

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ Υδρολογικό Ισοζύγιο της Λεκάνης Απορροής της λίμνης Καστοριάς ”

Μπέλλα Ελένη (Α.Ε.Μ. 3892)



Επιβλέπων καθηγητής : Βουδούρης Κωνσταντίνος

Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2014

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ Υδρολογικό Ισοζύγιο της Λεκάνης Απορροής της λίμνης Καστοριάς ”

Μπέλλα Ελένη (Α.Ε.Μ. 3892)

Επιβλέπων καθηγητής : Βουδούρης Κωνσταντίνος

Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2014

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
FACULTY OF SCIENCES
SCHOOL OF GEOLOGY

UNDERGRADUATE DIPLOMATIC THESIS

“ Hydrologic Equation in the Basin of lake Kastoria ”

Bella Eleni (S.S.N. 3892)

Scientific coordinator : Voudouris Konstantinos

Thessaloniki, March 2014

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ABSTRACT	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	13
1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	13
1.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	13
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	15
2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	15
2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ.....	19
2.3 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	19
2.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	20
3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	23
3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	23
3.1.1 Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά της ορεινής και πεδινής περιοχής μελέτης.....	24
3.1.2 Γεωμορφές που σχηματίστηκαν στην περιοχή μελέτης.....	26
3.2 Η ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ.....	32
3.2.1 Η ταυτότητα της λίμνης	32
3.2.2 Δημιουργία της λίμνης.....	38
3.2.3 Η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς	38
3.3 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	39
3.3.1 Γενικά.....	39
3.3.2 Ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης.....	40
3.3.3 Εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στη λίμνη.....	51
3.3.4 Κινήσεις υδάτων.....	52
4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	56
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	56
4.2 Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	60
4.2.1. Πελαγονικό υπόβαθρο.....	60
4.2.2 Πελαγονική ζώνη.....	61
4.2.3 Μεσοελληνική Αύλακα	64

4.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	71
4.4 ΤΕΚΤΟΟΡΕΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	71
4.5 ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ.....	73
5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΚΛΙΜΑ	75
5.1 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ.....	75
5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ.....	76
5.3 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ	82
5.3.1 Κατανομή των βροχοπτώσεων	88
5.3.2 Σχέση ύψους βροχόπτωσης και υψομέτρου.....	86
5.3.3 Προσδιορισμός του όγκου νερού από βροχόπτωση.....	87
5.4 Η ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ.....	92
5.4.1 Προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής.....	91
5.5 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ.....	94
5.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ.....	98
5.7 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ.....	99
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	105

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στον Τομέα Γεωλογίας, του τμήματος Γεωλογίας, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Την επίβλεψη της εργασίας είχε ο επίκουρος καθηγητής Υδρογεωλογίας, Α.Π.Θ., κ. Κωνσταντίνος Βουδούρης. Θεωρώ υποχρέωση μου να του εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για το ενδιαφέρον θέμα που μου ανέθεσε και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δίνοντας μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στο συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα. Τον ευχαριστώ επίσης για το χρόνο που διέθεσε συμβάλλοντας με τις γνώσεις του και την καθοδήγηση του, στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καλό μου φίλο και συνάδελφο, Κωνσταντίνο Δαγκλή για τη συμπαράσταση και τη βοήθεια που μου προσέφερε σε θέματα χρήσης ηλεκτρονικών προγραμμάτων καθώς και για τις υποδείξεις και τις επισημάνσεις που έκανε συνεισφέροντας στην αρτιότητα της εργασίας.

Κλείνοντας, ευχαριστώ ειλικρινά, την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου Απόστολο και Βασιλική, για την αμέριστη ηθική και οικονομική τους στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των μαθητικών και ακαδημαϊκών μου σπουδών και τους ευγνωμονώ που στέκονται πάντα δίπλα μου τόσο στις επιτυχίες, όσο και στις αποτυχίες, δίνοντας μου την ελπίδα και τη δύναμη να συνεχίσω να προσπαθώ για το καλύτερο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς είναι ο ποταμός Αλιάκμονας, που διαρρέει όλη την έκταση του. Τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού, αποτελεί η υδρολογική λεκάνη της Καστοριάς η οποία περιλαμβάνει την περιοχή που περικλείεται μεταξύ των ορεινών όγκων του ΒΔ Άσκιου και του ΝΔ Βέρνου.

Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής της Καστοριάς ανέρχεται σε 263,6 km² από τα οποία περίπου τα 30 km² καταλαμβάνονται από τη λίμνη της Καστοριάς, στην οποία λίμνη εκβάλλουν εννέα υδατορέματα που αποτελούν τις υπολεκάνες απορροής, της λεκάνης της Καστοριάς. Η λίμνη της Καστοριάς βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος Β 40° 31 και γεωγραφικό μήκος Α 21° 18 με μέσο απόλυτο υψόμετρο στάθμης 629 m. Θεωρείται ρηχή λίμνη με μέγιστο βάθος 9 m και μέσο βάθος 4,5 m.

Η διαμόρφωση της λεκάνης της Καστοριάς ξεκίνησε από το μέσο Μειόκαινο. Η δημιουργία της λίμνης είναι αποτέλεσμα της προοδευτικής βύθισης της λεκάνης. Κατά το Πλειστόκαινο η επιφάνεια της λίμνης υπέστη σύντμηση και από τότε μέχρι σήμερα διατηρείται ως υπολειμματική μορφή.

Οι γεωμορφές που συναντώνται στην περιοχή είναι δελταϊκά ριπίδια, αλλουβιακοί κώνοι απόθεσης, άνω Πλειστοκαινικές και μέσο Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες, εγκλιωτισμένες κοίτες, κρημνοί, απόκρημνες ακτές και επιφάνειες επιπέδωσης.

Στη γεωλογική δομή της περιοχής μετέχουν κυρίως μεταμορφωμένα και ανθρακικά πετρώματα στις ορεινές περιοχές ενώ στις πεδινές περιοχές συναντώνται μολασσικά ιζήματα και αλλουβιακές αποθέσεις. Οι σχηματισμοί αυτοί ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη, στην Υποπελαγονική και στη Μεσοελληνική αύλακα.

Το κλίμα της περιοχής είναι ηπειρωτικό με ψυχρούς χειμώνες, ζεστά καλοκαίρια και μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 12,5 °C.

Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για τη λεκάνη απορροής της Καστοριάς έδειξε ότι ο συνολικός όγκος των υδάτων που εισρέουν στη λίμνη ανέρχεται σε 78.400.000 m³ από τα οποία τα 20.100.000 m³ προέρχονται από τις βροχοπτώσεις και τα 58.300.000 m³ απορρέουν επιφανειακά και υπόγεια. Ο συνολικός

όγκος των εκροών από τη λίμνη ανέρχεται σε 80.300.000 m³, από τα οποία τα 23.200.000 m³ αντιστοιχούν στην εξάτμιση από τη λίμνη και τα 57.100.000 m³ στον όγκο των υδάτων που εκρέουν μέσω του ρέματος "Γκιόλι".

ABSTRACT

Basic hydrographic feature of the prefecture of Kastoria is the river Aliakmon, flowing through the whole extend of the prefecture. Part of the river basin is the catchment area of Kastoria, which includes the area enclosed, between the mountainous masses of NW Askion and SW Vernon.

The area of the basin of Kastoria is 263,6 km², of which about 30 km² occupied by the lake of Kastoria, which nine streams flow into her and consists the sub-basins of the basin of Kastoria. The lake of Kastoria is located at latitude N 40°31' and longitude A 21°18' with an absolute altitude level at 629 m. She is considered as a shallow lake with a maximum depth of 9 m and an average depth of 4,5 m.

The configuration of the basin of Kastoria, started from the middle Miocene. The creation of the lake is the result of the progressive immersion basin. During the Pleistocene, the surface of the lake was decreased and since then maintained as a residual form.

The landforms of the area are mostly deltaic fans, alluvial drop cones, upper Pleistocene and middle Pleistocene fluvial terraces, encased plains, cliffs, rugged coastlines and surface leveling.

The geological structure of the area includes mainly metamorphic and carbonate rocks in the highlands areas and molasse sediments and alluvial deposits in the lowlands areas. Theses formations belong to Pelagonian zone, as well as to the Pelagoniki zone and Mesohellenic groove.

The climate of Kastoria region is characterized as continental, with cold winters, hot summers and an average annual temperature of about 12,5 °C.

The estimation of the parameters of the hydrological balance for the catchment area of Kastoria, showed that the total volume of water flowing into this area, amounts to 78.400.000 m³, of which 20.100.000 m³ comes from the rainfalls and the amount of 58.300.000 m³ resulting surface and groundwater. The total volume of outflow waters from the lake is 80.300.000 m³, of which 23.200.000 m³ correspond evaporation from

the lake and 57.100.000 m³ represent the volume of water flowing through the stream named "Gioli" .

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την ανάλυση του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς, η οποία βρίσκεται στην ομώνυμη πόλη.

Με βάση τον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου έγινε προσπάθεια εκτίμησης των παραμέτρων του κύκλου του νερού για την περιοχή της λίμνης Καστοριάς, η οποία εκτίμηση θα βοηθήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που πέφτει και στη συνέχεια χάνεται λόγω του φαινομένου της εξατμισιδιαπνοής, με τις ποσότητες υδάτων που απορρέουν επιφανειακά και με εκείνες που κατεισδύουν ενισχύοντας τους υπόγειους υδροφορείς, καθώς και την ποσότητα των υδάτων που εκρέουν από τη λίμνη μέσω του ρέματος που ονομάζεται "Γκίολι".

Επιπλέον στα πλαίσια της εργασίας μελετήθηκε το κλίμα της περιοχής, έγινε εκτενής αναφορά στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής μελέτης καθώς επίσης και στη γεωλογία της περιοχής, στηριζόμενη στην υπάρχουσα βιβλιογραφία.

1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Για την πραγματοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες ποιοτικοί μέθοδοι έρευνας όπως η συλλογή πληροφοριών με επίσκεψη στην Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Καστοριάς και συνομιλία με τον περιβαλλοντολόγο του Δήμου Καστοριάς, κ. Γαργάλα Στέργιο, καθώς επίσης και συλλογή πληροφοριών από τη Νομαρχία Καστοριάς. Επιπλέον πληροφορίες συλλέχθηκαν από την Κεντρική Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης, από τη Δημοτική Βιβλιοθήκη Άργους Ορεστικού και τέλος από το διαδίκτυο.

1.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Ο υπολογισμός του υδρολογικού ισοζυγίου βασίστηκε στην εκτίμηση των παραμέτρων που συνδέονται μεταξύ τους με τον τύπο:

$$P = I + R + E$$

Όπου :

P = ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = πραγματική εξατμισιδιαπνοή

R = επιφανειακή απορροή

I = κατείδυση

Για την εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου υπολογίστηκαν οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται, χρησιμοποιώντας τις μεθοδολογίες που κρίθηκαν σε κάθε περίπτωση κατάλληλες. Η πρώτη παράμετρος που παίζει και σημαντικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο είναι ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη. Χρησιμοποιήθηκαν βροχομετρικά δεδομένα πέντε βροχομετρικών σταθμών. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε η εξίσωση της βροχοβαθμίδας και βάση των ισουέτιων καμπυλών υπολογίστηκε ο όγκος των κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς.

Η επόμενη παράμετρος του υδρολογικού ισοζυγίου είναι η εξατμισιδιαπνοή. Η εξατμηση από την επιφάνεια της λίμνης βρέθηκε βασιζόμενη σε μετρήσεις από το εξατμισίμετρο του σταθμού Καστοριάς. Ο προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής υπολογίστηκε στηριζόμενη στην εφαρμογή του τύπου του Turc.

Ο υπολογισμός της απορροής θεωρήθηκε ως άγνωστη παράμετρος και τελικά υπολογίστηκε από την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου.

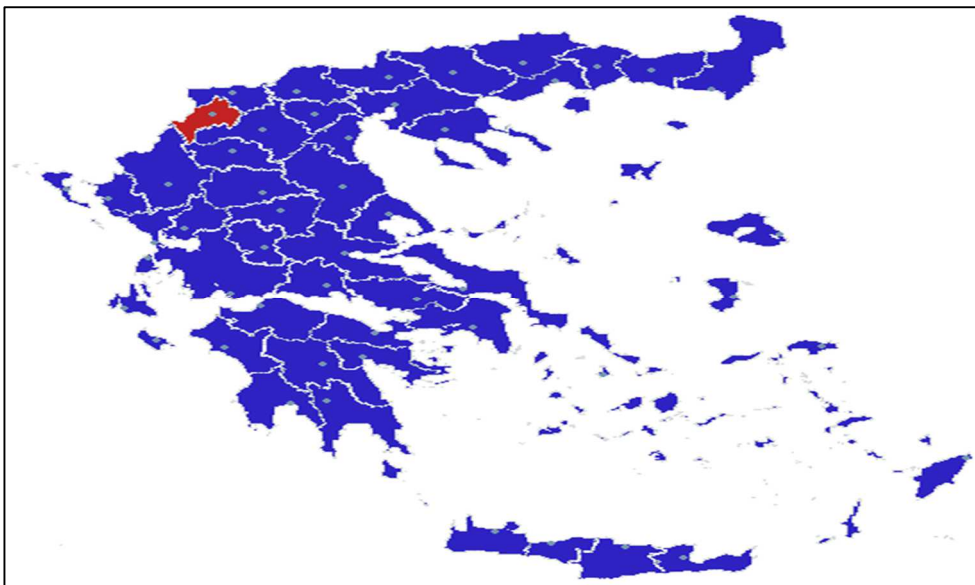
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η πόλη της Καστοριάς βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα της Ελλάδας και είναι πρωτεύουσα του ομώνυμου νομού. Βρίσκεται στο δυτικό άκρο της Δυτικής Μακεδονίας. Ο νομός Καστοριάς είναι κυρίως ορεινός, αφού από τα 1.685 km² της επιφάνειάς του μόνο τα 209 είναι πεδινά. Στα δυτικά υψώνεται η οροσειρά της Βόρειας Πίνδου (κορυφές Γράμμος, Κιάφα, Σούφλικας και νοτιότερα Επάνω Αρένα, Κάτω Αρένα και Μπουχέτσι) που καθορίζει τα όρια του νομού με το νομό Ιωαννίνων. Ανατολικότερα και παράλληλα προς τη Βόρεια Πίνδο υψώνεται το Βόιο με τις κορυφές Ψωριάρικα (1.441 m), Άσπρη Πέτρα (1.528 m), Πύργος (1.758 m), Παλιοκρίμινι (1.805 m) κ.ά. Οι βορειότερες κορυφές του Γράμμου με τις ονομασίες Γκούμπελ και Μπανταρός, μαζί με μία από τις βορειότερες κορυφές του Βοΐου, την Αλεβίτσα (1.585 m), καθορίζουν τα όρια του νομού με την Αλβανία, ενώ στο βόρειο τμήμα υψώνονται οι νότιες κορυφές του Τρικλαρίου, Όρλοβο (1.715 m) και Μπούτσι (1.776 m). Στα ανατολικά υψώνεται το Βέρνο ή Βίτσι (Τσούκα, 1.679 m) και στα νότια οι νότιες κορυφές του Ασκίου (ή Σινιάτσικου), που αποτελείται από κρυσταλλικά πετρώματα και ανήκει κυρίως στο νομό Καστοριάς, στον οποίο βρίσκονται και οι κορυφές του, Κάστρο Ζώτα (1.413 m), Μορίκι (1.655 m), Κορησός (1.386 m) και Βογατσικό (1.361 m). Μεταξύ Βέρνου και Ασκίου σχηματίζονται τα στενά της Κλεισούρας, απ' όπου διέρχεται η οδική αρτηρία Καστοριάς -Φλώρινας. Ανάμεσα στους ορεινούς όγκους σχηματίζεται μια ψιλή λεκάνη, το οροπέδιο της Ορεστιάδας ή Καστοριάς, που αποτελεί το βορειότερο τμήμα της Μεσοελληνικής αύλακας.

Φυσικός υδροκρίτης του νομού Καστοριάς είναι το Βόιο μαζί με τον Γράμμο και τις κορυφές του (Κιάφα, Σούφλικα). Στα δυτικά αυτής της γραμμής όλα τα νερά της βροχής καταλήγουν στο Ιόνιο πέλαγος ενώ βόρεια και ανατολικά καταλήγουν στον ποταμό Αλιάκμονα, ο οποίος και εκβάλλει στο Αιγαίο πέλαγος. Ο Αλιάκμονας αποτελεί βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς διότι διαρρέει το νομό σε όλη την έκτασή του. Ένα μέρος των επιφανειακών υδάτων της λεκάνης συγκεντρώνεται στα χαμηλότερα σημεία της με αποτέλεσμα το σχηματισμό της λίμνης της Καστοριάς ή Ορεστιάδας, η στάθμη της οποίας βρίσκεται σε υψόμετρο 620

iii. Όταν η λίμνη υπερχειλίζει, τα νερά της αποστραγγίζονται στον Αλιάκμονα. Ο ποταμός και η λίμνη ήταν για μεγάλο χρονικό διάστημα η κύρια πλουτοπαραγωγική πηγή του νομού.



Εικόνα 2.1: Θέση της Καστοριάς στο χάρτη της Ελλάδας



Εικόνα 2.2 : Όρια νομού Καστοριάς

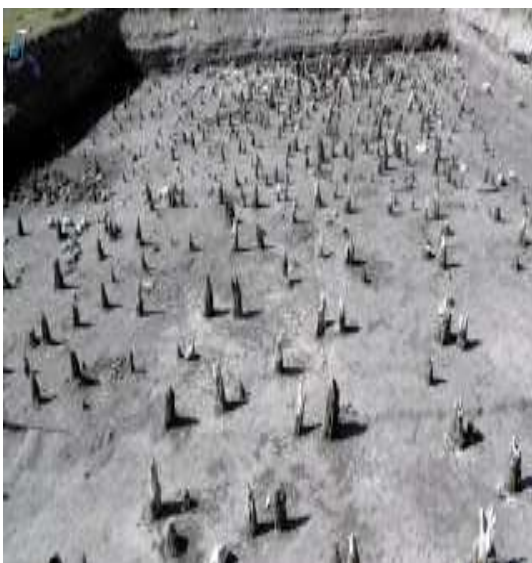
Η πόλη της Καστοριάς είναι χτισμένη στις όχθες της λίμνης, στην ίδια θέση όπου κατά τους προχριστιανικούς χρόνους υπήρχε η πόλη Κέλετρον. Το Κέλετρον κτίστηκε από Αιολείς αποίκους και υπήρξε πρωτεύουσα των Ορεστών Βασιλέων. Μετά την κατάληψη της περιοχής από τους Ρωμαίους το οικιστικό κέντρο της περιοχής μεταφέρθηκε στη Διοκλητιανούπολη, δηλαδή στο σημερινό Άργος Ορεστικό. Κατά τη Βυζαντινή περίοδο η πόλη της Καστοριάς ακμάζει ξανά, οπότε και κτίζεται το ιουστινιάνειο τείχος με σκοπό να την προστατεύει από τους πολλούς και ποικίλους εχθρούς της. Κατά διαστήματα καταλαμβάνεται από Βούλγαρους, Νορμανδούς, Φράγκους, Σέρβους και τέλος από τους Τούρκους. Τη σημερινή πόλη στολίζει ένα πλήθος Βυζαντινών εκκλησιών, κειμηλίων και αρχοντικών τα οποία αποτελούν μάρτυρες της μεγάλης οικονομικής άνθισης που γνώρισε η πόλη κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας.

Στη νότια όχθη της λίμνης και σε απόσταση 8 km έξω από την πόλη της Καστοριάς, βρίσκεται ο λιμναίος οικισμός του Δισπηλιού που αποτελεί και τον πρώτο λιμναίο οικισμό που ανασκάπτεται στην Ελλάδα. Οι ανασκαφές ανέδειξαν πλήθος αρχαιολογικών ευρημάτων που αποκαλύπτουν την ευρύτερη πολιτισμική ανάπτυξη της περιοχής ανά τους αιώνες. Το 1932 που ήταν και χρονιά ξηρασίας ο καθηγητής Α. Κεραμόπουλος επωφελούμενος από τη χαμηλή στάθμη της λίμνης ξεκινάει τις έρευνες του στην περιοχή νότια της λίμνης, όπου βρίσκεται σήμερα το χωριό Δισπηλιό ανακαλύπτοντας πολύ σύντομα την ύπαρξη μεγάλου αριθμού πασσάλων. Τα ευρήματα, τα οποία ήταν κυρίως λίθινα εργαλεία πιστοποιούν ότι εδώ αναπτύχθηκε ένας λιμναίος προϊστορικός οικισμός που χρονολογείται από το 5.500 π.Χ. Αρκετά χρόνια μετά, το 1964, το φαινόμενο της ξηρασίας επαναλαμβάνεται αποκαλύπτοντας πάλι τους πασσάλους, γεγονός το οποίο δίνει την ευκαιρία στον καθηγητή της Αρχιτεκτονικής του Α.Π.Θ., Νικόλαο Μουτσόπουλο να πραγματοποιήσει την τοπογράφιση της περιοχής. Το 1992- 60 χρόνια μετά τον πρώτο εντοπισμό του οικισμού από τον Κεραμόπουλο, τη σκυτάλη παίρνει ο καθηγητής Προϊστορικής Αρχαιολογίας του Α.Π.Θ., Γεώργιος Χουρμουζιάδης που ξεκινάει συστηματική ανασκαφή του χώρου. Από τις ανασκαφές διαπιστώνεται ότι η περιοχή κατοικήθηκε από τη μέση νεολιθική εποχή έως την πρώιμη χαλκοκρατία (5.500-3.500 π.Χ.). Η σκαπάνη του καθηγητή από το 1992, έχει φέρει στο φως πολλά και σημαντικά ευρήματα, τα οποία καταδεικνύουν ότι εδώ και 7.000 χρόνια ο προϊστορικός άνθρωπος της περιοχής κατείχε την τεχνογνωσία να ψαρεύει, να κυνηγάει με πρωτοποριακά για την εποχή όπλα, να καλλιεργεί τη γη με εξελιγμένα εργαλεία και το κυριότερο όλων

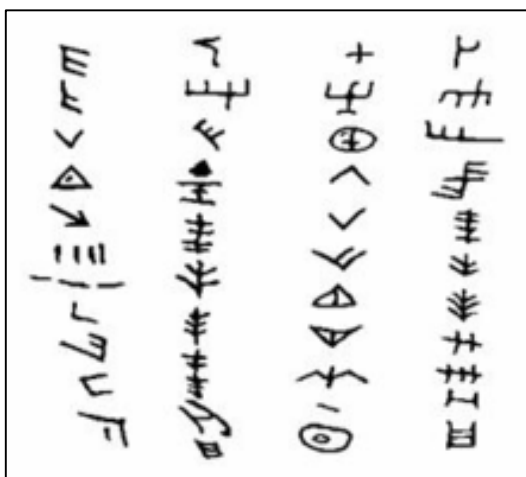
ότι κάλυπτε τις επικοινωνιακές του ανάγκες, χαράσσοντας την πρώιμη γραφή του σε ξύλο. Η γραφή αυτή ηλικίας -5.300 π.Χ.- , παρότι δεν έχει αποκρυπτογραφηθεί ακόμα, τείνει να θεωρηθεί κατά κάποιο τρόπο "προπομπός" της Γραμμικής Α'. Τέλος στα 150 στρέμματα λιμναίας όχθης που καταλαμβάνει ο χώρος των ανασκαφών, με βάση τα αρχαιολογικά ευρήματα, ολοκληρώνεται η διαμόρφωση αρχαιολογικού πάρκου και η φυσική αναπαράσταση μέρους του προϊστορικού οικισμού, με καλύβες, πάνω σε ξύλινες πλατφόρμες μέσα στη λίμνη. Οι καλύβες αυτές διαθέτουν σκεύη οικιακής χρήσης και εργαλεία της εποχής, κάνοντας έτσι πιο ρεαλιστική την απεικόνιση της ζωής στο χώρο αυτό.



Εικόνα 2.3: Σύγχρονη αναπαράσταση των νεολιθικών καλυβών



Εικόνα 2.4: Πάσσαλοι που ήρθαν στο φως κατά τις ανασκαφές



Εικόνα 2.5: Αντιπαράθεση των χαρακτήρων της πινακίδας του Δισπηλιού (1^η στήλη) με τις Γραμμικές γραφές

2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ

Υπάρχουν διάφορες εκδοχές για την προέλευση της ονομασίας της πόλης. Επικρατέστερη θεωρείται η άποψη ότι προήλθε από τους κάστορες που ζούσαν για αιώνες στην περιοχή. Η εξαφάνισή τους από τη λίμνη εικάζεται ότι οφείλεται κυρίως στις μεταβολές των κλιματολογικών συνθηκών κατά τη διάρκεια των αιώνων και προπάντων εξαιτίας της σταδιακής μείωσης των ορμητικών υδάτων από το Βίτσι. Μια ακόμα άποψη για την προέλευση της ονομασίας η οποία όμως είναι και η λιγότερο πιθανή είναι ότι οφείλεται στη λέξη "κάστρον". Τέλος το όνομα της πόλης έχει συνδεθεί και με τον Κάστορα, διότι σύμφωνα με την τοπική μυθολογία αναφέρεται πως χτίστηκε το 840 π.Χ. από τον Κάστορα, αδερφό του Πολυδεύκη, μετά από χρησμό που έλαβε από το Μαντείο των Δελφών.

2.3 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του 2011, ο πληθυσμός του νομού υπολογίζεται σε 51481 κατοίκους, με τους δήμους Καστοριάς και Μακεδνών, που περιβάλλουν τη λίμνη να έχουν 16586 και 2922 κατοίκους, αντίστοιχα.

Η λίμνη είναι άρρηκτα δεμένη με την πόλη της Καστοριάς, διότι αυτή είναι που καθορίζει και τη φυσιογνωμία της πόλης. Επίσης καθοριστικός είναι ο ρόλος της λίμνης στην ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα της πόλης, αφού αποτελεί έναν άμεσο οικονομικό πόρο, με τον τουρισμό στη λίμνη να παρουσιάζει διαρκή ανάπτυξη και την

ίδια να αποτελεί ένα σπουδαίο αλιευτικό κέντρο που η εκμετάλλευση του γίνεται από επαγγελματίες ψαράδες και ερασιτέχνες. Ένα ικανοποιητικό ποσοστό του πληθυσμού της περιοχής μελέτης ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα, τη γεωργία και την κτηνοτροφία, κυρίως στην περιοχή γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς και το οροπέδιο του Άνω Αλιάκμονα. Οι κυριότερες καλλιέργειες είναι τα δημητριακά και κυρίως το σιτάρι. Ένας τομέας που παρουσιάζει συνεχή ανάπτυξη μετά από κάμψη κάποιων ετών και που ήταν ανεπτυγμένος από πολύ παλιά στην Καστοριά, είναι η γουνοποιία που αποτελεί μια σημαντική οικονομική δραστηριότητα. Ένα σημαντικό ποσοστό των κατοίκων απασχολούνται στον τομέα αυτό, υποδηλώνοντας ταυτόχρονα τη σημαντική εξειδίκευση της περιοχής στον κλάδο της γουνοποιίας καθώς και την οικονομική εξάρτηση του νομού από αυτόν. Τέλος η Καστοριά είναι ένας νομός με πλούτο φυσικών πόρων, ενώ στην περιοχή δραστηριοποιείται και η εξορυκτική εταιρεία ΛΑΡΚΟ που στηρίζεται κυρίως στην εξόρυξη νικελίου.

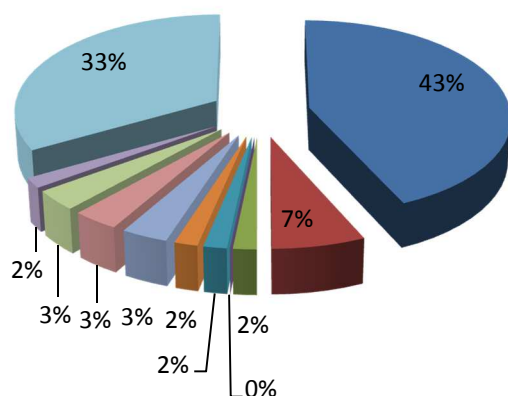
2.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς, καλύπτεται από αγροτικές εκτάσεις και αφορά περίπου το 60%, το 30% περίπου της έκτασης της περιοχής καλύπτεται από δάση και το υπόλοιπο ποσοστό αφορά τους οικισμούς, νερά ή βραχώδεις ακαλλιέργητες εκτάσεις (ΕΣΥΕ, 1991). Η παραλίμνια ζώνη χαρακτηρίζεται κυρίως από καλλιέργειες και βοσκότοπους. Το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιεργούμενων εκτάσεων της περιοχής εμφανίζεται στις παραλίμνιες κοινότητες Μαυροχωρίου, Πολυκάρπης και Δισπηλιού. Στο νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης έχουν ανεγερθεί ξενοδοχειακές μονάδες ενώ στις κοινότητες που βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, εμφανίζονται υψηλά ποσοστά βοσκότοπων αλλά και δασών. Η κατανομή των χρήσεων της γης παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα 2.1 (ΔΠΘ, 1994).

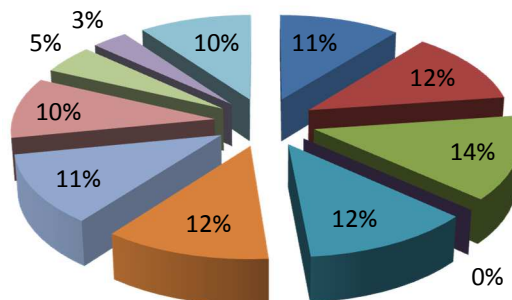
Πίνακας 2.1: Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης ανά λεκάνη απορροής (ΔΠΘ, 1994)

Περιοχή-Υπολεκάνη	Οικισμοί (%)	Γεωργικές εκτάσεις (%)	Βοσκότοποι (%)	Δασικές εκτάσεις(%)
Φουντουκλή	26	2	43	29
Απόσκεπου	4	16	48	32
Βυσσινιά	1	7	55	37
Αγ. Αθανασίου	-	100	-	-
Τοιχιού	1	19	48	32
Μεταμόρφωσης	1	20	47	31
Φωτεινής	2	21	46	31
Ξηροποτάμου	2	32	40	27
Ίστακου	2	66	19	13
Αμπελοκήπων	1	77	13	9
Καστοριάς-Δισπηλιού	20	11	40	28

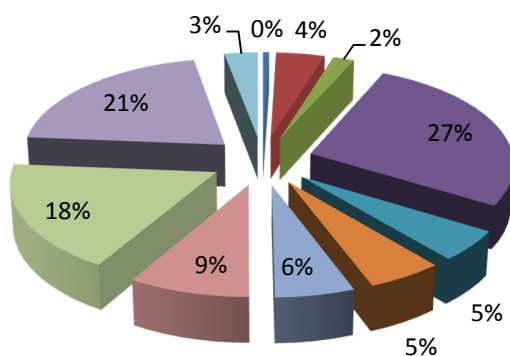
Οικισμοί (%)



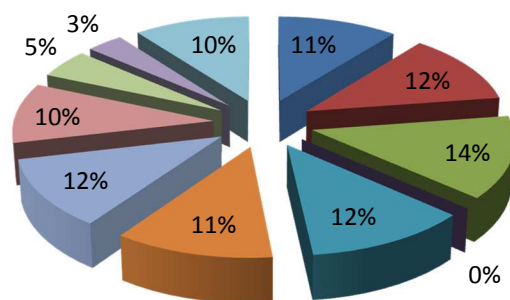
Βοσκότοποι (%)



Γεωργικές Εκτάσεις (%)



Δασικές Εκτάσεις (%)



Σχήμα 2.1: Γραφική απεικόνιση των τιμών του Πίνακα 2.1

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

Η μορφολογία της περιοχής αποτελεί το αποτέλεσμα του συνδυασμού της γεωλογικής δομής, της πρόσφατης τεκτονικής δράσεως και της διαβρωτικής ενέργειας (φυσικής ή χημικής). Η διάβρωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη βαθμιαία εξομάλυνση του αναγλύφου. Παράλληλα η δράση του νερού, το οποίο αποτελεί και τον κυριότερο παράγοντα που συντελεί στη διάβρωση, είναι υπαίτια για τη μεταφορά και απόθεση των προϊόντων της διάβρωσης στις χαμηλότερες περιοχές.

Με βάση τη γεωλογική δομή καθώς και τη σύσταση των πετρωμάτων διακρίνονται τρεις ζώνες διαφορετικού αναγλύφου.

A) Ζώνη ορεινού αναγλύφου (κρυσταλλοσχιστωδών-πλουτωνικών πετρωμάτων)

Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει την ορεινή μάζα του όρους Βέρνου, η οποία αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πλουτωνικά πετρώματα και κατεβαίνει μέχρι τη λίμνη της Καστοριάς. Το ανάγλυφο των πετρωμάτων αυτών παρουσιάζει έντονο κατακόρυφο διαμελισμό κυρίως στις περιοχές που επικρατούν γνεύσιοι και γρανίτες. Επίσης παρουσιάζει και έντονα φαινόμενα διαβρώσεως στις περιοχές που αποτελούνται από φυλλίτες ή σχιστόλιθους.

B) Καρστικό ανάγλυφο (ανθρακικών πετρωμάτων)

Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει την ασβεστολιθική ανάπτυξη του Μεσοζωικού καλύμματος, η οποία εκτείνεται από τα υψώματα Κορησού και Πύργου του Άσκιου όρους μέσω του "Πετρώδους" υψώματος και της χερσονήσου "Κορίτσας" της Καστοριάς, μέχρι ΒΔ στο Τρικλάριο όρος. Χαρακτηριστικό των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης αυτής είναι το έντονα καρστικοποιημένο ανάγλυφο τους και πιο συγκεκριμένα η παρουσία ρωγμών, δολίνων, εγκοίλων, μικροσπηλαίων καθώς και επιφανειών επιπέδωσης.

Το επιφανειακό σύστημα αποστράγγισης είναι αραιό και η απορροή πραγματοποιείται κυρίως με εσωτερική αποστράγγιση. Το αποστραγγιστικό δίκτυο αποτελείται από έναν μικρό αριθμό φαραγγιών και από ένα εσωτερικό δίκτυο αγωγών

και εγκοίλων. Τα επιφανειακά υδατορέματα παρουσιάζουν ροή μόνο όταν σημειώνονται μεγάλης έκτασης και διάρκειας βροχοπτώσεις.

Γ) Ανάγλυφο χαμηλών περιοχών

Η ζώνη αυτή συμπίπτει με την παραλίμνια πεδινή έκταση και τη νότια ημιπεδινή περιοχή της λίμνης που καταλήγει στην κοιλάδα του ποταμού Αλιάκμονα. Η κοιλάδα αυτή αποτελείται από ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας, πλειο-πλειστοκαινικές και ολοκαινικές αποθέσεις. Το ανάγλυφο στις χαμηλές περιοχές των τριτογενών και τεταρτογενών γεωλογικών σχηματισμών είναι ήπιο και ομαλό χωρίς να παρουσιάζει έντονες εδαφικές εξάρσεις και με κλίση μικρή έως μηδενική. Στην κατηγορία του αναγλύφου αυτού υπάγονται οι αλλουβιακοί κώνοι και τα ριπίδια που σχηματίζονται στις εξόδους των χειμάρρων προς την πεδινή έκταση. Συγκεκριμένα βρίσκονται στις εξόδους των χειμάρρων: Λάκκου, Τοιχιού, Μεταμόρφωσης, Μελισσοτόπου, Βασιλειάδας κ.α. Ακόμη στην κατηγορία του αναγλύφου αυτού περιλαμβάνονται παλαιές ποτάμιες αποθέσεις νότια της λίμνης, μεταξύ του ποταμού Αλιάκμονα και του ρέματος " Γκιόλι", εξαιτίας των οποίων το ανάγλυφο της περιοχής είναι κατά κύριο λόγο γηλοφώδες και κυματοειδές με πυκνό αποστραγγιστικό δίκτυο. Τέλος η πεδινή παραλίμνια έκταση αποτελεί τμήμα αυτής της κατηγορίας αναγλύφου, χαρακτηριστικό της οποίας είναι η σχεδόν επίπεδη τοπογραφία. Στην περιοχή αυτή και περιμετρικά κυρίως της λίμνης εμφανίζονται σύγχρονες δελταϊκές αποθέσεις δηλαδή νέες προσχωσιγενείς εκτάσεις εις βάρος της λίμνης. Αυτό οφείλεται στις έντονες διαβρωτικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή του ορεινού αναγλύφου. Μεταξύ των χωριών Πολυκάρπης και Μαυροχωρίου χαρακτηριστικό είναι το δέλτα που σχηματίζεται απ' τις αποθέσεις του υδατορέματος του Ξηροποτάμου.

3.1.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ορεινής και πεδινής περιοχής μελέτης

Η μορφολογία της περιοχής γενικότερα είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής δράσης, της γεωλογικής δομής και της διάβρωσης του εδάφους.

Σύμφωνα με τον Dikau (1989), που ασχολήθηκε με την ταξινόμηση του αναγλύφου, η έκταση της περιοχής μελέτης κατανέμεται σε τέσσερις

γεωμορφολογικές ενότητες ή τύπους αναγλύφου οι οποίες δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Ύψος από επιφάνεια θάλασσας (μ)	Χαρακτηρισμός
<150	Πεδινές περιοχές
150-600	Λοφώδεις περιοχές
600-900	Ημιορεινές περιοχές
>900	Ορεινές περιοχές

Από μορφολογικής άποψης η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς χωρίζεται σε δύο περιοχές, την ορεινή και την πεδινή περιοχή.

Η ορεινή περιοχή μελέτης αναπτύσσεται γύρω από τη λίμνη, καταλαμβάνει συνολική έκταση 203 km² και χαρακτηρίζεται από σχετικά πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Δομείται απ' τις λεκάνες απορροής των υδατορεμάτων μικρού μεγέθους οι οποίες καταλαμβάνουν επιφάνεια 175,6 km² . Τα παραπάνω υδατορέματα μικρού μεγέθους είναι του Απόσκεπου, του Βυσσινιά, του Τοιχιού, της Μεταμόρφωσης και της Φωτεινής, τα οποία έχουν έκταση λεκάνης E >5 km². Οι υπόλοιπες εκτάσεις αποτελούν ενδιάμεσες επιφάνειες (27,4 km²). Οι ρωγμές, οι διακλάσεις και οι ασυνέχειες που αποτελούν ευνοϊκή συνθήκη για την αποσάθρωση οφείλονται στον τεκτονισμό της περιοχής. Τα ανθρακικά πετρώματα που υπάρχουν στην περιοχή εμφανίζουν καρστικά φαινόμενα και αραιό υδρογραφικό δίκτυο. (Παυλόπουλος Κ., κ.ά., 2009)

Η πεδινή περιοχή αναπτύσσεται στην παραλίμνια έκταση μεταξύ Απόσκεπου, Μαυροχωρίου και Δισπηλιού και έχει έκταση 43,65 km². Περιλαμβάνει ιζηματογενή εδάφη και αποτελείται από τεταρτογενείς αποθέσεις. Στο ανώτερο τμήμα της (κατάντη της ορεινής περιοχής) εκτείνονται παλαιοτεταρτογενείς αποθέσεις σε λωρίδες πλάτους από 100 έως 2000 m. Αυτές αποτελούνται από τους κώνους πρόσχωσης των χειμαρρικών υδατορεμάτων καθώς και από διάφορα κορήματα. Αποτελούνται κυρίως από αδρομερή υλικά όπως κροκάλες, λατύπες, χάλικες κ.α. συνδυασμένα συγχρόνως με αργιλλοϋλίουχα και αμμώδη συστατικά. Στα κατάντη των κώνων συναντώνται επιφάνειες από πρόσφατα αλλουβιακά υλικά που αποτελούνται από αδρομερή συστατικά όπως κροκάλες, λατύπες σχετικά αποστρογγυλεμένες καθώς και από λεπτόκοκκες μάζες οι οποίες παρουσιάζουν σαφή διαβάθμιση. Όλα τα παραπάνω

υλικά συνενώνονται μεταξύ τους, συνθέτοντας σύνολο με μεγάλη ετερογένεια. Νεότερες προσχώσεις των χειμαρρικών ρεμάτων καλύπτουν το υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης.

3.1.2 Γεωμορφές που σχηματίστηκαν στην περιοχή μελέτης

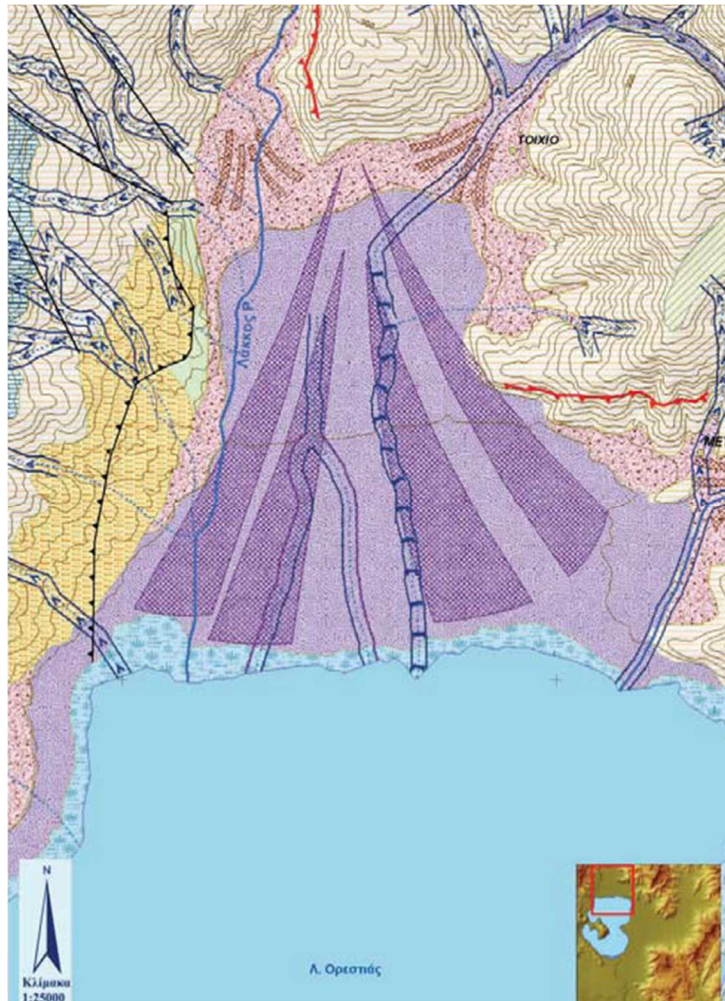
Οι γεωμορφές που συναντώνται στην περιοχή μελέτης είναι οι ακόλουθες :

Δελταϊκά Ριπίδια : Συναντώνται στις εκβολές των υδατορευμάτων του Ξηροποτάμου και του Τοιχιού. Πρόκειται για αλλουβιακές αποθέσεις. Το δελταϊκό ριπίδιο που σχετίζεται με το χείμαρρο του Ξηροποτάμου αποτελείται από άμμους, ιλυούχους άμμους και αργίλους. Το είδος των ιζημάτων, οι βόρειοι-βορειοανατολικοί άνεμοι που επικρατούν καθώς και οι βορειοδυτικοί άνεμοι που πνέουν στην παραλίμνια περιοχή είναι οι παράγοντες που καθορίζουν τη μορφή του. Η στερεοπαροχή, η οποία αναφέρεται στη μάζα των φερτών υλικών που μετριέται στη διατομή ενός υδατορεύματος στη μονάδα του χρόνου, για το συγκεκριμένο δελταϊκό ριπίδιο είναι αρκετά σημαντική. Εξίσου σημαντική είναι όμως και η προέλαση του εξαιτίας του μικρού βάθους της λίμνης αλλά και λόγω της ύπαρξης πετρωμάτων τα οποία αποσαθρώνονται και διαβρώνονται πολύ εύκολα. Είναι πελματοειδούς τύπου.



Σχήμα 3.1: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, δελταϊκό ριπίδιο Ξηροποτάμου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Αντίθετα, το δελταϊκό ριπίδιο του Τοιχιού αποτελείται από πιο λεπτομερή υλικά ιλύων, αργίλων και ιλυούχων άμμων και παρουσιάζει τελείως διαφορετική μορφή από εκείνη του Ξηροποτάμου. Το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει μικρή στερεοπαροχή και οι εσωτερικές υπολεκάνες που περιλαμβάνει το δίκτυο παγιδεύουν σημαντικές ποσότητες ιζημάτων. Στο ριπίδιο αυτό αναπτύσσονται αρκετές παλαιοκοίτες (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008).

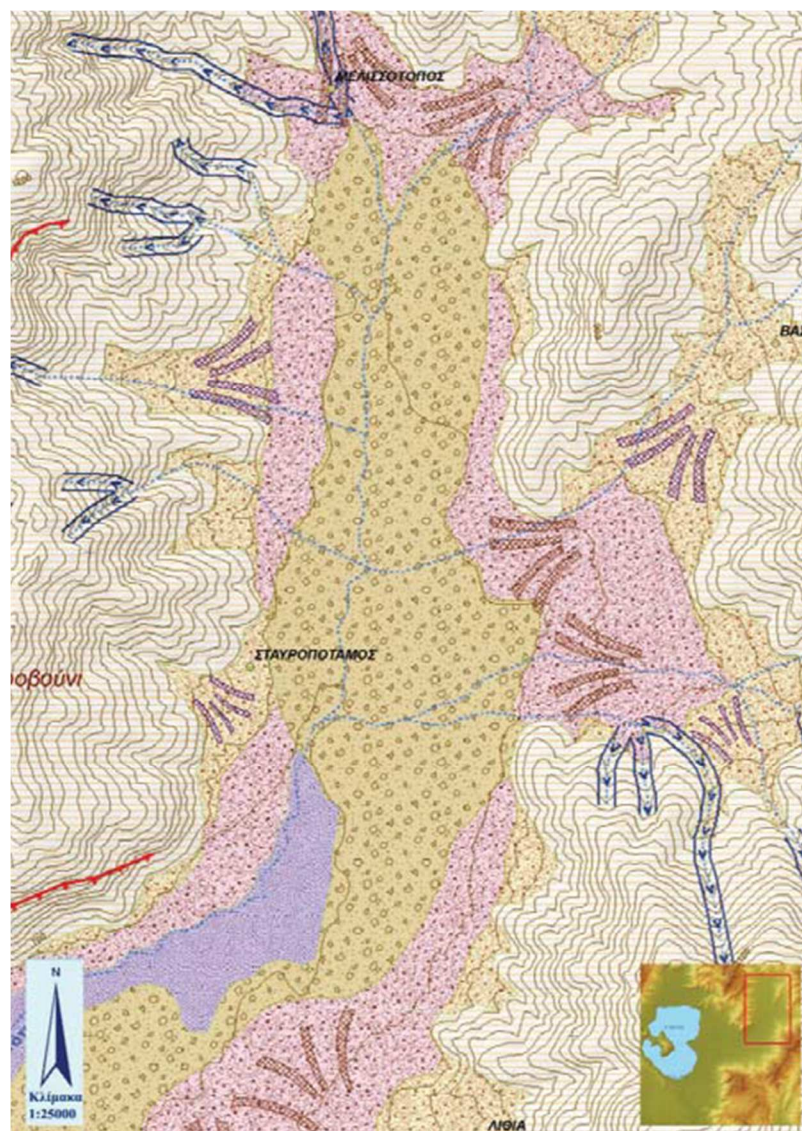


Σχήμα 3.2: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, δελταϊκό ριπίδιο Τοιχιού
(Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Αλλουβιακοί κώννοι απόθεσης : Κώννοι δύο γενεών συναντώνται στις περιοχές Κορησού, Βασιλικών, Αμπελοκήπων και Κωσταραζίου, ηλικίας Άνω Πλειστοκαινικής και Ολοκαινικής. Οι ολοκαινικοί κώννοι αποτελούνται κυρίως από άμμους, χάλικες και ιλυούχες άμμους. Οι πλειστοκαινικοί κώννοι αποτελούνται από αδρόκοκκα υλικά (κροκάλες, χαλίκια, άμμους) και καταλήγουν στις περιοχές Λιθίου, Κορησού και

Σταυροποτάμου σε υψόμετρο περίπου 660-670 m. Αυτοί εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν μια παλαιότερη στάθμη της λίμνης. Η περιοχή του Σταυροποτάμου είναι πιθανόν να λειτούργησε ως κλειστή λεκάνη, απομονωμένη στην ουσία από τη λίμνη σε υψόμετρο πάνω από 700 m μέχρι το Μέσο Πλειστόκαινο. Από την περίοδο του Άνω Πλειστοκαίνου πιθανολογείται ότι ξεκινάει η επικοινωνία της λεκάνης με τη λίμνη της Καστοριάς.

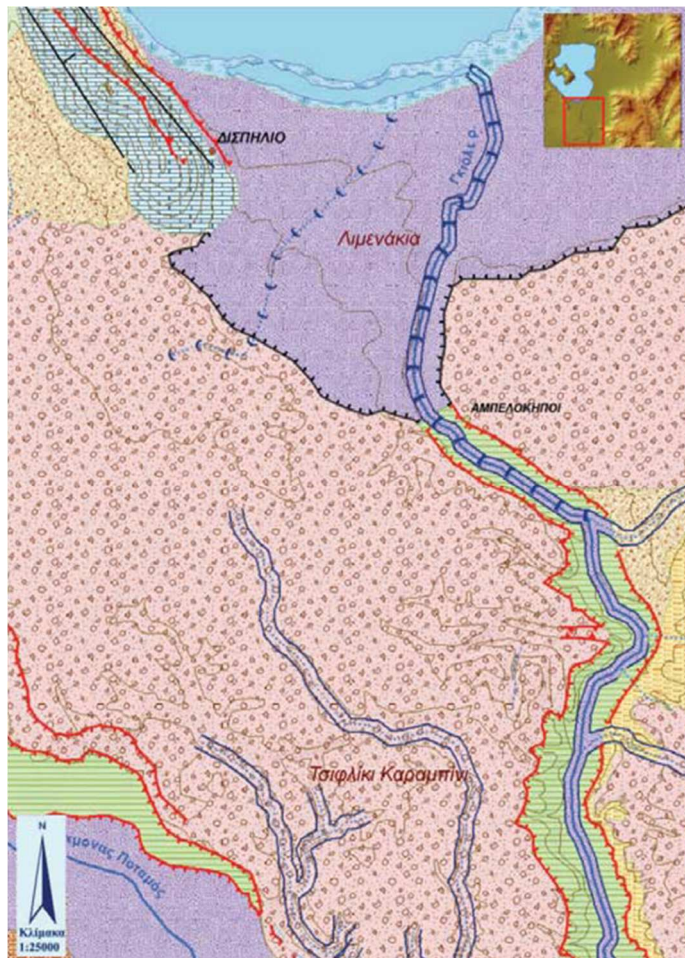
Παρόμοιες εμφανίσεις εντοπίστηκαν στις περιοχές Τοιχιού και Απόσκεπου, Ολοκαινικής ηλικίας και αποτελούνται από άμμους, χάλικες και ιλυούχες άμμους κατά θέσεις.



Σχήμα 3.3: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, Άνω Πλειστοκαινικοί και Ολοκαινικοί αλλουβιακοί κώνοι στην περιοχή Σταυροποτάμου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Άνω Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες: Οι γεωμορφές αυτές εντοπίζονται στις περιοχές Αμπελοκήπων, Μηλιάς και του Κωσταραζίου μέσα στο ρέμα "Γκιόλι" σε υψόμετρο 625-630 m. Αποτελούνται από άμμους και ιλυούχες άμμους. Έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει υψομετρική και γενετική ταύτιση των αναβαθμίδων αυτών με την αναβαθμίδα των 625 m του ποταμού Αλιάκμονα, που αποτελεί το τοπικό βασικό επίπεδο και της λίμνης σήμερα. Αυτές οι αναβαθμίδες ηλικίας Άνω Πλειστόκαινου-Κάτω Ολόκαινου είναι και οι σχετικά νεότερες αναβαθμίδες.

Μέσο Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες: Αυτές παρατηρούνται στις περιοχές του Άργους Ορεστικού, των Αμπελοκήπων και του Κωσταραζίου, σε υψόμετρο 650-670 m και αποτελούνται από άμμους, ιλυούχες άμμους και ορίζοντες χαλικών κατά θέσεις. Αποτελούν ποτάμιες αναβαθμίδες του Αλιάκμονα που δημιουργήθηκαν όταν το επίπεδο ροής του ήταν υψηλότερο ακόμα και από το σημερινό. Κατά την περίοδο εκείνη είναι πιθανόν να δημιουργήθηκε και η λίμνη εξαιτίας των αποθέσεων, οι οποίες δημιούργησαν φράγμα στο υδρογραφικό δίκτυο της Καστοριάς.



Σχήμα 3.4: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, Μέσο-Άνω Πλειστοκαινικές και Άνω Πλειστοκαινικές αναβαθμίδες περιοχής Διψηλίου -Κωσταραζίου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Εγκιβωτισμένες κοίτες : Η εμφάνιση τους οφείλεται στις μεταβολές της στάθμης της λίμνης ή στην τεχνητή διευθέτησή. Εμφανίζονται κυρίως στα χαμηλότερα σημεία των δελταϊκών ριπιδίων, κοντά στη λίμνη.

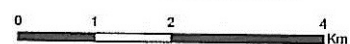
Κρημνοί : Βρίσκονται κυρίως στους ανθρακικούς σχηματισμούς του Αγίου Νικολάου και του "Πετρώδους" υψώματος με ύψος 100-300 m περίπου. Η δημιουργία τους είναι αποτέλεσμα των διεργασιών της διάβρωσης και της χημικής αποσάθρωσης.

Ακτές απόκρημνες με μεγάλη κλίση, με ή χωρίς ίζημα : Ο ασβεστολιθικός όγκος της πόλης της Καστοριάς είναι η περιοχή όπου εμφανίζονται αυτές οι γεωμορφές. Είναι ανθεκτικές στη διάβρωση και τα υλικά των ακτών αυτών, τα οποία εμφανίζονται κατά θέσεις είναι αποτέλεσμα της μηχανικής διάβρωσης.

Επιφάνειες επιπέδωσης: Αυτές εντοπίζονται στους ανθρακικούς σχηματισμούς του όρους "Κορησός" σε ύψος 1100 m και είναι Μειοκαινικής ηλικίας. Έχουν έντονα καρστικοποιημένο ανάγλυφο με σχηματισμό καρστικών κοιλάδων. Τα ιζήματα, τα οποία καλύπτουν τμήματα της επιφάνειας τους αποτελούν προϊόντα της αποσάθρωσης των ασβεστόλιθων.

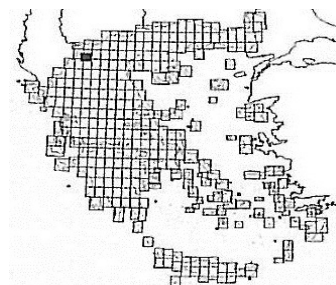


ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000 SCALE



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Υψομετρική κύρια	— 200 —
Υψομετρική δευτερεύουσα	— — —
Ποτάμι μόνιμης ροής	— — —
Ποτάμι περιοδικής ροής	— — —
Κύριος ασφαλτοστρωμένος δρόμος	— — —
Ασφαλτοστρωμένος δρόμος	— — —
Χωματόδρομος	— — —
Κατοικημένη περιοχή	■ ■ ■



Σχήμα 3.5 : Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

3.2 Η ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

«Λίμνη τίς ἐστίν ἡ τῆς Καστοριάς, ἐν ἡ τράχηλος ἀπὸ τῆς χέρσου εἰσέρχεται, καὶ περὶ τὸ ἄκρον ευρύνεται εἰς πετρώδεις βουνούς ἀποτελευτών. Περὶ δὲ τὸν τράχηλον καὶ πύργοι καὶ μεσοπύργια ὠκοδομῆνται κάστρου δίκην, ὅπερ καὶ Καστοριά ὀνομάζεται >>. (Αλεξιάς, βιβλίο VI).

Το παραπάνω αποτέλεσε περιγραφή της Ορεστιάδας λίμνης ἀπὸ τῆ βυζαντινῆ ἀρχόντισσα Ἄννα Κομνηνῇ (1083 μ.Χ.).



Εικόνα 3.1 : Πανοραμική άποψη της λίμνης της Καστοριάς

3.2.1 Η ταυτότητα της λίμνης

Η λίμνη τῆς Καστοριάς (ἢ ἀλλιῶς λίμνη Ορεστιάδα), βρίσκεται δίπλα στὴν ομώνυμη πόλη, ἔχει ἔκταση περίπου 30 km² καὶ εἶναι ἡ ἐνδέκατη μεγαλύτερη σε μέγεθος λίμνη στὴν Ελλάδα. Βρίσκεται σε γεωγραφικὸ πλάτος Β 38 ° 34' καὶ γεωγραφικὸ μήκος Α 21 ° 30'.

Υπολογίζεται πὼς σχηματίστηκε πρὶν ἀπὸ 10.000.000 χρόνια. Ἡ δημιουργία τῆς οφείλεται στὴ διάρρηξη ἀλλὰ καὶ στὴν υπόγεια διάβρωση τῶν ασβεστολιθικῶν

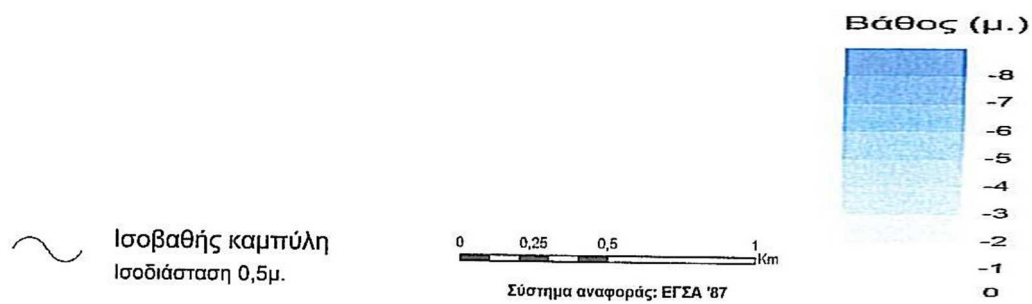
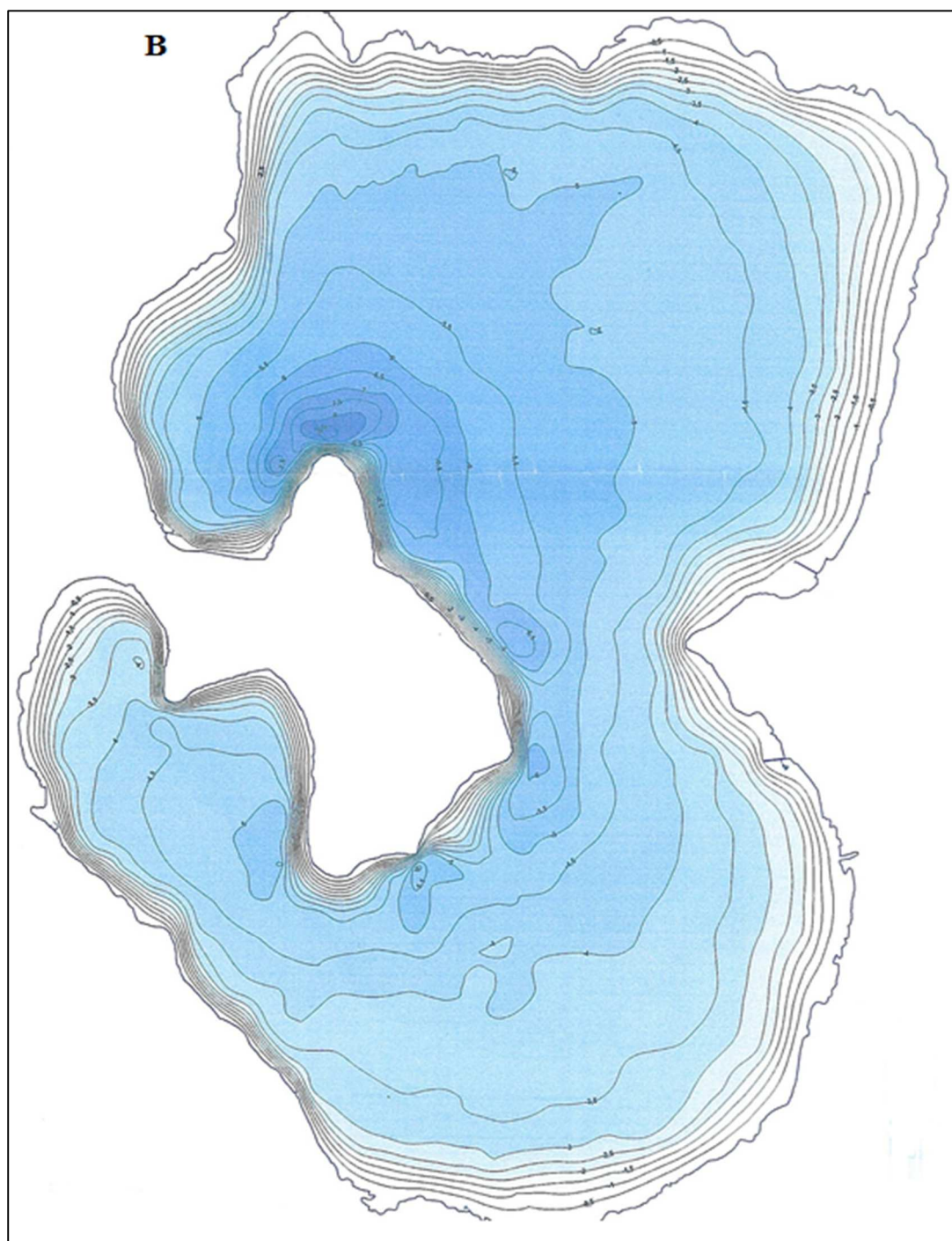
πετρωμάτων από το νερό, με αποτέλεσμα το σχηματισμό υπόγειων εγχοίλων για αυτό και θεωρείται ότι είναι καρστικής προέλευσης λίμνη. Η λίμνη αυτή αποτελεί κατάλοιπο μιας παλιάς εκτεταμένης λίμνης με έκταση 164 km² και μέγιστο βάθος μεγαλύτερο από 50 m. Σήμερα ο λιμναίος χώρος αναπτύσσεται σε σημαντικό υπερθαλάσσιο ύψος και το μέσο υψόμετρο της στάθμης των τελευταίων 25 ετών ανέρχεται στα 629 μέτρα. Καταλαμβάνει επιφάνεια 32,4 km², ενώ το μέγιστο πλάτος της αγγίζει τα 3,25 km και το μέγιστο μήκος της φτάνει τα 2,83 km. Το μέγιστο βάθος της λίμνης έχει καταγραφεί στα 9 m περίπου, νότια του λόφου Προφήτη Ηλία, ενώ το μέσο βάθος της δεν ξεπερνάει τα 4,5 m (Βαφειάδης, 1983). Σήμερα κατατάσσεται στις μικρές λίμνες. Ο όγκος των υδάτων της είναι περίπου 100.000.000 m³. Το σχήμα της λίμνης είναι ελλειψοειδές. Στο δυτικό τμήμα της δεσπόζει η χερσόνησος της Κορίτσας, μια βραχώδης, ασβεστολιθική μάζα που μαζί με το διαρκώς εκτεινόμενο εντός της λίμνης, δέλτα του χείμαρρου του Ξηροποτάμου από Α, τείνει να διαχωρίσει τη λίμνη σε δύο ίσα περίπου τμήματα, το βόρειο και το νότιο. Τα τελευταία 50 χρόνια παρατηρείται ταχύτερη μείωση της έκτασης της επιφάνειας και του βάθους της λίμνης και αυτό οφείλεται στην αυξημένη μεταφορά φερτών υλικών από τη λεκάνη απορροής στις όχθες και στο εσωτερικό της. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται τόσο στις ιδιαίτερες γεωμορφολογικές συνθήκες που επικρατούν στη λεκάνη απορροής της λίμνης, όπως οι μεγάλες κλίσεις, η παρουσία διαβρώσιμων πετρωμάτων, μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων, ανεπαρκής φυτοκάλυψη αλλά περισσότερο οφείλεται στις έντονες ανθρωπογενείς δραστηριότητες των τελευταίων χρόνων, όπως είναι διάφορα αντιπλημμυρικά έργα, έργα εγκιβώτισης των πεδινών ροών των ρεμάτων, έργα οδοποιίας, απόρριψη μπαζών και άλλων απορριμμάτων στις κοίτες.

Η λίμνη τροφοδοτείται από πολλές υπολίμνιες πηγές, οι οποίες στο παρελθόν ήταν περισσότερες. Οι πηγές αυτές γίνονται αντιληπτές το χειμώνα που η λίμνη παγώνει, επειδή το στρώμα του πάγου που βρίσκεται στην επιφάνεια της λίμνης, ακριβώς πάνω από την πηγή είναι λεπτότερο.

Η μεγαλύτερη τροφοδοσία της λίμνης γίνεται μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχές, χιόνια), που είτε πέφτουν απευθείας στην επιφάνεια της, είτε καταλήγουν σε αυτή μέσω της επιφανειακής απορροής. Τα περισσότερα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη, βρίσκονται στο βόρειο και στο ανατολικό τμήμα της, με μεγαλύτερο τον Ξηροπόταμο ο οποίος εκβάλλει στο ανατολικό τμήμα.

Η λίμνη της Καστοριάς είναι ανοιχτού τύπου, αφού μπορεί και εκφορτίζεται. Με την ύπαρξη ενός φυσικού καναλιού (ρέμα Γκιόλι), που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της, η περίσσεια των υδάτων εκρέει στον ποταμό Αλιάκμονα. Στο στόμιο του καναλιού υπάρχει τεχνητό φράγμα με κινητές θυρίδες που εκσυγχρόνισε και διαχειρίζεται ο Δήμος Καστοριάς.

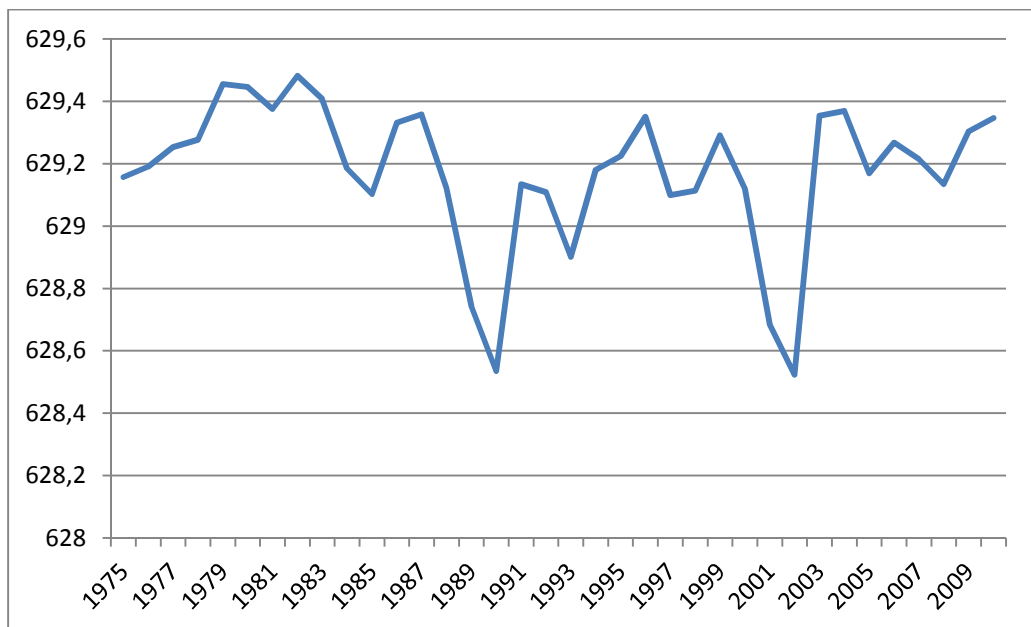
Τέλος η λίμνη χαρακτηρίζεται ως μεσοτροφική προς ευτροφική, ενώ η διαύγεια των υδάτων της είναι μικρή. Τα ύδατα της παρουσιάζουν ασταθή θερμοκρασιακή στρωμάτωση. Η λίμνη καλύπτεται από πάγο κατά μέσο όρο για διάστημα 10 ημερών κάθε δύο με τρία χρόνια.



Σχήμα 3.6 : Βαθυμετρικός χάρτης της λίμνης της Καστοριάς (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

Πίνακας 3.1: Σταθμημετρικές παρατηρήσεις της λίμνης της Καστοριάς

Χρονολογία	Μέση Στάθμη	Χρονολογία	Μέση Στάθμη
1975	629,157	1993	628,901
1976	629,191	1994	629,18
1977	629,253	1995	629,225
1978	629,277	1996	629,351
1979	629,455	1997	629,099
1980	629,446	1998	629,114
1981	629,375	1999	629,291
1982	629,482	2000	629,12
1983	629,408	2001	628,684
1984	629,184	2002	628,524
1985	629,102	2003	629,354
1986	629,331	2004	629,369
1987	629,358	2005	629,169
1988	629,122	2006	629,268
1989	628,741	2007	629,214
1990	628,535	2008	629,134
1991	629,134	2009	629,304
1992	629,109	2010	629,347



Σχήμα 3.7: Διακύμανση της στάθμης κατά το χρονικό διάστημα 1975-2010

Πίνακας 3.2:Φυσική και χημική κατάσταση της λίμνης από Kousouris et al. (1987)

Μορφολογία:		pH :	καλοκαίρι	7,00-8,71
			φθινόπωρο	-
Επιφάνεια:	32,4 km ²		χειμώνας	5,90-8,20
Μέγιστο μήκος:	3,25 km		άνοιξη	7,80-8,30
Μέγιστο πλάτος:	2,83 km			
Μέγιστο βάθος:	9,1m	Ηλεκτρική αγωγιμότητα, μS:		120-308
Μέσο βάθος:	4,45m	Αλκαλικότητα , meq/l:		1,44-3,04
		Ολική σκληρότητα, G°:		4,48-8,51
Τοπογραφία:		Χλωρίδια, mg/l:		6,80-40,1
		P-PO ₄ , mg -at/l:		0,09-0,71
38°34 Β , 21°30 Α		υψόμετρο	628m	0,67-12,10
		N-NH ₄ , mg -at/l:		0,04-1,60
Κλιματικές συνθήκες:		N-NH ₃ , mg -at /l:		0,02-24,10
		Διαφάνεια υδάτων (δίσκος Secchi):		0,50-2,80
Θερμοκρασία:	μέση μέγιστη	6.0-28.4°C		
	μέση ελάχιστη	1.0-15.9°C		
Βροχόπτωση:	700mm			
Κύρια κατεύθυνση ανέμων:	B,BΔ,BA			
Ετήσια εξάτμιση:	20-25cm			
Υδρολογία και Λιμνολογία:				
Παγοκάλυψη:	ανά διετία για 10ημέρες			
Τύπος λίμνης:	εύκρατη διμεικτική			
Θερμοκρασία:	καλοκαίρι	19,3-25,7°C		
	φθινόπωρο	9,3-21,6°C		
	χειμώνας	5,4-7,1°C		
	άνοιξη	4,7-13,3°C		

3.2.2 Δημιουργία της λίμνης

Η λίμνη της Καστοριάς θεωρείται υπολειμματική μορφή των λιμνών του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς που δέσποζαν στη Μακεδονία και έχει ορεινό χαρακτήρα. Κατά το Πλειόκαινο, κατά τη διάρκεια των νεοτεκτονικών φάσεων, έλαβαν χώρα εκτεταμένες διαρρήξεις και δημιουργήθηκαν μεγάλα ρήγματα τα οποία είχαν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ΒΒΔ-ΝΝΑ. Συνέπεια όλων αυτών ήταν να σχηματιστεί στην περιοχή μία τεκτονική τάφρος με επί μέρους ταφροειδή βυθίσματα, όπου στη συνέχεια αποτέθηκαν σε αυτά νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα, μεγάλου πάχους. Μετά την απόθεση των ιζημάτων ακολούθησαν μεταπτώσεις και εξάρσεις που κατακερμάτισαν την τεκτονική τάφρο με αποτέλεσμα να σχηματιστούν εξάρματα και λεκανοειδή βυθίσματα, ένα από τα οποία καταλαμβάνεται από τη λίμνη της Καστοριάς. Έτσι η λίμνη θεωρείται ότι έχει τεκτονική προέλευση και δημιουργήθηκε πριν από 10.000.000 χρόνια περίπου.

3.2.3 Η Λεκάνη Απορροής της Λίμνης της Καστοριάς

Η λίμνη της Καστοριάς αποτελεί τον ενδιάμεσο αποδέκτη ενός ολοκληρωμένου και ανεξάρτητου, ανοικτού υδρογραφικού δικτύου ενώ τον τελικό αποδέκτη αποτελεί ο ποταμός Αλιάκμονας. Το υδρογραφικό αυτό δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο χειμαρρικών ρεμάτων, διαφόρων μεγεθών. Στην ουσία ο Αλιάκμονας αποτελεί βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς, διότι διαρρέει όλη την έκταση του νομού και μαζί με τους παραποτάμους του αποχετεύει τη λεκάνη απορροής του. Μέρος των επιφανειακών νερών της λεκάνης του, συγκεντρώνεται σε χαμηλότερα σημεία και έτσι σχηματίζεται η λίμνη της Καστοριάς, σε υψόμετρο 620 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η υδρολογική λεκάνη της Καστοριάς αποτελεί υπολεκάνη της λεκάνης απορροής του ποταμού Αλιάκμονα. Ο επιφανειακός υδροκρίτης της λεκάνης αυτής ορίζεται ανατολικά από τις κορυφές Μηλιά (1.236 m) και Πύργος (1.413 m) της ορεινής περιοχής «Μορίκι» του Άσκιου όρους. Στα βόρεια των στενών Κλεισούρας αναπτύσσεται ο ορεινός όγκος του όρους Βέρνου. Η υδροκριτική γραμμή διέρχεται

από τις κορυφές Δούκας (1.623 m), Κρόνος (1680 m), Βίτσι (2.128 m) και Σπυριδάκης (1.488 m). Στη συνέχεια αυτή ακολουθεί νοτιοδυτική κατεύθυνση καθώς διέρχεται από την κορυφή Καζάνι (1.367 m). Έπειτα το δυτικό της όριο διέρχεται δύο περίπου χιλιόμετρα δυτικά της πόλεως της Καστοριάς, στρέφεται νοτιοανατολικά, διέρχεται τη ράχη Πετρώδες (802 m) και τέλος καταλήγει στα νότια της λίμνης της Καστοριάς. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής ανέρχεται στα 895 m.

Η πραγματικά συνολική λεκάνη απορροής της λίμνης μαζί με την επιφάνεια της ανέρχεται σε 269,67 km². Θεωρητικώς η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς είναι μια κλειστή λεκάνη με υδροκρίτη όπως ορίστηκε πιο πάνω και συνολική επιφάνεια εκτάσεως 281 km². Το νότιο όμως τμήμα του υδροκρίτη υπέστη μετατόπιση κατά μεγάλο μέρος στη δημόσια οδό Δισπηλιού - Κορησού, λόγω της διανοίξεως του ρέματος Γκιόλι ή αλλιώς της Διώρυγας Καστοριάς με φυσικές διεργασίες, καθώς και της ύπαρξης της ανωτέρου οδού. Αυτό είχε σαν συνέπεια η έκταση της πραγματικής επιφανειακής λεκάνης απορροής να περιορισθεί στα 263,60 km².

Το κλίμα της λεκάνης απορροής μπορεί να χαρακτηριστεί ως υγρό με μεσοθερμικές συνθήκες, με την ξηρή περίοδο να ξεκινάει τον Ιούνιο και να τελειώνει τον Αύγουστο και την περίοδο των βροχοπτώσεων να διαρκεί από το Σεπτέμβριο έως και το Μάιο.

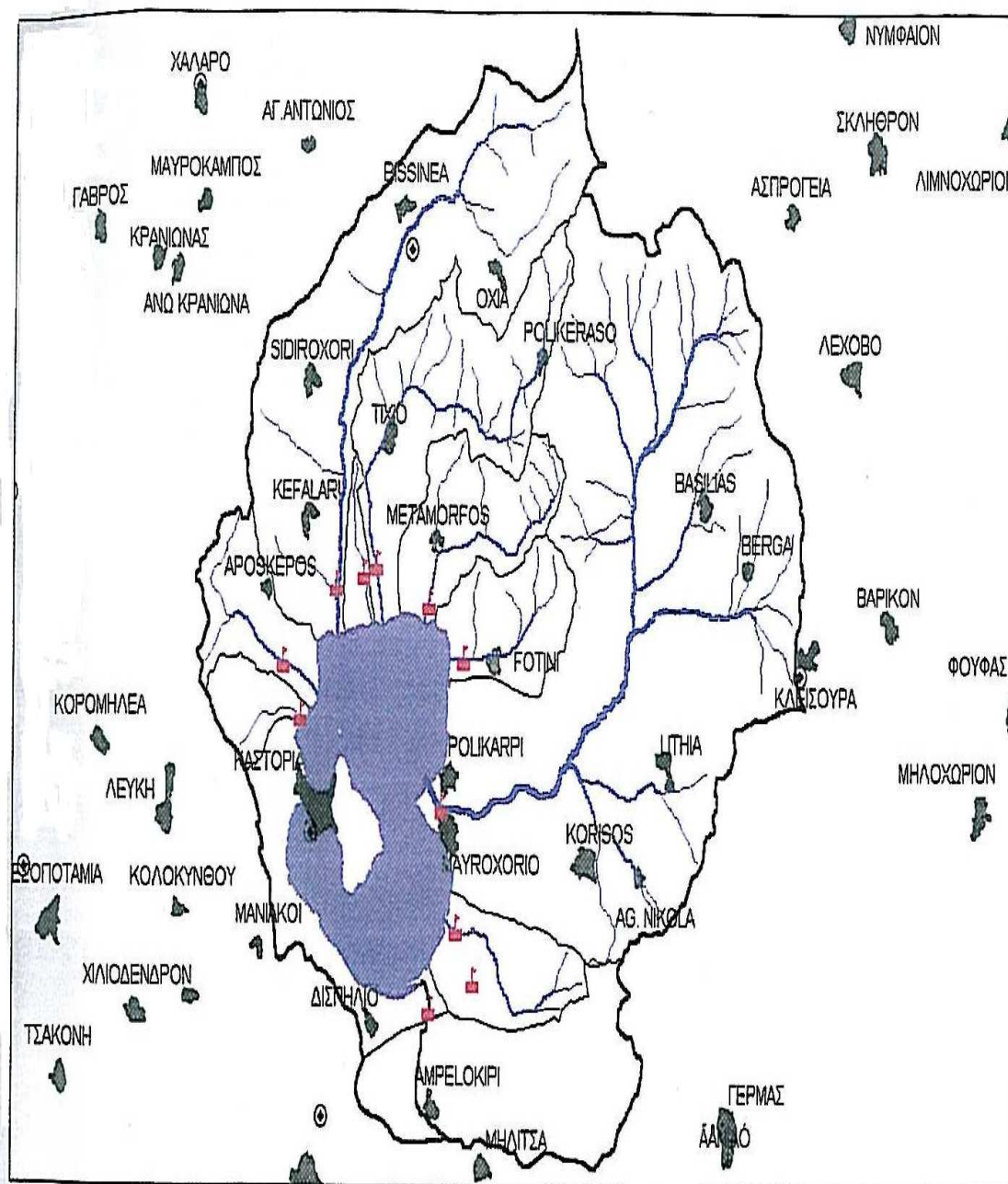
Η υδρολογική λεκάνη διαρθρώνεται από μορφολογική άποψη σε δύο περιοχές ως εξής: Α) Η ορεινή περιοχή, που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής, αναπτύσσεται κυκλικά γύρω από τη λίμνη και χαρακτηριστικό της είναι το σχετικά πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Συγκροτείται από τις υπολεκάνες : Απόσκεπος, Βυσσινιάς, Τοιχιού, Μεταμόρφωση, Φωτεινής και Ξηροπόταμου. Β) Η πεδινή περιοχή αναπτύσσεται στην παραλίμνια περιοχή κυρίως μεταξύ Απόσκεπου, Μαυροχωρίου και Δισπηλιού, καταλαμβάνοντας έκταση 45 km² περίπου.

Το υπόβαθρο της λεκάνης απορροής της λίμνης που συγκροτείται από σκληρούς πετρολογικούς σχηματισμούς, υφίσταται την επίδραση κλίματος, το οποίο είναι τραχύ και συνοδεύεται από θερμοκρασιακές μεταβολές και σημαντικό ύψος κατακρημνισμάτων, όπου σε συνδυασμό με το ορεινό ανάγλυφο της περιοχής, ευνοείται η ανάπτυξη έντονων φαινομένων διάβρωσης και αποσάθρωσης καθώς και

φαινόμενα κατακερματισμού του υλικού. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η λεκάνη απορροής της λίμνης να εμφανίζει σήμερα έντονο χειμαρρικό χαρακτήρα.

Η υπολεκάνη Ξηροπόταμου παρουσιάζει το μέγιστο ετήσιο στερεοφορτίο στην έξοδο της και ακολουθούν οι υπολεκάνες Βυσσινιάς και Τοιχιού σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελέτης που πραγματοποιήθηκε από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. (2000). Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η κατασκευή αρκετών έργων προστασίας από τα χειμαρρικά φαινόμενα στις υπολεκάνες Ξηροποτάμου, Βυσσινιάς και Φωτεινής, με τα φράγματα ύψους 2 έως 6 m να λειτουργούν ταυτόχρονα και ως φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών και ως φράγματα στερέωσης.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι τα νερά της λίμνης είναι αποδέκτες ουσιών και ρύπων, που προέρχονται από τις σημαντικές ποσότητες λιπασμάτων, εντομοκτόνων και φυτοφαρμάκων που προστίθενται στο έδαφος με συνεχώς αυξανόμενο ετήσιο ρυθμό λόγω της γεωργικής και κτηνοτροφικής ανάπτυξης.

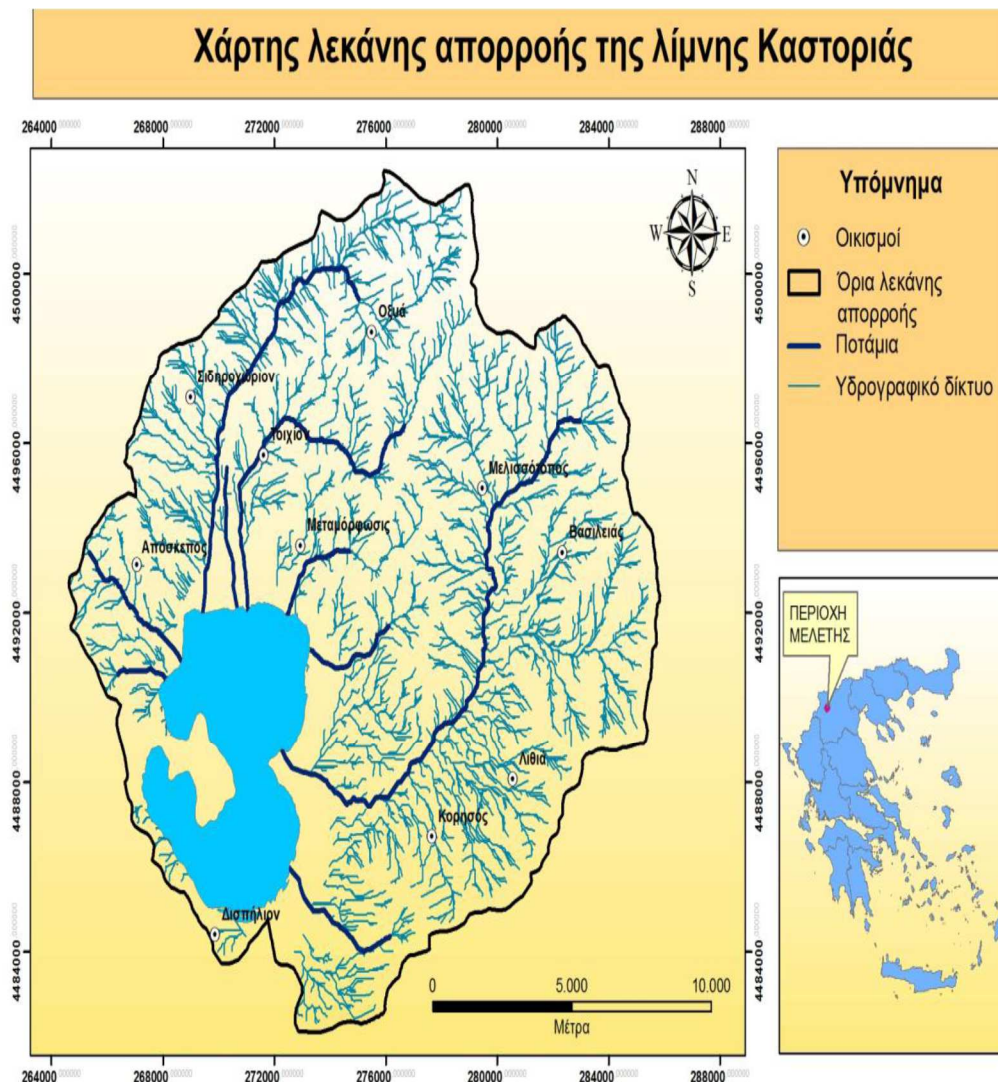


Σχήμα 3.8 : Ολική λεκάνη απορροής της λίμνης με τους χείμαρρους και τα χωριά
(Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

3.3 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

3.3.1. Γενικά

Το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του γεωμορφολογικού αναγλύφου της, διότι είναι αυτό που ευθύνεται για τις διεργασίες της διάβρωσης και της μεταφοράς των υλικών. Στην ουσία το υδρογραφικό δίκτυο λειτουργεί ως αποδέκτης και δίοδος των επιφανειακών υδάτων της λεκάνης και συνίσταται από τις κοίτες και τα ρέματα που υπάρχουν στη λεκάνη. Η λιθολογική σύσταση, η τεκτονική, το ανάγλυφο, οι κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής καθώς και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις και χρήσεις γης, είναι οι παράγοντες που καθορίζουν και τη μορφή που θα έχει το υδρογραφικό δίκτυο (δενδριτική, παράλληλη, κλιμακωτή, ορθογώνια, ακτινωτή, δακτυλιοειδής, πολυλεκανώδης και σύνθετης παραμόρφωσης). Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή μελέτης είναι δενδριτικής μορφής.



Σχήμα 3.9 : Χάρτης της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

3.3.2 Ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης

Η επιφανειακή απορροή αναφέρεται στο ποσοστό του νερού των κατακρημνισμάτων που ρέει επιφανειακά μόλις πέσει στην επιφάνεια της Γης και εισέρχεται στο υδρογραφικό δίκτυο όπου μέσω αυτού εκχύνεται τελικά στη θάλασσα (ή σε λίμνη). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι : η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων, η εξατμισιδιαπνοή, η κλίση του εδάφους,

η φυτοκάλυψη, η λιθολογική σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών και η τεκτονική.

Τα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη διακρίνονται ανάλογα με το μέγεθος των λεκανών απορροής τους σε τρεις κατηγορίες :

- Μέσου μεγέθους ρέματα : στην κατηγορία αυτή υπάγεται μόνο ο Ξηροπόταμος, η λεκάνη απορροής του οποίου έχει εμβαδόν 104,1 km², δηλαδή καταλαμβάνει το 51,29% της λεκάνης απορροής της λίμνης και ο ρόλος που ασκεί στη λειτουργία της θεωρείται καθοριστικός.

- Μικρού μεγέθους ρέματα : στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα υπόλοιπα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη (Φουντουκλής, Απόσκεπος, Βυσσινιάς, Άγιος Αθανάσιος, Τοιχίο, Μεταμόρφωση, Φωτεινή, Ίστακος), με λεκάνη απορροής εμβαδού μικρότερου από 5 km².

- Ενδιάμεσες επιφάνειες απορροής : στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι επιφάνειες που παρεμβάλλονται μεταξύ των ορεινών λεκανών των ρεμάτων που αναφέρθηκαν, καθώς και οι επιφάνειες ρεμάτων με λεκάνη απορροής εμβαδού μεγαλύτερου των 5 km².

Πιο αναλυτικά, τα χαρακτηριστικά της ροής για κάθε έναν ποταμοχείμαρρο της λίμνης Καστοριάς όπως φαίνονται και στο σχήμα 3.10 και σύμφωνα με την αρίθμηση του σχήματος είναι τα εξής :

1) Φουντουκλής : Πρόκειται για έναν πολύ μικρό χείμαρρο πρώτης τάξης, που έχει μετατραπεί σε υπόγειο αγωγό και η κοίτη του έχει διευθετηθεί στα τελευταία δύο περίπου km. Η λεκάνη απορροής του είναι μικρή και σε αυτήν καταγράφηκε η ύπαρξη δύο ξενοδοχείων και λίγων σπιτιών. Η παροχή του είναι γενικά πολύ μικρή και μεγαλώνει λίγο πιο μετά από την καταγραφή βροχοπτώσεων. Σύμφωνα με μετρήσεις από σταθμούς που τοποθετήθηκαν σε όλους τους χείμαρρους, κατά τη διάρκεια μελέτης της λεκάνης απορροής της λίμνης από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. προκύπτει ότι η παροχή που δίνει ο χείμαρρος αυτός είναι της τάξης των 5-11 lt/sec και η τιμή αυτή καταγράφηκε μετά και κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Ο σταθμός τοποθετήθηκε μέσα στη διευθετημένη κοίτη, λίγο πριν την είσοδο στη λίμνη. Το νερό της βροχής απορρέει γρήγορα προς τη λίμνη, λόγω της μικρής λεκάνης απορροής του χείμαρρου. Επίσης το μικρό υψόμετρο της (650-800

m) σε σχέση με τις άλλες λεκάνες απορροής, έχει ως συνέπεια το γρήγορα λιώσιμο του χιονιού.

2) Απόσκεπος : Ο χείμαρρος αυτός έχει μετατραπεί σε έναν αρκετά μεγάλο σκουπιδότοπο στον οποίο απορρίπτονται επίσης και μπάζα και στη θέση αυτή έχει τοποθετηθεί και ο σταθμός μέτρησης. Κατάντι του σταθμού ο χείμαρρος μετατρέπεται σε κανάλι και τελικά καταλήγει στη λίμνη. Το υψόμετρο της λεκάνης απορροής του κυμαίνεται στα 650-1000 m και είναι μεγαλύτερη από αυτήν του Φουντουκλή. Για αυτό παρατηρούνται και μεγαλύτερες παροχές των 3-100 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Η μέση ταχύτητα του νερού στο σημείο όπου βρίσκεται ο σταθμός μετρήθηκε στα 0,4 m/sec και η βρεχόμενη διατομή του είναι αρκετά μικρότερη από τους άλλους χείμαρρους.

3) Βυσσινιάς : Ο χείμαρρος αυτός (τρίτης τάξης) έχει αρκετό νερό, διότι είναι αποδέκτης των νερών μιας σχετικά μεγάλης λεκάνης απορροής (48,4 km²). Ο σταθμός μέτρησης βρίσκεται λίγο πριν την είσοδο του χείμαρρου στη λίμνη. Η λεκάνη απορροής του βρίσκεται σε υψόμετρο 650-2000 m . Η μέση παροχή του Βυσσινιά είναι της τάξης των 403 lt/sec ενώ η μέγιστη παροχή καταγράφηκε κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης στα 700 lt/sec. Κατά μήκος της κοίτης του χείμαρρου τα πετρώματα που παρατηρούνται είναι γρανιτογενείς, χονδροκλαστικά υλικά, και ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις. Τέλος μια περιοχή της κοίτης χρησιμοποιείται για τη διέλευση γεωργικών οχημάτων σε παρακείμενα χωράφια και κοντά στις όχθες του απορρίπτονται άδεια μπουκάλια φυτοφαρμάκων με αποτέλεσμα τη μόλυνση των υδάτων (αφρίζοντα ύδατα).

4) Τάφρος Αγίου Αθανασίου : Ανάμεσα στις δύο λεκάνες απορροής του Βυσσινιά και του Τοιχιού εκεί που καταλήγουν προς τη λίμνη, βρίσκεται η λεκάνη απορροής του χείμαρρου. Το μήκος του είναι πολύ μικρό (πρώτης τάξης) και διασχίζει χωράφια με μηλιές. Η παροχή της τάφρου είναι σχετικά μικρή και σταθερή με το χρόνο περίπου 100 lt/sec. Πολύ συχνή είναι η απόρριψη και σε αυτόν, σκουπιδιών, μπαζών και μπουκαλιών με γεωργικά φάρμακα.

5) Τοιχί : Η παροχή του χείμαρρου που μετρήθηκε από το σταθμό είναι μεγάλη, διότι συγκεντρώνει τα νερά από μια αρκετά μεγάλη λεκάνη απορροής 23,25 km². Η παροχή του κυμαίνεται από 60 έως 1000 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Η κοίτη του χείμαρρου είναι αρκετά μικρή σε μέγεθος για αυτό και κατά τη διάρκεια

έντονων βροχοπτώσεων παρατηρούνται πλημμυρικά φαινόμενα. Το υπόστρωμα είναι πετρώδες και κατά μήκος της κοίτης του εμφανίζονται οι ίδιοι γεωλογικοί σχηματισμοί με το Βυσσινιά.

6) Μεταμόρφωση : Η παροχή του χειμάρρου είναι της τάξης των 86 με 200 lt/sec. Τα νερά του χειμάρρου εμφανίζουν πολλές φορές κίτρινους και άσπρους αφρούς στην επιφάνεια τους ενώ στο σημείο που καταλήγει στη λίμνη παρατηρούνται νεκρά ψάρια.

7) Φωτεινή : Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου αυτού είναι μικρή (9,8 km²) και το υψόμετρο της φτάνει έως τα 750 m περίπου. Ο χείμαρρος της Φωτεινής έχει πολύ σπάνια νερό και οι τιμές που μετρήθηκαν κυμαίνονται στα 13 με 42 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης ή μετά από αυτή.

8) Ξηροπόταμος : Η λεκάνη απορροής του Ξηροποτάμου έχει συνολικό εμβαδόν 113,4 km² και είναι η μεγαλύτερη από όλες τις άλλες λεκάνες. Το μέγιστο υψόμετρο της φθάνει στα 1600 m. Ο Ξηροπόταμος είναι χείμαρρος τέταρτης τάξης με τρεις διακλαδώσεις τρίτης τάξης και πολλές δεύτερης και πρώτης. Κατά τη διαδρομή του δέχεται από τα βορειοδυτικά (αριστερά) τα νερά από την υπολεκάνη του Μελισσορέματος και από τα ανατολικά (δεξιά) τις εκβολές των υπολεκανών Βασιλειάδος και Κώτουρη. Το υδρογραφικό του δίκτυο είναι καλά ανεπτυγμένο, δενδριτικής μορφής. Ο μεγαλύτερος κλάδος του χειμάρρου έχει μήκος 17,7 km. Η μέση παροχή του μετρήθηκε στα 395 lt/sec. Η μέγιστη παροχή του μετρήθηκε στα 854 lt/sec και αυτή που μετρήθηκε κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων κυμαίνεται στα 1437 lt/sec. Σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων στο χείμαρρο καταγράφονται πλημμυρικά φαινόμενα ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η κύρια κοίτη προς την έξοδο της λεκάνης έχει παρατηρηθεί ότι δεν έχει ροή για αυτό και συμπεραίνεται ότι η ροή είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις υδρομετεωρολογικές συνθήκες. Το υπόστρωμα του είναι αμμώδες και η ταχύτητα μέτρησης των νερών του χειμάρρου στο σημείο μέτρησης όπου βρίσκεται ο σταθμός είναι μεγάλη με αποτέλεσμα το νερό να εμφανίζεται θολό τις περισσότερες φορές. Κατά μήκος της κοίτης του χειμάρρου τα πετρώματα που επικρατούν είναι καστανοκίτρινοι άμμοι και αλλουβιακές αποθέσεις με συνέπεια το νερό να παρασύρει και να μεταφέρει την άμμο προς τα κατάντη, όπου τελικά καταλήγει στη λίμνη της Καστοριάς.

