



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**

**ΓΙΔΙΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΓΕΩΛΟΓΟΣ**

## **Η ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΕΜΒΟΛΟΥ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2007**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα γεωμορφολογική μελέτη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος Διπλωματική εργασία, στον Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας. Επιβλέπον καθηγητής της εργασίας αυτής είναι ο Λέκτορας Κ. Βουβαλίδης.

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν τόσο εκπαιδευτικός όσο και ερευνητικός. Εφαρμόστηκαν συγκεκριμένοι γεωμορφολογικοί δείκτες, ώστε να ποσοτικοποιηθούν μορφοτεκτονικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής Μεγάλο Έμβολο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Κωνσταντίνο Βουβαλίδη για τη σημαντική βοήθεια και καθοδήγηση του ώστε να συγγραφεί η εργασία αυτή. Επίσης τον μεταπτυχιακό φοιτητή Θεόδωρο Παράσχου και τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Σοφία Πεχλιβανίδου για τις υποδείξεις τους.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 1.Εισαγωγή                                     | 3  |
| 1.1. Γεωγραφικά στοιχεία – Διοικητική υπαγωγή  | 3  |
| 1.2. Γεωμορφολογικά στοιχεία                   | 4  |
| 1.3. Κλιματικά στοιχεία                        | 7  |
| 1.4. Γεωλογικά Τεκτονικά στοιχεία              | 9  |
| 1.4.1. Γεωλογία της περιοχής έρευνας           | 9  |
| 1.4.2. Τεκτονική της περιοχής                  | 11 |
| 1.5. Μεθοδολογία                               | 12 |
| 2. Υδρογραφία                                  | 13 |
| 2.1. Γενικά                                    | 13 |
| 2.2. Ποιοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου | 13 |
| 2.3. Ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου | 15 |
| 2.3.1. Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου           | 15 |
| 2.3.2. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές            | 16 |
| παράμετροι λεκανών απορροής                    |    |
| 2.3.3. Ανάλυση της υδρογραφικής πυκνότητας     | 17 |
| και συχνότητας                                 |    |
| 2.3.4. Ανάλυση του λόγου επιμήκυνσης           | 21 |
| 3. Παράγοντας Ασυμμετρίας                      | 24 |
| 4. Ύψομετρική Ανάλυση                          | 27 |
| 4.1. Ύψομετρική καμπύλη και Ύψομετρικό         | 27 |
| ολοκλήρωμα                                     |    |
| 5. Συμπεράσματα                                | 31 |
| 6. Βιβλιογραφία                                | 33 |
| 6.1. Διεθνή βιβλιογραφία                       | 33 |
| 6.2. Ελληνική βιβλιογραφία                     | 33 |
| 7. Παράρτημα                                   | 35 |

# 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η μελέτη της γεωμορφολογίας των περιοχών, Θέρμης, Βασιλικών, Θεσσαλονίκης, Επανομής, καθώς και η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο το κλίμα, η τεκτονική και η γεωλογία έχουν επίδραση στην γεωμορφολογία της περιοχής και στην διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου.

Στην διπλωματική αυτή χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά δεδομένα της γεωλογίας, του υδρογραφικού δικτύου και των επιμέρους λεκανών απορροής, που προήλθαν από τους γεωλογικούς και τοπογραφικούς χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε., κλίμακας 1:50000.

Η περιοχή έρευνάς μας περιλαμβάνει μέρος του Νομού Χαλκιδικής και του Νομού Θεσσαλονίκης. Το ένα μέρος της καλύπτει το δυτικό κομμάτι του νομού Χαλκιδικής, ενώ οι ακτές της περιοχής έρευνας μας αποτελούν το ανατολικό κομμάτι του Θερμαϊκού Κόλπου.

Με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), πραγματοποιήθηκε η καταγραφή, η μελέτη και η ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου. 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 ( $Fu$ ). Στη συνέχεια υπολογίστηκαν και άλλοι παράγοντες όπως, ο λόγος επιμήκυνσης, ο παράγοντας ασυμμετρίας. Η μελέτη ολοκληρώθηκε με την πραγματοποίηση υψομετρικής ανάλυσης.

## 1.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ-ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

Όσον αφορά την γεωγραφική θέση και τα χαρακτηριστικά της περιοχής ανήκει στον νομό Θεσσαλονίκης που καλύπτει το νοτιοδυτικό κομμάτι της καθώς και μέρος του νομού Χαλκιδικής. Είναι μια πεδινή περιοχή χαμηλού υψόμετρου με εξαίρεση το όρος του Χορτιάτη που βρίσκεται στα βορειοανατολικά της. Η περιοχή μελέτης καλύπτει μέρος του Ανατολικού Θερμαϊκού και συγκεκριμένα το ακρωτήριο Μεγάλου Εμβόλου. Τα βόρεια πρηνή της περιοχής αποτελούν μέρος της κοιλάδας του Ανθεμούντα, που διαμορφώνεται από το ομώνυμο ρήγμα. Το μέγιστο υψόμετρο που παρατηρείται στην περιοχή είναι 640 μέτρα στο όρος Κατσίκα. Η περιοχή έρευνας μας περιλαμβάνει κυρίως τους δήμους Επανομής, Μηχανιώνας, Θερμαϊκού, Μικρά, Βασιλικών και Θέρμης (Σχήμα 1 )



**Σχήμα 1 :Γραφική απεικόνιση του Νομού Χαλκιδικής και των επιμέρους Δήμων του (η περιοχή έρευνας μας περιλαμβάνει κυρίως τους δήμους Καλλικράτειας, Τριγλίας, Ανθεμούντα, Μουδανιών )**

Οι κύριες ασχολίες των κατοίκων της περιοχής στο παρελθόν έχουν να κάνουν με τη γεωργία και την κτηνοτροφία.. Οι κυριότερες από αυτές ήταν η παραγωγή λαδιού και ελιάς, η τυροκομία, η μελισσοκομία, η παραγωγή μαρμελάδων, η κατασκευή υφαντών, η αγγειοπλαστική, τα αρτοσκευάσματα, η παραγωγή κρασιού και η εκμετάλλευση του ξύλου. Πλέον, η περιοχή βρίσκεται πολύ κοντά σε ένα μεγάλο αστικό κέντρο, την Θεσσαλονίκη με αποτέλεσμα την αστικοποίηση του τρόπου ζωής των κατοίκων.

## **1.2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

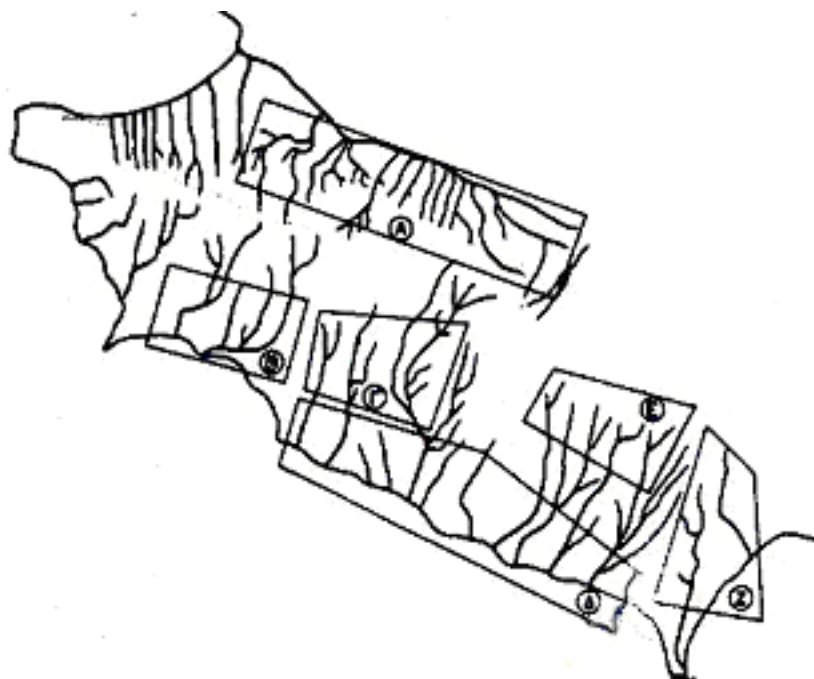
Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, η περιοχή κυριαρχείται από χαμηλό ανάγλυφο με μικρές παράκτιες κοιλάδες και λόφους. Ανάλογα με τη μορφολογία και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής διακρίνουμε της παρακάτω υπο-

περιοχές: 1. Κοιλάδα Ανθεμούντα, 2. Περιοχή χαμηλού λοφώδους ανάγλυφου(Από Επανωμή μέχρι Ποτίδαια)

Στη συνέχεια δίδονται τα βασικά γεωμορφολογικά στοιχεία των υποπεριοχών αυτών και οι σημαντικότερες μορφοτεκτονικές μας παρατηρήσεις.

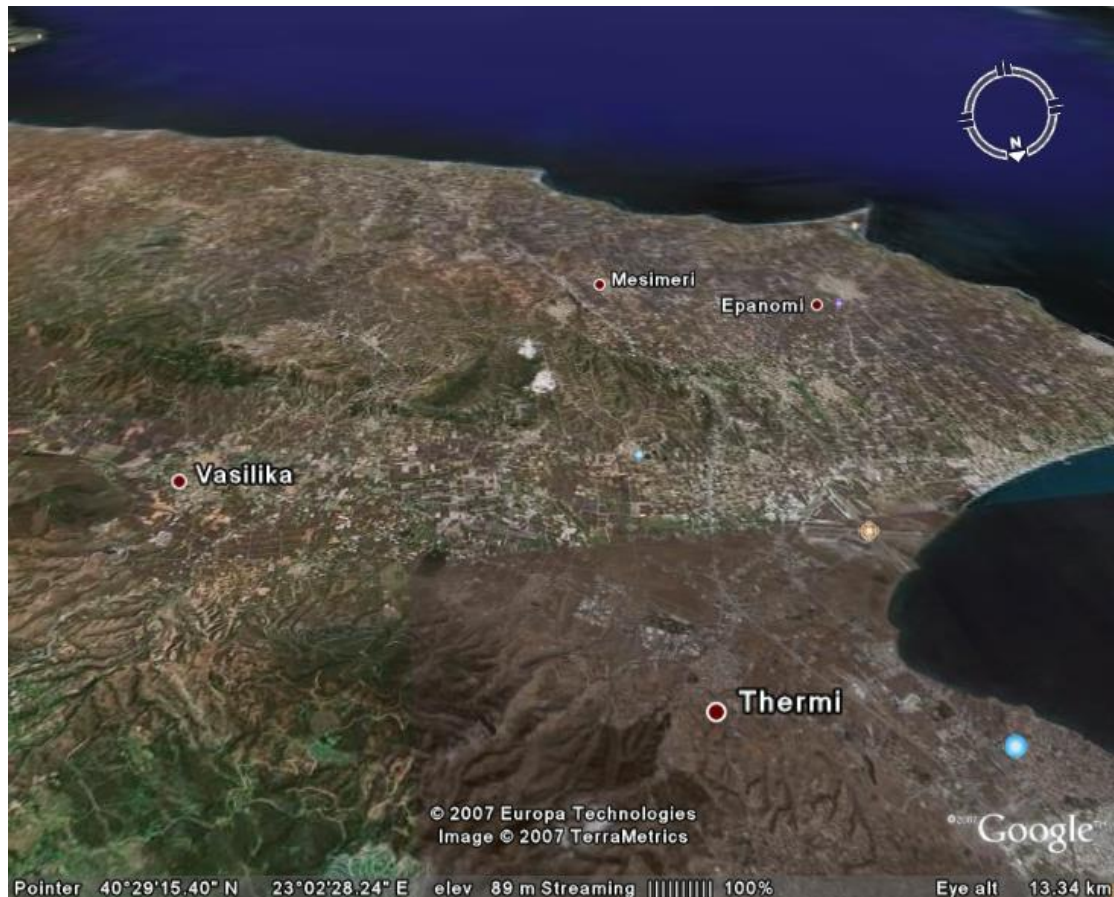
1. Κοιλάδα Ανθεμούντα. Επίμηκες (Α-Δ) πρόσφατο τεκτονικό βύθισμα με έντονους ρυθμούς διάβρωσης στη νότια πλευρά του και επέκταση του υδροκρίτη προς Νότο, λόγω της παρουσίας χαλαρών ιζημάτων των σχηματισμών Αντωνίου και Τρίγλιας (Sotiriadis, 1974). Παρατηρείται η κλιμακωτή, σε τρία επίπεδα, μετάπτωση προς Βορρά του αναγλύφου μεταξύ Ταγαράδων-Γαλαρινού.(σχήμα. 2, περιοχή Α).
2. Περιοχή χαμηλού λοφώδους αναγλύφου. Από Επανωμή μέχρι Ποτίδαια : χαρακτηρίζεται από ομαλό ανάγλυφο. Η επιφανειακή απορροή έχει, σε ορισμένες τοποθεσίες, δημιουργήσει έντονη χαραδρωτική διάβρωση. Στον άξονα Ταγαράδες – Γαλαρινός παρατηρείται η κλιμακωτή μετάπτωση του αναγλύφου προς τα βόρεια, σε τρία επίπεδα και εκτροπή κλάδων του υδρογραφικού δικτύου. Στα νότια της Επανωμής παρατηρείται χαρακτηριστική εκτροπή δύο ρεμάτων από Β-Ν σε ΔΝΔ-ΑΒΑ διεύθυνση.(σχήμα. 2, περιοχή Β).

