



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης



Σχολή Θετικών Επιστημών – Τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Φυσικής & Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας

Διπλωματική Εργασία

**ΠΟΤΑΜΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ
ΚΟΝΤΑΡΙΚΟΥ ΛΑΚΚΟΥ (ΣΤΗ ΚΑΤΩ ΠΕΡΙΣΤΕΡΑ)
ΠΑΡΑΠΟΤΑΜΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΝΘΕΜΟΥΝΤΑ**

Διπλωματική Φοιτήτρια:

Ειρήνη Χαλκίδου

Επιβλέπων Καθηγητής:

Κωνσταντίνος Βουβαλίδης

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2019



Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τη βαθιά μου ευγνωμοσύνη στον υπεύθυνο καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας για την επιλογή αυτής της διπλωματικής εργασίας κύριο Κωνσταντίνο Βουβαλίδη που με μεγάλη προθυμία δέχτηκε να αναλάβει την επίβλεψη της. Η εμπιστοσύνη και η υποστήριξη που είχα από την αρχή και καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας ήταν αμέριστη και οι οδηγίες του καθοριστικές για την ολοκλήρωσή της. Ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από τη καρδιά μου τον κύριο Κ. Βουβαλίδη καθώς η συνεργασία αυτή στάθηκε ο λόγος όχι μόνο για την εξέλιξη μου ως προπτυχιακή γεωλόγος αλλά και κατευθυντήρια δύναμη για την επιλογή του επιστημονικού μου κλάδου μελλοντικά μέσα από την παρότρυνση, από την συμβουλές, την ενθάρρυνση, την έμπνευση και την ηθική υποστήριξη του, γεγονός για το οποίο νιώθω τυχερή και ευγνώμων. Ένας ακόμη άνθρωπος που συνέβαλε στην διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ είναι η διδακτορική φοιτήτρια κυρία Σοφία Δοάνη που πάρα το μεγάλο φόρτο εργασίας της αφιέρωσε πολύτιμο χρόνο στην υπόδειξη της μεθοδολογίας στο πεδίο έρευνας, με συστηματική υπαίθρια παρατήρηση αλλά και στην μετέπειτα εργαστηριακή ανάλυση. Με τις γνώσεις της, την εμπειρία αλλά και τη διάθεση της ξεπεράστηκε κάθε δυσκολία και εμπόδιο που συνάντησα από την αρχή έως το τέλος. Η συμβολή της αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για την επιτυχή τελειοποίηση της παρακάτω διπλωματικής εργασίας και την ευχαριστώ ιδιαίτερω. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την πίστη τους στις ικανότητες μου όλο αυτό το διάστημα, την ψυχική και υλική στήριξη που μου παρείχαν κάθε στιγμή και σε κάθε μου βήμα.



Περίληψη

Στη παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται τα ποτάμια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του χειμάρρου Κοντάρικος Λάκκος του ποταμού Ανθεμούντα που εκτείνεται από το Όρος Χορτιάτη στα Βόρεια έως και τη περιοχή της Κάτω Περιστεράς στα Νότια, όπου συμβάλει με τη κύρια κοίτη του ποταμού Ανθεμούντα. Στο πρώτο σκέλος αυτής της εργασίας παρατίθενται τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και η μορφή του υδρογραφικού δικτύου, η αρίθμηση των κλάδων του με βάση την αρίθμηση Strahler, που αντιστοιχεί σε αυτή της 3^{ης} τάξης για το Κοντάρικο Λάκκο και ο διαχωρισμός του σε άνω, μέσο και κάτω ρου. Ακολούθως, έγινε αναφορά στη ποτάμια γεωμορφολογία ενός ποταμού καθώς και σε δύο μορφοτεκτονικούς δείκτες της λεκάνης απορροής του εν λόγω ποταμού, του δείκτη ασυμμετρίας και του υψομετρικού ολοκληρώματος. Οι δείκτες έδειξαν ότι λεκάνη βρίσκεται σε στάδιο νεότητας προς ωριμότητας και ότι χαρακτηρίζεται από ανισοτροπία. Το δεύτερο σκέλος της εργασίας περιλαμβάνει τη περιγραφή της μεθοδολογίας κατά την έρευνα πεδίου, την επί τόπου (υπαίθρια) παρατήρηση της γεωμορφολογίας της κοίτης του Κοντάρικου Λάκκου, καθώς και τη δειγματοληψία εννέα δειγμάτων από αυτή. Επιπλέον, παρουσιάζεται η ιζηματολογική ανάλυση των δειγμάτων στο εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας του Α.Π.Θ. Μέρος των αποτελεσμάτων αποτελεί και η απεικόνιση γεωλογικού χάρτη της λεκάνης του υπό μελέτη ποταμού, που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος ArcGIS. Ακόμη, δημιουργήθηκε το επίμηκες προφίλ της κύριας κοίτης του Κοντάρικου Λάκκου με τη χρήση του Aster DEM.

Λέξεις κλειδιά: Ποτάμια, Γεωμορφές, Κοίτη, Χείμαρρος, Ανθεμούντας

Abstract

At the present study the examination of the fluvial geomorphological features of Kontarikos Lakos torrent (Anthemountas River) is occurred. Kontarikos Lakos is situated near to Mount Chortiatis in the North, to the area of Kato Peristera in the South, where it contributes with the main stream of Anthemountas River. In the first part of this study, the geomorphological features (production zone, transfer zone and deposition zone), Strahler stream order (which corresponds to 3rd stream order for Kontarikos Lakos) and the pattern of the stream network are reported. Furthermore, general information about fluvial geomorphology, hypsometric curve and hypsometric integral, drainage basin asymmetry was referenced. Those indicators showed that the basin of Kontarikos Lakos is between the “youthful” and the “mature” stage and the asymmetry factor implies tilt down to the West (anisotropic). At the second part of this thesis the methodology concerning the fieldwork, fluvial geomorphology observations and the sampling operations were described. In addition, the sedimentological analysis of the samples at the laboratory of Physical Geography of Aristotle University of Thessaloniki is presented. The geological map of the basin and the drainage network were constructed using ArcGIS software. Moreover, the longitudinal profile of Kontarikos Lakos was created using Aster DEM.

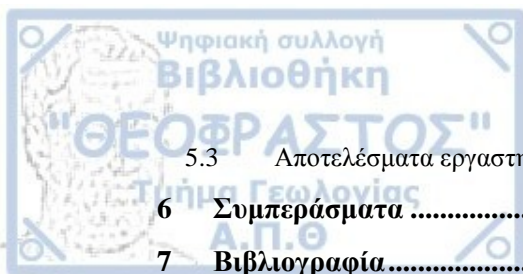


Keywords: Fluvial, Landforms, Channel, Torrent, Anthemountas



Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	i
Λίστα Εικόνων	v
Λίστα Πινάκων	v
Λίστα Γραφημάτων	vi
Λίστα Χαρτών	vii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	1
2 Γενικά στοιχεία	2
2.1 Χαρακτηριστικά υδάτινου ποτάμιου ρεύματος	2
2.2 Υδρογραφικό δίκτυο	3
2.2.1 Μορφή υδρογραφικού δικτύου	4
2.2.2 Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου	5
2.2.3 Άνω μέσος κάτω ρους	6
2.3 Ποτάμια γεωμορφολογία	7
2.3.1 Στάδιο νεότητας-ωριμότητας-γήρατος	8
2.3.2 Ποτάμιες αναβαθμίδες	10
2.4 Μορφοτεκτονικοί δείκτες υπολεκάνης απορροής	11
2.4.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής	13
2.4.2 Γεωμορφολογία της λεκάνης του Ανθεμούντα	14
2.4.3 Γεωλογία της λεκάνης	15
3 Περιοχή έρευνας Κάτω Περιστεράς	17
3.1 Γεωλογία της Κάτω Περιστεράς	17
3.2 Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής μελέτης	18
4 Μεθοδολογία	19
4.1 Έρευνα πεδίου στη περιοχή της Περιστεράς - Δειγματοληψία	20
4.2 Εργαστηριακές αναλύσεις	33
5 Αποτελέσματα	37
5.1 Αποτύπωση γεωλογικού χάρτη με τη χρήση ArcMap	37
5.2 Μορφολογικές αναλύσεις	39
5.2.1 Άνω-μέσος-κάτω ρους	39
5.2.2 Αποτελέσματα μορφοτεκτονικών δεικτών	40
5.2.3 Χάρτες	42
5.2.4 Επίμηκες προφίλ κύριας κοίτης του Κοντάρικου Λάκκου.	44



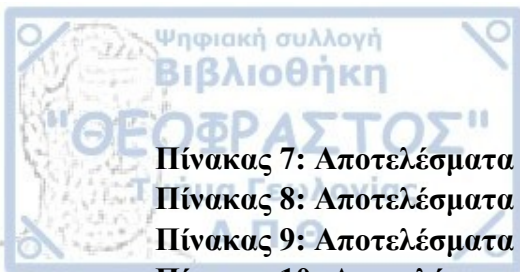
5.3	Αποτελέσματα εργαστηριακών αναλύσεων.....	44
6	Συμπεράσματα.....	49
7	Βιβλιογραφία.....	50
8	Παράρτημα.....	53

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1:	Γεωγραφική θέση υδρογραφικού δικτύου του Κοντάρικου Λάκκου (Google Earth, Ιούνιος 2019).....	2
Εικόνα 2:	Μητρικό πέτρωμα.....	22
Εικόνα 3:	Εναλλαγές στρώσεων ιζηματογενών αποθέσεων.....	23
Εικόνα 4:	Ιζήματα σειράς ερυθρών αργίλων.....	25
Εικόνα 5:	Χονδρόκοκκες αποθέσεις στο μέσο της κοίτης.....	26
Εικόνα 6:	Καταρράκτης.....	27
Εικόνα 7:	Διαβρωτική δράση του ρέματος στη πλαγιά της κοίτης και δράση της οξείδωσης των ιζημάτων.....	27
Εικόνα 8:	Ποτάμιες αναβαθμίδες κατά μήκος του Κοντάρικου Λάκκου.....	29
Εικόνα 9:	Επανεμφάνιση νερού στο ρέμα (δειγματοληψία z6).....	30
Εικόνα 10:	Περιοχή δειγματοληψίας z7,z8.....	32
Εικόνα 11:	Περιοχή δειγματοληψίας z9.....	32
Εικόνα 12:	Μέθοδος Σταυρού.....	33
Εικόνα 13:	Κόσκινα κλίμακας -2Φ έως 0,5Φ.....	35
Εικόνα 14:	Κόσκινα κλίμακας -6Φ έως -3Φ.....	35
Εικόνα 15:	Κόσκινα κλίμακας 1Φ έως 4Φ.....	35
Εικόνα 16:	Διάγραμμα για τις τιμές της σφαιρικότητας και στρογγυλότητας.....	36

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1:	Συντεταγμένες δειγμάτων.....	20
Πίνακας 2:	Διάμετρος κόκκων, τάξη μεγέθους και μέθοδος ανάλυσης στους κλαστικούς κόκκους: X = χονδρόκοκκο, M= μεσόκοκκο, Λ= λεπτόκοκκο, Π= πολύ (Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010).....	34
Πίνακας 3:	Οπτικός υπολογισμός της σφαιρικότητας και της στρογγυλότητας στους κόκκους της άμμου (Krumbein & Sloss 1963).....	36
Πίνακας 4:	Δείκτης ασυμμετρίας της Λεκάνης (AF).....	40
Πίνακας 5:	Αποτελέσματα μετρήσεων z1.....	46
Πίνακας 6:	Αποτελέσματα μετρήσεων z2.....	46



Πίνακας 7: Αποτελέσματα μετρήσεων z3	46
Πίνακας 8: Αποτελέσματα μετρήσεων z4	46
Πίνακας 9: Αποτελέσματα μετρήσεων z5	47
Πίνακας 10: Αποτελέσματα μετρήσεων z6	47
Πίνακας 11: Αποτελέσματα μετρήσεων z7	47
Πίνακας 12: Αποτελέσματα μετρήσεων z8	47
Πίνακας 13: Αποτελέσματα μετρήσεων z9	48

Λίστα Γραφημάτων

Γράφημα 1: Διάγραμμα υψομετρικού ολοκληρώματος. Στον άξονα των x το σχετικό ύψος hH , στον άξονα των y η σχετική επιφάνεια aA	41
Γράφημα 2: Επίμηκες Προφίλ Κοντάρικου Λάκκου.....	44
Γράφημα 3: Κατανομή μεγέθους δείγματος z1	53
Γράφημα 4: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z1	53
Γράφημα 5: Κατανομή μεγέθους δείγματος z2	54
Γράφημα 6: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z2	54
Γράφημα 7: Κατανομή μεγέθους δείγματος z3	55
Γράφημα 8: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z3	55
Γράφημα 9: Κατανομή μεγέθους δείγματος z4	56
Γράφημα 10: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z4	56
Γράφημα 11: Κατανομή μεγέθους δείγματος z5	57
Γράφημα 12: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z5	57
Γράφημα 13: Κατανομή μεγέθους δείγματος z6	58
Γράφημα 14: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z6	58
Γράφημα 15: Κατανομή μεγέθους δείγματος z7	59
Γράφημα 16: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z7	59
Γράφημα 17: Κατανομή μεγέθους δείγματος z8	60
Γράφημα 18: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z8	60
Γράφημα 19: Κατανομή μεγέθους δείγματος z9	61
Γράφημα 20: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z9	61



Λίστα Χαρτών

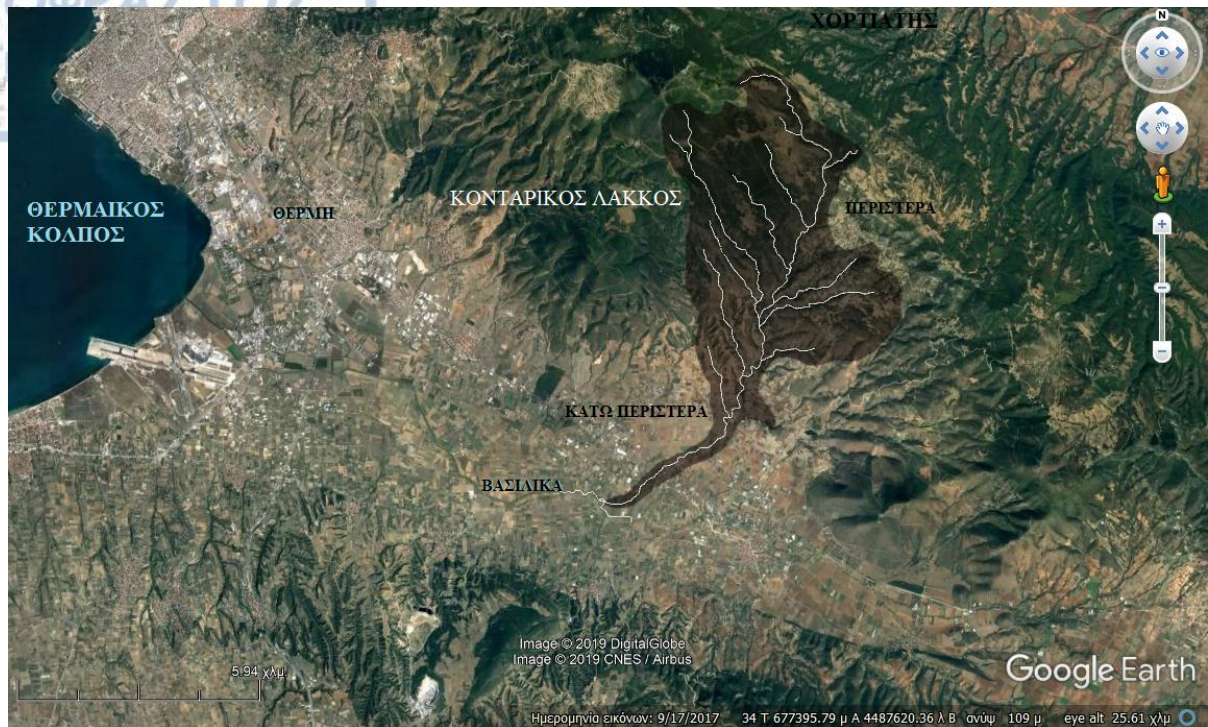
Χάρτης 1: Διάκριση της υδρολογικής λεκάνης Ανθεμούντα στις δύο κύριες υπολεκάνες απορροής μικρότερης τάξης. (Φίκος, Αντιστροφή γεωηλεκτρικών τομογραφικών δεδομένων: Εφαρμογή στη λεκάνη Ανθεμούντα, 2010) (επεξεργασμένη εικόνα).....	14
Χάρτης 2: Θέσεις δειγμάτων (Google Earth, Ιούνιος 2019).....	21
Χάρτης 3: Θέσεις δειγμάτων (Google Earth, Ιούνιος 2019).....	24
Χάρτης 4: Διαδρομή για τη δειγματοληψία z2,z3 (Google Earth, Ιούνιος 2019)...	25
Χάρτης 5: Διαδρομή για τη δειγματοληψία z4 (Google Earth, Ιούνιος 2019).....	28
Χάρτης 6: Διαδρομή για τη δειγματοληψία z6 (Google Earth, Ιούνιος 2019).....	30
Χάρτης 7: Διαδρομή για τη δειγματοληψία z7, z8, z9 (Google Earth, Ιούνιος 2019)	31
Χάρτης 8: Γεωλογικός χάρτης της υπολεκάνης του Κοντάρικου Λάκκου στη περιοχή της Κάτω Περιστεράς με τη χρήση λογισμικού ArcGIS	38
Χάρτης 9 : Διαχωρισμός άνω-μέσο-κάτω ρου του υδρογραφικού δικτύου του Κοντάρικου Λάκκου.	39
Χάρτης 10: Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου για τη λεκάνη απορροής του Κοντάρικου Λάκκου	42
Χάρτης 11: Κατανομή Προσανατολισμού	43
Χάρτης 12: Κατανομή Κλίσεων Αναγλύφου	43



1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την γεωμορφολογική και ιζηματολογική μελέτη του παραπόταμου Κοντάρικου Λάκκου του Ανθεμούντα που βρίσκεται γύρω από τη περιοχή του χωριού της Περιστεράς και είναι βασισμένη σε ερευνητική εξέταση της κοίτης, των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του ρέματος και στη συνέχεια η επεξεργασία στο εργαστήριο των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Το αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας εστιάζει στα γεωμορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά του ρέματος αυτού που βρίσκεται ΒΑ της λεκάνης του Ανθεμούντα και οριοθετείται από το Όρος Κίσσος (Χορτιάτης) στα Βόρεια και το χωριό της Κάτω Περιστεράς στα Νότια. Ο Κονταρικός Λάκκος αποτελεί ένα σημαντικό κλάδο του συνολικού δικτύου του Ανθεμούντα με μήκος κύριας κοίτης του στα 15,7 χλμ. Στόχος είναι η εξέταση του υδρογραφικού του δικτύου, η μελέτη των διαβρωτικών, μεταφορικών και αποθετικών δράσεων του παραποτάμου, και η εξαγωγή συμπερασμάτων για τις γεωμορφολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες κατά μήκος του ρέματος, παράγοντες που διαμόρφωσαν τη σημερινή του εικόνα. Για το σκοπό αυτό, όπως αναφέρθηκε, δόθηκε μεγάλη βαρύτητα στην μορφολογική ανάλυση της κοιλάδας και ιζηματολογική ανάλυση των υλικών των αποθέσεων της κοίτης. Αναπόσπαστο κομμάτι αυτής της διπλωματικής έρευνας στάθηκε η υπαίθρια παρατήρηση και η χρήση εξοπλισμού κατάλληλου για την καταγραφή των στοιχείων. Επιπλέον στόχος υπήρξε η δημιουργία γεωλογικού χάρτη της υπολεκάνης αποστράγγισης του Κοντάρικου Λάκκου, με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS και συγκεκριμένα της εφαρμογής ArcMap, που θα αποτύπωνε την έκταση του υδρογραφικού δικτύου, τους γεωλογικούς σχηματισμούς που διαρρέει, τα σημεία τοποθεσίας των δειγμάτων, ενεργά και πιθανά ρήγματα και τις ισούψεις.

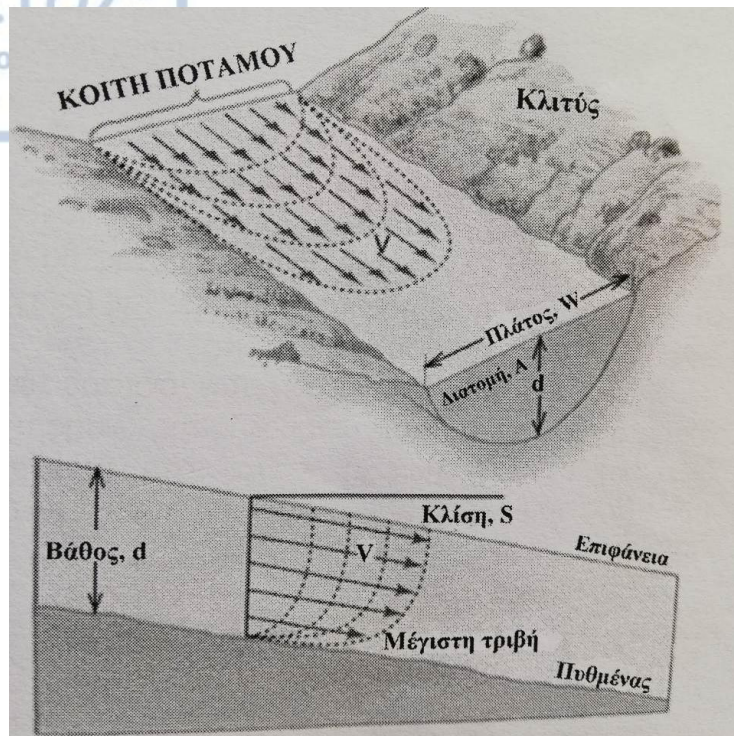


Εικόνα 1: Γεωγραφική θέση υδρογραφικού δικτύου του Κοντάρικου Λάκκου (Google Earth, Ιούνιος 2019)

2 Γενικά στοιχεία

2.1 Χαρακτηριστικά υδάτινου ποτάμιου ρεύματος

Με τον όρο υδάτινο ρεύμα ονομάζουμε μία στενή επιμήκη μάζα νερού που συγκεντρώνεται στη βάση μιας κοιλότητας η κατά μήκος μιας κοίτης και μετακινείται προς τα κατάντη με τη δύναμη της βαρύτητας. Το υδάτινο ρεύμα αποτελείται από μία στενή αύλακα με πλευρικές όχθες με τη ροή του να είναι ευκολότερη προς τα κατάντη εξαιτίας της βαρύτητας. Η αύλακα που συγκεντρώνει την υδάτινη μάζα του ποταμού αποτελεί τη κοίτη του ποταμού. Η κοίτη μπορεί να έχει ποικίλα μεγέθη και οι διαστάσεις της μπορεί να φτάσουν από λίγα μέτρα έως μερικά χιλιόμετρα. τα ρεύματα καταλήγουν σε έναν κύριο κορμό μεταφέροντας το νερό και τα υλικά από τα υψηλότερα προς τα χαμηλότερα τμήματα. Μέσα στην ίδια την κοίτη τη συμπεριφορά των μορίων του νερού δεν είναι ίδια σε όλα τα σημεία της διατομής της. Κοντά στα τοιχώματα της κοίτης τα μόρια του νερού κινούνται με μικρότερη ταχύτητα λόγω της δύναμης της τριβής με την επαφή τους με την κοίτη. Από την άλλη στο κέντρο και προς την επιφάνεια της κοίτης τα μόρια του νερού κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα εξαιτίας της δράσης της βαρύτητας και της μειωμένης δύναμης τριβής. Ένας ποταμός έχει διαφορετικές συνθήκες μεταφοράς και μορφές από την αρχή μέχρι το τέρμα του ανάλογα με τη μορφολογία την τροφοδοσία σε νερό και υλικά και άλλες συνθήκες ο ποταμός αποκτά και τους μηχανισμούς του και τις μορφές του κατά την πορεία του από τα ψηλότερα προς τα χαμηλότερα τμήματα της λεκάνης απορροής (Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010). Σε σημείο που η κοίτη του ποταμού σχηματίζει καμπή οι μεγαλύτερες ταχύτητες σημειώνονται στις εξωτερικές θέσεις της όχθης.



Σχήμα 1: Χαρακτηριστικά της υδάτινης ροής. Οι ταχύτητες αυξάνονται προς το κέντρο και την επιφάνεια της υδάτινης μάζας (Τροποποιημένο από Strahler & Strahler, 1998) (Βουβαλίδης, 2011)

Άλλος παράγοντας που επηρεάζει την ταχύτητα του νερού είναι η κλίση της κοίτης. Σε μεγαλύτερες κλίσεις η δράση της βαρύτητας είναι μεγαλύτερη με αποτέλεσμα και η ταχύτητα του νερού να είναι αυξημένη. Σε κομμάτια της κοίτης με ίδια κλίση η αύξηση της ταχύτητας επιτυγχάνεται με αύξηση της ποσότητας του νερού μέσα στην κοίτη δηλαδή με αύξηση της παροχής του. Η παροχή είναι ο λόγος του όγκου του νερού ανά μονάδα χρόνου που περνάει από μία συγκεκριμένη διατομή της κοίτης του ποταμού.

Κάθε τέτοιο ποτάμιο σύστημα συμπεριφέρεται διαφορετικά ανάλογα με τους τοπικούς παράγοντες όπως είναι το κλίμα, η λιθολογία η τεκτονική το ανάγλυφο, η διαπερατότητα των πετρωμάτων, η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα κτλ. Στην περίπτωση υγρού κλίματος όπου η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα είναι υψηλή και έρχεται σε επαφή με τον πυθμένα της κοίτης δεν λαμβάνει χώρα η διαδικασία της κατείσδυσης με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν απώλειες ύδατος, όπως συμβαίνει στα ξηρά κλίματα στα οποία συναντάμε τον υδροφόρο ορίζοντα σε βάθος.