9) Ίστακος : Η λεκάνη απορροής του Ίστακου έχει έκταση 9,5 km² . Η ροή του νερού στην περιοχή αυτή είναι πολύ μικρή και η μέση παροχή του κυμαίνεται στα 174 lt/sec, ενώ η μέγιστη παροχή που μετρήθηκε κατά τη διάρκεια βροχοπτώσης φτάνει τα 300 lt/sec.

10) Διώρυγα : Εκτός από τους 9 χειμάρρους που τροφοδοτούν τη λίμνη, στη Διώρυγα βρίσκεται η θέση εξόδου του νερού από τη λίμνη. Στη θέση αυτή έχει τοποθετηθεί ένα θυρόφραγμα που ελέγχει την εκροή του νερού από τη λίμνη προς τον ποταμό Αλιάκμονα. Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών οι πόρτες αυτές είναι συχνά ανοιχτές. Στη Διώρυγα παρατηρούνται οι μεγαλύτερες παροχές, βρεχόμενες διατομές και μέσες ταχύτητες των νερών. Αυτό σχετίζεται άμεσα όμως με το αν είναι ανοιχτό το θυρόφραγμα ή όχι. Στην περιοχή αυτή η βλάστηση είναι πλούσια αλλά συχνή είναι και η απόρριψη σκουπιδιών και μπαζών.

Τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα για την επιφανειακή απορροή προέρχονται από τις μετρήσεις που εκτελέστηκαν γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς στα σημεία εκβολών των εννέα χειμάρρων που τροφοδοτούν τη λίμνη καθώς και στη θέση της Διώρυγας εξόδου του νερού από τη λίμνη. Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν στο πλαίσιο της μελέτης της λεκάνης απορροής που πραγματοποιήθηκε από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. για το υδρολογικό έτος 1998-1999.

Η παροχή των χειμάρρων παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις. Η λεκάνη απορροής του Βυσσινιά, του Ξηροποτάμου και του Τοιχιού λόγω του μεγάλου υψομέτρου τους παροχετεύουν τη λίμνη με νερό υπόγειο και από χιονοπτώσεις. Στις υπόλοιπες λεκάνες ο κύριος όγκος νερού έχει ως κύρια πηγή προέλευσης, τις βροχοπτώσεις.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της παροχής ο Ξηροπόταμος έδωσε 7,6 εκατομμύρια κυβικά μέτρα περίπου προς τη λίμνη, ενώ ο Βυσσινιάς και το Τοιχίό 8,9 και 3,2 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, αντίστοιχα. Οι μέσες τιμές των παραπάνω χειμάρρων είναι 5,4 , 6,6, 2,5 αντίστοιχα.

Η μέση ταχύτητα του νερού των χειμάρρων είναι της τάξης των 1,2-1,4 m/sec για τον Βυσσινιά και 0,4 για τον Ξηροπόταμο στα σημεία όπου έγιναν οι μετρήσεις. Οι τιμές τους βέβαια αυξάνουν κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων.

Η εμφάνιση των νερών του Ξηροποτάμου παρουσιάζει μεγάλη θολότητα και από το γεγονός αυτό βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο Ξηροπόταμος κατεβάξει αρκετή στερεοπαροχή, με αποτέλεσμα την απόθεση φερτών υλικών και τη δημιουργία προσχώσεων μέσα στη λίμνη. Στους υπόλοιπους χειμάρρους δεν παρατηρείται κάτι ανάλογο.

Τέλος τη μεγαλύτερη βασική απορροή παρατηρείται ότι την έχει ο Βυσσινιάς διότι κατεβάζει νερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ενώ οι υπόλοιποι στερεύουν τους πέντε από τους δώδεκα μήνες του χρόνου.

Στους πίνακες 3.3 και 3.4 δίνονται οι τιμές των παροχών που μετρήθηκαν κατά το υδρολογικό έτος 1998-1999 και στους πίνακες 3.5 και 3.6 δίνονται κάποιες χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων που προήλθαν από τη μελέτη της λεκάνης απορροής που πραγματοποίησε το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.

Πίνακας 3.3 : Παροχές των χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1998-99 (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Χειμάρροι	Φουντουκλής	Απόσκεπος	Βυssινιάς	Άγ.Αθανάσιος	Τοιχιό
Ημερ /νία	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)
6/11/1998	0,000	0,000	0,080	0,000	0,060
13/11/1998	0,000	0,003	0,150	0,100	0,000
26/11/1998	0,000	0,116	0,499	0,043	0,167
11/12/1998	0,007	0,110	0,628	0,125	0,199
17/12/1998	0,005	0,081	0,434	0,121	0,100
8/1/1999	0,009	0,104	0,345	0,092	0,123
15/1/1999	0,011	0,199	0,703	0,130	0,325
22/1/1999	0,000	0,050	0,330	0,120	0,140
19/1/1999	0,000	0,050	0,307	0,131	0,094
11/2/1999	0,030	0,977	1,957	0,135	1,040
27/2/1999	0,000	0,059	0,356	0,144	0,190
4/3/1999	0,000	0,045	0,475	0,129	0,170
12/3/1999	0,000	0,032	0,478	0,124	0,117
22/3/1999	0,000	0,054	0,413	0,125	0,103
29/3/1999	0,000	0,091	0,441	0,129	0,137
14/4/1999	0,000	0,041	0,471	0,130	0,145
21/4/1999	0,000	0,029	0,389	0,089	0,080
30/4/1999	0,000	0,013	0,330	0,099	0,082
6/5/1999	0,000	0,011	0,263	0,053	0,048
14/5/1999	0,000	0,010	0,171	0,098	0,039
21/5/1999	0,000	0,012	0,172	0,051	0,024
28/5/1999	0,000	0,000	0,159	0,047	0,023
14/6/1999	0,000	0,000	0,056	0,035	0,000
29/6/1999	0,000	0,000	0,053	0,020	0,000

Πίνακας 3.4: Παροχές των χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1998-99 (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

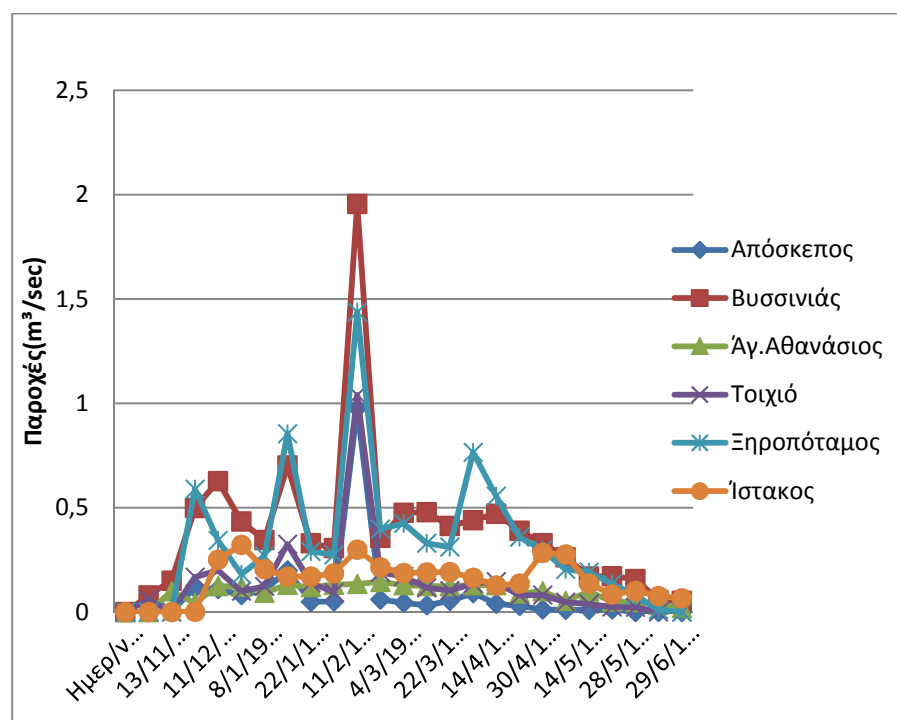
Χειμάρροι	Μεταμόρφωση	Φωτεινή	Ξηροπόταμος	Ίστακος	Διώρυγα
Ημερ /νία	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)
6/11/1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13/11/1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
26/11/1998	0,049	0,005	0,590	0,001	1,440
11/12/1998	0,115	0,002	0,344	0,252	1,885
17/12/1998	0,072	0,000	0,182	0,322	1,891
8/1/1999	0,054	0,000	0,269	0,206	2,176
15/1/1999	0,208	0,006	0,854	0,170	0,165
22/1/1999	0,070	0,000	0,290	0,170	1,220
19/1/1999	0,057	0,000	0,274	0,185	1,259
11/2/1999	0,538	0,042	1,437	0,299	2,412
27/2/1999	0,143	0,000	0,398	0,215	1,881
4/3/1999	0,061	0,000	0,425	0,187	0,054
12/3/1999	0,047	0,000	0,329	0,190	0,016
22/3/1999	0,034	0,000	0,311	0,191	0,965
29/3/1999	0,036	0,000	0,766	0,164	0,834
14/4/1999	0,032	0,000	0,555	0,128	0,539
21/4/1999	0,016	0,000	0,359	0,136	2,037
30/4/1999	0,014	0,000	0,297	0,284	1,635
6/5/1999	0,015	0,000	0,204	0,277	0,090
14/5/1999	0,001	0,000	0,192	0,137	0,048
21/5/1999	0,000	0,000	0,135	0,084	0,063
28/5/1999	0,000	0,000	0,079	0,101	0,058
14/6/1999	0,000	0,000	0,011	0,077	0,063
29/6/1999	0,000	0,000	0,000	0,065	0,097

Πίνακας 3.5 : Χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων (m^3/sec), (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

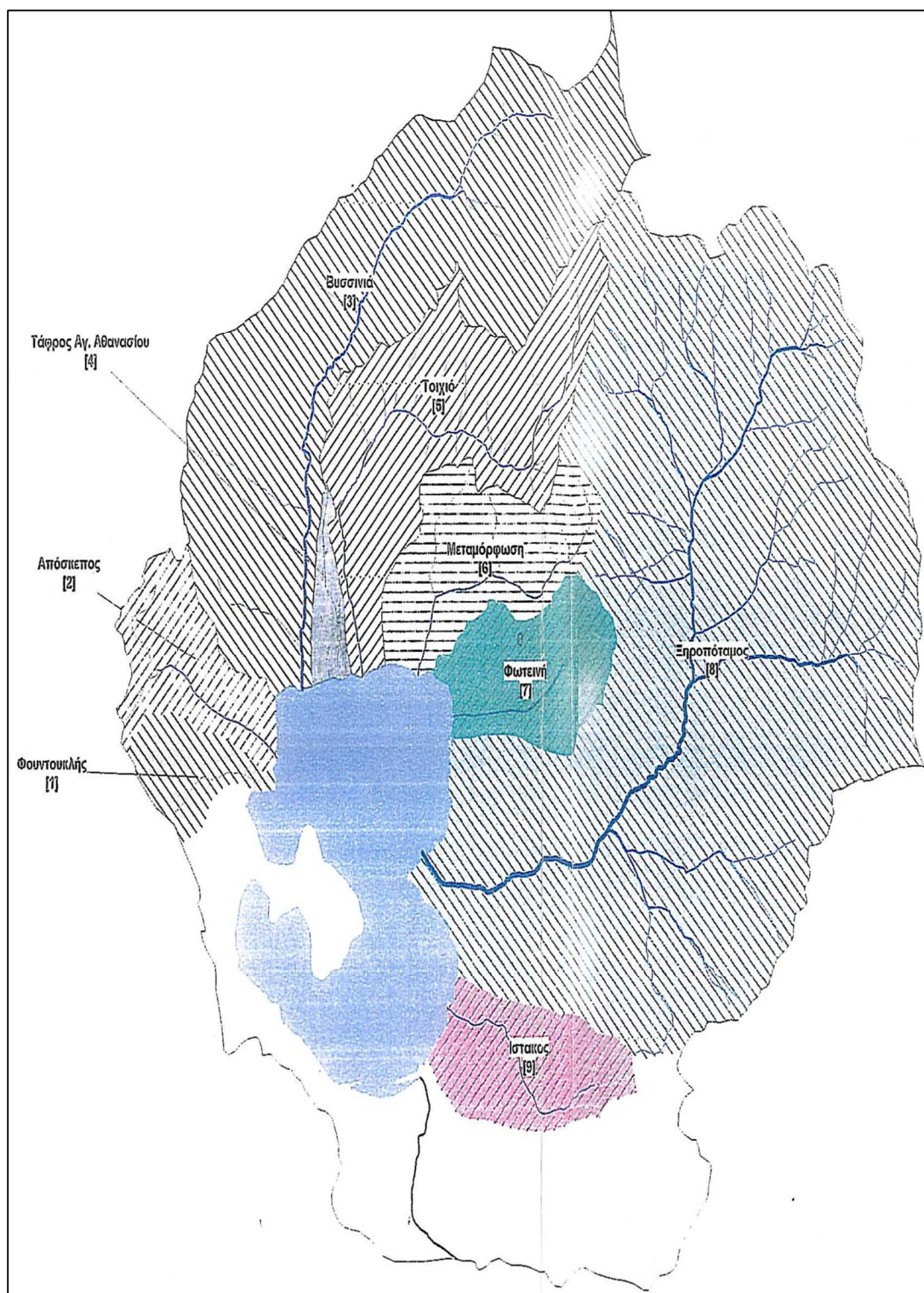
Χείμαρροι	Μέγιστη Παροχή	Ημερ /νία Μέτρησης	Μέση Παροχή	Μέγιστη Παροχή κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης
Φουντουκλής	0,011	15/1/1999	0,007	0,005
Απόσκεπος	0,199	15/1/1999	0,104	0,977
Βυσσινιάς	0,703	15/1/1999	0,402	1,956
Άγ.Αθανάσιος	0,144	27/2/1999	0,099	0,135
Τοιχίο	0,325	15/1/1999	0,155	1,040
Μεταμόρφωση	0,208	15/1/1999	0,087	0,538
Φωτεινή	0,042	11/2/1999	0,014	0,042
Ξηροπόταμος	0,854	15/1/1999	0,395	1,437
Ίστακος	0,322	17/12/1998	0,175	0,299
Διώρυγα	2,176	8/1/1999	0,906	2,412

Πίνακας 3.6 : Χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Χειμάρροι	Ετήσιος Όγκος νερού κάθε χειμάρρου	Μέση Ταχύτητα (m /sec)	Μέση Διατομή (m)	Μέγιστο Βάθος
Φουντουκλής	36590,400	0,317	0,023	0,030
Απόσκεπος	2216817,500	0,471	0,147	0,250
Βυσσινιάς	8964924,480	1,288	0,305	0,200
Άγ.Αθανάσιος	1970815,100	0,645	0,153	0,360
Τοιχίο	3273108,480	0,673	0,202	0,420
Μεταμόρφωση	1540576,800	0,601	0,111	0,400
Φωτεινή	63649,1520	0,161	0,073	0,250
Ξηροπόταμος	7612941,600	0,462	0,749	0,370
Ίστακος	3353767,200	0,247	0,663	0,630
Διώρυγα	—	0,929	0,803	0,300



Σχήμα 3.10 : Παροχές χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1999



Σχήμα 3.11 : Σύστημα υδατορεμάτων και υπολεκάνες (κλίμακα 1:100.000),
(Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

3.3.3 Εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στη λίμνη

Οι εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στο λιμναίο χώρο συγκεντρώνονται κυρίως στο ΒΑ τέταρτο της λιμναίας περιμέτρου και εκτείνονται σε μήκος ακτών 10 km. Ξεκινούν από τα ανάντη της λίμνης μέχρι το Μαυροχώρι, απέναντι από το όρος Κορίτσα της Καστοριάς. Μεταξύ των εκβολών των ρεμάτων μεσολαβούν αποστάσεις που κυμαίνονται από 1.200 έως 4.400 m.

Ο χείμαρρος του Απόσκεπου (Σιούτιστας) εκχύνεται ως ανεξάρτητος στο λιμναίο χώρο. Ο κώνος πρόσχωσης του ταυτίζεται με το δέλτα του διότι φτάνει σχεδόν μέχρι τις όχθες της λίμνης.

Οι χείμαρροι Βυσσινιάς (Λάκκου), Τοιχιού και Μεταμόρφωσης συγκλίνουν, οπότε κοντά στις εκβολές τους στη λίμνη συμπλέκονται οι επιφάνειες των δέλτα τους, δίνοντας την εικόνα ενιαίου συνόλου.

Ο Ξηροπόταμος εμφανίζει αυτοτελή ανάπτυξη και ο κάθε κλάδος του διαμορφώνει ανεξάρτητο κώνο απόθεσης. Στο σημείο όπου εκβάλλει στη λίμνη σχηματίζεται ένα επιβλητικό δέλτα, με κατεύθυνση δυτική προς τη χερσόνησο της λίμνης.

Τα υδατορέματα αυτά τροφοδοτούν τη λίμνη της Καστοριάς η οποία εκφορτίζεται από τη Διώρυγα (ρέμα Γκιόλι), που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της, με τελική κατάληξη των υδάτων της στον ποταμό Αλιάκμονα.

Πίνακας 3.7: Ετήσιος όγκος εισροών και εκροών της λίμνης της Καστοριάς (Σακκάς, 1994)

<u>ΕΙΣΡΟΕΣ</u>	<u>ΌΓΚΟΣ</u> <u>(10⁶ m³)</u>
Όγκος βροχοπτώσεων στη λίμνη	20,1
Όγκος υπόγειων εισροών στη λίμνη	33,7
Όγκος επιφανειακών εισροών στη λίμνη	24,6
Σύνολο εισροών στη λίμνη	80,2
<u>ΕΚΡΟΕΣ</u>	
Όγκος εξατμίσεων από τη λίμνη	23,2
Όγκος εκροών μέσω ρέματος Γκιόλι	57,1
Σύνολο εκροών στη λίμνη	80,3

3.3.4 Κινήσεις υδάτων

Στη λίμνη παρατηρούνται οι παρακάτω κινήσεις υδάτων :

- Μια γενική βραδεία μόνιμη ροή από το άνω τμήμα της λίμνης, στο οποίο εισρέουν νερά προς το κάτω τμήμα, όπου στη συνέχεια αυτά εκρέουν στο ρέμα Γκιόλι.
- Ροές που οφείλονται κυρίως στους πνέοντες ανέμους και δευτερευόντως στη μεταβολή της πυκνότητας των νερών λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας που παρατηρούνται στο εσωτερικό της λίμνης.
- Ροές στο υπολίμνιο, που σχηματίζονται κατά τις πλημμυρικές παροχές των χειμαρρικών ρεμάτων.

4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η συμβολή της γεωλογίας της περιοχής της Καστοριάς είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ποικιλότητα της σύγχρονης αλλά και απολιθωμένης χλωρίδας. Η επίδραση αυτή χαρακτηρίζεται από τρία κύρια στοιχεία:

- τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, η εμφάνιση των οποίων καταλαμβάνει μεγάλη έκταση
- την Αλπική ορογένεση που έλαβε χώρα στο Τριτογενές, η οποία οδήγησε στη δημιουργία εκτεταμένων ορεινών όγκων
- τον έντονο τεκτονισμό κατά το Άνω Τριτογενές και Τεταρτογενές.

Οι πρώτοι ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη γεωλογία της Δυτικής Μακεδονίας και αποτύπωσαν τη γενικότερη εικόνα της είναι η ομάδα των Γερμανών γεωλόγων M. Blanckenhorn , O. Erdmannsdorfer , K. Gripp , P. Kossmat , K. Leuchs , K. Osswald και A. Wurm . Η ομάδα αυτή μελέτησε κυρίως περιοχές της FYROM και μερικά μόλις τμήματα της Μακεδονίας κατά τη διάρκεια του πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη της ομάδας, δημοσιεύτηκαν από τον Kossmat το 1924, ο οποίος είναι και ο υπεύθυνος για τον πρώτο διαχωρισμό της Βόρειας Ελλάδας σε γεωτεκτονικές ζώνες από ανατολικά προς δυτικά. Ο διαχωρισμός έγινε ως εξής :

- ▶ Μάζα της Ροδόπης
- ▶ Ζώνη Αξιού
- ▶ Πελαγονική κρυσταλλική μάζα
- ▶ Ζώνη μεσοζωικών οφιολίθων

Μεταγενέστερα ο Osswald (1931, 1938) συνέχισε την εργασία της γερμανικής ομάδας προεκτείνοντας την προς νότο. Διατήρησε τη διάκριση των ζωνών που προέκυψαν από τον Kossmat και στη συνέχεια δημοσίευσε την πρώτη συνολική εργασία που αφορούσε τη δυτική Μακεδονία μαζί με το γεωλογικό χάρτη της περιοχής με κλίμακα (1: 300.000).

Αργότερα ο Brunn (1956), μελέτησε τη δυτική Μακεδονία και την ανατολική Πίνδο. Περίορισε όμως την περιοχή έρευνας του προς το Βορρά στο ύψος της πόλης

της Καστοριάς, λόγω των ειδικών πολιτικών συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή κατά τη μεταπολεμική περίοδο. Η συμβολή του στη γεωλογία της περιοχής επομένως περιορίζεται στις αποθέσεις της Μεσοελληνικής Αύλακας. Η μελέτη όμως των σχηματισμών της Πελαγονικής ζώνης στο όρος Άσκιο του νομού Κοζάνης έδωσε σημαντικές πληροφορίες και σημεία αναφοράς για τις αντίστοιχες εμφανίσεις της Πελαγονικής ζώνης στην περιοχή της Καστοριάς.

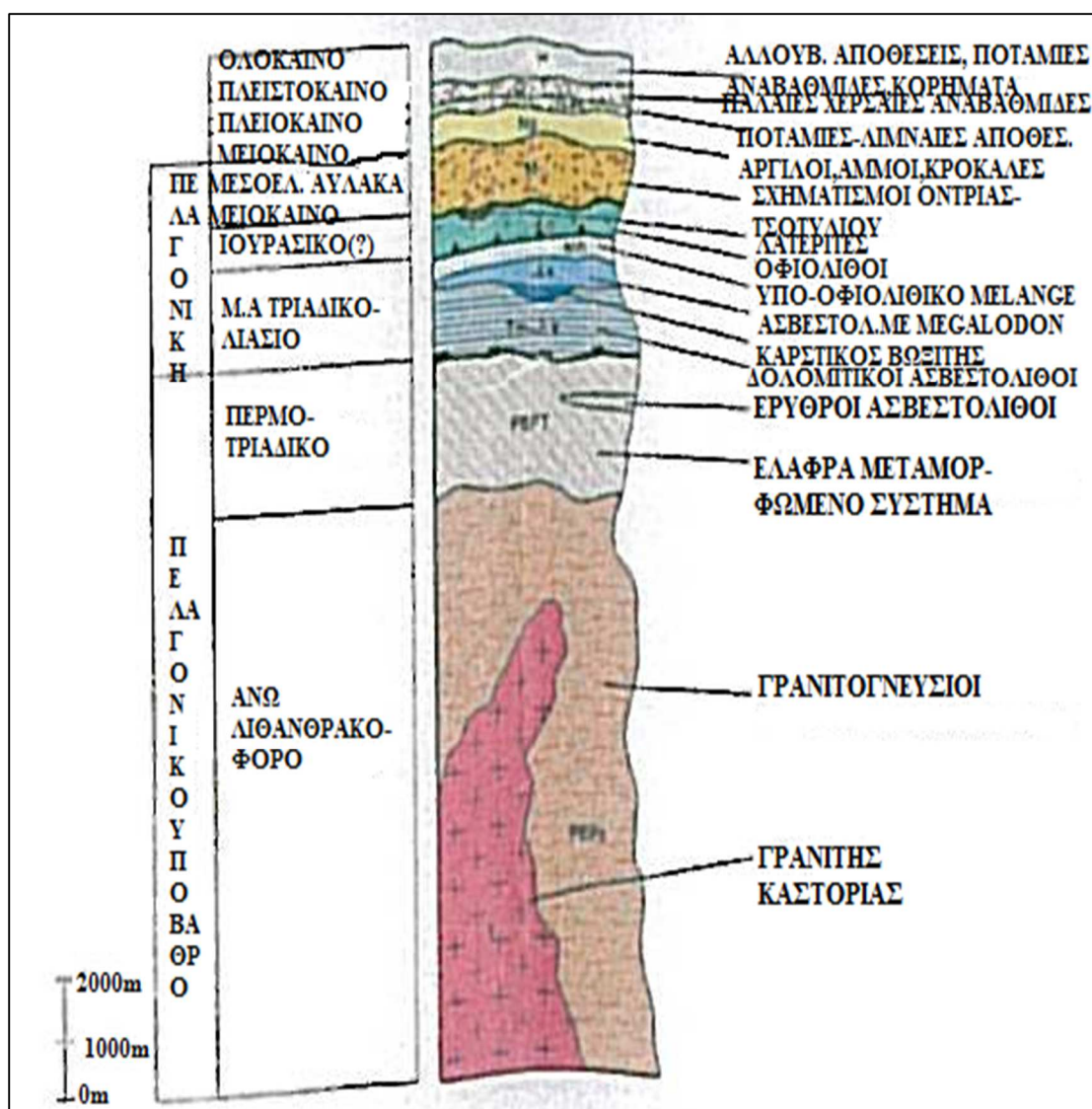
Το νότιο κομμάτι της περιοχής της Καστοριάς το 1971 χαρτογραφήθηκε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) σε κλίμακα 1:50000 (Savoyat και Μονόπωλης 1971, φύλλο Άργος Ορεστικό, Νεστόριο).

Ο Μουντράκης (1979, 1982, 1983), αποτελεί ουσιαστικά τον πρώτο ερευνητή που ασχολήθηκε αναλυτικά με τη γεωλογική δομή της περιοχής της Καστοριάς στα πλαίσια του ενδιαφέροντος του για τα γεωτεκτονικά προβλήματα των εσωτερικών Ελληνίδων και της Πελαγονικής ζώνης.

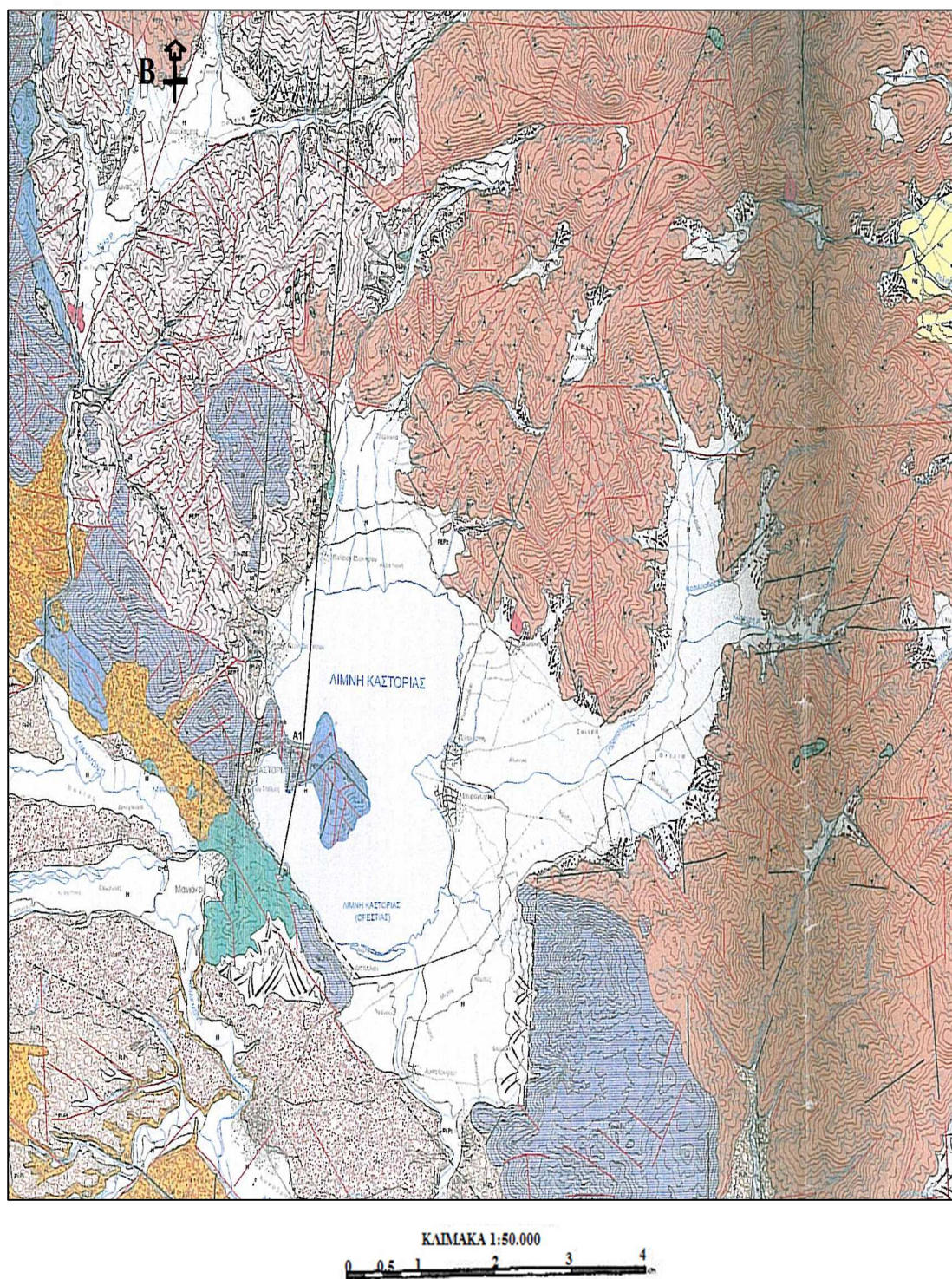
Οι Papanikolaou, Zambetakis-Lekkas (1980) διαχώρισαν την ενότητα της Καστοριάς από το υπόβαθρο της Πελαγονικής. Η ενότητα της Καστοριάς χαρακτηρίστηκε ως μία ηφαιστειοϊζηματογενής ενότητα, χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης με διαδοχικές φάσεις γρανιτικών διεισδύσεων. Έγινε σύγκριση της ενότητας αυτής με αντίστοιχες ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές που βρίσκονται στη βάση πολλών ενοτήτων των Ελληνίδων (π.χ. στρώματα Τυρού της ενότητας της Τρίπολης). Επίσης αναγνώρισαν μία ηλικία το Κάτω Ανίσιο με βάση τον κωνόδοντα *Neogondolella aegaea*, *Neospathodus timorensis*, για τα μεταβατικά στρώματα προς τα μάρμαρα της Πελαγονικής.

Οι Papanikolaou και Stojanov (1983) ταύτισαν τη ζώνη της Αλμωπίας (Mercier 1968), με τη ζώνη της Πελαγονικής (Celet et Feriere 1978) και τοποθέτησαν τους σχηματισμούς της περιοχής της Καστοριάς στις ενότητες Καστοριάς και Αλμωπίας. Η ταύτιση αυτή έγινε στα πλαίσια της παρουσίασης του γεωλογικού χάρτη της βορειοδυτικής Μακεδονίας και νότιας Γιουγκοσλαβίας, σε μία προσπάθεια συσχετισμού των γεωλογικών σχηματισμών στις δύο χώρες. Τέλος πραγματοποιήθηκε από τον Βαφειάδη, (1983) η υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης της Καστοριάς. Επίσης κατά καιρούς έχουν δημοσιευθεί στοιχεία που συσχετίζουν τους διάφορους σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής της Καστοριάς καθώς και στοιχεία που την εντάσσουν στο γεωτεκτονικό χώρο των εσωτερικών Ελληνίδων (Kilias 1980).

Εν κατακλείδι, η περιοχή της Καστοριάς παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία σε σχηματισμούς. Στα πετρώματα της περιοχής περιλαμβάνονται : προαλπικά μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα, αλπικά ανθρακικά κυρίως ιζήματα, μολασσικές αποθέσεις της Μεσοελληνικής Αύλακας καθώς και πλειοκαινικά και τεταρτογενή χαλαρά ιζήματα. Κατά το μεγαλύτερο μέρος τους τα πετρώματα ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη, ενώ στη δυτική περιοχή εμφανίζονται σχηματισμοί της Πελαγονικής και κυριαρχούν τα ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας (Mountrakis 1979) .



Σχήμα 4.1 : Συνθετική στρωματογραφική στήλη της περιοχής μελέτης (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)



Σχήμα 4.2 : Αντίστοιχος της στρωματογραφικής στήλης (σχήμα 4.1), συνοπτικός γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της λίμνης της Καστοριάς (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

4.2 Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

Τα πετρώματα που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης της Καστοριάς, είναι αυτά που ακολουθούν παρακάτω, με σειρά από τα παλαιότερα προς τα νεότερα :

4.2.1. Πελαγονικό υπόβαθρο

■ Ανώτερο Λιθανθρακοφόρο

Γρανίτης Καστοριάς : Πρόκειται για αδροκρυσταλλικό έως πορφυροειδή μεταγρανίτη. Έχει μεγάλη ανάπτυξη και στα παρακείμενα γεωλογικά φύλλα, όπου είναι πιο εμφανείς αλλά και πολύ διαδεδομένες οι επαφές διείσδυσης του μέσα στα πετρώματα του Παλαιοζωικού. Ο όρος « μεταγρανίτης » δικαιολογείται από τα εξής στοιχεία που τον χαρακτηρίζουν : έντονη τεκτονική παραμόρφωση και εξαλλοίωση ,σε μικροσκοπική κλίμακα, σχιστότητα που αυξάνεται σε ένταση από το εξωτερικό μέρος προς την περιφέρεια και τέλος ο βλαστοκατακλαστικός ιστός του. Όλα τα παραπάνω στοιχεία δικαιολογούν τον όρο « μεταγρανίτης » .



Εικόνα 4.1: Πορφυροειδής γρανίτης Καστοριάς

■ Λιθανθρακοφόρο (?) – Κατώτερο Τριαδικό

Έντονα μεταμορφωμένο σύστημα : Γρανιτογενέσιοι . Τα πετρώματα αυτά εντοπίζονται στα κατώτερα μέλη του μεταμορφωμένου συστήματος. Έχουν υφή γνευσιακή έως σχιστοποιημένη και ο ιστός τους μπορεί να χαρακτηριστεί από πορφυροκατακλαστικός έως βλαστομυλονιτικός. Η παρατηρούμενη σχιστότητα των πετρωμάτων οφείλεται στον έντονο γραμμικό και επιφανειακό προσανατολισμό που

παρατηρείται κυρίως στα φυλλοπυριτικά ορυκτά (ομάδα σερπεντινών, ομάδα αργιλικών ορυκτών, ομάδα μαρμαρυγιών, ομάδα τάλκη, ομάδα χλωριτών). Επίσης σε αυτά παρατηρείται και το φαινόμενο της περθιτίωσης των καλιούχων αστρίων, εξαλλοίωση των πρωτογενών ορυκτών καθώς έκδηλα είναι και τα μικροσκοπικά και μακροσκοπικά στοιχεία της ισχυρής τεκτονικής παραμόρφωσης τους.

Ελαφρά μεταμορφωμένα πετρώματα : Τα πετρώματα αυτά εμφανίζονται με παρεμβολές από φακούς ερυθρών, κρυσταλλικών ή μη, ασβεστολίθων. Παρατηρείται σε αυτά βαθμιαία μετάβαση προς τα πάνω που αρχίζει με μετακροκαλοπαγή, μεταναμμίτες και μετααρκόζες και συνεχίζει προς τα πάνω με φυλλίτες, πρασινόλιθους κατά θέσεις και σχιστόλιθους διαφόρων τύπων (χλωριτικούς, σερικιτικούς, γραφιτικούς, μοσχοβιτικούς). Τα λεπτόκοκκα μεταϊζηήματα αποτελούν τα νεότερα μέλη του συστήματος αυτού και χαρακτηρίζονται από ελαφρά μεταμόρφωση και την ύπαρξη σε αυτά σώματα μεταβασιτών (πρασινόλιθοι). Τα μεταϊζηήματα αυτά είναι σχιστοποιημένα και αποτελούνται από χαλαζία, σερικήτη, χλωρίτη, μοσχοβίτη, αλβίτη. Οι πετρολογικοί τύποι των πετρωμάτων καθορίζονται από τα ποσοστά συμμετοχής των παραπάνω ορυκτών. Σε αντίστοιχους σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής μέσα στους ασβεστολιθικούς φακούς βρέθηκαν τα Κωνόδοντα : *Spathognathodus timorensis*, *Enantiognathus petraeviridi* και *Hindeodella* (*Metaprioniodus*) *pectiniformis* τα οποία χαρακτηρίζουν το Ανώτερο Σκύθιο έως Κατώτερο Ανίσιο.

Τα παραπάνω μεταμορφωμένα, ημιμεταμορφωμένα και πλουτωνικά πετρώματα εκτείνονται στο μεγαλύτερο μέρος της ορεινής περιοχής και καλύπτουν το βορειοδυτικό, βόρειο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Επίσης η υδρολιθολογική τους συμπεριφορά θεωρείται ότι είναι ενιαία.

4.2.2 Πελαγονική ζώνη

■ Μέσο Τριαδικό – Κατώτερο Ιουρασικό

Ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι : Πρόκειται για μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους με χρώμα ανοικτότεφρο-τεφρό, που μεταβάλλεται σε σκοτεινότεφρο- μελανότεφρο στα ανώτερα μέλη της

σειράς. Μέσα σε αυτούς έχουν παρατηρηθεί εμφανίσεις καρστικού βωξίτη καθώς και απολιθώματα (*Involutina gaschei praegaschei*, *I . sinuosa oberhauseri*, *Duostominidae*, *Thaumatoporella parnovesiculifera* κ.α.). Στα ανώτερα μέλη τους παρεμβάλλεται μία σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση μικρού πάχους, που μεταβαίνει πάλι σε λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους χρώματος τεφρού έως μελανότεφρου. Στην προέκταση των ασβεστόλιθων αυτών έχουν βρεθεί τα Κωνόδοντα : *Gondolella polygnathiformis*, *Hindeodella spengleri* και *Metapolygnathus abnepesis*, η ηλικία των οποίων αρχίζει από το ανώτερο Λαδίνιο και φθάνει μέχρι το Νόριο.

■ Μέσο ανώτερο Λιάσιο

Ασβεστόλιθοι : Πρόκειται για ασβεστόλιθους με χρώμα σκοτεινόμαυρο έως γκριζόμαυρο, που περιλαμβάνουν μικρά *Megalodon* sp . και *Pinnidae*. Ο ορίζοντας στον οποίο σταματούν τα μεγάλα (10-30 cm) *Megalodon* sp . με *Pinnidae* και αρχίζουν τα μικρά αποτέλεσε το όριο μεταξύ Κατώτερου και Μέσου Λιασίου.

Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα, εμφανίζονται σε δύο κύριες περιοχές και παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση. Η πρώτη περιοχή βρίσκεται στη ΝΑ μεριά της λίμνης (υψώματα Κορησού, προφήτη Ηλία) και η δεύτερη που εκτείνεται προς τα δυτικά της λίμνης, αρχίζει από το ύψωμα Κορίτσα, εντός της λίμνης και συνεχίζει προς τα Δ-ΒΔ στην ορεινή ζώνη της Αγίας Τριάδας καθώς και στην περιοχή του υψώματος Καζάνι (1.367 m). Οι εμφανίσεις των ασβεστολιθικών αυτών πετρωμάτων είναι ιδιαίτερες σημαντικές από υδρογεωλογικής άποψης διότι συνδέονται με την εκδήλωση αξιόλογων καρστικών πηγών. Κάποιες από αυτές τις πηγές ρυθμίζουν τη διαίτα της λίμνης και άλλες τροφοδοτούν ορισμένους υδροφόρους γεωλογικούς σχηματισμούς της παραλίμνιας πεδινής περιοχής. Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα είναι διερρηγμένα και καρστικοποιημένα σε σημαντικό βαθμό.

■ Ιουρασικό

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση : Αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους, μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες, κερατόλιθους και ραδιολαρίτες. Συνοδεύει πάντοτε τους οφιόλιθους της Πελαγονικής ζώνης. Ηλικία :Ιουρασικό.



Εικόνα 4.2 : Σχιστοκερατόλιθοι κοντά στο χωριό Επταχώρι (προσωπικό υλικό της Μαρίας Χατζοπούλου)

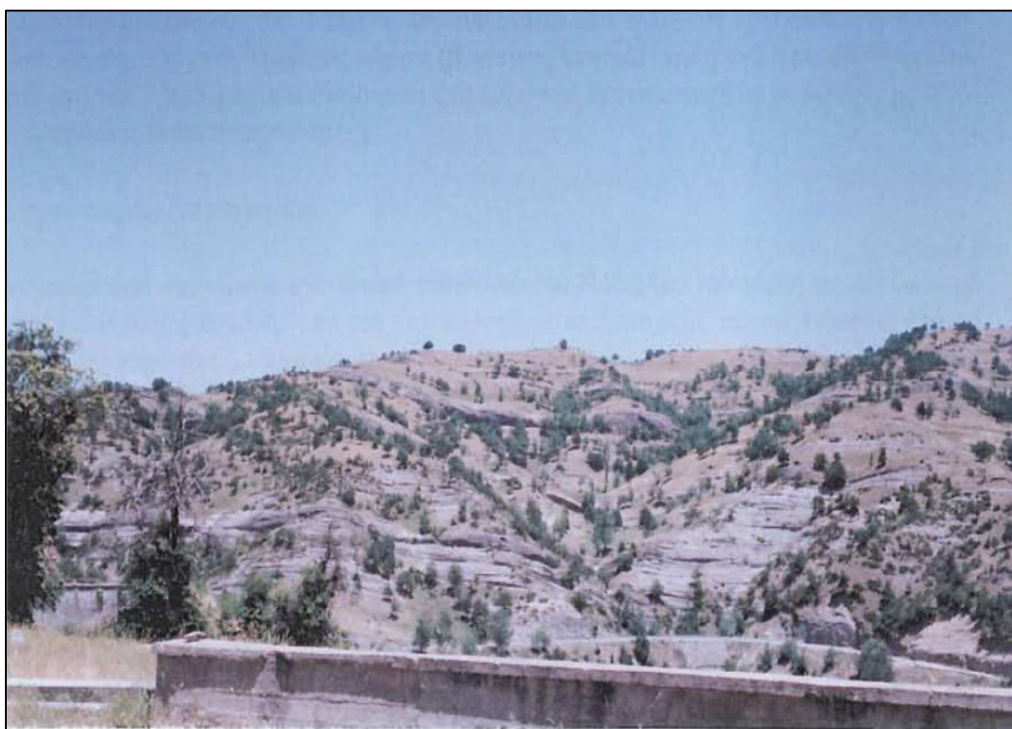
Οφιόλιθοι και άλλα ιζήματα : Στην περιοχή εμφανίζονται δύο μεμονωμένες οφιολιθικές μάζες οι οποίες ανήκουν στο σύμπλεγμα της Πελαγονικής ζώνης. Τα ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των οφιολιθικών μαζών. Αποτελούνται από βασικά και υπερβασικά πετρώματα όπως περιδοτίτες, σερπεντινωμένους δουνίτες, τα οποία είναι έντονα τεκτονισμένα. Μέσα σε αυτούς παρατηρούνται χρωμιτικές συγκεντρώσεις και σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα. Επίσης επισημαίνεται η παρουσία τεκτονικών μπλοκ διαφόρων διαστάσεων, από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και σερπεντινίτες (τυπικοί σχηματισμοί *mélange*) στις εμφανίσεις των οφιολίθων και των συνοδών ιζημάτων. Στη ζώνη επαφής οφιολίθων με τα ανθρακικά πετρώματα, συναντώνται τα οφιολιθικά μείγματα.

4.2.3 Μεσοελληνική Αύλακα

■ Μολασσικά ιζήματα (Μειόκαινο, Ακουιτάνιο - Βουρδιγάλιο)

Τα μολασσικά ιζήματα καλύπτουν ένα αρκετά μεγάλο μέρος της ευρύτερης περιοχής της Καστοριάς. Οι αποθέσεις προέρχονται από τις σειρές Τσοτυλίου και Όντρια οι οποίες αποτελούν και τις ανώτερες σειρές της Μεσοελληνικής Αύλακας. Οι εμφανίσεις τους παρατηρούνται στην περιοχή νότια της λίμνης της Καστοριάς (Savoyat & Μονόπωλης 1971 a,b).

•**Σχηματισμοί Πενταλόφου :** Περιλαμβάνει ψαμμίτες κατά κανόνα χαλαρούς, με διάσπαρτες κροκάλες μικρού έως μετρίου μεγέθους. Μετατρέπονται τοπικά σε μικροκροκαλοπαγή ή και χονδρόκοκκους ψαμμίτες. Στα ανώτερα μέλη των κροκαλοπαγών σε τεφροκύανες μάργες περιέχονται θραύσματα Μαλακίων και Τρηματοφόρα (*Globorotalia kugleri*, *Globigerinita dissimilis*, *Lepidocyclina* sp. κ.α.). Η απόθεση της σειράς αυτής έλαβε χώρα κατά το Ακουιτάνιο- Βουρδιγάλιο (Fermeli & Ioakim 1992).



Εικόνα 4.3 : Εναλλαγές κροκαλοπαγών και ψαμμιτών στην ευρύτερη περιοχή του Πενταλόφου

•**Σχηματισμοί Τσοτυλίου :** Αυτοί αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, κλαστικούς ασβεστόλιθους κ.α. Το συνολικό πάχος τους μπορεί να φτάσει και τα 2200 m. Διακρίνονται από πάνω προς τα κάτω, στις ακόλουθες φάσεις που επικάθονται με επίκλυση πάνω στο αλπικό υπόβαθρο του ανατολικού κράσπεδου, σε ψαμμίτες κατά κανόνα χαλαρούς, μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες, χονδρόκοκκους έως πολύ λεπτόκοκκους ασβεστιτικούς ψαμμίτες οι οποίοι εγκλείουν Γαστερόποδα, Οστρακώδη, Εχινόδερμα και Τρηματοφόρα (*Miogypsina* sp.). Συχνά παρατηρούνται αποσφηνώσεις και πλευρικές μεταβάσεις φάσεων.



Εικόνα 4.4 : Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς του Τσοτυλίου

•**Σχηματισμοί Ομορφοκλησιάς -Όντριας :** Οι σχηματισμοί αυτοί εντοπίζονται κοντά στα χωριά Νεστόριο και Πετροπουλάκι και στο υψίπεδο Μεγάλης Όντριας. Πρόκειται για σχηματισμούς με ποικίλο πάχος το οποίο, κυμαίνεται από μερικά μέτρα έως 450 m. Διακρίνονται τρεις κύριες χαρακτηριστικές φάσεις με

αποσφηνώσεις και πλευρικές μεταβάσεις. Αποτελούνται από μάργες ψαμμιτικές, ιλυομιγείς, κυανές έως κυανότεφρες με Βρυόζωα, Pectinidae, Γαστερόποδα, Εχινόδερμα, (Clypeaster), Τρηματοφόρα, (Globoquadrina dehiscens, Globigerinoides altiaperturus, Globigerinoides trilobus, Globigerina dissimilis) και ασβεστιτικούς ψαμμίτες του χωριού Πετροπουλακίου : οι οποίοι είναι κατά τόπους μικροκροκαλοπαγείς (νότια του ποταμού Αλιάκμονα) με Ελασματοβράγχια, Γαστερόποδα, Εχινόδερμα, Βρυόζωα, Φύκη,(Lithothamnium) και Τρηματοφόρα (Miliolidae, Miogypsina sp. κ.α.). Η ηλικία των σχηματισμών τοποθετείται στο Μειόκαινο και εμφανίζονται στην περιοχή του Νόστιμου και της Ασπροκκλησιάς. Στις αποθέσεις του σχηματισμού Όντριας έχει αποκαλυφθεί το απολιθωμένο δάσος του Νόστιμου ηλικίας Κάτω Μειόκαινου, όπου έχουν προσδιορισθεί πυριτιωμένοι κορμοί από φοίνικες και άλλα δικοτυλήδονα (Selmeier & Velitzelos 2000).



Εικόνα 4.5: Καταρράκτης στα μολασσικά ιζήματα στο Νεστόριο

■ Ανώτερο Μειόκαινο- Κατώτερο Πλειόκαινο

Άργιλοι, άμμοι και κροκαλοπαγή : Έχει παρατηρηθεί ότι αυτά μεταβαίνουν προς τα κάτω σε λευκοκίτρινους μέχρι λευκόφαιους, συμπαγείς, απολιθωματοφόρους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες και άργιλους. Σε στρώματα βαθύτερα αναπτύσσονται μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, μάργες με λεπτές διαστρώσεις λιγνίτη,

αργιλούχες μάργες με εναλλαγές ανθρακομιγούς λιγνίτη και ξυλίτη (Λιγνιτωρυχεία Βεύης, Άχλαδας) .Στην προέκταση της λεκάνης στη Φλώρινα εντοπίστηκαν ορίζοντες που περιελάμβαναν χαρακτηριστικά απολιθώματα όπως : Neritina, Theodoxus (Calvertia) macedonicus) .Το μέγιστο πάχος τους είναι περίπου 100 m .

■ Πλείο -Πλειστοκαινικές Αποθέσεις

Ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις σε αναβαθμίδες : Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα χαλαρά κροκαλοπαγή, κυανές έως υποπράσινες άργιλοι, χαλαροί ψαμμίτες με κόκκους ποικίλου μεγέθους, άμμοι, κροκαλοπαγή και ερυθροί άργιλοι στα ψηλότερα τμήματα τους, που απαντώνται ΝΝΑ της λίμνης της Καστοριάς. Οι λιμνοποτάμιες αποθέσεις εκτείνονται μεταξύ του ρέματος Γκιόλι και των ασβεστολιθικών πετρωμάτων κατά μήκος των οικισμών Μηλίτσας και Κωσταραζίου. Η απόθεση των ιζημάτων αυτών, πραγματοποιήθηκε μετά τη χέρσευση των μολασσικών ιζημάτων και το σχηματισμό των μεγάλων συστημάτων των λιμνών κατά το Άνω Μειόκαινο- Πλειόκαινο, όπου έλαβε χώρα η τεκτονική φάση που ακολούθησε με τις ανυψώσεις και τις διαρρήξεις. Κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου συνεχίστηκε η απόθεση των σχηματισμών αυτών. Το πάχος τους έφτανε μέχρι και τα 100 m.



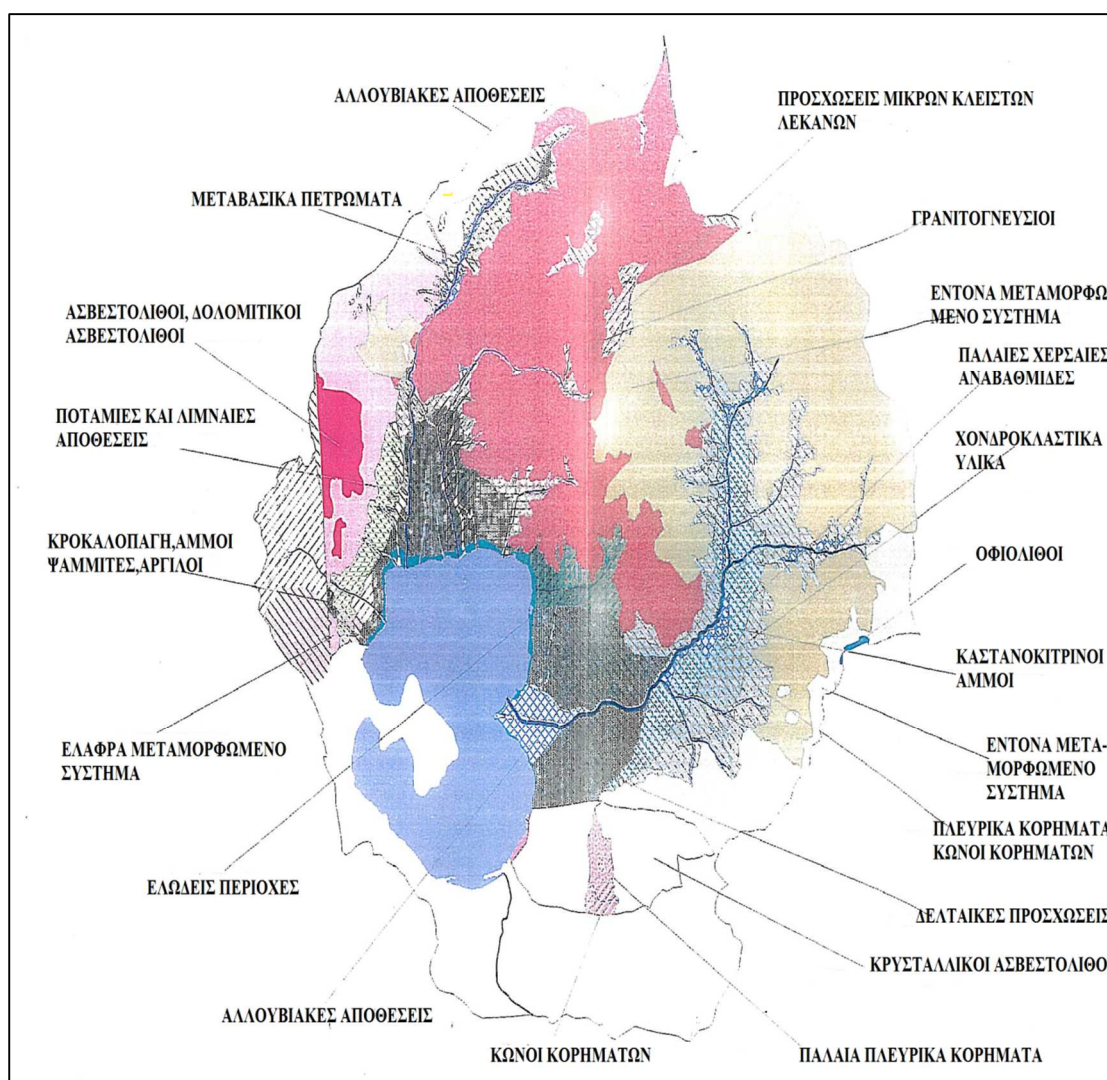
Εικόνα 4.6 : Άποψη των ποταμολιμναίων σχηματισμών με τη μορφή αναβαθμίδων

■ Πλειστόκαινο-Ολόκαινο

Παλαιές χερσαίες αναβαθμίδες : Αφορούν τη συσσώρευση χονδρόκοκκων κλαστικών υλικών διαφόρων τύπων, που συναντώνται στην περιφέρεια των λεκανών και αποτελούνται από πλευρικά κορήματα, τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα ή συσσωρευμένα. Πρόκειται για ελαφρά συνεκτικούς σχηματισμούς που μεταβαίνουν σε κώνους κορημάτων, στις χαμηλότερες θέσεις. Ερυθρογαίες που συναντώνται μέσα στα καρστικά έγκοιλα των αλπικών ανθρακικών πετρωμάτων ή των ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών της μολάσσας. Στην πεδινή περιοχή, νότια της λίμνης της Καστοριάς, από το χωριό Χιλιόδενδρο μέχρι νότια της κωμόπολης του Άργους Ορεστικού, καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις εκατέρωθεν του ποταμού Αλιάκμονα, του παραποτάμου του Βέλα και των μικρότερων ρευμάτων που συμβάλλουν σε αυτούς.

■ Ολόκαινο

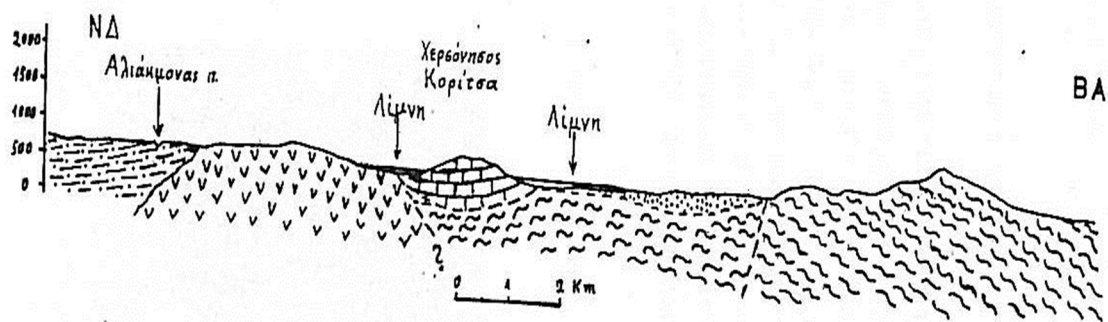
Αλλούβια : Στις τεταρτογενείς αυτές αποθέσεις περιλαμβάνονται οι σύγχρονες χερσαίες αποθέσεις με τη μορφή προσχώσεων κοιλάδων, οι αναβαθμίδες (παλαιότερες), οι αλλουβιακοί κώνοι, τα ριπίδια και οι κώνοι κορημάτων. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις εκτείνονται σε όλη την πεδινή περιοχή, γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς. Πιο αναλυτικά : **Ελώδεις περιοχές:** όπως ιλύς, υγρά εδάφη και άμμοι που περιλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό νερού, σχηματιζόμενες ποτάμιες αναβαθμίδες. **Δελταϊκές προσχώσεις:** περιλαμβάνουν άμμο και ιλύ με διάσπαρτα, μεγάλου μεγέθους και με γωνίες τεμάχια που προέρχονται από τα περιβάλλοντα πετρώματα της λεκάνης. **Αλλουβιακές αποθέσεις :** πρόκειται για υλικά προσχώσεων και υλικά ελουβιακού μανδύα, αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων καθώς και προσχώσεις μικρών, κλειστών λεκανών με υλικά που προέρχονται από τα περιβάλλοντα πετρώματα. **Ποτάμιες αναβαθμίδες :** αφορούν τα πλευρικά κορήματα και τους κώνους κορημάτων. Συνίστανται από καστανοκίτρινες άμμους, ιλυούχες άμμους και αμμούχες ιλεις οι οποίες είναι λιγότερο συνεκτικές.



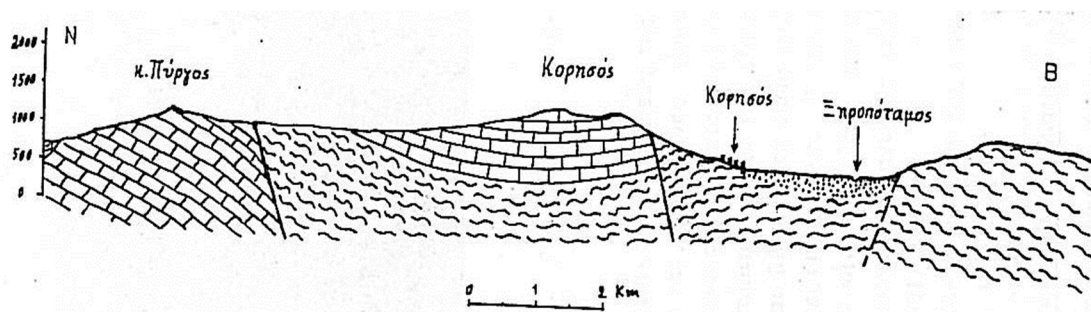
Κλίμακα 1: 100.000

Σχήμα 4.3 : Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Στη συνέχεια στα σχήματα 4.4 και 4.5 ακολουθούν οι γεωλογικές τομές Α-Α' και Β-Β' αντίστοιχα, σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983).



Σχήμα 4.4 : Γεωλογική τομή Α-Α΄ της περιοχής μελέτης (Βαφειάδης, 1983)



Σχήμα 4.5 : Γεωλογική τομή Β-Β΄ της περιοχής μελέτης (Βαφειάδης, 1983)

Όπου :

.....	Τεταρτογενείς αποθέσεις
~ ~ ~ ~	Ημιμεταμορφωμένα και μεταμορφωμένα παλαιοζωικά πετρώματα και γνευσιωμένοι γρανίτες
-•-•-• •-•-•-	Νεογενή ιζήματα
∇ ∇ ∇ ∇ ∇	Οφιολιθικά πετρώματα
 	Τριαδικοϊουρασικοί ασβεστόλιθοι

---- Ρήγμα

4.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα πετρώματα της Πελαγονικής υπέστησαν δύο μεταμορφώσεις. Η πρώτη μεταμόρφωσε το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο σε συνθήκες κάτω πρασινοσχιστολιθικής φάσης μέχρι και άνω αμφιβολιτικής φάσης και έλαβε χώρα στο Παλαιοζωικό, πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Η δεύτερη, η αλπική μεταμόρφωση, μεταμόρφωσε μαζί, σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης τους γρανίτες του Άνω Λιθανθρακοφόρου, τις μετακλαστικές σειρές Περμίου- Κάτω Τριαδικού καθώς και τα Τριαδιοϊουρασικά ανθρακικά καλύμματα και έλαβε χώρα το Ανώτερο Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό.

Η αλπική μεταμόρφωση επέδρασε και ως ανάδρομη μεταμόρφωση στο ήδη μεταμορφωμένο Παλαιοζωικό υπόβαθρο. Οι ραδιοχρονολογήσεις που έγιναν στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο έδωσαν ηλικίες μεταμόρφωσης 98-140 Ma, που αφορούν τη δεύτερη αλπική μεταμόρφωση του Ανώτερου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού και αποτελούν απόδειξη της επίδρασης της αλπικής μεταμόρφωσης στο Παλαιοζωικό υπόβαθρο.

4.4 ΤΕΚΤΟΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η Πελαγονική ζώνη αποτελεί ένα ηπειρωτικό τέμαχος, το οποίο αποσπάστηκε από τη Γκοντβάνα και συγκρούστηκε και συγκολλήθηκε στην Ευρασία. Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της υπέστη συνεχείς παραμορφώσεις και μεταμορφώσεις και για το λόγο αυτό αποτελεί ένα τέμαχος ηπειρωτικού φλοιού το οποίο είναι πολυπαραμορφωμένο και πολυμεταμορφωμένο. Οι παραμορφώσεις αυτές σύμφωνα με τις μελέτες πολλών ερευνητών όπως αναφέρουν οι Κίλιας, (1980) και Μουντράκης, (1985, 1988) χωρίζονται στις παρακάτω τεκτονικές φάσεις :

1η Παραμορφωτική φάση (ERC) Ερκύνιας ηλικίας : Τα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου της Πελαγονικής ζώνης υπέστησαν μία πρώτη παραμόρφωση πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Η φάση αυτή ήταν συµεταμορφική με την πρώτη μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου η οποία έγινε σε συνθήκες αμφιβολιτικής φάσης και σχημάτισε τέλειες, ισοκλινείς πτυχές με αξονική

διεύθυνση 155° - 160° . Επιπλέον η μεταμόρφωση αυτή σχημάτισε την κύρια φύλλωση στα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, με τη μορφή σχιστότητας S_1 παράλληλη στα αξονικά επίπεδα των ισοκλινών πτυχών.

2η Ορογενετική περίοδος Άνω Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού : Στην ορογενετική αυτή περίοδο έγινε η καταστροφή των δύο ωκεάνιων περιοχών, Αξιού και Υποπελαγονικής-Πίνδου εκατέρωθεν της Πελαγονικής ηπειρωτικής μάζας. Κατά το Άνω Ιουρασικό υπολογίζεται ότι έγινε η επώθηση των οφιολιθικών μαζών με κατεύθυνση από ΒΑ προς ΝΔ, από τη ζώνη Αξιού πάνω στο ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής ζώνης και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE_1). Αποτέλεσμα αυτής της επώθησης ήταν ο σχηματισμός υποϊσοκλινών έως ισοκλινών πτυχών με αξονική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (150° - 170°) που συνοδεύονταν από σχιστότητα S_2 , η οποία είναι η κύρια και η σχιστότητα που επικρατεί σήμερα σε όλα τα πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης, δηλαδή του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, της μετακλαστικής σειράς καθώς και των Τριαδικοϊουρασικών μαρμάρων. Η σχιστότητα S_2 αποτελεί τη δεύτερη σχιστότητα για τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου αλλά και την πρώτη σχιστότητα για τα πετρώματα του Άνω Παλαιοζωικού και Τριαδικού- Ιουρασικού. Στην ίδια φάση έγινε και η επώθηση του ανατολικού ανθρακικού καλύμματος πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Κατά τη διάρκεια του Κάτω Κρητιδικού υπολογίζεται ότι πραγματοποιήθηκε και το κλείσιμο της δυτικής ωκεάνιας λεκάνης και η επώθηση των οφιολίθων της Υποπελαγονικής από Δ προς Α πάνω στο δυτικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE_2). Αυτή προκάλεσε και τις πτυχές οι οποίες είναι κλειστές-ανοιχτές, ισοπαχείς ή όμοιες και πολλές φορές συνοδεύονται από σχιστότητα ολίσθησης και έχουν άξονες διεύθυνσης 0° - 30° και απόκλιση προς τα Α ή ΝΑ. Με τις τεκτονικές αυτές φάσεις του Ιουρασικού και Κρητιδικού, λόγω της ακαμψίας της Πελαγονικής μάζας, δημιουργήθηκαν ολισθήσεις του μεσοζωικού καλύμματος πάνω στο υπόβαθρο, καθώς και μια έντονη τεκτονική θραύσεως (Μουντράκης, 1976). Οι παραμορφώσεις που παρατηρούνται στις Τριαδικοϊουρασικές ανθρακικές εμφανίσεις της περιοχής μας είναι πιθανόν συνδεδεμένες με την έντονη αυτή τεκτονική. Χαρακτηριστικές είναι οι επωθήσεις που παρουσιάζουν αυτές οι ανθρακικές εμφανίσεις, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στην περιοχή Δισπηλιού, όπου παρατηρούνται ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού

επωθημένοι πάνω σε οφιολίθους. Τέλος ένα ακόμα χαρακτηριστικό αποτέλεσμα της έντονης τεκτονικής είναι ότι οι ανθρακικά αυτά πετρώματα εμφανίζονται έντονα διαρρηγμένα με βασικές διευθύνσεις ρηγμάτων BA-NΔ, B-N και BΔ-NA.

3η Ορογενετική περίοδος του Τριτογενούς : Η οριστική ανάδυση της Πελαγονικής ζώνης πραγματοποιήθηκε μετά το τέλος του Κρητιδικού στο Τριτογενές και πριν το Μέσο Ηώκαινο και προκλήθηκε από την τελική ηπειρωτική σύγκρουση της Απουλίας πλάκας με την Πελαγονική (Κιμμερικό τέμαχος) και την Ευρασία. Κατά το διάστημα αυτό του Τριτογενούς έλαβαν χώρα δύο ομάδες πτυχώσεων: μία (CT₁) με πτυχές ανοιχτές, ισοπαχείς, γενικής αξονικής διεύθυνσης BΔ-NA και απόκλισης προς τα NΔ και μια άλλη (CT₂) με πτυχές κλειστές-ανοιχτές, αξονικής διεύθυνσης BA-NΔ (70°-80°) και απόκλισης προς τα NA. Δεν είναι εξακριβωμένο ποια από τις δύο έγινε πρώτα ή ακόμη αν ανήκουν σε μια συνεχόμενη συμπίεστική παραμόρφωση του Παλαιογενούς. Τέλος κατά το Ολιγόκαινο-Μειόκαινο πραγματοποιήθηκε και η τελική παραμόρφωση (CT₃) των σχηματισμών με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολύ ανοιχτών πτυχών κάμψης και τύπου knick γενικής αξονικής διεύθυνσης B-N, καθώς και επώθηση των λεπίων από Α προς Δ.

4.5 ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ

Στη νοτιοδυτική πλευρά του νομού Καστοριάς, σε απόσταση 15 km από το Άργος Ορεστικό και σε υψόμετρο 900 μέτρων περίπου βρίσκεται το χωριό Νόστιμο. Ο λιγνίτης που υπάρχει στην περιοχή αποτέλεσε το αίτιο για την ανακάλυψη των απολιθωμένων κορμών και των θαλάσσιων απολιθωμάτων το 1935, από έναν κάτοικο της περιοχής ο οποίος έκανε εξόρυξη λιγνίτη. Στο χωριό αυτό βρίσκεται το Απολιθωμένο δάσος, τη μελέτη και την ανάδειξη του οποίου έχει αναλάβει ο καθηγητής Παλαιοντολογίας και Παλαιοβοτανικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, κ. Βελιτζέλος. Επιστημονικά έχει αποδειχθεί ότι πριν από 15 με 20 εκατομμύρια χρόνια οι προσχώσεις των ποταμών σχημάτισαν ένα μεγάλο δέλτα στο οποίο δημιουργήθηκε ένα υποτροπικό-δάσος με οξιές, βελανιδιές, καστανιές και φοίνικες. Μία ηφαιστειακή έκρηξη συνετέλεσε στην απολίθωση μεγάλου μέρους του δάσους και το αποτέλεσμα

είναι πραγματικά εντυπωσιακό. Απολιθωμένοι κορμοί, μεταξύ των οποίων τα μοναδικά ευρήματα απολιθωμένου φοίνικα που έχουν βρεθεί σε ελληνικό έδαφος, θαλάσσια απολιθώματα όπως κοχύλια, αστερίες αλλά και το δόντι ενός τεράστιου καρχαρία. Τα απολιθώματα φυτών και ζώων που συνεχώς έρχονται στην επιφάνεια αποτελούν σημαντικές πηγές, οι οποίες προσφέρουν πληροφορίες για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν την εποχή εκείνη.



Εικόνα 4.7 : Τμήμα απολιθωμένου κορμού



Εικόνα 4.8 : Δόντι καρχαρία (Megalodon)

5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΚΛΙΜΑ

5.1 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

Το κλίμα του νομού είναι ηπειρωτικό, με αρκετά ψυχρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Κατά τους καλοκαιρινούς μόνο μήνες, η μέση μηνιαία θερμοκρασία υπερβαίνει τους 20°C και συγκεκριμένα από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο. Ο χειμώνας είναι δριμύς με συχνή παρουσία του φαινομένου του ολικού παγετού, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας να διατηρείται κάτω από τους 0°C. Οι απόλυτα ελάχιστες θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες από τους -20°C και πολλές φορές η λίμνη και τα ποτάμια παγώνουν. Έχει παρατηρηθεί ότι η λίμνη της Καστοριάς καλύπτεται από πάγο κατά μέσο όρο κάθε διετία για χρονικό διάστημα δέκα ημερών περίπου. Στην έντονη δριμύτητα του χειμώνα συμβάλλουν και οι σφοδροί τοπικοί άνεμοι καθώς και εκείνοι που κατεβαίνουν από τα χιονισμένα βουνά. Οι μέσες θερμοκρασίες αέρα παρουσιάζουν διακυμάνσεις μεταξύ ψυχρών και θερμών μηνών και το γεγονός αυτό είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη αποσαθρώσεων και κατακρημνίσεων.

Η θερμοκρασία το καλοκαίρι πολλές φορές μπορεί να υπερβεί και τους 40°C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα είναι 12,46°C. Η περιοχή είναι γενικά πολύ υγρή τους χειμερινούς μήνες και σχετικά ξηρή τους καλοκαιρινούς. Η σχετική υγρασία του αέρα κατά τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο-Φεβρουάριο φτάνει από 80%, ενώ τους θερινούς μήνες κυμαίνεται σε ποσοστά 50-55%. Επίσης η νέφωση που παρατηρείται στην περιοχή αυτή είναι μεγάλη. Ενδεικτικά: 6 βαθμοί της κλίμακας 1-10 από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο, 2 βαθμοί τον Ιούλιο -Αύγουστο. Συνολικά δηλαδή παρουσιάζει 80 αίθριες και 90 νεφοσκεπείς ημέρες ετησίως. Οι συχνότεροι άνεμοι είναι αυτοί του βόρειου τομέα με διεύθυνση από ΒΔ προς ΒΑ. Η συχνή μεταβολή της διεύθυνσης και της έντασης των ανέμων είναι αποτέλεσμα του πολύπλοκου αναγλύφου και των ισοβαρικών συστημάτων που επικρατούν στην περιοχή. Το ετήσιο βροχομετρικό ύψος κυμαίνεται από 600 έως 800 χιλιοστά (mm) στα πεδινά, στα ορεινά υπερβαίνει τα 1.200-1.400 χιλιοστά (mm) ενώ πάνω στη λίμνη είναι 599 χιλιοστά (mm). Η εξάτμιση είναι 738 χιλιοστά (mm). Τέλος οι χιονοπτώσεις είναι συνηθισμένο φαινόμενο κατά την ψυχρή εποχή, ιδίως στα ορεινά και έχει

παρατηρηθεί ότι σημαντικό μέρος των κατακρημνισμάτων πέφτει με τη μορφή χιονιού. Κατά τη θερμή εποχή του έτους συχνό φαινόμενο αποτελούν οι καταιγίδες, θερμικής προέλευσης.



Εικόνα 5.1 : Άποψη της παγωμένης λίμνης

5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ

Στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας η ψυχρή και υγρή περίοδος αρχίζει το μήνα Οκτώβριο και για αυτό το λόγο ως αρχή του υδρολογικού έτους θεωρήσαμε το μήνα αυτό.

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του αέρα χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τους 4 μετεωρολογικούς σταθμούς που λειτουργούν στην περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς. Τα δεδομένα αυτά έχουν ληφθεί ως εξής :

- 1) Σταθμός Καστοριάς (ΥΓ) από το έτος 1964 έως 1993
- 2) Σταθμός Καστοριάς (ΔΕΗ) από το έτος 1962 έως το 1991
- 3) Σταθμός Λιμνοχωρίου από το έτος 1962 έως το 1993
- 4) Σταθμός Τροπαιούχου από το έτος 1969 έως το έτος 1993.

Επειδή όμως οι δύο μόνο σταθμοί από τους τέσσερις [Καστοριά (ΥΓ) και Καστοριά (ΔΕΗ)] βρίσκονται μέσα στη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας της λεκάνης απορροής συμπίπτουν με τις τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν από το σταθμό Καστοριάς (ΥΓ). Οι δύο σταθμοί που λειτουργούν στην Καστοριά παρατηρείται ότι έχουν παραπλήσιες τιμές θερμοκρασίας με τη διαφορά ότι ο σταθμός Καστοριάς (ΥΓ) έχει πραγματοποιήσει καταγραφές για περισσότερα έτη.

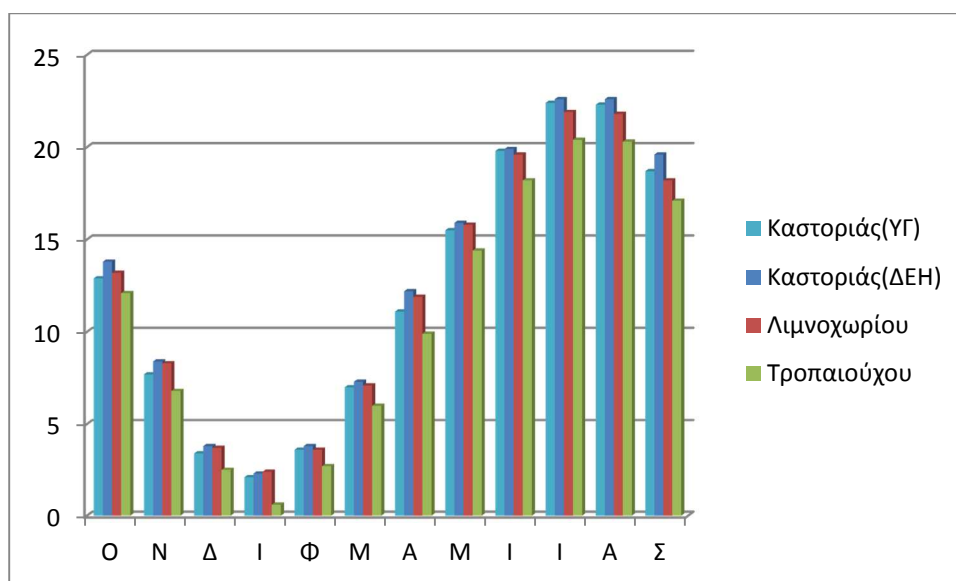
Στις περιπτώσεις, όπου παρατηρείται έλλειψη στοιχείων σε όλους τους σταθμούς της περιοχής, για τις ανάγκες του υπολογισμού οι τιμές που λείπουν αντικαταστάθηκαν από τις αντίστοιχες μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας.

Πίνακας 5.1 : Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες σε °C στους 4 σταθμούς καταγραφής για τη χρονική περίοδο 1961-1994, (Σακκάς, 1994)

Μ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
Καστοριάς (ΥΓ)	12,9	7,7	3,4	2,1	3,6	7,0	11,1	15,5	19,8	22,4	22,3	18,7
Καστοριάς (ΔΕΗ)	13,8	8,4	3,8	2,3	3,8	7,3	12,2	15,9	19,9	22,6	22,6	19,6
Λιμνοχω- ρίου	13,2	8,3	3,7	2,4	3,6	7,1	11,9	15,8	19,6	21,9	21,8	18,2
Τροπαιού- χου	12,1	6,8	2,5	0,6	2,7	6,0	9,9	14,4	18,2	20,4	20,3	17,1

Πίνακας 5.2 : Μέσες ετήσιες θερμοκρασίες σε °C στους 4 σταθμούς καταγραφής, (Σακκάς, 1994)

ΈΤΗ	Μ. ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ
1961-94	Καστοριάς (ΥΓ)	12,2
1961-94	Καστοριάς (ΔΕΗ)	12,7
1961-94	Λιμνοχωρίου	12,3
1961-94	Τροπαιούχου	10,9

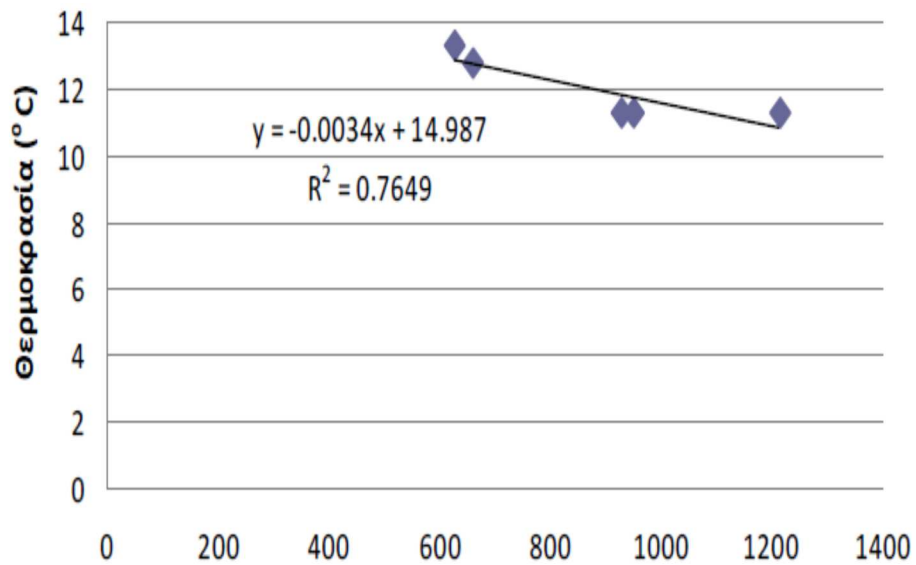


Σχήμα 5.1 : Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στους 4 σταθμούς

Από τον πίνακα 5.1 και το σχήμα 5.1, διαπιστώνουμε ότι τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 0,6- 3,8 °C. Από τους μήνες Μάρτιο έως Αύγουστο παρατηρείται συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας που φτάνει έως και τους 23 °C. Από το Σεπτέμβριο έως και το Δεκέμβριο παρατηρείται σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας. Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος ενώ θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα είναι αντιστρόφως ανάλογη με το υψόμετρο, δηλαδή όσο αυξάνεται το υψόμετρο, τόσο ελαττώνεται η θερμοκρασία. Ο ρυθμός μεταβολής της σύμφωνα με τα στοιχεία του Βαφειάδη (1983), παρουσιάζει μία μέση τιμή 0,64 °C ανά 100 m και αποτελεί τη “θερμοβαθμίδα”. Με βάση νεότερα στοιχεία της περιόδου 1991-2001 που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του αέρα στους σταθμούς εντός της λεκάνης απορροής (Καστοριά και Βυσσινιάς) καθώς και εκτός αυτής (Νεστόριο, Κλεισούρα και Άργος Ορεστικό) βρέθηκε ότι η σχέση που συνδέει το υψόμετρο με τη θερμοκρασία για την λεκάνη απορροής είναι :

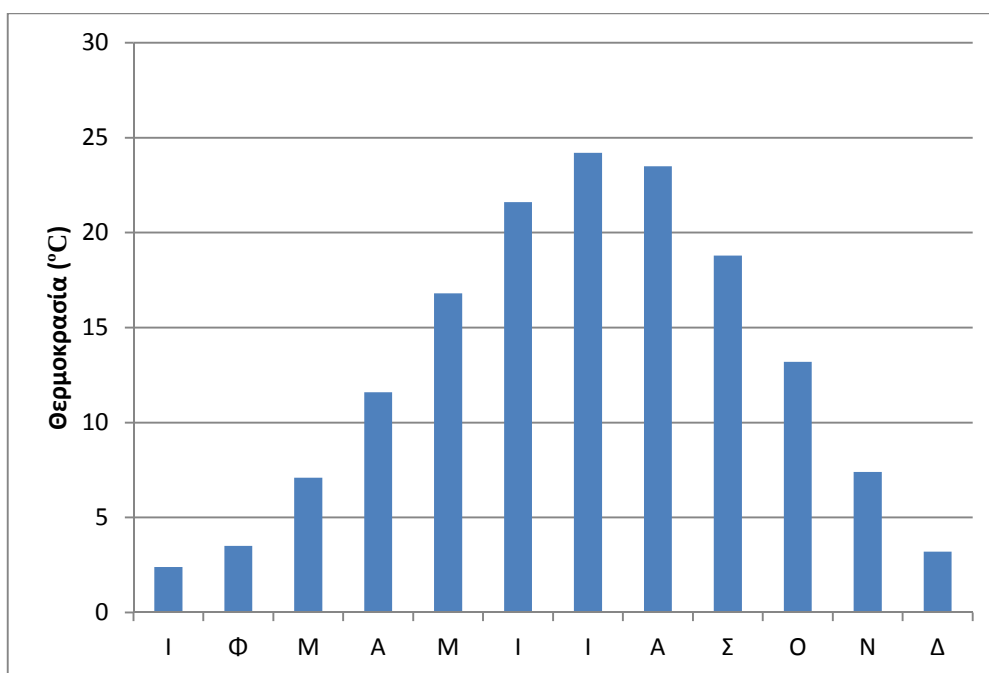
$$y = -0,0034x + 14,987, \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,76 \text{ (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)}$$



Σχήμα 5.2 : Σχέση υψομέτρου και θερμοκρασίας (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Πίνακας 5.3 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία °C στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2011, (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

Σταθμός	Καστοριά
Ι	2,4
Φ	3,5
Μ	7,1
Α	11,6
Μ	16,8
Ι	21,6
Ι	24,2
Α	23,5
Σ	18,8
Ο	13,2
Ν	7,4
Δ	3,2
Μ.Ο.	12,76



Σχήμα 5.3 : Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2011

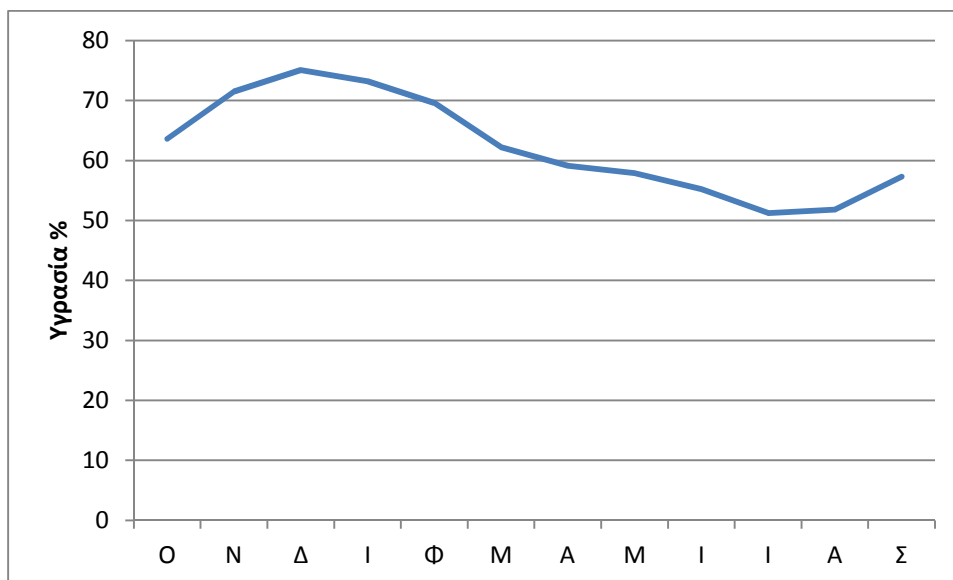
Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε μία ποσότητα υδρατμών, οι οποίοι αποτελούν την ατμοσφαιρική υγρασία. Πηγή όλων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων αποτελεί η ατμοσφαιρική υγρασία, καθώς επίσης και παράγοντα που επιδρά σημαντικά στην εξάτμιση και τη διαπνοή των φυτών. Άρα η επίδραση της σχετικής υγρασίας στην εξέλιξη του υδρολογικού κύκλου είναι σημαντική.

Η σχετική υγρασία ορίζεται ως η επί τοις εκατό αναλογία της υπάρχουσας ποσότητας υδρατμών σε ένα χώρο, προς την ποσότητα που είναι δυνατόν να συγκρατήσει ο χώρος αυτός κάτω από συνθήκες κορεσμού στην ίδια θερμοκρασία.

Στην περιοχή μελέτης υπάρχει ένας μόνο σταθμός που καταγραφεί τις τιμές της σχετικής υγρασίας και είναι ο σταθμός Καστοριάς (ΔΕΗ). Επειδή ο σταθμός είναι ένας είναι φυσικό να υπάρχουν κάποια κενά στις μηνιαίες μετρήσεις, τα οποία όμως για τις ανάγκες του υπολογισμού πραγματοποιείται αντικατάσταση αυτών με την αντίστοιχη μέση μηνιαία τιμή.

Πίνακας 5.4 : Μέσες μηνιαίες τιμές σχετικής υγρασίας % στο σταθμό Καστοριάς για τα έτη 1961-1991, (Δ.Ε.Η.)

Μήνες	Μέση Μηνιαία Σ.Υ
Οκτώβριος	63,6
Νοέμβριος	71,5
Δεκέμβριος	75,1
Ιανουάριος	73,2
Φεβρουάριος	69,6
Μάρτιος	62,2
Απρίλιος	59,1
Μάιος	57,9
Ιούνιος	55,2
Ιούλιος	51,2
Αύγουστος	51,8
Σεπτέμβριος	57,3
Μέση Ετήσια	62,3



Σχήμα 5.4 : Ετήσια πορεία της μέσης σχετικής υγρασίας στο σταθμό Καστοριάς (1961-1991)

Η σχετική υγρασία αέρος παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές της τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο και τις ελάχιστες τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η πορεία που ακολουθεί η σχετική υγρασία είναι αντίθετη από εκείνη της θερμοκρασίας

αέρος και παρουσιάζει πτώση σχετικά έντονη από την άνοιξη λόγω της συνεχούς αύξησης της θερμοκρασίας.

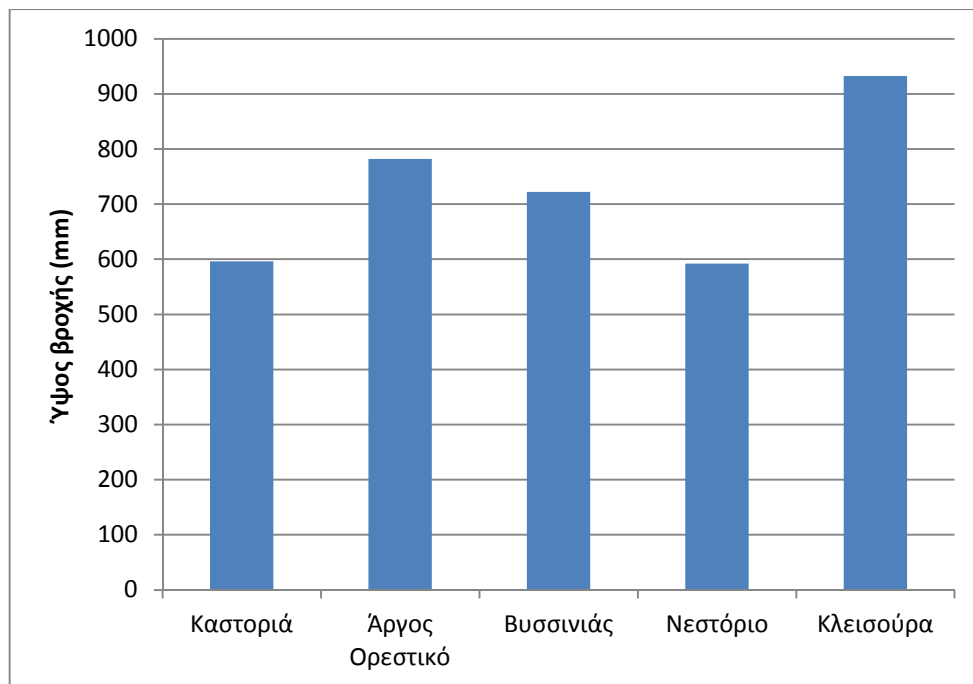
5.3 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς είναι τοποθετημένοι 15 βροχομετρικοί σταθμοί, από τους οποίους οι περισσότεροι έχουν καταγεγραμμένες παρατηρήσεις για είκοσι χρόνια τουλάχιστον. Ωστόσο η υδρολογική λεκάνη περιλαμβάνει τέσσερις βροχομετρικούς σταθμούς. Αυτοί είναι τοποθετημένοι ως εξής : ένας στην περιοχή Βυσσινιά και τρεις στην πόλη της Καστοριάς οι οποίοι ανήκουν ανά ένας, στο Υπουργείο Γεωργίας (ΥΓ), στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) και στο Υπουργείο Δημοσίων Έργων (ΥΔΕ) .

Οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αφορούν την περίοδο 1991-2001 σε πέντε βροχομετρικούς σταθμούς (Καστοριάς, Άργους Ορεστικού, Βυσσινιάς, Νεστόριο, Κλεισούρα) έτσι ώστε να υπολογιστεί ο συνολικός όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς. Το υδρολογικό έτος αντιστοιχεί σε χρονική περίοδο ίση με αυτή του ημερολογιακού έτους, με τη διαφορά ότι η ημερομηνία έναρξης αυτού είναι διαφορετική από το ημερολογιακό. Η ημερομηνία έναρξης του υδρολογικού έτους πρέπει να συμπίπτει με την έναρξη της βροχερής περιόδου, για αυτό και στην Ελλάδα αρχίζει από την 1^η Οκτωβρίου και τελειώνει στις 30 Σεπτεμβρίου.

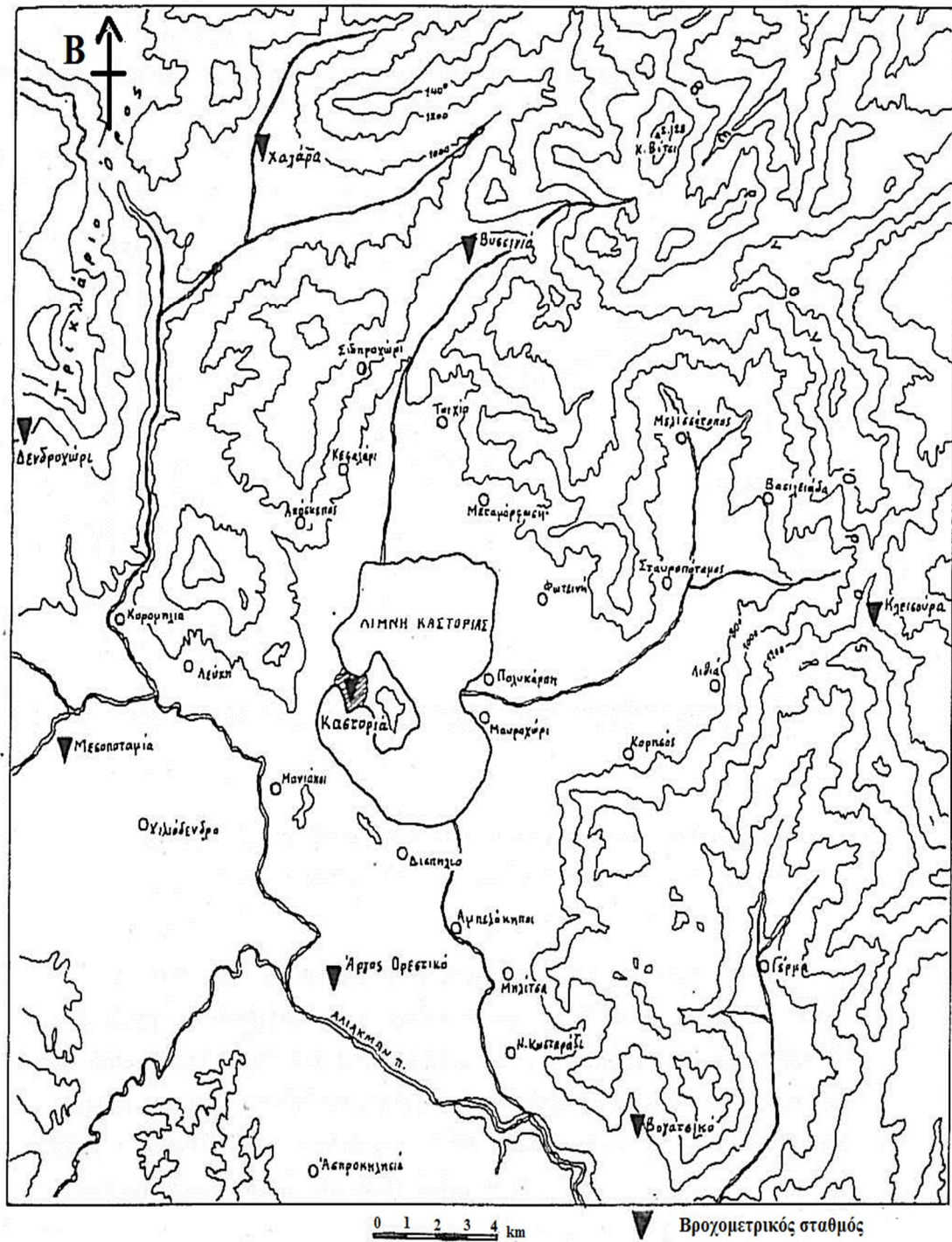
Πίνακας 5.5 : Στοιχεία βροχομετρικών σταθμών της λεκάνης απορροής (Δ.Ε.Η.)