Νοτιοανατολικά του χωρίου Ν. Γωνία παρατηρείται τάση εκτροπής μικρών ρεμάτων (διεύθ. Β-Ν) κατά μήκος της ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης και σχηματισμών “σκαλοπατιών” προς τα ΝΔ (σχ. 2, περιοχή Γ).



Σχήμα.2. Χάρτης υδρογραφικού δικτύου της Δυτικής Χαλκιδικής. Α, Β, Γ, γεωμορφολογικές περιοχές που αναφέρονται στο κείμενο.





**Εικόνα 1.** Δορυφορικές εικόνες της ευρύτερης περιοχής όπου φαίνονται καθαρά τα γεωμορφολογικά στοιχεία της

### 1.3. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η διαμόρφωση της γεωμορφολογίας μιας περιοχής εξαρτάται και ως ένα βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες και τα κλιματολογικά φαινόμενα που επικρατούν, δεδομένου ότι διεργασίες, όπως η αποσάθρωση και η διάβρωση, ελέγχονται από τον τύπο του κλίματος που χαρακτηρίζει ένα τόπο. Επίσης, το κλίμα αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα για την διαμόρφωση του τύπου των εδαφών, του είδους της φυτικής κάλυψης και κατ' επέκταση του τύπου των καλλιεργειών.

Λόγω, λοιπόν, της σπουδαιότητας που διαδραματίζει ο ρόλος του κλίματος, στο κεφάλαιο αυτό παραθέτονται τα βασικά κλιματικά στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή του Νομού Θεσσαλονίκης.

| ΜΗΝΑΣ       | Α.Τ.Μ.<br>ΠΙΕΣΗ | ΜΕΣΗ<br>ΜΗΝΙΑΙΑ<br>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ | ΣΧΕΤΙΚΗ<br>ΥΓΡΑΣΙΑ % | ΜΕΣΟ<br>ΥΨΟΣ<br>ΒΡΟΧΗΣ |
|-------------|-----------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 763,1           | 5,7                            | 74                   | 35,1                   |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 761,1           | 7,3                            | 72                   | 36,2                   |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 760,9           | 10,0                           | 71                   | 44,3                   |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 758,8           | 14,3                           | 68                   | 38,1                   |
| ΜΑΙΟΣ       | 759,3           | 19,2                           | 67                   | 50,3                   |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 759,2           | 23,4                           | 62                   | 33,0                   |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 759,3           | 25,7                           | 60                   | 30,7                   |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 759,6           | 25,3                           | 62                   | 24,1                   |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 761,7           | 21,9                           | 66                   | 26,2                   |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 763,3           | 16,6                           | 71                   | 40,0                   |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 762,7           | 11,6                           | 76                   | 55,7                   |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 762,2           | 7,5                            | 75                   | 52,8                   |
| ΕΤΗΣΙΟ      | 761,0           | 15,7                           | 69                   | 466,4                  |

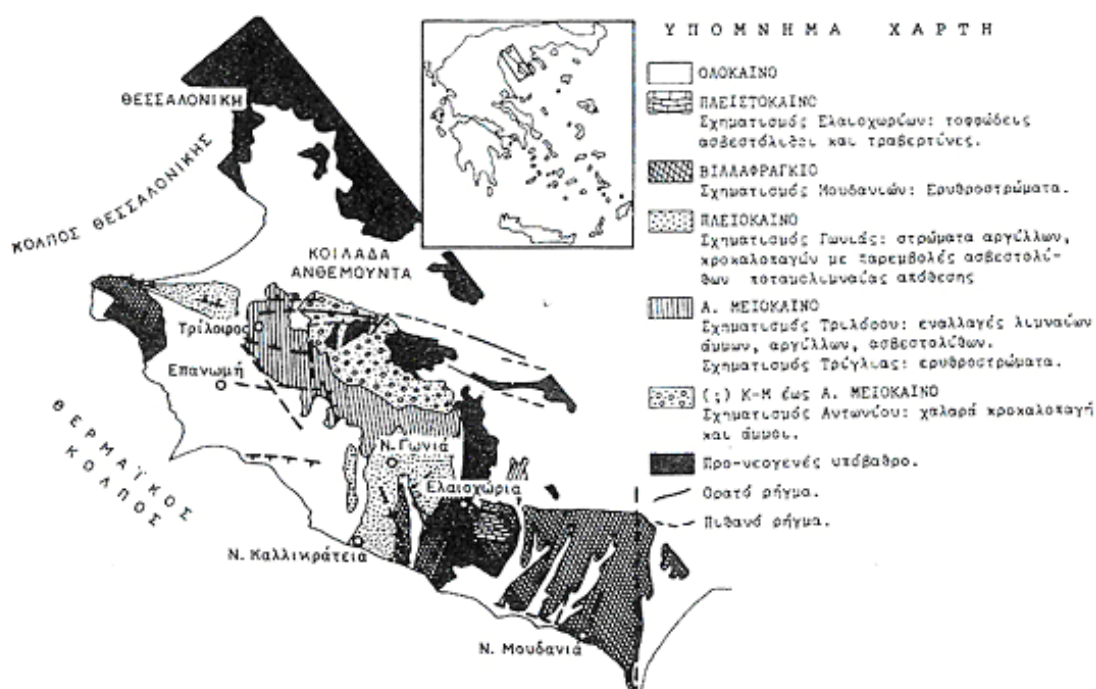
**Πίνακας 1. Κλιματικά στοιχεία από τον Μετεωρολογικό σταθμό της Θεσσαλονίκης, για την περίοδο 1961-1990.**

Βάσει των δεδομένων που έχουμε διαπιστώνουμε πως η ευρύτερη περιοχή μελέτης μας παρουσιάζει χαρακτηριστικά μεσογειακού κλίματος. Επιπρόσθετα, άλλα κλιματικά στοιχεία για την συγκεκριμένη περίοδο, είναι η έντονη ηλιοφάνεια με μέγιστο κατά τον μήνα Ιούλιο (345,8 hrs).

## 1.4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

### 1.4.1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από γεωλογικής άποψη η περιοχή στο σύνολό της καλύπτεται από Ολοκαινικά ιζήματα τα οποία είναι κυρίως ποτάμια, χερσοποτάμια, ποταμοθαλάσσια και θαλάσσια. Σημαντική, επίσης, είναι η παρουσία των αλπικών ιζημάτων των οποίων η αναλυτική περιγραφή γίνεται παρακάτω. Στο σχήμα 3 φαίνεται τόσο η γεωλογία όσο και η στρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής μελέτης. (Συρίδης 1990)



Σχήμα 3. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Στρωματογραφικά δεδομένα από Συρίδη 1990 ).

Όπως περιγράφηκε από τον Συρίδη (1990). Τα υλικά που συναντιούνται από τα νεώτερα προς τα παλαιότερα είναι.

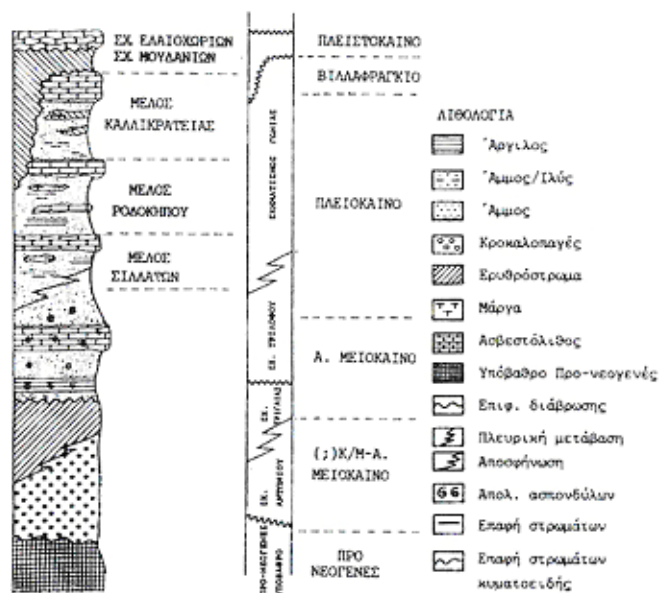
**ΟΛΟΚΑΙΝΟ.** ιζήματα, ποταμό-χερσαίες, λιμναίες, αποθέσεις

**ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ.** Σχηματισμός Ελαιοχωριών Αποτελείται από τοφρώδεις και τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους σε μη συνεχόμενα στρώματα. Η απόθεση του έγινε διαχρονικά σε μικρά ελώδη-λιμναία, αβαθή μικροπεριβάλλοντα στις

νότιες παρυφές του βουνού Κατσίκα. Η τροφοδοσία γινόταν από τα εκφορτιζόμενα προς Νότο και πλούσια σε ανθρακικά άλατα νερά των καρστικών υδροφόρων στρωμάτων της Κατσίκας.

**ΒΙΛΛΑΦΡΑΓΚΙΟ.** Σχηματισμός Μουδανίων (Άνω Πλειόκαινο – Κ/Μ. Πλειστόκαινο, Βίλλαφράγκιο). Πρόκειται για χερσοποτάμια ερυθροστρώματα με εναλλαγές φακών κροκαλοπαγών, άμμων-ψαμμιτών και αργίλων.

**ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ.** Σχηματισμός Γωνίας (Πλειόκαινο, Ρουσίνιο). Εναλλαγές ψαμμιτών, αργίλλων, κροκαλοπαγών, μαργών και μαζωδών ασβεστολίθων. Περιέχει μεγάλες ποσότητες κροκάλων ηφαιστιτών. Η παρεμβολή τριών εκτεταμένων στρωμάτων μαζώδους ασβεστόλιθου δημιουργεί τρεις επάλληλες questa και υποδιαιρεί το Σχηματισμό σε τρία μέλη: Σιλατών (κατώτερο), Ροδόκηπου και Καλλικράτειας (ανώτερο) (σχ. 4). Μετρήσεις παλαιορευμάτων σε συνδυασμό με την πετρογραφική σύσταση των κροκάλων των ηφαιστιτών δείχνουν ποταμοχείμαρρη μεταφορά από τα ΒΔ προς τα ΝΑ, ίσως από την περιοχή της Αλμωπίας. Τα ιζήματα υποδηλώνουν αβαθές ποταμολιμναίο περιβάλλον με μεγάλες διακυμάνσεις και διαφοροποιήσεις.



Σχήμα 4. Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη των Νεογενών-Τεταρτογενών ιζημάτων (Στρωματογραφικά δεδομένα από Συρίδη 1990 ).

**Α.ΜΕΙΚΑΙΝΟ.** Σχηματισμός Τριλόφου (Ανώτερο Μειόκαινο, Τουρόλιο 'Πόντιο'). Πρόκειται για απολιθωματοφόρα ιζήματα (άμμοι, άργιλοι, ασβεστόλιθοι) με λεπτές παράλληλες στρώσεις. Δείχνουν εκτεταμένο λιμναίο περιβάλλον απόθεσης, στα περιθώρια του οποίου παρατηρείται τροφοδοσία

ποταμοχειμάρρειων υλικών. Ένα ανθεκτικό στρώμα απολιθωματοφόρου ασβεστόλιθου που εμφανίζεται στα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού, σε συνδυασμού με την μικρή κλίση δημιουργεί εκτεταμένη cuesta από τον Τρίλοφο έως την Κρήνη.