2.2 Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελεί το μεταφορικό μέσο για την κίνηση του επιφανειακού νερού και των ιζημάτων μιας υδρολογικής λεκάνης. Η υδρολογική λεκάνη είναι μια καλά καθορισμένη τοπογραφική και υδρολογική ενότητα, η οποία αποτελεί τη στοιχειώδη χωρική μονάδα της επιφάνειας της χέρσου. Οι πλαγιές και οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου αποτελούν τα βασικά της στοιχεία (Βουβαλίδης, 2011). Ένα υδρογραφικό δίκτυο μελετάται με βάση τις ιδιότητες του και τους πιθανούς τρόπους που αναπτύσσεται. για τη μελέτη των ιδιοτήτων επιλέγουμε

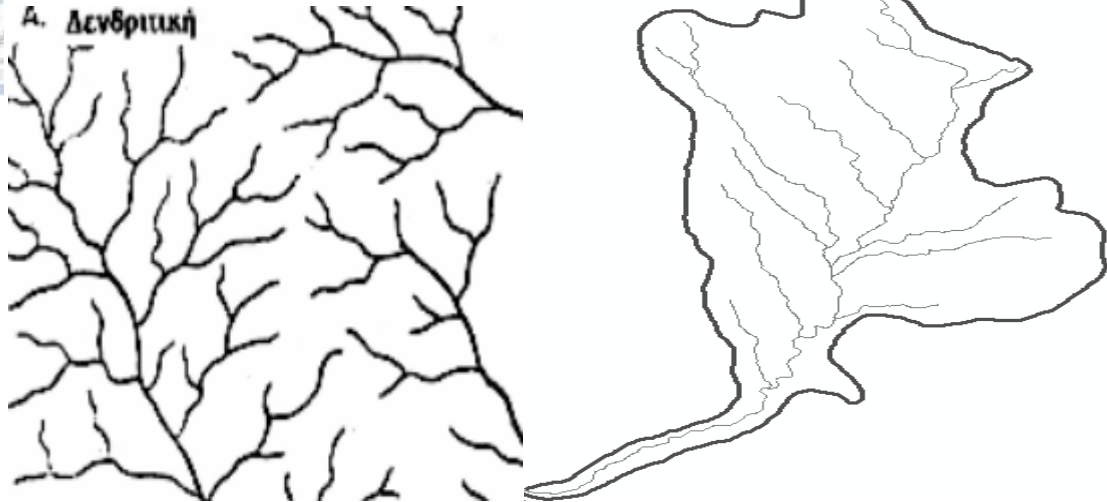


ποσοτική ανάλυση των υπαρχόντων κλάδων του ενώ ο προσδιορισμός της εξέλιξης του υδρογραφικού δικτύου δεν μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα και χρειάζεται να γνωρίζουμε για τις αρχικές συνθήκες δημιουργίας, τις φυσικές διεργασίες, τον χρόνο κλπ. Η εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου αφορά τον τρόπο με τον οποίον αναπτύσσεται και όπου θα τον οδηγήσει στην καλύτερη δυνατή απομάκρυνση των ιζημάτων που μεταφέρει αλλά και του νερού που το διαρρέει με βάση τις τοπικές συνθήκες που επικρατούν. όπως αναφέραμε για να εντοπίσουμε τους παράγοντες που συμβάλλουν στην εξέλιξη ενός υδρογραφικού δικτύου είναι απαραίτητη η γνώση των φυσικών διεργασιών που έχουν συμβεί στο δίκτυο, τις αρχικές συνθήκες που επικρατούσαν και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η ανάλυση των υδρογραφικών δικτύων συμβαίνει για το χαρακτηρισμό της δομής του, για την πρόβλεψη επιπτώσεων περιβαλλοντική φύσεως, για την εξέλιξη του καθώς και τον υπολογισμό της υδρολογικής συμπεριφοράς των λεκανών απορροής. Η συλλογή αυτών των πληροφοριών βασίζεται στην υπαίθρια παρατήρηση στην ανάδειξη συμπερασμάτων ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου και σε θεωρητικά μοντέλα προσομοίωσης. Υπαίθρια παρατήρηση προσδίδει έναν περιορισμένο τρόπο μελέτης της ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου που στηρίζεται σε μερικές ειδικές επιφάνειες που έχουν διαμορφωθεί τεχνητά (Schumm, 1956) (Βουβαλίδης, 2011) και έχουν αποκαλυφθεί πρόσφατα (Morisawa, M.E., 1964).

2.2.1 Μορφή υδρογραφικού δικτύου

Η πιο συνηθισμένη μορφή δικτύου είναι η δενδριτική, μορφή που παρουσιάζει όπως αναφέρθηκε και ο Κοντάρικος Λάκκος. Η ονομασία αυτή προέρχεται από την ομοιότητα που παρουσιάζει ένα τέτοιο δίκτυο με τα κλαδιά ενός δένδρου (σχήμα 13). Αναπτύσσεται σε περιοχές που πετρογραφικά είναι ομοιόμορφες (υπάρχει δηλαδή μόνο ένα είδος πετρώματος), δεν υπάρχει τεκτονική επίδραση και η κλίση της περιοχής είναι πολύ μικρή. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλη κλίση προς μια συγκεκριμένη διεύθυνση τότε, το δίκτυο αναπτύσσεται προς εκείνη τη διεύθυνση, ακολουθώντας τη μορφολογική κλίση. Έτσι, αναπτύσσεται ένα δίκτυο με παράλληλη μορφή. (Λαμπρινός, 2009)

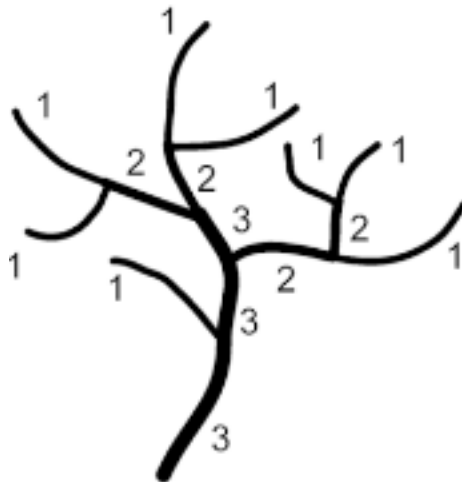
Α. Δενδριτική



Σχήμα 2 : Παράδειγμα δενδριτικής μορφής υδρογραφικών δικτύων στα αριστερά, υδρογραφικό δίκτυο Κοντάρικου Λάκκου δενδριτικής μορφής στα δεξιά

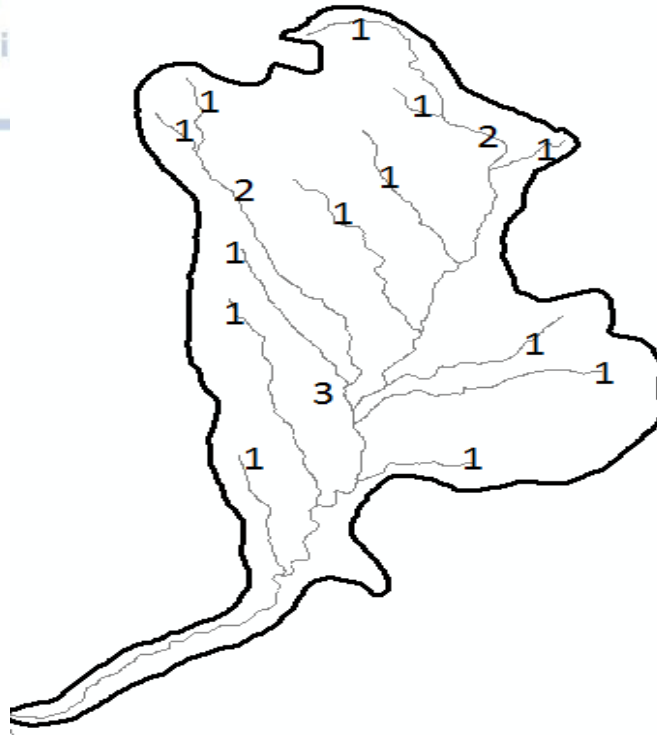
2.2.2 Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου

Μία ποσοτική έκφραση της ανάπτυξης ενός υδρογραφικού δικτύου είναι η αρίθμηση των κλάδων του. Με βάση τον STRAHLER (1952), ρεύματα τα οποία δεν δέχονται τα νερά μικρότερων κλάδων ονομάζονται πρώτης ($1^{η}$) τάξεως. Σύνδεση δυο κλάδων ίσης τάξεως δημιουργεί ένα νέο κλάδο της αμέσου επόμενης τάξεως. Δηλαδή σύνδεση δυο κλάδων πρώτης τάξεως δημιουργεί ένα ρεύμα δεύτερης τάξεως κ.ο.κ (Βουβαλίδης, 2011). Υπήρξαν και άλλοι που πρότειναν συστήματα ταξινόμησης όπως Horton 1945, ο Sheidegger 1965, Sheve 1967 κ.α.



Σχήμα 3: Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler (1952)

Το υδρογραφικό δίκτυο του Κοντάρικου Λάκκου είναι $3^{η}$ τάξεως με βάση την αρίθμηση του Strahler.



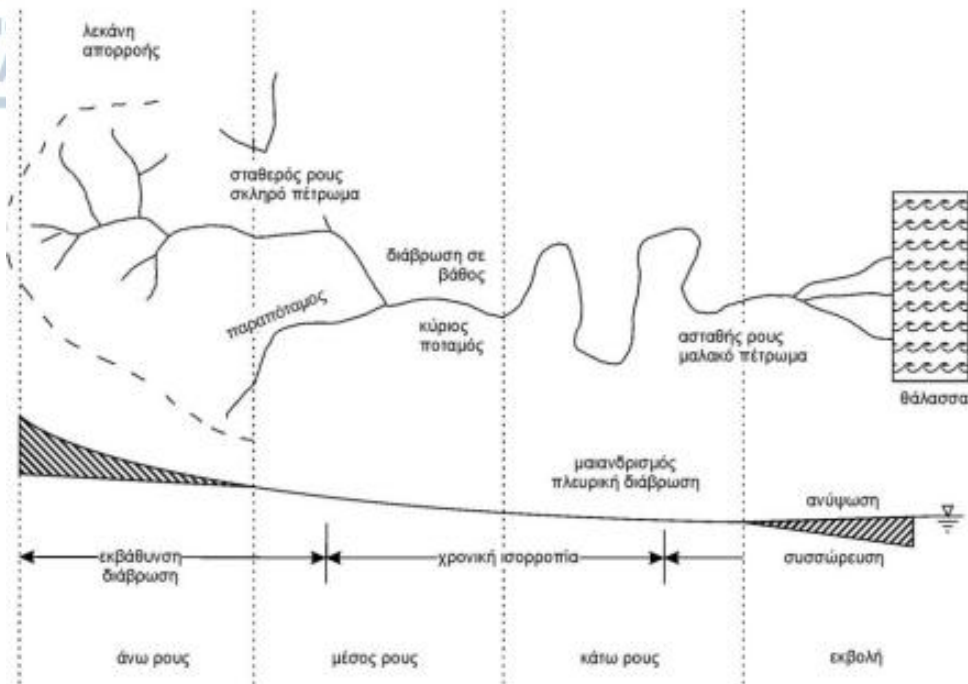
Σχήμα 4: Αρίθμηση κατά Strahler (1952) του υδρογραφικού δικτύου του Κοντάρικου Λάκκου

2.2.3 Άνω μέσος κάτω ρους

Προχωρώντας από τα ανάντη προς τα κατόντη ενός ποταμού διακρίνουμε τρεις μορφολογικές ενότητες, τον άνω, τον μέσο και τον κάτω ρου.

Στον άνω ρου παρατηρούμε κλιτύες με έντονη κλίση, μεγάλες υψομετρικές διαφορές με αποτέλεσμα η κίνηση του ρέματος να είναι ορμητική δημιουργώντας συχνά χειμάρρους. Εδώ λαμβάνει χώρα κατά κύριο λόγο η διάβρωση κατά βάθος και το ποτάμι παρασύρει και μεταφέρει πολύ λεπτόκοκκα έως χονδρόκοκκα υλικά. Στον άνω ρου το ποτάμι συνοδεύεται από πολλούς και μικρούς παραποτάμους και στο σχήμα χαρακτηρίζεται από ακανόνιστη μορφή με μικρά ευθύγραμμα τμήματα.

Στο μέσο ρου του ποταμού οι κλίσεις είναι ομαλότερες, το υψόμετρο χαμηλότερο σε σχέση με τον άνω ρου ενώ η διάβρωση κατά βάθος αρχίζει να αντικαθίσταται σιγά σιγά από τη πλευρική διάβρωση ενώ επικρατεί μια κατάσταση ισορροπίας μεταξύ των φερτών υλών και του ρέματος. Το πλάτος του ποταμού αυξάνεται και οι παραπόταμοι που αποστραγγίζονται στη κύρια κοίτη του μειώνονται σε αριθμό. Οι συχνές ήπιες καμπυλώσεις αποτελούν χαρακτηριστική μορφή αυτής της ενότητας.



Σχήμα 5: Οριζοντιογραφία (άνω) και μηκτομή (κάτω) του ρου ενός ποταμού (Vollmers, 1990) (Ποτάμια Υδραυλική Και Τεχνικά Έργα)

Στον κάτω ρου του ποταμού το υψόμετρο είναι χαμηλό και το νερό διαρρέει πιο πεδινές περιοχές χωρίς να έχει πλέον την ίδια ορμή. Η κύρια μορφή που σχηματίζει το ρέμα είναι καμπυλωτή και η διάβρωση πλέον συμβαίνει πλευρικά. Η όχθη του ποταμού είναι ομαλή με χαμηλό ύψος με πλατιά κοιλάδα.

2.3 Ποτάμια γεωμορφολογία

Το τρεχούμενο νερό των ποταμών συνιστά έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την διαμόρφωση της μορφολογίας της επιφάνειας της γης. Ποτάμια μορφολογία είναι η μορφολογία του επιφανειακού ανάγλυφου που οφείλεται στη δράση του τρεχούμενου νερού. Οι διεργασίες που συντελούνται είναι η διάβρωση η μεταφορά και η απόθεση γνωστές ως ποτάμιες διεργασίες. Οι διεργασίες αυτές δεν έχουν σαφή όρια μεταξύ τους και είναι άμεσα συνδεδεμένες (Βουβαλίδης, 2011).

Κατά την ποτάμια διάβρωση το νερό των ποταμών αποσπά κομμάτια από την κοίτη αλλά και πλευρικά. Η διαβρωτική ικανότητα αυξάνεται όταν το υποκείμενο πέτρωμα αποτελείται από χαλαρό υλικό. Αυτά τα κομμάτια προσκρούουν μεταξύ τους και δημιουργούν συνέχεια μικρότερα τα οποία διαβρώνουν με τη σειρά τους κι άλλες ποσότητες υλικού. Ως αποτέλεσμα της συνεχής πρόσκρουσης των μεταφερόμενων υλικών στη βάση της κοίτης είναι η σμίκρυνση του μεγέθους τους η δημιουργία λείας επιφάνειας και η στρογγυλοποίηση των γωνιών τους. Η δράση αυτή του νερού ονομάζεται υδραυλική δράση.

Το νερό μεταφέρει κατάντη το ποτάμιο φορτίο το οποίο μπορεί να βρίσκεται σε διάλυση με τη μορφή ιόντων που συνδέονται άμεσα με τη χημική σύσταση των πετρωμάτων της περιοχής. Με τη μορφή πυθμένου φορτίου μεταφέρονται χονδρότερα υλικά των κροκάλων και των χαλίκων ενώ αντιθέτως τα λεπτότερα υλικά συντελούν το στρώμα αιώρησης. Η μεταφορική ικανότητα των ποταμών αλλάζει ανάλογα με την ταχύτητα του νερού. Σε μεγάλες κλίσεις μορφολογικού ανάγλυφου η ταχύτητα αυξάνεται και η μεταφορική ικανότητα είναι μεγάλη. Σε μικρές κλίσεις με την ίδια παροχή η ταχύτητα μειώνεται και κατ' επέκταση μεταφορική ικανότητα του ποταμού είναι μικρότερη.

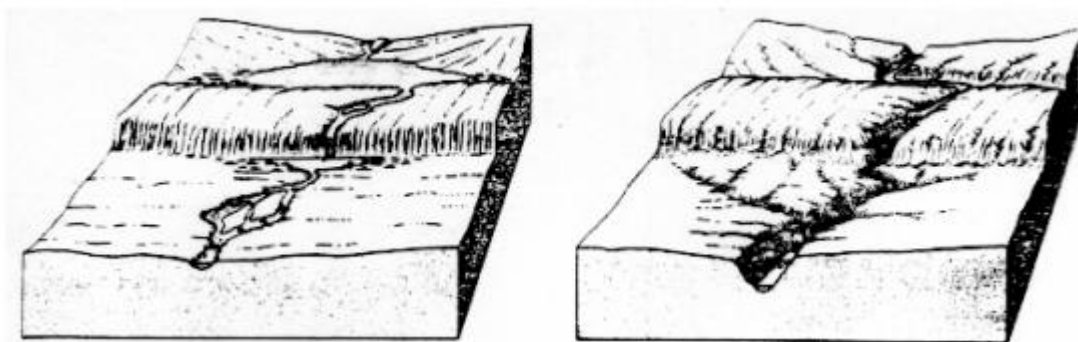
Με τη μείωση της μεταφορικής ικανότητας ενεργοποιείται η αποθετική δράση ενός ποταμού. Το χονδρότερο υλικό σε κάθε περίπτωση αποτίθεται πρώτο.

2.3.1 Στάδιο νεότητας-ωριμότητας-γήρατος

Κάθε ποταμός από την αρχή της δημιουργίας του έως ότου φτάσει σε κατάσταση ισορροπίας διέρχεται από καθορισμένα μορφολογικά στάδια. Τα παρακάτω στάδια εξέλιξης του μορφολογικού αναγλύφου αποτελούν τον κύκλο απογύμνωσης του ποταμού.

ΣΤΑΔΙΟ ΝΕΟΤΗΤΑΣ

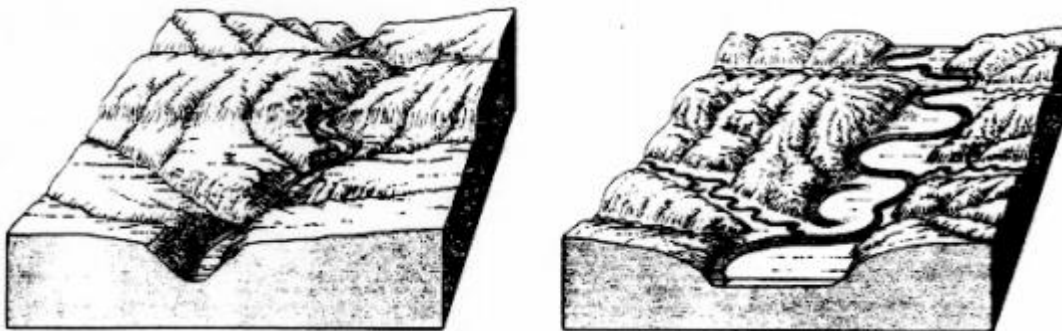
Το στάδιο αυτό αρχίζει με τη δημιουργία ενός ποταμού σε μια νέα ξηρά. Παρατηρούμε μεγάλες κλίσεις στις πλαγιές με οξύληκτες κορυφές, με συνέπεια το νερό του ποταμίου να έχει μεγάλη ταχύτητα και η μεταφορική ικανότητα να είναι αυξημένη. Η διαβρωτική δράση του υδρογραφικού δικτύου παρατηρείται κυρίως κατά βάθος και οι κοιλάδες που αναπτύσσονται έχουν απότομες κλιτύες και σχηματίζουν μορφή κλειστού V. Συχνά εμφανίζονται φαράγγια και καταρράκτες. Χαρακτηριστικό του σταδίου αυτού είναι η γρήγορη μεταβολή του αναγλύφου.



Σχήμα 6 : Στάδιο νεότητας ενός ποταμού

ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ

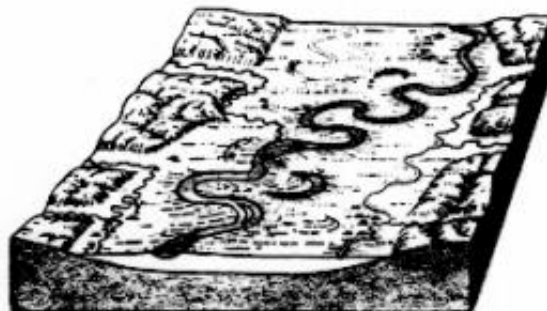
Οι αρχικές κοιλάδες σχήματος κλειστού V έχουν μετατραπεί σε κοιλάδες σχήματος ανοικτού U. Οι κλίσεις των κοιτών είναι μικρές και η ταχύτητα απορροής μικρότερη από εκείνη του σταδίου νεότητας. Ο ποταμός τείνει να φτάσει σε κατάσταση ισορροπίας και το ανάγλυφο είναι πιο ήπιο με αποστρογγυλεμένες κορυφές (Λαμπρινός, 2009). Στο στάδιο της ωριμότητας το ανάγλυφο παρουσιάζει μία ταπείνωση σε σχέση με το προηγούμενο στάδιο της νεότητας. Οι κλίσεις έχουν μειωθεί προοδευτικά και οι κορυφές έχουν εξομαλυνθεί. Οι κλιτύες της κοίτης είναι λιγότερο απότομες και δεν εμφανίζουν το χαρακτηριστικό σχήμα V στην κοίτη. Σε αυτό το στάδιο το νερό διαβρώνει πλευρικά καθώς το ρέμα βρίσκεται πολύ κοντά στο βασικό επίπεδο. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι πλήρως ανεπτυγμένο.



Σχήμα 7 : Στάδιο ωριμότητας ενός ποταμού

ΣΤΑΔΙΟ ΓΗΡΑΤΟΣ

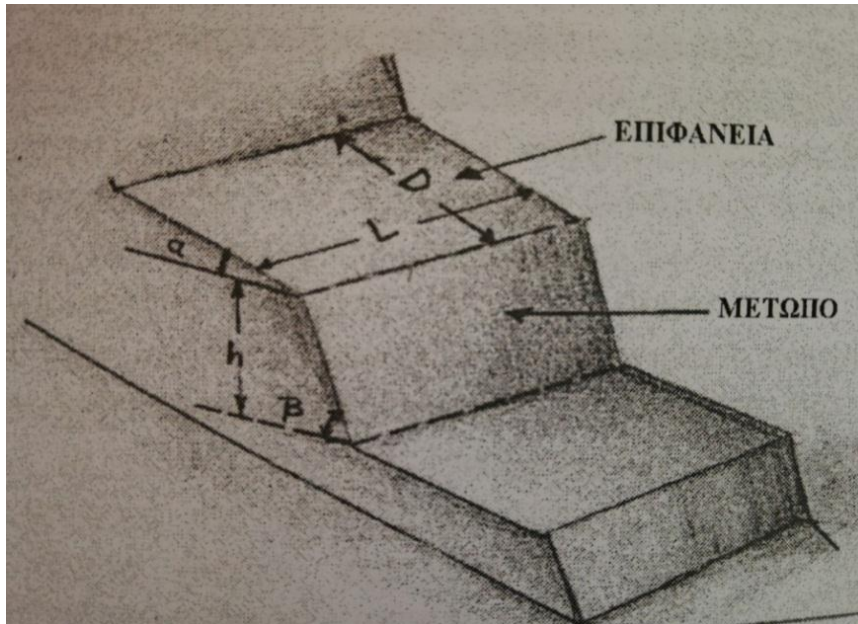
Με την πάροδο του χρόνου ο ποταμός φτάνει σε κατάσταση ισορροπίας και παρουσιάζονται χαρακτηριστικοί ελεύθεροι μαιανδρισμοί. Ο ποταμός τείνει να φτάσει στο βασικό επίπεδο (πανεπίπεδο), οι κλίσεις της κοίτης αρχίζουν να μειώνονται σημαντικά, η διαβρωτική δράση του ποταμού διακόπτεται και η μεταφορική ικανότητα του ελαττώνεται χωρίς να υπάρχει μεταφορά υλικών στο ποτάμι. Το ανάγλυφο που διαμορφώνεται να είναι πολύ ομαλό, με χαμηλούς λοφίσκους και εκτεταμένα αλλουβιακά πεδία.



Σχήμα 8 : Στάδιο γήρατος ενός ποταμού

2.3.2 Ποτάμιες αναβαθμίδες

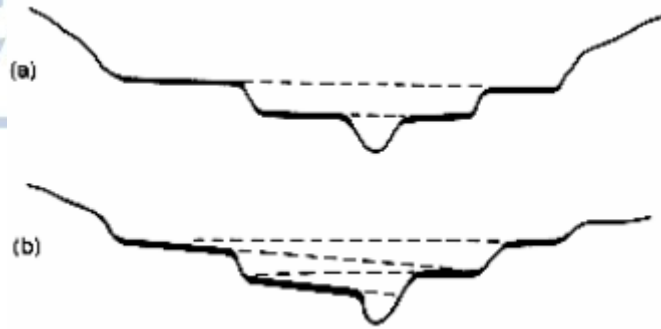
Με τον όρο αναβαθμίδα ονομάζεται ο μορφολογικός σχηματισμός της επιφάνειας της γης, ο οποίος αποτελείται από μια σχεδόν επίπεδη επιφάνεια που διακόπτεται από ένα απότομο μέτωπο (Βουβαλίδης, 2011). Δύο βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά μιας αναβαθμίδες είναι η επιφάνεια και το μέτωπο της, σύμφωνα με το σχήμα 8.



Σχήμα 9: Μορφολογικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της αναβαθμίδας όπου (α) είναι η κλίση, L το μήκος, D το πλάτος, H το υψόμετρο και μορφολογικά χαρακτηριστικά του μετώπου όπου (β) είναι η κλίση, H το ύψος (Βουβαλίδης, 2011)

Η δημιουργία αναβαθμίδων έχει σχέση με τις διάφορες διαδικασίες διάβρωσης που επικρατούν σε ένα ποταμό, οι οποίες τον υποχρεώνουν να διαβρώνει την κοίτη του. Κάθε επίπεδο τμήμα μιας αναβαθμίδας αποτελεί τον πυθμένα παλαιότερης κοίτης που είχε υποστεί τη διαβρωτική δράση του νερού μετά από κάθε πτώση του βασικού επιπέδου.

Ένας άλλος τρόπος δημιουργίας ποτάμιων αναβαθμίδων σχετίζεται με την αυξομείωση της ποσότητας του νερού και των υλικών που μεταφέρει ο ποταμός κατά τη διάρκεια των εποχών του έτους. Κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων και λιώσιμο των χιονιών οι ποσότητες αυξάνονται (του νερού και των υλικών). Σε περίπτωση που η αύξηση είναι μεγάλη τότε ο ποταμός μπορεί να πλημμυρίσει το αλλουβιακό πεδίο που είχε σχηματίσει παλιότερα και να αποθέσει σ' αυτό τα υλικά που μεταφέρει, προσθέτοντας έτσι άλλο ένα στρώμα υλικών πάνω στα προηγούμενα.



Σχήμα 10 : Σχηματική απεικόνιση ποτάμιων αναβαθμίσεων. Συζυγείς αναβαθμίσεις (a), Μη συζυγείς αναβαθμίσεις (b) (Λαμπρινός, 2009)

Όταν η παροχή του ελαττωθεί κατά την ξηρά περίοδο, το πλάτος της κοίτης του μικραίνει και αρχίζει να διαβρώνει αυτά τα υλικά που είχε αποθέσει κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αναβαθμίσεις.

2.4 Μορφοτεκτονικοί δείκτες υπολεκάνης απορροής

Οι μορφοτεκτονικοί δείκτες αποτελούν ποσοτικές μετρήσεις της γεωμορφολογίας των περιοχών και χρησιμοποιούνται για να μελετηθούν και να συγκριθούν μεταξύ τους οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν μία περιοχή όπως π.χ. η ενεργότητα (Keller E.A, 2002). (Ζερβοπούλου, 2010). Στη παρούσα διπλωματική εργασία εφαρμόστηκαν οι παρακάτω δύο (2) μορφοτεκτονικοί δείκτες:

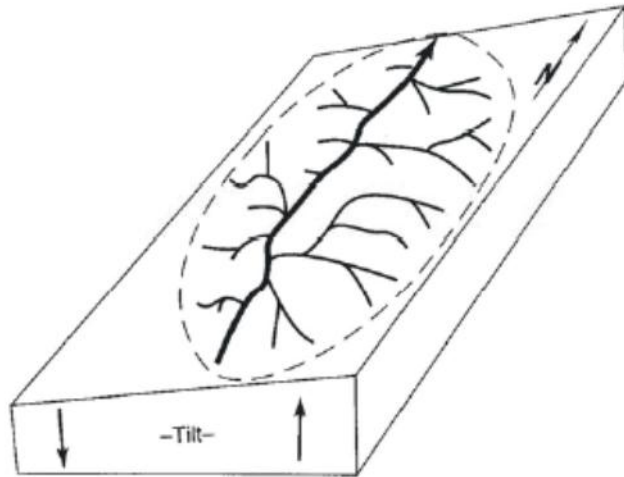
1. Ασυμμετρία της λεκάνης απορροής (Δείκτης AF)
2. Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα

Ο παράγοντας ασυμμετρίας μιας λεκάνης AF (Asymmetry Factor)

Ο δείκτης αυτός δείχνει την τεκτονική περιστροφή (tilting) ή κλίση της της λεκάνης (Hare P.W, Gardner T.W, 1985; Παυλίδης, 2003). Ο τύπος που την εκφράζει είναι:

$$AF = 100 \frac{A_r}{A_t}$$

και είναι το επί τοις εκατό ποσοστό της επιφάνειας που καταλαμβάνει το τμήμα της λεκάνης που βρίσκεται δεξιά από τον κύριο κλάδο του ποταμού ή ρέματος (ως προς τα κατάντη), προς όλη την επιφάνεια της λεκάνης όπου: A_r είναι το εμβαδό της υπολεκάνης δεξιά (κοιτάζοντας προς τα κατάντη) και A_t το ολικό εμβαδό της λεκάνης. Η τιμή του παράγοντα ασυμμετρίας θα είναι 50, αν σε μια λεκάνη δεν υπάρχει περιστροφή καθώς το ποτάμι θα διατρέξει το μέσο της λεκάνης διαιρώντας την ισομερώς.



