



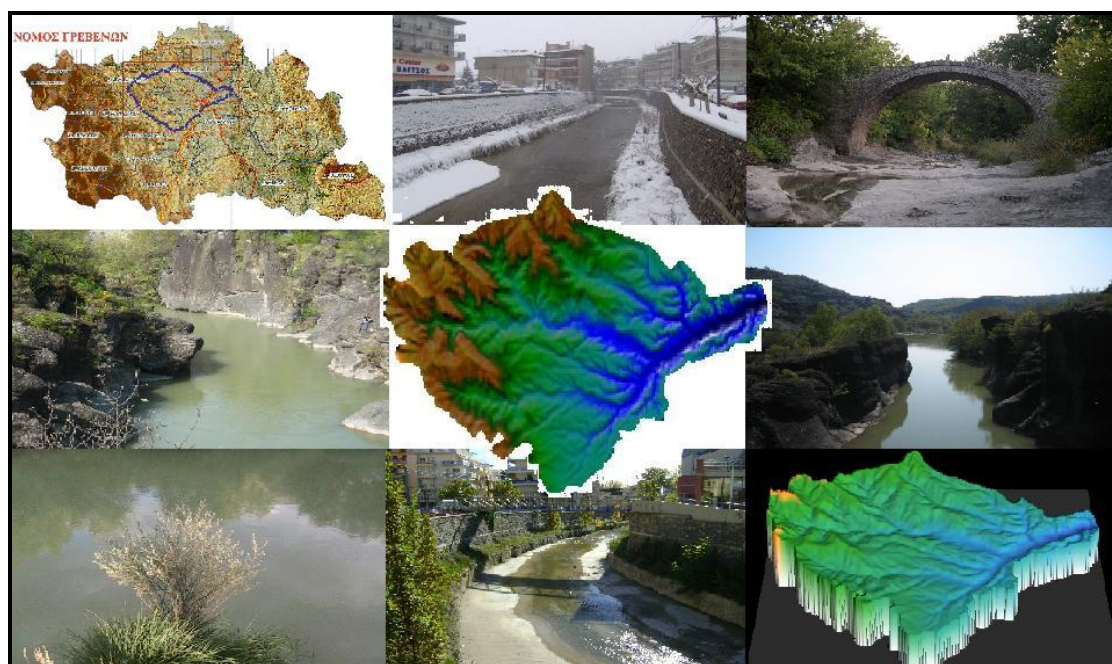
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΝΤΑΓΚΟΥΜΑΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ (Α.Ε.Μ. : 3894)
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Α.Ε.Μ. : 3822)

**ΤΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ Η ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ
ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΓΡΕΒΕΝΙΤΗ ΠΟΤΑΜΟΥ (Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)**

Διπλωματική Εργασία



Υπό την επίβλεψη του:

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΒΟΥΒΑΛΙΔΗ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

Θεσσαλονίκη 2010



Διπλωματική Εργασία

των Φοιτητών

Νταγκούμα Στυλιανού

και

Αναστασίου Δημήτριου

Με θέμα

**ΤΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ Η ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ
ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΓΡΕΒΕΝΙΤΗ ΠΟΤΑΜΟΥ (Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)**

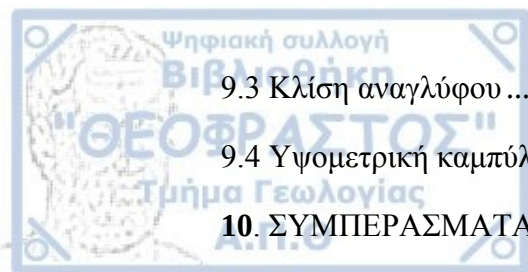
Υπό την επίβλεψη του:

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΒΟΥΒΑΛΙΔΗ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

Θεσσαλονίκη 2010



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	2
2.1 Γενικά	2
2.2 Γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής	2
2.3 Γεωλογική δομή της υδρολογικής λεκάνης του Γρεβενίτη	5
2.4 Τεκτονικά – Νεοτεκτονικά στοιχεία της υδρολογικής λεκάνης.....	9
3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	10
4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	14
4.1 Γενικά	14
4.2 Υδρογεωλογικά στοιχεία υδρολογικής λεκάνης Γρεβενίτη	14
5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	17
6. ΓΕΝΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	20
7. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	21
8. ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ	22
8.1 Γενικά	22
8.2 Ποιοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου - Μορφή υδρογραφικού δικτύου.....	22
8.3 Ποσοτική ανάλυση υδρογραφικού δικτύου.....	23
8.3.1 Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου	23
8.3.2. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου	24
8.3.3.1. Ανάλυση της υδρογραφικής πυκνότητας και υδρογραφικής συχνότητας ..	28
8.3.3.2. Ανάλυση του λόγου επιμήκυνσης.....	29
9. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	31
9.1 Γενικά	31
9.2 Ταξινόμηση αναγλύφου.....	31



9.3 Κλίση αναγλύφου	33
9.4 Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα	36
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	44
11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46

Η υδρολογική λεκάνη του Γρεβενίτη ποταμού αναπτύσσεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της δυτικά και βόρεια της πόλης των Γρεβενών. Βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της βόρειας Πίνδου και διοικητικά ανήκει στο νομό Γρεβενών.

Αποτελεί τμήμα της ευρύτερης λεκάνης απορροής του Αλιάκμονα ποταμού. Σαν ανεξάρτητο γεωμορφολογικό σύστημα η λεκάνη του Γρεβενίτη ποταμού χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες μορφομετρικές παραμέτρους. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων εκφράζει τόσο την μορφή του ανάγλυφου όσο και το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής.

Η λεκάνη απορροής του Γρεβενίτη ποταμού αποτελεί τμήμα της Μεσοελληνικής Αύλακας, όπου εμφανίζονται τα μολασσικά ιζήματα (εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών, και άλλων ιζηματογενών πετρωμάτων). Στα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης (ανατολικό τμήμα) τα μολασσικά ιζήματα καλύπτονται από τις Πλειοπλειστοκαινικές και Ολοκαινικές αποθέσεις.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε γεωμορφολογική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής του Γρεβενίτη ποταμού. Διαχειρίστηκαν ψηφιακά θεματικά δεδομένα τα οποία συσχετίστηκαν με τις γεωμορφολογικές διεργασίες της λεκάνης, με στόχο την ανάλυση και την κατανόηση της γεωμετρίας των διαφόρων μορφών που παρατηρούνται στη συγκεκριμένη λεκάνη.

Με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), πραγματοποιήθηκε ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου και του μορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1 Γενικά

Η περιοχή της λεκάνης απορροής του Γρεβενίτη ποταμού αποτελεί τμήμα της Μεσοελληνικής Αύλακας, όπου εμφανίζονται τα μολασσικά ιζήματα (εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών και άλλων ιζηματογενών πετρωμάτων). Στα χαμηλότερα σημεία, κυρίως στο ανατολικό τμήμα της περιοχής, τα μολασσικά ιζήματα καλύπτονται από τις Πλειοπλειστοκαινικές και Ολοκαινικές αποθέσεις.

2.2 Γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής

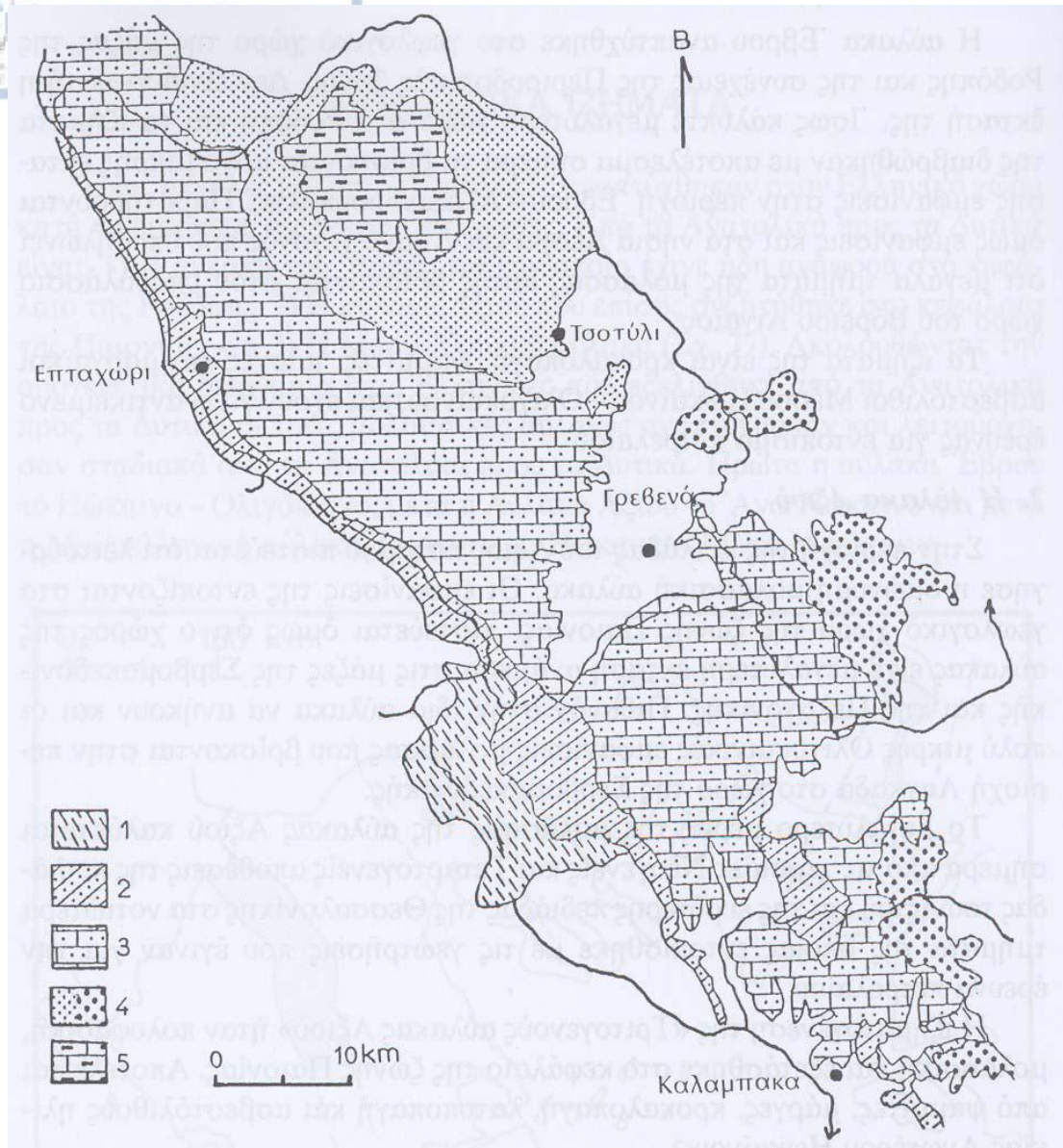
Η Μεσοελληνική Αύλακα είναι η σπουδαιότερη μολασσική αύλακα και διατηρείται στην πλήρη της δομή και στρωματογραφία. Έχει μήκος 130 km περίπου και το πλάτος της ξεπερνά τα 40 km. Το συνολικό πάχος των μολασσικών ιζημάτων υπολογίζεται σε 5.000 m. Εκτείνεται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, παράλληλα στο Ελληνικό ορογενετικό τόξο, στον κορμό του Ελληνικού ηπειρωτικού χώρου. Ξεκινώντας από τη Νότια Αλβανία συνεχίζει νότια προς τις περιοχές Καστοριάς, Βοίου-Κοζάνης, Γρεβενών, Καλαμπάκας και βυθίζεται κάτω από τις προσχώσεις της Θεσσαλικής πεδιάδας (Μουντράκης, 1985).

Η Μεσοελληνική Αύλακα αναπτύσσεται στο γεωλογικό χώρο ανάμεσα στην Υποπελαγονική Ζώνη και τη Ζώνη Πίνδου και έχει ως αλπικό υπόβαθρο κυρίως οφειολιθικές μάζες και Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους (όρος Όρλιακας, Κιβωτός, Βούρινος όρος).

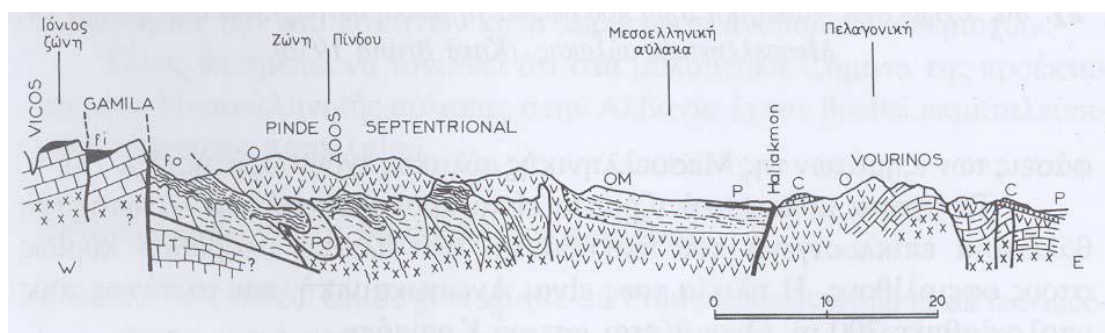
Τα μολασσικά ιζήματα έχουν αποτεθεί ασύμφωνα πάνω στο πτυχωμένο αλπικό υπόβαθρο.

Στη Μεσοελληνική Αύλακα αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του Ηωκαίνου – Μειόκαινου μεταλπικά, μολασσικού τύπου, ιζήματα με προμήθεια του υλικού ιζηματογένεσης από τις αναδυμένες οροσειρές Πίνδου και Πελαγονικής που την περιβάλλουν. Η ιζηματογένεση γινόταν κύρια κοντά στο επίπεδο της θάλασσας με αποτέλεσμα να αποθέτονται στην Αύλακα άλλοτε θαλάσσια ιζήματα, άλλοτε λιμναία και άλλοτε χερσαία, ποταμοχειμάρια ιζήματα.

Το σύνολο αυτών των ιζημάτων σε συνεχώς επαναλαμβανόμενους κύκλους αποτελεί την τεκτόφαση της μολάσσας, που ακολούθησε την κύρια παροξυσμική φάση των αλπικών πτυχώσεων.



Σχήμα. 2.1: Γεωλογικός χάρτης εξάπλωσης μολασικών σχηματισμών Μεσοελληνικής Αύλακας κατά Brunn 1956 (Μουντράκης, 1985)



Σχήμα 2.2: Γεωλογική τομή Μεσοελληνικής Αύλακας κατά Brunn 1956 (Μουντράκης, 1985)

O : Οφειόλιθοι C : Ανωκρητιδικό επικλυσιογενές
PO : Στρώματα Πίνδου OM : Μολασσικά ιζήματα
fo : Φλύσχης Πίνδου P : Πλειόκαινο - Τεταρτογενές
fi : Φλύσχης Ιόνιου Ζώνης

Η στρωματογραφία και οι φάσεις των ιζημάτων της Μεσοελληνικής Αύλακας κατά Brunn 1956 και Μουντράκη 1985 έχουν ως εξής:

Σειρά Κρανιάς: Είναι τα πρώτα μολασσικά ιζήματα που αποτελούνται από κροκαλοπαγή και λατυποπαγή θαλάσσια επικλυσιογενή, που επικάθονται στο αλπικό υπόβαθρο κυρίως στους οφειόλιθους. Η ηλικία τους είναι Ανωηοκαινική και το πάχος τους περίπου 200 m.

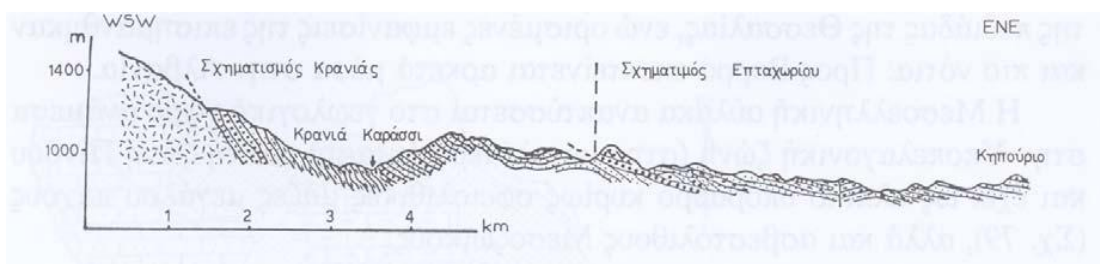
Σειρά Επταχωρίου: Είναι τα επόμενα ιζήματα που αποτελούνται από λιμναία στρώματα μαργών με λιγνιτικά κοιτάσματα και από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή σε μικρό ποσοστό. Η ηλικία τους είναι Ανωολιγοκαινική και το πάχος τους περίπου 600 m.

Σειρά Πενταλόφου – Μετεώρων: Αποτελείται από θαλάσσιας κυρίως φάσης ιζήματα με επίδραση και της ποταμοχειμάριας ιζηματογένεσης κροκαλοπαγή και ψαμμίτες, που διακρίνονται στα κατώτερα πολύμικρα κροκαλοπαγή Μετεώρων και στα ανώτερα κροκαλοπαγή με ενστρώσεις ψαμμιτών και μαργών (μοναστήρια Μετεώρων). Η ηλικία τους είναι Ακουϊτάνιος (Κάτω Μειόκαινο) και το πάχος τους περίπου 3.000 m.

Σειρά Τσοτυλίου: Είναι τα επόμενα ιζήματα που αποτελούνται κυρίως από λιμναίες μάργες που περιέχουν λιγνιτικά κοιτάσματα. Η ηλικία τους είναι Άνω Ακουϊτανίου – Βουρδιγαλίου (Κάτω Μειόκαινο) και το πάχος τους περίπου 600 m.

Σειρά Καστανοχωρίων Καστοριάς ή Όντρια: Αποτελείται από θαλάσσιας φάσης με παρεμβολές λιμναίας ιζηματογένεσης ψαμμίτες, ασβεστόλιθους, μάργες και ψαμμιτομαργαϊκούς ασβεστόλιθους με παρεμβολές λιγνιτικών στρωμάτων. Η ηλικία τους είναι Βουρδιγαλίου – Ελβετίου (Μέσο Μειόκαινο).

Η παραπάνω λιθοστρωματογραφία δεν είναι σταθερή σε όλη την έκταση της Αύλακας, αλλά παρουσιάζει σημαντικές διαφορές κατά περιοχές ανάλογα με την τροφοδοσία των πιο κοντινών κατά περίπτωση αναδυμένων περιοχών.