**K-M έως A. ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ** Σχηματισμός Αντώνιου αποτελείται από εναλλαγές χαλαρών κροκαλοπαγών και λευκότεφρων άμμων. Η διαπίστωση της ύπαρξης παλαιορευμάτων οδήγησε στην υπόθεση ότι η κύρια μεταφορά των ιζημάτων έγινε στη μεν Δυτική Χαλκιδική από ΒΔ στη δε Κασσάνδρα από τα Νότια.

**Προ-νεογένες υπόβαθρο.**

## **1.4.2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Η περιοχή έρευνας (της διπλωματικής εργασίας) τοποθετείται στο δυτικό τμήμα της χερσονήσου της Χαλκιδικής (Μεγάλο Έμβολο) της οποίας η νεοτεκτονική εξέλιξη αντιπροσωπεύει το ανατολικό περιθώριο του μεγάλου νεοτεκτονικού βυθίσματος Αξιού-Θερμαϊκού. Δεδομένα μορφοτεκτονικής, δορυφορικών εικόνων, λιθοστρωματογραφίας, νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων, κινηματικής των ρηγμάτων, καθώς επίσης και ορισμένα δημοσιευμένα παλαιογεωγραφικά και γεωφυσικά αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των συμπερασμάτων της νεοτεκτονικής εξέλιξης.

Η Δυτική Χαλκιδική αποτελεί ένα ανεξάρτητο τεκτονικό τέμαχος με μικρή σχετικά εσωτερική παραμόρφωση, που οριοθετείται από μεγάλες τεκτονικές δομές και συγκεκριμένα από τα δεξιόστροφα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης της τάφρου του Βόρειου Αιγαίου διεύθυνσης ανατολικά βορειοανατολικά-δυτικά νοτιοδυτικά, τα κρασπεδικά ρήγματα του Θερμαϊκού κόλπου βορειοδυτικά-νοτιοανατολικά διεύθυνσης, το σημαντικό ρήγμα του Ανθεμούντα με διεύθυνση ανατολή-δύση που είναι πλάγιο κανονικό ρήγμα με αριστερόστροφη συνιστώσα, τη δεξιόστροφη τεκτονική δομή οριζόντιας μετατόπισης της Ολύνθου, διεύθυνσης βόρειο βορειοανατολικά-νότιο νοτιοδυτικά, και τέλος το σύστημα μικρότερων ρηγμάτων του Τορωναίου Κόλπου. Στην περιοχή ανιχνεύθηκε εφελκυσμός διεύθυνσης βορειοανατολικά-νοτιοδυτικά που επηρεάζει τα προ – Νεογενή και άνω - μειοκαινικά – πλειοκαινικά, ύστερα από τη μελέτη διακλάσεων και ρηγμάτων με ασθενικές γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης. Ο ενεργός εφελκυσμός (μέσου πλειστοκαίνου-σήμερα) με διεύθυνση βορρά-νότου και τα αντίστοιχα ρήγματα που προκάλεσε αυτός

επηρεάζουν έντονα το μορφοανάγλυφο. Επίσης μέσα σε αυτή τη νεοτεκτονική φάση δρουν σημαντικά ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Τέλος επιτεύχθηκε με τη βοήθεια τεκτοστρωματογραφική μελέτη η χρονολόγηση ευδιάκριτων τεκτονικών γεγονότων στο μέσο Μειόκαινο, Τουρόλιο, Ρουσίνιο και Μέσο Πλειστόκαινο (Μουντράκης και άλλοι 1992 ).

## 1.5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ευρύτατα τα διάφορα λογισμικά των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρουν στη ψηφιακή χαρτογράφηση όπως η συλλογή, επεξεργασία, αποθήκευση, ενημέρωση επανατοποθέτηση και απόδοση των δεδομένων. Έτσι πέρα από τα αντικείμενα που παραδοσιακά απασχολούν τη χαρτογραφία, η αυτοματοποιημένη χαρτογραφία καλύπτει ένα πλήθος δραστηριοτήτων, όπως την αυτόματη σχεδίαση με υπολογιστή, τις μεθοδολογίες συμπίεσης δεδομένων, τους τρόπους και τις μεθοδολογίες αποθήκευσης στοιχείων, και οι δομές βάσεων δεδομένων.

Για την πραγματοποίηση της μελέτης και την εξαγωγή των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν οι τοπογραφικοί χάρτες, Θέρμης, Θεσσαλονίκης, Επανομής, Βασιλικών, κλίμακας 1:50000, καθώς και οι αντίστοιχοι γεωλογικοί χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.).

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε λογισμικό των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα MapInfo Professional 6.0. Ψηφιοποιήθηκε ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας, το συνολικό υδρογραφικό δίκτυο και οι επιμέρους λεκάνες απορροής. Η ψηφιοποίηση έγινε πάνω στον γεωλογικό και τοπογραφικό χάρτη αντίστοιχα. Το σύστημα προβολής που χρησιμοποιήθηκε κατά την ψηφιοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων είναι το Ε.Γ.Σ.Α.87.

Για την κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM) και των χαρτών κατανομής των υπολογιζόμενων μορφομετρικών παραμέτρων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Vertical Mapper 3. 1.

## **2. ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ**

### **2.1. ΓΕΝΙΚΑ**

Η μελέτη ενός υδρογραφικού δικτύου περιλαμβάνει τόσο την ποιοτική όσο και την ποσοτική ανάλυσή του. Η ποιοτική ανάλυση πραγματοποιείται με τον καθορισμό της μορφής του δικτύου, η οποία μπορεί να οφείλεται στο συνδυασμένο αποτέλεσμα διάφορων παραγόντων, όπως γεωλογικών, τεκτονικών ή κλιματολογικών. Η ποσοτική ανάλυση, συντελείται με τον καθορισμό ορισμένων μορφομετρικών παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου, που μπορούν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες για την υδρολογική συμπεριφορά του.

Στην παρούσα εργασία, αρχικά πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση των κλάδων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής του υδρογραφικού δικτύου, με τη βοήθεια του προγράμματος Mapinfo 6.0. Η ψηφιοποίηση έγινε στους τοπογραφικούς χάρτες φύλλα Θεσσαλονίκης, Θέρμης, Επανομής, Βασιλικών, κλίμακας 1:50000 της Γ. Υ. Σ.

Στη συνέχεια καθορίστηκε η μορφή του υδρογραφικού δικτύου, όπως αυτή απεικονίζεται στο σχήμα που προέκυψε από την ψηφιοποίηση των τοπογραφικών χαρτών και έπειτα υπολογίστηκαν μορφομετρικές παράμετροι για τις επιμέρους λεκάνες απορροής του δικτύου. Τέλος προσδιορίστηκαν παράγοντες ώστε να διαπιστωθεί, η επίδραση που ασκεί η τεκτονική και η γεωλογία της περιοχής και στην ανάπτυξη και εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου.

### **2.2. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ**

#### **Μορφή υδρογραφικού δικτύου**

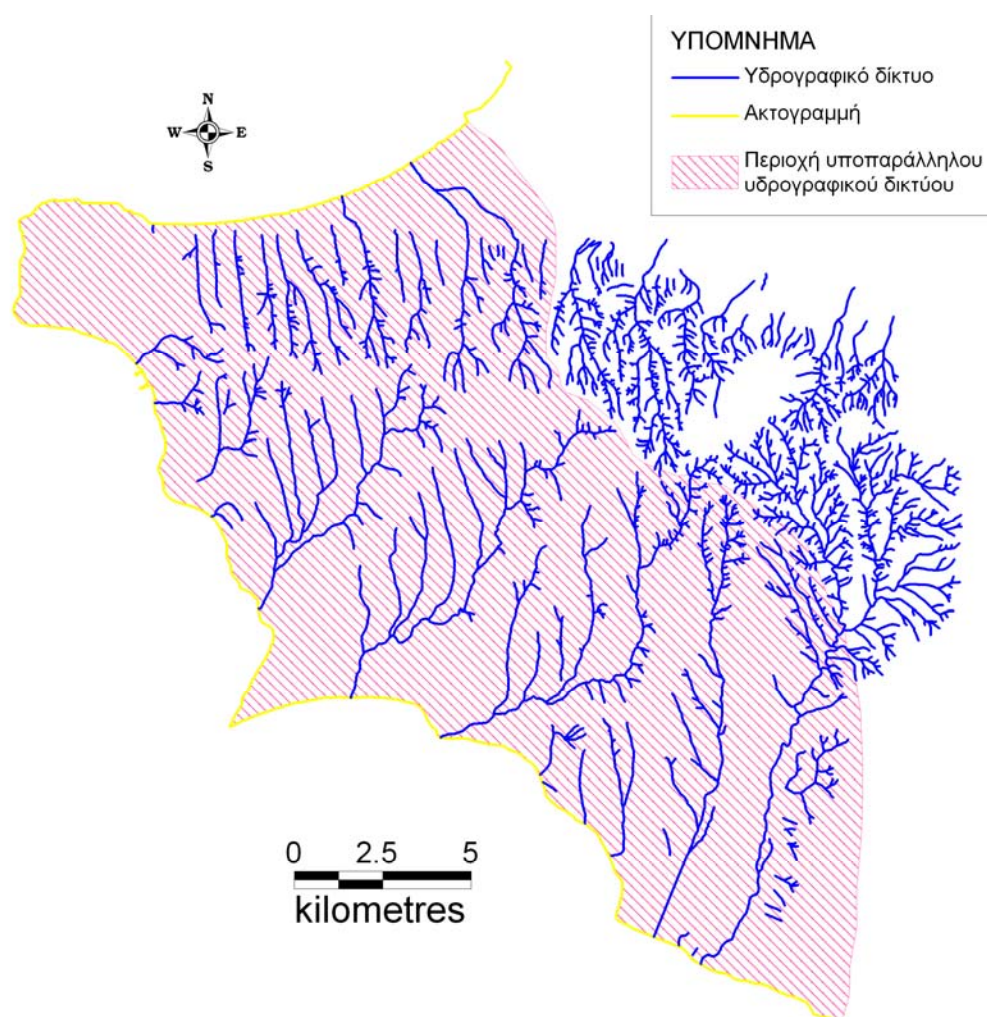
Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης όπως φαίνεται στο σχ.4 αποστραγγίζει τμήματα της επιφάνειας του εδάφους καταλήγοντας στο Θερμαϊκό κόλπο. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός, ότι η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου και αντιστοίχως των λεκανών απορροής είναι ανομοιομορφη. Οι λεκάνες που αποστραγγίζουν το βορειοανατολικό και ανατολικό τμήμα είναι πιο αναπτυγμένες, με πυκνότερο υδρογραφικό δίκτυο, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες λεκάνες όπου παρατηρούνται με διαφορετική ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου.

Στη μεγαλύτερη έκταση του το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει δενδριτική μορφή και συγκεκριμένα κατά τον Howard (1967, από Αστάρια 1997), υποδενδριτική μορφή με την ακανόνιστη διακλάδωση των παραποτάμων προς διάφορες κατευθύνσεις.

Η μορφή αυτή ευνοείται σε ολόκληρη την περιοχή εκτός από το νοτιοδυτικό κομμάτι της. Το δίκτυο αποκτά αυτή τη μορφή εξαιτίας του ότι το ανάγλυφο είναι ομαλό και επιτρέπει την ομοιόμορφη ανάπτυξη των κλάδων του.

Στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής, το δίκτυο παρουσιάζει παράλληλη-υποπαράλληλη μορφή η οποία όμως δεν μπορεί να οφείλεται στο υψηλό ανάγλυφο, με μεγάλες μορφολογικές κλίσεις αφού κάτι τέτοιο δεν υφίσταται. Πιθανόν αυτή η συγκεκριμένη μορφή να οφείλεται στο γεγονός ότι το δίκτυο ελέγχεται από την τεκτονική δομή της περιοχής.

Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω στο σχήμα.5. δίνεται παραστατικά ο ποιοτικός διαχωρισμός του υδρογραφικού δικτύου. Συγκεκριμένα φαίνετε στο σχήμα πως το υδρογραφικό δίκτυο που βρίσκεται μέσα στο κόκκινο πλαίσιο έχει μορφή υπό-παράλληλη με τους περισσότερους κλάδους να έχουν βόρειοδυτική-νοτιοανατολική διάταξη. Αντίθετα το υπόλοιπο υδρογραφικό δίκτυο, αυτό που βρίσκεται εκτός πλαισίου, έχει δενδριτική μορφή και είναι πολύ καλά αναπτυγμένη οι κλάδοι του.



