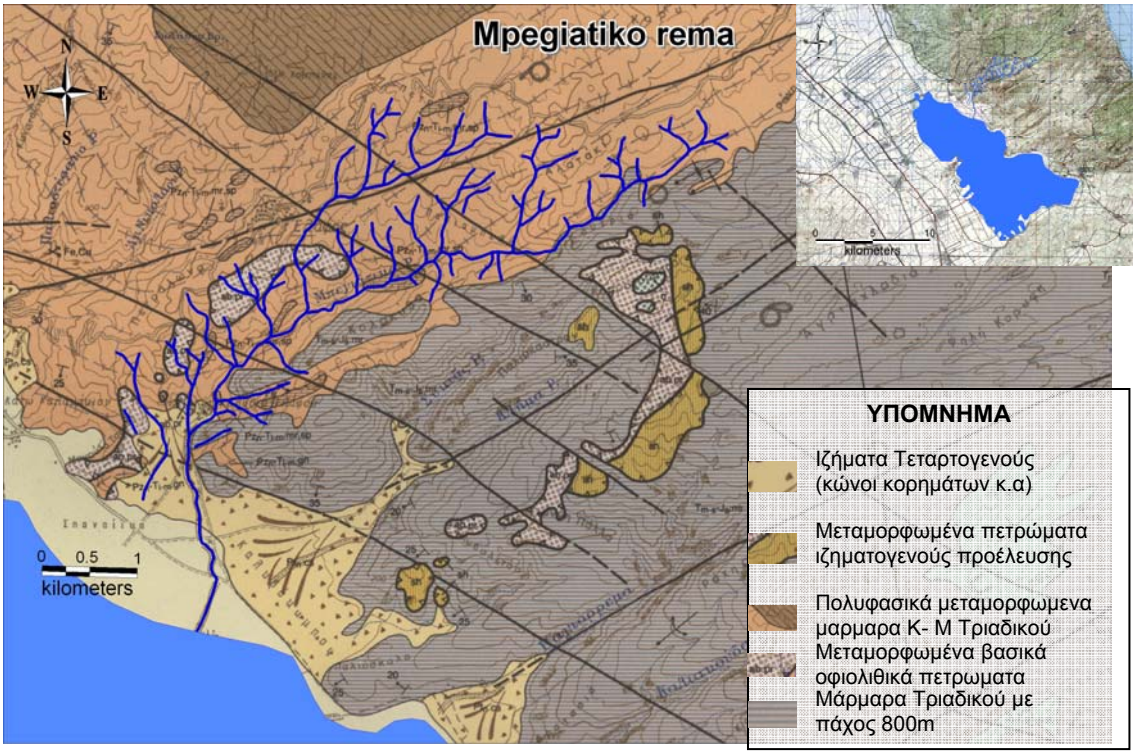
Πρόκειται για το ρέμα που βρίσκεται ανατολικά της περιοχής μελέτης κοντά στο χωριό Καλαμάκι. Η ακριβής θέση του ρέματος, όπως εντοπίστηκε σε επαρχιακό δρόμο της περιοχής, είναι **E022^{o} 46΄ 26,4΄΄, N39^{o} 32΄ 42,72΄΄**.

Χαρακτηριστικά Μπεγιάτικου ρέματος.

Το ρέμα Μπεγιάτικο έχει αναπτυχθεί σε σχηματισμούς της Πελαγονικής Ζώνης. Πιο συγκεκριμένα το μεγαλύτερο τμήμα της κοίτης του περνάει από ένα σύστημα πολυφασικών, μεταμορφωμένων πετρωμάτων όπου κυριαρχούν πετρώματα του Αν Παλαιωζωϊκού, κάτω – μέσο Τριαδικού. Πρόκειται για υπόβαθρο με ενστρώσεις γνευσιοσχιστολίθων. Επίσης ένα τμήμα του ρέματος αναπτύχθηκε σε μάρμαρα του Μέσου – Ανώτερου Τριαδικού – Ανώτερου Ιουρασικό. Πρόκειται για μάρμαρα που το πάχος τους κατά θέσεις υπερβαίνει τα 800m.

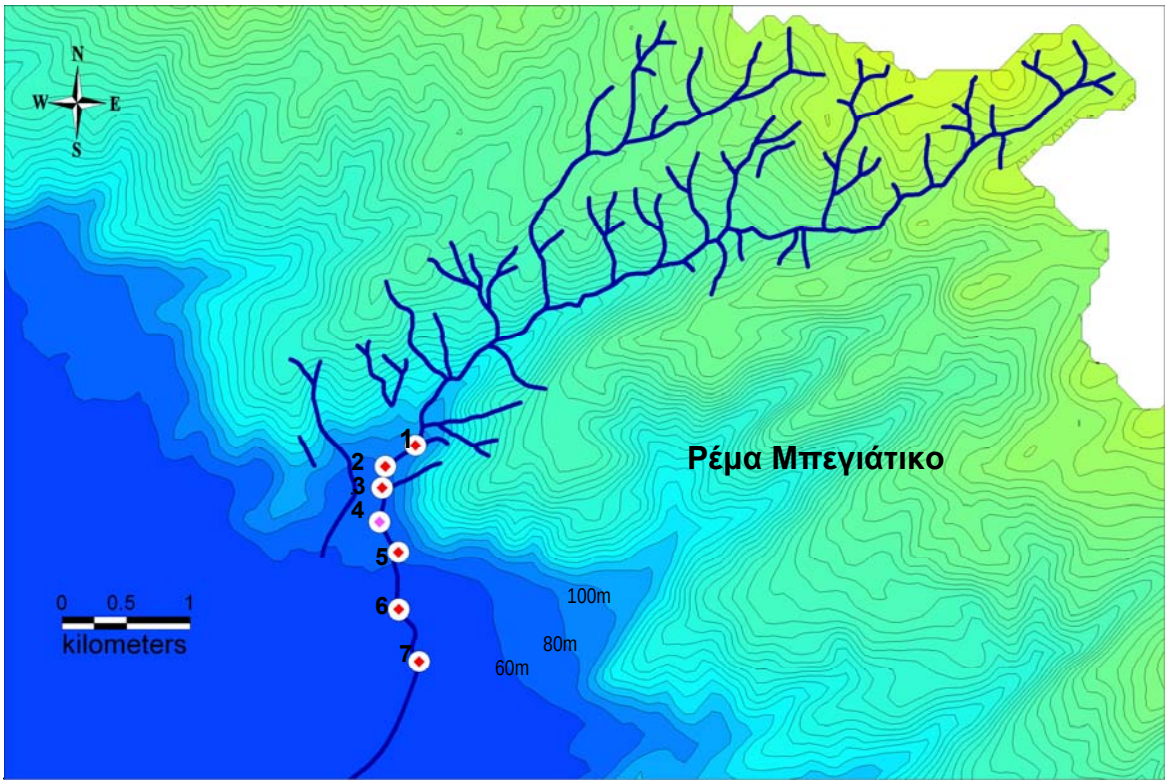
Στην κάτω ρου του ρέματος αναπτύσσονται ιζήματα του Τεταρτογενούς. Πρόκειται αρχικά για παλαιούς κώνους κορημάτων ηλικίας Αν. Πλειστοκαίνου, που συνίστανται από αδρομερή υλικά με κροκαλολατύπες ποικίλου μεγέθους. Στη συνέχεια αναπτύσσονται πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις, που η σύστασή τους είναι ανοικτότεφρα ασύνδετα υλικά από αργίλους άμμους και κροκαλολατύπες που αποτέθηκαν στη λεκάνη της Κάρλας. Στις παρυφές της λεκάνης τα υλικά είναι περισσότερο αδρομερή ενώ προς το κέντρο γίνονται βαθμιαία λεπτομερέστερα. (Σχήμα 7.1.1)

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Σχήμα 7.1.1: Γεωλογικός χάρτης που φαίνονται οι σχηματισμοί πάνω στους οποίους αναπτύσσεται το ρέμα Μπεγιάτικο (τμήμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο Αγιάς)

Το μήκος του κεντρικού κλάδου του ρέματος 4^{ης} τάξης είναι 9,617km, ενώ το εμβαδό της λεκάνης απορροής του είναι 11,97km^2.



Σχήμα 7.1.2: Θέσεις που μελετήθηκαν οι διεργασίες της κοίτης του ρέματος Μπεγιάτικο.

Στο σχήμα 7.1.2 αποτυπώνονται όλες οι θέσεις από τις οποίες πάρθηκαν μετρήσεις κατά την περιήγηση που πραγματοποιήθηκε στο ύπαιθρο. Βάση αυτών των θέσεων και με την βοήθεια του DEM, πραγματοποιήθηκε και μορφολογικό προφίλ για την κοίτη του ρέματος (σχήμα 7.1.3). Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν σε κάθε θέση.

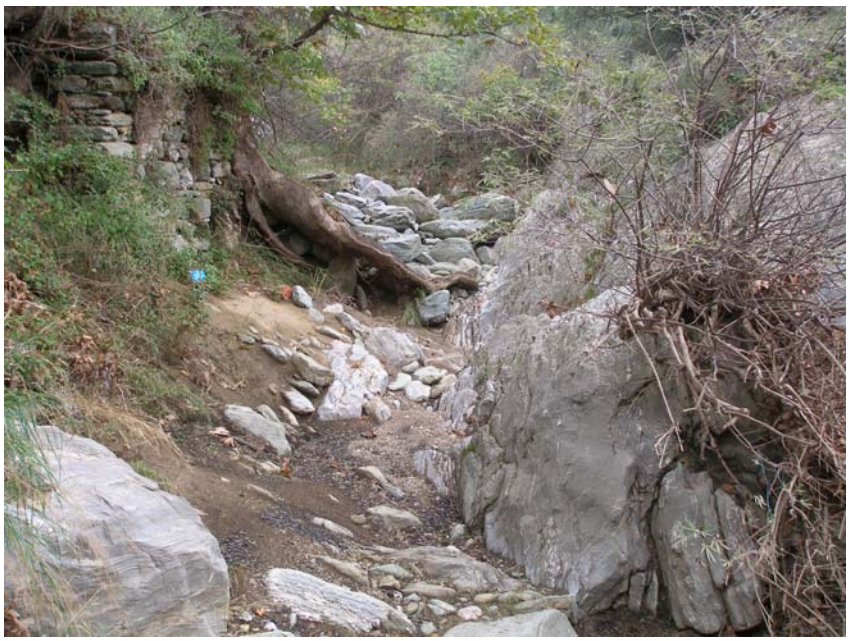
Η θέση της επαφής του αλλουβιακού ριπιδίου με το υπόβαθρο είναι **E022°46΄25,536΄΄**, **N39°33΄26,61΄΄**. Αυτή είναι και η θέση από όπου ξεκίνησε η μελέτη στην κοίτη του συγκεκριμένου ρέματος. Το κομμάτι αυτό της κοίτης έχει μήκος 2.126km.

Η **θέση (1)** από όπου ξεκίνησε η υπαίθρια έρευνα για το Μπεγιάτικο ρέμα φαίνεται στην εικόνα (εικόνα 7.1.2) που ακολουθεί. Οι συντεταγμένες της θέσης είναι E022°46΄25,536΄΄, N39°33΄26,6112΄΄ Στη θέση αυτή, απεικονίζεται η κοίτη στο υπόβαθρο, ενώ δεν παρατηρείται κατά βάθος διάβρωση.

Εικόνα 7.1.1: Κοίτη του ρέματος Μπεγιάτικου (θέση 1), πυθμένας της κοίτης στο υπόβαθρο

Όπως φαίνεται στην εικόνα 7.1.1., η κοίτη είναι σχεδόν επίπεδη, δεν υπάρχει διάβρωση, ενώ η εμφάνιση του υποβάθρου είναι ξεκάθαρη. Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 90,653m.

Λίγα μέτρα πιο κάτω, περίπου 250m, στη **θέση 2**, εντοπίστηκε το σημείο επαφής του υποβάθρου με το αλλουβιακό ριπίδιο. Η κατά βάθος διάβρωση στη θέση αυτή μετρήθηκε γύρω στα 2m (εικόνα 7.1.2.)



Εικόνα 7.1.2. Κοίτη του ρέματος Μπεγιάτικου, Θέση 2 επαφής υποβάθρου – αλλουβιακού ριπιδίου

Προχωρώντας και σε απόσταση 180m ο εγκιβωτισμός της κοίτης αυξήθηκε σημαντικά. (εικόνα 7.1.3.)

Εικόνα 7.1.3.: Κοίτη του ρέματος Μπεγιάτικου **Θέση 3**, μεγάλος εγκιβωτισμός της κοίτης.

Στη θέση αυτή παρατηρείται και σημαντική αύξηση του πλάτους της κοίτης, που φτάνει τα 20m. Η εικόνα αυτή δεν άλλαξε για τα επόμενα 500m. Εντύπωση προξένησε ο αδικαιολόγητα αυξημένος αριθμός ασβεστολιθικών κροκάλων και βράχων στην κοίτη (εικόνα 7.1.4.).

Εικόνα 7.1.4.: Πληθώρα ασβεστολιθικών όγκων, στην κοίτη του ρέματος στη θέση 3.

Από πληροφορίες όμως από ανθρώπους της περιοχής δόθηκε λογική εξήγηση, και τελικά η λειτουργία ενός λατομείου που έδρασε στη δεκαετία του 1980 δίπλα από το ρέμα ήταν η αιτία. Τα υλικά του λατομείου αποτέθηκαν στην ευρύτερη περιοχή. Υπάρχει μια πιθανότητα σε ορισμένες θέσεις η εικόνα του εγκιβωτισμού να οφείλεται στην ρήψη των μπαζών.

Συνεχίζοντας, στο εσωτερικό της κοίτης δεν παρατηρήθηκε επιπλέον διάβρωση, εκτός από τον εγκιβωτισμό του ρέματος. Αντίθετα, παρατηρήθηκαν υλικά απόθεσης. Η κοίτη σε γενικές γραμμές δεν είχε σταθερό πλάτος σε όλο το μήκος της, ενώ φαίνεται η ανάπτυξη του χειμάρρου ότι είναι πλεξοειδής με νησίδες στο κέντρο όπου έχει αναπτυχθεί πλούσια βλάστηση.

Από μαρτυρίες των κατοίκων προέκυψε επίσης πως το ρέμα δεν είναι συνεχούς ροής, σπάνια «κατεβάζει» νερό, μια φορά το χρόνο και πολλές φορές μια φορά στα τρία χρόνια. Κατά μήκος όλης της κοίτης του υπάρχει πολύ βλάστηση, και σε πολλές περιπτώσεις δυσκόλεψε σε μεγάλο βαθμό την λήψη μετρήσεων. (εικόνα 7.1.5.)

Εικόνα 7.1.5.: Χαρακτηριστική εικόνα (θέση 4) από το εσωτερικό της κοίτης του Μπεγιάτικου ρέματος. Το πλάτος της κοίτης είναι 25,75m, το βάθος της είναι 1,96m. Φαίνεται η πλεξοειδής ανάπτυξη του ρέματος όπως επίσης και η ιδιαίτερα αναπτυγμένη βλάστηση.

Στη **θέση 4** που φαίνεται στην εικόνα 7.1.5., το υψόμετρο είναι 59,10m και το στίγμα της θέσης είναι Ε022^{o} 46΄19,752΄΄ και Ν39^{o} 32΄55,518΄΄.

Η εικόνα της κοίτης αλλάζει όσο πλησιάζουμε τη λίμνη. Παρατηρείται, στη **θέση 5** (εικόνα 7.1.6) προοδευτική μείωση στο πλάτος και βάθος της κοίτης.

Εικόνα 7.1.6.: Μικρότερη κοίτη στη θέση 5 και πολύ πλούσια βλάστηση

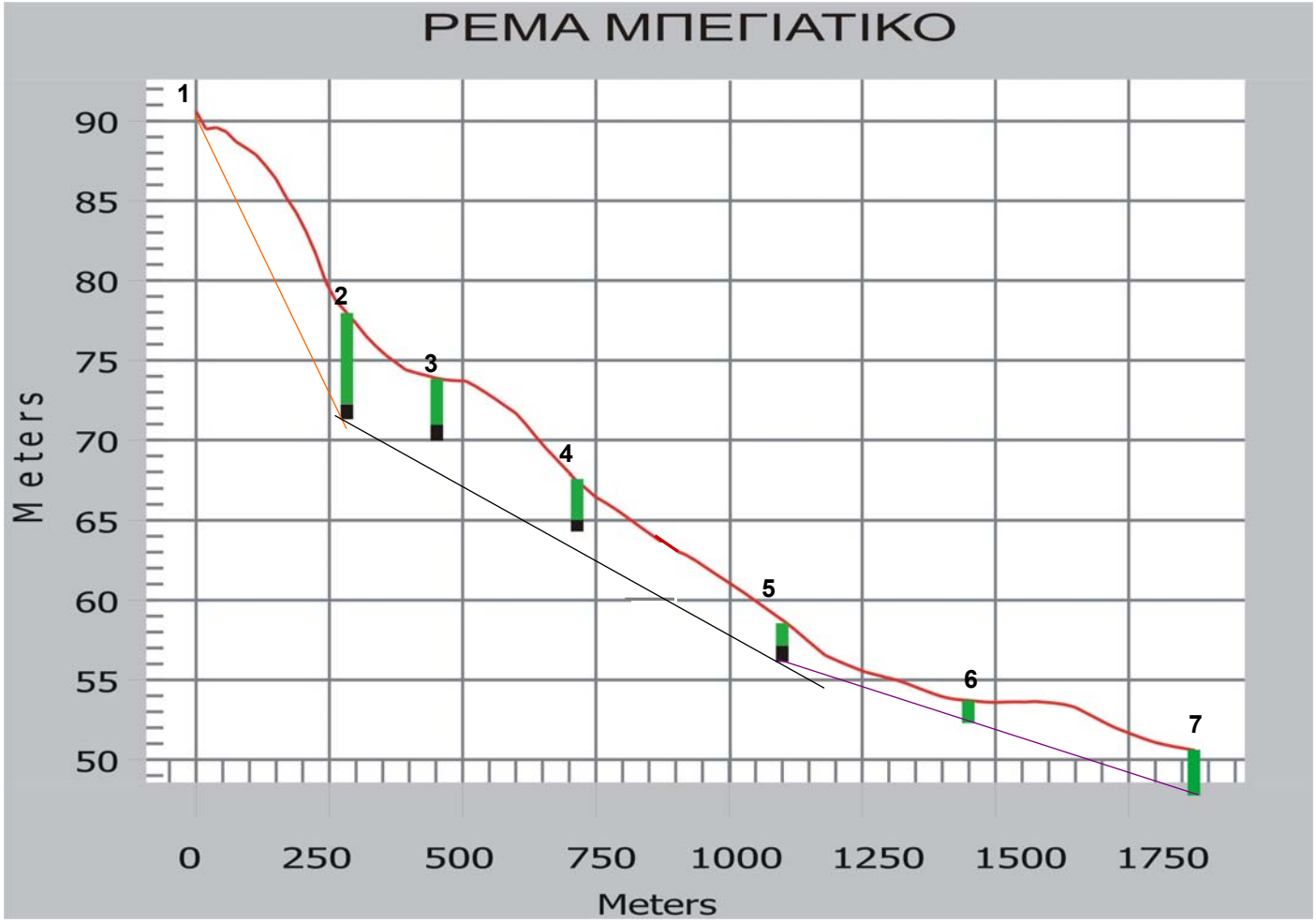
Η ακριβής τοπογραφική θέση του ρέματος στο σημείο αυτό είναι **Ε**022^{o}46΄ 20.472΄΄, **Ν**39^{o} 32΄ 44,214΄΄ Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 54,524m. Η βλάστηση γίνεται πιο πυκνή, ενώ δεν παρατηρείται διάβρωση κατά βάθος.

