



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΓΙΑΝΝΟΥΛΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΑΕΜ:4757

**ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ  
ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΤΗΣ ΠΙΕΡΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2020





ΓΙΑΝΝΟΥΛΙΑΓΕΩΡΓΙΑ

Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ:4757

## ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΤΗΣ ΠΙΕΡΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας του ΑΠΘ

### **Επιβλέπων:**

Τριαντάφυλλος Κακλής, Δρ. ΕΔΙΠ Τμ. Γεωλογίας



© Γιαννούλια Γεωργία, Τμήμα Γεωλογίας, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Μεταβολές της στάθμης του υπόγειου νερού στον υδροφορέα της Πιερίας λεκάνης του Ν. Καβάλας

©Giannoulia Georgia, School of Geology, Laboratory of Engineering Geology and Hydrogeology, 2020

Fluctuation of the groundwater level in the aquifer of Pieria basin, Kavala Prefecture – Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα .

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



## Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	8
1.1. Γεωγραφική θέση.....	8
1.2. Γεωλογία περιοχής.....	9
1.3. Σειράμεταμορφωμένων πετρωμάτων.....	11
1.4. Τεκτονική περιοχή.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ	
ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	24
3.1 Πιεζομετρία περιοχής.....	24
3.1.1 Πορεία της πιεζομετρικής επιφάνειας για τα έτη 1996-1997.....	24
3.1.2 Πιεζομετρική κατάσταση θερινού εξαμήνου 1996-1997.....	25
3.2 Πορεία της πιεζομετρικής επιφάνειας για το χρονικό διάστημα 2005-2007....	26
3.2.1 Πιεζομετρική κατάσταση χειμερινού εξαμήνου 2005-2006.....	26
3.2.2 Πιεζομετρική κατάσταση θερινού εξαμήνου 2005-2006.....	28
3.2.3 Πιεζομετρική κατάσταση χειμερινού εξαμήνου 2006-2007.....	29
3.2.4 Πιεζομετρική κατάσταση θερινού εξαμήνου 2006-2007.....	31
3.2.5 Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού 2008-20014.....	32
3.3 Εξοπλισμός μετρήσεων.....	42
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	444
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	455



Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την υδρογεωλογική μελέτη και συγκεκριμένα τη διακύμανση της στάθμης την περίοδο 1996-2014 στην περιοχή της Πιερίας λεκάνης , η οποία ανήκει στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Παγγαίου του Ν. Καβάλας. Η δομή της εργασίας αποτελείται από δύο κεφάλαια. Αναλυτικότερα:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γεωγραφικά και γεωλογικά στοιχεία του Δήμου Παγγαίου αλλά και της ευρύτερης περιοχής . Επίσης, στο ίδιο κεφάλαιο αναλύεται η σειρά των μεταμορφωμένων πετρωμάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα βροχομετρικά στοιχεία καθώς και η τεκτονική της περιοχής.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά, οι μετρήσεις και οι διακυμάνσεις από την στάθμη του υπόγειου νερού στη περιοχή της Λεκάνης Πιερίας, σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την περίοδο των ετών 2008 έως και 2014( σύμφωνα με μετρήσεις από τα αρχεία του ΤΟΕΒ Πιερίας Κοιλιάδος). Στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά η πορεία της πιεζομετρίας για την περίοδο 1996-1997 καθώς και για την περίοδο 2005-2007.

Τέλος στο κεφάλαιο των συμπερασμάτων, συνοψίζονται τα σημαντικότερα ευρήματα που προέκυψαν από την μελέτη του θέματος για την περιοχή της Πιερίας Λεκάνης.



## ABSTRACT

This thesis deals with the hydrogeological study and in particular the fluctuations of the level in the period 1996-2014 in the area of Pieria Basin, which belongs to the wider area of the Municipality of Paggio, N. Kavala. The structure of the work consists of three chapters. More specifically:

The first chapter presents the geographical and geological elements of the Municipality of Paggiao and the wider area. Also in the same chapter we analyze the order of the transformed rocks.

The second chapter presents in detail the rainfall data as well as the tectonics of the area.

The third chapter presents in detail the measurements and fluctuations of groundwater level in the Pieria Basin, according to measurements made for the period 2008 to 2014 (according to measurements from the TOEB Pieria Valley archives). This chapter summarizes the course of piezometry for the period 1996-1997 and for the period 2005-2007.

Finally, the conclusions chapter summarizes the most important findings from the study of the topic for the “Pieria Basin” area.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

### 1.1 Γεωγραφική θέση

Η Πιερία Λεκάνη γεωγραφικά ανήκει στον Νομό Καβάλας του Δήμου Παγγαίου. Ο νεοσύστατος Δήμος Παγγαίου βρίσκεται δυτικά της Καβάλας. Δημιουργήθηκε το 2011 από τη συνένωση πέντε δήμων: Παγγαίου, Πιερέων, Ελευθερών, Ορφανού και Ελευθερούπολης σύμφωνα με το Σχέδιο Καλλικράτης. Έδρα του είναι η Ελευθερούπολη και περιλαμβάνει 16 χωριά: Μουσθένη, Αυλή, Δωμάτια, Μελισσοκομείο, Πυργοχώρι, Μεσιά, Μέλισσα, Μεσορόπη, Πλατανότοπος, Καραβαγγέλη, Σιδηροχώρι (πρώην Δήμος Πιερέων) Εξοχή, Κητιά, Ακροβούνι, Χρυσόκαστρο (πρώην Δήμος Ελευθερούπολης) Ποδοχώρι (πρώην Δήμος Ορφανού) . Ο πληθυσμός του νέου Καλλικρατικού δήμου είναι περίπου 33.683 σύμφωνα με την απογραφή του 2001.

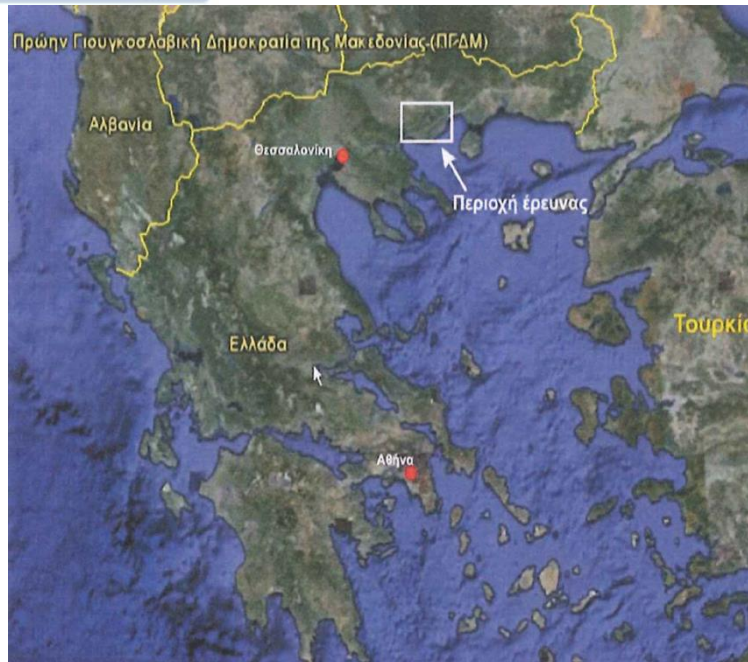


Σχήμα 1:Δήμος Παγγαίου (Wikipedia)

Κατέχει το κοντινότερο και πλέον δασωμένο τμήμα του γνωστού χρυσοφόρου κατά την αρχαιότητα Παγγαίου Όρους , από όπου πήρε και το όνομά του. Ο κύριος ποταμός που διαρρέει την λεκάνη είναι ο ποταμός Μαρμαράς. Αναπτύσσεται εντός της λεκάνης με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και μετά από μικρή σχετικά διαδρομή εντός της



λεκάνης , εκβάλλει στον Στρυμωνικό κόλπο. Το σχήμα της λεκάνης είναι ελλειψοειδές έχοντας μέγιστο μήκος 20,6km ενώ το μέγιστο πλάτος της φτάνει τα 11,4 km.



Σχήμα 1.1. Θέση της περιοχής έρευνας(Κακλής,2011)

## 1.2 Γεωλογία περιοχής

Η περιοχή μελέτης ανήκει γεωτεκτονικά στην Ελληνική Ενδοχώρα και πρακτικά στη Μάζα της Ροδόπης. Ο Kober (1931) χαρακτήρισε την περιοχή Ροδόπης « Μεσόγειο περιοχή» ή «Μεσαία Οροσειρά» ενώ ο Boncen (1946) τοποθέτησε την Ροδόπη στο Διναρικό κλάδο , ο Brunn (1964) την χαρακτήρισε ως ένα μεσαίο κλάδο (Κακλής,2011) Οι απόψεις άλλαξαν με τις μετέπειτα έρευνες οι οποίες συμφωνούν πως η Ροδόπη αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα με διαφορετική ηλικία και τεκτονική ιστορία , δηλαδή ένα τεκτονικό σύμπλεγμα με ετερογενή λιθολογική σύνθεση. Η απουσία στρωματογραφίας και ιζηματογενών πετρωμάτων προκαλεί πρόβλημα αρχικά στην ολοκληρωμένη μελέτη της μάζας της Ροδόπης και στη συνέχεια στην οριστική γεωλογική της τοποθέτηση.

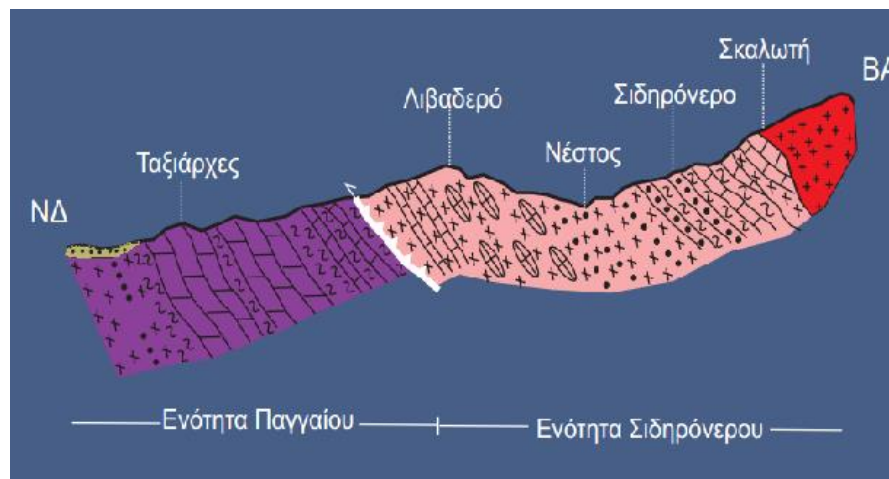
Η μάζα απαρτίζεται από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα , το πάχος τους υπολογίζεται ότι φτάνει περίπου τα 15 km(Κακλής,2011). Η πρώτη μελέτη της Ελληνικής Ροδόπης έγινε από τον Osswald (1938) ο οποίος διαίρεσε το κρυσταλλοσχιστώδες της Ροδόπης μαζί με τη Σερβομακεδονική σε τέσσερις σειρές (ορίζοντες) , που από τις βαθύτερες προς τις ανώτερες είναι οι εξής: η σειρά E των

γενευσίων της βάσης , η σειρά F των μαρμάρων , η σειρά G των μαρμαρυγιακώνσχιστολίθων , η σειρά H των σχιστολίθων των μαρμάρων. Η ηλικία των πετρωμάτων είναι προκάμβριος ως κάτω Παλαιοζωϊκή. Οι παραπάνω καθορισμοί των ηλικιών των μεταμορφωμένων πετρωμάτων βασίστηκαν σε λιθολογικές και τεκτονικές συγκριτικές παρατηρήσεις και όχι σε στρωματογραφικά στοιχεία. Τα μόνα στρωματογραφικά δεδομένα που υπάρχουν αναφέρονται σε έρευνες που έγιναν στη βουλγαρική Ροδόπη, όπου καθορίστηκε η ηλικία του κρυσταλοσχιστώδους σαν Προκάμβριος ως Κατωπαλαιοζωϊκή, όπως επίσης και ορισμένα απολιθώματα κοραλλιών ηλικίας Ορδοβίσιου που βρέθηκαν στην περιοχή της Δράμας(Κακλής,2011). Έρευνες που έγιναν διαχώρισαν την μάζα της Ελληνικής Ροδόπης σε δύο τεκτονικές μονάδες:

1) την ανώτερη τεκτονική ενότητα Σιδηρόνερου στα βόρεια κατά μήκος των Ελληνοβουλγαρικών συνόρων και

2) την κατώτερη τεκτονική ενότητα Παγγαίου που καταλαμβάνει τη δυτική , νοτιοδυτική Ροδόπη ( Paranikolaou&Panagopoulos,1981).