**Σχήμα.5. Απεικόνιση του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής**

## 2.3. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

### 2.3.1. Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου

Για την ποσοτική ανάλυση ενός υδρογραφικού δικτύου έχουν προταθεί από διάφορους επιστήμονες (Horton, 1945, Strahler, 1952, από Αστάρα 1980) μέθοδοι αρίθμησης του, με σκοπό την διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των κλάδων του δικτύου.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αρίθμησης κατά Strahler, 1952 (από Σωτηριάδη και Ψιλοβίκο, 1984), σύμφωνα με την οποία : Ρέματα τα οποία δεν δέχονται νερό από μικρότερους κλάδους ρεμάτων ονομάζονται 1<sup>ης</sup> τάξεως. Η ένωση δύο κλάδων πρώτης τάξης δημιουργούν ένα κλάδο 2<sup>ης</sup> τάξεως. Σύνδεση δυο κλάδων δεύτερης τάξης δημιουργεί ένα κλάδο 3<sup>ης</sup> τάξεως και ούτω καθεξής. Σε περίπτωση σύνδεσης δυο κλάδων διαφορετικής τάξης, ο κλάδος που προκύπτει χαρακτηρίζεται με την τάξη του κλάδου μεγαλύτερης τάξης από τους δυο που συνδέονται.

Την αρίθμηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου ακολουθεί και η αρίθμηση των αντιστοιχών λεκανών απορροής. Έτσι οι λεκάνες απορροής των κλάδων 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup> κ.τ.λ. τάξης, ονομάζονται αντίστοιχα 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup> κ. τ. λ, τάξης.

Εφαρμόζοντας την παραπάνω μέθοδο αρίθμησης για το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας, προέκυψαν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα .(Πίνακας.2. )

**Πίνακας.2: Αριθμός κλάδων του υδρογραφικού δικτύου ανά τάξης κλάδων.**

| Τάξεις κλάδων  | 6 <sup>ης</sup> | 5 <sup>ης</sup> | 4 <sup>ης</sup> | 3 <sup>ης</sup> | 2 <sup>ης</sup> | 1 <sup>ης</sup> |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Αριθμός κλάδων | 1               | 2               | 12              | 53              | 226             | 1052            |

Μετά από την αρίθμηση των κλάδων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής, πραγματοποιήθηκε αριθμητική ανάλυση του δικτύου, με τον υπολογισμό ορισμένων μορφομετρικών παραμέτρων, τόσο για το συνολικό υδρογραφικό δίκτυο, όσο και για της επιμέρους λεκάνες απορροής.

### 2.3.2. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι λεκανών απορροής

Οι μορφομετρικές παράμετροι που υπολογίστηκαν για τις λεκάνες απορροής είναι η υδρογραφική πυκνότητα ( $Du$ ), η υδρογραφική συχνότητα ( $Fu$ ) και ο λόγος επιμήκυνσης (elongation ratio,  $Er$ ).

Οι παράμετροι της υδρογραφικής πυκνότητας και υδρογραφικής συχνότητας, αποτελούν αριθμητικές εκφράσεις της υφής μιας λεκάνης απορροής και συνδέονται με το κλίμα της περιοχής, τη λιθολογική σύσταση, τη βλάστηση και το ανάγλυφο των λεκανών.(Αστάρας, 1980).

Η υδρογραφική πυκνότητα  $Du$  ορίζεται από τον τύπο  $Du = \Sigma lu / Au$ , όπου  $\Sigma lu$  είναι το συνολικό μήκος των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων μιας αυτοτελούς λεκάνης απορροής (σε Km) και  $Au$  το εμβαδόν της λεκάνης απορροής (σε Km). (Horton, 1945, από Αστάρας, 1980). Τιμές υδρογραφικής πυκνότητας μεταξύ 3 έως 4 K/m, θεωρούνται χαμηλές και συναντώνται σε περιοχές οι οποίες καλύπτονται από πυκνή βλάστηση και αποτελούνται από σκληρά πετρώματα. Σε περιοχές όπου καλύπτονται από πυκνή βλάστηση και που αποτελούνται από μαλακά πετρώματα, οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας θεωρούνται μέσες και ποικίλουν από 8 έως 16 K/m. Τέλος, υψηλές τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας, μεταξύ 30-50 K/m, παρατηρούνται σε περιοχές οι οποίες στερούνται φυτικής κάλυψης και έχουν υψηλό ανάγλυφο (Σωτηριάδης και Ψιλοβίκος, 1984).

Η υδρογραφική συχνότητα ορίζεται από τον τύπο  $Fu = \Sigma nu / Au$ , όπου  $\Sigma nu$ , είναι ο συνολικός αριθμός των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων μιας λεκάνης απορροής. Οι μονάδες μέτρησης της υδρογραφικής συχνότητας είναι  $Km^{-2}$  (Horton, 1945, από Αστάρας, 1980).

Ο λόγος επιμήκυνσης αναφέρεται στο σχήμα των λεκανών απορροής του υδρογραφικού δικτύου, το οποίο σχετίζεται άμεσα με την ύπαρξη ή όχι τεκτονικών κινήσεων στην περιοχή. Ορίζεται ως ο λόγος της διαμέτρου του κύκλου ( $d$ ), ο οποίος έχει εμβαδόν ίσο με το εμβαδόν της λεκάνης απορροής, δια της μέγιστης διαστάσεως της λεκάνης. Η μέγιστη διάσταση της λεκάνης υπολογίζεται παράλληλα προς την κυρίως υδρογραφική γραμμή (κοίτη), όπως αυτή λαμβάνεται από τον τοπογραφικό χάρτη.

### 2.3.3. Ανάλυση της υδρογραφικής πυκνότητας και υδρογραφικής συχνότητας

Από τους υπολογισμούς της υδρογραφικής πυκνότητας ( $D_u$ ) για τις λεκάνες 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup>, 4<sup>ης</sup>, και 5<sup>ης</sup> τάξης, προέκυψε ότι η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου, είναι χαμηλή. Συγκεκριμένα για τις λεκάνες 2<sup>ης</sup> τάξης, οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας κυμαίνονται από  $1,11473\text{Km}^{-1}$  έως  $4,14184\text{Km}^{-1}$ , με μία μέση τιμή  $2,269153\text{Km}^{-1}$ . Για τις λεκάνες 3<sup>ης</sup> τάξης, οι τιμές κυμαίνονται από  $1,2863\text{Km}^{-1}$ , έως  $4,067452\text{Km}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,3649794\text{Km}^{-1}$ . Για τις λεκάνες 4<sup>ης</sup> τάξης, οι τιμές ποικίλουν από  $1,4280288\text{Km}^{-1}$  έως  $3,93517\text{Km}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,690678267\text{Km}^{-1}$ , και τέλος για την λεκάνη 6<sup>ης</sup> τάξης έχουμε μια τιμή υδρογραφικής πυκνότητας ίση με  $2,666\text{Km}^{-1}$ .

Όσον αφορά τις τιμές της υδρογραφικής συχνότητας ( $F_u$ ), για τις λεκάνες 2<sup>ης</sup> τάξης αυτές ποικίλουν από  $0,9534\text{Km}^{-2}$  έως  $8,57\text{Km}^{-2}$ , με μέση τιμή  $4,0526527\text{Km}^{-2}$ . Για τις λεκάνες 3<sup>ης</sup> τάξης αυτές κυμαίνονται από  $1,0869\text{km}^{-2}$  έως  $13,947\text{Km}^{-2}$ , με μέση τιμή  $5,09635782\text{Km}^{-2}$ , για τις λεκάνες 4<sup>ης</sup> τάξης ποικίλουν από  $1,646248\text{Km}^{-2}$  έως  $12,68965\text{Km}^{-2}$ , με μέση τιμή  $6,89928\text{Km}^{-2}$  και τέλος για την λεκάνη 6<sup>ης</sup> τάξης η τιμή της υδρογραφικής συχνότητας είναι ίση με  $6,8699\text{Km}^{-2}$ . Στον πίνακα 3 που ακολουθεί γίνεται η αναλυτική απεικόνιση των τιμών της υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας των λεκανών απορροής.

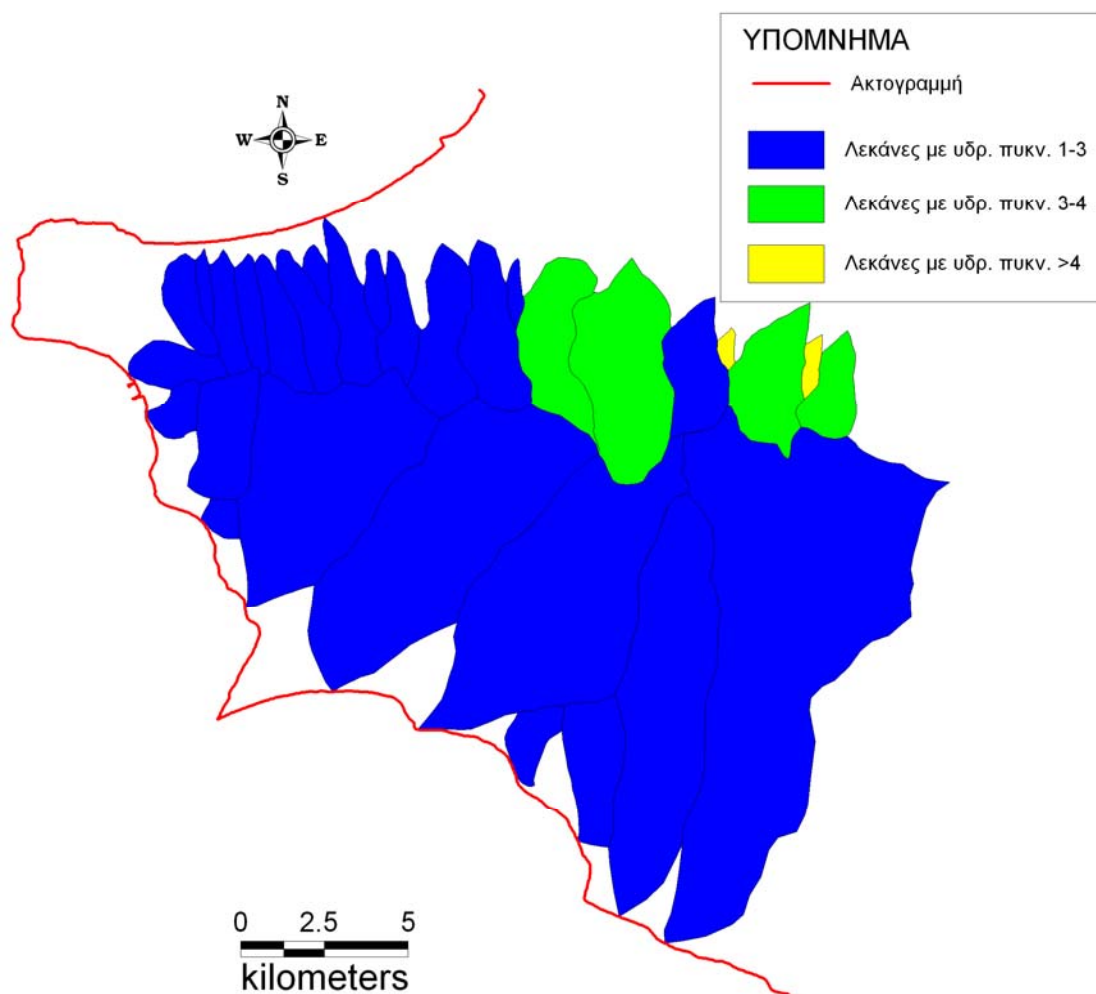
**Πίνακας 3. Υδρογραφική συχνότητα Υδρογραφική πυκνότητα των λεκανών απορροής**

| Κωδικός Αριθμός<br>Λεκανών | Υδρογραφική<br>Πυκνότητα( $\text{km}^{-1}$ ) | Υδρογραφική<br>Συχνότητα( $\text{Km}^{-2}$ ) |
|----------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 6.1                        | 2.666                                        | 6.87                                         |
| 4.6                        | 3.85                                         | 10.76                                        |
| 4.5                        | 3.93                                         | 12.69                                        |
| 4.4                        | 3.86                                         | 10.92                                        |
| 4.3                        | 1.54                                         | 1.64                                         |
| 4.2                        | 1.51                                         | 2.78                                         |
| 4.1                        | 1.43                                         | 2.58                                         |
| 3.15                       | 4.06                                         | 13.94                                        |
| 3.14                       | 3.3                                          | 9.28                                         |
| 3.13                       | 2.34                                         | 5.35                                         |
| 3.12                       | 2.9                                          | 4.98                                         |
| 3.11                       | 2.2                                          | 3.18                                         |
| 3.10                       | 2.18                                         | 3.74                                         |
| 3.9                        | 2.65                                         | 5.12                                         |
| 3.8                        | 2.3                                          | 3.88                                         |
| 3.7                        | 2.63                                         | 4.68                                         |