Τέλος στην έξοδο του ρέματος, η κοίτη έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε τα νερά της να καταλήγουν στον νέο ταμιευτήρα της Κάρλας (Εικόνα 7.1.7).

Εικόνα 7.1.7: Θέση 7: Έξοδος του Μπεγιάτικου ρέματος στον ταμιευτήρα της Κάρλας

Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 50,53m και η θέση όπως καταγράφηκε από το G.P.S., είναι **E**022^{o} 46΄ 26.59΄΄, **N**39^{o} 32΄ 31,398΄΄.

Από την επεξεργασία όλων των στοιχείων που συλλέχτηκαν από την υπαίθρια έρευνα για την κοίτη του Μπεγιάτικου ρέματος δημιουργήθηκε μορφολογικό προφίλ (Σχήμα 7.1.3). Από την επεξεργασία του μορφολογικού προφίλ, προέκυψε πως για το ρέμα Μπεγιάτικο υπάρχουν 2 σημεία καμπής κατά μήκος της κοίτης του. Το πρώτο σε υψόμετρο 77m όπου η κλίση του ρέματος αλλάζει από 5,2% σε 2,2% , και το δεύτερο σε υψόμετρο 57m όπου η κλίση του ρέματος μειώνεται σε 1%. Έτσι η μέση κλίση όλου του ρέματος είναι 2,8%



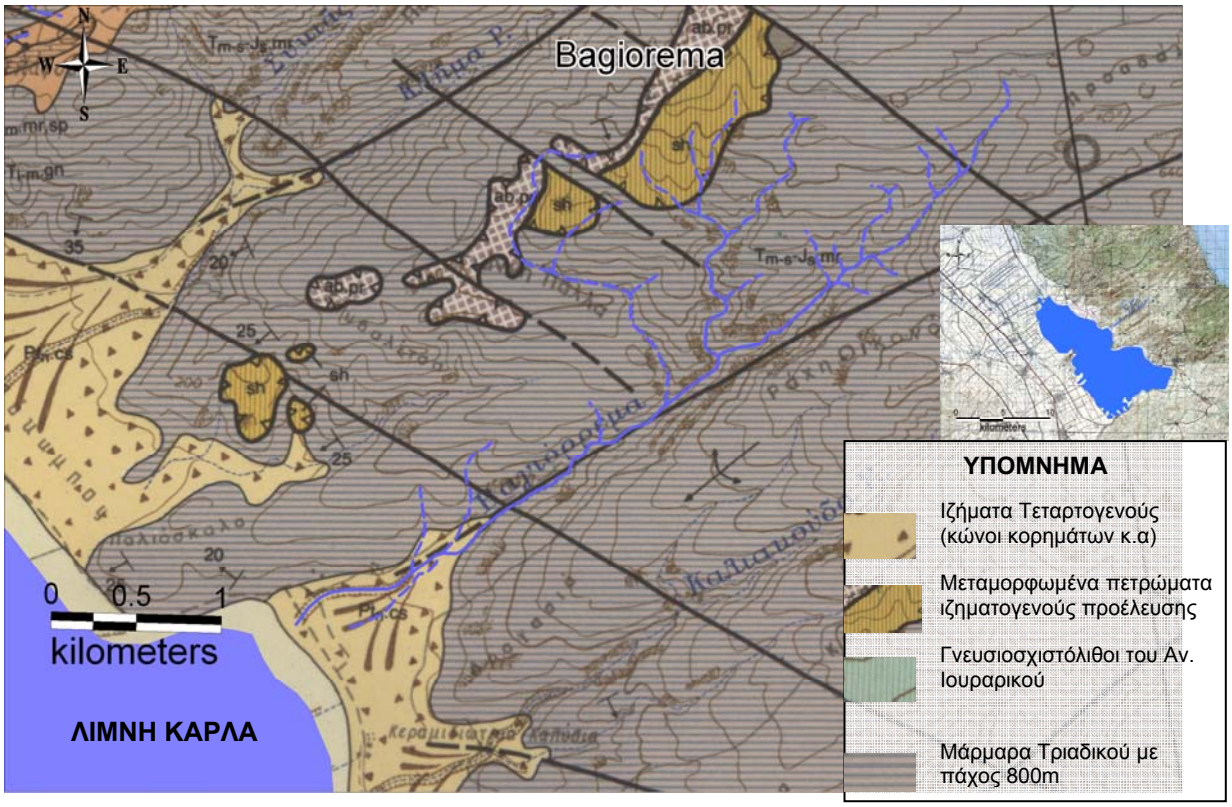
Σχήμα 7.1.3.: Μορφολογικό προφίλ του Μπεγιάτικου ρέματος. Έχουν τοποθετηθεί οι μετρήσεις από όλες τις θέσεις. Με το πράσινο χρώμα συμβολίζεται η αναβαθμίδα της κοίτης, και με το μαύρο οι μετρήσεις για τα επεισόδια της διάβρωσης και δημιουργία νεότερων αναβαθμίδων όπου αυτές εντοπίστηκαν. Όλες οι μετρήσεις έχουν τοποθετηθεί με βάση την κλίμακα του διαγράμματος.

7.2 Ρέμα Βαγιόρεμα

Πρόκειται για το ρέμα που βρίσκεται επίσης ανατολικά της περιοχής μελέτης κοντά λίγο μετά το Μπεγιάτικο ρέμα. Η ακριβής θέση του, όπως εντοπίστηκε σε επαρχιακό δρόμο της περιοχής, είναι **E022° 48΄ 24.94΄΄, N39° 31΄ 59.436΄΄**.Πρόκειται για ρέμα εποχιακής ροής.

Χαρακτηριστικά ρέματος Βαγιόρεμα.

Το ρέμα Βαγιόρεμα έχει επίσης αναπτυχθεί σε σχηματισμούς της Πελαγονικής Ζώνης. Πιο συγκεκριμένα ολόκληρο το ρέμα αναπτύχθηκε σε μάρμαρα του Μέσου – Ανώτερου Τριαδικού – Ανώτερου Ιουρασικό. Πρόκειται για μάρμαρα που καταλαμβάνουν εξ ολοκλήρου το νότιο τμήμα του Μαυροβουνίου και το πάχος τους κατά θέσεις υπερβαίνει τα 800m. Είναι μεσοστρωματώδη, κατά θέσεις παχυστρωματώδη, έντονα καρστικά, χρώματος κυανότεφρου έως μελανότεφρου, βιτομενούχα, με παρεμβολές δολομιτικών μαρμάρων και κρυσταλλικών δολομιτών κυρίως στα κατώτερα μέλη τους.



Σχήμα 7.2.1: Γεωλογικό σκαρίφημα που φαίνονται οι σχηματισμοί πάνω στους οποίους αναπτύσσεται το ρέμα Βαγιόρεμα (τμήμα του γεωλογικού χάρτη φύλλο Αγιά, ΙΓΜΕ)

Στην κάτω ρου του ρέματος αναπτύσσονται ιζήματα του Τεταρτογενούς. Πρόκειται για παλαιούς κώνους κορημάτων ηλικίας Αν. Πλειστοκαίνου, που συνίστανται από αδρομερή υλικά με κροκαλολατύπες ποικίλου μεγέθους. Στη συνέχεια αναπτύσσονται πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις, που η σύστασή τους είναι ανοικτότεφρα ασύνδετα υλικά από αργίλους άμμους και κροκαλολατύπες που αποτέθηκαν στη λεκάνη της Κάρλας. Στις παρυφές της λεκάνης τα υλικά είναι περισσότερο αδρομερή ενώ προς το κέντρο γίνονται βαθμιαία λεπτομερέστερα. (σχήμα 7.2.1)

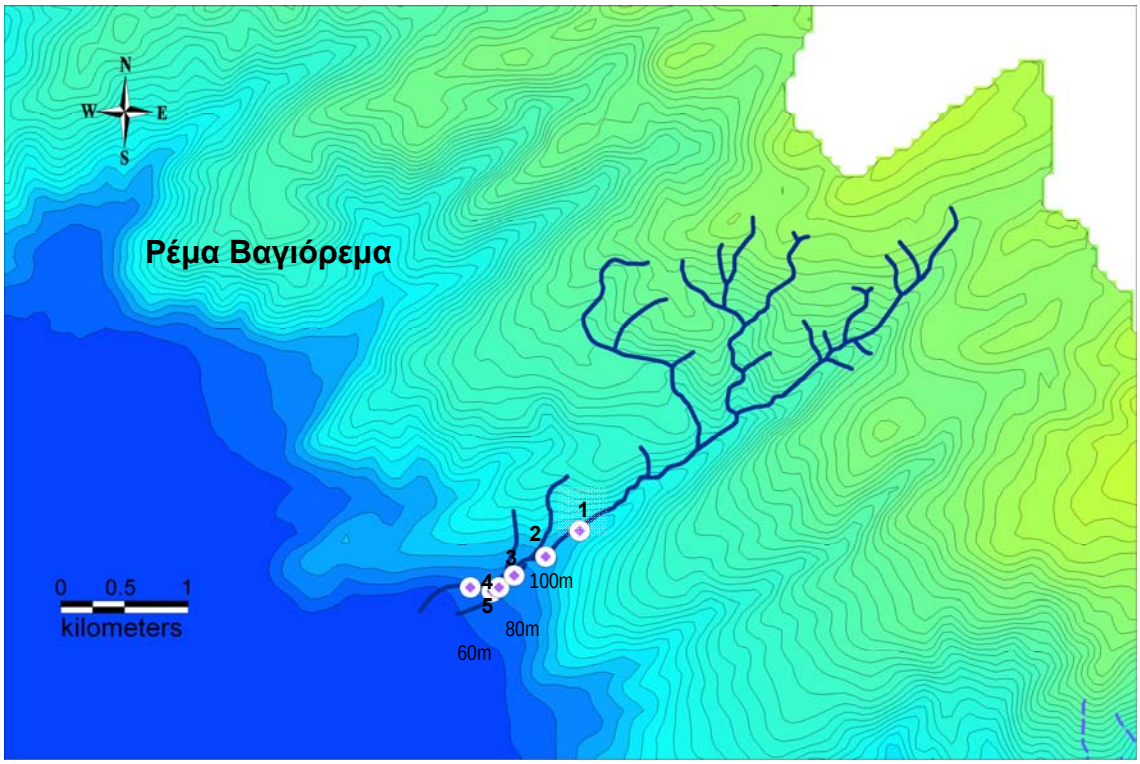
Το μήκος του κεντρικού κλάδου του ρέματος $4^{ης}$ τάξης είναι 4.128 km, ενώ το εμβαδόν της λεκάνης απορροής του είναι 9.389km^2.

Η θέση της επαφής του αλλουβιακού ριπιδίου με το υπόβαθρο είναι **E022°49΄09.396΄΄**, **N39°32΄19.068΄΄**. Αυτή είναι και η θέση από όπου ξεκίνησε η μελέτη στην κοίτη του συγκεκριμένου ρέματος. Το κομμάτι της κοίτης που μελετήθηκε, έχει μήκος 0,900km.

Χαρακτηριστικό του ρέματος Βαγιόρεμα, είναι η σύσταση του υλικού της κοίτης του. Σε όλο το μήκος της κοίτης που μελετήθηκε παρατηρήθηκε μεγάλη συγκέντρωση ασβεστολιθικών κροκάλων των οποίων το μέγεθος αυξανόταν προσεγγίζοντας το ασβεστολιθικό υπόβαθρο. Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο ρέμα για τον εντοπισμό της διάβρωσης, αυτή η πληθώρα των ασβεστολιθικών υλικών αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα. Για το λόγο αυτό δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στον εντοπισμό ή όχι λεπτόκοκκου υλικού κατά μήκος της κοίτης. Ως γνωστό σε καταστάσεις διάβρωσης είναι το πρώτο υλικό που συμπαρασύρεται προς τα κατάντη.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Στο σχήμα 7.2.2 που ακολουθεί, αποτυπώνονται όλες οι θέσεις από τις οποίες πάρθηκαν μετρήσεις κατά την περιήγηση που πραγματοποιήθηκε στο ύπαιθρο. Βάση αυτών των θέσεων και με την βοήθεια του DEM, πραγματοποιήθηκε και μορφολογικό προφίλ για την κοίτη του ρέματος (σχήμα 7.2.3). Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν σε κάθε θέση.



Σχήμα 7.2.2: Θέσεις που μελετήθηκαν οι διεργασίες της κοίτης του ρέματος Βαγιόρεμα (σημείωση: η τελευταία θέση προς τα κατάντη, που έχει τοποθετηθεί στο χάρτη, δεν είναι μέτρηση αλλά προσδιορίζει τη θέση των ανθρωπογενών επεμβάσεων).

Η μελέτη του ρέματος ξεκίνησε από τη θέση επαφής του ασβεστολιθικού υποβάθρου με το ριπίδιο. Οι συντεταγμένες της θέσης (**θέση 1**), είναι **E022°49΄57.6΄΄**, **N39°32΄19.92΄΄**, και βρίσκεται σε υψόμετρο 139,28m. Στη θέση αυτή (εικόνα 7.2.1) δεν παρατηρείται διάβρωση, ενώ η κοίτη είναι γεμάτη από ασβεστολιθικής προέλευσης ογκόλιθους και κατά θέσεις υπάρχουν εμφανίσεις του ασβεστολιθικού υποβάθρου.

Εικόνα 7.2.1:. **Θέση 1**. Ρέμα Βαγιόρεμα, στην επαφή με το υπόβαθρο.

Προχωρώντας κατά μήκος της κοίτης σε απόσταση 340m μετρήθηκε κατά βάθος διάβρωση ίση με 0,49m (**θέση 2**). Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 113,01m (Εικόνα 7.2.3). Οι συντεταγμένες της θέσης 2 είναι **E022°49΄54.84΄΄**, **N39°32΄13.02΄΄.**

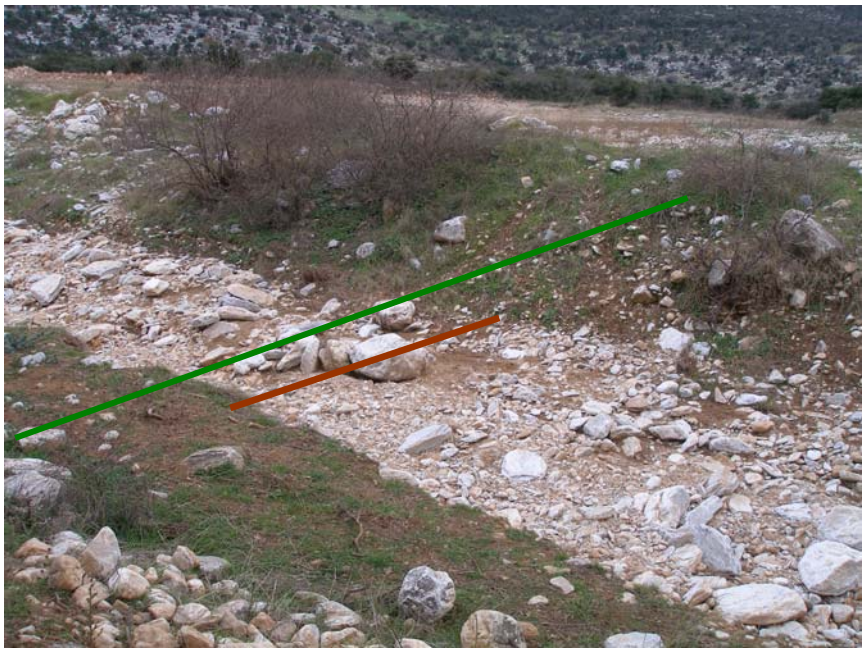
Εικόνα 7.2.3.: Κοίτη του ρέματος Βαγιόρεμα στη **θέση 2**, η μπλε γραμμή δείχνει το εύρος της νέας κοίτης του ρέματος (3,624m), η διακεκομμένη το εύρος της παλαιότερης κοίτης (9,477m) και με την κόκκινη το βάθος της διάβρωσης (0,49m) στην κοίτη.

Η επόμενη θέση (**θέση 3**), και σε απόσταση 300m από την προηγούμενη όπου μετρήθηκε η κατά βάθος διάβρωση, βρίσκεται σε υψόμετρο 91m. Στη θέση αυτή το βάθος της διάβρωσης είναι 0,265m. Οι συντεταγμένες για τη θέση αυτή είναι **E022^{o}48΄44.46΄΄**, **N39^{o}32΄07.98΄΄** (εικόνα 7.2.4., 7.2.5.)

Εικόνα 7.2.4: **Θέση 3**, βάθος διάβρωσης 0,265m

Εικόνα 7.2.5: Η νέα κοίτη του ρέματος, στη **θέση 3**, με πλάτος ίσο με 2,699m.

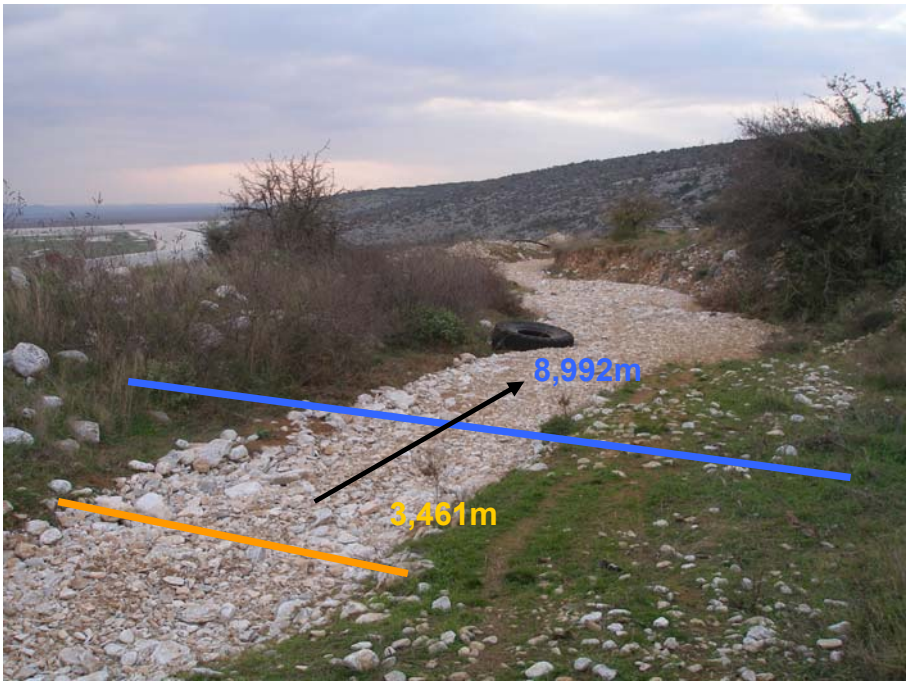
Η επόμενη μέτρηση (**θέση 4**), και σε απόσταση 200m από την προηγούμενη βρίσκεται σε υψόμετρο 82,63m. Οι ακριβείς συντεταγμένες της θέσης αυτής είναι **E022°48΄39.48΄΄**, **N39°32΄48.06΄΄** (εικόνα 7.2.6).



Εικόνα 7.2.6.: Κοίτη του ρέματος Βαγιόρεμα στη **θέση 4**. Το πλάτος της παλαιότερης κοίτης (πράσινη γραμμή) είναι 6,502m, το βάθος της (αναβαθμίδα) είναι 1,413m. Η νέα κοίτη του ρέματος για τη θέση 4 (κόκκινη γραμμή), βρίσκεται σε βάθος 0,681m από την προηγούμενη ενώ το πλάτος της είναι 4,753m.