Η ενότητα Παγγαίου συγκροτείται από έναν κατώτερο ορίζοντα ορθογενεύσιους , σχιστόλιθους και αμφιβολίτες , ένα μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων μεγάλου πάχους και ένα ανώτερο ορίζοντα με εναλλαγές σχιστολίθων και μαρμάρων , θεωρείται η νεότερη ενότητα πετρωμάτων.(Κακλής,2011)



**Σχήμα 1.2.** Γεωλογία Ενότητας Παγγαίου (Wikipedia)



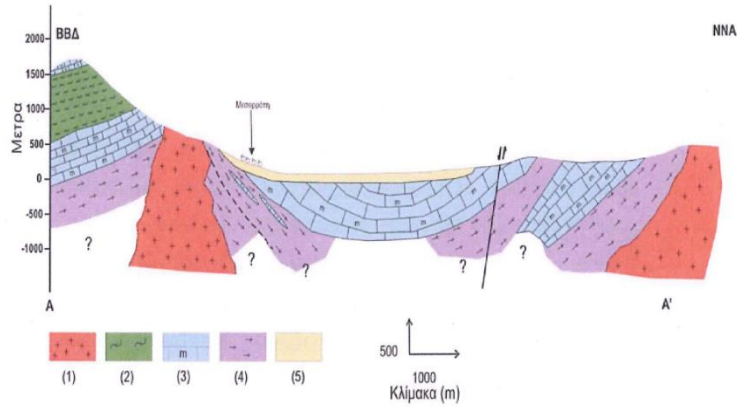
Σχήμα 1.3. Διάρθρωση στις μεταμορφωμένες σειρές του κρυσταλλοσχιστώδους της Ροδόπης (Kronberg 1969 Δημόπουλος 1978)

### 1.3 Σειρά μεταμορφωμένων πετρωμάτων

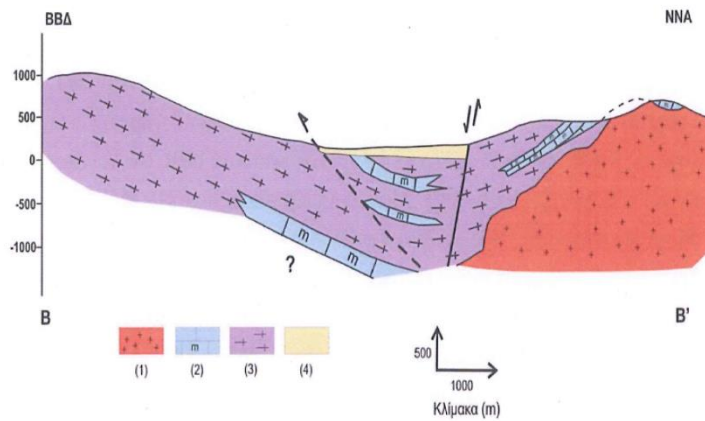
1) Κάτω σχιστογενευσιακή σειρά: Εδώ συναντώνται κυρίως γνεύσιοι και γενευσιακοί σχιστόλιθοι, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, πρασινοσχιστόλιθοι, αμφιβολίτες και στο ανώτερο σημείο της σειράς υπάρχουν εναλλαγές μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και μαρμάρων. Οι εναλλαγές αυτές αποτελούν στο όριο της κάτω σχιστογενευσιακής σειράς με την υπερκείμενη ανθρακική σειρά των μαρμάρων. Στην περιοχή του Παγγαίου κοντά στα όρια του υδροκρίτη στη θέση Αυγό η κατώτερη σχιστογενευσιακή σειρά μεταβαίνει στην σειρά των μαρμάρων με την παρουσία αμφιβολίτη. Αυτοί εμφανίζονται σε ενστρώσεις ή σε φακούς με στρωματοειδή δομή. Στα βαθύτερα τμήματα της κατώτερης σειράς η παρουσία αμφιβολιτών είναι σπάνια. Όσο μεταβαίνει προς την σειρά των μαρμάρων είναι πιο έντονη η παρουσία τους σε στρώματα τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνουν σε πάχος τα 20μέτρα. Η σειρά αυτή στην περιοχή του Παγγαίου σχηματίζει μια χαρακτηριστική ζώνη μετάβασης από ανοιχτόχρωμο γνεύσιο της κάτω σειράς στα λευκά μάρμαρα της ίδιας σειράς.(Κακλής,2011)

2) Σειρά των μαρμάρων: Μέσα στην σειρά αυτή έχουμε παρεμβολές γνευσιακών υλικών. Η μετάβαση από την κατώτερη γνευσιακή σειρά προς των μαρμάρων χαρακτηρίζεται από μεταβλητή εναλλαγή που χαρακτηρίζεται από ασβεστικόμαρμαρυγικό σχιστόλιθο και μη καθαρά μάρμαρα. Τα μάρμαρα της περιοχής αντιπροσωπεύουν μια παλιά ανθρακική ιζηματογένεση. (Κακλής,2011)Τα σκουρόχρωμα μάρμαρα που εναλλάσσονται με πρασινοσχιστόλιθο είναι θέσεις όπου έχουμε μετάβαση ανάμεσα στην ανθρακική και στην πηλιτοψαμμιτική φάση (Δημόπουλος, 1978). Τα μάρμαρα δεν χαρακτηρίζονται από έντονη στρώση. Είναι συμπαγή και πιθανόν προέρχονται από ασβεστόλιθο ρηχής ιζηματογένεσης. Συναντάμε μάρμαρα σε λεπτές ενστρώσεις με ταινιωτή δομή. Τα μάρμαρα αυτά βρίσκονται στους κατώτερους ορίζοντες της ανθρακικής σειράς , στην μεταβατική ζώνη των μαρμάρων και της υποκείμενης σχιστογνευσιακής σειράς. Τα μάρμαρα είναι δολομιτικής προέλευσης (Χατζηπαναγής-Βουγιούκας, 2005)

3) Πυριγενή πετρώματα: Στην περιοχή της Ροδόπης έχουμε εμφάνιση πλουτωνικών και ηφαιστειακών πετρωμάτων. Στην περιοχή που μελετάμε δεν έχουμε εμφάνιση ηφαιστειακών πετρωμάτων. Τα γρανιτοειδή που υπάρχουν στην περιοχή του Παγγαίου διείσδυσαν στην ενότητα Παγγαίου(Ελευθεριάδης και Κορωναίος , 2003) και χαρακτηρίζονται από μια ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση ανάπτυξης. Τα πλουτωνικά πετρώματα ίσως ν' αποτελούν εμφανίσεις μιας ενιαίας πλουτωνικής μάζας η οποία αποτελεί το κύριο τμήμα μιας αντικλινικής δομής ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Η δομή αυτή έχει μήκος 25 περίπου χιλιόμετρα και είναι παράλληλη προς την διεύθυνση ανάπτυξης του γειτονικού πλουτωνίτη της Καβάλας , που καταλαμβάνει το κύριο τμήμα του Όρους Συμβόλου νότια της Πιερίας λεκάνης. Έτσι ο Schenk (1970) συνδέει την τοποθέτηση των γρανιτοειδών του Παγγαίου με τις τεκτονικές επιδράσεις που είχαν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό του αντικλίνου του Παγγαίου. Στα μάρμαρα στα σημεία επαφής τους με τα πλουτωνικά έχει δημιουργηθεί μια μεταμορφική άλω, ενώ και οι γνεύσιοι έχουν υποστεί την επίδραση αυτής της διείσδυσης (γεωλογική τομή 1). Κατά την άνοδο του πλουτωνίτη προκαλείται αναθόλωση στα περιβάλλοντα μεταμορφωμένα πετρώματα (γεωλογική τομή 2), η γρανιτική διείσδυση που κυριαρχεί είναι αυτή του γρανίτη της Καβάλας.



**Σχήμα 1.4.** Γεωλογική τομή 1: 1 πυριγενή πετρώματα, 2 μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, 3 μάρμαρα, 4 γνεύσιοι, 5 τεταρτογενείς αποθέσεις (Κακλής, 2011)



**Σχήμα 1.5.** Γεωλογική τομή 2: 1 πυριγενή πετρώματα, 2 μάρμαρα, 3 γνεύσιοι, 4 τεταρτογενείς αποθέσεις (Κακλής, 2011)

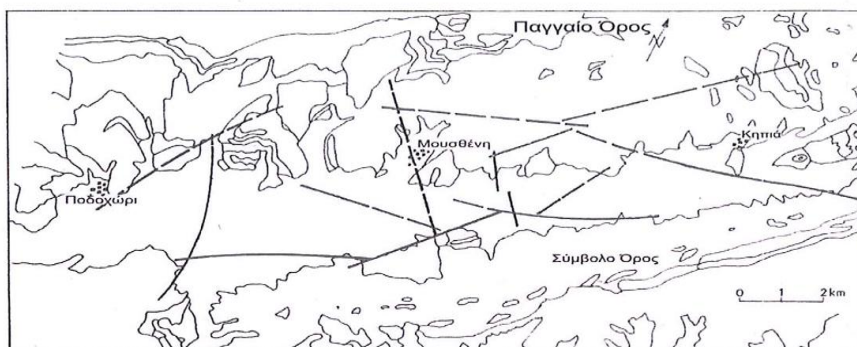


#### 1.4 Τεκτονική περιοχή

Η περίπλοκη τεκτονική εξέλιξη της Ροδόπης απασχόλησε πολλούς ερευνητές. Οι Kober (1931) και Boneen (1971) που δέχονται ότι η περιοχή αυτή κατά την αλπική ορογένεση αντέδρασε ως σταθερή κρατονική μάζα, ενώ οι πιο σύγχρονοι ερευνητές (Killias και Mountrakis, 1990) αναφέρουν ότι τα πετρώματα αυτά κατά την αλπική ορογένεση επαναδραστηριοποιήθηκαν. Η περιοχή που μελετάμε (Πιέρια Λεκάνη) ανήκει εξ' ολοκλήρου στην ενότητα Παγγαίου.

Ξεχωριστό ενδιαφέρον για την υδρογεωλογική μας έρευνα έχουν οι πτυχωσιγενείς και ρηξιγενείς δομές που αναπτύχθηκαν στα πετρώματα της περιοχής στα διάφορα στάδια δράσης συμπιεστικών και εφελκυστικών δυνάμεων, τις οποίες χαρτογραφούμε στα παλιά και νεότερα στρώματα της λεκάνης και αυτά επηρεάζουν την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά (Κακλής, 2011). Οι Kronberg (1969) και Δημόπουλος (1978) διατύπωσαν ότι η περιοχή των κρυσταλλικών πετρωμάτων διατέμενεται από δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ με κλίση περίπου  $35^\circ$  και ΒΔ-ΝΑ με κλίση περίπου  $125^\circ$ .

Ο Δημόπουλος (1978) προσθέτει ότι οι ίδιες διευθύνσεις των κύριων τεκτονικών δομών ακολουθούν και τα συστήματα διακλάσεων που έχουν αποτυπωθεί πάνω σ' αυτά και επηρεάζουν τον σχηματισμό των υδροφόρων στρωμάτων εντός του πεδινού τμήματος της λεκάνης. Ο ίδιος χαρτογραφώντας στην περιοχή αυτή την κατανομή των υδροχημικών στοιχείων των υπόγειων νερών της λεκάνης, εντόπισε πλήθος κανονικών ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ και ΒΒΔ-ΝΝΑ. Επίσης τα πεδινά τμήματα της λεκάνης καλύπτονται από νεότερα Τεταρτογενή ιζήματα (Δημόπουλος, 1978). Οι ρηξιγενείς αυτές τεκτονικές δομές που διατυπώθηκαν παραπάνω επηρεάζουν την κατανομή, τον εμπλουτισμό και την ανάπτυξη σε βάθος των υδροφόρων στρωμάτων της λεκάνης.



Σχήμα 1.6. Ρηξιγενείς δομές εντός της λεκάνης απορροής (Δημόπουλος, 1986)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Για τη μελέτη των βροχομετρικών στοιχείων της λεκάνης Πιερίας, συλλέχθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό της Μουσθένης, ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο της Πιερίας λεκάνης και από τον μετεωρολογικό σταθμό της Κάρυανης ΝΔ της λεκάνης. Επίσης για τον καλύτερο προσδιορισμό της κατανομής των ατμοσφαιρικών κατακρημνησμάτων εντός της λεκάνης τοποθετήθηκαν από το Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ (Κακλής, 2011) , δύο αθροιστικά βροχόμετρα. Το πρώτο στην τοποθεσία «Μονόλιθος» στην έξοδο της λεκάνης απορροής και το δεύτερο κοντά στο χωριό «Αυλή» . Τοποθετήθηκε και ένας βροχογράφος στην θέση «Ξυλήθρα». Η τοποθέτηση των βροχομετρικών αυτών σταθμών από το Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ έγινε διότι για να συσχετιστούν τα αποτελέσματα της υδρογεωλογικής έρευνας που θα προέκυπταν για τα έτη 2004-2007 θα έπρεπε να έχουμε και στοιχεία βροχοπτώσεων για την περίοδο αυτή(Κακλής,2011).

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Μουσθένης και της Κάρυανης, λειτούργησαν από το έτος 1996 μέχρι και το έτος 2007. Τα βροχόμετρα που τοποθετήθηκαν λειτούργησαν από το έτος 2004 έως και το έτος 2007 γι' αυτό το λόγο και τα δεδομένα είναι περιορισμένα.

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται αναλυτικά οι σταθμοί με τα υψόμετρα τους.