Σχήμα 2.3: Γεωλογική τομή με τη διάταξη των στρωμάτων της Μεσοελληνικής Αύλακας κατά Brunn 1956 (Μουντράκης, 1985)

2.3 Γεωλογική δομή της υδρολογικής λεκάνης του Γρεβενίτη

Στην ερευνώμενη περιοχή παρουσιάζεται η παρακάτω γεωλογική δομή :

Μολασσικά ιζήματα σειράς Τσοτυλίου

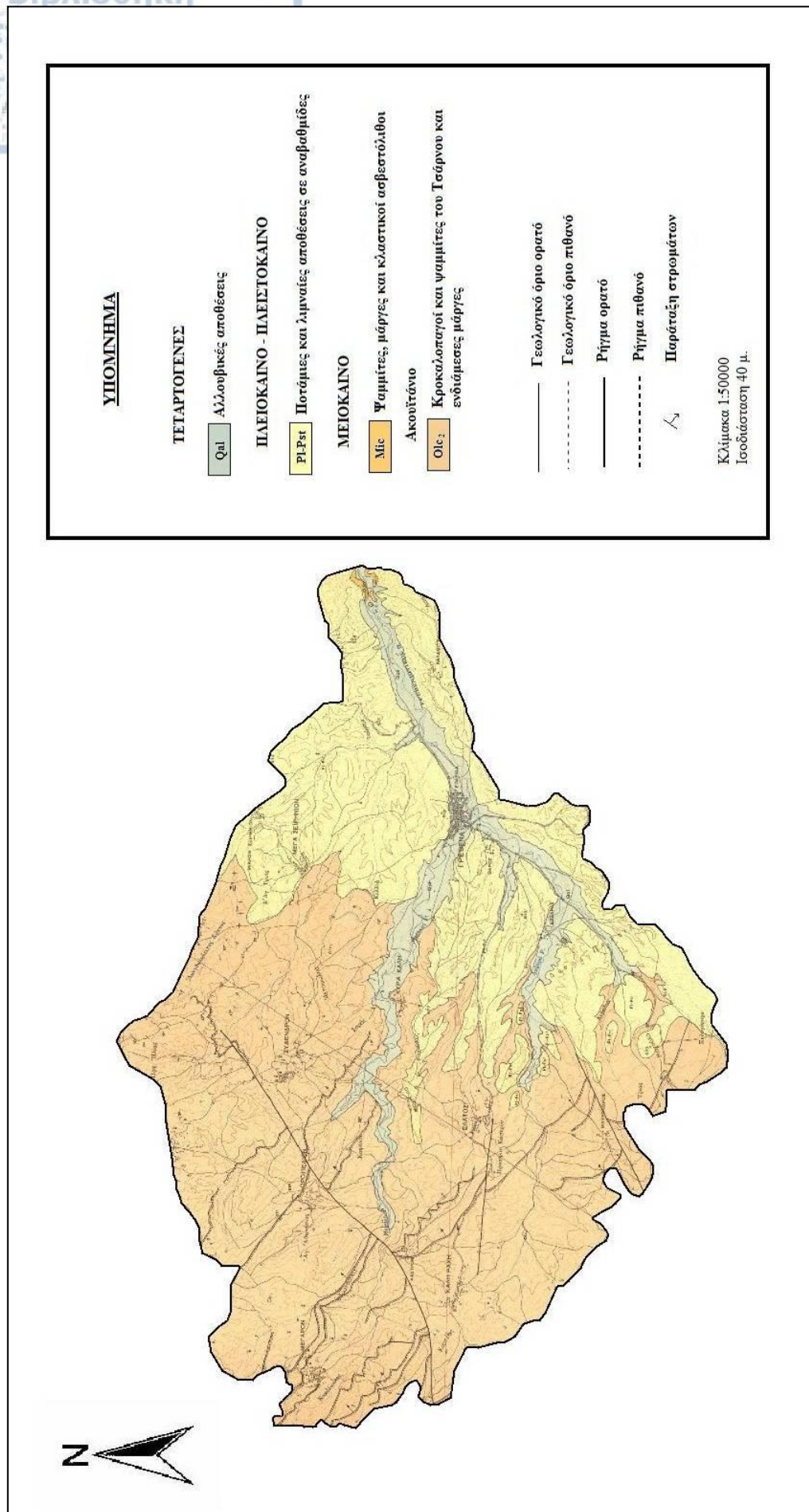
Τα μολασσικά ιζήματα της σειράς Τσοτυλίου που είναι κυρίως λιμναίας φάσης με επίδραση όμως και της ποταμοχειμάριας μεταφοράς και ιζηματογένεσης. Πρόκειται για εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών και κυανότεφρων – λευκότεφρων μαργών μικρού πάχους.

Στη βάση της σειράς επικρατούν τα οφειολιθικά κροκαλοπαγή, που μεταπίπτουν προς τα πάνω σε εναλλαγές ψαμμιτών, μαργών και ψαμμιτομαργών. Κατά θέσεις η ιζηματογένεση της μολάσσης Τσοτυλίου συνεχίζεται μέχρι τα ανώτερα μέλη της με κροκαλοπαγή, η δε σύσταση των κροκάλων ποικίλει ανάλογα με την περιοχή τροφοδοσίας. Η ηλικία της σειράς ανέρχεται στα 2.200 m (ΙΓΜΕ, γεωλογικός χάρτης φύλλο «Γρεβενά» κλίμακας 1:50.000).

Στην ερευνώμενη περιοχή εμφανίζονται, σε ένα μικρό τμήμα, λίγο πριν την έξοδο της λεκάνης, 1.000 m περίπου δυτικά της συμβολής Γρεβενίτη – Αλιάκμονα ποταμού.



Εικόνα 2.1: Ψαμμίτες και ψαμμιτικές μάργες σειράς Τσοτυλίου ~2 km από τη συμβολή Γρεβενίτη – Αλιάκμονα (Η. Μουρατίδης, 2005)



Εικόνα 2.2 : Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού

Μολασσικά ιζήματα σειράς Πενταλόφου

Τα μολασσικά ιζήματα της σειράς Πενταλόφου είναι κυρίως θαλάσσιας φάσης με επίδραση όμως και της ποταμοχειμάριας μεταφοράς και ιζηματογένεσης. Η ηλικία της σειράς αυτής είναι Ακουϊτάνιου (Κάτω Μειόκαινο) και το συνολικό πάχος της σειράς ανέρχεται στα 4.000 m. Η σειρά Πενταλόφου περιλαμβάνει δύο κύκλους ιζηματογένεσης.

Ο 1^{ος} κύκλος αποτελείται από κροκαλοπαγή και ψαμμίτες του Τσάρνου και μάργες συνολικού πάχους 800 m. Εμφανίζεται νοτιοδυτικά και νότια της ερευνώμενης περιοχής.

Ο 2^{ος} κύκλος αποτελείται από πολυγενή κροκαλοπαγή (πάχους 10 m), τεφροκύανες συνεκτικές μάργες που εναλλάσσονται με λεπτόκοκκους μαργαϊκούς ψαμμίτες που περιλαμβάνουν θραύσματα Μαλακίων (πάχους 675 m) και μία κατεξοχήν ψαμμιτική σειρά μετά πολυγενών κροκαλοπαγών στη βάση και επαλληλίας ψαμμιτικών τραπεζών στην κορυφή (πάχους 700 m). Τα κροκαλοπαγή αποτελούνται κυρίως από καλά αποστρογγυλεμένες κροκάλες ασβεστόλιθων, μαρμάρων, ουρολίθων και γνευσιακών πετρωμάτων. Το συνολικό πάχος της σειράς του 2^{ου} κύκλου ανέρχεται στα 1.400 m περίπου.

Στην ερευνώμενη περιοχή εμφανίζονται στο βόρειο, δυτικό, κεντρικό και νότιο τμήμα της, δυτικά της νοητής γραμμής που συνδέει τους οικισμούς Μέγα Σειρήνη, Κυρακαλή, Έλατος και Μαυραναίοι.

Τα μολασσικά ιζήματα της περιοχής παρουσιάζουν μία γενική κλίση προς Α: 30° – 35° στο ΝΔ τμήμα και 10° – 20° στο ΒΑ τμήμα.



Εικόνα 2.3: Εναλλαγές Μαργών, ψαμμιτών σειράς Πενταλόφου ~ 3 km ΝΑ του Μεγάρου (Η. Μουρατίδης, 2005)

Πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα

Πρόκειται για ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις σε αναβαθμίδες με χαλαρά κροκαλοπαγή, κυανές – υποπράσινες αργίλους, άμμους, χαλαρούς ψαμμίτες με ποικίλη κοκκομετρία και κροκαλοπαγή και ερυθρές αργίλους στα υψηλότερα τμήματα αυτών. Υπέρκεινται ασύμφωνα των μολασσικών σχηματισμών και το εκτιμώμενο συνολικό πάχος τους δεν ξεπερνά τα 200 m.



Εικόνα 2.4: Ασύμφωνη επαφή Πλειοπλειστοκαινικών – μολασσικών ιζημάτων (Σειρά Πενταλόφου) ~1 km Α της Κυρακαλής (Η. Μουρατίδης, 2005)

Στην ερευνώμενη περιοχή κυριαρχούν τα χαλαρά κροκαλοπαγή και οι ψαμμίτες, γεγονός που ευνοεί την αυξημένη πρόσχωση της κοίτης των υδρορεμάτων της λεκάνης.

Τα χαλαρά ιζήματα του σχηματισμού αυτού καταλαμβάνουν τα χαμηλότερα τμήματα της λεκάνης, ανατολικά της νοητής γραμμής που συνδέει τους οικισμούς Μέγα Σειρήνη, Κυρακαλή, Έλατος και Μαυραναίοι.



Εικόνα 2.5: Πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες) ~2km ΝΔ των Γρεβενών (Η. Μουρατίδης, 2005)

Ολοκαινικές αποθέσεις

Πρόκειται για αλλουβιακές αποθέσεις μικρού πάχους (σύγχρονες προσχώσεις) που αποτελούνται από ασύνδετα κυρίως υλικά και εμφανίζονται στις κοίτες του

ποταμού Γρεβενίτη και των υδρορρεμάτων της περιοχής καθώς επίσης και στις χαμηλότερες μορφολογικά επιφάνειες (άμμοι ποικίλης κοκκομετρίας, άργιλοι, χαλίκια).



Εικόνα 2.6: Ολοκαινικές αποθέσεις (άμμοι, άργιλοι, χαλίκια) στη συμβολή Γρεβενίτη - Αλιάκμονα (Η. Μουρατίδης, 2005)

A/A	Γεωλογικοί Σχηματισμοί	Επιφάνεια(km ²)	Ποσοστό(%)
1	Μολασσικά ιζήματα σειράς Τσοτυλίου	0,43	0,24
2	Μολασσικά ιζήματα σειράς Πενταλόφου	111,44	61,83
3	Πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα	52,57	29,17
4	Ολοκαινικές αποθέσεις	15,81	8,77
	Σύνολο	180,24	100,00

Πίνακας 2.1: Κατανομή επιφανειών γεωλογικών σχηματισμών στη λεκάνη του Γρεβενίτη (Η. Μουρατίδης, 2005)

2.4 Τεκτονικά – Νεοτεκτονικά στοιχεία της υδρολογικής λεκάνης

Όπως έχει αναφερθεί στη γεωλογική περιγραφή της περιοχής, η ιζηματογένεση στη Μεσοελληνική Αύλακα παρουσιάζει εναλλαγές με απόθεση υλικών θαλάσσιας, λιμναίας ή ποταμοχειμάριας φάσης.

Οι εναλλαγές αυτές στην ιζηματογένεση οφείλονται στη συνεχή βύθιση της Αύλακας, που έδινε την ευκαιρία στη θάλασσα να εισβάλλει, να την γεμίζει με τα υλικά της, με αποτέλεσμα να αποφράσσεται και να λειτουργεί σαν κλειστή λιμνοθάλασσα ή λίμνη με αποθέσεις λιμναίες ή ποταμοχειμάριας.

Το σύνολο αυτών των ιζημάτων σε συνεχώς επαναλαμβανόμενους κύκλους αποτελεί την τεκτόφηση της μολάσσας που ακολούθησε την κύρια παροξυσμική φάση των αλπικών πτυχώσεων.

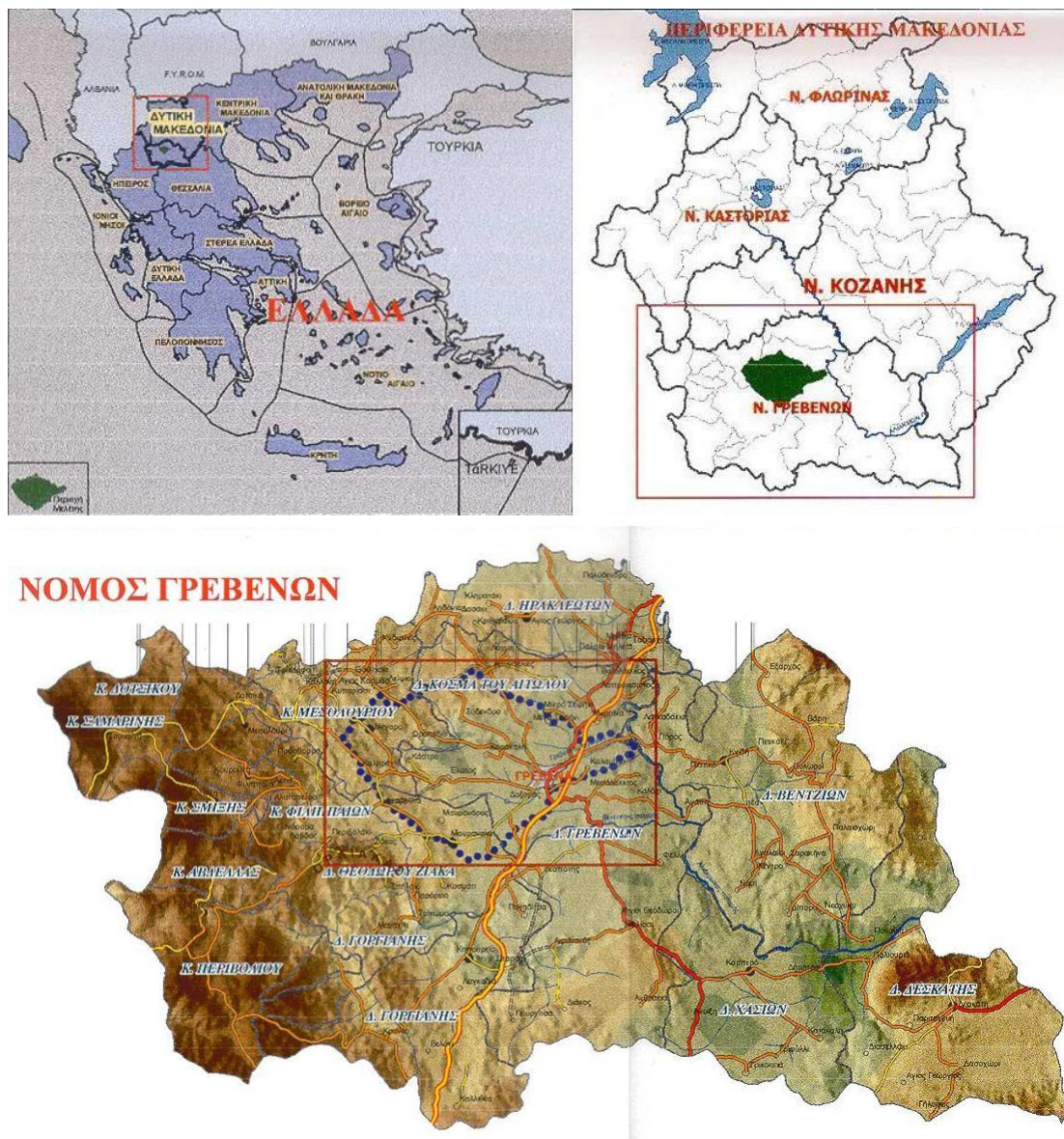
Τα ιζήματα της μολάσσας δεν είναι πτυχωμένα, αλλά παρουσιάζουν κλίσεις προς Α από τη δράση μετέπειτα τεκτονικών κινήσεων από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα (Βαμβακά Α. Κίλιας Α., Μουντράκης Δ., 2004). Παρατηρούνται λίγα κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

Το σημαντικότερο ρόλο στη νεοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής έπαιξαν η εφελκυστική φάση του Τεταρτογενούς με κύρια διεύθυνση εφελκυσμού (σ3) ΒΒΔ–ΝΝΑ και τα ΒΑ-ΝΔ έως Α-Δ διεύθυνσης κανονικά ρήγματα, που δημιουργήθηκαν ή επαναδραστηριοποιήθηκαν εξαιτίας αυτής της εφελκυστικής φάσης. Η τεκτονική αυτή φάση συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Αυτό διαπιστώνεται από πολύ πρόσφατες επαναδραστηριοποιήσεις ρηγμάτων στα ιζήματα, αλλά και από τις επιφανειακές διαρρήξεις και το μηχανισμό γένεσης της πρόσφατης σεισμικής ακολουθίας το 1995 στην περιοχή Κοζάνης – Γρεβενών (Μουντράκης 1996, 1998, Παυλίδης, 1995).

Η διεύθυνση των νεοτεκτονικών ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής και το πεδίο τάσεων βρίσκονται σε πλήρη συμφωνία με τα αντίστοιχα ρήγματα και τάσεις της γειτονικής λεκάνης Φλώρινας – Πτολεμαΐδας. Γενικά η διεύθυνση των τάσεων και το είδος των ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής μελέτης βρίσκονται σε συμφωνία με το εκτεταμένο σύγχρονο εφελκυστικό πεδίο που επικρατεί στον ευρύτερο χώρο της Μακεδονίας – Θεσσαλίας, αλλά και στον εσωτερικό χώρο του Αιγαίου (Μουντράκης 1996, 1998, Παυλίδης, 1995).