Βροχομετρικός Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία (°C)	Μέσο Ετήσιο Ύψος Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων(mm)
Καστοριά	627	13,3	596,3
Άργος Ορεστικό	658	12,8	781,9
Βυσσινιάς	925	11,3	722,3
Νεστόριο	950	11,3	592,1
Κλεισούρα	1213	11,3	932,1



Σχήμα 5.5 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων ετήσιων τιμών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (mm) στους πέντε σταθμούς

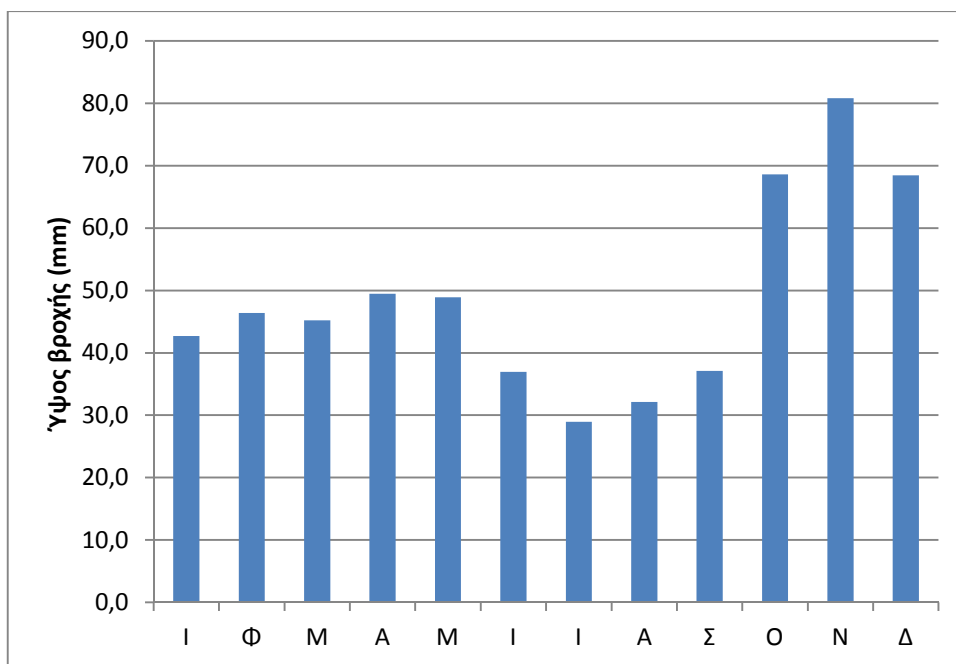
Στον πίνακα 5.6 δίνονται αναλυτικά τα στοιχεία του μηνιαίου ύψους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων για το σταθμό Καστοριάς για μεγαλύτερη χρονική περίοδο από το 1981 μέχρι το 2010 τα οποία έχουν παραχωρηθεί από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.



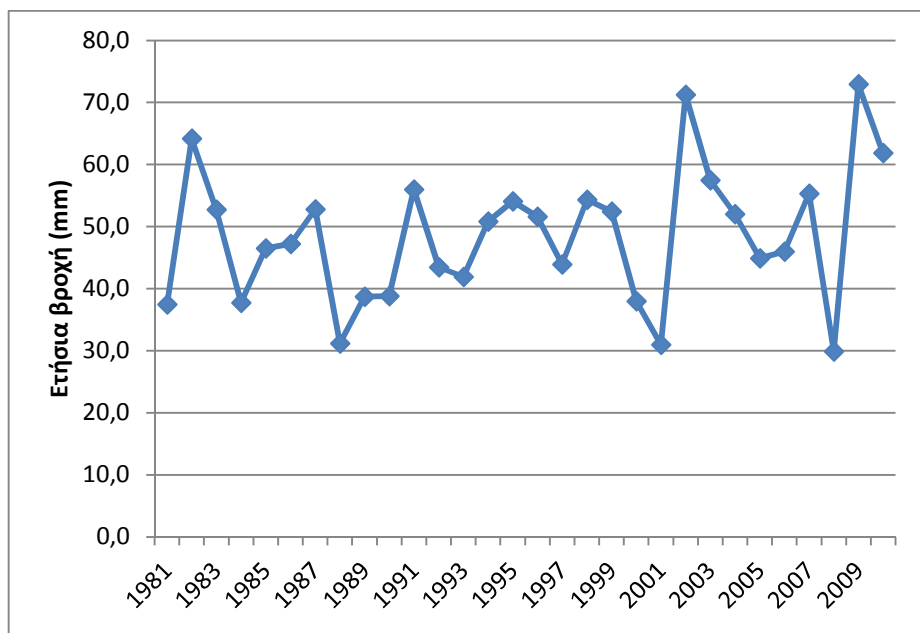
Σχήμα 5.6 : Βροχομετρικοί σταθμοί περιοχής Καστοριάς (Βαφειάδης, 1983)

Πίνακας 5.6 : Μέσο μηνιαίο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (mm) στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2010 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

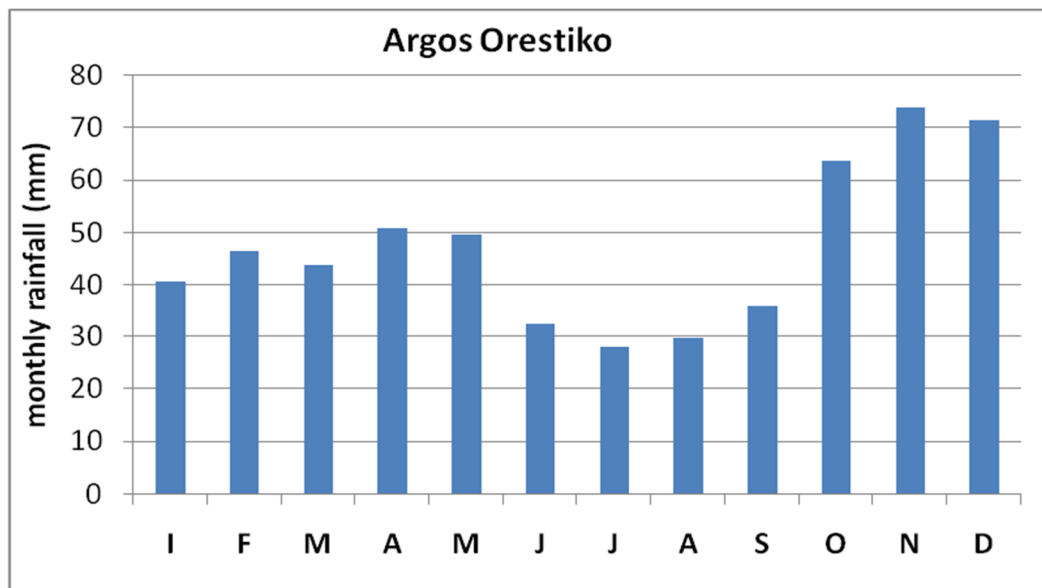
ΕΤΟΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
1981	24,4	47,3	42,7	55,6	38,2	16,9						
1982	18,7	33,6	44,7	107,7	51,0	3,6	13,5	103,5	78,4	121,3	121,9	72,6
1983	17,3	21,8	41,4	24,5	66,8	92,9	107,8	27,1	68,4	34,6	83,0	47,3
1984	62,0	101,9	59,0	63,3	16,7	12,7	1,0	21,7	15,7	17,1	58,3	23,6
1985	54,2	16,0	66,6	65,1	85,9	1,7	3,5		6,6	22,0	168,1	21,9
1986	48,6	107,4	51,0	17,3	76,2	104,9	19,2	21,6	8,9	34,1	55,2	22,1
1987	89,5	48,6	99,4	49,1	79,3	12,0	10,9	7,7	12,2	103,2	82,6	38,8
1988	34,0	24,4	24,8	42,5	10,8	28,9	8,6	2,8	13,4	30,2	109,9	44,2
1989		32,2	26,1	12,3	53,8	16,1	52,6	2,0	15,4	64,5	80,8	70,1
1990	0,1	9,0	8,6	42,7	61,4	4,7	1,0	53,2	14,7	22,5	85,9	161,9
1991	9,7	102,9	44,0	129,3	68,6	15,6		51,2			77,8	5,0
1992	16,4	7,0	10,9	92,5	36,7	81,4	36,5	0,4	11,6	105,2	47,5	75,7
1993	24,7	26,4	42,7	23,5	53,7	18,9	0,0	21,7	15,1	71,4	148,6	56,3
1994	105,0	96,0	24,5	35,0	26,1	1,5	31,3	36,3	19,6	59,2	67,9	107,4
1995	60,2	46,0	51,8	42,4	75,5	8,1	49,1	64,0	33,2		36,5	128,0
1996	67,1	73,8	70,3	18,6	45,6	29,9	50,4	28,1	53,6	58,2	57,7	66,3
1997	19,2	20,3	31,0	50,5	3,4	12,9	31,6	55,3	34,4	119,2	68,8	80,4
1998	14,5	51,7	17,5	12,5	97,2	25,8	12,8	15,1	116,0	46,1	168,4	74,7
1999	51,1	59,9	67,5	43,3	14,1	36,0	51,8	31,8	28,4	35,6	124,9	85,1
2000	15,3	54,9	39,7	23,7	59,3	63,1	9,2	63,6	6,3	63,6	43,8	13,2
2001	36,7	28,2	11,2	81,2	25,3	9,2	35,3	20,5	8,9	8,8	32,9	73,5
2002	18,9	11,0	59,7	82,4	67,0	25,0	71,6	34,0	177,7	93,0	25,2	189,4
2003	89,4	36,2	13,6	55,2	66,0	57,6	34,2	17,3	36,0	178,1	45,2	60,9
2004	79,2	10,9	43,9	80,0	61,1	100,5	17,7	8,0	46,7	76,0	52,2	48,3
2005	44,5	61,6	70,3	11,8	35,4	31,2	20,1	28,2	43,3	17,3	59,2	115,9
2006	62,2	74,6	62,7	53,9	12,3	60,1	32,1	32,9	45,5	54,3	30,7	30,4
2007	20,2	33,9	70,7	32,8	48,3	93,9		14,2	12,7	119,6	108,3	54,1
2008	10,6	15,4	39,2	57,9	27,7	23,2	0,0	7,4	69,5	47,7		
2009	100,4	21,8	62,3	47,2	52,1	65	22,5	121,7	8,6	113,2	144,5	116,5
2010	43,6	116,7	59,1	29,8	50,9	55,3	57,1	8,3	38,4	135,4	76,4	71,5



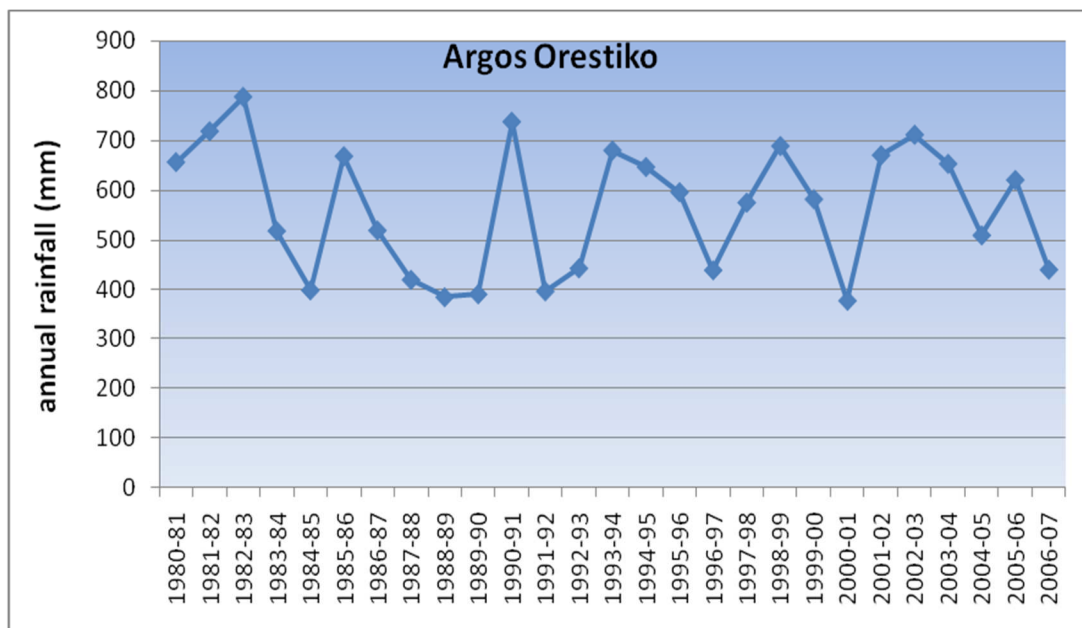
Σχήμα 5.7 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Καστοριάς για το χρονικό διάστημα 1981-2010



Σχήμα 5.8 : Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Καστοριάς για το χρονικό διάστημα 1981-2010



Σχήμα 5.9 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης στο σταθμό του Άργους Ορεστικού για τη χρονική περίοδο 1980-2007 (Ε.Μ.Υ.)

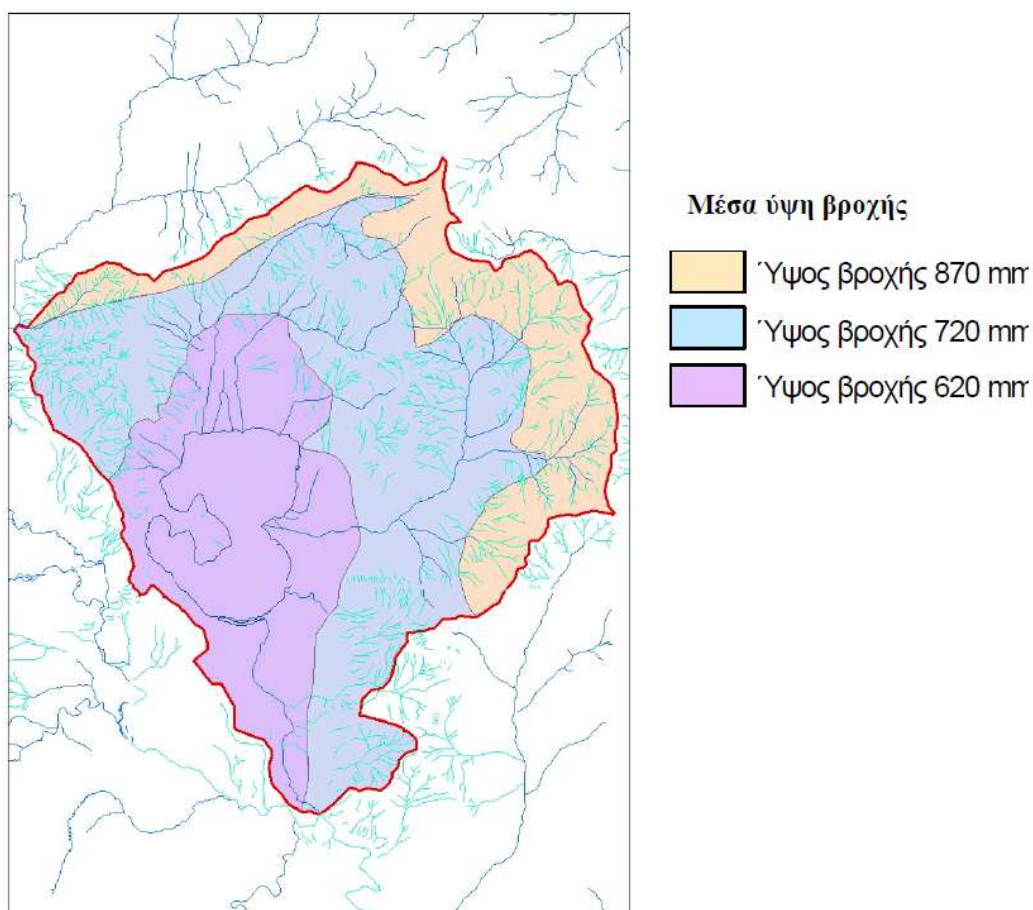


Σχήμα 5.10 : Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης στο σταθμό Άργους Ορεστικού για τη χρονική περίοδο 1980-2007 (Ε.Μ.Υ.)

5.3.1 Κατανομή των βροχοπτώσεων

Σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983), οι βροχοπτώσεις στην επιφάνεια της υδρολογικής λεκάνης, ανάλογα με το υψόμετρο κατανέμονται σε τρεις ζώνες. Τα δεδομένα αυτά είναι παρεμφερή και με νεότερα βροχομετρικά δεδομένα, με τα ρέματα που βρίσκονται στις ζώνες αυτές και τα ύψη βροχής στους βροχομετρικούς σταθμούς.

Έτσι το σχήμα που προκύπτει έχει την εξής μορφή :

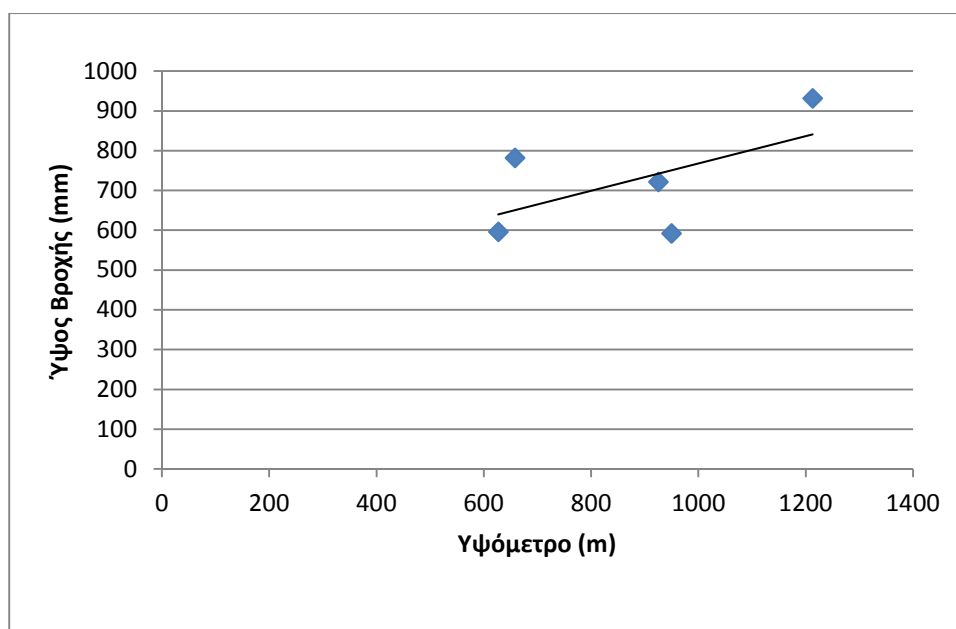


Σχήμα 5.11 : Κατανομή των βροχοπτώσεων σε ζώνες

5.3.2 Σχέση ύψους βροχόπτωσης και υψομέτρου

Το υψόμετρο αποτελεί παράγοντα ο οποίος επηρεάζει άμεσα και σημαντικά το ετήσιο ύψος των βροχοπτώσεων P . Για να υπολογιστεί η βροχοβαθμίδα εφαρμόστηκε η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων με σκοπό να υπολογιστούν οι συντελεστές α και β της μαθηματικής έκφρασης της μορφής : $P = \alpha \cdot H + \beta$, όπου το H αντιστοιχεί στο υψόμετρο και το P στο μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων. Βασιζόμενοι στα δεδομένα βρέθηκε ότι προκύπτει η εξής σχέση :

$$P(\text{mm}) = 0,5785 \times H(\text{m}) + 217,95 \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,98$$

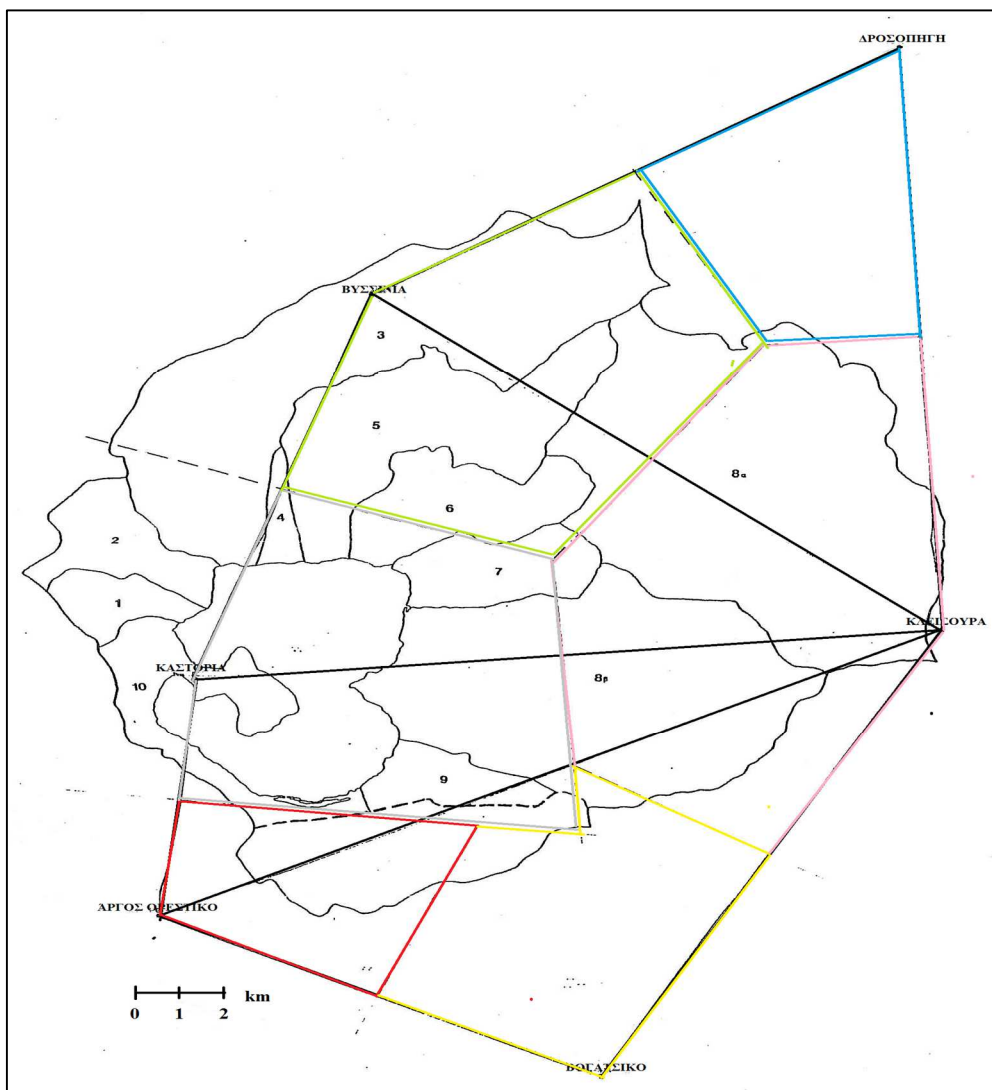


Σχήμα 5.12 : Γραμμική συσχέτιση ύψους βροχής και υψομέτρου

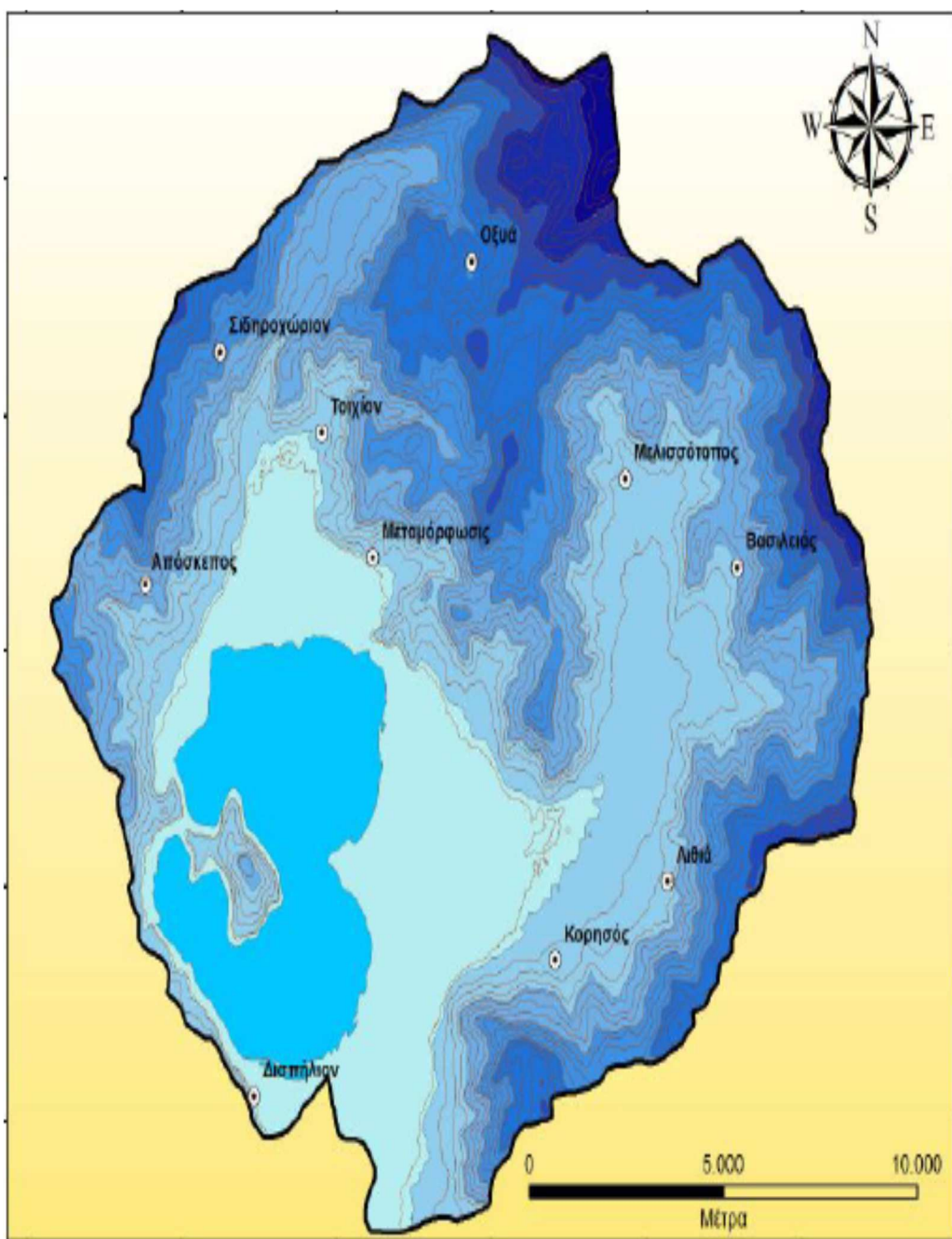
Τέλος, ο Βαφειάδης, (1983) λαμβάνοντας υπ' όψιν επτά βροχομετρικούς σταθμούς στην ευρύτερη περιοχή, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η παρούσα περιοχή μελέτης, προσδιόρισε τη σχέση : $P (\text{mm}) = 0,29 \times H (\text{mm}) + 415,2$ ($R^2=0,74$), για τη χρονική περίοδο 1968-1980.

5.3.3 Προσδιορισμός του όγκου νερού από βροχόπτωση

Για την επίτευξη του προσδιορισμού της βροχόπτωσης στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen (σχήμα 5.13), η οποία μπορεί να είναι απλή στην εφαρμογή της, παρουσιάζει όμως κάποια μειονεκτήματα όπως ότι δε λαμβάνει υπ' όψιν το εδαφικό ανάγλυφο και την επικείμενη αλλαγή των τριγώνων και των πολυγώνων Thiessen εάν προστεθεί ή αφαιρεθεί ένας σταθμός στην περιοχή μελέτης. Για τους παραπάνω λόγους για τον υπολογισμό του όγκου νερού από βροχόπτωση χρειάστηκε να υπολογιστεί πρώτα η βροχοβαθμίδα. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας την επιφάνεια μεταξύ δύο ισοϋψών με το μέσο ύψος βροχόπτωσης που της αντιστοιχεί, βασιζόμενοι στη βροχοβαθμίδα και αθροίζοντας τα μερικά γινόμενα καταλήγουμε στον υπολογισμό του όγκου νερού από βροχόπτωση που δέχεται η λεκάνη (Πίνακας 5.7).



Σχήμα 5.13 : Πολύγωνα Thiessen (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)



Σχήμα 5.14 : Βροχομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Πίνακας 5.7 : Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται η λεκάνη

Ισοϋετείς	Μέσο Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Όγκος Νερού (x10 ⁶ m ³)
566-600	583	75,5	44
600-700	650	62,8	40,8
700-800	750	48,8	36,6
800-900	850	37,2	31,6
900-1000	950	33,3	31,6
1000-1100	1050	10,8	11,4
1100-1200	1150	7,4	8,5
1200-1300	1250	2,3	2,9
		278,1	207,4

5.4 Η ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ

Η εξάτμιση από ελεύθερες επιφάνειες νερού, όπως η λίμνη της Καστοριάς καθώς και η εξατμισιοδιαπνοή που πραγματοποιείται από το έδαφος και τα φυτά με τη διαπνοή, αποτελούν σημαντικές παραμέτρους που υπεισέρχονται στην εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου κάθε υδρολογικής λεκάνης.

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την εξάτμιση από μια επιφάνεια είναι σύμφωνα με τον Σούλιο (1986):

- Η θερμοκρασία του νερού και της ατμόσφαιρας άρα κατ' επέκταση και η ηλιοφάνεια
- Η ταχύτητα του ανέμου που απομακρύνει κορεσμένες μάζες αέρα
- Η ατμοσφαιρική πίεση
- Η ποσότητα των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα
- Η χημική ποιότητα του νερού
- Η ιδιομορφία που παρουσιάζει το έδαφος και δημιουργεί τις επιφάνειες εξάτμισης.

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν τη διαπνοή σύμφωνα πάλι με τον Σούλιο (1986), είναι οι εξής:

- Η εξατμιστική δυνατότητα της ατμόσφαιρας
- Οι κλιματολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη φυσιολογία των φυτών

- Η υγρασία του εδάφους
- Η πυκνότητα της βλάστησης, το είδος των φυτών και η ηλικία τους

Στην περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς είναι τοποθετημένοι δύο σταθμοί μέτρησης των τιμών της εξάτμισης. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται ο ένας στην Καστοριά (ΔΕΗ) και ο άλλος στον Τροπαιούχο. Οι τιμές της εξάτμισης από το σταθμό της Καστοριάς έχουν μετρηθεί με εξατμισίμετρο διαμέτρου 115 cm εκτός κλωβού. Ο σταθμός Τροπαιούχου βρίσκεται έξω από τη λεκάνη απορροής οπότε η συσχέτιση του με το σταθμό της Καστοριάς δεν είναι ικανοποιητική. Οπότε για τον καθορισμό της εξάτμισης θα χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις από το σταθμό της Καστοριάς.

Επειδή όμως οι ενδείξεις του εξατμισίμετρου υπερεκτιμούν την πραγματική εξάτμιση είναι αναγκαίο να γίνει διόρθωση των ενδείξεων χρησιμοποιώντας κατάλληλους συντελεστές μετατροπής, τους Συντελεστές Λεκάνης. Στην προκειμένη περίπτωση οι μόνοι γνωστοί συντελεστές μετατροπής της μηνιαίας εξάτμισης λεκάνης σε μηνιαία εξάτμιση λίμνης είναι εκείνοι που προσδιορίστηκαν με μετρήσεις στη Λίμνη Μαραθώνα (ΔΕΗ, 1974). Ο Βαφειάδης λαμβάνει υπόψη ένα συντελεστή εξατμισίμετρου λεκάνης με τιμή 0,7. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές που καθορίστηκαν από τη ΔΕΗ (1974) και δίνονται στον πίνακα 5.8 παρακάτω :

Πίνακας 5.8 : Συντελεστές λεκάνης (Δ.Ε.Η., 1974)

Μήνας	Συντελεστής Λεκάνης	Μήνας	Συντελεστής Λεκάνης
Οκτώβριος	0,85	Απρίλιος	0,49
Νοέμβριος	1,33	Μάιος	0,47
Δεκέμβριος	1,47	Ιούνιος	0,57
Ιανουάριος	1,07	Ιούλιος	0,63
Φεβρουάριος	0,67	Αύγουστος	0,71
Μάρτιος	0,63	Σεπτέμβριος	0,85

Οι τιμές της μέσης μηνιαίας εξάτμισης που μετρήθηκαν για περίοδο 33 ετών από το 1961-1994 στη λεκάνη εξάτμισης του σταθμού Καστοριάς (ΔΕΗ) και στη Λίμνη μετά από τη χρήση των συντελεστών, δίνονται στον πίνακα 5.9 :

Πίνακας 5.9 : Τιμές μέσης μηνιαίας εξάτμισης (mm) στο σταθμό Καστοριάς (E_f) και στη Λίμνη (E_f') για την περίοδο 1961-94 (Σακκάς, 1994)

Μήνας	Μηνιαία Εξάτμιση στο σταθμό Καστοριάς	Συντελεστής Λεκάνης	Μηνιαία Εξάτμιση στη Λίμνη Καστοριάς
Οκτώβριος	77,3	0,85	65,7
Νοέμβριος	43,2	1,33	57,5
Δεκέμβριος	28,4	1,47	41,7
Ιανουάριος	19,6	1,07	21,0
Φεβρουάριος	32,0	0,67	21,5
Μάρτιος	61,9	0,63	39,0
Απρίλιος	97,0	0,49	47,5
Μάιος	136,7	0,47	64,3
Ιούνιος	168,8	0,57	96,2
Ιούλιος	208,5	0,63	131,4
Αύγουστος	193,9	0,71	137,7
Σεπτέμβριος	127,9	0,85	108,7
Σύνολο	1195,2		832,2

Εν κατακλείδι σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα η μέση ετήσια τιμή εξάτμισης στη λίμνη της Καστοριάς E_f' ανέρχεται σε 832,2 mm, ή $23,2 \times 10^6 \text{ m}^3$.

5.4.1 Προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής

Για τον προσδιορισμό της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι υπολογισμού όπως οι Thornthwaite-Mather (1955), Turc (1951), Coutagne (1954), Kessler (1965), Serra (1954) κ.α. Η πραγματική εξατμισιδιαπνοή εκφράζει τη μέγιστη ποσότητα νερού που θα εξατμιζόταν ή θα διαπνεόταν από τα φυτά, αν τα αποθέματα ήταν αρκετά για να αναπληρώσουν τις απώλειες. Σε πολλές ημίξηρες λεκάνες της Ελλάδας ανέρχεται στα 70-85% του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης (Βουδούρης, 2009). Στην παρούσα εργασία δεδομένων και των στοιχείων που είναι διαθέσιμα κρίνεται καταλληλότερη η μέθοδος Turc για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής.

Μέθοδος Turc

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής E_{Π} εκτός από τη θερμοκρασία T όπως συμβαίνει στον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισιδιαπνοής, εισέρχονται και άλλοι παράγοντες όπως αυτός των κατακρημνισμάτων P που θεωρείται και ο κυριότερος παράγοντας που ρυθμίζει την πραγματική εξατμισιδιαπνοή E_{Π} . Συνήθως για τον υπολογισμό της E_{Π} χρησιμοποιείται ο τύπος που πρότεινε ο Turc (1951) :

$$E_{\Pi} = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Όπου : E_{Π} = η πραγματική ετήσια εξατμισιδιαπνοή σε mm

P = το ύψος των ετήσιων κατακρημνισμάτων σε mm

L = $300 + 25 T + 0,05 T^3$

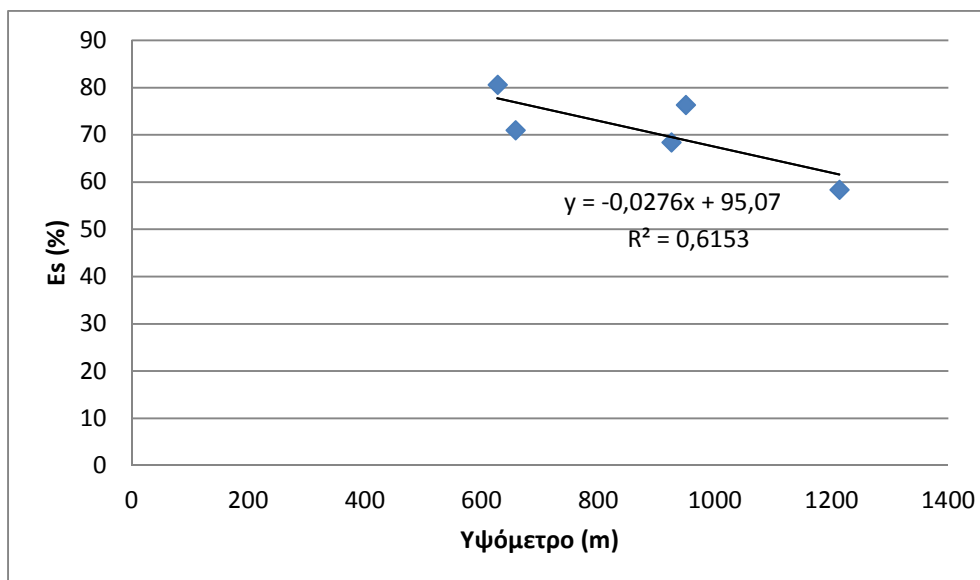
T = η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα σε °C

Κάνοντας τους υπολογισμούς βρέθηκαν τα αποτελέσματα τα οποία παρατίθενται στον πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.10 : Συντελεστής πραγματικής εξατμισιδιαπνοής E_s (%)

Βροχομετρικός Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Μέσο Ετήσιο Ύψος Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (mm)	L	E_s (%)
Καστοριά	627	596,3	750,1	80,6
Άργος Ορεστικό	658	781,9	724,9	71
Βυσσινιάς	925	722,3	654,6	68,4
Νεστόριο	950	592,1	654,6	76,3
Κλεισούρα	1213	932,1	654,6	58,4

Στη συνέχεια ακολουθεί το γράφημα διασποράς (Σχήμα 5.15) το οποίο αντιπροσωπεύει τη σχέση του συντελεστή εξατμισιδιαπνοής E_s με το υψόμετρο και περιγράφεται από την εξίσωση $y = -0,00276x + 95,07$ με $R^2 = 0,6153$.



Σχήμα 5.15 : Σχέση συντελεστή εξατμισιδιαπνοής με το υψόμετρο

Τέλος ο υπολογισμός του όγκου του νερού που εξατμίζεται γίνεται με τη χρήση της παραπάνω εξίσωσης καθώς επίσης και με το μέσο υψόμετρο μεταξύ των ισοϋέτιων. Τα αποτελέσματα ακολουθούν στον πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11 : Υπολογισμός του όγκου νερού που εξατμίζεται από τη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Μέσο Υψόμετρο (m)	Όγκος ατμ. κατακρημνισμάτων στην αντίστοιχη επιφάνεια (10^6 m^3)	Συντελεστής πραγματικής εξατμισιδιαπνοής ES (%)	Όγκος νερού που εξατμίζεται (10^6 m^3)
650	50,96	77,10	39,20
750	27,19	74,30	20,20
850	21,51	71,60	15,40
950	21,61	68,80	14,80
1050	19,53	66,00	12,80
1150	18,78	63,30	11,80
1250	20,11	60,50	12,10
1350	10,72	57,80	6,10
1450	5,280	55,00	2,90
1550	5,740	52,20	2,90
1650	3,370	49,50	1,60
1750	2,110	46,70	0,90
1850	0,480	44,00	0,20
	207,4		140,90

Από τον πίνακα προκύπτει ότι ο όγκος του νερού που εξατμίζεται ανέρχεται στα $140,9 * 10^6 \text{ m}^3$. Στον όγκο αυτό αν συνυπολογιστεί και ο όγκος του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια της λίμνης όπως υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 5.4 και ανέρχεται στα $23,2 * 10^6 \text{ m}^3$ τότε ο συνολικός ετήσιος όγκος του νερού που εξατμίζεται από τη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς υπολογίζεται στα $164,10 * 10^6 \text{ m}^3$. Ο Βαφειάδης υπολόγισε ότι η συνολική εξατμισιδιαπνοή ανέρχεται στα $144,53 * 10^6 \text{ m}^3$.

5.5 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

Με τον όρο "κατείσδυση" εννοούμε το μέρος εκείνο των κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους, φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και προστίθεται στο υπόγειο νερό μετέχοντας έτσι στις κινήσεις του τελευταίου (Σούλιος, 1986).

Αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία για τον καθορισμό της υδροοικονομίας μιας περιοχής γιατί συμβάλλει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων (Βουδούρης, 2009).

Η κατείδδυση εξαρτάται άμεσα από την κλίση του εδάφους (%), τη βροχόπτωση, το είδος της βλάστησης που καλύπτει μια περιοχή καθώς επίσης και το είδος των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από ήπιες κλίσεις ευνοούν την κατείδδυση, ενώ οι περιοχές με έντονες κλίσεις ευνοούν την επιφανειακή απορροή.

Ο συντελεστής κατείδδυσης εκφράζει το ποσοστό των κατακρημνισμάτων που κατειδύουν σε ορισμένο χρόνο (Βαφειάδης, 1983) και υπολογίζεται από τη σχέση (Σούλιος, 1986) :

$$\text{Συντελεστής Κατείδδυσης (\%)} = (I/P) * 100$$

Ο μέσος συντελεστής κατείδδυσης δίνεται από τον τύπο (Σούλιος, 1986):

$$I = (I_1 E_1 + I_2 E_2 + \dots + I_n E_n) / E_{\text{ολ}}$$

Όπου I = ο ενιαίος συντελεστής κατείδδυσης

I_1, I_2, I_n = οι μερικοί κατά πέτρωμα συντελεστές κατείδδυσης

E_1, E_2, E_n = οι επιφάνειες εμφάνισης αντιστοίχων πετρωμάτων

$E_{\text{ολ}}$ = η ολική επιφάνεια της εξεταζόμενης περιοχής

Ο συντελεστής κατείδδυσης παίρνει συγκεκριμένες τιμές ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων ή των σχηματισμών (Πίνακας 5.12).

Πίνακας 5.12 : Χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή κατείδδυσης

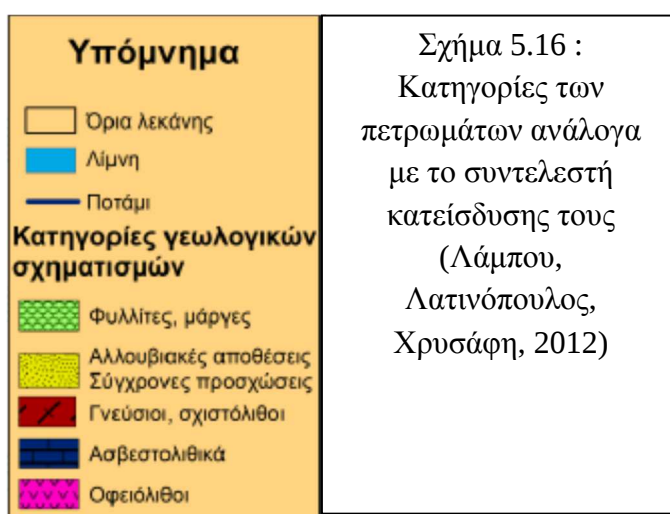
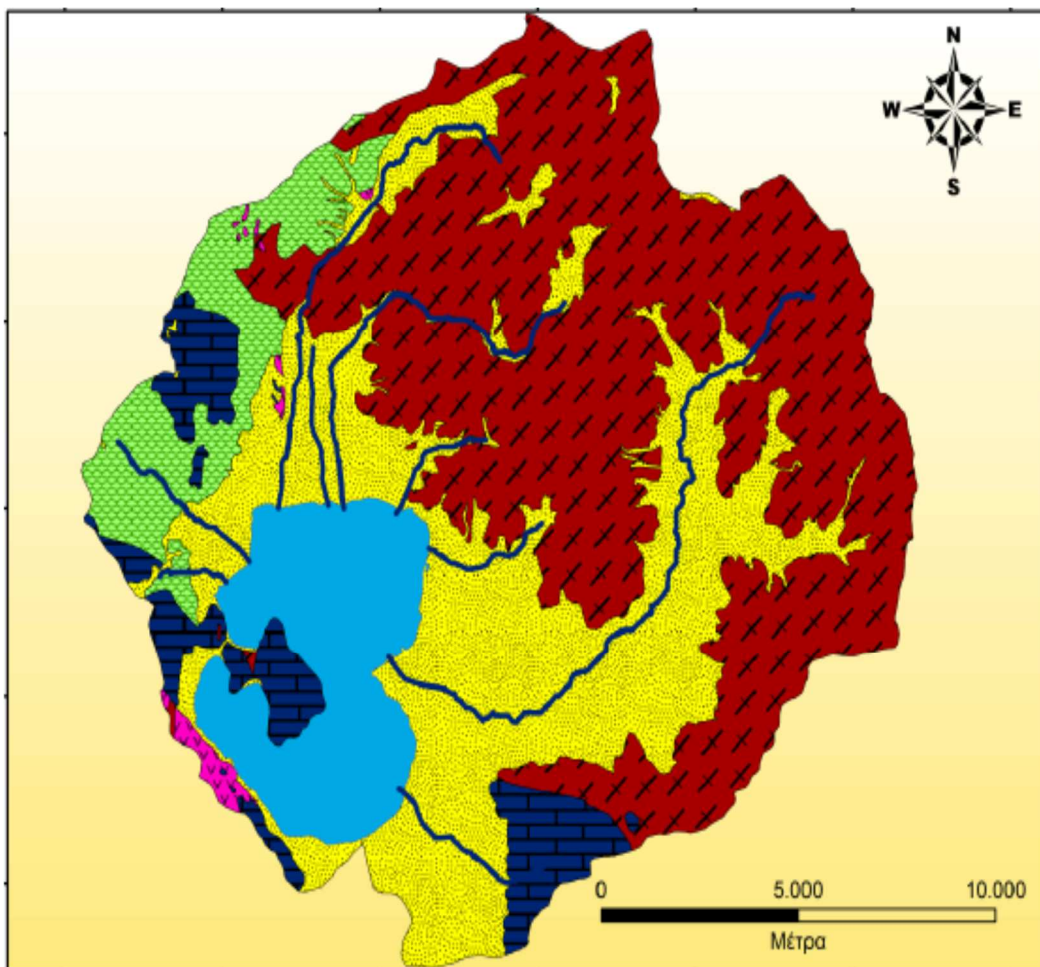
Είδος Πετρωμάτων	Συντελεστής Κατείδδυσης (%)
Αλλούβια, σύγχρονες προσχώσεις, Ψαμμίτες	10 - 25
Ασβεστολιθικά πετρώματα	30 - 60
Φλύσχης- Φυλλίτες- Μάργες	3 - 10
Οφιόλιθοι	4 - 8
Ηφαιστειακά πετρώματα	3 - 8
Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	3 - 7

Στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς οι συντελεστές κατείσδυσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν δίνονται στον πίνακα 5.13.

Πίνακας 5.13 : Τιμές του συντελεστή κατείσδυσης των πετρωμάτων

Υψόμετρο (m)	Γεωλογικός Σχηματισμός	I (%)	Εμβαδόν (km ²)	I (%) στην αντίστοιχη επιφάνεια	I (%) x Όγκο Νερού (Πίνακας 5.7)	I (10 ⁶ x m ³)
600-700	Αλλουβιακές Αποθέσεις	20	85,65	17,18	17,18x84,8	14,5
700-800	Αλλουβιακές Αποθέσεις	20	41,64	8,33	8,33x36,6	3,05
800-900	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	30,25	1,21	1,21x31,6	0,38
900-1000	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	28,1	1,12	1,12x31,6	0,35
1000-1100	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	23,62	0,94	0,94x11,4	0,1
1100-1200	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	21,22	0,85	0,85x8,5	0,07
1200-1300	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	21,33	0,85	0,85x2,9	0,02
1300-1400	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	10,71	0,43	0,43x11,4	0,04
1400-1500	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	4,99	0,2	0,20x11,4	0,02
1500-1600	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	5,14	0,21	0,21x11,4	0,02
1600-1700	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	2,87	0,11	0,11x11,4	0,01
1700-1800	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	1,71	0,07	0,07x11,4	0,007
1800-1900	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	0,38	0,01	0,01x11,4	0,001
			277,61	31,51		18,5

Στο σχήμα 5.16 αποτυπώνεται από τους Λάμπου, Λατινόπουλο και Χρυσάφη, (2012) η κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών στη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς και οι κατηγορίες αυτών βάση του συντελεστή κατείσδυσης.



Βάσει όλων των παραπάνω ο συνολικός όγκος που κατεισδύει υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα $18,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ο Βαφειάδης (1983) υπολόγισε για τα ασβεστολιθικά πετρώματα της περιοχής μελέτης μια αντιπροσωπευτική μέση τιμή συντελεστή κατείσδυσης $I_1=55,5\%$ για επιφάνεια $E_1=33\text{km}^2$, για τα μεταμορφωμένα και πλουτωνικά πετρώματα της περιοχής μέσο συντελεστή κατείσδυσης $I_2=7\%$ για επιφάνεια $E_2=157,6 \text{ km}^2$ και τέλος για τις τεταρτογενείς αποθέσεις τις περιοχής $I_3=17\%$ για επιφάνεια $E_3=82,7 \text{ km}^2$, με αποτέλεσμα ο ενιαίος συντελεστής κατείσδυσης που προκύπτει να ισούται σύμφωνα με τον τύπο $I = (I_1E_1+I_2E_2+I_3E_3)/E_{\text{ολ}}$ με $I=15,8\%$.

5.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Ο όρος <<Επιφανειακή Απορροή>> R, αναφέρεται στο τμήμα εκείνο του νερού των κατακρημνισμάτων που μόλις πέσει στην επιφάνεια της Γης ρέει επιφανειακά, εισέρχεται στο υδρογραφικό σύστημα από το οποίο απάγεται οδηγούμενο τελικά στη θάλασσα ή σε λίμνη όπου και εκχύνεται (Σούλιος, 1986).

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν την επιφανειακή απορροή R είναι κατά κύριο λόγο η ένταση, η κατανομή και το ύψος των βροχοπτώσεων καθώς και οι κλιματικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία και ο άνεμος που την επηρεάζουν έμμεσα διότι επιδρούν στην εξατμισοδιαπνοή. Δευτερεύοντες παράγοντες θεωρούνται η κλίση και η λιθολογική σύσταση του εδάφους, η βλάστηση και το υδρογραφικό δίκτυο .

Τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα για την επιφανειακή απορροή προέρχονται από τις μετρήσεις που εκτελέστηκαν γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς στα σημεία εκβολών των εννέα χειμάρρων που τροφοδοτούν τη λίμνη καθώς και στη θέση της Διώρυγας εξόδου του νερού από τη λίμνη. Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν στο πλαίσιο της μελέτης της λεκάνης απορροής που πραγματοποιήθηκε από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. για το υδρολογικό έτος 1998-1999 και έχουν ήδη παρατεθεί στο κεφάλαιο 3.3.2 όπου περιγράφονται τα ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης. Επειδή όμως οι διαθέσιμες μετρήσεις είναι παλιές και σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983) ο συντελεστής επιφανειακής απορροής των προσχωσιγενών αποθέσεων της πεδινής περιοχής δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια, άρα δεν μπορεί να προσδιοριστεί και ο συντελεστής επιφανειακής απορροής R ολόκληρης της λεκάνης. Οι εκροές από το ρέμα Γκιόλι στον Αλιάκμονα και τα υπόγεια νερά που εκφορτίζονται στη λίμνη αποτελούν την ολική απορροή. Οι εκροές αυτές δεν χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του συντελεστή επιφανειακής απορροής της λεκάνης (Βαφειάδης, 1983). Έτσι ο συντελεστής επιφανειακής απορροής R θα υπολογιστεί ως ο άγνωστος παράγοντας της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου.

5.7 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Για την καλύτερη αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού μιας λεκάνης, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η γνώση του υδρολογικού ισοζυγίου της. Η εκτίμηση των φυσικών εισροών και εκροών στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς έγινε με σκοπό να καθοριστεί το υδρολογικό ισοζύγιο της με τη χρήση υδρομετεωρολογικών και υδρομετρικών στοιχείων της περιοχής.

Οι εισροές στη λίμνη προέρχονται από την απευθείας βροχόπτωση στην επιφάνεια της και από τις απορροές που προέρχονται από το χερσαίο τμήμα της λεκάνης απορροής (επιφανειακές και υπόγειες) της και από τις αποχετεύσεις των παραλίμνιων χωριών που δεν εντάσσονται στον βιολογικό καθαρισμό (Βαφειάδης, 1988). Οι εκροές της λίμνης περιλαμβάνουν την εξάτμιση από την επιφάνεια της και τις εκροές που πραγματοποιούνται μέσω του ρέματος Γκιάλι προς τον ποταμό Αλιάκμονα. Σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983) τη χρονική περίοδο από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο η λίμνη της Καστοριάς δεν δέχεται καμία τροφοδοσία από επιφανειακά (χειμαρρικά) νερά και για το λόγο αυτό θεωρείται σημαντική η συμβολή των υπόγειων υδάτων στο ισοζύγιο της λίμνης.

Η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου μπορεί να περιγραφεί και ως εξής (Βουδούρης, 2009) :

$$P = E + R + I \pm dW \pm dq$$

Όπου : P= ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = πραγματική εξατμισιδιαπνοή

R= επιφανειακή απορροή

I= κατείσδυση

dW= μεταβολή των αποθεμάτων υπόγειου νερού

dq=επιφανειακές ή υπόγειες εισροές και εκροές

Στην παρούσα εργασία η μορφή έκφρασης του υδρολογικού ισοζυγίου, θεωρώντας ότι τα μεγέθη dW και dq είναι αμελητέα, είναι η εξής :

$$P = I + R + E$$

Τα παραπάνω μεγέθη εκφράζονται σε ισοδύναμο ύψος νερού (mm), σε όγκο νερού (10^6 m^3) και σε ποσοστό επί τις 100 (%) προς τη μονάδα του χρόνου (Βουδούρης, 2009)

Τέλος παρουσιάζεται το προσεγγιστικό υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης μετά τον υπολογισμό όλων των παραμέτρων της εξίσωσης του δηλαδή τα ατμοσφαιρικά

κατακρημνίσματα P, την κατείσδυση I, την επιφανειακή απορροή R και την εξατμισοδιαπνοή E.

	P	=	I	+	R	+	E
Όγκοι (10 ⁶ m ³)	207,4	=	18,5	+	24,8	+	164,1
Ύψος βροχής (mm)	786,7	=	70,0	+	94,5	+	622,2
Συντελεστές (%)	100	=	8,9	+	12,0	+	79,1

Ο Βαφειάδης (1983), θεωρώντας και ο ίδιος ως άγνωστο παράγοντα της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου την επιφανειακή απορροή R, υπολόγισε ότι το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής θα έχει την εξής μορφή :

	P	=	I	+	R	+	E
Όγκοι (10 ⁶ m ³)	204,0	=	32,23	+	27,34	+	144,53
Ύψος βροχής (mm)	671,0	=	106,0	+	89,9	+	475,4
Συντελεστές (%)	100	=	15,8	+	13,4	+	70,8

Κάνοντας τη σύγκριση αντιλαμβανόμαστε ότι οι διαφορές των δύο αυτών εξισώσεων εντοπίζονται κυρίως στον όγκο του νερού που εξατμίζεται και στον όγκο του νερού που κατεισδύει. Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία βρέθηκε ότι εξατμίζεται μεγαλύτερος όγκος νερού και κατεισδύει μικρότερος όγκος σε σχέση με τα αποτελέσματα του Βαφειάδη (1983).

Τέλος ως μέτρα σύγκρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα αποτελέσματα από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, κ.ά., 2000), τα οποία βρέθηκαν κατά τη διάρκεια μελέτης της λεκάνης απορροής της λίμνης. Στα πλαίσια της μελέτης αυτής βρέθηκε ότι η μέση βροχόπτωση στη λεκάνη απορροής της λίμνης (συμπεριλαμβανομένης και της λίμνης) ανέρχεται στα 787,6 mm, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ανέρχεται στα 570,2 mm, η επιφανειακή απορροή είναι 108,1 mm και τέλος η υπόγεια απορροή προς τη λίμνη βρέθηκε ότι ισούται με 96,6 mm. Η διαφορά των 12,7 mm που προκύπτει από το άθροισμα της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, της επιφανειακής απορροής και της υπόγειας απορροής θεωρείται ότι είναι επιφανειακή απορροή κατευθείαν προς το ρέμα Γκιόλι, δηλαδή προς την έξοδο της λεκάνης απορροής. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής σε σύγκριση με τα παραπάνω αποτελούν σχεδόν ενδιάμεσες τιμές, με τη διαφορά ότι η επιφανειακή απορροή εδώ θεωρείται μεγαλύτερη σε σχέση με τις παραπάνω τιμές.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επεξεργασία των κλιματολογικών δεδομένων που αφορούν τη θερμοκρασία του αέρα και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα για τους μετεωρολογικούς σταθμούς περιμετρικά της περιοχής μελέτης, συμπεραίνεται ότι η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται περίπου στους 12,5 °C με τη σχετική υγρασία στα 62,1 % και ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ανέρχεται στα $207,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η μέση στάθμη της λίμνης απ' τις σταθμημετρικές μετρήσεις 17 ετών βρέθηκε ότι είναι περίπου στα 629,00 m.

Από τις μετρήσεις του εξατμισίμετρου στο σταθμό της Κστοριάς βρέθηκε ότι η εξατμιση από τη λίμνη ανέρχεται στα $23,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και από την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων υπολογίστηκε ότι η πραγματική εξατμισιδιαπνοή ανέρχεται περίπου στα $164,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ο μέσος συντελεστής εξατμησης της λεκάνης είναι 0,66 δηλαδή το 66% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μέσω της διαδικασίας εξατμισιδιαπνοής επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα. Επίσης τα $24,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ του συνολικού όγκου των υδάτων βρέθηκε ότι απορρέουν ενώ τα $18,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ κατεισδύουν. Από την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου τέλος προκύπτει ότι περίπου το 80% των υδάτων εξατμίζεται, ενώ το υπόλοιπο 20% κατανέμεται μεταξύ της κατείσδυσης και της απορροής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Έντυπη - Ελληνόγλωσση

- Βαφειάδης Π., 1983, “ *Υδρογεωλογική Μελέτη της Λεκάνης Καστοριάς*”, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Βοσταντζόγλου Θ., 1990, *Αντιλεξικόν ή Ονομαστικών της Ελληνικής Γλώσσας*, Εκδ. Βογιαντζόγλου –Βλαστάρη Ι., Αθήνα
- Βουδούρης Κ., 2009, “*Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος- Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον*”, Εκδόσεις Τζιόλα
- Γιαννέλη Χ., 2009, “ *Υδρογεωλογική Έρευνα Λεκανών του Ελληνικού Χώρου. Παράδειγμα από τη Λεκάνη Αγίων Αναργύρων (Καστοριά)* ” , Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2010, “*Εκπόνηση Βυθομετρικών και Ιζηματολογικών Ερευνών στον Πυθμένα της Λίμνης της Καστοριάς* ” , Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καστοριάς
- Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, 2000, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα “ *Οι Δρόμοι του Νερού -Η Λίμνη της Καστοριάς* ”, Εκδ. Κ.Π.Ε. Καστοριάς,, Καστοριά
- Κίλιας Α., 1980, “*Γεωλογική και Τεκτονική μελέτη της περιοχής του Ανατολικού Βαρνούντα (ΒΔ Μακεδονία)*”, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 271p
- Λάμπου Α., Λατινόπουλος Δ., Χρυσάφη Α., 2012, “*Ειδική Περίπτωση Μελέτης της Λεκάνης Απορροής της Λίμνης Καστοριάς για το έτος 2011 σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ* ”, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Μουντράκης Δ., 1976, “ *Συμβολή εις την γνώσιν της Γεωλογίας του Βορείου ορίου των ζωνών Αξίου και Πελαγονικής, εις την περιοχή κ. Λουτρακίου-Όρμας (Αλμωπίας)*”, Διατριβή επί διδακτορία, Θεσσαλονίκη, 164p
- Μουντράκης Δ., 1985, “*Γεωλογία της Ελλάδας* ”, University studio press, Θεσσαλονίκη
- Μουντράκης Δ., 1988, “*Συνοπτική Γεωτεκτονική Εξέλιξη του ευρύτερου Ελληνικού χώρου*”, Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 116

- Παυλόπουλος Κ., Σκέντος Α., Κοτάμπαση Χ., 2008, “Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση και Μελέτη της Ευρύτερης Περιοχής Δισπηλιού-Λίμνης Καστοριάς ”, περιοδικό Ανάσκαμμα 10/2009, σελ.101-120
- Σακκάς Ι., 1994, “Υδρολογική μελέτη της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς, στα πλαίσια της μελέτης Εξυγίανση και αξιοποίηση της λίμνης Καστοριάς”, Δ.Π.Θ.
- Σούλιος Γ., 1986, “Γενική Υδρογεωλογία, πρώτος τόμος ”, University studio press
- Τολίκας Δ., Μυλόπουλος Γ., Χρυσάνθου Β., κ.ά., Απρίλιος 2000, “Προσδιορισμός παροχών, φερτών υλών και ποιότητας του νερού των χειμάρρων-ρεμάτων της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς. Διεύρυνση τάσεων και εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων μείωσης φόρτου” , Α.Π.Θ., Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος
- Χουρμουζιάδης Γ., 1996, “Το Δισπηλιό Καστοριάς. Ένας λιμναίος προϊστορικός οικισμός ”. Εκδ. Κώδικας, Θεσσαλονίκη

Ξενόγλωσση

- Brunn J., 1956, “*Contribution a l’ etude geologique du Pinde septentrional et d’une partie de la Macedoine occidentale* ”, Ann. Geol. Des Pays Hell. 7
- Fermeli G., Ioakim C., 1992, “*Biostratigraphy and paleoecological interpretation of Miocene succession in the molassic deposits of Tsotylio, Mesohellenic Trench (Grevena area, N. Greece)*”, Paleont. iEvol., 24-25, 199-208
- Mountrakis D., 1979, “*Resultats preliminaires de l’etude Stratigraphique de la region de Kastoria (NW Macedoine, Greece)*”, Sci. Ann. Fac. Phys. Mathem, Univ. Thessaloniki, 19, σελ. 163-173
- Osswald K., 1931, “*Geologische Ubersichskarte von Griech-Makedonien 1:300.000*”, Griech. Geol., Landesanstalt, Athen
- Osswald K., 1938, “*Geologische Geschichte von Griechish-Normakedonien Denksch der geol. Landesanstalt von Griechenland*”, f.3, Athen
- Papanikolaou D., Zambetakis-Lekkas A., 1980, “*Nouvelles observations et datation de la base de la serie pelagonienne (s.s.) dans la region de Kastoria, Grece* ”, CR Acad. Sci Paris 291:155-158
- Papanikolaou D., Stojanov R., 1983, “*Geological Correlation between the Greek and the Ygaslave part of the Pelagonian Metamorphic Belt*”, In: Sassi FP (ed) IGCP No.5, Newsletter 5:146-152

•Selmeier A., Velitzelos E., 2000, “*Neue Auf sammlungen von verkieselten Holzresten aus tertiaren Sedimenten Griechenlands (Lesbos, Kastoria, Thrakien). Mitteilungen der Bageririschen für Palaontologie und historische Geologie*”, Munchen, 40, 2000, p.213-227

Ηλεκτρονική

- http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/NWS_CENSUS_310712_GR.pdf (Ελληνική Στατιστική Αρχή)
- <http://www.ifms-grammos.gr/thematic-maps> (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καστοριάς)
- http://www.ecodonet.gr/morphology_greek_1.php (Ecosystems Database Observatory)
- <http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/pgc/article/viewFile/9447/9198> (8^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο)
- http://www.eliasch.metal.ntua.gr/students/petrology/H01_mineralogySilicates.pdf (Ηλίας Χατζηθεοδωρίδης, επίκουρος καθηγητής γεωλογικών επιστημών)
- http://www.elekkas.gr/attachments/017_5.pdf (Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας)
- <http://www.nostimo-museum.gr/> (Μουσείο Παλαιοντολογίας και Παλαιοβοτανικής Νόστιμου)
- http://fos-kastoria.blogspot.gr/2013/02/blog-post_27.html
- <http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427γ/pdf/askisi1.pdf> (Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.)
- http://users.uoa.gr/~hkranis/44a-NeoMapText_AND_Abridged.pdf (Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000 , Lekkas A., Papanikolaou J., Kranis Ch. , Lozios S., Fountoulis J., Skourtsos F., V.I.i mikou)
- http://itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion3.pdf (Εργαστήριο Υδρογεωλογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Αθήνα)
- http://souprios.chania.teicrete.gr/hydrogeology/LabNotes_Hydrogeology_Souprios.pdf(Παντελής Σούπιος, αναπληρωτής καθηγητής του τμήματος φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, Τ.Ε.Ι. Κρήτης)
- <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/kastoria/pr22ge.pdf>

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ Υδρολογικό Ισοζύγιο της Λεκάνης Απορροής της λίμνης Καστοριάς ”

Μπέλλα Ελένη (Α.Ε.Μ. 3892)

Επιβλέπων καθηγητής : Βουδούρης Κωνσταντίνος

Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2014

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
FACULTY OF SCIENCES
SCHOOL OF GEOLOGY

UNDERGRADUATE DIPLOMATIC THESIS

“ Hydrologic Equation in the Basin of lake Kastoria ”

Bella Eleni (S.S.N. 3892)

Scientific coordinator : Voudouris Konstantinos

Thessaloniki, March 2014

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ABSTRACT	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	13
1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	13
1.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	13
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	15
2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	15
2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ.....	19
2.3 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	19
2.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	20
3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	23
3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	23
3.1.1 Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά της ορεινής και πεδινής περιοχής μελέτης.....	24
3.1.2 Γεωμορφές που σχηματίστηκαν στην περιοχή μελέτης.....	26
3.2 Η ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ.....	32
3.2.1 Η ταυτότητα της λίμνης	32
3.2.2 Δημιουργία της λίμνης.....	38
3.2.3 Η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς	38
3.3 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	39
3.3.1 Γενικά.....	39
3.3.2 Ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης.....	40
3.3.3 Εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στη λίμνη.....	51
3.3.4 Κινήσεις υδάτων.....	52
4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	56
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	56
4.2 Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	60
4.2.1. Πελαγονικό υπόβαθρο.....	60
4.2.2 Πελαγονική ζώνη.....	61
4.2.3 Μεσοελληνική Αύλακα	64

4.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	71
4.4 ΤΕΚΤΟΟΡΕΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	71
4.5 ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ.....	73
5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΚΛΙΜΑ	75
5.1 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ.....	75
5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ.....	76
5.3 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ	82
5.3.1 Κατανομή των βροχοπτώσεων	88
5.3.2 Σχέση ύψους βροχόπτωσης και υψομέτρου.....	86
5.3.3 Προσδιορισμός του όγκου νερού από βροχόπτωση.....	87
5.4 Η ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ.....	92
5.4.1 Προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής.....	91
5.5 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ.....	94
5.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ.....	98
5.7 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ.....	99
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	105

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στον Τομέα Γεωλογίας, του τμήματος Γεωλογίας, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Την επίβλεψη της εργασίας είχε ο επίκουρος καθηγητής Υδρογεωλογίας, Α.Π.Θ., κ. Κωνσταντίνος Βουδούρης. Θεωρώ υποχρέωση μου να του εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για το ενδιαφέρον θέμα που μου ανέθεσε και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δίνοντας μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στο συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα. Τον ευχαριστώ επίσης για το χρόνο που διέθεσε συμβάλλοντας με τις γνώσεις του και την καθοδήγηση του, στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καλό μου φίλο και συνάδελφο, Κωνσταντίνο Δαγκλή για τη συμπαράσταση και τη βοήθεια που μου προσέφερε σε θέματα χρήσης ηλεκτρονικών προγραμμάτων καθώς και για τις υποδείξεις και τις επισημάνσεις που έκανε συνεισφέροντας στην αρτιότητα της εργασίας.

Κλείνοντας, ευχαριστώ ειλικρινά, την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου Απόστολο και Βασιλική, για την αμέριστη ηθική και οικονομική τους στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των μαθητικών και ακαδημαϊκών μου σπουδών και τους ευγνωμονώ που στέκονται πάντα δίπλα μου τόσο στις επιτυχίες, όσο και στις αποτυχίες, δίνοντας μου την ελπίδα και τη δύναμη να συνεχίσω να προσπαθώ για το καλύτερο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς είναι ο ποταμός Αλιάκμονας, που διαρρέει όλη την έκταση του. Τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού, αποτελεί η υδρολογική λεκάνη της Καστοριάς η οποία περιλαμβάνει την περιοχή που περικλείεται μεταξύ των ορεινών όγκων του ΒΔ Άσκιου και του ΝΔ Βέρνου.

Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής της Καστοριάς ανέρχεται σε 263,6 km² από τα οποία περίπου τα 30 km² καταλαμβάνονται από τη λίμνη της Καστοριάς, στην οποία λίμνη εκβάλλουν εννέα υδατορέματα που αποτελούν τις υπολεκάνες απορροής, της λεκάνης της Καστοριάς. Η λίμνη της Καστοριάς βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος Β 40° 31 και γεωγραφικό μήκος Α 21° 18 με μέσο απόλυτο υψόμετρο στάθμης 629 m. Θεωρείται ρηχή λίμνη με μέγιστο βάθος 9 m και μέσο βάθος 4,5 m.

Η διαμόρφωση της λεκάνης της Καστοριάς ξεκίνησε από το μέσο Μειόκαινο. Η δημιουργία της λίμνης είναι αποτέλεσμα της προοδευτικής βύθισης της λεκάνης. Κατά το Πλειστόκαινο η επιφάνεια της λίμνης υπέστη σύντμηση και από τότε μέχρι σήμερα διατηρείται ως υπολειμματική μορφή.

Οι γεωμορφές που συναντώνται στην περιοχή είναι δελταϊκά ριπίδια, αλλουβιακοί κώνοι απόθεσης, άνω Πλειστοκαινικές και μέσο Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες, εγκλιωτισμένες κοίτες, κρημνοί, απόκρημνες ακτές και επιφάνειες επιπέδωσης.

Στη γεωλογική δομή της περιοχής μετέχουν κυρίως μεταμορφωμένα και ανθρακικά πετρώματα στις ορεινές περιοχές ενώ στις πεδινές περιοχές συναντώνται μολασσικά ιζήματα και αλλουβιακές αποθέσεις. Οι σχηματισμοί αυτοί ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη, στην Υποπελαγονική και στη Μεσοελληνική αύλακα.

Το κλίμα της περιοχής είναι ηπειρωτικό με ψυχρούς χειμώνες, ζεστά καλοκαίρια και μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 12,5 °C.

Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για τη λεκάνη απορροής της Καστοριάς έδειξε ότι ο συνολικός όγκος των υδάτων που εισρέουν στη λίμνη ανέρχεται σε 78.400.000 m³ από τα οποία τα 20.100.000 m³ προέρχονται από τις βροχοπτώσεις και τα 58.300.000 m³ απορρέουν επιφανειακά και υπόγεια. Ο συνολικός

όγκος των εκροών από τη λίμνη ανέρχεται σε 80.300.000 m³, από τα οποία τα 23.200.000 m³ αντιστοιχούν στην εξάτμιση από τη λίμνη και τα 57.100.000 m³ στον όγκο των υδάτων που εκρέουν μέσω του ρέματος "Γκιόλι".

ABSTRACT

Basic hydrographic feature of the prefecture of Kastoria is the river Aliakmon, flowing through the whole extend of the prefecture. Part of the river basin is the catchment area of Kastoria, which includes the area enclosed, between the mountainous masses of NW Askion and SW Vernon.

The area of the basin of Kastoria is 263,6 km², of which about 30 km² occupied by the lake of Kastoria, which nine streams flow into her and consists the sub-basins of the basin of Kastoria. The lake of Kastoria is located at latitude N 40°31' and longitude A 21°18' with an absolute altitude level at 629 m. She is considered as a shallow lake with a maximum depth of 9 m and an average depth of 4,5 m.

The configuration of the basin of Kastoria, started from the middle Miocene. The creation of the lake is the result of the progressive immersion basin. During the Pleistocene, the surface of the lake was decreased and since then maintained as a residual form.

The landforms of the area are mostly deltaic fans, alluvial drop cones, upper Pleistocene and middle Pleistocene fluvial terraces, encased plains, cliffs, rugged coastlines and surface leveling.

The geological structure of the area includes mainly metamorphic and carbonate rocks in the highlands areas and molasse sediments and alluvial deposits in the lowlands areas. Theses formations belong to Pelagonian zone, as well as to the Pelagoniki zone and Mesohellenic groove.

The climate of Kastoria region is characterized as continental, with cold winters, hot summers and an average annual temperature of about 12,5 °C.

The estimation of the parameters of the hydrological balance for the catchment area of Kastoria, showed that the total volume of water flowing into this area, amounts to 78.400.000 m³, of which 20.100.000 m³ comes from the rainfalls and the amount of 58.300.000 m³ resulting surface and groundwater. The total volume of outflow waters from the lake is 80.300.000 m³, of which 23.200.000 m³ correspond evaporation from

the lake and 57.100.000 m³ represent the volume of water flowing through the stream named "Gioli" .

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την ανάλυση του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς, η οποία βρίσκεται στην ομώνυμη πόλη.

Με βάση τον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου έγινε προσπάθεια εκτίμησης των παραμέτρων του κύκλου του νερού για την περιοχή της λίμνης Καστοριάς, η οποία εκτίμηση θα βοηθήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που πέφτει και στη συνέχεια χάνεται λόγω του φαινομένου της εξατμισιδιαπνοής, με τις ποσότητες υδάτων που απορρέουν επιφανειακά και με εκείνες που κατεισδύουν ενισχύοντας τους υπόγειους υδροφορείς, καθώς και την ποσότητα των υδάτων που εκρέουν από τη λίμνη μέσω του ρέματος που ονομάζεται "Γκίολι".

Επιπλέον στα πλαίσια της εργασίας μελετήθηκε το κλίμα της περιοχής, έγινε εκτενής αναφορά στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής μελέτης καθώς επίσης και στη γεωλογία της περιοχής, στηριζόμενη στην υπάρχουσα βιβλιογραφία.

1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Για την πραγματοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες ποιοτικοί μέθοδοι έρευνας όπως η συλλογή πληροφοριών με επίσκεψη στην Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Καστοριάς και συνομιλία με τον περιβαλλοντολόγο του Δήμου Καστοριάς, κ. Γαργάλα Στέργιο, καθώς επίσης και συλλογή πληροφοριών από τη Νομαρχία Καστοριάς. Επιπλέον πληροφορίες συλλέχθηκαν από την Κεντρική Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης, από τη Δημοτική Βιβλιοθήκη Άργους Ορεστικού και τέλος από το διαδίκτυο.

1.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Ο υπολογισμός του υδρολογικού ισοζυγίου βασίστηκε στην εκτίμηση των παραμέτρων που συνδέονται μεταξύ τους με τον τύπο:

$$P = I + R + E$$

Όπου :

P = ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = πραγματική εξατμισιδιαπνοή

R = επιφανειακή απορροή

I = κατείσδυση

Για την εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου υπολογίστηκαν οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται, χρησιμοποιώντας τις μεθοδολογίες που κρίθηκαν σε κάθε περίπτωση κατάλληλες. Η πρώτη παράμετρος που παίζει και σημαντικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο είναι ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη. Χρησιμοποιήθηκαν βροχομετρικά δεδομένα πέντε βροχομετρικών σταθμών. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε η εξίσωση της βροχοβαθμίδας και βάση των ισουέτιων καμπυλών υπολογίστηκε ο όγκος των κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς.

Η επόμενη παράμετρος του υδρολογικού ισοζυγίου είναι η εξατμισιδιαπνοή. Η εξατμιση από την επιφάνεια της λίμνης βρέθηκε βασιζόμενη σε μετρήσεις από το εξατμισίμετρο του σταθμού Καστοριάς. Ο προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής υπολογίστηκε στηριζόμενη στην εφαρμογή του τύπου του Turc.

Ο υπολογισμός της απορροής θεωρήθηκε ως άγνωστη παράμετρος και τελικά υπολογίστηκε από την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου.

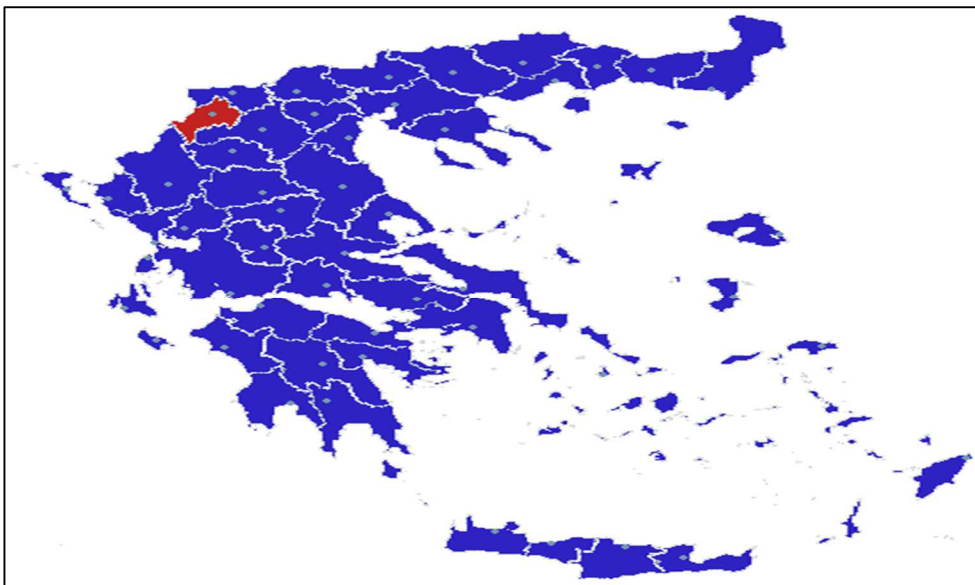
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η πόλη της Καστοριάς βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα της Ελλάδας και είναι πρωτεύουσα του ομώνυμου νομού. Βρίσκεται στο δυτικό άκρο της Δυτικής Μακεδονίας. Ο νομός Καστοριάς είναι κυρίως ορεινός, αφού από τα 1.685 km² της επιφάνειάς του μόνο τα 209 είναι πεδινά. Στα δυτικά υψώνεται η οροσειρά της Βόρειας Πίνδου (κορυφές Γράμμος, Κιάφα, Σούφλικας και νοτιότερα Επάνω Αρένα, Κάτω Αρένα και Μπουχέτσι) που καθορίζει τα όρια του νομού με το νομό Ιωαννίνων. Ανατολικότερα και παράλληλα προς τη Βόρεια Πίνδο υψώνεται το Βόιο με τις κορυφές Ψωριάρικα (1.441 m), Άσπρη Πέτρα (1.528 m), Πύργος (1.758 m), Παλιοκρίμινι (1.805 m) κ.ά. Οι βορειότερες κορυφές του Γράμμου με τις ονομασίες Γκούμπελ και Μπανταρός, μαζί με μία από τις βορειότερες κορυφές του Βοΐου, την Αλεβίτσα (1.585 m), καθορίζουν τα όρια του νομού με την Αλβανία, ενώ στο βόρειο τμήμα υψώνονται οι νότιες κορυφές του Τρικλαρίου, Όρλοβο (1.715 m) και Μπούτσι (1.776 m). Στα ανατολικά υψώνεται το Βέρνο ή Βίτσι (Τσούκα, 1.679 m) και στα νότια οι νότιες κορυφές του Ασκίου (ή Σινιάτσικου), που αποτελείται από κρυσταλλικά πετρώματα και ανήκει κυρίως στο νομό Καστοριάς, στον οποίο βρίσκονται και οι κορυφές του, Κάστρο Ζώτα (1.413 m), Μορίκι (1.655 m), Κορησός (1.386 m) και Βογατσικό (1.361 m). Μεταξύ Βέρνου και Ασκίου σχηματίζονται τα στενά της Κλεισούρας, απ' όπου διέρχεται η οδική αρτηρία Καστοριάς -Φλώρινας. Ανάμεσα στους ορεινούς όγκους σχηματίζεται μια ψιλή λεκάνη, το οροπέδιο της Ορεστιάδας ή Καστοριάς, που αποτελεί το βορειότερο τμήμα της Μεσοελληνικής αύλακας.

Φυσικός υδροκρίτης του νομού Καστοριάς είναι το Βόιο μαζί με τον Γράμμο και τις κορυφές του (Κιάφα, Σούφλικα). Στα δυτικά αυτής της γραμμής όλα τα νερά της βροχής καταλήγουν στο Ιόνιο πέλαγος ενώ βόρεια και ανατολικά καταλήγουν στον ποταμό Αλιάκμονα, ο οποίος και εκβάλλει στο Αιγαίο πέλαγος. Ο Αλιάκμονας αποτελεί βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς διότι διαρρέει το νομό σε όλη την έκτασή του. Ένα μέρος των επιφανειακών υδάτων της λεκάνης συγκεντρώνεται στα χαμηλότερα σημεία της με αποτέλεσμα το σχηματισμό της λίμνης της Καστοριάς ή Ορεστιάδας, η στάθμη της οποίας βρίσκεται σε υψόμετρο 620

iii. Όταν η λίμνη υπερχειλίζει, τα νερά της αποστραγγίζονται στον Αλιάκμονα. Ο ποταμός και η λίμνη ήταν για μεγάλο χρονικό διάστημα η κύρια πλουτοπαραγωγική πηγή του νομού.



Εικόνα 2.1: Θέση της Καστοριάς στο χάρτη της Ελλάδας



Εικόνα 2.2 : Όρια νομού Καστοριάς

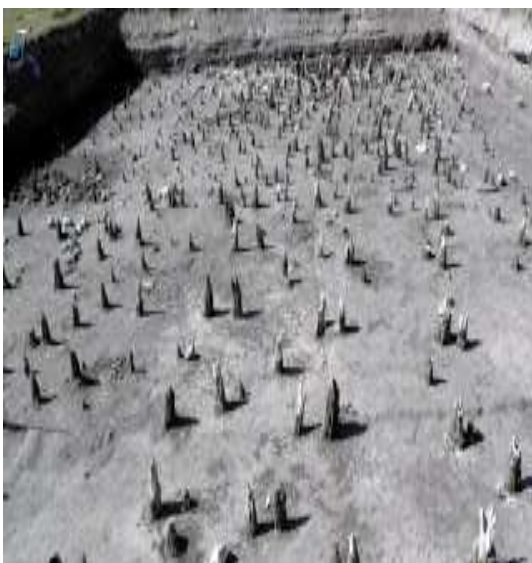
Η πόλη της Καστοριάς είναι χτισμένη στις όχθες της λίμνης, στην ίδια θέση όπου κατά τους προχριστιανικούς χρόνους υπήρχε η πόλη Κέλετρον. Το Κέλετρον κτίστηκε από Αιολείς αποίκους και υπήρξε πρωτεύουσα των Ορεστών Βασιλέων. Μετά την κατάληψη της περιοχής από τους Ρωμαίους το οικιστικό κέντρο της περιοχής μεταφέρθηκε στη Διοκλητιανούπολη, δηλαδή στο σημερινό Άργος Ορεστικό. Κατά τη Βυζαντινή περίοδο η πόλη της Καστοριάς ακμάζει ξανά, οπότε και κτίζεται το ιουστινιάνειο τείχος με σκοπό να την προστατεύει από τους πολλούς και ποικίλους εχθρούς της. Κατά διαστήματα καταλαμβάνεται από Βούλγαρους, Νορμανδούς, Φράγκους, Σέρβους και τέλος από τους Τούρκους. Τη σημερινή πόλη στολίζει ένα πλήθος Βυζαντινών εκκλησιών, κειμηλίων και αρχοντικών τα οποία αποτελούν μάρτυρες της μεγάλης οικονομικής άνθισης που γνώρισε η πόλη κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας.

Στη νότια όχθη της λίμνης και σε απόσταση 8 km έξω από την πόλη της Καστοριάς, βρίσκεται ο λιμναίος οικισμός του Δισπηλιού που αποτελεί και τον πρώτο λιμναίο οικισμό που ανασκάπτεται στην Ελλάδα. Οι ανασκαφές ανέδειξαν πλήθος αρχαιολογικών ευρημάτων που αποκαλύπτουν την ευρύτερη πολιτισμική ανάπτυξη της περιοχής ανά τους αιώνες. Το 1932 που ήταν και χρονιά ξηρασίας ο καθηγητής Α. Κεραμόπουλος επωφελούμενος από τη χαμηλή στάθμη της λίμνης ξεκινάει τις έρευνες του στην περιοχή νότια της λίμνης, όπου βρίσκεται σήμερα το χωριό Δισπηλιό ανακαλύπτοντας πολύ σύντομα την ύπαρξη μεγάλου αριθμού πασσάλων. Τα ευρήματα, τα οποία ήταν κυρίως λίθινα εργαλεία πιστοποιούν ότι εδώ αναπτύχθηκε ένας λιμναίος προϊστορικός οικισμός που χρονολογείται από το 5.500 π.Χ. Αρκετά χρόνια μετά, το 1964, το φαινόμενο της ξηρασίας επαναλαμβάνεται αποκαλύπτοντας πάλι τους πασσάλους, γεγονός το οποίο δίνει την ευκαιρία στον καθηγητή της Αρχιτεκτονικής του Α.Π.Θ., Νικόλαο Μουτσόπουλο να πραγματοποιήσει την τοπογράφιση της περιοχής. Το 1992- 60 χρόνια μετά τον πρώτο εντοπισμό του οικισμού από τον Κεραμόπουλο, τη σκυτάλη παίρνει ο καθηγητής Προϊστορικής Αρχαιολογίας του Α.Π.Θ., Γεώργιος Χουρμουζιάδης που ξεκινάει συστηματική ανασκαφή του χώρου. Από τις ανασκαφές διαπιστώνεται ότι η περιοχή κατοικήθηκε από τη μέση νεολιθική εποχή έως την πρώιμη χαλκοκρατία (5.500-3.500 π.Χ.). Η σκαπάνη του καθηγητή από το 1992, έχει φέρει στο φως πολλά και σημαντικά ευρήματα, τα οποία καταδεικνύουν ότι εδώ και 7.000 χρόνια ο προϊστορικός άνθρωπος της περιοχής κατείχε την τεχνογνωσία να ψαρεύει, να κυνηγάει με πρωτοποριακά για την εποχή όπλα, να καλλιεργεί τη γη με εξελιγμένα εργαλεία και το κυριότερο όλων

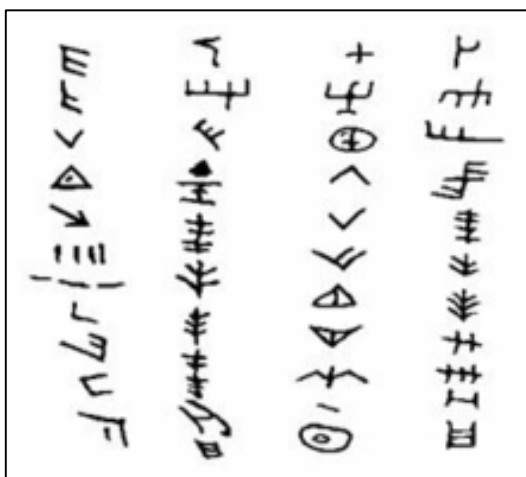
ότι κάλυπτε τις επικοινωνιακές του ανάγκες, χαράσσοντας την πρώιμη γραφή του σε ξύλο. Η γραφή αυτή ηλικίας -5.300 π.Χ.- , παρότι δεν έχει αποκρυπτογραφηθεί ακόμα, τείνει να θεωρηθεί κατά κάποιο τρόπο "προπομπός" της Γραμμικής Α'. Τέλος στα 150 στρέμματα λιμναίας όχθης που καταλαμβάνει ο χώρος των ανασκαφών, με βάση τα αρχαιολογικά ευρήματα, ολοκληρώνεται η διαμόρφωση αρχαιολογικού πάρκου και η φυσική αναπαράσταση μέρους του προϊστορικού οικισμού, με καλύβες, πάνω σε ξύλινες πλατφόρμες μέσα στη λίμνη. Οι καλύβες αυτές διαθέτουν σκεύη οικιακής χρήσης και εργαλεία της εποχής, κάνοντας έτσι πιο ρεαλιστική την απεικόνιση της ζωής στο χώρο αυτό.



Εικόνα 2.3: Σύγχρονη αναπαράσταση των νεολιθικών καλυβών



Εικόνα 2.4: Πάσσαλοι που ήρθαν στο φως κατά τις ανασκαφές



Εικόνα 2.5: Αντιπαράθεση των χαρακτήρων της πινακίδας του Δισπηλιού (1^η στήλη) με τις Γραμμικές γραφές

2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ

Υπάρχουν διάφορες εκδοχές για την προέλευση της ονομασίας της πόλης. Επικρατέστερη θεωρείται η άποψη ότι προήλθε από τους κάστορες που ζούσαν για αιώνες στην περιοχή. Η εξαφάνισή τους από τη λίμνη εικάζεται ότι οφείλεται κυρίως στις μεταβολές των κλιματολογικών συνθηκών κατά τη διάρκεια των αιώνων και προπάντων εξαιτίας της σταδιακής μείωσης των ορμητικών υδάτων από το Βίτσι. Μια ακόμα άποψη για την προέλευση της ονομασίας η οποία όμως είναι και η λιγότερο πιθανή είναι ότι οφείλεται στη λέξη "κάστρον". Τέλος το όνομα της πόλης έχει συνδεθεί και με τον Κάστορα, διότι σύμφωνα με την τοπική μυθολογία αναφέρεται πως χτίστηκε το 840 π.Χ. από τον Κάστορα, αδερφό του Πολυδεύκη, μετά από χρησμό που έλαβε από το Μαντείο των Δελφών.

2.3 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του 2011, ο πληθυσμός του νομού υπολογίζεται σε 51481 κατοίκους, με τους δήμους Καστοριάς και Μακεδνών, που περιβάλλουν τη λίμνη να έχουν 16586 και 2922 κατοίκους, αντίστοιχα.

Η λίμνη είναι άρρηκτα δεμένη με την πόλη της Καστοριάς, διότι αυτή είναι που καθορίζει και τη φυσιογνωμία της πόλης. Επίσης καθοριστικός είναι ο ρόλος της λίμνης στην ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα της πόλης, αφού αποτελεί έναν άμεσο οικονομικό πόρο, με τον τουρισμό στη λίμνη να παρουσιάζει διαρκή ανάπτυξη και την

ίδια να αποτελεί ένα σπουδαίο αλιευτικό κέντρο που η εκμετάλλευση του γίνεται από επαγγελματίες ψαράδες και ερασιτέχνες. Ένα ικανοποιητικό ποσοστό του πληθυσμού της περιοχής μελέτης ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα, τη γεωργία και την κτηνοτροφία, κυρίως στην περιοχή γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς και το οροπέδιο του Άνω Αλιάκμονα. Οι κυριότερες καλλιέργειες είναι τα δημητριακά και κυρίως το σιτάρι. Ένας τομέας που παρουσιάζει συνεχή ανάπτυξη μετά από κάμψη κάποιων ετών και που ήταν ανεπτυγμένος από πολύ παλιά στην Καστοριά, είναι η γουνοποιία που αποτελεί μια σημαντική οικονομική δραστηριότητα. Ένα σημαντικό ποσοστό των κατοίκων απασχολούνται στον τομέα αυτό, υποδηλώνοντας ταυτόχρονα τη σημαντική εξειδίκευση της περιοχής στον κλάδο της γουνοποιίας καθώς και την οικονομική εξάρτηση του νομού από αυτόν. Τέλος η Καστοριά είναι ένας νομός με πλούτο φυσικών πόρων, ενώ στην περιοχή δραστηριοποιείται και η εξορυκτική εταιρεία ΛΑΡΚΟ που στηρίζεται κυρίως στην εξόρυξη νικελίου.

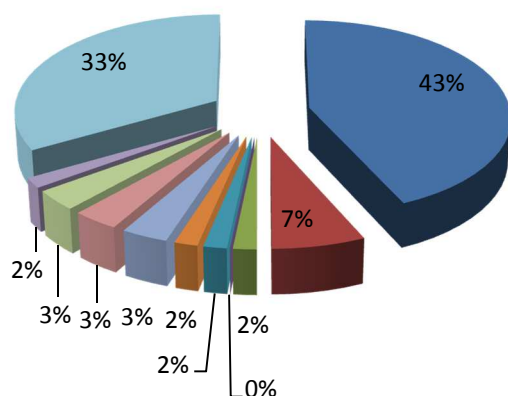
2.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς, καλύπτεται από αγροτικές εκτάσεις και αφορά περίπου το 60%, το 30% περίπου της έκτασης της περιοχής καλύπτεται από δάση και το υπόλοιπο ποσοστό αφορά τους οικισμούς, νερά ή βραχώδεις ακαλλιέργητες εκτάσεις (ΕΣΥΕ, 1991). Η παραλίμνια ζώνη χαρακτηρίζεται κυρίως από καλλιέργειες και βοσκότοπους. Το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιεργούμενων εκτάσεων της περιοχής εμφανίζεται στις παραλίμνιες κοινότητες Μαυροχωρίου, Πολυκάρπης και Δισπηλιού. Στο νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης έχουν ανεγερθεί ξενοδοχειακές μονάδες ενώ στις κοινότητες που βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, εμφανίζονται υψηλά ποσοστά βοσκότοπων αλλά και δασών. Η κατανομή των χρήσεων της γης παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα 2.1 (ΔΠΘ, 1994).

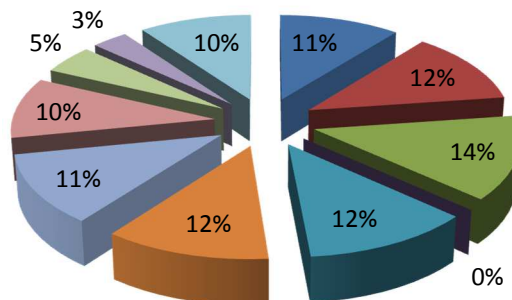
Πίνακας 2.1: Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης ανά λεκάνη απορροής (ΔΠΘ, 1994)

Περιοχή-Υπολεκάνη	Οικισμοί (%)	Γεωργικές εκτάσεις (%)	Βοσκότοποι (%)	Δασικές εκτάσεις(%)
Φουντουκλή	26	2	43	29
Απόσκεπου	4	16	48	32
Βυσσινιά	1	7	55	37
Αγ. Αθανασίου	-	100	-	-
Τοιχιού	1	19	48	32
Μεταμόρφωσης	1	20	47	31
Φωτεινής	2	21	46	31
Ξηροποτάμου	2	32	40	27
Ίστακου	2	66	19	13
Αμπελοκήπων	1	77	13	9
Καστοριάς-Δισπηλιού	20	11	40	28

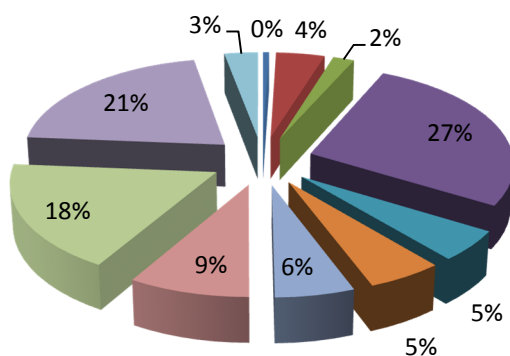
Οικισμοί (%)



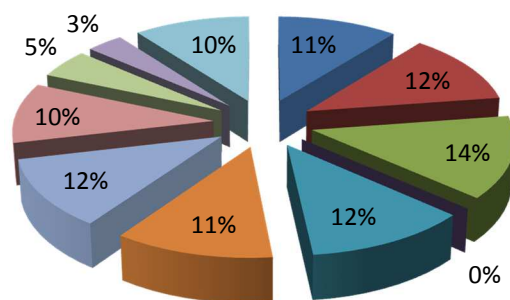
Βοσκότοποι (%)



Γεωργικές Εκτάσεις (%)



Δασικές Εκτάσεις (%)



Σχήμα 2.1: Γραφική απεικόνιση των τιμών του Πίνακα 2.1

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

Η μορφολογία της περιοχής αποτελεί το αποτέλεσμα του συνδυασμού της γεωλογικής δομής, της πρόσφατης τεκτονικής δράσεως και της διαβρωτικής ενέργειας (φυσικής ή χημικής). Η διάβρωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη βαθμιαία εξομάλυνση του αναγλύφου. Παράλληλα η δράση του νερού, το οποίο αποτελεί και τον κυριότερο παράγοντα που συντελεί στη διάβρωση, είναι υπαίτια για τη μεταφορά και απόθεση των προϊόντων της διάβρωσης στις χαμηλότερες περιοχές.

Με βάση τη γεωλογική δομή καθώς και τη σύσταση των πετρωμάτων διακρίνονται τρεις ζώνες διαφορετικού αναγλύφου.