**Πίνακας 1.1.** Σταθμοί συλλογής Μετεωρολογικών δεδομένων

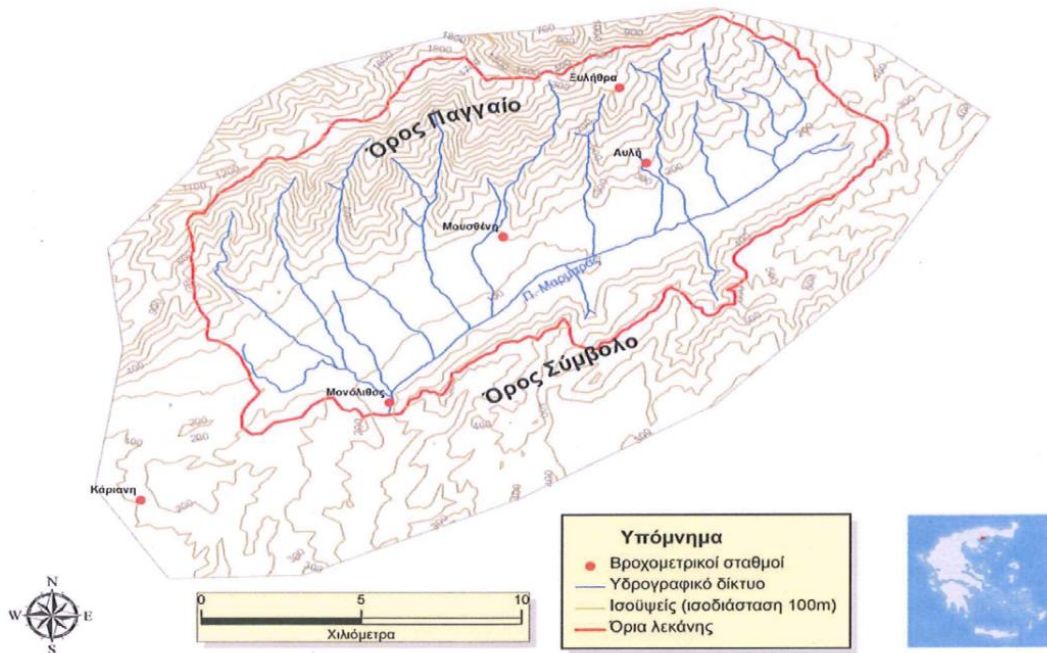
Μετεωρολογικοί Σταθμοί εντός της λεκάνης Πιερίας

Σταθμός	Είδος παρατήρησης	Υψόμετρο
Μουσθένη	Βροχή, Θερμοκρασία	220
Μονόλιθος	Βροχή	80
Αυλή	Βροχή	300
Ξυλήθρα	Βροχή	1000

**Πίνακας 1.2:** Σταθμοί συλλογής Μετεωρολογικών δεδομένων

Μετεωρολογικοί Σταθμοί πλησίον της λεκάνης Πιερίας

Σταθμός	Είδος παρατήρησης	Υψόμετρο
Κάριανη	Βροχή, Θερμοκρασία	110



**Σχήμα 1.7.** Θέσεις βροχομέτρων για τον προσδιορισμό των κατακρημησιμάτων (Κακλής, 2011)





Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 1.3.** Τιμές βροχόπτωσης στον Μετεωρολογικό Σταθμό Μουσθένης κατά τα έτη 1996-2007 (Κακλής, 2011).

ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΗΣΙΟ	Μ.Ο	ΜΙΝ	ΜΑΧ
1996-97	19	166,9	46	59	104,6	109,3	56	12,4	27	32,6	48	16,1	696,9	58,1	12,4	166,9
1997-98	89,6	65,2	169,6	90,2	136,5	73,6	5	113,3	36,2	4,4	1,3	52,9	837,8	69,8	1,3	169,6
1998-99	114,6	123,4	65,8	56,5	54,2	64,4	15,8	18,1	5,6	12,4	9,1	90,4	630,3	52,5	5,6	123,4
1999-00	28,5	52,7	104,3	37	56,6	8	33,2	59	22,5	35,1	2,9	12,1	451,9	37,7	2,9	104,3
2000-01	94,3	67,1	6,6	106,2	31,3	14,3	99,1	66,7	10	100,8	31,7	31,5	659,6	55	6,6	106,2
2001-02	0	39,9	67,4	71,3	5,6	137,9	33,4	28,5	19,4	135,9	48,4	106,6	694,3	57,9	0	137,9
2002-03	180,3	137,8	279,4	76,3	69	78,1	44,1	61,3	48	43,5	91,3	19,8	1128,9	94,1	19,8	279,4
2003-04	76,8	34,5	326,3	114,8	35,3	36,8	51,9	59,9	72,2	17	21	34	880,5	73,4	17	326,3
2004-05	11	53,2	110,3	62,6	92	58,5	7,9	60,2	27,2	62,6	113,3	103,5	762,3	63,5	7,9	113,3
2005-06	155,5	82	143,3	131,2	76,6	199	66,8	44,3	114	94,7	37,1	62,6	1167,1	97,3	37,1	199
2006-07	106,5	103	47	20,7	43,6	60,4	18,6	152,1	117,3	42,3	96,3	53,8	861,6	71,8	18,6	152,1
Μ.Ο	76	84,2	124,2	75,1	64,1	76,4	39,3	61,4	45,4	52,8	45,5	53	797,4	66,4	11,7	172,6
ΜΙΝ	0	34,5	6,6	20,7	5,6	8	5	12,4	5,6	4,4	1,3	12,1	451,9	37,7	0	104,3
ΜΑΧ	180,3	166,9	326,3	131,2	136,5	199	99,1	152,1	117,3	135,9	113,3	106,6	1167,1	97,26	37,1	326,3
Τοπ. απόκλιση	55,6	43,2	108,3	33,3	37,1	55,4	28,3	40,8	39,3	41,5	39	34,5	211,5	17,6	10,9	76



**Πίνακας 1.4.** Τιμές βροχόπτωσης στον Μετεωρολογικό Σταθμό Κάριανης κατά τα έτη 1996-2007 (Κακλής, 2011).

ΕΤΟΣ	ΟΚ Τ	ΝΟ Ε	ΔΕ Κ	ΙΑ Ν	ΦΕ Β	ΜΑ Ρ	ΑΠ Ρ	ΜΑΙ Ο	ΙΟΥ Ν	ΙΟΥ Λ	ΑΥ Γ	ΣΕ Π	ΕΤΗΣΙ Ο	Μ.Ο	ΜΙ Ν	ΜΑΧ
1996-97	16	70	48	42,5	39	21	18	7	18	22	31,5	0	333	27,8	0	70
1997-98	64	30	81	45	97	50	0	72	2	0	4	35	480	40	0	97
1998-99	91	75	39	50	48	57	14	16	5	11	8	80	494	41,2	5	91
1999-00	34	22	88	10	47	2	40	9	0	20	2	4	278	23,2	0	88
2000-01	57	37	20	58	34	4	48	71	21	51	33	10	444	37	4	71
2001-02	0	23	0	17	6	100	25	9	34	156	26	66	462	38,5	0	156
2002-03	119	74	227	49	43,7	49,4	26,9	39,7	28,5	25	11	32	725,2	60,4	11	227
2003-04	53	50	132	96	17	19	54	30	8	8	23	16	506	42,2	8	132
2004-05	12	19	42	34	64	48	5	44	18	31	99,1	83	519,1	43,3	5	99,1
2005-06	102	42	69	92	48	102	25	16	53	60	54	59	722	60,2	16	102
2006-07	58	43	31	12,5	27	37,5	9,8	88,7	79,1	25,4	65,6	38,7	516,31	43	9,8	88,7
Μ.Ο	55,1	44,1	70,6	46	42,8	44,5	24,2	38,4	24,2	37,2	32,5	38,5	498,1	41,5	5,3	111,1
ΜΙΝ	0	19	0	10	6	2	0	7	0	0	2	0	278	23,17	0	70
ΜΑΧ	119	75	227	96	97	102	54	88,7	79,1	156	99,1	83	725,2	60,43	16	227
Τυπ. απόκλιση	38,1	20,9	63,3	28,6	24,1	33,6	17,4	30,3	24	43,1	29,9	29,9	135,2	11,3	5,4	45,9

**Πίνακας 1.5.** Τιμές βροχόπτωσης στον Μετεωρολογικό Σταθμό Μονόλιθος κατά τα έτη 2004-2007(Κακλής, 2011).

ΕΤΟΣ	ΟΚ Τ	ΝΟ Ε	ΔΕ Κ	ΙΑ Ν	ΦΕ Β	ΜΑ Ρ	ΑΠ Ρ	ΜΑΙ Ο	ΙΟΥ Ν	ΙΟΥ Λ	ΑΥ Γ	ΣΕ Π	ΕΤΗΣΙ Ο	Μ.Ο	ΜΙ Ν	ΜΑΧ
2004-05	19	35	84	45,6	75	50,1	5,2	59,5	21,4	48,4	109	97,8	650	54,2	5,2	109
2005-06	105	73,2	108	102	69,5	125,2	48,6	38	118,6	81,4	57,2	62	988,7	82,4	38	125,2
2006-07	72,6	68,4	37,5	14,6	32,6	45,4	9,1	98,3	105,9	29,4	88,2	55,4	657,4	54,8	9,1	105,9
Μ.Ο.	65,5	58,9	76,5	54,1	59	73,6	21	65,3	82	53,1	84,8	71,7	765,4	63,8	17,4	113,4
ΜΙΝ	19	35	37,5	14,6	32,6	45,4	5,2	38	21,4	29,4	57,2	55,4	650	54,2	5,2	105,9
ΜΑΧ	105	73,2	108	102	75	125,2	48,6	98,3	118,6	81,4	109	97,8	988,7	82,4	38	125,2
Τυπ. απόκλιση	35,5	17	29,3	36,2	18,8	36,6	19,6	25	43,1	21,5	21,3	18,6	157,9	13,2	14,6	8,5

**Πίνακας 1.6.** Τιμές βροχόπτωσης στον Μετεωρολογικό Σταθμό Αυλή κατά τα έτη 2004-2007 (Κακλής, 2011).

ΕΤΟΣ	ΟΚ Τ	ΝΟ Ε	ΔΕ Κ	ΙΑ Ν	ΦΕ Β	ΜΑ Ρ	ΑΠ Ρ	ΜΑΙ Ο	ΙΟΥ Ν	ΙΟΥ Λ	ΑΥ Γ	ΣΕ Π	ΕΤΗΣΙ Ο	Μ.Ο	ΜΙΝ	ΜΑΧ
2004-05	82,4	62,4	119,6	68,5	95,4	56,3	11,5	71,4	37,2	73,2	139,5	122,3	939,7	78,3	11,5	139,5
2005-06	119,7	81,4	119,7	146,1	116,7	138,5	10,4	55,1	139,3	101,2	77,9	67,6	1173,6	97,8	10,4	146,1
2006-07	112,1	124,8	51,2	22,1	41,2	64,9	4,3	160,4	122,4	47,6	101,1	61,2	952	79,3	22,1	160,4
Μ.Ο.	104,7	89,5	96,8	78,9	84,4	86,6	21,6	95,6	99,6	74	106,2	83,7	1021,8	85,1	14,7	148,7
ΜΙΝ	82,4	62,4	51,2	22,1	41,2	56,3	10,4	55,1	37,2	47,6	77,9	61,2	939,7	78,3	10,4	139,5
ΜΑΧ	119,7	124,8	119,7	146,1	116,7	138,5	43	160,4	139,3	101,2	139,5	122,3	1173,6	97,8	22,1	160,4
Τυπ. απόκλιση	19,7	32	39,5	62,7	38,9	45,2	18,5	56,7	54,7	26,8	31,1	33,6	131,6	11	6,5	10,7

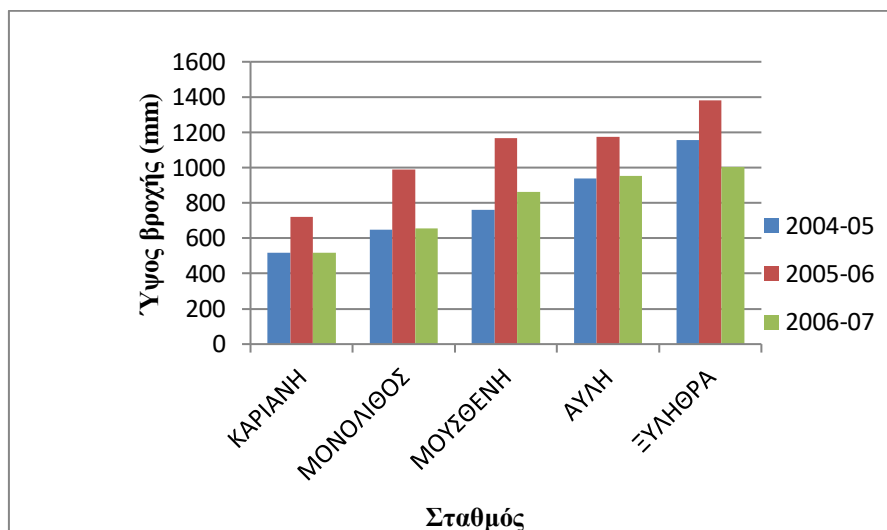
**Πίνακας 1.7.** Τιμές βροχόπτωσης στον Μετεωρολογικό Σταθμό Ξυλήθρα κατά τα έτη 2004-2007 (Κακλής, 2011).