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η υδρολογική λεκάνη του Γρεβενίτη ποταμού αποτελεί τμήμα της ευρύτερης λεκάνης απορροής του Αλιάκμονα ποταμού (Εικόνα 3.1)

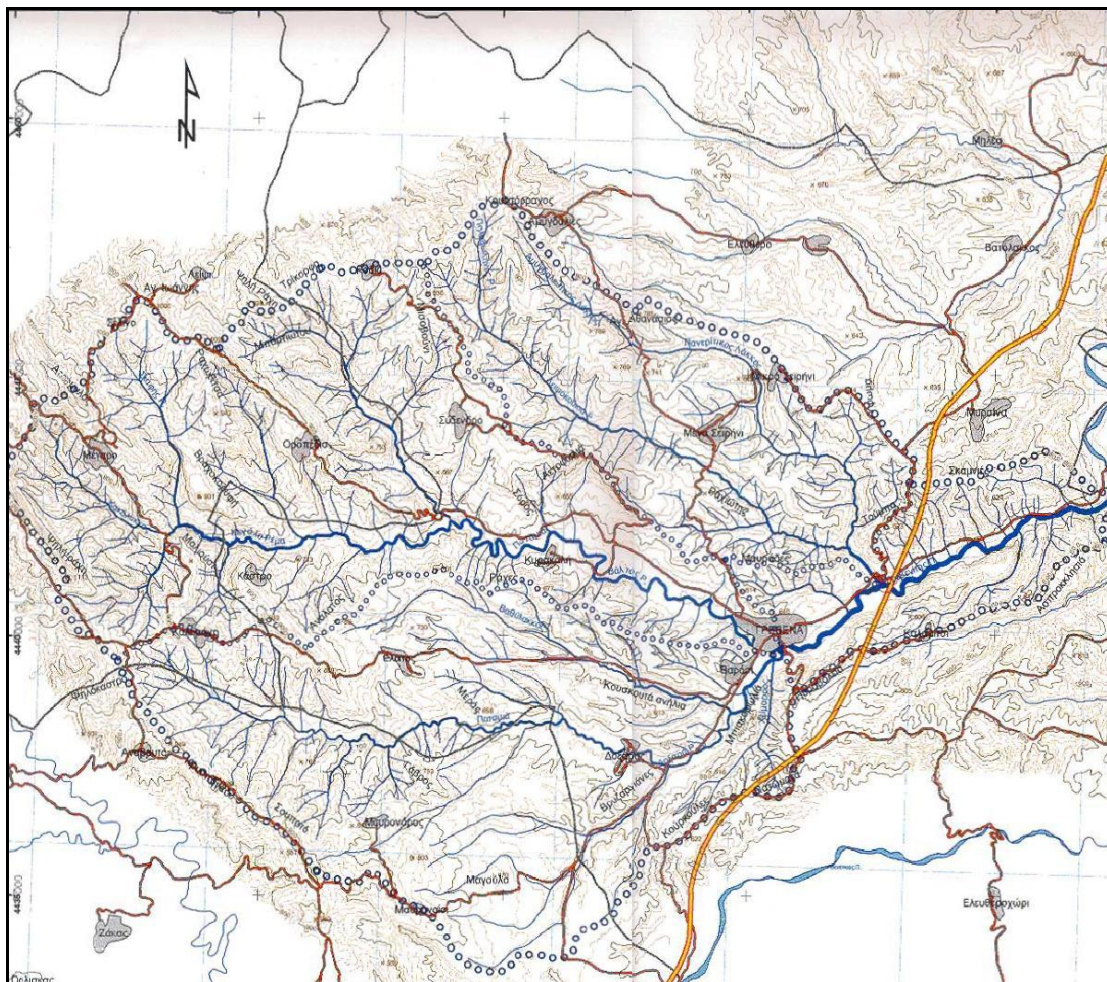


Εικόνα 3.1: Χάρτες προσανατολισμού μελέτης περιοχής (Η. Μουρατίδης, 2005)

Σαν ανεξάρτητο γεωμορφολογικό σύστημα η λεκάνη του Γρεβενίτη ποταμού χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες μορφομετρικές παραμέτρους. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων εκφράζει τόσο τη μορφή του ανάγλυφου, όσο και το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής. Σύμφωνα με τον Dikau (1989), που ασχολήθηκε με την ταξινόμηση του ανάγλυφου ανάλογα με το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας η περιοχή χαρακτηρίζεται ως ημιορεινή – ορεινή. Το

μεγαλύτερο τμήμα της έχει υψόμετρο μεγαλύτερο των 600 m. Οι κύριες διευθύνσεις των ορεογραφικών αξόνων της περιοχής είναι ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΝΝΔ- ΒΒΑ διεύθυνσης.

Το μεγαλύτερο υψόμετρο βρίσκεται στη θέση ‘‘Κορυφή’’ στο δυτικό τμήμα της λεκάνης και ανέρχεται σε **1169 m**, ενώ το μικρότερο υψόμετρο βρίσκεται στο στόμιο της λεκάνης στο ανατολικό τμήμα και ανέρχεται σε **450 m** (Εικόνα 3.2).

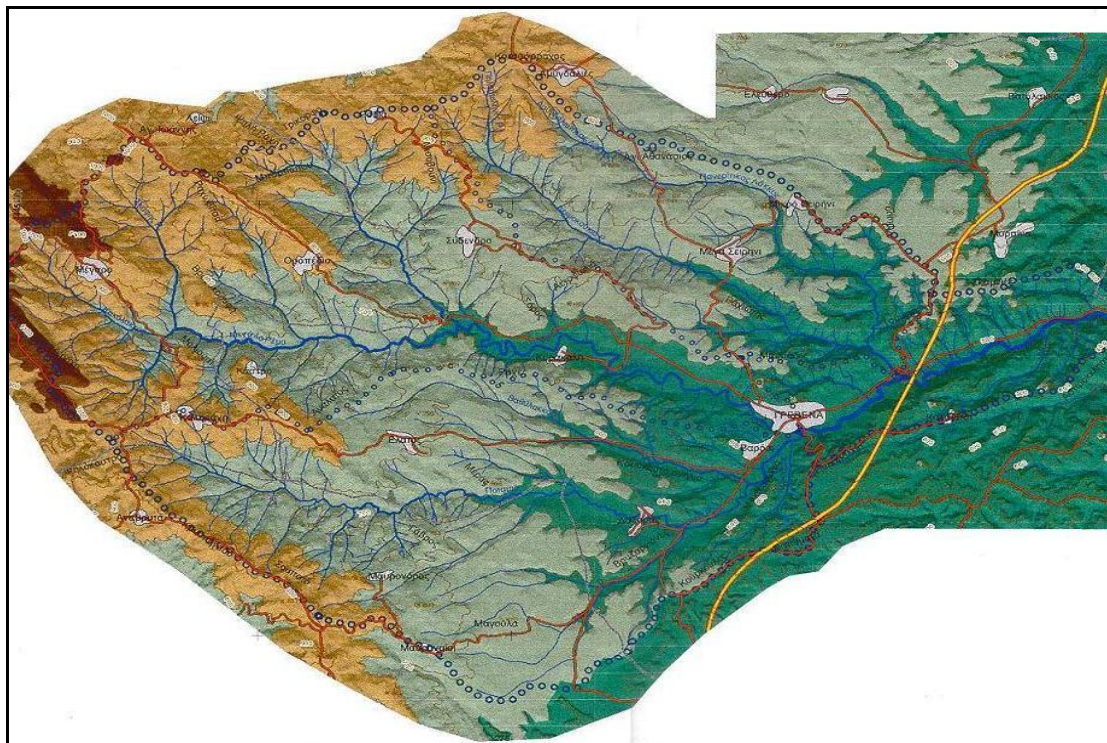


Εικόνα 3.2: Τοπογραφικός χάρτης υδρολογικής λεκάνης Γρεβενίτη ποταμού (Η. Μουρατίδης, 2005)

Η παρουσία στενών χαραδρών και κοιλάδων είναι έντονη σε όλη την έκταση της λεκάνης.

Οι κλίσεις των πρανών είναι μέτριες έως μεγάλες. Η συνολική έκταση των πρανών που παρουσιάζουν κλίσεις >15% καλύπτει το 51,4% της έκτασης της λεκάνης. Η παραπάνω μορφολογία με το έντονο ανάγλυφο της περιοχής οφείλεται κύρια στη γεωλογική σύσταση (μολασσικά και Πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα), στην τεκτονική και την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής, που απετέλεσαν τους κύριους λόγους και για τον προσανατολισμό των οροσειρών της περιοχής.

Τα μοναδικά πεδινά τμήματα μικρής έκτασης που αναπτύσσονται στο δυτικό τμήμα της λεκάνης κοντά στους οικισμούς και τα υδρορρέματα δεν ξεπερνούν το 5% της συνολικής έκτασης της λεκάνης (Γρεβενά, Κυρακαλή, Δοξαράς) (Εικόνα 3.3)



Εικόνα 3.3: Μορφολογικός χάρτης υδρολογικής λεκάνης Γρεβενίτη ποταμού (Η. Μουρατίδης, 2005)

4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1 Γενικά

Στη μελετώμενη περιοχή έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες ανεύρεσης υδατικών πόρων για την κάλυψη αρδευτικών αλλά και υδρευτικών αναγκών.

Υδρογεωλογικές, υδρολογικές και γεωφυσικές έρευνες στην μελετώμενη περιοχή και την ευρύτερη περιοχή μελέτης έχουν διεξαχθεί από λίγους μελετητές και ερευνητικά γραφεία, που έχουν όμως αποσπασματικό χωρικά χαρακτήρα και τα διατιθέμενα υδρολογικά στοιχεία και τα στοιχεία των διατρήσεων και των αντλήσεων κατά κανόνα ήταν μέτριας αξιοπιστίας και μικρού αριθμού.

Μία υδρογεωλογική μελέτη εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ανάπτυξης του Γρεβενίτη ποταμού στο τμήμα που διασχίζει την πόλη των Γρεβενών από την ANKO AE.

Μερικές γεωφυσικές διασκοπήσεις έχουν γίνει για λογαριασμό κυρίως ιδιωτών και της ΔΕΒ Γρεβενών από διάφορες ιδιωτικές εταιρείες για αναζήτηση νερού για αρδευτική χρήση.

Η μοναδική συστηματική έρευνα των υδρογεωλογικών συνθηκών του Πλειοπλειστοκαινικού προσχωματικού υπόγειου υδροφορέα έγινε από το Ι.Γ.Μ.Ε. – παράρτημα Κοζάνης που αφορούσε την αναζήτηση νερού για κάλυψη των υδρευτικών αναγκών της πόλης των Γρεβενών για λογαριασμό της ΔΕΥΑ Γρεβενών και την αναζήτηση νερού για κάλυψη αρδευτικών αναγκών για λογαριασμό της ΔΕΒ Γρεβενών.

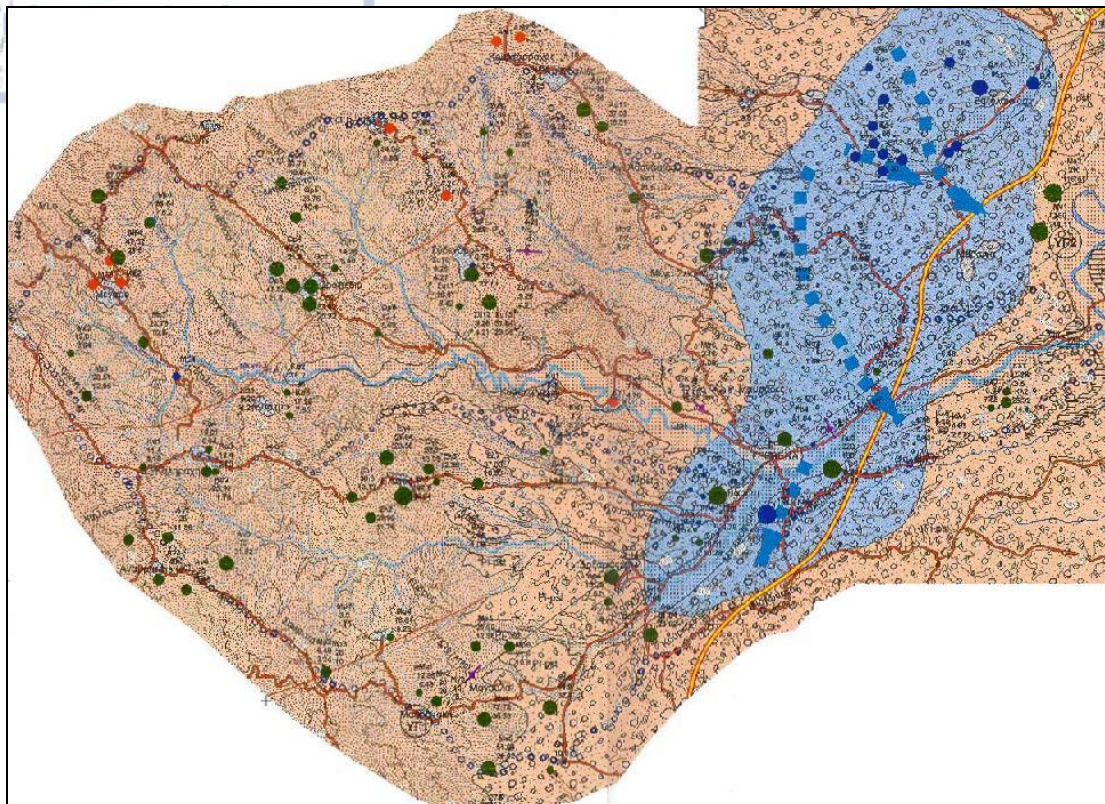
4.2 Υδρογεωλογικά στοιχεία υδρολογικής λεκάνης Γρεβενίτη

Πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα

Ο μοναδικός υδροφορέας στην περιοχή μελέτης αναπτύσσεται στα Πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα του ανατολικού τμήματος της λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού και εξαπλώνεται προς βορρά και εκτός των ορίων της μελετώμενης λεκάνης.

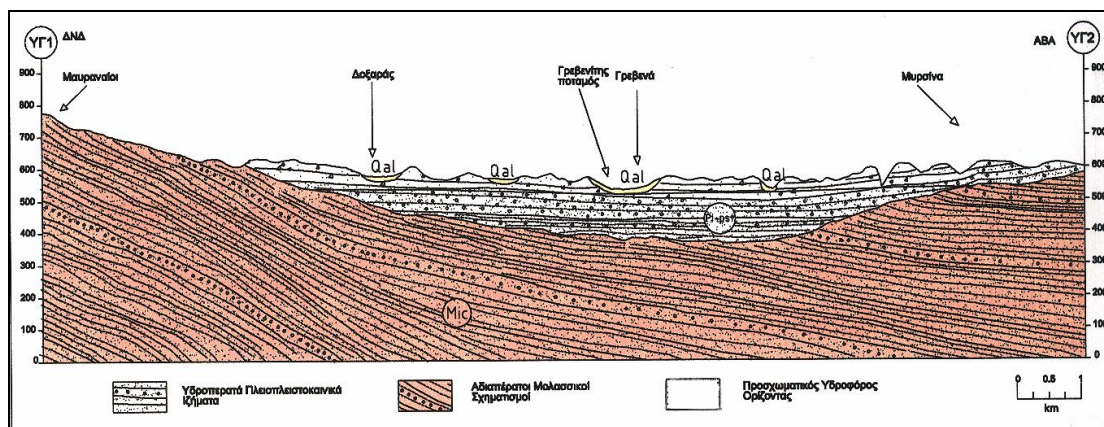
Στην περιοχή της λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού συναντάται περίπου το μισό τμήμα του προσχωσιγενή υδροφορέα, ενώ το υπόλοιπο μισό τμήμα του αναπτύσσεται βορειότερα εκτός της λεκάνης (Εικόνα 4.1).

Αυτός ο υπόγειος ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται στην περιοχή που οριοθετείται από τη νοητή γραμμή που περνάει από το Δοξάρá, τα Γρεβενά, το Σειρήνι, δυτικά του Ελεύθερου, τη Μηλέα, το Βατόλακκο, τη Μυρσίνα και το Καλαμίτσι.



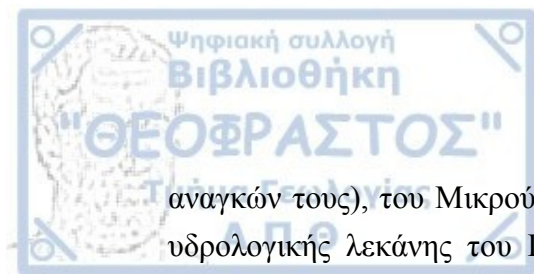
Εικόνα 4.1: Υδρογεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής υδρολογικής λεκάνης Γρεβενίτη ποταμού (Η. Μουρατίδης, 2005)

Αδιαπέρατο υπόβαθρο του υδροφορέα αποτελούν οι μολασσικοί σχηματισμοί που υπόκεινται των Πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στη δημιουργία του σημαντικού αυτού προσχωσιγενή υδροφορέα (σχ. 4.2).



Σχ. 4.2: Υδρογεωλογική τομή ΥΓ1-ΥΓ2 ευρύτερης περιοχής της λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού (Η. Μουρατίδης, 2005)

Στην περιοχή του υδροφορέα έχουν ανορυχθεί αρκετές υδρογεωτρήσεις, οι οποίες καλύπτουν τις υδρευτικές ανάγκες των οικισμών Γρεβενών και Καλαμιτσίου (κατά τη θερινή περίοδο σε ποσοστό περίπου 30% των συνολικών υδρευτικών



αναγκών τους), του Μικρού και Μεγάλου Σειρηνίου και των Αμυγδαλιών εντός της υδρολογικής λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού και των οικισμών Βατολάκκου και Κιβωτού εκτός της μελετώμενης περιοχής. Από το σχετικό ερευνητικό πρόγραμμα του ΙΓΜΕ (Παράρτημα Κοζάνης) έχουν ανορυχθεί συνολικά έντεκα (11) ερευνητικές γεωτρήσεις για τη μελέτη του υδροφορέα, από τις οποίες οι περισσότερες έχουν δοθεί για υδρευτική και αρδευτική χρήση.

5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Επειδή στη διαχείριση των υδατικών πόρων μιας περιοχής λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι προοπτικές ανάπτυξης αυτής της περιοχής, οι οποίες καθορίζονται από ένα μεγάλο πλήθος οικονομικών και κοινωνικών παραμέτρων, ανάμεσα στις οποίες σημαντική θέση κατέχει η σεισμικότητα και η σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής, γι' αυτό και κρίναμε σκόπιμο να αναφερθούμε επιγραμματικά στις σεισμικές συνθήκες που επικρατούν στο χώρο της έρευνας.

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από χαμηλή σεισμικότητα (Παπαζάχος, 1990, Χατζηδημητρίου, 1994). Ο μόνος γνωστός ιστορικός σεισμός έγινε το Φεβρουάριο του 896 ($M \sim 6,0$) και κατέστρεψε την πόλη της Βέροιας, που βρίσκεται 95 km βορειοανατολικά των Γρεβενών (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989). Είναι πιθανό, ο σεισμός αυτός να σχετίζεται με τη ΒΑ διεύθυνσης ρηξιγενή γραμμή του Αλιάκμονα, αλλά το επίκεντρό του δε μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια, με τις υπάρχουσες μακροσεισμικές πληροφορίες. Υπάρχουν επίσης κάποια στοιχεία που αναφέρουν καταστροφή εκκλησιών στην περιοχή της Κοζάνης το 1721 αλλά είναι αμφίβολο αν οι καταστροφές αυτές οφείλονται σε σεισμούς. Για τους λόγους αυτούς, τα μόνα αξιόπιστα σεισμολογικά δεδομένα στην περιοχή που μελετάται (40,0oB-40,3oB και 21,4oA-22,0oA) είναι τα δεδομένα της ενόργανης περιόδου του παρόντα αιώνα (Χατζηδημητρίου και Παπαζάχος, 1995).