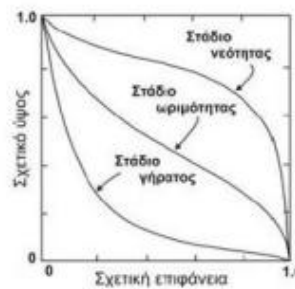
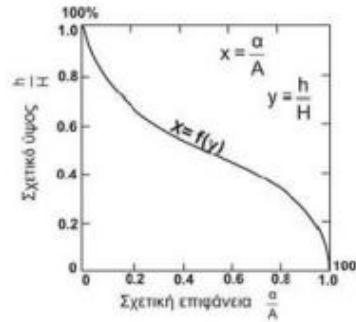
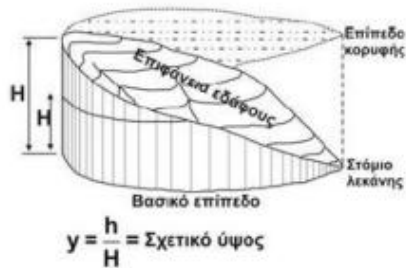
Σχήμα 11: Παράδειγμα ασυμμετρίας λεκάνης απορροής (Ζερβοπούλου, 2010)

Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi)

Η υψομετρική καμπύλη και το υψομετρικό ολοκλήρωμα είναι μορφομετρικά στοιχεία του αναγλύφου. Η υψομετρική καμπύλη εκφράζει την κατανομή των υψομέτρων σε μια περιοχή (MAYER , 1990)(STRAHLER , 1952) (Keller E.A, 2002) (Σμπόρας, 2005) δείχνει δηλαδή με απλό τρόπο την κατανομή του αναγλύφου μέσα σε μια λεκάνη. Για να χαρακτηρίσουμε το σχήμα μιας υψομετρικής καμπύλης μιας συγκεκριμένης λεκάνης απορροής γίνεται ο υπολογισμός του υψομετρικού ολοκληρώματος (hypsometric integral). Το υψομετρικό ολοκλήρωμα προσδιορίζεται ως το εμβαδόν της επιφάνειας κάτω από την υψομετρική καμπύλη. Υψηλές τιμές του ολοκληρώματος δείχνουν ότι η τοπογραφία είναι υψηλή σε σχέση με τη μέση τιμή υψομέτρου της περιοχής. Μέσες έως και χαμηλές τιμές σχετίζονται με περισσότερο ομαλές περιοχές.

Οι παράμετροι x και y εκφράζουν τη σχέση μεταξύ της επιφάνειας και του υψομέτρου της λεκάνης απορροής, με βάση τον Strahler (STRAHLER , 1952), χωρίς διαστάσεις (σχήμα 10). Το y είναι το σχετικό ύψος και εκφράζεται ως ο λόγος του ύψους h για κάθε ισοϋψή καμπύλη, προς το τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης H , και x είναι η σχετική επιφάνεια η οποία εκφράζεται ως ο λόγος της οριζόντιας προβολής της επιφάνειας a προς ολόκληρη την οριζόντια προβολή της επιφάνειας (A) της λεκάνης.

Οι τιμές των λόγων αυτών, x και y , διακυμαίνονται 0 μέχρι 1, δηλαδή από 0% μέχρι 100%. Στο σύνολό τους αυτοί οι λόγοι, μας δίνουν την υψομετρική καμπύλη της λεκάνης απορροής.



Σχήμα 12: Παράδειγμα υψομετρικού ολοκληρώματος. Υπολογισμός παραμέτρων x, y στα αριστερά, διάγραμμα απεικόνισης υψομετρικού ολοκληρώματος στα δεξιά (Μορφομετρικές Παράμετροι Λεκάνων Απορροής)

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα μαθηματικά εκφράζεται ως το εμβαδόν της υψομετρικής καμπύλης, ή διαφορετικά μπορεί να υπολογιστεί από τον παρακάτω τύπο :

$$\frac{\text{μέσο υψόμετρο} - \text{ελάχιστο υψόμετρο}}{\text{μέγιστο υψόμετρο} - \text{ελάχιστο υψόμετρο}}$$

2.4.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής

Γεωγραφικά η λεκάνη του Ανθεμούντα εντάσσεται στην χερσόνησο της Χαλκιδικής, στο χώρο της Κεντρικής Μακεδονίας καλύπτοντας ένα χώρο 318,3 Km². Βρίσκεται ΝΑ του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης και έχει περίμετρο 104,9km². Το μέγιστο μήκος του άξονα της είναι 42,5 km με διεύθυνση ΑΔ και το πλάτος της 18,7km με διεύθυνση ΒΝ. Ο κυρίως ποταμός, που αποστραγγίζει τη λεκάνη και σημειώνει μήκος 38 km, είναι ο ομώνυμος ποταμός Ανθεμούντας και οι εκβολές του φτάνουν στο Θερμαϊκό κόλπο. Η ονομασία Ανθεμούντας σημαίνει «ανθοστόλιστος». Οι συντεταγμένες με Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος Ανατολικό Γεωγραφικό Μήκος 22°58'11'' - 23°20'18'' συνιστούν τα γεωγραφικά όρια της λεκάνης. Από διοικητικής άποψης η λεκάνη του Ανθεμούντα ανήκει κατά το μεγαλύτερο τμήμα της στο Νομό Θεσσαλονίκης. Ειδικότερα καταλαμβάνει το ΝΑ κομμάτι του Ν. Θεσσαλονίκης ενώ οι ορεινές απολήξεις της εντάσσονται στον Ν. Χαλκιδικής. Δυτικά τα όρια της λεκάνης απορροής σχηματίζει ο κόλπος της Θεσσαλονίκης, ενώ στο νότο οριοθετείται από τους λόφους της Αγίας Παρασκευής – Σουρωτής – Μονοπηγάδου. Το βόρειο όριο της λεκάνης αποτελεί και το φυσικό όριο

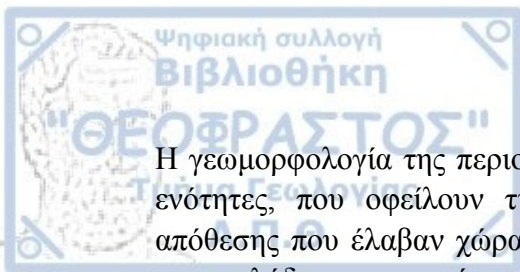
της οροσειράς του Χορτιάτη – Θέρμου μέχρι τις ημιορεινές παρυφές Γαλάτιστας – Βάβδου, οι οποίες οριοθετούν την προς τα ανατολικά επέκταση της λεκάνης. Η λεκάνη διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους, την υπολεκάνη των Βασιλικών (208 Km²) και την υπολεκάνη της Γαλάτιστας (110 Km²). Η λεκάνη απορροής του Ανθεμούντα αποτελεί την δεύτερη σε μέγεθος υδρολογική λεκάνη της χερσονήσου Χαλκιδικής με πρώτη τη λεκάνη του Χαβρία (Φουρνιάδης, 2002).



Χάρτης 1: Διάκριση της υδρολογικής λεκάνης Ανθεμούντα στις δύο κύριες υπολεκάνες απορροής μικρότερης τάξης. (Φίκος, Αντιστροφή γεωηλεκτρικών τομογραφικών δεδομένων: Εφαρμογή στη λεκάνη Ανθεμούντα, 2010) (επεξεργασμένη εικόνα)

2.4.2 Γεωμορφολογία της λεκάνης του Ανθεμούντα

Η λεκάνη σχηματίζει επίμηκες τριγωνικό σχήμα, βάση του νοητού τριγώνου από την ακτή του Θερμαϊκού Κόλπου και κορυφή το χωριό Βάβδος, παρουσιάζοντας μια ελαφριά ασυμμετρία κατά μήκος του άξονα Β-Ν. Το μήκος του μέγιστου άξονα ανάπτυξης της λεκάνης έχει διεύθυνση ΝΝΑ-ΒΒ. Τα Β-ΒΑ τμήματα της υπολεκάνης, όπου αποτελεί και την περιοχή μελέτης αυτής της εργασίας, καθώς και το ανατολικό τμήμα αυτής, έχουν ημι-ορεινό έως ορεινό ανάγλυφο σε αντίθεση με τις νότιες-νοτιοανατολικές μορφές της υπολεκάνης προς τον Θερμαϊκό κόλπο. Τα δυτικά όρια του υδροκρίτη της υπολεκάνης εμφανίζουν το μέγιστο υψόμετρο στο όρος Χορτιάτη με μέγιστο υψόμετρο τα 1050m. Η υπολεκάνη βρίσκεται γεωμορφολογικά σε στάδιο γήρατος με μια ελαφριά τάση ανανέωσης του ανάγλυφου στα νότια τμήματα της, στη ζώνη των ριπιδοειδών σχηματισμών. Η δράση του νεοτεκτονικού ρήγματος του Ανθεμούντα φαίνεται να ελέγχει τεκτονικά την σαφή τάση του αναγλύφου για ανανέωση, μέσω του υδρογραφικού δικτύου στα τμήματα αυτά της λεκάνης.

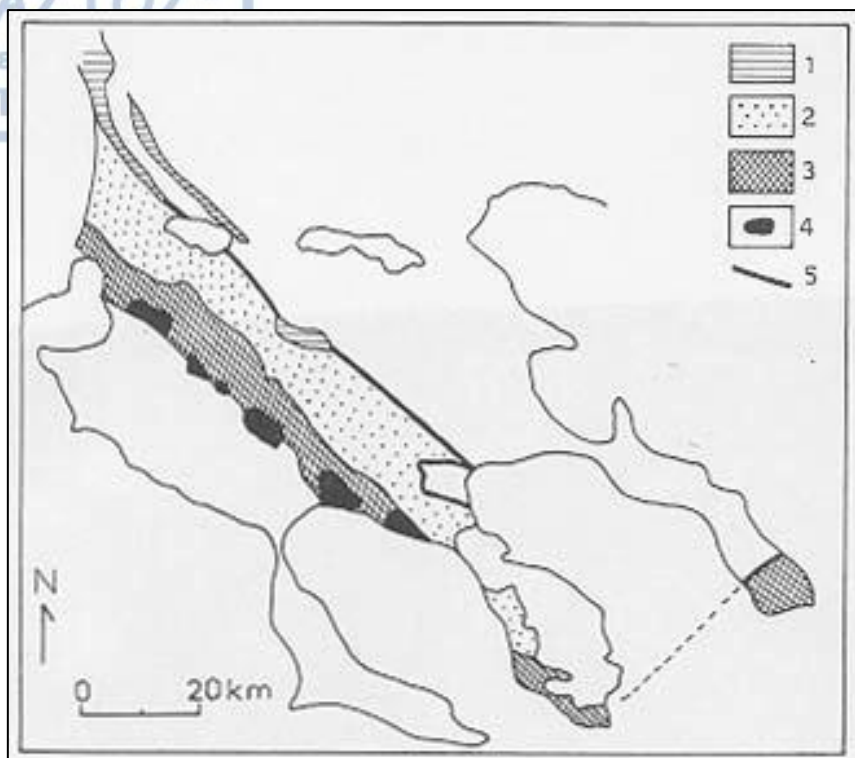


Η γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από ποικίλες μορφολογικές ενότητες, που οφείλουν τη γένεσή τους στις διάφορες διεργασίες διάβρωσης-απόθεσης που έλαβαν χώρα, ελεγχόμενες αφενός από το ανόμοιο λιθολογικό υλικό της κοιλάδας και αφετέρου από την τεκτονική κατασκευή και εξέλιξη της λεκάνης (Sotiriadis, L.D, 1974). Η μορφολογία της λεκάνης χαρακτηρίζεται ήπια στο κεντρικό της τμήμα και στις λοφώδεις και πεδινές περιοχές ενώ το βόρειο και το νότιο τμήμα της εμφανίζουν ανώμαλη και έντονη μορφολογία με ένα πυκνό υδρογραφικό δίκτυο από βαθιές, στενές και επίμηκες λεκάνες απορροής. Έντονη φαίνεται εδώ να είναι η χαραδρωτική διάβρωση. Στις περιοχές όπου απαντούν χαλαροί γεωλογικοί σχηματισμοί όπως άμμοι, μάργες, αργιλοσαμμίτες σημειώνεται έντονη πλευρική, χαραδρωτική διάβρωση, σε αντίθεση με της περιοχές όπου επικρατούν πιο ανθεκτικοί σχηματισμοί (Φουρνιάδης, 2002). Στο ανάγλυφο παρατηρείται τάση επιπέδωσης με διεύθυνση Α-Δ.

Το υδρογραφικό δίκτυο είναι μέτρια ανεπτυγμένο, δενδριτικής μορφής με λεκάνες έως 3ης τάξης κατά Strahler (1961). Κύριο φυσιογραφικό χαρακτηριστικό της λεκάνης αποτελεί η ύπαρξη κεντρικής μισγάγγειας κοίτης (υδατόρευμα Ανθεμούντα) με τη μορφή τελικού αποδέκτη των ρευμάτων μεγαλύτερης τάξεως. (Φίκος, Αντιστροφή γεωηλεκτρικών τομογραφικών δεδομένων: Εφαρμογή στη λεκάνη Ανθεμούντα, 2010)

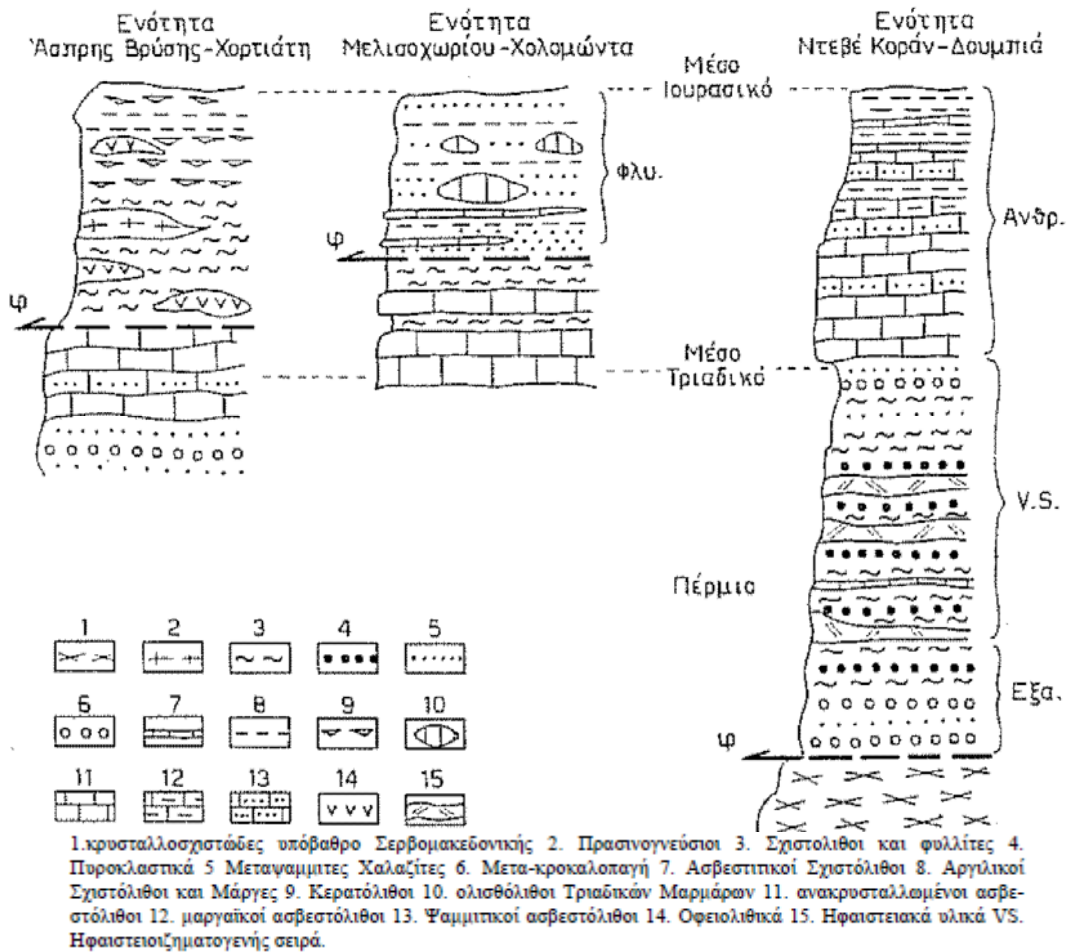
2.4.3 Γεωλογία της λεκάνης

Από γεωτεκτονική άποψη η Χαλκιδική τοποθετείται μεταξύ της Ενδοχώρας και των Εσωτερικών Ελληνίδων. Ειδικότερα στο χώρο της Χαλκιδικής απαντούν πετρώματα που εντάσσονται στις γεωτεκτονικές ζώνες Παιονίας και Περιροδοπικής.



Σχήμα 13: Χάρτης της Περιοδοπικής ζώνης με τις τρεις ενότητες 1: Ενότητα Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά, 2: Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα, 3: Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, 4: οφειόλιθοι, όριο της ζώνης με την Σερβομακεδονική (Μουντράκης, 1985)

Ειδικότερα στα δυτικά της χερσονήσου της Χαλκιδικής κυριαρχούν τα μεταϊζηματογενή πετρώματα της υποζώνης Παιονίας (Ζώνη Αξιού) ενώ στα ανατολικά επικρατεί η Περιοδοπική ζώνη. Η υποζώνη Παιονίας συνίσταται κατά κύριο λόγο από ιζηματογενείς λιθολογικές φάσεις με πολύπλοκους φασικούς χαρακτήρες. Πρόκειται ουσιαστικά για χερσοποτάμιες, ποταμοδελταϊκές, λιμνοδελταϊκές, λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις που σχηματίστηκαν κατά την εξέλιξη της ταφρογένεσης στον ευρύτερο χώρο Αξιού-Θερμαϊκού και αποτέθηκαν ασύμφωνα επί του πολυπτυχωμένου ήδη Αλπικού υποβάθρου. Γενικά οι αποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία λιθολογικών τύπων όπως: κροκαλοπαγών, άμμων, ερυθροστρωμάτων ψαμιτών, αργίλων, ιλυούχων αργίλων, μαργών, μαργαϊκών ασβεστόλιθων, τοφφωδών ασβεστόλιθων, βιογενών ασβεστόλιθων και τραβερτινών (Μουντράκης, 1985). Οι τεκτονικές αυτές ζώνες έχουν ανάπτυξη με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και σε αυτές συναντώνται ποτάμιες, ποταμοχειμάρριες και λιμναίες ιζηματογενείς φάσεις οι οποίες έχουν καλύψει το κρυσταλλικό υπόβαθρο αλπικής ηλικίας. Η Περιοδοπική ζώνη χωρίζεται με γενική διάταξη των σχηματισμών τους ΒΔ-ΝΑ, είναι από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά στις ενότητες Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά, Μελισσοχωρίου-Χολομώντα, Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη.



Σχήμα 14: Στρωματογραφικές στήλες των τριών ενοτήτων της Περιοδοπικής ζώνης (Μουντράκης, 1985)

Η Περιοδοπική ζώνη συνιστάται lithολογικά από μια μεταιζηματογενή ακολουθία πετρωμάτων ηπειρωτικού περιθωρίου σε συνδυασμό με ηφαιστειακά παράγωγα, τα οποία παρουσιάζουν μια χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση Μεσοζωικής ηλικίας (Άνω Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό) (Kauffmann, 1976) (Kockel, 1977).

3 Περιοχή έρευνας Κάτω Περιστεράς

3.1 Γεωλογία της Κάτω Περιστεράς

Η περιοχή της Κάτω Περιστεράς παρουσιάζει αξιόλογες ρηξιγενείς δομές που βρίσκονται μέσα στα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα που καλύπτουν τους σχηματισμούς του υποβάθρου. (Tranos, Meladiotis, & Tsolakopoulos, 2004). Σε σημεία στη περιοχή κάνουν την εμφάνιση τους και σχηματισμοί του υποβάθρου όπως είναι οι δουνίτες, περιδοτίτες, πυροξενίτες, γάββροι. Η περιοχή κατά κύριο λόγο καλύπτεται από ιζήματα της σειράς των ερυθρών αργίλων (M4-Pli.1) ηλικίας Άνω Μειόκαινου – Κάτω Πλειόκαινου. Στα νότια της περιοχής εντοπίζονται δουνίτες και περιδοτίτες οι οποίοι εφάπτονται με γαββρικά πετρώματα προς τα ανατολικά ως αποτέλεσμα τεκτονικής επαφής. Στην ανατολική πλευρά διακρίνουμε την τεκτονική επαφή των γαββρικών σχηματισμών με διορίτες και χαλαζιακούς διορίτες του

συμπλέγματος της Γερακινής, αλλά και γνευσίους της μαγματικής σειράς του Χορτιάτη. Στο μεγάλο αριθμό ρηγμάτων παράταξης ΒΑ-ΝΔ σε συνδυασμό με τα ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ αποδίδεται η ταπείνωση του υποβάθρου και ο σχηματισμός της σημερινής μορφής. Το τεκτονικό βύθισμα του Ανθεμούντα, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ περιέχει κυρίως Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις, καθώς και τους σχηματισμούς του υποβάθρου. Οι σχηματισμοί του υποβάθρου αποτελούνται από μια σειρά βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων. Τα πετρώματα αυτά είναι γάββροι Μεσοζωικής ηλικίας, δουνίτες και περιδοτίτες Παλαιοζωικής ηλικίας ενώ συχνά παρεμβάλλονται πηγματιτικές φλέβες, μάρμαρα και ασβεστόλιθοι (της ζώνης Παιονίας). Στις Νεογενείς αποθέσεις περιλαμβάνονται το κροκαλοπαγές βάσης, η σειρά ερυθρών αργίλων η ψαμμιτομαργαϊκή σειρά και οι λιμναίοι ασβεστόλιθοι. Το κροκαλοπαγές βάσης συνιστά χαρακτηριστικό σχηματισμό της Μέσο-Άνω Κρητιδικής επίκλυσης, με τις κροκάλες να παρουσιάζουν διαφορετικά μεγέθη και αμμώδη, ιλυοαμμώδη συνδετική μάζα. Η σειρά ερυθρών αργίλων σχηματίζεται από εναλλασσόμενα στρώματα πηλών, ερυθρής-καστανέρυθρης αργίλου, αργιλικών ψαμμιτών με παρεμβολές άμμων, μαργών και κροκαλοπαγών στρωμάτων χωρίς συνεκτικότητα και με ηλικία Άνω Μειοκαινική. Στην ψαμμιτομαργαϊκή σειρά συναντώνται εναλλαγές στρωμάτων από ψαμμίτες, άμμους, μάργες και άργιλο και συχνές ενστρώσεις κροκαλοπαγών και λιμναίων ασβεστόλιθων, ιδιαίτερα στους ανώτερους ορίζοντες. Η σειρά αυτή πρόκειται για ποτάμιες, λιμναίες και παράκτιες αποθέσεις και η ηλικία της υπολογίζεται στο Άνω Μειόκαινο-Κάτω Πλειόκαινο. Το τέλος του Νεογενούς σηματοδοτεί ο σχηματισμός των λιμναίων ασβεστολίθων. Είναι γλυκού νερού λιμναίοι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι. Στις Τεταρτογενείς αποθέσεις ανήκουν οι Πλειστοκαινικές αποθέσεις και οι Ολοκαινικές αποθέσεις. Αυτές οι αποθέσεις περιλαμβάνουν το κροκαλοπαγές βάσης και ερυθρές άργιλοι με ασβεστιτικά συγκρίματα. Ακολούθως έχει γίνει απόθεση του ανώτερου συστήματος αναβαθμίδων με κροκάλες χαλαζιτών, ασβεστόλιθων, μαρμάρων και μαγματικών πετρωμάτων και το κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων με κροκάλες χαλαζιτών, χαλαζία, γνευσίων, κρυσταλλικών σχιστόλιθων. Επιπλέον συναντώνται άμμοι, λατύπες, πηλοί και άργιλοι. Αδιαίρετα σε όλο το Τεταρτογενές βρίσκονται τα ριπίδια προσχώσεων (Φουρνιάδης, 2002). Τέλος οι Ολοκαινικές αποθέσεις εμφανίζουν σύγχρονους σχηματισμούς από παράκτιες αποθέσεις, αναχώματα, αλλουβιακά ριπίδια και πλευρικά κορήματα.

3.2 Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Όπως αναφέρθηκε η λεκάνη απορροής του Ανθεμούντα εντάσσεται στη ζώνη του εκτεταμένου επιμήκους τεκτονικού βυθίσματος με γενική διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ στο χώρο της κεντρικής Χαλκιδικής. Η λεκάνη του Ανθεμούντα είναι ανεπτυγμένη σε διεύθυνση σχεδόν κάθετη στον κύριο ορογραφικό άξονα των Ελληνίδων, δηλαδή ΔΒΔ-ΑΝΑ και έχει καθαρά τεκτονική προέλευση (Pavlidis , Kondopoulou , Kiliias , & Westphal , 1988). Πιθανότερη ηλικία δημιουργίας αυτής, θεωρείται εκείνη του Μέσου-Ανώτερου Μειόκαινου (Sotiriadis,L.D, 1974). Η νεοτεκτονική και σύγχρονη τεκτονική δράση του βυθίσματος είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αντίστοιχη δράση του ευρύτερου ελληνικού χώρου, η οποία επηρεάζεται ισχυρά από ένα εκτεταμένο

εφελκυστικό πεδίο, που δρα από το Μέσο-Άνω Μειόκαινο μέχρι και σήμερα (Pavlides , Kondopoulou , Kiliias , & Westphal , 1988). Στην περιοχή έδρασε ένα εφελκυστικό πεδίο διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, το οποίο δημιούργησε τα ρήγματα που εμφανίζονται στους σχηματισμούς του υποβάθρου. Τα ρήγματα αυτά έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, που είναι και η αιτία σχηματισμού του βυθίσματος. Παρατηρείται επίσης και μια δεύτερη, κύρια διεύθυνση ρηγμάτων, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, η οποία συνδέεται με τα νεότερα τεκτονικά στάδια. Ενδείξεις αυτών των ρηγμάτων βρίσκονται στα Νεογενή-Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης και οδηγούν στο συμπέρασμα της δράσης ενός εφελκυστικού πεδίου νεότερου του πρώτου, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Αυτή η εφελκυστική δράση έπαιξε τον πιο ουσιαστικό ρόλο στη νεοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής (Pavlides , Kondopoulou , Kiliias , & Westphal , 1988). Σύμφωνα με τον Μουντράκη και άλλους (1993), μετρήσεις σε ρηξιγενείς επιφάνειες που οριοθετούν το αλπικό υπόβαθρο (Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι, γρανίτης Μονοπήγαδου) από τα Νεογενή ιζήματα στο νότιο ρήγμα του Ανθεμούντα (περιοχή Ταγαράδων-Γαλαρινού), παρουσιάζουν κίνηση διεύθυνσης ολίσθησης και διεύθυνσης κλίσης (pitch 20° - 45° ΒΔ) και παράταξη ΔΒΔ-ΑΝΑ. Ενδιαφέρονσα είναι η διάταξη αυτών των ρηγμάτων στον χάρτη (βλ. Σχ. 4.3) όπου εμφανίζεται μια δεξιόστροφη κλιμακωτή διάταξη από τα ΝΑ προς τα ΒΔ (right stepping). Η διάταξη αυτή αναφέρεται σαν χαρακτηριστική εξέλιξη μιας ζώνης ρηγμάτωσης οριζόντιας μετατόπισης (Blick & Nicholas, 1985). Η εξάπλωση των δομών αυτών μέχρι τις παρυφές των αλλουβιακών αποθέσεων, όπως επίσης και στο μανδύα αποσάθρωσης του γρανίτη αποτελεί ένδειξη για το χρόνο της τεκτονικής δραστηριότητας, που χαρακτηρίζεται ως πολύ πρόσφατη. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι η αύξηση της κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών στους επιφανειακούς, χαλαρότερους σχηματισμούς (από 40° - 50° σε 60° - 70°) καθώς και η κυριαρχία της κίνησης διεύθυνσης κλίσης (oblique slip) (pitch 65° ΒΔ) που αντικατοπτρίζει το πιο πρόσφατο στάδιο τεκτονισμού (Φουρνιάδης, 2002).