ΕΤΟΣ	ΟΚ Τ	ΝΟ Ε	ΔΕ Κ	ΙΑ Ν	ΦΕ Β	ΜΑ Ρ	ΑΠ Ρ	ΜΑΙ Ο	ΙΟΥ Ν	ΙΟΥ Λ	ΑΥ Γ	ΣΕ Π	ΕΤΗΣΙ Ο	Μ.Ο	ΜΙΝ	ΜΑΧ
2004-05	94	74,5	132,3	84	117	73,2	26	99,4	63,4	81,9	167,2	144,8	1157,7	96,5	26	167,2
2005-06	134	92,9	137,1	159,8	141,3	155	44,2	67,2	167,8	119,2	79,1	82,1	1379,7	115	44,2	167,8
2006-07	111,2	137,8	69,3	24,8	65,9	71,1	62,5	189,2	84,4	25,2	87,2	74,7	1003,3	83,6	24,8	189,2
Μ.Ο.	113,1	101,7	112,9	89,5	108,1	99,8	44,2	118,6	105,2	75,4	111,2	100,5	1180,2	98,4	44,2	118,6
ΜΙΝ	94	74,5	69,3	24,8	65,9	71,1	26	67,2	63,4	25,2	79,1	74,7	1003,3	83,6	24,8	167,2
ΜΑΧ	134	137,8	137,1	159,8	141,3	155	62,5	189,2	167,8	119,2	167,2	144,8	1379,7	115	44,2	189,2
Τυπ. απόκλιση	20,1	32,6	37,8	67,7	38,5	47,8	18,3	63,2	55,2	47,3	48,7	38,5	189,2	15,8	10,9	12,5

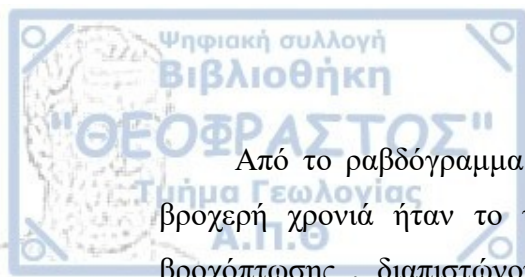
Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι ετήσιες τιμές βροχόπτωσης για τους σταθμούς που προαναφέρθηκαν για την κοινή περίοδο λειτουργίας τους (2004-2007).

**Πίνακας 1.8.** Ετήσια ύψη βροχόπτωσης σε mm κατά τα έτη 2004-2007(Κακλής, 2011).

Σταθμός	Υδρολογικά έτη			Μ.Ο
	2004-05	2005-06	2006-07	
ΚΑΡΙΑΝΗ	519,1	722	516,31	585,8
ΜΟΝΟΛΙΘΟΣ	650	988,7	657,4	765,4
ΜΟΥΣΘΕΝΗ	762,3	1167,1	861,6	930,3
ΑΥΛΗ	939,7	1173,6	952	1021,8
ΞΥΛΗΘΡΑ	1157,7	1379,7	1003,3	1180,2



**Σχήμα 1.8.** Ετήσια ύψη βροχόπτωσης στους σταθμούς της περιοχής έρευνας για τα έτη 2004-2007 (Κακλής,2011)

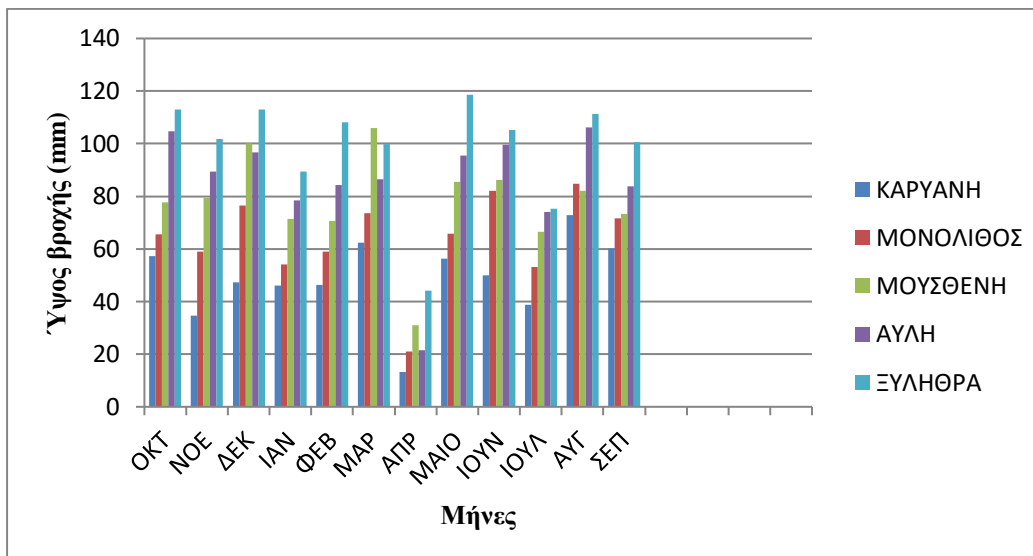


Από το ραβδόγραμμα παρατηρούμε(με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία)ότι η πιο βροχερή χρονιά ήταν το υδρολογικό έτος 2005-2006. Βλέποντας τους πίνακες βροχόπτωσης , διαπιστώνουμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες η περιοχή μελέτης δέχτηκε σημαντικά ύψη βροχής.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης από τους 5 βροχομετρικούς σταθμούς για τα υδρολογικά έτη 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007.

**Πίνακας 1.9.** Μέσα μηνιαία και ετήσια ύψη βροχόπτωσης σε mm κατά τα έτη 2004-2007 για τους 5 βροχομετρικούς σταθμούς (Κακλής,2011)

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΗΣΙΟ
ΚΑΡΙΑΝ Η	57,3	34,7	47,3	46,2	46,3	62,5	13,3	56,2	50	38,8	72,9	60,2	585,8
ΜΟΝΟΛΙ ΘΟΣ	65,5	58,9	76,5	54,1	59	73,6	21	65,9	82	53,1	84,8	71,7	766,4
ΜΟΥΣΘΕ ΝΗ	77,7	79,4	100, 2	71,5	70,7	106	31,1	85,5	86,2	66,5	82,2	73,3	930,3
ΑΥΛΗ	104,7	89,5	96,8	78,5	84,4	86,6	21,6	95,6	99,6	74	106, 2	83,7	1021,8
ΞΥΛΗΘΡ Α	1131, 1	101,7	112, 9	89,5	108,1	99,8	44,2	118,5	105,2	75,4	111, 2	100, 5	1180,2

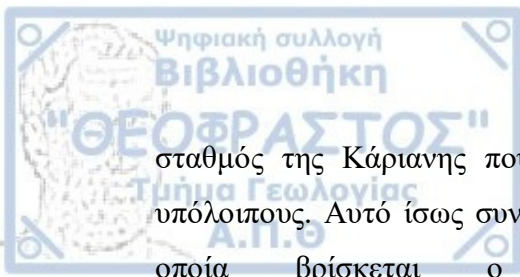


**Σχήμα 1.9.** Μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης (mm) στους σταθμούς της περιοχής για τα έτη 2004-2007 (Κακλής, 2011).

Με βάση τα παραπάνω βροχομετρικά δεδομένων συμπεραίνουμε ότι:

- 1) Το πιο βροχερό υδρολογικό έτος ήταν το 2005-2006, όπου είχαμε αύξηση των κατακρημνησμάτων περίπου 30% σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές
- 2) Το μήνα Απρίλιο παρατηρείται το χαμηλότερο ύψος βροχής σ' όλους τους σταθμούς.
- 3) Οι βροχοπτώσεις είναι κατανεμημένες σ' όλη την περίοδο του έτους.
- 4) Είναι αξιόλογο το ύψος των βροχοπτώσεων που δέχεται η λεκάνη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από τους βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής έγινε προσπάθεια να συσχετιστεί το ύψος βροχής των σταθμών που λειτούργησαν εντός της λεκάνης απορροής με το υψόμετρο τοποθέτησής τους. Την συσχέτιση αυτή έδωσαν μόνο οι σταθμοί που λειτούργησαν εντός της λεκάνης ενώ ο



σταθμός της Κάριανης που ήταν εκτός της λεκάνης δεν συσχετίστηκε με τους υπόλοιπους. Αυτό ίσως συνέβη λόγω της διαφορετικής ορογραφίας της θέσης στην οποία βρίσκεται ο σταθμός από την λεκάνη(Κακλής,2011).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ**

### **3.1 Πιεζομετρία περιοχής**

Η πιεζομετρία στην περιοχή της Πιερίας λεκάνης διερευνήθηκε με διαδοχικές μετρήσεις στάθμης γεώτρησης από το Μάιο του 2005 ως και το Νοέμβριο του 2007. Οι μετρήσεις έγιναν κατά την περίοδο Απρίλιος- Μάιος πριν από την έναρξη της αντλητικής περιόδου και την περίοδο Σεπτέμβριος-Οκτώβριος με την λήξη των αρδεύσεων. Επίσης συλλέχθηκαν τα δεδομένα μετρήσεων που είχαν γίνει κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος 1996 έως και τον Μάιο του 1999 σε 16 γεωτρήσεις και από τον Μάιο του 2000 έως και τον Σεπτέμβριο του 2003 σε 28 γεωτρήσεις από την υπηρεσία ΤΟΕΒ Πιερίας λεκάνης.

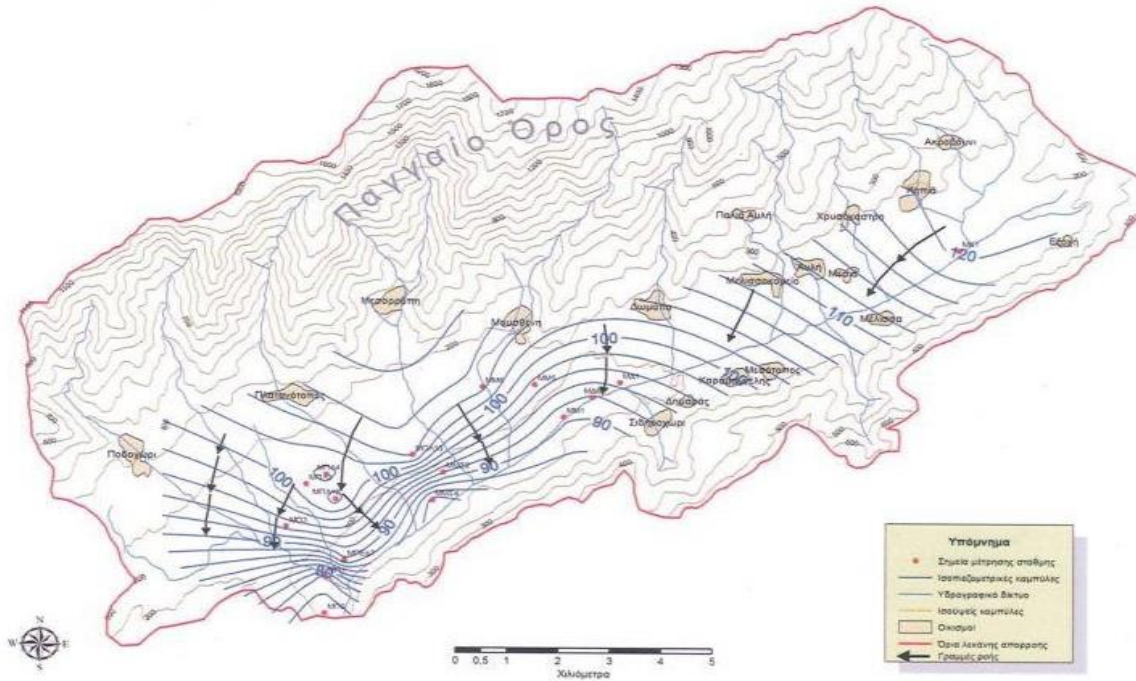
Οι γεωτρήσεις αυτές είναι κατανεμημένες μέσα στα Τεταρτογενή ιζήματα , όπου και εμφανίζεται η κύρια εκδήλωση της υδροφορίας καθώς σ' αυτήν την περιοχή οι ανάγκες σε νερό είναι ιδιαίτερα αυξημένες λόγω των αρδευόμενων εκτάσεων (Κακλής,2011).

#### **3.1.1 Πορεία της πιεζομετρικής επιφάνειας για τα έτη 1996-1997**

Κατά το διάστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα δίκτυο 16 γεωτρήσεων στις οποίες υπήρχαν πιεζόμετρα. Οι γεωτρήσεις αυτές έχουν ανορυχθεί στα Τεταρτογενή ιζήματα στο πεδινό τμήμα της περιοχής έρευνας. Τον Σεπτέμβριο του 1996 οι υδραυλικές κλίσεις υπολογίζονται σε 4% στον Πλατανότοπο , 1,6% στην περιοχή ανάμεσα στις γεωτρήσεις ΜΠΛ10 και ΜΜΣ4 , 6% στην Μουσθένη και 4% στην περιοχή από την γεώτρηση ΜΚ1 μέχρι τα Δωμάτια. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια αύξηση της υδραυλικής κλίσης στην περιοχή του Πλατανότοπου ενώ στις υπόλοιπες περιοχές δεν είχαμε μεταβολές. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι στον Πλατανότοπο κατά την θερινή περίοδο έχουμε αυξημένες ποσότητες άντλησης λόγω των αυξημένων απαιτήσεων σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών.