A) Ζώνη ορεινού αναγλύφου (κρυσταλλοσχιστωδών-πλουτωνικών πετρωμάτων)

Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει την ορεινή μάζα του όρους Βέρνου, η οποία αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πλουτωνικά πετρώματα και κατεβαίνει μέχρι τη λίμνη της Καστοριάς. Το ανάγλυφο των πετρωμάτων αυτών παρουσιάζει έντονο κατακόρυφο διαμελισμό κυρίως στις περιοχές που επικρατούν γνεύσιοι και γρανίτες. Επίσης παρουσιάζει και έντονα φαινόμενα διαβρώσεως στις περιοχές που αποτελούνται από φυλλίτες ή σχιστόλιθους.

B) Καρστικό ανάγλυφο (ανθρακικών πετρωμάτων)

Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει την ασβεστολιθική ανάπτυξη του Μεσοζωικού καλύμματος, η οποία εκτείνεται από τα υψώματα Κορησού και Πύργου του Άσκιου όρους μέσω του "Πετρώδους" υψώματος και της χερσονήσου "Κορίτσας" της Καστοριάς, μέχρι ΒΔ στο Τρικλάριο όρος. Χαρακτηριστικό των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης αυτής είναι το έντονα καρστικοποιημένο ανάγλυφο τους και πιο συγκεκριμένα η παρουσία ρωγμών, δολίνων, εγκοίλων, μικροσπηλαίων καθώς και επιφανειών επιπέδωσης.

Το επιφανειακό σύστημα αποστράγγισης είναι αραιό και η απορροή πραγματοποιείται κυρίως με εσωτερική αποστράγγιση. Το αποστραγγιστικό δίκτυο αποτελείται από έναν μικρό αριθμό φαραγγιών και από ένα εσωτερικό δίκτυο αγωγών

και εγκοίλων. Τα επιφανειακά υδατορέματα παρουσιάζουν ροή μόνο όταν σημειώνονται μεγάλης έκτασης και διάρκειας βροχοπτώσεις.

Γ) Ανάγλυφο χαμηλών περιοχών

Η ζώνη αυτή συμπίπτει με την παραλίμνια πεδινή έκταση και τη νότια ημιπεδινή περιοχή της λίμνης που καταλήγει στην κοιλάδα του ποταμού Αλιάκμονα. Η κοιλάδα αυτή αποτελείται από ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας, πλειο-πλειστοκαινικές και ολοκαινικές αποθέσεις. Το ανάγλυφο στις χαμηλές περιοχές των τριτογενών και τεταρτογενών γεωλογικών σχηματισμών είναι ήπιο και ομαλό χωρίς να παρουσιάζει έντονες εδαφικές εξάρσεις και με κλίση μικρή έως μηδενική. Στην κατηγορία του αναγλύφου αυτού υπάγονται οι αλλουβιακοί κώνοι και τα ριπίδια που σχηματίζονται στις εξόδους των χειμάρρων προς την πεδινή έκταση. Συγκεκριμένα βρίσκονται στις εξόδους των χειμάρρων: Λάκκου, Τοιχιού, Μεταμόρφωσης, Μελισσοτόπου, Βασιλειάδας κ.α. Ακόμη στην κατηγορία του αναγλύφου αυτού περιλαμβάνονται παλαιές ποτάμιες αποθέσεις νότια της λίμνης, μεταξύ του ποταμού Αλιάκμονα και του ρέματος " Γκιόλι", εξαιτίας των οποίων το ανάγλυφο της περιοχής είναι κατά κύριο λόγο γηλοφώδες και κυματοειδές με πυκνό αποστραγγιστικό δίκτυο. Τέλος η πεδινή παραλίμνια έκταση αποτελεί τμήμα αυτής της κατηγορίας αναγλύφου, χαρακτηριστικό της οποίας είναι η σχεδόν επίπεδη τοπογραφία. Στην περιοχή αυτή και περιμετρικά κυρίως της λίμνης εμφανίζονται σύγχρονες δελταϊκές αποθέσεις δηλαδή νέες προσχωσιγενείς εκτάσεις εις βάρος της λίμνης. Αυτό οφείλεται στις έντονες διαβρωτικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή του ορεινού αναγλύφου. Μεταξύ των χωριών Πολυκάρπης και Μαυροχωρίου χαρακτηριστικό είναι το δέλτα που σχηματίζεται απ' τις αποθέσεις του υδατορέματος του Ξηροποτάμου.

3.1.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ορεινής και πεδινής περιοχής μελέτης

Η μορφολογία της περιοχής γενικότερα είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής δράσης, της γεωλογικής δομής και της διάβρωσης του εδάφους.

Σύμφωνα με τον Dikau (1989), που ασχολήθηκε με την ταξινόμηση του αναγλύφου, η έκταση της περιοχής μελέτης κατανέμεται σε τέσσερις

γεωμορφολογικές ενότητες ή τύπους αναγλύφου οι οποίες δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Ύψος από επιφάνεια θάλασσας (μ)	Χαρακτηρισμός
<150	Πεδινές περιοχές
150-600	Λοφώδεις περιοχές
600-900	Ημιορεινές περιοχές
>900	Ορεινές περιοχές

Από μορφολογικής άποψης η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς χωρίζεται σε δύο περιοχές, την ορεινή και την πεδινή περιοχή.

Η ορεινή περιοχή μελέτης αναπτύσσεται γύρω από τη λίμνη, καταλαμβάνει συνολική έκταση 203 km² και χαρακτηρίζεται από σχετικά πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Δομείται απ' τις λεκάνες απορροής των υδατορεμάτων μικρού μεγέθους οι οποίες καταλαμβάνουν επιφάνεια 175,6 km² . Τα παραπάνω υδατορέματα μικρού μεγέθους είναι του Απόσκεπου, του Βυσσινιά, του Τοιχιού, της Μεταμόρφωσης και της Φωτεινής, τα οποία έχουν έκταση λεκάνης E >5 km². Οι υπόλοιπες εκτάσεις αποτελούν ενδιάμεσες επιφάνειες (27,4 km²). Οι ρωγμές, οι διακλάσεις και οι ασυνέχειες που αποτελούν ευνοϊκή συνθήκη για την αποσάθρωση οφείλονται στον τεκτονισμό της περιοχής. Τα ανθρακικά πετρώματα που υπάρχουν στην περιοχή εμφανίζουν καρστικά φαινόμενα και αραιό υδρογραφικό δίκτυο. (Παυλόπουλος Κ., κ.ά., 2009)

Η πεδινή περιοχή αναπτύσσεται στην παραλίμνια έκταση μεταξύ Απόσκεπου, Μαυροχωρίου και Δισπηλιού και έχει έκταση 43,65 km². Περιλαμβάνει ιζηματογενή εδάφη και αποτελείται από τεταρτογενείς αποθέσεις. Στο ανώτερο τμήμα της (κατάντη της ορεινής περιοχής) εκτείνονται παλαιοτεταρτογενείς αποθέσεις σε λωρίδες πλάτους από 100 έως 2000 m. Αυτές αποτελούνται από τους κώνους πρόσχωσης των χειμαρρικών υδατορεμάτων καθώς και από διάφορα κορήματα. Αποτελούνται κυρίως από αδρομερή υλικά όπως κροκάλες, λατύπες, χάλικες κ.α. συνδυασμένα συγχρόνως με αργιλλοϋλίουχα και αμμώδη συστατικά. Στα κατάντη των κώνων συναντώνται επιφάνειες από πρόσφατα αλλουβιακά υλικά που αποτελούνται από αδρομερή συστατικά όπως κροκάλες, λατύπες σχετικά αποστρογγυλεμένες καθώς και από λεπτόκοκκες μάζες οι οποίες παρουσιάζουν σαφή διαβάθμιση. Όλα τα παραπάνω

υλικά συνενώνονται μεταξύ τους, συνθέτοντας σύνολο με μεγάλη ετερογένεια. Νεότερες προσχώσεις των χειμαρρικών ρεμάτων καλύπτουν το υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης.

3.1.2 Γεωμορφές που σχηματίστηκαν στην περιοχή μελέτης

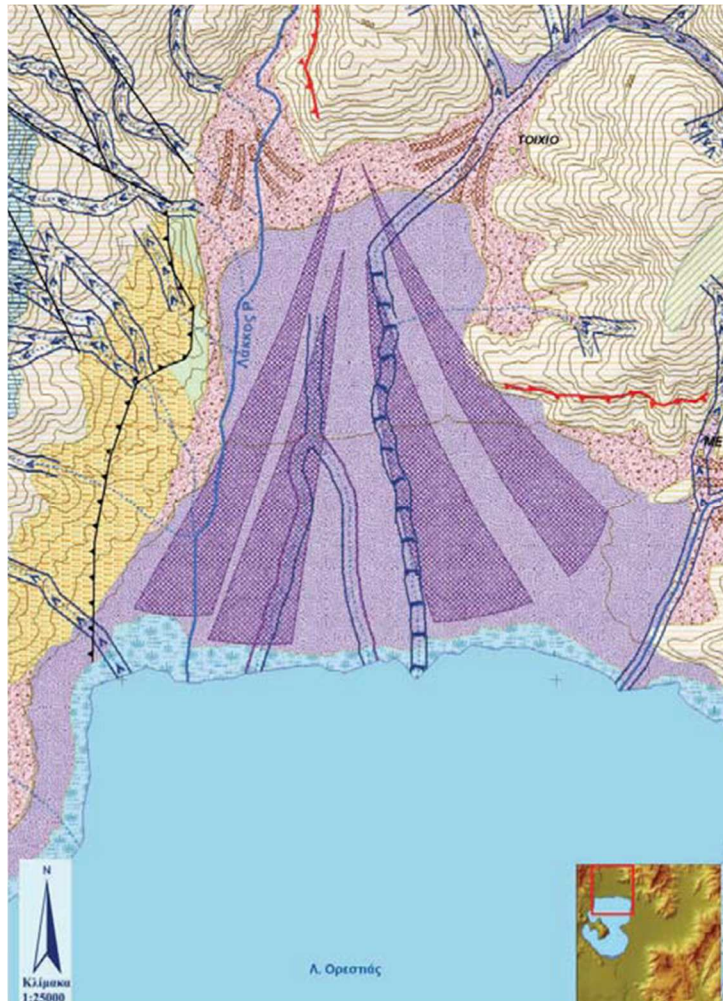
Οι γεωμορφές που συναντώνται στην περιοχή μελέτης είναι οι ακόλουθες :

Δελταϊκά Ριπίδια : Συναντώνται στις εκβολές των υδατορευμάτων του Ξηροποτάμου και του Τοιχιού. Πρόκειται για αλλουβιακές αποθέσεις. Το δελταϊκό ριπίδιο που σχετίζεται με το χείμαρρο του Ξηροποτάμου αποτελείται από άμμους, ιλυούχους άμμους και αργίλους. Το είδος των ιζημάτων, οι βόρειοι-βορειοανατολικοί άνεμοι που επικρατούν καθώς και οι βορειοδυτικοί άνεμοι που πνέουν στην παραλίμνια περιοχή είναι οι παράγοντες που καθορίζουν τη μορφή του. Η στερεοπαροχή, η οποία αναφέρεται στη μάζα των φερτών υλικών που μετριέται στη διατομή ενός υδατορεύματος στη μονάδα του χρόνου, για το συγκεκριμένο δελταϊκό ριπίδιο είναι αρκετά σημαντική. Εξίσου σημαντική είναι όμως και η προέλαση του εξαιτίας του μικρού βάθους της λίμνης αλλά και λόγω της ύπαρξης πετρωμάτων τα οποία αποσαθρώνονται και διαβρώνονται πολύ εύκολα. Είναι πελματοειδούς τύπου.



Σχήμα 3.1: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, δελταϊκό ριπίδιο Ξηροποτάμου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Αντίθετα, το δελταϊκό ριπίδιο του Τοιχιού αποτελείται από πιο λεπτομερή υλικά ιλύων, αργίλων και ιλυούχων άμμων και παρουσιάζει τελείως διαφορετική μορφή από εκείνη του Ξηροποτάμου. Το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει μικρή στερεοπαροχή και οι εσωτερικές υπολεκάνες που περιλαμβάνει το δίκτυο παγιδεύουν σημαντικές ποσότητες ιζημάτων. Στο ριπίδιο αυτό αναπτύσσονται αρκετές παλαιοκοίτες (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008).

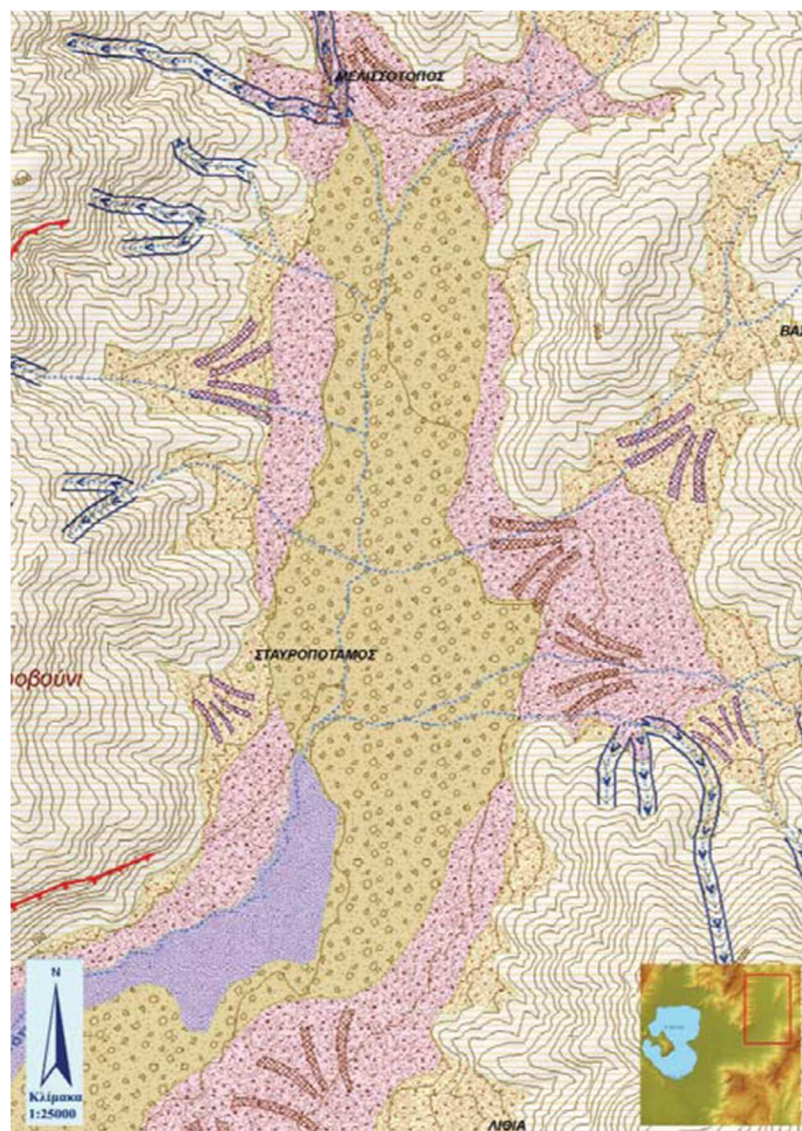


Σχήμα 3.2: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, δελταϊκό ριπίδιο Τοιχιού
(Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Αλλουβιακοί κώννοι απόθεσης : Κώννοι δύο γενεών συναντώνται στις περιοχές Κορησού, Βασιλικών, Αμπελοκήπων και Κωσταραζίου, ηλικίας Άνω Πλειστοκαινικής και Ολοκαινικής. Οι ολοκαινικοί κώννοι αποτελούνται κυρίως από άμμους, χάλικες και ιλυούχες άμμους. Οι πλειστοκαινικοί κώννοι αποτελούνται από αδρόκοκκα υλικά (κροκάλες, χαλίκια, άμμους) και καταλήγουν στις περιοχές Λιθίου, Κορησού και

Σταυροποτάμου σε υψόμετρο περίπου 660-670 m. Αυτοί εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν μια παλαιότερη στάθμη της λίμνης. Η περιοχή του Σταυροποτάμου είναι πιθανόν να λειτούργησε ως κλειστή λεκάνη, απομονωμένη στην ουσία από τη λίμνη σε υψόμετρο πάνω από 700 m μέχρι το Μέσο Πλειστόκαινο. Από την περίοδο του Άνω Πλειστοκαίνου πιθανολογείται ότι ξεκινάει η επικοινωνία της λεκάνης με τη λίμνη της Καστοριάς.

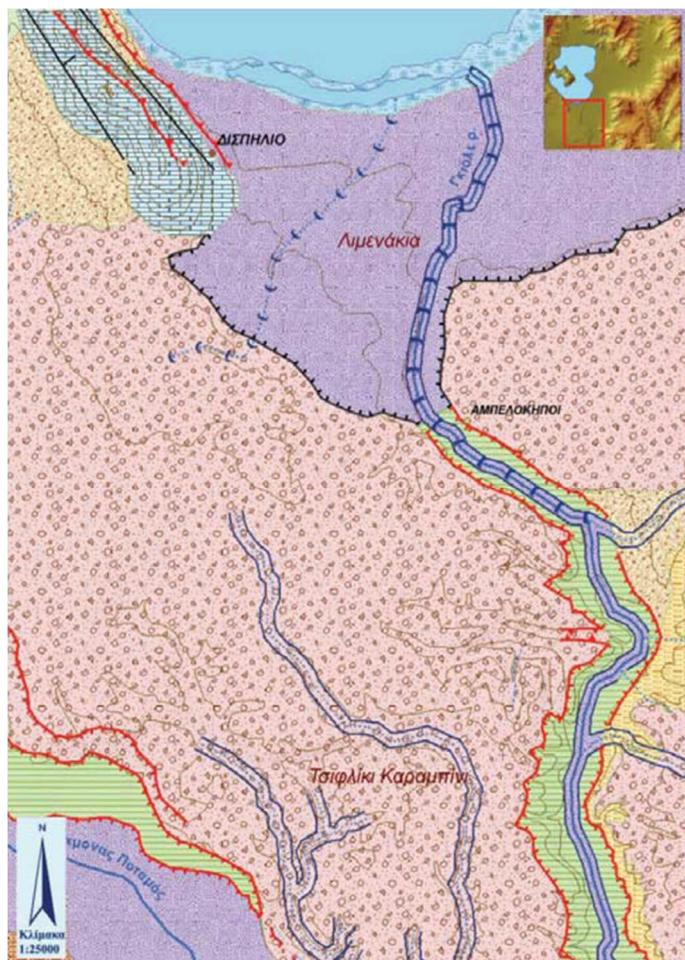
Παρόμοιες εμφανίσεις εντοπίστηκαν στις περιοχές Τοιχιού και Απόσκεπου, Ολοκαινικής ηλικίας και αποτελούνται από άμμους, χάλικες και ιλυούχες άμμους κατά θέσεις.



Σχήμα 3.3: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, Άνω Πλειστοκαινικοί και Ολοκαινικοί αλλουβιακοί κώνοι στην περιοχή Σταυροποτάμου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Άνω Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες: Οι γεωμορφές αυτές εντοπίζονται στις περιοχές Αμπελοκήπων, Μηλιάς και του Κωσταραζίου μέσα στο ρέμα "Γκιόλι" σε υψόμετρο 625-630 m. Αποτελούνται από άμμους και ιλυούχες άμμους. Έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει υψομετρική και γενετική ταύτιση των αναβαθμίδων αυτών με την αναβαθμίδα των 625 m του ποταμού Αλιάκμονα, που αποτελεί το τοπικό βασικό επίπεδο και της λίμνης σήμερα. Αυτές οι αναβαθμίδες ηλικίας Άνω Πλειστόκαινου-Κάτω Ολόκαινου είναι και οι σχετικά νεότερες αναβαθμίδες.

Μέσο Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες: Αυτές παρατηρούνται στις περιοχές του Άργους Ορεστικού, των Αμπελοκήπων και του Κωσταραζίου, σε υψόμετρο 650-670 m και αποτελούνται από άμμους, ιλυούχες άμμους και ορίζοντες χαλικών κατά θέσεις. Αποτελούν ποτάμιες αναβαθμίδες του Αλιάκμονα που δημιουργήθηκαν όταν το επίπεδο ροής του ήταν υψηλότερο ακόμα και από το σημερινό. Κατά την περίοδο εκείνη είναι πιθανόν να δημιουργήθηκε και η λίμνη εξαιτίας των αποθέσεων, οι οποίες δημιούργησαν φράγμα στο υδρογραφικό δίκτυο της Καστοριάς.



Σχήμα 3.4: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, Μέσο-Άνω Πλειστοκαινικές και Άνω Πλειστοκαινικές αναβαθμίδες περιοχής Διψηλίου -Κωσταραζίου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Εγκιβωτισμένες κοίτες : Η εμφάνιση τους οφείλεται στις μεταβολές της στάθμης της λίμνης ή στην τεχνητή διευθέτησή. Εμφανίζονται κυρίως στα χαμηλότερα σημεία των δελταϊκών ριπιδίων, κοντά στη λίμνη.

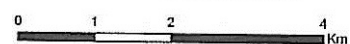
Κρημνοί : Βρίσκονται κυρίως στους ανθρακικούς σχηματισμούς του Αγίου Νικολάου και του "Πετρώδους" υψώματος με ύψος 100-300 m περίπου. Η δημιουργία τους είναι αποτέλεσμα των διεργασιών της διάβρωσης και της χημικής αποσάθρωσης.

Ακτές απόκρημνες με μεγάλη κλίση, με ή χωρίς ίζημα : Ο ασβεστολιθικός όγκος της πόλης της Καστοριάς είναι η περιοχή όπου εμφανίζονται αυτές οι γεωμορφές. Είναι ανθεκτικές στη διάβρωση και τα υλικά των ακτών αυτών, τα οποία εμφανίζονται κατά θέσεις είναι αποτέλεσμα της μηχανικής διάβρωσης.

Επιφάνειες επιπέδωσης: Αυτές εντοπίζονται στους ανθρακικούς σχηματισμούς του όρους "Κορησός" σε ύψος 1100 m και είναι Μειοκαινικής ηλικίας. Έχουν έντονα καρστικοποιημένο ανάγλυφο με σχηματισμό καρστικών κοιλάδων. Τα ιζήματα, τα οποία καλύπτουν τμήματα της επιφάνειας τους αποτελούν προϊόντα της αποσάθρωσης των ασβεστόλιθων.

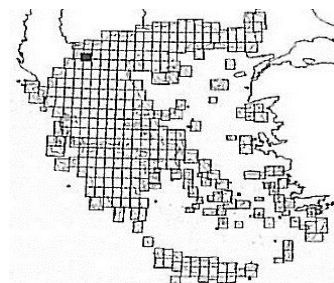


ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000 SCALE



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Υψομετρική κύρια	— 200 —
Υψομετρική δευτερεύουσα	— — —
Ποτάμι μόνιμης ροής	— — —
Ποτάμι περιοδικής ροής	— — —
Κύριος ασφαλτοστρωμένος δρόμος	— — —
Ασφαλτοστρωμένος δρόμος	— — —
Χωματόδρομος	— — —
Κατοικημένη περιοχή	■ ■ ■



Σχήμα 3.5 : Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

3.2 Η ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

«Λίμνη τίς ἐστίν ἡ τῆς Καστοριάς, ἐν ἡ τράχηλος ἀπὸ τῆς χέρσου εἰσέρχεται, καὶ περὶ τὸ ἄκρον ἐυρύνεται εἰς πετρώδεις βουνούς ἀποτελευτών. Περὶ δὲ τὸν τράχηλον καὶ πύργοι καὶ μεσοπύργια ὠκοδομῆνται κάστρου δίκην, ὅπερ καὶ Καστοριά ὀνομάζεται >>. (Αλεξιάς, βιβλίο VI).

Το παραπάνω αποτέλεσε περιγραφή της Ορεστιάδας λίμνης ἀπὸ τῆ βυζαντινῆ ἀρχόντισσα Ἄννα Κομνηνῇ (1083 μ.Χ.).



Εικόνα 3.1 : Πανοραμική άποψη της λίμνης της Καστοριάς

3.2.1 Η ταυτότητα της λίμνης

Η λίμνη τῆς Καστοριάς (ἢ ἀλλιῶς λίμνη Ορεστιάδα), βρίσκεται δίπλα σὲ τὴν ομόνυμη πόλη, ἔχει ἔκταση περίπου 30 km² καὶ εἶναι ἡ ἐνδέκατη μεγαλύτερη σὲ μέγεθος λίμνη σὲ τὴν Ελλάδα. Βρίσκεται σὲ γεωγραφικὸ πλάτος Β 38 ° 34' καὶ γεωγραφικὸ μήκος Α 21 ° 30'.

Υπολογίζεται πὼς σχηματίστηκε πρὶν ἀπὸ 10.000.000 χρόνια. Ἡ δημιουργία τῆς οφείλεται σὲ τὴν διάρρηξη ἀλλὰ καὶ σὲ τὴν υπόγεια διάβρωση τῶν ασβεστολιθικῶν

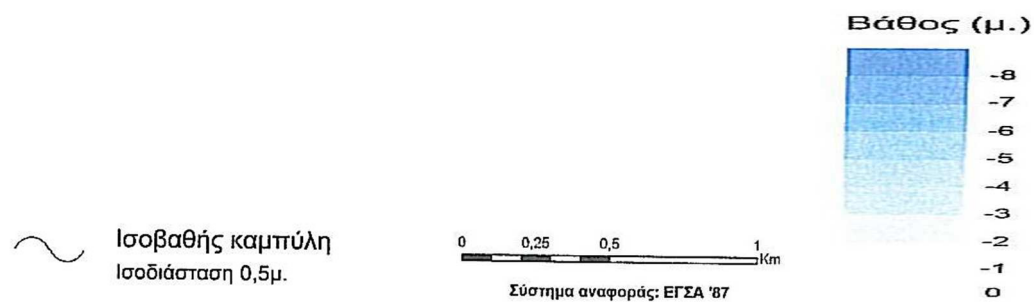
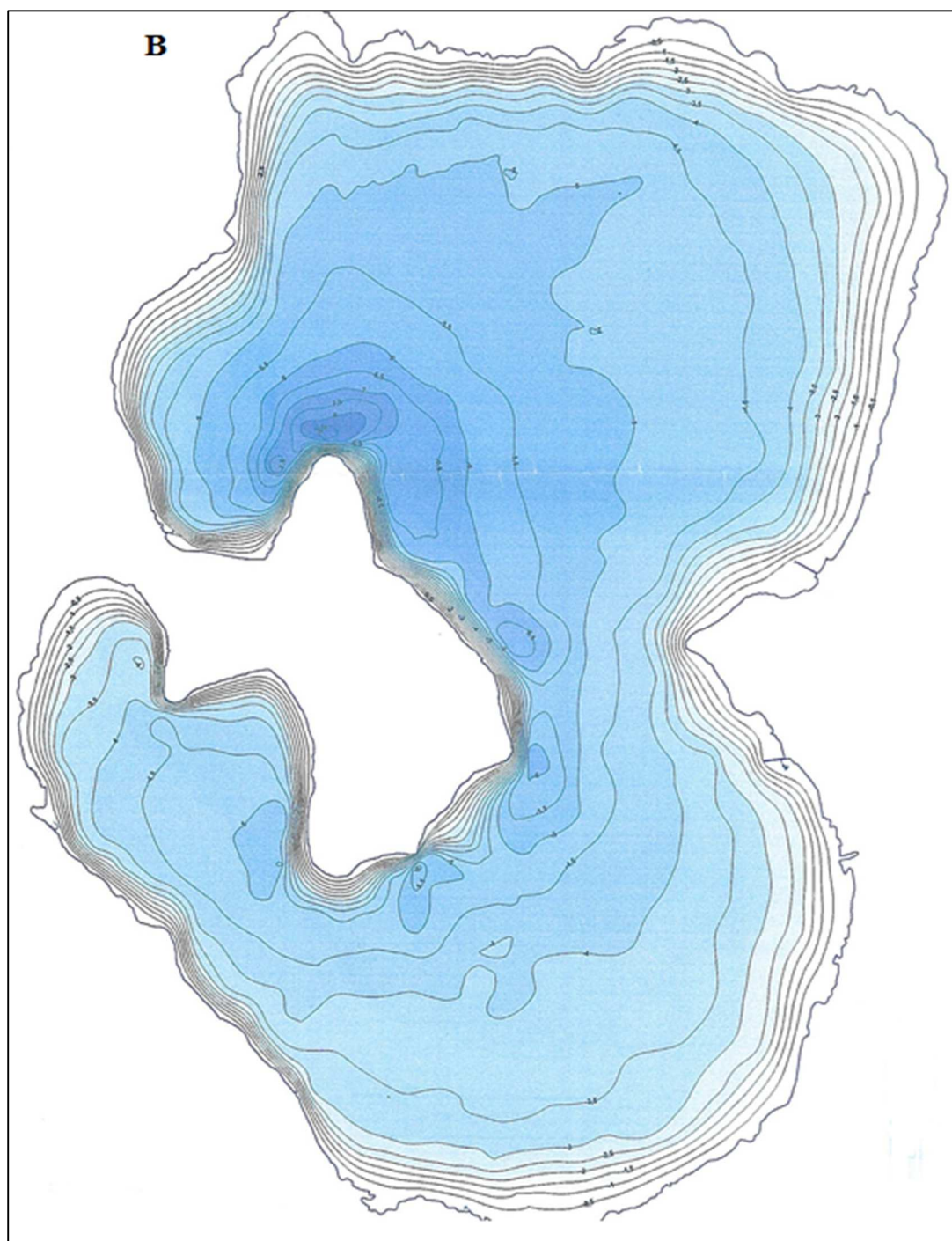
πετρωμάτων από το νερό, με αποτέλεσμα το σχηματισμό υπόγειων εγχοίλων για αυτό και θεωρείται ότι είναι καρστικής προέλευσης λίμνη. Η λίμνη αυτή αποτελεί κατάλοιπο μιας παλιάς εκτεταμένης λίμνης με έκταση 164 km² και μέγιστο βάθος μεγαλύτερο από 50 m. Σήμερα ο λιμναίος χώρος αναπτύσσεται σε σημαντικό υπερθαλάσσιο ύψος και το μέσο υψόμετρο της στάθμης των τελευταίων 25 ετών ανέρχεται στα 629 μέτρα. Καταλαμβάνει επιφάνεια 32,4 km², ενώ το μέγιστο πλάτος της αγγίζει τα 3,25 km και το μέγιστο μήκος της φτάνει τα 2,83 km. Το μέγιστο βάθος της λίμνης έχει καταγραφεί στα 9 m περίπου, νότια του λόφου Προφήτη Ηλία, ενώ το μέσο βάθος της δεν ξεπερνάει τα 4,5 m (Βαφειάδης, 1983). Σήμερα κατατάσσεται στις μικρές λίμνες. Ο όγκος των υδάτων της είναι περίπου 100.000.000 m³. Το σχήμα της λίμνης είναι ελλειψοειδές. Στο δυτικό τμήμα της δεσπόζει η χερσόνησος της Κορίτσας, μια βραχώδης, ασβεστολιθική μάζα που μαζί με το διαρκώς εκτεινόμενο εντός της λίμνης, δέλτα του χείμαρρου του Ξηροποτάμου από Α, τείνει να διαχωρίσει τη λίμνη σε δύο ίσα περίπου τμήματα, το βόρειο και το νότιο. Τα τελευταία 50 χρόνια παρατηρείται ταχύτερη μείωση της έκτασης της επιφάνειας και του βάθους της λίμνης και αυτό οφείλεται στην αυξημένη μεταφορά φερτών υλικών από τη λεκάνη απορροής στις όχθες και στο εσωτερικό της. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται τόσο στις ιδιαίτερες γεωμορφολογικές συνθήκες που επικρατούν στη λεκάνη απορροής της λίμνης, όπως οι μεγάλες κλίσεις, η παρουσία διαβρώσιμων πετρωμάτων, μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων, ανεπαρκής φυτοκάλυψη αλλά περισσότερο οφείλεται στις έντονες ανθρωπογενείς δραστηριότητες των τελευταίων χρόνων, όπως είναι διάφορα αντιπλημμυρικά έργα, έργα εγκιβώτισης των πεδινών ροών των ρεμάτων, έργα οδοποιίας, απόρριψη μπαζών και άλλων απορριμμάτων στις κοίτες.

Η λίμνη τροφοδοτείται από πολλές υπολίμνιες πηγές, οι οποίες στο παρελθόν ήταν περισσότερες. Οι πηγές αυτές γίνονται αντιληπτές το χειμώνα που η λίμνη παγώνει, επειδή το στρώμα του πάγου που βρίσκεται στην επιφάνεια της λίμνης, ακριβώς πάνω από την πηγή είναι λεπτότερο.

Η μεγαλύτερη τροφοδοσία της λίμνης γίνεται μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχές, χιόνια), που είτε πέφτουν απευθείας στην επιφάνεια της, είτε καταλήγουν σε αυτή μέσω της επιφανειακής απορροής. Τα περισσότερα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη, βρίσκονται στο βόρειο και στο ανατολικό τμήμα της, με μεγαλύτερο τον Ξηροπόταμο ο οποίος εκβάλλει στο ανατολικό τμήμα.

Η λίμνη της Καστοριάς είναι ανοιχτού τύπου, αφού μπορεί και εκφορτίζεται. Με την ύπαρξη ενός φυσικού καναλιού (ρέμα Γκιόλι), που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της, η περίσσεια των υδάτων εκρέει στον ποταμό Αλιάκμονα. Στο στόμιο του καναλιού υπάρχει τεχνητό φράγμα με κινητές θυρίδες που εκσυγχρόνισε και διαχειρίζεται ο Δήμος Καστοριάς.

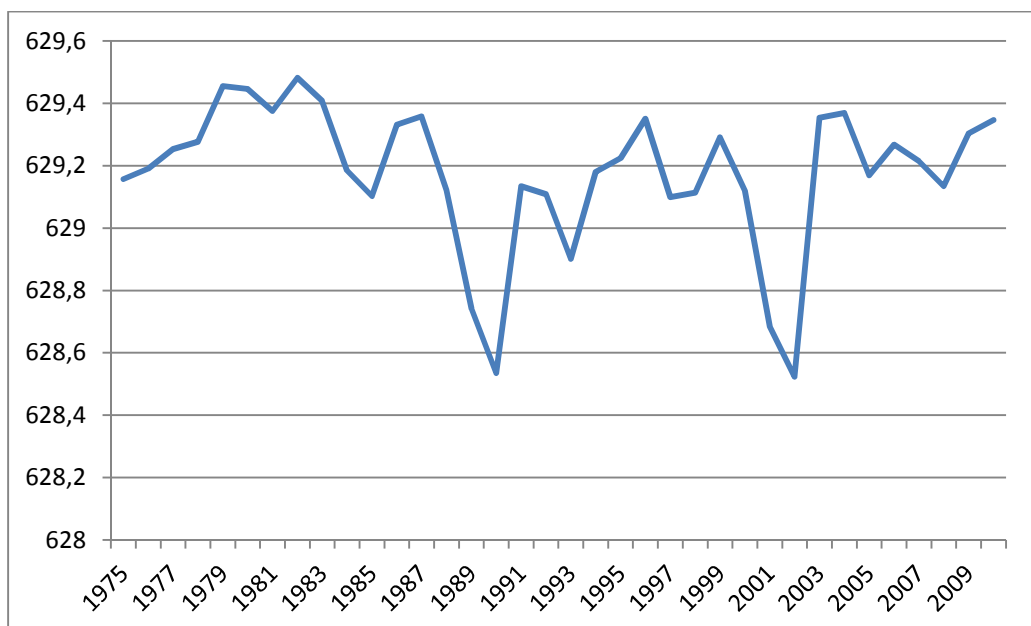
Τέλος η λίμνη χαρακτηρίζεται ως μεσοτροφική προς ευτροφική, ενώ η διαύγεια των υδάτων της είναι μικρή. Τα ύδατα της παρουσιάζουν ασταθή θερμοκρασιακή στρωμάτωση. Η λίμνη καλύπτεται από πάγο κατά μέσο όρο για διάστημα 10 ημερών κάθε δύο με τρία χρόνια.



Σχήμα 3.6 : Βαθυμετρικός χάρτης της λίμνης της Καστοριάς (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

Πίνακας 3.1: Σταθμημετρικές παρατηρήσεις της λίμνης της Καστοριάς

Χρονολογία	Μέση Στάθμη	Χρονολογία	Μέση Στάθμη
1975	629,157	1993	628,901
1976	629,191	1994	629,18
1977	629,253	1995	629,225
1978	629,277	1996	629,351
1979	629,455	1997	629,099
1980	629,446	1998	629,114
1981	629,375	1999	629,291
1982	629,482	2000	629,12
1983	629,408	2001	628,684
1984	629,184	2002	628,524
1985	629,102	2003	629,354
1986	629,331	2004	629,369
1987	629,358	2005	629,169
1988	629,122	2006	629,268
1989	628,741	2007	629,214
1990	628,535	2008	629,134
1991	629,134	2009	629,304
1992	629,109	2010	629,347



Σχήμα 3.7: Διακύμανση της στάθμης κατά το χρονικό διάστημα 1975-2010

Πίνακας 3.2:Φυσική και χημική κατάσταση της λίμνης από Kousouris et al. (1987)

Μορφολογία:		pH :	καλοκαίρι	7,00-8,71
			φθινόπωρο	-
Επιφάνεια:	32,4 km ²		χειμώνας	5,90-8,20
Μέγιστο μήκος:	3,25 km		άνοιξη	7,80-8,30
Μέγιστο πλάτος:	2,83 km			
Μέγιστο βάθος:	9,1m	Ηλεκτρική αγωγιμότητα, μS:		120-308
Μέσο βάθος:	4,45m	Αλκαλικότητα , meq/l:		1,44-3,04
		Ολική σκληρότητα, G°:		4,48-8,51
Τοπογραφία:		Χλωρίδια, mg/l:		6,80-40,1
		P-PO ₄ , mg -at/l:		0,09-0,71
38°34 Β , 21°30 Α		υψόμετρο	628m	0,67-12,10
		N-NH ₄ , mg -at/l:		0,04-1,60
Κλιματικές συνθήκες:		N-NH ₃ , mg -at /l:		0,02-24,10
		Διαφάνεια υδάτων (δίσκος Secchi):		0,50-2,80
Θερμοκρασία:	μέση μέγιστη	6.0-28.4°C		
	μέση ελάχιστη	1.0-15.9°C		
Βροχόπτωση:	700mm			
Κύρια κατεύθυνση ανέμων:	B,BΔ,BA			
Ετήσια εξάτμιση:	20-25cm			
Υδρολογία και Λιμνολογία:				
Παγοκάλυψη:	ανά διετία για 10ημέρες			
Τύπος λίμνης:	εύκρατη διμεικτική			
Θερμοκρασία:	καλοκαίρι	19,3-25,7°C		
	φθινόπωρο	9,3-21,6°C		
	χειμώνας	5,4-7,1°C		
	άνοιξη	4,7-13,3°C		

3.2.2 Δημιουργία της λίμνης

Η λίμνη της Καστοριάς θεωρείται υπολειμματική μορφή των λιμνών του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς που δέσποζαν στη Μακεδονία και έχει ορεινό χαρακτήρα. Κατά το Πλειόκαινο, κατά τη διάρκεια των νεοτεκτονικών φάσεων, έλαβαν χώρα εκτεταμένες διαρρήξεις και δημιουργήθηκαν μεγάλα ρήγματα τα οποία είχαν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ΒΒΔ-ΝΝΑ. Συνέπεια όλων αυτών ήταν να σχηματιστεί στην περιοχή μία τεκτονική τάφρος με επί μέρους ταφροειδή βυθίσματα, όπου στη συνέχεια αποτέθηκαν σε αυτά νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα, μεγάλου πάχους. Μετά την απόθεση των ιζημάτων ακολούθησαν μεταπτώσεις και εξάρσεις που κατακερμάτισαν την τεκτονική τάφρο με αποτέλεσμα να σχηματιστούν εξάρματα και λεκανοειδή βυθίσματα, ένα από τα οποία καταλαμβάνεται από τη λίμνη της Καστοριάς. Έτσι η λίμνη θεωρείται ότι έχει τεκτονική προέλευση και δημιουργήθηκε πριν από 10.000.000 χρόνια περίπου.

3.2.3 Η Λεκάνη Απορροής της Λίμνης της Καστοριάς

Η λίμνη της Καστοριάς αποτελεί τον ενδιάμεσο αποδέκτη ενός ολοκληρωμένου και ανεξάρτητου, ανοικτού υδρογραφικού δικτύου ενώ τον τελικό αποδέκτη αποτελεί ο ποταμός Αλιάκμονας. Το υδρογραφικό αυτό δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο χειμαρρικών ρεμάτων, διαφόρων μεγεθών. Στην ουσία ο Αλιάκμονας αποτελεί βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς, διότι διαρρέει όλη την έκταση του νομού και μαζί με τους παραποτάμους του αποχετεύει τη λεκάνη απορροής του. Μέρος των επιφανειακών νερών της λεκάνης του, συγκεντρώνεται σε χαμηλότερα σημεία και έτσι σχηματίζεται η λίμνη της Καστοριάς, σε υψόμετρο 620 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η υδρολογική λεκάνη της Καστοριάς αποτελεί υπολεκάνη της λεκάνης απορροής του ποταμού Αλιάκμονα. Ο επιφανειακός υδροκρίτης της λεκάνης αυτής ορίζεται ανατολικά από τις κορυφές Μηλιά (1.236 m) και Πύργος (1.413 m) της ορεινής περιοχής «Μορίκι» του Άσκιου όρους. Στα βόρεια των στενών Κλεισούρας αναπτύσσεται ο ορεινός όγκος του όρους Βέρνου. Η υδροκριτική γραμμή διέρχεται

από τις κορυφές Δούκας (1.623 m), Κρόνος (1680 m), Βίτσι (2.128 m) και Σπυριδάκης (1.488 m). Στη συνέχεια αυτή ακολουθεί νοτιοδυτική κατεύθυνση καθώς διέρχεται από την κορυφή Καζάνι (1.367 m). Έπειτα το δυτικό της όριο διέρχεται δύο περίπου χιλιόμετρα δυτικά της πόλεως της Καστοριάς, στρέφεται νοτιοανατολικά, διέρχεται τη ράχη Πετρώδες (802 m) και τέλος καταλήγει στα νότια της λίμνης της Καστοριάς. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής ανέρχεται στα 895 m.

Η πραγματικά συνολική λεκάνη απορροής της λίμνης μαζί με την επιφάνεια της ανέρχεται σε 269,67 km². Θεωρητικώς η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς είναι μια κλειστή λεκάνη με υδροκρίτη όπως ορίστηκε πιο πάνω και συνολική επιφάνεια εκτάσεως 281 km². Το νότιο όμως τμήμα του υδροκρίτη υπέστη μετατόπιση κατά μεγάλο μέρος στη δημόσια οδό Δισπηλιού - Κορησού, λόγω της διανοίξεως του ρέματος Γκιόλι ή αλλιώς της Διώρυγας Καστοριάς με φυσικές διεργασίες, καθώς και της ύπαρξης της ανωτέρου οδού. Αυτό είχε σαν συνέπεια η έκταση της πραγματικής επιφανειακής λεκάνης απορροής να περιορισθεί στα 263,60 km².

Το κλίμα της λεκάνης απορροής μπορεί να χαρακτηριστεί ως υγρό με μεσοθερμικές συνθήκες, με την ξηρή περίοδο να ξεκινάει τον Ιούνιο και να τελειώνει τον Αύγουστο και την περίοδο των βροχοπτώσεων να διαρκεί από το Σεπτέμβριο έως και το Μάιο.

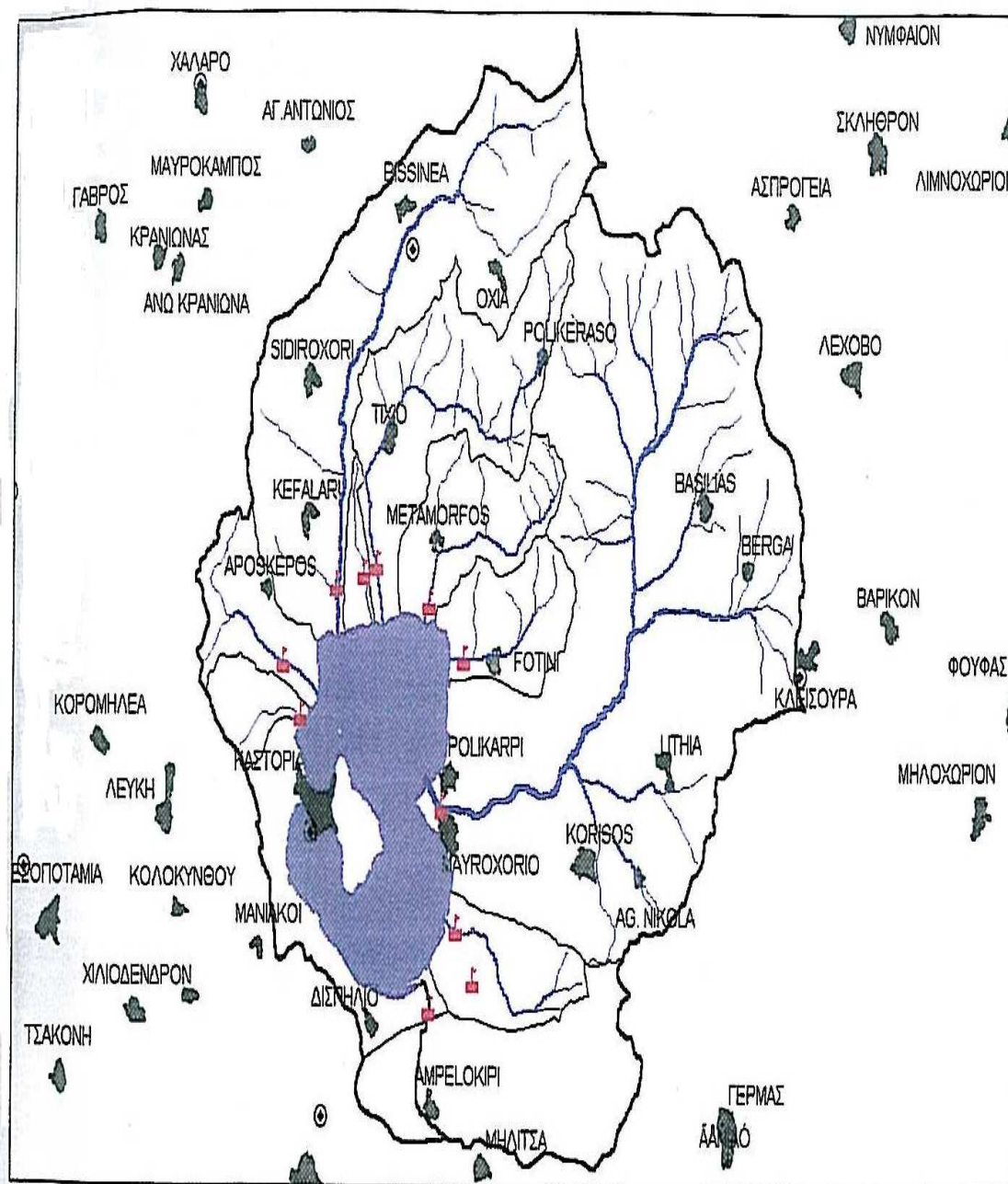
Η υδρολογική λεκάνη διαρθρώνεται από μορφολογική άποψη σε δύο περιοχές ως εξής: Α) Η ορεινή περιοχή, που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής, αναπτύσσεται κυκλικά γύρω από τη λίμνη και χαρακτηριστικό της είναι το σχετικά πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Συγκροτείται από τις υπολεκάνες : Απόσκεπος, Βυσσινιάς, Τοιχιού, Μεταμόρφωση, Φωτεινής και Ξηροπόταμου. Β) Η πεδινή περιοχή αναπτύσσεται στην παραλίμνια περιοχή κυρίως μεταξύ Απόσκεπου, Μαυροχωρίου και Δισπηλιού, καταλαμβάνοντας έκταση 45 km² περίπου.

Το υπόβαθρο της λεκάνης απορροής της λίμνης που συγκροτείται από σκληρούς πετρολογικούς σχηματισμούς, υφίσταται την επίδραση κλίματος, το οποίο είναι τραχύ και συνοδεύεται από θερμοκρασιακές μεταβολές και σημαντικό ύψος κατακρημνισμάτων, όπου σε συνδυασμό με το ορεινό ανάγλυφο της περιοχής, ευνοείται η ανάπτυξη έντονων φαινομένων διάβρωσης και αποσάθρωσης καθώς και

φαινόμενα κατακερματισμού του υλικού. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η λεκάνη απορροής της λίμνης να εμφανίζει σήμερα έντονο χειμαρρικό χαρακτήρα.

Η υπολεκάνη Ξηροπόταμου παρουσιάζει το μέγιστο ετήσιο στερεοφορτίο στην έξοδο της και ακολουθούν οι υπολεκάνες Βυσσινιάς και Τοιχιού σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελέτης που πραγματοποιήθηκε από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. (2000). Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η κατασκευή αρκετών έργων προστασίας από τα χειμαρρικά φαινόμενα στις υπολεκάνες Ξηροποτάμου, Βυσσινιάς και Φωτεινής, με τα φράγματα ύψους 2 έως 6 m να λειτουργούν ταυτόχρονα και ως φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών και ως φράγματα στερέωσης.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι τα νερά της λίμνης είναι αποδέκτες ουσιών και ρύπων, που προέρχονται από τις σημαντικές ποσότητες λιπασμάτων, εντομοκτόνων και φυτοφαρμάκων που προστίθενται στο έδαφος με συνεχώς αυξανόμενο ετήσιο ρυθμό λόγω της γεωργικής και κτηνοτροφικής ανάπτυξης.

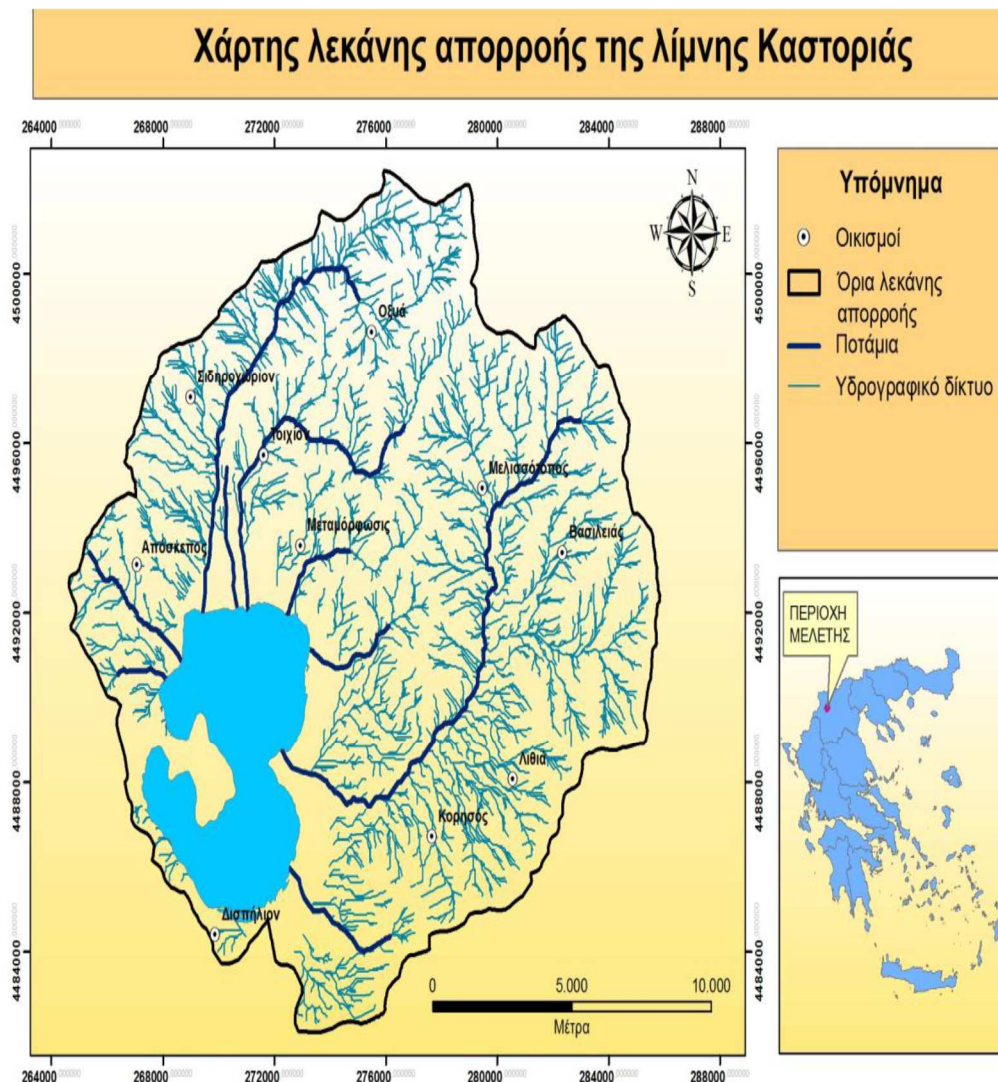


Σχήμα 3.8 : Ολική λεκάνη απορροής της λίμνης με τους χείμαρρους και τα χωριά
(Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

3.3 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

3.3.1. Γενικά

Το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του γεωμορφολογικού αναγλύφου της, διότι είναι αυτό που ευθύνεται για τις διεργασίες της διάβρωσης και της μεταφοράς των υλικών. Στην ουσία το υδρογραφικό δίκτυο λειτουργεί ως αποδέκτης και δίοδος των επιφανειακών υδάτων της λεκάνης και συνίσταται από τις κοίτες και τα ρέματα που υπάρχουν στη λεκάνη. Η λιθολογική σύσταση, η τεκτονική, το ανάγλυφο, οι κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής καθώς και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις και χρήσεις γης, είναι οι παράγοντες που καθορίζουν και τη μορφή που θα έχει το υδρογραφικό δίκτυο (δενδριτική, παράλληλη, κλιμακωτή, ορθογώνια, ακτινωτή, δακτυλιοειδής, πολυλεκανώδης και σύνθετης παραμόρφωσης). Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή μελέτης είναι δενδριτικής μορφής.



Σχήμα 3.9 : Χάρτης της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

3.3.2 Ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης

Η επιφανειακή απορροή αναφέρεται στο ποσοστό του νερού των κατακρημνισμάτων που ρέει επιφανειακά μόλις πέσει στην επιφάνεια της Γης και εισέρχεται στο υδρογραφικό δίκτυο όπου μέσω αυτού εκχύνεται τελικά στη θάλασσα (ή σε λίμνη). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι : η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων, η εξατμισιδιαπνοή, η κλίση του εδάφους,

η φυτοκάλυψη, η λιθολογική σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών και η τεκτονική.

Τα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη διακρίνονται ανάλογα με το μέγεθος των λεκανών απορροής τους σε τρεις κατηγορίες :

- Μέσου μεγέθους ρέματα : στην κατηγορία αυτή υπάγεται μόνο ο Ξηροπόταμος, η λεκάνη απορροής του οποίου έχει εμβαδόν 104,1 km², δηλαδή καταλαμβάνει το 51,29% της λεκάνης απορροής της λίμνης και ο ρόλος που ασκεί στη λειτουργία της θεωρείται καθοριστικός.

- Μικρού μεγέθους ρέματα : στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα υπόλοιπα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη (Φουντουκλής, Απόσκεπος, Βυσσινιάς, Άγιος Αθανάσιος, Τοιχίο, Μεταμόρφωση, Φωτεινή, Ίστακος), με λεκάνη απορροής εμβαδού μικρότερου από 5 km².

- Ενδιάμεσες επιφάνειες απορροής : στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι επιφάνειες που παρεμβάλλονται μεταξύ των ορεινών λεκανών των ρεμάτων που αναφέρθηκαν, καθώς και οι επιφάνειες ρεμάτων με λεκάνη απορροής εμβαδού μεγαλύτερου των 5 km².

Πιο αναλυτικά, τα χαρακτηριστικά της ροής για κάθε έναν ποταμοχείμαρρο της λίμνης Καστοριάς όπως φαίνονται και στο σχήμα 3.10 και σύμφωνα με την αρίθμηση του σχήματος είναι τα εξής :

1) Φουντουκλής : Πρόκειται για έναν πολύ μικρό χείμαρρο πρώτης τάξης, που έχει μετατραπεί σε υπόγειο αγωγό και η κοίτη του έχει διευθετηθεί στα τελευταία δύο περίπου km. Η λεκάνη απορροής του είναι μικρή και σε αυτήν καταγράφηκε η ύπαρξη δύο ξενοδοχείων και λίγων σπιτιών. Η παροχή του είναι γενικά πολύ μικρή και μεγαλώνει λίγο πιο μετά από την καταγραφή βροχοπτώσεων. Σύμφωνα με μετρήσεις από σταθμούς που τοποθετήθηκαν σε όλους τους χείμαρρους, κατά τη διάρκεια μελέτης της λεκάνης απορροής της λίμνης από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. προκύπτει ότι η παροχή που δίνει ο χείμαρρος αυτός είναι της τάξης των 5-11 lt/sec και η τιμή αυτή καταγράφηκε μετά και κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Ο σταθμός τοποθετήθηκε μέσα στη διευθετημένη κοίτη, λίγο πριν την είσοδο στη λίμνη. Το νερό της βροχής απορρέει γρήγορα προς τη λίμνη, λόγω της μικρής λεκάνης απορροής του χείμαρρου. Επίσης το μικρό υψόμετρο της (650-800

m) σε σχέση με τις άλλες λεκάνες απορροής, έχει ως συνέπεια το γρήγορα λιώσιμο του χιονιού.

2) Απόσκεπος : Ο χείμαρρος αυτός έχει μετατραπεί σε έναν αρκετά μεγάλο σκουπιδότοπο στον οποίο απορρίπτονται επίσης και μπάζα και στη θέση αυτή έχει τοποθετηθεί και ο σταθμός μέτρησης. Κατάντι του σταθμού ο χείμαρρος μετατρέπεται σε κανάλι και τελικά καταλήγει στη λίμνη. Το υψόμετρο της λεκάνης απορροής του κυμαίνεται στα 650-1000 m και είναι μεγαλύτερη από αυτήν του Φουντουκλή. Για αυτό παρατηρούνται και μεγαλύτερες παροχές των 3-100 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Η μέση ταχύτητα του νερού στο σημείο όπου βρίσκεται ο σταθμός μετρήθηκε στα 0,4 m/sec και η βρεχόμενη διατομή του είναι αρκετά μικρότερη από τους άλλους χείμαρρους.

3) Βυσσινιάς : Ο χείμαρρος αυτός (τρίτης τάξης) έχει αρκετό νερό, διότι είναι αποδέκτης των νερών μιας σχετικά μεγάλης λεκάνης απορροής (48,4 km²). Ο σταθμός μέτρησης βρίσκεται λίγο πριν την είσοδο του χείμαρρου στη λίμνη. Η λεκάνη απορροής του βρίσκεται σε υψόμετρο 650-2000 m . Η μέση παροχή του Βυσσινιά είναι της τάξης των 403 lt/sec ενώ η μέγιστη παροχή καταγράφηκε κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης στα 700 lt/sec. Κατά μήκος της κοίτης του χείμαρρου τα πετρώματα που παρατηρούνται είναι γρανιτογενεύσιοι, χονδροκλαστικά υλικά, και ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις. Τέλος μια περιοχή της κοίτης χρησιμοποιείται για τη διέλευση γεωργικών οχημάτων σε παρακείμενα χωράφια και κοντά στις όχθες του απορρίπτονται άδεια μπουκάλια φυτοφαρμάκων με αποτέλεσμα τη μόλυνση των υδάτων (αφρίζοντα ύδατα).

4) Τάφρος Αγίου Αθανασίου : Ανάμεσα στις δύο λεκάνες απορροής του Βυσσινιά και του Τοιχιού εκεί που καταλήγουν προς τη λίμνη, βρίσκεται η λεκάνη απορροής του χείμαρρου. Το μήκος του είναι πολύ μικρό (πρώτης τάξης) και διασχίζει χωράφια με μηλιές. Η παροχή της τάφρου είναι σχετικά μικρή και σταθερή με το χρόνο περίπου 100 lt/sec. Πολύ συχνή είναι η απόρριψη και σε αυτόν, σκουπιδιών, μπαζών και μπουκαλιών με γεωργικά φάρμακα.

5) Τοιχίο : Η παροχή του χείμαρρου που μετρήθηκε από το σταθμό είναι μεγάλη, διότι συγκεντρώνει τα νερά από μια αρκετά μεγάλη λεκάνη απορροής 23,25 km². Η παροχή του κυμαίνεται από 60 έως 1000 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Η κοίτη του χείμαρρου είναι αρκετά μικρή σε μέγεθος για αυτό και κατά τη διάρκεια

έντονων βροχοπτώσεων παρατηρούνται πλημμυρικά φαινόμενα. Το υπόστρωμα είναι πετρώδες και κατά μήκος της κοίτης του εμφανίζονται οι ίδιοι γεωλογικοί σχηματισμοί με το Βυσσινιά.

6) Μεταμόρφωση : Η παροχή του χειμάρρου είναι της τάξης των 86 με 200 lt/sec. Τα νερά του χειμάρρου εμφανίζουν πολλές φορές κίτρινους και άσπρους αφρούς στην επιφάνεια τους ενώ στο σημείο που καταλήγει στη λίμνη παρατηρούνται νεκρά ψάρια.

7) Φωτεινή : Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου αυτού είναι μικρή (9,8 km²) και το υψόμετρο της φτάνει έως τα 750 m περίπου. Ο χείμαρρος της Φωτεινής έχει πολύ σπάνια νερό και οι τιμές που μετρήθηκαν κυμαίνονται στα 13 με 42 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης ή μετά από αυτή.

8) Ξηροπόταμος : Η λεκάνη απορροής του Ξηροποτάμου έχει συνολικό εμβαδόν 113,4 km² και είναι η μεγαλύτερη από όλες τις άλλες λεκάνες. Το μέγιστο υψόμετρο της φθάνει στα 1600 m. Ο Ξηροπόταμος είναι χείμαρρος τέταρτης τάξης με τρεις διακλαδώσεις τρίτης τάξης και πολλές δεύτερης και πρώτης. Κατά τη διαδρομή του δέχεται από τα βορειοδυτικά (αριστερά) τα νερά από την υπολεκάνη του Μελισσορέματος και από τα ανατολικά (δεξιά) τις εκβολές των υπολεκανών Βασιλειάδος και Κώτουρη. Το υδρογραφικό του δίκτυο είναι καλά ανεπτυγμένο, δενδριτικής μορφής. Ο μεγαλύτερος κλάδος του χειμάρρου έχει μήκος 17,7 km. Η μέση παροχή του μετρήθηκε στα 395 lt/sec. Η μέγιστη παροχή του μετρήθηκε στα 854 lt/sec και αυτή που μετρήθηκε κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων κυμαίνεται στα 1437 lt/sec. Σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων στο χείμαρρο καταγράφονται πλημμυρικά φαινόμενα ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η κύρια κοίτη προς την έξοδο της λεκάνης έχει παρατηρηθεί ότι δεν έχει ροή για αυτό και συμπεραίνεται ότι η ροή είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις υδρομετεωρολογικές συνθήκες. Το υπόστρωμα του είναι αμμώδες και η ταχύτητα μέτρησης των νερών του χειμάρρου στο σημείο μέτρησης όπου βρίσκεται ο σταθμός είναι μεγάλη με αποτέλεσμα το νερό να εμφανίζεται θολό τις περισσότερες φορές. Κατά μήκος της κοίτης του χειμάρρου τα πετρώματα που επικρατούν είναι καστανοκίτρινοι άμμοι και αλλουβιακές αποθέσεις με συνέπεια το νερό να παρασύρει και να μεταφέρει την άμμο προς τα κατάντη, όπου τελικά καταλήγει στη λίμνη της Καστοριάς.

9) Ίστακος : Η λεκάνη απορροής του Ίστακου έχει έκταση 9,5 km² . Η ροή του νερού στην περιοχή αυτή είναι πολύ μικρή και η μέση παροχή του κυμαίνεται στα 174 lt/sec, ενώ η μέγιστη παροχή που μετρήθηκε κατά τη διάρκεια βροχοπτώσης φτάνει τα 300 lt/sec.

10) Διώρυγα : Εκτός από τους 9 χειμάρρους που τροφοδοτούν τη λίμνη, στη Διώρυγα βρίσκεται η θέση εξόδου του νερού από τη λίμνη. Στη θέση αυτή έχει τοποθετηθεί ένα θυρόφραγμα που ελέγχει την εκροή του νερού από τη λίμνη προς τον ποταμό Αλιάκμονα. Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών οι πόρτες αυτές είναι συχνά ανοιχτές. Στη Διώρυγα παρατηρούνται οι μεγαλύτερες παροχές, βρεχόμενες διατομές και μέσες ταχύτητες των νερών. Αυτό σχετίζεται άμεσα όμως με το αν είναι ανοιχτό το θυρόφραγμα ή όχι. Στην περιοχή αυτή η βλάστηση είναι πλούσια αλλά συχνή είναι και η απόρριψη σκουπιδιών και μπαζών.

Τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα για την επιφανειακή απορροή προέρχονται από τις μετρήσεις που εκτελέστηκαν γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς στα σημεία εκβολών των εννέα χειμάρρων που τροφοδοτούν τη λίμνη καθώς και στη θέση της Διώρυγας εξόδου του νερού από τη λίμνη. Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν στο πλαίσιο της μελέτης της λεκάνης απορροής που πραγματοποιήθηκε από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. για το υδρολογικό έτος 1998-1999.

Η παροχή των χειμάρρων παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις. Η λεκάνη απορροής του Βυσσινιά, του Ξηροποτάμου και του Τοιχιού λόγω του μεγάλου υψομέτρου τους παροχετεύουν τη λίμνη με νερό υπόγειο και από χιονοπτώσεις. Στις υπόλοιπες λεκάνες ο κύριος όγκος νερού έχει ως κύρια πηγή προέλευσης, τις βροχοπτώσεις.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της παροχής ο Ξηροπόταμος έδωσε 7,6 εκατομμύρια κυβικά μέτρα περίπου προς τη λίμνη, ενώ ο Βυσσινιάς και το Τοιχίό 8,9 και 3,2 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, αντίστοιχα. Οι μέσες τιμές των παραπάνω χειμάρρων είναι 5,4 , 6,6, 2,5 αντίστοιχα.

Η μέση ταχύτητα του νερού των χειμάρρων είναι της τάξης των 1,2-1,4 m/sec για τον Βυσσινιά και 0,4 για τον Ξηροπόταμο στα σημεία όπου έγιναν οι μετρήσεις. Οι τιμές τους βέβαια αυξάνουν κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων.

Η εμφάνιση των νερών του Ξηροποτάμου παρουσιάζει μεγάλη θολότητα και από το γεγονός αυτό βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο Ξηροπόταμος κατεβάξει αρκετή στερεοπαροχή, με αποτέλεσμα την απόθεση φερτών υλικών και τη δημιουργία προσχώσεων μέσα στη λίμνη. Στους υπόλοιπους χειμάρρους δεν παρατηρείται κάτι ανάλογο.

Τέλος τη μεγαλύτερη βασική απορροή παρατηρείται ότι την έχει ο Βυσσινιάς διότι κατεβάζει νερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ενώ οι υπόλοιποι στερεύουν τους πέντε από τους δώδεκα μήνες του χρόνου.

Στους πίνακες 3.3 και 3.4 δίνονται οι τιμές των παροχών που μετρήθηκαν κατά το υδρολογικό έτος 1998-1999 και στους πίνακες 3.5 και 3.6 δίνονται κάποιες χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων που προήλθαν από τη μελέτη της λεκάνης απορροής που πραγματοποίησε το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.

Πίνακας 3.3 : Παροχές των χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1998-99 (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Χειμάρροι	Φουντουκλής	Απόσκεπος	Βυssινιάς	Άγ.Αθανάσιος	Τοιχιό
Ημερ /νία	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)
6/11/1998	0,000	0,000	0,080	0,000	0,060
13/11/1998	0,000	0,003	0,150	0,100	0,000
26/11/1998	0,000	0,116	0,499	0,043	0,167
11/12/1998	0,007	0,110	0,628	0,125	0,199
17/12/1998	0,005	0,081	0,434	0,121	0,100
8/1/1999	0,009	0,104	0,345	0,092	0,123
15/1/1999	0,011	0,199	0,703	0,130	0,325
22/1/1999	0,000	0,050	0,330	0,120	0,140
19/1/1999	0,000	0,050	0,307	0,131	0,094
11/2/1999	0,030	0,977	1,957	0,135	1,040
27/2/1999	0,000	0,059	0,356	0,144	0,190
4/3/1999	0,000	0,045	0,475	0,129	0,170
12/3/1999	0,000	0,032	0,478	0,124	0,117
22/3/1999	0,000	0,054	0,413	0,125	0,103
29/3/1999	0,000	0,091	0,441	0,129	0,137
14/4/1999	0,000	0,041	0,471	0,130	0,145
21/4/1999	0,000	0,029	0,389	0,089	0,080
30/4/1999	0,000	0,013	0,330	0,099	0,082
6/5/1999	0,000	0,011	0,263	0,053	0,048
14/5/1999	0,000	0,010	0,171	0,098	0,039
21/5/1999	0,000	0,012	0,172	0,051	0,024
28/5/1999	0,000	0,000	0,159	0,047	0,023
14/6/1999	0,000	0,000	0,056	0,035	0,000
29/6/1999	0,000	0,000	0,053	0,020	0,000

Πίνακας 3.4: Παροχές των χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1998-99 (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

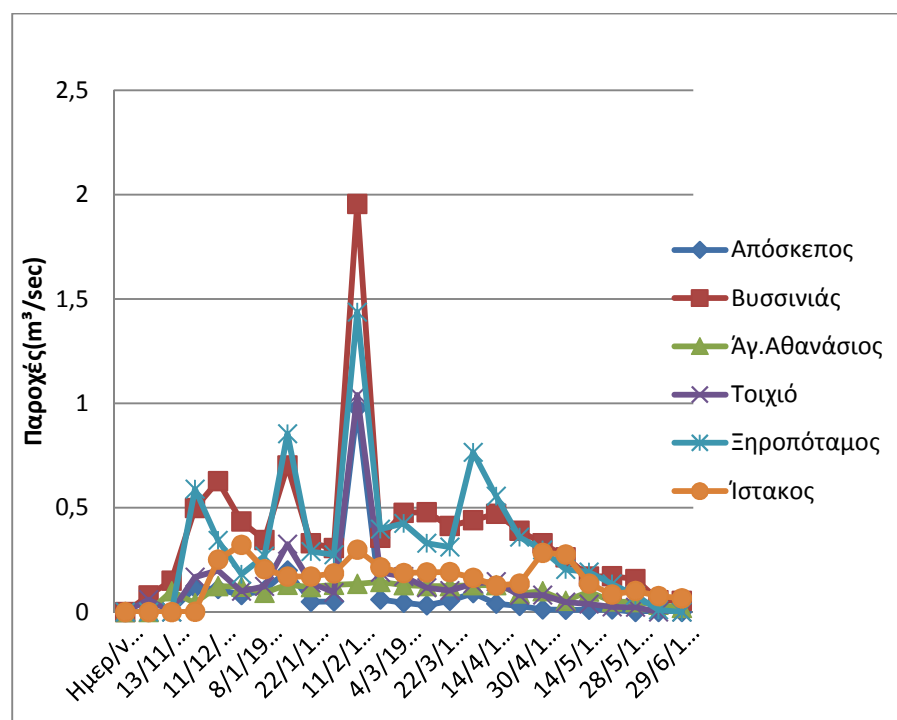
Χειμάρροι	Μεταμόρφωση	Φωτεινή	Ξηροπόταμος	Ίστακος	Διώρυγα
Ημερ /νία	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)
6/11/1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13/11/1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
26/11/1998	0,049	0,005	0,590	0,001	1,440
11/12/1998	0,115	0,002	0,344	0,252	1,885
17/12/1998	0,072	0,000	0,182	0,322	1,891
8/1/1999	0,054	0,000	0,269	0,206	2,176
15/1/1999	0,208	0,006	0,854	0,170	0,165
22/1/1999	0,070	0,000	0,290	0,170	1,220
19/1/1999	0,057	0,000	0,274	0,185	1,259
11/2/1999	0,538	0,042	1,437	0,299	2,412
27/2/1999	0,143	0,000	0,398	0,215	1,881
4/3/1999	0,061	0,000	0,425	0,187	0,054
12/3/1999	0,047	0,000	0,329	0,190	0,016
22/3/1999	0,034	0,000	0,311	0,191	0,965
29/3/1999	0,036	0,000	0,766	0,164	0,834
14/4/1999	0,032	0,000	0,555	0,128	0,539
21/4/1999	0,016	0,000	0,359	0,136	2,037
30/4/1999	0,014	0,000	0,297	0,284	1,635
6/5/1999	0,015	0,000	0,204	0,277	0,090
14/5/1999	0,001	0,000	0,192	0,137	0,048
21/5/1999	0,000	0,000	0,135	0,084	0,063
28/5/1999	0,000	0,000	0,079	0,101	0,058
14/6/1999	0,000	0,000	0,011	0,077	0,063
29/6/1999	0,000	0,000	0,000	0,065	0,097

Πίνακας 3.5 : Χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων (m^3/sec), (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

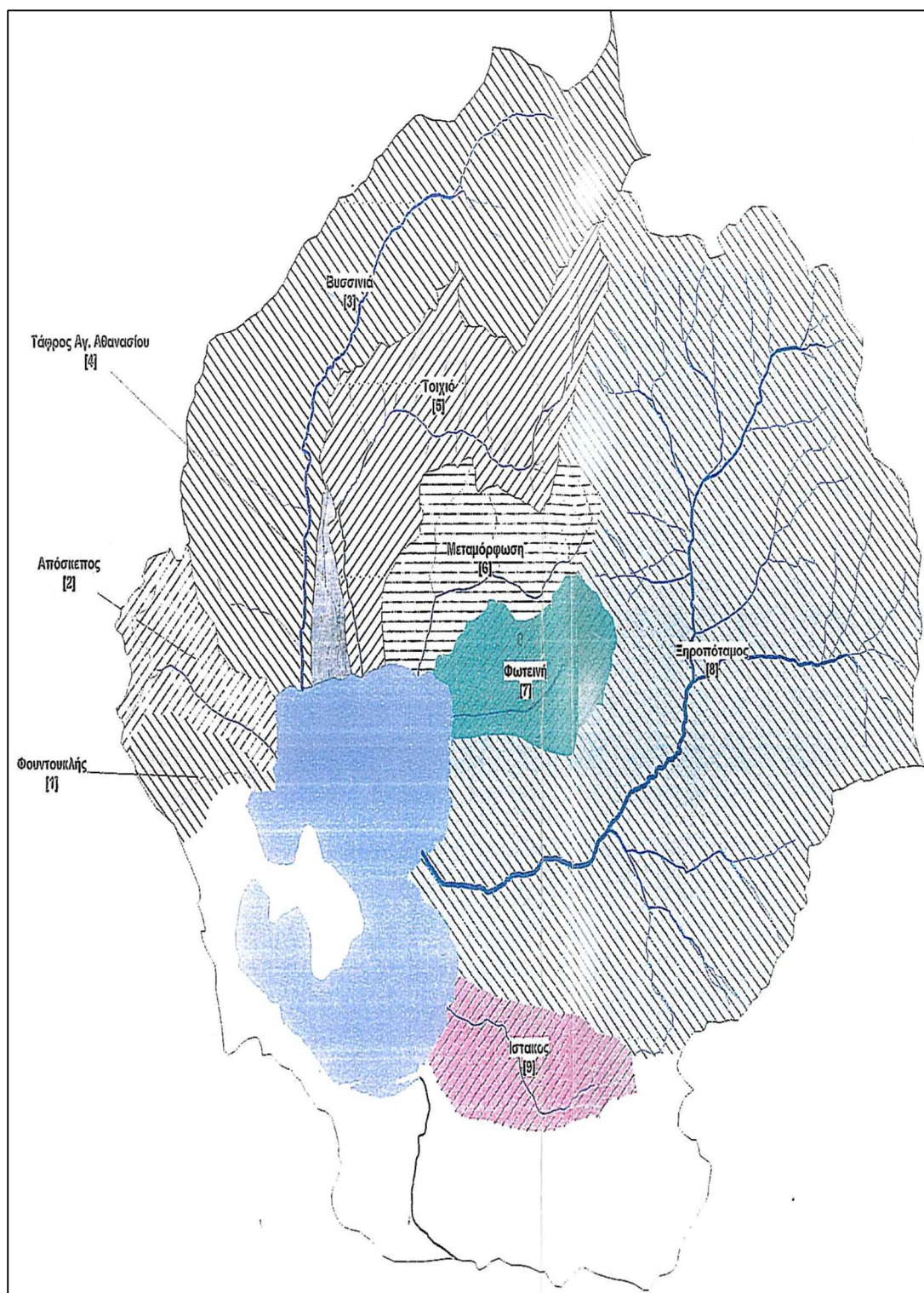
Χείμαρροι	Μέγιστη Παροχή	Ημερ /νία Μέτρησης	Μέση Παροχή	Μέγιστη Παροχή κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης
Φουντουκλής	0,011	15/1/1999	0,007	0,005
Απόσκεπος	0,199	15/1/1999	0,104	0,977
Βυσσινιάς	0,703	15/1/1999	0,402	1,956
Άγ.Αθανάσιος	0,144	27/2/1999	0,099	0,135
Τοιχίο	0,325	15/1/1999	0,155	1,040
Μεταμόρφωση	0,208	15/1/1999	0,087	0,538
Φωτεινή	0,042	11/2/1999	0,014	0,042
Ξηροπόταμος	0,854	15/1/1999	0,395	1,437
Ίστακος	0,322	17/12/1998	0,175	0,299
Διώρυγα	2,176	8/1/1999	0,906	2,412

Πίνακας 3.6 : Χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Χειμάρροι	Ετήσιος Όγκος νερού κάθε χειμάρρου	Μέση Ταχύτητα (m /sec)	Μέση Διατομή (m)	Μέγιστο Βάθος
Φουντουκλής	36590,400	0,317	0,023	0,030
Απόσκεπος	2216817,500	0,471	0,147	0,250
Βυσσινιάς	8964924,480	1,288	0,305	0,200
Άγ.Αθανάσιος	1970815,100	0,645	0,153	0,360
Τοιχίο	3273108,480	0,673	0,202	0,420
Μεταμόρφωση	1540576,800	0,601	0,111	0,400
Φωτεινή	63649,1520	0,161	0,073	0,250
Ξηροπόταμος	7612941,600	0,462	0,749	0,370
Ίστακος	3353767,200	0,247	0,663	0,630
Διώρυγα	—	0,929	0,803	0,300



Σχήμα 3.10 : Παροχές χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1999



Σχήμα 3.11 : Σύστημα υδατορεμάτων και υπολεκάνες (κλίμακα 1:100.000),
(Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

3.3.3 Εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στη λίμνη

Οι εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στο λιμναίο χώρο συγκεντρώνονται κυρίως στο ΒΑ τέταρτο της λιμναίας περιμέτρου και εκτείνονται σε μήκος ακτών 10 km. Ξεκινούν από τα ανάντη της λίμνης μέχρι το Μαυροχώρι, απέναντι από το όρος Κορίτσα της Καστοριάς. Μεταξύ των εκβολών των ρεμάτων μεσολαβούν αποστάσεις που κυμαίνονται από 1.200 έως 4.400 m.

Ο χείμαρρος του Απόσκεπου (Σιούτιστας) εκχύνεται ως ανεξάρτητος στο λιμναίο χώρο. Ο κώνος πρόσχωσης του ταυτίζεται με το δέλτα του διότι φτάνει σχεδόν μέχρι τις όχθες της λίμνης.

Οι χείμαρροι Βυσσινιάς (Λάκκου), Τοιχιού και Μεταμόρφωσης συγκλίνουν, οπότε κοντά στις εκβολές τους στη λίμνη συμπλέκονται οι επιφάνειες των δέλτα τους, δίνοντας την εικόνα ενιαίου συνόλου.

Ο Ξηροπόταμος εμφανίζει αυτοτελή ανάπτυξη και ο κάθε κλάδος του διαμορφώνει ανεξάρτητο κώνο απόθεσης. Στο σημείο όπου εκβάλλει στη λίμνη σχηματίζεται ένα επιβλητικό δέλτα, με κατεύθυνση δυτική προς τη χερσόνησο της λίμνης.

Τα υδατορέματα αυτά τροφοδοτούν τη λίμνη της Καστοριάς η οποία εκφορτίζεται από τη Διώρυγα (ρέμα Γκιόλι), που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της, με τελική κατάληξη των υδάτων της στον ποταμό Αλιάκμονα.

Πίνακας 3.7: Ετήσιος όγκος εισροών και εκροών της λίμνης της Καστοριάς (Σακκάς, 1994)

<u>ΕΙΣΡΟΕΣ</u>	<u>ΌΓΚΟΣ</u> <u>(10⁶ m³)</u>
Όγκος βροχοπτώσεων στη λίμνη	20,1
Όγκος υπόγειων εισροών στη λίμνη	33,7
Όγκος επιφανειακών εισροών στη λίμνη	24,6
Σύνολο εισροών στη λίμνη	80,2
<u>ΕΚΡΟΕΣ</u>	
Όγκος εξατμίσεων από τη λίμνη	23,2
Όγκος εκροών μέσω ρέματος Γκιόλι	57,1
Σύνολο εκροών στη λίμνη	80,3

3.3.4 Κινήσεις υδάτων

Στη λίμνη παρατηρούνται οι παρακάτω κινήσεις υδάτων :

- Μια γενική βραδεία μόνιμη ροή από το άνω τμήμα της λίμνης, στο οποίο εισρέουν νερά προς το κάτω τμήμα, όπου στη συνέχεια αυτά εκρέουν στο ρέμα Γκιόλι.
- Ροές που οφείλονται κυρίως στους πνέοντες ανέμους και δευτερευόντως στη μεταβολή της πυκνότητας των νερών λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας που παρατηρούνται στο εσωτερικό της λίμνης.
- Ροές στο υπολίμνιο, που σχηματίζονται κατά τις πλημμυρικές παροχές των χειμαρρικών ρεμάτων.

4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η συμβολή της γεωλογίας της περιοχής της Καστοριάς είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ποικιλότητα της σύγχρονης αλλά και απολιθωμένης χλωρίδας. Η επίδραση αυτή χαρακτηρίζεται από τρία κύρια στοιχεία:

- τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, η εμφάνιση των οποίων καταλαμβάνει μεγάλη έκταση
- την Αλπική ορογένεση που έλαβε χώρα στο Τριτογενές, η οποία οδήγησε στη δημιουργία εκτεταμένων ορεινών όγκων
- τον έντονο τεκτονισμό κατά το Άνω Τριτογενές και Τεταρτογενές.

Οι πρώτοι ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη γεωλογία της Δυτικής Μακεδονίας και αποτύπωσαν τη γενικότερη εικόνα της είναι η ομάδα των Γερμανών γεωλόγων M. Blanckenhorn , O. Erdmannsdorfer , K. Gripp , P. Kossmat , K. Leuchs , K. Osswald και A. Wurm . Η ομάδα αυτή μελέτησε κυρίως περιοχές της FYROM και μερικά μόλις τμήματα της Μακεδονίας κατά τη διάρκεια του πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη της ομάδας, δημοσιεύτηκαν από τον Kossmat το 1924, ο οποίος είναι και ο υπεύθυνος για τον πρώτο διαχωρισμό της Βόρειας Ελλάδας σε γεωτεκτονικές ζώνες από ανατολικά προς δυτικά. Ο διαχωρισμός έγινε ως εξής :

- ▶ Μάζα της Ροδόπης
- ▶ Ζώνη Αξιού
- ▶ Πελαγονική κρυσταλλική μάζα
- ▶ Ζώνη μεσοζωικών οφιολίθων

Μεταγενέστερα ο Osswald (1931, 1938) συνέχισε την εργασία της γερμανικής ομάδας προεκτείνοντας την προς νότο. Διατήρησε τη διάκριση των ζωνών που προέκυψαν από τον Kossmat και στη συνέχεια δημοσίευσε την πρώτη συνολική εργασία που αφορούσε τη δυτική Μακεδονία μαζί με το γεωλογικό χάρτη της περιοχής με κλίμακα (1: 300.000).

Αργότερα ο Brunn (1956), μελέτησε τη δυτική Μακεδονία και την ανατολική Πίνδο. Περίορισε όμως την περιοχή έρευνας του προς το Βορρά στο ύψος της πόλης

της Καστοριάς, λόγω των ειδικών πολιτικών συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή κατά τη μεταπολεμική περίοδο. Η συμβολή του στη γεωλογία της περιοχής επομένως περιορίζεται στις αποθέσεις της Μεσοελληνικής Αύλακας. Η μελέτη όμως των σχηματισμών της Πελαγονικής ζώνης στο όρος Άσκιο του νομού Κοζάνης έδωσε σημαντικές πληροφορίες και σημεία αναφοράς για τις αντίστοιχες εμφανίσεις της Πελαγονικής ζώνης στην περιοχή της Καστοριάς.

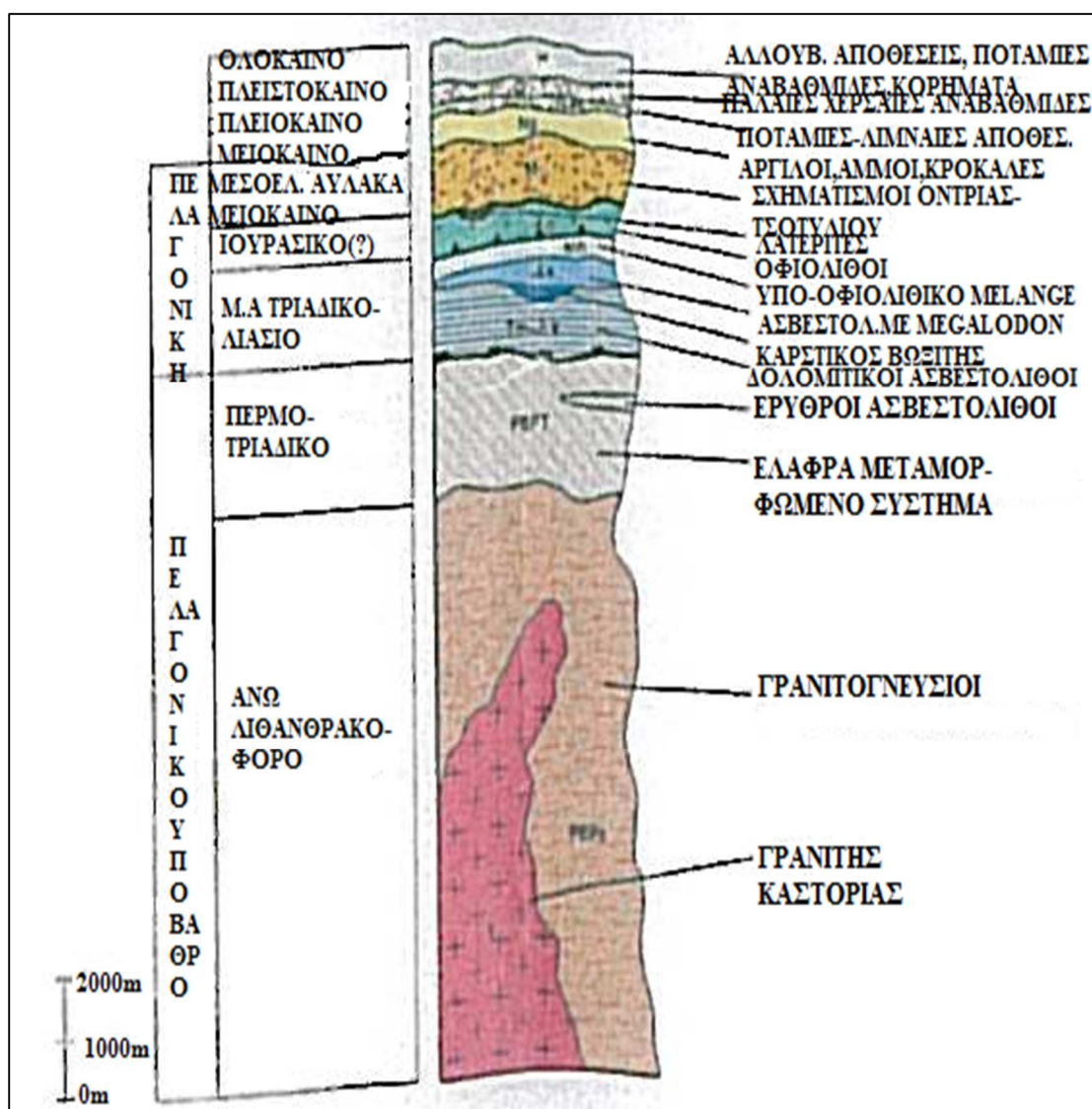
Το νότιο κομμάτι της περιοχής της Καστοριάς το 1971 χαρτογραφήθηκε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) σε κλίμακα 1:50000 (Savoyat και Μονόπωλης 1971, φύλλο Άργος Ορεστικό, Νεστόριο).

Ο Μουντράκης (1979, 1982, 1983), αποτελεί ουσιαστικά τον πρώτο ερευνητή που ασχολήθηκε αναλυτικά με τη γεωλογική δομή της περιοχής της Καστοριάς στα πλαίσια του ενδιαφέροντος του για τα γεωτεκτονικά προβλήματα των εσωτερικών Ελληνίδων και της Πελαγονικής ζώνης.

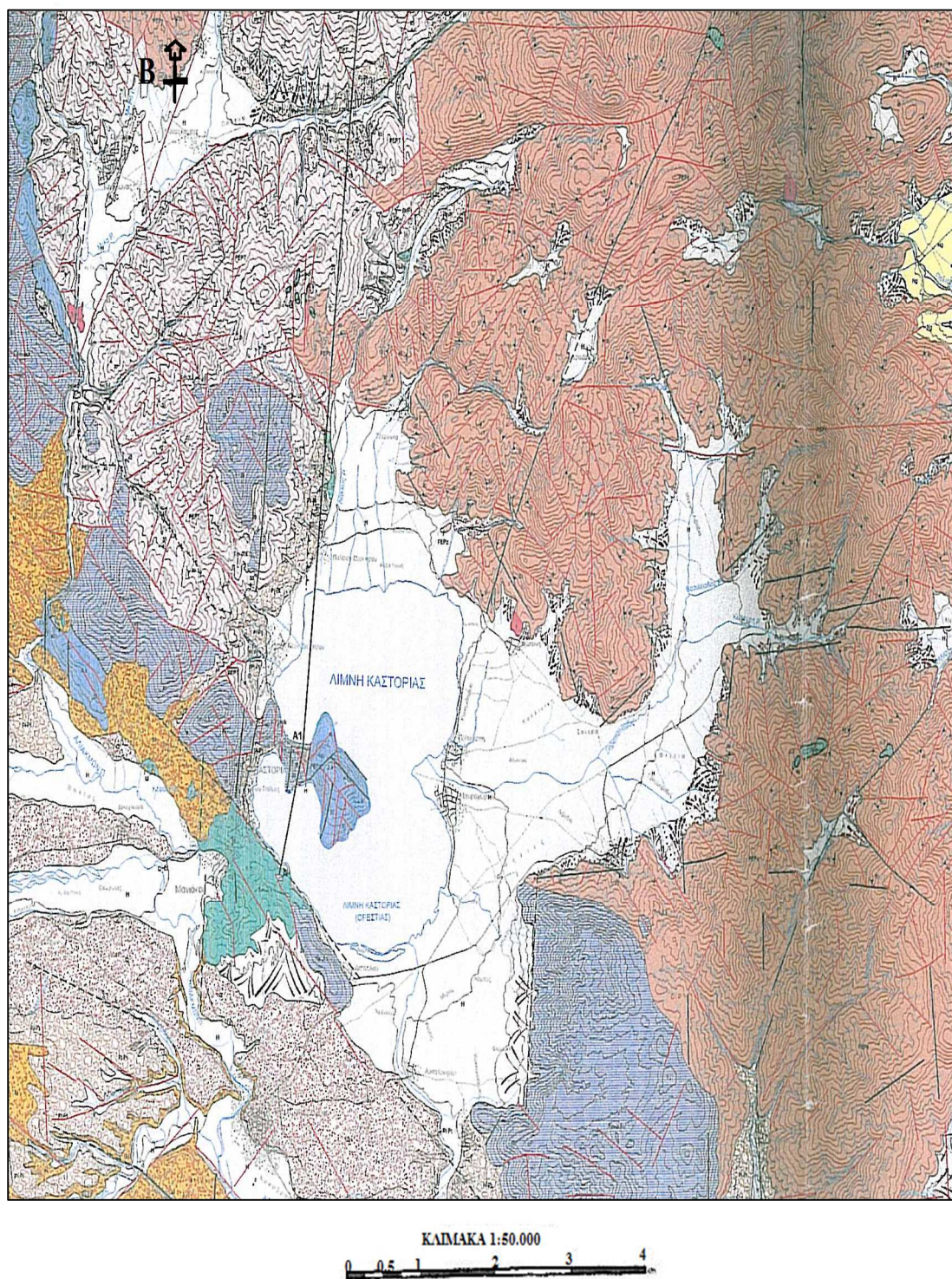
Οι Papanikolaou, Zambetakis-Lekkas (1980) διαχώρισαν την ενότητα της Καστοριάς από το υπόβαθρο της Πελαγονικής. Η ενότητα της Καστοριάς χαρακτηρίστηκε ως μία ηφαιστειοϊζηματογενής ενότητα, χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης με διαδοχικές φάσεις γρανιτικών διεισδύσεων. Έγινε σύγκριση της ενότητας αυτής με αντίστοιχες ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές που βρίσκονται στη βάση πολλών ενοτήτων των Ελληνίδων (π.χ. στρώματα Τυρού της ενότητας της Τρίπολης). Επίσης αναγνώρισαν μία ηλικία το Κάτω Ανίσιο με βάση τον κωνόδοντα *Neogondolella aegaea*, *Neospathodus timorensis*, για τα μεταβατικά στρώματα προς τα μάρμαρα της Πελαγονικής.

Οι Papanikolaou και Stojanov (1983) ταύτισαν τη ζώνη της Αλμωπίας (Mercier 1968), με τη ζώνη της Πελαγονικής (Celet et Feriere 1978) και τοποθέτησαν τους σχηματισμούς της περιοχής της Καστοριάς στις ενότητες Καστοριάς και Αλμωπίας. Η ταύτιση αυτή έγινε στα πλαίσια της παρουσίασης του γεωλογικού χάρτη της βορειοδυτικής Μακεδονίας και νότιας Γιουγκοσλαβίας, σε μία προσπάθεια συσχετισμού των γεωλογικών σχηματισμών στις δύο χώρες. Τέλος πραγματοποιήθηκε από τον Βαφειάδη, (1983) η υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης της Καστοριάς. Επίσης κατά καιρούς έχουν δημοσιευθεί στοιχεία που συσχετίζουν τους διάφορους σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής της Καστοριάς καθώς και στοιχεία που την εντάσσουν στο γεωτεκτονικό χώρο των εσωτερικών Ελληνίδων (Kilias 1980).

Εν κατακλείδι, η περιοχή της Καστοριάς παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία σε σχηματισμούς. Στα πετρώματα της περιοχής περιλαμβάνονται : προαλπικά μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα, αλπικά ανθρακικά κυρίως ιζήματα, μολασσικές αποθέσεις της Μεσοελληνικής Αύλακας καθώς και πλειοκαινικά και τεταρτογενή χαλαρά ιζήματα. Κατά το μεγαλύτερο μέρος τους τα πετρώματα ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη, ενώ στη δυτική περιοχή εμφανίζονται σχηματισμοί της Πελαγονικής και κυριαρχούν τα ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας (Mountrakis 1979) .