Σε απόσταση 100m, κατά μήκος της κοίτης, από την προηγούμενη θέση (4), πραγματοποιήθηκε καινούρια μέτρηση (**θέση 5**). Στη νέα αυτή θέση το υψόμετρο του αναγλύφου είναι 76,15m και οι συντεταγμένες της θέσεις **E022°48΄37.38΄΄**, **N39°32΄04.08΄΄**.

Τα χαρακτηριστικά της κοίτης που μετρήθηκαν σε αυτή τη θέση έχουν ως εξής: Η νέα εκβάθυνση της κοίτης είναι 0,488m, το πλάτος της νέας κοίτης είναι 3,461m ενώ φαίνεται πως το ρέμα έρεε παλιότερα σε μια κοίτη με πλάτος 8,992m. (εικόνα 7.2.7)



Εικόνα 7.2.7: Κοίτη του ρέματος Βαγιόρεμα στη **θέση 5**. Με το βέλος αναπαρίσταται η διεύθυνση ροής του ρέματος. Επίσης στην εικόνα φαίνεται η παλιά κοίτη (μπλε γραμμή), με πλάτος 8,992m και η νέα κοίτη (πορτοκαλί γραμμή) με πλάτος 3,461m.

Το βάθος της κοίτης για τη συγκεκριμένη μέτρηση αποτυπώνεται καλύτερα στην εικόνα που ακολουθεί. (Εικόνα 7.2.8.)

Εικόνα 7.2.8: **Θέση 5**, βάθος διάβρωσης (κόκκινη γραμμή) 0,488m

Η θέση 5 υπήρξε και η τελευταία μέτρηση για το ρέμα Βαγιόρεμα. Αυτό οφείλεται σε μια ιδιαιτερότητα του συγκεκριμένου ρέματος. Πιο συγκεκριμένα, ανθρωπογενείς επεμβάσεις στις εκβολές της κοίτης του, ανάγκασαν το ρέμα να διαμορφώσει νέα κοίτη. (Εικόνα 7.2.9) Έτσι δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί η όποια επιπλέον εκβάθυνση. Το υψόμετρο του αναγλύφου στην περιοχή όπου πραγματοποιήθηκαν οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις είναι 73m και το στίγμα της θέσης αυτής είναι **E022°48΄37.148΄΄**, **N39°31΄59.34΄΄**.

Εικόνα 7.2.9: Η διαμόρφωση νέας κοίτης στις εκβολές του ρέματος Βαγιόρεμα, που οφείλονται σε ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Αγρότες τις περιοχής καλλιέργησαν την κοίτη του ρέματος και ανάγκασαν το ρέμα να κινηθεί παραπλεύρως του αγροτεμαχίου. Στην εικόνα αυτή στο βάθος (με το πορτοκαλί περίγραμμα) φαίνεται η Πέτρα που αποτέλεσε νησάκι της λίμνης.

Πίνακας 7.2.1: Στον πίνακα παρατίθενται συγκεντρωτικά στοιχεία για το ρέμα Βαγιόρεμα

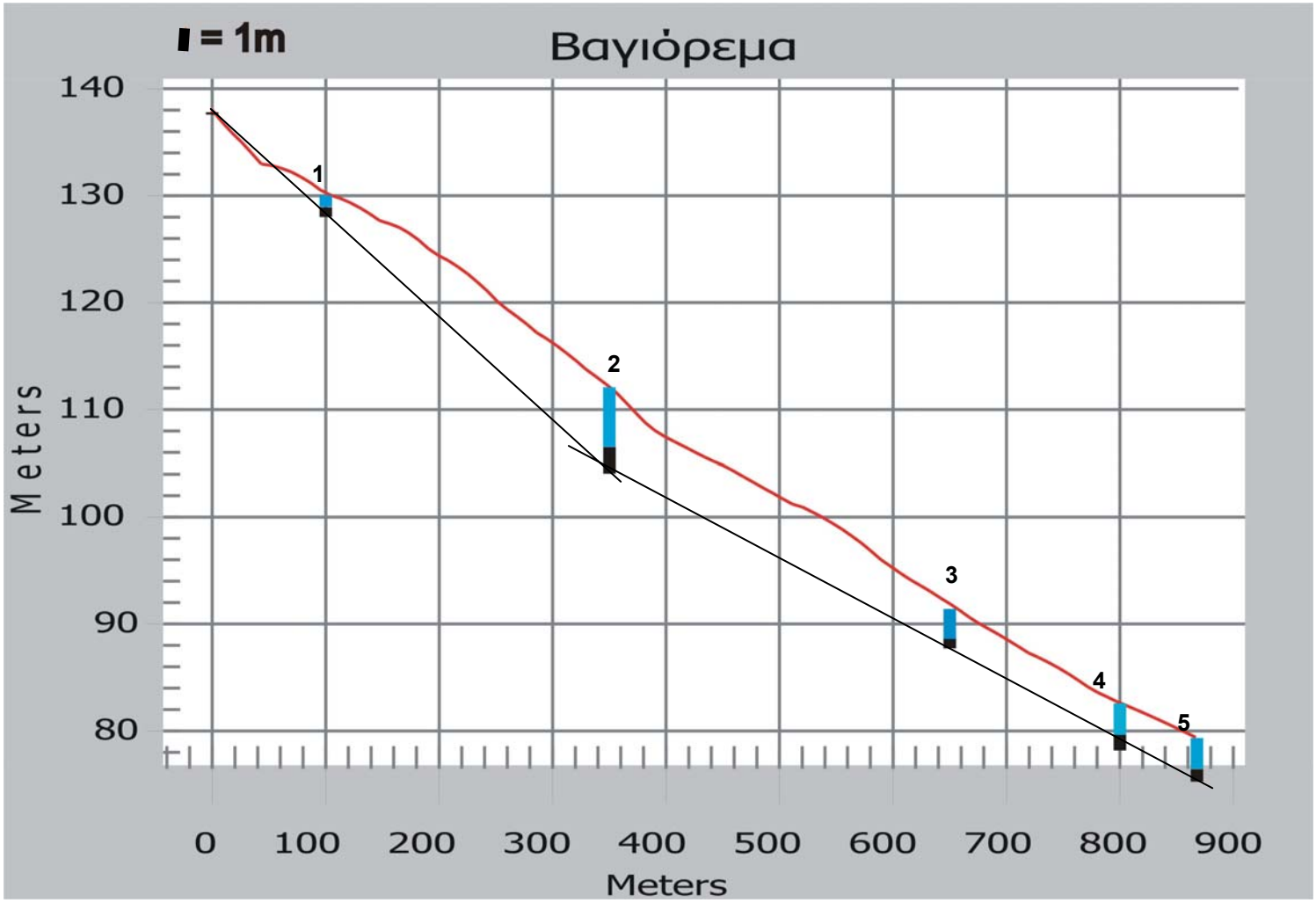
Μήκος ρέματος που μελετήθηκε	900m
Μέγιστο βάθος διάβρωσης	0,681m
Μέση διάβρωση	0,4328m
Υψόμετρο που φτάνει η διάβρωση	130m
Χαμηλότερο υψόμετρο διάβρωσης	79m

Από την επεξεργασία όλων των στοιχείων που συλλέχτηκαν από την υπαίθρια έρευνα για την κοίτη του ρέματος Βαγιόρεμα και με την βοήθεια του

ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM), δημιουργήθηκε το μορφολογικό προφίλ της κοίτης (Σχήμα 7.2.3). Στη μέτρηση που πήραμε για τη θέση 2, παρατηρείται η μέγιστη διάβρωση και συνεπώς έχουμε μια αλλαγή στην κλίση της κοίτης. Δεν πρέπει όμως να σχετίζεται με τις διαδικασίες από την αποξήρανση της λίμνης (μεγάλο υψόμετρο στη θέση 110m). Στις επόμενες θέσεις όμως και ενώ προσεγγίζουμε την περιοχή της τέως λίμνης Κάρλας το μέγεθος της διάβρωσης είναι μικρότερο.

Τέλος υπολογίστηκε η μέση κλίση της κοίτης του ρέματος Βαγιόρεμα από το μορφολογικό προφίλ που προέκυψε από το DEM (SRTM) ίση με 6,6%. Από τις μετρήσεις του υπαίθρου όμως για το εσωτερικό της κοίτης προέκυψε ένα σημείο καμπής σε υψόμετρο 106m, που διαφοροποιεί την κλίση του ρέματος. Έτσι για το ρέμα σε υψόμετρο από 138-106m, η κλίση είναι 8,9% και για το υπόλοιπο τμήμα της κοίτης είναι 5,6%. Το σημείο καμπής δεν πρέπει να σχετίζεται με τις διεργασίες στο εσωτερικό της κοίτης λόγω της αλλαγής του βασικού επιπέδου, αφενός λόγο του υψηλού υψομέτρου στη θέση αυτή (πολύ μικρό το χρονικό διάστημα από την αποξήρανση της λίμνης ώστε η διάβρωση να φθάσει σε αυτό το υψόμετρο) και αφετέρου γιατί οι μεταβολές της κοίτης στις υπόλοιπες θέσεις είναι της ίδιας κλίμακας.

Συμπεραίνουμε λοιπόν για το ρέμα Βαγιόρεμα πως λόγω της μεγάλης κλίσης του και της σύστασης των υλικών της κοίτης (χοντρόκοκκα υλικά, κυρίως κροκάλες σε όλο το μήκος της κοίτης), δεν είναι δυνατόν να εντοπιστεί διάβρωση παρά μόνο καταγράφηκαν παλιές αναβαθμίδες.



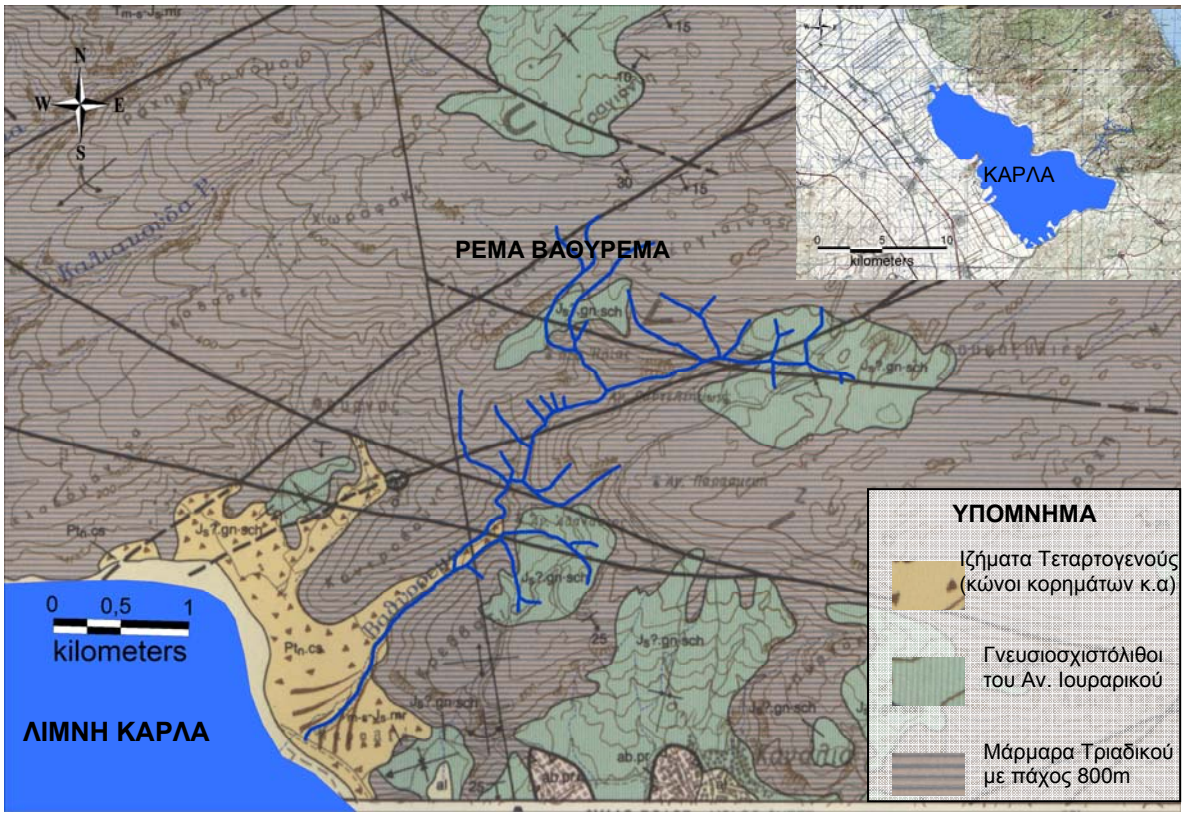
Σχήμα 7.2.3.: Μορφολογικό προφίλ του ρέματος Βαγιόρεμα. Έχουν τοποθετηθεί οι μετρήσεις από όλες τις θέσεις. Με το μπλε χρώμα συμβολίζεται η αναβαθμίδα της κοίτης, και με το μαύρο οι μετρήσεις για τα επεισόδια της διάβρωσης και δημιουργία νεότερων αναβαθμίδων όπου αυτές εντοπίστηκαν. Όλες οι μετρήσεις έχουν τοποθετηθεί με βάση την κλίμακα του διαγράμματος.

7.3 Ρέμα Βαθύρεμα

Πρόκειται για το ρέμα που βρίσκεται επίσης στα ανατολικά της περιοχής μελέτης λίγο μετά το ρέμα Βαγιόρεμα, από την πλευρά του Μαυροβουνίου. Η ακριβής θέση του ρέματος Βαθύρεμα, όπως εντοπίστηκε σε επαρχιακό δρόμο της περιοχής, είναι **Ε022° 50΄ 52.26΄΄, Ν39° 30΄ 02.984΄΄**.το Βαθύρεμα είναι επίσης ένα ρέμα με εποχιακό χαρακτήρα.

Χαρακτηριστικά ρέματος Βαθύρεμα.

Το ρέμα Βαθύρεμα έχει επίσης αναπτυχθεί σε σχηματισμούς της Πελαγονικής Ζώνης. Πιο συγκεκριμένα, σε συγκεκριμένες θέσεις του ρέματος υπάρχουν εμφανίσεις γνευσιοσχιστολίθων οι οποίοι υπέρκεινται επικλυσιγενώς των μεσοανωτριαδικών – ανωιουρασικών μαρμάρων, με πάχος που κατά θέσεις υπερβαίνει τα 200m. Είναι πετρώματα λευκοκρατικά εώς μεσοκρατικά, υποπράσινου χρώματος. Τα κύρια ορυκτολογικά χαρακτηριστικά τους είναι μαρμαρυγίες, χαλαζίας και άστριοι.



Σχήμα 7.3.1: Γεωλογικό σκαρίφημα που φαίνονται οι σχηματισμοί πάνω στους οποίους αναπτύσσεται το ρέμα Βαθύρεμα (τμήμα του γεωλογικού χάρτη φύλλο Αγιά, ΙΓΜΕ)

Το μεγαλύτερο κομμάτι του ρέματος όμως, αναπτύχθηκε σε μάρμαρα του Μέσου – Ανώτερου Τριαδικού – Ανώτερου Ιουρασικό. Πρόκειται για μάρμαρα που καταλαμβάνουν εξ ολοκλήρου το νότιο τμήμα του Μαυροβουνίου και το πάχος τους κατά θέσεις υπερβαίνει τα 800m. Είναι μεσοστρωματώδη, κατά θέσεις παχυστρωματώδη, έντονα καρστικά, χρώματος κυανότεφρου έως μελανότεφρου, βιτουμενούχα, με παρεμβολές δολομιτικών μαρμάρων και κρυσταλλικών δολομιτών κυρίως στα κατώτερα μέλη τους. (Σχήμα 7.3.1)

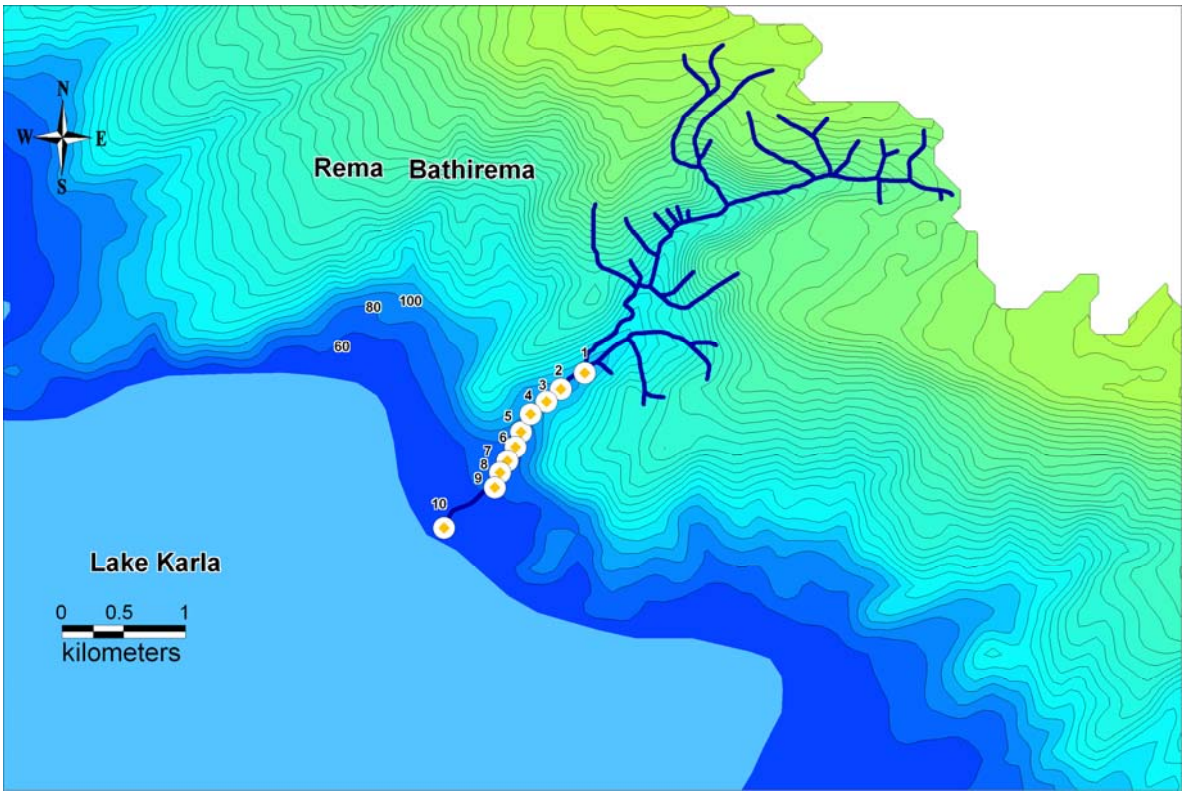
Στην κάτω ρου του ρέματος αναπτύσσονται ιζήματα του Τεταρτογενούς. Πρόκειται για παλαιούς κώνους κορημάτων ηλικίας Νεοπλειστοκαίνου, που συνίστανται από αδρομερή υλικά με κροκαλολατύπες ποικίλου μεγέθους. Στη συνέχεια αναπτύσσονται πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις, που η σύστασή τους είναι ανοικτότεφρα ασύνδετα υλικά από αργίλους άμμους και κροκαλολατύπες που αποτέθηκαν στη λεκάνη της Κάρλας. Στις παρυφές της λεκάνης τα υλικά είναι περισσότερο αδρομερή ενώ προς το κέντρο γίνονται βαθμιαία λεπτομερέστερα. (σχήμα 7.3.1)

Το μήκος του κεντρικού κλάδου του ρέματος $4^{ης}$ τάξης, είναι 3,777 km, ενώ το εμβαδόν της λεκάνης απορροής του είναι 8,785km^2.