4 Μεθοδολογία

Για την περιγραφή της μεθοδολογίας θα αναλυθούν τα στάδια που πραγματοποιήθηκαν στο ύπαιθρο για την αποτύπωση της γεωμορφολογίας κατά μήκος του Κοντάρικου Λάκκου στη περιοχή της Περιστεράς και ανάλυση των δειγμάτων που ελήφθησαν στα αντίστοιχα σημεία. Πρόκειται για μία ερευνητική μεθοδολογία για την υλοποίηση της οποίας τέθηκε αναγκαία η χρήση γεωλογικού εξοπλισμού και εργαλείων όπου θα ήταν απαραίτητα για την περιγραφή, μελέτη και καταγραφή των πληροφοριών καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής κατά μήκος του παραποτάμου. Ωφέλιμη κατέστη, πέραν της διαδρομής της συγκεκριμένης κοίτης ,



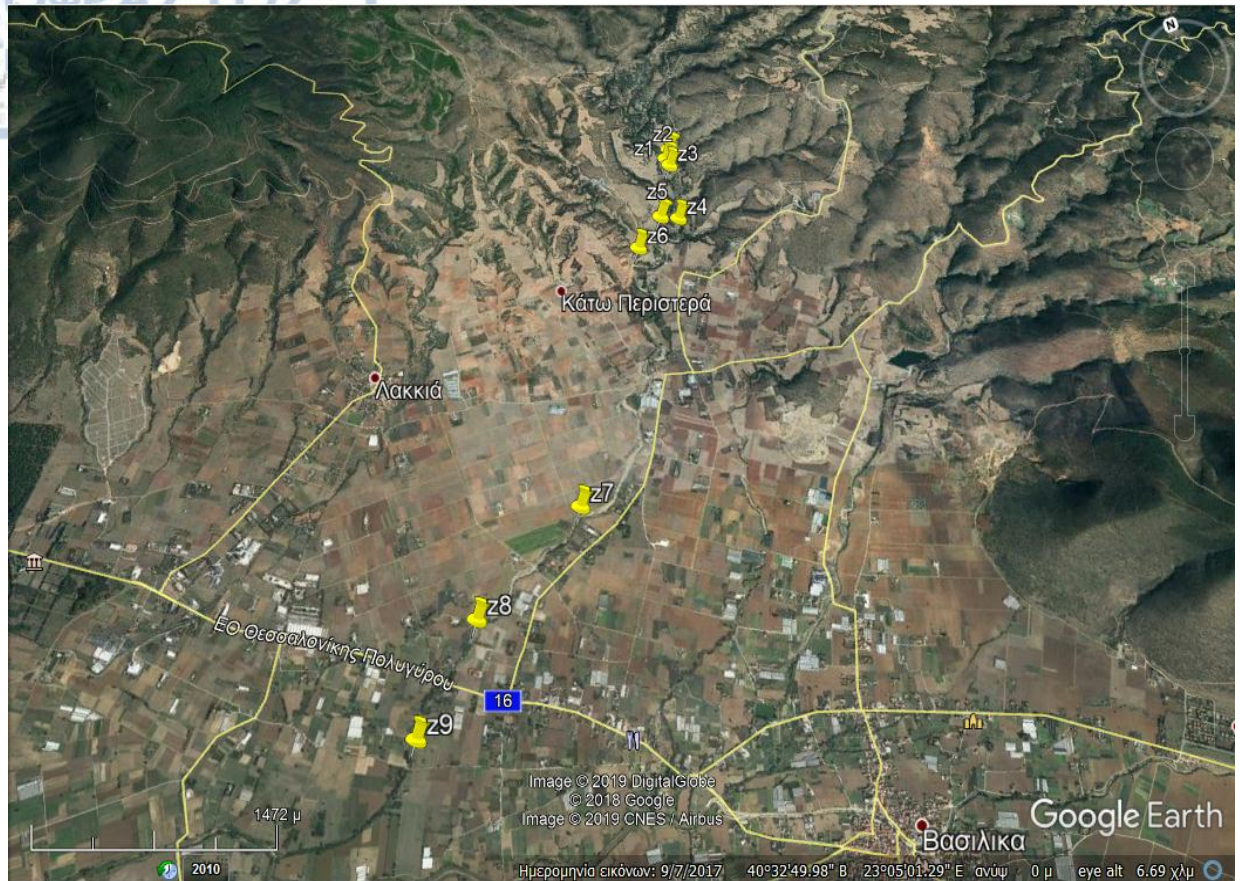
και η διάσχιση της ευρύτερης περιοχής της Λακκιάς, καθώς απέδωσε μια γενικότερη εικόνα των συνθηκών της λεκάνης αλλά και του υδρογραφικού δικτύου γύρω από τον παραπόταμο. Η μεθοδολογία όπως αναφέρθηκε περιλαμβάνει τη λήψη δειγμάτων, την αποθήκευση τους και τη μεταφορά τους στο εργαστήριο και αναλυτική επεξεργασία η οποία θα παρατεθεί παρακάτω. Οι συντεταγμένες από τις θέσεις δειγματοληψίας λήφθηκαν από φορητό δορυφορικό GPS. Ο χάρτης δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό ArcGIS, τους τοπογραφικούς χάρτες με τα φύλλα Βασιλικά και Θέρμη και τους γεωλογικούς χάρτες ΙΓΜΕ φύλλα Βασιλικά και Θέρμη.

4.1 Έρευνα πεδίου στη περιοχή της Περιστεράς - Δειγματοληψία

Όπως περιεγράφηκε και στο πρώτο κεφάλαιο η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στην παραπόταμο Κοντάρικο Λάκκο, που διαρρέει τη περιοχή της Περιστεράς και βρίσκεται Β-ΒΑ της λεκάνης του Ανθεμούντα. Για την αξιοπιστία της δειγματοληψίας, οι θέσεις των δειγμάτων που ελήφθησαν, πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικά σημεία κατά μήκος του παραποτάμου από τα ανάντη προς τα κατόντη της κοίτης και πάρθηκαν 10cm από την επιφάνεια του εδάφους. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε ξηρό περιβάλλον προκειμένου να γίνει απομάκρυνση της υγρασίας έτσι ώστε να επιτευχθεί η επεξεργασία τους στο εργαστήριο. Το σύνολο των δειγμάτων που συγκεντρώθηκαν συνολικά απαριθμούνται στα εννέα και από τα ανάντη προς τα κατόντη τα συναντούμε στα σημεία με τις εξής συντεταγμένες:

Πίνακας 1: Συντεταγμένες δειγμάτων

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (x, y)
z1	40.525531, 23.140792
z2	40.525531, 23.140793
z3	40.525531, 23.140794
z4	40.525531, 23.140795
z5	40.525531, 23.140796
z6	40.525531, 23.140797
z7	40.525531, 23.140798
z8	40.525531, 23.140799
z9	40.525531, 23.140800



Χάρτης 2: Θέσεις δειγμάτων (Google Earth, Ιούνιος 2019)

Η διαδρομή ξεκίνησε από τη Καλύβα Πουρναροχωρίου, ένα χωριό που βρίσκεται ΒΒΔ του χωριού της Περιστεράς, διασχίζοντας τον άνω ρου. Στην εικόνα 1 άρχισε η μελέτη του παραποτάμου σε υψόμετρο περίπου 840 μέτρων και καταλήγει να ενώνεται με τη κύρια κοίτη της υπολεκάνης σε υψόμετρο 140 μέτρων. Στην εικόνα βλέπουμε δηλωμένα επίσης τα σημεία από όπου έγινε η δειγματοληψία, η ανάλυση των οποίων θα παρατεθεί στην επόμενη ενότητα.

Ξεκινώντας τη διαδρομή από τα ανάντη σε υψόμετρο 840 μέτρων ΒΒΔ της περιοχής της Περιστεράς, βλέπουμε να εμφανίζεται στη κοίτη το μητρικό πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από δουνίτες και περιδοτίτες οι οποίοι εφάπτονται με γαββρικά πετρώματα. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή οι γάββροι έχουν ηλικία Μεσοζωική, ενώ οι δουνίτες και περιδοτίτες υπολογίζονται Παλαιοζωικής ηλικίας.

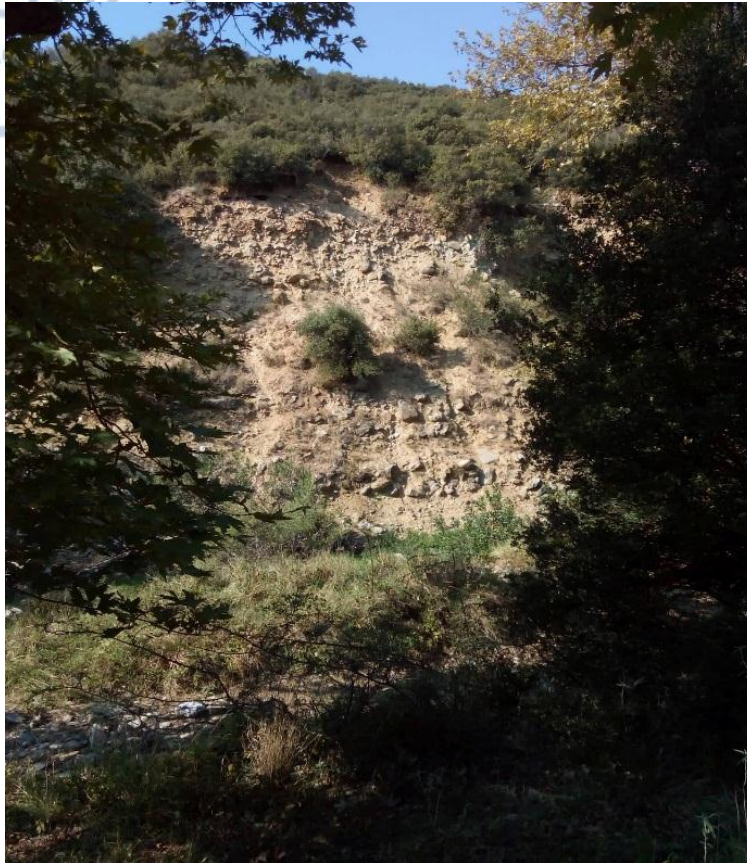
Στις πλαγιές εμφανίζεται διαβρωμένο το μητρικό πέτρωμα και οι κλιτύες του ποταμού είναι απότομες. Η πρόσβαση σε αυτό το σημείο ήταν αρκετά δυσχερής, καθώς η κοίτη του ποταμού ήταν εγκλιβωτισμένη, έτσι δεν υπάρχουν αντιπροσωπευτικά δείγματα της περιοχής αυτής. Το τεκτονικό βύθισμα του Ανθεμούντα, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ περιλαμβάνει κυρίως Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις, καθώς και τους σχηματισμούς του υποβάθρου.



Εικόνα 2: Μητρικό πέτρωμα

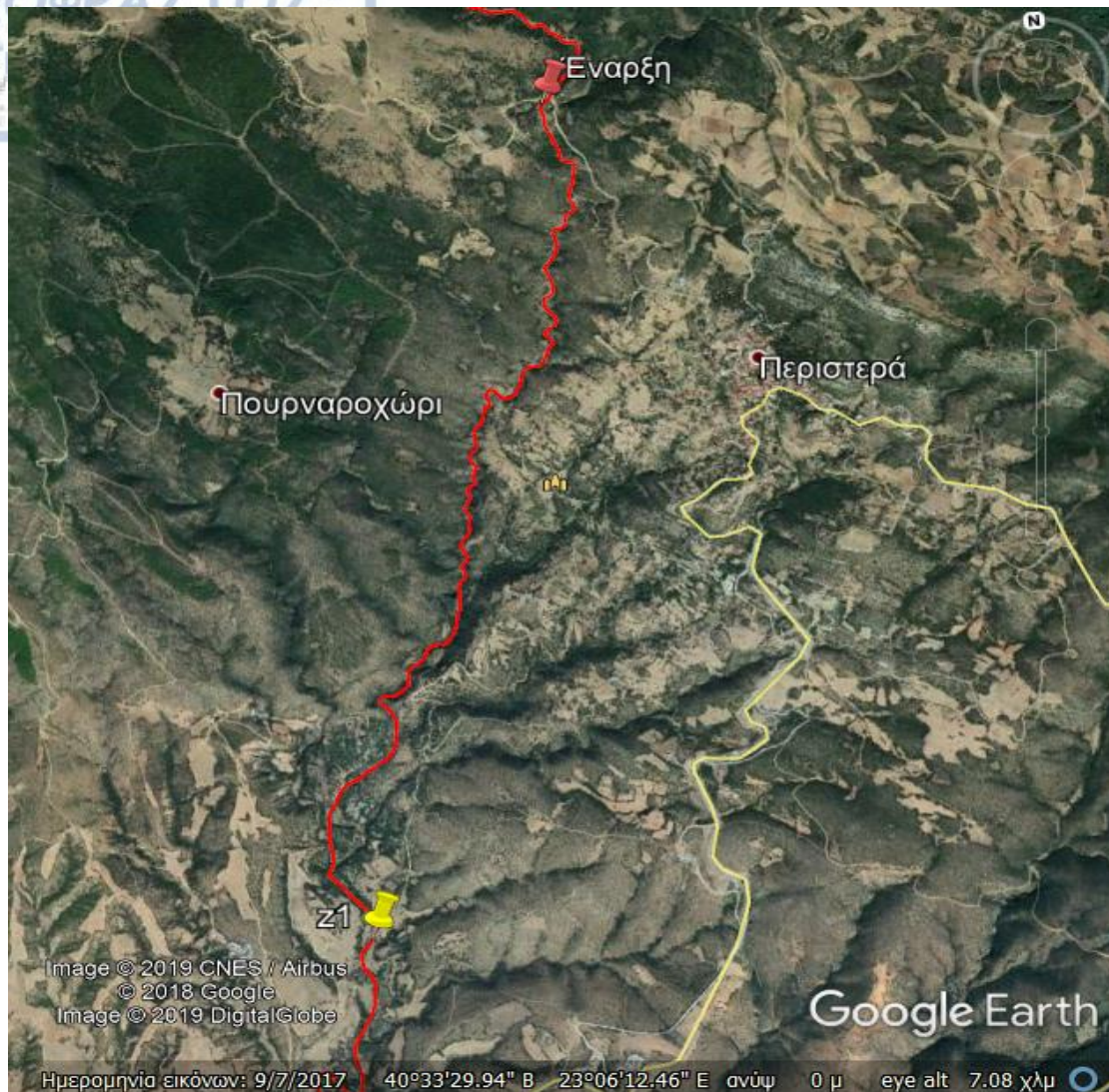
Η εναλλαγή του μητρικού πετρώματος με τους σχηματισμούς που αποτελούνται από χαλίκια και άμμους κάτω από αργιλώδες κάλυμμα, γνωστούς ως κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων, ξεκινάει στη περιοχή της Κάτω Περιστεράς με συντεταγμένες 40.528298, 23.139584 και σε απόσταση 5.1 χιλιομέτρων από τη αρχή της διαδρομής . Στις περιοχές όπου απαντούν χαλαροί γεωλογικοί σχηματισμοί (άμμοι, μάργες, αργιλοψαμμίτες) παρατηρείται έντονη πλευρική, χαραδρωτική διάβρωση, σε αντίθεση με της περιοχές όπου επικρατούν πιο ανθεκτικοί σχηματισμοί. Η διαβρωτική δράση στην πρώτη περίπτωση είναι έντονη.

Η κοίτη του ποταμού στη περιοχή αυτή εμφανίζεται πλέον με μικρό πλάτος σε τωρινές συνθήκες σε σχέση με την έκταση της στο παρελθόν. Οι αποθέσεις των ποτάμιων ιζημάτων, όπου εμφανίζονται στις παλιές κλιτύες της κοίτης και αποτυπώνονται στην εμφανίζουν εναλλαγές στρώσεων χοντρόκοκκων και λεπτόκοκκων πετρωμάτων γεγονός που φανερώνει τις διαφορετικές μεταφορικές συνθήκες, με περιόδους αυξημένης ταχύτητας μεταφοράς και στη συνέχεια απόθεση των λεπτόκοκκων και χαμηλότερης ταχύτητας και απόθεση των χοντρόκοκκων υλικών. Συνεχίζοντας τη διαδρομή προς τα κατάντη το πλάτος της κοίτης αυξάνεται και η παρουσία νερού είναι εμφανής. Σε αυτό το σημείο οι ιζηματολογικές αποθέσεις παρουσιάζουν την ίδια μορφή που περιεγράφηκε στο προηγούμενο στάδιο (εικόνα 2).



Εικόνα 3: Εναλλαγές στρώσεων ιζηματογενών αποθέσεων

Στην νοτιότερη αυτή περιοχή είναι διακριτή η δράση της οξείδωσης των ιζημάτων (εικόνα 3) στις πλαγιές, όπου φέρουν το χαρακτηριστικό ερυθρό χρώμα, αναγνωριστικό στοιχείο των ιζημάτων της σειράς των ερυθρών αργίλων και ηλικίας Α. Μειόκαινου – Κ. Πλειόκαινου. (Φίκος, Αντιστροφή γεωηλεκτρικών τομογραφικών δεδομένων: Εφαρμογή στη λεκάνη Ανθεμούντα, 2010). Εδώ πραγματοποιήθηκε η πρώτη δειγματοληψία του δείγματος z1, με συντεταγμένες 40.525531, 23.140792 και απόσταση 5,4 χιλιομέτρων από το σημείο εκκίνησης (χάρτης 3). Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δειγμάτων βρίσκονται στο κεφάλαιο 4.



Χάρτης 3: Θέσεις δειγμάτων (Google Earth, Ιούνιος 2019)

Καθώς το υψόμετρο μειώνεται η πρόσβαση καθίσταται ευκολότερη, ενώ η διαβρωτική ικανότητα του νερού έχει δράσει στις πλαγιές της κοίτης και σε υψόμετρο 200 μέτρων η κοίτη εξακολουθεί να συνοδεύεται από τη παρουσία νερού. Συνεχίζοντας τη πορεία σε 94,6 μέτρα από το δείγμα z1, η κοίτη ομαλοποιείται, χωρίς να παρουσιάζονται οξύληκτες πλαγιές ενώ εμφανίζει μαιανδρισμό τοπικά. Στη περιοχή αυτή έγινε η συλλογή των δειγμάτων z2, z3 με συντεταγμένες 40.525531, 23.140793, 40.525531, 23.140794 αντίστοιχα. Προχωρώντας προς τα κατάντη του ρέματος, η κοίτη αυξάνει σε πλάτος και στα τοιχώματα (κλιτύες) της παρατηρούνται, πέραν του χαρακτηριστικού ερυθρού χρώματος, χονδρόκοκκα υλικά σε εναλλαγές με σαφή διαχωρισμό των στρώσεων. Χονδρόκοκκα υλικά παρατηρούνται και στο μέσο της κοίτης του ρέματος.



Χάρτης 4: Διαδρομή για τη δειγματοληψία z2,z3 (Google Earth, Ιούνιος 2019)



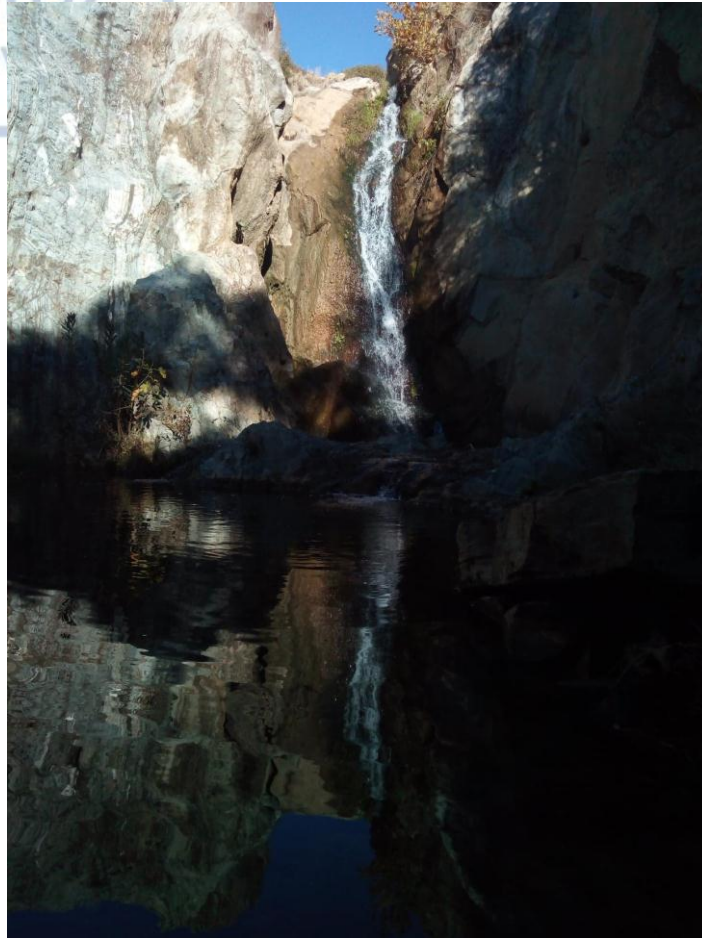
Εικόνα 4: Ιζήματα σειράς ερυθρών αργίλων

Την ίδια εικόνα παρουσιάζει το ρέμα και στο υψόμετρο των 190 μέτρων με το ποτάμι νερό να μεταφέρει μεγάλου όγκου υλικά (του μητρικού πετρώματος) που έχουν αποθεθεί μέσω της κοίτης (εικόνα 4).



Εικόνα 5: Χονδρόκοκκες αποθέσεις στο μέσο της κοίτης

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει, λίγο νοτιότερα κατά μήκος του ρέματος, η εμφάνιση καταρράκτη (εικόνα 5) σε υψόμετρο 180 μέτρων με συντεταγμένες 40.522695, 23.140461 σε συνδυασμό με πιθανό ρήγμα στη περιοχή που όπως αναφέρθηκε έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και συνδέεται με τα νεότερα τεκτονικά στάδια. Το έδαφος εδώ χαρακτηρίζεται από έντονη βλάστηση και απότομες πλαγιές.



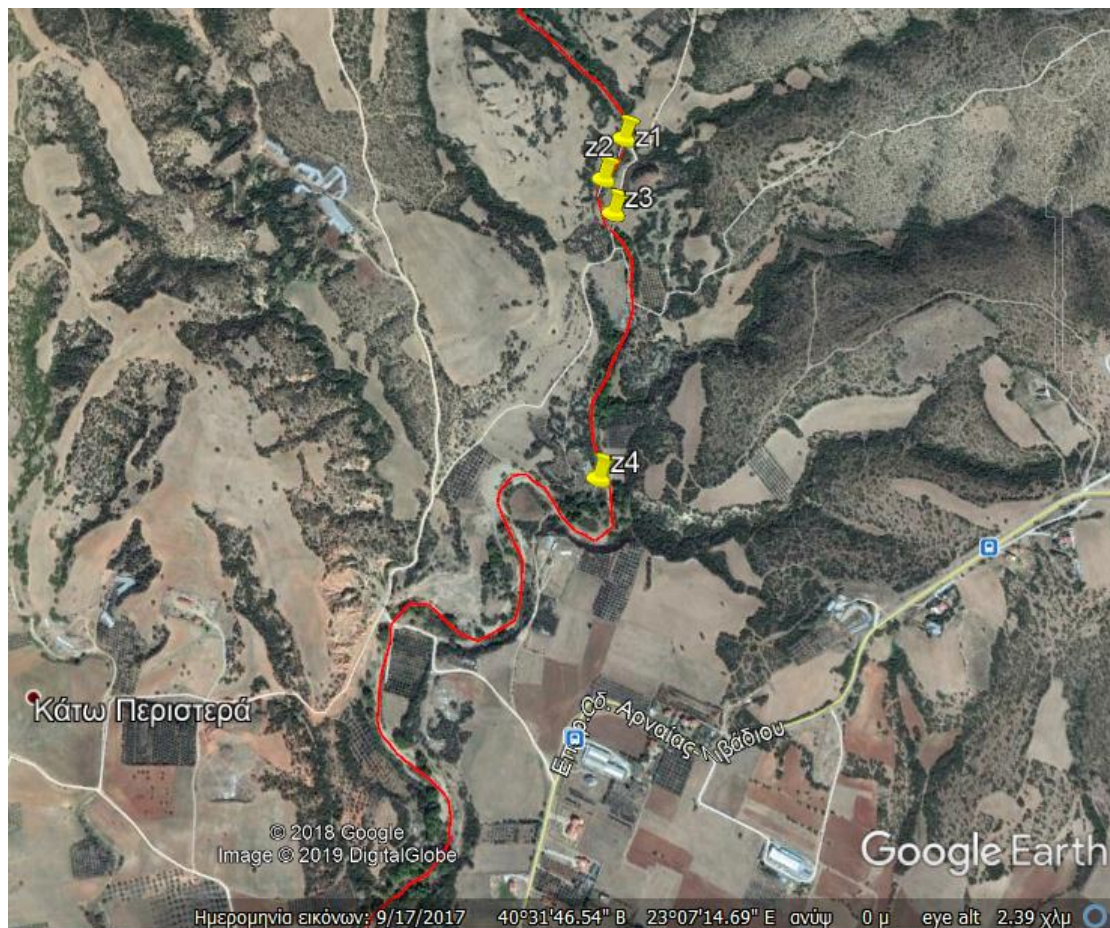
Εικόνα 6: Καταρράκτης

Η παρουσία νερού διατηρείται και στα επόμενα μέτρα κατάντη με το μήκος της κοίτης να στενεύει αρκετά σε σχέση με τις παλαιοκοίτες, όπως μαρτυρούν οι αναβαθμίδες που έχουν διαμορφωθεί στις πλευρές των κλιτύων. Στο υψόμετρο των 170μέτρων ο παραπόταμος σχηματίζει μαιανδρική μορφή και σε αυτό το σημείο πλαταίνει. Η διαβρωτική του ικανότητα φανερώνεται από την έντονη και σχεδόν κάθετη πλαγιά που έχει υποστεί πλευρική διάβρωση. Οι οξειδωτικές δράσεις έχουν ως αποτέλεσμα τα ιζήματα να φέρουν ερυθρό χρώμα (εικόνα 6).



Εικόνα 7: Διαβρωτική δράση του ρέματος στη πλαγιά της κοίτης και δράση της οξειδωσης των ιζημάτων

Σε αυτό το σημείο και σε απόσταση 561 μέτρων από το δείγμα z3, πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία για το z4 (χάρτης 5). Παρόλο που το πλάτος του ποταμού έχει διευρυνθεί σε αυτό το σημείο η ποσότητα του νερού που ρέει είναι ελάχιστη με βάθος μερικών εκατοστών σχηματίζοντας τη σημερινή εικόνα κοίτης. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί εξαιτίας των πλημμυρικών φαινομένων που επικρατούν στις διαφορετικές καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες και την απότομη αλλαγή κλίσης. Στη κοίτη περιέχονται ιζήματα χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα. Η κοίτη έχει στενέψει ξανά και συνοδεύεται από εμφάνιση ποτάμιων αναβαθμίδων έντονης μορφής. Στην εικόνα 9 παρατηρούμε κάποιες αναβαθμίδες που έχουν προκληθεί λόγω της διάβρωσης του εξαιτίας της (αυξημένης) μεταφορικής ικανότητας του παραποτάμου ο οποίος με τα χρόνια περιορίζεται με συνέπεια οι σχηματισμοί της παλιάς κοίτης να παραμένουν στα περιθώρια ως αναβαθμίδες. Οι αναβαθμίδες αυτές είναι γνωστές ως αναβαθμίδες διάβρωσης (Βουβαλίδης, 2011).