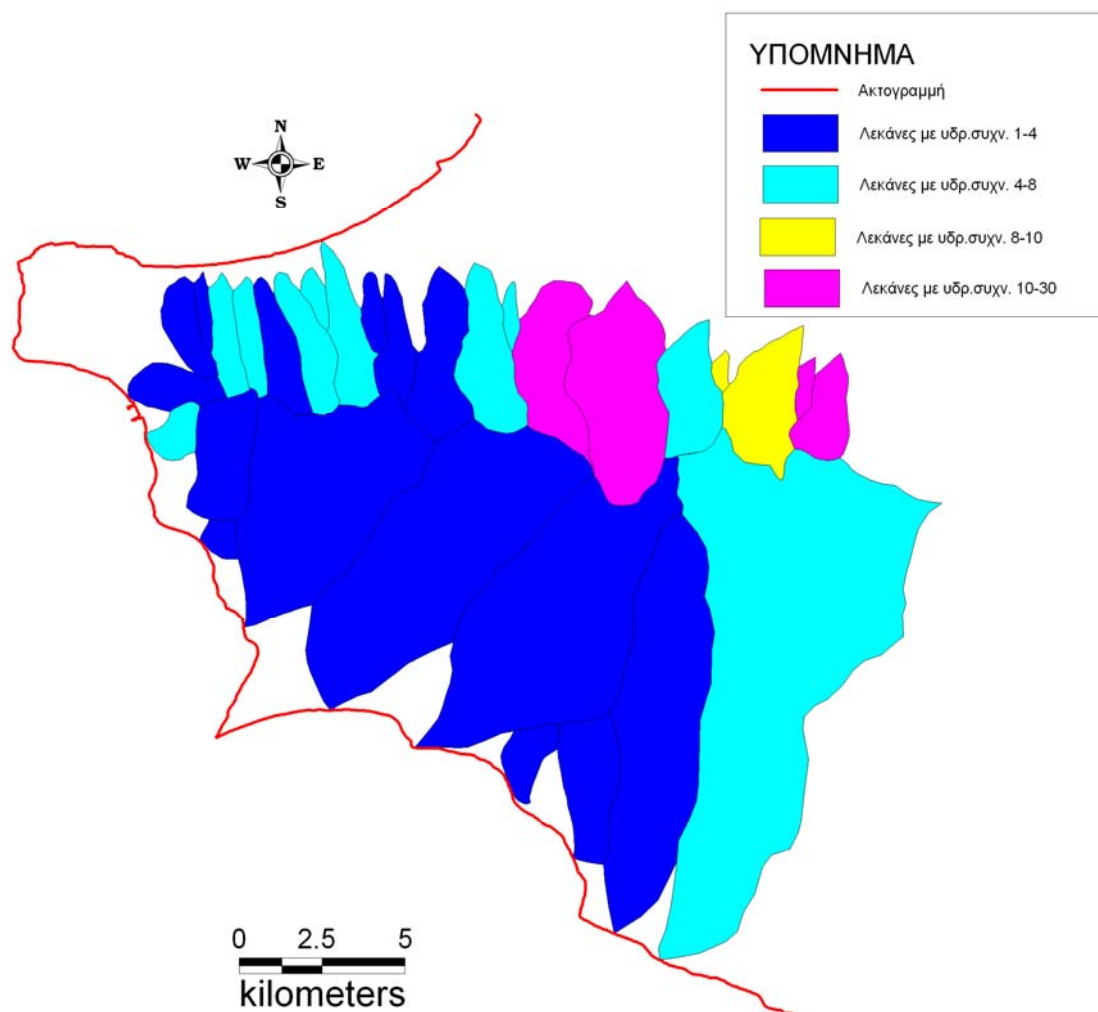
|     |      |      |
|-----|------|------|
| 3.6 | 2.4  | 6.31 |
| 3.5 | 1.44 | 2.53 |
| 3.4 | 1.89 | 3.12 |
| 3.3 | 2    | 6.52 |
| 3.2 | 1.81 | 2.68 |
| 3.1 | 1.28 | 1.08 |
| 2.9 | 4.14 | 8.57 |
| 2.8 | 2.8  | 5.62 |
| 2.7 | 1.6  | 2.24 |
| 2.6 | 2.34 | 5.57 |
| 2.5 | 1.82 | 4.2  |
| 2.4 | 2.86 | 3.6  |
| 2.3 | 1.84 | 2.82 |
| 2.2 | 1.86 | 2.89 |
| 2.1 | 1.11 | 0.95 |

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η περιοχή μελέτης διαχωρίζεται σε δυο τμήματα, με βάση την διαφορετική μορφή ανάπτυξης του δικτύου. Ο διαχωρισμός αυτός αντανακλάται στις τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας των λεκανών. Έτσι στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής το υδρογραφικό δίκτυο έχει πολύ μεγαλύτερη τιμή υδρογραφικής πυκνότητας από ότι σε όλη την υπόλοιπη περιοχή.

Προκειμένου να απεικονιστεί η κατανομή των τιμών της υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας στις μορφολογικές ενότητες της περιοχής μελέτης, δημιουργήθηκαν οι παρακάτω χάρτες (Σχήμα 6, 7) χωρικής κατανομής των παραμέτρων, οι οποίοι κατασκευάστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού Vertical Mapper 3.1. Οι χάρτες αυτοί, προέκυψαν από την επεξεργασία του ψηφιακού αρχείου των λεκανών απορροής 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup>, 4<sup>ης</sup>, και 6<sup>ης</sup> τάξης, καθώς και του ψηφιακού υδρογραφικού δικτύου.



**Σχήμα.6. Χάρτης χωρικής κατανομής της υδρογραφικής πυκνότητας (Du)**



**Σχήμα.7. Χάρτης χωρικής κατανομής της υδρογραφικής συχνότητας ( $F_u$ )**

Ο τρόπος με τον οποίο κατανέμονται οι τιμές της υδρογραφικής συχνότητας και υδρογραφικής πυκνότητας στην επιφάνεια της περιοχής έρευνάς, μπορεί να αποδοθεί είτε στην επίδραση της λιθολογίας, είτε στην κατανομή του ανάγλυφου, είτε στην τεκτονική της περιοχής. Αυτό που ενδιαφέρει την παρούσα πτυχιακή εργασία είναι να δούμε πως η τεκτονική επιδρά και εάν αυτό περιγράφεται από τις τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας.

Όπως φαίνεται από τον χάρτη χωρικής κατανομής της υδρογραφικής πυκνότητας (σχήμα.6.) οι χαμηλότερες τιμές, που αναπαριστώνται με το μπλε χρώμα, παρατηρούνται στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής έρευνας. Ενώ οι μεγαλύτερες τιμές, που αναπαριστώνται με το πράσινο ή κίτρινο χρώμα καλύπτουν το βόρειο-ανατολικό κομμάτι της περιοχής που μελετάμε.

Ανάλογη εικόνα με αυτή της κατανομής της υδρογραφικής πυκνότητας, παρουσιάζει και η κατανομή της υδρογραφικής συχνότητας (σχήμα.7.). Οι περιοχές εκείνες που παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές υδρογραφικής συχνότητας, (αναπαριστώνται με μπλε χρώμα), είναι πιο περιορισμένες από τις αντίστοιχες τιμές

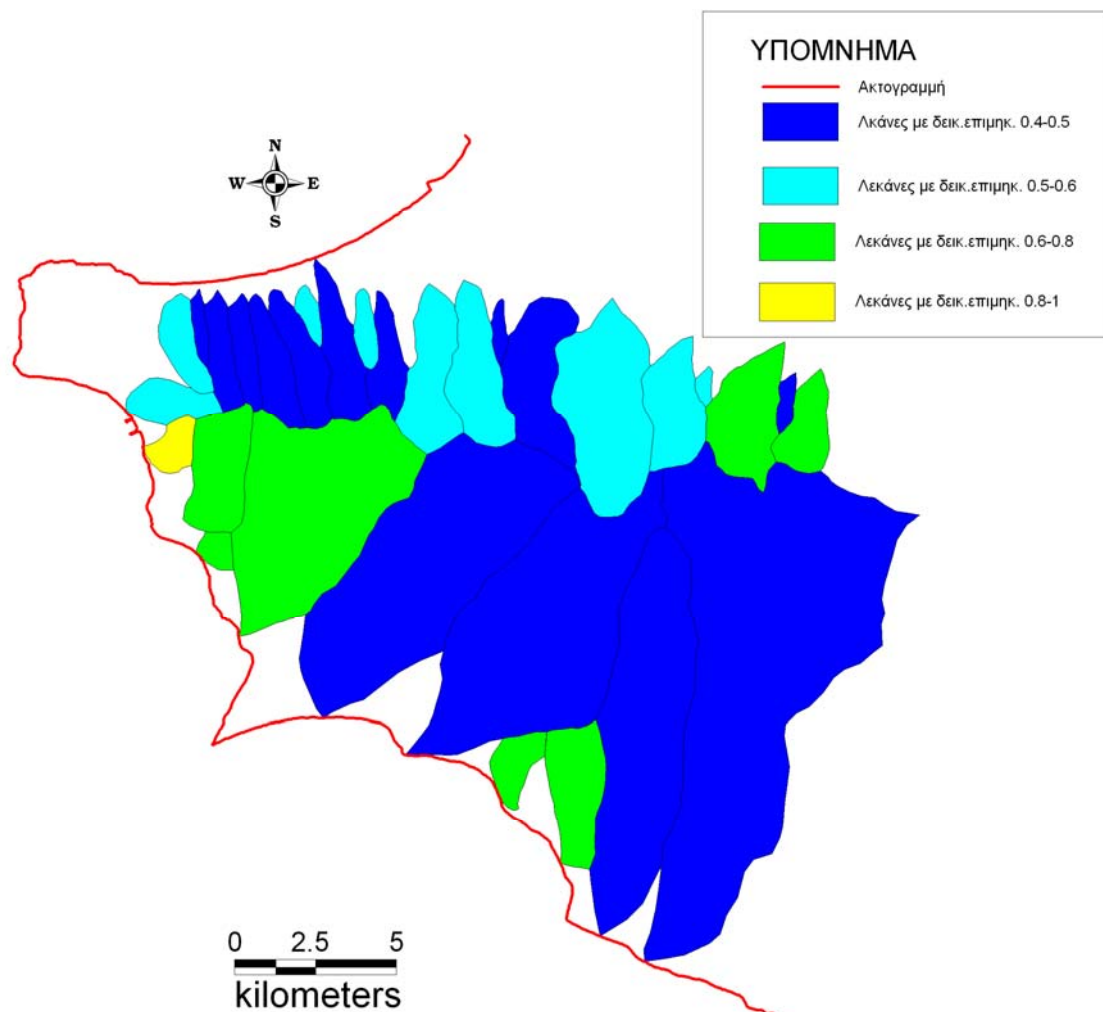
υδρογραφικής πυκνότητας και καλύπτουν το νότιο-δυτικό κομμάτι της περιοχής. Αντίθετα, σε όλη την υπόλοιπη περιοχή μελέτης μας οι τιμές της υδρογραφικής συχνότητας παίρνουν μεγαλύτερες τιμές. (αναπαριστώνται με ροζ, γαλάζιο και κίτρινο χρώμα)

#### **2.3.4. Ανάλυση του λόγου επιμήκυνσης**

Ο λόγος επιμήκυνσης σχετίζεται με τη μορφή και το σχήμα των λεκανών απορροής. Αποτελεί μια σημαντική ποσοτική μορφομετρική παράμετρο, αφού μπορεί να δώσει στοιχεία για την ύπαρξη ή όχι τεκτονικών κινήσεων σε μια περιοχή, οι οποίες αντανακλώνται άμεσα στο σχήμα των λεκανών απορροής.