Η θέση της επαφής του αλλουβιακού ριπιδίου με το υπόβαθρο είναι **E022^{o}51΄46.648΄΄**, **N39^{o}30΄52.254΄΄**. Αυτή είναι και η θέση (**θέση 1**)από όπου ξεκίνησε η μελέτη στην κοίτη του συγκεκριμένου ρέματος. Το κομμάτι της κοίτης που μελετήθηκε, έχει μήκος 1,408km.

Το ρέμα Βαθύρεμα είναι το μοναδικό από τα ρέματα που εκβάλει ελεύθερα στο νέο ταμιευτήρα της Κάρλας, χωρίς ανθρώπινες επεμβάσεις. Αυτό επέτρεψε την μελέτη του μέχρι και τις εκβολές του. (Σημείωση: όλες οι φωτογραφίες λήφθηκαν με φορά από τα ανάντη προς τα κατάντη)

Στο σχήμα 7.3.2 που ακολουθεί, αποτυπώνονται όλες οι θέσεις από τις οποίες πάρθηκαν μετρήσεις κατά την περιήγηση που πραγματοποιήθηκε στο ύπαιθρο. Βάση αυτών των θέσεων και με την βοήθεια του DEM, πραγματοποιήθηκε και μορφολογικό προφίλ για την κοίτη του ρέματος (σχήμα 7.3.3). Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν σε κάθε θέση.



Σχήμα 7.3.2: Θέσεις που μελετήθηκαν οι διεργασίες της κοίτης του ρέματος Βαθύρεμα.

Η πρώτη θέση που μελετήθηκε (**θέση 1**), βρίσκεται σε υψόμετρο 126,63m εκβάθυνση στην κοίτη δεν υπάρχει. Η μορφολογία της κοίτης στην θέση αυτή της επαφής με το υπόβαθρο, φαίνεται στην εικόνα 7.3.1 που ακολουθεί.

Εικόνα 7.3.1: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 1.** Θέση επαφής του υποβάθρου με το αλλουβιακό ριπίδιο. Δεν υπάρχει διάβρωση. Το υψόμετρο του αναγλύφου στη θέση αυτή είναι 126,63m

Σε απόσταση 210m από τη θέση 1, εντοπίστηκε η αρχή των διαβρωτικών διαδικασιών (**θέση 2**). Η θέση 2, βρίσκεται σε υψόμετρο 112,65m, και το στίγμα αυτής είναι: **E022°51΄42.78΄΄**, **N39°30΄49.56΄΄**. Αναλυτικότερα, στη θέση αυτή η εντοπίστηκαν διαβρωτικές διεργασίες που συντέλεσαν στην πλευρική διάβρωση της κοίτης. Το πλάτος της κοίτης είναι 7,059m ενώ η πλευρική διάβρωση 0,38m. (εικόνα 7.3.2).

Εικόνα 7.3.2: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 2**. Η διάβρωση που μετρήθηκε (με την κόκκινη γραμμή) είναι 0,38m, το πλάτος της κοίτης (μπλε γραμμή) είναι 7,059m.

Επόμενη μέτρηση της κοίτης έγινε στη **θέση 3**. Πραγματοποιήθηκε σε απόσταση 100m από την προηγούμενη και βρίσκεται σε υψόμετρο 120,06m. Οι συντεταγμένες της θέσης είναι: **E022°51΄39.9΄΄**, **N39°30΄47.04΄΄**. Στη θέση αυτή μετρήθηκε διάβρωση ίση με 0,841m (Εικόνα 7.3.3).

Εικόνα 7.3.3 : Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 3**. Βάθος κοίτης (κόκκινη γραμμή) 0,841m, πλάτος κοίτης (μπλε γραμμή) 4,418m

Σε απόσταση 70m, λήφθηκε η επόμενη μέτρηση (**θέση 4**), όπου το υψόμετρο του μορφολογικού αναγλύφου είναι 192,89m. Οι συντεταγμένες της θέσης είναι: **E022°51΄37.86΄΄**, **N39°30΄46.92΄΄**. Στη θέση αυτή η κοίτη έχει βάθος 0,901m και το πλάτος της είναι 5,93m (εικόνα 7.3.4).

Εικόνα 7.3.4: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 4**. Πλάτος κοίτης 5,93m και βάθος κοίτης 0,901m.

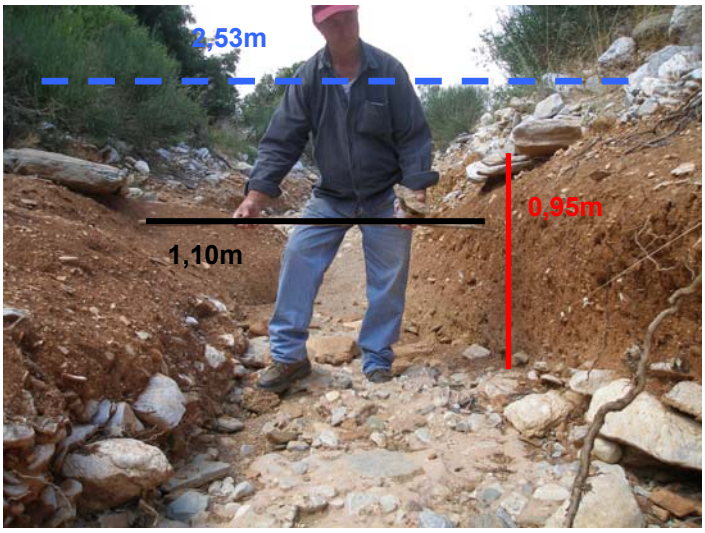
Εικόνα 7.3.6: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 5**. Στη θέση αυτή τα υλικά του ρέματος έχουν συμπαγοποιηθεί, έχοντας αφήσει στο κέντρο της κοίτης τους τμήμα που διαβρώθηκε.
Οι μετρήσεις στη θέση αυτή, δώσανε μια διάβρωση στο κέντρο της κοίτης βάθους 0,885m το πλάτος της διάβρωσης είναι 2,220m, ενώ το πλάτος ολόκληρης της κοίτης είναι 8,319m.

Κινούμενοι κατά μήκος της κοίτης του ρέματος, σύμφωνα με τη διεύθυνση της ροής του και σε απόσταση 220m, σε υψόμετρο 105m (**θέση 5**), παρατηρήθηκε ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ρέματος (**εικόνα 7.3.5**). Οι συντεταγμένες της θέσης είναι: **E022°51΄33.18΄΄**, **N39°30΄42.3΄΄**.Για κάποιο λόγο, τα υλικά του ρέματος και μόνο στη θέση αυτή έχουν υποστεί κάποιο είδος διαγένεσης. Αυτό όμως που κάνει εντύπωση είναι ότι έχει διατηρήσει τα χαρακτηριστικά της διάβρωσης που υπέστη στο κέντρο της κοίτης του.

Σε απόσταση περίπου 50m πιο κάτω από τη θέση 5, μετρήθηκε διάβρωση ίση 1,514m (**θέση 6**). Τα χαρακτηριστικά της κοίτη στη θέση αυτή είναι πλάτος κοίτης:6,175m, βάθος κοίτης:1,514m (**εικόνα 7.3.6**). Το υλικό στην κοίτη του ρέματος είναι και εδώ συμπαγοποιημένο.

Εικόνα 7.3.6: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 6**. Συνολική εικόνα της κοίτης στη θέση 6.

Το υψόμετρο της θέσης 6, είναι 99.69m και οι συντεταγμένες της είναι: **E022°51΄31.38΄΄**, **N39°30΄41.4΄΄**.

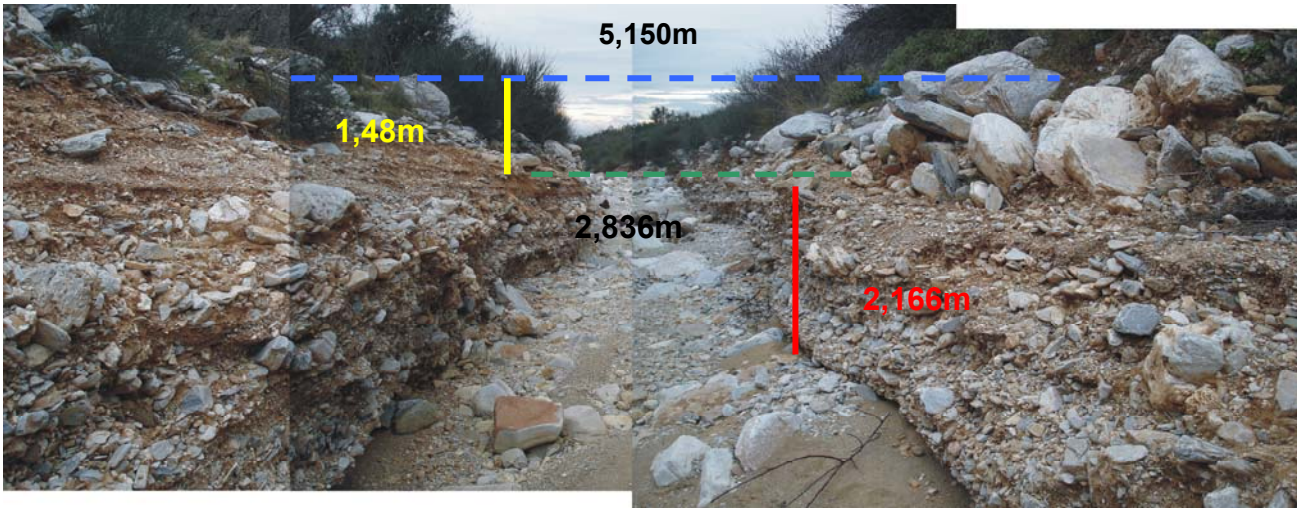


Εικόνα 7.3.6.1α: (**θέση 6**), Χαρακτηριστική λεπτομέρεια της εικόνας 7.3.6 για τη σύσταση των υλικών της κοίτης, το βάθος και το πλάτος της διάβρωσης που είναι 0,95m.

Εικόνα 7.3.6.1.β: Βάθος διάβρωσης:1,269m, πλάτος διάβρωσης:2,842m, πλάτος κοίτης : 6,031m

Στην ίδια περιοχή, ελάχιστα μέτρα πιο κάτω η κοίτη παρουσίασε τη μορφή που φαίνεται στην εικόνα 7.3.6.1.β.

Συνεχίζοντας, σε απόσταση 117m από τη θέση 6, βρίσκεται η **θέση 7**. Οι συντεταγμένες της θέσης είναι: **E022°51΄29.28΄΄**, **N39°30΄38.8΄΄**. Το υψόμετρο του αναγλύφου είναι 93,57m. Στη θέση αυτή μετρήθηκαν τα εξής: πλάτος κοίτης 5,150m, νέα αναβαθμίδα σε βάθος 1,480m, πλάτος νέας κοίτης 2,836m και το βάθος αυτής 2,166m. Σχηματικά απεικονίζονται στην εικόνα 7.3.7 που ακολουθεί.



Εικόνα 7.3.7: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 7**. Με μπλε συμβολίζεται το πλάτος της αρχικής κοίτης 5,150m, με το κίτρινο το βάθος της μέχρι την νέα κοίτη 1,48m, με πράσινο το πλάτος της νέας κοίτης 2,836m και τέλος με κόκκινο το βάθος της νέας κοίτης του ρέματος 2,166m.

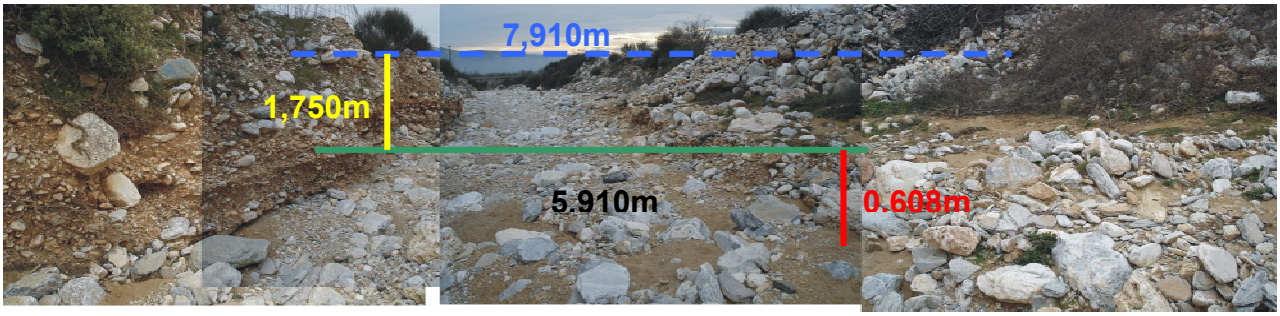
Η **θέση 8**, 115m πιο κάτω, βρίσκεται σε υψόμετρο 82,48m και έχει συντεταγμένες **E022°51΄27΄΄**, **N39°30΄35.46΄΄**. Στη μέτρηση αυτή η κοίτη του ρέματος έχει πλάτος 13,651m και βάθος 2,162m (εικόνα 7.3.8)

Εικόνα 7.3.8: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη θέση 8

Η επόμενη μέτρηση, **θέση 9** έχει συντεταγμένες **E022°51΄25.56΄΄**, **N39°30΄32.1΄΄**. το υψόμετρο του αναγλύφου είναι 74,84m. τα χαρακτηριστικά της κοίτης που φαίνονται και στην εικόνα 7.3.9, είναι τα εξής: πλάτος αρχικής κοίτης 10,126m, βάθος της μέχρι την νεότερη εκβάθυνση 1,354m, πλάτος νέας κοίτης 4,76m και το βάθος της 1,035m

Εκόνα 7.3.9: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη θέση 9

Σε απόσταση 70m, βρίσκεται η **θέση 10**, με συντεταγμένες **E022°51΄24.36΄΄**, **N39°30΄30.18΄΄**. Το υψόμετρο του αναγλύφου είναι: 72,64m. Το βάθος της διάβρωσης σταδιακά αρχίζει να μειώνεται. Έτσι στη θέση αυτή η τιμή του βάθους είναι 0,608m. Τα χαρακτηριστικά της κοίτης αναλυτικά φαίνονται στην εικόνα 3.7.10. που ακολουθεί.



Εικόνα 3.7.10: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 10**

Προχωρώντας πιο κάτω κατά μήκος της κοίτης, το βάθος της διάβρωσης γίνεται μικρότερο. Συγκεκριμένα σε απόσταση 200m, προσεγγίζοντας τη γέφυρα του επαρχιακού δρόμου στη θέση **E022°51΄24.6΄΄**, **N39°30΄21.1΄΄** (**θέση 11**), η κοίτη γίνεται πιο πλατιά και το βάθος της αρκετά μικρότερο (εικόνα 7.3.11). Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 63,66m.

Εικόνα 7.3.11: Κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα στη **θέση 11**. Πλάτος κοίτης 8,45m, βάθος κοίτης 0,15m (στη γέφυρα του επαρχιακού δρόμου της περιοχής, στο βάθος φαίνεται ο ορεινός όγκος του Μαυροβουνίου)

Τέλος, προχωρήσαμε μέχρι τις εκβολές του ρέματος Βαθύρεμα σε απόσταση 500m. Τα υλικά στην κοίτη, σε όλο αυτό το μήκος γινότανε σταδιακά μικρότερα, δεν παρατηρείται διάβρωση και υπάρχει πληθώρα λεπτόκοκκου υλικού (Εικόνα 7.3.12.). Το υψόμετρο στο σημείο που εκβάλει το ρέμα είναι 47,28m, ενώ οι συντεταγμένες είναι **E022°51΄03.2΄΄**, **N39°30΄12.3΄΄**.

Εικόνα 7.3.12.:Κοίτη στις εκβολές του ρέματος Βαθύρεμα στον νέο ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλας

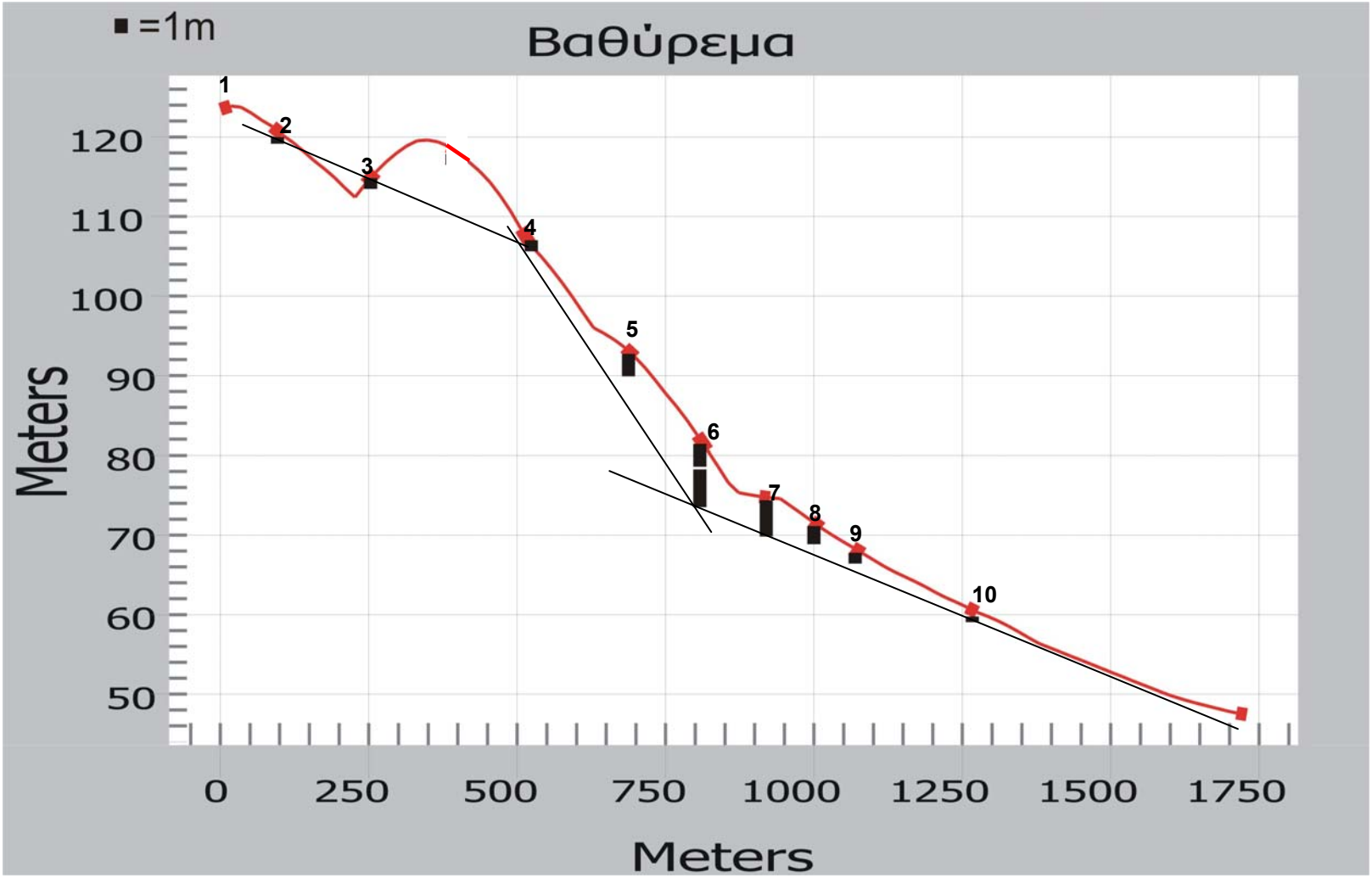
Έπειτα, από επεξεργασία όλων των στοιχείων που συλλέχτηκαν από την υπαίθρια έρευνα για την κοίτη του ρέματος Βαθύρεμα και με την βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM), δημιουργήθηκε το μορφολογικό προφίλ της κοίτης.(Σχήμα 7.2.3). Η κλίση της κοίτης του ρέματος είναι 6,6%.