Χάρτης 5: Διαδρομή για τη δειγματοληψία z4 (Google Earth, Ιούνιος 2019)

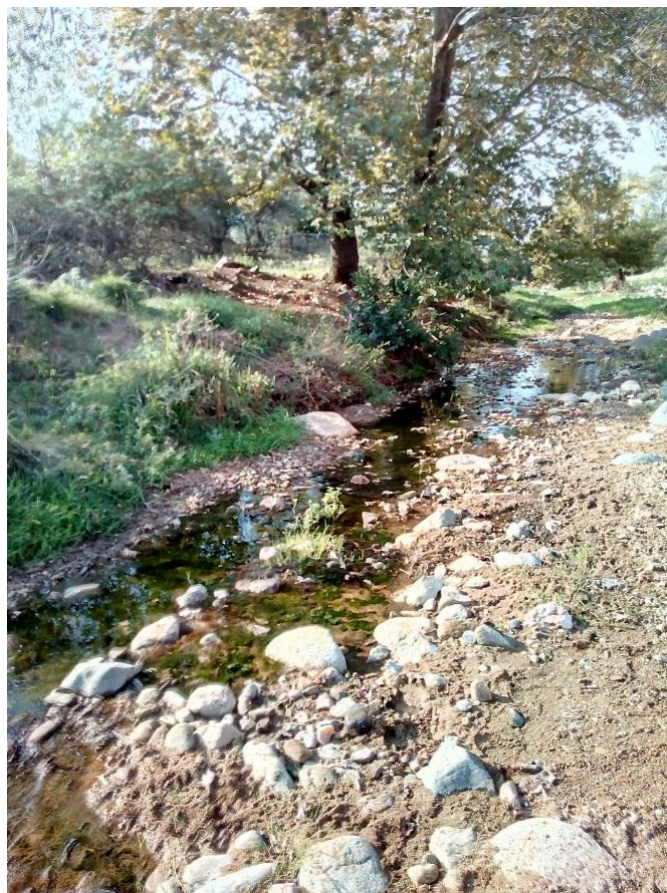


Εικόνα 8: Ποτάμιες αναβαθμίδες κατά μήκος του Κοντάρικου Λάκκου

Ο μαιανδρισμός του ποταμού συνεχίζεται και το νερό στερεύει. Το νερό σταματά την εμφάνιση του στο ύψος των 160 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας και στο σημείο αυτό έγινε λήψη του δείγματος z5 σε απόσταση 158 μέτρων από το z4. Επανεμφάνιση του υγρού στοιχείου έγινε αρκετά μέτρα κατάντη της κατά μήκος διαδρομής του ρέματος (40.518211, 23.134294) υποδηλώνοντας για παρουσία υπόγειων υδροφόρων που επιβεβαιώνουν την ανάπτυξη επάλληλων υδροφόρων οριζόντων, ιδιαίτερα στα στρώματα που αποτελούνται από αδρομερή υλικά, κυρίως από άμμο και χαλίκια και λιγότερο από τον σχηματισμό του συνάγματος. Οι υδροφόροι αυτοί οριζόντες χαρακτηρίζονται από ανομοιογένεια και ανισοτροπία εξαιτίας κυρίως διαφορετικής λιθολογικής σύστασης. Η τροφοδοσία των υδροφόρων στρωμάτων γίνεται τόσο από απευθείας κατεύθυνση των κατακρημνισμάτων, όσο και από πλευρικές διηθήσεις προς το κέντρο της υπολεκάνης (Φίκος, 2010). Εδώ πραγματοποιήθηκε ακόμη μια δειγματοληψία για το z6 (χάρτης 6).



Χάρτης 6: Διαδρομή για τη δειγματοληψία z6 (Google Earth, Ιούνιος 2019)



Εικόνα 9: Επανεμφάνιση νερού στο ρέμα (δειγματοληψία z6)

Καθώς μειώνεται το υψόμετρο, το πλάτος της παλαιάς κοίτης μεγαλώνει και η επιφάνεια των αναβαθμίδων (D) σημειώνουν αποστάσεις μετρικών μέτρων μεταξύ τους. Τα υλικά των ιζηματογενών σχηματισμών που καταγράφονται στο μέτωπο των αναβαθμίδων, εναλλάσσονται αποτελούμενες από το κροκαλοπαγές βάσης με ποικίλο μέγεθος κροκάλων Νεογενούς ηλικίας. Λίγο πριν ο παραπόταμος ενωθεί με τη κυρίως κοίτη του ποταμού της λεκάνης του Ανθεμούντα διαγράφει ομαλότερη πορεία με λιγότερο έντονες και απότομες κλιτύες και μικρότερη διαβρωτική δράση. Η δειγματοληψία των z7, z8, z9 σημειώνεται στα σημεία με συντεταγμένες 40.525531, 23.140798 , 40.525531, 23.140799 , 40.525531, 23.140800 αντίστοιχα, με απόσταση μερικών μέτρων μεταξύ τους. Ο παραπόταμος φαίνεται να συγκεντρώνει χονδρόκοκκα, μεγάλου όγκου ιζηματογενή υλικά στο πυθμένα της κοίτης.



Χάρτης 7: Διαδρομή για τη δειγματοληψία z7, z8, z9 (Google Earth, Ιούνιος 2019)



Εικόνα 10: Περιοχή δειγματοληψίας z7,z8

Στο τελικό στάδιο της διαδρομής και σε 1 χιλιόμετρο πριν την σύνδεση του παραποτάμου με τη κύρια κοίτη του ποταμού έγινε η λήψη του δείγματος z9 και η σημερινή εικόνα που παρουσιάζει φαίνεται στην εικόνα 12. Η αυξημένη βλάστηση, το ομαλό και ήπιο ανάγλυφο χαρακτηρίζει τη μεγαλύτερη έκταση του ποταμού σε υψόμετρο χαμηλότερο των 170 μέτρων.



Εικόνα 11: Περιοχή δειγματοληψίας z9

4.2 Εργαστηριακές αναλύσεις

Τα δείγματα που συλλέχθηκαν από την ύπαιθρο τοποθετήθηκαν μέσα σε πλαστικές σακούλες με τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία να αναγράφονται σε αυτές (περιοχή, συντεταγμένες, χαρακτηριστική μορφολογία, αριθμός δείγματος) και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε καθαρή επιφάνεια και σε περιβάλλον με θερμοκρασία δωματίου, έτσι ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία και να στεγνώσουν. Στα δείγματα με μεγάλο βάρος έγινε διαχωρισμός τους σε μικρότερα. Συγκεκριμένα τα μικρότερα αυτά δείγματα πρέπει να έχουν τα ακόλουθα βάρη : 1) δείγματα με πολλές κροκάλες και χονδρόκοκκη άμμο 100-200g 2) δείγματα με ελάχιστες κροκάλες, πολύ άμμο και λίγα λεπτόκοκκα 80-120g 3) δείγματα με πολλά λεπτόκοκκα 30-50g (Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010). Για το διαχωρισμό αυτό έγινε χρήση της μεθόδου του σταυρού κατά την οποία το δείγμα απλώνεται σε επίπεδη επιφάνεια και γίνεται διαμερισμός του σε τέσσερα διαφορετικά δείγματα. Για την μετέπειτα επεξεργασία επιλέχθηκαν τα δύο αντικριστά μέρη σύμφωνα με την εικόνα 11.



Εικόνα 12: Μέθοδος Σταυρού

Στο δείγμα που προέκυψε έγινε προσπάθεια αποσυγκόλλησης των υλικών που είχαν τη μορφή συσσωματωμάτων, αποτρέποντας την αλλοίωση του υλικού του δείγματος που θα οδηγούσε σε πιθανά σφάλματα κατά την ανάλυση. Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν, με τη βοήθεια τσιμπίδας, μικρά κομμάτια από φύλλα, ρίζες και ξύλα ή άλλα υλικά που εμπεριέχονταν στο δείγμα. Το τελικό δείγμα ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακριβείας και το καθαρό του βάρος σημειώθηκε στο φύλλο κοκκομετρικής ανάλυσης άμμου. Στο στάδιο αυτό, για τη μηχανική ανάλυση των ιζημάτων έγινε επιλογή της μεθόδου του κοσκινίσματος καθώς το δείγμα αποτελούνταν από χονδρόκοκκα υλικά (κροκάλες, άμμος), ενώ τα λεπτόκοκκα υλικά και των εννέα δειγμάτων δεν υπερέβαιναν το 5% του συνολικού βάρους του δείγματος. Για τη μέτρηση του

μεγέθους των κόκκων χρησιμοποιήθηκαν οι κλίμακες μεγεθών γεωμετρική (κλασματική σε mm) και αριθμητική (λογαριθμική σε Φ, όπου $\Phi = -\log_2 \xi$ και $\xi = \text{μέγεθος κόκκων σε mm}$). Οι κλίμακες αυτές έχουν ως βάση το μέγεθος 1mm, αλλά η κλίμακα Φ έχει το πλεονέκτημα ότι αποτελείται από ακεραίους θετικούς και αρνητικούς αριθμούς με βάση το 0 (1mm) (Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010).

Πίνακας 2: Διάμετρος κόκκων, τάξη μεγέθους και μέθοδος ανάλυσης στους κλαστικούς κόκκους: X = χονδρόκοκκο, M= μεσόκοκκο, A= λεπτόκοκκο, Π= πολύ (Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010)

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΟΚΚΩΝ			ΤΑΞΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ		ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ		
mm	m	Φ					
4.096		-12			Π.Χ.		
2,048		-11			X		
1.024		-10	ΚΡΟΚΑΛΕΣ	Boulders	M		
512	1	-9			Λ		
256		-8			GRAVEL	Απ' ευθείας Μέτρηση με Παχύμετρο - Υποδεκάμετρο	
128		-7		Cobbles			X
64	10^{-1}	-6					Λ
32		-5					Π.Χ.
16		-4		Pebbles			X
8	10^{-2}	-3					M
4		-2					Λ
2		-1					Π.Λ.
1	10^{-3}	0		Π.Χ.	Κοσκίνισμα Σωλήνας ιζημα- τογένεσης Μικροσκόπιο		
0.5		+1		X			
0.25		+2	ΑΜΜΟΣ	Sand	M		
0.125		+3			Λ		
0.062	10^{-4}	+4			Π.Λ.		
0.031		+5			Π.Χ.		
0.016		+6	ΙΛΥΣ	Silt	X		
0.0078	10^{-5}	+7				M	Σιφώνιο
0.0039		+8			Λ	Υδρόμετρο	
0.0020		+9			Π.Λ.	Ηλεκτρικός ζυγός	
0.00098	10^{-6}	+10	ΑΡΓΙΛ- ΟΣ	Clay	Π.Χ.	Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο	
0.00049		+11					X
0.00024		12					M

Η μέτρηση των δειγμάτων ξεκίνησε με διάμετρο κροκάλων -7Φ όπου αντιστοιχεί σε διάμετρο 12,8 mm και ο υπολογισμός τους πραγματοποιήθηκε με παχύμετρο. Στη συνέχεια ακολούθησε η πρώτη σειρά κοσκίνων διαμέτρου κόκκων από -6Φ έως -3Φ, ζυγίστηκε το βάρος των κόκκων από το αντίστοιχο κόσκινο και καταγράφηκε στο φύλλο κοκκομετρικής ανάλυσης. Για τη μέτρηση του βάρους των κόκκων στο κάθε κόσκινο, αποσπάστηκαν από τη στήλη ένα προς ένα, με τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη διάμετρο κόκκων κόσκινα. Αποτέθηκε το περιεχόμενο τους σε μία καθαρή επιφάνεια χαρτιού και με ένα βουρτσάκι καθαρίστηκε το πλέγμα τους. Το υλικό που απέμεινε στο δίσκο αφού ζυγίστηκε, περάστηκε από μια δεύτερη σειρά κοσκίνων με διάμετρο βροχίδων από -2Φ έως 0,5Φ και ολόκληρη η σειρά (στήλη) μεταφέρθηκε σε δονητή που τέθηκε σε λειτουργία για 10'. Το υλικό με μέγεθος των κόκκων 0Φ αποθηκεύτηκε για τη μετέπειτα επεξεργασία του στο στερεοσκοπικό μικροσκόπιο. Η ίδια διαδικασία έλαβε χώρα και για τη τρίτη σειρά κοσκίνων από 1Φ έως 4Φ. Τελικός υπολογισμός βάρους κόκκων αποτελεί ο δίσκος βάσης που βρίσκεται κάτω από το τελευταίο κόσκινο και περιλαμβάνει τα λεπτόκοκκα υλικά (ιλύ-άργίλο). Ολοκληρώνοντας, καταγράφηκε το αθροιστικό βάρος, το ποσοστό (%) κατά βάρος για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων και το αθροιστικό βάρος (%).



Εικόνα 14: Κόσκινα κλίμακας -6Φ έως -3Φ



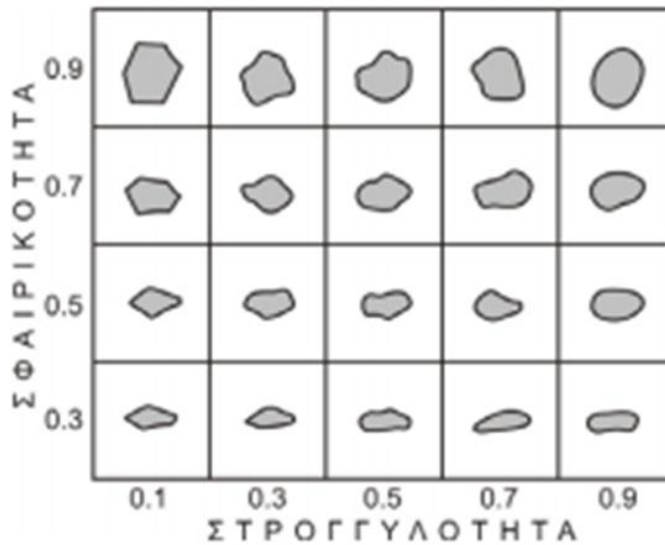
Εικόνα 13: Κόσκινα κλίμακας -2Φ έως 0,5Φ



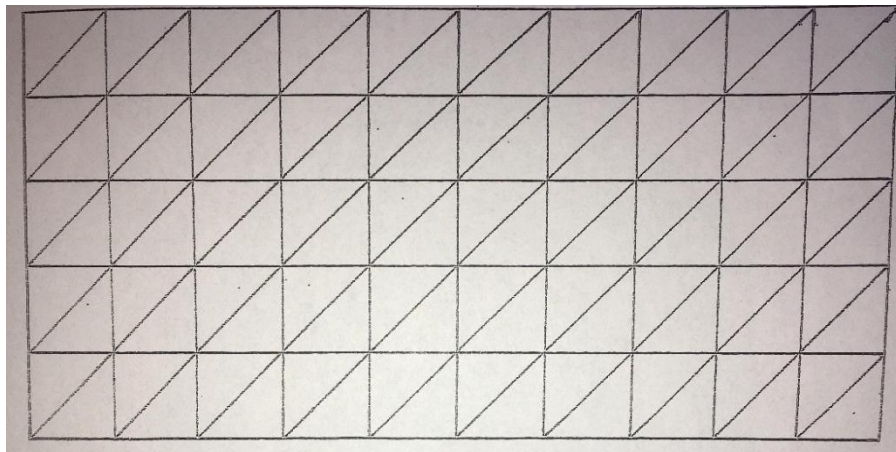
Εικόνα 15: Κόσκινα κλίμακας 1Φ έως 4Φ

Το δεύτερο σκέλος της εργαστηριακής ανάλυσης εκτελέστηκε με τη βοήθεια του στερεοσκοπικού μικροσκοπίου στους κόκκους άμμου κάθε δείγματος, με μέγεθος διαμέτρου κόκκων 0Φ(1mm), όπου είχαν φυλαχτεί κατά την προηγούμενη διαδικασία. Οι μετρήσεις αυτές προσδιορίζουν τη σφαιρικότητα και τη στρογγυλότητα χαλαζιακών κόκκων άμμου, για τη παρούσα εργαστηριακή μελέτη και όπως προαναφέρθηκε, για το σκοπό αυτό, έγινε χρήση του στερεοσκοπικού μικροσκοπίου. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για τις συγκεκριμένες μετρήσεις αποδίδονται στη μέθοδο του Krumbein & Sloss (1963) και αφορά στον οπτικό υπολογισμό της σφαιρικότητας και της στρογγυλότητας (Ψιλοβίκος, 2010) με βάση τον πίνακα 3.

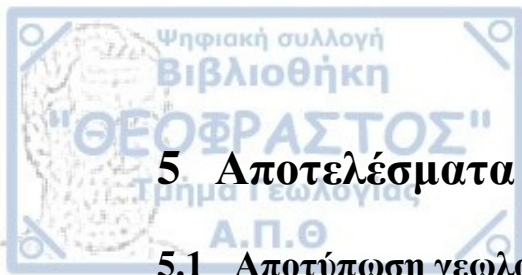
Πίνακας 3: Οπτικός υπολογισμός της σφαιρικότητας και της στρογγυλότητας στους κόκκους της άμμου (Krumbein & Sloss 1963)



Όλη η ποσότητα κάθε δείγματος 0Φ εξετάστηκε κάτω από το στερεοσκοπικό μικροσκόπιο και από αυτή διαχωρίστηκαν, ένας προς έναν, κόκκοι χαλαζία για την αντιστοίχισή τους με βάση το διάγραμμα, στη κατάλληλη σφαιρικότητα και στρογγυλότητα. Οι τιμές των παραπάνω μεγεθών της σφαιρικότητας και της στρογγυλότητας αποτυπώθηκαν στο σχεδιάγραμμα της εικόνας 15, με τις τιμές της σφαιρικότητας να σημειώνονται στο πάνω-αριστερά μέρος και της στρογγυλότητας στο κάτω δεξιά. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατίθενται στο Κεφάλαιο 5.



Εικόνα 16: Διάγραμμα για τις τιμές της σφαιρικότητας και στρογγυλότητας

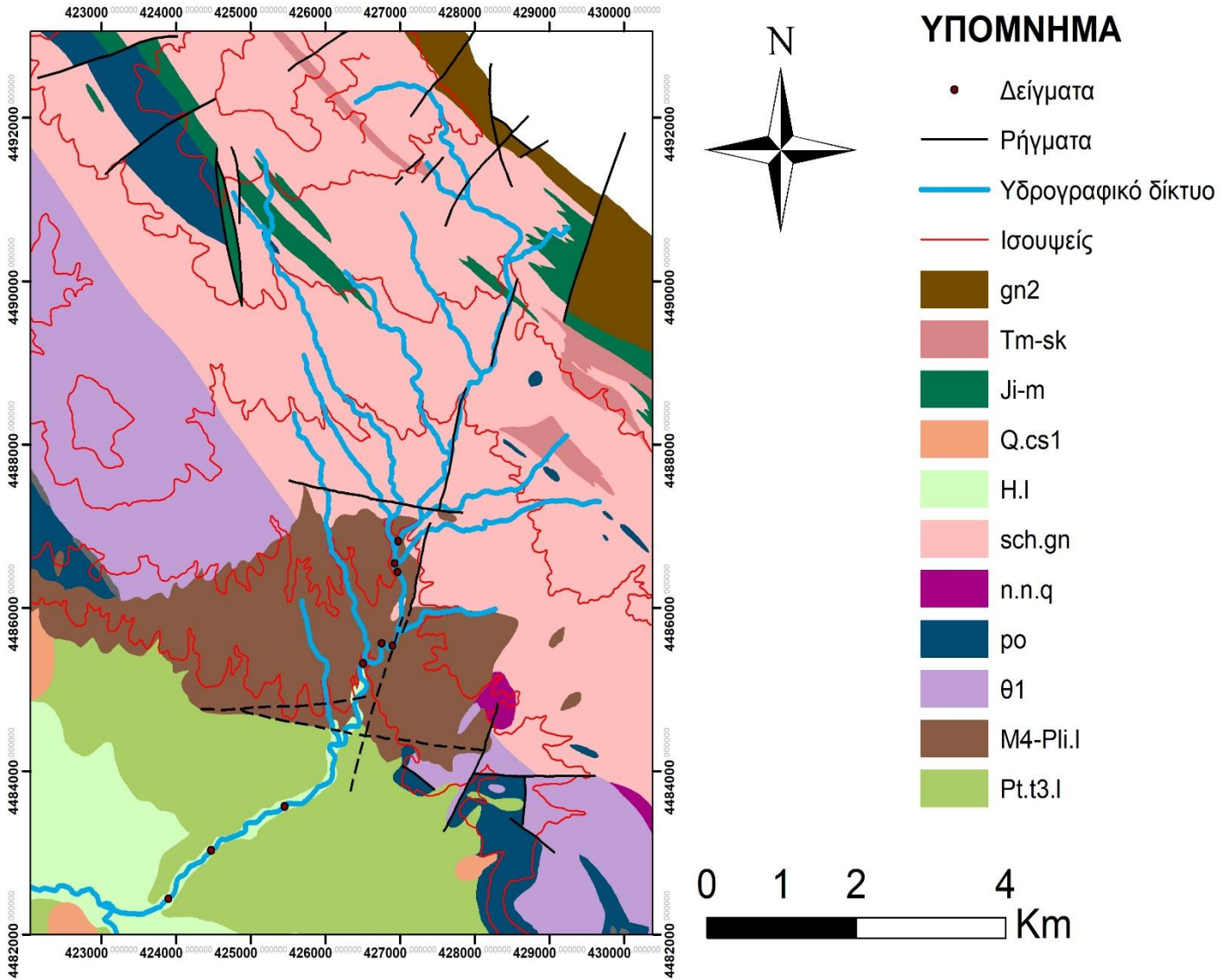


5 Αποτελέσματα

5.1 Αποτύπωση γεωλογικού χάρτη με τη χρήση ArcMap

Η εφαρμογή ArcMap συμπεριλαμβάνεται στο λογισμικό ArcGIS και της οποίας οι χρήσεις αφορούν χαρτογραφικές διεργασίες. Η χαρτογραφία, η ψηφιοποίηση, η διόρθωση δεδομένων, οι χωρικές αναλύσεις, η διαχείριση, αποτύπωση και εκτύπωση χαρτών κ.τ.λ., αποτελούν το αντικείμενο εφαρμογής της. Στο λογισμικό ArcGIS συγκαταλέγονται και οι εφαρμογές ArcCatalog, όπου δίνει τη δυνατότητα της δημιουργίας, διαχείρισης, γρήγορης προεπισκόπησης και οργάνωσης των χωρικών δεδομένων και των δεδομένων υπό μορφή πινάκων, καθώς και το ArcToolbox. Η τελευταία πρόκειται για μια «βιβλιοθήκη» προγραμμάτων και εργαλείων, που αφορούν την γεωεπεξεργασία (geoprocessing), τη μετατροπή των δεδομένων σε διάφορες μορφές, τον καθορισμό του προβολικού συστήματος των χαρτών κ.α. (Φουρνιάδης, 2002). Στην εικόνα 18 είναι αποτυπωμένος ο γεωλογικός χάρτης της υπολεκάνης του παραποτάμου του Ανθεμούντα στη περιοχή της Κάτω Περιστεράς. Στο χάρτη παρουσιάζεται το υδρογραφικό δίκτυο του ρέματος δενδριτικής μορφής, τα δείγματα στα σημεία λήψης, τα ρήγματα, οι ισοϋψείς και γεωλογικοί σχηματισμοί με βάση το υπόμνημα.

Για την δημιουργία του γεωλογικού χάρτη χρησιμοποιήθηκε ο γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος φύλλο ΒΑΣΙΛΙΚΑ (κλίμακας 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε 1978), και ο γεωλογικός χάρτης φύλλο ΘΕΡΜΗΣ (κλίμακας 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε 1978).



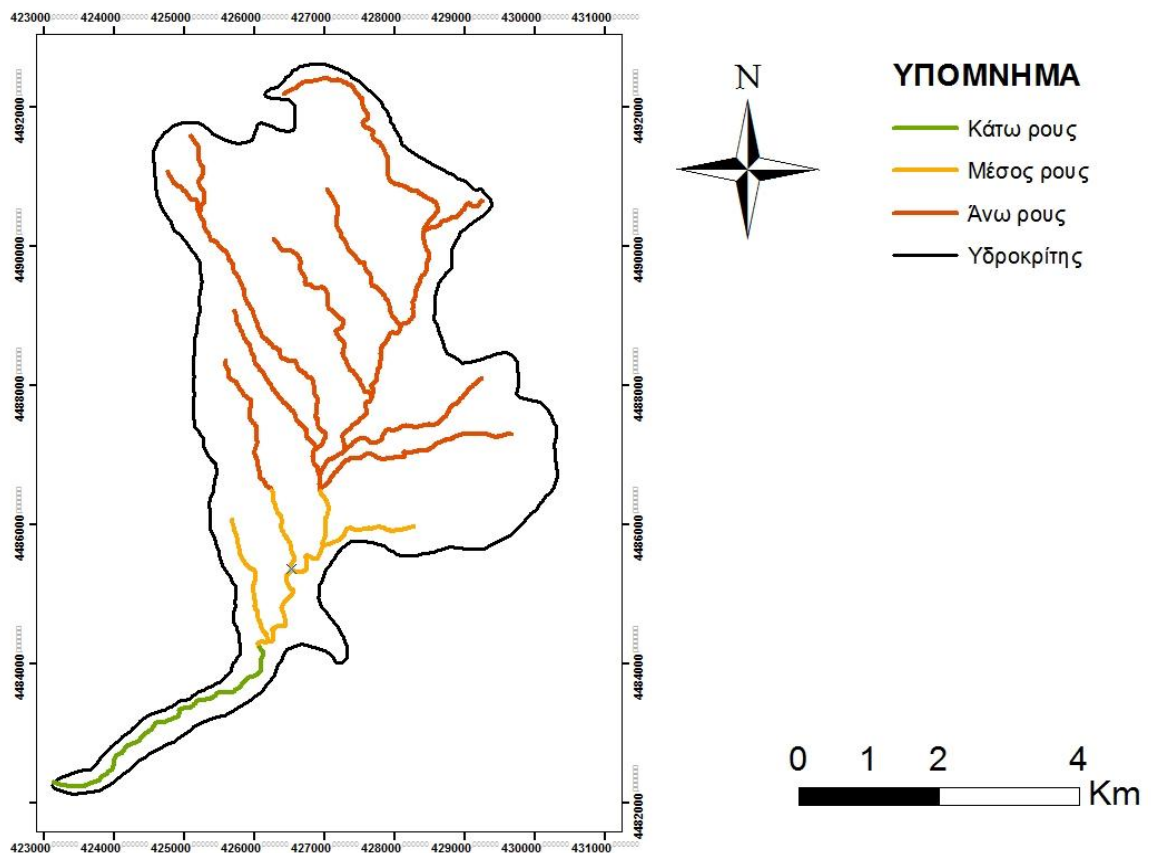
Χάρτης 8: Γεωλογικός χάρτης της υπολεκάνης του Κοντάρικου Λάκκου στη περιοχή της Κάτω Περιστεράς με τη χρήση λογισμικού ArcGIS

5.2 Μορφολογικές αναλύσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται οι μορφολογικές αναλύσεις που προέκυψαν ύστερα από μελέτη του υδρολογικού δικτύου, τον υπολογισμό των μορφοτεκτονικών δεικτών και η δημιουργία χαρτών με βάση τα παραπάνω δεδομένα από το πρόγραμμα ArcMap.

5.2.1 Άνω-μέσος-κάτω ρους

Για το σχηματισμό του χάρτη χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcMap. Απεικονίζεται το τμήμα του άνω, μέσο και κάτω ρου του Κοντάρικου Λάκκου.