Οι τιμές του λόγου επιμήκυνσης κυμαίνονται από 0 έως 1,57. Η τιμή 1,57 αντιπροσωπεύει μια λεκάνη με ιδανικό σχήμα κύκλου, ενώ η τιμή 0 περιγράφει μια πλήρως επιμηκυσμένη λεκάνη. Τιμές μεταξύ 0,6 έως 0,8 σχετίζονται γενικά με λεκάνες έντονου ανάγλυφου και απότομες κλίσης κλιτύων, ενώ τιμές μεγαλύτερες του 0,8 αναφέρονται σε λεκάνες με χαμηλό ανάγλυφο (Fairbridge, 1968, από Lykoydi & Augelaki, 2004).

Ο λόγος επιμήκυνσης υπολογίστηκε για τις λεκάνες 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup>, 4<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> τάξης και στη συνέχεια κατασκευάστηκε ο χάρτης γεωγραφικής κατανομής της παραμέτρου, προκειμένου να απεικονιστεί ο τρόπος διασποράς των τιμών της στην επιφάνεια της περιοχής (σχήμα 8).



**Σχήμα 8.** Χάρτης χωρικής κατανομής του λόγου επιμήκυνσης (elongation ratio Er).

Ένα σημαντικό ποσοστό των λεκανών της περιοχής μας (22,58%) καλύπτεται από λεκάνες όπου ο λόγος επιμήκυνσης παίρνει τιμές από 0.6 έως 0.8, γεγονός που αποδεικνύει την ύπαρξη λεκανών με ενδιάμεσο σχήμα και σχετικά έντονο ανάγλυφο. Αυτές οι λεκάνες καταλαμβάνουν κυρίως το βορειοανατολικό και νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, αλλά επίσης και ένα μικρό κομμάτι του νότιο-νοτιοανατολικού μέρους.

Όπως παρατηρείται και από το σχήμα η μεγαλύτερη έκταση της περιοχής έρευνας καλύπτεται από λεκάνες των οποίων ο λόγος επιμήκυνσης είναι μικρότερος από 0.6. Συγκεκριμένα το 29% των λεκανών αποτελείται από λεκάνες με λόγο επιμήκυνσης που κυμαίνεται από 0.5-0.6. Όπως φαίνεται και στο σχήμα οι λεκάνες που είναι χρωματισμένες με γαλάζιο χρώμα, αυτές είναι τοποθετημένες στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης.

Περιοχές όπου παρατηρούνται λεκάνες με επιμηκυσμένη μορφή εντοπίζεται κυρίως στο βορειοδυτικό, νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής καθώς επίσης και ένα

μικρό κομμάτι στο βόρειο τμήμα της. Αυτές κατέχουν το μέγιστο ποσοστό, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες λεκάνες και καλύπτουν το 45,16% των λεκανών της περιοχής. Ο λόγος επιμήκυνσης των παραπάνω λεκανών παίρνει τιμές από 0.4-0.5 ( χρωματισμένες με μπλε χρώμα ), γεγονός που συνεπάγεται σε λεκάνες που αναπτύσσεται απότομο ανάγλυφο.

Το σχήμα των λεκανών διαμορφώνεται είτε εξαιτίας, του διαφορετικού λιθολογικού υποβάθρου τους, που συνιστά και διαφορετικούς ρυθμούς διάβρωσης, είτε λόγο της παρουσίας πρόσφατων ρηγμάτων. Από την γενική εικόνα όπου έχουμε από το σχήμα και από την κατανομή των λεκανών σε σχέση με την τιμή του λόγου επιμήκυνσης, φαίνεται πως στην πλειοψηφία των λεκανών ο λόγος επιμήκυνσης παίρνει τιμές μικρότερες από 0.8. Από αυτό το στοιχείο μπορούμε να πούμε πως το σύνολο των λεκανών εμφανίζεται με επιμηκυσμένη μορφή.

Το επιμηκυσμένο σχήμα των λεκανών φανερώνει ένα νεαρό στάδιο εξέλιξης, το οποίο οφείλεται στην επίδραση της τεκτονικής δράσης στην συγκεκριμένη περιοχή. Λεκάνες των οποίων ο λόγος επιμήκυνσης πλησιάζει την τιμή 0.8 αποτελούν λεκάνες στις οποίες η διάβρωση του ύδατος έχει προχωρήσει και πλησιάζουν ένα ώριμο στάδιο εξέλιξης με ένα γενικό χαμηλό ανάγλυφο.

Τέλος στο σχήμα παρουσιάζεται μόνο μια λεκάνη (3.3), της οποίας ο λόγος επιμήκυνσης είναι 0.9237 και είναι χρωματισμένη με κίτρινο χρώμα. Το ανάγλυφο της λεκάνης (3.3), είναι χαμηλό και το σχήμα της έχει κυκλική μορφή. Η μορφή της λεκάνης αυτής πιθανών να οφείλεται κυρίως στην παράκτια δράση των κυμάτων και στην αστικοποίηση της περιοχής παρά στην λιθολογία και τεκτονική της περιοχής.

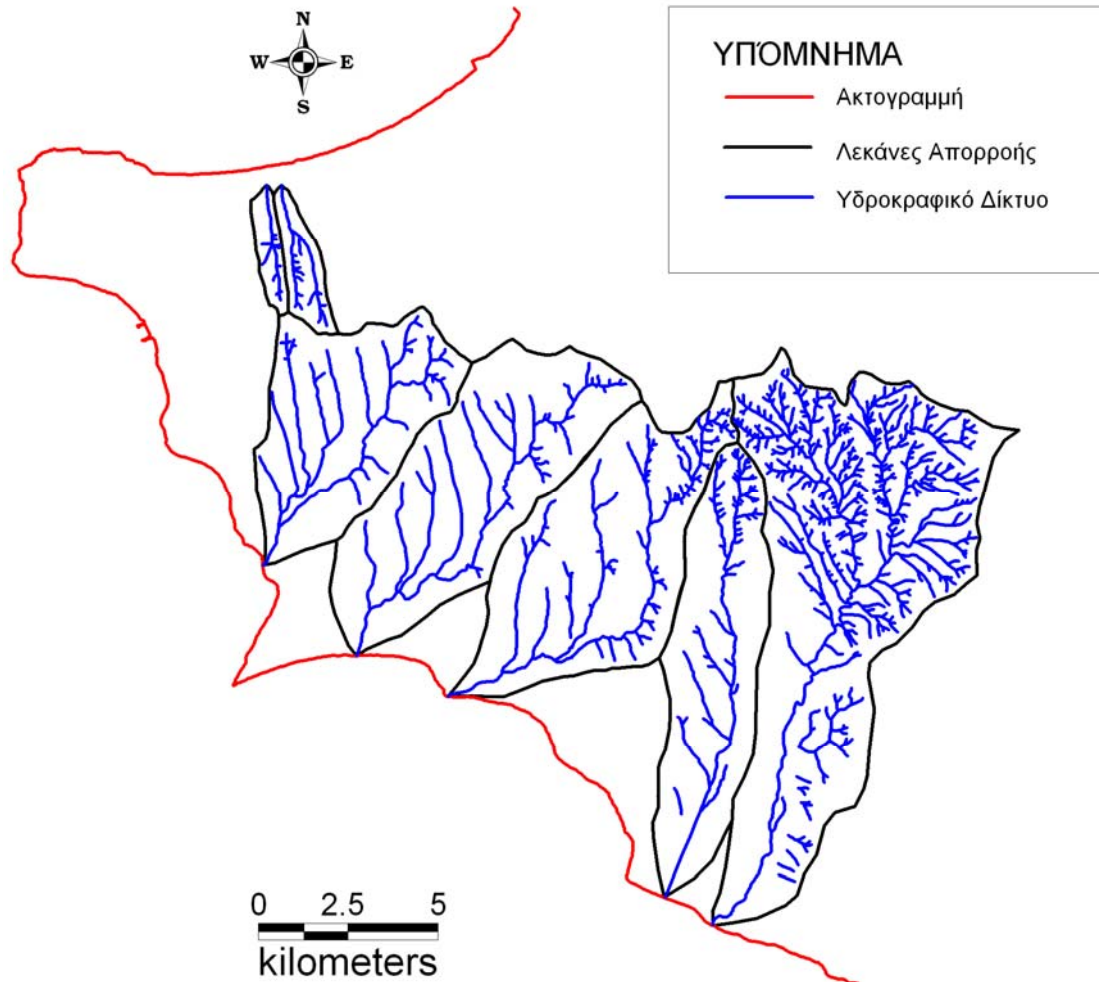
### 3. Παράγοντας ασυμμετρίας

Η γεωμετρία των λεκανών, όταν αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερη ανάπτυξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να προσδιοριστούν τα αίτια που τη διαμόρφωσαν. Για αυτό το σκοπό υπολογίστηκε ο παράγοντας ασυμμετρίας (AF) λεκανών που αναπτύσσονται με χαρακτηριστικό τρόπο. Ο παράγοντας ασυμμετρίας AF είναι το πηλίκο της περιοχής της λεκάνης δεξιά ή αριστερά από την γραμμή ανάπτυξης του κύριου κλάδου προς το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης απορροής.

Αφού υπολογίστηκε ο παράγοντας ασυμμετρίας για όλες τις λεκάνες ,με την βοήθεια των ψηφιακών αρχείων των λεκανών απορροής και του υδρογραφικού δικτύου, εντοπίστηκαν οι περιοχές που έχουν περιστραφεί. Στη συνέχεια στο σχήμα 9. απεικονίζονται οι λεκάνες που παρουσιάζουν τον ίδιο τρόπο ασύμμετρης ανάπτυξης, δηλαδή η τεκτονική ανύψωση (dacktilting) επηρεάζει το ίδιο τμήμα της λεκάνης (πίνακας 4 ). Ο παράγοντας AF προέκυψε από την διαίρεση του εμβαδού της περιοχής της λεκάνης στην οποία αναγράφεται ο κωδικός αριθμός της προς το συνολικό της εμβαδόν. Στον πίνακα 4 δίνεται ο παράγοντας ασυμμετρίας που υπολογίστηκε για κάθε λεκάνη του σχήματος 9.

**Πίνακας 4. .Παράγοντες ασυμμετρίας των λεκανών που απεικονίζονται στο σχήμα .9**

| Κωδικός αριθμός λεκάνης   | 4.1   | 4.2   | 4.3   | 3.1  | 3.6   | 3.7  |
|---------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| Παράγοντας ασυμμετρίας AF | 60.88 | 75.61 | 66.27 | 71.8 | 68.06 | 66.3 |



**Σχήμα 9. Χάρτης υδρογραφικού δικτύου και λεκανών που παρουσιάζουν ασύμμετρη ανάπτυξη.**

Από τις τιμές του παράγοντα AF που φαίνονται στον πίνακα 4 προκύπτει ότι το βορειοδυτικό ή δυτικό τμήμα των λεκανών του σχήματος έχουν ανυψωθεί. Δηλαδή οι λεκάνες αυτές έχουν περιστραφεί προς τα ανατολικά κατά μήκος ενός άξονα συμμετρίας με διεύθυνση βορρά-νότο ή βορειοανατολικό-νοτιοδυτικό. Οι περιστροφές συμβαίνουν συνήθως, εξαιτίας της δράσης κανονικών ρηγμάτων (Keller and Pinter, 2002).

Εκτός από τις παραπάνω λεκάνες που παρουσιάζουν παρόμοια ασύμμετρη ανάπτυξη υπάρχουν άλλες δυο λεκάνες απορροής που έχουν παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ τους όμως διαφορετική από εκείνη των προηγούμενων. Συγκεκριμένα οι τιμές του παράγοντα AF που παίρνουν αυτές είναι, για τη λεκάνη 3.11  $AF=39.43$  και για τη 3.10  $AF=33.6$ . Αυτές οι λεκάνες οι οποίες απεικονίζονται στο σχήμα 10. παρουσιάζουν ανύψωση του δυτικού τμήματός τους, δηλαδή έχουν περιστραφεί προς τα ανατολικά κατά μήκος ενός άξονα συμμετρίας με διεύθυνση περίπου βορρά-νότου,

εντελώς αντιδιαμετρικά των προηγούμενων λεκανών. Η δομή αυτή πιθανών να συσχετίζεται με την ύπαρξη ρηγμάτων στην περιοχή.