**Σχήμα 2.7.** Ισοπιεζομετρικές καμπύλες (m) περιόδου Σεπτέμβριος 1997 (Κακλής, 2011)

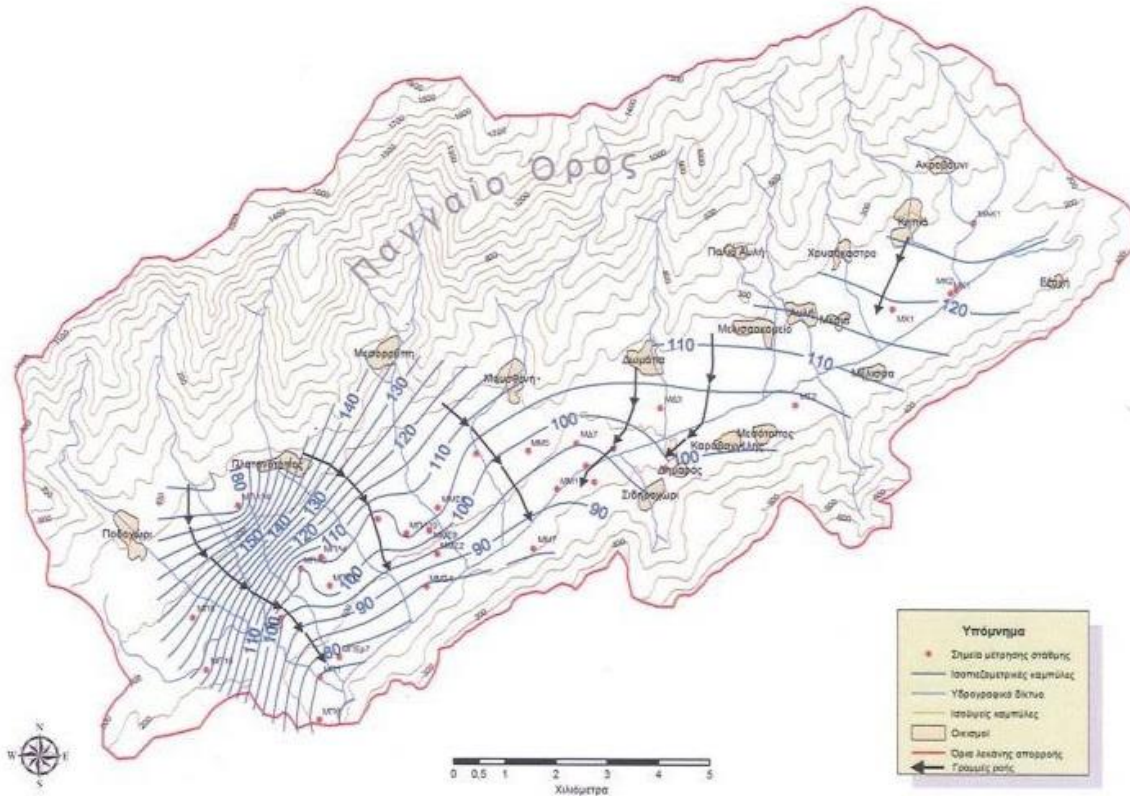
### 3.2 Πορεία της πιεζομετρικής επιφάνειας για το χρονικό διάστημα 2005-2007

Για την χρονική περίοδο από τον Μάιο του 2005 έως και τον Σεπτέμβριο του 2007 έγιναν μετρήσεις στάθμης από το Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του ΑΠΘ. Οι μετρήσεις έγιναν κατά την υγρή και ξηρή περίοδο σε 28 γεωτρήσεις στην Πιέρια λεκάνη.

#### 3.2.1 Πιεζομετρική κατάσταση χειμερινού εξαμήνου 2005-2006

Τον Σεπτέμβριο του 2005 έχουμε αρτεσιανισμό στην γεώτρηση ΜΔ3 παρόλο που οι μετρήσεις έγιναν με την λήξη της αρδευτικής περιόδου και θα περιμέναμε να μην είχαμε εκδήλωση αρτεσιανισμού λόγω της εντατικής άντλησης, το γεγονός είναι πιθανή ένδειξη γρήγορης επανατροφοδοσίας του υδροφορέα σε συνδυασμό και με τις έντονες βροχοπτώσεις που είχαν προηγηθεί κατά την θερινή περίοδο του 2005. Τα μικρότερα βάθη της στάθμης ήταν στην περιοχή των Δωματίων και της Μεσορόπης. Στο Σιδηροχώρι ήταν περίπου στα 2m από την επιφάνεια του εδάφους. Μεγαλύτερα βάθη μετρήθηκαν στον Πλατανότοπο και στο Ποδοχώρι. Στις περιοχές αυτές έχουμε στάθμες με μεγαλύτερα βάθη. Οι τιμές των υδραυλικών κλίσεων για την περίοδο

αυτή είναι 2,3% στον Πλατανότοπο , 5,3% στα Κητιά , στις περιοχές Μεσορρόπη και Μουσθένη οι τιμές παρέμειναν σταθερές .



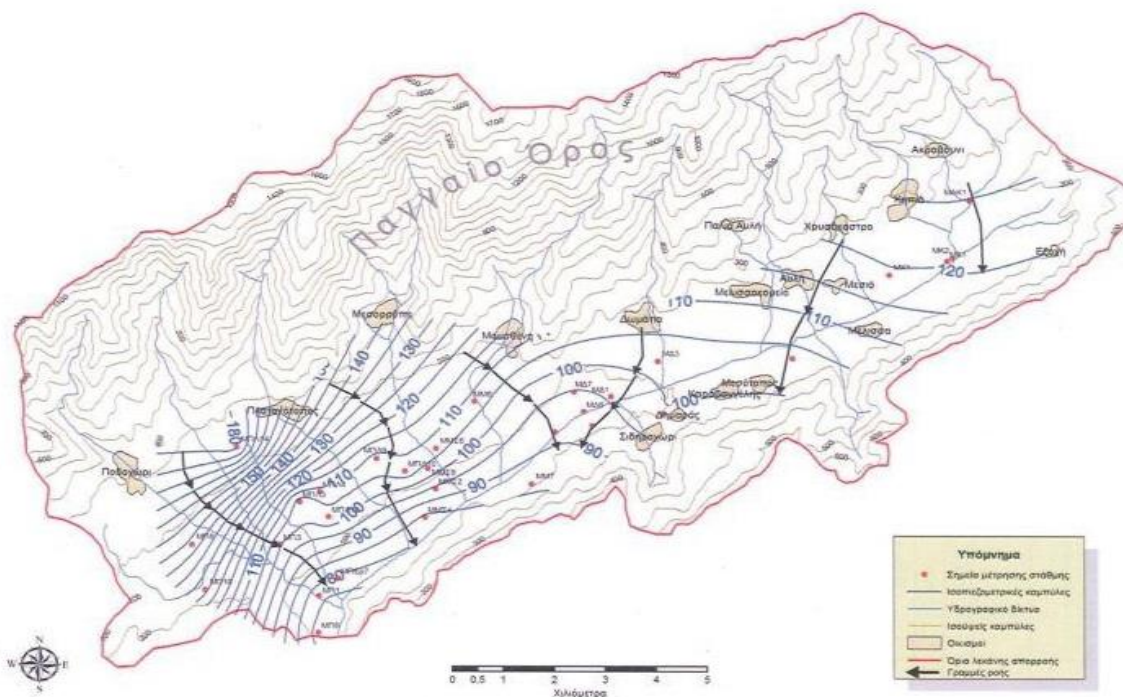
**Σχήμα 2.8.** Ισοπιεζομετρικές καμπύλες (m) περίοδος Σεπτεμβρίου 2005 (Κακλής, 2011)

Για την περίοδο Απρίλιος του 2006 παρατηρούμε ότι στις γεωτρήσεις ΜΔ3, ΜΔ7, ΜΜΣ6, ΜΜΣ9, ΜΠΛ10, ΜΧ1 είχαμε αρτεσιανισμό. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις γεωτρήσεις της περιόδου αυτής οι στάθμες τους ήταν σε μικρό βάθος από την επιφάνεια. Οι γεωτρήσεις αυτές βρίσκονται στο πεδινό τμήμα της περιοχής. Η παρατήρηση αυτή δείχνει πόσο γρήγορη είναι η τροφοδοσία στο τμήμα της περιοχής. Σημαντικό ρόλο σ' αυτό παίζει και η ποσότητα των κατακρημνισμάτων που δέχτηκε η λεκάνη.



### 3.2.2 Πιεζομετρική κατάσταση θερινού εξαμήνου 2005-2006

Τον Σεπτέμβριο του 2006 δεν έχουμε σε καμιά από τις γεωτρήσεις δικτύου μέτρησης αρτεσιανισμό. Το μικρότερο βάθος από την επιφάνεια ήταν στη γεώτρηση ΜΜΣ9 στην περιοχή της Μεσορρόπης. Ενώ το μεγαλύτερο βάθος μετρήθηκε στη γεώτρηση ΜΠΛ14. Το μέγιστο τοπογραφικό υψόμετρο του υδροφορέα ήταν στη γεώτρηση ΜΠΛ14 και το μικρότερο στην γεώτρηση ΜΠ6. Η μέγιστη πτώση στάθμης μετρήθηκε στην γεώτρηση ΜΠΛ14 (23,8 m) γεγονός που καταδεικνύει τον εντατικό ρυθμό των αντλήσεων και την δυσκολία ταχείας επανατροφοδοσίας στην περιοχή. Οι τιμές της υδραυλικής κλίσης για την περιοχή του Πλατανότοπου είναι 2,3% , Μεσορρόπη 7,7% και για το ανατολικό άκρο της λεκάνης 5,3% .



Σχήμα 2.9.Ισοπιεζομετρικές καμπύλες (m) περίοδος Σεπτέμβριος 1996(Κακλής,2011)

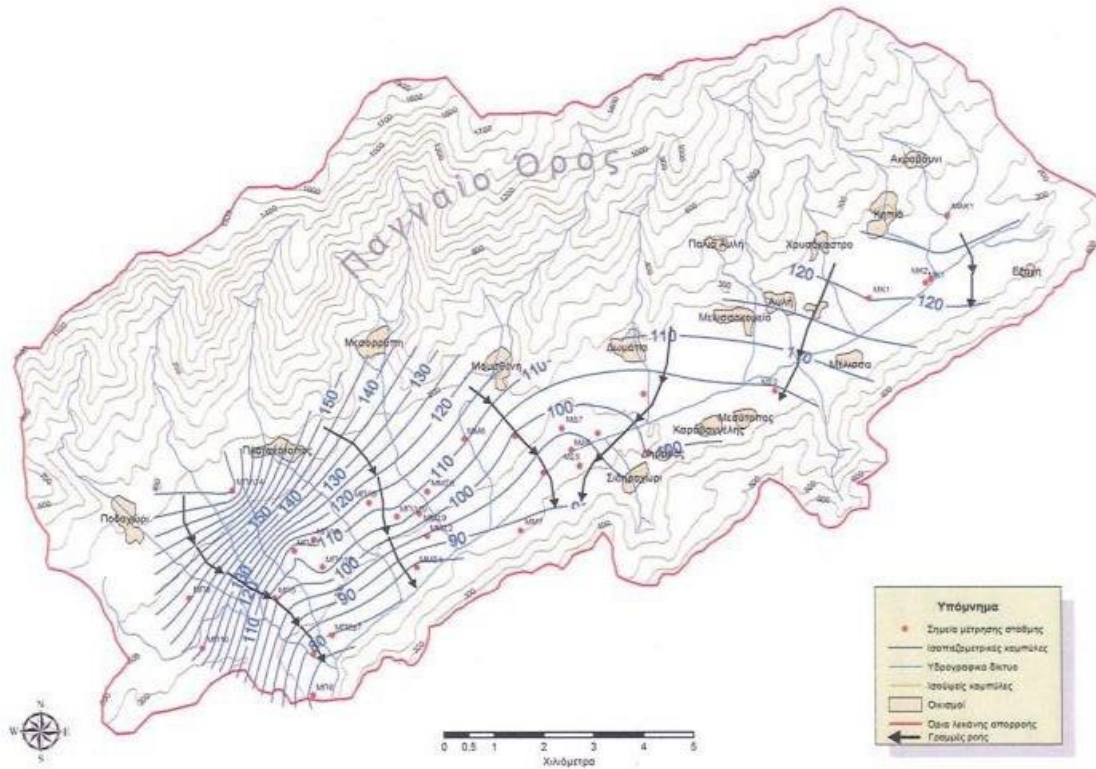
**Πίνακας 2.8.** Διαφορά στάθμης κατά το χειμερινό εξάμηνο του υδρολογικού έτους 2005-2006(Κακλής,2011).