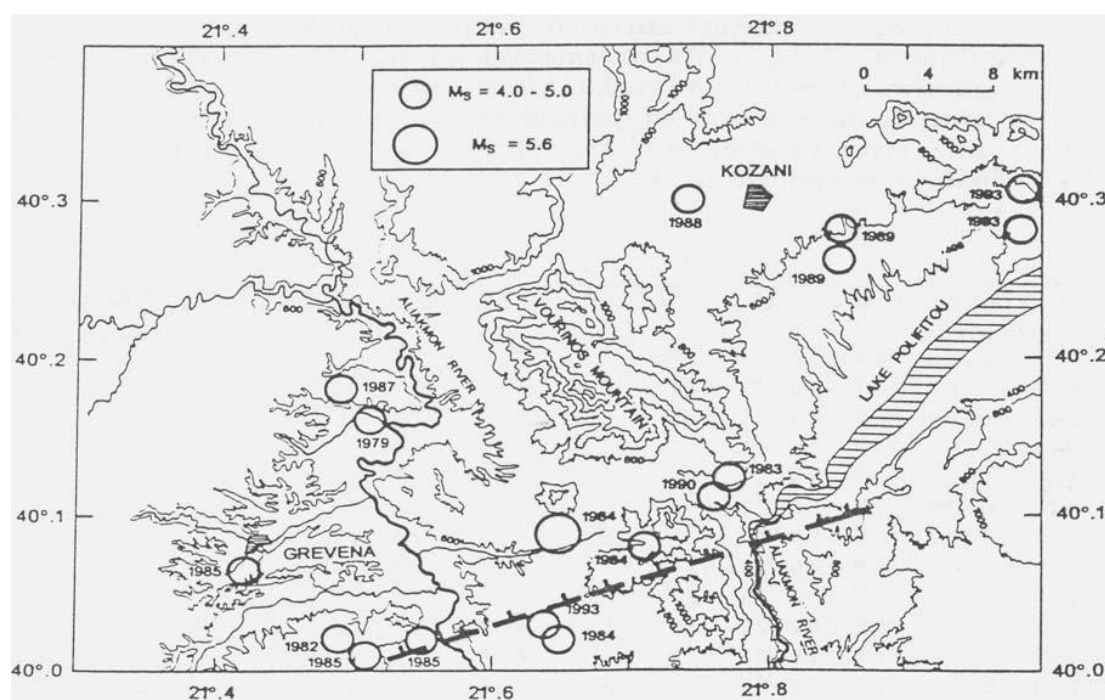
Τα δεδομένα του παρόντα αιώνα, μέχρι το μεγάλο σεισμό του 1995, είναι πλήρη για τις παρακάτω χρονικές περιόδους και μεγέθη : 1901-1995 για $M_s \geq 5,5$, 1911-1995 για $M_s \geq 5,0$, 1950-1995 για $M_s \geq 4,5$ και 1981-1995 για $M_s \geq 4,0$. Τα στοιχεία των σεισμών του πλήρους δείγματος δεδομένων μέχρι το 1993 δίνονται στο κατάλογο του πίνακα 5.1 (Κομνηνάκης και Παπαζάχος, 1986). Όπως φαίνεται στον κατάλογο αυτό, κανένας σεισμός με μέγεθος $M_s \geq 5,0$ δεν έγινε στην περιοχή αυτή μεταξύ 1911 και 1984 και κανένας σεισμός με μέγεθος $M_s \geq 4,5$ δεν έγινε στην περιοχή μεταξύ 1950 και 1979.

Στο σχήμα 5.2 φαίνεται ο χάρτης των επικέντρων των σεισμών του πλήρους δείγματος δεδομένων μέχρι το μεγάλο σεισμό του 1995 (Χατζηδημητρίου και Παπαζάχος, 1995).

Είναι ενδιαφέρον ότι ο μεγαλύτερος από τους σεισμούς αυτούς ($M_s=5,6$) καθώς και οκτώ άλλοι σεισμοί με μικρότερα μεγέθη είχαν επίκεντρα κοντά στο ρήγμα (στιγμένη γραμμή στο σχήμα 5-12α του μεγάλου σεισμού μεγέθους 6,6 R της 13ης Μαΐου 1995. Αυτό δείχνει ότι τμήματα του ρήγματος αυτού ή άλλα μικρότερα ρήγματα κοντά στο ρήγμα αυτό είχαν ενεργοποιηθεί κατά την περίοδο 1979-1993.

Ημερομηνία	Χρόνος γένεσης	Φ°Ν	λ°Ε	Βάθος (km)	M _s
1979, Oct. 14	150016.00	40.200	21.500	10.0	4.5
1981, Apr. 26	232717.00	39.831	21.219	2.6	4.3
1982, Feb. 13	10253.65	40.440	22.180	1.7	4.0
1982, Sep. 24	23455.72	40.020	21.490	4.0	4.3
1983, May 6	2505.94	40.117	21.768	10.0	4.0
1983, June 5	235134.70	40.442	21.696	2.0	4.2
1984, Feb. 9	1517.40	40.459	21.638	3.0	4.8
1984, Apr. 4	172357.60	40.023	21.656	1.4	4.3
1984, Oct. 24	9531.49	40.080	21.710	4.3	4.2
1984, Oct. 25	143828.30	40.090	21.650	1.0	5.6
1984, Dec. 30	84342.16	40.460	21.340	1.5	4.6
1985, Aug. 1	205411.40	39.940	21.507	0.1	4.0
1985, Aug. 1	205622.00	40.022	21.553	17.2	4.1
1985, Aug. 1	205719.50	40.077	21.416	4.8	4.3
1985, Nov. 28	3208.22	40.477	21.238	6.7	4.1
1986, Aug. 2	5313.45	40.390	21.560	5.1	4.1
1987, Feb. 19	224123.40	40.180	21.490	3.4	4.7
1988, Nov. 3	51643.00	40.300	21.740	9.3	4.2
1989, Feb. 19	15046.32	40.260	21.850	10.7	4.3
1989, Feb. 19	85231.96	40.280	21.850	4.0	4.0
1990, Apr. 21	162855.90	40.110	21.760	1.8	4.1
1991, Sep. 11	25236.57	40.193	21.291	3.4	4.3
1992, Sep. 22	133235.10	40.330	21.280	3.4	4.3
1993, Mar. 4	112823.60	40.030	21.640	8.8	4.0
1993, Oct. 18	141934.50	40.310	22.100	0.5	4.1
1993, Oct. 18	142922.50	40.280	22.060	1.3	4.1

Πίνακας 5.1: Κατάλογος σεισμών ευρύτερης περιοχής έρευνας (Κομνηνάκης και Παπαζάχος 1986)



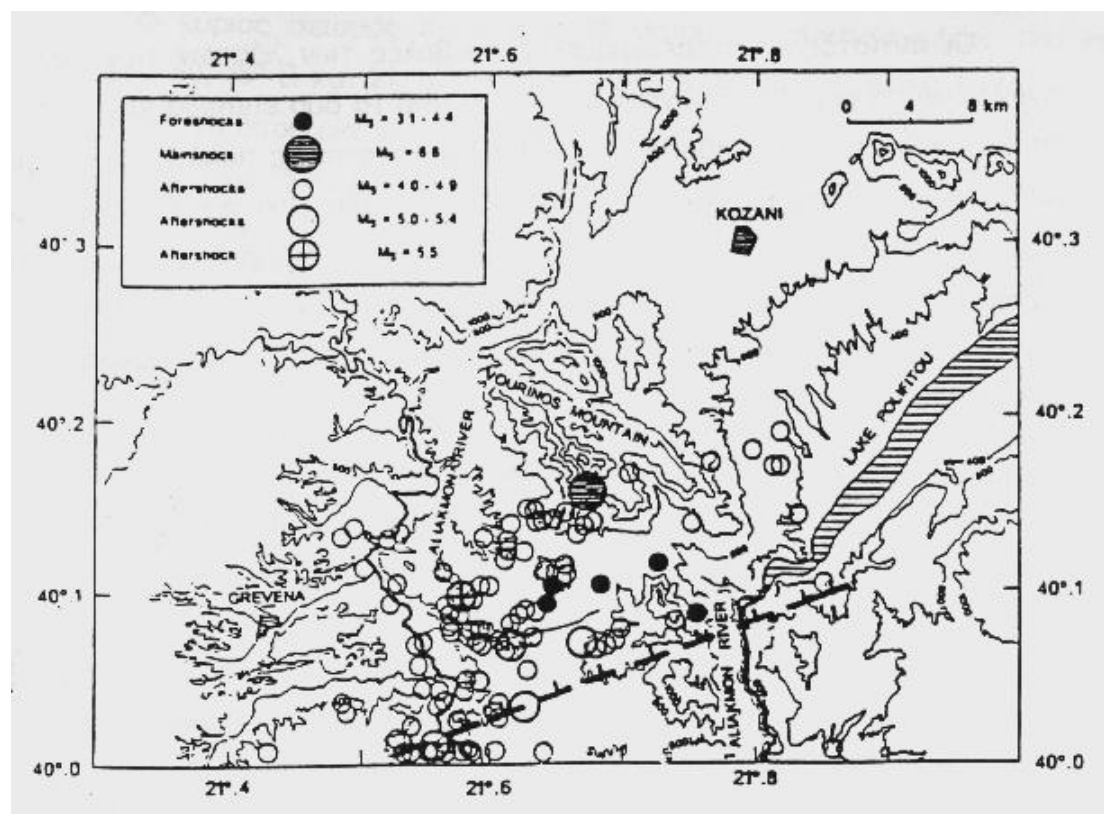
Σχήμα 5.2: Χάρτης σεισμικής δράσης κατά τον 20ο αιώνα, πριν από το μεγάλο σεισμό του 1995 (Χατζηδημητρίου και Παπαζάχος, 1995)

Από τις έρευνες και τις εργασίες του μεγάλου σεισμού του 1995 (Μουντράκης, 1995, 1998, Παυλίδης, 1995, Παπαζάχος, 1996), διαπιστώθηκε ότι ο σεισμός δημιουργήθηκε από την επαναδραστηριοποίηση ενός τμήματος της μεγάλης ρηξιγενούς γραμμής του Αλιάκμονα (Σχ. 5.3).

Η τεκτονική γραμμή του ποταμού Αλιάκμονα, αποτελείται από συνεχόμενα τμήματα που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνίες και είναι η σημαντικότερη

νεοτεκτονική ρηξιγενής ζώνη στο χώρο της Δυτικής Μακεδονίας και προεκτείνεται με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ μέχρι την Κεντρική Μακεδονία με συνολικό μήκος πάνω από 70 km (περιοχή Γρεβενών, Κοζάνης, πεδιάδα Βέροιας –Θεσσαλονίκης).

Ειδικότερα το τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης του Αλιάκμονα, που ενεργοποιήθηκε και προκάλεσε το μεγάλο σεισμό Κοζάνης – Γρεβενών, μεγέθους $M_s=6,6R$, στις 13/05/1995, είναι το σεισμικό ρήγμα Ρυμνίου – Παλαιοχωρίου – Σαρακήνας – Κέντρου - Νησίου. Πρόκειται για κανονικό ρήγμα συνολικού μήκους 30 km, με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (60ο-70ο), κλίση 30ο-35ο προς ΒΔ και μετάπτωση του βορειοδυτικού τεμάχους. Στην περιοχή Παλαιοχωρίου – Νησίου το ρήγμα διασχίζει τα μολασσικά ιζήματα (σχηματισμός Τσοτυλίου) της Μεσοελληνικής Αύλακας και τις Πλειοπλειστοκαινικές ποταμοχειμάρειες αποθέσεις της λεκάνης Γρεβενών.



Σχήμα 5.3: Χάρτης σεισμικής ακολουθίας του μεγάλου σεισμού $M_s=6,6R$ στις 13/05/1995 (Παπαζάχος, 1995)

6. ΓΕΝΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή των Γρεβενών ανήκει κλιματολογικά στη Δυτική Μακεδονία και χαρακτηρίζεται από την αλλαγή του μεσογειακού προς το ηπειρωτικό κλίμα των Βαλκανίων (Λιβαδάς, 1979, Μπαλαφούτης, 1977). Κύριο χαρακτηριστικό αποτελεί η εναλλαγή μιας θερμής – ξηρής περιόδου με μία ψυχρή – υγρή περίοδο (ΑΝΚΟ ΑΕ, 2001).

A/A	Σταθμός	Υψόμετρο	Υπηρεσία	Περίοδος λειτουργίας	Στοιχεία
1	ΑΡΓΟΣ ΟΡΕΣΤΙΚΟ	650	ΔΕΗ	1964-1988	Br
2	ΒΟΓΑΤΣΙΚΟ	770	ΔΕΗ	1965-1988	Br
3	ΓΡΕΒΕΝΑ	560	ΥΠΔΕ	1959-1989	Br
4	ΔΕΣΚΑΤΗ	830	ΔΕΗ	1965-1989	Br
5	ΕΞΑΡΧΟΣ	720	ΔΕΗ	1968-1988	Br
6	ΚΑΡΠΕΡΟ	510	ΔΕΗ	1964-1988	Br
7	ΚΑΣΤΟΡΙΑ	661	ΕΜΥ	1980-1987	Br
8	ΚΗΠΟΥΡΙΟ	868	ΔΕΗ	1964-1989	Br
9	ΚΟΖΑΝΗ	626	ΕΜΥ	1955-1986	Br, θ
10	ΚΥΔΩΝΙΕΣ	910	ΔΕΗ	1964-1989	Br
11	ΛΕΥΚΟΠΗΓΗ	660	ΔΕΗ	1964-1989	Br
12	ΝΕΑΠΟΛΗ	650	ΔΕΗ	1964-1989	Br
13	ΠΕΝΤΑΛΟΦΟΣ	1050	ΥΠΔΕ	1973-1989	Br
14	ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ	601	ΕΜΥ	1975-1987	Br, θ
15	ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ ΑΗΣ	650	ΑΗΣ	1972-1982	Br, θ
16	ΠΥΛΩΡΟΙ	700	ΔΕΗ	1965-1988	Br
17	ΣΙΑΤΙΣΤΑ	930	ΥΠΔΕ	1965-1989	Br
18	ΣΠΗΛΑΙΟ	900	ΔΕΗ	1964-1988	Br
19	ΤΣΟΤΥΛΙ	863	ΥΠΔΕ	1967-1989	Br, θ

Πίνακας 6.1: Μετεωρολογικοί σταθμοί της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού (Br: Βροχοπτώσεις, θ: θερμοκρασία)

Για την καλύτερη μελέτη των κλιματικών παραγόντων έγινε συλλογή των διαθέσιμων στοιχείων των μετεωρολογικών παρατηρήσεων της ευρύτερης περιοχής, που προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), το Υπουργείο Δημοσίων Έργων (ΥΠΔΕ) και τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) .

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις των 19 σταθμών των παραπάνω υπηρεσιών αφορούν κύρια την καταγραφή των βροχοπτώσεων και κατά δεύτερο λόγο των θερμοκρασιών, ενώ παρατηρήσεις άλλων μετεωρολογικών στοιχείων (εξάτμιση, υγρασία κ.α.) δεν έχουν καταγραφεί.

Για την πραγματοποίηση της μελέτης, χρησιμοποιήθηκε ο τοπογραφικός χάρτης των Γρεβενών, κλίμακας 1:50.000, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.), καθώς και ο αντίστοιχος γεωλογικός χάρτης του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.).

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε λογισμικό των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.) και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα MapInfo 9.0. Ψηφιοποιήθηκε το συνολικό υδρογραφικό δίκτυο και οι επιμέρους λεκάνες απορροής πάνω στον τοπογραφικό χάρτη. Ακόμα, ψηφιοποιήθηκαν τα τεκτονικά στοιχεία της περιοχής πάνω στον γεωλογικό χάρτη.

Για την κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου (DEM) και των χαρτών κατανομής των υπολογιζόμενων μορφομετρικών παραμέτρων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Vertical Mapper 3.0. Το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου προέκυψε από τα δεδομένα του προγράμματος Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), ενώ χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος παρεμβολής τριγωνισμού μέσω εξομάλυνσης (triangulation with smoothing).

Οι μορφομετρικές παράμετροι που υπολογίστηκαν για το υδρογραφικό δίκτυο είναι ο συντελεστής διακλάδωσης R_b και ο λόγος του μήκους των κλάδων RL .

Οι μορφομετρικές παράμετροι που υπολογίστηκαν για τις λεκάνες απορροής είναι η υδρογραφική πυκνότητα (D_u), η υδρογραφική συχνότητα (F_u) και ο λόγος επιμήκυνσης (E_r).

.

8.1 Γενικά

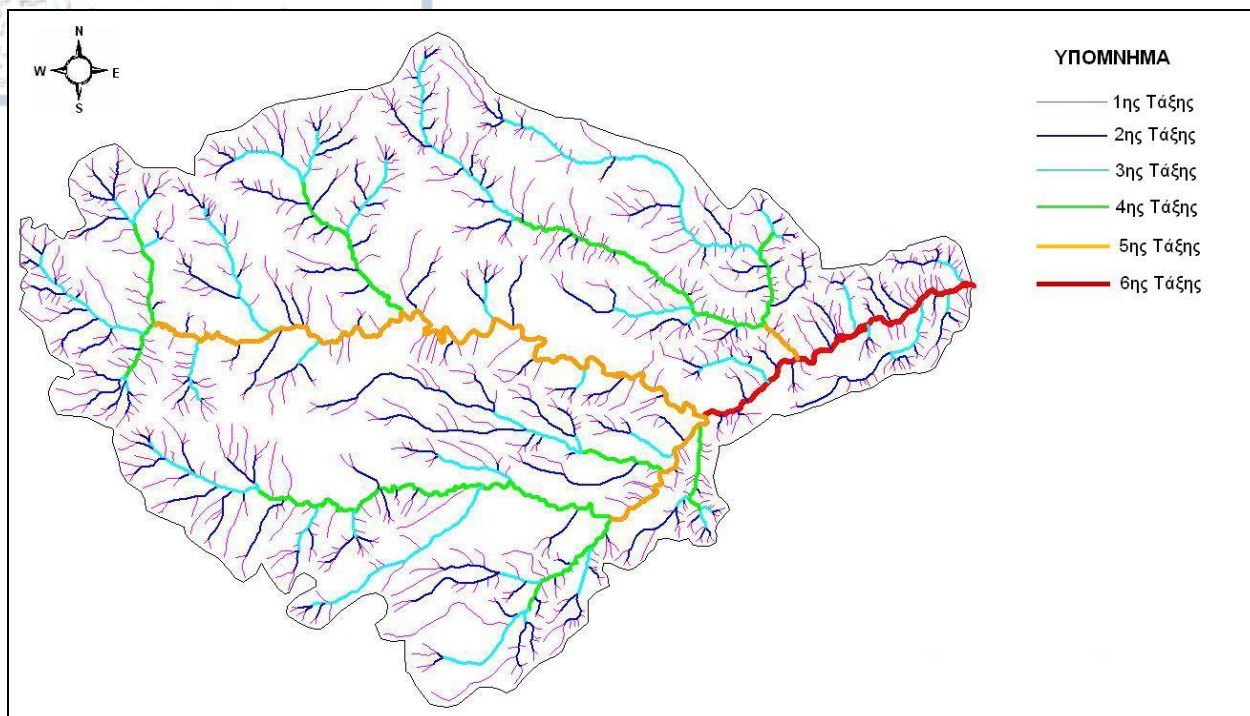
Η μελέτη ενός υδρογραφικού δικτύου περιλαμβάνει τόσο την ποιοτική, όσο και την ποσοτική ανάλυσή του. Η ποιοτική ανάλυση πραγματοποιείται με τον καθορισμό της μορφής του δικτύου, η οποία μπορεί να είναι το συνδυασμένο αποτέλεσμα διάφορων παραγόντων, όπως γεωλογικών, τεκτονικών, κλιματολογικών κ.α. Η ποσοτική 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 9.0. Η ψηφιοποίηση έγινε στο τοπογραφικό χάρτη των Γρεβενών, κλίμακας 1 :50.000, της Γ.Υ.Σ.