**Σχήμα 10. Χάρτης υδρογραφικού δικτύου και λεκανών που παρουσιάζουν ασύμμετρη ανάπτυξη.**

Όσον αφορά το υπόλοιπο υδρογραφικό δίκτυο και λεκάνες τις περιοχής μελέτης μετά από τον υπολογισμό του παράγοντα ασυμμετρίας AF, διαπιστώνεται ότι δεν παρουσιάζουνε καμία ιδιαίτερη ασύμμετρη ανάπτυξη και για αυτόν τον λόγο δεν αναφέρονται ούτε παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο.

## 4. Υψομετρική ανάλυση

### 4.1. Υψομετρική καμπύλη και Υψομετρικό ολοκλήρωμα

Η υψομετρική καμπύλη περιγράφει την κατανομή των υψομέτρων σε μια περιοχή. Η καμπύλη κατασκευάζεται χαρτογραφώντας την αναλογία του συνολικού υψομέτρου της λεκάνης ( $h/H$  σχετικό υψόμετρο) σε σχέση με την αναλογία της συνολικής επιφάνειας της λεκάνης ( $a/A$  σχετική επιφάνεια). Η σημασία του υπολογισμού της έγκειται στο γεγονός ότι είναι ανεξάρτητη από τις διαφορές στο μέγεθος της λεκάνης και στο ανάγλυφο.

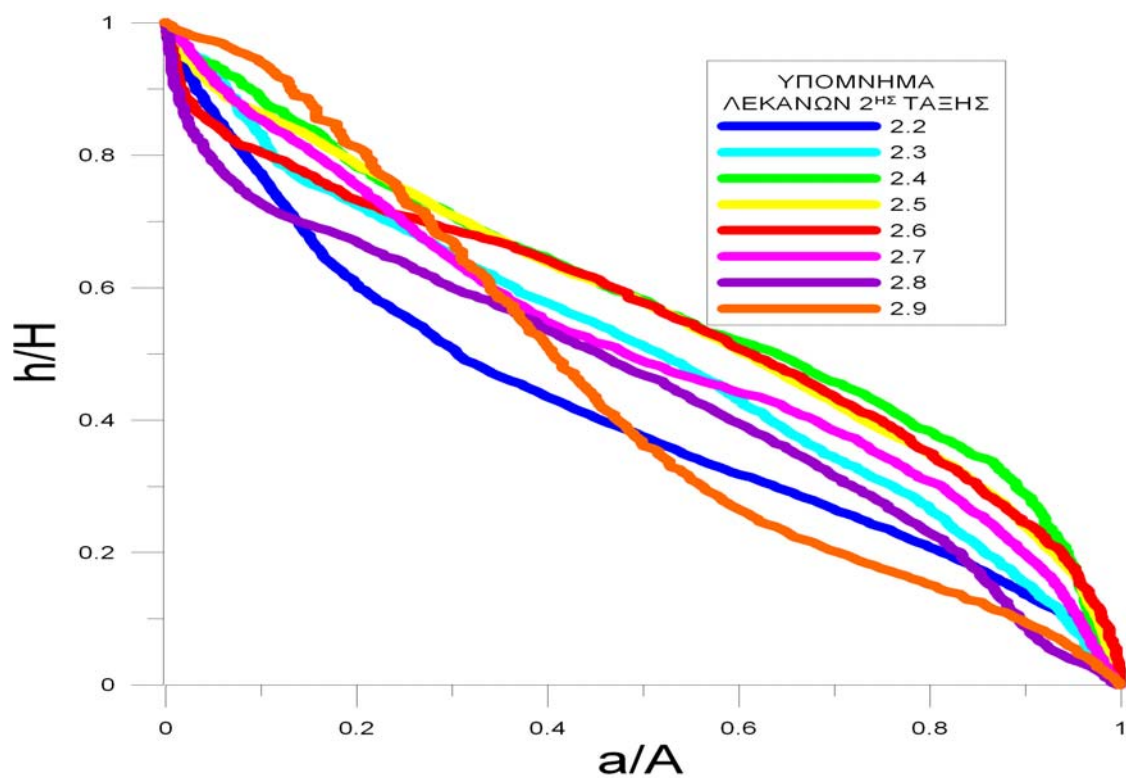
Ένας απλός τρόπος να χαρακτηριστεί η μορφή της υψομετρικής καμπύλης για μία δεδομένη λεκάνη είναι να υπολογιστεί το υψομετρικό ολοκλήρωμα. Το ολοκλήρωμα θεωρείται η περιοχή κάτω από την υψομετρική καμπύλη (γραφική παράσταση). Ένας τρόπος για να υπολογιστεί το ολοκλήρωμα είναι ο ακόλουθος τύπος .1.:  $H_i = (\text{μέσο υψόμετρο} - \text{ελάχιστο υψόμετρο}) / (\text{μέγιστο υψόμετρο} - \text{ελάχιστο υψόμετρο})$  (Keller and Pinter, 2002)

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο μόνο τρεις τιμές είναι απαραίτητες για να υπολογιστεί το υψομετρικό ολοκλήρωμα. Οι δυο από αυτές τις τιμές είναι απλό να βρεθούνε και από τον τοπογραφικό χάρτη (Keller and Pinter, 2002).

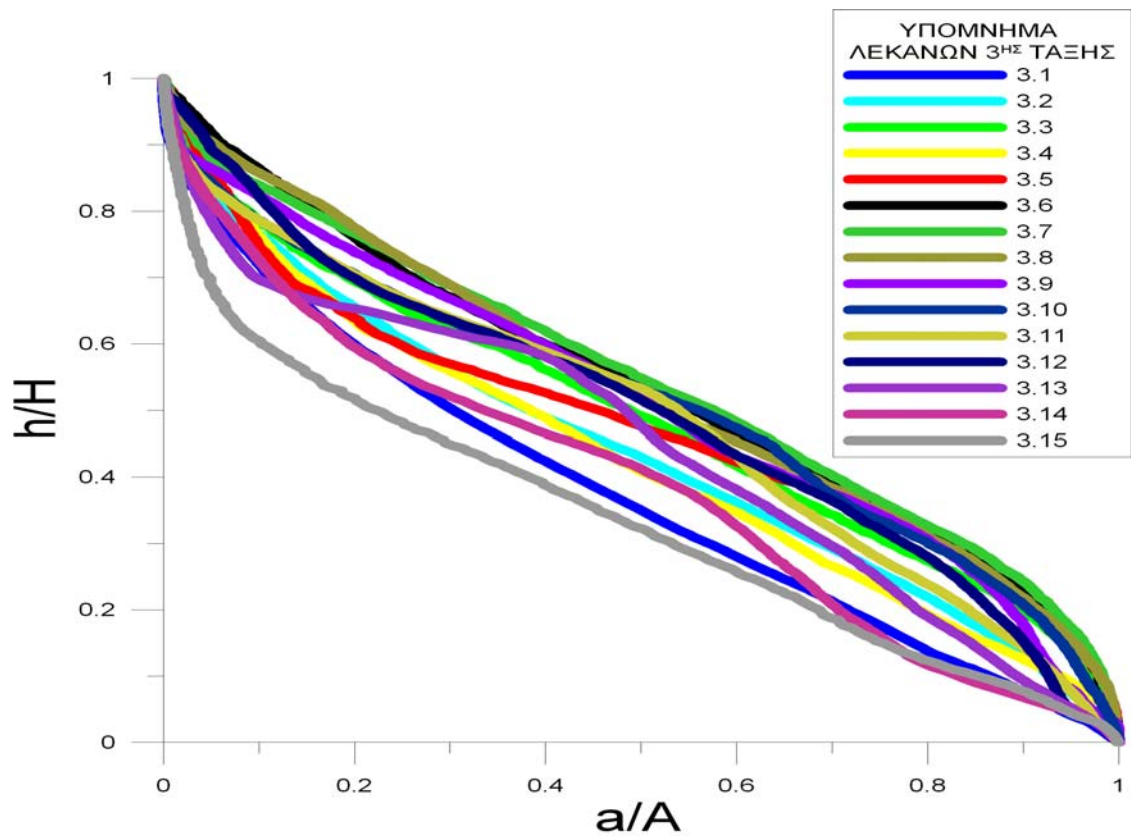
Η σχέση μεταξύ του υψομετρικού ολοκληρώματος και του βαθμού απογύμνωσης επιτρέπει και την χρήση του ως δείκτη του σταδίου, που βρίσκεται το τοπίο, μέσα στον Κύκλο της Διάβρωσης. Ο Κύκλος της Διάβρωσης περιγράφει την θεωρητική εξέλιξη του τοπίου μέσα σε τρία στάδια. Ο Strahler (1952, 1957, 1964) ορίζει τις τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος ώστε να γίνεται εύκολα ο διαχωρισμός των σταδίων στον Κύκλο της Διάβρωσης. Έτσι, ορίζεται ότι η μετάβαση από το στάδιο της νεότητας, που το τοπίο χαρακτηρίζεται από βαθιές χαραδρώσεις και τραχύ ανάγλυφο, στο στάδιο της ωριμότητας, όπου όλες οι γεωμορφολογικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα δημιουργώντας σχεδόν ισοζύγιο, πραγματοποιείται για τιμή υψομετρικού ολοκληρώματος 60% και από το στάδιο της ωριμότητας στο στάδιο του γήρατος, που το ανάγλυφο πλησιάζει στο βασικό επίπεδο με πολύ ήπιο ανάγλυφο, για τιμή 35%.

Αναλύοντας τα υψομετρικά δεδομένα της περιοχής, κατασκευάστηκαν οι υψομετρικές καμπύλες των υπολεκανών 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup>, 4<sup>ης</sup>, 6<sup>ης</sup>, τάξης της περιοχής. Στα σχήματα 11, 12, 13, που ακολουθούν φαίνεται η κατανομή του σχετικού υψομέτρου

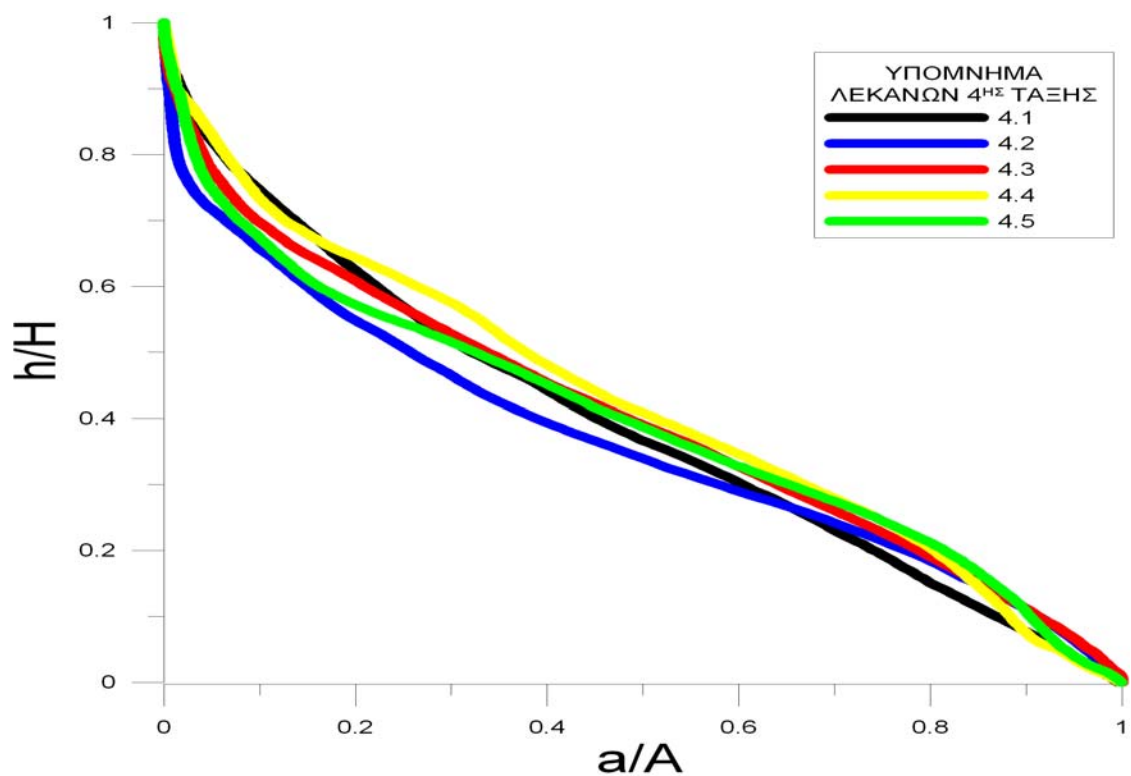
(άξονας  $y$ ) ως προς την σχετική επιφάνεια (άξονας  $x$ ), υψομετρική καμπύλη για τις υπολεκάνες 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup>, 4<sup>ης</sup>, 6<sup>ης</sup>. Από το σχήμα των καμπυλών μπορεί να γίνει κατανοητό πως όλες οι λεκάνες βρίσκονται ήδη στο στάδιο της ωριμότητας του Κύκλου Διάβρωσης και είναι έτοιμες να περάσουν στο στάδιο του γήρατος