Σχήμα 4.1 : Συνθετική στρωματογραφική στήλη της περιοχής μελέτης (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)



Σχήμα 4.2 : Αντίστοιχος της στρωματογραφικής στήλης (σχήμα 4.1), συνοπτικός γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της λίμνης της Καστοριάς (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

4.2 Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

Τα πετρώματα που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης της Καστοριάς, είναι αυτά που ακολουθούν παρακάτω, με σειρά από τα παλαιότερα προς τα νεότερα :

4.2.1. Πελαγονικό υπόβαθρο

■ Ανώτερο Λιθανθρακοφόρο

Γρανίτης Καστοριάς : Πρόκειται για αδροκρυσταλλικό έως πορφυροειδή μεταγρανίτη. Έχει μεγάλη ανάπτυξη και στα παρακείμενα γεωλογικά φύλλα, όπου είναι πιο εμφανείς αλλά και πολύ διαδεδομένες οι επαφές διείσδυσης του μέσα στα πετρώματα του Παλαιοζωικού. Ο όρος « μεταγρανίτης » δικαιολογείται από τα εξής στοιχεία που τον χαρακτηρίζουν : έντονη τεκτονική παραμόρφωση και εξαλλοίωση ,σε μικροσκοπική κλίμακα, σχιστότητα που αυξάνεται σε ένταση από το εξωτερικό μέρος προς την περιφέρεια και τέλος ο βλαστοκατακλαστικός ιστός του. Όλα τα παραπάνω στοιχεία δικαιολογούν τον όρο « μεταγρανίτης » .



Εικόνα 4.1: Πορφυροειδής γρανίτης Καστοριάς

■ Λιθανθρακοφόρο (?) – Κατώτερο Τριαδικό

Έντονα μεταμορφωμένο σύστημα : Γρανιτογενέσιοι . Τα πετρώματα αυτά εντοπίζονται στα κατώτερα μέλη του μεταμορφωμένου συστήματος. Έχουν υφή γνευσιακή έως σχιστοποιημένη και ο ιστός τους μπορεί να χαρακτηριστεί από πορφυροκατακλαστικός έως βλαστομυλονιτικός. Η παρατηρούμενη σχιστότητα των πετρωμάτων οφείλεται στον έντονο γραμμικό και επιφανειακό προσανατολισμό που

παρατηρείται κυρίως στα φυλλοπυριτικά ορυκτά (ομάδα σερπεντινών, ομάδα αργιλικών ορυκτών, ομάδα μαρμαρυγιών, ομάδα τάλκη, ομάδα χλωριτών). Επίσης σε αυτά παρατηρείται και το φαινόμενο της περθιτίωσης των καλιούχων αστρίων, εξαλλοίωση των πρωτογενών ορυκτών καθώς έκδηλα είναι και τα μικροσκοπικά και μακροσκοπικά στοιχεία της ισχυρής τεκτονικής παραμόρφωσης τους.

Ελαφρά μεταμορφωμένα πετρώματα : Τα πετρώματα αυτά εμφανίζονται με παρεμβολές από φακούς ερυθρών, κρυσταλλικών ή μη, ασβεστολίθων. Παρατηρείται σε αυτά βαθμιαία μετάβαση προς τα πάνω που αρχίζει με μετακροκαλοπαγή, μεταναμμίτες και μετααρκόζες και συνεχίζει προς τα πάνω με φυλλίτες, πρασινόλιθους κατά θέσεις και σχιστόλιθους διαφόρων τύπων (χλωριτικούς, σερικιτικούς, γραφιτικούς, μοσχοβιτικούς). Τα λεπτόκοκκα μεταϊζηήματα αποτελούν τα νεότερα μέλη του συστήματος αυτού και χαρακτηρίζονται από ελαφρά μεταμόρφωση και την ύπαρξη σε αυτά σώματα μεταβασιτών (πρασινόλιθοι). Τα μεταϊζηήματα αυτά είναι σχιστοποιημένα και αποτελούνται από χαλαζία, σερικήτη, χλωρίτη, μοσχοβίτη, αλβίτη. Οι πετρολογικοί τύποι των πετρωμάτων καθορίζονται από τα ποσοστά συμμετοχής των παραπάνω ορυκτών. Σε αντίστοιχους σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής μέσα στους ασβεστολιθικούς φακούς βρέθηκαν τα Κωνόδοντα : *Spathognathodus timorensis*, *Enantiognathus petraeviridi* και *Hindeodella* (*Metaprioniodus*) *pectiniformis* τα οποία χαρακτηρίζουν το Ανώτερο Σκύθιο έως Κατώτερο Ανίσιο.

Τα παραπάνω μεταμορφωμένα, ημιμεταμορφωμένα και πλουτωνικά πετρώματα εκτείνονται στο μεγαλύτερο μέρος της ορεινής περιοχής και καλύπτουν το βορειοδυτικό, βόρειο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Επίσης η υδρολιθολογική τους συμπεριφορά θεωρείται ότι είναι ενιαία.

4.2.2 Πελαγονική ζώνη

■ Μέσο Τριαδικό – Κατώτερο Ιουρασικό

Ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι : Πρόκειται για μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους με χρώμα ανοικτότεφρο-τεφρό, που μεταβάλλεται σε σκοτεινότεφρο- μελανότεφρο στα ανώτερα μέλη της

σειράς. Μέσα σε αυτούς έχουν παρατηρηθεί εμφανίσεις καρστικού βωξίτη καθώς και απολιθώματα (*Involutina gaschei praegaschei*, *I. sinuosa oberhauseri*, *Duostominidae*, *Thaumatoporella parnovesiculifera* κ.α.). Στα ανώτερα μέλη τους παρεμβάλλεται μία σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση μικρού πάχους, που μεταβαίνει πάλι σε λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους χρώματος τεφρού έως μελανότεφρου. Στην προέκταση των ασβεστόλιθων αυτών έχουν βρεθεί τα Κωνόδοντα : *Gondolella polygnathiformis*, *Hindeodella spengleri* και *Metapolygnathus abnepesis*, η ηλικία των οποίων αρχίζει από το ανώτερο Λαδίνιο και φθάνει μέχρι το Νόριο.

■ Μέσο ανώτερο Λιάσιο

Ασβεστόλιθοι : Πρόκειται για ασβεστόλιθους με χρώμα σκοτεινόμαυρο έως γκριζόμαυρο, που περιλαμβάνουν μικρά *Megalodon* sp . και *Pinnidae*. Ο ορίζοντας στον οποίο σταματούν τα μεγάλα (10-30 cm) *Megalodon* sp . με *Pinnidae* και αρχίζουν τα μικρά αποτέλεσε το όριο μεταξύ Κατώτερου και Μέσου Λιασίου.

Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα, εμφανίζονται σε δύο κύριες περιοχές και παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση. Η πρώτη περιοχή βρίσκεται στη ΝΑ μεριά της λίμνης (υψώματα Κορησού, προφήτη Ηλία) και η δεύτερη που εκτείνεται προς τα δυτικά της λίμνης, αρχίζει από το ύψωμα Κορίτσα, εντός της λίμνης και συνεχίζει προς τα Δ-ΒΔ στην ορεινή ζώνη της Αγίας Τριάδας καθώς και στην περιοχή του υψώματος Καζάνι (1.367 m). Οι εμφανίσεις των ασβεστολιθικών αυτών πετρωμάτων είναι ιδιαίτερες σημαντικές από υδρογεωλογικής άποψης διότι συνδέονται με την εκδήλωση αξιόλογων καρστικών πηγών. Κάποιες από αυτές τις πηγές ρυθμίζουν τη διαίτα της λίμνης και άλλες τροφοδοτούν ορισμένους υδροφόρους γεωλογικούς σχηματισμούς της παραλίμνιας πεδινής περιοχής. Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα είναι διερρηγμένα και καρστικοποιημένα σε σημαντικό βαθμό.

■ Ιουρασικό

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση : Αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους, μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες, κερατόλιθους και ραδιολαρίτες. Συνοδεύει πάντοτε τους οφιόλιθους της Πελαγονικής ζώνης. Ηλικία :Ιουρασικό.



Εικόνα 4.2 : Σχιστοκερατόλιθοι κοντά στο χωριό Επταχώρι (προσωπικό υλικό της Μαρίας Χατζοπούλου)

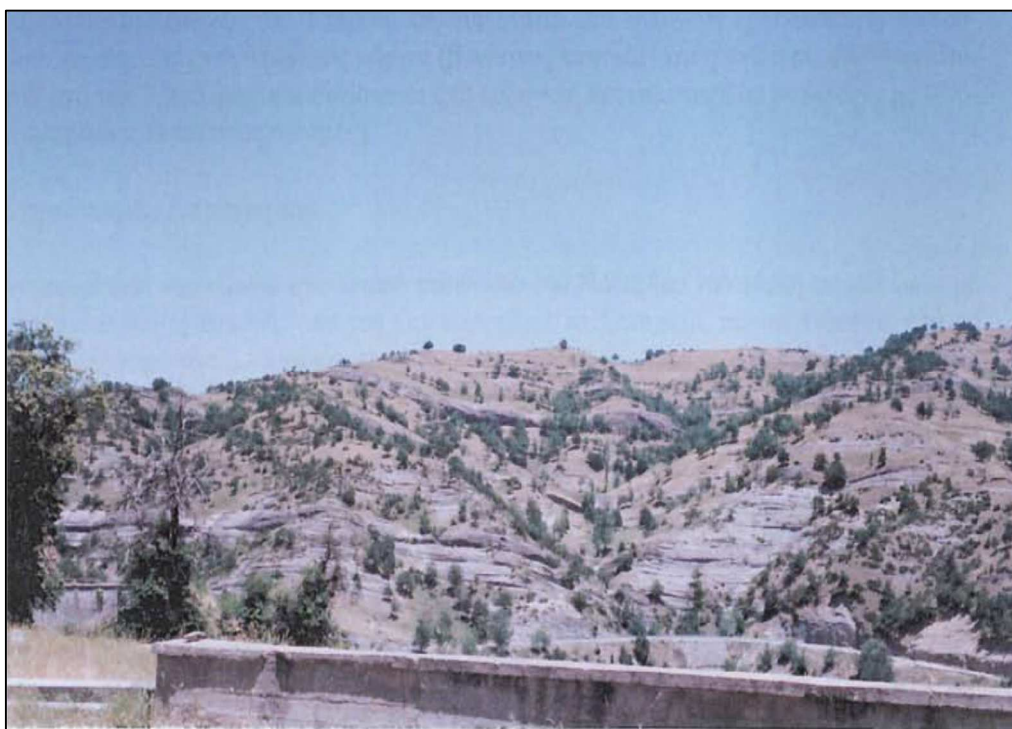
Οφιόλιθοι και άλλα ιζήματα : Στην περιοχή εμφανίζονται δύο μεμονωμένες οφιολιθικές μάζες οι οποίες ανήκουν στο σύμπλεγμα της Πελαγονικής ζώνης. Τα ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των οφιολιθικών μαζών. Αποτελούνται από βασικά και υπερβασικά πετρώματα όπως περιδοτίτες, σερπεντινωμένους δουνίτες, τα οποία είναι έντονα τεκτονισμένα. Μέσα σε αυτούς παρατηρούνται χρωμιτικές συγκεντρώσεις και σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα. Επίσης επισημαίνεται η παρουσία τεκτονικών μπλοκ διαφόρων διαστάσεων, από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και σερπεντινίτες (τυπικοί σχηματισμοί *mélange*) στις εμφανίσεις των οφιολίθων και των συνοδών ιζημάτων. Στη ζώνη επαφής οφιολίθων με τα ανθρακικά πετρώματα, συναντώνται τα οφιολιθικά μείγματα.

4.2.3 Μεσοελληνική Αύλακα

■ Μολασσικά ιζήματα (Μειόκαινο, Ακουιτάνιο - Βουρδιγάλιο)

Τα μολασσικά ιζήματα καλύπτουν ένα αρκετά μεγάλο μέρος της ευρύτερης περιοχής της Καστοριάς. Οι αποθέσεις προέρχονται από τις σειρές Τσοτυλίου και Όντρια οι οποίες αποτελούν και τις ανώτερες σειρές της Μεσοελληνικής Αύλακας. Οι εμφανίσεις τους παρατηρούνται στην περιοχή νότια της λίμνης της Καστοριάς (Savoyat & Μονόπωλης 1971 a,b).

•**Σχηματισμοί Πενταλόφου :** Περιλαμβάνει ψαμμίτες κατά κανόνα χαλαρούς, με διάσπαρτες κροκάλες μικρού έως μετρίου μεγέθους. Μετατρέπονται τοπικά σε μικροκροκαλοπαγή ή και χονδρόκοκκους ψαμμίτες. Στα ανώτερα μέλη των κροκαλοπαγών σε τεφροκύανες μάργες περιέχονται θραύσματα Μαλακίων και Τρηματοφόρα (*Globorotalia kugleri*, *Globigerinita dissimilis*, *Lepidocyclina* sp. κ.α.). Η απόθεση της σειράς αυτής έλαβε χώρα κατά το Ακουιτάνιο- Βουρδιγάλιο (Fermeli & Ioakim 1992).



Εικόνα 4.3 : Εναλλαγές κροκαλοπαγών και ψαμμιτών στην ευρύτερη περιοχή του Πενταλόφου

•**Σχηματισμοί Τσοτυλίου** : Αυτοί αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, κλαστικούς ασβεστόλιθους κ.α. Το συνολικό πάχος τους μπορεί να φτάσει και τα 2200 m. Διακρίνονται από πάνω προς τα κάτω, στις ακόλουθες φάσεις που επικάθονται με επίκλυση πάνω στο αλπικό υπόβαθρο του ανατολικού κράσπεδου, σε ψαμμίτες κατά κανόνα χαλαρούς, μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες, χονδρόκοκκους έως πολύ λεπτόκοκκους ασβεστιτικούς ψαμμίτες οι οποίοι εγκλείουν Γαστερόποδα, Οστρακώδη, Εχινόδερμα και Τρηματοφόρα (*Miogypsina* sp.). Συχνά παρατηρούνται αποσφηνώσεις και πλευρικές μεταβάσεις φάσεων.



Εικόνα 4.4 : Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς του Τσοτυλίου

•**Σχηματισμοί Ομορφοκλησιάς -Όντριας** : Οι σχηματισμοί αυτοί εντοπίζονται κοντά στα χωριά Νεστόριο και Πετροπουλάκι και στο υψίπεδο Μεγάλης Όντριας. Πρόκειται για σχηματισμούς με ποικίλο πάχος το οποίο, κυμαίνεται από μερικά μέτρα έως 450 m. Διακρίνονται τρεις κύριες χαρακτηριστικές φάσεις με

αποσφηνώσεις και πλευρικές μεταβάσεις. Αποτελούνται από μάργες ψαμμιτικές, ιλυομιγείς, κυανές έως κυανότεφρες με Βρυόζωα, Pectinidae, Γαστερόποδα, Εχινόδερμα, (Clypeaster), Τρηματοφόρα, (Globiquadrina dehiscens, Globigerinoides altiaperturus, Globigerinoides trilobus, Globigerina dissimilis) και ασβεστιτικούς ψαμμίτες του χωριού Πετροπουλακίου : οι οποίοι είναι κατά τόπους μικροκροκαλοπαγείς (νότια του ποταμού Αλιάκμονα) με Ελασματοβράγχια, Γαστερόποδα, Εχινόδερμα, Βρυόζωα, Φύκη, (Lithothamnium) και Τρηματοφόρα (Miliolidae, Miogypsina sp. κ.α.). Η ηλικία των σχηματισμών τοποθετείται στο Μειόκαινο και εμφανίζονται στην περιοχή του Νόστιμου και της Ασπροκκλησιάς. Στις αποθέσεις του σχηματισμού Όντριας έχει αποκαλυφθεί το απολιθωμένο δάσος του Νόστιμου ηλικίας Κάτω Μειόκαινου, όπου έχουν προσδιορισθεί πυριτιωμένοι κορμοί από φοίνικες και άλλα δικοτυλήδονα (Selmeier & Velitzelos 2000).



Εικόνα 4.5: Καταρράκτης στα μολασσικά ιζήματα στο Νεστόριο

■ Ανώτερο Μειόκαινο- Κατώτερο Πλειόκαινο

Άργιλοι, άμμοι και κροκαλοπαγή : Έχει παρατηρηθεί ότι αυτά μεταβαίνουν προς τα κάτω σε λευκοκίτρινους μέχρι λευκόφαιους, συμπαγείς, απολιθωματοφόρους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες και άργιλους. Σε στρώματα βαθύτερα αναπτύσσονται μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, μάργες με λεπτές διαστρώσεις λιγνίτη,

αργιλούχες μάργες με εναλλαγές ανθρακομιγούς λιγνίτη και ξυλίτη (Λιγνιτωρυχεία Βεύης, Άχλαδας) .Στην προέκταση της λεκάνης στη Φλώρινα εντοπίστηκαν ορίζοντες που περιελάμβαναν χαρακτηριστικά απολιθώματα όπως : Neritina, Theodoxus (Calvertia) macedonicus) .Το μέγιστο πάχος τους είναι περίπου 100 m .

■ Πλείο -Πλειστοκαινικές Αποθέσεις

Ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις σε αναβαθμίδες : Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα χαλαρά κροκαλοπαγή, κυανές έως υποπράσινες άργιλοι, χαλαροί ψαμμίτες με κόκκους ποικίλου μεγέθους, άμμοι, κροκαλοπαγή και ερυθροί άργιλοι στα ψηλότερα τμήματα τους, που απαντώνται ΝΝΑ της λίμνης της Καστοριάς. Οι λιμνοποτάμιες αποθέσεις εκτείνονται μεταξύ του ρέματος Γκιόλι και των ασβεστολιθικών πετρωμάτων κατά μήκος των οικισμών Μηλίτσας και Κωσταραζίου. Η απόθεση των ιζημάτων αυτών, πραγματοποιήθηκε μετά τη χέρσευση των μολассικών ιζημάτων και το σχηματισμό των μεγάλων συστημάτων των λιμνών κατά το Άνω Μειόκαινο- Πλειόκαινο, όπου έλαβε χώρα η τεκτονική φάση που ακολούθησε με τις ανυψώσεις και τις διαρρήξεις. Κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου συνεχίστηκε η απόθεση των σχηματισμών αυτών. Το πάχος τους έφτανε μέχρι και τα 100 m.



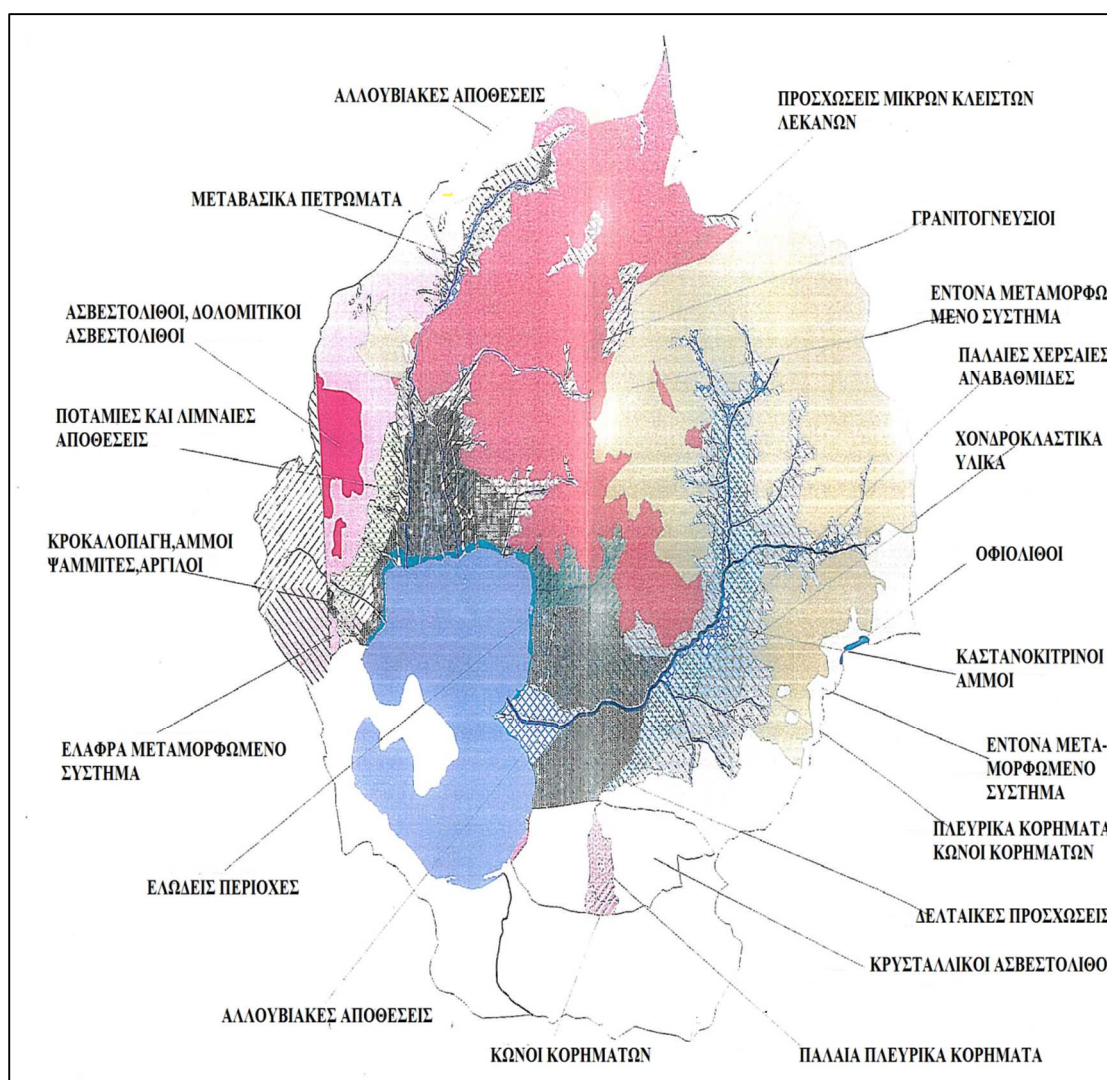
Εικόνα 4.6 : Άποψη των ποταμολιμναίων σχηματισμών με τη μορφή αναβαθμίδων

■ Πλειστόκαινο-Ολόκαινο

Παλαιές χερσαίες αναβαθμίδες : Αφορούν τη συσσώρευση χονδρόκοκκων κλαστικών υλικών διαφόρων τύπων, που συναντώνται στην περιφέρεια των λεκανών και αποτελούνται από πλευρικά κορήματα, τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα ή συσσωρευμένα. Πρόκειται για ελαφρά συνεκτικούς σχηματισμούς που μεταβαίνουν σε κώνους κορημάτων, στις χαμηλότερες θέσεις. Ερυθρογαίες που συναντώνται μέσα στα καρστικά έγκοιλα των αλπικών ανθρακικών πετρωμάτων ή των ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών της μολάσσας. Στην πεδινή περιοχή, νότια της λίμνης της Καστοριάς, από το χωριό Χιλιόδενδρο μέχρι νότια της κωμόπολης του Άργους Ορεστικού, καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις εκατέρωθεν του ποταμού Αλιάκμονα, του παραποτάμου του Βέλα και των μικρότερων ρευμάτων που συμβάλλουν σε αυτούς.

■ Ολόκαινο

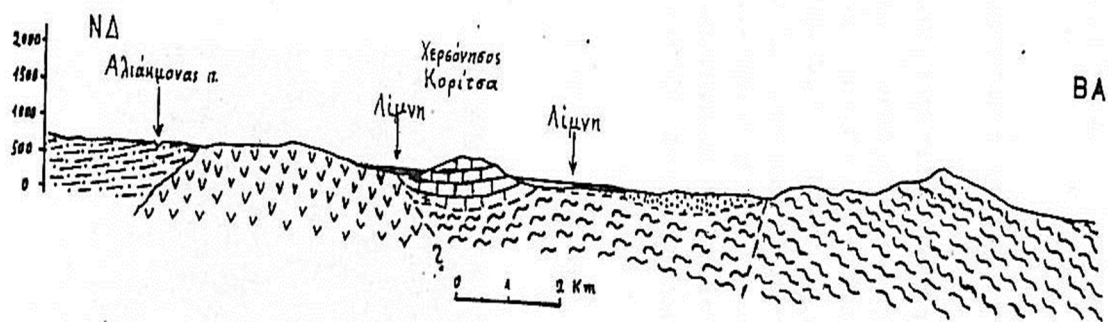
Αλλούβια : Στις τεταρτογενείς αυτές αποθέσεις περιλαμβάνονται οι σύγχρονες χερσαίες αποθέσεις με τη μορφή προσχώσεων κοιλάδων, οι αναβαθμίδες (παλαιότερες), οι αλλουβιακοί κώνοι, τα ριπίδια και οι κώνοι κορημάτων. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις εκτείνονται σε όλη την πεδινή περιοχή, γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς. Πιο αναλυτικά : **Ελώδεις περιοχές:** όπως ιλύς, υγρά εδάφη και άμμοι που περιλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό νερού, σχηματιζόμενες ποτάμιες αναβαθμίδες. **Δελταϊκές προσχώσεις:** περιλαμβάνουν άμμο και ιλύ με διάσπαρτα, μεγάλου μεγέθους και με γωνίες τεμάχια που προέρχονται από τα περιβάλλοντα πετρώματα της λεκάνης. **Αλλουβιακές αποθέσεις :** πρόκειται για υλικά προσχώσεων και υλικά ελουβιακού μανδύα, αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων καθώς και προσχώσεις μικρών, κλειστών λεκανών με υλικά που προέρχονται από τα περιβάλλοντα πετρώματα. **Ποτάμιες αναβαθμίδες :** αφορούν τα πλευρικά κορήματα και τους κώνους κορημάτων. Συνίστανται από καστανοκίτρινες άμμους, ιλυούχες άμμους και αμμούχες ιλεις οι οποίες είναι λιγότερο συνεκτικές.



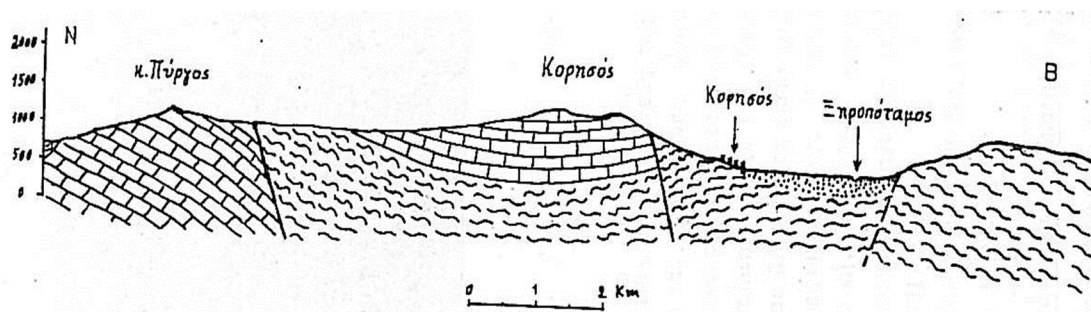
Κλίμακα 1: 100.000

Σχήμα 4.3 : Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Στη συνέχεια στα σχήματα 4.4 και 4.5 ακολουθούν οι γεωλογικές τομές Α-Α' και Β-Β' αντίστοιχα, σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983).



Σχήμα 4.4 : Γεωλογική τομή Α-Α΄ της περιοχής μελέτης (Βαφειάδης, 1983)



Σχήμα 4.5 : Γεωλογική τομή Β-Β΄ της περιοχής μελέτης (Βαφειάδης, 1983)

Όπου :

.....	Τεταρτογενείς αποθέσεις
~ ~ ~ ~	Ημιμεταμορφωμένα και μεταμορφωμένα παλαιοζωικά πετρώματα και γνευσιωμένοι γρανίτες
-•-•-• •-•-•-	Νεογενή ιζήματα
v v v v v	Οφιολιθικά πετρώματα
 	Τριαδικοϊουρασικοί ασβεστόλιθοι

---- Ρήγμα

4.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα πετρώματα της Πελαγονικής υπέστησαν δύο μεταμορφώσεις. Η πρώτη μεταμόρφωσε το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο σε συνθήκες κάτω πρασινοσχιστολιθικής φάσης μέχρι και άνω αμφιβολιτικής φάσης και έλαβε χώρα στο Παλαιοζωικό, πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Η δεύτερη, η αλπική μεταμόρφωση, μεταμόρφωσε μαζί, σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης τους γρανίτες του Άνω Λιθανθρακοφόρου, τις μετακλαστικές σειρές Περμίου- Κάτω Τριαδικού καθώς και τα Τριαδικοϊουρασικά ανθρακικά καλύμματα και έλαβε χώρα το Ανώτερο Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό.

Η αλπική μεταμόρφωση επέδρασε και ως ανάδρομη μεταμόρφωση στο ήδη μεταμορφωμένο Παλαιοζωικό υπόβαθρο. Οι ραδιοχρονολογήσεις που έγιναν στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο έδωσαν ηλικίες μεταμόρφωσης 98-140 Ma, που αφορούν τη δεύτερη αλπική μεταμόρφωση του Ανώτερου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού και αποτελούν απόδειξη της επίδρασης της αλπικής μεταμόρφωσης στο Παλαιοζωικό υπόβαθρο.

4.4 ΤΕΚΤΟΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η Πελαγονική ζώνη αποτελεί ένα ηπειρωτικό τέμαχος, το οποίο αποσπάστηκε από τη Γκοντβάνα και συγκρούστηκε και συγκολλήθηκε στην Ευρασία. Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της υπέστη συνεχείς παραμορφώσεις και μεταμορφώσεις και για το λόγο αυτό αποτελεί ένα τέμαχος ηπειρωτικού φλοιού το οποίο είναι πολυπαραμορφωμένο και πολυμεταμορφωμένο. Οι παραμορφώσεις αυτές σύμφωνα με τις μελέτες πολλών ερευνητών όπως αναφέρουν οι Κίλιας, (1980) και Μουντράκης, (1985, 1988) χωρίζονται στις παρακάτω τεκτονικές φάσεις :

1η Παραμορφωτική φάση (ERC) Ερκύνιας ηλικίας : Τα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου της Πελαγονικής ζώνης υπέστησαν μία πρώτη παραμόρφωση πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Η φάση αυτή ήταν συµεταμορφική με την πρώτη μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου η οποία έγινε σε συνθήκες αμφιβολιτικής φάσης και σχημάτισε τέλειες, ισοκλινείς πτυχές με αξονική

διεύθυνση 155° - 160° . Επιπλέον η μεταμόρφωση αυτή σχημάτισε την κύρια φύλλωση στα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, με τη μορφή σχιστότητας S_1 παράλληλη στα αξονικά επίπεδα των ισοκλινών πτυχών.

2η Ορογενετική περίοδος Άνω Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού : Στην ορογενετική αυτή περίοδο έγινε η καταστροφή των δύο ωκεάνιων περιοχών, Αξιού και Υποπελαγονικής-Πίνδου εκατέρωθεν της Πελαγονικής ηπειρωτικής μάζας. Κατά το Άνω Ιουρασικό υπολογίζεται ότι έγινε η επώθηση των οφιολιθικών μαζών με κατεύθυνση από ΒΑ προς ΝΔ, από τη ζώνη Αξιού πάνω στο ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής ζώνης και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE_1). Αποτέλεσμα αυτής της επώθησης ήταν ο σχηματισμός υποϊσοκλινών έως ισοκλινών πτυχών με αξονική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (150° - 170°) που συνοδεύονταν από σχιστότητα S_2 , η οποία είναι η κύρια και η σχιστότητα που επικρατεί σήμερα σε όλα τα πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης, δηλαδή του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, της μετακλαστικής σειράς καθώς και των Τριαδικοϊουρασικών μαρμάρων. Η σχιστότητα S_2 αποτελεί τη δεύτερη σχιστότητα για τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου αλλά και την πρώτη σχιστότητα για τα πετρώματα του Άνω Παλαιοζωικού και Τριαδικού- Ιουρασικού. Στην ίδια φάση έγινε και η επώθηση του ανατολικού ανθρακικού καλύμματος πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Κατά τη διάρκεια του Κάτω Κρητιδικού υπολογίζεται ότι πραγματοποιήθηκε και το κλείσιμο της δυτικής ωκεάνιας λεκάνης και η επώθηση των οφιολίθων της Υποπελαγονικής από Δ προς Α πάνω στο δυτικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE_2). Αυτή προκάλεσε και τις πτυχές οι οποίες είναι κλειστές-ανοιχτές, ισοπαχείς ή όμοιες και πολλές φορές συνοδεύονται από σχιστότητα ολίσθησης και έχουν άξονες διεύθυνσης 0° - 30° και απόκλιση προς τα Α ή ΝΑ. Με τις τεκτονικές αυτές φάσεις του Ιουρασικού και Κρητιδικού, λόγω της ακαμψίας της Πελαγονικής μάζας, δημιουργήθηκαν ολισθήσεις του μεσοζωικού καλύμματος πάνω στο υπόβαθρο, καθώς και μια έντονη τεκτονική θραύσεως (Μουντράκης, 1976). Οι παραμορφώσεις που παρατηρούνται στις Τριαδικοϊουρασικές ανθρακικές εμφανίσεις της περιοχής μας είναι πιθανόν συνδεδεμένες με την έντονη αυτή τεκτονική. Χαρακτηριστικές είναι οι επωθήσεις που παρουσιάζουν αυτές οι ανθρακικές εμφανίσεις, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στην περιοχή Δισπηλιού, όπου παρατηρούνται ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού

επωθημένοι πάνω σε οφιολίθους. Τέλος ένα ακόμα χαρακτηριστικό αποτέλεσμα της έντονης τεκτονικής είναι ότι οι ανθρακικά αυτά πετρώματα εμφανίζονται έντονα διαρρηγμένα με βασικές διευθύνσεις ρηγμάτων BA-NΔ, B-N και ΒΔ-NA.

3η Ορογενετική περίοδος του Τριτογενούς : Η οριστική ανάδυση της Πελαγονικής ζώνης πραγματοποιήθηκε μετά το τέλος του Κρητιδικού στο Τριτογενές και πριν το Μέσο Ηώκαινο και προκλήθηκε από την τελική ηπειρωτική σύγκρουση της Απουλίας πλάκας με την Πελαγονική (Κιμμερικό τέμαχος) και την Ευρασία. Κατά το διάστημα αυτό του Τριτογενούς έλαβαν χώρα δύο ομάδες πτυχώσεων: μία (CT₁) με πτυχές ανοιχτές, ισοπαχείς, γενικής αξονικής διεύθυνσης ΒΔ-NA και απόκλισης προς τα ΝΔ και μια άλλη (CT₂) με πτυχές κλειστές-ανοιχτές, αξονικής διεύθυνσης BA-NΔ (70°-80°) και απόκλισης προς τα ΝΑ. Δεν είναι εξακριβωμένο ποια από τις δύο έγινε πρώτα ή ακόμη αν ανήκουν σε μια συνεχόμενη συμπίεστική παραμόρφωση του Παλαιογενούς. Τέλος κατά το Ολιγόκαινο-Μειόκαινο πραγματοποιήθηκε και η τελική παραμόρφωση (CT₃) των σχηματισμών με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολύ ανοιχτών πτυχών κάμψης και τύπου knick γενικής αξονικής διεύθυνσης B-N, καθώς και επώθηση των λεπίων από Α προς Δ.

4.5 ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ

Στη νοτιοδυτική πλευρά του νομού Καστοριάς, σε απόσταση 15 km από το Άργος Ορεστικό και σε υψόμετρο 900 μέτρων περίπου βρίσκεται το χωριό Νόστιμο. Ο λιγνίτης που υπάρχει στην περιοχή αποτέλεσε το αίτιο για την ανακάλυψη των απολιθωμένων κορμών και των θαλάσσιων απολιθωμάτων το 1935, από έναν κάτοικο της περιοχής ο οποίος έκανε εξόρυξη λιγνίτη. Στο χωριό αυτό βρίσκεται το Απολιθωμένο δάσος, τη μελέτη και την ανάδειξη του οποίου έχει αναλάβει ο καθηγητής Παλαιοντολογίας και Παλαιοβοτανικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, κ. Βελιτζέλος. Επιστημονικά έχει αποδειχθεί ότι πριν από 15 με 20 εκατομμύρια χρόνια οι προσχώσεις των ποταμών σχημάτισαν ένα μεγάλο δέλτα στο οποίο δημιουργήθηκε ένα υποτροπικό-δάσος με οξιές, βελανιδιές, καστανιές και φοίνικες. Μία ηφαιστειακή έκρηξη συνετέλεσε στην απολίθωση μεγάλου μέρους του δάσους και το αποτέλεσμα

είναι πραγματικά εντυπωσιακό. Απολιθωμένοι κορμοί, μεταξύ των οποίων τα μοναδικά ευρήματα απολιθωμένου φοίνικα που έχουν βρεθεί σε ελληνικό έδαφος, θαλάσσια απολιθώματα όπως κοχύλια, αστερίες αλλά και το δόντι ενός τεράστιου καρχαρία. Τα απολιθώματα φυτών και ζώων που συνεχώς έρχονται στην επιφάνεια αποτελούν σημαντικές πηγές, οι οποίες προσφέρουν πληροφορίες για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν την εποχή εκείνη.



Εικόνα 4.7 : Τμήμα απολιθωμένου κορμού



Εικόνα 4.8 : Δόντι καρχαρία (Megalodon)

5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΚΛΙΜΑ

5.1 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

Το κλίμα του νομού είναι ηπειρωτικό, με αρκετά ψυχρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Κατά τους καλοκαιρινούς μόνο μήνες, η μέση μηνιαία θερμοκρασία υπερβαίνει τους 20°C και συγκεκριμένα από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο. Ο χειμώνας είναι δριμύς με συχνή παρουσία του φαινομένου του ολικού παγετού, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας να διατηρείται κάτω από τους 0°C. Οι απόλυτα ελάχιστες θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες από τους -20°C και πολλές φορές η λίμνη και τα ποτάμια παγώνουν. Έχει παρατηρηθεί ότι η λίμνη της Καστοριάς καλύπτεται από πάγο κατά μέσο όρο κάθε διετία για χρονικό διάστημα δέκα ημερών περίπου. Στην έντονη δριμύτητα του χειμώνα συμβάλλουν και οι σφοδροί τοπικοί άνεμοι καθώς και εκείνοι που κατεβαίνουν από τα χιονισμένα βουνά. Οι μέσες θερμοκρασίες αέρα παρουσιάζουν διακυμάνσεις μεταξύ ψυχρών και θερμών μηνών και το γεγονός αυτό είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη αποσαθρώσεων και κατακρημνίσεων.

Η θερμοκρασία το καλοκαίρι πολλές φορές μπορεί να υπερβεί και τους 40°C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα είναι 12,46°C. Η περιοχή είναι γενικά πολύ υγρή τους χειμερινούς μήνες και σχετικά ξηρή τους καλοκαιρινούς. Η σχετική υγρασία του αέρα κατά τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο-Φεβρουάριο φτάνει από 80%, ενώ τους θερινούς μήνες κυμαίνεται σε ποσοστά 50-55%. Επίσης η νέφωση που παρατηρείται στην περιοχή αυτή είναι μεγάλη. Ενδεικτικά: 6 βαθμοί της κλίμακας 1-10 από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο, 2 βαθμοί τον Ιούλιο -Αύγουστο. Συνολικά δηλαδή παρουσιάζει 80 αίθριες και 90 νεφοσκεπείς ημέρες ετησίως. Οι συχνότεροι άνεμοι είναι αυτοί του βόρειου τομέα με διεύθυνση από ΒΔ προς ΒΑ. Η συχνή μεταβολή της διεύθυνσης και της έντασης των ανέμων είναι αποτέλεσμα του πολύπλοκου αναγλύφου και των ισοβαρικών συστημάτων που επικρατούν στην περιοχή. Το ετήσιο βροχομετρικό ύψος κυμαίνεται από 600 έως 800 χιλιοστά (mm) στα πεδινά, στα ορεινά υπερβαίνει τα 1.200-1.400 χιλιοστά (mm) ενώ πάνω στη λίμνη είναι 599 χιλιοστά (mm). Η εξάτμιση είναι 738 χιλιοστά (mm). Τέλος οι χιονοπτώσεις είναι συνηθισμένο φαινόμενο κατά την ψυχρή εποχή, ιδίως στα ορεινά και έχει

παρατηρηθεί ότι σημαντικό μέρος των κατακρημνισμάτων πέφτει με τη μορφή χιονιού. Κατά τη θερμή εποχή του έτους συχνό φαινόμενο αποτελούν οι καταιγίδες, θερμικής προέλευσης.



Εικόνα 5.1 : Άποψη της παγωμένης λίμνης

5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ

Στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας η ψυχρή και υγρή περίοδος αρχίζει το μήνα Οκτώβριο και για αυτό το λόγο ως αρχή του υδρολογικού έτους θεωρήσαμε το μήνα αυτό.

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του αέρα χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τους 4 μετεωρολογικούς σταθμούς που λειτουργούν στην περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς. Τα δεδομένα αυτά έχουν ληφθεί ως εξής :

- 1) Σταθμός Καστοριάς (ΥΓ) από το έτος 1964 έως 1993
- 2) Σταθμός Καστοριάς (ΔΕΗ) από το έτος 1962 έως το 1991
- 3) Σταθμός Λιμνοχωρίου από το έτος 1962 έως το 1993
- 4) Σταθμός Τροπαιούχου από το έτος 1969 έως το έτος 1993.

Επειδή όμως οι δύο μόνο σταθμοί από τους τέσσερις [Καστοριά (ΥΓ) και Καστοριά (ΔΕΗ)] βρίσκονται μέσα στη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας της λεκάνης απορροής συμπίπτουν με τις τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν από το σταθμό Καστοριάς (ΥΓ). Οι δύο σταθμοί που λειτουργούν στην Καστοριά παρατηρείται ότι έχουν παραπλήσιες τιμές θερμοκρασίας με τη διαφορά ότι ο σταθμός Καστοριάς (ΥΓ) έχει πραγματοποιήσει καταγραφές για περισσότερα έτη.

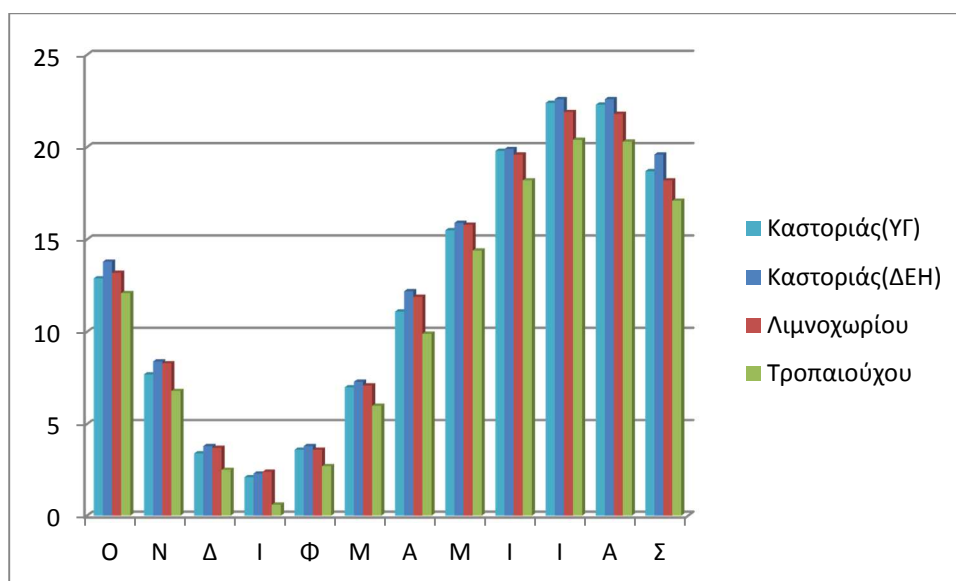
Στις περιπτώσεις, όπου παρατηρείται έλλειψη στοιχείων σε όλους τους σταθμούς της περιοχής, για τις ανάγκες του υπολογισμού οι τιμές που λείπουν αντικαταστάθηκαν από τις αντίστοιχες μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας.

Πίνακας 5.1 : Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες σε °C στους 4 σταθμούς καταγραφής για τη χρονική περίοδο 1961-1994, (Σακκάς, 1994)

Μ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
Καστοριάς (ΥΓ)	12,9	7,7	3,4	2,1	3,6	7,0	11,1	15,5	19,8	22,4	22,3	18,7
Καστοριάς (ΔΕΗ)	13,8	8,4	3,8	2,3	3,8	7,3	12,2	15,9	19,9	22,6	22,6	19,6
Λιμνοχω- ρίου	13,2	8,3	3,7	2,4	3,6	7,1	11,9	15,8	19,6	21,9	21,8	18,2
Τροπαιού- χου	12,1	6,8	2,5	0,6	2,7	6,0	9,9	14,4	18,2	20,4	20,3	17,1

Πίνακας 5.2 : Μέσες ετήσιες θερμοκρασίες σε °C στους 4 σταθμούς καταγραφής, (Σακκάς, 1994)

ΈΤΗ	Μ. ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ
1961-94	Καστοριάς (ΥΓ)	12,2
1961-94	Καστοριάς (ΔΕΗ)	12,7
1961-94	Λιμνοχωρίου	12,3
1961-94	Τροπαιούχου	10,9

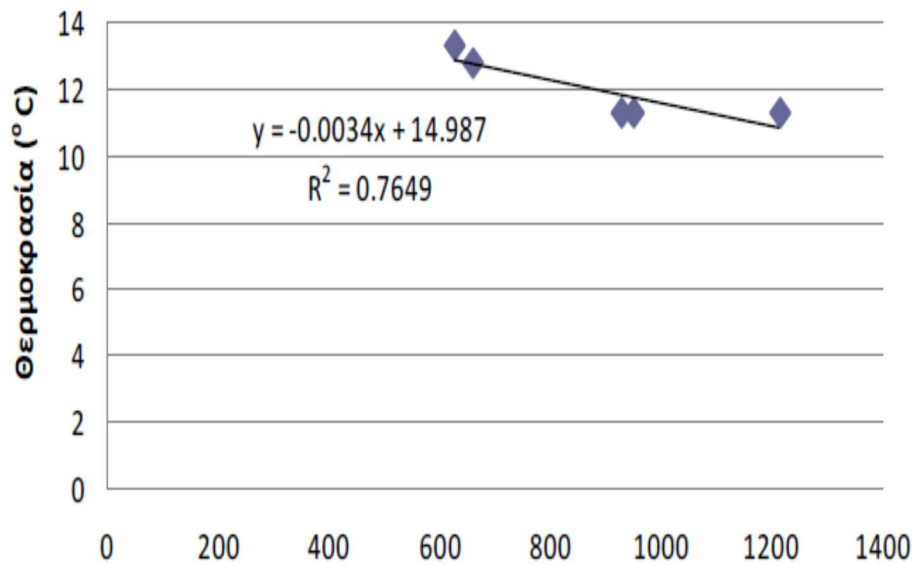


Σχήμα 5.1 : Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στους 4 σταθμούς

Από τον πίνακα 5.1 και το σχήμα 5.1, διαπιστώνουμε ότι τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 0,6- 3,8 °C. Από τους μήνες Μάρτιο έως Αύγουστο παρατηρείται συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας που φτάνει έως και τους 23 °C. Από το Σεπτέμβριο έως και το Δεκέμβριο παρατηρείται σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας. Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος ενώ θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα είναι αντιστρόφως ανάλογη με το υψόμετρο, δηλαδή όσο αυξάνεται το υψόμετρο, τόσο ελαττώνεται η θερμοκρασία. Ο ρυθμός μεταβολής της σύμφωνα με τα στοιχεία του Βαφειάδη (1983), παρουσιάζει μία μέση τιμή 0,64 °C ανά 100 m και αποτελεί τη “θερμοβαθμίδα”. Με βάση νεότερα στοιχεία της περιόδου 1991-2001 που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του αέρα στους σταθμούς εντός της λεκάνης απορροής (Καστοριά και Βυσσινιάς) καθώς και εκτός αυτής (Νεστόριο, Κλεισούρα και Άργος Ορεστικό) βρέθηκε ότι η σχέση που συνδέει το υψόμετρο με τη θερμοκρασία για την λεκάνη απορροής είναι :

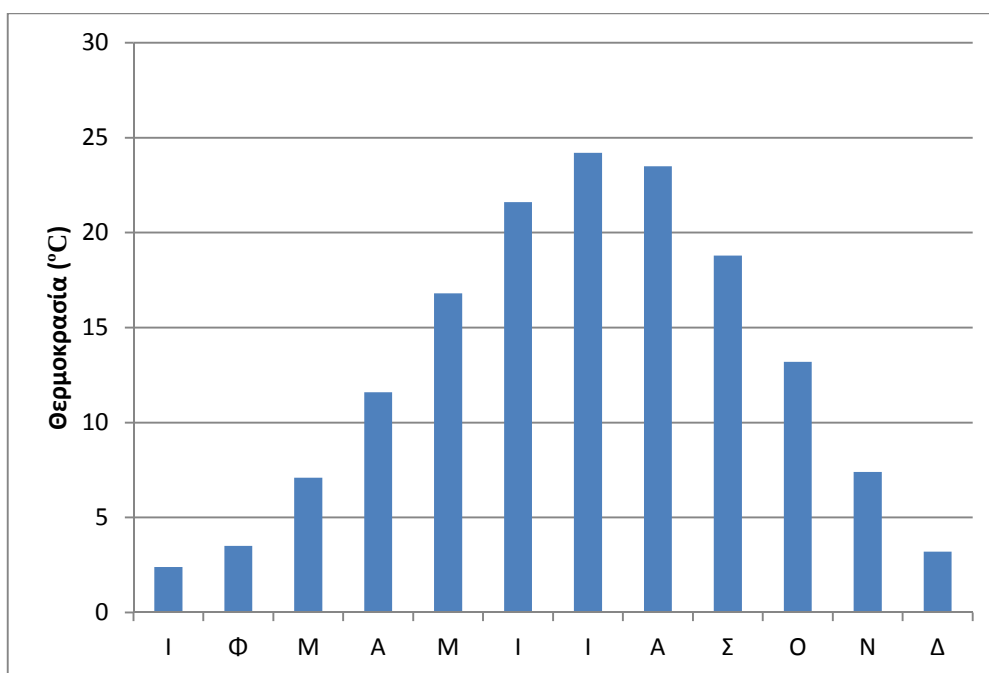
$$y = -0,0034x + 14,987, \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,76 \text{ (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)}$$



Σχήμα 5.2 : Σχέση υψομέτρου και θερμοκρασίας (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Πίνακας 5.3 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία °C στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2011, (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

Σταθμός	Καστοριά
Ι	2,4
Φ	3,5
Μ	7,1
Α	11,6
Μ	16,8
Ι	21,6
Ι	24,2
Α	23,5
Σ	18,8
Ο	13,2
Ν	7,4
Δ	3,2
Μ.Ο.	12,76



Σχήμα 5.3 : Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2011

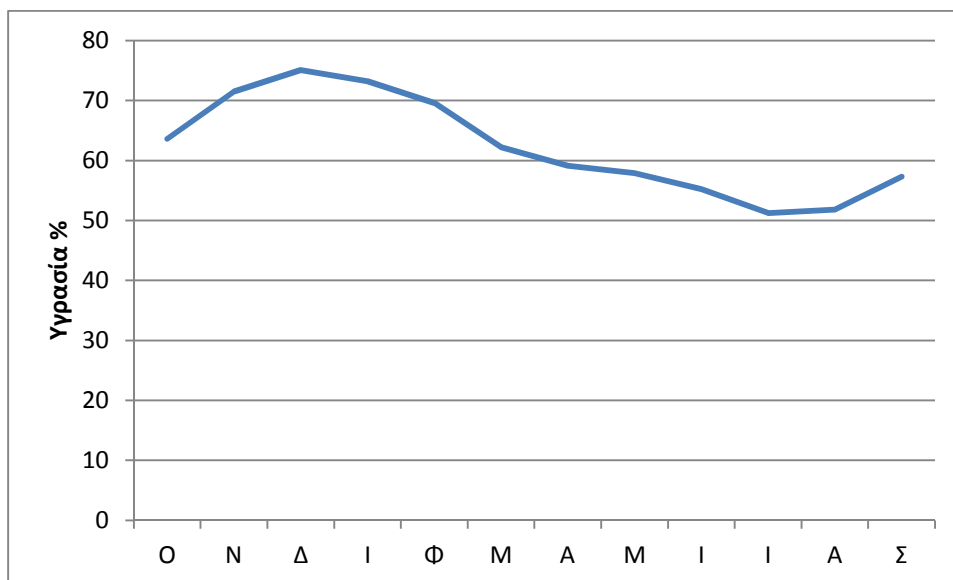
Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε μία ποσότητα υδρατμών, οι οποίοι αποτελούν την ατμοσφαιρική υγρασία. Πηγή όλων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων αποτελεί η ατμοσφαιρική υγρασία, καθώς επίσης και παράγοντα που επιδρά σημαντικά στην εξάτμιση και τη διαπνοή των φυτών. Άρα η επίδραση της σχετικής υγρασίας στην εξέλιξη του υδρολογικού κύκλου είναι σημαντική.

Η σχετική υγρασία ορίζεται ως η επί τοις εκατό αναλογία της υπάρχουσας ποσότητας υδρατμών σε ένα χώρο, προς την ποσότητα που είναι δυνατόν να συγκρατήσει ο χώρος αυτός κάτω από συνθήκες κορεσμού στην ίδια θερμοκρασία.

Στην περιοχή μελέτης υπάρχει ένας μόνο σταθμός που καταγραφεί τις τιμές της σχετικής υγρασίας και είναι ο σταθμός Καστοριάς (ΔΕΗ). Επειδή ο σταθμός είναι ένας είναι φυσικό να υπάρχουν κάποια κενά στις μηνιαίες μετρήσεις, τα οποία όμως για τις ανάγκες του υπολογισμού πραγματοποιείται αντικατάσταση αυτών με την αντίστοιχη μέση μηνιαία τιμή.

Πίνακας 5.4 : Μέσες μηνιαίες τιμές σχετικής υγρασίας % στο σταθμό Καστοριάς για τα έτη 1961-1991, (Δ.Ε.Η.)

Μήνες	Μέση Μηνιαία Σ.Υ
Οκτώβριος	63,6
Νοέμβριος	71,5
Δεκέμβριος	75,1
Ιανουάριος	73,2
Φεβρουάριος	69,6
Μάρτιος	62,2
Απρίλιος	59,1
Μάιος	57,9
Ιούνιος	55,2
Ιούλιος	51,2
Αύγουστος	51,8
Σεπτέμβριος	57,3
Μέση Ετήσια	62,3



Σχήμα 5.4 : Ετήσια πορεία της μέσης σχετικής υγρασίας στο σταθμό Καστοριάς (1961-1991)

Η σχετική υγρασία αέρος παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές της τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο και τις ελάχιστες τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η πορεία που ακολουθεί η σχετική υγρασία είναι αντίθετη από εκείνη της θερμοκρασίας

αέρος και παρουσιάζει πτώση σχετικά έντονη από την άνοιξη λόγω της συνεχούς αύξησης της θερμοκρασίας.

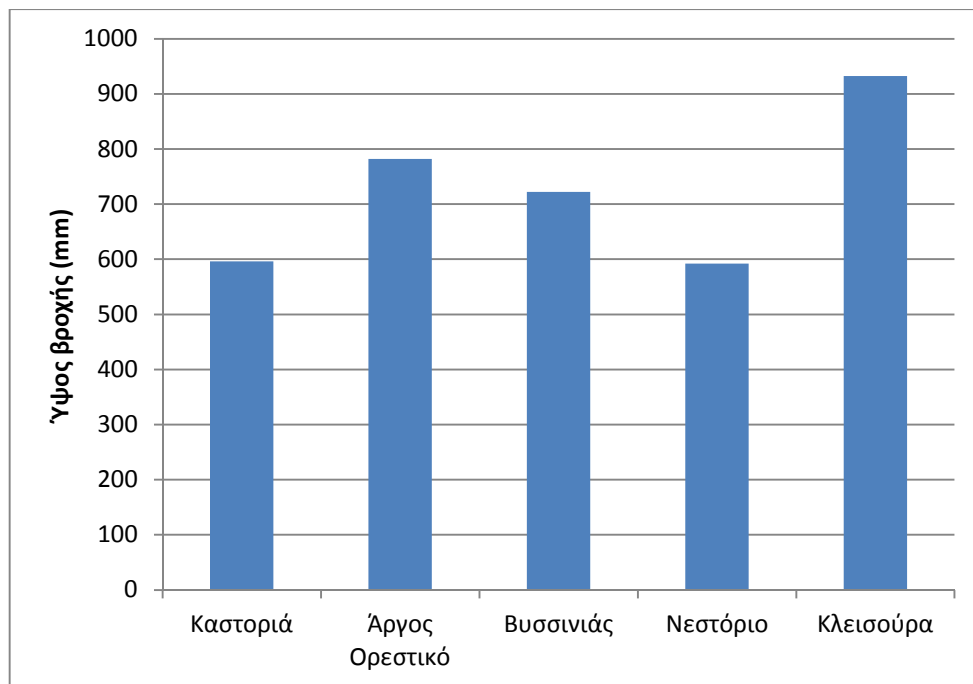
5.3 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς είναι τοποθετημένοι 15 βροχομετρικοί σταθμοί, από τους οποίους οι περισσότεροι έχουν καταγεγραμμένες παρατηρήσεις για είκοσι χρόνια τουλάχιστον. Ωστόσο η υδρολογική λεκάνη περιλαμβάνει τέσσερις βροχομετρικούς σταθμούς. Αυτοί είναι τοποθετημένοι ως εξής : ένας στην περιοχή Βυσσινιά και τρεις στην πόλη της Καστοριάς οι οποίοι ανήκουν ανά ένας, στο Υπουργείο Γεωργίας (ΥΓ), στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) και στο Υπουργείο Δημοσίων Έργων (ΥΔΕ) .

Οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αφορούν την περίοδο 1991-2001 σε πέντε βροχομετρικούς σταθμούς (Καστοριάς, Άργους Ορεστικού, Βυσσινιάς, Νεστόριο, Κλεισούρα) έτσι ώστε να υπολογιστεί ο συνολικός όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς. Το υδρολογικό έτος αντιστοιχεί σε χρονική περίοδο ίση με αυτή του ημερολογιακού έτους, με τη διαφορά ότι η ημερομηνία έναρξης αυτού είναι διαφορετική από το ημερολογιακό. Η ημερομηνία έναρξης του υδρολογικού έτους πρέπει να συμπίπτει με την έναρξη της βροχερής περιόδου, για αυτό και στην Ελλάδα αρχίζει από την 1^η Οκτωβρίου και τελειώνει στις 30 Σεπτεμβρίου.

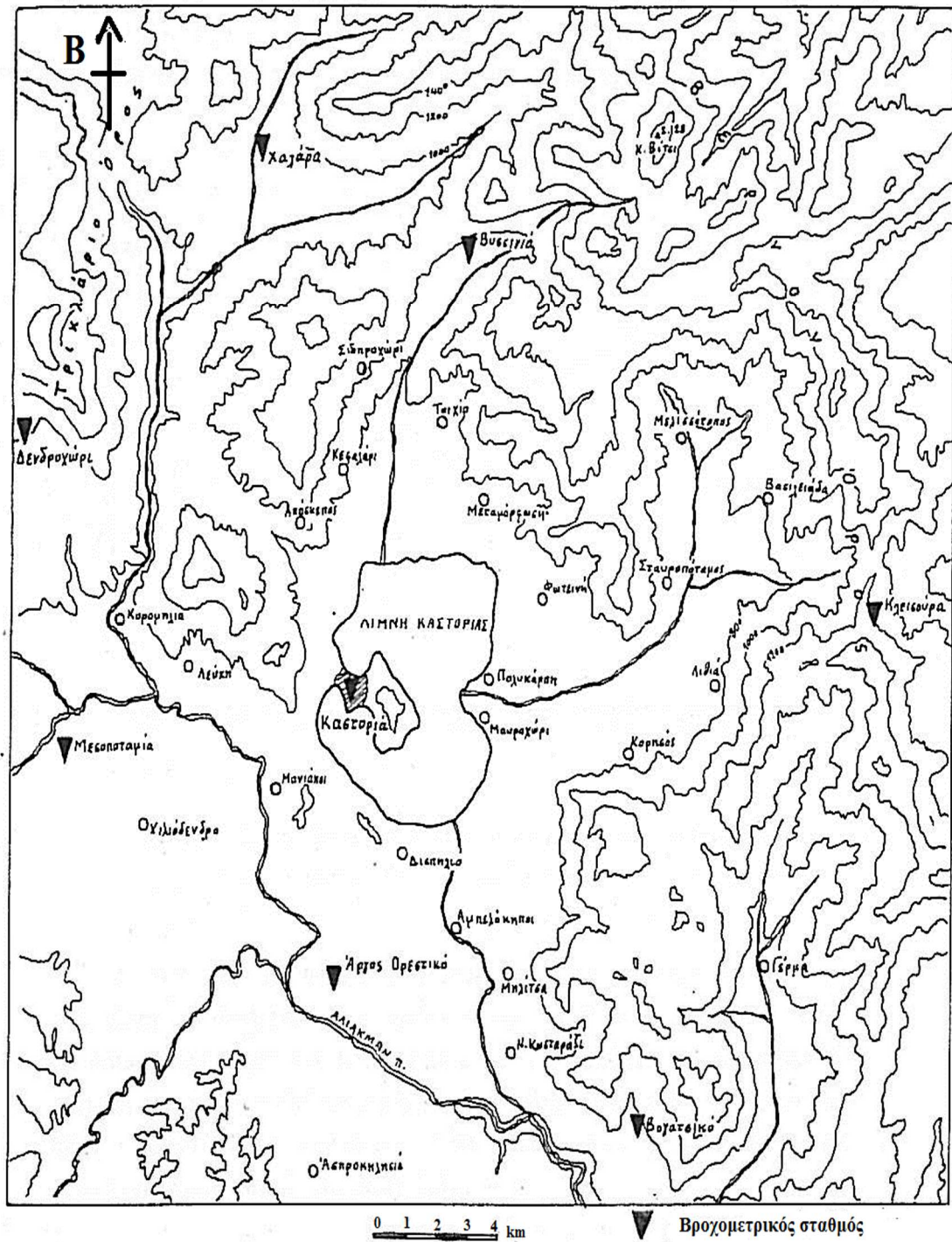
Πίνακας 5.5 : Στοιχεία βροχομετρικών σταθμών της λεκάνης απορροής (Δ.Ε.Η.)

Βροχομετρικός Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία (°C)	Μέσο Ετήσιο Ύψος Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων(mm)
Καστοριά	627	13,3	596,3
Άργος Ορεστικό	658	12,8	781,9
Βυσσινιάς	925	11,3	722,3
Νεστόριο	950	11,3	592,1
Κλεισούρα	1213	11,3	932,1



Σχήμα 5.5 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων ετήσιων τιμών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (mm) στους πέντε σταθμούς

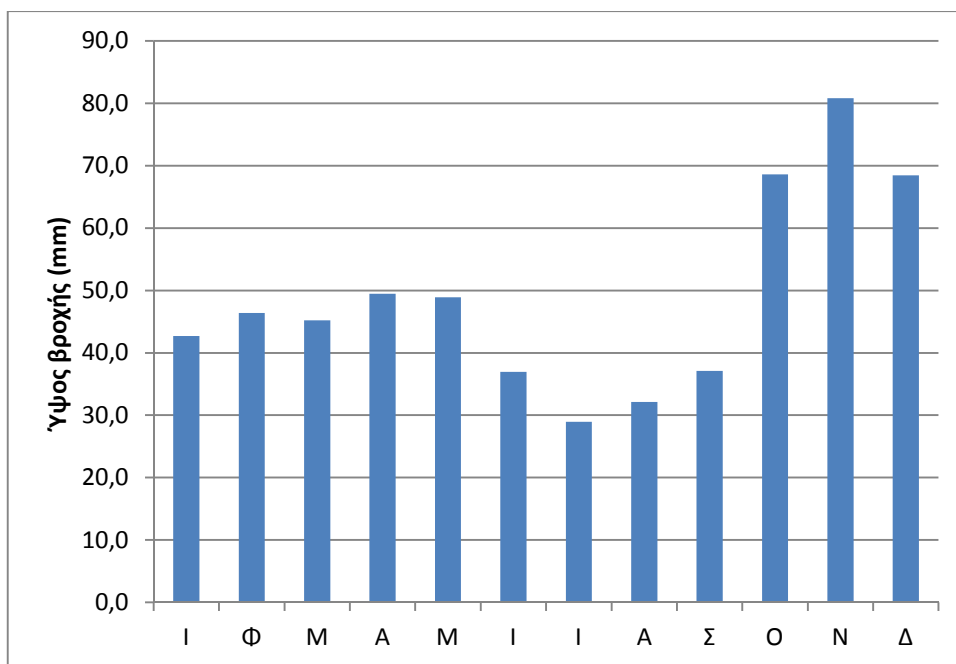
Στον πίνακα 5.6 δίνονται αναλυτικά τα στοιχεία του μηνιαίου ύψους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων για το σταθμό Καστοριάς για μεγαλύτερη χρονική περίοδο από το 1981 μέχρι το 2010 τα οποία έχουν παραχωρηθεί από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.



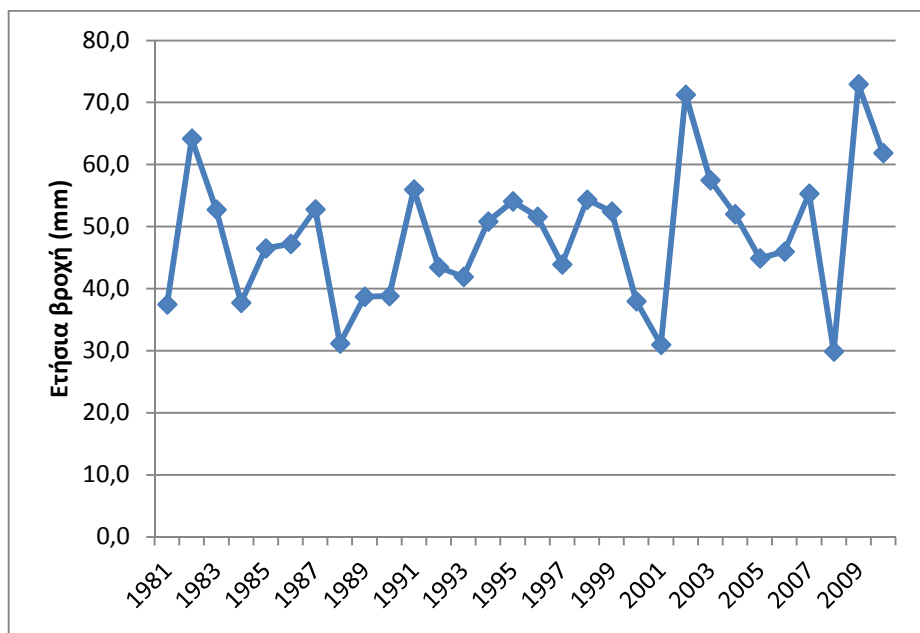
Σχήμα 5.6 : Βροχομετρικοί σταθμοί περιοχής Καστοριάς (Βαφειάδης, 1983)

Πίνακας 5.6 : Μέσο μηνιαίο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (mm) στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2010 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

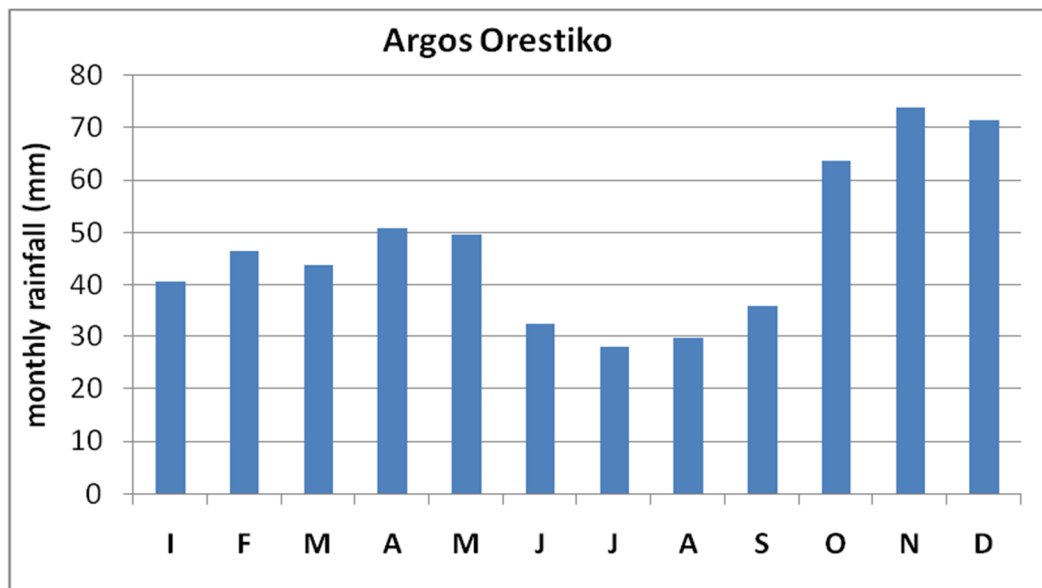
ΕΤΟΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
1981	24,4	47,3	42,7	55,6	38,2	16,9						
1982	18,7	33,6	44,7	107,7	51,0	3,6	13,5	103,5	78,4	121,3	121,9	72,6
1983	17,3	21,8	41,4	24,5	66,8	92,9	107,8	27,1	68,4	34,6	83,0	47,3
1984	62,0	101,9	59,0	63,3	16,7	12,7	1,0	21,7	15,7	17,1	58,3	23,6
1985	54,2	16,0	66,6	65,1	85,9	1,7	3,5		6,6	22,0	168,1	21,9
1986	48,6	107,4	51,0	17,3	76,2	104,9	19,2	21,6	8,9	34,1	55,2	22,1
1987	89,5	48,6	99,4	49,1	79,3	12,0	10,9	7,7	12,2	103,2	82,6	38,8
1988	34,0	24,4	24,8	42,5	10,8	28,9	8,6	2,8	13,4	30,2	109,9	44,2
1989		32,2	26,1	12,3	53,8	16,1	52,6	2,0	15,4	64,5	80,8	70,1
1990	0,1	9,0	8,6	42,7	61,4	4,7	1,0	53,2	14,7	22,5	85,9	161,9
1991	9,7	102,9	44,0	129,3	68,6	15,6		51,2			77,8	5,0
1992	16,4	7,0	10,9	92,5	36,7	81,4	36,5	0,4	11,6	105,2	47,5	75,7
1993	24,7	26,4	42,7	23,5	53,7	18,9	0,0	21,7	15,1	71,4	148,6	56,3
1994	105,0	96,0	24,5	35,0	26,1	1,5	31,3	36,3	19,6	59,2	67,9	107,4
1995	60,2	46,0	51,8	42,4	75,5	8,1	49,1	64,0	33,2		36,5	128,0
1996	67,1	73,8	70,3	18,6	45,6	29,9	50,4	28,1	53,6	58,2	57,7	66,3
1997	19,2	20,3	31,0	50,5	3,4	12,9	31,6	55,3	34,4	119,2	68,8	80,4
1998	14,5	51,7	17,5	12,5	97,2	25,8	12,8	15,1	116,0	46,1	168,4	74,7
1999	51,1	59,9	67,5	43,3	14,1	36,0	51,8	31,8	28,4	35,6	124,9	85,1
2000	15,3	54,9	39,7	23,7	59,3	63,1	9,2	63,6	6,3	63,6	43,8	13,2
2001	36,7	28,2	11,2	81,2	25,3	9,2	35,3	20,5	8,9	8,8	32,9	73,5
2002	18,9	11,0	59,7	82,4	67,0	25,0	71,6	34,0	177,7	93,0	25,2	189,4
2003	89,4	36,2	13,6	55,2	66,0	57,6	34,2	17,3	36,0	178,1	45,2	60,9
2004	79,2	10,9	43,9	80,0	61,1	100,5	17,7	8,0	46,7	76,0	52,2	48,3
2005	44,5	61,6	70,3	11,8	35,4	31,2	20,1	28,2	43,3	17,3	59,2	115,9
2006	62,2	74,6	62,7	53,9	12,3	60,1	32,1	32,9	45,5	54,3	30,7	30,4
2007	20,2	33,9	70,7	32,8	48,3	93,9		14,2	12,7	119,6	108,3	54,1
2008	10,6	15,4	39,2	57,9	27,7	23,2	0,0	7,4	69,5	47,7		
2009	100,4	21,8	62,3	47,2	52,1	65	22,5	121,7	8,6	113,2	144,5	116,5
2010	43,6	116,7	59,1	29,8	50,9	55,3	57,1	8,3	38,4	135,4	76,4	71,5



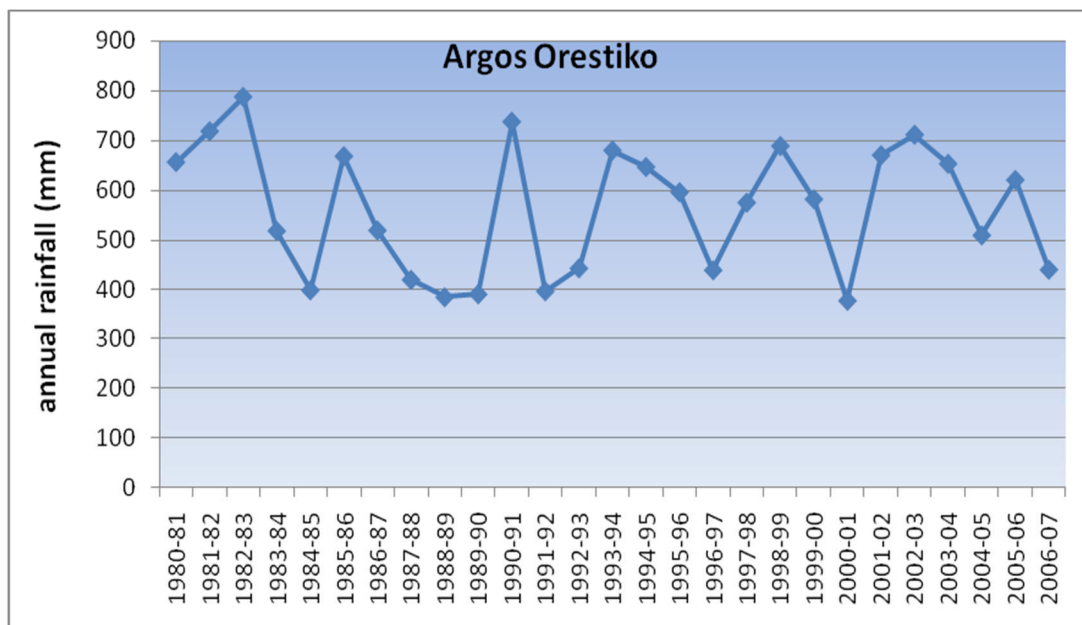
Σχήμα 5.7 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Καστοριάς για το χρονικό διάστημα 1981-2010



Σχήμα 5.8 : Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Καστοριάς για το χρονικό διάστημα 1981-2010



Σχήμα 5.9 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης στο σταθμό του Άργους Ορεστικού για τη χρονική περίοδο 1980-2007 (Ε.Μ.Υ.)

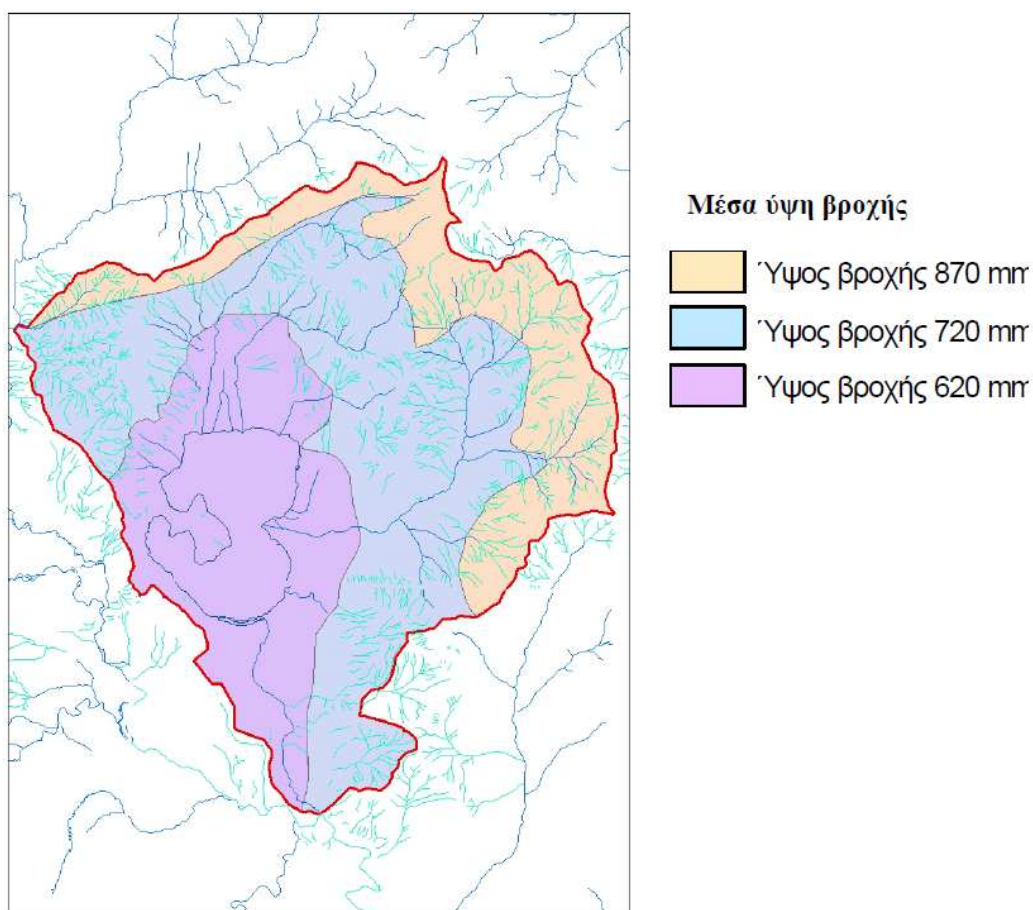


Σχήμα 5.10 : Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης στο σταθμό Άργους Ορεστικού για τη χρονική περίοδο 1980-2007 (Ε.Μ.Υ.)

5.3.1 Κατανομή των βροχοπτώσεων

Σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983), οι βροχοπτώσεις στην επιφάνεια της υδρολογικής λεκάνης, ανάλογα με το υψόμετρο κατανέμονται σε τρεις ζώνες. Τα δεδομένα αυτά είναι παρεμφερή και με νεότερα βροχομετρικά δεδομένα, με τα ρέματα που βρίσκονται στις ζώνες αυτές και τα ύψη βροχής στους βροχομετρικούς σταθμούς.

Έτσι το σχήμα που προκύπτει έχει την εξής μορφή :

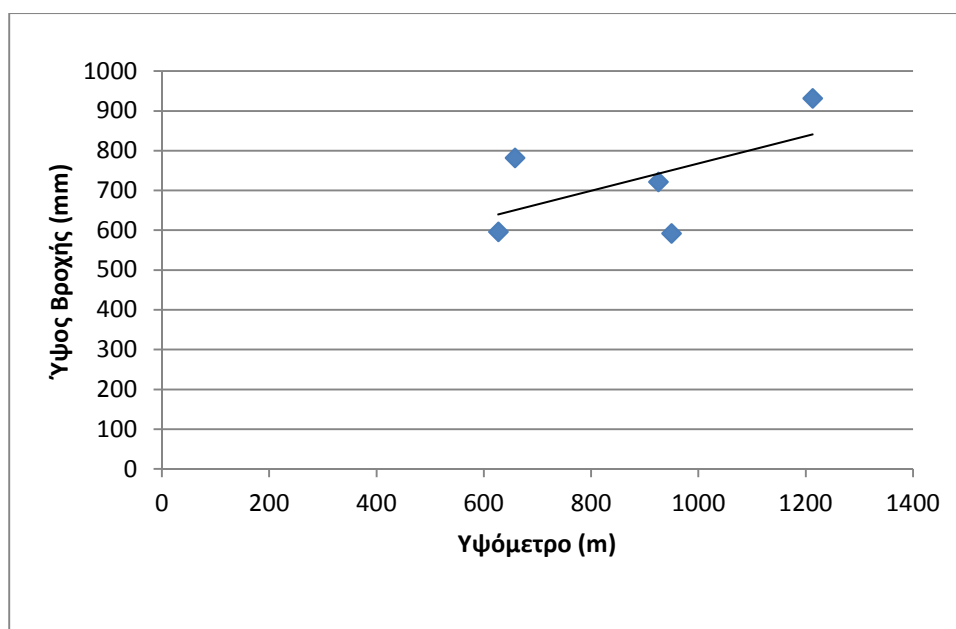


Σχήμα 5.11 : Κατανομή των βροχοπτώσεων σε ζώνες

5.3.2 Σχέση ύψους βροχόπτωσης και υψομέτρου

Το υψόμετρο αποτελεί παράγοντα ο οποίος επηρεάζει άμεσα και σημαντικά το ετήσιο ύψος των βροχοπτώσεων P . Για να υπολογιστεί η βροχοβαθμίδα εφαρμόστηκε η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων με σκοπό να υπολογιστούν οι συντελεστές α και β της μαθηματικής έκφρασης της μορφής : $P = \alpha \cdot H + \beta$, όπου το H αντιστοιχεί στο υψόμετρο και το P στο μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων. Βασιζόμενοι στα δεδομένα βρέθηκε ότι προκύπτει η εξής σχέση :

$$P(\text{mm}) = 0,5785 \times H(\text{m}) + 217,95 \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,98$$

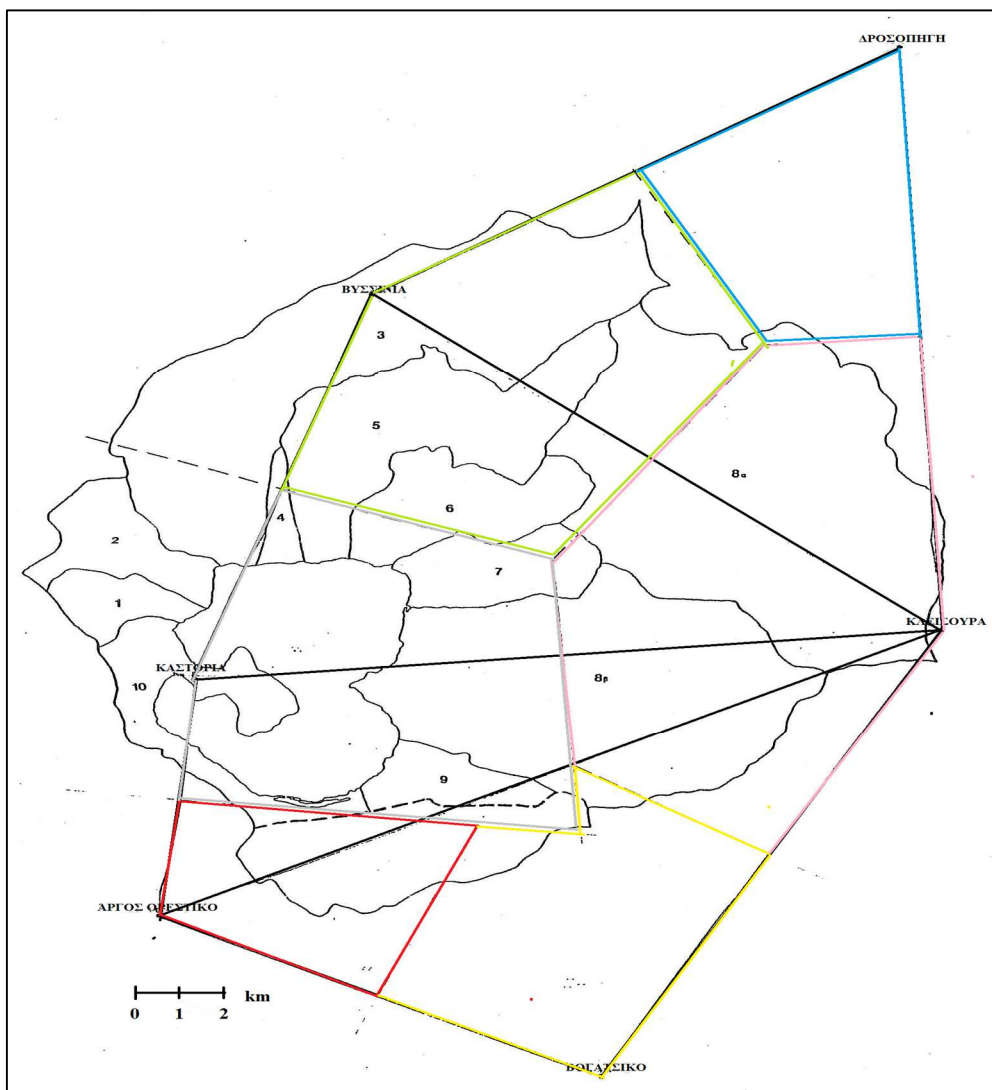


Σχήμα 5.12 : Γραμμική συσχέτιση ύψους βροχής και υψομέτρου

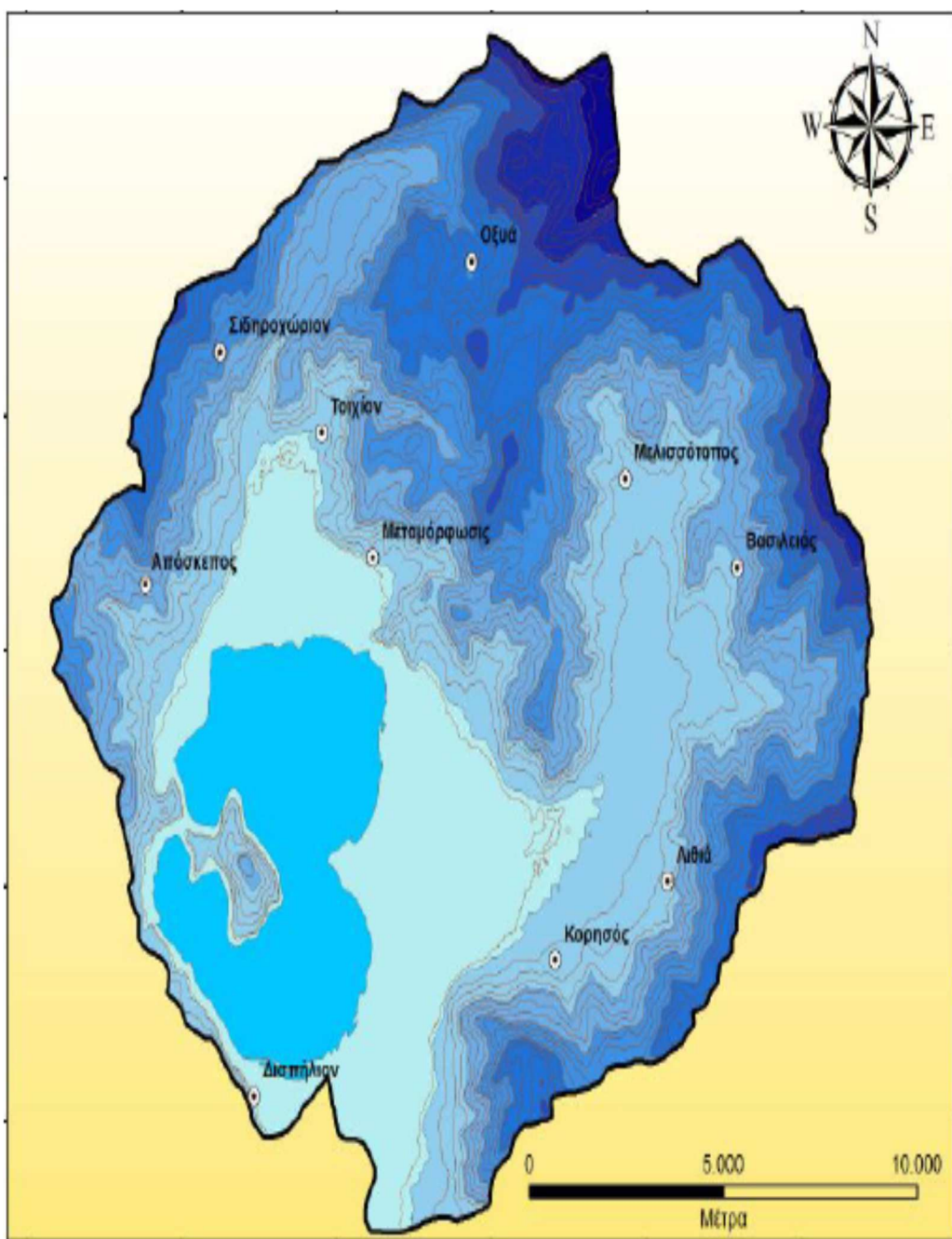
Τέλος, ο Βαφειάδης, (1983) λαμβάνοντας υπ' όψιν επτά βροχομετρικούς σταθμούς στην ευρύτερη περιοχή, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η παρούσα περιοχή μελέτης, προσδιόρισε τη σχέση : $P(\text{mm}) = 0,29 \times H(\text{mm}) + 415,2$ ($R^2 = 0,74$), για τη χρονική περίοδο 1968-1980.

5.3.3 Προσδιορισμός του όγκου νερού από βροχόπτωση

Για την επίτευξη του προσδιορισμού της βροχόπτωσης στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen (σχήμα 5.13), η οποία μπορεί να είναι απλή στην εφαρμογή της, παρουσιάζει όμως κάποια μειονεκτήματα όπως ότι δε λαμβάνει υπ' όψιν το εδαφικό ανάγλυφο και την επικείμενη αλλαγή των τριγώνων και των πολυγώνων Thiessen εάν προστεθεί ή αφαιρεθεί ένας σταθμός στην περιοχή μελέτης. Για τους παραπάνω λόγους για τον υπολογισμό του όγκου νερού από βροχόπτωση χρειάστηκε να υπολογιστεί πρώτα η βροχοβαθμίδα. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας την επιφάνεια μεταξύ δύο ισοϋψών με το μέσο ύψος βροχόπτωσης που της αντιστοιχεί, βασιζόμενοι στη βροχοβαθμίδα και αθροίζοντας τα μερικά γινόμενα καταλήγουμε στον υπολογισμό του όγκου νερού από βροχόπτωση που δέχεται η λεκάνη (Πίνακας 5.7).



Σχήμα 5.13 : Πολύγωνα Thiessen (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)



Σχήμα 5.14 : Βροχομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Πίνακας 5.7 : Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται η λεκάνη

Ισοϋετείς	Μέσο Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Όγκος Νερού (x10 ⁶ m ³)
566-600	583	75,5	44
600-700	650	62,8	40,8
700-800	750	48,8	36,6
800-900	850	37,2	31,6
900-1000	950	33,3	31,6
1000-1100	1050	10,8	11,4
1100-1200	1150	7,4	8,5
1200-1300	1250	2,3	2,9
		278,1	207,4

5.4 Η ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ

Η εξάτμιση από ελεύθερες επιφάνειες νερού, όπως η λίμνη της Καστοριάς καθώς και η εξατμισιδιαπνοή που πραγματοποιείται από το έδαφος και τα φυτά με τη διαπνοή, αποτελούν σημαντικές παραμέτρους που υπεισέρχονται στην εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου κάθε υδρολογικής λεκάνης.

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την εξάτμιση από μια επιφάνεια είναι σύμφωνα με τον Σούλιο (1986):

- Η θερμοκρασία του νερού και της ατμόσφαιρας άρα κατ' επέκταση και η ηλιοφάνεια
- Η ταχύτητα του ανέμου που απομακρύνει κορεσμένες μάζες αέρα
- Η ατμοσφαιρική πίεση
- Η ποσότητα των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα
- Η χημική ποιότητα του νερού
- Η ιδιομορφία που παρουσιάζει το έδαφος και δημιουργεί τις επιφάνειες εξάτμισης.

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν τη διαπνοή σύμφωνα πάλι με τον Σούλιο (1986), είναι οι εξής:

- Η εξατμιστική δυνατότητα της ατμόσφαιρας
- Οι κλιματολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη φυσιολογία των φυτών

- Η υγρασία του εδάφους
- Η πυκνότητα της βλάστησης, το είδος των φυτών και η ηλικία τους

Στην περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς είναι τοποθετημένοι δύο σταθμοί μέτρησης των τιμών της εξάτμισης. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται ο ένας στην Καστοριά (ΔΕΗ) και ο άλλος στον Τροπαιούχο. Οι τιμές της εξάτμισης από το σταθμό της Καστοριάς έχουν μετρηθεί με εξατμισίμετρο διαμέτρου 115 cm εκτός κλωβού. Ο σταθμός Τροπαιούχου βρίσκεται έξω από τη λεκάνη απορροής οπότε η συσχέτιση του με το σταθμό της Καστοριάς δεν είναι ικανοποιητική. Οπότε για τον καθορισμό της εξάτμισης θα χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις από το σταθμό της Καστοριάς.

Επειδή όμως οι ενδείξεις του εξατμισίμετρου υπερεκτιμούν την πραγματική εξάτμιση είναι αναγκαίο να γίνει διόρθωση των ενδείξεων χρησιμοποιώντας κατάλληλους συντελεστές μετατροπής, τους Συντελεστές Λεκάνης. Στην προκειμένη περίπτωση οι μόνοι γνωστοί συντελεστές μετατροπής της μηνιαίας εξάτμισης λεκάνης σε μηνιαία εξάτμιση λίμνης είναι εκείνοι που προσδιορίστηκαν με μετρήσεις στη Λίμνη Μαραθώνα (ΔΕΗ, 1974). Ο Βαφειάδης λαμβάνει υπόψη ένα συντελεστή εξατμισίμετρου λεκάνης με τιμή 0,7. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές που καθορίστηκαν από τη ΔΕΗ (1974) και δίνονται στον πίνακα 5.8 παρακάτω :

Πίνακας 5.8 : Συντελεστές λεκάνης (Δ.Ε.Η., 1974)

Μήνας	Συντελεστής Λεκάνης	Μήνας	Συντελεστής Λεκάνης
Οκτώβριος	0,85	Απρίλιος	0,49
Νοέμβριος	1,33	Μάιος	0,47
Δεκέμβριος	1,47	Ιούνιος	0,57
Ιανουάριος	1,07	Ιούλιος	0,63
Φεβρουάριος	0,67	Αύγουστος	0,71
Μάρτιος	0,63	Σεπτέμβριος	0,85

Οι τιμές της μέσης μηνιαίας εξάτμισης που μετρήθηκαν για περίοδο 33 ετών από το 1961-1994 στη λεκάνη εξάτμισης του σταθμού Καστοριάς (ΔΕΗ) και στη Λίμνη μετά από τη χρήση των συντελεστών, δίνονται στον πίνακα 5.9 :

Πίνακας 5.9 : Τιμές μέσης μηνιαίας εξάτμισης (mm) στο σταθμό Καστοριάς (E_f) και στη Λίμνη (E_f') για την περίοδο 1961-94 (Σακκάς, 1994)

Μήνας	Μηνιαία Εξάτμιση στο σταθμό Καστοριάς	Συντελεστής Λεκάνης	Μηνιαία Εξάτμιση στη Λίμνη Καστοριάς
Οκτώβριος	77,3	0,85	65,7
Νοέμβριος	43,2	1,33	57,5
Δεκέμβριος	28,4	1,47	41,7
Ιανουάριος	19,6	1,07	21,0
Φεβρουάριος	32,0	0,67	21,5
Μάρτιος	61,9	0,63	39,0
Απρίλιος	97,0	0,49	47,5
Μάιος	136,7	0,47	64,3
Ιούνιος	168,8	0,57	96,2
Ιούλιος	208,5	0,63	131,4
Αύγουστος	193,9	0,71	137,7
Σεπτέμβριος	127,9	0,85	108,7
Σύνολο	1195,2		832,2

Εν κατακλείδι σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα η μέση ετήσια τιμή εξάτμισης στη λίμνη της Καστοριάς E_f' ανέρχεται σε 832,2 mm, ή $23,2 \times 10^6 \text{ m}^3$.