Πίνακας 7.3.1: Στον πίνακα παρατίθενται συγκεντρωτικά στοιχεία για το ρέμα Βαθύρεμα

Μήκος ρέματος που μελετήθηκε	1.750m
Μέγιστο βάθος διάβρωσης	2,162m
Υψόμετρο που φτάνει η διάβρωση	120m
Χαμηλότερο υψόμετρο διάβρωσης	63,66m

Συνοπτικά για το ρέμα Βαθύρεμα, μετρήθηκαν διαφορετικά επεισόδια διάβρωσης, αλλά πρόκειται για παλιότερες αναβαθμίδες οι οποίες δεν συνδέονται με τις πρόσφατες αλλαγές στην περιοχή, μετά την αποξήρανση. Η μεγάλη κλίση του ρέματος σε συνδυασμό με τα σκληρά πετρώματα και το μικρό χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την αποξήρανση, έδρασαν ανασταλτικά στις διαβρωτικές διεργασίες.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



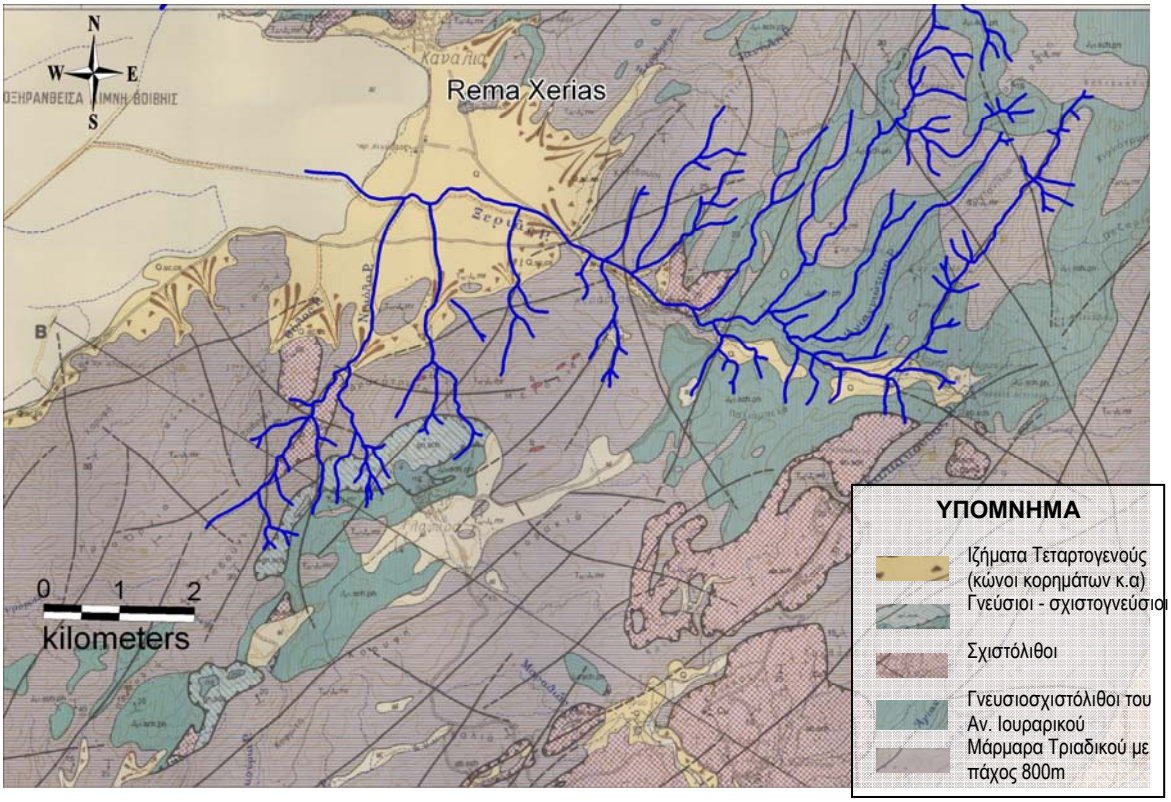
Σχήμα 7.3.3.: Μορφολογικό προφίλ του ρέματος Βαθύρεμα. Έχουν τοποθετηθεί οι μετρήσεις από όλες τις θέσεις. Με το κόκκινο χρώμα συμβολίζεται οι θέσεις που πάρθηκαν μετρήσεις, και με το μαύρο οι μετρήσεις για τα επεισόδια της διάβρωσης που καταγράφηκαν. Όλες οι μετρήσεις έχουν τοποθετηθεί με βάση την κλίμακα που αναγράφεται στο διάγραμμα.

7.4 Ρέμα Ξεριάς

Το ρέμα Ξεριάς βρίσκεται στα νότιο-ανατολικά της περιοχής μελέτης λίγο μετά το χωριό Κανάλια. Η ακριβής θέση του ρέματος Ξεριάς, όπως εντοπίστηκε σε επαρχιακό δρόμο της περιοχής, είναι **E022^{o} 52΄ 49.97΄΄, N39^{o} 28΄ 25.99΄΄**.Πρόκειται για ένα ρέμα, που σε αντίθεση με τα προηγούμενα, προκαλεί κατά καιρούς πλημμύρες στις γύρω περιοχές, με πιο πρόσφατη αυτή που προκλήθηκε από τις μεγάλες βροχοπτώσεις την περίοδο 8 – 12 Οκτωβρίου 2006.

Χαρακτηριστικά ρέματος Ξεριάς.

Το ρέμα Ξεριάς έχει επίσης αναπτυχθεί σε σχηματισμούς της Πελαγονικής Ζώνης, όπως και τα προηγούμενα ρέματα. Πιο συγκεκριμένα, οι σχηματισμοί πάνω στους οποίους αναπτύσσονται οι κλάδοι του και σύμφωνα με την ηλικία τους από τα παλαιότερα προς τα νεότερα είναι οι εξής: σε όλο το εύρος λεκάνης του και σε διάσπαρτες θέσεις υπάρχουν εμφανίσεις του Ηωελληνικού τεκτονικού καλύμματος. Πρόκειται για σχιστολίθους αμφιβολιτικούς – επιδοτιτικούς που το μέγιστο πάχος τους δεν ξεπερνά τα 300m. Σχηματισμός του Ηωελληνικού καλύμματος που εμφανίζεται κατά θέσεις είναι και οι γνεύσιοι – γνευσιοσχιστόλιθοι, με άστρωτο έως παχυστρωματώδη χαρακτήρα και το μέγιστο πάχος τους φτάνει τα 500m. Ακολουθούν σχηματισμοί του Ανώτερου Ιουρασικού που είναι μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι – φυλλίτες και αποτελούν την προς τα πάνω κανονική εξέλιξη των μεσοανωτριαδικών – ανωιουρασικών μαρμάρων, με πάχος που φτάνει τα 200m. Ένα μεγάλο κομμάτι του ρέματος όμως, αναπτύχθηκε σε μάρμαρα του Μέσου – Ανώτερου Τριαδικού – Ανώτερου Ιουρασικό. Πρόκειται για μάρμαρα που καταλαμβάνουν εξ ολοκλήρου το νότιο τμήμα του Μαυροβουνίου και το πάχος τους κατά θέσεις υπερβαίνει τα 800m. Είναι μεσοστρωματώδη, κατά θέσεις παχυστρωματώδη, έντονα καρστικά, χρώματος κυανότεφρου έως μελανότεφρου, βιτουμενούχα, με παρεμβολές δολομιτικών μαρμάρων και κρυσταλλικών δολομιτών κυρίως στα κατώτερα μέλη τους. (Σχήμα 7.4.1)

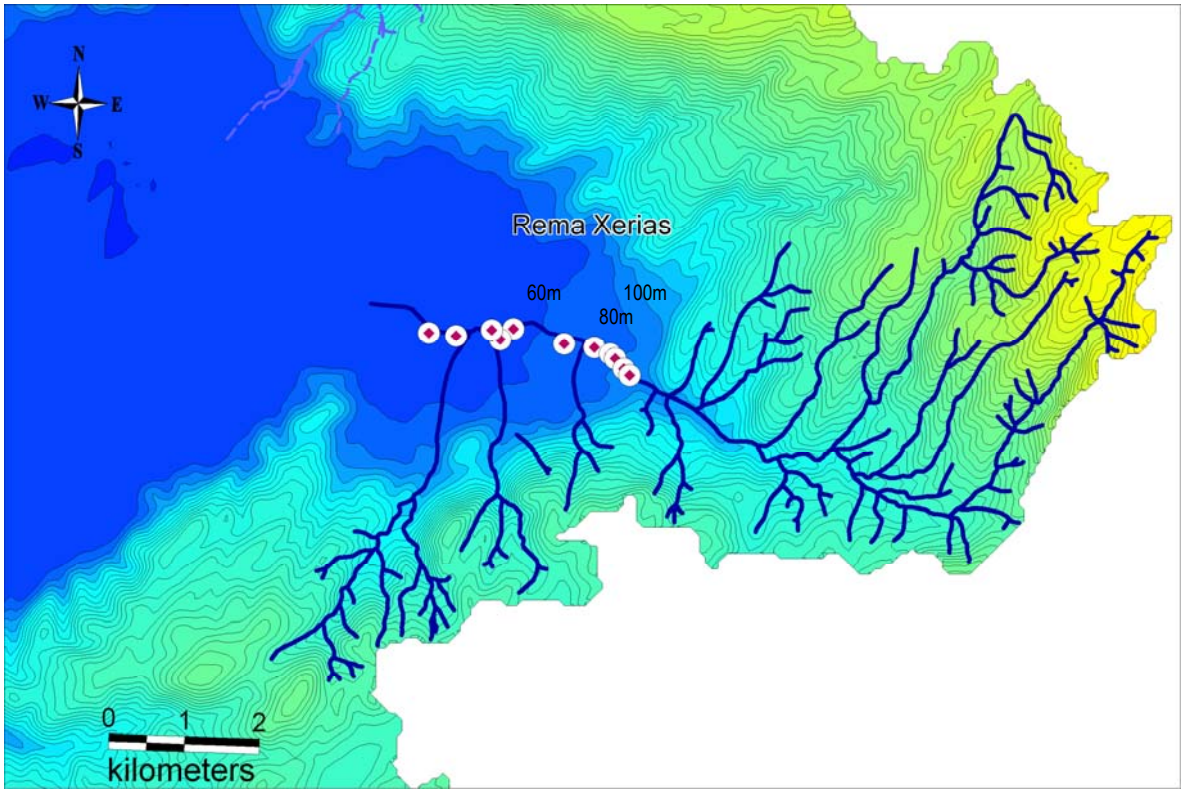


Σχήμα 7.4.1: Γεωλογικό σκαρίφημα που φαίνονται οι σχηματισμοί πάνω στους οποίους αναπτύσσεται το ρέμα Ξεριάς (τμήμα του γεωλογικού χάρτη φύλλο Βόλος, ΙΓΜΕ)

Στην κάτω ρου του ρέματος αναπτύσσονται ιζήματα του Τεταρτογενούς. Πρόκειται για παλαιούς κώνους κορημάτων ηλικίας Αν. Πλειστοκαίνου, που συνίστανται από αδρομερή υλικά με κροκαλολατύπες ποικίλου μεγέθους. Στη συνέχεια αναπτύσσονται πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις, που η σύστασή τους είναι ανοικτότεφρα ασύνδετα υλικά από αργίλους άμμους και κροκαλολατύπες που αποτέθηκαν στη λεκάνη της Κάρλας. Στις παρυφές της λεκάνης τα υλικά είναι περισσότερο αδρομερή ενώ προς το κέντρο γίνονται βαθμιαία λεπτομερέστερα. (σχήμα 7.4.1)

Το μήκος του κεντρικού κλάδου του ρέματος $5^{ης}$ τάξης, είναι 7,164 km, ενώ το εμβαδόν της λεκάνης απορροής της περιοχής που αποστραγγίζει, είναι 42,27 km^2.

Στο σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 7.4.2), φαίνονται όλες οι θέσεις για τις οποίες έγινε αναφορά παραπάνω αναλυτικά και χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του μορφολογικού προφίλ



Σχήμα 7.4.2: Θέσεις που μελετήθηκαν οι διεργασίες της κοίτης του ρέματος Ξεριάς

Η θέση της κοίτης που συναντήσαμε την επαφή του αλλουβιακού ριπιδίου με το υπόβαθρο, είναι **E022°54΄20,86΄΄**, **N39°28΄07,68΄΄**. Αυτή είναι και η θέση (**θέση 1**) από την οποία ξεκίνησε η μελέτη στην κοίτη του συγκεκριμένου ρέματος. Το κομμάτι της κοίτης που μελετήθηκε έχει μήκος 3 km.

Το ρέμα Ξεριάς αποτελεί επίσης ένα από τα ρέματα που εκβάλει ελεύθερα στο νέο ταμιευτήρα της Κάρλας, χωρίς ανθρώπινες επεμβάσεις. Αυτό επέτρεψε την μελέτη του μέχρι και τις εκβολές του.

Η μορφολογία της κοίτης στη θέση 1 φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί (εικόνα 7.4.1**).** Το υψόμετρο του αναγλύφου της κοίτης στη θέση της επαφής του υποβάθρου με το αλλουβιακό ριπίδιο είναι: 84,36m.

Εικόνα 7.4.1: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη θέση 1. Επαφή με το ασβεστολιθικό υπόβαθρο, υψόμετρο αναγλύφου 84,36m. Στη θέση αυτή το πλάτος της κοίτης είναι 13,892m, ενώ το βάθος είναι 2,528m

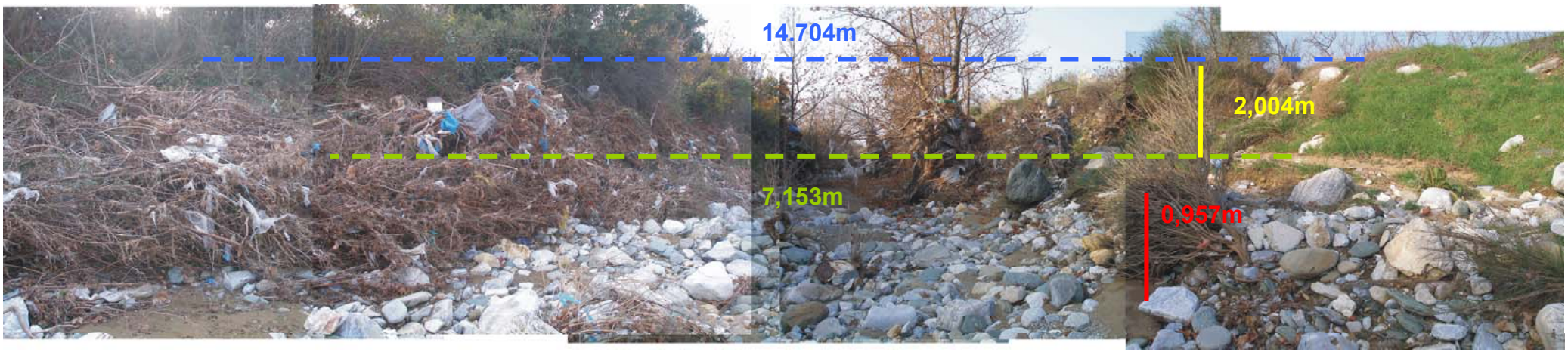
Η επόμενη μέτρηση (**θέση 2**), είναι λίγο μετά την επαφή με το υπόβαθρο. Το υψόμετρο είναι 80,76m, ενώ οι συντεταγμένες της θέσης είναι: **E022°54΄29,64΄΄**, **N39°28΄20,82΄΄**. (Εικόνα 7.4.2)

Εικόνα 7.4.2: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη **θέση 2**, διάβρωση κατά βάθος δεν παρατηρείται. Παρόλα αυτά η κοίτη όμως παρουσιάζει εγκιβωτισμό. Πιο συγκεκριμένα το βάθος της κοίτης είναι 3,268m ενώ το πλάτος της κοίτης είναι 11,262m

Η επόμενη μέτρηση (**θέση 3**), απέχει 200m από την θέση 2. Η μορφολογία της κοίτης δεν αλλάζει ιδιαίτερα. Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 78,23m, ενώ η ακριβής θέση είναι: **E022°54΄21,9΄΄**, **N39°28΄28΄΄**. Το πλάτος της κοίτης είναι 11,318m, ενώ παρατηρείται μια αναβαθμίδα σε βάθος 1,17m. Το νέο πλάτος της κοίτης είναι 10,256m και το βάθος της 0,91m. Πιο αναλυτικά τα παραπάνω φαίνονται στην εικόνα 7.4.3.

Εικόνα 7.4.3.: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη **θέση 3**. Παρατηρείται μια αναβαθμίδα σε ύψος 0,91m. Επειδή η μελέτη κατά μήκος της κοίτης του ρέματος Ξεριά πραγματοποιήθηκε μετά τα έντονα καιρικά φαινόμενα του Οκτωβρίου 2006, αυτή η διαφοροποίηση είναι πιθανό να οφείλεται σε αυτά.

Σε απόσταση 320m, κατά μήκος της κοίτης πάρθηκε η επόμενη μέτρηση (**θέση 4**), με ακριβή θέση **E022°54΄10,2΄΄**, **N39°28΄32,7΄΄**και υψόμετρο 73,78m. Η κοίτη στη θέση αυτή γίνεται πιο πλατιά. Συγκεκριμένα το πλάτος της φθάνει τα 14,704m (εικόνα 7.4.4).

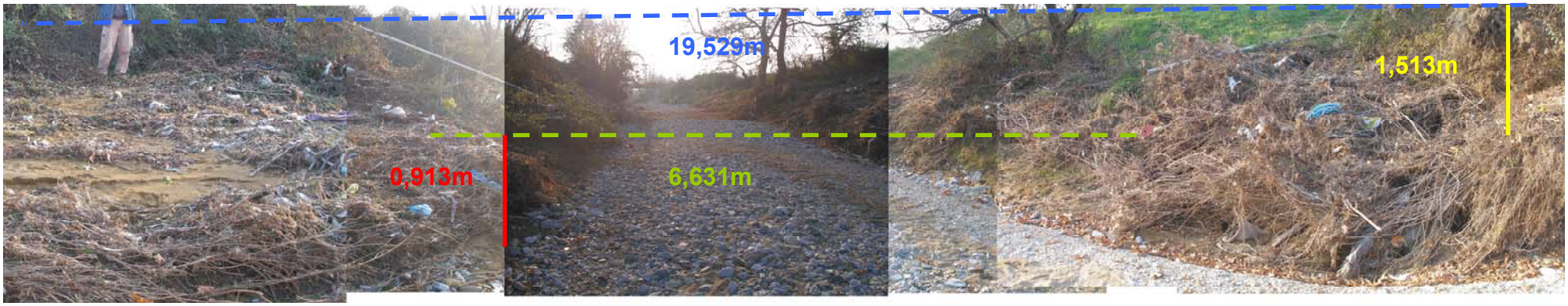


Εικόνα 7.4.4.: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη **θέση 4**. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν φαίνονται αναλυτικά στο σχήμα. Εντύπωση κάνει η πληθώρα των υλικών που αποτέθηκαν από τα πλημμυρικά επεισόδια του Οκτώβρη.

