



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΕΩΤΡΗΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΤΛΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΕΡΑΙΑΣ**

ΚΙΡΛΑΣ ΜΑΡΙΟΣ

A.E.M. 4436

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Κ. ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ, Επίκ. Καθηγητής

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΡΧΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ.....	4
3. ΚΛΙΜΑ.....	8
4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	14
5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	18
6. ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΠΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....	20
7. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ.....	25
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	39
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	42

Πρόλογος

Στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, μου ανατέθηκε η παρακολούθηση δύο υδρογεωτρήσεων, από την ανόρυξη τους μέχρι τη φάση των δοκιμαστικών αντλήσεων. Οι γεωτρήσεις αυτές T174 και T175 κατασκευάστηκαν για να καλύψουν τις υδρευτικές ανάγκες του Δ.Δ. Περαίας και έγιναν σε συνεργασία με το τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κώστα Βουδούρη, Επίκουρο καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ., που μου ανέθεσε το συγκεκριμένο θέμα δίνοντας μου τις απαραίτητες πληροφορίες και κατευθύνσεις για να φέρω σε πέρας τη διπλωματική μου εργασία. Επιπλέον θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την άψογη συνεργασία μας και την στήριξη που μου προσέφερε όλο αυτό τον καιρό, κατά την διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας και όχι μόνο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Νερατζή Καζάκη για την αμέριστη βοήθεια που μου έδωσε και τον προσωπικό χρόνο που διέθεσε, την άψογη συνεργασία μας στο ύπαιθρο και την καθοδήγηση του σε όλη τη φάση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την M.Sc Γεωλογίας κ. Κασάπη Νατάσσα για την βοήθεια και συνεργασία μας στο ύπαιθρο κατά την διάρκεια της ανόρυξης των γεωτρήσεων, αλλά και για την παραχώρηση φωτογραφικού υλικού από τις γεωτρήσεις που χρησιμοποιήθηκε στην διπλωματική μου εργασία.

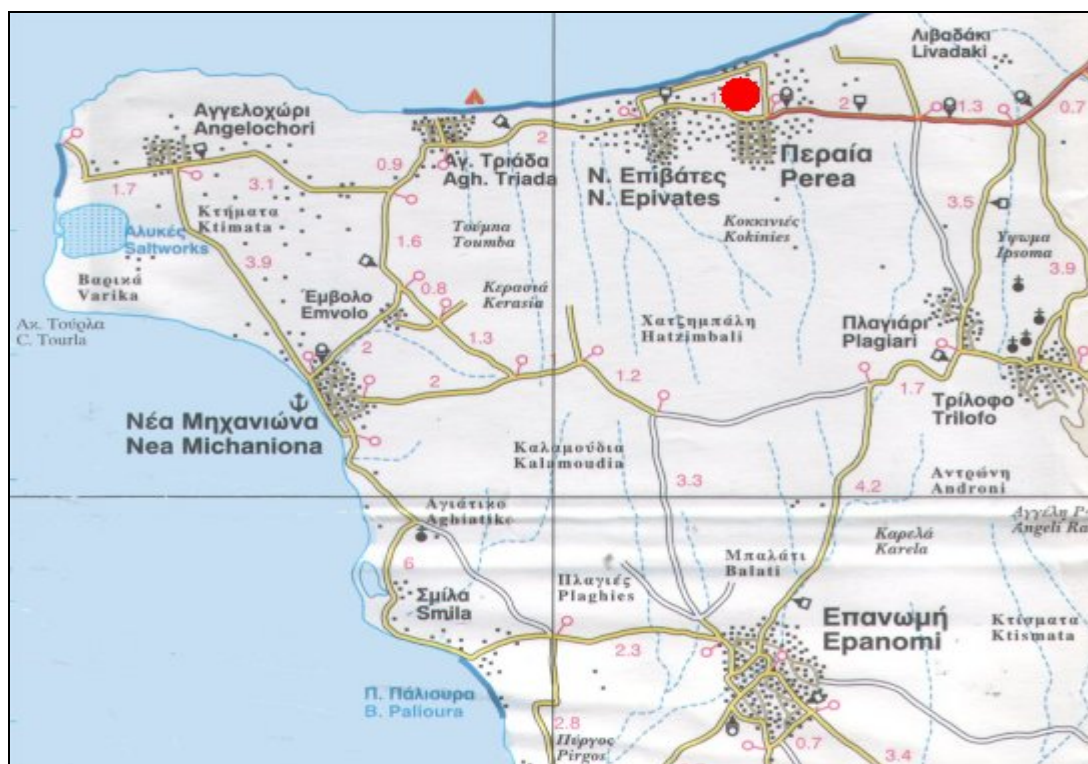
Αναλυτικά στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω εργασίες:

- Παρακολούθηση της ανόρυξης των γεωτρήσεων T174 και T175 στην περιοχή της Περαίας.
- Συμμετοχή και συλλογή δεδομένων κατά διαδικασία των δοκιμαστικών αντλήσεων στις γεωτρήσεις T174 και T175 και στην διαδικασία της επαναφοράς της στάθμης στην γεώτρηση T175.
- Περιγραφή των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από τις γεωτρήσεις για την κατασκευή των λιθολογικών τομών.
- Αξιοποίηση των πρωτογενών δεδομένων που συλλέχθηκαν και αξιοποίησή τους με το πρόγραμμα Aquifer Test, για τον προσδιορισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών των υδροφορέων.

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΡΧΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ

2.1 Γεωγραφική Θέση

Η Δημοτική Ενότητα Περαιάς βρίσκεται στον Νομό Θεσσαλονίκης και εντοπίζεται στο ανατολικό περιθώριο του κόλπου της Θεσσαλονίκης. Σύμφωνα με το νόμο ‘Καλλικράτη’ ανήκει στο νέο Δήμο Θερμαϊκού και αποτελεί την έδρα του δήμου Θερμαϊκού (Σχήμα 2.1).



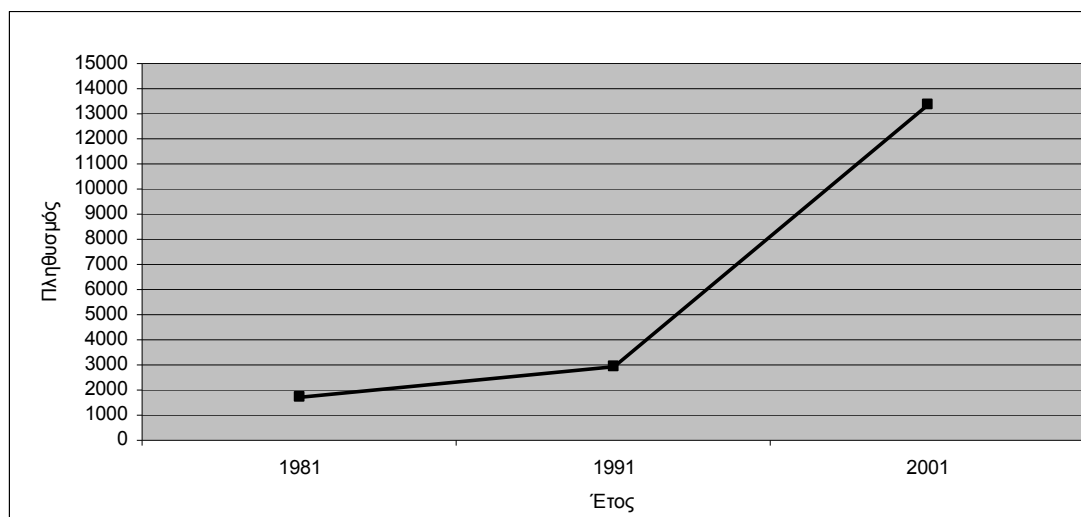
Σχήμα 2.1: Δ.Ε. Περαιάς

2.2 Πληθυσμιακά στοιχεία

Ο πληθυσμός του Δήμου Θερμαϊκού προκύπτει σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ) (Πίνακας 2.1). Ο μόνιμος πληθυσμός δείχνει μια αυξητική τάση, λόγω της μεγάλης αστικοποίησης που παρατηρείται στην περιοχή την τελευταία δεκαετία (Σχήμα 2.2).

Πίνακας 2.1: Διαχρονική εξέλιξη του πληθυσμού του Δ.Δ. Περαίας (Πηγή: ΕΣΥΕ)

Δημοτικό Διαμέρισμα	Πληθυσμός 1981	Πληθυσμός 1991	Πληθυσμός 2001
Περαίας	1709	2949	13354



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα με πληθυσμιακά στοιχεία του Δήμου Θερμαϊκού