5.4.1 Προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής

Για τον προσδιορισμό της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι υπολογισμού όπως οι Thornthwaite-Mather (1955), Turc (1951), Coutagne (1954), Kessler (1965), Serra (1954) κ.α. Η πραγματική εξατμισιοδιαπνοή εκφράζει τη μέγιστη ποσότητα νερού που θα εξατμιζόταν ή θα διαπνεόταν από τα φυτά, αν τα αποθέματα ήταν αρκετά για να αναπληρώσουν τις απώλειες. Σε πολλές ημίξηρες λεκάνες της Ελλάδας ανέρχεται στα 70-85% του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης (Βουδούρης, 2009). Στην παρούσα εργασία δεδομένων και των στοιχείων που είναι διαθέσιμα κρίνεται καταλληλότερη η μέθοδος Turc για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής.

Μέθοδος Turc

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής E_{Π} εκτός από τη θερμοκρασία T όπως συμβαίνει στον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισιδιαπνοής, εισέρχονται και άλλοι παράγοντες όπως αυτός των κατακρημνισμάτων P που θεωρείται και ο κυριότερος παράγοντας που ρυθμίζει την πραγματική εξατμισιδιαπνοή E_{Π} . Συνήθως για τον υπολογισμό της E_{Π} χρησιμοποιείται ο τύπος που πρότεινε ο Turc (1951) :

$$E_{\Pi} = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Όπου : E_{Π} = η πραγματική ετήσια εξατμισιδιαπνοή σε mm

P = το ύψος των ετήσιων κατακρημνισμάτων σε mm

L = $300 + 25 T + 0,05 T^3$

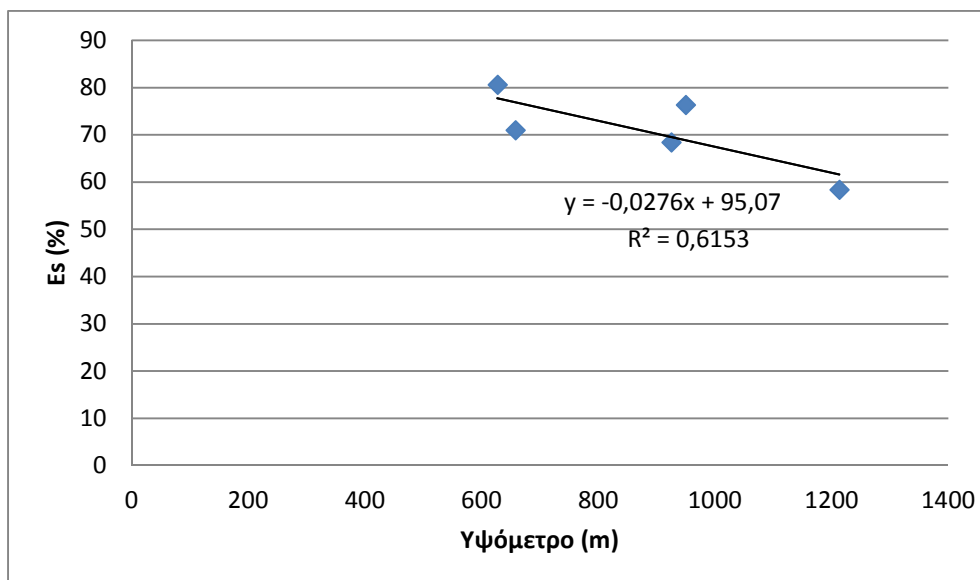
T = η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα σε °C

Κάνοντας τους υπολογισμούς βρέθηκαν τα αποτελέσματα τα οποία παρατίθενται στον πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.10 : Συντελεστής πραγματικής εξατμισιδιαπνοής E_s (%)

Βροχομετρικός Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Μέσο Ετήσιο Ύψος Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (mm)	L	E_s (%)
Καστοριά	627	596,3	750,1	80,6
Άργος Ορεστικό	658	781,9	724,9	71
Βυσσινιάς	925	722,3	654,6	68,4
Νεστόριο	950	592,1	654,6	76,3
Κλεισούρα	1213	932,1	654,6	58,4

Στη συνέχεια ακολουθεί το γράφημα διασποράς (Σχήμα 5.15) το οποίο αντιπροσωπεύει τη σχέση του συντελεστή εξατμισιδιαπνοής E_s με το υψόμετρο και περιγράφεται από την εξίσωση $y = -0,00276x + 95,07$ με $R^2 = 0,6153$.



Σχήμα 5.15 : Σχέση συντελεστή εξατμισιδιαπνοής με το υψόμετρο

Τέλος ο υπολογισμός του όγκου του νερού που εξατμίζεται γίνεται με τη χρήση της παραπάνω εξίσωσης καθώς επίσης και με το μέσο υψόμετρο μεταξύ των ισοϋέτιων. Τα αποτελέσματα ακολουθούν στον πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11 : Υπολογισμός του όγκου νερού που εξατμίζεται από τη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Μέσο Υψόμετρο (m)	Όγκος ατμ. κατακρημνισμάτων στην αντίστοιχη επιφάνεια (10^6 m^3)	Συντελεστής πραγματικής εξατμισιδιαπνοής ES (%)	Όγκος νερού που εξατμίζεται (10^6 m^3)
650	50,96	77,10	39,20
750	27,19	74,30	20,20
850	21,51	71,60	15,40
950	21,61	68,80	14,80
1050	19,53	66,00	12,80
1150	18,78	63,30	11,80
1250	20,11	60,50	12,10
1350	10,72	57,80	6,10
1450	5,280	55,00	2,90
1550	5,740	52,20	2,90
1650	3,370	49,50	1,60
1750	2,110	46,70	0,90
1850	0,480	44,00	0,20
	207,4		140,90

Από τον πίνακα προκύπτει ότι ο όγκος του νερού που εξατμίζεται ανέρχεται στα $140,9 * 10^6 \text{ m}^3$. Στον όγκο αυτό αν συνυπολογιστεί και ο όγκος του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια της λίμνης όπως υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 5.4 και ανέρχεται στα $23,2 * 10^6 \text{ m}^3$ τότε ο συνολικός ετήσιος όγκος του νερού που εξατμίζεται από τη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς υπολογίζεται στα $164,10 * 10^6 \text{ m}^3$. Ο Βαφειάδης υπολόγισε ότι η συνολική εξατμισιδιαπνοή ανέρχεται στα $144,53 * 10^6 \text{ m}^3$.

5.5 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

Με τον όρο "κατείσδυση" εννοούμε το μέρος εκείνο των κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους, φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και προστίθεται στο υπόγειο νερό μετέχοντας έτσι στις κινήσεις του τελευταίου (Σούλιος, 1986).

Αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία για τον καθορισμό της υδροοικονομίας μιας περιοχής γιατί συμβάλλει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων (Βουδούρης, 2009).

Η κατείδδυση εξαρτάται άμεσα από την κλίση του εδάφους (%), τη βροχόπτωση, το είδος της βλάστησης που καλύπτει μια περιοχή καθώς επίσης και το είδος των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από ήπιες κλίσεις ευνοούν την κατείδδυση, ενώ οι περιοχές με έντονες κλίσεις ευνοούν την επιφανειακή απορροή.

Ο συντελεστής κατείδδυσης εκφράζει το ποσοστό των κατακρημνισμάτων που κατειδύουν σε ορισμένο χρόνο (Βαφειάδης, 1983) και υπολογίζεται από τη σχέση (Σούλιος, 1986) :

$$\text{Συντελεστής Κατείδδυσης (\%)} = (I/P) * 100$$

Ο μέσος συντελεστής κατείδδυσης δίνεται από τον τύπο (Σούλιος, 1986):

$$I = (I_1 E_1 + I_2 E_2 + \dots + I_n E_n) / E_{\text{ολ}}$$

Όπου I = ο ενιαίος συντελεστής κατείδδυσης

I_1, I_2, I_n = οι μερικοί κατά πέτρωμα συντελεστές κατείδδυσης

E_1, E_2, E_n = οι επιφάνειες εμφάνισης αντιστοίχων πετρωμάτων

$E_{\text{ολ}}$ = η ολική επιφάνεια της εξεταζόμενης περιοχής

Ο συντελεστής κατείδδυσης παίρνει συγκεκριμένες τιμές ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων ή των σχηματισμών (Πίνακας 5.12).

Πίνακας 5.12 : Χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή κατείδδυσης

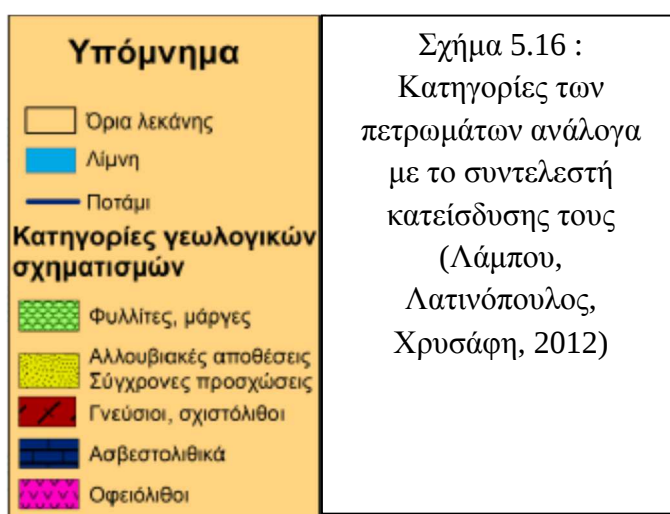
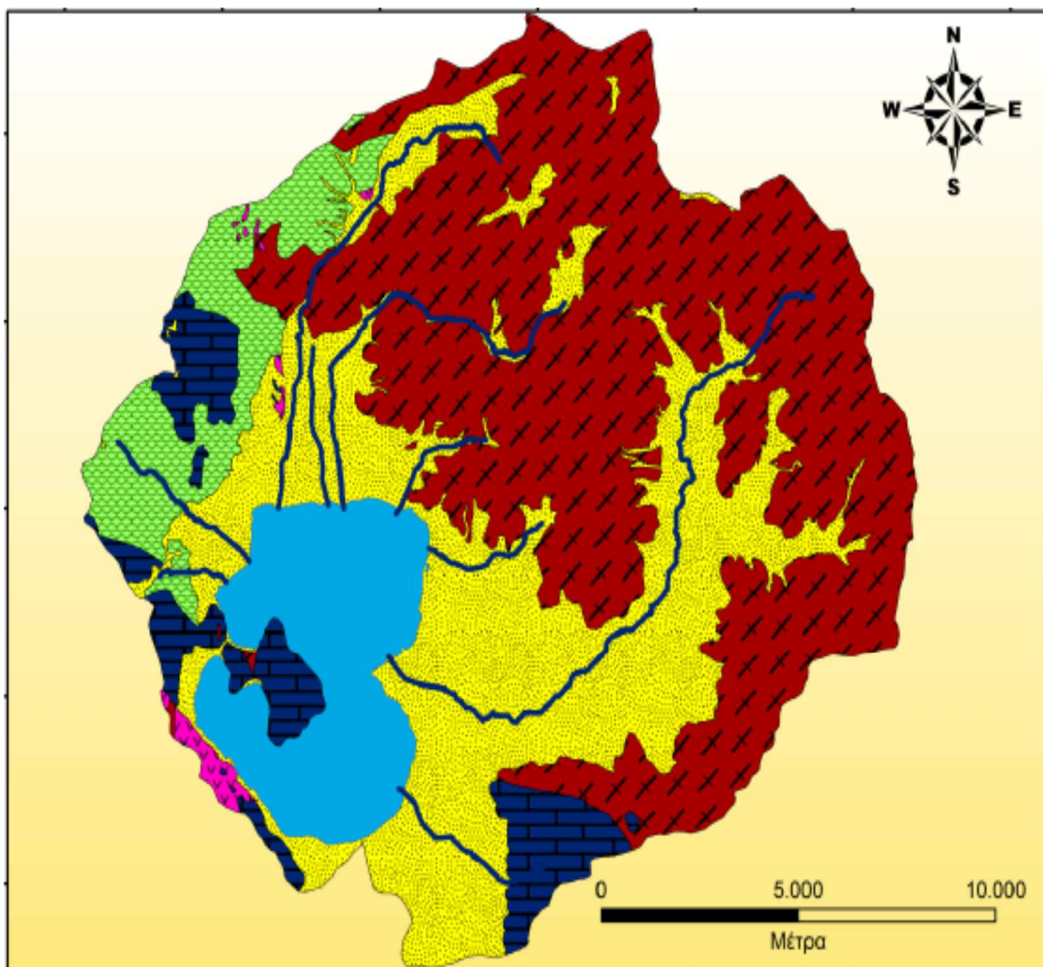
Είδος Πετρωμάτων	Συντελεστής Κατείδδυσης (%)
Αλλούβια, σύγχρονες προσχώσεις, Ψαμμίτες	10 - 25
Ασβεστολιθικά πετρώματα	30 - 60
Φλύσχης- Φυλλίτες- Μάργες	3 - 10
Οφιόλιθοι	4 - 8
Ηφαιστειακά πετρώματα	3 - 8
Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	3 - 7

Στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς οι συντελεστές κατείσδυσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν δίνονται στον πίνακα 5.13.

Πίνακας 5.13 : Τιμές του συντελεστή κατείσδυσης των πετρωμάτων

Υψόμετρο (m)	Γεωλογικός Σχηματισμός	I (%)	Εμβαδόν (km ²)	I (%) στην αντίστοιχη επιφάνεια	I (%) x Όγκο Νερού (Πίνακας 5.7)	I (10 ⁶ x m ³)
600-700	Αλλουβιακές Αποθέσεις	20	85,65	17,18	17,18x84,8	14,5
700-800	Αλλουβιακές Αποθέσεις	20	41,64	8,33	8,33x36,6	3,05
800-900	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	30,25	1,21	1,21x31,6	0,38
900-1000	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	28,1	1,12	1,12x31,6	0,35
1000-1100	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	23,62	0,94	0,94x11,4	0,1
1100-1200	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	21,22	0,85	0,85x8,5	0,07
1200-1300	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	21,33	0,85	0,85x2,9	0,02
1300-1400	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	10,71	0,43	0,43x11,4	0,04
1400-1500	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	4,99	0,2	0,20x11,4	0,02
1500-1600	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	5,14	0,21	0,21x11,4	0,02
1600-1700	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	2,87	0,11	0,11x11,4	0,01
1700-1800	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	1,71	0,07	0,07x11,4	0,007
1800-1900	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	0,38	0,01	0,01x11,4	0,001
			277,61	31,51		18,5

Στο σχήμα 5.16 αποτυπώνεται από τους Λάμπου, Λατινόπουλο και Χρυσάφη, (2012) η κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών στη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς και οι κατηγορίες αυτών βάση του συντελεστή κατείσδυσης.



Βάσει όλων των παραπάνω ο συνολικός όγκος που κατεισδύει υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα $18,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ο Βαφειάδης (1983) υπολόγισε για τα ασβεστολιθικά πετρώματα της περιοχής μελέτης μια αντιπροσωπευτική μέση τιμή συντελεστή κατείσδυσης $I_1=55,5\%$ για επιφάνεια $E_1=33\text{km}^2$, για τα μεταμορφωμένα και πλουτωνικά πετρώματα της περιοχής μέσο συντελεστή κατείσδυσης $I_2=7\%$ για επιφάνεια $E_2=157,6 \text{ km}^2$ και τέλος για τις τεταρτογενείς αποθέσεις τις περιοχής $I_3=17\%$ για επιφάνεια $E_3=82,7 \text{ km}^2$, με αποτέλεσμα ο ενιαίος συντελεστής κατείσδυσης που προκύπτει να ισούται σύμφωνα με τον τύπο $I = (I_1E_1+I_2E_2+I_3E_3)/E_{\text{ολ}}$ με $I=15,8\%$.

5.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Ο όρος <<Επιφανειακή Απορροή>> R, αναφέρεται στο τμήμα εκείνο του νερού των κατακρημνισμάτων που μόλις πέσει στην επιφάνεια της Γης ρέει επιφανειακά, εισέρχεται στο υδρογραφικό σύστημα από το οποίο απάγεται οδηγούμενο τελικά στη θάλασσα ή σε λίμνη όπου και εκχύνεται (Σούλιος, 1986).

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν την επιφανειακή απορροή R είναι κατά κύριο λόγο η ένταση, η κατανομή και το ύψος των βροχοπτώσεων καθώς και οι κλιματικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία και ο άνεμος που την επηρεάζουν έμμεσα διότι επιδρούν στην εξατμισοδιαπνοή. Δευτερεύοντες παράγοντες θεωρούνται η κλίση και η λιθολογική σύσταση του εδάφους, η βλάστηση και το υδρογραφικό δίκτυο .

Τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα για την επιφανειακή απορροή προέρχονται από τις μετρήσεις που εκτελέστηκαν γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς στα σημεία εκβολών των εννέα χειμάρρων που τροφοδοτούν τη λίμνη καθώς και στη θέση της Διώρυγας εξόδου του νερού από τη λίμνη. Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν στο πλαίσιο της μελέτης της λεκάνης απορροής που πραγματοποιήθηκε από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. για το υδρολογικό έτος 1998-1999 και έχουν ήδη παρατεθεί στο κεφάλαιο 3.3.2 όπου περιγράφονται τα ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης. Επειδή όμως οι διαθέσιμες μετρήσεις είναι παλιές και σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983) ο συντελεστής επιφανειακής απορροής των προσχωσιγενών αποθέσεων της πεδινής περιοχής δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια, άρα δεν μπορεί να προσδιοριστεί και ο συντελεστής επιφανειακής απορροής R ολόκληρης της λεκάνης. Οι εκροές από το ρέμα Γκιόλι στον Αλιάκμονα και τα υπόγεια νερά που εκφορτίζονται στη λίμνη αποτελούν την ολική απορροή. Οι εκροές αυτές δεν χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του συντελεστή επιφανειακής απορροής της λεκάνης (Βαφειάδης, 1983). Έτσι ο συντελεστής επιφανειακής απορροής R θα υπολογιστεί ως ο άγνωστος παράγοντας της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου.

5.7 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Για την καλύτερη αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού μιας λεκάνης, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η γνώση του υδρολογικού ισοζυγίου της. Η εκτίμηση των φυσικών εισροών και εκροών στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς έγινε με σκοπό να καθοριστεί το υδρολογικό ισοζύγιο της με τη χρήση υδρομετεωρολογικών και υδρομετρικών στοιχείων της περιοχής.

Οι εισροές στη λίμνη προέρχονται από την απευθείας βροχόπτωση στην επιφάνεια της και από τις απορροές που προέρχονται από το χερσαίο τμήμα της λεκάνης απορροής (επιφανειακές και υπόγειες) της και από τις αποχετεύσεις των παραλίμνιων χωριών που δεν εντάσσονται στον βιολογικό καθαρισμό (Βαφειάδης, 1988). Οι εκροές της λίμνης περιλαμβάνουν την εξάτμιση από την επιφάνεια της και τις εκροές που πραγματοποιούνται μέσω του ρέματος Γκιάλι προς τον ποταμό Αλιάκμονα. Σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983) τη χρονική περίοδο από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο η λίμνη της Καστοριάς δεν δέχεται καμία τροφοδοσία από επιφανειακά (χειμαρρικά) νερά και για το λόγο αυτό θεωρείται σημαντική η συμβολή των υπόγειων υδάτων στο ισοζύγιο της λίμνης.

Η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου μπορεί να περιγραφεί και ως εξής (Βουδούρης, 2009) :

$$P = E + R + I \pm dW \pm dq$$

Όπου : P= ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = πραγματική εξατμισιδιαπνοή

R= επιφανειακή απορροή

I= κατείσδυση

dW= μεταβολή των αποθεμάτων υπόγειου νερού

dq=επιφανειακές ή υπόγειες εισροές και εκροές

Στην παρούσα εργασία η μορφή έκφρασης του υδρολογικού ισοζυγίου, θεωρώντας ότι τα μεγέθη dW και dq είναι αμελητέα, είναι η εξής :

$$P = I + R + E$$

Τα παραπάνω μεγέθη εκφράζονται σε ισοδύναμο ύψος νερού (mm), σε όγκο νερού (10^6 m^3) και σε ποσοστό επί τις 100 (%) προς τη μονάδα του χρόνου (Βουδούρης, 2009)

Τέλος παρουσιάζεται το προσεγγιστικό υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης μετά τον υπολογισμό όλων των παραμέτρων της εξίσωσης του δηλαδή τα ατμοσφαιρικά

κατακρημνίσματα P, την κατείσδυση I, την επιφανειακή απορροή R και την εξατμισοδιαπνοή E.

	P	=	I	+	R	+	E
Όγκοι (10 ⁶ m ³)	207,4	=	18,5	+	24,8	+	164,1
Ύψος βροχής (mm)	786,7	=	70,0	+	94,5	+	622,2
Συντελεστές (%)	100	=	8,9	+	12,0	+	79,1

Ο Βαφειάδης (1983), θεωρώντας και ο ίδιος ως άγνωστο παράγοντα της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου την επιφανειακή απορροή R, υπολόγισε ότι το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής θα έχει την εξής μορφή :

	P	=	I	+	R	+	E
Όγκοι (10 ⁶ m ³)	204,0	=	32,23	+	27,34	+	144,53
Ύψος βροχής (mm)	671,0	=	106,0	+	89,9	+	475,4
Συντελεστές (%)	100	=	15,8	+	13,4	+	70,8

Κάνοντας τη σύγκριση αντιλαμβανόμαστε ότι οι διαφορές των δύο αυτών εξισώσεων εντοπίζονται κυρίως στον όγκο του νερού που εξατμίζεται και στον όγκο του νερού που κατεισδύει. Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία βρέθηκε ότι εξατμίζεται μεγαλύτερος όγκος νερού και κατεισδύει μικρότερος όγκος σε σχέση με τα αποτελέσματα του Βαφειάδη (1983).

Τέλος ως μέτρα σύγκρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα αποτελέσματα από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, κ.ά., 2000), τα οποία βρέθηκαν κατά τη διάρκεια μελέτης της λεκάνης απορροής της λίμνης. Στα πλαίσια της μελέτης αυτής βρέθηκε ότι η μέση βροχόπτωση στη λεκάνη απορροής της λίμνης (συμπεριλαμβανομένης και της λίμνης) ανέρχεται στα 787,6 mm, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ανέρχεται στα 570,2 mm, η επιφανειακή απορροή είναι 108,1 mm και τέλος η υπόγεια απορροή προς τη λίμνη βρέθηκε ότι ισούται με 96,6 mm. Η διαφορά των 12,7 mm που προκύπτει από το άθροισμα της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, της επιφανειακής απορροής και της υπόγειας απορροής θεωρείται ότι είναι επιφανειακή απορροή κατευθείαν προς το ρέμα Γκιόλι, δηλαδή προς την έξοδο της λεκάνης απορροής. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής σε σύγκριση με τα παραπάνω αποτελούν σχεδόν ενδιάμεσες τιμές, με τη διαφορά ότι η επιφανειακή απορροή εδώ θεωρείται μεγαλύτερη σε σχέση με τις παραπάνω τιμές.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επεξεργασία των κλιματολογικών δεδομένων που αφορούν τη θερμοκρασία του αέρα και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα για τους μετεωρολογικούς σταθμούς περιμετρικά της περιοχής μελέτης, συμπεραίνεται ότι η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται περίπου στους 12,5 °C με τη σχετική υγρασία στα 62,1 % και ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ανέρχεται στα $207,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η μέση στάθμη της λίμνης απ' τις σταθμημετρικές μετρήσεις 17 ετών βρέθηκε ότι είναι περίπου στα 629,00 m.

Από τις μετρήσεις του εξατμισίμετρου στο σταθμό της Κστοριάς βρέθηκε ότι η εξατμηση από τη λίμνη ανέρχεται στα $23,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και από την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων υπολογίστηκε ότι η πραγματική εξατμισιδιαπνοή ανέρχεται περίπου στα $164,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ο μέσος συντελεστής εξατμησης της λεκάνης είναι 0,66 δηλαδή το 66% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μέσω της διαδικασίας εξατμισιδιαπνοής επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα. Επίσης τα $24,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ του συνολικού όγκου των υδάτων βρέθηκε ότι απορρέουν ενώ τα $18,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ κατεισδύουν. Από την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου τέλος προκύπτει ότι περίπου το 80% των υδάτων εξατμίζεται, ενώ το υπόλοιπο 20% κατανέμεται μεταξύ της κατείσδυσης και της απορροής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Έντυπη - Ελληνόγλωσση

- Βαφειάδης Π., 1983, “ *Υδρογεωλογική Μελέτη της Λεκάνης Καστοριάς*”, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Βοσταντζόγλου Θ., 1990, *Αντιλεξικόν ή Ονομαστικών της Ελληνικής Γλώσσας*, Εκδ. Βογιαντζόγλου –Βλαστάρη Ι., Αθήνα
- Βουδούρης Κ., 2009, “*Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος- Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον*”, Εκδόσεις Τζιόλα
- Γιαννέλη Χ., 2009, “ *Υδρογεωλογική Έρευνα Λεκανών του Ελληνικού Χώρου. Παράδειγμα από τη Λεκάνη Αγίων Αναργύρων (Καστοριά)* ” , Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2010, “*Εκπόνηση Βυθομετρικών και Ιζηματολογικών Ερευνών στον Πυθμένα της Λίμνης της Καστοριάς* ” , Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καστοριάς
- Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, 2000, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα “ *Οι Δρόμοι του Νερού -Η Λίμνη της Καστοριάς* ”, Εκδ. Κ.Π.Ε. Καστοριάς,, Καστοριά
- Κίλιας Α., 1980, “*Γεωλογική και Τεκτονική μελέτη της περιοχής του Ανατολικού Βαρνούντα (ΒΔ Μακεδονία)*”, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 271p
- Λάμπου Α., Λατινόπουλος Δ., Χρυσάφη Α., 2012, “*Ειδική Περίπτωση Μελέτης της Λεκάνης Απορροής της Λίμνης Καστοριάς για το έτος 2011 σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ* ”, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Μουντράκης Δ., 1976, “ *Συμβολή εις την γνώσιν της Γεωλογίας του Βορείου ορίου των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής, εις την περιοχή κ. Λουτρακίου-Όρμας (Αλμωπίας)*”, Διατριβή επί διδακτορία, Θεσσαλονίκη, 164p
- Μουντράκης Δ., 1985, “*Γεωλογία της Ελλάδας* ”, University studio press, Θεσσαλονίκη
- Μουντράκης Δ., 1988, “*Συνοπτική Γεωτεκτονική Εξέλιξη του ευρύτερου Ελληνικού χώρου*”, Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 116

- Παυλόπουλος Κ., Σκέντος Α., Κοτάμπαση Χ., 2008, “Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση και Μελέτη της Ευρύτερης Περιοχής Δισπηλιού-Λίμνης Καστοριάς ”, περιοδικό Ανάσκαμμα 10/2009, σελ.101-120
- Σακκάς Ι., 1994, “Υδρολογική μελέτη της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς, στα πλαίσια της μελέτης Εξυγίανση και αξιοποίηση της λίμνης Καστοριάς”, Δ.Π.Θ.
- Σούλιος Γ., 1986, “Γενική Υδρογεωλογία, πρώτος τόμος ”, University studio press
- Τολίκας Δ., Μυλόπουλος Γ., Χρυσάνθου Β., κ.ά., Απρίλιος 2000, “Προσδιορισμός παροχών, φερτών υλών και ποιότητας του νερού των χειμάρρων-ρεμάτων της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς. Διεύρυνση τάσεων και εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων μείωσης φόρτου” , Α.Π.Θ., Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος
- Χουρμουζιάδης Γ., 1996, “Το Δισπηλιό Καστοριάς. Ένας λιμναίος προϊστορικός οικισμός ”. Εκδ. Κώδικας, Θεσσαλονίκη

Ξενόγλωσση

- Brunn J., 1956, “Contribution a l’ etude geologique du Pinde septentrional et d’une partie de la Macedoine occidentale ”, Ann. Geol. Des Pays Hell. 7
- Fermeli G., Ioakim C., 1992, “Biostratigraphy and paleoecological interpretation of Miocene succession in the molassic deposits of Tsotylio, Mesohellenic Trench (Grevena area, N. Greece)”, Paleont. iEvol., 24-25, 199-208
- Mountrakis D., 1979, “Resultats preliminaires de l’etude Stratigraphique de la region de Kastoria (NW Macedoine, Greece)”, Sci. Ann. Fac. Phys. Mathem, Univ. Thessaloniki, 19, σελ. 163-173
- Osswald K., 1931, “Geologische Ubersichskarte von Griech-Makedonien 1:300.000”, Griech. Geol., Landesanstalt, Athen
- Osswald K., 1938, “Geologische Geschichte von Griechish-Normakedonien Denksch der geol. Landesanstalt von Griechenland”, f.3, Athen
- Papanikolaou D., Zambetakis-Lekkas A., 1980, “Nouvelles observations et datation de la base de la serie pelagonienne (s.s.) dans la region de Kastoria, Grece ”, CR Acad. Sci Paris 291:155-158
- Papanikolaou D., Stojanov R., 1983, “Geological Correlation between the Greek and the Ygaslave part of the Pelagonian Metamorphic Belt”, In: Sassi FP (ed) IGCP No.5, Newsletter 5:146-152

•Selmeier A., Velitzelos E., 2000, “*Neue Auf sammlungen von verkieselten Holzresten aus tertiaren Sedimenten Griechenlands (Lesbos, Kastoria, Thrakien). Mitteilungen der Bageririschen für Palaontologie und historische Geologie*”, Munchen, 40, 2000, p.213-227

Ηλεκτρονική

- http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/NWS_CENSUS_310712_GR.pdf (Ελληνική Στατιστική Αρχή)
- <http://www.ifms-grammos.gr/thematic-maps> (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καστοριάς)
- http://www.ecodonet.gr/morphology_greek_1.php (Ecosystems Database Observatory)
- <http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/pgc/article/viewFile/9447/9198> (8^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο)
- http://www.eliasch.metal.ntua.gr/students/petrology/H01_mineralogySilicates.pdf (Ηλίας Χατζηθεοδωρίδης, επίκουρος καθηγητής γεωλογικών επιστημών)
- http://www.elekkas.gr/attachments/017_5.pdf (Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας)
- <http://www.nostimo-museum.gr/> (Μουσείο Παλαιοντολογίας και Παλαιοβοτανικής Νόστιμου)
- http://fos-kastoria.blogspot.gr/2013/02/blog-post_27.html
- <http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427γ/pdf/askisi1.pdf> (Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.)
- http://users.uoa.gr/~hkranis/44a-NeoMapText_AND_Abridged.pdf (Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000 , Lekkas A., Papanikolaou J., Kranis Ch. , Lozios S., Fountoulis J., Skourtsos F., V.I.i mikou)
- http://itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion3.pdf (Εργαστήριο Υδρογεωλογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Αθήνα)
- http://souprios.chania.teicrete.gr/hydrogeology/LabNotes_Hydrogeology_Souprios.pdf(Παντελής Σούπιος, αναπληρωτής καθηγητής του τμήματος φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, Τ.Ε.Ι. Κρήτης)
- <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/kastoria/pr22ge.pdf>

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ Υδρολογικό Ισοζύγιο της Λεκάνης Απορροής της λίμνης Καστοριάς ”

Μπέλλα Ελένη (Α.Ε.Μ. 3892)

Επιβλέπων καθηγητής : Βουδούρης Κωνσταντίνος

Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2014

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
FACULTY OF SCIENCES
SCHOOL OF GEOLOGY

UNDERGRADUATE DIPLOMATIC THESIS

“ Hydrologic Equation in the Basin of lake Kastoria ”

Bella Eleni (S.S.N. 3892)

Scientific coordinator : Voudouris Konstantinos

Thessaloniki, March 2014

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ABSTRACT	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	13
1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	13
1.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	13
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	15
2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	15
2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ.....	19
2.3 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	19
2.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	20
3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	23
3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	23
3.1.1 Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά της ορεινής και πεδινής περιοχής μελέτης.....	24
3.1.2 Γεωμορφές που σχηματίστηκαν στην περιοχή μελέτης.....	26
3.2 Η ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ.....	32
3.2.1 Η ταυτότητα της λίμνης	32
3.2.2 Δημιουργία της λίμνης.....	38
3.2.3 Η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς	38
3.3 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	39
3.3.1 Γενικά.....	39
3.3.2 Ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης.....	40
3.3.3 Εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στη λίμνη.....	51
3.3.4 Κινήσεις υδάτων.....	52
4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	56
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	56
4.2 Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	60
4.2.1. Πελαγονικό υπόβαθρο.....	60
4.2.2 Πελαγονική ζώνη.....	61
4.2.3 Μεσοελληνική Αύλακα	64

4.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	71
4.4 ΤΕΚΤΟΟΡΕΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	71
4.5 ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ.....	73
5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΚΛΙΜΑ	75
5.1 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ.....	75
5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ.....	76
5.3 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ	82
5.3.1 Κατανομή των βροχοπτώσεων	88
5.3.2 Σχέση ύψους βροχόπτωσης και υψομέτρου.....	86
5.3.3 Προσδιορισμός του όγκου νερού από βροχόπτωση.....	87
5.4 Η ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ.....	92
5.4.1 Προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής.....	91
5.5 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ.....	94
5.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ.....	98
5.7 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ.....	99
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	105

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στον Τομέα Γεωλογίας, του τμήματος Γεωλογίας, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Την επίβλεψη της εργασίας είχε ο επίκουρος καθηγητής Υδρογεωλογίας, Α.Π.Θ., κ. Κωνσταντίνος Βουδούρης. Θεωρώ υποχρέωση μου να του εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για το ενδιαφέρον θέμα που μου ανέθεσε και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δίνοντας μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στο συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα. Τον ευχαριστώ επίσης για το χρόνο που διέθεσε συμβάλλοντας με τις γνώσεις του και την καθοδήγηση του, στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καλό μου φίλο και συνάδελφο, Κωνσταντίνο Δαγκλή για τη συμπαράσταση και τη βοήθεια που μου προσέφερε σε θέματα χρήσης ηλεκτρονικών προγραμμάτων καθώς και για τις υποδείξεις και τις επισημάνσεις που έκανε συνεισφέροντας στην αρτιότητα της εργασίας.

Κλείνοντας, ευχαριστώ ειλικρινά, την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου Απόστολο και Βασιλική, για την αμέριστη ηθική και οικονομική τους στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των μαθητικών και ακαδημαϊκών μου σπουδών και τους ευγνωμονώ που στέκονται πάντα δίπλα μου τόσο στις επιτυχίες, όσο και στις αποτυχίες, δίνοντας μου την ελπίδα και τη δύναμη να συνεχίσω να προσπαθώ για το καλύτερο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς είναι ο ποταμός Αλιάκμονας, που διαρρέει όλη την έκταση του. Τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού, αποτελεί η υδρολογική λεκάνη της Καστοριάς η οποία περιλαμβάνει την περιοχή που περικλείεται μεταξύ των ορεινών όγκων του ΒΔ Άσκιου και του ΝΔ Βέρνου.

Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής της Καστοριάς ανέρχεται σε 263,6 km² από τα οποία περίπου τα 30 km² καταλαμβάνονται από τη λίμνη της Καστοριάς, στην οποία λίμνη εκβάλλουν εννέα υδατορέματα που αποτελούν τις υπολεκάνες απορροής, της λεκάνης της Καστοριάς. Η λίμνη της Καστοριάς βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος Β 40° 31 και γεωγραφικό μήκος Α 21° 18 με μέσο απόλυτο υψόμετρο στάθμης 629 m. Θεωρείται ρηχή λίμνη με μέγιστο βάθος 9 m και μέσο βάθος 4,5 m.

Η διαμόρφωση της λεκάνης της Καστοριάς ξεκίνησε από το μέσο Μειόκαινο. Η δημιουργία της λίμνης είναι αποτέλεσμα της προοδευτικής βύθισης της λεκάνης. Κατά το Πλειστόκαινο η επιφάνεια της λίμνης υπέστη σύντμηση και από τότε μέχρι σήμερα διατηρείται ως υπολειμματική μορφή.

Οι γεωμορφές που συναντώνται στην περιοχή είναι δελταϊκά ριπίδια, αλλουβιακοί κώνοι απόθεσης, άνω Πλειστοκαινικές και μέσο Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες, εγκλιβωτισμένες κοίτες, κρημνοί, απόκρημνες ακτές και επιφάνειες επιπέδωσης.

Στη γεωλογική δομή της περιοχής μετέχουν κυρίως μεταμορφωμένα και ανθρακικά πετρώματα στις ορεινές περιοχές ενώ στις πεδινές περιοχές συναντώνται μολασσικά ιζήματα και αλλουβιακές αποθέσεις. Οι σχηματισμοί αυτοί ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη, στην Υποπελαγονική και στη Μεσοελληνική αύλακα.

Το κλίμα της περιοχής είναι ηπειρωτικό με ψυχρούς χειμώνες, ζεστά καλοκαίρια και μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 12,5 °C.

Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για τη λεκάνη απορροής της Καστοριάς έδειξε ότι ο συνολικός όγκος των υδάτων που εισρέουν στη λίμνη ανέρχεται σε 78.400.000 m³ από τα οποία τα 20.100.000 m³ προέρχονται από τις βροχοπτώσεις και τα 58.300.000 m³ απορρέουν επιφανειακά και υπόγεια. Ο συνολικός

όγκος των εκροών από τη λίμνη ανέρχεται σε 80.300.000 m³, από τα οποία τα 23.200.000 m³ αντιστοιχούν στην εξάτμιση από τη λίμνη και τα 57.100.000 m³ στον όγκο των υδάτων που εκρέουν μέσω του ρέματος "Γκιόλι".

ABSTRACT

Basic hydrographic feature of the prefecture of Kastoria is the river Aliakmon, flowing through the whole extend of the prefecture. Part of the river basin is the catchment area of Kastoria, which includes the area enclosed, between the mountainous masses of NW Askion and SW Vernon.

The area of the basin of Kastoria is 263,6 km², of which about 30 km² occupied by the lake of Kastoria, which nine streams flow into her and consists the sub-basins of the basin of Kastoria. The lake of Kastoria is located at latitude N 40°31' and longitude A 21°18' with an absolute altitude level at 629 m. She is considered as a shallow lake with a maximum depth of 9 m and an average depth of 4,5 m.

The configuration of the basin of Kastoria, started from the middle Miocene. The creation of the lake is the result of the progressive immersion basin. During the Pleistocene, the surface of the lake was decreased and since then maintained as a residual form.

The landforms of the area are mostly deltaic fans, alluvial drop cones, upper Pleistocene and middle Pleistocene fluvial terraces, encased plains, cliffs, rugged coastlines and surface leveling.

The geological structure of the area includes mainly metamorphic and carbonate rocks in the highlands areas and molasse sediments and alluvial deposits in the lowlands areas. Theses formations belong to Pelagonian zone, as well as to the Pelagoniki zone and Mesohellenic groove.

The climate of Kastoria region is characterized as continental, with cold winters, hot summers and an average annual temperature of about 12,5 °C.

The estimation of the parameters of the hydrological balance for the catchment area of Kastoria, showed that the total volume of water flowing into this area, amounts to 78.400.000 m³, of which 20.100.000 m³ comes from the rainfalls and the amount of 58.300.000 m³ resulting surface and groundwater. The total volume of outflow waters from the lake is 80.300.000 m³, of which 23.200.000 m³ correspond evaporation from

the lake and 57.100.000 m³ represent the volume of water flowing through the stream named "Gioli" .

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την ανάλυση του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς, η οποία βρίσκεται στην ομώνυμη πόλη.

Με βάση τον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου έγινε προσπάθεια εκτίμησης των παραμέτρων του κύκλου του νερού για την περιοχή της λίμνης Καστοριάς, η οποία εκτίμηση θα βοηθήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που πέφτει και στη συνέχεια χάνεται λόγω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής, με τις ποσότητες υδάτων που απορρέουν επιφανειακά και με εκείνες που κατεισδύουν ενισχύοντας τους υπόγειους υδροφορείς, καθώς και την ποσότητα των υδάτων που εκρέουν από τη λίμνη μέσω του ρέματος που ονομάζεται "Γκίολι".

Επιπλέον στα πλαίσια της εργασίας μελετήθηκε το κλίμα της περιοχής, έγινε εκτενής αναφορά στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής μελέτης καθώς επίσης και στη γεωλογία της περιοχής, στηριζόμενη στην υπάρχουσα βιβλιογραφία.

1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Για την πραγματοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες ποιοτικοί μέθοδοι έρευνας όπως η συλλογή πληροφοριών με επίσκεψη στην Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Καστοριάς και συνομιλία με τον περιβαλλοντολόγο του Δήμου Καστοριάς, κ. Γαργάλα Στέργιο, καθώς επίσης και συλλογή πληροφοριών από τη Νομαρχία Καστοριάς. Επιπλέον πληροφορίες συλλέχθηκαν από την Κεντρική Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης, από τη Δημοτική Βιβλιοθήκη Άργους Ορεστικού και τέλος από το διαδίκτυο.

1.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Ο υπολογισμός του υδρολογικού ισοζυγίου βασίστηκε στην εκτίμηση των παραμέτρων που συνδέονται μεταξύ τους με τον τύπο:

$$P = I + R + E$$

Όπου :

P = ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = πραγματική εξατμισιδιαπνοή

R = επιφανειακή απορροή

I = κατείσδυση

Για την εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου υπολογίστηκαν οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται, χρησιμοποιώντας τις μεθοδολογίες που κρίθηκαν σε κάθε περίπτωση κατάλληλες. Η πρώτη παράμετρος που παίζει και σημαντικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο είναι ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη. Χρησιμοποιήθηκαν βροχομετρικά δεδομένα πέντε βροχομετρικών σταθμών. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε η εξίσωση της βροχοβαθμίδας και βάση των ισουέτιων καμπυλών υπολογίστηκε ο όγκος των κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς.

Η επόμενη παράμετρος του υδρολογικού ισοζυγίου είναι η εξατμισιδιαπνοή. Η εξατμιση από την επιφάνεια της λίμνης βρέθηκε βασιζόμενη σε μετρήσεις από το εξατμισίμετρο του σταθμού Καστοριάς. Ο προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής υπολογίστηκε στηριζόμενη στην εφαρμογή του τύπου του Turc.

Ο υπολογισμός της απορροής θεωρήθηκε ως άγνωστη παράμετρος και τελικά υπολογίστηκε από την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου.

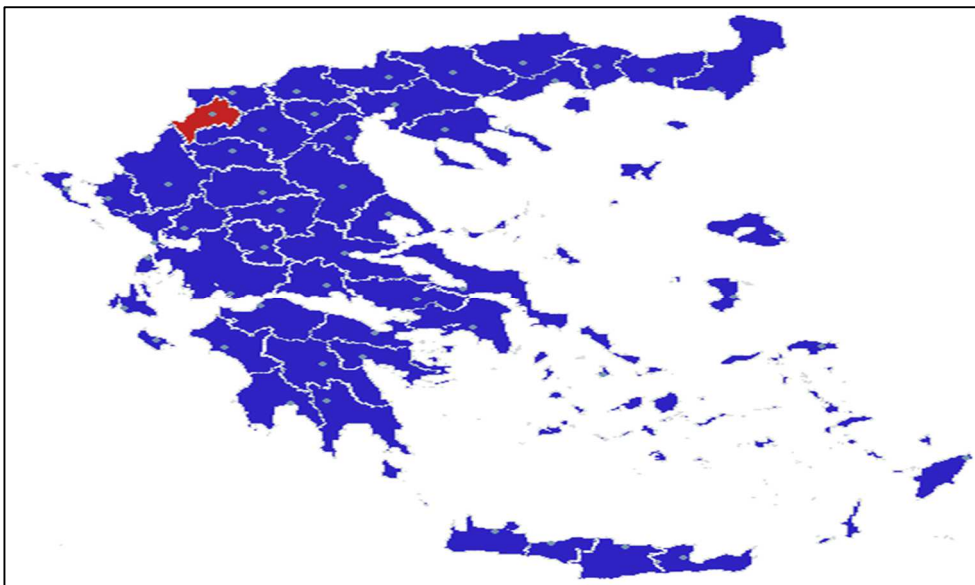
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η πόλη της Καστοριάς βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα της Ελλάδας και είναι πρωτεύουσα του ομώνυμου νομού. Βρίσκεται στο δυτικό άκρο της Δυτικής Μακεδονίας. Ο νομός Καστοριάς είναι κυρίως ορεινός, αφού από τα 1.685 km² της επιφάνειάς του μόνο τα 209 είναι πεδινά. Στα δυτικά υψώνεται η οροσειρά της Βόρειας Πίνδου (κορυφές Γράμμος, Κιάφα, Σούφλικας και νοτιότερα Επάνω Αρένα, Κάτω Αρένα και Μπουχέτσι) που καθορίζει τα όρια του νομού με το νομό Ιωαννίνων. Ανατολικότερα και παράλληλα προς τη Βόρεια Πίνδο υψώνεται το Βόιο με τις κορυφές Ψωριάρικα (1.441 m), Άσπρη Πέτρα (1.528 m), Πύργος (1.758 m), Παλιοκρίμινι (1.805 m) κ.ά. Οι βορειότερες κορυφές του Γράμμου με τις ονομασίες Γκούμπελ και Μπανταρός, μαζί με μία από τις βορειότερες κορυφές του Βοΐου, την Αλεβίτσα (1.585 m), καθορίζουν τα όρια του νομού με την Αλβανία, ενώ στο βόρειο τμήμα υψώνονται οι νότιες κορυφές του Τρικλαρίου, Όρλοβο (1.715 m) και Μπούτσι (1.776 m). Στα ανατολικά υψώνεται το Βέρνο ή Βίτσι (Τσούκα, 1.679 m) και στα νότια οι νότιες κορυφές του Ασκίου (ή Σινιάτσικου), που αποτελείται από κρυσταλλικά πετρώματα και ανήκει κυρίως στο νομό Καστοριάς, στον οποίο βρίσκονται και οι κορυφές του, Κάστρο Ζώτα (1.413 m), Μορίκι (1.655 m), Κορησός (1.386 m) και Βογατσικό (1.361 m). Μεταξύ Βέρνου και Ασκίου σχηματίζονται τα στενά της Κλεισούρας, απ' όπου διέρχεται η οδική αρτηρία Καστοριάς -Φλώρινας. Ανάμεσα στους ορεινούς όγκους σχηματίζεται μια ψιλή λεκάνη, το οροπέδιο της Ορεστιάδας ή Καστοριάς, που αποτελεί το βορειότερο τμήμα της Μεσοελληνικής αύλακας.

Φυσικός υδροκρίτης του νομού Καστοριάς είναι το Βόιο μαζί με τον Γράμμο και τις κορυφές του (Κιάφα, Σούφλικα). Στα δυτικά αυτής της γραμμής όλα τα νερά της βροχής καταλήγουν στο Ιόνιο πέλαγος ενώ βόρεια και ανατολικά καταλήγουν στον ποταμό Αλιάκμονα, ο οποίος και εκβάλλει στο Αιγαίο πέλαγος. Ο Αλιάκμονας αποτελεί βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς διότι διαρρέει το νομό σε όλη την έκτασή του. Ένα μέρος των επιφανειακών υδάτων της λεκάνης συγκεντρώνεται στα χαμηλότερα σημεία της με αποτέλεσμα το σχηματισμό της λίμνης της Καστοριάς ή Ορεστιάδας, η στάθμη της οποίας βρίσκεται σε υψόμετρο 620

iii. Όταν η λίμνη υπερχειλίζει, τα νερά της αποστραγγίζονται στον Αλιάκμονα. Ο ποταμός και η λίμνη ήταν για μεγάλο χρονικό διάστημα η κύρια πλουτοπαραγωγική πηγή του νομού.



Εικόνα 2.1: Θέση της Καστοριάς στο χάρτη της Ελλάδας



Εικόνα 2.2 : Όρια νομού Καστοριάς

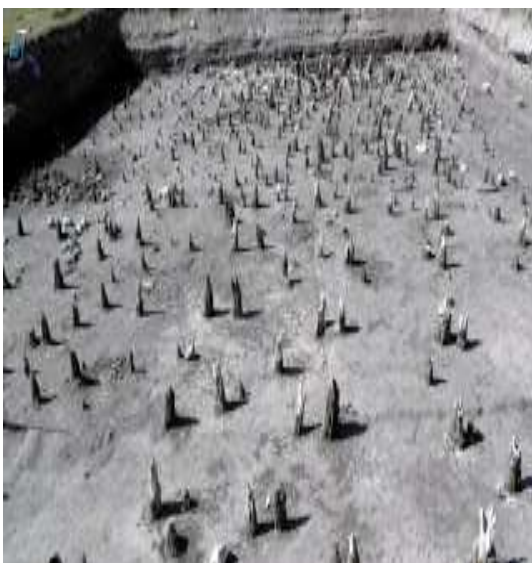
Η πόλη της Καστοριάς είναι χτισμένη στις όχθες της λίμνης, στην ίδια θέση όπου κατά τους προχριστιανικούς χρόνους υπήρχε η πόλη Κέλετρον. Το Κέλετρον κτίστηκε από Αιολείς αποίκους και υπήρξε πρωτεύουσα των Ορεστών Βασιλέων. Μετά την κατάληψη της περιοχής από τους Ρωμαίους το οικιστικό κέντρο της περιοχής μεταφέρθηκε στη Διοκλητιανούπολη, δηλαδή στο σημερινό Άργος Ορεστικό. Κατά τη Βυζαντινή περίοδο η πόλη της Καστοριάς ακμάζει ξανά, οπότε και κτίζεται το ιουστινιάνειο τείχος με σκοπό να την προστατεύει από τους πολλούς και ποικίλους εχθρούς της. Κατά διαστήματα καταλαμβάνεται από Βούλγαρους, Νορμανδούς, Φράγκους, Σέρβους και τέλος από τους Τούρκους. Τη σημερινή πόλη στολίζει ένα πλήθος Βυζαντινών εκκλησιών, κειμηλίων και αρχοντικών τα οποία αποτελούν μάρτυρες της μεγάλης οικονομικής άνθισης που γνώρισε η πόλη κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας.

Στη νότια όχθη της λίμνης και σε απόσταση 8 km έξω από την πόλη της Καστοριάς, βρίσκεται ο λιμναίος οικισμός του Δισπηλιού που αποτελεί και τον πρώτο λιμναίο οικισμό που ανασκάπτεται στην Ελλάδα. Οι ανασκαφές ανέδειξαν πλήθος αρχαιολογικών ευρημάτων που αποκαλύπτουν την ευρύτερη πολιτισμική ανάπτυξη της περιοχής ανά τους αιώνες. Το 1932 που ήταν και χρονιά ξηρασίας ο καθηγητής Α. Κεραμόπουλος επωφελούμενος από τη χαμηλή στάθμη της λίμνης ξεκινάει τις έρευνες του στην περιοχή νότια της λίμνης, όπου βρίσκεται σήμερα το χωριό Δισπηλιό ανακαλύπτοντας πολύ σύντομα την ύπαρξη μεγάλου αριθμού πασσάλων. Τα ευρήματα, τα οποία ήταν κυρίως λίθινα εργαλεία πιστοποιούν ότι εδώ αναπτύχθηκε ένας λιμναίος προϊστορικός οικισμός που χρονολογείται από το 5.500 π.Χ. Αρκετά χρόνια μετά, το 1964, το φαινόμενο της ξηρασίας επαναλαμβάνεται αποκαλύπτοντας πάλι τους πασσάλους, γεγονός το οποίο δίνει την ευκαιρία στον καθηγητή της Αρχιτεκτονικής του Α.Π.Θ., Νικόλαο Μουτσόπουλο να πραγματοποιήσει την τοπογράφιση της περιοχής. Το 1992- 60 χρόνια μετά τον πρώτο εντοπισμό του οικισμού από τον Κεραμόπουλο, τη σκυτάλη παίρνει ο καθηγητής Προϊστορικής Αρχαιολογίας του Α.Π.Θ., Γεώργιος Χουρμουζιάδης που ξεκινάει συστηματική ανασκαφή του χώρου. Από τις ανασκαφές διαπιστώνεται ότι η περιοχή κατοικήθηκε από τη μέση νεολιθική εποχή έως την πρώιμη χαλκοκρατία (5.500-3.500 π.Χ.). Η σκαπάνη του καθηγητή από το 1992, έχει φέρει στο φως πολλά και σημαντικά ευρήματα, τα οποία καταδεικνύουν ότι εδώ και 7.000 χρόνια ο προϊστορικός άνθρωπος της περιοχής κατείχε την τεχνογνωσία να ψαρεύει, να κυνηγάει με πρωτοποριακά για την εποχή όπλα, να καλλιεργεί τη γη με εξελιγμένα εργαλεία και το κυριότερο όλων

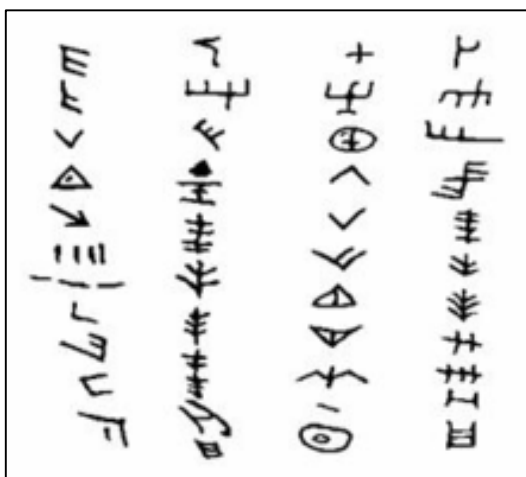
ότι κάλυπτε τις επικοινωνιακές του ανάγκες, χαράσσοντας την πρώιμη γραφή του σε ξύλο. Η γραφή αυτή ηλικίας -5.300 π.Χ.- , παρότι δεν έχει αποκρυπτογραφηθεί ακόμα, τείνει να θεωρηθεί κατά κάποιο τρόπο "προπομπός" της Γραμμικής Α'. Τέλος στα 150 στρέμματα λιμναίας όχθης που καταλαμβάνει ο χώρος των ανασκαφών, με βάση τα αρχαιολογικά ευρήματα, ολοκληρώνεται η διαμόρφωση αρχαιολογικού πάρκου και η φυσική αναπαράσταση μέρους του προϊστορικού οικισμού, με καλύβες, πάνω σε ξύλινες πλατφόρμες μέσα στη λίμνη. Οι καλύβες αυτές διαθέτουν σκεύη οικιακής χρήσης και εργαλεία της εποχής, κάνοντας έτσι πιο ρεαλιστική την απεικόνιση της ζωής στο χώρο αυτό.



Εικόνα 2.3: Σύγχρονη αναπαράσταση των νεολιθικών καλυβών



Εικόνα 2.4: Πάσσαλοι που ήρθαν στο φως κατά τις ανασκαφές



Εικόνα 2.5: Αντιπαράθεση των χαρακτήρων της πινακίδας του Δισπηλιού (1^η στήλη) με τις Γραμμικές γραφές

2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ

Υπάρχουν διάφορες εκδοχές για την προέλευση της ονομασίας της πόλης. Επικρατέστερη θεωρείται η άποψη ότι προήλθε από τους κάστορες που ζούσαν για αιώνες στην περιοχή. Η εξαφάνισή τους από τη λίμνη εικάζεται ότι οφείλεται κυρίως στις μεταβολές των κλιματολογικών συνθηκών κατά τη διάρκεια των αιώνων και προπάντων εξαιτίας της σταδιακής μείωσης των ορμητικών υδάτων από το Βίτσι. Μια ακόμα άποψη για την προέλευση της ονομασίας η οποία όμως είναι και η λιγότερο πιθανή είναι ότι οφείλεται στη λέξη "κάστρον". Τέλος το όνομα της πόλης έχει συνδεθεί και με τον Κάστορα, διότι σύμφωνα με την τοπική μυθολογία αναφέρεται πως χτίστηκε το 840 π.Χ. από τον Κάστορα, αδερφό του Πολυδεύκη, μετά από χρησμό που έλαβε από το Μαντείο των Δελφών.

2.3 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του 2011, ο πληθυσμός του νομού υπολογίζεται σε 51481 κατοίκους, με τους δήμους Καστοριάς και Μακεδνών, που περιβάλλουν τη λίμνη να έχουν 16586 και 2922 κατοίκους, αντίστοιχα.

Η λίμνη είναι άρρηκτα δεμένη με την πόλη της Καστοριάς, διότι αυτή είναι που καθορίζει και τη φυσιογνωμία της πόλης. Επίσης καθοριστικός είναι ο ρόλος της λίμνης στην ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα της πόλης, αφού αποτελεί έναν άμεσο οικονομικό πόρο, με τον τουρισμό στη λίμνη να παρουσιάζει διαρκή ανάπτυξη και την

ίδια να αποτελεί ένα σπουδαίο αλιευτικό κέντρο που η εκμετάλλευση του γίνεται από επαγγελματίες ψαράδες και ερασιτέχνες. Ένα ικανοποιητικό ποσοστό του πληθυσμού της περιοχής μελέτης ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα, τη γεωργία και την κτηνοτροφία, κυρίως στην περιοχή γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς και το οροπέδιο του Άνω Αλιάκμονα. Οι κυριότερες καλλιέργειες είναι τα δημητριακά και κυρίως το σιτάρι. Ένας τομέας που παρουσιάζει συνεχή ανάπτυξη μετά από κάμψη κάποιων ετών και που ήταν ανεπτυγμένος από πολύ παλιά στην Καστοριά, είναι η γουνοποιία που αποτελεί μια σημαντική οικονομική δραστηριότητα. Ένα σημαντικό ποσοστό των κατοίκων απασχολούνται στον τομέα αυτό, υποδηλώνοντας ταυτόχρονα τη σημαντική εξειδίκευση της περιοχής στον κλάδο της γουνοποιίας καθώς και την οικονομική εξάρτηση του νομού από αυτόν. Τέλος η Καστοριά είναι ένας νομός με πλούτο φυσικών πόρων, ενώ στην περιοχή δραστηριοποιείται και η εξορυκτική εταιρεία ΛΑΡΚΟ που στηρίζεται κυρίως στην εξόρυξη νικελίου.

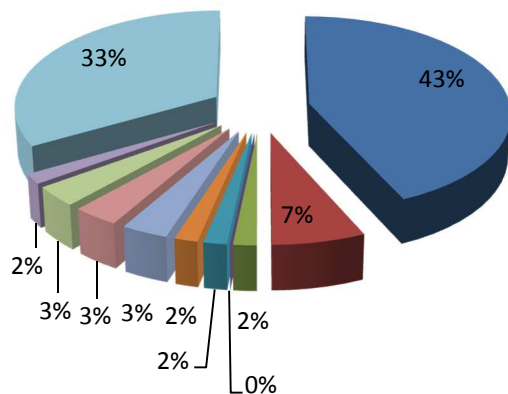
2.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς, καλύπτεται από αγροτικές εκτάσεις και αφορά περίπου το 60%, το 30% περίπου της έκτασης της περιοχής καλύπτεται από δάση και το υπόλοιπο ποσοστό αφορά τους οικισμούς, νερά ή βραχώδεις ακαλλιέργητες εκτάσεις (ΕΣΥΕ, 1991). Η παραλίμνια ζώνη χαρακτηρίζεται κυρίως από καλλιέργειες και βοσκότοπους. Το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιεργούμενων εκτάσεων της περιοχής εμφανίζεται στις παραλίμνιες κοινότητες Μαυροχωρίου, Πολυκάρπης και Δισπηλιού. Στο νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης έχουν ανεγερθεί ξενοδοχειακές μονάδες ενώ στις κοινότητες που βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, εμφανίζονται υψηλά ποσοστά βοσκότοπων αλλά και δασών. Η κατανομή των χρήσεων της γης παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα 2.1 (ΔΠΘ, 1994).

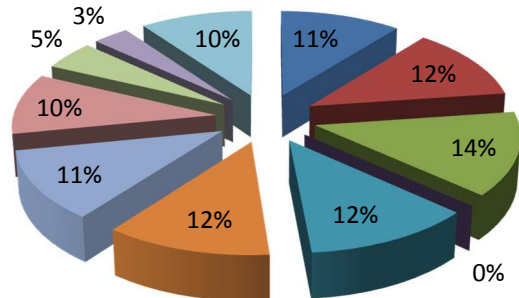
Πίνακας 2.1: Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης ανά λεκάνη απορροής (ΔΠΘ, 1994)

Περιοχή-Υπολεκάνη	Οικισμοί (%)	Γεωργικές εκτάσεις (%)	Βοσκότοποι (%)	Δασικές εκτάσεις(%)
Φουντουκλή	26	2	43	29
Απόσκεπου	4	16	48	32
Βυσσινιά	1	7	55	37
Αγ. Αθανασίου	-	100	-	-
Τοιχιού	1	19	48	32
Μεταμόρφωσης	1	20	47	31
Φωτεινής	2	21	46	31
Ξηροποτάμου	2	32	40	27
Ίστακου	2	66	19	13
Αμπελοκήπων	1	77	13	9
Καστοριάς-Δισπηλιού	20	11	40	28

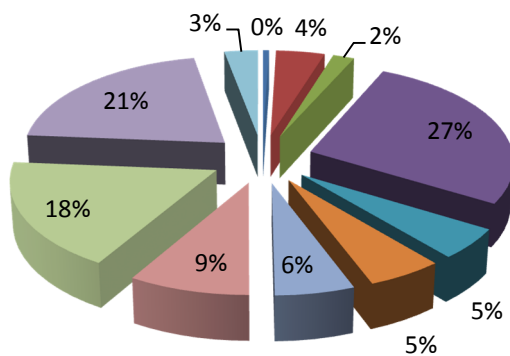
Οικισμοί (%)



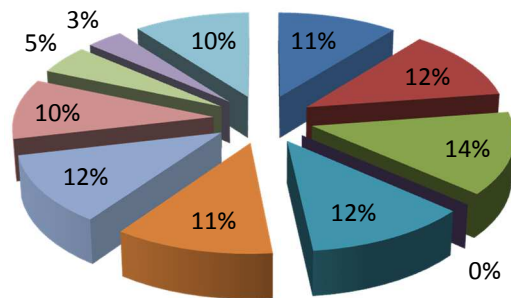
Βοσκότοποι (%)



Γεωργικές Εκτάσεις (%)



Δασικές Εκτάσεις (%)



Σχήμα 2.1: Γραφική απεικόνιση των τιμών του Πίνακα 2.1

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

Η μορφολογία της περιοχής αποτελεί το αποτέλεσμα του συνδυασμού της γεωλογικής δομής, της πρόσφατης τεκτονικής δράσεως και της διαβρωτικής ενέργειας (φυσικής ή χημικής). Η διάβρωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη βαθμιαία εξομάλυνση του αναγλύφου. Παράλληλα η δράση του νερού, το οποίο αποτελεί και τον κυριότερο παράγοντα που συντελεί στη διάβρωση, είναι υπαίτια για τη μεταφορά και απόθεση των προϊόντων της διάβρωσης στις χαμηλότερες περιοχές.

Με βάση τη γεωλογική δομή καθώς και τη σύσταση των πετρωμάτων διακρίνονται τρεις ζώνες διαφορετικού αναγλύφου.

A) Ζώνη ορεινού αναγλύφου (κρυσταλλοσχιστωδών-πλουτωνικών πετρωμάτων)

Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει την ορεινή μάζα του όρους Βέρνου, η οποία αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πλουτωνικά πετρώματα και κατεβαίνει μέχρι τη λίμνη της Καστοριάς. Το ανάγλυφο των πετρωμάτων αυτών παρουσιάζει έντονο κατακόρυφο διαμελισμό κυρίως στις περιοχές που επικρατούν γνεύσιοι και γρανίτες. Επίσης παρουσιάζει και έντονα φαινόμενα διαβρώσεως στις περιοχές που αποτελούνται από φυλλίτες ή σχιστόλιθους.

B) Καρστικό ανάγλυφο (ανθρακικών πετρωμάτων)

Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει την ασβεστολιθική ανάπτυξη του Μεσοζωικού καλύμματος, η οποία εκτείνεται από τα υψώματα Κορησού και Πύργου του Άσκιου όρους μέσω του "Πετρώδους" υψώματος και της χερσονήσου "Κορίτσας" της Καστοριάς, μέχρι ΒΔ στο Τρικλάριο όρος. Χαρακτηριστικό των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης αυτής είναι το έντονα καρστικοποιημένο ανάγλυφο τους και πιο συγκεκριμένα η παρουσία ρωγμών, δολίνων, εγκοίλων, μικροσπηλαίων καθώς και επιφανειών επιπέδωσης.

Το επιφανειακό σύστημα αποστράγγισης είναι αραιό και η απορροή πραγματοποιείται κυρίως με εσωτερική αποστράγγιση. Το αποστραγγιστικό δίκτυο αποτελείται από έναν μικρό αριθμό φαραγγιών και από ένα εσωτερικό δίκτυο αγωγών

και εγκοίλων. Τα επιφανειακά υδατορέματα παρουσιάζουν ροή μόνο όταν σημειώνονται μεγάλης έκτασης και διάρκειας βροχοπτώσεις.

Γ) Ανάγλυφο χαμηλών περιοχών

Η ζώνη αυτή συμπίπτει με την παραλίμνια πεδινή έκταση και τη νότια ημιπεδινή περιοχή της λίμνης που καταλήγει στην κοιλάδα του ποταμού Αλιάκμονα. Η κοιλάδα αυτή αποτελείται από ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας, πλειο-πλειστοκαινικές και ολοκαινικές αποθέσεις. Το ανάγλυφο στις χαμηλές περιοχές των τριτογενών και τεταρτογενών γεωλογικών σχηματισμών είναι ήπιο και ομαλό χωρίς να παρουσιάζει έντονες εδαφικές εξάρσεις και με κλίση μικρή έως μηδενική. Στην κατηγορία του αναγλύφου αυτού υπάγονται οι αλλουβιακοί κώνοι και τα ριπίδια που σχηματίζονται στις εξόδους των χειμάρρων προς την πεδινή έκταση. Συγκεκριμένα βρίσκονται στις εξόδους των χειμάρρων: Λάκκου, Τοιχιού, Μεταμόρφωσης, Μελισσοτόπου, Βασιλειάδας κ.α. Ακόμη στην κατηγορία του αναγλύφου αυτού περιλαμβάνονται παλαιές ποτάμιες αποθέσεις νότια της λίμνης, μεταξύ του ποταμού Αλιάκμονα και του ρέματος " Γκιόλι", εξαιτίας των οποίων το ανάγλυφο της περιοχής είναι κατά κύριο λόγο γηλοφώδες και κυματοειδές με πυκνό αποστραγγιστικό δίκτυο. Τέλος η πεδινή παραλίμνια έκταση αποτελεί τμήμα αυτής της κατηγορίας αναγλύφου, χαρακτηριστικό της οποίας είναι η σχεδόν επίπεδη τοπογραφία. Στην περιοχή αυτή και περιμετρικά κυρίως της λίμνης εμφανίζονται σύγχρονες δελταϊκές αποθέσεις δηλαδή νέες προσχωσιγενείς εκτάσεις εις βάρος της λίμνης. Αυτό οφείλεται στις έντονες διαβρωτικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή του ορεινού αναγλύφου. Μεταξύ των χωριών Πολυκάρπης και Μαυροχωρίου χαρακτηριστικό είναι το δέλτα που σχηματίζεται απ' τις αποθέσεις του υδατορέματος του Ξηροποτάμου.

3.1.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ορεινής και πεδινής περιοχής μελέτης

Η μορφολογία της περιοχής γενικότερα είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής δράσης, της γεωλογικής δομής και της διάβρωσης του εδάφους.

Σύμφωνα με τον Dikau (1989), που ασχολήθηκε με την ταξινόμηση του αναγλύφου, η έκταση της περιοχής μελέτης κατανέμεται σε τέσσερις

γεωμορφολογικές ενότητες ή τύπους αναγλύφου οι οποίες δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Ύψος από επιφάνεια θάλασσας (μ)	Χαρακτηρισμός
<150	Πεδινές περιοχές
150-600	Λοφώδεις περιοχές
600-900	Ημιορεινές περιοχές
>900	Ορεινές περιοχές

Από μορφολογικής άποψης η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς χωρίζεται σε δύο περιοχές, την ορεινή και την πεδινή περιοχή.

Η ορεινή περιοχή μελέτης αναπτύσσεται γύρω από τη λίμνη, καταλαμβάνει συνολική έκταση 203 km² και χαρακτηρίζεται από σχετικά πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Δομείται απ' τις λεκάνες απορροής των υδατορεμάτων μικρού μεγέθους οι οποίες καταλαμβάνουν επιφάνεια 175,6 km² . Τα παραπάνω υδατορέματα μικρού μεγέθους είναι του Απόσκεπου, του Βυσσινιά, του Τοιχιού, της Μεταμόρφωσης και της Φωτεινής, τα οποία έχουν έκταση λεκάνης E >5 km². Οι υπόλοιπες εκτάσεις αποτελούν ενδιάμεσες επιφάνειες (27,4 km²). Οι ρωγμές, οι διακλάσεις και οι ασυνέχειες που αποτελούν ευνοϊκή συνθήκη για την αποσάθρωση οφείλονται στον τεκτονισμό της περιοχής. Τα ανθρακικά πετρώματα που υπάρχουν στην περιοχή εμφανίζουν καρστικά φαινόμενα και αραιό υδρογραφικό δίκτυο. (Παυλόπουλος Κ., κ.ά., 2009)

Η πεδινή περιοχή αναπτύσσεται στην παραλίμνια έκταση μεταξύ Απόσκεπου, Μαυροχωρίου και Δισπηλιού και έχει έκταση 43,65 km². Περιλαμβάνει ιζηματογενή εδάφη και αποτελείται από τεταρτογενείς αποθέσεις. Στο ανώτερο τμήμα της (κατάντη της ορεινής περιοχής) εκτείνονται παλαιοτεταρτογενείς αποθέσεις σε λωρίδες πλάτους από 100 έως 2000 m. Αυτές αποτελούνται από τους κώνους πρόσχωσης των χειμαρρικών υδατορεμάτων καθώς και από διάφορα κορήματα. Αποτελούνται κυρίως από αδρομερή υλικά όπως κροκάλες, λατύπες, χάλικες κ.α. συνδυασμένα συγχρόνως με αργιλλοϋλίουχα και αμμώδη συστατικά. Στα κατάντη των κώνων συναντώνται επιφάνειες από πρόσφατα αλλουβιακά υλικά που αποτελούνται από αδρομερή συστατικά όπως κροκάλες, λατύπες σχετικά αποστρογγυλεμένες καθώς και από λεπτόκοκκες μάζες οι οποίες παρουσιάζουν σαφή διαβάθμιση. Όλα τα παραπάνω

υλικά συνενώνονται μεταξύ τους, συνθέτοντας σύνολο με μεγάλη ετερογένεια. Νεότερες προσχώσεις των χειμαρρικών ρεμάτων καλύπτουν το υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης.

3.1.2 Γεωμορφές που σχηματίστηκαν στην περιοχή μελέτης

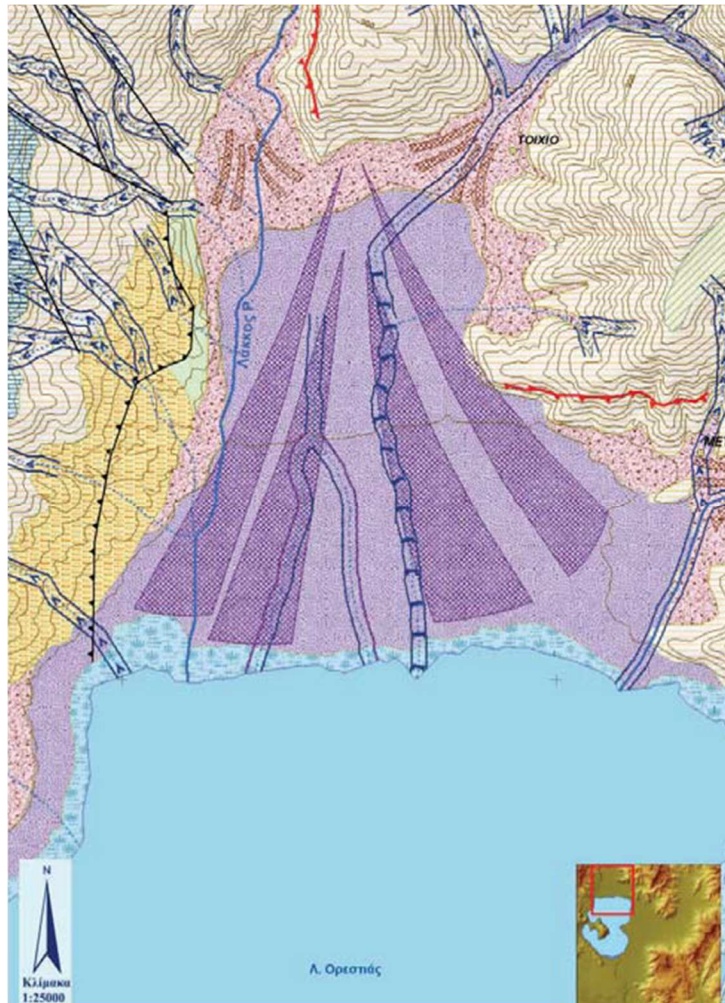
Οι γεωμορφές που συναντώνται στην περιοχή μελέτης είναι οι ακόλουθες :

Δελταϊκά Ριπίδια : Συναντώνται στις εκβολές των υδατορευμάτων του Ξηροποτάμου και του Τοιχιού. Πρόκειται για αλλουβιακές αποθέσεις. Το δελταϊκό ριπίδιο που σχετίζεται με το χείμαρρο του Ξηροποτάμου αποτελείται από άμμους, ιλυούχους άμμους και αργίλους. Το είδος των ιζημάτων, οι βόρειοι-βορειοανατολικοί άνεμοι που επικρατούν καθώς και οι βορειοδυτικοί άνεμοι που πνέουν στην παραλίμνια περιοχή είναι οι παράγοντες που καθορίζουν τη μορφή του. Η στερεοπαροχή, η οποία αναφέρεται στη μάζα των φερτών υλικών που μετριέται στη διατομή ενός υδατορεύματος στη μονάδα του χρόνου, για το συγκεκριμένο δελταϊκό ριπίδιο είναι αρκετά σημαντική. Εξίσου σημαντική είναι όμως και η προέλαση του εξαιτίας του μικρού βάθους της λίμνης αλλά και λόγω της ύπαρξης πετρωμάτων τα οποία αποσαθρώνονται και διαβρώνονται πολύ εύκολα. Είναι πελματοειδούς τύπου.



Σχήμα 3.1: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, δελταϊκό ριπίδιο Ξηροποτάμου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Αντίθετα, το δελταϊκό ριπίδιο του Τοιχιού αποτελείται από πιο λεπτομερή υλικά ιλύων, αργίλων και ιλυούχων άμμων και παρουσιάζει τελείως διαφορετική μορφή από εκείνη του Ξηροποτάμου. Το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει μικρή στερεοπαροχή και οι εσωτερικές υπολεκάνες που περιλαμβάνει το δίκτυο παγιδεύουν σημαντικές ποσότητες ιζημάτων. Στο ριπίδιο αυτό αναπτύσσονται αρκετές παλαιοκοίτες (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008).

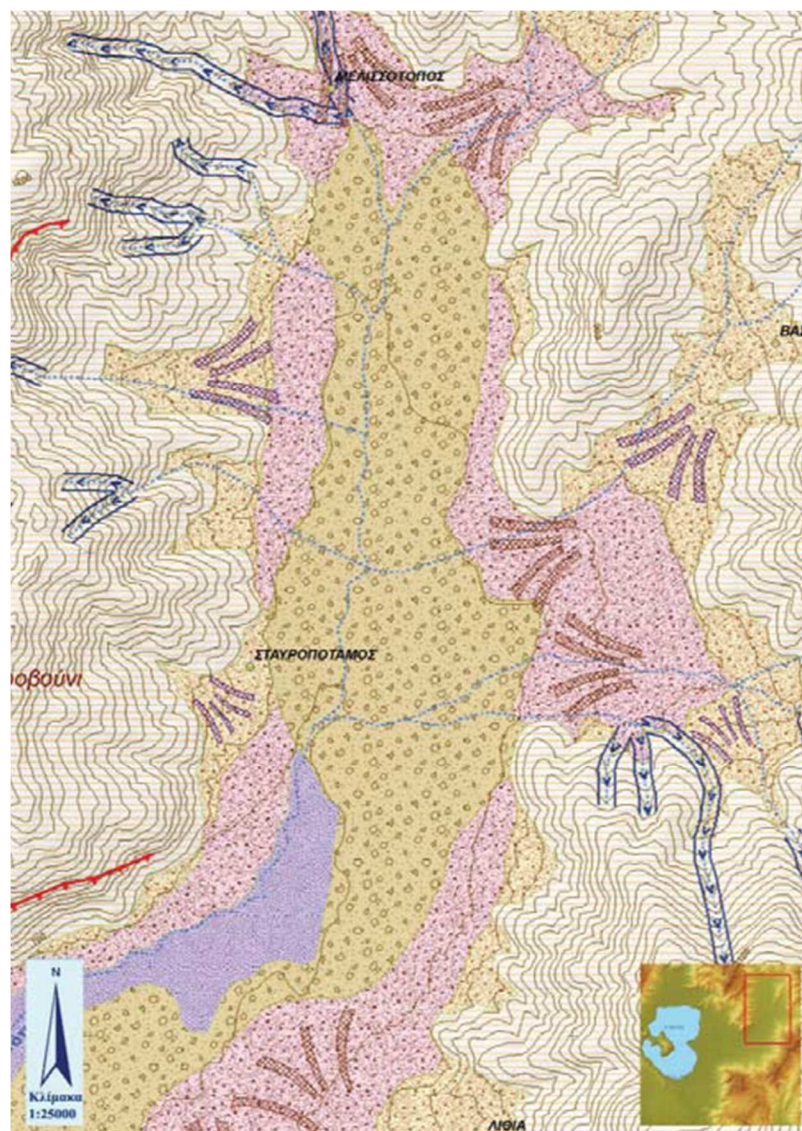


Σχήμα 3.2: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, δελταϊκό ριπίδιο Τοιχιού
(Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Αλλουβιακοί κώννοι απόθεσης : Κώννοι δύο γενεών συναντώνται στις περιοχές Κορησού, Βασιλικών, Αμπελοκήπων και Κωσταραζίου, ηλικίας Άνω Πλειστοκαινικής και Ολοκαινικής. Οι ολοκαινικοί κώννοι αποτελούνται κυρίως από άμμους, χάλικες και ιλυούχες άμμους. Οι πλειστοκαινικοί κώννοι αποτελούνται από αδρόκοκκα υλικά (κροκάλες, χαλίκια, άμμους) και καταλήγουν στις περιοχές Λιθίου, Κορησού και

Σταυροποτάμου σε υψόμετρο περίπου 660-670 m. Αυτοί εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν μια παλαιότερη στάθμη της λίμνης. Η περιοχή του Σταυροποτάμου είναι πιθανόν να λειτούργησε ως κλειστή λεκάνη, απομονωμένη στην ουσία από τη λίμνη σε υψόμετρο πάνω από 700 m μέχρι το Μέσο Πλειστόκαινο. Από την περίοδο του Άνω Πλειστοκαίνου πιθανολογείται ότι ξεκινάει η επικοινωνία της λεκάνης με τη λίμνη της Καστοριάς.

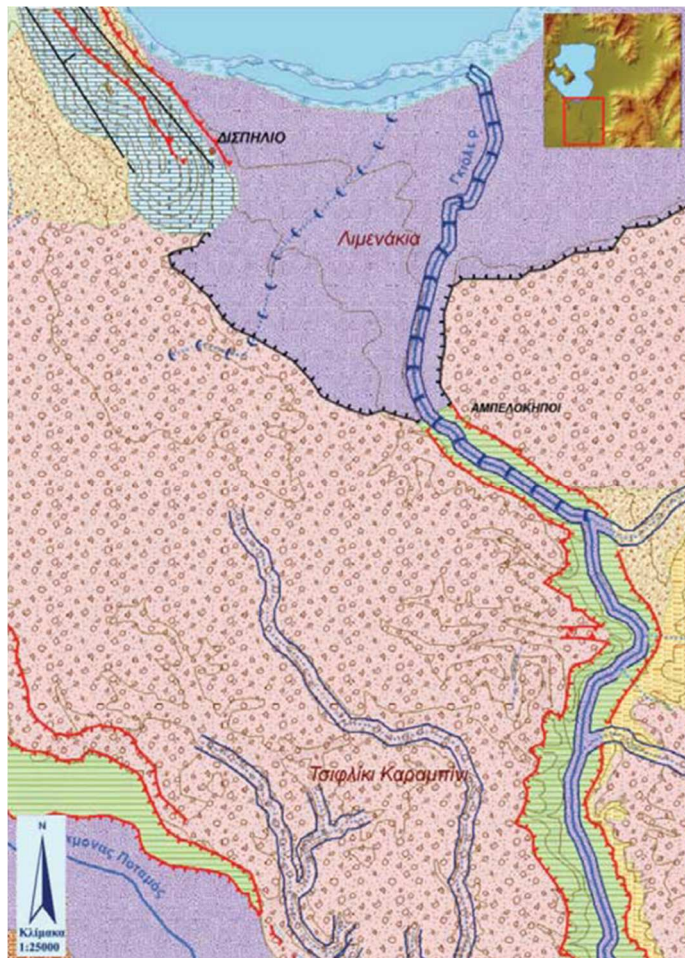
Παρόμοιες εμφανίσεις εντοπίστηκαν στις περιοχές Τοιχιού και Απόσκεπου, Ολοκαινικής ηλικίας και αποτελούνται από άμμους, χάλικες και ιλυούχες άμμους κατά θέσεις.



Σχήμα 3.3: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, Άνω Πλειστοκαινικοί και Ολοκαινικοί αλλουβιακοί κώνοι στην περιοχή Σταυροποτάμου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Άνω Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες: Οι γεωμορφές αυτές εντοπίζονται στις περιοχές Αμπελοκήπων, Μηλιάς και του Κωσταραζίου μέσα στο ρέμα "Γκιόλι" σε υψόμετρο 625-630 m. Αποτελούνται από άμμους και ιλυούχες άμμους. Έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει υψομετρική και γενετική ταύτιση των αναβαθμίδων αυτών με την αναβαθμίδα των 625 m του ποταμού Αλιάκμονα, που αποτελεί το τοπικό βασικό επίπεδο και της λίμνης σήμερα. Αυτές οι αναβαθμίδες ηλικίας Άνω Πλειστόκαινου-Κάτω Ολόκαινου είναι και οι σχετικά νεότερες αναβαθμίδες.

Μέσο Πλειστοκαινικές ποτάμιες αναβαθμίδες: Αυτές παρατηρούνται στις περιοχές του Άργους Ορεστικού, των Αμπελοκήπων και του Κωσταραζίου, σε υψόμετρο 650-670 m και αποτελούνται από άμμους, ιλυούχες άμμους και ορίζοντες χαλικών κατά θέσεις. Αποτελούν ποτάμιες αναβαθμίδες του Αλιάκμονα που δημιουργήθηκαν όταν το επίπεδο ροής του ήταν υψηλότερο ακόμα και από το σημερινό. Κατά την περίοδο εκείνη είναι πιθανόν να δημιουργήθηκε και η λίμνη εξαιτίας των αποθέσεων, οι οποίες δημιούργησαν φράγμα στο υδρογραφικό δίκτυο της Καστοριάς.



Σχήμα 3.4: Απόσπασμα γεωμορφολογικού χάρτη, Μέσο-Άνω Πλειστοκαινικές και Άνω Πλειστοκαινικές αναβαθμίδες περιοχής Διψηλίου -Κωσταραζίου (Παυλόπουλος, Σκέντος, Κοτάμπαση, 2008)

Εγκιβωτισμένες κοίτες : Η εμφάνιση τους οφείλεται στις μεταβολές της στάθμης της λίμνης ή στην τεχνητή διευθέτησή. Εμφανίζονται κυρίως στα χαμηλότερα σημεία των δελταϊκών ριπιδίων, κοντά στη λίμνη.

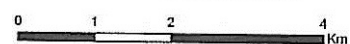
Κρημνοί : Βρίσκονται κυρίως στους ανθρακικούς σχηματισμούς του Αγίου Νικολάου και του "Πετρώδους" υψώματος με ύψος 100-300 m περίπου. Η δημιουργία τους είναι αποτέλεσμα των διεργασιών της διάβρωσης και της χημικής αποσάθρωσης.

Ακτές απόκρημνες με μεγάλη κλίση, με ή χωρίς ίζημα : Ο ασβεστολιθικός όγκος της πόλης της Καστοριάς είναι η περιοχή όπου εμφανίζονται αυτές οι γεωμορφές. Είναι ανθεκτικές στη διάβρωση και τα υλικά των ακτών αυτών, τα οποία εμφανίζονται κατά θέσεις είναι αποτέλεσμα της μηχανικής διάβρωσης.

Επιφάνειες επιπέδωσης: Αυτές εντοπίζονται στους ανθρακικούς σχηματισμούς του όρους "Κορησός" σε ύψος 1100 m και είναι Μειοκαινικής ηλικίας. Έχουν έντονα καρστικοποιημένο ανάγλυφο με σχηματισμό καρστικών κοιλάδων. Τα ιζήματα, τα οποία καλύπτουν τμήματα της επιφάνειας τους αποτελούν προϊόντα της αποσάθρωσης των ασβεστόλιθων.

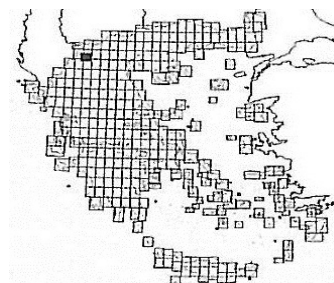


ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50.000 SCALE



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Υψομετρική κύρια	— 200 —
Υψομετρική δευτερεύουσα	— — —
Ποτάμι μόνιμης ροής	— — —
Ποτάμι περιοδικής ροής	— — —
Κύριος ασφαλτοστρωμένος δρόμος	— — —
Ασφαλτοστρωμένος δρόμος	— — —
Χωματόδρομος	— — —
Κατοικημένη περιοχή	■ ■ ■



Σχήμα 3.5 : Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

3.2 Η ΛΙΜΝΗ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

«Λίμνη τίς ἐστίν ἡ τῆς Καστοριάς, ἐν ἡ τράχηλος ἀπὸ τῆς χέρσου εἰσέρχεται, καὶ περὶ τὸ ἄκρον ευρύνεται εἰς πετρώδεις βουνούς ἀποτελευτών. Περὶ δὲ τὸν τράχηλον καὶ πύργοι καὶ μεσοπύργια ὠκοδομῆνται κάστρου δίκην, ὅπερ καὶ Καστοριά ὀνομάζεται >>. (Αλεξιάς, βιβλίο VI).

Το παραπάνω αποτέλεσε περιγραφή της Ορεστιάδας λίμνης ἀπὸ τῆ βυζαντινῆ ἀρχόντισσα Ἄννα Κομνηνῇ (1083 μ.Χ.).



Εικόνα 3.1 : Πανοραμική άποψη της λίμνης της Καστοριάς

3.2.1 Η ταυτότητα της λίμνης

Η λίμνη τῆς Καστοριάς (ἢ ἀλλιῶς λίμνη Ορεστιάδα), βρίσκεται δίπλα στὴν ομώνυμη πόλη, ἔχει ἔκταση περίπου 30 km² καὶ εἶναι ἡ ἐνδέκατη μεγαλύτερη σε μέγεθος λίμνη στὴν Ελλάδα. Βρίσκεται σε γεωγραφικὸ πλάτος Β 38 ° 34' καὶ γεωγραφικὸ μήκος Α 21 ° 30'.

Υπολογίζεται πὼς σχηματίστηκε πρὶν ἀπὸ 10.000.000 χρόνια. Ἡ δημιουργία τῆς οφείλεται στὴ διάρρηξη ἀλλὰ καὶ στὴν υπόγεια διάβρωση τῶν ασβεστολιθικῶν

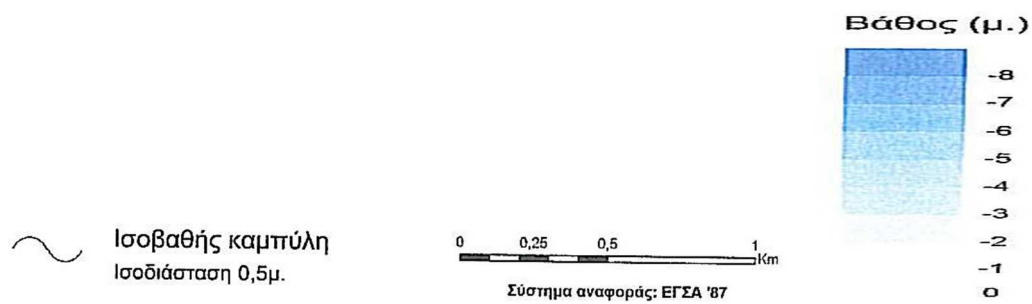
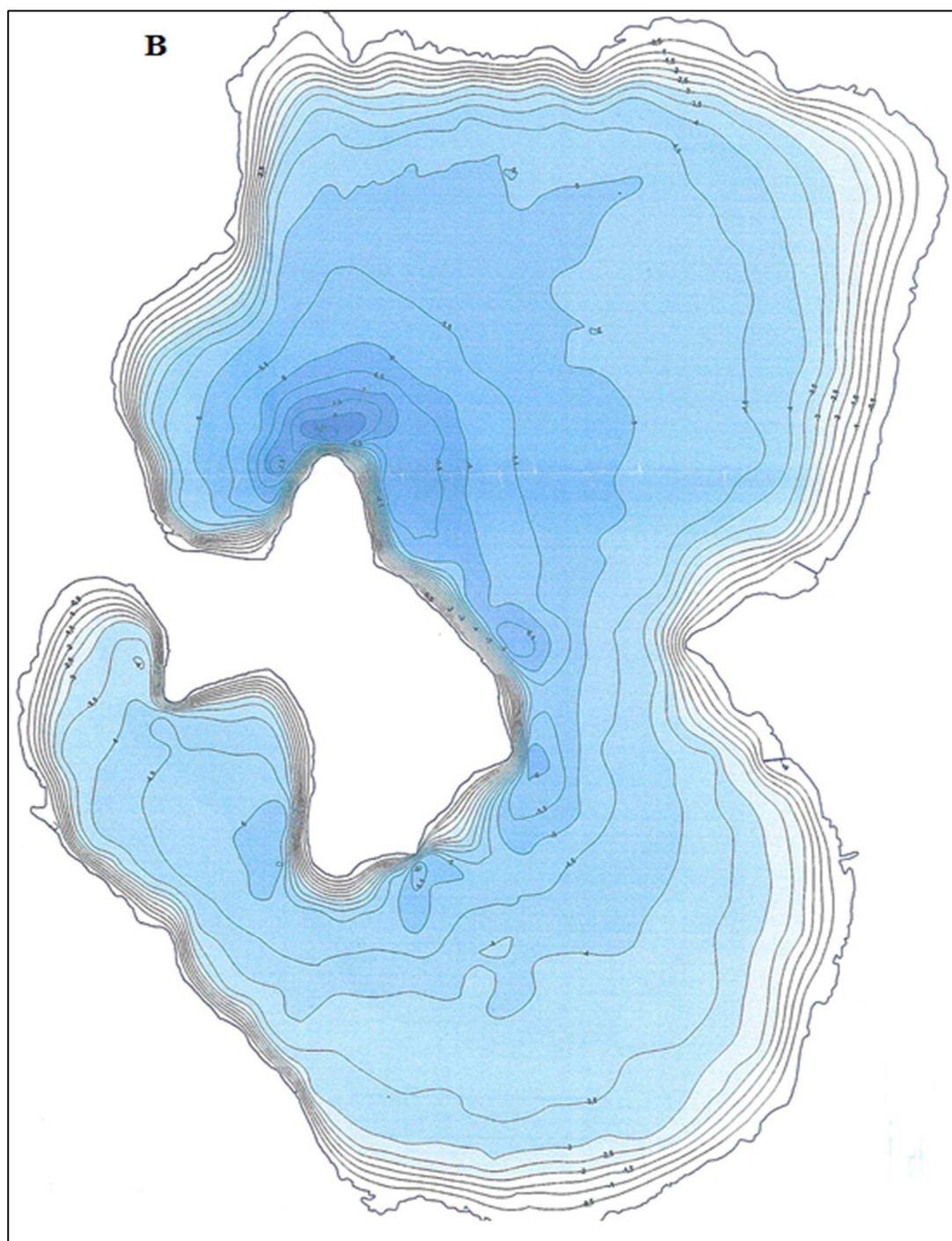
πετρωμάτων από το νερό, με αποτέλεσμα το σχηματισμό υπόγειων εγχοίλων για αυτό και θεωρείται ότι είναι καρστικής προέλευσης λίμνη. Η λίμνη αυτή αποτελεί κατάλοιπο μιας παλιάς εκτεταμένης λίμνης με έκταση 164 km² και μέγιστο βάθος μεγαλύτερο από 50 m. Σήμερα ο λιμναίος χώρος αναπτύσσεται σε σημαντικό υπερθαλάσσιο ύψος και το μέσο υψόμετρο της στάθμης των τελευταίων 25 ετών ανέρχεται στα 629 μέτρα. Καταλαμβάνει επιφάνεια 32,4 km², ενώ το μέγιστο πλάτος της αγγίζει τα 3,25 km και το μέγιστο μήκος της φτάνει τα 2,83 km. Το μέγιστο βάθος της λίμνης έχει καταγραφεί στα 9 m περίπου, νότια του λόφου Προφήτη Ηλία, ενώ το μέσο βάθος της δεν ξεπερνάει τα 4,5 m (Βαφειάδης, 1983). Σήμερα κατατάσσεται στις μικρές λίμνες. Ο όγκος των υδάτων της είναι περίπου 100.000.000 m³. Το σχήμα της λίμνης είναι ελλειψοειδές. Στο δυτικό τμήμα της δεσπόζει η χερσόνησος της Κορίτσας, μια βραχώδης, ασβεστολιθική μάζα που μαζί με το διαρκώς εκτεινόμενο εντός της λίμνης, δέλτα του χείμαρρου του Ξηροποτάμου από Α, τείνει να διαχωρίσει τη λίμνη σε δύο ίσα περίπου τμήματα, το βόρειο και το νότιο. Τα τελευταία 50 χρόνια παρατηρείται ταχύτερη μείωση της έκτασης της επιφάνειας και του βάθους της λίμνης και αυτό οφείλεται στην αυξημένη μεταφορά φερτών υλικών από τη λεκάνη απορροής στις όχθες και στο εσωτερικό της. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται τόσο στις ιδιαίτερες γεωμορφολογικές συνθήκες που επικρατούν στη λεκάνη απορροής της λίμνης, όπως οι μεγάλες κλίσεις, η παρουσία διαβρώσιμων πετρωμάτων, μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων, ανεπαρκής φυτοκάλυψη αλλά περισσότερο οφείλεται στις έντονες ανθρωπογενείς δραστηριότητες των τελευταίων χρόνων, όπως είναι διάφορα αντιπλημμυρικά έργα, έργα εγκιβώτισης των πεδινών ροών των ρεμάτων, έργα οδοποιίας, απόρριψη μπαζών και άλλων απορριμμάτων στις κοίτες.

Η λίμνη τροφοδοτείται από πολλές υπολίμνιες πηγές, οι οποίες στο παρελθόν ήταν περισσότερες. Οι πηγές αυτές γίνονται αντιληπτές το χειμώνα που η λίμνη παγώνει, επειδή το στρώμα του πάγου που βρίσκεται στην επιφάνεια της λίμνης, ακριβώς πάνω από την πηγή είναι λεπτότερο.