Χάρτης 9 : Διαχωρισμός άνω-μέσο-κάτω ρου του υδρογραφικού δικτύου του Κοντάρικου Λάκκου.

5.2.2 Αποτελέσματα μορφοτεκτονικών δεικτών

Για τον υπολογισμό των μορφοτεκτονικών δεικτών έγινε η ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης και η απεικόνισή τους σε τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους (Digital Elevation Models - DEM). Για την ψηφιοποίηση έγινε χρήση των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ με κλίμακες 1:50.000, για τα φύλλα Βασιλικά και Θέρμη (Mollat, και συν., 1978) (Kockel, Mollat, Αντωνιάδη, & Παπαδοπούλου, 1978). Για την επεξεργασία τους στον υπολογιστή χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcGIS και τα υποπρογράμματα 3D- Analyst και Spatial Analyst.

ΔΕΙΚΤΗΣ AF

Για τον υπολογισμό του δείκτη ασυμμετρίας της λεκάνης (AF) έγινε εφαρμογή του τύπου

$$AF = 100 \frac{A_r}{A_t}$$

και με τη βοήθεια του προγράμματος ArcMap έγινε υπολογισμός των παραμέτρων. Συγκεκριμένα έγινε χρήση της εφαρμογής ArcToolbox και Spatial Analyst. Το πρόγραμμα αυτό πραγματοποιεί μια ποικιλία χωρικών πράξεων και υπολογισμών.

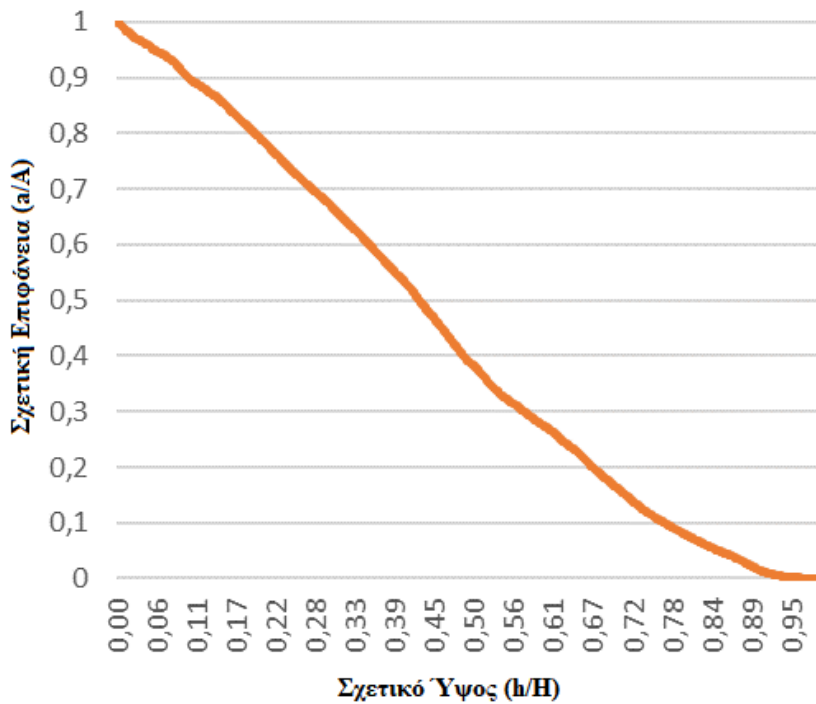
Πίνακας 4: Δείκτης ασυμμετρίας της Λεκάνης (AF)

Συνολικό εμβαδόν λεκάνης (A_r)	30177045 m^2
Εμβαδόν δεξιού τμήματος λεκάνης (A_t)	19614739 m^2
AF	65%

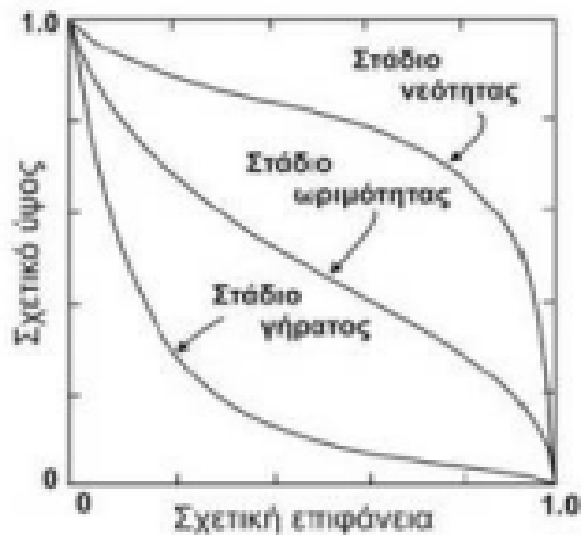
ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ

Η υψομετρική καμπύλη του ολοκληρώματος, δείχνει με απλό τρόπο την κατανομή του αναγλύφου μέσα στη λεκάνη. Αυτή η υψομετρική καμπύλη είναι η γραφική παράσταση μιας συνεχούς συναρτήσεως, το σχήμα της οποίας εξαρτάται από το στάδιο απογύμνωσης της λεκάνης απορροής (ΑΣΤΑΡΑΣ, 1980).

Υψομετρικό Ολοκλήρωμα



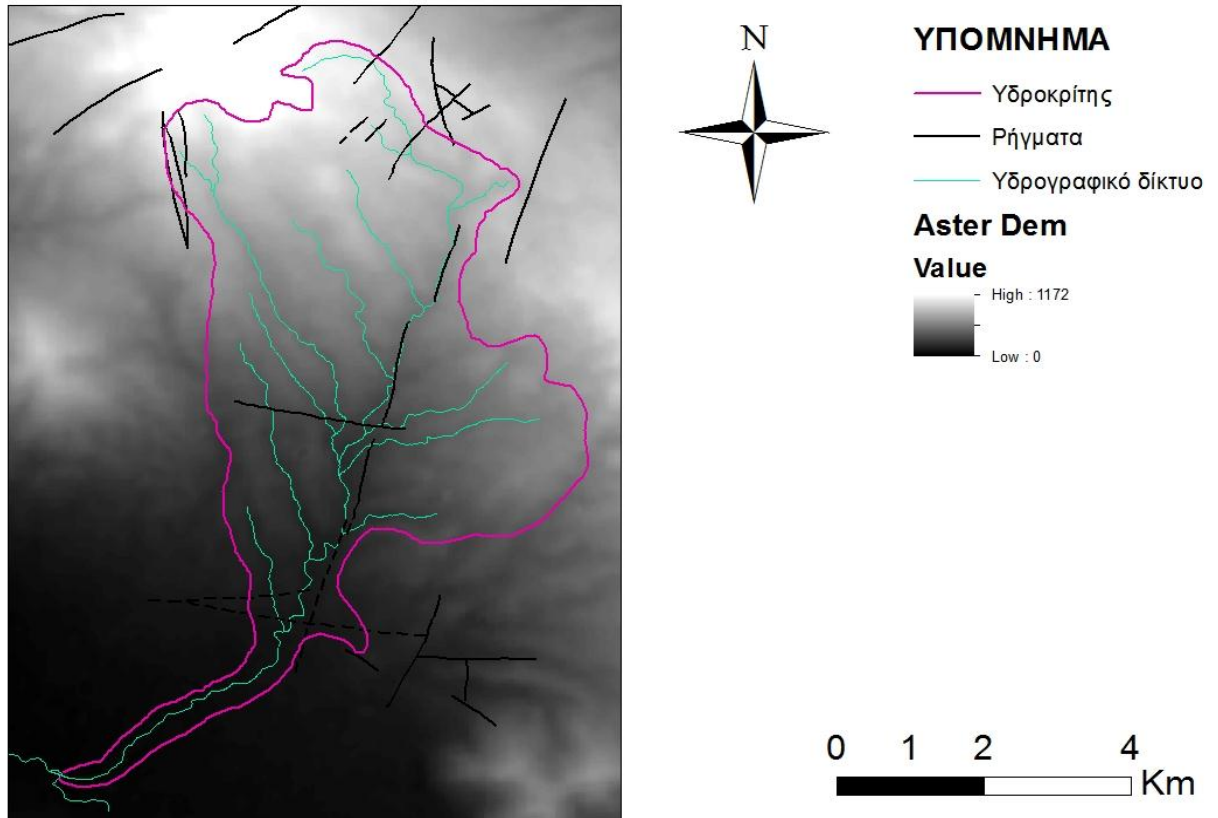
Γράφημα 1: Διάγραμμα υψομετρικού ολοκληρώματος. Στον άξονα των x το σχετικό ύψος $\frac{h}{H}$, στον άξονα των y η σχετική επιφάνεια $\frac{a}{A}$



Σχήμα 15: Διάγραμμα υψομετρικού ολοκληρώματος ανάλογα με το στάδιο εξέλιξης της λεκάνης

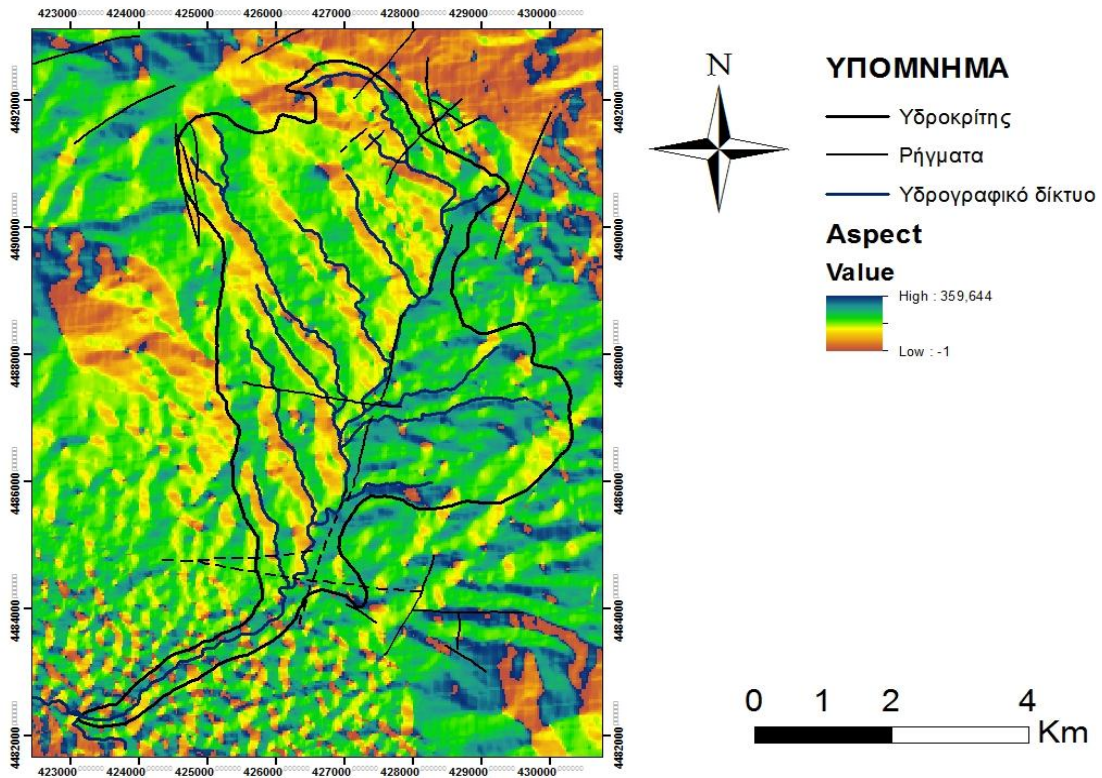
5.2.3 Χάρτες

Με βάση το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (digital elevation model DEM) σχεδιάστηκε ο χάρτης σκιασμένου αναγλύφου για τη λεκάνη απορροής του Κοντάρικου Λάκκου. Ένα ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM) είναι μια 3D CG απεικόνιση της επιφάνειας ενός εδάφους. Τα DEM χρησιμοποιούνται συχνά σε γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και αποτελούν τη συνηθέστερη βάση ψηφιακών χαρτών.

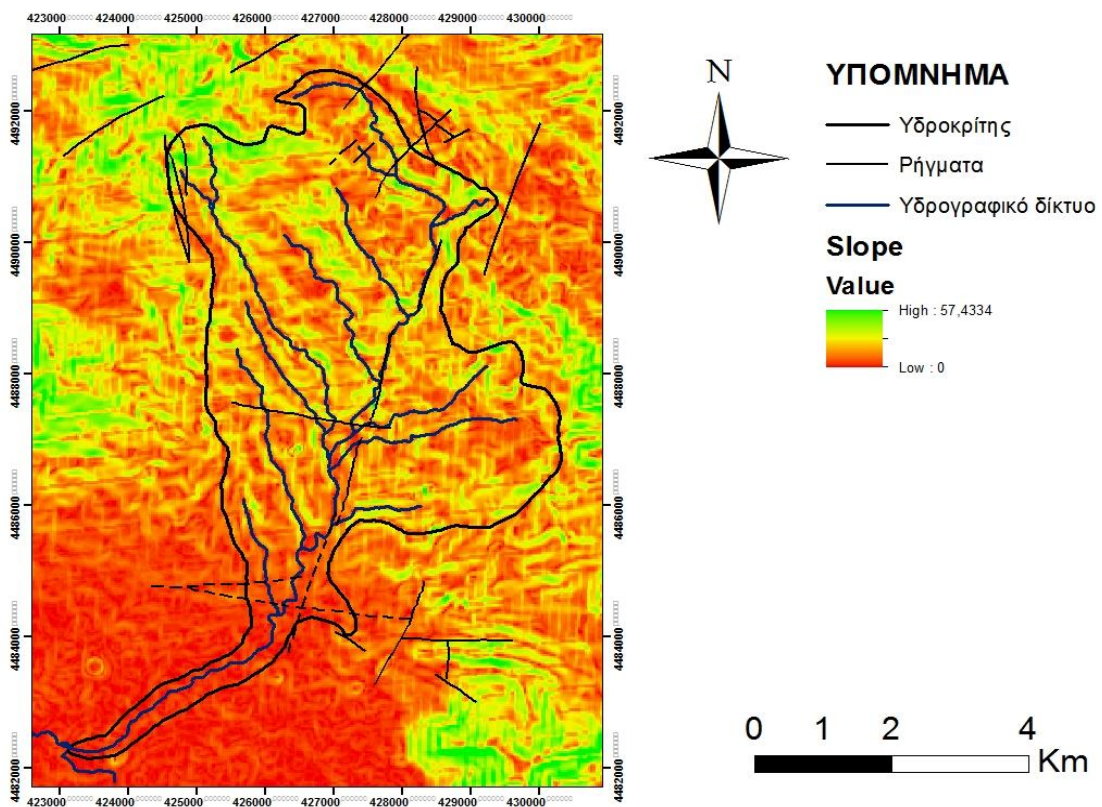


Χάρτης 10: Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου για τη λεκάνη απορροής του Κοντάρικου Λάκκου

Μέσα από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DEM) έγινε εξαγωγή επιπλέον των χαρτών 10,11. Ο χάρτης 10 αποτυπώνει τη κατανομή του προσανατολισμού (Aspect) στη λεκάνη, ενώ ο χάρτης 11 την κατανομή κλίσεων αναγλύφου (Slope).



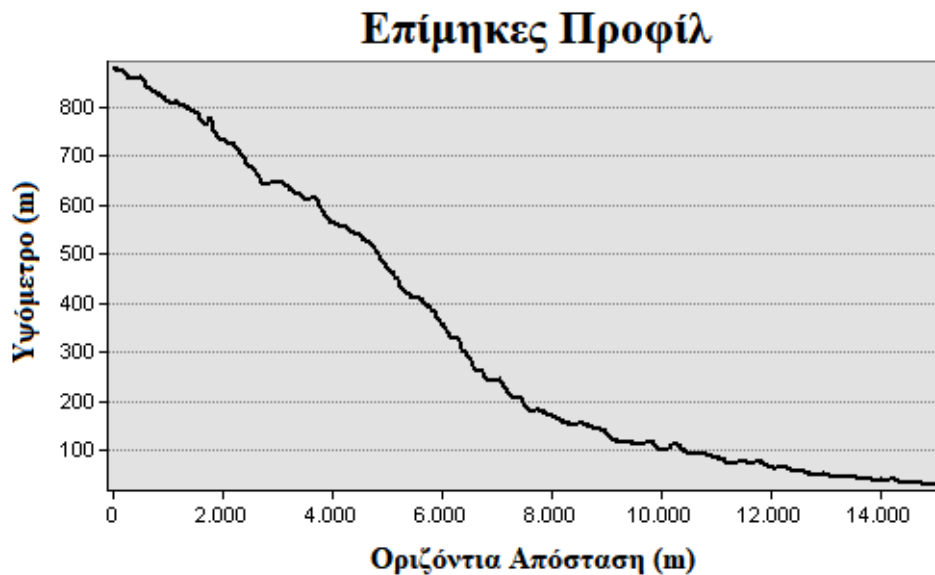
Χάρτης 11: Κατανομή Προσανατολισμού



Χάρτης 12: Κατανομή Κλίσεων Αναγλύφου

5.2.4 Επίμηκες προφίλ κύριας κοίτης του Κοντάρικου Λάκκου.

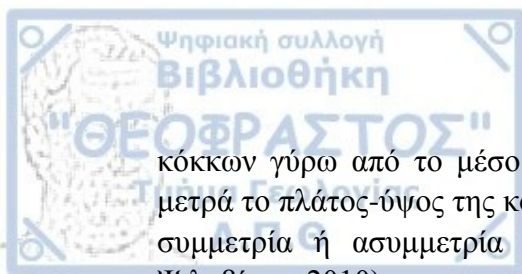
Το επίμηκες προφίλ των ποταμών είναι η απεικόνιση του υψομέτρου της κοίτης σε σχέση με την απόσταση από την εκβολή ή τη συμβολή του ποταμού με κάποιο μεγαλύτερο ποτάμι και είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την ποτάμια γεωμορφολογία. Η μορφή του προφίλ αποτελεί ένδειξη της «νεότητας» ή της «ωριμότητας» του ποταμού καθώς και των παραγόντων που έχουν επιδράσει στην περιοχή. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση του επιμήκους προφίλ είναι η λιθολογία των σχηματισμών που διαρρέει το ποτάμι, το κατά πόσο ευδιάβρωτοι ή δυσδιάβρωτοι είναι οι γεωλογικοί σχηματισμοί στο νερό της βροχής, το κλίμα της περιοχής του υδρογραφικού δικτύου καθώς και ο τεκτονισμός. Ο τεκτονισμός αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για την περιοχή της Ελλάδας, καθώς προκαλεί την ανύψωση κάποιων περιοχών ή τη βύθιση κάποιων άλλων με σχετικά μεγάλους ρυθμούς (Maroukian, et al., 2008). Το συνολικό μήκος της κεντρικής κοίτης του ρέματος υπολογίστηκε στα 15,7 km. Ύστερα από χρήση της εφαρμογής ArcMap, του προγράμματος ArcGIS, και πιο συγκεκριμένα μετά τη επιλογή Spatial Analyst Tools και Interpolate Line έγινε η απεικόνιση του επιμήκους προφίλ (γράφημα 2).



Γράφημα 2: Επίμηκες Προφίλ Κοντάρικου Λάκκου

5.3 Αποτελέσματα εργαστηριακών αναλύσεων

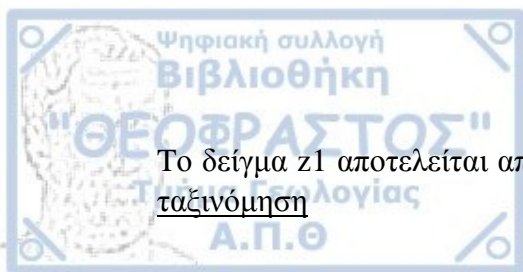
Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων όλων των δειγμάτων οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με βάση το λογισμικό Gradistat, όπου M ο γραφικός μέσος όρος του μεγέθους που είναι ο αντίστοιχος με το μαθηματικό $M.O$ (Mean) ο οποίος υπολογίζεται μέσα σε μια κανονική κατανομή, σ η γραφική σταθερή απόκλιση (Mode) που αντιστοιχεί στο 50% του πληθυσμού, sk η τιμή της γραφικής λοξότητας που αφορά στη συμμετρία ή μη της κατανομής των



κόκκων γύρω από το μέσο όρο ενός πληθυσμού, ku η γραφική κύρτωση η οποία μετρά το πλάτος-ύψος της κορυφής της καμπύλης συχνότητας και εκφράζει επίσης τη συμμετρία ή ασυμμετρία κατανομής του πληθυσμού στα άκρα (Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010).

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δειγμάτων

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	FOLK & WARD METHOD(Φ) Gradistat				ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ Gradistat	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ FOLK
	Μ	σ	Sk	ku		
Z1	-3,107	1,785	0,101	0,851	poorly sorted	coarse gravel
Z2	-3,719	2,912	0,664	0,734	very poorly sorted	sandy very coarse gravel
Z3	-4,866	1,809	0,493	1,362	Poorly Sorted	Very Coarse Gravel
Z4	-3,418	1,912	0,487	0,800	Poorly Sorted	Coarse Gravel
Z5	-2,826	0,728	4,725	0,486	Moderately Sorted	Very Coarse Gravel
Z6	-4,545	-0,467	-8,630	0,211	Very Well Sorted	Very Coarse Gravel
Z7	-4,552	2,308	0,871	0,947	Very Poorly Sorted	Very Coarse Gravel
Z8	-4,684	1,626	2,301	0,338	Poorly Sorted	Very Coarse Gravel
Z9	-4,112	2,391	0,357	1,067	Very Poorly Sorted	Very Coarse Gravel



Το δείγμα z1 αποτελείται από χονδρόκοκκες κροκάλες και χαρακτηρίζεται από κακή ταξινόμηση

Πίνακας 5: Αποτελέσματα μετρήσεων z1

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z1	40.525531, 23.140792	-3,107	1,785	0,101	0,851	0,3

Το δείγμα z2 αποτελείται από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες με άμμο και χαρακτηρίζεται από πολύ κακή ταξινόμηση

Πίνακας 6: Αποτελέσματα μετρήσεων z2

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z2	40.525531, 23.140793	-3,719	2,912	0,664	0,734	0,3

Το δείγμα z3 αποτελείται από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες και χαρακτηρίζεται από κακή ταξινόμηση

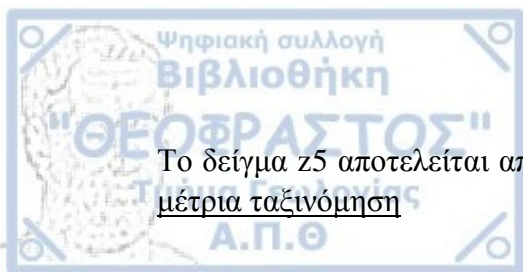
Πίνακας 7: Αποτελέσματα μετρήσεων z3

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z3	40.525531, 23.140794	-4,866	1,809	0,493	1,362	0,3

Το δείγμα z4 αποτελείται από χονδρόκοκκες κροκάλες και χαρακτηρίζεται από κακή ταξινόμηση

Πίνακας 8: Αποτελέσματα μετρήσεων z4

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z4	40.525531, 23.140795	-3,418	1,912	0,487	0,800	0,3



Το δείγμα z5 αποτελείται από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες και χαρακτηρίζεται από μέτρια ταξινόμηση

Πίνακας 9: Αποτελέσματα μετρήσεων z5

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z5	40.525531, 23.140796	-2,826	0,728	4,725	0,486	0,3

Το δείγμα z6 αποτελείται από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες και χαρακτηρίζεται από πολύ καλή ταξινόμηση

Πίνακας 10: Αποτελέσματα μετρήσεων z6

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z6	40.525531, 23.140797	-4,545	-0,467	-8,630	0,211	0,3

Το δείγμα z7 αποτελείται από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες και χαρακτηρίζεται από πολύ κακή ταξινόμηση

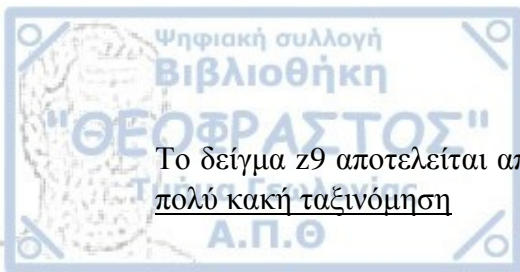
Πίνακας 11: Αποτελέσματα μετρήσεων z7

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z7	40.525531, 23.140798	-4,552	2,308	0,871	0,947	0,3

Το δείγμα z8 αποτελείται από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες και χαρακτηρίζεται από κακή ταξινόμηση

Πίνακας 12: Αποτελέσματα μετρήσεων z8

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z8	40.525531, 23.140799	-4,684	1,626	2,301	0,338	0,9



Το δείγμα z9 αποτελείται από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες και χαρακτηρίζεται από πολύ κακή ταξινόμηση

Πίνακας 13: Αποτελέσματα μετρήσεων z9

	Συντεταγμένες (x, y)	M	σ	sk	ku	Στρογγυλότητα
Z9	40.525531, 23.140800	-4,112	2,391	0,357	1,067	0,3/46%

6 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, όσον αφορά την λεκάνη απορροής του Κοντάρικου Λάκκου και στηριζόμενοι στα αποτελέσματα των μορφοτεκτονικών δεικτών, αυτή χαρακτηρίζεται από μορφολογική ανισοτροπία, γεγονός που οφείλεται στη τεκτονική ολόκληρης της κοιλάδας του Ανθεμούντα, ως αποτέλεσμα της ανυψωτικής κίνησης του Όρους Χορτιάτη. Το αποτέλεσμα του υψομετρικού ολοκληρώματος υπολογίστηκε στο 0,47 καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η λεκάνη απορροής βρίσκεται σε στάδιο νεότητας προς ωριμότητας.

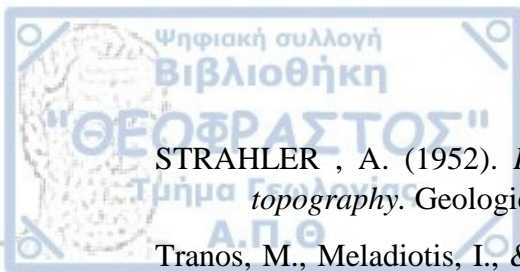
Με βάση τους υπολογισμούς στη κοίτη του χειμάρρου Κοντάρικου Λάκκου ο άνω ρους εκτείνεται από το υψόμετρο των 962 μέτρων έως το υψόμετρο των 170 μέτρων, ο μέσος ρους από το υψόμετρο με τιμή 170 μέτρα έως τα 76 μέτρα, ενώ ο κάτω ρους συνεχίζει από τα 76 μέτρα και καταλήγει στο υψόμετρο των 28 μέτρων. Από την έρευνα πεδίου και την υπαίθρια παρατήρηση εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι γεωμορφές που σχηματίζουν συγκεκριμένα τα τμήματα του μέσου και κάτω ρου παρουσιάζουν εγκιβωτισμό. Όσον αφορά τα γεωλογικά στοιχεία, το κομμάτι του άνω ρου διατρέχει Μεσοζωικά μεταμορφωμένα και σχιστώδη πετρώματα από τη μαγματική σειρά του Χορτιάτη, τα οποία συνιστούν και το μητρικό πέτρωμα της λεκάνης απορροής του Κοντάρικου Λάκκου. Στο μέσο ρου της κοίτης εμφανίζεται η σειρά ερυθρών αργίλων με ηλικία Άνω Μειόκαινο- Κάτω Πλειστόκαινο. Τέλος στον κάτω ρου παρατηρείται το κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων με ιζήματα ηλικίας Πλειστοκαινού.