Α/Α	Γεώτρηση	Τοπογραφικό υψόμετρο γεώτρησης (m)	Σεπτέμβριος 2005		Απρίλιος 2006		Διαφορά (m)
			Βάθος Στάθμης (m)	Απολ.Υψόμ. (m)	Βάθος Στάθμης (m)	Απολ.Υψόμ. (m)	
1	ΜΑΚ1	133,8	6,2	127,6	3,5	130,3	2,7
2	ΜΔ3	102,3	0	102,3	0,0	102,3	0,0
3	ΜΔ6	94,7	2,6	92,1	1,0	93,7	1,6
4	ΜΔ7	95,8	0,6	95,2	0,0	95,8	0,6
5	ΜΚ1	123,3	2,6	120,7	1,0	122,3	1,6
6	ΜΚ2	126	2,8	123,2	1,0	125,0	1,8
7	ΜΜ5	105,5	7,3	98,2	5,5	100,0	1,8
8	ΜΜ6	120,1	17,9	102,2	5,8	114,3	12,1
9	ΜΜ7	88,6	2,9	85,7	1,5	87,1	1,4
10	ΜΜΣ2	95,1	1,8	93,3	0,0	95,1	1,8
11	ΜΜΣ4	84,7	0,9	83,8	1,0	83,7	-0,1
12	ΜΜΣ6	108,1	1,2	106,9	0,0	108,1	1,2
13	ΜΜΣ9	106,2	1,9	104,3	0,0	106,2	1,9
14	ΜΠ1	85,4	11,3	74,1	7,0	78,4	4,3
15	ΜΠ3	119,1	23,9	95,2	18,5	100,6	5,4
16	ΜΠ6	79	7,2	71,8	5,6	73,4	1,6
17	ΜΠ8	172,1	24,9	147,2	19,0	153,1	5,9
18	ΜΠ10	167,6	34,8	132,8	32,0	135,6	2,8
19	ΜΠΛ10	110,4	3,2	107,2	0,0	110,4	3,2
20	ΜΠΛ12	122,4	17,2	105,2	14,6	107,8	2,6
21	ΜΠΛ14	220	35,9	184,1	14,0	206,0	21,9
22	ΜΠΛ3	138	39,2	98,8	32,8	105,2	6,4
23	ΜΠΛ9	119,7	18,8	100,9	8,5	111,2	10,3
24	ΜΣ2	107,6	4,2	103,4	2,4	105,2	1,8
25	ΜΣ3	102	2,2	99,8	0,6	101,4	1,6
26	ΜΣ5	95	2,7	92,3	0,5	94,5	2,2
27	ΜΧ1	120,2	0,9	119,3	0,0	120,2	0,9
28	ΜΜ1	94,6	3,2	91,4	0,9	93,8	2,4

### 3.2.3 Πιεζομετρική κατάσταση χειμερινού εξαμήνου 2006-2007

Για τον Απρίλιο του 2007 στον πίνακα 10 βλέπουμε πως το χαμηλότερο βάθος της στάθμης από την επιφάνεια του εδάφους είναι στις γεωτρήσεις ΜΔ7,ΜΜ7,ΜΜΣ6, ΜΧ1. Το μεγαλύτερο βάθος της στάθμης συναντάται στη γεώτρηση ΜΠΛ14 στην περιοχή του Πλατανότοπου στα 33,3 m. Το υψηλότερο απόλυτο υψόμετρο του υδροφορέα είναι στην γεώτρηση ΜΠΛ14 στα 186,7 m , ενώ το χαμηλότερο από την επιφάνεια της θάλασσας είναι στη γεώτρηση ΜΠ6 στη θέση Μονόλιθος στα 73 m. Οι υδραυλικές κλίσεις είναι μεγαλύτερες στο Δυτικό τμήμα ενώ η μεταβολή αυτή γίνεται ομαλότερη προς τα Ανατολικά. Πιο συγκεκριμένα στον

Πλατανότοπο έχουμε 2,4% , στην περιοχή ανατολικά αυτού 1,8%. Καθώς μεταφερόμαστε ανατολικότερα η υδραυλική κλίση μειώνεται συγκεκριμένα στην Μουσθένη είναι 1% , στην περιοχή Μελισσοκομείο-Κηπιά είναι 5,5%. Παρατηρούμε ότι η τροφοδοσία είναι ευκολότερη στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης.

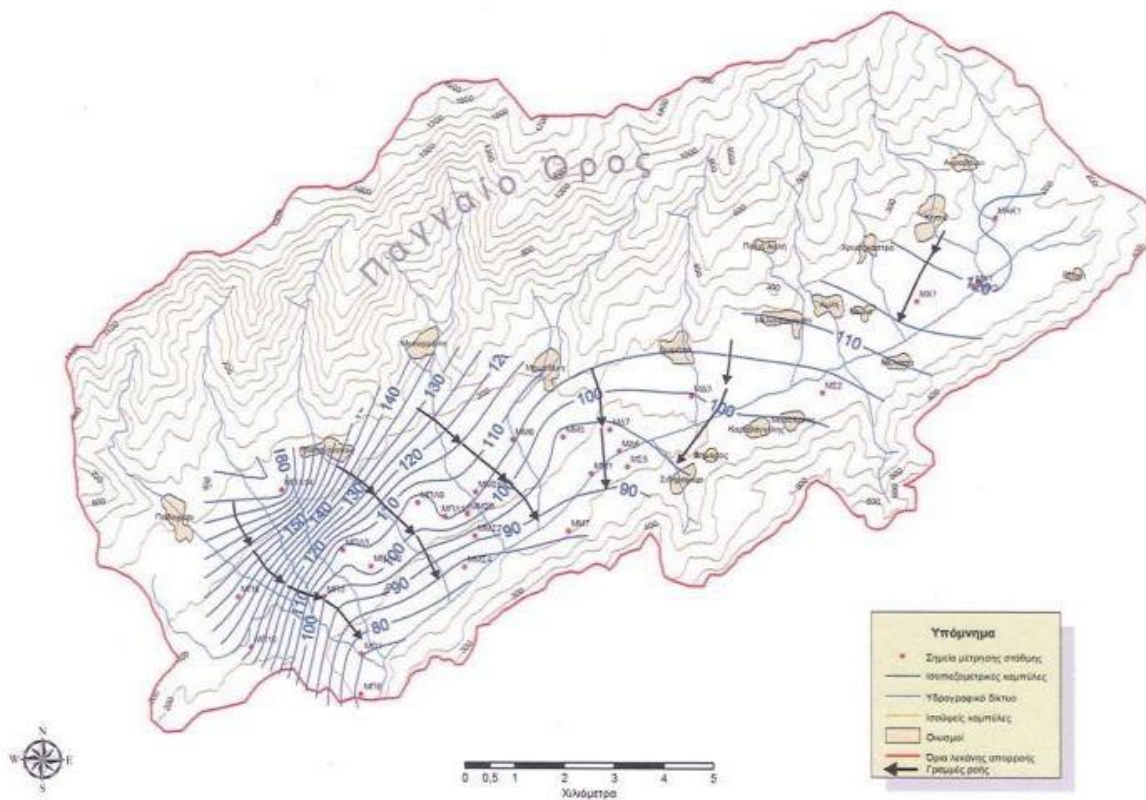


**Σχήμα 2.10.** Ισοπιεζομετρικές καμπύλες (m) περίοδος Απρίλιος 2007 (Κακλής, 2011)



### 3.2.4 Πιεζομετρική κατάσταση θερινού εξαμήνου 2006-2007

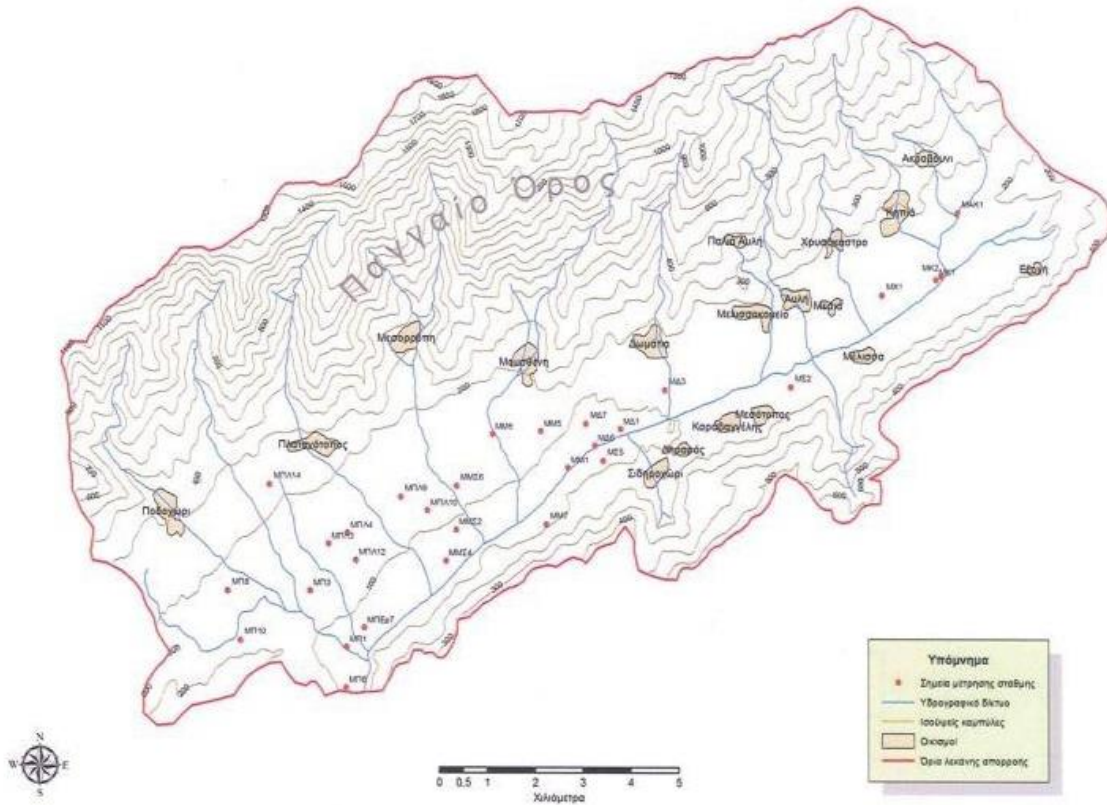
Τον Σεπτέμβριο του 2007 διαπιστώνουμε από τον πίνακα 2.9 ότι δεν έχουμε στις γεωτρήσεις αρτεσιανισμό. Το μικρότερο βάθος της στάθμης από την επιφάνεια είναι στη γεώτρηση ΜΜΣ9 στα 0,8 m και το μεγαλύτερο στην γεώτρηση ΜΠΛ14 στα 37,8 m από την επιφάνεια του εδάφους. Το μέγιστο υψόμετρο είναι στη γεώτρηση ΜΠ6 στα 72,8 m από την επιφάνεια της θάλασσας.



Σχήμα 2.11. Ισοπιεζομετρικές καμπύλες (m) περίοδος Σεπτέμβριος 2007 (Κακλής, 2011)

### 3.2.5 Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού 2008-20014

Για τη μελέτη της διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού του υδροφορέα της Λεκάνης Πιερίας, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από μετρήσεις, που παραχωρήθηκαν από τα αρχεία του ΤΟΕΒ Πιερίας Κοιλιάδος με έδρα Μουσθένη.

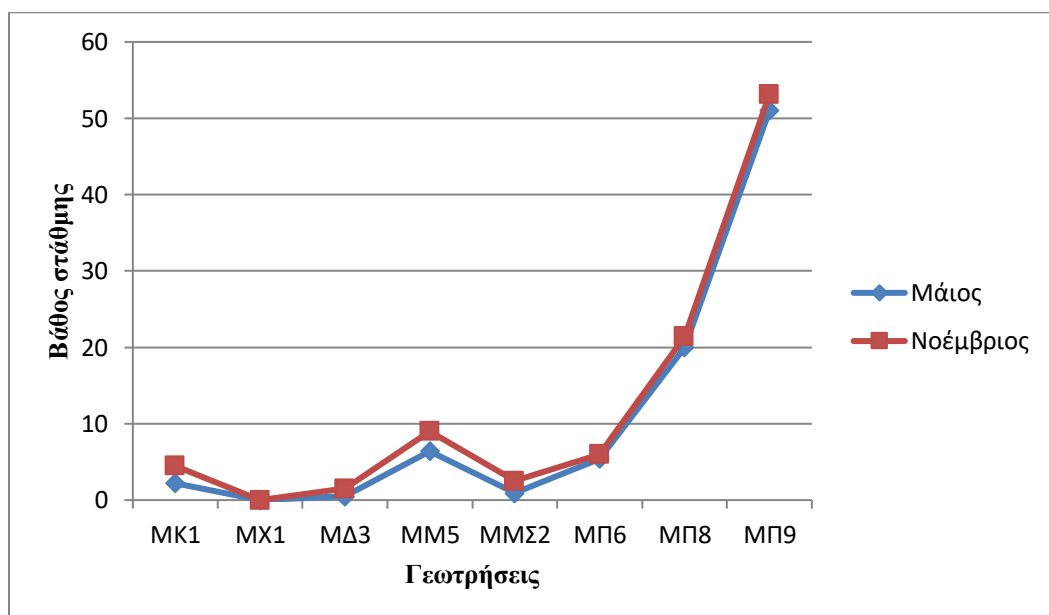


Σχήμα 2: Πιέρια Λεκάνη (Κακλής, 2011)