Η μεγαλύτερη τροφοδοσία της λίμνης γίνεται μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχές, χιόνια), που είτε πέφτουν απευθείας στην επιφάνεια της, είτε καταλήγουν σε αυτή μέσω της επιφανειακής απορροής. Τα περισσότερα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη, βρίσκονται στο βόρειο και στο ανατολικό τμήμα της, με μεγαλύτερο τον Ξηροπόταμο ο οποίος εκβάλλει στο ανατολικό τμήμα.

Η λίμνη της Καστοριάς είναι ανοιχτού τύπου, αφού μπορεί και εκφορτίζεται. Με την ύπαρξη ενός φυσικού καναλιού (ρέμα Γκιόλι), που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της, η περίσσεια των υδάτων εκρέει στον ποταμό Αλιάκμονα. Στο στόμιο του καναλιού υπάρχει τεχνητό φράγμα με κινητές θυρίδες που εκσυγχρόνισε και διαχειρίζεται ο Δήμος Καστοριάς.

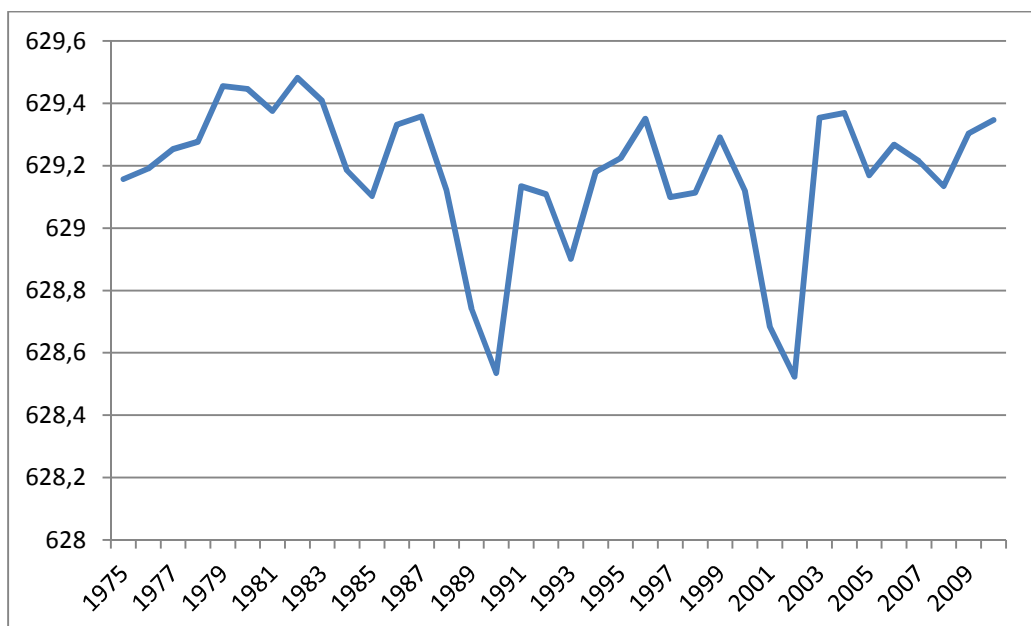
Τέλος η λίμνη χαρακτηρίζεται ως μεσοτροφική προς ευτροφική, ενώ η διαύγεια των υδάτων της είναι μικρή. Τα ύδατα της παρουσιάζουν ασταθή θερμοκρασιακή στρωμάτωση. Η λίμνη καλύπτεται από πάγο κατά μέσο όρο για διάστημα 10 ημερών κάθε δύο με τρία χρόνια.



Σχήμα 3.6 : Βαθυμετρικός χάρτης της λίμνης της Καστοριάς (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

Πίνακας 3.1: Σταθμημετρικές παρατηρήσεις της λίμνης της Καστοριάς

Χρονολογία	Μέση Στάθμη	Χρονολογία	Μέση Στάθμη
1975	629,157	1993	628,901
1976	629,191	1994	629,18
1977	629,253	1995	629,225
1978	629,277	1996	629,351
1979	629,455	1997	629,099
1980	629,446	1998	629,114
1981	629,375	1999	629,291
1982	629,482	2000	629,12
1983	629,408	2001	628,684
1984	629,184	2002	628,524
1985	629,102	2003	629,354
1986	629,331	2004	629,369
1987	629,358	2005	629,169
1988	629,122	2006	629,268
1989	628,741	2007	629,214
1990	628,535	2008	629,134
1991	629,134	2009	629,304
1992	629,109	2010	629,347



Σχήμα 3.7: Διακύμανση της στάθμης κατά το χρονικό διάστημα 1975-2010

Πίνακας 3.2:Φυσική και χημική κατάσταση της λίμνης από Kousouris et al. (1987)

Μορφολογία:		pH :	καλοκαίρι	7,00-8,71
			φθινόπωρο	-
Επιφάνεια:	32,4 km ²		χειμώνας	5,90-8,20
Μέγιστο μήκος:	3,25 km		άνοιξη	7,80-8,30
Μέγιστο πλάτος:	2,83 km			
Μέγιστο βάθος:	9,1m	Ηλεκτρική αγωγιμότητα, μS:		120-308
Μέσο βάθος:	4,45m	Αλκαλικότητα , meq/l:		1,44-3,04
		Ολική σκληρότητα, G°:		4,48-8,51
Τοπογραφία:		Χλωρίδια, mg/l:		6,80-40,1
		P-PO ₄ , mg -at/l:		0,09-0,71
38°34 Β , 21°30 Α		υψόμετρο	628m	0,67-12,10
		N-NH ₄ , mg -at/l:		0,04-1,60
Κλιματικές συνθήκες:		N-NH ₃ , mg -at /l:		0,02-24,10
		Διαφάνεια υδάτων (δίσκος Secchi):		0,50-2,80
Θερμοκρασία:	μέση μέγιστη	6.0-28.4°C		
	μέση ελάχιστη	1.0-15.9°C		
Βροχόπτωση:	700mm			
Κύρια κατεύθυνση ανέμων:	B,BΔ,BA			
Ετήσια εξάτμιση:	20-25cm			
Υδρολογία και Λιμνολογία:				
Παγοκάλυψη:	ανά διετία για 10ημέρες			
Τύπος λίμνης:	εύκρατη διμεικτική			
Θερμοκρασία:	καλοκαίρι	19,3-25,7°C		
	φθινόπωρο	9,3-21,6°C		
	χειμώνας	5,4-7,1°C		
	άνοιξη	4,7-13,3°C		

3.2.2 Δημιουργία της λίμνης

Η λίμνη της Καστοριάς θεωρείται υπολειμματική μορφή των λιμνών του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς που δέσποζαν στη Μακεδονία και έχει ορεινό χαρακτήρα. Κατά το Πλειόκαινο, κατά τη διάρκεια των νεοτεκτονικών φάσεων, έλαβαν χώρα εκτεταμένες διαρρήξεις και δημιουργήθηκαν μεγάλα ρήγματα τα οποία είχαν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ΒΒΔ-ΝΝΑ. Συνέπεια όλων αυτών ήταν να σχηματιστεί στην περιοχή μία τεκτονική τάφρος με επί μέρους ταφροειδή βυθίσματα, όπου στη συνέχεια αποτέθηκαν σε αυτά νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα, μεγάλου πάχους. Μετά την απόθεση των ιζημάτων ακολούθησαν μεταπτώσεις και εξάρσεις που κατακερμάτισαν την τεκτονική τάφρο με αποτέλεσμα να σχηματιστούν εξάρματα και λεκανοειδή βυθίσματα, ένα από τα οποία καταλαμβάνεται από τη λίμνη της Καστοριάς. Έτσι η λίμνη θεωρείται ότι έχει τεκτονική προέλευση και δημιουργήθηκε πριν από 10.000.000 χρόνια περίπου.

3.2.3 Η Λεκάνη Απορροής της Λίμνης της Καστοριάς

Η λίμνη της Καστοριάς αποτελεί τον ενδιάμεσο αποδέκτη ενός ολοκληρωμένου και ανεξάρτητου, ανοικτού υδρογραφικού δικτύου ενώ τον τελικό αποδέκτη αποτελεί ο ποταμός Αλιάκμονας. Το υδρογραφικό αυτό δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο χειμαρρικών ρεμάτων, διαφόρων μεγεθών. Στην ουσία ο Αλιάκμονας αποτελεί βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Καστοριάς, διότι διαρρέει όλη την έκταση του νομού και μαζί με τους παραποτάμους του αποχετεύει τη λεκάνη απορροής του. Μέρος των επιφανειακών νερών της λεκάνης του, συγκεντρώνεται σε χαμηλότερα σημεία και έτσι σχηματίζεται η λίμνη της Καστοριάς, σε υψόμετρο 620 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η υδρολογική λεκάνη της Καστοριάς αποτελεί υπολεκάνη της λεκάνης απορροής του ποταμού Αλιάκμονα. Ο επιφανειακός υδροκρίτης της λεκάνης αυτής ορίζεται ανατολικά από τις κορυφές Μηλιά (1.236 m) και Πύργος (1.413 m) της ορεινής περιοχής «Μορίκι» του Άσκιου όρους. Στα βόρεια των στενών Κλεισούρας αναπτύσσεται ο ορεινός όγκος του όρους Βέρνου. Η υδροκριτική γραμμή διέρχεται

από τις κορυφές Δούκας (1.623 m), Κρόνος (1680 m), Βίτσι (2.128 m) και Σπυριδάκης (1.488 m). Στη συνέχεια αυτή ακολουθεί νοτιοδυτική κατεύθυνση καθώς διέρχεται από την κορυφή Καζάνι (1.367 m). Έπειτα το δυτικό της όριο διέρχεται δύο περίπου χιλιόμετρα δυτικά της πόλεως της Καστοριάς, στρέφεται νοτιοανατολικά, διέρχεται τη ράχη Πετρώδες (802 m) και τέλος καταλήγει στα νότια της λίμνης της Καστοριάς. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής ανέρχεται στα 895 m.

Η πραγματικά συνολική λεκάνη απορροής της λίμνης μαζί με την επιφάνεια της ανέρχεται σε 269,67 km². Θεωρητικώς η λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς είναι μια κλειστή λεκάνη με υδροκρίτη όπως ορίστηκε πιο πάνω και συνολική επιφάνεια εκτάσεως 281 km². Το νότιο όμως τμήμα του υδροκρίτη υπέστη μετατόπιση κατά μεγάλο μέρος στη δημόσια οδό Δισπηλιού - Κορησού, λόγω της διανοίξεως του ρέματος Γκιόλι ή αλλιώς της Διώρυγας Καστοριάς με φυσικές διεργασίες, καθώς και της ύπαρξης της ανωτέρου οδού. Αυτό είχε σαν συνέπεια η έκταση της πραγματικής επιφανειακής λεκάνης απορροής να περιορισθεί στα 263,60 km².

Το κλίμα της λεκάνης απορροής μπορεί να χαρακτηριστεί ως υγρό με μεσοθερμικές συνθήκες, με την ξηρή περίοδο να ξεκινάει τον Ιούνιο και να τελειώνει τον Αύγουστο και την περίοδο των βροχοπτώσεων να διαρκεί από το Σεπτέμβριο έως και το Μάιο.

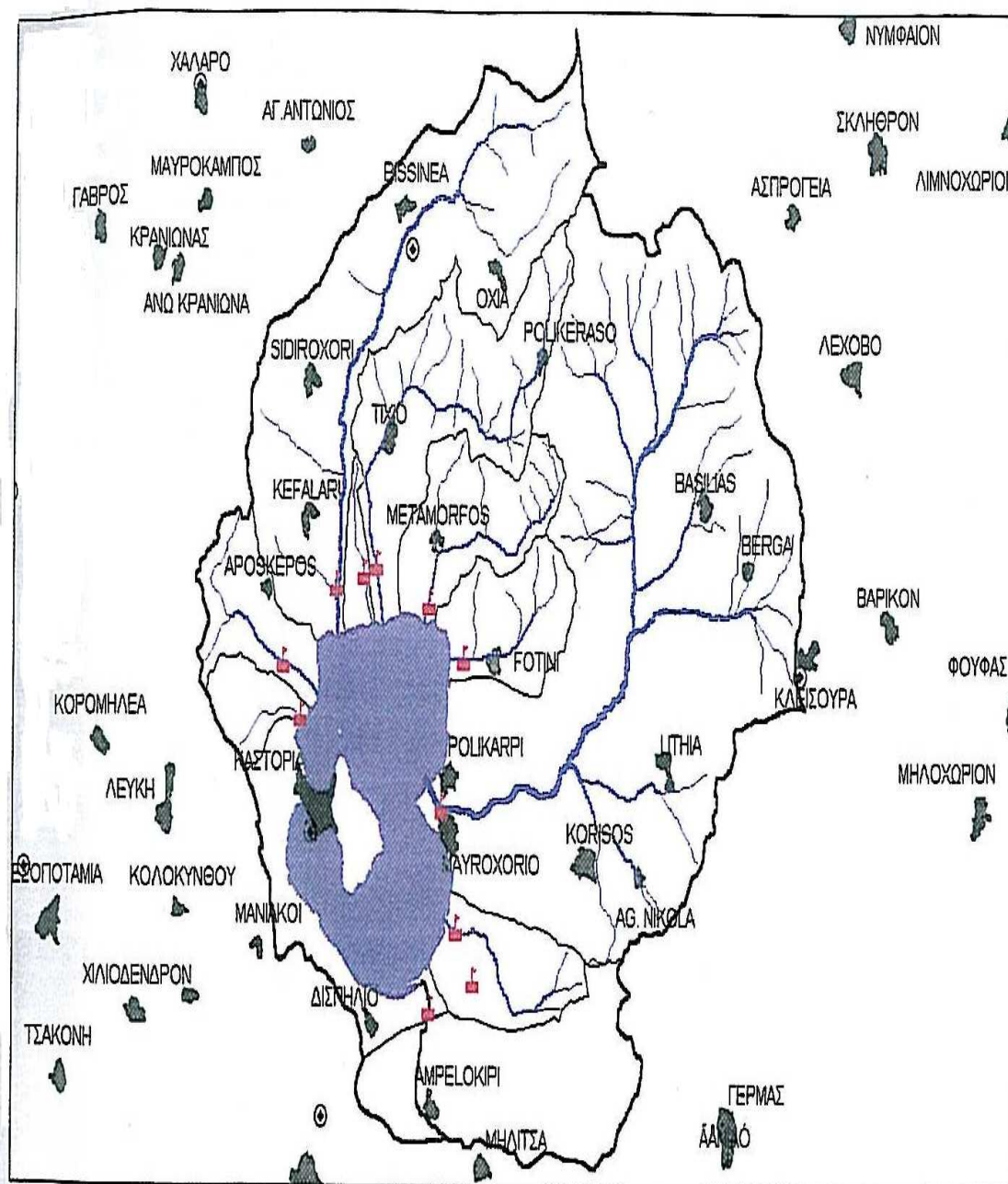
Η υδρολογική λεκάνη διαρθρώνεται από μορφολογική άποψη σε δύο περιοχές ως εξής: Α) Η ορεινή περιοχή, που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής, αναπτύσσεται κυκλικά γύρω από τη λίμνη και χαρακτηριστικό της είναι το σχετικά πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Συγκροτείται από τις υπολεκάνες : Απόσκεπος, Βυσσινιάς, Τοιχιού, Μεταμόρφωση, Φωτεινής και Ξηροπόταμου. Β) Η πεδινή περιοχή αναπτύσσεται στην παραλίμνια περιοχή κυρίως μεταξύ Απόσκεπου, Μαυροχωρίου και Δισπηλιού, καταλαμβάνοντας έκταση 45 km² περίπου.

Το υπόβαθρο της λεκάνης απορροής της λίμνης που συγκροτείται από σκληρούς πετρολογικούς σχηματισμούς, υφίσταται την επίδραση κλίματος, το οποίο είναι τραχύ και συνοδεύεται από θερμοκρασιακές μεταβολές και σημαντικό ύψος κατακρημνισμάτων, όπου σε συνδυασμό με το ορεινό ανάγλυφο της περιοχής, ευνοείται η ανάπτυξη έντονων φαινομένων διάβρωσης και αποσάθρωσης καθώς και

φαινόμενα κατακερματισμού του υλικού. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η λεκάνη απορροής της λίμνης να εμφανίζει σήμερα έντονο χειμαρρικό χαρακτήρα.

Η υπολεκάνη Ξηροπόταμου παρουσιάζει το μέγιστο ετήσιο στερεοφορτίο στην έξοδο της και ακολουθούν οι υπολεκάνες Βυσσινιάς και Τοιχιού σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελέτης που πραγματοποιήθηκε από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. (2000). Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η κατασκευή αρκετών έργων προστασίας από τα χειμαρρικά φαινόμενα στις υπολεκάνες Ξηροποτάμου, Βυσσινιάς και Φωτεινής, με τα φράγματα ύψους 2 έως 6 m να λειτουργούν ταυτόχρονα και ως φράγματα συγκράτησης φερτών υλικών και ως φράγματα στερέωσης.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι τα νερά της λίμνης είναι αποδέκτες ουσιών και ρύπων, που προέρχονται από τις σημαντικές ποσότητες λιπασμάτων, εντομοκτόνων και φυτοφαρμάκων που προστίθενται στο έδαφος με συνεχώς αυξανόμενο ετήσιο ρυθμό λόγω της γεωργικής και κτηνοτροφικής ανάπτυξης.

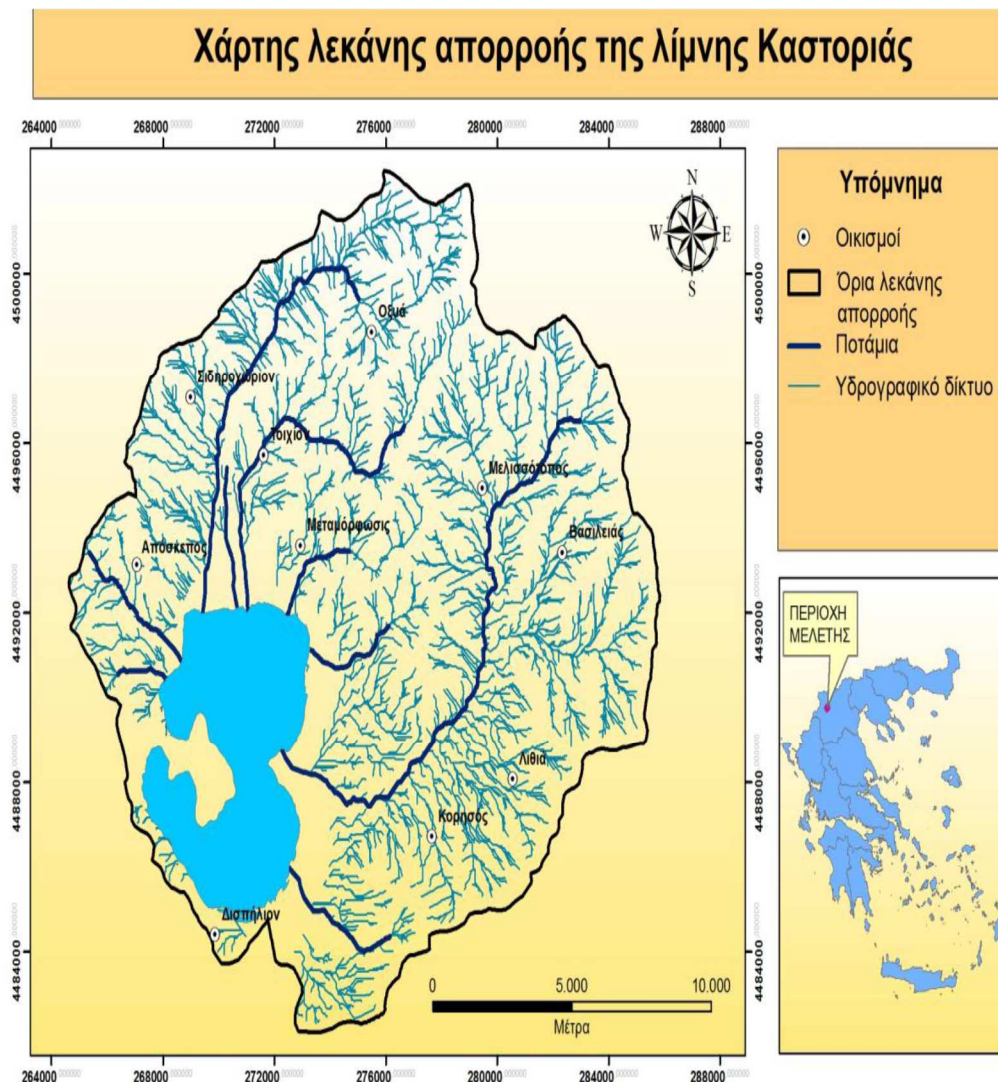


Σχήμα 3.8 : Ολική λεκάνη απορροής της λίμνης με τους χείμαρρους και τα χωριά
(Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

3.3 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

3.3.1. Γενικά

Το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του γεωμορφολογικού αναγλύφου της, διότι είναι αυτό που ευθύνεται για τις διεργασίες της διάβρωσης και της μεταφοράς των υλικών. Στην ουσία το υδρογραφικό δίκτυο λειτουργεί ως αποδέκτης και δίοδος των επιφανειακών υδάτων της λεκάνης και συνίσταται από τις κοίτες και τα ρέματα που υπάρχουν στη λεκάνη. Η λιθολογική σύσταση, η τεκτονική, το ανάγλυφο, οι κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής καθώς και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις και χρήσεις γης, είναι οι παράγοντες που καθορίζουν και τη μορφή που θα έχει το υδρογραφικό δίκτυο (δενδριτική, παράλληλη, κλιμακωτή, ορθογώνια, ακτινωτή, δακτυλιοειδής, πολυλεκανώδης και σύνθετης παραμόρφωσης). Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή μελέτης είναι δενδριτικής μορφής.



Σχήμα 3.9 : Χάρτης της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

3.3.2 Ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης

Η επιφανειακή απορροή αναφέρεται στο ποσοστό του νερού των κατακρημνισμάτων που ρέει επιφανειακά μόλις πέσει στην επιφάνεια της Γης και εισέρχεται στο υδρογραφικό δίκτυο όπου μέσω αυτού εκχύνεται τελικά στη θάλασσα (ή σε λίμνη). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι : η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων, η εξατμισιδιαπνοή, η κλίση του εδάφους,

η φυτοκάλυψη, η λιθολογική σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών και η τεκτονική.

Τα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη διακρίνονται ανάλογα με το μέγεθος των λεκανών απορροής τους σε τρεις κατηγορίες :

- Μέσου μεγέθους ρέματα : στην κατηγορία αυτή υπάγεται μόνο ο Ξηροπόταμος, η λεκάνη απορροής του οποίου έχει εμβαδόν 104,1 km², δηλαδή καταλαμβάνει το 51,29% της λεκάνης απορροής της λίμνης και ο ρόλος που ασκεί στη λειτουργία της θεωρείται καθοριστικός.

- Μικρού μεγέθους ρέματα : στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα υπόλοιπα ρέματα που τροφοδοτούν τη λίμνη (Φουντουκλής, Απόσκεπος, Βυσσινιάς, Άγιος Αθανάσιος, Τοιχίο, Μεταμόρφωση, Φωτεινή, Ίστακος), με λεκάνη απορροής εμβαδού μικρότερου από 5 km².

- Ενδιάμεσες επιφάνειες απορροής : στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι επιφάνειες που παρεμβάλλονται μεταξύ των ορεινών λεκανών των ρεμάτων που αναφέρθηκαν, καθώς και οι επιφάνειες ρεμάτων με λεκάνη απορροής εμβαδού μεγαλύτερου των 5 km².

Πιο αναλυτικά, τα χαρακτηριστικά της ροής για κάθε έναν ποταμοχείμαρρο της λίμνης Καστοριάς όπως φαίνονται και στο σχήμα 3.10 και σύμφωνα με την αρίθμηση του σχήματος είναι τα εξής :

1) Φουντουκλής : Πρόκειται για έναν πολύ μικρό χείμαρρο πρώτης τάξης, που έχει μετατραπεί σε υπόγειο αγωγό και η κοίτη του έχει διευθετηθεί στα τελευταία δύο περίπου km. Η λεκάνη απορροής του είναι μικρή και σε αυτήν καταγράφηκε η ύπαρξη δύο ξενοδοχείων και λίγων σπιτιών. Η παροχή του είναι γενικά πολύ μικρή και μεγαλώνει λίγο πιο μετά από την καταγραφή βροχοπτώσεων. Σύμφωνα με μετρήσεις από σταθμούς που τοποθετήθηκαν σε όλους τους χείμαρρους, κατά τη διάρκεια μελέτης της λεκάνης απορροής της λίμνης από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. προκύπτει ότι η παροχή που δίνει ο χείμαρρος αυτός είναι της τάξης των 5-11 lt/sec και η τιμή αυτή καταγράφηκε μετά και κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Ο σταθμός τοποθετήθηκε μέσα στη διευθετημένη κοίτη, λίγο πριν την είσοδο στη λίμνη. Το νερό της βροχής απορρέει γρήγορα προς τη λίμνη, λόγω της μικρής λεκάνης απορροής του χείμαρρου. Επίσης το μικρό υψόμετρο της (650-800

m) σε σχέση με τις άλλες λεκάνες απορροής, έχει ως συνέπεια το γρήγορα λιώσιμο του χιονιού.

2) Απόσκεπος : Ο χείμαρρος αυτός έχει μετατραπεί σε έναν αρκετά μεγάλο σκουπιδότοπο στον οποίο απορρίπτονται επίσης και μάζα και στη θέση αυτή έχει τοποθετηθεί και ο σταθμός μέτρησης. Κατάντι του σταθμού ο χείμαρρος μετατρέπεται σε κανάλι και τελικά καταλήγει στη λίμνη. Το υψόμετρο της λεκάνης απορροής του κυμαίνεται στα 650-1000 m και είναι μεγαλύτερη από αυτήν του Φουντουκλή. Για αυτό παρατηρούνται και μεγαλύτερες παροχές των 3-100 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Η μέση ταχύτητα του νερού στο σημείο όπου βρίσκεται ο σταθμός μετρήθηκε στα 0,4 m/sec και η βρεχόμενη διατομή του είναι αρκετά μικρότερη από τους άλλους χείμαρρους.

3) Βυσσινιάς : Ο χείμαρρος αυτός (τρίτης τάξης) έχει αρκετό νερό, διότι είναι αποδέκτης των νερών μιας σχετικά μεγάλης λεκάνης απορροής (48,4 km²). Ο σταθμός μέτρησης βρίσκεται λίγο πριν την είσοδο του χείμαρρου στη λίμνη. Η λεκάνη απορροής του βρίσκεται σε υψόμετρο 650-2000 m . Η μέση παροχή του Βυσσινιά είναι της τάξης των 403 lt/sec ενώ η μέγιστη παροχή καταγράφηκε κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης στα 700 lt/sec. Κατά μήκος της κοίτης του χείμαρρου τα πετρώματα που παρατηρούνται είναι γρανιτογενεύσιοι, χονδροκλαστικά υλικά, και ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις. Τέλος μια περιοχή της κοίτης χρησιμοποιείται για τη διέλευση γεωργικών οχημάτων σε παρακείμενα χωράφια και κοντά στις όχθες του απορρίπτονται άδεια μπουκάλια φυτοφαρμάκων με αποτέλεσμα τη μόλυνση των υδάτων (αφρίζοντα ύδατα).

4) Τάφρος Αγίου Αθανασίου : Ανάμεσα στις δύο λεκάνες απορροής του Βυσσινιά και του Τοιχιού εκεί που καταλήγουν προς τη λίμνη, βρίσκεται η λεκάνη απορροής του χείμαρρου. Το μήκος του είναι πολύ μικρό (πρώτης τάξης) και διασχίζει χωράφια με μηλιές. Η παροχή της τάφρου είναι σχετικά μικρή και σταθερή με το χρόνο περίπου 100 lt/sec. Πολύ συχνή είναι η απόρριψη και σε αυτόν, σκουπιδιών, μπαζών και μπουκαλιών με γεωργικά φάρμακα.

5) Τοιχί : Η παροχή του χείμαρρου που μετρήθηκε από το σταθμό είναι μεγάλη, διότι συγκεντρώνει τα νερά από μια αρκετά μεγάλη λεκάνη απορροής 23,25 km². Η παροχή του κυμαίνεται από 60 έως 1000 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Η κοίτη του χείμαρρου είναι αρκετά μικρή σε μέγεθος για αυτό και κατά τη διάρκεια

έντονων βροχοπτώσεων παρατηρούνται πλημμυρικά φαινόμενα. Το υπόστρωμα είναι πετρώδες και κατά μήκος της κοίτης του εμφανίζονται οι ίδιοι γεωλογικοί σχηματισμοί με το Βυσσινιά.

6) Μεταμόρφωση : Η παροχή του χειμάρρου είναι της τάξης των 86 με 200 lt/sec. Τα νερά του χειμάρρου εμφανίζουν πολλές φορές κίτρινους και άσπρους αφρούς στην επιφάνεια τους ενώ στο σημείο που καταλήγει στη λίμνη παρατηρούνται νεκρά ψάρια.

7) Φωτεινή : Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου αυτού είναι μικρή (9,8 km²) και το υψόμετρο της φτάνει έως τα 750 m περίπου. Ο χείμαρρος της Φωτεινής έχει πολύ σπάνια νερό και οι τιμές που μετρήθηκαν κυμαίνονται στα 13 με 42 lt/sec κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης ή μετά από αυτή.

8) Ξηροπόταμος : Η λεκάνη απορροής του Ξηροποτάμου έχει συνολικό εμβαδόν 113,4 km² και είναι η μεγαλύτερη από όλες τις άλλες λεκάνες. Το μέγιστο υψόμετρο της φθάνει στα 1600 m. Ο Ξηροπόταμος είναι χείμαρρος τέταρτης τάξης με τρεις διακλαδώσεις τρίτης τάξης και πολλές δεύτερης και πρώτης. Κατά τη διαδρομή του δέχεται από τα βορειοδυτικά (αριστερά) τα νερά από την υπολεκάνη του Μελισσορέματος και από τα ανατολικά (δεξιά) τις εκβολές των υπολεκανών Βασιλειάδος και Κώτουρη. Το υδρογραφικό του δίκτυο είναι καλά ανεπτυγμένο, δενδριτικής μορφής. Ο μεγαλύτερος κλάδος του χειμάρρου έχει μήκος 17,7 km. Η μέση παροχή του μετρήθηκε στα 395 lt/sec. Η μέγιστη παροχή του μετρήθηκε στα 854 lt/sec και αυτή που μετρήθηκε κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων κυμαίνεται στα 1437 lt/sec. Σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων στο χείμαρρο καταγράφονται πλημμυρικά φαινόμενα ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η κύρια κοίτη προς την έξοδο της λεκάνης έχει παρατηρηθεί ότι δεν έχει ροή για αυτό και συμπεραίνεται ότι η ροή είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις υδρομετεωρολογικές συνθήκες. Το υπόστρωμα του είναι αμμώδες και η ταχύτητα μέτρησης των νερών του χειμάρρου στο σημείο μέτρησης όπου βρίσκεται ο σταθμός είναι μεγάλη με αποτέλεσμα το νερό να εμφανίζεται θολό τις περισσότερες φορές. Κατά μήκος της κοίτης του χειμάρρου τα πετρώματα που επικρατούν είναι καστανοκίτρινοι άμμοι και αλλουβιακές αποθέσεις με συνέπεια το νερό να παρασύρει και να μεταφέρει την άμμο προς τα κατάντη, όπου τελικά καταλήγει στη λίμνη της Καστοριάς.

9) Ίστακος : Η λεκάνη απορροής του Ίστακου έχει έκταση 9,5 km² . Η ροή του νερού στην περιοχή αυτή είναι πολύ μικρή και η μέση παροχή του κυμαίνεται στα 174 lt/sec, ενώ η μέγιστη παροχή που μετρήθηκε κατά τη διάρκεια βροχοπτώσης φτάνει τα 300 lt/sec.

10) Διώρυγα : Εκτός από τους 9 χειμάρρους που τροφοδοτούν τη λίμνη, στη Διώρυγα βρίσκεται η θέση εξόδου του νερού από τη λίμνη. Στη θέση αυτή έχει τοποθετηθεί ένα θυρόφραγμα που ελέγχει την εκροή του νερού από τη λίμνη προς τον ποταμό Αλιάκμονα. Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών οι πόρτες αυτές είναι συχνά ανοιχτές. Στη Διώρυγα παρατηρούνται οι μεγαλύτερες παροχές, βρεχόμενες διατομές και μέσες ταχύτητες των νερών. Αυτό σχετίζεται άμεσα όμως με το αν είναι ανοιχτό το θυρόφραγμα ή όχι. Στην περιοχή αυτή η βλάστηση είναι πλούσια αλλά συχνή είναι και η απόρριψη σκουπιδιών και μπαζών.

Τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα για την επιφανειακή απορροή προέρχονται από τις μετρήσεις που εκτελέστηκαν γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς στα σημεία εκβολών των εννέα χειμάρρων που τροφοδοτούν τη λίμνη καθώς και στη θέση της Διώρυγας εξόδου του νερού από τη λίμνη. Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν στο πλαίσιο της μελέτης της λεκάνης απορροής που πραγματοποιήθηκε από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. για το υδρολογικό έτος 1998-1999.

Η παροχή των χειμάρρων παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις. Η λεκάνη απορροής του Βυσσινιά, του Ξηροποτάμου και του Τοιχιού λόγω του μεγάλου υψομέτρου τους παροχετεύουν τη λίμνη με νερό υπόγειο και από χιονοπτώσεις. Στις υπόλοιπες λεκάνες ο κύριος όγκος νερού έχει ως κύρια πηγή προέλευσης, τις βροχοπτώσεις.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της παροχής ο Ξηροπόταμος έδωσε 7,6 εκατομμύρια κυβικά μέτρα περίπου προς τη λίμνη, ενώ ο Βυσσινιάς και το Τοιχίό 8,9 και 3,2 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, αντίστοιχα. Οι μέσες τιμές των παραπάνω χειμάρρων είναι 5,4 , 6,6, 2,5 αντίστοιχα.

Η μέση ταχύτητα του νερού των χειμάρρων είναι της τάξης των 1,2-1,4 m/sec για τον Βυσσινιά και 0,4 για τον Ξηροπόταμο στα σημεία όπου έγιναν οι μετρήσεις. Οι τιμές τους βέβαια αυξάνουν κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων.

Η εμφάνιση των νερών του Ξηροποτάμου παρουσιάζει μεγάλη θολότητα και από το γεγονός αυτό βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο Ξηροπόταμος κατεβάξει αρκετή στερεοπαροχή, με αποτέλεσμα την απόθεση φερτών υλικών και τη δημιουργία προσχώσεων μέσα στη λίμνη. Στους υπόλοιπους χειμάρρους δεν παρατηρείται κάτι ανάλογο.

Τέλος τη μεγαλύτερη βασική απορροή παρατηρείται ότι την έχει ο Βυσσινιάς διότι κατεβάζει νερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ενώ οι υπόλοιποι στερεύουν τους πέντε από τους δώδεκα μήνες του χρόνου.

Στους πίνακες 3.3 και 3.4 δίνονται οι τιμές των παροχών που μετρήθηκαν κατά το υδρολογικό έτος 1998-1999 και στους πίνακες 3.5 και 3.6 δίνονται κάποιες χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων που προήλθαν από τη μελέτη της λεκάνης απορροής που πραγματοποίησε το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.

Πίνακας 3.3 : Παροχές των χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1998-99 (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Χειμάρροι	Φουντουκλής	Απόσκεπος	Βυssινιάς	Άγ.Αθανάσιος	Τοιχιό
Ημερ /νία	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)
6/11/1998	0,000	0,000	0,080	0,000	0,060
13/11/1998	0,000	0,003	0,150	0,100	0,000
26/11/1998	0,000	0,116	0,499	0,043	0,167
11/12/1998	0,007	0,110	0,628	0,125	0,199
17/12/1998	0,005	0,081	0,434	0,121	0,100
8/1/1999	0,009	0,104	0,345	0,092	0,123
15/1/1999	0,011	0,199	0,703	0,130	0,325
22/1/1999	0,000	0,050	0,330	0,120	0,140
19/1/1999	0,000	0,050	0,307	0,131	0,094
11/2/1999	0,030	0,977	1,957	0,135	1,040
27/2/1999	0,000	0,059	0,356	0,144	0,190
4/3/1999	0,000	0,045	0,475	0,129	0,170
12/3/1999	0,000	0,032	0,478	0,124	0,117
22/3/1999	0,000	0,054	0,413	0,125	0,103
29/3/1999	0,000	0,091	0,441	0,129	0,137
14/4/1999	0,000	0,041	0,471	0,130	0,145
21/4/1999	0,000	0,029	0,389	0,089	0,080
30/4/1999	0,000	0,013	0,330	0,099	0,082
6/5/1999	0,000	0,011	0,263	0,053	0,048
14/5/1999	0,000	0,010	0,171	0,098	0,039
21/5/1999	0,000	0,012	0,172	0,051	0,024
28/5/1999	0,000	0,000	0,159	0,047	0,023
14/6/1999	0,000	0,000	0,056	0,035	0,000
29/6/1999	0,000	0,000	0,053	0,020	0,000

Πίνακας 3.4: Παροχές των χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1998-99 (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

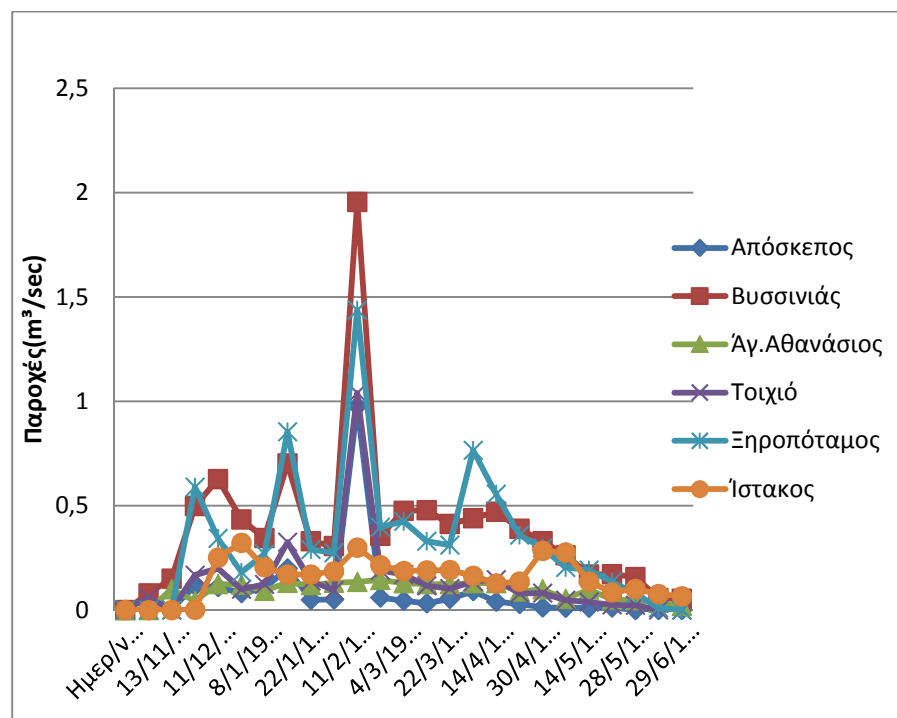
Χειμάρροι	Μεταμόρφωση	Φωτεινή	Ξηροπόταμος	Ίστακος	Διώρυγα
Ημερ /νία	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)	Παροχές (m ³ /sec)
6/11/1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13/11/1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
26/11/1998	0,049	0,005	0,590	0,001	1,440
11/12/1998	0,115	0,002	0,344	0,252	1,885
17/12/1998	0,072	0,000	0,182	0,322	1,891
8/1/1999	0,054	0,000	0,269	0,206	2,176
15/1/1999	0,208	0,006	0,854	0,170	0,165
22/1/1999	0,070	0,000	0,290	0,170	1,220
19/1/1999	0,057	0,000	0,274	0,185	1,259
11/2/1999	0,538	0,042	1,437	0,299	2,412
27/2/1999	0,143	0,000	0,398	0,215	1,881
4/3/1999	0,061	0,000	0,425	0,187	0,054
12/3/1999	0,047	0,000	0,329	0,190	0,016
22/3/1999	0,034	0,000	0,311	0,191	0,965
29/3/1999	0,036	0,000	0,766	0,164	0,834
14/4/1999	0,032	0,000	0,555	0,128	0,539
21/4/1999	0,016	0,000	0,359	0,136	2,037
30/4/1999	0,014	0,000	0,297	0,284	1,635
6/5/1999	0,015	0,000	0,204	0,277	0,090
14/5/1999	0,001	0,000	0,192	0,137	0,048
21/5/1999	0,000	0,000	0,135	0,084	0,063
28/5/1999	0,000	0,000	0,079	0,101	0,058
14/6/1999	0,000	0,000	0,011	0,077	0,063
29/6/1999	0,000	0,000	0,000	0,065	0,097

Πίνακας 3.5 : Χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων (m^3/sec), (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

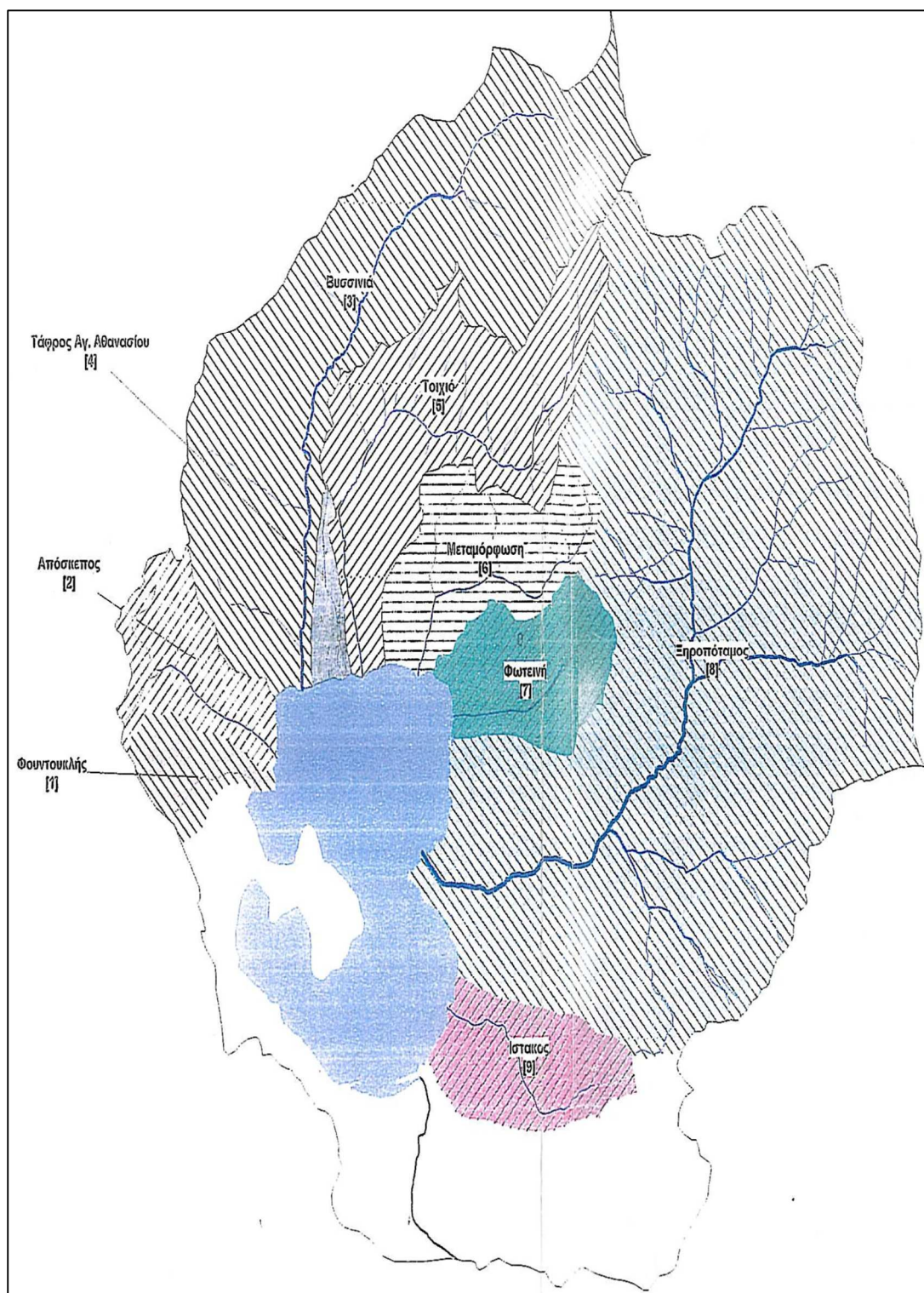
Χείμαρροι	Μέγιστη Παροχή	Ημερ /νία Μέτρησης	Μέση Παροχή	Μέγιστη Παροχή κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης
Φουντουκλής	0,011	15/1/1999	0,007	0,005
Απόσκεπος	0,199	15/1/1999	0,104	0,977
Βυσσινιάς	0,703	15/1/1999	0,402	1,956
Άγ.Αθανάσιος	0,144	27/2/1999	0,099	0,135
Τοιχίο	0,325	15/1/1999	0,155	1,040
Μεταμόρφωση	0,208	15/1/1999	0,087	0,538
Φωτεινή	0,042	11/2/1999	0,014	0,042
Ξηροπόταμος	0,854	15/1/1999	0,395	1,437
Ίστακος	0,322	17/12/1998	0,175	0,299
Διώρυγα	2,176	8/1/1999	0,906	2,412

Πίνακας 3.6 : Χαρακτηριστικές τιμές μετρήσεων (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Χειμάρροι	Ετήσιος Όγκος νερού κάθε χειμάρρου	Μέση Ταχύτητα (m /sec)	Μέση Διατομή (m)	Μέγιστο Βάθος
Φουντουκλής	36590,400	0,317	0,023	0,030
Απόσκεπος	2216817,500	0,471	0,147	0,250
Βυσσινιάς	8964924,480	1,288	0,305	0,200
Αγ.Αθανάσιος	1970815,100	0,645	0,153	0,360
Τοιχίο	3273108,480	0,673	0,202	0,420
Μεταμόρφωση	1540576,800	0,601	0,111	0,400
Φωτεινή	63649,1520	0,161	0,073	0,250
Ξηροπόταμος	7612941,600	0,462	0,749	0,370
Ίστακος	3353767,200	0,247	0,663	0,630
Διώρυγα	—	0,929	0,803	0,300



Σχήμα 3.10 : Παροχές χειμάρρων για το υδρολογικό έτος 1999



Σχήμα 3.11 : Σύστημα υδατορεμάτων και υπολεκάνες (κλίμακα 1:100.000),
(Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

3.3.3 Εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στη λίμνη

Οι εκβολές των χειμαρρικών ρεμάτων στο λιμναίο χώρο συγκεντρώνονται κυρίως στο ΒΑ τέταρτο της λιμναίας περιμέτρου και εκτείνονται σε μήκος ακτών 10 km. Ξεκινούν από τα ανάντη της λίμνης μέχρι το Μαυροχώρι, απέναντι από το όρος Κορίτσα της Καστοριάς. Μεταξύ των εκβολών των ρεμάτων μεσολαβούν αποστάσεις που κυμαίνονται από 1.200 έως 4.400 m.

Ο χείμαρρος του Απόσκεπου (Σιούτιστας) εκχύνεται ως ανεξάρτητος στο λιμναίο χώρο. Ο κώνος πρόσχωσης του ταυτίζεται με το δέλτα του διότι φτάνει σχεδόν μέχρι τις όχθες της λίμνης.

Οι χείμαρροι Βυσσινιάς (Λάκκου), Τοιχιού και Μεταμόρφωσης συγκλίνουν, οπότε κοντά στις εκβολές τους στη λίμνη συμπλέκονται οι επιφάνειες των δέλτα τους, δίνοντας την εικόνα ενιαίου συνόλου.

Ο Ξηροπόταμος εμφανίζει αυτοτελή ανάπτυξη και ο κάθε κλάδος του διαμορφώνει ανεξάρτητο κώνο απόθεσης. Στο σημείο όπου εκβάλλει στη λίμνη σχηματίζεται ένα επιβλητικό δέλτα, με κατεύθυνση δυτική προς τη χερσόνησο της λίμνης.

Τα υδατορέματα αυτά τροφοδοτούν τη λίμνη της Καστοριάς η οποία εκφορτίζεται από τη Διώρυγα (ρέμα Γκιόλι), που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της, με τελική κατάληξη των υδάτων της στον ποταμό Αλιάκμονα.

Πίνακας 3.7: Ετήσιος όγκος εισροών και εκροών της λίμνης της Καστοριάς (Σακκάς, 1994)

<u>ΕΙΣΡΟΕΣ</u>	<u>ΌΓΚΟΣ</u> <u>(10⁶ m³)</u>
Όγκος βροχοπτώσεων στη λίμνη	20,1
Όγκος υπόγειων εισροών στη λίμνη	33,7
Όγκος επιφανειακών εισροών στη λίμνη	24,6
Σύνολο εισροών στη λίμνη	80,2
<u>ΕΚΡΟΕΣ</u>	
Όγκος εξατμίσεων από τη λίμνη	23,2
Όγκος εκροών μέσω ρέματος Γκιόλι	57,1
Σύνολο εκροών στη λίμνη	80,3

3.3.4 Κινήσεις υδάτων

Στη λίμνη παρατηρούνται οι παρακάτω κινήσεις υδάτων :

- Μια γενική βραδεία μόνιμη ροή από το άνω τμήμα της λίμνης, στο οποίο εισρέουν νερά προς το κάτω τμήμα, όπου στη συνέχεια αυτά εκρέουν στο ρέμα Γκιόλι.
- Ροές που οφείλονται κυρίως στους πνέοντες ανέμους και δευτερευόντως στη μεταβολή της πυκνότητας των νερών λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας που παρατηρούνται στο εσωτερικό της λίμνης.
- Ροές στο υπολίμνιο, που σχηματίζονται κατά τις πλημμυρικές παροχές των χειμαρρικών ρεμάτων.

4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η συμβολή της γεωλογίας της περιοχής της Καστοριάς είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ποικιλότητα της σύγχρονης αλλά και απολιθωμένης χλωρίδας. Η επίδραση αυτή χαρακτηρίζεται από τρία κύρια στοιχεία:

- τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, η εμφάνιση των οποίων καταλαμβάνει μεγάλη έκταση
- την Αλπική ορογένεση που έλαβε χώρα στο Τριτογενές, η οποία οδήγησε στη δημιουργία εκτεταμένων ορεινών όγκων
- τον έντονο τεκτονισμό κατά το Άνω Τριτογενές και Τεταρτογενές.

Οι πρώτοι ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη γεωλογία της Δυτικής Μακεδονίας και αποτύπωσαν τη γενικότερη εικόνα της είναι η ομάδα των Γερμανών γεωλόγων M. Blanckenhorn , O. Erdmannsdorfer , K. Gripp , P. Kossmat , K. Leuchs , K. Osswald και A. Wurm . Η ομάδα αυτή μελέτησε κυρίως περιοχές της FYROM και μερικά μόλις τμήματα της Μακεδονίας κατά τη διάρκεια του πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη της ομάδας, δημοσιεύτηκαν από τον Kossmat το 1924, ο οποίος είναι και ο υπεύθυνος για τον πρώτο διαχωρισμό της Βόρειας Ελλάδας σε γεωτεκτονικές ζώνες από ανατολικά προς δυτικά. Ο διαχωρισμός έγινε ως εξής :

- ▶ Μάζα της Ροδόπης
- ▶ Ζώνη Αξιού
- ▶ Πελαγονική κρυσταλλική μάζα
- ▶ Ζώνη μεσοζωικών οφιολίθων

Μεταγενέστερα ο Osswald (1931, 1938) συνέχισε την εργασία της γερμανικής ομάδας προεκτείνοντας την προς νότο. Διατήρησε τη διάκριση των ζωνών που προέκυψαν από τον Kossmat και στη συνέχεια δημοσίευσε την πρώτη συνολική εργασία που αφορούσε τη δυτική Μακεδονία μαζί με το γεωλογικό χάρτη της περιοχής με κλίμακα (1: 300.000).

Αργότερα ο Brunn (1956), μελέτησε τη δυτική Μακεδονία και την ανατολική Πίνδο. Περίορισε όμως την περιοχή έρευνας του προς το Βορρά στο ύψος της πόλης

της Καστοριάς, λόγω των ειδικών πολιτικών συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή κατά τη μεταπολεμική περίοδο. Η συμβολή του στη γεωλογία της περιοχής επομένως περιορίζεται στις αποθέσεις της Μεσοελληνικής Αύλακας. Η μελέτη όμως των σχηματισμών της Πελαγονικής ζώνης στο όρος Άσκιο του νομού Κοζάνης έδωσε σημαντικές πληροφορίες και σημεία αναφοράς για τις αντίστοιχες εμφανίσεις της Πελαγονικής ζώνης στην περιοχή της Καστοριάς.

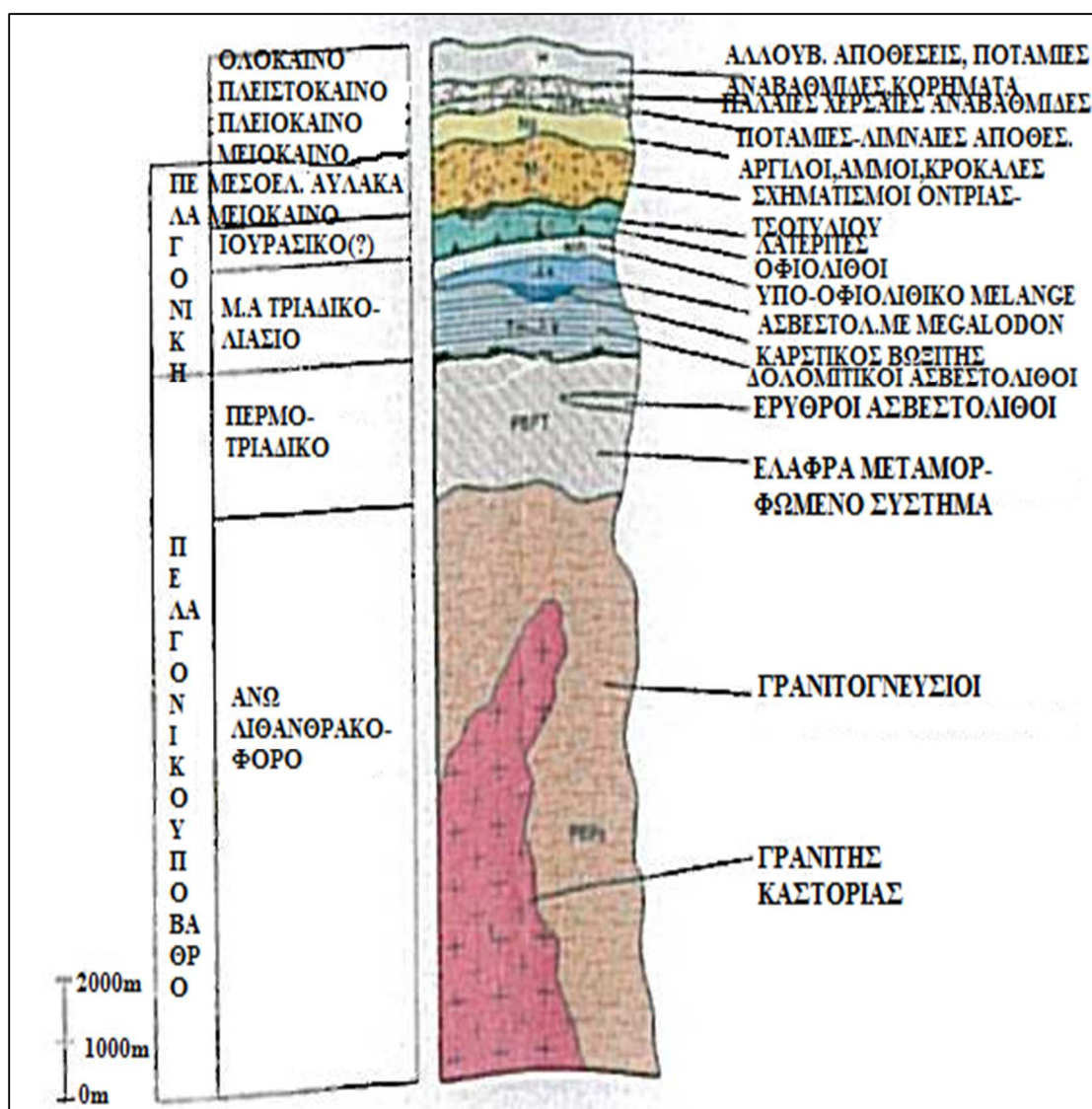
Το νότιο κομμάτι της περιοχής της Καστοριάς το 1971 χαρτογραφήθηκε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) σε κλίμακα 1:50000 (Savoyat και Μονόπωλης 1971, φύλλο Άργος Ορεστικό, Νεστόριο).

Ο Μουντράκης (1979, 1982, 1983), αποτελεί ουσιαστικά τον πρώτο ερευνητή που ασχολήθηκε αναλυτικά με τη γεωλογική δομή της περιοχής της Καστοριάς στα πλαίσια του ενδιαφέροντος του για τα γεωτεκτονικά προβλήματα των εσωτερικών Ελληνίδων και της Πελαγονικής ζώνης.

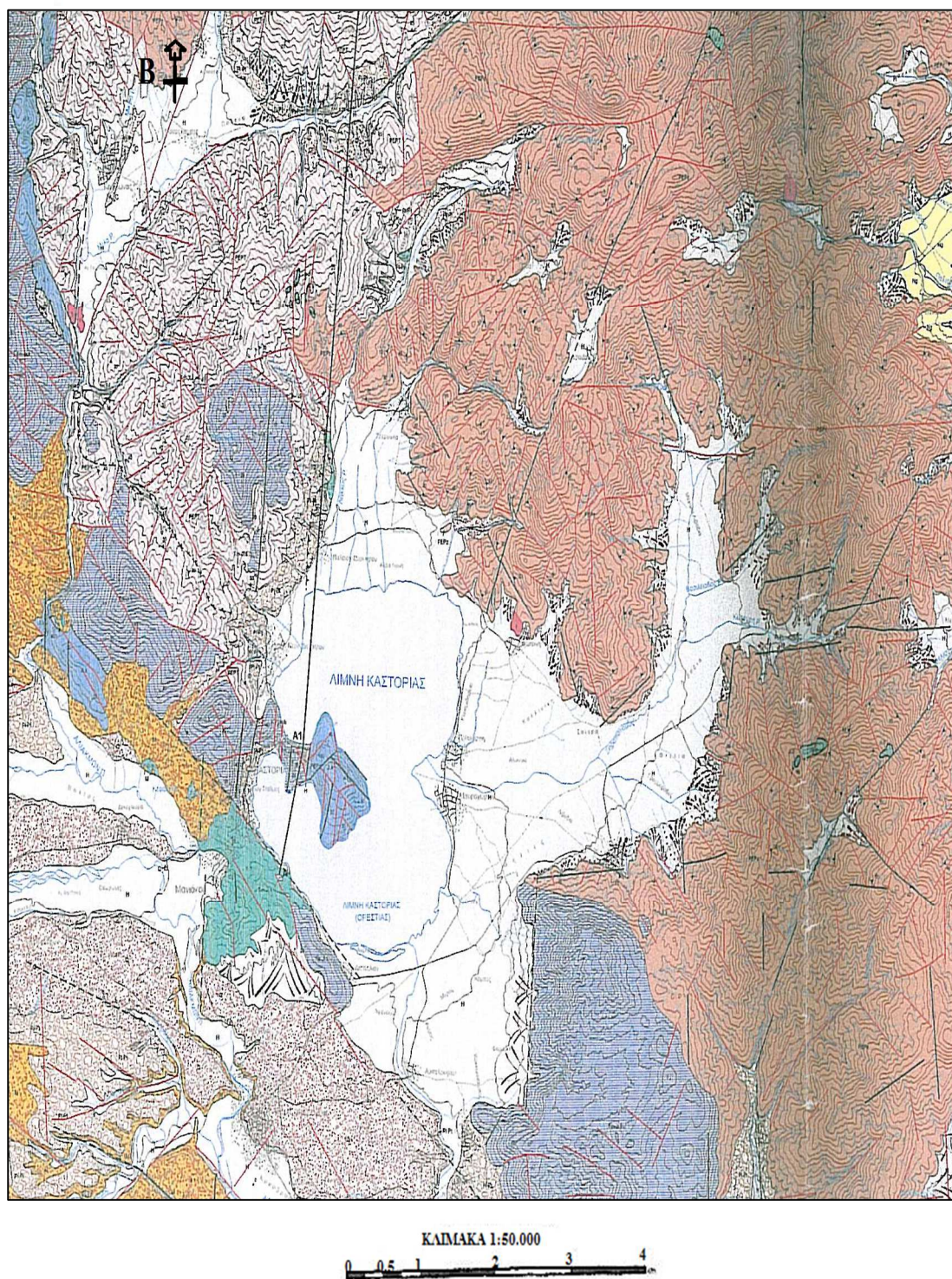
Οι Papanikolaou, Zambetakis-Lekkas (1980) διαχώρισαν την ενότητα της Καστοριάς από το υπόβαθρο της Πελαγονικής. Η ενότητα της Καστοριάς χαρακτηρίστηκε ως μία ηφαιστειοϊζηματογενής ενότητα, χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης με διαδοχικές φάσεις γρανιτικών διεισδύσεων. Έγινε σύγκριση της ενότητας αυτής με αντίστοιχες ηφαιστειοϊζηματογενείς σειρές που βρίσκονται στη βάση πολλών ενοτήτων των Ελληνίδων (π.χ. στρώματα Τυρού της ενότητας της Τρίπολης). Επίσης αναγνώρισαν μία ηλικία το Κάτω Ανίσιο με βάση τον κωνόδοντα *Neogondolella aegaea*, *Neospathodus timorensis*, για τα μεταβατικά στρώματα προς τα μάρμαρα της Πελαγονικής.

Οι Papanikolaou και Stojanov (1983) ταύτισαν τη ζώνη της Αλμωπίας (Mercier 1968), με τη ζώνη της Πελαγονικής (Celet et Feriere 1978) και τοποθέτησαν τους σχηματισμούς της περιοχής της Καστοριάς στις ενότητες Καστοριάς και Αλμωπίας. Η ταύτιση αυτή έγινε στα πλαίσια της παρουσίασης του γεωλογικού χάρτη της βορειοδυτικής Μακεδονίας και νότιας Γιουγκοσλαβίας, σε μία προσπάθεια συσχετισμού των γεωλογικών σχηματισμών στις δύο χώρες. Τέλος πραγματοποιήθηκε από τον Βαφειάδη, (1983) η υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης της Καστοριάς. Επίσης κατά καιρούς έχουν δημοσιευθεί στοιχεία που συσχετίζουν τους διάφορους σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής της Καστοριάς καθώς και στοιχεία που την εντάσσουν στο γεωτεκτονικό χώρο των εσωτερικών Ελληνίδων (Kilias 1980).

Εν κατακλείδι, η περιοχή της Καστοριάς παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία σε σχηματισμούς. Στα πετρώματα της περιοχής περιλαμβάνονται : προαλπικά μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα, αλπικά ανθρακικά κυρίως ιζήματα, μολασσικές αποθέσεις της Μεσοελληνικής Αύλακας καθώς και πλειοκαινικά και τεταρτογενή χαλαρά ιζήματα. Κατά το μεγαλύτερο μέρος τους τα πετρώματα ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη, ενώ στη δυτική περιοχή εμφανίζονται σχηματισμοί της Πελαγονικής και κυριαρχούν τα ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας (Mountrakis 1979) .



Σχήμα 4.1 : Συνθετική στρωματογραφική στήλη της περιοχής μελέτης (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)



Σχήμα 4.2 : Αντίστοιχος της στρωματογραφικής στήλης (σχήμα 4.1), συνοπτικός γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της λίμνης της Καστοριάς (Ι.Γ.Μ.Ε., 2010)

4.2 Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

Τα πετρώματα που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης της Καστοριάς, είναι αυτά που ακολουθούν παρακάτω, με σειρά από τα παλαιότερα προς τα νεότερα :

4.2.1. Πελαγονικό υπόβαθρο

■ Ανώτερο Λιθανθρακοφόρο

Γρανίτης Καστοριάς : Πρόκειται για αδροκρυσταλλικό έως πορφυροειδή μεταγρανίτη. Έχει μεγάλη ανάπτυξη και στα παρακείμενα γεωλογικά φύλλα, όπου είναι πιο εμφανείς αλλά και πολύ διαδεδομένες οι επαφές διείσδυσης του μέσα στα πετρώματα του Παλαιοζωικού. Ο όρος « μεταγρανίτης » δικαιολογείται από τα εξής στοιχεία που τον χαρακτηρίζουν : έντονη τεκτονική παραμόρφωση και εξαλλοίωση ,σε μικροσκοπική κλίμακα, σχιστότητα που αυξάνεται σε ένταση από το εξωτερικό μέρος προς την περιφέρεια και τέλος ο βλαστοκατακλαστικός ιστός του. Όλα τα παραπάνω στοιχεία δικαιολογούν τον όρο « μεταγρανίτης » .



Εικόνα 4.1: Πορφυροειδής γρανίτης Καστοριάς

■ Λιθανθρακοφόρο (?) – Κατώτερο Τριαδικό

Έντονα μεταμορφωμένο σύστημα : Γρανιτογενέσιοι . Τα πετρώματα αυτά εντοπίζονται στα κατώτερα μέλη του μεταμορφωμένου συστήματος. Έχουν υφή γνευσιακή έως σχιστοποιημένη και ο ιστός τους μπορεί να χαρακτηριστεί από πορφυροκατακλαστικός έως βλαστομυλονιτικός. Η παρατηρούμενη σχιστότητα των πετρωμάτων οφείλεται στον έντονο γραμμικό και επιφανειακό προσανατολισμό που

παρατηρείται κυρίως στα φυλλοπυριτικά ορυκτά (ομάδα σερπεντινών, ομάδα αργιλικών ορυκτών, ομάδα μαρμαρυγιών, ομάδα τάλκη, ομάδα χλωριτών). Επίσης σε αυτά παρατηρείται και το φαινόμενο της περθιτίωσης των καλιούχων αστρίων, εξαλλοίωση των πρωτογενών ορυκτών καθώς έκδηλα είναι και τα μικροσκοπικά και μακροσκοπικά στοιχεία της ισχυρής τεκτονικής παραμόρφωσης τους.

Ελαφρά μεταμορφωμένα πετρώματα : Τα πετρώματα αυτά εμφανίζονται με παρεμβολές από φακούς ερυθρών, κρυσταλλικών ή μη, ασβεστολίθων. Παρατηρείται σε αυτά βαθμιαία μετάβαση προς τα πάνω που αρχίζει με μετακροκαλοπαγή, μεταναμμίτες και μετααρκόζες και συνεχίζει προς τα πάνω με φυλλίτες, πρασινόλιθους κατά θέσεις και σχιστόλιθους διαφόρων τύπων (χλωριτικούς, σερικιτικούς, γραφιτικούς, μοσχοβιτικούς). Τα λεπτόκοκκα μεταϊζήματα αποτελούν τα νεότερα μέλη του συστήματος αυτού και χαρακτηρίζονται από ελαφρά μεταμόρφωση και την ύπαρξη σε αυτά σώματα μεταβασιτών (πρασινόλιθοι). Τα μεταϊζήματα αυτά είναι σχιστοποιημένα και αποτελούνται από χαλαζία, σερικήτη, χλωρίτη, μοσχοβίτη, αλβίτη. Οι πετρολογικοί τύποι των πετρωμάτων καθορίζονται από τα ποσοστά συμμετοχής των παραπάνω ορυκτών. Σε αντίστοιχους σχηματισμούς της ευρύτερης περιοχής μέσα στους ασβεστολιθικούς φακούς βρέθηκαν τα Κωνόδοντα : *Spathognathodus timorensis*, *Enantiognathus petraeviridi* και *Hindeodella* (*Metaprioniodus*) *pectiniformis* τα οποία χαρακτηρίζουν το Ανώτερο Σκύθιο έως Κατώτερο Ανίσιο.

Τα παραπάνω μεταμορφωμένα, ημιμεταμορφωμένα και πλουτωνικά πετρώματα εκτείνονται στο μεγαλύτερο μέρος της ορεινής περιοχής και καλύπτουν το βορειοδυτικό, βόρειο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Επίσης η υδρολιθολογική τους συμπεριφορά θεωρείται ότι είναι ενιαία.

4.2.2 Πελαγονική ζώνη

■ Μέσο Τριαδικό – Κατώτερο Ιουρασικό

Ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι : Πρόκειται για μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους με χρώμα ανοικτότεφρο-τεφρό, που μεταβάλλεται σε σκοτεινότεφρο- μελανότεφρο στα ανώτερα μέλη της

σειράς. Μέσα σε αυτούς έχουν παρατηρηθεί εμφανίσεις καρστικού βωξίτη καθώς και απολιθώματα (*Involutina gaschei praegaschei*, *I. sinuosa oberhauseri*, *Duostominidae*, *Thaumatoporella parnovesiculifera* κ.α.). Στα ανώτερα μέλη τους παρεμβάλλεται μία σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση μικρού πάχους, που μεταβαίνει πάλι σε λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους χρώματος τεφρού έως μελανότεφρου. Στην προέκταση των ασβεστόλιθων αυτών έχουν βρεθεί τα Κωνόδοντα : *Gondolella polygnathiformis*, *Hindeodella spengleri* και *Metapolygnathus abnepesis*, η ηλικία των οποίων αρχίζει από το ανώτερο Λαδίνιο και φθάνει μέχρι το Νόριο.

■ Μέσο ανώτερο Λιάσιο

Ασβεστόλιθοι : Πρόκειται για ασβεστόλιθους με χρώμα σκοτεινόμαυρο έως γκριζόμαυρο, που περιλαμβάνουν μικρά *Megalodon* sp . και *Pinnidae*. Ο ορίζοντας στον οποίο σταματούν τα μεγάλα (10-30 cm) *Megalodon* sp . με *Pinnidae* και αρχίζουν τα μικρά αποτέλεσε το όριο μεταξύ Κατώτερου και Μέσου Λιασίου.

Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα, εμφανίζονται σε δύο κύριες περιοχές και παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση. Η πρώτη περιοχή βρίσκεται στη ΝΑ μεριά της λίμνης (υψώματα Κορησού, προφήτη Ηλία) και η δεύτερη που εκτείνεται προς τα δυτικά της λίμνης, αρχίζει από το ύψωμα Κορίτσα, εντός της λίμνης και συνεχίζει προς τα Δ-ΒΔ στην ορεινή ζώνη της Αγίας Τριάδας καθώς και στην περιοχή του υψώματος Καζάνι (1.367 m). Οι εμφανίσεις των ασβεστολιθικών αυτών πετρωμάτων είναι ιδιαίτερες σημαντικές από υδρογεωλογικής άποψης διότι συνδέονται με την εκδήλωση αξιόλογων καρστικών πηγών. Κάποιες από αυτές τις πηγές ρυθμίζουν τη διαίτα της λίμνης και άλλες τροφοδοτούν ορισμένους υδροφόρους γεωλογικούς σχηματισμούς της παραλίμνιας πεδινής περιοχής. Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα είναι διερρηγμένα και καρστικοποιημένα σε σημαντικό βαθμό.

■ Ιουρασικό

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση : Αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους, μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες, κερατόλιθους και ραδιολαρίτες. Συνοδεύει πάντοτε τους οφιόλιθους της Πελαγονικής ζώνης. Ηλικία :Ιουρασικό.



Εικόνα 4.2 : Σχιστοκερατόλιθοι κοντά στο χωριό Επταχώρι (προσωπικό υλικό της Μαρίας Χατζοπούλου)

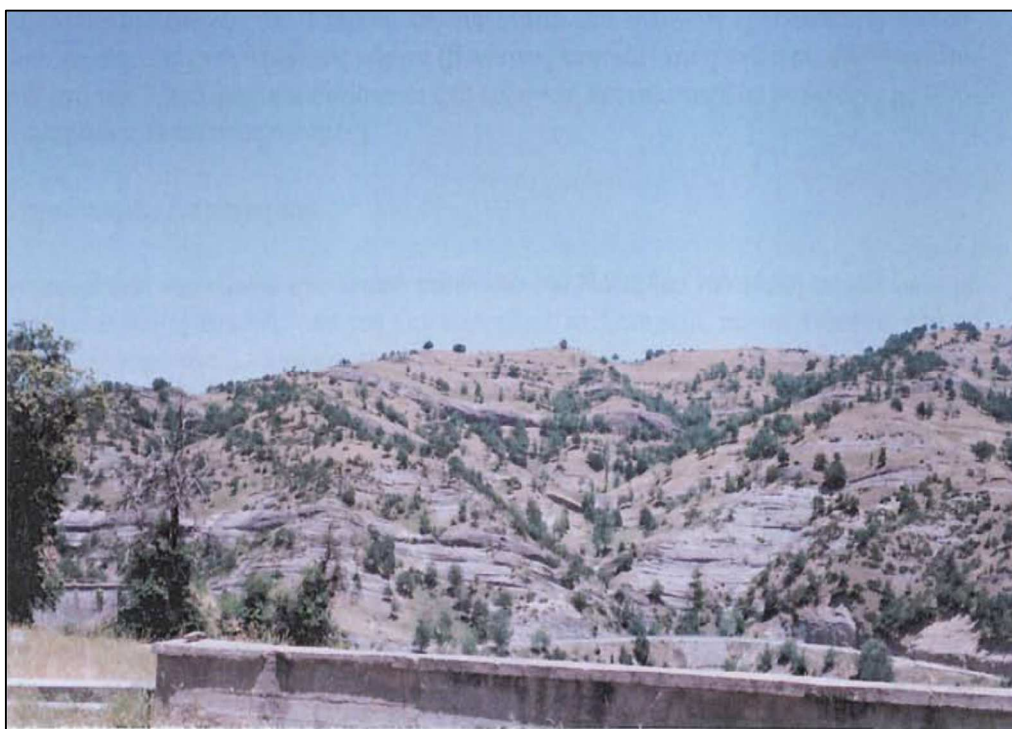
Οφιόλιθοι και άλλα ιζήματα : Στην περιοχή εμφανίζονται δύο μεμονωμένες οφιολιθικές μάζες οι οποίες ανήκουν στο σύμπλεγμα της Πελαγονικής ζώνης. Τα ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των οφιολιθικών μαζών. Αποτελούνται από βασικά και υπερβασικά πετρώματα όπως περιδοτίτες, σερπεντινωμένους δουνίτες, τα οποία είναι έντονα τεκτονισμένα. Μέσα σε αυτούς παρατηρούνται χρωμιτικές συγκεντρώσεις και σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα. Επίσης επισημαίνεται η παρουσία τεκτονικών μπλοκ διαφόρων διαστάσεων, από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και σερπεντινίτες (τυπικοί σχηματισμοί *mélange*) στις εμφανίσεις των οφιολίθων και των συνοδών ιζημάτων. Στη ζώνη επαφής οφιολίθων με τα ανθρακικά πετρώματα, συναντώνται τα οφιολιθικά μείγματα.

4.2.3 Μεσοελληνική Αύλακα

■ Μολασσικά ιζήματα (Μειόκαινο, Ακουιτάνιο - Βουρδιγάλιο)

Τα μολασσικά ιζήματα καλύπτουν ένα αρκετά μεγάλο μέρος της ευρύτερης περιοχής της Καστοριάς. Οι αποθέσεις προέρχονται από τις σειρές Τσοτυλίου και Όντρια οι οποίες αποτελούν και τις ανώτερες σειρές της Μεσοελληνικής Αύλακας. Οι εμφανίσεις τους παρατηρούνται στην περιοχή νότια της λίμνης της Καστοριάς (Savoyat & Μονόπωλης 1971 a,b).

•**Σχηματισμοί Πενταλόφου :** Περιλαμβάνει ψαμμίτες κατά κανόνα χαλαρούς, με διάσπαρτες κροκάλες μικρού έως μετρίου μεγέθους. Μετατρέπονται τοπικά σε μικροκροκαλοπαγή ή και χονδρόκοκκους ψαμμίτες. Στα ανώτερα μέλη των κροκαλοπαγών σε τεφροκύανες μάργες περιέχονται θραύσματα Μαλακίων και Τρηματοφόρα (*Globorotalia kugleri*, *Globigerinita dissimilis*, *Lepidocyclina* sp. κ.α.). Η απόθεση της σειράς αυτής έλαβε χώρα κατά το Ακουιτάνιο- Βουρδιγάλιο (Fermeli & Ioakim 1992).



Εικόνα 4.3 : Εναλλαγές κροκαλοπαγών και ψαμμιτών στην ευρύτερη περιοχή του Πενταλόφου

•**Σχηματισμοί Τσοτυλίου** : Αυτοί αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, κλαστικούς ασβεστόλιθους κ.α. Το συνολικό πάχος τους μπορεί να φτάσει και τα 2200 m. Διακρίνονται από πάνω προς τα κάτω, στις ακόλουθες φάσεις που επικάθονται με επίκλυση πάνω στο αλπικό υπόβαθρο του ανατολικού κράσπεδου, σε ψαμμίτες κατά κανόνα χαλαρούς, μεταπηλίτες, μεταψαμμίτες, χονδρόκοκκους έως πολύ λεπτόκοκκους ασβεστιτικούς ψαμμίτες οι οποίοι εγκλείουν Γαστερόποδα, Οστρακώδη, Εχινόδερμα και Τρηματοφόρα (*Miogypsina* sp.). Συχνά παρατηρούνται αποσφηνώσεις και πλευρικές μεταβάσεις φάσεων.



Εικόνα 4.4 : Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς του Τσοτυλίου

•**Σχηματισμοί Ομορφοκλησιάς -Όντριας** : Οι σχηματισμοί αυτοί εντοπίζονται κοντά στα χωριά Νεστόριο και Πετροπουλάκι και στο υψίπεδο Μεγάλης Όντριας. Πρόκειται για σχηματισμούς με ποικίλο πάχος το οποίο, κυμαίνεται από μερικά μέτρα έως 450 m. Διακρίνονται τρεις κύριες χαρακτηριστικές φάσεις με

αποσφηνώσεις και πλευρικές μεταβάσεις. Αποτελούνται από μάργες ψαμμιτικές, ιλυομιγείς, κυανές έως κυανότεφρες με Βρυόζωα, Pectinidae, Γαστερόποδα, Εχινόδερμα, (Clypeaster), Τρηματοφόρα, (Globiquadrina dehiscens, Globigerinoides altiaperturus, Globigerinoides trilobus, Globigerina dissimilis) και ασβεστιτικούς ψαμμίτες του χωριού Πετροπουλακίου : οι οποίοι είναι κατά τόπους μικροκροκαλοπαγείς (νότια του ποταμού Αλιάκμονα) με Ελασματοβράγχια, Γαστερόποδα, Εχινόδερμα, Βρυόζωα, Φύκη, (Lithothamnium) και Τρηματοφόρα (Miliolidae, Miogypsina sp. κ.α.). Η ηλικία των σχηματισμών τοποθετείται στο Μειόκαινο και εμφανίζονται στην περιοχή του Νόστιμου και της Ασπροκκλησιάς. Στις αποθέσεις του σχηματισμού Όντριας έχει αποκαλυφθεί το απολιθωμένο δάσος του Νόστιμου ηλικίας Κάτω Μειόκαινου, όπου έχουν προσδιορισθεί πυριτιωμένοι κορμοί από φοίνικες και άλλα δικοτυλήδονα (Selmeier & Velitzelos 2000).



Εικόνα 4.5: Καταρράκτης στα μολασσικά ιζήματα στο Νεστόριο

■ Ανώτερο Μειόκαινο- Κατώτερο Πλειόκαινο

Άργιλοι, άμμοι και κροκαλοπαγή : Έχει παρατηρηθεί ότι αυτά μεταβαίνουν προς τα κάτω σε λευκοκίτρινους μέχρι λευκόφαιους, συμπαγείς, απολιθωματοφόρους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες και άργιλους. Σε στρώματα βαθύτερα αναπτύσσονται μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, μάργες με λεπτές διαστρώσεις λιγνίτη,

αργιλούχες μάργες με εναλλαγές ανθρακομιγούς λιγνίτη και ξυλίτη (Λιγνιτωρυχεία Βεύης, Άχλαδας) .Στην προέκταση της λεκάνης στη Φλώρινα εντοπίστηκαν ορίζοντες που περιελάμβαναν χαρακτηριστικά απολιθώματα όπως : Neritina, Theodoxus (Calvertia) macedonicus) .Το μέγιστο πάχος τους είναι περίπου 100 m .

■ Πλείο -Πλειστοκαινικές Αποθέσεις

Ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις σε αναβαθμίδες : Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα χαλαρά κροκαλοπαγή, κυανές έως υποπράσινες άργιλοι, χαλαροί ψαμμίτες με κόκκους ποικίλου μεγέθους, άμμοι, κροκαλοπαγή και ερυθροί άργιλοι στα ψηλότερα τμήματα τους, που απαντώνται ΝΝΑ της λίμνης της Καστοριάς. Οι λιμνοποτάμιες αποθέσεις εκτείνονται μεταξύ του ρέματος Γκιόλι και των ασβεστολιθικών πετρωμάτων κατά μήκος των οικισμών Μηλίτσας και Κωσταραζίου. Η απόθεση των ιζημάτων αυτών, πραγματοποιήθηκε μετά τη χέρσευση των μολассικών ιζημάτων και το σχηματισμό των μεγάλων συστημάτων των λιμνών κατά το Άνω Μειόκαινο- Πλειόκαινο, όπου έλαβε χώρα η τεκτονική φάση που ακολούθησε με τις ανυψώσεις και τις διαρρήξεις. Κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου συνεχίστηκε η απόθεση των σχηματισμών αυτών. Το πάχος τους έφτανε μέχρι και τα 100 m.



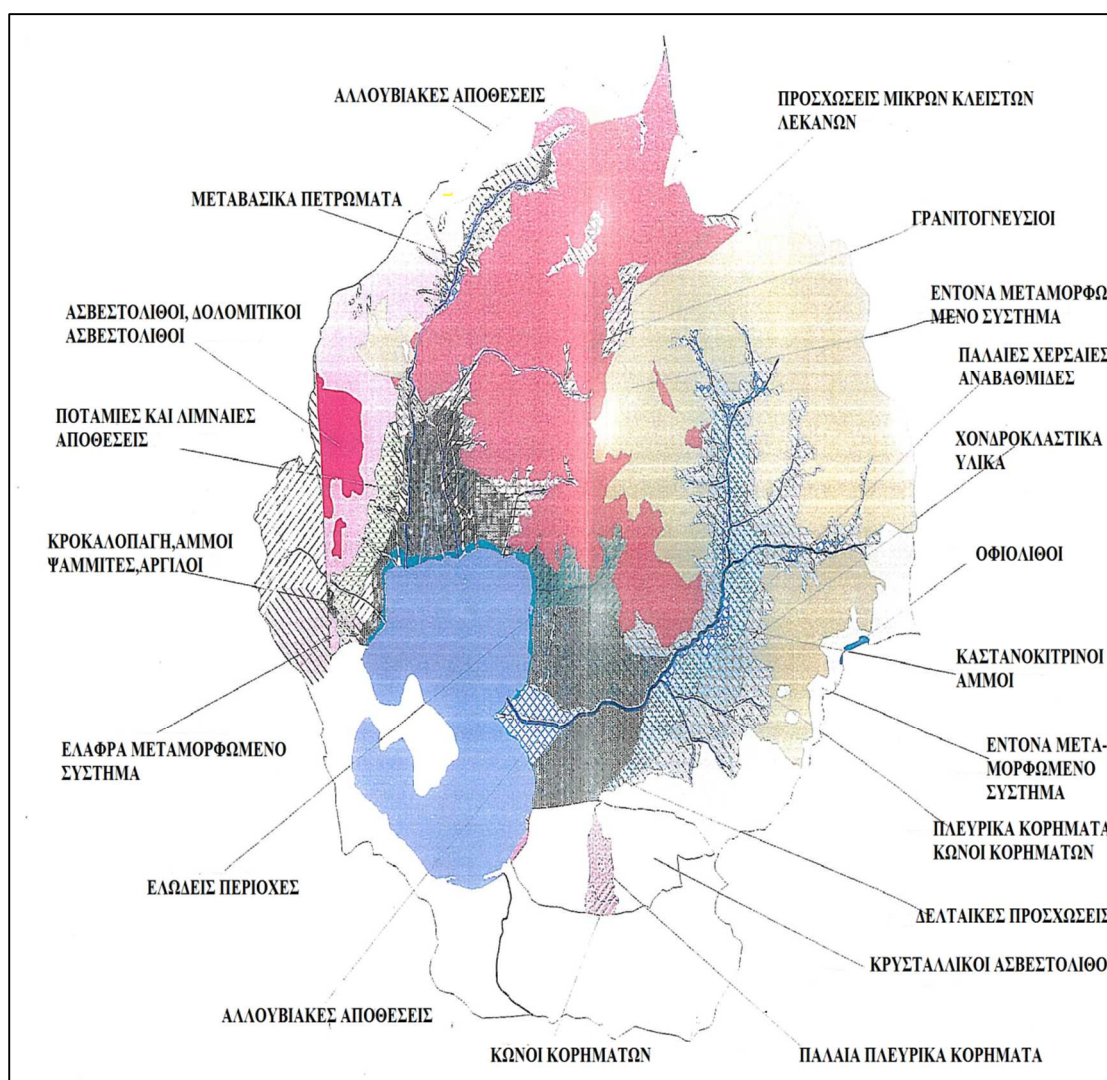
Εικόνα 4.6 : Άποψη των ποταμολιμναίων σχηματισμών με τη μορφή αναβαθμίδων

■ Πλειστόκαινο-Ολόκαινο

Παλαιές χερσαίες αναβαθμίδες : Αφορούν τη συσσώρευση χονδρόκοκκων κλαστικών υλικών διαφόρων τύπων, που συναντώνται στην περιφέρεια των λεκανών και αποτελούνται από πλευρικά κορήματα, τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα ή συσσωρευμένα. Πρόκειται για ελαφρά συνεκτικούς σχηματισμούς που μεταβαίνουν σε κώνους κορημάτων, στις χαμηλότερες θέσεις. Ερυθρογαίες που συναντώνται μέσα στα καρστικά έγκοιλα των αλπικών ανθρακικών πετρωμάτων ή των ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών της μολάσσης. Στην πεδινή περιοχή, νότια της λίμνης της Καστοριάς, από το χωριό Χιλιόδενδρο μέχρι νότια της κωμόπολης του Άργους Ορεστικού, καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις εκατέρωθεν του ποταμού Αλιάκμονα, του παραποτάμου του Βέλα και των μικρότερων ρευμάτων που συμβάλλουν σε αυτούς.

■ Ολόκαινο

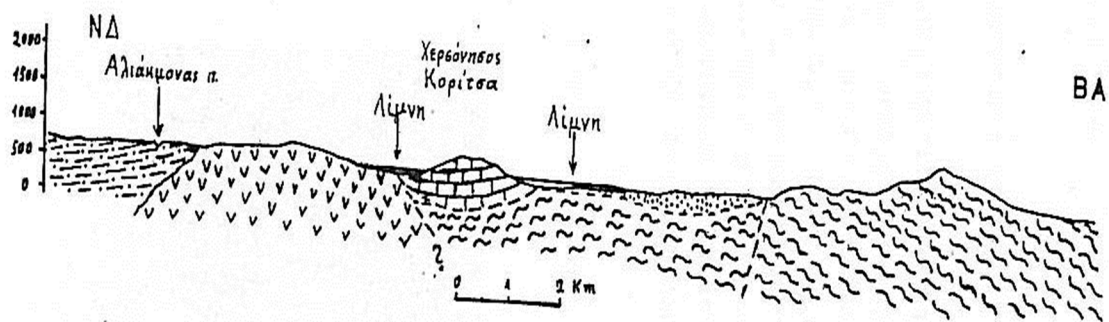
Αλλούβια : Στις τεταρτογενείς αυτές αποθέσεις περιλαμβάνονται οι σύγχρονες χερσαίες αποθέσεις με τη μορφή προσχώσεων κοιλάδων, οι αναβαθμίδες (παλαιότερες), οι αλλουβιακοί κώνοι, τα ριπίδια και οι κώνοι κορημάτων. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις εκτείνονται σε όλη την πεδινή περιοχή, γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς. Πιο αναλυτικά : **Ελώδεις περιοχές:** όπως ιλύς, υγρά εδάφη και άμμοι που περιλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό νερού, σχηματιζόμενες ποτάμιες αναβαθμίδες. **Δελταϊκές προσχώσεις:** περιλαμβάνουν άμμο και ιλύ με διάσπαρτα, μεγάλου μεγέθους και με γωνίες τεμάχια που προέρχονται από τα περιβάλλοντα πετρώματα της λεκάνης. **Αλλουβιακές αποθέσεις :** πρόκειται για υλικά προσχώσεων και υλικά ελουβιακού μανδύα, αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων καθώς και προσχώσεις μικρών, κλειστών λεκανών με υλικά που προέρχονται από τα περιβάλλοντα πετρώματα. **Ποτάμιες αναβαθμίδες :** αφορούν τα πλευρικά κορήματα και τους κώνους κορημάτων. Συνίστανται από καστανοκίτρινες άμμους, ιλυούχες άμμους και αμμούχες ιλεις οι οποίες είναι λιγότερο συνεκτικές.



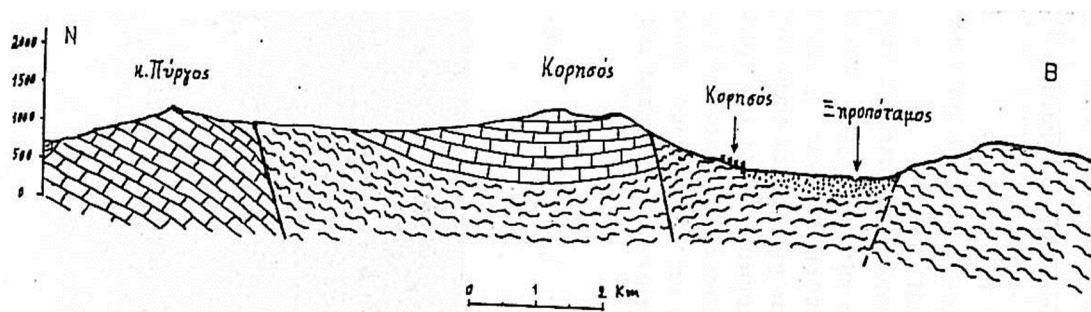
Κλίμακα 1: 100.000

Σχήμα 4.3 : Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)

Στη συνέχεια στα σχήματα 4.4 και 4.5 ακολουθούν οι γεωλογικές τομές Α-Α' και Β-Β' αντίστοιχα, σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983).



Σχήμα 4.4 : Γεωλογική τομή Α-Α΄ της περιοχής μελέτης (Βαφειάδης, 1983)



Σχήμα 4.5 : Γεωλογική τομή Β-Β΄ της περιοχής μελέτης (Βαφειάδης, 1983)

Όπου :

.....	Τεταρτογενείς αποθέσεις
~ ~ ~ ~	Ημιμεταμορφωμένα και μεταμορφωμένα παλαιοζωικά πετρώματα και γνευσιωμένοι γρανίτες
-•-•-• •-•-•-	Νεογενή ιζήματα
v v v v v	Οφιολιθικά πετρώματα
 	Τριαδικοϊουρασικοί ασβεστόλιθοι

---- Ρήγμα

4.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα πετρώματα της Πελαγονικής υπέστησαν δύο μεταμορφώσεις. Η πρώτη μεταμόρφωσε το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο σε συνθήκες κάτω πρασινοσχιστολιθικής φάσης μέχρι και άνω αμφιβολιτικής φάσης και έλαβε χώρα στο Παλαιοζωικό, πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Η δεύτερη, η αλπική μεταμόρφωση, μεταμόρφωσε μαζί, σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης τους γρανίτες του Άνω Λιθανθρακοφόρου, τις μετακλαστικές σειρές Περμίου- Κάτω Τριαδικού καθώς και τα Τριαδιοϊουρασικά ανθρακικά καλύμματα και έλαβε χώρα το Ανώτερο Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό.

Η αλπική μεταμόρφωση επέδρασε και ως ανάδρομη μεταμόρφωση στο ήδη μεταμορφωμένο Παλαιοζωικό υπόβαθρο. Οι ραδιοχρονολογήσεις που έγιναν στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο έδωσαν ηλικίες μεταμόρφωσης 98-140 Ma, που αφορούν τη δεύτερη αλπική μεταμόρφωση του Ανώτερου Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού και αποτελούν απόδειξη της επίδρασης της αλπικής μεταμόρφωσης στο Παλαιοζωικό υπόβαθρο.

4.4 ΤΕΚΤΟΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η Πελαγονική ζώνη αποτελεί ένα ηπειρωτικό τέμαχος, το οποίο αποσπάστηκε από τη Γκοντβάνα και συγκρούστηκε και συγκολλήθηκε στην Ευρασία. Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της υπέστη συνεχείς παραμορφώσεις και μεταμορφώσεις και για το λόγο αυτό αποτελεί ένα τέμαχος ηπειρωτικού φλοιού το οποίο είναι πολυπαραμορφωμένο και πολυμεταμορφωμένο. Οι παραμορφώσεις αυτές σύμφωνα με τις μελέτες πολλών ερευνητών όπως αναφέρουν οι Κίλιας, (1980) και Μουντράκης, (1985, 1988) χωρίζονται στις παρακάτω τεκτονικές φάσεις :

1η Παραμορφωτική φάση (ERC) Ερκύνιας ηλικίας : Τα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου της Πελαγονικής ζώνης υπέστησαν μία πρώτη παραμόρφωση πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Η φάση αυτή ήταν συµεταμορφική με την πρώτη μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου η οποία έγινε σε συνθήκες αμφιβολιτικής φάσης και σχημάτισε τέλειες, ισοκλινείς πτυχές με αξονική

διεύθυνση 155° - 160° . Επιπλέον η μεταμόρφωση αυτή σχημάτισε την κύρια φύλλωση στα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, με τη μορφή σχιστότητας S_1 παράλληλη στα αξονικά επίπεδα των ισοκλινών πτυχών.