Τα ιζηματολογικά συμπεράσματα που προέκυψαν αφορούν τις διαδικασίες διάβρωσης και μεταφοράς όπως αυτές καταγράφηκαν στο ύπαιθρο. Από τις ιζηματολογικές αναλύσεις των δειγμάτων που λήφθηκαν κατά την έρευνα στο πεδίο μελέτης διεξάχθηκαν τα αποτελέσματα των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών των αποθέσεων της λεκάνης. Τα δείγματα z1, z2 περιλαμβάνονται υδρογραφικά στο τμήμα του άνω ρου της κοίτης, τα δείγματα z3, z4, z5, z6 στο μέσο ρου και τα δείγματα z7, z8, z9 στο τμήμα του κάτω ρου. Αναλυτικότερα, το δείγμα z1 χαρακτηρίζεται από χονδρόκοκκα υλικά με κακή ταξινόμηση, το δείγμα z2 από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες με άμμο με πολύ κακή ταξινόμηση, το δείγμα z3 από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες με κακή ταξινόμηση, το δείγμα z4 από χονδρόκοκκες κροκάλες με κακή ταξινόμηση, το δείγμα z5 από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες με μέτρια ταξινόμηση, το δείγμα z6 από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες με πολύ καλή ταξινόμηση, το δείγμα z7 από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες με πολύ κακή ταξινόμηση, το δείγμα z8 από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες με κακή ταξινόμηση, το δείγμα z9 από πολύ χονδρόκοκκες κροκάλες με πολύ κακή ταξινόμηση.

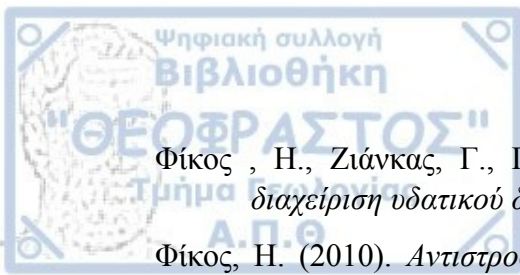


7 Βιβλιογραφία

- Blick, K. &, & Nicholas. (1985). *Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation*.
- COX, R. (1994). *Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment*. Geological Society of America Bulletin.
- Google Earth. (Ιούνιος 2019). *Google Earth*. Ανάκτηση από <https://www.google.com/intl/el/earth/>
- Goudie, A. (2004). *Encyclopedia of Geomorphology*. London: Routledge L.td.
- Hare P.W, Gardner T.W. (1985). *Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Tectonic Geomorphology: Proceedings 15th Annual Binghamton Geomorphology*. Boston.
- Kauffmann, G. (1976). *Notes on the stratigraphic and paleogeographic position of the Svoula Formation in the Innermost Zone of the Hellenides (Northern Greece)*. Bull. Soc. Geol. France.
- Keller E.A, P. N. (2002). *Active Tectonics, Earthquakes, Uplift and Landscape*. USA: Second Edition.
- Kockel, F. ., (1977). *Erläuterungen zur Geologischen Karte der Chalkidiki und angrenzender Gebiete 1:100.000*.
- Kockel, F., Mollat, M., Αντωνιάδη, Π., & Παπαδοπούλου, Π. (1978). *Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50000 φύλλο Θέρμη*. Αθήνα: Ι.Γ.Μ.Ε.
- Koepfen, W. (1936). *Das geographische System der Klimate*. Berlin: Handbuch der Klimatologie.
- Maroukian, H., Gaki-Papanastassiou, K., Karymbalis, E., Vouvalidis, K., Pavlopoulos, K., Papanastassiou, D., & Albanakis, K. (2008). *Morphotectonic control on drainage network evolution in the Perachora peninsula, Greece*.
- MAYER , L. (1990). *Introduction to Quantitative Geomorphology: An Exercise Manual*. Englewood Cliffs: NJ: Prentice Hall.
- Morisawa, M.E. (1964). *Development of the drainage systems on an upraised lake floor*. American Journal of Science.
- Pavlidis , S., Kondopoulou , P., Kiliass , A., & Westphal , M. (1988). *Complex rotational deformations in the Serbo-Macedonian massif (north Greece): structural and paleomagnetic evidence*.
- Schumm, S. (1956). *The evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy*. New Jersey: Bulletin of the Geological Society of America .
- Sotiriadis,L.D. (1974). *Die Geomorphologie des Tales von Anthemous*. Athens.



- STRAHLER , A. (1952). *Hypsometric (area-altitude curve) analysis of erosional topography*. Geological Society of America Bulletin.
- Tranos, M., Meladiotis, I., & Tsolakopoulos, E. (2004). *Geometrical characteristics, scaling properties and seismic behavior of the faulting of the Chortiatis region and Anthemountas basin (Northern Greece)*. Thessaloniki.
- Vollmers, H. (1990). *Flussbau, Vorlesungsskriptum*. München: Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, München-Neubiberg.
- W.C. Krumbein, L. S. (1963). *Stratigraphy and Sedimentation*. W.H. Freeman and Company.
- ΑΣΤΑΡΑΣ, Θ. (1980). *Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των δ. πλευρών του όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία) Διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη*.
- Βουβαλίδης, Κ. (2011). *Φυσική Γεωγραφία. Δίσιγμα*.
- Ζερβοπούλου, Α. (2010). *Νεοτεκτονικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης σε σχέση με τα εδάφη θεμελίωσης*. Θεσσαλονίκη.
- Καζάκης, Α. (2013). *Εκτίμηση της διακινδύνευσης της εξωτερικής ρύπανσης των υπόγειων νερών: Εφαρμογή στη λεκάνη του Ανθεμούντα*. Θεσσαλονίκη.
- Λαμπρινός , Ν. (2009). *Φυσική Γεωγραφία και Περιβάλλον*. Ανάκτηση από <http://users.auth.gr/labrinis/books/PHYSGEO-students.pdf>
- Mollat, Αντωνιάδη, Μ., Π., Χ., Γ., Π., Δ., Κ., & Ν. (1978). *Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος 1:50.000 φύλλο Βασιλικά*. Αθήνα: Ι.Γ.Μ.Ε .
- Μορφομετρικές Παράμετροι Λεκανών Απορροής*. (n.d.). Ανάκτηση από http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427y/pdf/askisi4.pdf?fbclid=IwAR1txGsteLvheKaa4U_bwf-PIIZI3D2hq8TTEk6ujQRSKoZ2EkJ-FbzPJjI
- Μουντράκης, Δ. (1985). *Γεωλογία της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη : University Studio Press.
- Παυλίδης, Σ. (2003). *Γεωλογία των Σεισμών, Εισαγωγή στην νεοτεκτονική, μορφοτεκτονική και παλαιοσεισμολογία*. University Studio Press.
- Ποτάμια Υδραυλική Και Τεχνικά Έργα*. (n.d.). Ανάκτηση από https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5434/1/02_chapter_1.pdf?fbclid=IwAR0sU-ZZzkdSPA5UYhE8W9KkmLnfBExZ5TAiJzJn_HDZPi9KXuIQNa5p64s
- Σμπόρας, Σ. (2005). *Μορφοτεκτονική ανάλυση με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) των νεοτεκτονικών και ενεργών ρηγμάτων της Βοιωτίας*. Θεσσαλονίκη. Ανάκτηση από https://www.researchgate.net/profile/Sotiris_Sboras/publication/233475110_Morphotectonic_Analysis_using_Geographic_Information_Systems_GIS_of_Neotectonic_and_Active_Faults_of_Viotia_Central_Greece/links/594e180e45851543382e9a22/Morphotectonic-Analysis-usi



Φίκος , Η., Ζιάνκας, Γ., Παυλίδου, Ε., & Φάμελλος, Σ. (2005). *Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικού δυναμικού λεκάνης Ανθεμούντα*. Αθήνα.

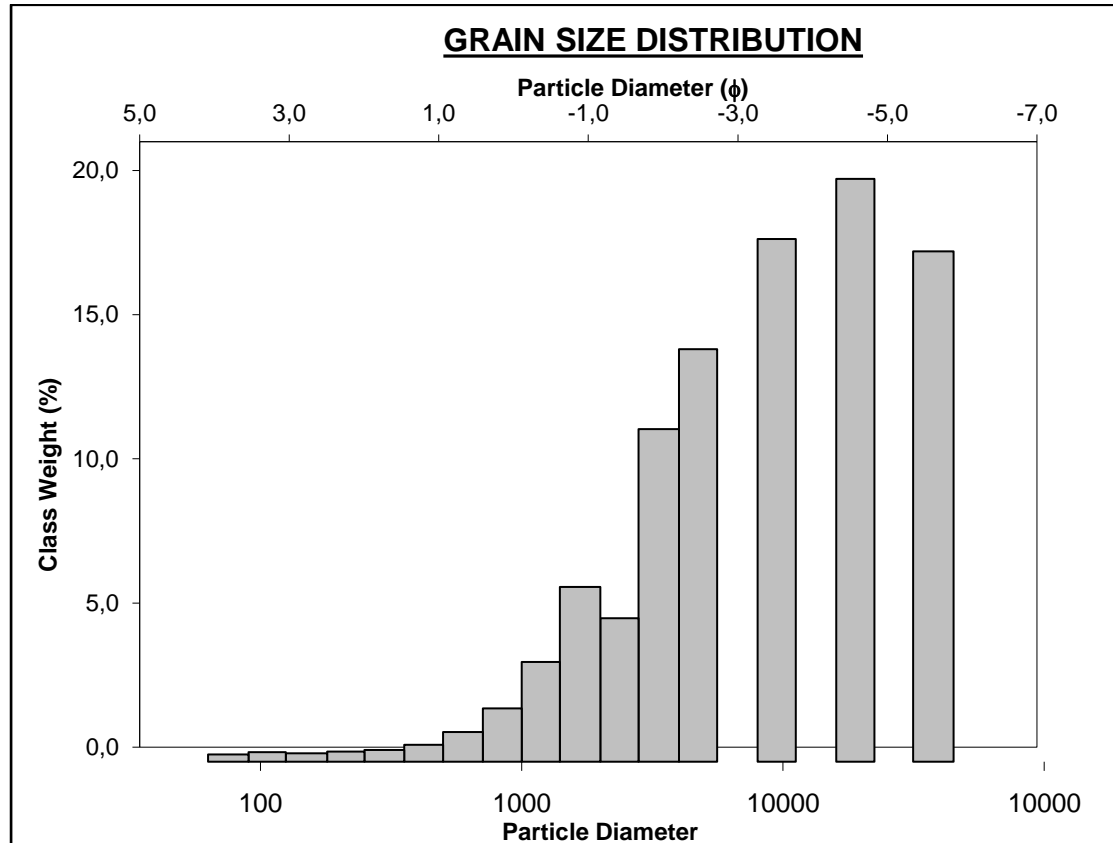
Φίκος, Η. (2010). *Αντιστροφή γεωηλεκτρικών τομογραφικών δεδομένων: Εφαρμογή στη λεκάνη Ανθεμούντα*. Θεσσαλονίκη.

Φουρνιάδης, Ι. (2002). *Γεωμορφολογική και περιβαλλοντική εξέλιξη της κοιλάδας του Ανθεμούντα , με τη χρήση των μεθόδων GIS και τηλεπισκόπησης*. Θεσσαλονίκη.

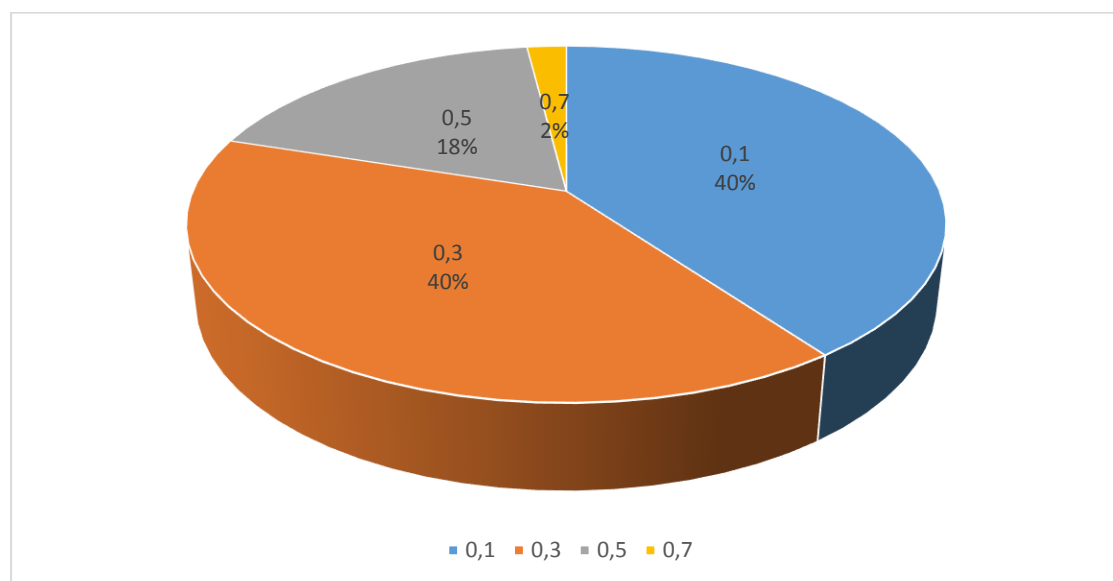
Ψιλοβίκος, Α., & Ψιλοβίκος, Α. (2010). *Ιζηματολογία*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

8 Παράρτημα

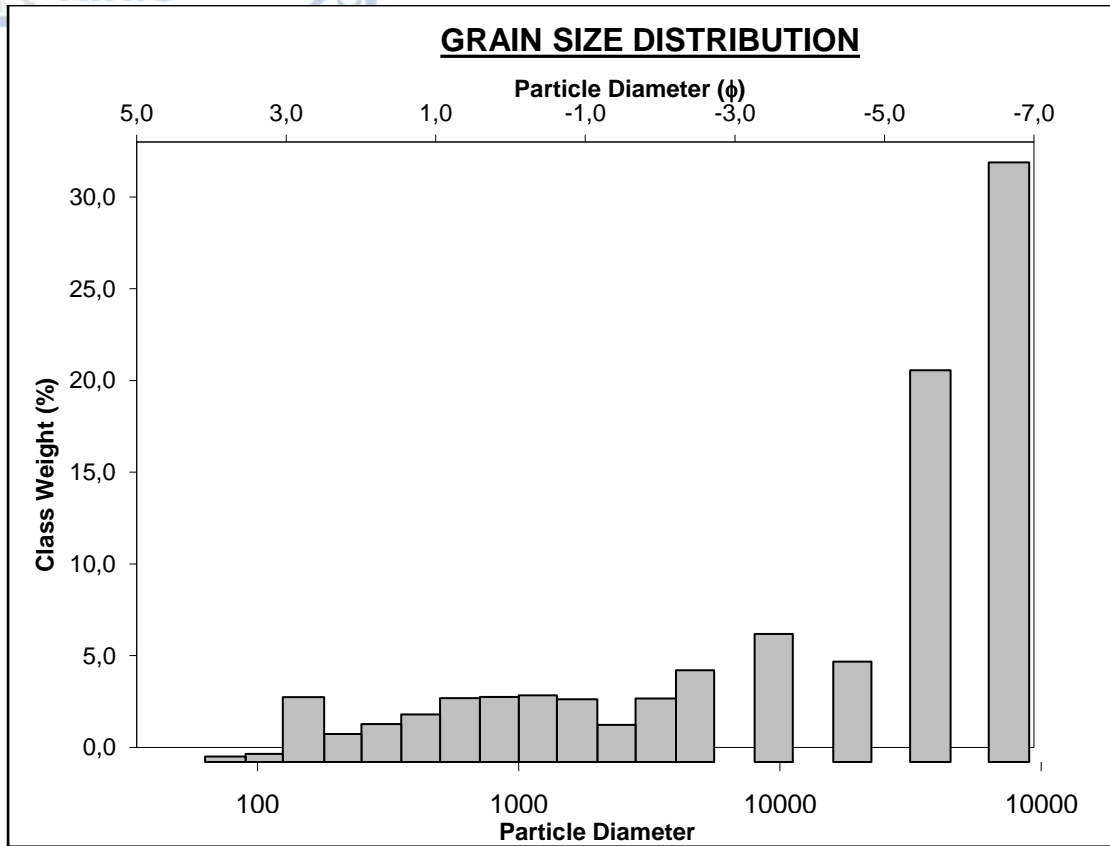
Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται διαγραμματικά οι εργαστηριακές αναλύσεις των εννέα δειγμάτων με τη χρήση του προγράμματος Gradistat.



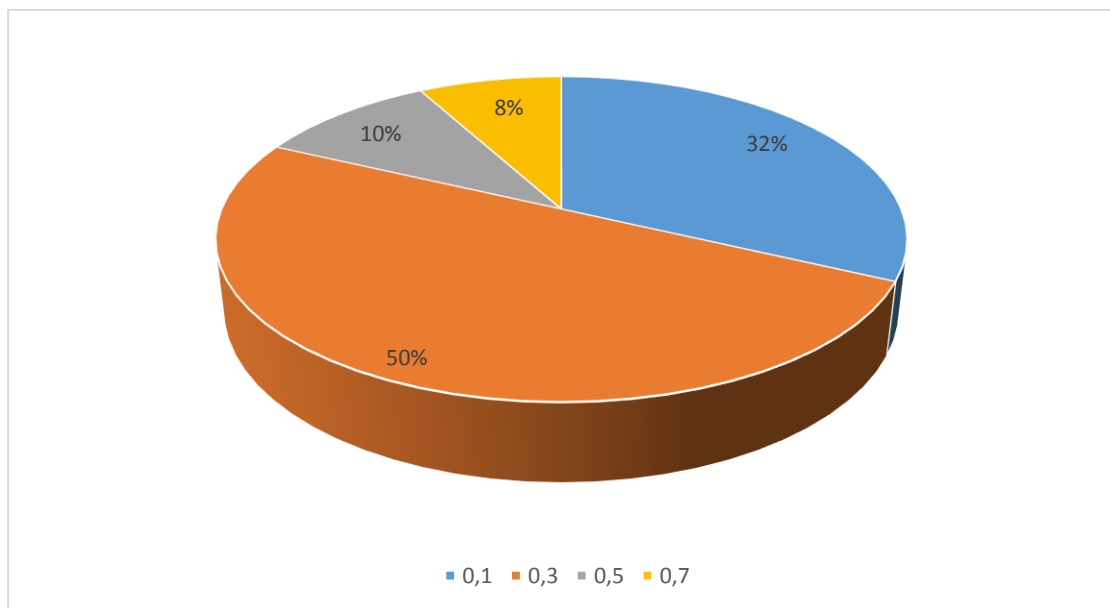
Γράφημα 3: Κατανομή μεγέθους δείγματος z1



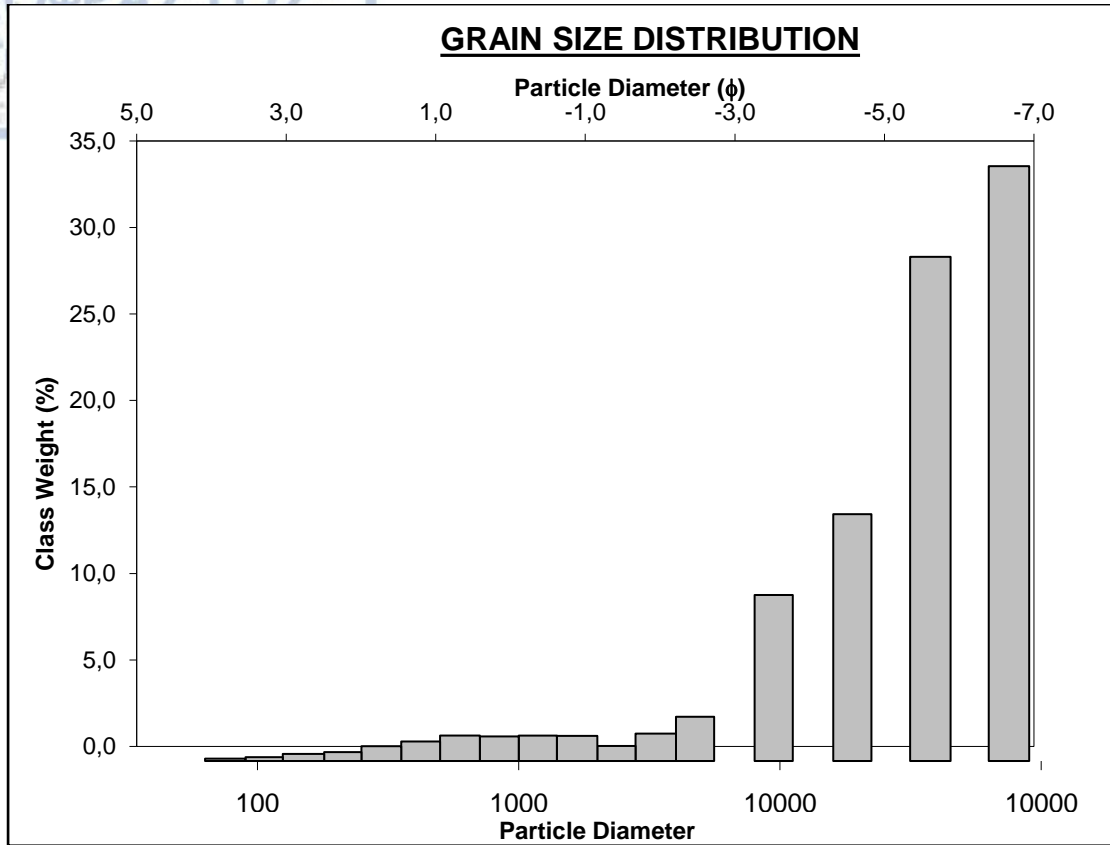
Γράφημα 4: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z1



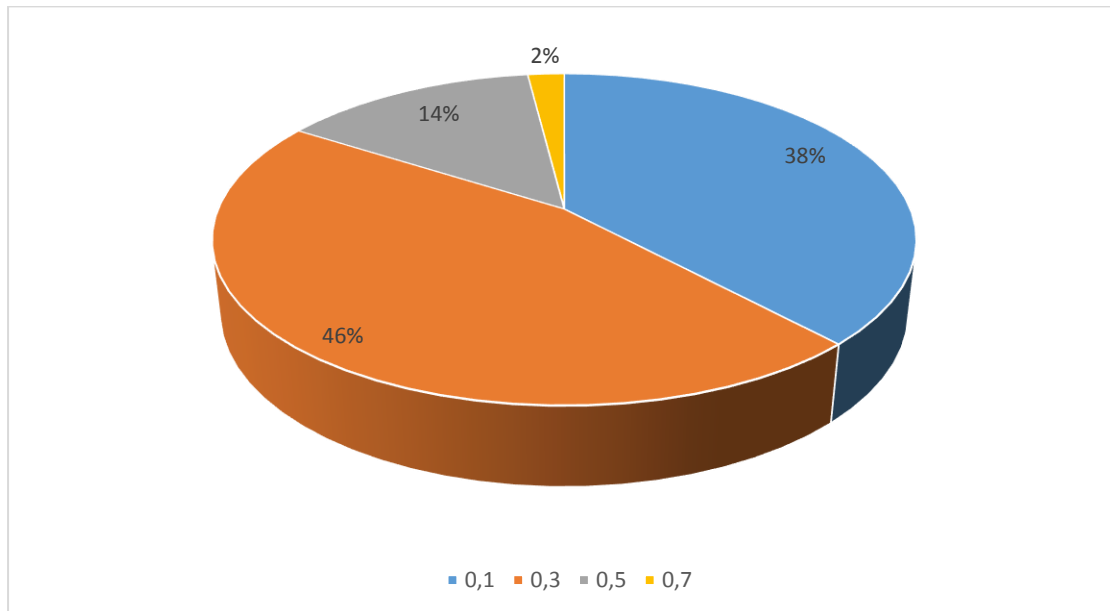
Γράφημα 5: Κατανομή μεγέθους δείγματος z2



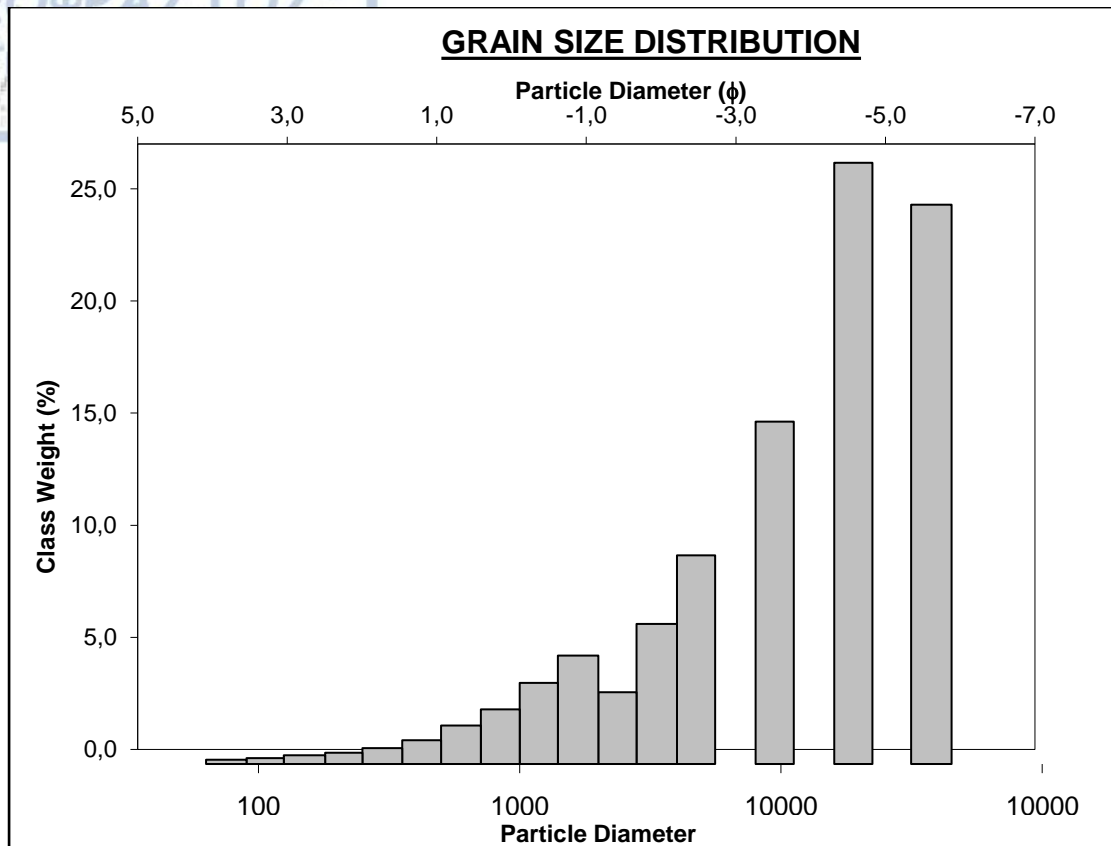
Γράφημα 6: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z2



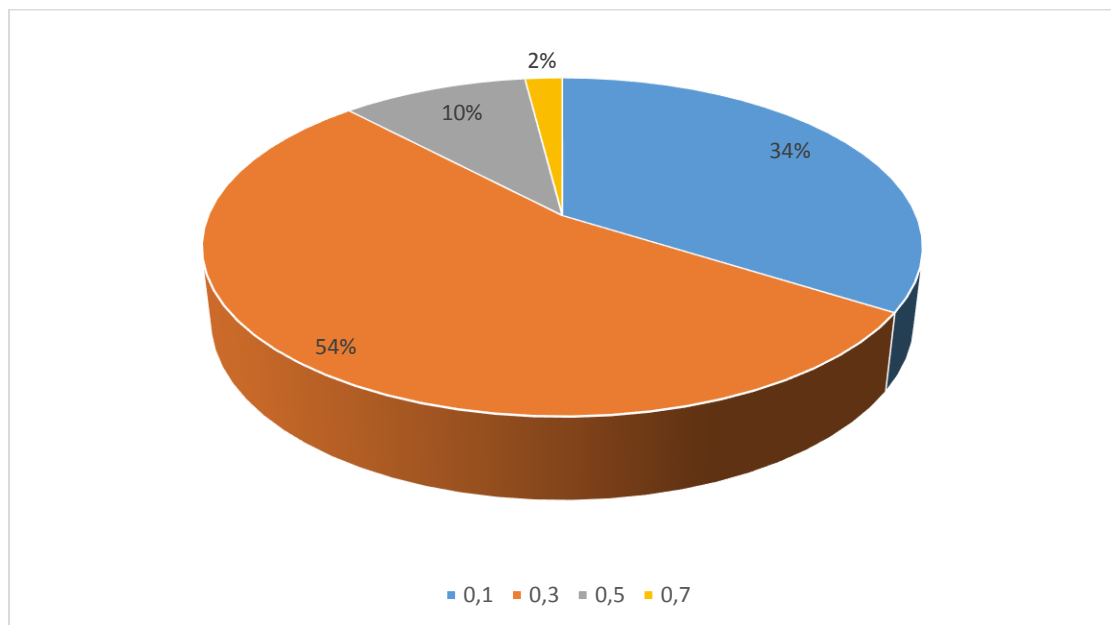
Γράφημα 7: Κατανομή μεγέθους δείγματος z3