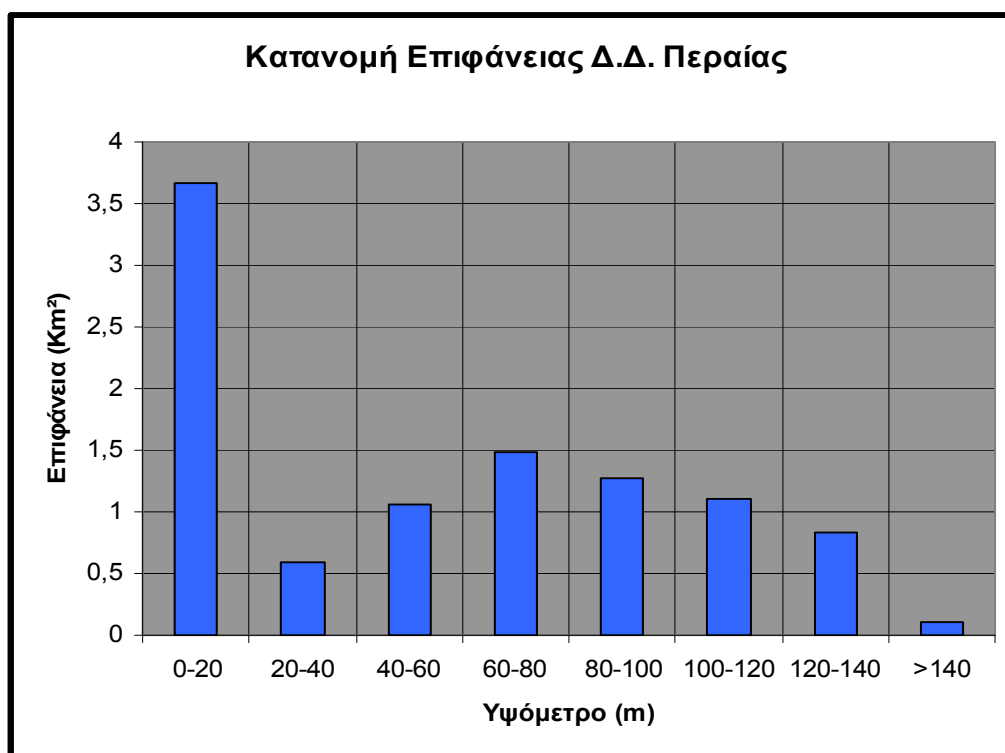
2.3 Γεωμορφολογία

Σύμφωνα με τον μορφολογικό χάρτη, το Δ.Δ. Περαίας βρίσκεται σε υψόμετρα από 0-152 m, με τα μεγαλύτερα υψόμετρα να παρατηρούνται, από ανατολικά προς τα δυτικά, στη θέση Ζαγόρι Τούμπα (152 m) και στη θέση Τούμπα Αγίας Τριάδας (113 m). Η παραλιακή ζώνη που οριοθετείται από τον κεντρικό δρόμο Θεσσαλονίκης – Περαίας – Αγίας Τριάδας, είναι πεδινή και το πλάτος της μειώνεται από τις κεραίες της ET-3 (2 χιλιόμετρα) προς την Αγία Τριάδα (λίγα μέτρα). Τα τελευταία χρόνια η παραλιακή ζώνη έχει αστικοποιηθεί σε μεγάλο ποσοστό.

Νοτιότερα της παραλιακής ζώνης, παρατηρείται απότομη αύξηση των υψομέτρων, ως αποτέλεσμα της δράσης της τεκτονικής και της μεταβολής στη σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών. Η κατανομή της επιφάνειας στα διάφορα υψόμετρα φαίνεται στον Πίνακα 2.2, καθώς και στο Σχήμα 2.3

Πίνακας 2.2: Κατανομή της επιφάνειας του Δ.Δ. Περαίας

Ισοϋψείς (m)	Επιφάνεια (Km ²)	Επιφάνεια (%)	Αθροιστική επιφάνεια (%)
0-20	3,66	36,2	36,2
20-40	0,59	5,8	42,0
40-60	1,06	10,5	52,5
60-80	1,48	14,7	67,2
80-100	1,27	12,6	79,8
100-120	1,1	10,9	90,7
120-140	0,84	8,3	99,0
>140	0,1	1,0	100,0