Πίνακας 2.1.Στάθμες Γεωτρήσεων, ΈΤΟΣ 2008

A/A.T.Θ	Γεώτρηση	Μάιος	Νοέμβριος
1	ΜΚ1	2,2	4,5
2	ΜΧ1	A/R	A/R
3	ΜΔ3	0,5	1,5
4	ΜΜ5	6,4	9
5	ΜΜΣ2	0,9	2,5
6	ΜΠ6	5,4	6
7	ΜΠ8	20	21,4
8	ΜΠ9	51	53,1



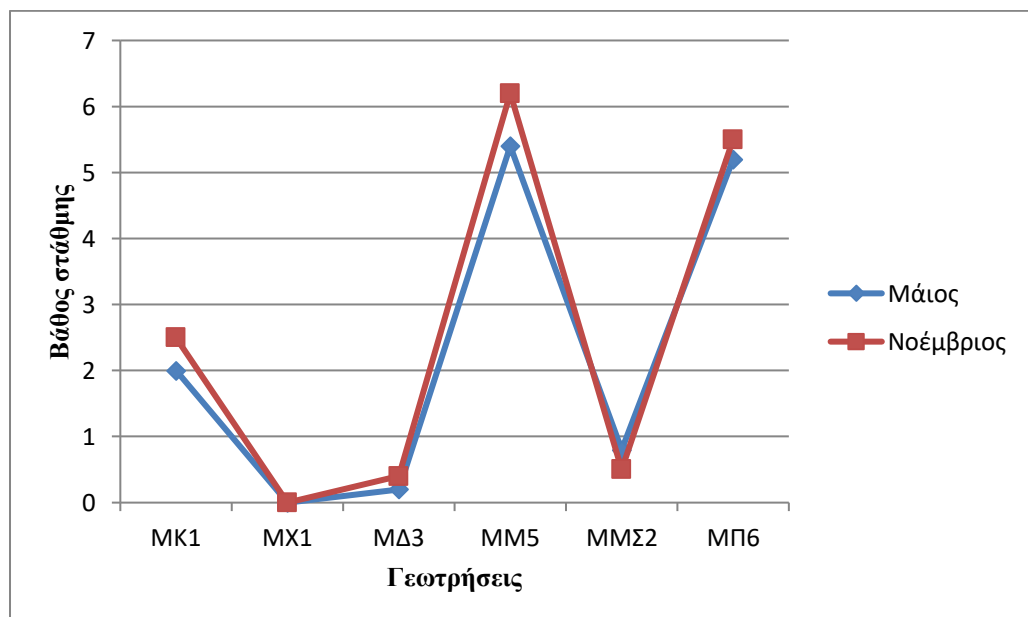
Σχήμα 2.1. Διακύμανση της στάθμης για τους μήνες Μάιο και Νοέμβριο του 2008

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι κατά τους μήνες Μάιο και Νοέμβριο οι καμπύλες που απεικονίζουν τη διακύμανση της στάθμης των γεωτρήσεων δεν παρουσιάζουν κάποια σημαντική διαφορά . Ωστόσο βλέπουμε ότι

κατά την ανοιξιάτικη περίοδο (Μάιο) η στάθμη του νερού στην γεώτρηση ΜΚ1 και ΜΜ5 είναι πιο χαμηλά συγκριτικά με αυτή του φθινοπωρινού μήνα (Νοέμβριο).

**Πίνακας 2.2.** Στάθμες Γεωτρήσεων, ΈΤΟΣ 2009

A/A	Γεώτρηση	Μάιος	Νοέμβριος
1	ΜΚ1	2	2,5
2	ΜΧ1	A/R	A/R
3	ΜΔ3	0,2	0,4
4	ΜΜ5	5,4	6,20
5	ΜΜΣ2	0,8	0,5
6	ΜΠ6	5,2	5,5



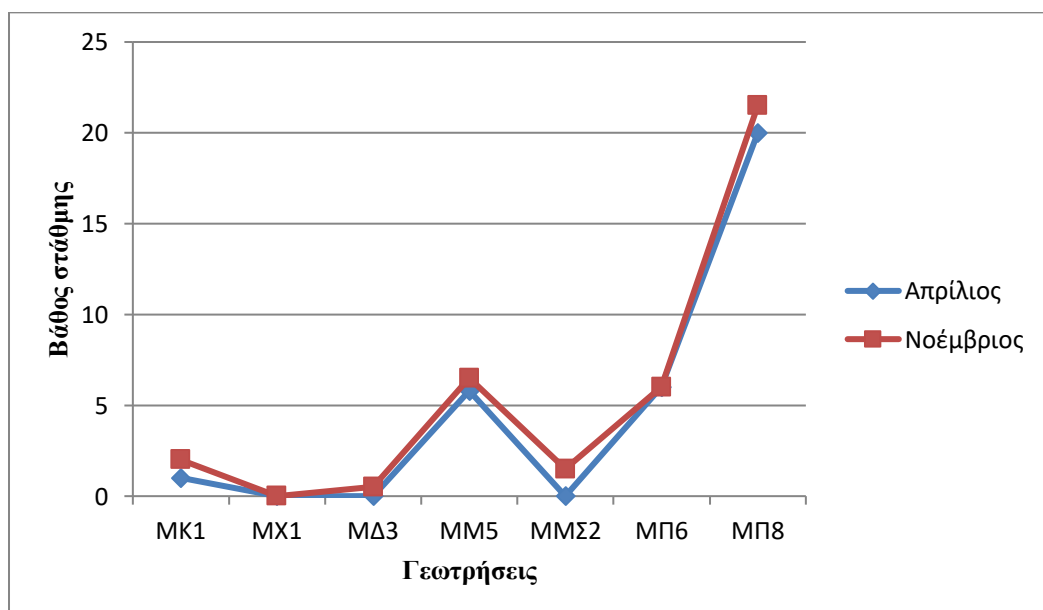
**Σχήμα 2.2.** Διακύμανση της στάθμης για τους μήνες Μάιο και Νοέμβριο του 2009

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι καμπύλες που απεικονίζουν τη διακύμανση της στάθμης του νερού δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους . Ωστόσο βλέπουμε ότι η στάθμη στην γεώτρηση ΜΜ5 κατά την ανοιξιάτικη

περίοδο (Μάιο) είναι πιο χαμηλά συγκριτικά με την φθινοπωρινή περίοδο (Νοέμβριο).

**Πίνακας 2.3.** Στάθμες Γεωτρήσεων, ΈΤΟΣ 2010

A/A	Γεώτρηση	Απρίλιος	Νοέμβριος
1	MK1	1	2
2	MX1	A/R	A/R
3	MΔ3	A/R	0,5
4	MM5	5,8	6,5
5	MMΣ2	A/R	1,5
6	ΜΠ6	6	6
7	ΜΠ8	20	21,5

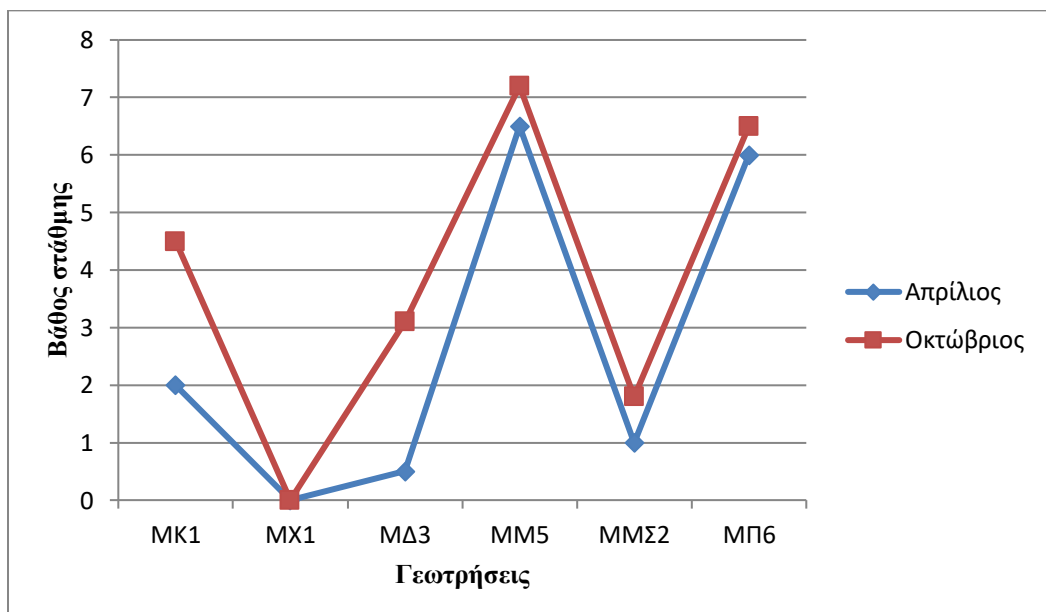


**Σχήμα 2.3.** Διακύμανση της στάθμης για τους μήνες Απρίλιο και Νοέμβριο του 2010

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι καμπύλες που απεικονίζουν τη διακύμανση της στάθμης των γεωτρήσεων δεν παρουσιάζουν σημαντικές αλλαγές μεταξύ τους. Βλέπουμε ότι στην γεώτρηση ΜΚ1 δεν έχουμε ενδείξεις μετρήσεων και για τους δύο ενδεικτικούς μήνες (Απρίλιο, Νοέμβριο).

**Πίνακας 2.4.** Στάθμες Γεωτρήσεων, ΈΤΟΣ 2011

A/A	Γεώτρηση	Απρίλιος	Οκτώβριος
1	ΜΚ1	2	4,5
2	ΜΧ1	A/R	A/R
3	ΜΔ3	0,5	3,1
4	ΜΜ5	6,5	7,2
5	ΜΜΣ2	1	1,8
6	ΜΠ6	6	6,5

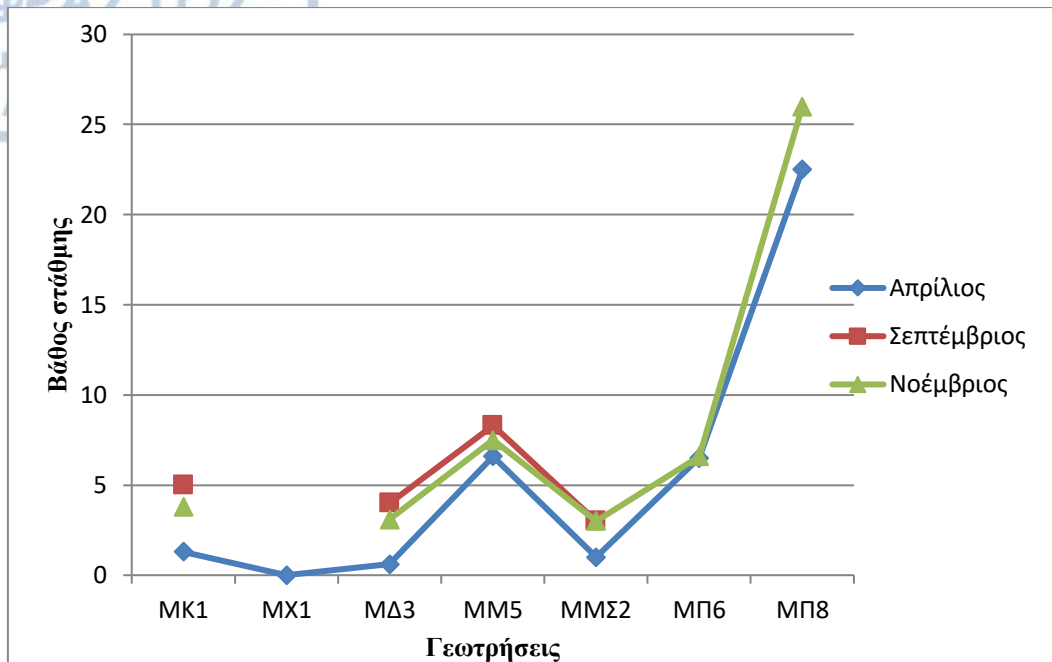


**Σχήμα 2.4.** Διακύμανση στάθμης για τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο του 2011

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι γεωτρήσεις ΜΚ1 και ΜΔ3 παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά την τιμή της στάθμης του νερού . Πιο συγκεκριμένα βλέπουμε ότι κατά τον μήνα Απρίλιο η στάθμη για την γεώτρηση ΜΚ1 είναι σημαντικά πιο χαμηλή από αυτή του Οκτωβρίου . Στη συνέχεια κατά την γεώτρηση ΜΧ1 δεν υπάρχουν ενδείξεις μετρήσεων . Έπειτα παρατηρούμε ότι η στάθμη της γεώτρησης ΜΔ3 για τον μήνα Απρίλιο παρουσιάζει αρχικά σταδιακή αύξηση και έπειτα αυξάνεται ραγδαία. Οι γεωτρήσεις ΜΜ5, ΜΜΣ2, ΜΠ6 κατά τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές .

**Πίνακας 2.5.**Στάθμες Γεωτρήσεων, ΈΤΟΣ 2012

A/A	Γεώτρηση	Απρίλιος	Σεπτέμβριος	Νοέμβριος
1	ΜΚ1	1,3	5	3,8
2	ΜΧ1	Αυτόματη ροή		
3	ΜΔ3	0,6	4	3,1
4	ΜΜ5	6,6	8,3	7,5
5	ΜΜΣ2	1	3	3
6	ΜΠ6	6,5		6,6
7	ΜΠ8	22,5		26

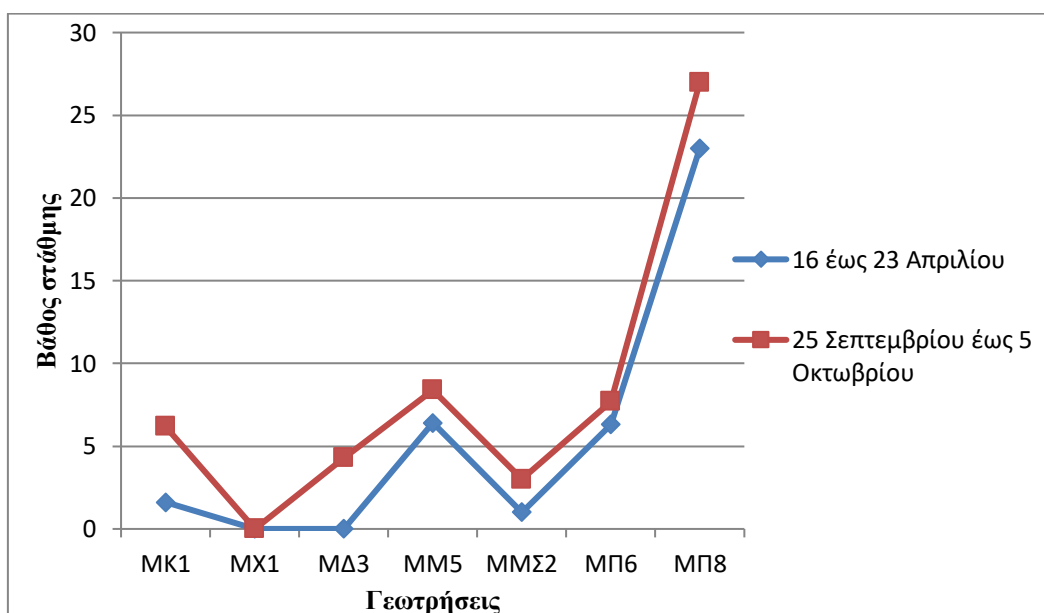


**Σχήμα 2.5.** Διακύμανση στάθμης για τους μήνες Απρίλιο Σεπτέμβριο και Νοέμβριο του 2012

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι κατά τον μήνα Σεπτέμβριο στις γεωτρήσεις MX1, ΜΠ6, ΜΠ8 δεν έχουν ενδείξεις μετρήσεων στάθμης . Οι καμπύλες που απεικονίζουν την διακύμανση στάθμης δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους . Στην γεώτρηση MM5 έχουμε αύξηση της στάθμης τους μήνες αυτούς (Απρίλιος , Σεπτέμβριο, Νοέμβριο).Ωστόσο διαπιστώνουμε ότι οι μετρήσεις για τον μήνα Σεπτέμβριο τελειώνουν στην γεώτρηση MMS2. Στις γεωτρήσεις ΜΠ6 και ΜΠ8 δεν έχουμε ενδείξεις στάθμης για τον μήνα Σεπτέμβριο . Τέλος , παρατηρούμε κατακόρυφη αύξηση της στάθμης του νερού για τις γεωτρήσεις ΜΠ6 και ΜΠ8 κατά τους μήνες Απρίλιο και Νοέμβριο.

Πίνακας 2.6 .Στάθμες Γεωτρήσεων, ΈΤΟΣ 2013

A/A.Θ	Γεώτρηση	16 έως 23 Απριλίου	25 Σεπτεμβρίου έως 5 Οκτωβρίου
1	MK1	1,6	6,2
2	MX1	A/R	Δούλευε
3	MΔ3	A/R	4,3
4	MM5	6,4	8,4
5	MMΣ2	1	3
6	ΜΠ6	6,3	7,7
7	ΜΠ8	23	27



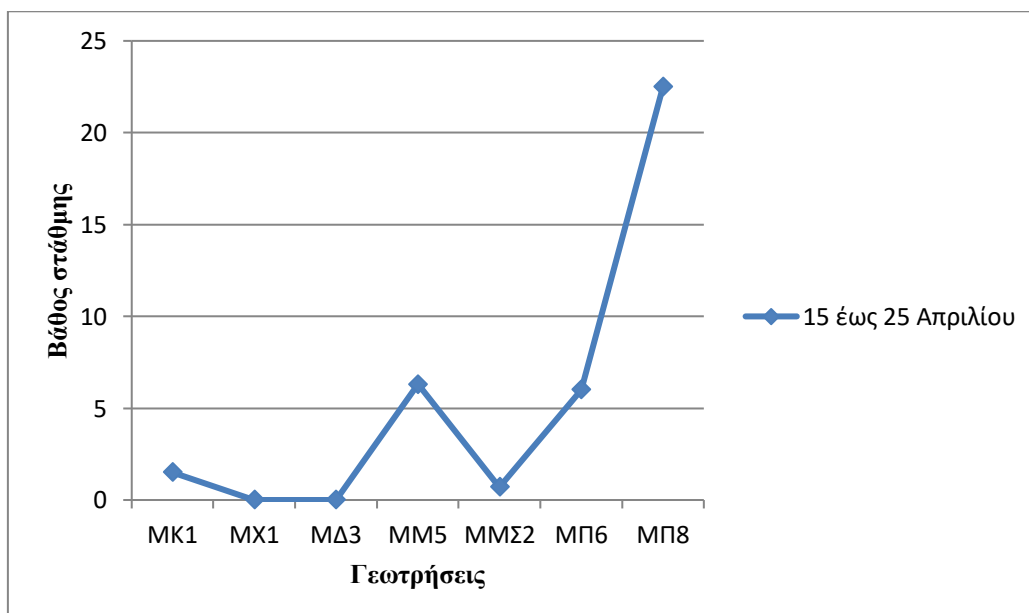
Σχήμα 2.6. Διακύμανση στάθμης για το διάστημα Απριλίου Σεπτεμβρίου και Οκτωβρίου του 2013.

Στο παραπάνω διάγραμμα που παρατηρούμε ότι οι γεωτρήσεις MK1 και MM5 παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με την διακύμανση της στάθμης . Κατά την ανοιξιάτικη περίοδο 16-23 Απριλίου η τιμή της στάθμης είναι πιο χαμηλή συγκριτικά με την φθινοπωρινή περίοδο 25/9-5/10. Επίσης διαπιστώνουμε ότι στις

γεωτρήσεις ΜΠ6 και ΜΠ8 έχουμε αλματώδης αύξηση της στάθμης και για τις δύο περιόδους.

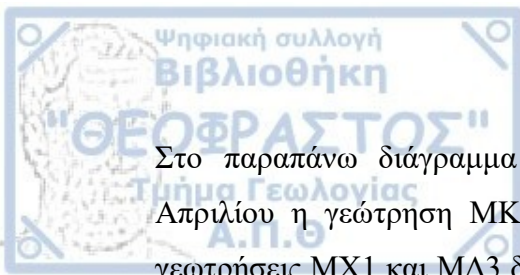
**Πίνακας 2.7 .Στάθμες Γεωτρήσεων, ΈΤΟΣ 2014**

A/A	Γεώτρηση	15 έως 25 Απριλίου
1	ΜΚ1	1,5
2	ΜΧ1	A/R
3	ΜΔ3	A/R
4	ΜΜ5	6,3
5	ΜΜΣ2	0,7
6	ΜΠ6	6
7	ΜΠ8	22,5



**Σχήμα 2.7.** Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού για τον μήνα Απρίλιο του 2014





Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι κατά τα χρονικό διάστημα 15-25 Απριλίου η γεώτρηση ΜΚ1 εμφανίζει τιμή κοντά στο 2. Στην συνέχεια για τις γεωτρήσεις ΜΧ1 και ΜΔ3 δεν υπάρχουν τιμές μετρήσεων . Έπειτα παρατηρούμε μια αυξομείωση της στάθμης του νερού για τις καμπύλες των γεωτρήσεων ΜΜ5 και ΜΜΣ2. Τέλος , για τις γεωτρήσεις ΜΠ6 και ΜΠ8 παρατηρείται ραγδαία αύξηση της στάθμης του νερού.

### 3.3 Εξοπλισμός μετρήσεων

Η μέτρηση των στάθμεων του νερού στις διάφορες γεωτρήσεις της λεκάνης Πιερίας πραγματοποιήθηκε με το σταθμήμετρο. Η συσκευή αυτή μας παρέχει ηχητικό σήμα και οπτική ένδειξη όταν βρει την επιφάνεια του νερού της γεώτρησης.

Ως προς τον τρόπο λειτουργίας, αρχικά κατεβάζουμε μέσα στη γεώτρηση το ειδικά αριθμημένο ανά 1cm καλώδιο. Μόλις αυτό έρθει σε επαφή με το νερό της γεώτρησης το ηλεκτρονικό κύκλωμα μας παρέχει ήχο και φωτεινή ένδειξη. Στη συνέχεια διαβάζουμε τον αριθμό που γράφει το καλώδιο που είναι και η στάθμη της επιφάνειας του νερού της γεώτρησης. Το σταθμήμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των στάθμεων έχει μήκος 250 m.



Εικόνα 3.3.1.Γεώτρηση κατά τη διάρκεια μέτρησης



Εικόνα 3.3.2. Φωτογραφία σταθμήμετρου



Εικόνα 3.3.3. Γεώτρηση ΜΠΑ17

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας που αφορά στη μελέτη της διακύμανσης της στάθμης και την ποιότητα του υπόγειου νερού στην περιοχή της Περίας λεκάνης, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η περιοχή μελέτης ανήκει στην ευρύτερη λεκάνη απορροής του ποταμού Μαρμαρά ενώ γεωτεκτονικά ανήκει στην Ελληνική Ενδοχώρα και πρακτικά στην Μάζα της Ροδόπης.
- Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν διαχώρισαν την μάζα της Ελληνικής Ροδόπης σε δύο τεκτονικές μονάδες: 1) την ανώτερη τεκτονική ενότητα Σιδηρόνερου στα βόρεια κατά μήκος των Ελληνοβουλγάρικων συνόρων και 2) την κατώτερη τεκτονική ενότητα Παγγαίου που καταλαμβάνει τη ΔΝΔ Ροδόπη.
- Η περιοχή καλύπτεται από έναν κατώτερο ορίζοντα ορθογνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες , ένα μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων μεγάλου πάχους και ένα ανώτερο ορίζοντα με εναλλαγές σχιστολίθων και μαρμάρων.
- Τα πεδινά τμήματα της λεκάνης καλύπτονται από νεότερα Τεταρτογενή ιζήματα. Οι ρηξιγενείς αυτές τεκτονικές δομές επηρεάζουν την κατανομή , τον εμπλουτισμό και την ανάπτυξη σε βάθος των υδροφόρων στρωμάτων της λεκάνης .
- Η απόλυτη στάθμη του υπόγειου νερού στην περιοχή μελέτης σε στατικές συνθήκες κυμαίνεται από -5.8m από την επιφάνεια της θάλασσας έως -32,85m στις περισσότερες γεωτρήσεις.
- Από τους πιεζομετρικούς χάρτες φαίνεται ότι η διεύθυνση ροής είναι από Βορρά προς Νότο





ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ. (2009): Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος-Υπόγεια Νερά & Περιβάλλον. Εκδόσεις Τζιόλα

ΚΑΚΛΗΣ Τ. (2011): Υδρογεωλογική μελέτη και μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων Πιερίας λεκάνης του Ν. Καβάλας διδακτορικού προγράμματος του τμήματος γεωλογίας ΑΠΘ

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ. (2010): Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας. Εκδόσεις UniversityStudioPress

ΣΟΥΛΙΟΣ Γ. (2004): Γενική Υδρογεωλογία, Τόμος Γ΄. Εκδόσεις Κυριακίδη

ΥΠΕΚΑ (2013): Σχέδιο Διαχείρισης των λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Μακεδονίας (GR11)

WIKIPEDIA ([http://el.wikipedia.org/wiki/Δήμος\\_Παγγαίου](http://el.wikipedia.org/wiki/Δήμος_Παγγαίου))

Kober (1931): Das alpine Europa und sein Rahmens

Osswald (1938) :Geologies chegeschite von Griechisch-Nordmakedonien

Papanikolaou&Panagopoulos (1981) : On the structural style of the southern Rhodope

Kronberg (1969) :Gliederung, Petrographie und tektognese des Rhodopen – Kristallinsim Tsal Dag , Simvolon und Ost-Pangaon

Δημόπουλος (1978):Περί του σχηματισμού των υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης μεταξύ των ορέων Παγγαίου – Συμβόλου ( Πιερία λεκάνη)

Χατζηπαναγής-Βουγιούκας (2005): Τα μάρμαρα της Ανατολικής Μακεδονίας. Βασικοί παράγοντες που χαρακτηρίζουν την εμπορικότητα τους σαν διακοσμητικά πετρώματα

Ελευθεριάδη & Κορωνάιος (2003) :Geochemistry and Petrogenesis of Post-Collisiono Pangeon Granitoidsin central Makedonia , Nothern Greece

Schenk(1970) :Geologie des westlichen Pangaion in Griechisch-Ostmakedonien

Boneev (1971) :Problems of the Bulgarian geotectonics

Kilias &Mountrakis (1990) : Kinematics of the crystalline sequences in the western Rhodope massif