Σχήμα 11.: Υψομετρικές καμπύλες των λεκανών 2<sup>ης</sup> τάξης της περιοχής μελέτης



Σχήμα 12 : Υψομετρικές καμπύλες των λεκανών 3<sup>ης</sup> τάξης της περιοχής μελέτης



Σχήμα 13 : Υψομετρικές καμπύλες των λεκανών 4<sup>ης</sup> τάξης της περιοχής μελέτης

Η ποσοτικοποίηση των υψομετρικών καμπυλών του σχήματος 11, 12, 13, πραγματοποιήθηκε με τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος με τον τρόπο

που προτείνει οι Keller and Pinter, 2002 (τύπος 1 ). Το υψομετρικό ολοκλήρωμα των λεκανών απορροής της περιοχής υπολογίστηκε για τις λεκάνες 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup>, 4<sup>ης</sup>, 6<sup>ης</sup>, τάξης και οι τιμές στους παρουσιάζονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες 5, 6, 7.

Όπως και από την μορφή των υψομετρικών καμπυλών που φαίνονται στα παραπάνω σχήματα έτσι και από τις τιμές των υψομετρικών ολοκληρωμάτων βγάζουμε το συμπέρασμα πως οι λεκάνες απορροής στο σύνολο τους βρίσκονται στο στάδιο ωριμότητας και μερικές από αυτές έχουν προχωρήσει και στο στάδιο του γήρατος του Κύκλου Διάβρωσης. Φαίνεται πως οι διάβρωση των υδάτων είναι προχωρημένη και έχουμε να κάνουμε με ένα σχετικά παλαιό υδρογραφικό δίκτυο το οποίο έχει δημιουργήσει ομαλές κοιλάδες και ομαλό ανάγλυφο. Λόγο της ωριμότητας που χαρακτηρίζουν τις λεκάνες απορροής της περιοχής αυτό το γεγονός μας παραπέμπει στην μη ύπαρξη πρόσφατης τεκτονικής δραστηριότητας στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 5 :Υψομετρικά ολοκληρώματα των λεκανών 2<sup>ης</sup> τάξης της περιοχής μελέτης

| Λεκάνες Απορροής | Υψομετρικό Ολοκλήρωμα |
|------------------|-----------------------|
| 2.2              | 41.1                  |
| 2.3              | 49.85                 |
| 2.4              | 57.61                 |
| 2.5              | 56.14                 |
| 2.6              | 54.88                 |
| 2.7              | 51.26                 |
| 2.8              | 44.8                  |
| 2.9              | 45                    |

Πίνακας 6 :Υψομετρικά ολοκληρώματα των λεκανών 3<sup>ης</sup> τάξης της περιοχής μελέτης

| Λεκάνες Απορροής | Υψομετρικό Ολοκλήρωμα |
|------------------|-----------------------|
| 3.1              | 37.5                  |
| 3.2              | 43.76                 |
| 3.3              | 48.8                  |
| 3.4              | 42.93                 |
| 3.5              | 48.17                 |
| 3.6              | 53.77                 |
| 3.7              | 54.35                 |
| 3.8              | 53.2                  |
| 3.9              | 51                    |
| 3.10             | 50.8                  |
| 3.11             | 48.4                  |
| 3.12             | 49.6                  |
| 3.13             | 44.5                  |
| 3.14             | 39                    |
| 3.15             | 33.5                  |

Πίνακας 7 :Υψομετρικά ολοκληρώματα των λεκανών 4<sup>ης</sup> τάξης της περιοχής μελέτης

| Λεκάνες Απορροής | Υψομετρικό Ολοκλήρωμα |
|------------------|-----------------------|
| 4.1              | 39.2                  |
| 4.2              | 36.4                  |
| 4.3              | 40.2                  |
| 4.4              | 42.1                  |
| 4.5              | 39.5                  |

## 5. Συμπεράσματα

Ξεκινώντας την μελέτη της περιοχής το πρώτο στοιχείο που παρατηρήθηκε και το οποίο ήτανε και ο λόγος για το οποίο πραγματοποιήθηκε η έρευνα είναι η μορφή του υδρογραφικού δικτύου όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα 5. (το οποίο προέκυψε μετά από την ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου από τους χάρτες του Ι. Γ. Μ. Ε).

Στο σχήμα 5. φαίνεται καθαρά πως η περιοχή χωρίζεται σε δυο τμήματα το ένα με παράλληλη υποπαράλληλη μορφή και το άλλο με δενδριτική μορφή υδρογραφικού δικτύου. Η δενδριτική μορφή το υδρογραφικού δικτύου της περιοχής είναι αποτέλεσμα της διαβρωτικής ικανότητας του νερού στα πετρώματα της περιοχής τα οποία αποτελούνται από ιζήματα ποτάμια, ποταμοδελταίικα, και ποταμοθαλάσσια. Τα μαλακά και ευπαθή στη διάβρωση ιζήματα είχανε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ομαλού ανάγλυφου με ομαλές κλίσης. Λόγο όμως της ενεργού τεκτονικής στην περιοχή (ρήγμα του Ανθεμούντα ), το υδρογραφικό δικτύου επηρεάστηκε και πήρε υποπαράλληλη μορφή σε καλά ανεπτυγμένα δίκτυα εξαιτίας της ανύψωσης του υποκείμενου (footwall) τεμάχους του ρήγματος.

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον παράγοντα ασυμμετρίας στις λεκάνες που παρατηρείτε ασυμμετρία παρουσιάζουνε ταυτόχρονα και υποπαράλληλη μορφή υδρογραφικού δικτύου. Ένας ακόμη παράγοντας που συμφωνεί με την μορφή του υδρογραφικού δικτύου των συγκεκριμένων λεκανών είναι η υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα των οποίων οι τιμές είναι χαμηλές σε σύγκριση με τις τιμές που επικρατούν στην υπόλοιπη περιοχή.

Θέλοντας να διαπιστωθεί η σχέση μεταξύ του λόγου επιμήκυνσης και του υψομετρικού ολοκληρώματος κατασκευάστηκε ο πίνακας για τις λεκάνες όπου θέλουμε να προσδιορίσουμε τα αίτια δημιουργίας του υποπαράλληλου υδρογραφικού δικτύου.

| <b>Πίνακας 8. Τιμές του λόγου επιμήκυνσης και του υψομετρικού ολοκληρώματος των λεκανών</b> |      |      |      |      |      |       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Λεκάνη Απορροής                                                                             | 6.1  | 4.1  | 4.2  | 4.3  | 3.1  | 3.6   | 3.7   |
| Λόγος Επιμήκυνσης                                                                           | 0.46 | 0.42 | 0.45 | 0.62 | 0.49 | 0.45  | 0.47  |
| Υψομετρικό Ολοκλήρωμα                                                                       | 30.9 | 39.2 | 36.4 | 40.2 | 37.5 | 53.77 | 54.35 |

Βλέποντας τα αποτελέσματα του πίνακα το συμπέρασμα που μπορούμε να εξάγουμε από τις τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος για τις παραπάνω λεκάνες είναι ότι βρίσκονται στο στάδιο ωριμότητας. Πάνω σε αυτό το ήπιο ανάγλυφο της περιοχής είχαμε την επίδραση της τεκτονικής το οποίο είχε σαν αποτέλεσμα την επιμήκυνση των λεκανών, η επιμηκυσμένη μορφή μπορεί να διαπιστωθεί και από τις τιμές του πίνακα 8.

## 6. Βιβλιογραφία

### 6.1. Διεθνή βιβλιογραφία

- Horton, R, 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysiographic approach to quantitative morphology, Geol. Soc. Amer. Bull, 56.
- Lykoydi, E, Angelaki, M, 2004, The contribution of the morphometric parameters an hydrographic network to the investigation of the neotectonic activity: an application ti the upper Acheloos river. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Congress, Thessaloniki, April, Bulletin of the Geological Society of Greece, vol. XXXVL\
- Strahler, A. N, 1952, Hypsometric (are-altitude) analysis of erosional topography, Bulletin Geolog. Societ. Americ., 63:1117-1142.
- Howard, A.D. (1997). Badland morphology and evolution: interpretation using a simulation model. Earth surface processes and landforms, 22:211-227.
- Keller, E.A. and Pinter N. (2002). Active tectonics: Earthquakes, uplift, and landscape. 2<sup>nd</sup> Ed. Prentice Hall Inc., New Jersey

### 6.2. Ελληνική βιβλιογραφία

- Αστάρας, Θ., 1980, Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ. Πλευρών του όρους Βερτίσκου (Κ. Μακεδονία), (Με 4 χάρες εντός κειμένου), Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ 49-54, 70.
- Βουβαλίδης, Κ., Αλμπανάκης, Κ., 2004, Δημιουργία γεωμετρικά διορθωμένου σε ΕΓΣΑ 87 φωτομωσaiκού του Ελληνικού χώρου από το GEOSSET<sup>TM</sup> του LANDSAT7/ETM της NASA, Πρακτικά 14<sup>ης</sup> Συνάντησης Ελλήνων Χρηστών ARCGIS, Αθήνα.
- Βουβαλίδης, Κ., 2004, Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα εκδόσεων, Πανεπιστημιακό τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη, σελ, 40, 55-56, 134.
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), Γεωλογικούς χάρτες, φύλλα Βασιλικά, Θέρμη, Θεσσαλονίκη, Επανομη.
- Σωτηριάδης, Λ., Ψιλοβίκος, Α., 1984, Ασκήσεις Γεωμορφολογίας, Α.Π.Θ., Υπηρεσία δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, σελ, 22-38.

- Μουντράκης, Δ., Συρίδης, Γ., Πολυμενάκος, Λ., Παυλίδης, Σ., Μάιος 1992, Η Νεοτεκτονική δομή του Ανατολικού περιθωρίου του βυθίσματος Αξιού-Θερμαϊκού στην περιοχή δυτικής Χαλκιδικής (Κ. Μακεδονία), Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Συνεδρίου, δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας.
- Σωτηριάδης, Λ. (1974). Die geomorphologie des tales von Anthemous (Griechisch Makedonien). Ann. Mus. Goulandris 2, 141-163, Athens.
- Θεόδωρος, Π, (2005). Η γεωμορφολογική εξέλιξη της κοιλάδας του Ιναχού ποταμού της Φθιώτιδας, παραποτάμου του Σπερχειού ποταμού. Διατριβή ειδίκευσης, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Πεχλιβανίδου, Σ, (2007). Η γεωμορφολογία της Νήσου Σκήρου και η επίδρασή της στις χρήσεις γη. Διατριβή ειδίκευσης, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Φωτ 1. Κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου 1<sup>ης</sup> τάξης με διεύθυνση Β-Ν



Φωτ 2. Κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου 1<sup>ης</sup> τάξης με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ στην περιοχή της Μηχανιώνας.



Φωτ 3. Κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου 1<sup>ης</sup> τάξης με διεύθυνση N-B κάθετα στο ρήγμα του Ανθεμούντα.



Φωτ 4. Το μέτωπο του ρήγματος του Ανθεμούντα και η κατά βάθος διάβρωση των χειμάρρων του υδρογραφικού δικτύου.