Η επόμενη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στη **θέση 5,** σε απόσταση 370m από τη θέση 4. Οι συντεταγμένες της θέσης είναι **E022°53΄53,22΄΄**, **N39°28΄34,14΄΄**ενώ το υψόμετρο είναι 65,04m. Η κοίτη στη θέση 5 έχει πλάτος 26,788m (εικόνα 7.4.5)

Εικόνα 7.4.5: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη **θέση 5**. Πλάτος κοίτης 26,788m. Με διαφορετικούς χρωματισμούς φαίνονται οι διαφορετικές επιφάνειες που διαμορφώθηκαν από τα δράση του χειμάρρου. Παρατηρείται πληθώρα υλικών σε όλο το εύρος της κοίτης ενώ η νεότερη κοίτη που διαμόρφωσε το ρέμα έχει πλάτος 11,91m.

Προχωρώντας και σε απόσταση 600m από τη θέση 5, πραγματοποιήθηκε μέτρηση στη **θέση 6.** το υψόμετρο που μετρήθηκε για τη θέση αυτή είναι 55,65m. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι μετρήσεις πάρθηκαν και από ενδιάμεσες θέσεις για τα 600m που διανύθηκαν. Έπρεπε όμως να γίνει επιλογή των πιο αντιπροσωπευτικών θέσεων, για το λόγο αυτό και παραλήφθηκαν.



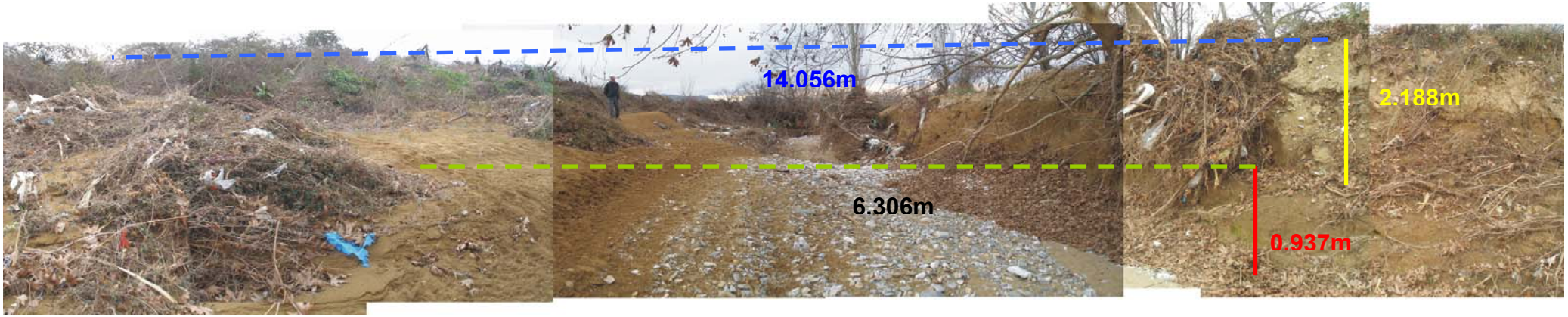
Εικόνα 7.4.6: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη θέση 6

Η ακριβής θέση που καταγράφηκε είναι **E022°53΄24,9΄΄**, **N39°28΄40,56΄΄**. Η κοίτη που διαμορφώθηκε πιο πρόσφατα έχει πλάτος 6,631m και βάθος 0,913m. Όπως και στις προηγούμενες θέσεις, έτσι και εδώ δεν παρατηρείται κατά βάθος διάβρωση

Προσεγγίζοντας τη **θέση 7**, σε απόσταση 220m από τη θέση 6, παρατηρήθηκε πως η μορφολογία της κοίτης δεν διαφέρει από τις προηγούμενες θέσεις. Παρατηρείται όμως απόθεση λεπτόκοκκου υλικού στο εσωτερικό της. Το ρέμα όχι μόνο δεν διαβρώνει αλλά έχει αρχίσει να αποθέτει. Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 54,08m. Ενώ η ακριβής θέση είναι: **E022°53΄17,76΄΄**, **N39°28΄35,52΄΄** (εικόνα 7.4.7)

Εικόνα 7.4.7: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη θέση 7. Στα φυτά που αναπτύχθηκαν παραπλεύρως της κοίτης εύκολα μπορεί κανείς να παρατηρήσει το ύψος του νερού από τις πλημμύρες του Οκτώβρη.

Σε απόσταση 110 m περίπου από την θέση 7, πραγματοποιήθηκαν νέες μετρήσεις στη **θέση 8**. Το υψόμετρο στη θέση αυτή φτάνει τα 53m. Εντύπωση κάνουν το ύψος των πλευρικών αποθέσεων μετά τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που καταγράφηκαν στην περιοχή, ως αποτέλεσμα των βροχοπτώσεων του Οκτώβρη. Οι συντεταγμένες της θέσης είναι **E022°53 ,215΄**, **N39°28 ,588΄** . Τα χαρακτηριστικά της θέσης αναγράφονται αναλυτική στην εικόνα 7.4.8 που ακολουθεί.



Εικόνα 7.4.8: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη θέση 8. Άνοιγμα κοίτης (μπλε γραμμή) 14,056m, συνολικό βάθος κοίτης 3,645m με μια ενδιάμεση αναβαθμίδα (πράσινη γραμμή). Παρόλη την ένταση των φαινόμενων λόγω των βροχοπτώσεων του Οκτώβρη, πλευρικά της κοίτης υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση λεπτόκοκκου υλικού.

Επόμενη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στη **θέση 9**, 210m από τη θέση 8 Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 49m. Οι συντεταγμένες της θέσης είναι **E022°52 ,885΄**, **N39°28 ,613΄.** Η μορφολογία της κοίτης δεν έχει αλλάξει πολύ από την προηγούμενη μέτρηση. Αναλυτικά οι μετρήσεις φαίνονται στην εικόνα 7.4.9 που ακολουθεί.

Εικόνα 7.4.9: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στη θέση 9, άνοιγμα κοίτης 11,566m, συνολικό βάθος 1,957m, αναβαθμίδα με πλάτος 6,750m.

Στις 4 τελευταίες μετρήσεις παρατηρήθηκε πως αλλαγή στην μεταφορική ικανότητα του χειμάρρου Ξεριά. Πιο συγκεκριμένα, ενώ το ρέμα αρχικά διέβρωνε λεπτόκοκκα υλικά όπως φαίνεται από τις όχθες της κοίτης του, κατά την υπαίθρια έρευνα εντοπίστηκαν στο εσωτερικό της κοίτης χονδρόκοκκα φερτά υλικά.

Η τελευταία μέτρηση για το ρέμα Ξεριάς έγινε στη **θέση 10** η οποία βρίσκεται σε απόσταση 280m από την προηγούμενη θέση 9. Η κοίτη είναι κατά πολύ μικρότερη από τις προηγούμενες θέσεις ενώ στο εσωτερικό της δεν υπάρχουν χονδρόκοκκα υλικά αλλά μόνο άμμος (εικόνα 7.4.10). Το υψόμετρο είναι 47,29m και οι συντεταγμένες της θέσης είναι **E022°52 ,631΄**, **N39°28 ,634΄**.

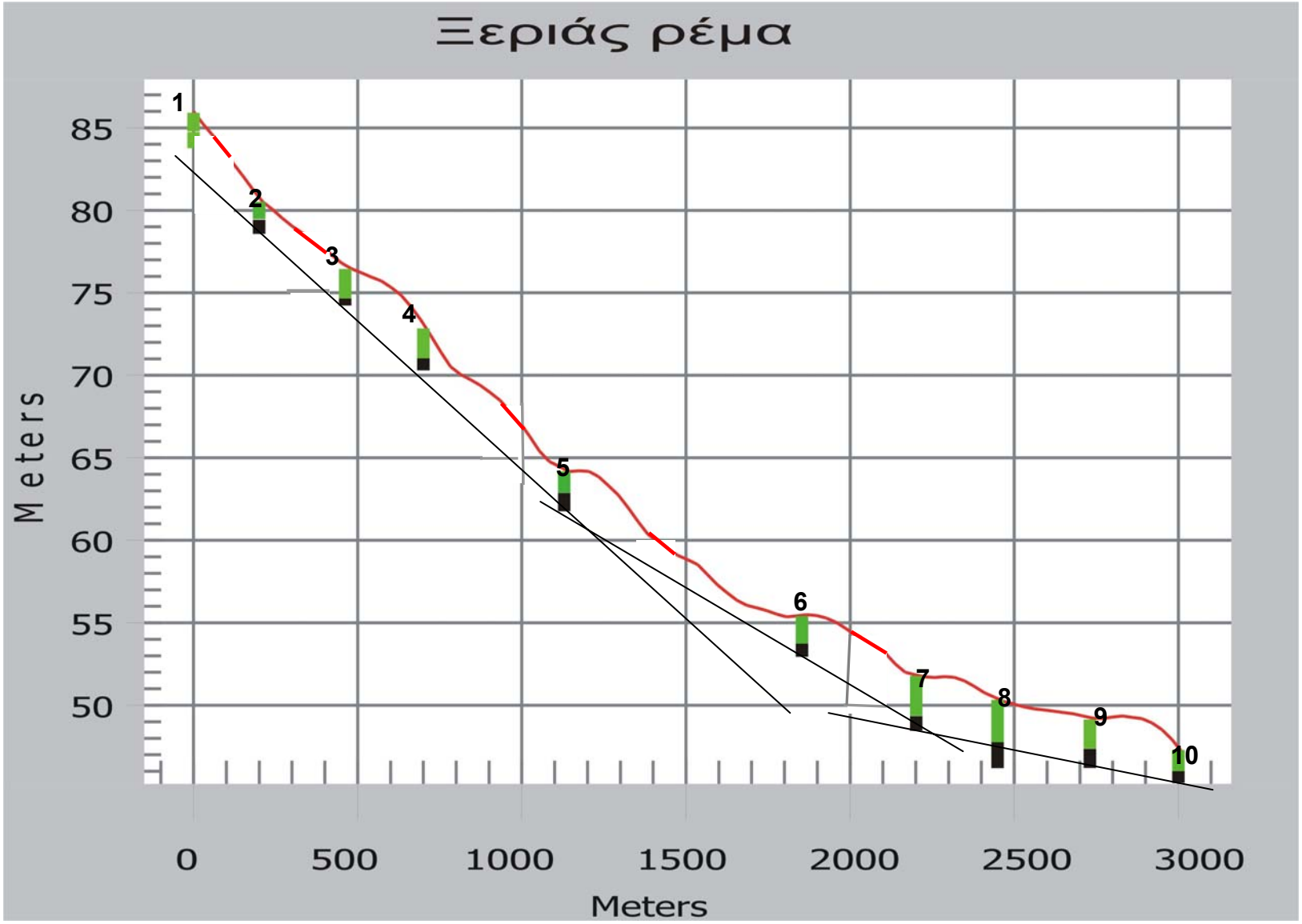
Εικόνα 7.4.10: Κοίτη του ρέματος Ξεριάς στην τελευταία θέση μέτρησης για το ρέμα Ξεριάς, θέση 10.

Από την επεξεργασία όλων των στοιχείων που συλλέχτηκαν από την υπαίθρια έρευνα για την κοίτη του ρέματος Ξεριάς και με την βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM), δημιουργήθηκε το μορφολογικό προφίλ της κοίτης.(Σχήμα 7.4.3).

Από την επεξεργασία του μορφολογικού προφίλ, υπολογίστηκε η κλίση της κοίτης του ρέματος που είναι ίση με 1,8%.

Πίνακας 7.3.1: Στον πίνακα παρατίθενται συγκεντρωτικά στοιχεία για το ρέμα Ξεριάς

Μήκος ρέματος που μελετήθηκε	3.000m
Υψόμετρο που βρίσκεται η επαφή με το υπόβαθρο	84,36m
Χαμηλότερο υψόμετρο θέσης που μετρήθηκε	47,29m



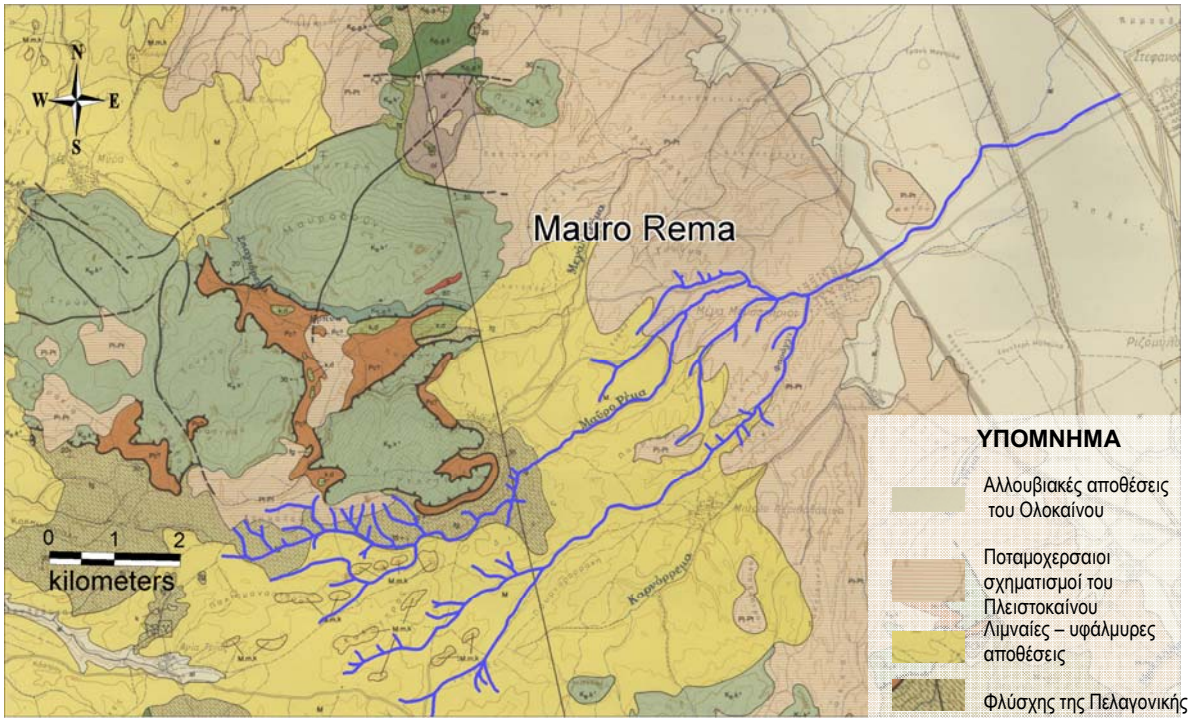
Σχήμα 7.4.3.: Μορφολογικό προφίλ του ρέματος Ξεριάς. Έχουν τοποθετηθεί οι μετρήσεις από όλες τις θέσεις και αυτές που δεν αναφέρθηκαν. Με το μαύρο χρώμα συμβολίζεται τα πιο πρόσφατα επεισόδια που καταγράφηκαν και που διαμόρφωσαν την κοίτη. Όλες οι μετρήσεις έχουν τοποθετηθεί με βάση την κλίμακα που αναγράφεται στο διάγραμμα.

7.5 Ρέμα Μαυρόρεμα

Το ρέμα Μαυρόρεμα είναι το μόνο από τα πέντε ρέματα που καταλήγουν στην περιοχή της τέως λίμνης Κάρλας, το οποίο αναπτύσσεται δυτικά της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης. Η ακριβής θέση του, όπως το συναντήσαμε λίγο μετά την νέα εθνική οδό Θεσσαλονίκης - Αθήνας, είναι **E022^{o} 41΄ 11.1΄΄, N39^{o} 26΄ 27.5΄΄**. Πρόκειται για ένα ρέμα, το οποίο μετά από τις έντονες βροχοπτώσεις της περιόδου 8 – 12 Οκτωβρίου 2006, δραστηριοποιήθηκε προσσεγγίζοντας το νέο προφίλ ισορροπίας.

Χαρακτηριστικά ρέματος Μαυρόρεμα.

Το ρέμα Μαυρόρεμα έχει επίσης αναπτυχθεί σε σχηματισμούς της Πελαγονικής ζώνης όπως και τα προηγούμενα ρέματα αλλά το μεγαλύτερο μέρος του αναπτύσσεται πάνω σε ιζήματα του τεταρτογενούς .



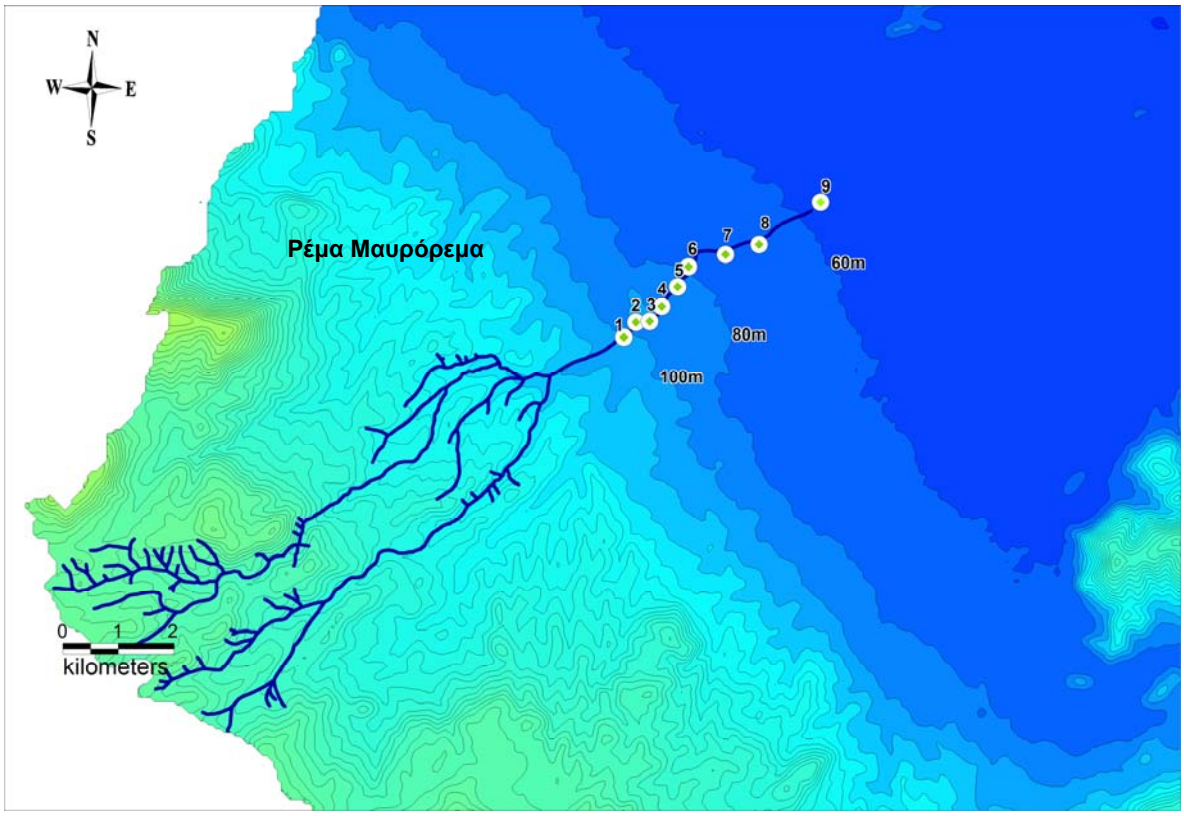
Σχήμα 7.5.1: Γεωλογικό σκαρίφημα που φαίνονται οι σχηματισμοί πάνω στους οποίους αναπτύσσεται το ρέμα Μαυρόρεμα (τμήμα του γεωλογικού χάρτη, φύλλο Βελεστίνο, ΙΓΜΕ)

Στην κάτω ρου του ρέματος αναπτύσσονται ιζήματα του Τεταρτογενούς. Πρόκειται αρχικά για ολοκαινικές αλλουβιακές προσχώσεις πεδινών περιοχών από αργιλλοαμμώδη υλικά ποικίλης λιθολογικής σύστασης, πλευρικά κορήματα και

κώνους κορημάτων, χειμαρρώδεις αναβαθμίδες και αποθέσεις της αποξηρανθείσας λίμνης Κάρλας. Υπάρχουν επίσης ποταμοχερσαίοι σχηματισμοί χωρίς προσανατολισμό, ποικίλης λιθολογική σύστασης. Μεγάλο τμήμα του ρέματος αναπτύσσεται πάνω σε λιμναίες εως υφάλμυρες αποθέσειςπου αποτελούνται από μάργες τεφρές ως υπόλευκες. Ελάχιστες είναι οι εμφανίσεις σχηματισμών της Πελαγονικής και πρόκειται μόνο για εμφανίσεις φλύσχη ο οποίος αποτελείται από λεπτο - μεσοκοκώδεις και κατά θέσεις αδρόκοκκους ψαμμίτες με παρεμβολές πηλιτών(σχήμα 7.5.1).