Στη συνέχεια καθορίστηκε η μορφή του υδρογραφικού δικτύου, όπως αυτή απεικονίζεται στον τοπογραφικό χάρτη των Γρεβενών και έπειτα υπολογίστηκαν μορφομετρικές παράμετροι τόσο για το συνολικό υδρογραφικό δίκτυο, όσο και για τις επιμέρους λεκάνες απορροής. Ακόμα, προσδιορίστηκε η επίδραση που ασκεί η τεκτονική και η γεωλογία της περιοχής, στην ανάπτυξη και την εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου.

8.2 Ποιοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου - Μορφή υδρογραφικού δικτύου

Στη μεγαλύτερη έκταση του το υδρογραφικό δίκτυο (σχήμα 8.1) παρουσιάζει δενδριτική μορφή και πιο συγκεκριμένα κατά τον Howard (1967, από Αστάρια 1980), υποδενδριτική μορφή, με την ακανόνιστη διακλάδωση των παραποτάμων προς διάφορες κατευθύνσεις. Επίσης, στο νοτιοανατολικό μέρος της λεκάνης, το δίκτυο παρουσιάζει παράλληλη μορφή, γεγονός που υποδεικνύει ένα υψηλό ανάγλυφο, με μεγάλες μορφολογικές κλίσεις. Η συγκεκριμένη μορφή πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι το δίκτυο ελέγχεται από την τεκτονική δομή της περιοχής.



Σχήμα 8.1: Υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού

8.3 Ποσοτική ανάλυση υδρογραφικού δικτύου

8.3.1 Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου

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

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αρίθμησης κατά Strahler, 1952 (από Σωτηριάδη και Ψιλοβίκο, 1984), σύμφωνα με την οποία: Ρεύματα τα οποία δεν δέχονται νερό από μικρότερους κλάδους ρευμάτων ονομάζονται 1ης τάξεως. Η ένωση δύο κλάδων πρώτης τάξης δημιουργούν έναν κλάδο 2ης τάξεως. Σύνδεση δύο κλάδων 2ης τάξεως δημιουργεί έναν κλάδο 3ης τάξης κ.ο.κ. Σε περίπτωση σύνδεσης δύο κλάδων διαφορετικής τάξης, ο κλάδος που προκύπτει χαρακτηρίζεται με την τάξη του κλάδου μεγαλύτερης τάξης από τους δύο που συνδέονται.

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

Εφαρμόζοντας την παραπάνω μέθοδο αρίθμησης για το υδρογραφικό δίκτυο του Γρεβενίτη ποταμού, προέκυψαν τα εξής : 1 κλάδος 6ης τάξης, 3 κλάδοι 5ης τάξης, 9 κλάδοι 4ης τάξης, 44 κλάδοι 3ης τάξης, 221 κλάδοι 2ης τάξης και 915 κλάδοι 1ης τάξης. (Πίνακας 8.1).

Τάξεις Κλάδων	6 ^{ης}	5 ^{ης}	4 ^{ης}	3 ^{ης}	2 ^{ης}	1 ^{ης}
Αριθμός Κλάδων	1	3	9	44	221	915

Πίνακας 8.1: Αριθμός κλάδων του υδρογραφικού δικτύου ανά τάξη κλάδων.

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 τις επιμέρους λεκάνες απορροής.

8.3.2. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου

Οι μορφομετρικές παράμετροι που υπολογίστηκαν για το υδρογραφικό δίκτυο είναι ο συντελεστής διακλάδωσης **Rb** και ο λόγος του μήκους των κλάδων **RL**. Ο συντελεστής διακλάδωσης **Rb**, ορίζεται ως ο λόγος μεταξύ του αριθμού των κλάδων μιας δεδομένης τάξης **N_u**, δια του αριθμού των κλάδων της επόμενης τάξης **N_(u+1)**. Ο λόγος του μήκους των κλάδων **RL**, ορίζεται ως ο λόγος του μέσου μήκους των κλάδων μιας δεδομένης τάξης ρεύματος **L_u**, δια του μέσου μήκους των κοιτών της αμέσως προηγούμενης τάξης **L_(u-1)** (Horton, 1945, από Βουβαλίδη 2004).

Έπειτα, εφαρμόστηκαν ο πρώτος και δεύτερος νόμος της υδρογραφικής σύνθεσης, όπως διατυπώθηκαν από τον Horton (1945). Η διατύπωση του πρώτου νόμου (Νόμος του αριθμού των κλάδων) (από Σωτηριάδη & Ψιλοβίκο, 1984) είναι η εξής : *Ο αριθμός των διαδοχικώς μικρότερων τάξεων κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, τείνει να σχηματίζει μια αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας πρώτος όρος είναι η μονάδα (ο απλός κλάδος μέγιστης τάξης) και λόγος, ο λόγος διακλαδώσεως Rb.*

Η μαθηματική έκφραση του νόμου αυτού είναι:

$$N_u = Rb^{(K-u)}$$

όπου,

N_u= ο αριθμός ρευμάτων τάξης **u**

K = η μέγιστη τάξη

u = η ζητούμενη τάξη

Rb= ο λόγος διακλάδωσης, που δίνεται από τη σχέση: **Rb = N_u/N_{u+1}**

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

Ο δεύτερος νόμος του Horton (νόμος του μήκους των κλάδων, τροποποιημένος από τον Brescae, 1959, από Αστάρα, 1980) διατυπώνεται ως εξής : *Τα αθροιστικά μέσα μήκη των διαδοχικά μεγαλύτερων τάξεων των κλάδων ενός υδρογραφικού*

δικτύου, τείνουν να σχηματίζουν μία αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας πρώτος όρος είναι το μέσο μήκος των κλάδων πρώτης τάξης και λόγος, ο λόγος του μήκους R_l .

Ο νόμος αυτός εκφράζεται από τη σχέση :

$$\sum \bar{L}_u = \bar{L}_1 * R_L^{(u-1)}$$

όπου,

$\bar{L}_u$: το μέσο μήκος κλάδων εκάστης τάξης.

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

u: η ζητούμενη τάξη κλάδων

RL: ο λόγος του μήκους των κοιτών, που δίνεται από τη σχέση: $R_L(u,u-1) = L_u / L_{u-1}$.

Ο προσδιορισμός των παραπάνω μορφομετρικών παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου, καθώς και η εφαρμογή των δύο νόμων του Horton, πραγματοποιήθηκε για τις λεκάνη απορροής 6ης τάξης. Σκοπός είναι να διαπιστωθεί, αν η ανάπτυξη του δικτύου είναι φυσιολογική.

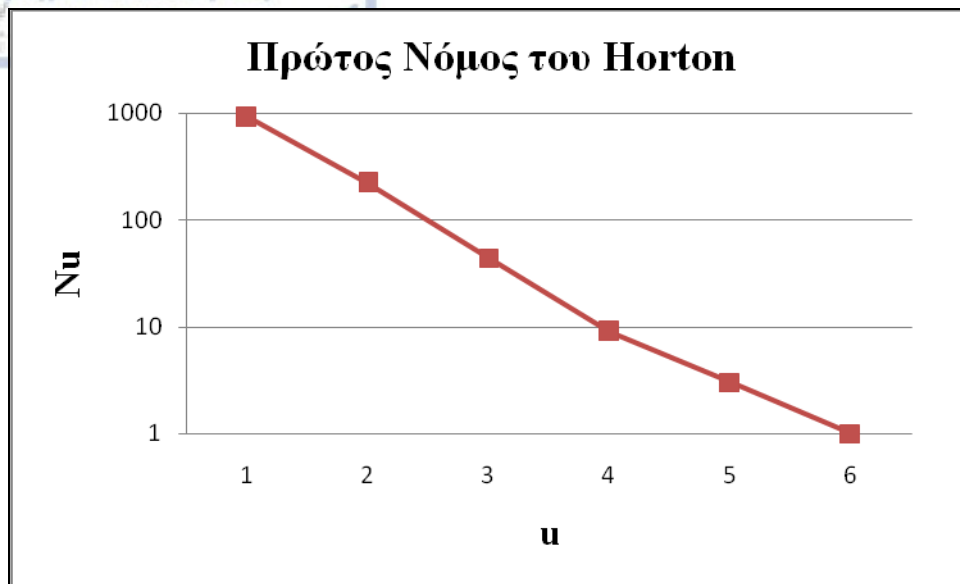
Στη συνέχεια παραθέτονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής ανάλυσης για την λεκάνη 6ης τάξης (σχ. 8.2, 8.3).

Πίνακας 8.2: Εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton και υπολογισμός της μορφομετρικής παραμέτρου R_b της λεκάνης 6ης τάξης.

Λεκάνη 6 ^{ης} Τάξης	1 ^{ος} Νόμος του Horton		
u	Nu	Rb	$\bar{Rb}$
1	915	4.140	4.0106
2	221	5.023	
3	44	4.890	
4	9	3.000	
5	3	3.000	
6	1	-	

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 8.2, η τιμή του R_b εμπίπτει μέσα στα φυσιολογικά όρια ($3 < R_b < 5$), άρα συμπεραίνεται ότι το δίκτυο της λεκάνης 6^{ης} τάξης, έχει αναπτυχθεί φυσιολογικά, δηλαδή δεν έχει επηρεαστεί από κάποια τεκτονική ή άλλη γεωλογική δομή (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984).

Η γραφική απεικόνιση του πρώτου νόμου του Horton παρουσιάζεται στο σχήμα 8.2.



Σχήμα 8.2: Γραφική απεικόνιση του 1ου νόμου του Horton, για τη λεκάνη 6ης τάξης.

Τα ίδια συμπεράσματα εξάγονται και από τη γραφική απεικόνιση του δεύτερου νόμου του Horton που παρουσιάζεται στο σχήμα 8.3. Όπως προκύπτει από αυτό, η μεταβολή του αθροιστικού μέσου μήκους των κλάδων, με τον αριθμό των κλάδων είναι σχεδόν γραμμική. Συνεπώς, το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης, δεν φαίνεται να έχει επηρεαστεί από κάποια γεωλογική δομή.

Πίνακας 8.3: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton και υπολογισμός της μορφομετρικής παραμέτρου RL της λεκάνης έκτης τάξης.

Λεκάνη 6 ^{ης} Τάξης	2 ^{ος} Νόμος του Horton				
u	Lu (km)	$\overline{Lu}$ (km)	$\Sigma \overline{Lu}$ (km)	RL	$\overline{RL}$
1	303.7	0.332	0.332	-	2.374
2	123.1	0.557	0.889	2.678	
3	61.84	1.405	2.294	2.580	
4	35.49	3.943	6.237	2.719	
5	24.01	8.003	14.24	2.283	
6	8.684	8.684	22.924	1.609	



Σχήμα 8.3: Γραφική απεικόνιση του 2ου νόμου Horton, για τη λεκάνη 6ης τάξης.

8.3.3. 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 (Er).

Οι παράμετροι της υδρογραφικής πυκνότητας και υδρογραφικής συχνότητας, αποτελούν αριθμητικές εκφράσεις της υψής 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 ΣLu 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 Km²). (Horton, 1945, Αστάρας, 1980). Τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας μεταξύ 3 έως 4 Km⁻¹, 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 Km⁻¹. Τέλος, υψηλές τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας, μεταξύ 30-50 Km⁻¹, παρατηρούνται σε περιοχές οι οποίες στερούνται φυτικής κάλυψης και έχουν υψηλό ανάγλυφο (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος, 1984). Η υδρογραφική συχνότητα ορίζεται από τον τύπο $Fu = \Sigma Nu / Au$, όπου ΣNu , είναι ο συνολικός αριθμός των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων μιας λεκάνης απορροής και Au το εμβαδόν της λεκάνης απορροής. Οι μονάδες μέτρησης της υδρογραφικής συχνότητας είναι Km⁻² (Horton, 1945, 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 στη 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 (Lb_{max}) ($Er = d / Lb_{max}$)

Η μέγιστη διάσταση της λεκάνης υπολογίζεται παράλληλα προς την κυρίως υδρογραφική γραμμή (κοίτη), όπως αυτή λαμβάνεται από τον τοπογραφικό χάρτη (Schumm, 1956, από Αστάρα, 1980).

Οι παραπάνω μορφομετρικές παράμετροι υπολογίστηκαν για τις λεκάνες απορροής 4ης, 5ης και 6ης τάξης.

8.3.3.1. Ανάλυση της υδρογραφικής πυκνότητας και υδρογραφικής συχνότητας

Από τους υπολογισμούς της υδρογραφικής πυκνότητας (Du) για τις λεκάνες 4ης, 5ης 6ης τάξης, προέκυψε ότι η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου, σε όλη την

έκταση της λεκάνης απορροής του Γρεβενίτη, είναι χαμηλή. Συγκεκριμένα, για τις λεκάνες 4ης τάξης, οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας κυμαίνονται από 2,800 Km^{-1} έως 4,820 Km^{-1} , με μία μέση τιμή 3,412 Km^{-1} . Για τις λεκάνες 5ης τάξης, οι τιμές κυμαίνονται από 2,880 Km^{-1} έως 3,290 Km^{-1} , με μέση τιμή 3,09 Km^{-1} . Τέλος για τη λεκάνη 6ης τάξης, η υδρογραφική πυκνότητα είναι ίση με 3,160 Km^{-1} (Πίνακας 8.4)

Όσο αφορά τις τιμές της υδρογραφικής συχνότητας (F_u), για τις λεκάνες 4ης τάξης, αυτές ποικίλουν από 4,710 Km^{-2} έως 16,360 Km^{-2} , με μέση τιμή 7,996 Km^{-2} , για τις λεκάνες 5ης τάξης, κυμαίνονται από 5,910 Km^{-2} έως 7,900 Km^{-2} , με μέση τιμή 6,600 Km^{-2} και τέλος για τη λεκάνη 6ης τάξης, η τιμή της υδρογραφικής συχνότητας είναι ίση με 6,780 Km^{-2} (Πίνακας 8.4)

Λεκάνες απορροής	$D_u (\text{km}^{-1})$	$F_u (\text{km}^{-2})$
6	3.160	6.780
5.01	3.290	7.900
5.02	2.880	5.990
5.03	3.100	5.910
4.01	3.180	7.800
4.02	3.340	7.830
4.03	3.060	6.890
4.04	3.280	7.910
4.05	3.930	9.110
4.06	3.000	4.710
4.07	2.800	4.970
4.08	3.300	6.390
4.09	4.820	16.360

Πίνακας 8.4: Τιμές υδρογραφικής πυκνότητας (D_u) και υδρογραφικής συχνότητας (F_u) των λεκανών 6ης, 5ης και 4ης τάξης του Γρεβενίτη ποταμού.

8.3.3.2. Ανάλυση του λόγου επιμήκυνσης

Όπως αναφέρθηκε ο λόγος επιμήκυνσης σχετίζεται με τη μορφή και το σχήμα των λεκανών απορροής. Αποτελεί μία σημαντική ποσοτική μορφομετρική παράμετρο, αφού μπορεί να δώσει στοιχεία για την ύπαρξη ή όχι τεκτονικών κινήσεων σε μία 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 μία λεκάνη με ιδανικό σχήμα κύκλου, ενώ η τιμή 0 περιγράφει μία πλήρως επιμηκυσμένη λεκάνη. Τιμές μεταξύ 0,6 έως 0,8 σχετίζονται γενικά με λεκάνες έντονου αναγλύφου και απότομες κλίσεις κλιτύων, ενώ τιμές μεγαλύτερες του 0,8 αναφέρονται σε λεκάνες με χαμηλό ανάγλυφο (Fairbridge, 1968, από Lykoudi&Angelaki, 2004).

Ο λόγος επιμήκυνσης προσδιορίστηκε για τις λεκάνες 4^{ης}, 5^{ης} και 6^{ης} τάξης.

ΛΕΚΑΝΕΣ	Εμβαδόν (km ²)	L _{max} (km)	d	Er
6	176	21.1	14,973	0,710
5.01	35,43	11.1	6,718	0,605
5.02	64,74	15.03	9,081	0,604
5.03	60,55	9.00	8,783	0,976
4.01	15,26	9.8	4,409	0,450
4.02	19,65	9.7	5,003	0,516
4.03	14,36	5.5	4,277	0,778
4.04	6,572	4.1	2,893	0,706
4.05	9,211	2.5	3,425	1,370
4.06	11,24	7.3	3,784	0,518
4.07	28,93	11.1	6,071	0,547
4.08	13,3	5.5	4,116	0,748
4.09	3,056	2.5	1,973	0,789

Πίνακας 8.5: Τιμές λόγου επιμήκυνσης για τις λεκάνες 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης του Γρεβενίτη ποταμού

Όπως παρατηρείται στον πίνακα 8.5, ο λόγος επιμήκυνσης για το μεγαλύτερο ποσοστό των λεκανών του Γρεβενίτη κυμαίνεται μεταξύ 0,6 έως 0,8, γεγονός που αποδεικνύει την ύπαρξη λεκανών με ένα ενδιάμεσο σχήμα και σχετικά έντονο ανάγλυφο.

9. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

9.1 Γενικά

Για την μελέτη της μορφολογίας του Γρεβενίτη ποταμού και για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν τις γεωμορφολογικές διεργασίες, οι οποίες έχουν διαμορφώσει το επιφανειακό ανάγλυφο, πραγματοποιήθηκε ανάλυση αναγλύφου της περιοχής μελέτης, με τη βοήθεια υψομετρικών δεδομένων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM), που προέκυψε από τα δεδομένα του προγράμματος Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Το πρόγραμμα αυτό παράγει ψηφιακά τοπογραφικά δεδομένα, με κάθε σημείο να απέχει από το γειτονικό του απόσταση, περίπου, 90 μέτρων. Βάση των δεδομένων αυτών και με την βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Vertical Mapper, 3.1, κατασκευάστηκε το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου. Για την κατασκευή του κανάβου (grid), χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος παρεμβολής τριγωνισμού μέσω εξομάλυνσης (triangulation with smoothing), στην οποία δημιουργείται ένα σύνολο από τρίγωνα, όπου στις κορυφές του καθενός, αντιστοιχεί και ένα σημείο (Vertical Mapper, tutorial, 2001). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου, με την κατασκευή του χάρτη υψομέτρων, ενώ παράλληλα αναλύθηκε και η πρώτη παράγωγος του υψομέτρου, με την κατασκευή του χάρτη κλίσεων.