2η Ορογενετική περίοδος Άνω Ιουρασικού - Κάτω Κρητιδικού : Στην ορογενετική αυτή περίοδο έγινε η καταστροφή των δύο ωκεάνιων περιοχών, Αξιού και Υποπελαγονικής-Πίνδου εκατέρωθεν της Πελαγονικής ηπειρωτικής μάζας. Κατά το Άνω Ιουρασικό υπολογίζεται ότι έγινε η επώθηση των οφιολιθικών μαζών με κατεύθυνση από ΒΑ προς ΝΔ, από τη ζώνη Αξιού πάνω στο ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής ζώνης και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE_1). Αποτέλεσμα αυτής της επώθησης ήταν ο σχηματισμός υποϊσοκλινών έως ισοκλινών πτυχών με αξονική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (150° - 170°) που συνοδεύονταν από σχιστότητα S_2 , η οποία είναι η κύρια και η σχιστότητα που επικρατεί σήμερα σε όλα τα πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης, δηλαδή του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, της μετακλαστικής σειράς καθώς και των Τριαδικοϊουρασικών μαρμάρων. Η σχιστότητα S_2 αποτελεί τη δεύτερη σχιστότητα για τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου αλλά και την πρώτη σχιστότητα για τα πετρώματα του Άνω Παλαιοζωικού και Τριαδικού- Ιουρασικού. Στην ίδια φάση έγινε και η επώθηση του ανατολικού ανθρακικού καλύμματος πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Κατά τη διάρκεια του Κάτω Κρητιδικού υπολογίζεται ότι πραγματοποιήθηκε και το κλείσιμο της δυτικής ωκεάνιας λεκάνης και η επώθηση των οφιολίθων της Υποπελαγονικής από Δ προς Α πάνω στο δυτικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE_2). Αυτή προκάλεσε και τις πτυχές οι οποίες είναι κλειστές-ανοιχτές, ισοπαχείς ή όμοιες και πολλές φορές συνοδεύονται από σχιστότητα ολίσθησης και έχουν άξονες διεύθυνσης 0° - 30° και απόκλιση προς τα Α ή ΝΑ. Με τις τεκτονικές αυτές φάσεις του Ιουρασικού και Κρητιδικού, λόγω της ακαμψίας της Πελαγονικής μάζας, δημιουργήθηκαν ολισθήσεις του μεσοζωικού καλύμματος πάνω στο υπόβαθρο, καθώς και μια έντονη τεκτονική θραύσεως (Μουντράκης, 1976). Οι παραμορφώσεις που παρατηρούνται στις Τριαδικοϊουρασικές ανθρακικές εμφανίσεις της περιοχής μας είναι πιθανόν συνδεδεμένες με την έντονη αυτή τεκτονική. Χαρακτηριστικές είναι οι επωθήσεις που παρουσιάζουν αυτές οι ανθρακικές εμφανίσεις, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στην περιοχή Δισπηλιού, όπου παρατηρούνται ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού

επωθημένοι πάνω σε οφιολίθους. Τέλος ένα ακόμα χαρακτηριστικό αποτέλεσμα της έντονης τεκτονικής είναι ότι οι ανθρακικά αυτά πετρώματα εμφανίζονται έντονα διαρρηγμένα με βασικές διευθύνσεις ρηγμάτων BA-NΔ, B-N και ΒΔ-NA.

3η Ορογενετική περίοδος του Τριτογενούς : Η οριστική ανάδυση της Πελαγονικής ζώνης πραγματοποιήθηκε μετά το τέλος του Κρητιδικού στο Τριτογενές και πριν το Μέσο Ηώκαινο και προκλήθηκε από την τελική ηπειρωτική σύγκρουση της Απουλίας πλάκας με την Πελαγονική (Κιμμερικό τέμαχος) και την Ευρασία. Κατά το διάστημα αυτό του Τριτογενούς έλαβαν χώρα δύο ομάδες πτυχώσεων: μία (CT₁) με πτυχές ανοιχτές, ισοπαχείς, γενικής αξονικής διεύθυνσης ΒΔ-NA και απόκλισης προς τα ΝΔ και μια άλλη (CT₂) με πτυχές κλειστές-ανοιχτές, αξονικής διεύθυνσης BA-NΔ (70°-80°) και απόκλισης προς τα ΝΑ. Δεν είναι εξακριβωμένο ποια από τις δύο έγινε πρώτα ή ακόμη αν ανήκουν σε μια συνεχόμενη συμπίεστική παραμόρφωση του Παλαιογενούς. Τέλος κατά το Ολιγόκαινο-Μειόκαινο πραγματοποιήθηκε και η τελική παραμόρφωση (CT₃) των σχηματισμών με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολύ ανοιχτών πτυχών κάμψης και τύπου knick γενικής αξονικής διεύθυνσης B-N, καθώς και επώθηση των λεπίων από Α προς Δ.

4.5 ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑ

Στη νοτιοδυτική πλευρά του νομού Καστοριάς, σε απόσταση 15 km από το Άργος Ορεστικό και σε υψόμετρο 900 μέτρων περίπου βρίσκεται το χωριό Νόστιμο. Ο λιγνίτης που υπάρχει στην περιοχή αποτέλεσε το αίτιο για την ανακάλυψη των απολιθωμένων κορμών και των θαλάσσιων απολιθωμάτων το 1935, από έναν κάτοικο της περιοχής ο οποίος έκανε εξόρυξη λιγνίτη. Στο χωριό αυτό βρίσκεται το Απολιθωμένο δάσος, τη μελέτη και την ανάδειξη του οποίου έχει αναλάβει ο καθηγητής Παλαιοντολογίας και Παλαιοβοτανικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, κ. Βελιτζέλος. Επιστημονικά έχει αποδειχθεί ότι πριν από 15 με 20 εκατομμύρια χρόνια οι προσχώσεις των ποταμών σχημάτισαν ένα μεγάλο δέλτα στο οποίο δημιουργήθηκε ένα υποτροπικό-δάσος με οξιές, βελανιδιές, καστανιές και φοίνικες. Μία ηφαιστειακή έκρηξη συνετέλεσε στην απολίθωση μεγάλου μέρους του δάσους και το αποτέλεσμα

είναι πραγματικά εντυπωσιακό. Απολιθωμένοι κορμοί, μεταξύ των οποίων τα μοναδικά ευρήματα απολιθωμένου φοίνικα που έχουν βρεθεί σε ελληνικό έδαφος, θαλάσσια απολιθώματα όπως κοχύλια, αστερίες αλλά και το δόντι ενός τεράστιου καρχαρία. Τα απολιθώματα φυτών και ζώων που συνεχώς έρχονται στην επιφάνεια αποτελούν σημαντικές πηγές, οι οποίες προσφέρουν πληροφορίες για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν την εποχή εκείνη.



Εικόνα 4.7 : Τμήμα απολιθωμένου κορμού



Εικόνα 4.8 : Δόντι καρχαρία (Megalodon)

5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ – ΚΛΙΜΑ

5.1 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

Το κλίμα του νομού είναι ηπειρωτικό, με αρκετά ψυχρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Κατά τους καλοκαιρινούς μόνο μήνες, η μέση μηνιαία θερμοκρασία υπερβαίνει τους 20°C και συγκεκριμένα από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο. Ο χειμώνας είναι δριμύς με συχνή παρουσία του φαινομένου του ολικού παγετού, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας να διατηρείται κάτω από τους 0°C. Οι απόλυτα ελάχιστες θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες από τους -20°C και πολλές φορές η λίμνη και τα ποτάμια παγώνουν. Έχει παρατηρηθεί ότι η λίμνη της Καστοριάς καλύπτεται από πάγο κατά μέσο όρο κάθε διετία για χρονικό διάστημα δέκα ημερών περίπου. Στην έντονη δριμύτητα του χειμώνα συμβάλλουν και οι σφοδροί τοπικοί άνεμοι καθώς και εκείνοι που κατεβαίνουν από τα χιονισμένα βουνά. Οι μέσες θερμοκρασίες αέρα παρουσιάζουν διακυμάνσεις μεταξύ ψυχρών και θερμών μηνών και το γεγονός αυτό είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη αποσαθρώσεων και κατακρημνίσεων.

Η θερμοκρασία το καλοκαίρι πολλές φορές μπορεί να υπερβεί και τους 40°C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα είναι 12,46°C. Η περιοχή είναι γενικά πολύ υγρή τους χειμερινούς μήνες και σχετικά ξηρή τους καλοκαιρινούς. Η σχετική υγρασία του αέρα κατά τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο-Φεβρουάριο φτάνει από 80%, ενώ τους θερινούς μήνες κυμαίνεται σε ποσοστά 50-55%. Επίσης η νέφωση που παρατηρείται στην περιοχή αυτή είναι μεγάλη. Ενδεικτικά: 6 βαθμοί της κλίμακας 1-10 από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο, 2 βαθμοί τον Ιούλιο -Αύγουστο. Συνολικά δηλαδή παρουσιάζει 80 αίθριες και 90 νεφοσκεπείς ημέρες ετησίως. Οι συχνότεροι άνεμοι είναι αυτοί του βόρειου τομέα με διεύθυνση από ΒΔ προς ΒΑ. Η συχνή μεταβολή της διεύθυνσης και της έντασης των ανέμων είναι αποτέλεσμα του πολύπλοκου αναγλύφου και των ισοβαρικών συστημάτων που επικρατούν στην περιοχή. Το ετήσιο βροχομετρικό ύψος κυμαίνεται από 600 έως 800 χιλιοστά (mm) στα πεδινά, στα ορεινά υπερβαίνει τα 1.200-1.400 χιλιοστά (mm) ενώ πάνω στη λίμνη είναι 599 χιλιοστά (mm). Η εξάτμιση είναι 738 χιλιοστά (mm). Τέλος οι χιονοπτώσεις είναι συνηθισμένο φαινόμενο κατά την ψυχρή εποχή, ιδίως στα ορεινά και έχει

παρατηρηθεί ότι σημαντικό μέρος των κατακρημνισμάτων πέφτει με τη μορφή χιονιού. Κατά τη θερμή εποχή του έτους συχνό φαινόμενο αποτελούν οι καταιγίδες, θερμικής προέλευσης.



Εικόνα 5.1 : Άποψη της παγωμένης λίμνης

5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ

Στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας η ψυχρή και υγρή περίοδος αρχίζει το μήνα Οκτώβριο και για αυτό το λόγο ως αρχή του υδρολογικού έτους θεωρήσαμε το μήνα αυτό.

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του αέρα χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τους 4 μετεωρολογικούς σταθμούς που λειτουργούν στην περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς. Τα δεδομένα αυτά έχουν ληφθεί ως εξής :

- 1) Σταθμός Καστοριάς (ΥΓ) από το έτος 1964 έως 1993
- 2) Σταθμός Καστοριάς (ΔΕΗ) από το έτος 1962 έως το 1991
- 3) Σταθμός Λιμνοχωρίου από το έτος 1962 έως το 1993
- 4) Σταθμός Τροπαιούχου από το έτος 1969 έως το έτος 1993.

Επειδή όμως οι δύο μόνο σταθμοί από τους τέσσερις [Καστοριά (ΥΓ) και Καστοριά (ΔΕΗ)] βρίσκονται μέσα στη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας της λεκάνης απορροής συμπίπτουν με τις τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν από το σταθμό Καστοριάς (ΥΓ). Οι δύο σταθμοί που λειτουργούν στην Καστοριά παρατηρείται ότι έχουν παραπλήσιες τιμές θερμοκρασίας με τη διαφορά ότι ο σταθμός Καστοριάς (ΥΓ) έχει πραγματοποιήσει καταγραφές για περισσότερα έτη.

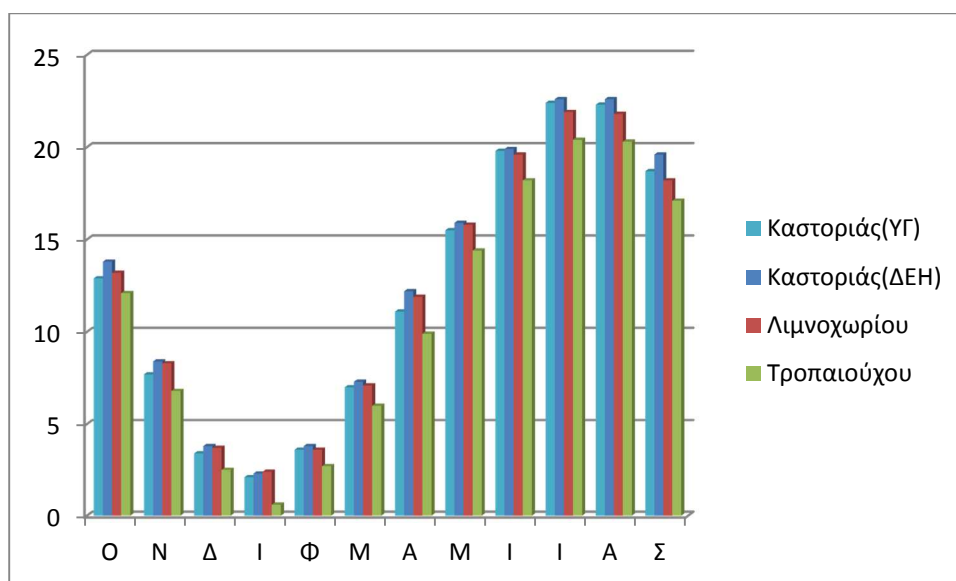
Στις περιπτώσεις, όπου παρατηρείται έλλειψη στοιχείων σε όλους τους σταθμούς της περιοχής, για τις ανάγκες του υπολογισμού οι τιμές που λείπουν αντικαταστάθηκαν από τις αντίστοιχες μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας.

Πίνακας 5.1 : Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες σε °C στους 4 σταθμούς καταγραφής για τη χρονική περίοδο 1961-1994, (Σακκάς, 1994)

Μ. ΣΤΑΘΜΟΣ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
Καστοριάς (ΥΓ)	12,9	7,7	3,4	2,1	3,6	7,0	11,1	15,5	19,8	22,4	22,3	18,7
Καστοριάς (ΔΕΗ)	13,8	8,4	3,8	2,3	3,8	7,3	12,2	15,9	19,9	22,6	22,6	19,6
Λιμνοχω- ρίου	13,2	8,3	3,7	2,4	3,6	7,1	11,9	15,8	19,6	21,9	21,8	18,2
Τροπαιού- χου	12,1	6,8	2,5	0,6	2,7	6,0	9,9	14,4	18,2	20,4	20,3	17,1

Πίνακας 5.2 : Μέσες ετήσιες θερμοκρασίες σε °C στους 4 σταθμούς καταγραφής, (Σακκάς, 1994)

ΈΤΗ	Μ. ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ
1961-94	Καστοριάς (ΥΓ)	12,2
1961-94	Καστοριάς (ΔΕΗ)	12,7
1961-94	Λιμνοχωρίου	12,3
1961-94	Τροπαιούχου	10,9

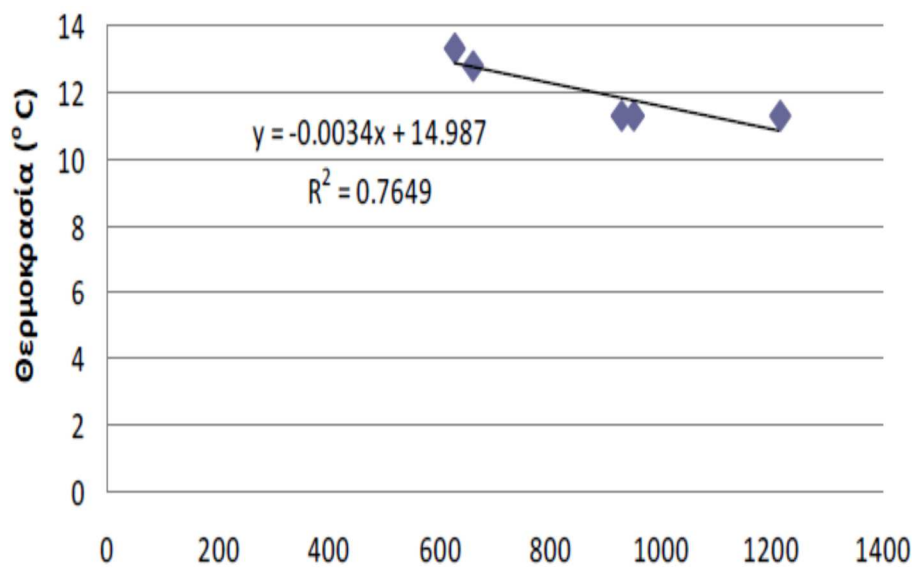


Σχήμα 5.1 : Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στους 4 σταθμούς

Από τον πίνακα 5.1 και το σχήμα 5.1, διαπιστώνουμε ότι τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 0,6- 3,8 °C. Από τους μήνες Μάρτιο έως Αύγουστο παρατηρείται συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας που φτάνει έως και τους 23 °C. Από το Σεπτέμβριο έως και το Δεκέμβριο παρατηρείται σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας. Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος ενώ θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα είναι αντιστρόφως ανάλογη με το υψόμετρο, δηλαδή όσο αυξάνεται το υψόμετρο, τόσο ελαττώνεται η θερμοκρασία. Ο ρυθμός μεταβολής της σύμφωνα με τα στοιχεία του Βαφειάδη (1983), παρουσιάζει μία μέση τιμή 0,64 °C ανά 100 m και αποτελεί τη “θερμοβαθμίδα”. Με βάση νεότερα στοιχεία της περιόδου 1991-2001 που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του αέρα στους σταθμούς εντός της λεκάνης απορροής (Καστοριά και Βυσσινιάς) καθώς και εκτός αυτής (Νεστόριο, Κλεισούρα και Άργος Ορεστικό) βρέθηκε ότι η σχέση που συνδέει το υψόμετρο με τη θερμοκρασία για την λεκάνη απορροής είναι :

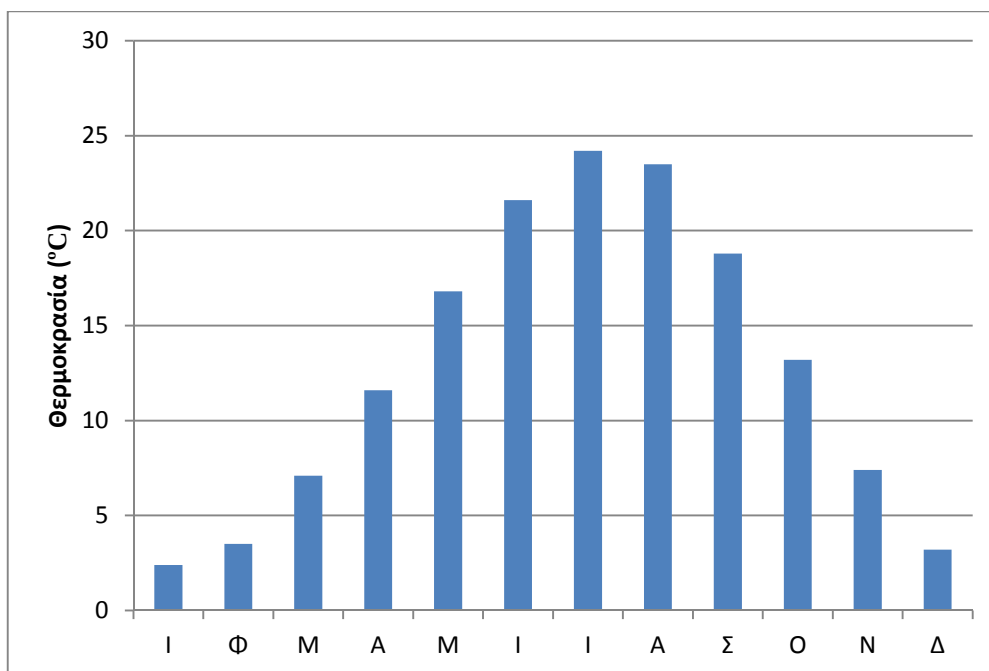
$$y = -0,0034x + 14,987, \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,76 \text{ (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)}$$



Σχήμα 5.2 : Σχέση υψομέτρου και θερμοκρασίας (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Πίνακας 5.3 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία °C στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2011, (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

Σταθμός	Καστοριά
Ι	2,4
Φ	3,5
Μ	7,1
Α	11,6
Μ	16,8
Ι	21,6
Ι	24,2
Α	23,5
Σ	18,8
Ο	13,2
Ν	7,4
Δ	3,2
Μ.Ο.	12,76



Σχήμα 5.3 : Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2011

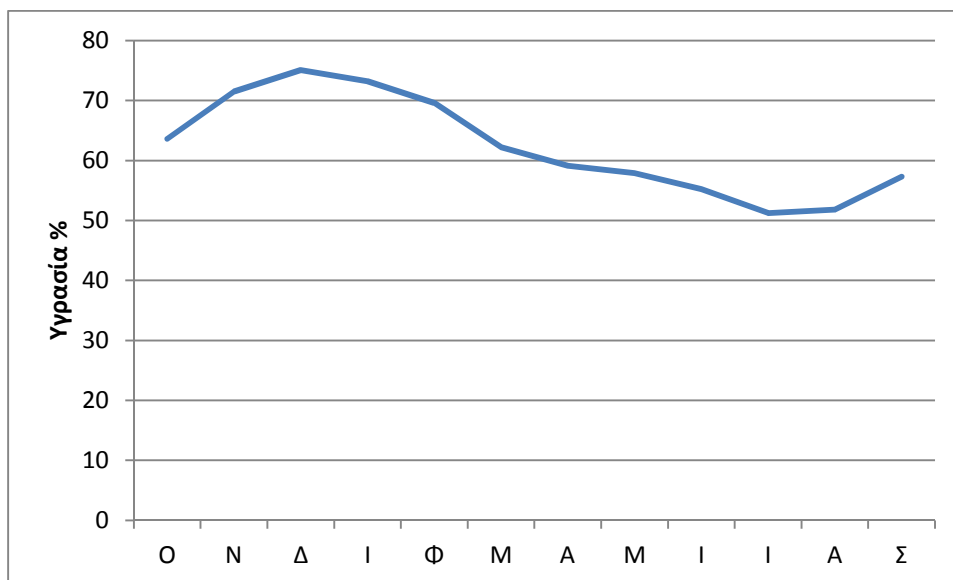
Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε μία ποσότητα υδρατμών, οι οποίοι αποτελούν την ατμοσφαιρική υγρασία. Πηγή όλων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων αποτελεί η ατμοσφαιρική υγρασία, καθώς επίσης και παράγοντα που επιδρά σημαντικά στην εξάτμιση και τη διαπνοή των φυτών. Άρα η επίδραση της σχετικής υγρασίας στην εξέλιξη του υδρολογικού κύκλου είναι σημαντική.

Η σχετική υγρασία ορίζεται ως η επί τοις εκατό αναλογία της υπάρχουσας ποσότητας υδρατμών σε ένα χώρο, προς την ποσότητα που είναι δυνατόν να συγκρατήσει ο χώρος αυτός κάτω από συνθήκες κορεσμού στην ίδια θερμοκρασία.

Στην περιοχή μελέτης υπάρχει ένας μόνο σταθμός που καταγραφεί τις τιμές της σχετικής υγρασίας και είναι ο σταθμός Καστοριάς (ΔΕΗ). Επειδή ο σταθμός είναι ένας είναι φυσικό να υπάρχουν κάποια κενά στις μηνιαίες μετρήσεις, τα οποία όμως για τις ανάγκες του υπολογισμού πραγματοποιείται αντικατάσταση αυτών με την αντίστοιχη μέση μηνιαία τιμή.

Πίνακας 5.4 : Μέσες μηνιαίες τιμές σχετικής υγρασίας % στο σταθμό Καστοριάς για τα έτη 1961-1991, (Δ.Ε.Η.)

Μήνες	Μέση Μηνιαία Σ.Υ
Οκτώβριος	63,6
Νοέμβριος	71,5
Δεκέμβριος	75,1
Ιανουάριος	73,2
Φεβρουάριος	69,6
Μάρτιος	62,2
Απρίλιος	59,1
Μάιος	57,9
Ιούνιος	55,2
Ιούλιος	51,2
Αύγουστος	51,8
Σεπτέμβριος	57,3
Μέση Ετήσια	62,3



Σχήμα 5.4 : Ετήσια πορεία της μέσης σχετικής υγρασίας στο σταθμό Καστοριάς (1961-1991)

Η σχετική υγρασία αέρος παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές της τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο και τις ελάχιστες τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η πορεία που ακολουθεί η σχετική υγρασία είναι αντίθετη από εκείνη της θερμοκρασίας

αέρος και παρουσιάζει πτώση σχετικά έντονη από την άνοιξη λόγω της συνεχούς αύξησης της θερμοκρασίας.

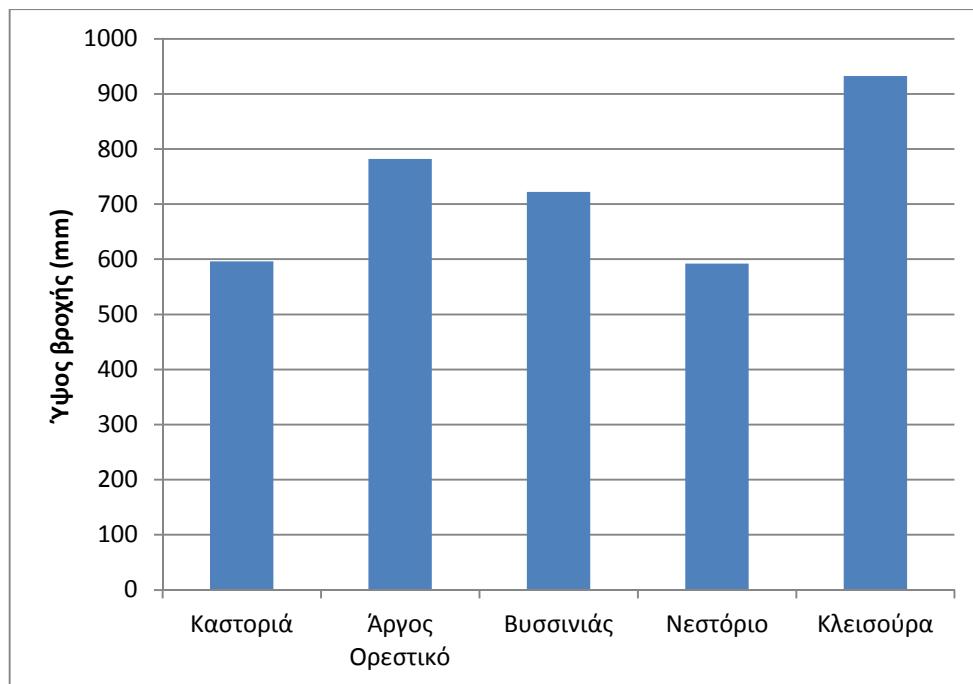
5.3 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς είναι τοποθετημένοι 15 βροχομετρικοί σταθμοί, από τους οποίους οι περισσότεροι έχουν καταγεγραμμένες παρατηρήσεις για είκοσι χρόνια τουλάχιστον. Ωστόσο η υδρολογική λεκάνη περιλαμβάνει τέσσερις βροχομετρικούς σταθμούς. Αυτοί είναι τοποθετημένοι ως εξής : ένας στην περιοχή Βυσσινιά και τρεις στην πόλη της Καστοριάς οι οποίοι ανήκουν ανά ένας, στο Υπουργείο Γεωργίας (ΥΓ), στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) και στο Υπουργείο Δημοσίων Έργων (ΥΔΕ) .

Οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αφορούν την περίοδο 1991-2001 σε πέντε βροχομετρικούς σταθμούς (Καστοριάς, Άργους Ορεστικού, Βυσσινιάς, Νεστόριο, Κλεισούρα) έτσι ώστε να υπολογιστεί ο συνολικός όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς. Το υδρολογικό έτος αντιστοιχεί σε χρονική περίοδο ίση με αυτή του ημερολογιακού έτους, με τη διαφορά ότι η ημερομηνία έναρξης αυτού είναι διαφορετική από το ημερολογιακό. Η ημερομηνία έναρξης του υδρολογικού έτους πρέπει να συμπίπτει με την έναρξη της βροχερής περιόδου, για αυτό και στην Ελλάδα αρχίζει από την 1^η Οκτωβρίου και τελειώνει στις 30 Σεπτεμβρίου.

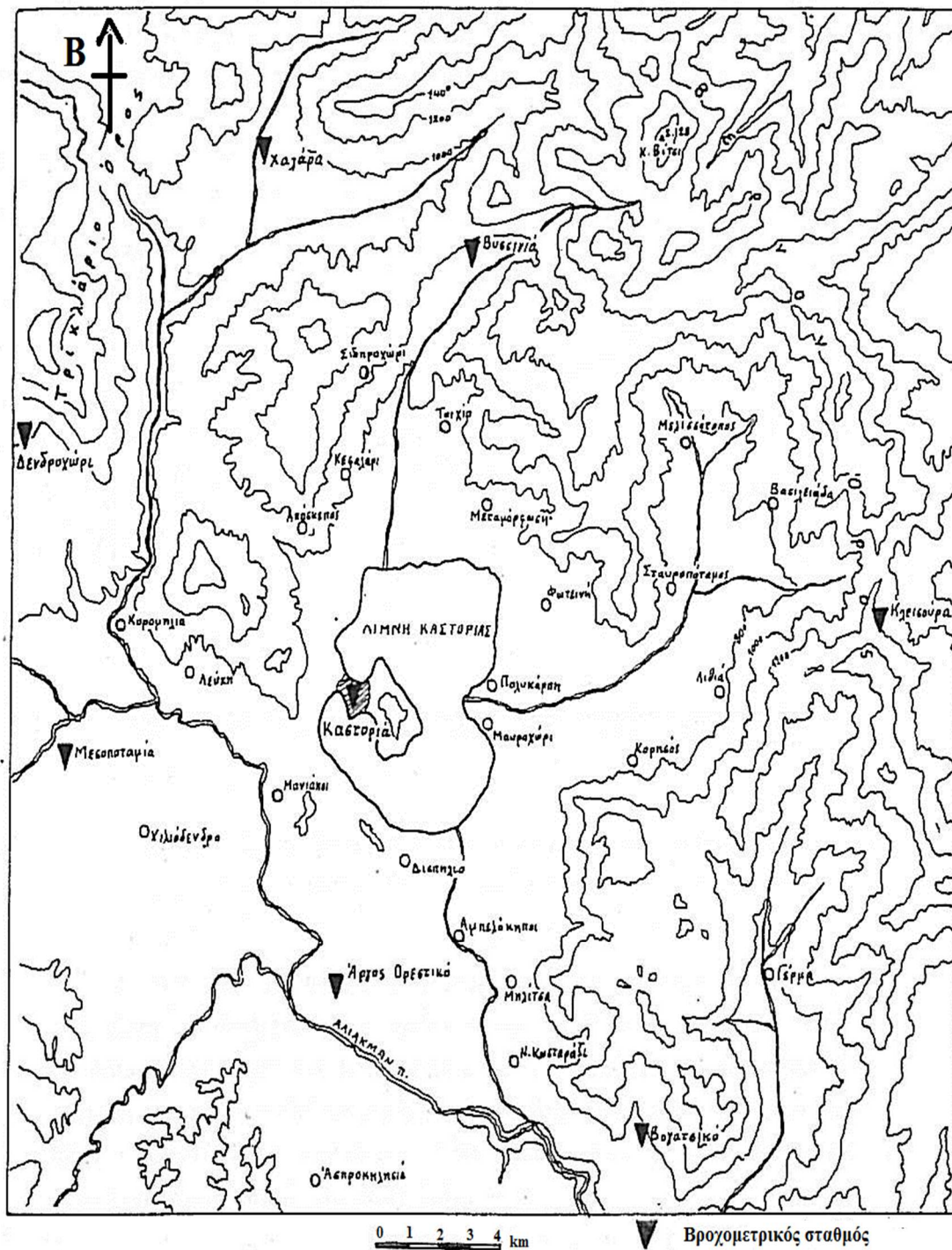
Πίνακας 5.5 : Στοιχεία βροχομετρικών σταθμών της λεκάνης απορροής (Δ.Ε.Η.)

Βροχομετρικός Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία (°C)	Μέσο Ετήσιο Ύψος Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων(mm)
Καστοριά	627	13,3	596,3
Άργος Ορεστικό	658	12,8	781,9
Βυσσινιάς	925	11,3	722,3
Νεστόριο	950	11,3	592,1
Κλεισούρα	1213	11,3	932,1



Σχήμα 5.5 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων ετήσιων τιμών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (mm) στους πέντε σταθμούς

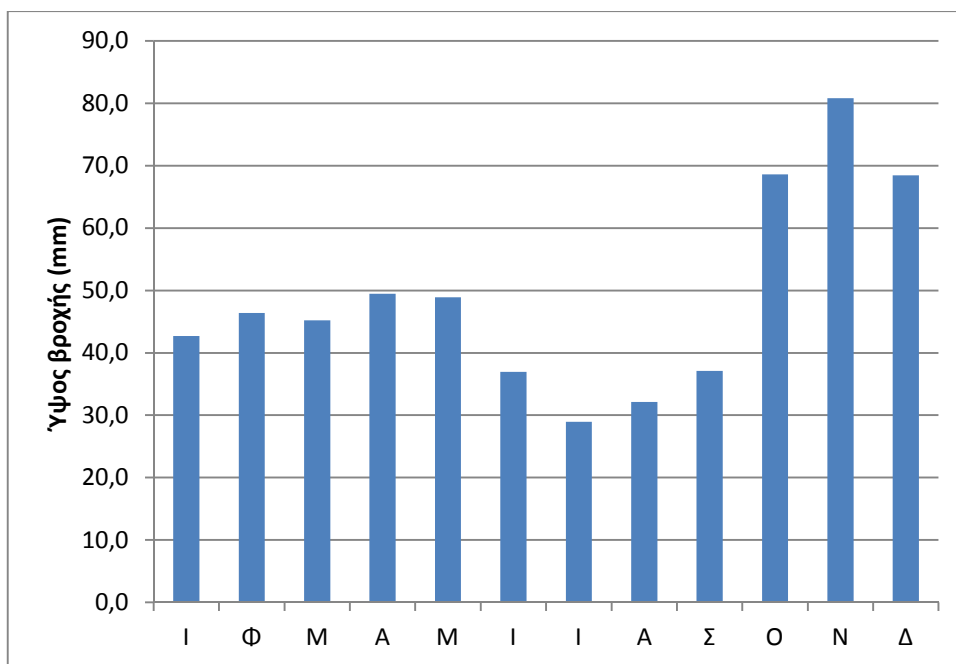
Στον πίνακα 5.6 δίνονται αναλυτικά τα στοιχεία του μηνιαίου ύψους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων για το σταθμό Καστοριάς για μεγαλύτερη χρονική περίοδο από το 1981 μέχρι το 2010 τα οποία έχουν παραχωρηθεί από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.



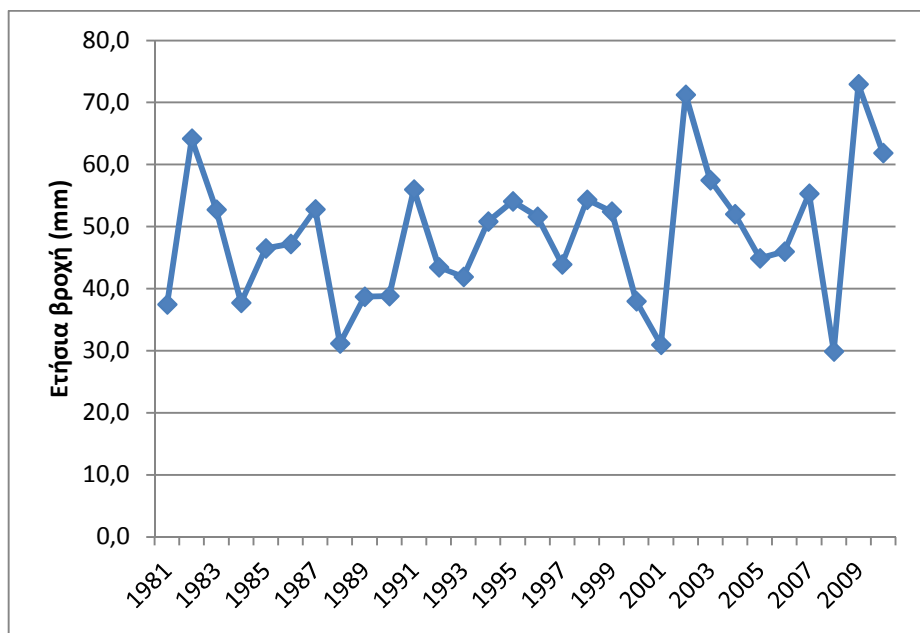
Σχήμα 5.6 : Βροχομετρικοί σταθμοί περιοχής Καστοριάς (Βαφειάδης, 1983)

Πίνακας 5.6 : Μέσο μηνιαίο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (mm) στο σταθμό Καστοριάς για τη χρονική περίοδο 1981-2010 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

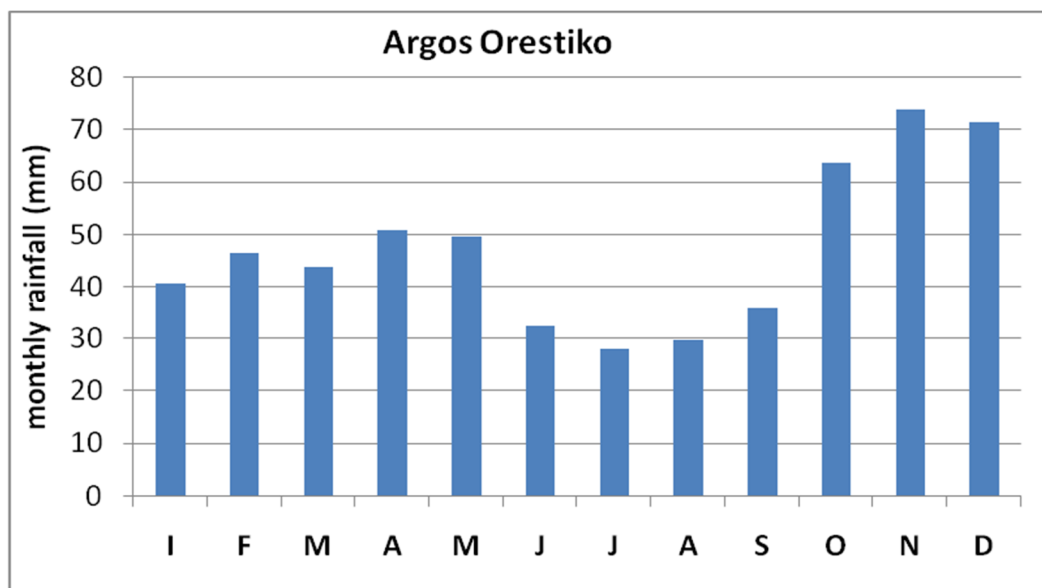
ΕΤΟΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
1981	24,4	47,3	42,7	55,6	38,2	16,9						
1982	18,7	33,6	44,7	107,7	51,0	3,6	13,5	103,5	78,4	121,3	121,9	72,6
1983	17,3	21,8	41,4	24,5	66,8	92,9	107,8	27,1	68,4	34,6	83,0	47,3
1984	62,0	101,9	59,0	63,3	16,7	12,7	1,0	21,7	15,7	17,1	58,3	23,6
1985	54,2	16,0	66,6	65,1	85,9	1,7	3,5		6,6	22,0	168,1	21,9
1986	48,6	107,4	51,0	17,3	76,2	104,9	19,2	21,6	8,9	34,1	55,2	22,1
1987	89,5	48,6	99,4	49,1	79,3	12,0	10,9	7,7	12,2	103,2	82,6	38,8
1988	34,0	24,4	24,8	42,5	10,8	28,9	8,6	2,8	13,4	30,2	109,9	44,2
1989		32,2	26,1	12,3	53,8	16,1	52,6	2,0	15,4	64,5	80,8	70,1
1990	0,1	9,0	8,6	42,7	61,4	4,7	1,0	53,2	14,7	22,5	85,9	161,9
1991	9,7	102,9	44,0	129,3	68,6	15,6		51,2			77,8	5,0
1992	16,4	7,0	10,9	92,5	36,7	81,4	36,5	0,4	11,6	105,2	47,5	75,7
1993	24,7	26,4	42,7	23,5	53,7	18,9	0,0	21,7	15,1	71,4	148,6	56,3
1994	105,0	96,0	24,5	35,0	26,1	1,5	31,3	36,3	19,6	59,2	67,9	107,4
1995	60,2	46,0	51,8	42,4	75,5	8,1	49,1	64,0	33,2		36,5	128,0
1996	67,1	73,8	70,3	18,6	45,6	29,9	50,4	28,1	53,6	58,2	57,7	66,3
1997	19,2	20,3	31,0	50,5	3,4	12,9	31,6	55,3	34,4	119,2	68,8	80,4
1998	14,5	51,7	17,5	12,5	97,2	25,8	12,8	15,1	116,0	46,1	168,4	74,7
1999	51,1	59,9	67,5	43,3	14,1	36,0	51,8	31,8	28,4	35,6	124,9	85,1
2000	15,3	54,9	39,7	23,7	59,3	63,1	9,2	63,6	6,3	63,6	43,8	13,2
2001	36,7	28,2	11,2	81,2	25,3	9,2	35,3	20,5	8,9	8,8	32,9	73,5
2002	18,9	11,0	59,7	82,4	67,0	25,0	71,6	34,0	177,7	93,0	25,2	189,4
2003	89,4	36,2	13,6	55,2	66,0	57,6	34,2	17,3	36,0	178,1	45,2	60,9
2004	79,2	10,9	43,9	80,0	61,1	100,5	17,7	8,0	46,7	76,0	52,2	48,3
2005	44,5	61,6	70,3	11,8	35,4	31,2	20,1	28,2	43,3	17,3	59,2	115,9
2006	62,2	74,6	62,7	53,9	12,3	60,1	32,1	32,9	45,5	54,3	30,7	30,4
2007	20,2	33,9	70,7	32,8	48,3	93,9		14,2	12,7	119,6	108,3	54,1
2008	10,6	15,4	39,2	57,9	27,7	23,2	0,0	7,4	69,5	47,7		
2009	100,4	21,8	62,3	47,2	52,1	65	22,5	121,7	8,6	113,2	144,5	116,5
2010	43,6	116,7	59,1	29,8	50,9	55,3	57,1	8,3	38,4	135,4	76,4	71,5



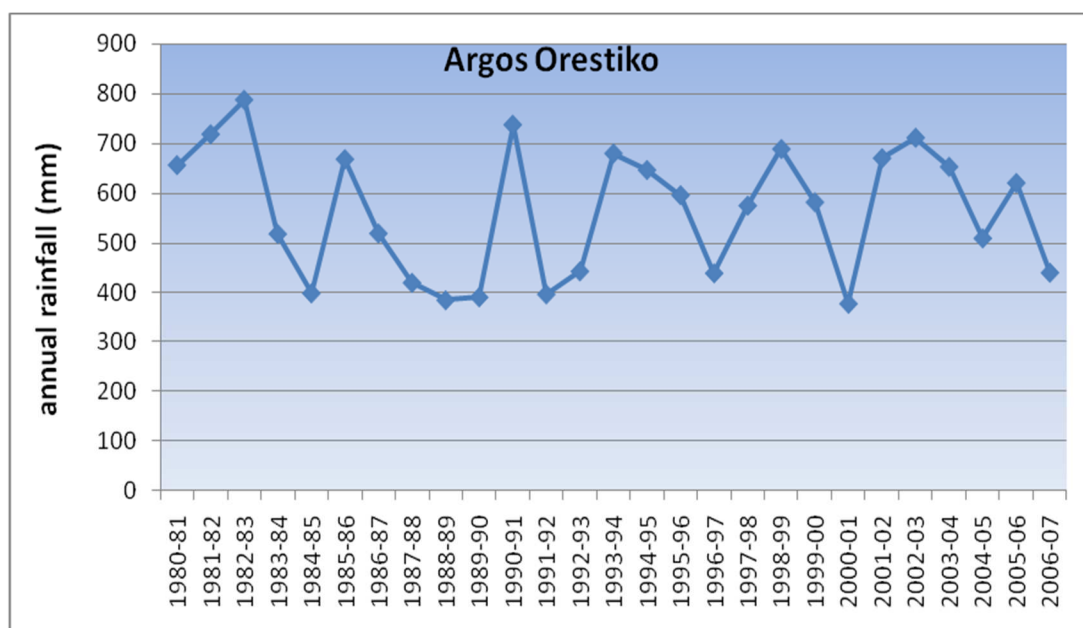
Σχήμα 5.7 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Καστοριάς για το χρονικό διάστημα 1981-2010



Σχήμα 5.8 : Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Καστοριάς για το χρονικό διάστημα 1981-2010



Σχήμα 5.9 : Ραβδοδιάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης στο σταθμό του Άργους Ορεστικού για τη χρονική περίοδο 1980-2007 (Ε.Μ.Υ.)

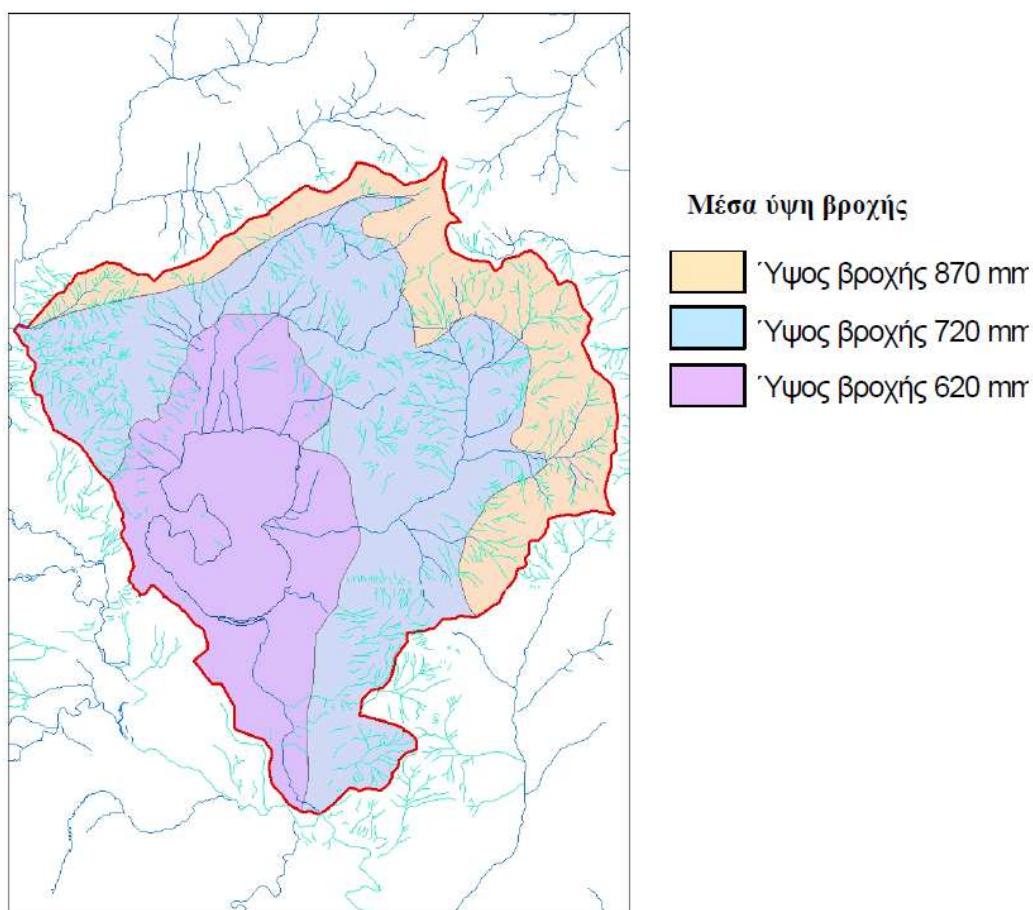


Σχήμα 5.10 : Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης στο σταθμό Άργους Ορεστικού για τη χρονική περίοδο 1980-2007 (Ε.Μ.Υ.)

5.3.1 Κατανομή των βροχοπτώσεων

Σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983), οι βροχοπτώσεις στην επιφάνεια της υδρολογικής λεκάνης, ανάλογα με το υψόμετρο κατανέμονται σε τρεις ζώνες. Τα δεδομένα αυτά είναι παρεμφερή και με νεότερα βροχομετρικά δεδομένα, με τα ρέματα που βρίσκονται στις ζώνες αυτές και τα ύψη βροχής στους βροχομετρικούς σταθμούς.

Έτσι το σχήμα που προκύπτει έχει την εξής μορφή :

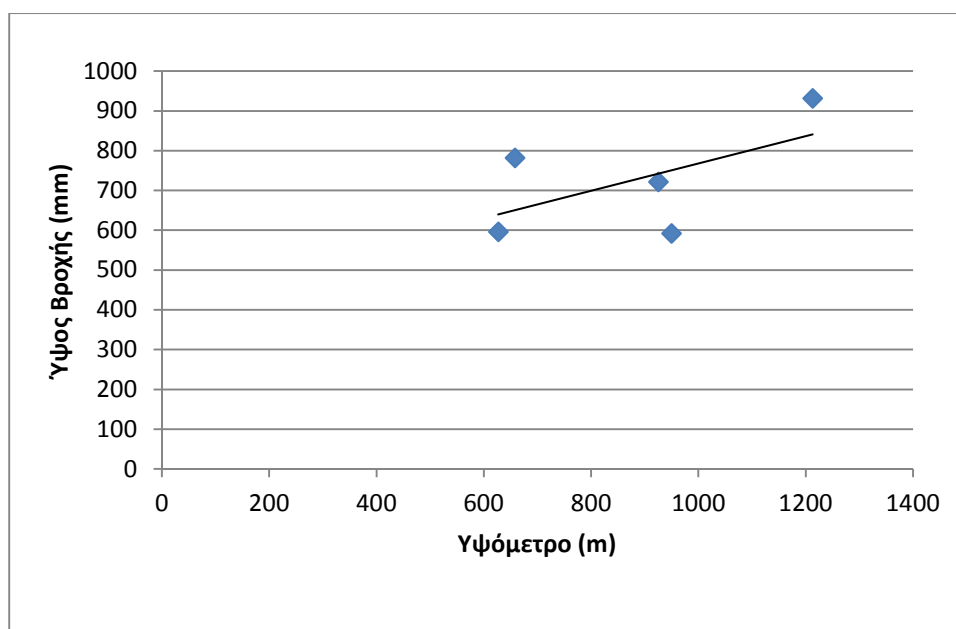


Σχήμα 5.11 : Κατανομή των βροχοπτώσεων σε ζώνες

5.3.2 Σχέση ύψους βροχόπτωσης και υψομέτρου

Το υψόμετρο αποτελεί παράγοντα ο οποίος επηρεάζει άμεσα και σημαντικά το ετήσιο ύψος των βροχοπτώσεων P . Για να υπολογιστεί η βροχοβαθμίδα εφαρμόστηκε η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων με σκοπό να υπολογιστούν οι συντελεστές α και β της μαθηματικής έκφρασης της μορφής : $P = \alpha \cdot H + \beta$, όπου το H αντιστοιχεί στο υψόμετρο και το P στο μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων. Βασιζόμενοι στα δεδομένα βρέθηκε ότι προκύπτει η εξής σχέση :

$$P(\text{mm}) = 0,5785 \times H(\text{m}) + 217,95 \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,98$$

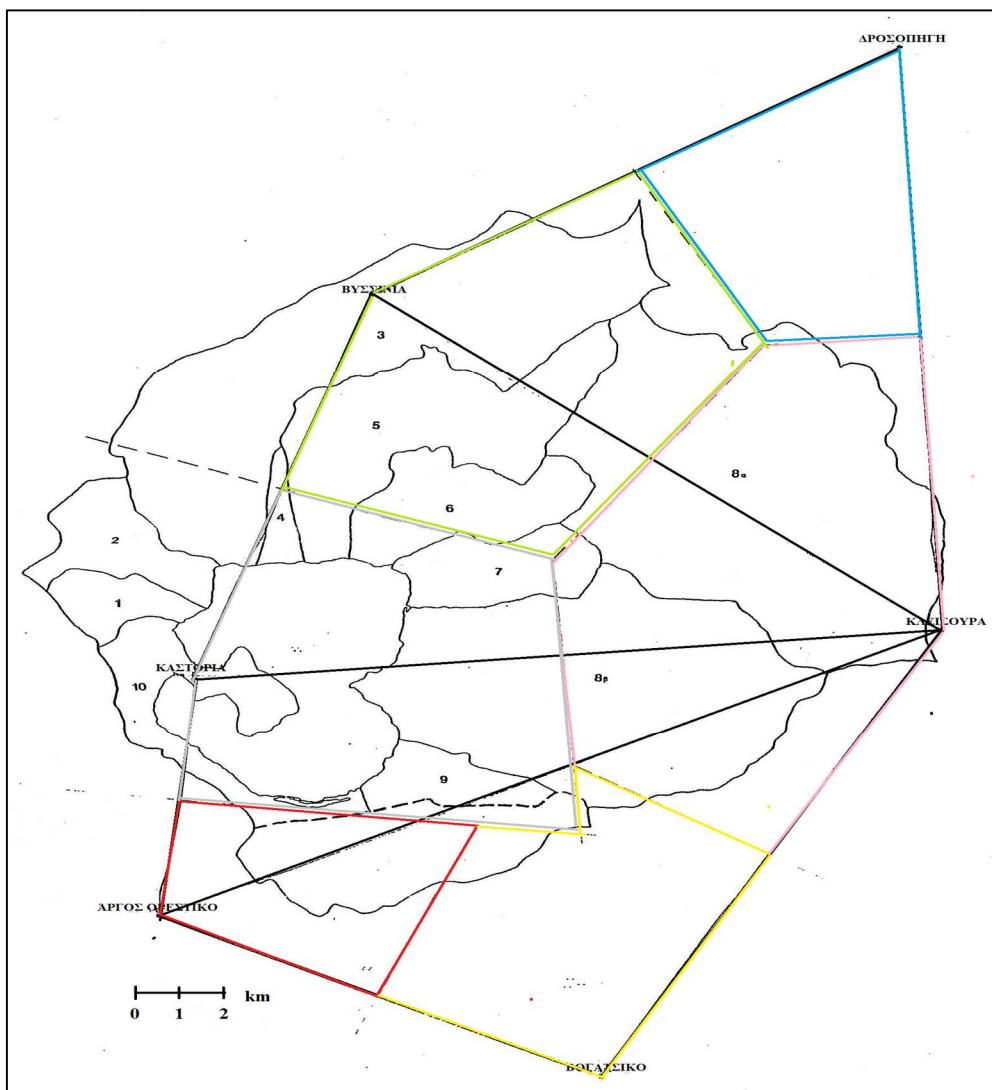


Σχήμα 5.12 : Γραμμική συσχέτιση ύψους βροχής και υψομέτρου

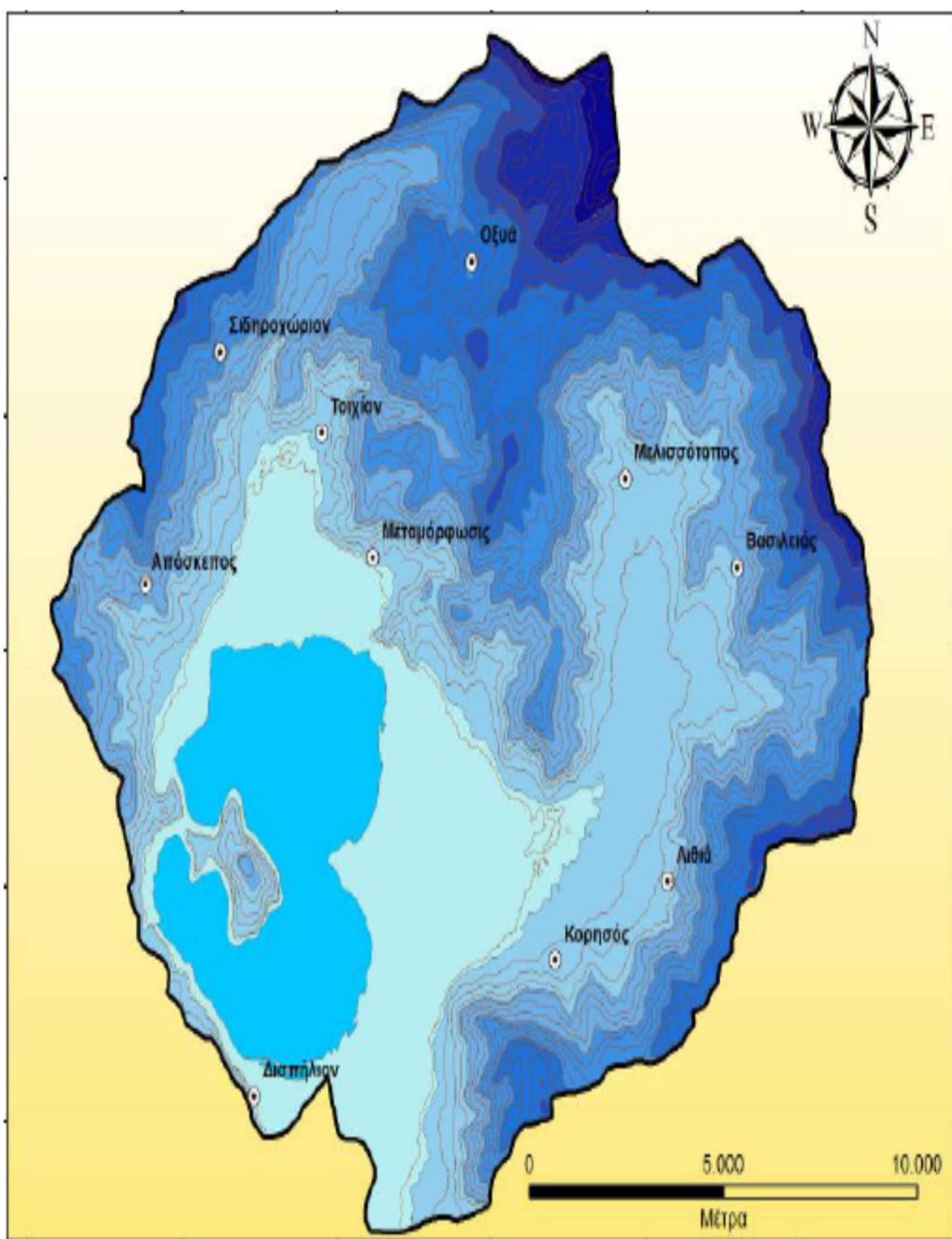
Τέλος, ο Βαφειάδης, (1983) λαμβάνοντας υπ' όψιν επτά βροχομετρικούς σταθμούς στην ευρύτερη περιοχή, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η παρούσα περιοχή μελέτης, προσδιόρισε τη σχέση : $P(\text{mm}) = 0,29 \times H(\text{mm}) + 415,2$ ($R^2 = 0,74$), για τη χρονική περίοδο 1968-1980.

5.3.3 Προσδιορισμός του όγκου νερού από βροχόπτωση

Για την επίτευξη του προσδιορισμού της βροχόπτωσης στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen (σχήμα 5.13), η οποία μπορεί να είναι απλή στην εφαρμογή της, παρουσιάζει όμως κάποια μειονεκτήματα όπως ότι δε λαμβάνει υπ' όψιν το εδαφικό ανάγλυφο και την επικείμενη αλλαγή των τριγώνων και των πολυγώνων Thiessen εάν προστεθεί ή αφαιρεθεί ένας σταθμός στην περιοχή μελέτης. Για τους παραπάνω λόγους για τον υπολογισμό του όγκου νερού από βροχόπτωση χρειάστηκε να υπολογιστεί πρώτα η βροχοβαθμίδα. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας την επιφάνεια μεταξύ δύο ισοϋψών με το μέσο ύψος βροχόπτωσης που της αντιστοιχεί, βασιζόμενοι στη βροχοβαθμίδα και αθροίζοντας τα μερικά γινόμενα καταλήγουμε στον υπολογισμό του όγκου νερού από βροχόπτωση που δέχεται η λεκάνη (Πίνακας 5.7).



Σχήμα 5.13 : Πολύγωνα Thiessen (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, 2000)



Σχήμα 5.14 : Βροχομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Πίνακας 5.7 : Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται η λεκάνη

Ισοϋετείς	Μέσο Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Όγκος Νερού (x10 ⁶ m ³)
566-600	583	75,5	44
600-700	650	62,8	40,8
700-800	750	48,8	36,6
800-900	850	37,2	31,6
900-1000	950	33,3	31,6
1000-1100	1050	10,8	11,4
1100-1200	1150	7,4	8,5
1200-1300	1250	2,3	2,9
		278,1	207,4

5.4 Η ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ

Η εξάτμιση από ελεύθερες επιφάνειες νερού, όπως η λίμνη της Καστοριάς καθώς και η εξατμισιδιαπνοή που πραγματοποιείται από το έδαφος και τα φυτά με τη διαπνοή, αποτελούν σημαντικές παραμέτρους που υπεισέρχονται στην εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου κάθε υδρολογικής λεκάνης.

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την εξάτμιση από μια επιφάνεια είναι σύμφωνα με τον Σούλιο (1986):

- Η θερμοκρασία του νερού και της ατμόσφαιρας άρα κατ' επέκταση και η ηλιοφάνεια
- Η ταχύτητα του ανέμου που απομακρύνει κορεσμένες μάζες αέρα
- Η ατμοσφαιρική πίεση
- Η ποσότητα των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα
- Η χημική ποιότητα του νερού
- Η ιδιομορφία που παρουσιάζει το έδαφος και δημιουργεί τις επιφάνειες εξάτμισης.

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν τη διαπνοή σύμφωνα πάλι με τον Σούλιο (1986), είναι οι εξής:

- Η εξατμιστική δυνατότητα της ατμόσφαιρας
- Οι κλιματολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη φυσιολογία των φυτών

- Η υγρασία του εδάφους
- Η πυκνότητα της βλάστησης, το είδος των φυτών και η ηλικία τους

Στην περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς είναι τοποθετημένοι δύο σταθμοί μέτρησης των τιμών της εξάτμισης. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται ο ένας στην Καστοριά (ΔΕΗ) και ο άλλος στον Τροπαιούχο. Οι τιμές της εξάτμισης από το σταθμό της Καστοριάς έχουν μετρηθεί με εξατμισίμετρο διαμέτρου 115 cm εκτός κλωβού. Ο σταθμός Τροπαιούχου βρίσκεται έξω από τη λεκάνη απορροής οπότε η συσχέτιση του με το σταθμό της Καστοριάς δεν είναι ικανοποιητική. Οπότε για τον καθορισμό της εξάτμισης θα χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις από το σταθμό της Καστοριάς.

Επειδή όμως οι ενδείξεις του εξατμισίμετρου υπερεκτιμούν την πραγματική εξάτμιση είναι αναγκαίο να γίνει διόρθωση των ενδείξεων χρησιμοποιώντας κατάλληλους συντελεστές μετατροπής, τους Συντελεστές Λεκάνης. Στην προκειμένη περίπτωση οι μόνοι γνωστοί συντελεστές μετατροπής της μηνιαίας εξάτμισης λεκάνης σε μηνιαία εξάτμιση λίμνης είναι εκείνοι που προσδιορίστηκαν με μετρήσεις στη Λίμνη Μαραθώνα (ΔΕΗ, 1974). Ο Βαφειάδης λαμβάνει υπόψη ένα συντελεστή εξατμισίμετρου λεκάνης με τιμή 0,7. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές που καθορίστηκαν από τη ΔΕΗ (1974) και δίνονται στον πίνακα 5.8 παρακάτω :

Πίνακας 5.8 : Συντελεστές λεκάνης (Δ.Ε.Η., 1974)

Μήνας	Συντελεστής Λεκάνης	Μήνας	Συντελεστής Λεκάνης
Οκτώβριος	0,85	Απρίλιος	0,49
Νοέμβριος	1,33	Μάιος	0,47
Δεκέμβριος	1,47	Ιούνιος	0,57
Ιανουάριος	1,07	Ιούλιος	0,63
Φεβρουάριος	0,67	Αύγουστος	0,71
Μάρτιος	0,63	Σεπτέμβριος	0,85

Οι τιμές της μέσης μηνιαίας εξάτμισης που μετρήθηκαν για περίοδο 33 ετών από το 1961-1994 στη λεκάνη εξάτμισης του σταθμού Καστοριάς (ΔΕΗ) και στη Λίμνη μετά από τη χρήση των συντελεστών, δίνονται στον πίνακα 5.9 :

Πίνακας 5.9 : Τιμές μέσης μηνιαίας εξάτμισης (mm) στο σταθμό Καστοριάς (E_f) και στη Λίμνη (E_f') για την περίοδο 1961-94 (Σακκάς, 1994)

Μήνας	Μηνιαία Εξάτμιση στο σταθμό Καστοριάς	Συντελεστής Λεκάνης	Μηνιαία Εξάτμιση στη Λίμνη Καστοριάς
Οκτώβριος	77,3	0,85	65,7
Νοέμβριος	43,2	1,33	57,5
Δεκέμβριος	28,4	1,47	41,7
Ιανουάριος	19,6	1,07	21,0
Φεβρουάριος	32,0	0,67	21,5
Μάρτιος	61,9	0,63	39,0
Απρίλιος	97,0	0,49	47,5
Μάιος	136,7	0,47	64,3
Ιούνιος	168,8	0,57	96,2
Ιούλιος	208,5	0,63	131,4
Αύγουστος	193,9	0,71	137,7
Σεπτέμβριος	127,9	0,85	108,7
Σύνολο	1195,2		832,2

Εν κατακλείδι σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα η μέση ετήσια τιμή εξάτμισης στη λίμνη της Καστοριάς E_f' ανέρχεται σε 832,2 mm, ή $23,2 \times 10^6 \text{ m}^3$.

5.4.1 Προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής

Για τον προσδιορισμό της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι υπολογισμού όπως οι Thornthwaite-Mather (1955), Turc (1951), Coutagne (1954), Kessler (1965), Serra (1954) κ.α. Η πραγματική εξατμισιδιαπνοή εκφράζει τη μέγιστη ποσότητα νερού που θα εξατμιζόταν ή θα διαπνεόταν από τα φυτά, αν τα αποθέματα ήταν αρκετά για να αναπληρώσουν τις απώλειες. Σε πολλές ημίξηρες λεκάνες της Ελλάδας ανέρχεται στα 70-85% του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης (Βουδούρης, 2009). Στην παρούσα εργασία δεδομένων και των στοιχείων που είναι διαθέσιμα κρίνεται καταλληλότερη η μέθοδος Turc για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής.

Μέθοδος Turc

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής E_{Π} εκτός από τη θερμοκρασία T όπως συμβαίνει στον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισιδιαπνοής, εισέρχονται και άλλοι παράγοντες όπως αυτός των κατακρημνισμάτων P που θεωρείται και ο κυριότερος παράγοντας που ρυθμίζει την πραγματική εξατμισιδιαπνοή E_{Π} . Συνήθως για τον υπολογισμό της E_{Π} χρησιμοποιείται ο τύπος που πρότεινε ο Turc (1951) :

$$E_{\Pi} = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Όπου : E_{Π} = η πραγματική ετήσια εξατμισιδιαπνοή σε mm

P = το ύψος των ετήσιων κατακρημνισμάτων σε mm

L = $300 + 25 T + 0,05 T^3$

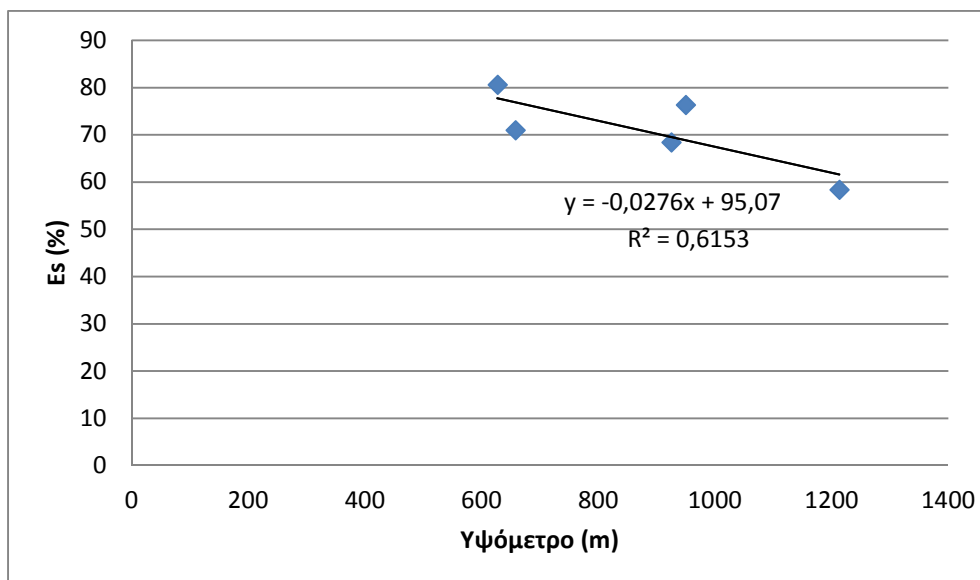
T = η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα σε °C

Κάνοντας τους υπολογισμούς βρέθηκαν τα αποτελέσματα τα οποία παρατίθενται στον πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.10 : Συντελεστής πραγματικής εξατμισιδιαπνοής E_s (%)

Βροχομετρικός Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Μέσο Ετήσιο Ύψος Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (mm)	L	E_s (%)
Καστοριά	627	596,3	750,1	80,6
Άργος Ορεστικό	658	781,9	724,9	71
Βυσσινιάς	925	722,3	654,6	68,4
Νεστόριο	950	592,1	654,6	76,3
Κλεισούρα	1213	932,1	654,6	58,4

Στη συνέχεια ακολουθεί το γράφημα διασποράς (Σχήμα 5.15) το οποίο αντιπροσωπεύει τη σχέση του συντελεστή εξατμισιδιαπνοής E_s με το υψόμετρο και περιγράφεται από την εξίσωση $y = -0,00276x + 95,07$ με $R^2 = 0,6153$.



Σχήμα 5.15 : Σχέση συντελεστή εξατμισιδιαπνοής με το υψόμετρο

Τέλος ο υπολογισμός του όγκου του νερού που εξατμίζεται γίνεται με τη χρήση της παραπάνω εξίσωσης καθώς επίσης και με το μέσο υψόμετρο μεταξύ των ισοϋέτιων. Τα αποτελέσματα ακολουθούν στον πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11 : Υπολογισμός του όγκου νερού που εξατμίζεται από τη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς (Λάμπου, Λατινόπουλος, Χρυσάφη, 2012)

Μέσο Υψόμετρο (m)	Όγκος ατμ. κατακρημνισμάτων στην αντίστοιχη επιφάνεια (10^6 m^3)	Συντελεστής πραγματικής εξατμισιδιαπνοής ES (%)	Όγκος νερού που εξατμίζεται (10^6 m^3)
650	50,96	77,10	39,20
750	27,19	74,30	20,20
850	21,51	71,60	15,40
950	21,61	68,80	14,80
1050	19,53	66,00	12,80
1150	18,78	63,30	11,80
1250	20,11	60,50	12,10
1350	10,72	57,80	6,10
1450	5,280	55,00	2,90
1550	5,740	52,20	2,90
1650	3,370	49,50	1,60
1750	2,110	46,70	0,90
1850	0,480	44,00	0,20
	207,4		140,90

Από τον πίνακα προκύπτει ότι ο όγκος του νερού που εξατμίζεται ανέρχεται στα $140,9 * 10^6 \text{ m}^3$. Στον όγκο αυτό αν συνυπολογιστεί και ο όγκος του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια της λίμνης όπως υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 5.4 και ανέρχεται στα $23,2 * 10^6 \text{ m}^3$ τότε ο συνολικός ετήσιος όγκος του νερού που εξατμίζεται από τη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς υπολογίζεται στα $164,10 * 10^6 \text{ m}^3$. Ο Βαφειάδης υπολόγισε ότι η συνολική εξατμισιδιαπνοή ανέρχεται στα $144,53 * 10^6 \text{ m}^3$.

5.5 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

Με τον όρο "κατείσδυση" εννοούμε το μέρος εκείνο των κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους, φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και προστίθεται στο υπόγειο νερό μετέχοντας έτσι στις κινήσεις του τελευταίου (Σούλιος, 1986).

Αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία για τον καθορισμό της υδροοικονομίας μιας περιοχής γιατί συμβάλλει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων (Βουδούρης, 2009).

Η κατείδδυση εξαρτάται άμεσα από την κλίση του εδάφους (%), τη βροχόπτωση, το είδος της βλάστησης που καλύπτει μια περιοχή καθώς επίσης και το είδος των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από ήπιες κλίσεις ευνοούν την κατείδδυση, ενώ οι περιοχές με έντονες κλίσεις ευνοούν την επιφανειακή απορροή.

Ο συντελεστής κατείδδυσης εκφράζει το ποσοστό των κατακρημνισμάτων που κατειδύουν σε ορισμένο χρόνο (Βαφειάδης, 1983) και υπολογίζεται από τη σχέση (Σούλιος, 1986) :

$$\text{Συντελεστής Κατείδδυσης (\%)} = (I/P) * 100$$

Ο μέσος συντελεστής κατείδδυσης δίνεται από τον τύπο (Σούλιος, 1986):

$$I = (I_1 E_1 + I_2 E_2 + \dots + I_n E_n) / E_{\text{ολ}}$$

Όπου I = ο ενιαίος συντελεστής κατείδδυσης

I_1, I_2, I_n = οι μερικοί κατά πέτρωμα συντελεστές κατείδδυσης

E_1, E_2, E_n = οι επιφάνειες εμφάνισης αντιστοίχων πετρωμάτων

$E_{\text{ολ}}$ = η ολική επιφάνεια της εξεταζόμενης περιοχής

Ο συντελεστής κατείδδυσης παίρνει συγκεκριμένες τιμές ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων ή των σχηματισμών (Πίνακας 5.12).

Πίνακας 5.12 : Χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή κατείδδυσης

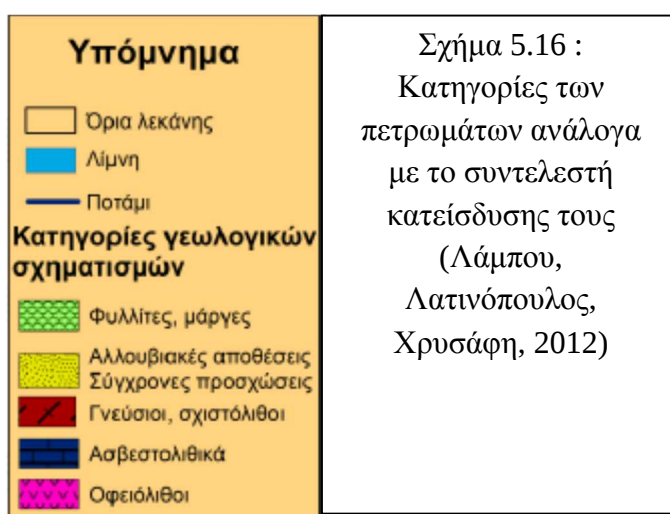
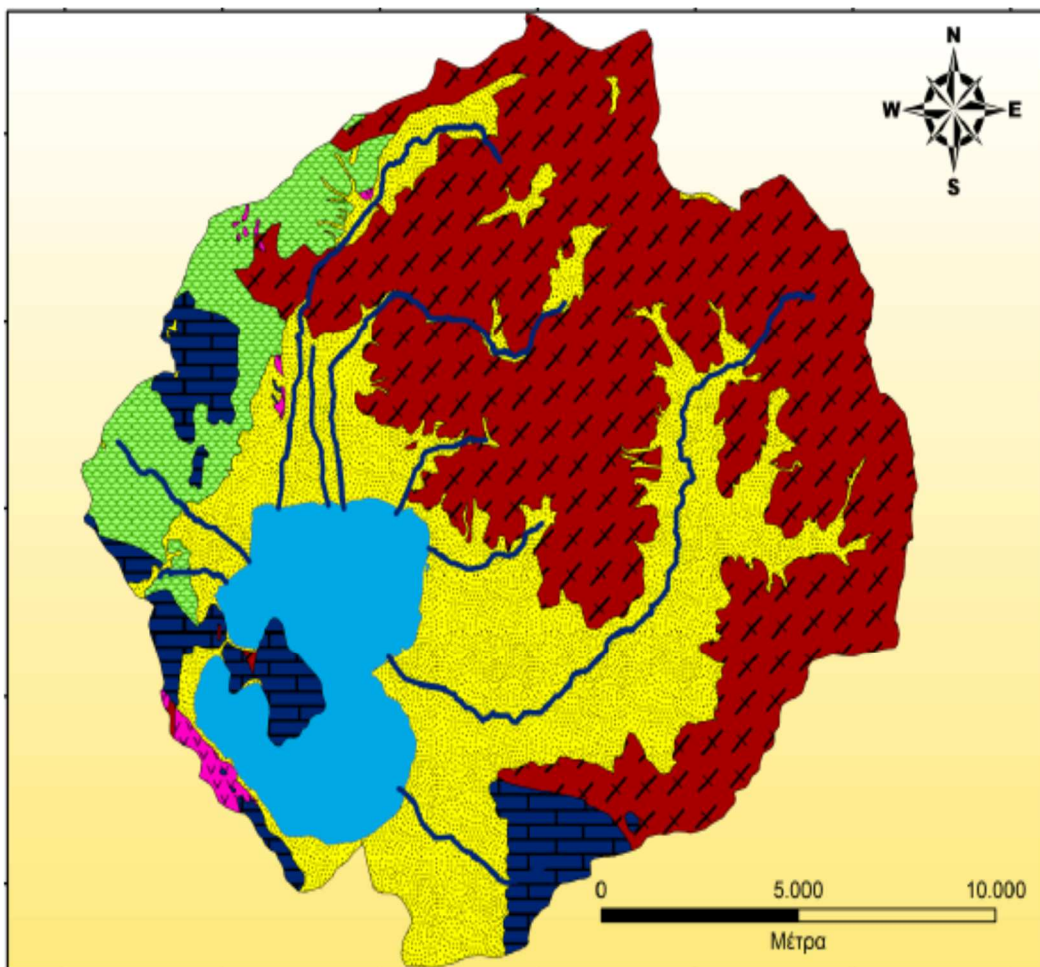
Είδος Πετρωμάτων	Συντελεστής Κατείδδυσης (%)
Αλλούβια, σύγχρονες προσχώσεις, Ψαμμίτες	10 - 25
Ασβεστολιθικά πετρώματα	30 - 60
Φλύσχης- Φυλλίτες- Μάργες	3 - 10
Οφιόλιθοι	4 - 8
Ηφαιστειακά πετρώματα	3 - 8
Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	3 - 7

Στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς οι συντελεστές κατείσδυσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν δίνονται στον πίνακα 5.13.

Πίνακας 5.13 : Τιμές του συντελεστή κατείσδυσης των πετρωμάτων

Υψόμετρο (m)	Γεωλογικός Σχηματισμός	I (%)	Εμβαδόν (km ²)	I (%) στην αντίστοιχη επιφάνεια	I (%) x Όγκο Νερού (Πίνακας 5.7)	I (10 ⁶ x m ³)
600-700	Αλλουβιακές Αποθέσεις	20	85,65	17,18	17,18x84,8	14,5
700-800	Αλλουβιακές Αποθέσεις	20	41,64	8,33	8,33x36,6	3,05
800-900	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	30,25	1,21	1,21x31,6	0,38
900-1000	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	28,1	1,12	1,12x31,6	0,35
1000-1100	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	23,62	0,94	0,94x11,4	0,1
1100-1200	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	21,22	0,85	0,85x8,5	0,07
1200-1300	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	21,33	0,85	0,85x2,9	0,02
1300-1400	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	10,71	0,43	0,43x11,4	0,04
1400-1500	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	4,99	0,2	0,20x11,4	0,02
1500-1600	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	5,14	0,21	0,21x11,4	0,02
1600-1700	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	2,87	0,11	0,11x11,4	0,01
1700-1800	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	1,71	0,07	0,07x11,4	0,007
1800-1900	Γνεύσιοι, Σχιστόλιθοι	4	0,38	0,01	0,01x11,4	0,001
			277,61	31,51		18,5

Στο σχήμα 5.16 αποτυπώνεται από τους Λάμπου, Λατινόπουλο και Χρυσάφη, (2012) η κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών στη λεκάνη απορροής της λίμνης Καστοριάς και οι κατηγορίες αυτών βάση του συντελεστή κατείσδυσης.



Βάσει όλων των παραπάνω ο συνολικός όγκος που κατεισδύει υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα $18,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ο Βαφειάδης (1983) υπολόγισε για τα ασβεστολιθικά πετρώματα της περιοχής μελέτης μια αντιπροσωπευτική μέση τιμή συντελεστή κατείσδυσης $I_1=55,5\%$ για επιφάνεια $E_1=33\text{km}^2$, για τα μεταμορφωμένα και πλουτωνικά πετρώματα της περιοχής μέσο συντελεστή κατείσδυσης $I_2=7\%$ για επιφάνεια $E_2=157,6 \text{ km}^2$ και τέλος για τις τεταρτογενείς αποθέσεις τις περιοχής $I_3=17\%$ για επιφάνεια $E_3=82,7 \text{ km}^2$, με αποτέλεσμα ο ενιαίος συντελεστής κατείσδυσης που προκύπτει να ισούται σύμφωνα με τον τύπο $I = (I_1E_1+I_2E_2+I_3E_3)/E_{\text{ολ}}$ με $I=15,8\%$.

5.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Ο όρος <<Επιφανειακή Απορροή>> R, αναφέρεται στο τμήμα εκείνο του νερού των κατακρημνισμάτων που μόλις πέσει στην επιφάνεια της Γης ρέει επιφανειακά, εισέρχεται στο υδρογραφικό σύστημα από το οποίο απάγεται οδηγούμενο τελικά στη θάλασσα ή σε λίμνη όπου και εκχύνεται (Σούλιος, 1986).

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν την επιφανειακή απορροή R είναι κατά κύριο λόγο η ένταση, η κατανομή και το ύψος των βροχοπτώσεων καθώς και οι κλιματικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία και ο άνεμος που την επηρεάζουν έμμεσα διότι επιδρούν στην εξατμισοδιαπνοή. Δευτερεύοντες παράγοντες θεωρούνται η κλίση και η λιθολογική σύσταση του εδάφους, η βλάστηση και το υδρογραφικό δίκτυο.

Τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα για την επιφανειακή απορροή προέρχονται από τις μετρήσεις που εκτελέστηκαν γύρω από τη λίμνη της Καστοριάς στα σημεία εκβολών των εννέα χειμάρρων που τροφοδοτούν τη λίμνη καθώς και στη θέση της Διώρυγας εξόδου του νερού από τη λίμνη. Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν στο πλαίσιο της μελέτης της λεκάνης απορροής που πραγματοποιήθηκε από το τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. για το υδρολογικό έτος 1998-1999 και έχουν ήδη παρατεθεί στο κεφάλαιο 3.3.2 όπου περιγράφονται τα ρέματα τροφοδοσίας της λίμνης. Επειδή όμως οι διαθέσιμες μετρήσεις είναι παλιές και σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983) ο συντελεστής επιφανειακής απορροής των προσχωσιγενών αποθέσεων της πεδινής περιοχής δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια, άρα δεν μπορεί να προσδιοριστεί και ο συντελεστής επιφανειακής απορροής R ολόκληρης της λεκάνης. Οι εκροές από το ρέμα Γκιόλι στον Αλιάκμονα και τα υπόγεια νερά που εκφορτίζονται στη λίμνη αποτελούν την ολική απορροή. Οι εκροές αυτές δεν χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του συντελεστή επιφανειακής απορροής της λεκάνης (Βαφειάδης, 1983). Έτσι ο συντελεστής επιφανειακής απορροής R θα υπολογιστεί ως ο άγνωστος παράγοντας της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου.

5.7 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Για την καλύτερη αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού μιας λεκάνης, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η γνώση του υδρολογικού ισοζυγίου της. Η εκτίμηση των φυσικών εισροών και εκροών στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς έγινε με σκοπό να καθοριστεί το υδρολογικό ισοζύγιο της με τη χρήση υδρομετεωρολογικών και υδρομετρικών στοιχείων της περιοχής.

Οι εισροές στη λίμνη προέρχονται από την απευθείας βροχόπτωση στην επιφάνεια της και από τις απορροές που προέρχονται από το χερσαίο τμήμα της λεκάνης απορροής (επιφανειακές και υπόγειες) της και από τις αποχετεύσεις των παραλίμνιων χωριών που δεν εντάσσονται στον βιολογικό καθαρισμό (Βαφειάδης, 1988). Οι εκροές της λίμνης περιλαμβάνουν την εξάτμιση από την επιφάνεια της και τις εκροές που πραγματοποιούνται μέσω του ρέματος Γκιάλι προς τον ποταμό Αλιάκμονα. Σύμφωνα με τον Βαφειάδη, (1983) τη χρονική περίοδο από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο η λίμνη της Καστοριάς δεν δέχεται καμία τροφοδοσία από επιφανειακά (χειμαρρικά) νερά και για το λόγο αυτό θεωρείται σημαντική η συμβολή των υπόγειων υδάτων στο ισοζύγιο της λίμνης.

Η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου μπορεί να περιγραφεί και ως εξής (Βουδούρης, 2009) :

$$P = E + R + I \pm dW \pm dq$$

Όπου : P= ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = πραγματική εξατμισιδιαπνοή

R= επιφανειακή απορροή

I= κατείσδυση

dW= μεταβολή των αποθεμάτων υπόγειου νερού

dq=επιφανειακές ή υπόγειες εισροές και εκροές

Στην παρούσα εργασία η μορφή έκφρασης του υδρολογικού ισοζυγίου, θεωρώντας ότι τα μεγέθη dW και dq είναι αμελητέα, είναι η εξής :

$$P = I + R + E$$

Τα παραπάνω μεγέθη εκφράζονται σε ισοδύναμο ύψος νερού (mm), σε όγκο νερού (10^6 m^3) και σε ποσοστό επί τις 100 (%) προς τη μονάδα του χρόνου (Βουδούρης, 2009)

Τέλος παρουσιάζεται το προσεγγιστικό υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης μετά τον υπολογισμό όλων των παραμέτρων της εξίσωσης του δηλαδή τα ατμοσφαιρικά

κατακρημνίσματα P, την κατείσδυση I, την επιφανειακή απορροή R και την εξατμισοδιαπνοή E.

	P	=	I	+	R	+	E
Όγκοι (10 ⁶ m ³)	207,4	=	18,5	+	24,8	+	164,1
Ύψος βροχής (mm)	786,7	=	70,0	+	94,5	+	622,2
Συντελεστές (%)	100	=	8,9	+	12,0	+	79,1

Ο Βαφειάδης (1983), θεωρώντας και ο ίδιος ως άγνωστο παράγοντα της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου την επιφανειακή απορροή R, υπολόγισε ότι το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής θα έχει την εξής μορφή :

	P	=	I	+	R	+	E
Όγκοι (10 ⁶ m ³)	204,0	=	32,23	+	27,34	+	144,53
Ύψος βροχής (mm)	671,0	=	106,0	+	89,9	+	475,4
Συντελεστές (%)	100	=	15,8	+	13,4	+	70,8

Κάνοντας τη σύγκριση αντιλαμβανόμαστε ότι οι διαφορές των δύο αυτών εξισώσεων εντοπίζονται κυρίως στον όγκο του νερού που εξατμίζεται και στον όγκο του νερού που κατεισδύει. Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία βρέθηκε ότι εξατμίζεται μεγαλύτερος όγκος νερού και κατεισδύει μικρότερος όγκος σε σχέση με τα αποτελέσματα του Βαφειάδη (1983).

Τέλος ως μέτρα σύγκρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα αποτελέσματα από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ (Τολίκας, Μυλόπουλος, Χρυσάνθου, κ.ά., 2000), τα οποία βρέθηκαν κατά τη διάρκεια μελέτης της λεκάνης απορροής της λίμνης. Στα πλαίσια της μελέτης αυτής βρέθηκε ότι η μέση βροχόπτωση στη λεκάνη απορροής της λίμνης (συμπεριλαμβανομένης και της λίμνης) ανέρχεται στα 787,6 mm, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ανέρχεται στα 570,2 mm, η επιφανειακή απορροή είναι 108,1 mm και τέλος η υπόγεια απορροή προς τη λίμνη βρέθηκε ότι ισούται με 96,6 mm. Η διαφορά των 12,7 mm που προκύπτει από το άθροισμα της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, της επιφανειακής απορροής και της υπόγειας απορροής θεωρείται ότι είναι επιφανειακή απορροή κατευθείαν προς το ρέμα Γκιόλι, δηλαδή προς την έξοδο της λεκάνης απορροής. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής σε σύγκριση με τα παραπάνω αποτελούν σχεδόν ενδιάμεσες τιμές, με τη διαφορά ότι η επιφανειακή απορροή εδώ θεωρείται μεγαλύτερη σε σχέση με τις παραπάνω τιμές.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επεξεργασία των κλιματολογικών δεδομένων που αφορούν τη θερμοκρασία του αέρα και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα για τους μετεωρολογικούς σταθμούς περιμετρικά της περιοχής μελέτης, συμπεραίνεται ότι η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται περίπου στους 12,5 °C με τη σχετική υγρασία στα 62,1 % και ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ανέρχεται στα $207,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η μέση στάθμη της λίμνης απ' τις σταθμημετρικές μετρήσεις 17 ετών βρέθηκε ότι είναι περίπου στα 629,00 m.

Από τις μετρήσεις του εξατμισίμετρου στο σταθμό της Κστοριάς βρέθηκε ότι η εξατμηση από τη λίμνη ανέρχεται στα $23,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και από την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων υπολογίστηκε ότι η πραγματική εξατμισιδιαπνοή ανέρχεται περίπου στα $164,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ο μέσος συντελεστής εξατμησης της λεκάνης είναι 0,66 δηλαδή το 66% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μέσω της διαδικασίας εξατμισιδιαπνοής επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα. Επίσης τα $24,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ του συνολικού όγκου των υδάτων βρέθηκε ότι απορρέουν ενώ τα $18,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ κατεισδύουν. Από την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου τέλος προκύπτει ότι περίπου το 80% των υδάτων εξατμίζεται, ενώ το υπόλοιπο 20% κατανέμεται μεταξύ της κατείσδυσης και της απορροής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Έντυπη - Ελληνόγλωσση

- Βαφειάδης Π., 1983, “ *Υδρογεωλογική Μελέτη της Λεκάνης Καστοριάς*”, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Βοσταντζόγλου Θ., 1990, *Αντιλεξικόν ή Ονομαστικών της Ελληνικής Γλώσσας*, Εκδ. Βογιαντζόγλου –Βλαστάρη Ι., Αθήνα
- Βουδούρης Κ., 2009, “*Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος- Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον*”, Εκδόσεις Τζιόλα
- Γιαννέλη Χ., 2009, “ *Υδρογεωλογική Έρευνα Λεκανών του Ελληνικού Χώρου. Παράδειγμα από τη Λεκάνη Αγίων Αναργύρων (Καστοριά)* ” , Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2010, “*Εκπόνηση Βυθομετρικών και Ιζηματολογικών Ερευνών στον Πυθμένα της Λίμνης της Καστοριάς* ” , Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καστοριάς
- Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, 2000, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα “ *Οι Δρόμοι του Νερού -Η Λίμνη της Καστοριάς* ”, Εκδ. Κ.Π.Ε. Καστοριάς,, Καστοριά
- Κίλιας Α., 1980, “*Γεωλογική και Τεκτονική μελέτη της περιοχής του Ανατολικού Βαρνούντα (ΒΔ Μακεδονία)*”, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 271p
- Λάμπου Α., Λατινόπουλος Δ., Χρυσάφη Α., 2012, “*Ειδική Περίπτωση Μελέτης της Λεκάνης Απορροής της Λίμνης Καστοριάς για το έτος 2011 σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ* ”, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Μουντράκης Δ., 1976, “ *Συμβολή εις την γνώσιν της Γεωλογίας του Βορείου ορίου των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής, εις την περιοχή κ. Λουτρακίου-Όρμας (Αλμωπίας)*”, Διατριβή επί διδακτορία, Θεσσαλονίκη, 164p
- Μουντράκης Δ., 1985, “*Γεωλογία της Ελλάδας* ”, University studio press, Θεσσαλονίκη
- Μουντράκης Δ., 1988, “*Συνοπτική Γεωτεκτονική Εξέλιξη του ευρύτερου Ελληνικού χώρου*”, Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 116

- Παυλόπουλος Κ., Σκέντος Α., Κοτάμπαση Χ., 2008, “Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση και Μελέτη της Ευρύτερης Περιοχής Δισπηλιού-Λίμνης Καστοριάς ”, περιοδικό Ανάσκαμμα 10/2009, σελ.101-120
- Σακκάς Ι., 1994, “Υδρολογική μελέτη της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς, στα πλαίσια της μελέτης Εξυγίανση και αξιοποίηση της λίμνης Καστοριάς”, Δ.Π.Θ.
- Σούλιος Γ., 1986, “Γενική Υδρογεωλογία, πρώτος τόμος ”, University studio press
- Τολίκας Δ., Μυλόπουλος Γ., Χρυσάνθου Β., κ.ά., Απρίλιος 2000, “Προσδιορισμός παροχών, φερτών υλών και ποιότητας του νερού των χειμάρρων-ρεμάτων της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς. Διεύρυνση τάσεων και εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων μείωσης φόρτου” , Α.Π.Θ., Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος
- Χουρμουζιάδης Γ., 1996, “Το Δισπηλιό Καστοριάς. Ένας λιμναίος προϊστορικός οικισμός ”. Εκδ. Κώδικας, Θεσσαλονίκη

Ξενόγλωσση

- Brunn J., 1956, “*Contribution a l’ etude geologique du Pinde septentrional et d’une partie de la Macedoine occidentale* ”, Ann. Geol. Des Pays Hell. 7
- Fermeli G., Ioakim C., 1992, “*Biostratigraphy and paleoecological interpretation of Miocene succession in the molassic deposits of Tsotylio, Mesohellenic Trench (Grevena area, N. Greece)*”, Paleont. iEvol., 24-25, 199-208
- Mountrakis D., 1979, “*Resultats preliminaires de l’etude Stratigraphique de la region de Kastoria (NW Macedoine, Greece)*”, Sci. Ann. Fac. Phys. Mathem, Univ. Thessaloniki, 19, σελ. 163-173
- Osswald K., 1931, “*Geologische Ubersichskarte von Griech-Makedonien 1:300.000*”, Griech. Geol., Landesanstalt, Athen
- Osswald K., 1938, “*Geologische Geschichte von Griechish-Normakedonien Denksch der geol. Landesanstalt von Griechenland*”, f.3, Athen
- Papanikolaou D., Zambetakis-Lekkas A., 1980, “*Nouvelles observations et datation de la base de la serie pelagonienne (s.s.) dans la region de Kastoria, Grece* ”, CR Acad. Sci Paris 291:155-158
- Papanikolaou D., Stojanov R., 1983, “*Geological Correlation between the Greek and the Ygaslave part of the Pelagonian Metamorphic Belt*”, In: Sassi FP (ed) IGCP No.5, Newsletter 5:146-152

•Selmeier A., Velitzelos E., 2000, “*Neue Auf sammlungen von verkieselten Holzresten aus tertiaren Sedimenten Griechenlands (Lesbos, Kastoria, Thrakien). Mitteilungen der Bageririschen für Palaontologie und historische Geologie*”, Munchen, 40, 2000, p.213-227

Ηλεκτρονική

- http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/NWS_CENSUS_310712_GR.pdf (Ελληνική Στατιστική Αρχή)
- <http://www.ifms-grammos.gr/thematic-maps> (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καστοριάς)
- http://www.ecodonet.gr/morphology_greek_1.php (Ecosystems Database Observatory)
- <http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/pgc/article/viewFile/9447/9198> (8^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο)
- http://www.eliasch.metal.ntua.gr/students/petrology/H01_mineralogySilicates.pdf (Ηλίας Χατζηθεοδωρίδης, επίκουρος καθηγητής γεωλογικών επιστημών)
- http://www.elekkas.gr/attachments/017_5.pdf (Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας)
- <http://www.nostimo-museum.gr/> (Μουσείο Παλαιοντολογίας και Παλαιοβοτανικής Νόστιμου)
- http://fos-kastoria.blogspot.gr/2013/02/blog-post_27.html
- <http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427γ/pdf/askisi1.pdf> (Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.)
- http://users.uoa.gr/~hkranis/44a-NeoMapText_AND_Abridged.pdf (Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000 , Lekkas A., Papanikolaou J., Kranis Ch. , Lozios S., Fountoulis J., Skourtsos F., V.I.i mikou)
- http://itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion3.pdf (Εργαστήριο Υδρογεωλογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Αθήνα)
- http://souprios.chania.teicrete.gr/hydrogeology/LabNotes_Hydrogeology_Souprios.pdf(Παντελής Σούπιος, αναπληρωτής καθηγητής του τμήματος φυσικών πόρων και περιβάλλοντος, Τ.Ε.Ι. Κρήτης)
- <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/kastoria/pr22ge.pdf>