Το μήκος του κεντρικού κλάδου του ρέματος 4^{ης} τάξης, είναι 12,27 km, ενώ το εμβαδόν της λεκάνης απορροής της περιοχής που αποστραγγίζει, είναι 28,65 km^2.

Στο σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 7.5.2), φαίνονται όλες οι θέσεις που μελετήθηκαν στο ύπαιθρο και περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.



Σχήμα 7.5.2: Θέσεις που μελετήθηκαν οι διεργασίες της κοίτης του ρέματος Μαυρόρεμα.

Η θέση που ξεκίνησε η υπαίθρια έρευνα για το ρέμα είναι **E022^o 41΄ 17.2΄΄, N39^o 26΄ 28.9΄΄**. Αυτή είναι και η θέση (**θέση 1**) από την οποία ξεκίνησε η μελέτη στην κοίτη του συγκεκριμένου ρέματος. Το κομμάτι της κοίτης που μελετήθηκε έχει μήκος 4,80 km.

Το ρέμα Μαυρόρεμα αποτελεί επίσης ένα από τα ρέματα το οποίο κατέληγε στην τέως λίμνη Κάρλα. Μετά όμως τα αποστραγγιστικά έργα που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή, καταλήγει σε μια τάφρο λίγο έξω από το χωριό Στεφανοδίκειο. Για το λόγο αυτό και μελετήθηκε μέχρι και τις νέες εκβολές στην αποστραγγιστική τάφρο..

Εικόνα 7.5.1: Κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα στη θέση 1, λίγο μετά την εθνική οδό Αθήνα – Θεσσαλονίκη.

Σε απόσταση 346m από τη θέση 1, πραγματοποιήθηκε η επόμενη μέτρηση **θέση 2**, με συντεταγμένες **E022° 41΄ 26.5΄΄, N39° 26΄ 38.1΄΄**. Το υψόμετρο του αναγλύφου της περιοχής στη θέση αυτή σύμφωνα με τις μετρήσεις του G.P.S., είναι 99,18m. Η μορφολογία της κοίτης αποτυπώνεται στο σχήμα που ακολουθεί (εικόνα 7.5.2), όπου φαίνεται η χαρακτηριστική εικόνα V στο κέντρο της κοίτης.

Εικόνα 7.5.2: Κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα στη θέση 2, το πλάτος της πρόσφατης εκβάθυνσης της κοίτης είναι 1,889m.

Η επόμενη μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε απόσταση 250m, **θέση 3**, με συντεταγμένες **E022° 41΄ 36.7΄΄, N39° 26΄ 39΄΄** και υψόμετρο 95,88m. Τα χαρακτηριστικά της θέσης φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί, εικόνα 7.5.3.

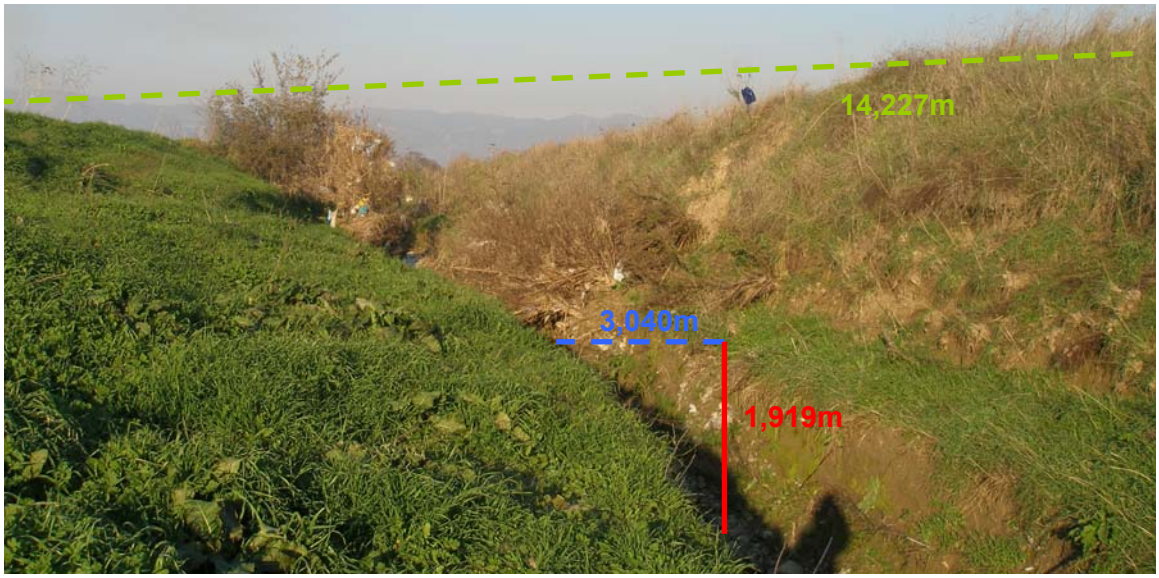
Εικόνα 7.5.3.: Κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα στη θέση 3. Στο κέντρο της κοίτης φαίνεται η νέα εκβάθυνση με πλάτος 1,496m και βάθος 1,022m, η οποία φανερώνει ότι το ρέμα στην προσπάθειά του να προσεγγίσει την νέα κατάσταση ισορροπίας διαβρώνει.

Σε απόσταση 350m από την 3η θέση, βρίσκεται η **θέση 4**. Οι συντεταγμένες της θέσης είναι **E022° 41΄ 46.2΄΄, N39° 26΄ 46.7΄΄** και το υψόμετρο του αναγλύφου είναι 92m. Στη θέση αυτή ένας κλάδος μικρότερης τάξης, ενώνεται με τον κεντρικό κλάδο 4ης τάξης του ρέματος. Στο σημείο της ένωσής τους υπάρχει υψομετρική διαφορά, η οποία οφείλεται στην διαφορετική δυναμική κλάδων (εικόνα 7.5.4). Αυτή η υψομετρική διαφορά αποτελεί και ένδειξη των πρόσφατων αλλαγών (κατά βάθος διάβρωση) στο εσωτερικό της κοίτης του ρέματος Μαυρόρεμα.

Εικόνα 7.5.4: Κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα στη θέση 4. Εικόνα από το εσωτερικό της κοίτης, στο σημείο της συμβολής των δύο κλάδων.

Εικόνα 7.5.4β, Πανοραμική εικόνα της κοίτης στη θέση 4, με όλα τα στοιχεία της κοίτης.

Συνεχίζοντας την μελέτη κατά μήκος της κοίτης του ρέματος Μαυρόρεμα, προσεγγίσαμε την επόμενη θέση, **θέση 5**. Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 82,13m και οι συντεταγμένες της είναι **E022° 42΄ 2.5΄΄, N39° 27΄ 5.3΄΄** (εικόνα 7.5.5)



Εικόνα 7.5.5: Κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα στη θέση 5.

Εικόνα 7.5.5β: Μια πιο κοντινή απεικόνιση της νέας εκβάθυνσης στο εσωτερικό της κοίτης του ρέματος στη θέση 5.

Σε απόσταση 250m από τη θέση 5, το βάθος της διάβρωσης αρχίζει να μικραίνει, ενώ ο εσωτερικός εγκιβωτισμός τύπου V, σταδιακά εξαλείφεται. Στη θέση αυτή (θέση 6) το υψόμετρο είναι 78,50m και οι συντεταγμένες της **E022^{o} 42΄ 8.0΄΄, N39^{o} 27΄ 10.9΄΄**. (εικόνα 7.5.6)

Εικόνα 7.5.6: Κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα στη θέση 6, η διάβρωση στο εσωτερικό της κοίτης στη θέση αυτή μειώθηκε σημαντικά.

Προχωρώντας και σε απόσταση 250m (θέση 7), η κοίτη γίνεται όλο και πιο ομαλή και το ρέμα ρέει στην παλιά επιφάνεια χωρίς να παρατηρείται επιπλέον διάβρωση. Αντίθετα το ρέμα ρέει ομαλά και στις όχθες του υπάρχει βλάστηση, στοιχείο που συνηγορεί στο ότι η διάβρωση σταμάτησε. Το υψόμετρο είναι 76,23m και οι συντεταγμένες της θέσης 7 **E022^{o} 42΄ 11.2΄΄, N39^{o} 27΄ 17 ΄΄** (εικόνα 7.5.7).

Εικόνα 7.5.7: Κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα στη θέση 7.

Προκειμένου να βεβαιωθεί ότι οι διαβρωτικές διαδικασίες σταμάτησαν προχωρήσαμε και πιο κάτω. Τα στοιχεία που συλλέχτηκαν επιβεβαίωσαν ότι η διάβρωση σταμάτησε. (εικόνα 7.5.8)

Εικόνα 7.5.8: Κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα λίγο πιο κάτω από τη θέση 7, όπου τα νερά του ρέματος είναι σχεδόν στεκούμενα.

Η μελέτη του ρέματος Μαυρόρεμα τελείωσε στη θέση 9 της κοίτης, όπου το ρέμα καταλήγει σε τάφρο λίγο έξω από το χωριό Στεφανοβίκειο. Ακολουθεί σχετική εικόνα (εικόνα 7.5.9).

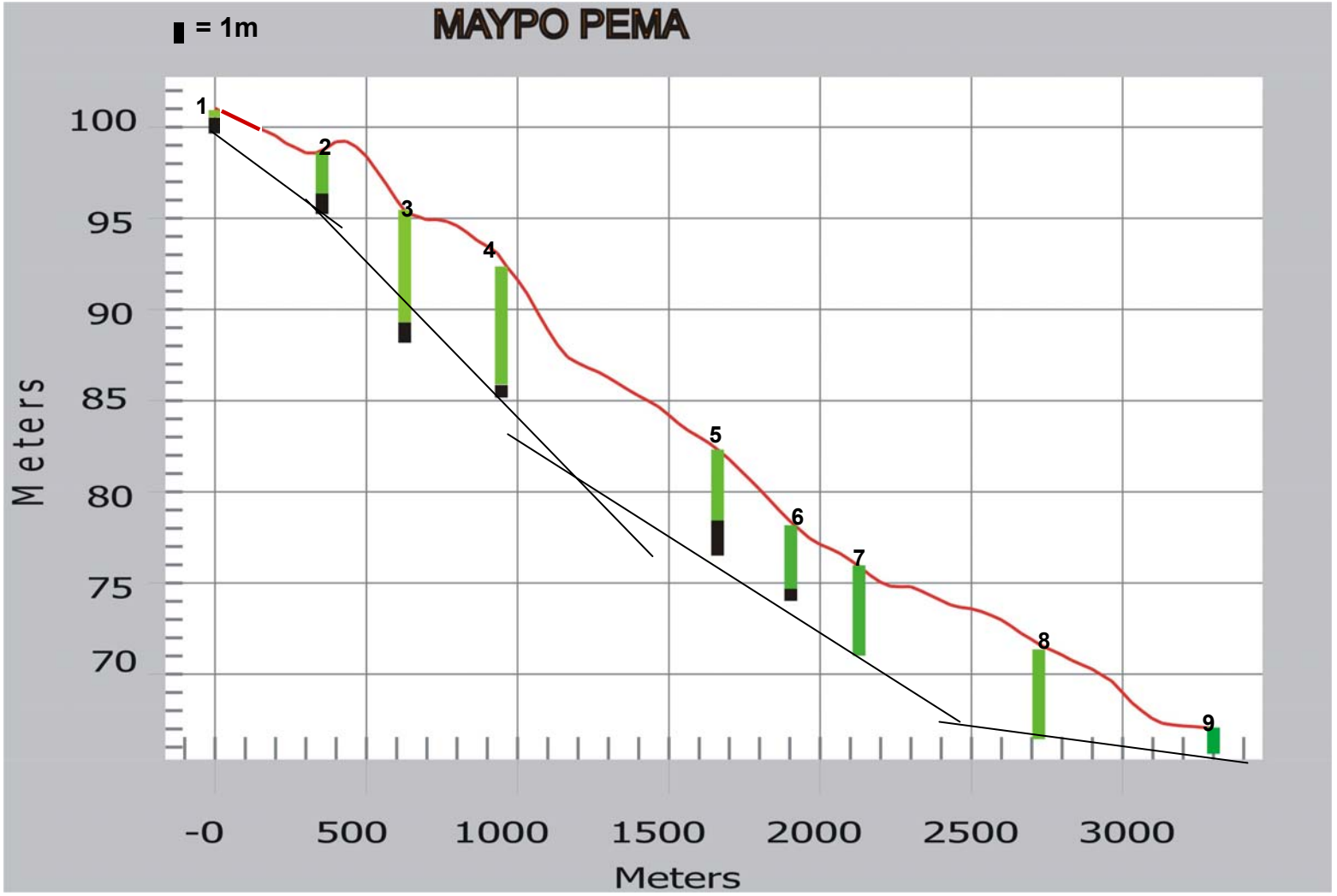
Εικόνα 7.5.9: Η κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα καταλήγει σε αποστραγγιστική τάφρος

Έπειτα, από επεξεργασία όλων των στοιχείων που συλλέχτηκαν από την υπαίθρια έρευνα για την κοίτη του ρέματος Μαυρόρεμα και με την βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM), δημιουργήθηκε το μορφολογικό προφίλ της κοίτης.(Σχήμα 7.5.3). Η κλίση της κοίτης του ρέματος, έπειτα από την επεξεργασία του μορφολογικού προφίλ, είναι ίση με 1,15%.

Στο ρέμα Μαυρόρεμα, παρατηρήθηκε χαρακτηριστική διάβρωση στο εσωτερικό της κοίτης που είναι πρόσφατη και συνδέεται με την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας. Η κλίση του ρέματος, καθώς και η σύσταση των υλικών δημιούργησαν τις προϋποθέσεις ώστε να λάβουν χώρα οι διαβρωτικές διεργασίες.

Πίνακας 7.5.5: Στον πίνακα παρατίθενται συγκεντρωτικά στοιχεία για το ρέμα Μαυρόρεμα

Μήκος ρέματος που μελετήθηκε	**3.273m**
Μέγιστο βάθος διάβρωσης	**1,919m**
Υψόμετρο που φτάνει η διάβρωση	**101m**
Χαμηλότερο υψόμετρο διάβρωσης	**76,23m**



Σχήμα 7.5.3.: Μορφολογικό προφίλ του ρέματος Μαυρόρεμα. Έχουν τοποθετηθεί οι μετρήσεις από όλες τις θέσεις. Με το πράσινο χρώμα συμβολίζεται η κοίτη όπως ήταν διαμορφωμένη και με το μαύρο οι μετρήσεις για τα επεισόδια της διάβρωσης που καταγράφηκαν. Όλες οι μετρήσεις έχουν τοποθετηθεί με βάση την κλίμακα που αναγράφεται στο διάγραμμα.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ευρύτερη περιοχή της τέως λίμνης Κάρλας μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, από την Νεολιθική εποχή μέχρι σήμερα, έχει υποστεί πολλές αλλαγές. Η σημαντικότερη αλλαγή που υπέστη είναι η αποξήρανση της λίμνης Κάρλας, από ανθρωπογενή επέμβαση, που πραγματοποιήθηκε το 1962. Οι αλλαγές αυτές επηρέασαν σημαντικά την ισορροπία της περιοχής και κυρίως την ισορροπία με τα ποτάμια συστήματα που αναπτύχθηκαν περιφερειακά.

Πρόκειται για αλλαγές στα ποτάμια συστήματα οι οποίες συνδέονται άμεσα με τις μεταβολές του τοπικού βασικού επιπέδου της περιοχής αλλά και από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις στο υδρογραφικό δίκτυο ορισμένων χειμάρρων.

Προκειμένου όμως να συσχετιστούν οι αλλαγές αυτές στις κοίτες των περιφερειακών χειμάρρων, με τις αυξομειώσεις στη στάθμη τις λίμνης Κάρλας, έγινε αρχικά λεπτομερείς ανάλυση του χαμηλού αναγλύφου της λεκάνης με την βοήθεια ενός ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου υψηλής ακρίβειας (DEM).

Από την ανάλυση αυτή προκύψανε οι εξής παρατηρήσεις:

- Αρχικά δόθηκε σαφής εικόνα των μεταβολών της λίμνης. Για κάθε διαφορετική στάθμη υπολογίστηκε ο όγκος και η επιφάνεια αυτής. Στηριζόμενοι λοιπόν στα ιστορικά – αρχαιολογικά στοιχεία που φανερώνουν πως η λίμνη κατά την Νεολιθική περίοδο είχε την μέγιστη δυνατή επιφάνεια, που οριοθετείται από την ισοϋψή των 64m, υπολογίστηκε ο όγκος της και η επιφάνεια της. Έτσι ο όγκος της λίμνης, κατά την Νεολιθική περίοδο υπολογίστηκε σε $5125x10^6$ km^3 ενώ καταλάμβανε επιφάνεια ίση με 446,6 km^2. Με το πέρας των χρόνων η λίμνη συρρικνώνονταν σαν αποτέλεσμα της μείωσης στη στάθμη της. Η μέγιστη συρρίκνωση της λίγο πριν την αποξήρανσή της, αντιστοιχεί στην ισοϋψή των 45,85 km^2, περίπου, καταλαμβάνοντας μια επιφάνεια 76,06 km^2 και όγκο $61x10^6$ km^3. Όλες αυτές οι μεταβολές στην επιφάνεια της λίμνης αντανακλούν και μια σημαντική μετατόπιση της ακτογραμμής της.