Επίσης, για την περαιτέρω ανάλυση της κατανομής του αναγλύφου της λεκάνης, κατασκευάστηκε η υψομετρική καμπύλη και προσδιορίστηκε το υψομετρικό ολοκλήρωμα, για τις λεκάνες απορροής, 6ης, 5ης και 4ης τάξης. Η κατασκευή της υψομετρικής καμπύλης μπορεί να δώσει στοιχεία που αφορούν στην κατανομή της μάζας του αναγλύφου, ενώ το υψομετρικό ολοκλήρωμα αποτελεί ως μαθηματική έκφραση, το εμβαδόν κάτω από την υψομετρική καμπύλη, δίνοντας στοιχεία για το στάδιο απογύμνωσης στο οποίο βρίσκεται μια περιοχή.

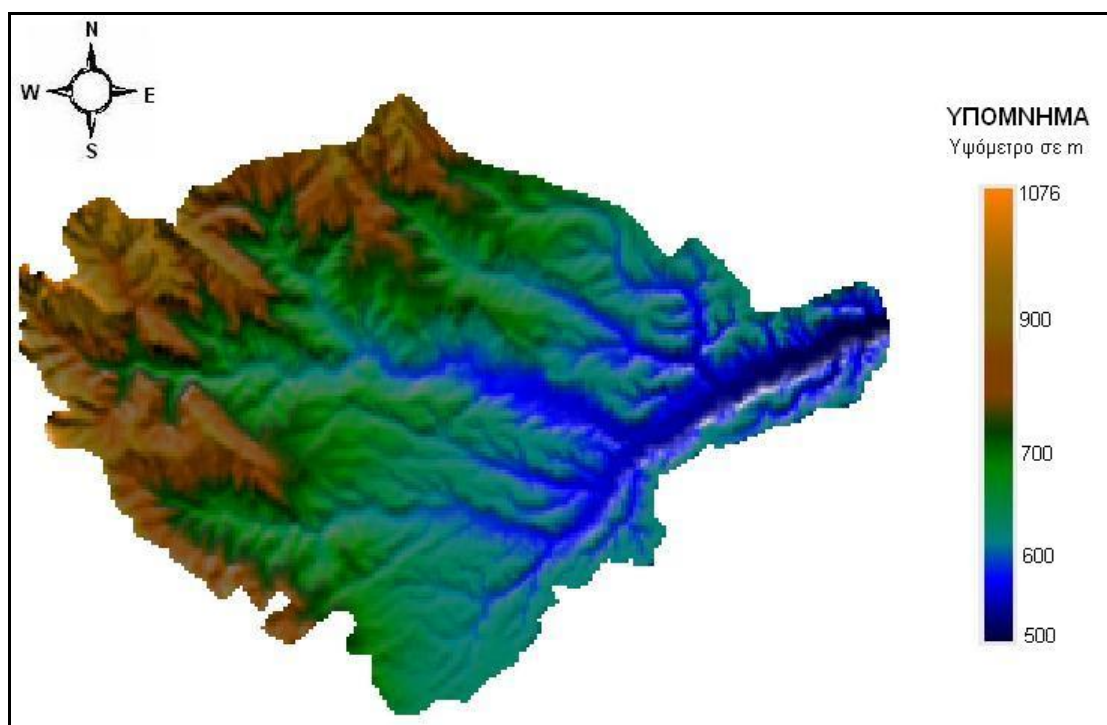
9.2 Ταξινόμηση αναγλύφου

Προκειμένου να χαρακτηριστεί το ανάγλυφο που παρατηρείται στο Γρεβενίτη ποταμού, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ταξινόμησης των υψομέτρων (Dikau 1989, από Παράσχου 2005). Σύμφωνα με την ταξινόμηση αυτή, μία περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ανάλογα με το υψόμετρο που παρουσιάζει πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (πίνακας 9.1).

Υψος από την επιφάνεια της θάλασσας (σε μέτρα).	Χαρακτηρισμός περιοχής
< 150	Πεδινή
150 – 600	Λοφώδης
600 – 900	Ημιορεινή
> 900	Ορεινή

Πίνακας 9.1 : Ταξινόμηση αναγλύφου από τον Dikau (1989). Χαρακτηρισμός του αναγλύφου μιας περιοχής, βάση του υψομέτρου που παρουσιάζει πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Χρησιμοποιώντας το εύρος υψομέτρων του πίνακα 9.1, καθώς και το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM), κατασκευάστηκε ο χάρτης υψομέτρων για το Γρεβενίτη ποταμό. Ο χάρτης υψομέτρων, παρουσιάζεται στο σχήμα 9.1. Επίσης, υπολογίστηκε η έκταση σε Km², καθώς και το ποσοστό της έκτασης που καταλαμβάνει η κάθε περιοχή, ανάλογα με το χαρακτηρισμό που της έχει αποδοθεί (πίνακας 9.2).



Σχήμα 9.1: Χάρτης υψομέτρων της λεκάνης απορροής του Γρεβενίτη ποταμού

Ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας (σε μέτρα).	Χαρακτηρισμός περιοχής	Έκταση σε Km ²	Ποσοστό έκτασης (%)
< 150	Πεδινή	0	0
150 - 600	Λοφώδης	44,5	25,3
600 - 900	Ημιορεινή	121,7	69,1
> 900	Ορεινή	9,8	5,6
ΣΥΝΟΛΟ		176	100

Πίνακας 9.2. : Τύποι αναγλύφου και ποσοστά αυτών, όπως συναντώνται στη λεκάνη απορροής του Γρεβενίτη ποταμού

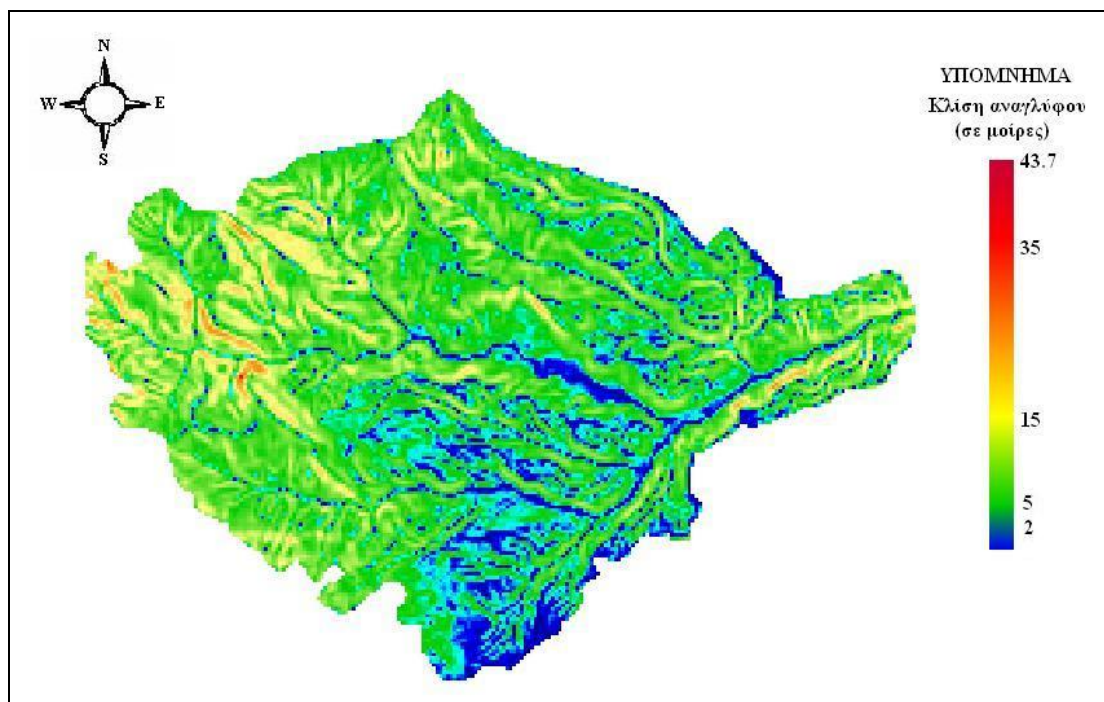
Σύμφωνα με τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του Γρεβενίτη ποταμού, στη μεγαλύτερη έκταση του, χαρακτηρίζεται ημιορεινό (69,1%) έως λοφώδες (25,3%). Οι ορεινές περιοχές, οι οποίες φαίνονται με ανοιχτόχρωμο καστανό χρώμα στο χάρτη των υψομέτρων (σχ. 9.1), παρατηρούνται κυρίως στο Δυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής.

9.3 Κλίση αναγλύφου

Μία σημαντική παράμετρος, για την περαιτέρω ανάλυση του αναγλύφου μιας περιοχής, αποτελεί η κλίση του αναγλύφου. Βάση αυτού, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για το βαθμό διάβρωσης που συντελείται σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Για την ταξινόμηση των κλίσεων της περιοχής μελέτης, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα ταξινόμησης της Διεθνούς Γεωγραφικής Εταιρίας (International Geographical Union/IGU) (Demek, 1972). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, οι τιμές της μέσης κλίσης του αναγλύφου χωρίστηκαν σε έξι ομάδες, οι οποίες χαρακτηρίζουν διαφορετικές επιφάνειες, καθώς και διαφορετικό τρόπο διάβρωσής τους (Demek, 1972, από Κούλα, 2003, Παράσχου, 2005).

Έτσι, τιμές κλίσεων από 0° έως 2° αντιπροσωπεύουν ένα ανάγλυφο επίπεδο έως ελαφρά κεκλιμένο και έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος. Το εύρος αυτό των κλίσεων προσφέρει τις καλύτερες συνθήκες για την καλλιέργεια εκτάσεων με τη βοήθεια μηχανημάτων, ενώ προσφέρεται για κάθε είδος ανθρώπινων κατασκευών (δρόμοι, κτίρια κ.α.). Κλίσεις από 2° έως 5°, δείχνουν ένα ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο, διάβρωση τύπου καλύμματος και έναρξη της αυλακωτής διάβρωσης. Στις κλίσεις αυτές ευνοούνται επίσης, οι ανθρώπινες κατασκευές, ενώ όσο αφορά τις καλλιέργειες προτείνεται η καλλιέργεια κατά μήκος των ισοϋψών. Κλίσεις από 5° έως 15°, φανερώνουν ένα ισχυρά κεκλιμένο ανάγλυφο, όπου λαμβάνουν χώρα κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή διάβρωση. Στο εύρος αυτό των κλίσεων παρατηρούνται σημαντικές δυσκολίες στην κατασκευή υποδομών,

καθώς και στο όργωμα των εκτάσεων. Κλίσεις από 15° έως 35° , αντιπροσωπεύουν ένα απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο, όπου παρατηρούνται έντονες διεργασίες απογύμνωσης, ερπυσμοί εδαφών, λασπορροές, και έντονη αυλακωτή ή γραμμική διάβρωση. Στις κλίσεις αυτές κυριαρχούν οι δασικές εκτάσεις και οι βοσκότοποι. Κλίσεις από 35° έως 55° , δείχνουν ένα απόκρημνο ανάγλυφο, όπου παρουσιάζει ένα πολύ λεπτό ασυνεχές στρώμα εδάφους, και έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος. Τέλος, κλίσεις μεγαλύτερες των 55° , φανερώνουν ένα κάθετο ανάγλυφο, απουσία εδάφους, απογύμνωση πετρωμάτων και κατάρρευση βράχων, ενώ δεν είναι δυνατή η οποιαδήποτε οικονομική χρήση αυτών των περιοχών από τον άνθρωπο. Βάση του συστήματος ταξινόμησης της Διεθνούς Γεωγραφικής Εταιρίας (Demek, 1972) κατασκευάστηκε ο χάρτης κλίσεων για τη λεκάνη του Γρεβενίτη, με τη βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM), ο οποίος φαίνεται στο σχήμα 9.2. Επίσης, προσδιορίστηκε η έκταση σε Km^2 , καθώς και το ποσοστό της έκτασης (%) των περιοχών, που αντιστοιχούν σε κάθε ομάδα κλίσεων, όπως φαίνεται στον πίνακα 9.3.



Σχήμα 9.2: Χάρτης κλίσεων των πρηνών της λεκάνης απορροής, βάση του συστήματος ταξινόμησης της Διεθνούς Γεωγραφικής Εταιρίας (IGU) (Demek 1972).

Εύρος κλίσεων	Έκταση σε Km ²	Ποσοστό έκτασης (%)
0° – 2°	9,15	5,2
2° – 5°	36,25	20,6
5° – 15°	114,58	65,1
15° – 35°	15,84	9
35° – 55°	0,18	0,1
> 55°	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	176	100

Πίνακας 9.3: Έκταση και ποσοστό έκτασης, που αντιστοιχεί σε κάθε ομάδα κλίσεων, όπως αυτά προέκυψαν από το σχήμα 9.2.

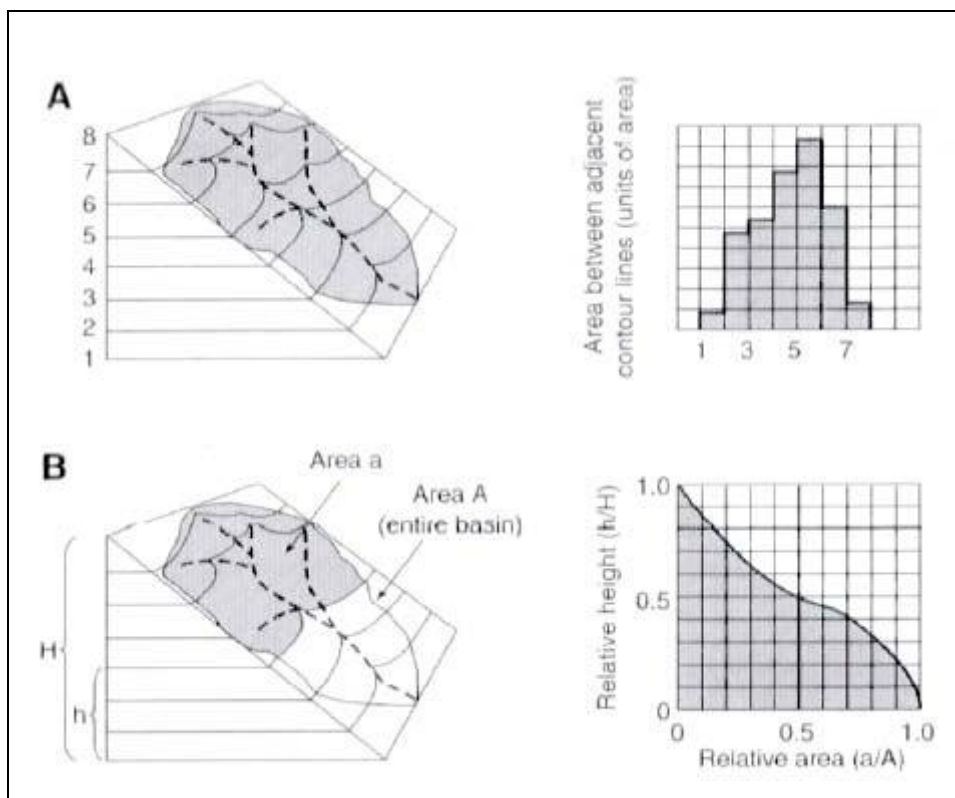
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του πίνακα 9.3, καθώς και το χάρτη κλίσεων του σχήματος 9.2, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα :

- Το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης της λεκάνης απορροής (65.1%) χαρακτηρίζεται από κλίσεις αναγλύφου που κυμαίνονται μεταξύ 5° έως 15°. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την ύπαρξη έντονων διαβρωτικών διεργασιών σε ένα ισχυρά κεκλιμένο ανάγλυφο.
- Ένα σημαντικό ποσοστό της έκτασης της λεκάνης απορροής (20.6%) χαρακτηρίζεται από ένα εύρος κλίσεων 2° – 5° που δείχνουν ένα επίπεδο με ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Οι τιμές αυτές κατανέμονται κυρίως στη βασική κοίτη του υδρογραφικού δικτύου καθώς και στα νότια της λεκάνης απορροής. Παράλληλα, στα ίδια τμήματα, παρατηρούνται και μικρότερες τιμές κλίσεων (0° -2°) σε ποσοστό 5.2%.
- Οι τιμές κλίσεων 15° -35° αντιστοιχούν σε ποσοστό έκτασης 9% και αντιπροσωπεύουν ένα απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο, που χαρακτηρίζεται από έντονες διεργασίες απογύμνωσης και έντονη αυλακωτή ή γραμμική διάβρωση. Οι τιμές αυτές κατανέμονται κυρίως στα δυτικά της λεκάνης απορροής και λιγότερο, επίσης, στα ΝΑ, σε κεντρικά και βόρεια τμήματα της λεκάνης.
- Οι μεγαλύτερες τιμές κλίσεων, από 35° έως 55° παρατηρούνται μόνο στο δυτικό τμήμα της λεκάνης και καταλαμβάνουν πολύ μικρά ποσοστά έκτασης (0.1%), γεγονός που αποδεικνύει ότι οι περιοχές αυτές έχουν υποστεί έντονη απογύμνωση και παρουσιάζουν ένα απόκρημνο ανάγλυφο.
- Τιμές μεγαλύτερες από 55° δεν παρατηρούνται πουθενά, σε όλη την έκταση της λεκάνης απορροής.

9.4 Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα

Η κατανομή των υψομέτρων σε μία υδρολογική λεκάνη μπορεί να εκφραστεί από την υψομετρική καμπύλη. Για την κατασκευή της χρειάζεται ο υπολογισμός του σχετικού υψομέτρου h/H και του σχετικού εμβαδού a/A . Για μία δεδομένη λεκάνη απορροής, το H αποτελεί το τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης (διάφορα υψηλότερου σημείου της λεκάνης από το χαμηλότερο σημείο της) και το h , είναι το ύψος της βάσης κάθε τμήματος από τη βάση της λεκάνης. Το A , αποτελεί το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης και το a , είναι το εμβαδόν της επιφάνειας που βρίσκεται από το υψόμετρο h , μέχρι το ανώτερο σημείο της λεκάνης. (σχ. 3.3). Οι τιμές του λόγου A/a , κυμαίνονται από 1, στο στόμιο της λεκάνης (όπου ο λόγος h/H είναι ίσος με το μηδέν), έως 0.0, στο υψηλότερο σημείο της λεκάνης (όπου ο λόγος h/H είναι ίσος με τη μονάδα) (Keller & Pinter, 2002).

Η χαρτογράφηση των τιμών των λόγων h/H και a/A , δίνει την υψομετρική καμπύλη, η οποία είναι ανεξάρτητη από την κλίμακα του χάρτη, του μεγέθους και του αναγλύφου των λεκανών και για το λόγο αυτό βοηθάει σε συγκριτικές παρατηρήσεις.



Σχήμα 9.3: Υπολογισμός υψομετρικής καμπύλης. (Keller & Pinter, 2002).