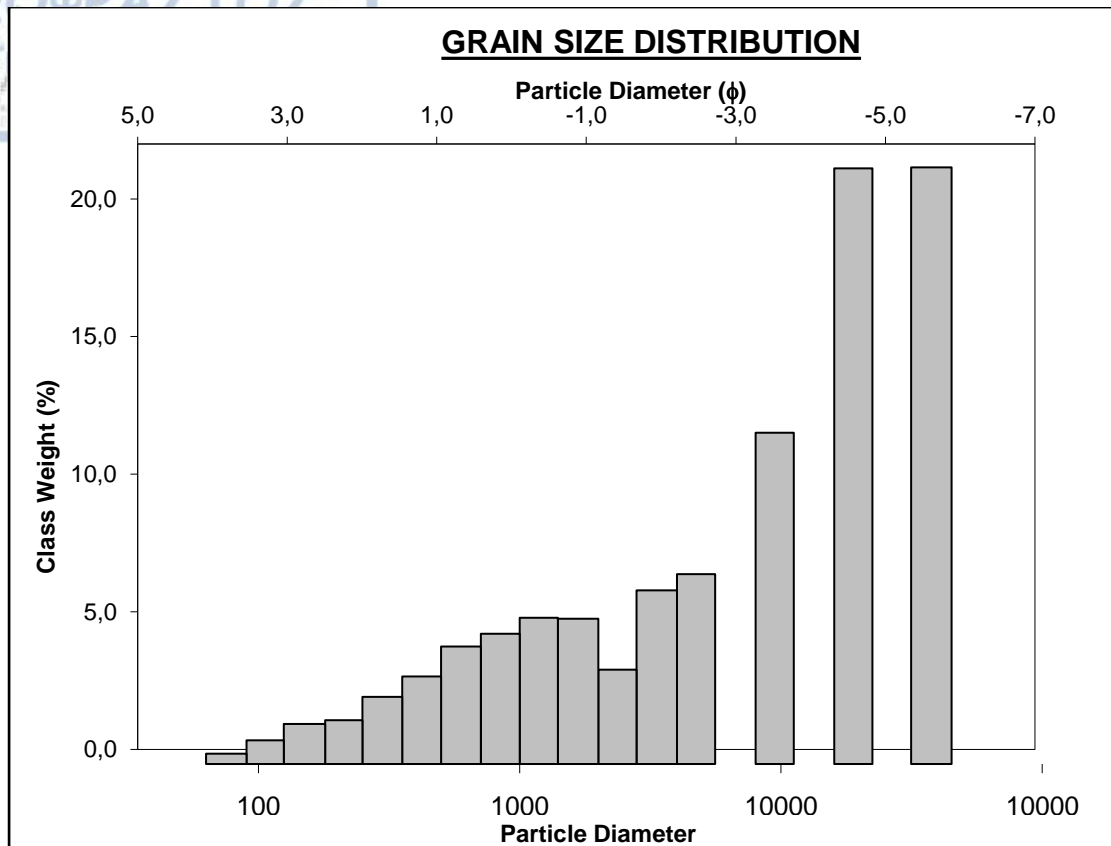
Γράφημα 8: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z3



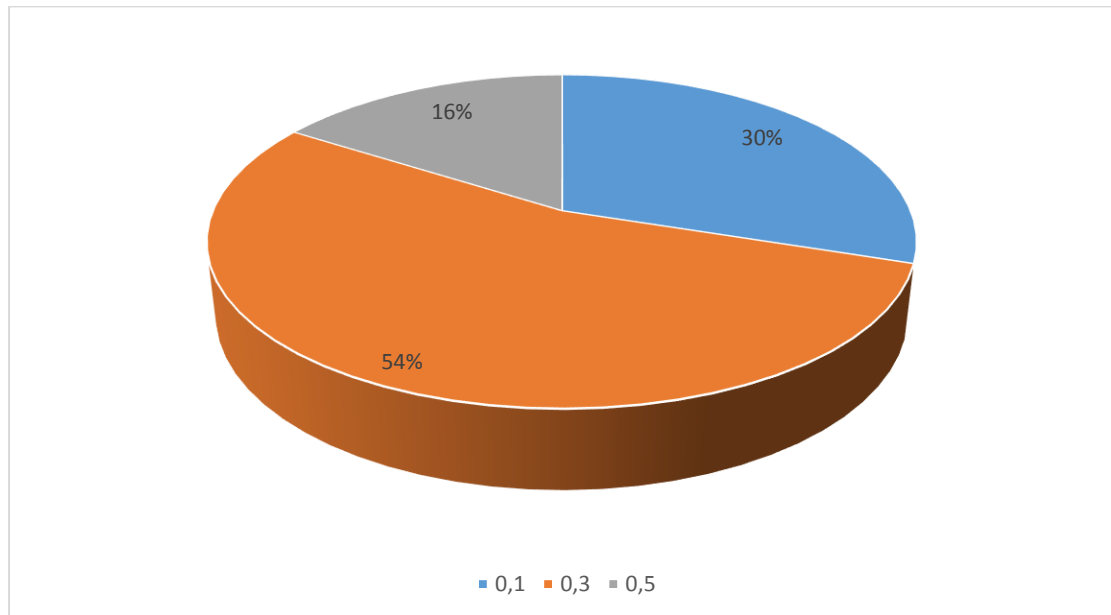
Γράφημα 9: Κατανομή μεγέθους δείγματος z4



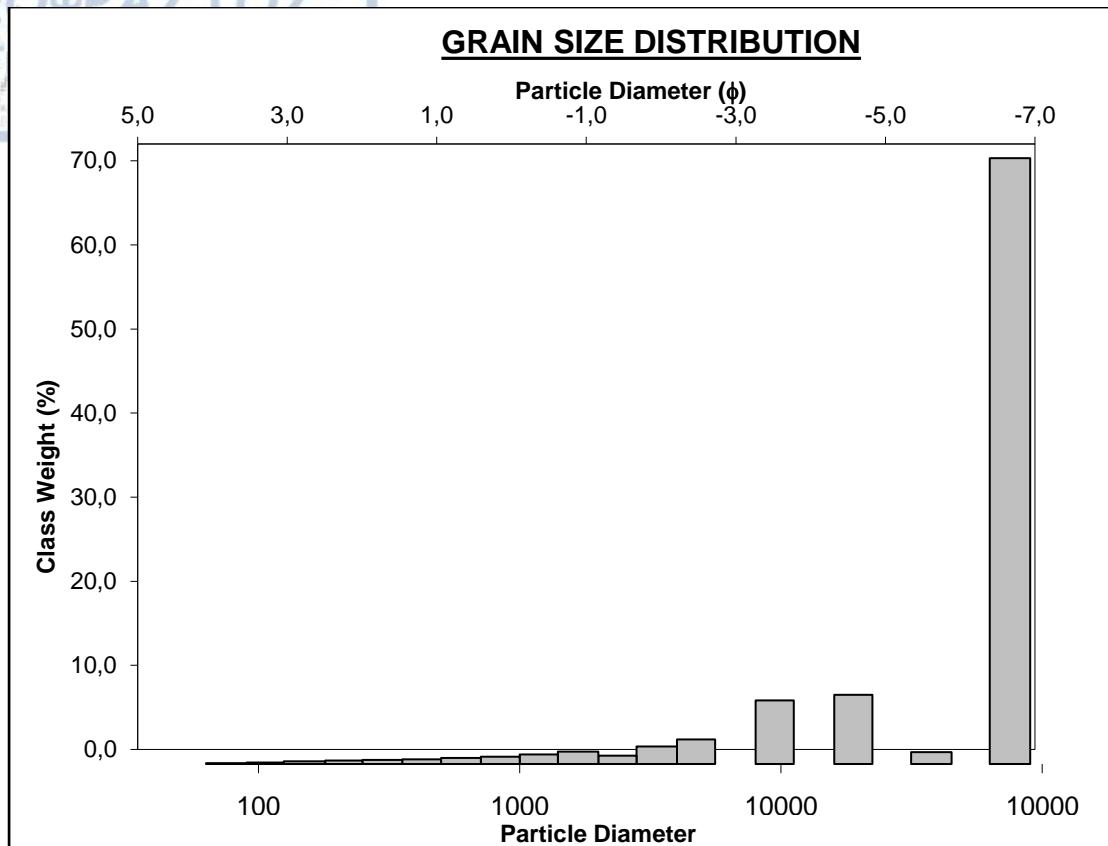
Γράφημα 10: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z4



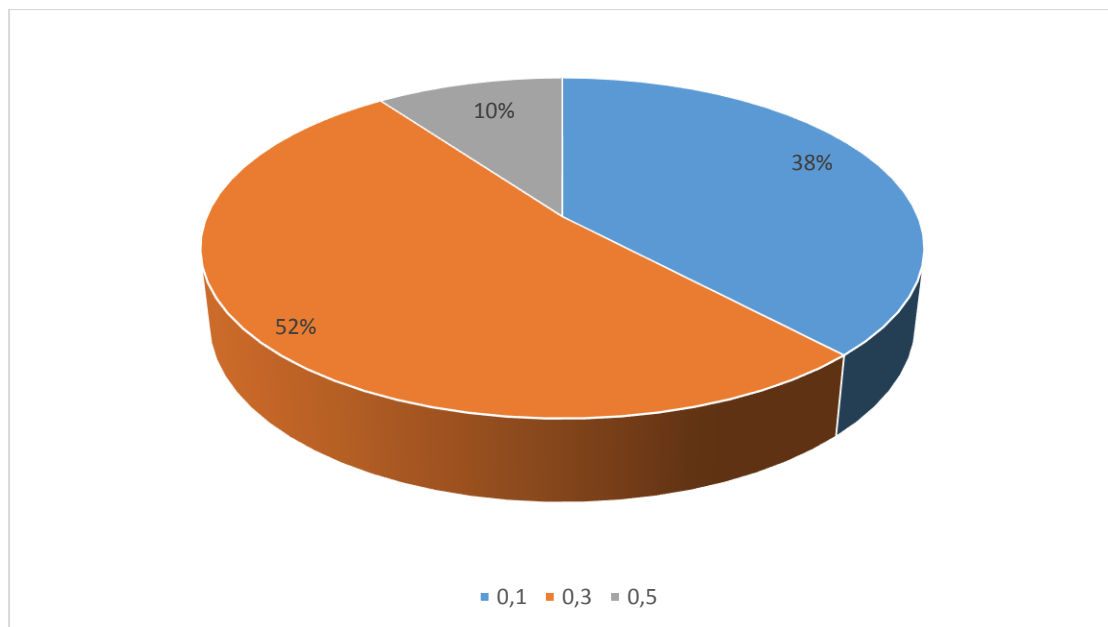
Γράφημα 11: Κατανομή μεγέθους δείγματος z5



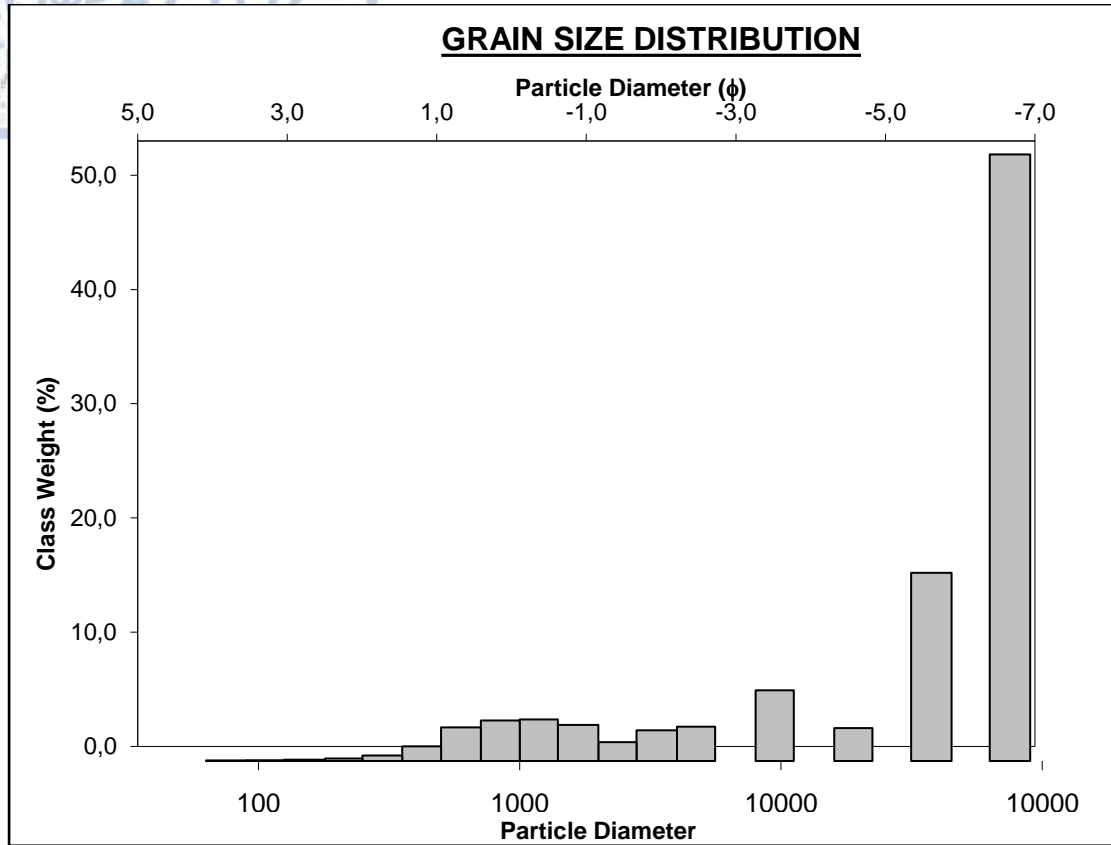
Γράφημα 12: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z5



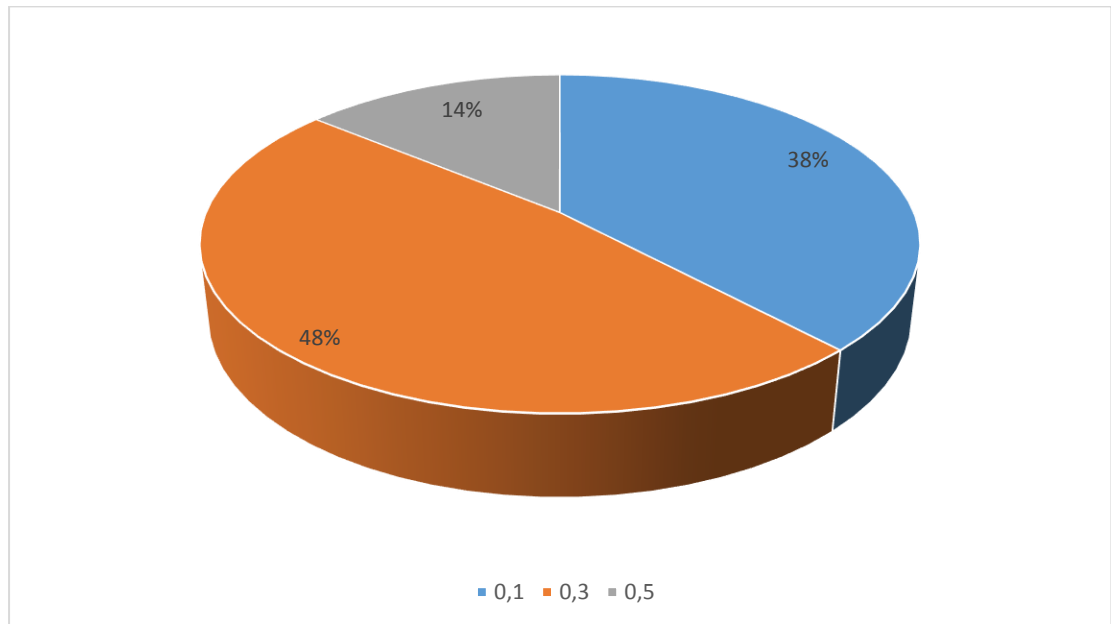
Γράφημα 13: Κατανομή μεγέθους δείγματος z6



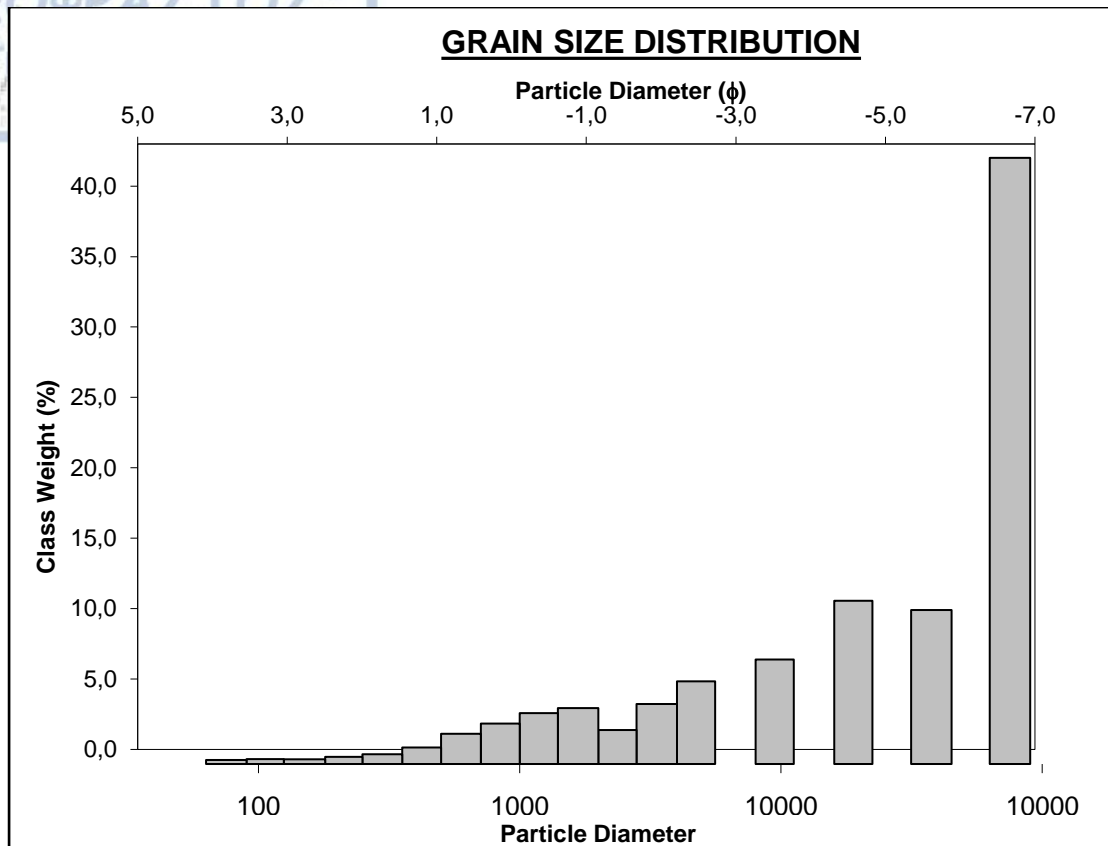
Γράφημα 14: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z6



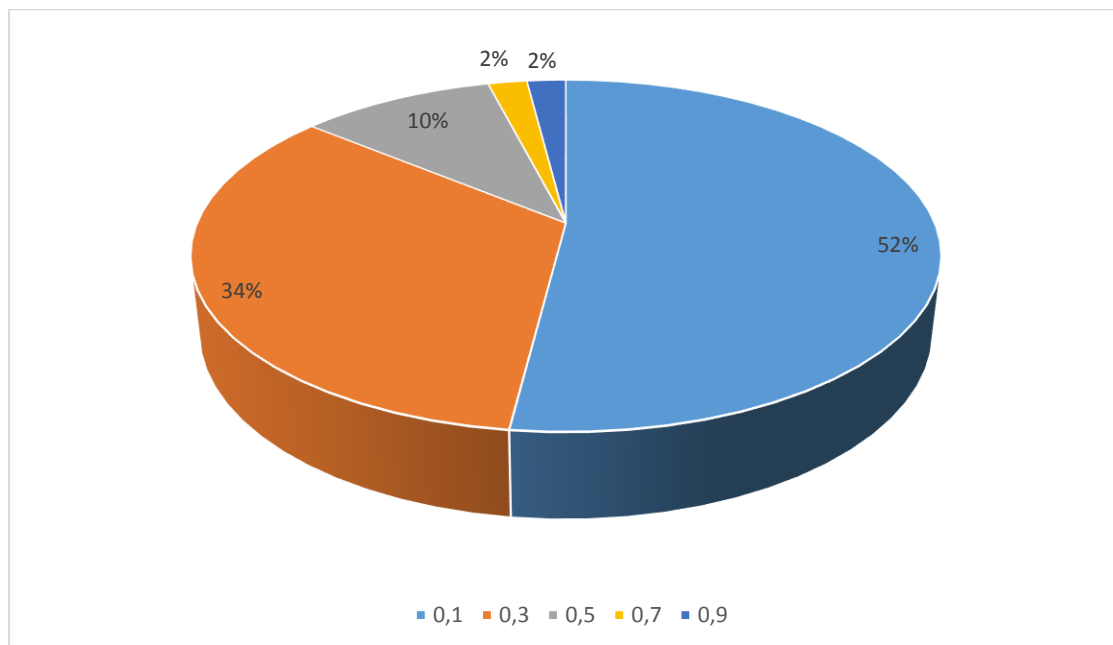
Γράφημα 15: Κατανομή μεγέθους δείγματος z7



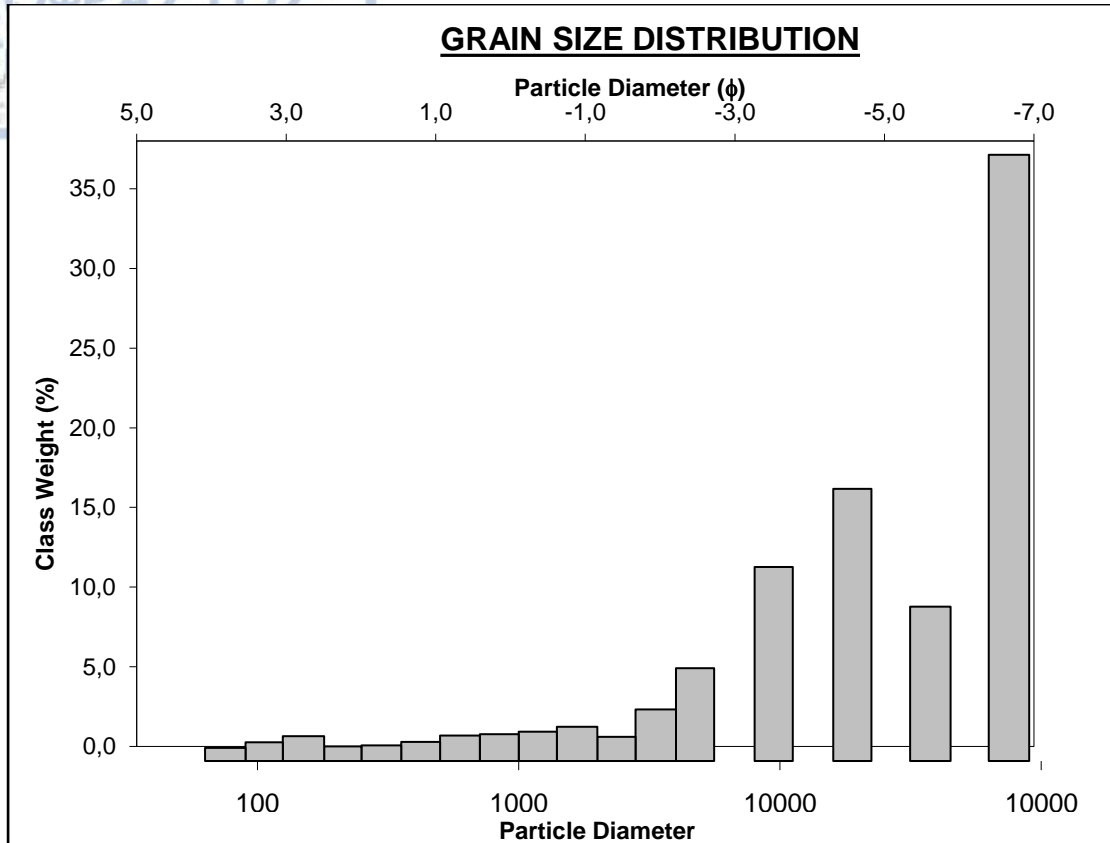
Γράφημα 16: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z7



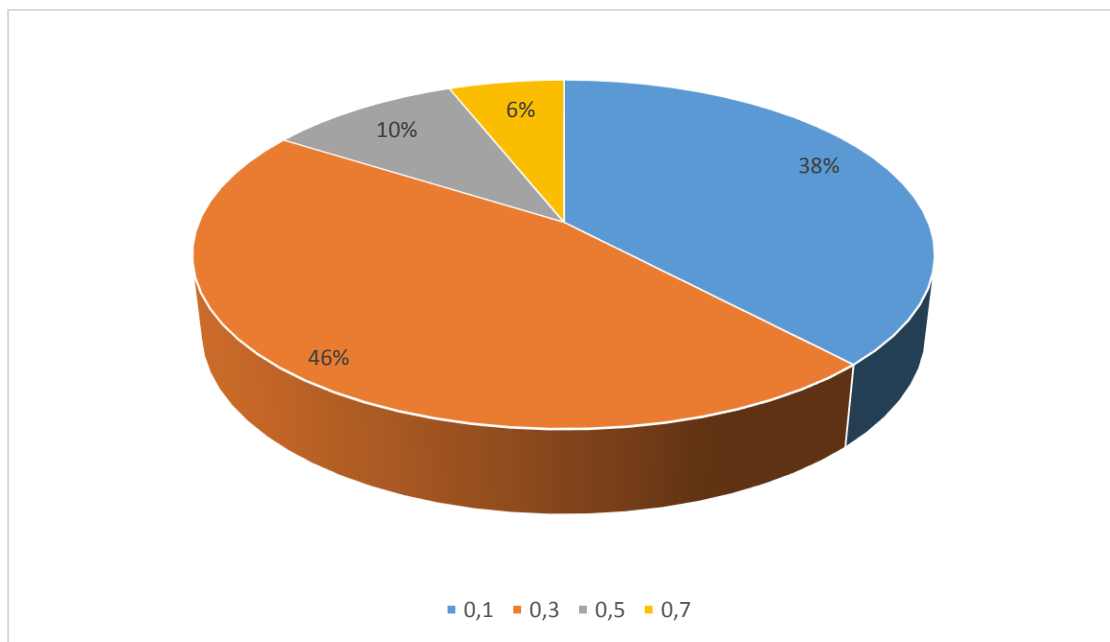
Γράφημα 17: Κατανομή μεγέθους δείγματος z8



Γράφημα 18: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z8



Γράφημα 19: Κατανομή μεγέθους δείγματος z9



Γράφημα 20: Τιμές στρογγυλότητας δείγματος z9