- Από την απεικόνιση έτσι των ακτών της τέως λίμνης Κάρλας, για τις διάφορες στάθμες της, παρατηρήθηκε μεγάλη μετατόπιση των ακτών κυρίως στο δυτικό τμήμα της λεκάνης. Αιτία της μεγάλης μετατόπισης στις ακτές της λίμνης αποτελεί η μορφολογία του χαμηλού αναγλύφου της

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

περιοχής της λεκάνης της τέως λίμνης Κάρλας. Ο επίπεδος πυθμένας της λεκάνης της Αν. Θεσσαλίας, στην περιοχή λίμνης της Κάρλας, είχε σαν αποτέλεσμα, ακόμα και εξαιτίας μιας μικρής αύξησης στον όγκο των εισερχόμενων υδάτων, να αυξάνεται σημαντικά η επιφάνεια της λίμνης και οι ακτές της, σε θέσεις, να μετατοπίζονται μέχρι και 4,5km (στην περιοχή του χειμάρρου Μαυρόρεμα). Στην ανατολική πλευρά όμως της λεκάνης, όπου το βύθισμα της τέως λίμνης, οριοθετείται από τον ορεινό όγκο του Μαυροβουνίου και τα συνωδά αλλουβιακά ριπίδια των χειμάρρων, που χαρακτηρίζονται από μεγάλες κλίσεις αναγλύφου, οι αυξομειώσεις στη στάθμη δεν προκάλεσαν μεγάλες μετατοπίσεις των ακτών (μέχρι 500m η μέγιστη).

- Οι μετατοπίσεις των ακτών της τέως λίμνης Κάρλας είχαν αντίκτυπο και στον τρόπο ανάπτυξης και δράσης των περιφερειακών χειμάρρων. Έτσι παρατηρήθηκε πως για τα ρέματα που αναπτύχθηκαν στον ορεινό όγκο του Μαυροβουνίου, ανατολικά της περιοχής μελέτης, εκβάλουν στην περιοχή της τέως λίμνης δημιουργώντας αλλουβιακά ριπίδια με μεγάλες κλίσεις. Τα υλικά των ριπιδίων είναι στο σύνολό τους χοντρόκκκα. Αποτελούνται κυρίως από ασβεστολιθικές κροκάλες, με μεγέθη που ποικίλουν (ογκόλιθοι και ακατέργαστες κροκάλες κοντά στην επαφή με το υπόβαθρο, ενώ στις εκβολές των χειμάρρων μικρότερης διαμέτρου κροκάλες και άμμοι). Στην δυτική πλευρά δεν παρατηρήθηκαν αλλουβιακά ριπίδια. Ένας από τους λόγους αυτής της διαφοροποίησης είναι και η μετατόπιση των ακτών. Έτσι στη δυτική πλευρά όπου ήταν μικρή οι χείμαρροι σε συνδυασμό με τις μεγάλες κλίσεις του αναγλύφου είχαν την δυνατότητα να δημιουργήσουν ριπίδια. Αντίθετα στα ρέματα που αναπτύχθηκαν δυτικά, όπου το εύρος της μετατόπισης των ακτών είναι μεγάλο και οι κλίσεις μικρές, τα υλικά που απέθεταν τα ρέματα στις εκβολές τους συμπαρασύρονταν από τη λίμνη κάθε φορά που η στάθμη ανέβαινε, έτσι δεν δημιουργήθηκαν τελικά αλλουβιακά ριπίδια στις εκβολές τους.

Σε ότι αφορά στα ποτάμια συστήματα που αναπτύχθηκαν περιφερειακά, μελετήθηκαν εκείνα που, μετά τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις που έλαβαν χώρα στην περιοχή, εξακολουθούν να εκβάλουν στην περιοχή της τέως λίμνης και επηρεάζονται άμεσα από τις αλλαγές που συντελέστηκαν στο χώρο. Πρόκειται για τα ρέματα Μπεγιάτικο, Βαγιόρεμα, Βαθύρεμα, ρέμα Ξεριάς και τέλος Μαυρόρεμα.

Από την ανάλυση των υδρογραφικών δικτύων τους, παρατηρήθηκε πως η ανάπτυξη τους επηρεάστηκε από τη λιθολογία της περιοχής αλλά με

διαφορετικό τρόπο για το κάθε ρέμα. Έτσι τα ρέματα που αναπτύχθηκαν στον ορεινό όγκο του Μαυροβουνίου, πάνω σε ασβεστολιθικά κυρίως πετρώματα και με μεγάλες κλίσεις, δηλαδή το ρέμα Μπεγιάτικο, ρέμα Βαγιόρεμα και ρέμα Βαθύρεμα, παρουσιάζουν μικρή ανάπτυξη των κλάδων τους. Για το ρέμα Ξεριάς η κατάσταση διαφοροποιήθηκε, λόγω της μεγάλης υδρολογικής του λεκάνης, ενώ το ρέμα Μαυρόρεμα, που αναπτύχθηκε ανατολικά της περιοχής μελέτης πάνω σε ιζήματα του Νεογενούς με μικρές κλίσεις, παρουσίασε επιμηκυσμένους κλάδους.

Τα 5 ρέματα, μελετήθηκαν ξεχωριστά στο ύπαιθρο. Η υπαίθρια έρευνα εστιάστηκε στο χαμηλό τμήμα της κοίτης τους, στην αναζήτηση χαρακτηριστικών σημείων καμπής της κοίτης (knick points), στα αλλουβιακά ριπίδια που λόγο σύστασης είναι πιο εύκολο να διαβρωθούν. Επιπλέον, η τελευταία στάθμη της λίμνης Κάρλας πριν την αποξήρανση ήταν περίπου 2m. Έτσι αντίστοιχη ήταν και η μεταβολή του βασικού επιπέδου. Σε συνδυασμό με το ελάχιστο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε (περίπου 40 έτη), οι διαβρωτικές διεργασίες είναι αδύνατον να ξεπεράσουν τα αλλουβιακά ριπίδια των χειμάρρων και να φτάσουν στο υπόβαθρο. Έτσι, συνοπτικά παρατηρήσαμε ότι τα ρέματα διαφοροποιούν τη δράση τους ανάλογα με τη γεωλογία της περιοχής που αναπτύχθηκαν και της κλίσης του αναγλύφου, ενώ καταλήξαμε στα εξής:

- Στα 3 από τα 5 ρέματα που αναπτύχθηκαν στον ορεινό όγκο του Μαυροβουνίου, δηλαδή στο Μπεγιάτικο, το Βαγιόρεμα και το Βαθύρεμα, δεν εντοπίστηκαν στοιχεία που να συνηγορούν στη δράση διαβρωτικών διεργασιών. Οι κλίσεις των 3 ρεμάτων είναι μεγάλες και τα μήκη των κεντρικών κλάδων τους μικρά. Σε συνδυασμό με τα υλικά, που είναι χοντρόκοκκα ασβεστολιθικής κυρίως σύστασης, και πρόκειται για ρέματα εποχιακής ροής, όλα αυτά έδρασαν ανασταλτικά στις διαβρωτικές διεργασίες. Επιπλέον οι μικρές διακυμάνσεις των ακτών της τέως λίμνης Κάρλας, στην πλευρά του Μαυροβουνίου (μέχρι 500m), δεν διατάραξαν την ισορροπία αυτών των χειμάρρων. Η ισορροπία τους διαταράχτηκε από την αποξήρανση της λίμνης αλλά ο χρόνος που μεσολάβησε είναι μικρός (40 έτη) ώστε να δοθεί σαφής εικόνα του νέου προφίλ ισορροπίας αυτών των χειμάρρων. Έτσι και στα τρία ρέματα καταγράφηκαν μόνο παλιότερες αναβαθμίδες και επεισόδια διάβρωσης.

- Στο ρέμα Ξεριάς η κατάσταση ήταν διαφορετική. Παρατηρήθηκαν πολλά διαφορετικά επεισόδια διάβρωσης στην κοίτη (αναβαθμίδες), που διαμορφώνονται και αλλάζουν συνεχώς, μιας και πρόκειται για ρέμα που

λόγο της μεγάλης υδρολογικής λεκάνης του προκαλεί συνεχείς και έντονες πλημμύρες. Η δράση του ρέματος επηρεάστηκε σημαντικά και από την μετατόπιση των ακτών της τέως λίμνης (περίπου 1,6km), από τις αυξομειώσεις της στάθμης της. Τα υλικά στην κοίτη του ρέματος (κροκάλες ποικίλου μεγέθους, άμμοι) σε συνδυασμό με την μικρή κλίση της κοίτης του (1,18%) και τη δυναμική του ρέματος επιτρέπουν τη διαμόρφωση της κοίτης και συνεπώς την δημιουργία νέων αναβαθμίδων στο εσωτερικό του.

- Τέλος το ρέμα που παρουσίασε χαρακτηριστική διάβρωση τύπου V στο εσωτερικό του είναι το ρέμα Μαυρόρεμα. Πρόκειται για ρέμα που αναπτύχθηκε πάνω σε ιζήματα. Το ρέμα αυτό επηρεάστηκε επίσης και από τη μεταβολή της στάθμης πριν την αποξήρανση της, αφού η μετατόπιση των ακτών ήταν 4,5km. Η μικρή κλίση της κοίτης του (1,15%), και τα έντονα καιρικά φαινόμενα του Οκτώβρη 2006, συντέλεσαν στην νέα διαμόρφωση της κοίτης του και δημιουργία ενός νέο προφίλ ισορροπίας.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε: **(1)** ότι τα ρέματα με μικρές κλίσεις της κοίτης του που αναπτύχθηκαν πάνω σε υλικά που διαβρώνονται εύκολα, διαμόρφωσαν νέα κοίτη προκειμένου να φτάσουν σε νέο προφίλ ισορροπίας. Αντίθετα στα ρέματα που αναπτύχθηκαν σε μεγάλες κλίσεις και σε σκληρά πετρώματα, δεν εντοπίστηκαν διαβρωτικές διεργασίες που να συνδέονται με την αλλαγή του βασικού επιπέδου από την αποξήρανση, παρά μόνο παλαιότερα επεισόδια διάβρωσης.

(2) Ότι η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της τέως λίμνης Κάρλας, έχει δεχτεί σημαντικές αλλαγές. Δύο είναι οι πιο καθοριστικές. Η πρώτη συνδέεται με τις συνεχείς μεταβολές της στάθμης της και τη συρρίκνωση της από την στάθμη των 64m, στη χαμηλότερη δυνατή πριν την αποξήρανση στάθμη των 45m (μεταβολή 20m). Τα ποτάμια συστήματα δεχόμενα την αλλαγή αυτή, στις κοίτες τους, δεν έχουν έρθει ακόμα σε ισορροπία, στοιχείο που αντανακλάται από τον εγκιβωτισμό που παρατηρείται στα αλλουβιακά ριπίδια και την παρουσία των σημείων καμπής της κοίτης (knick points) σε μεγάλα υψόμετρα. Η δεύτερη μεταβολή στο τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής, συνδέεται με την αποξήρανση της Κάρλας. Η μεταβολή αυτή, αρκετά μικρότερη από την προηγούμενη μεταβολή, της τάξης των 2m, φαίνεται να επηρέασε τα ποτάμια συστήματα που αναπτύχθηκαν κυρίως σε λεπτόκοκκα υλικά (ρέμα Μαυρόρεμα) πιο εύκολα διαβρώσιμα, και όχι σε ποτάμια συστήματα με χοντρόκοκκα υλικά και με σχετικά μικρή υδρολογική λεκάνη (ρέματα: Μπεγιάτικο, Βαγιόρεμα, Βαθύρεμα). Εξαίρεση αποτελεί το ρέμα Ξεριάς που παρόλο που δεν αναπτύχθηκε σε χαλαρά και λεπτόκοκκα υλικά, η μεγάλη

υδρολογική του λεκάνη και τα έντονα και συχνά πλημμυρικά φαινόμενα κατέστησαν δυνατό τον εντοπισμό διεργασιών διάβρωσης που συνδέονται με την πρόσφατη αποξήρανση της λίμνης Κάρλας.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Ananiadis, C. I. 1956, *Limnology study of lake Karla.* Bull. De l' Inst Oceanogr. 1083: 1-19.

Bottema, S., 1979. *Pollen analytical investigations in Thessaly (Greece). Palaeohistorica, XXI.*

Broscoe, A., (1959) *Quantitative analysis of longitudinal stream profiles of small watersheds. Techn. Report, No 18, Office of Naval Research, Geogr. Branch, Depart. Of Geology, Columbia University, New York*

Caputo, R., Bravard J., Helly B. 1994. *The Pliocene-Quaternary tectosedimentary evolution of the Larissa Plain (Eastern Thessaly, Greece)*

Demek, J., 1972, *Manual of detailed geomorphological mapping, International Geographical Union*, pp. 343.

Dikau, R., 1989, *The application of digital relief model to landform analysis. Taylor and Francis, London, pp*. 51-57

Jarvis, A., Rubiano, J., Nelson, A., Farrow, A., Mullingan, M., 2004. *Practical use o fSRTM data in the tropics – Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data.* International center for Tropical Agriculture (CIAT), Colombia, Working Document no. 198, pp.31.

Horton, R., 1945, *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology,* Geol. Soc, Amer. Bull., 56.

Keller and Pinter, 2002, *Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape. Second edition*, Prentice – Hall, Inc., New Jersey, pp. 121–124.

Strahler, A. N., 1952, '*Hypsometric (are - altitude) analysis of erosional topography',* Bulletin Geolog. Societ. Americ., 63: 1117- 1142.

Strahler, A. N., 1957, '*Quantitative analysis of watershed geomorphology'*, Trans. Am. Geo phys. Union, vol, 38, pp. 913 – 920.

Strahler, A. N., 1964, *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and channel Networks*, In CHOW, V. T., (Ed.) Handbook of Applied Hydrology, Section 14 : 54, New York.

Vertical Mapper Spatial Analysis and display software. *Tutorial (2001) Northwood Technologies inc. and Marconi Mobile Limited Canada*

Ελληνική βιβλιογραφία

Αποστολοπούλου – Κακαβογιάννη, Ο., 1979, *Τοπογραφία της περιοχής των Φερών Θεσσαλίας κατά την προϊστορική περίοδο.*

Αστάρας, Θ., 1980, *Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ. Πλευρών του όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία), (Με 4 χάρες εντός κειμένου),* Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 49 – 54, 70.

Βουβαλίδης, Κ., 2004, *Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας*, Τμήμα εκδόσεων, Πανεπιστημιακό τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη.

Βουβαλίδης Κ., Παυλόπουλος Κ., Συρίδης Γ., Μούμου Χ. 2006. *Η δυναμική εξέλιξη των ποτάμιων συστημάτων του Πηνειού και του Τιταρήσιου σε σχέση με τη μορφοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης της ανατολικής Θεσσαλίας.* Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τομ. 39, 183-194.

Γάλλης, Κ., 1989, *Άτλας προϊστορικών οικισμών της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας.*

Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), 1995, *Ο ιδεότυπος της τέως λίμνης Κάρλας, ως βάση αξιολόγησης των προταθείσων λύσεων*

κατασκευής του ομόνυμου ταμιευτήρα. Συντονιστές έκδοσης: Ζαλίδης, Γ., Δημητριάδης, Ξ., Χατζηγιαννάκης, Σ.,

Εξαρχόπουλος, Μ., 1999, *Λίμνη Κάρλα, η αποκατάσταση ενός υγροτόπου στην Ελλάδα από τους σημαντικότερους της Ευρώπης,* Βόλος.

ΙΓΜΕ 1964, (Πλαστήρας Β.,) *Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Λάρισα, κλίμακας 1: 50.000.*

ΙΓΜΕ 1976-1977 (Κατσικάτσος Γ., Μυλωνάκη Ι., Βιδάκη Μ., Παπαδέα Γ., Hecht J.,) *Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Βόλος, κλίμακας 1 : 50.000,*.

ΙΓΜΕ 1977-1978 (Κατσικάτσος Γ., Βιδάκη Μ., Μιγκίρο Γ.,) *Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Πλατύκαμπος, κλίμακας 1 : 50.000,*.

ΙΓΜΕ 1977-1978 (Κατσικάτσος Γ., Μυλωνάκη Ι., Τριανταφύλλη Ε., Παπαδέα Γ., Ψώνη Κ.,) *Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Βελεστίνο, κλίμακας 1 : 50.000.*

ΙΓΜΕ 1978-1979 (Μιγκίρος Γ., Βιδάκη Μ.,) *Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Αγιά – Παναγιά Αγιάς, κλίμακας 1:50.000*.

ΙΓΜΕ 1980-1982 (Μπορνόβας Ι., Φιλλιπάκης Ν.,) *Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Φάρσαλα, κλίμακας 1:50.000.*

Καραναστάσης, Π., 2004, *Διερεύνηση των μηχανισμών λειτουργίας της λίμνης Κάρλας.* Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.

Κωνσταντινίδης, Δ., 1985, *Η ιζηματογένεση και η ηλικία της αποξηραμένης λίμνης Κάρλας*. Πρακτικά 3ου συνεδρίου. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τομ ΧΧ/2, σελ 209-222. Αθήνα.

Μπαμπατζιμόπουλος, Χ., Αντωνόπουλος, Β., (1990), *Υδρολογικά στοιχεία της τέως λίμνης Κάρλας. Προστασία και διαχείρηση των Ελληνικών υγροτόπων.* Πρακτικά συνεδρίου Συνάντησης Εργασίας για τους Ελληνικούς Υγροτόπους, Απρίλιος 1989. Σελ467-502. WWF, Εργαστήριο Οικολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ., IUCN. Θεσσαλονίκη.

Μουντράκης, Δ., 1985, *Γεωλογία της Ελλάδας,* Θεσσαλονίκη, σελ. 98 -108.

Παράσχου, Θ., 2005, *Η γεωμορφολογική εξέλιξη της κοιλάδας του Ίναχου ποταμού της Φθιώτιδας, παραπόταμου του Σπερχειού ποταμού,* Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.

Παληκαρίδου, Α., 1998, *Οι παλαιοακτές της τέως λίμνης Κάρλας,* Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.

Πεχλιβανίδου, Σ., 2007, *Η γεωμορφολογία της νήσου Σκύρου και η επίδρασή της στις χρήσεις γης*. Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.

Ρούσκας, Γ., 2001, *Η επιστροφή της λίμνης Κάρλας,* Αθήνα.

Σούλιος, Γ., 1986, *Γενική υδρογεωλογία*, Πρώτος τόμος, University Studio Press

Σωτηριάδης, Λ. & Ψιλοβίκος, Α., 1984, *Ασκήσεις Γεωμορφολογίας*, Α.Π.Θ., Υπηρεσία δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, σελ. 22 - 38.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 1994, *Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο δέλτα του ποταμού Αχελώου από την εκτροπή του στη Θεσσαλία,* Αθήνα.

Φασούλα, Α., 2007, *Διερεύνηση της σχέσης βροχής – απορροής στο χειμαρρικό ρεύμα «Κραυσίδωνα» μετά από την βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006,* Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Χατζηλάκος, Γ., 1992, *Η τέως λίμνη Κάρλα και η αποκατάστασή της.*

Ψιλοβίκος, Α., 1990, *Προστασία και διαχείριση των Ελληνικών Υγροτόπων,* ανάτυπο από πρακτικά Συνάντησης Εργασίας για τους Ελληνικούς Υγροτόπους, Θεσσαλονίκη, 1989.

Ψιλοβίκος, Α., Μουντράκης, Δ., Παυλίδης, Σ., 1989, *Μορφολογικές και τεκτονικές συσχετίσεις στο χώρο του Πελαγονικού τεμάχους. Πρακτικά 2^{ου} Συμποσίου Τρικαλινών Σπουδών,* τόμος 11^{ος} , Τρίκαλα.

Ψιλοβίκος, Α., 1991. *Η εξέλιξη του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας. Πρακτικά 2^{ου} Συμποσίου Τρικαλινών Σπουδών*, Τρίκαλα.

06/08/2010 Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.