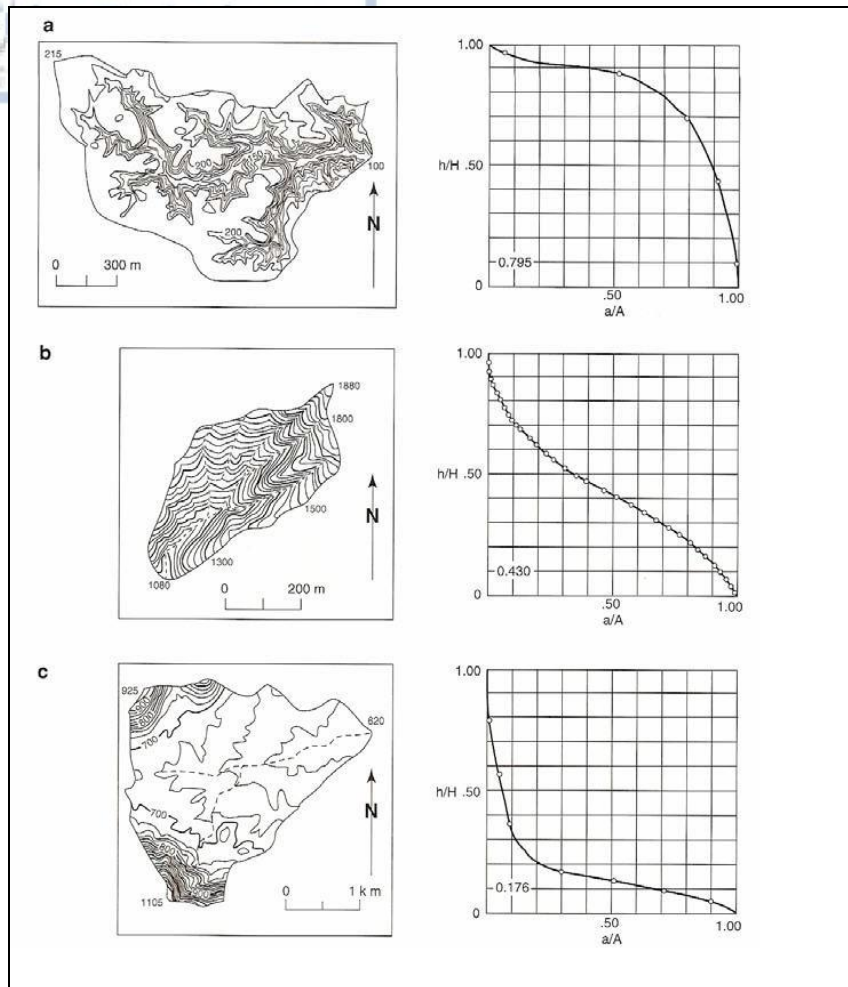
Προκειμένου να χαρακτηριστεί η μορφή μιας υψομετρικής καμπύλης, υπολογίζεται το υψομετρικό ολοκλήρωμα, το οποίο εκφράζει το εμβαδόν που βρίσκεται κάτω από την υψομετρική καμπύλη. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος είναι ο εξής (Keller & Pinter, 2002) :

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

όπου, $\bar{h}$, είναι το μέσο υψόμετρο της λεκάνης, $h_{\min}$, το ελάχιστο υψόμετρο και $h_{\max}$, το μέγιστο υψόμετρο. Οι τιμές του ελάχιστου και μέγιστου υψομέτρου απευθείας από τον τοπογραφικό χάρτη, ενώ οι τιμές του μέσου υψομέτρου μπορούν να υπολογιστούν, είτε από τον μέσο όρο των υψομέτρων 50 στατιστικά τυχαίων σημείων στη λεκάνη, είτε ως η μέση τιμή όλων των υψομέτρων της λεκάνης, χρησιμοποιώντας το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM). Στην παρούσα εργασία οι τιμές του μέσου υψομέτρου υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου.

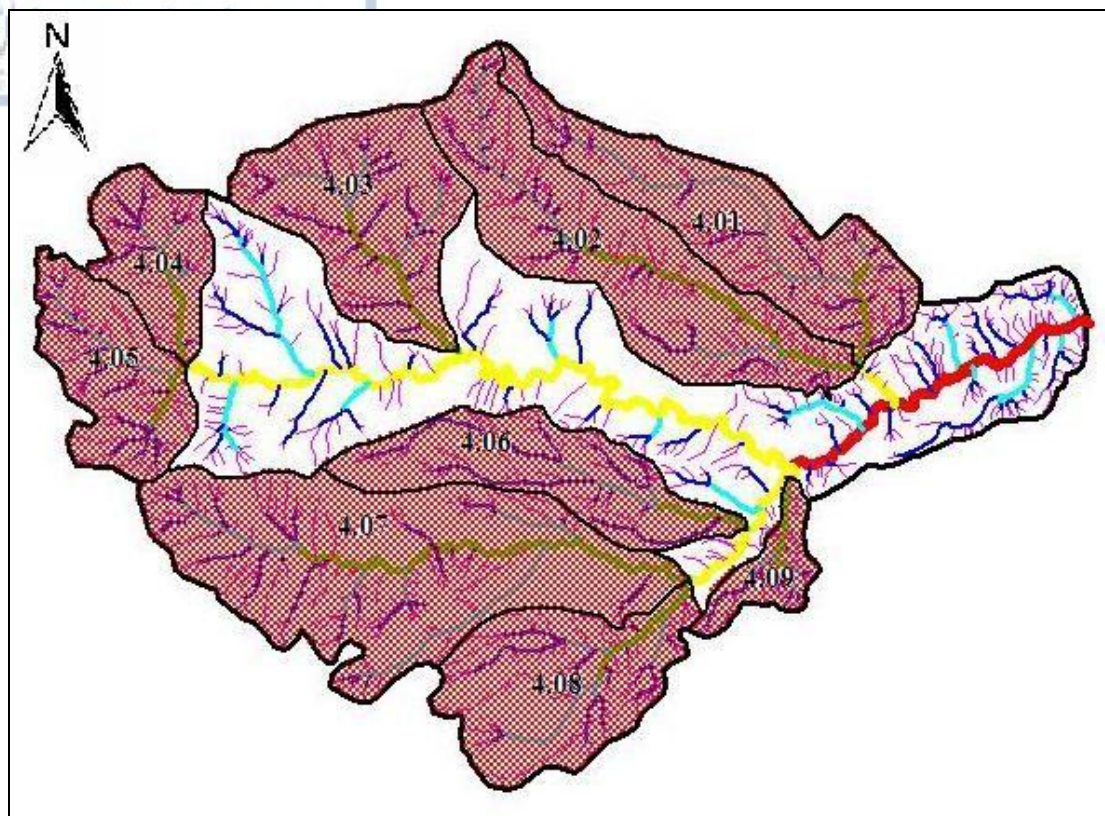
Με βάση τον Strahler (1952, 1957, 1964), η μορφή που παρουσιάζει η υψομετρική καμπύλη καθώς και η τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος, μπορούν να δώσουν στοιχεία για το στάδιο απογύμνωσης στο οποίο βρίσκεται μία λεκάνη απορροής. Έτσι, υψηλή τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος χαρακτηρίζει μία περιοχή που βρίσκεται στο στάδιο της νεότητας, όπου το ανάγλυφο είναι τραχύ και κυριαρχούν οι απότομες και βαθιές κοιλάδες σχήματος V. Μία ενδιάμεση τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος και σιγμοειδής μορφή της υψομετρικής καμπύλης, αναπαριστά ένα ώριμο στάδιο εξέλιξης, όπου οι γεωμορφολογικές διεργασίες βρίσκονται σε μία σχετική ισορροπία. Τέλος, η παρουσία πλατώματος και η χαμηλή τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος, δείχνει ότι η περιοχή βρίσκεται στο στάδιο του γήρατος, όπου κυριαρχούν οι πεπλατυσμένες κοιλάδες, καθώς και ότι η περιοχή χαρακτηρίζεται από τεκτονική αδράνεια, αφού οι διεργασίες διάβρωσης υπερिशχύουν για μεγάλο χρονικό διάστημα των διαδικασιών ανύψωσης (σχ. 9.4).

Η μετάβαση από το στάδιο της νεότητας στο στάδιο ωριμότητας ανταποκρίνεται κατά προσέγγιση σε τιμή υψομετρικού ολοκληρώματος 60 %, ενώ η μετάβαση από το στάδιο της ωριμότητας σε αυτό του γήρατος, ανταποκρίνεται σε τιμή υψομετρικού ολοκληρώματος 35 % (Strahler, 1952, 1957, 1964, από Αστάρα, 1980).

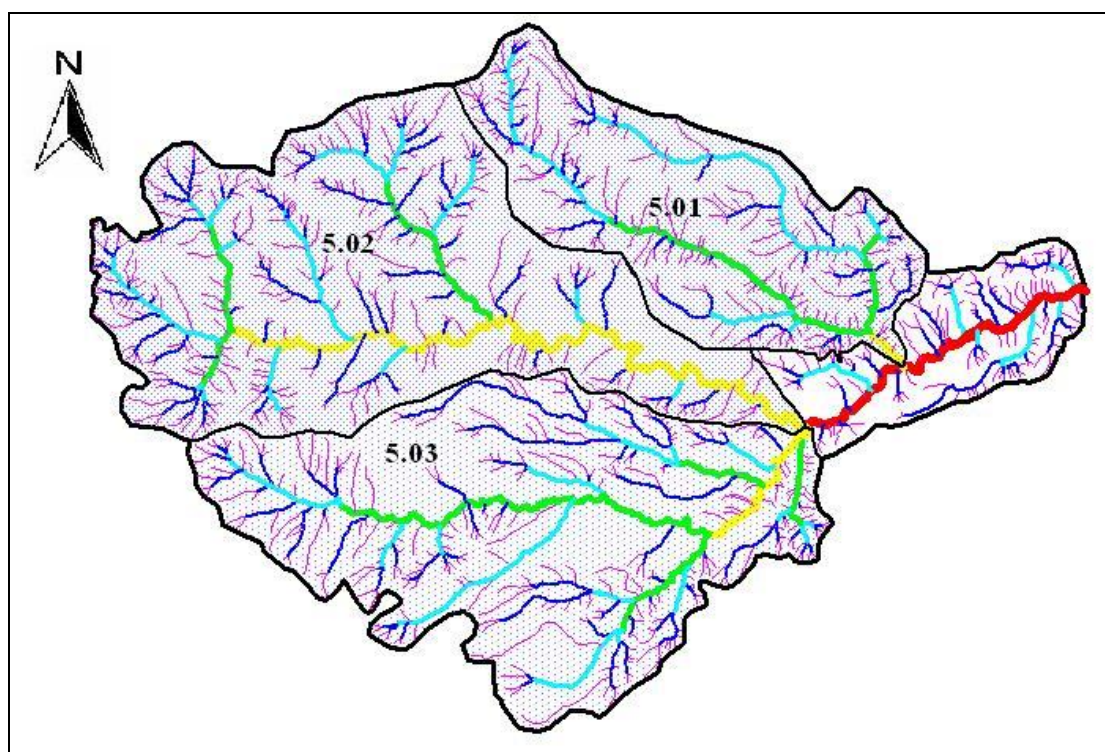


Σχήμα 9.4: Παραδείγματα από τρία διαφορετικά σχήματα υψομετρικής καμπύλης και συνεπώς διαφορετικών τιμών του υψομετρικού ολοκληρώματος. α) Υψηλή τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος, που ανταποκρίνεται στο στάδιο νεότητας, β) ενδιάμεση τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος και σιγμοειδής μορφή της υψομετρικής καμπύλης, που δείχνουν ένα ώριμο στάδιο εξέλιξης και γ) χαμηλή τιμή υψομετρικού ολοκληρώματος, που ανταποκρίνεται στο στάδιο γήρατος (Keller & Pinter, 2002).

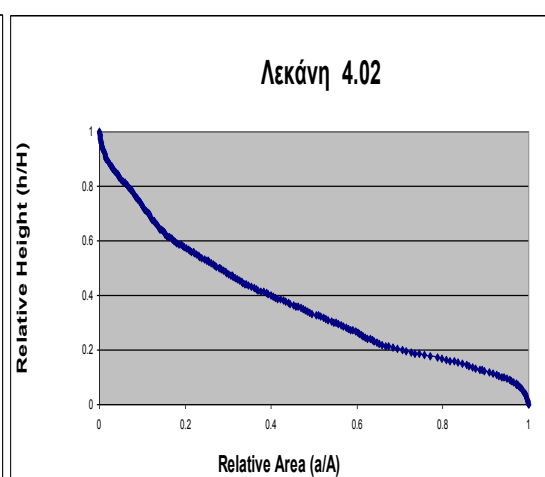
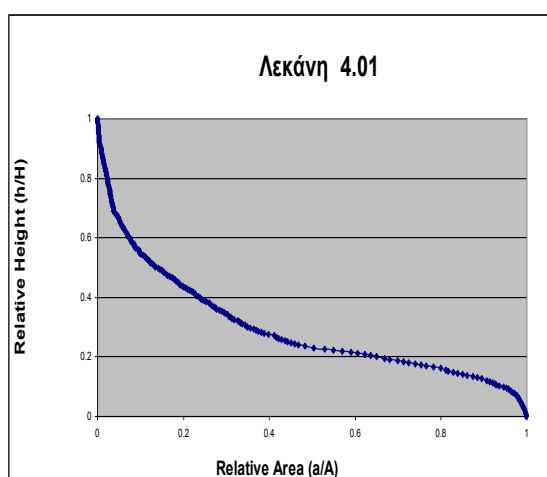
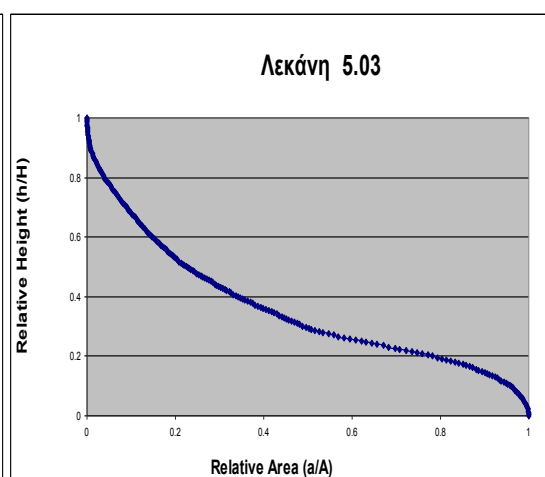
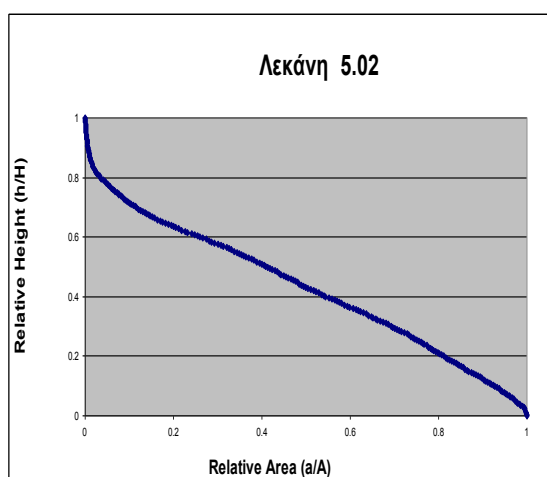
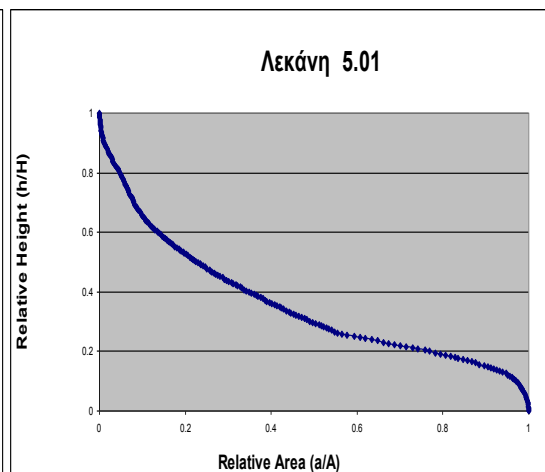
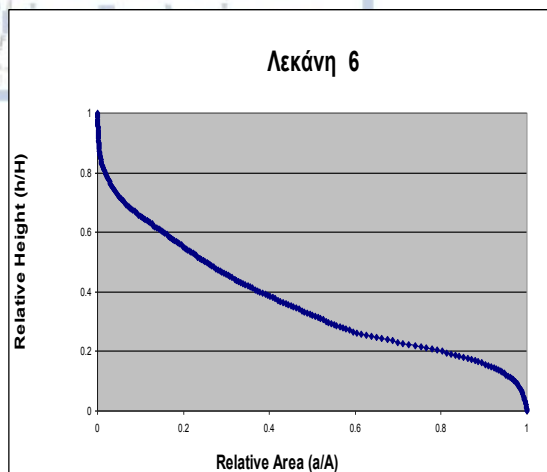
Σύμφωνα με τα παραπάνω, πραγματοποιήθηκε η κατασκευή των υψομετρικών καμπύλων, καθώς και ο υπολογισμός του υψομετρικού ολοκληρώματος των λεκανών απορροής 6ης, 5ης και 4ης τάξης, της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια, παραθέτονται τα αποτελέσματα της υψομετρικής ανάλυσης.

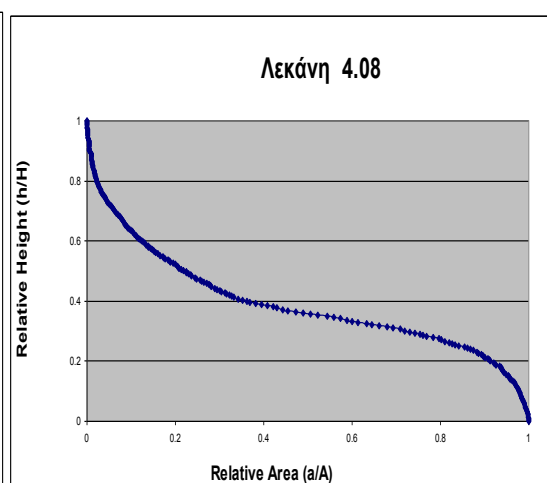
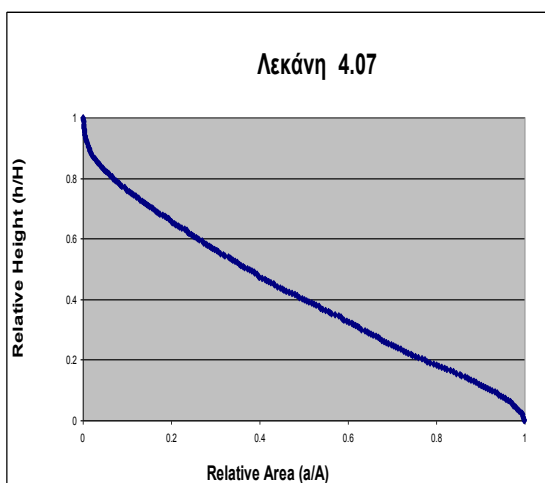
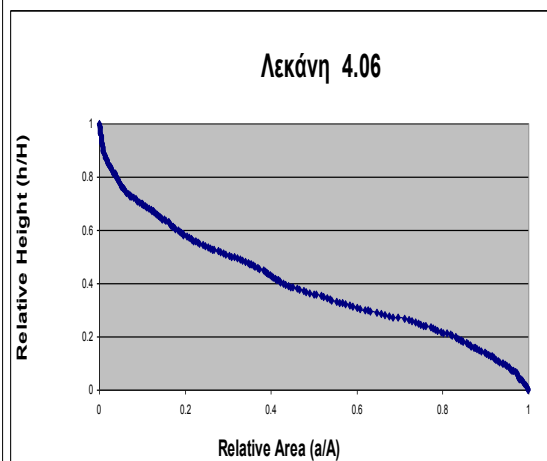
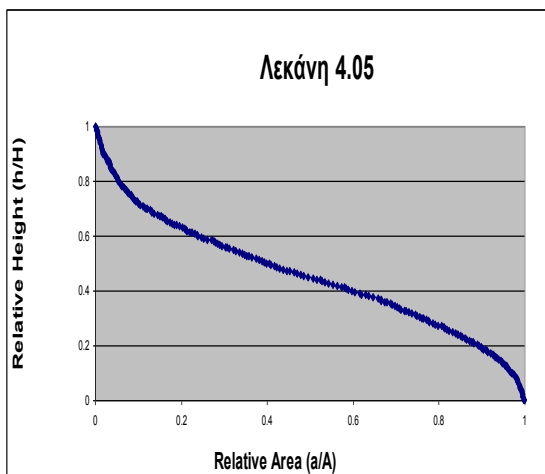
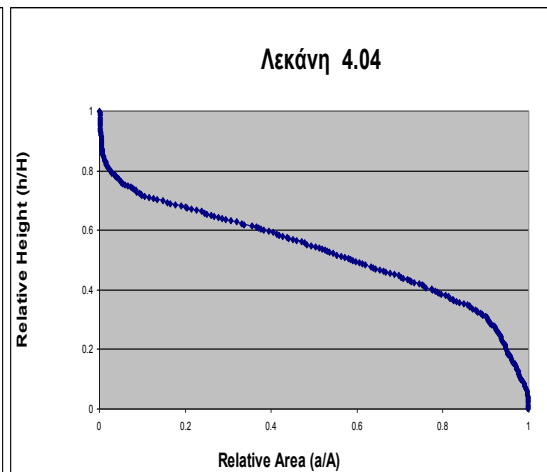
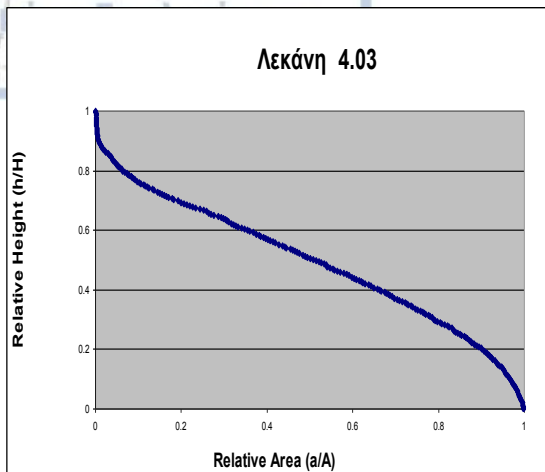


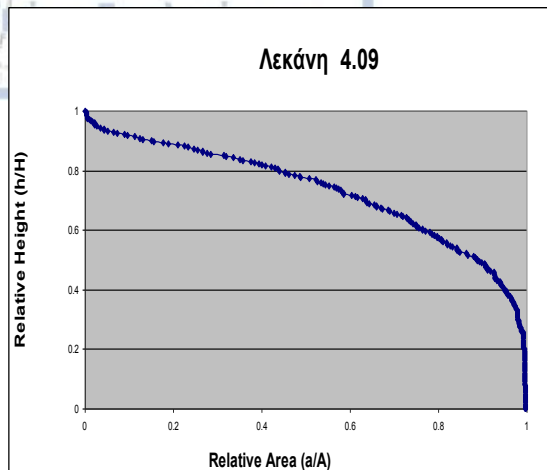
Σχήμα 9.5: Λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης Γρεβενίτη ποταμού



Σχήμα 9.6: Λεκάνες απορροής 5^{ης} τάξης Γρεβενίτη ποταμού







Σχήμα 9.7: Υψομετρικές καμπύλες των λεκανών απορροής του Γρεβενίτη ποταμού

Όπως έχει αναφερθεί, η μορφή της υψομετρικής καμπύλης, δίνει στοιχεία για τον τρόπο με τον οποίο κατανέμεται η μάζα του αναγλύφου, μέσα σε μία λεκάνη απορροής. Από την παρατήρηση των υψομετρικών καμπύλων του σχήματος 9.7, προκύπτει το συμπέρασμα, ότι η λεκάνη του Γρεβενίτη παρουσιάζει ένα σαφώς ώριμο ανάγλυφο. Πιο συγκεκριμένα, η λεκάνη 4.01 βρίσκεται σε ένα προχωρημένο στάδιο εξέλιξης, όπου η διάβρωση του ρέοντος ύδατος έχει προχωρήσει και έχει δημιουργήσει πεπλατυσμένες και με μικρές κλίσεις κλιτύων κοιλάδες, αντίθετα η λεκάνη 4.09 παρουσιάζει υψηλή τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος, που ανταποκρίνεται στο στάδιο νεότητας. Οι υπόλοιπες λεκάνες παρουσιάζουν ένα ώριμο στάδιο εξέλιξης, όπου οι γεωμορφολογικές διεργασίες έχουν φτάσει σε μία σχετική ισορροπία, ενώ οι κοιλάδες είναι λιγότερο απότομες στις κλιτύς τους.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του υψομετρικού ολοκληρώματος για τις συγκεκριμένες λεκάνες (πίνακας 9.4). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συμφωνούν με τα παραπάνω συμπεράσματα. Έτσι, η λεκάνη 4.01 παρουσιάζει τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος μικρότερη του 35%, γεγονός που αποδεικνύει ότι η λεκάνη αυτή βρίσκεται σε ένα στάδιο προχωρημένης ωριμότητας. Η λεκάνη 4.09 παρουσιάζει τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος 73,19%, δηλαδή βρίσκεται στο στάδιο νεότητας. Οι υπόλοιπες λεκάνες του Γρεβενίτη, παρουσιάζουν τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος που κυμαίνονται μεταξύ 35% και 60 %, φανερώνοντας ένα ώριμο στάδιο εξέλιξης.

Πίνακας 9.4: Τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος (Hi) των λεκανών απορροής 6ης, 5ης και 4ης τάξης, του Γρεβενίτη ποταμού.

ΛΕΚΑΝΕΣ	H max (m)	H min (m)	H mean (m)	Εμβαδόν (km ²)	Hi	Hi%
6	1075,71	465,492	690,733	176	0,36911563	36,91
5.01	971,806	501,397	670,732	35,43	0,35997398	36,00
5.02	1075,71	517,276	758,863	64,74	0,43261513	43,26
5.03	928,797	514,614	664,154	60,55	0,36104814	36,10
4.01	957,084	520,286	650,354	15,26	0,29777609	29,78
4.02	971,806	519,919	690,158	19,65	0,37672914	37,67
4.03	958,388	586,205	771,119	14,36	0,49683623	49,68
4.04	1074,2	712,5	903,345	6,572	0,5276334	52,76
4.05	1075,71	715,18	880,434	9,211	0,45836408	45,84
4.06	801,695	531,778	639,343	11,24	0,39851139	39,85
4.07	928,797	551,218	710,713	28,93	0,42241491	42,24
4.08	754,591	549,804	630,503	13,3	0,3940631	39,41
4.09	616,292	519,405	590,314	3,056	0,73187321	73,19

Βάση των παραπάνω μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής του Γρεβενίτη παρουσιάζει ώριμο ανάγλυφο. Εξαιρέση αποτελούν οι λεκάνες 4.01 και 4.09, όπου η πρώτη παρουσιάζει προχωρημένη ωριμότητα ενώ η δεύτερη βρίσκεται στο στάδιο νεότητας.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για τη μελέτη της του υδρογραφικού δικτύου και της μορφολογίας της λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού, αναλύθηκαν τα γεωλογικά, τα υδρογραφικά και τα υψομετρικά δεδομένα της λεκάνης. Οι παραπάνω αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση κατάλληλων λογισμικών προγραμμάτων και μεθοδολογιών, οι οποίες επιβεβαίωσαν παλαιότερες υπαίθριες παρατηρήσεις που έγιναν στην περιοχή μελέτης.

Όσο αφορά τη λιθολογική σύσταση, η περιοχή της λεκάνης απορροής του Γρεβενίτη ποταμού αποτελεί τμήμα της Μεσοελληνικής Αύλακας, όπου εμφανίζονται τα μολασσικά ιζήματα (εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών και άλλων ιζηματογενών πετρωμάτων). Στα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης (ανατολικό τμήμα) τα μολασσικά ιζήματα καλύπτονται από τις Πλειοπλειστοκαινικές και Ολοκαινικές αποθέσεις.

Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται η παρακάτω γεωλογική δομή : 1) Μολασσικά ιζήματα σειράς Τσοτυλίου που είναι κυρίως λιμναίας φάσης με επίδραση όμως και της ποταμοχειμάριας μεταφοράς και ιζηματογένεσης, πρόκειται για εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών και κυανότεφων – λευκότεφων μαργών μικρού πάχους. Η ηλικία της σειράς αυτής είναι Ανωτέρου Ακουϊτανίου - Βουρδιγαλίου (Κάτω Μειόκαινο) και το συνολικό πάχος της σειράς ανέρχεται στα 2.200 m 2) Μολασσικά ιζήματα σειράς Πενταλόφου που είναι κυρίως θαλάσσιας φάσης με επίδραση όμως και της ποταμοχειμάριας μεταφοράς και ιζηματογένεσης. Η ηλικία της σειράς αυτής είναι Ακουϊτανίου (Κάτω Μειόκαινο) και το συνολικό πάχος της σειράς ανέρχεται στα 4.000 m. 3) Πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα, ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις σε αναβαθμίδες με χαλαρά κροκαλοπαγή, κυανές – υποπράσινες αργίλους, άμμους, χαλαρούς ψαμμίτες με ποικίλη κοκκομετρία και κροκαλοπαγή και ερυθρές αργίλους στα υψηλότερα τμήματα αυτών. Υπέρκεινται ασύμφωνα των μολασσικών σχηματισμών και το εκτιμώμενο συνολικό πάχος τους δεν ξεπερνά τα 200 m. 4) Ολοκαινικές αλλουβιακές αποθέσεις μικρού πάχους (σύγχρονες προσχώσεις) που αποτελούνται από ασύνδετα κυρίως υλικά και εμφανίζονται στις κοίτες του ποταμού Γρεβενίτη και των υδρορρεμάτων της περιοχής καθώς επίσης και στις χαμηλότερες μορφολογικά επιφάνειες (άμμοι ποικίλης κοκκομετρίας, άργιλοι, χαλίκια)

Για τη μελέτη της υδρογραφίας της λεκάνης, αναλύθηκε το συνολικό υδρογραφικό δίκτυο και οι επιμέρους λεκάνες απορροής. Στη μεγαλύτερη έκταση του το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει δενδριτική μορφή και πιο συγκεκριμένα κατά τον Howard υποδενδριτική μορφή, με την ακανόνιστη διακλάδωση των παραποτάμων προς διάφορες κατευθύνσεις. Επίσης, στο νοτιοανατολικό μέρος της

λεκάνης, το δίκτυο παρουσιάζει παράλληλη μορφή, γεγονός που υποδεικνύει ένα υψηλό ανάγλυφο, με μεγάλες μορφολογικές κλίσεις.

Από την εφαρμογή των δύο νόμων του Horton (νόμος του αριθμού των κλάδων και νόμος του μήκους των κλάδων), προέκυψε ότι το δίκτυο στο σύνολό του, με κάποιες λίγες εξαιρέσεις, παρουσιάζει μία ομαλή ανάπτυξη, χωρίς να φαίνεται να έχει επηρεαστεί από κάποια γεωλογική ή άλλη δομή.

Η ανάλυση των επιμέρους λεκανών απορροής του υδρογραφικού δικτύου, έγινε με τον προσδιορισμό ορισμένων μορφομετρικών παραμέτρων αυτών και συγκεκριμένα, της υδρογραφικής πυκνότητας (Du), της υδρογραφικής συχνότητας (Fu) και του λόγου επιμήκυνσης (Er).

Οι τιμές των παραμέτρων της υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας κυμαίνονται γενικά σε χαμηλά επίπεδα. Ο τρόπος με τον οποίο κατανέμονται οι τιμές της υδρογραφικής συχνότητας είναι αποτέλεσμα της λιθολογίας, της κατανομής του αναγλύφου, καθώς και της διαμόρφωσης της εδαφικής κάλυψης.

Οι τιμές του λόγου επιμήκυνσης για το μεγαλύτερο ποσοστό των λεκανών του Γρεβενίτη κυμαίνεται μεταξύ 0,6 έως 0,8, γεγονός που αποδεικνύει την ύπαρξη λεκανών με ένα ενδιάμεσο σχήμα και σχετικά έντονο ανάγλυφο.

Από την κατασκευή της υψομετρικής καμπύλης και τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος, που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της ανάλυσης του μορφολογικού αναγλύφου της περιοχής, προκύπτει το συμπέρασμα, ότι η λεκάνη του Γρεβενίτη παρουσιάζει ένα σαφώς ώριμο ανάγλυφο.

Επίσης, για την μελέτη του μορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων και πιο συγκεκριμένα των υψομέτρων και των κλίσεων. Διαπιστώνεται ότι το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του Γρεβενίτη ποταμού, στη μεγαλύτερη έκταση του, χαρακτηρίζεται ημιορεινό έως λοφώδες. Ορεινές περιοχές παρατηρούνται κυρίως στο Δυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης της λεκάνης απορροής (65.1%) χαρακτηρίζεται από κλίσεις αναγλύφου που κυμαίνονται μεταξύ 5° έως 15° . Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την ύπαρξη έντονων διαβρωτικών διεργασιών σε ένα ισχυρά κεκλιμένο ανάγλυφο. Ενώ ένα σημαντικό ποσοστό της έκτασης της λεκάνης απορροής (20.6%) χαρακτηρίζεται από ένα εύρος κλίσεων 2° – 5° που δείχνουν ένα επίπεδο με ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Οι τιμές αυτές κατανέμονται κυρίως στη βασική κοίτη του υδρογραφικού δικτύου καθώς και στα νότια της λεκάνης απορροής.

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BALAFUTIS, X. (1977): Beitrag zur klimatischen Erforschung des Klimas in Mazedonien und West-Thrakien (Orig. griechisch). – Phd – Thesis, Thessaloniki.
- BRUNN, J. (1956) : Contribution a l' etude geologique du Pinde septentrionale et d'une partie de la Macedoine occidentale. Ann. Geol. Pays Hellen.
- DEMEK, J., 1972, Manual of detailed geomorphological mapping, International Geographical Union.
- DIKAU, R. (1989): The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems, edited by Jonathan Raper, Chapter 5, London New York Philadelphia.
- HORTON, R., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins : hydrophysical approach to quantitative morphology, Geol. Soc. Amer. Bull.
- KELLER AND PINTER, 2002, Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape. Second edition, Prentice – Hall, Inc., New Jersey.
- LIVADAS, G. (1976): Das Klima von Griechenland (Orig. griechisch). Thessaloniki.
- MOUNTRAKIS, D., PAVLIDES, S., ZOUROS, N., ASTARAS, TH. AND CHATZIPETROS A. (1998) : Seismic fault geometry and kinematics of the 13 May 1995 Western Macedonia Greece) earthquake. J. Geodynamics, Elsevier Science Ltd, Great Britain, Vol. 26, No 2-4
- MOUNTRAKIS, D., PAVLIDES, S., ZOUROS, N., CHATZIPETROS, A., AND KOSTOPOULOS D. (1995, 1996) : The 13 May 1995 Western Macedonia (Greece) earthquake. Preliminary results on the seismic fault geometry and kinematics, XV Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, Seismicity of the Carpatho-Balkan region, Proceedings
- SCHUMM, S. (1956): Evolution of drainage systems and slopes in the badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc. Amer. Bull.,
- STRAHLER, A. N., 1952, 'Hypsometric (are - altitude) analysis of erosional topography', Bulletin Geolog. Societ. Americ.
- VAMVAKA, A., KILIAS, A. AND MOUNTRAKIS D. (2004): Geometry and structural evolution of the Mesohellenic Trough. A new approach. 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Structural Geology, Stratigraphy and Tectonics of the Eastern Mediterranean, Proceedings, Vol. 1
- Vertical Mapper Spatial Analysis and Display Software, 2001, Tutorial, Northwood Technologies Inc. and Marconi Mobile Limited Canada.
- ANKO AE (1992): Μελέτη ανάπτυξης και διαμόρφωσης της κοίτης του ποταμού Γρεβενίτη, Γεωλογική και υδρολογική μελέτη, Κοζάνη.
- ΑΣΤΑΡΑΣ, Θ., 1980, Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ. Πλευρών του όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία), Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ, Κ., 2004, Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα εκδόσεων, Πανεπιστημιακό τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη

- ΚΟΜΝΗΝΑΚΗΣ Π.Ε., ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ Β.Κ. (1986): A catalogue of earthquakes in the Aegean and the surrounding area. "Publ. of the Geophys. Lab., Arist. Univ. Of Thessaloniki"
- ΚΟΥΛΑΣ, Ν., 2004, Φυσικό περιβάλλον και στοιχεία διαχείρισης του χειμάρρου Οlynθίου της Χαλκιδικής, Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1985): Γεωλογία της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ Η. ,2005 , Συμβολή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της υδρολογικής λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού Νομού Γρεβενών. Θεσσαλονίκη.
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β. (1978): Εισαγωγή στη Γεωφυσική, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β.Κ. και ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ Α.Κ. (1989): Οι Σεισμοί της Ελλάδας. Εκδόσεις Ζήτη.
- ΠΑΡΑΣΧΟΥ, Θ., 2005, Η γεωμορφολογική εξέλιξη της κοιλάδας του Ίναχου ποταμού της Φθιώτιδας, παραπόταμου του Σπερχειού ποταμού, Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.
- ΠΑΥΛΙΔΗΣ Β. Σ. 2003, Γεωλογία των σεισμών, εισαγωγή στη νεοτεκτονική, μορφοτεκτονική και παλαιοσεισμολογία, University studio press, Θεσσαλονίκη.
- ΠΕΧΛΙΒΑΝΙΔΟΥ Σ., 2007, Η γεωμορφολογία της νήσου Σκύρου και η επίδρασή της στις χρήσεις γης, Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Α. & ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α., 1984, Ασκήσεις Γεωμορφολογίας, Α.Π.Θ., Υπηρεσία δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.
- ΥΠΕΧΩΔΕ (2003): Μελέτη του Περιφερειακού Πλαισίου Χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, Αθήνα.
- ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Π.Μ., ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ Β.Κ. (1995): Μελέτη της σεισμικότητας της περιοχής της Δυτικής Μακεδονίας (περιοχή Κοζάνης – Γρεβενών). ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.