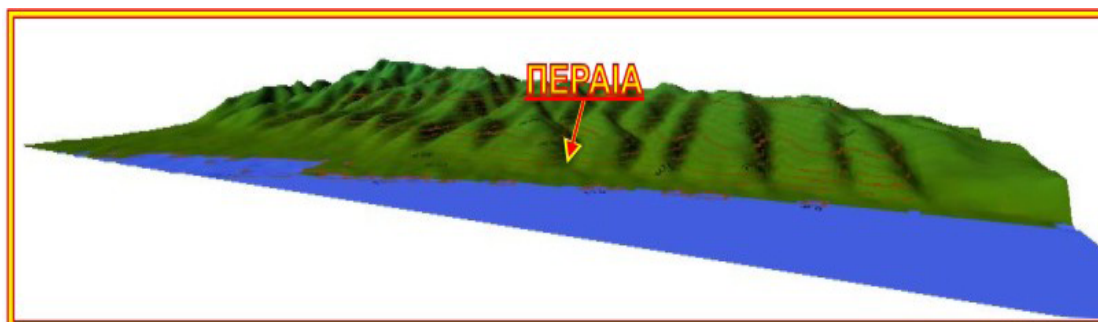


Σχήμα 2.3: Κατανομή Επιφάνειας Δ.Δ. Περαίας

2.4 Υδρολογία

Στην ευρύτερη περιοχή το υδρογραφικό δίκτυο είναι μέτρια ανεπτυγμένο και χαρακτηρίζεται ως δενδριτικής μορφής εκβάλλοντας στον κόλπο της Θεσσαλονίκης (Σχήμα 2.4). Τα κυριότερα ρέματα είναι: το ρέμα της Περαιάς, το πρώτο και δεύτερο ρέμα Νέων Επιβατών, το ρέμα Δένδρα, το Βούζια Λάκος και άλλα μικρότερα ρέματα. Οι κλίσεις των πρανών των ρεμάτων έχουν τιμές από 10° έως και περισσότερο από 55°, με αποτέλεσμα την δημιουργία κατακόρυφων πρανών με ύψη που φθάνουν έως και τα 5 m.

Οι παροχές των χειμάρρων είναι σχετικά μικρές, εξαιτίας της παρουσίας στην περιοχή διαπερατών και ημι-διαπερατών πετρωμάτων καθώς και του σχετικά χαμηλού ύψους βροχόπτωσης. Έτσι επιφανειακές απορροές παρατηρούνται μόνο μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Παρόλα αυτά έχουμε έντονο το φαινόμενο της διαβρωτικής δράσης των επιφανειακών νερών στις κοίτες των ρεμάτων, εξαιτίας της επιδεκτικότητας στην διάβρωση των γεωλογικών σχηματισμών που δομούν την περιοχή.



Σχήμα 2.4: Τρισδιάστατος χάρτης της ευρύτερης περιοχής

3. ΚΛΙΜΑ

3.1 Βροχόπτωση – Θερμοκρασία

Στο Δ.Δ. Περαίας έχουν εγκατασταθεί δύο αθροιστικά βροχόμετρα, τα οποία μετρούν την βροχόπτωση. Εξαιτίας της ανομοιόμορφης κατανομής της βροχόπτωσης, το ένα βροχόμετρο έχει τοποθετηθεί στην παραλία της Περαίας (Πίνακας 2.3) και το δεύτερο στην Άνω Περαία σε υψόμετρο 70 m.

Πίνακας 3.1: Μηνιαία βροχόπτωση (σε mm) στον σταθμό καταγραφής

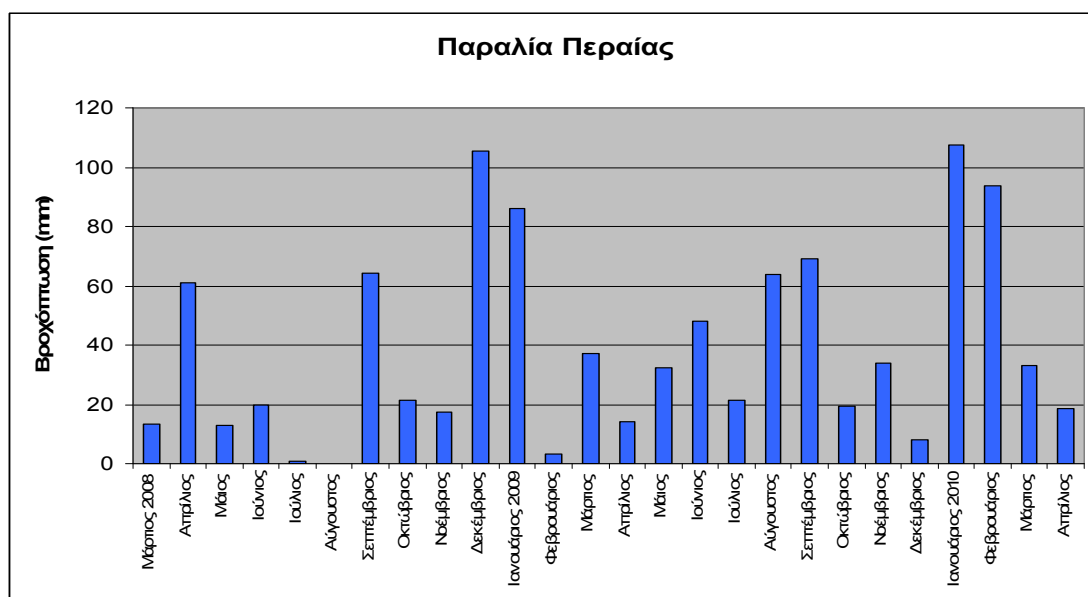
Έτος – Μήνας	Παραλία Περαίας
2008	
Μάρτιος	13,2
Απρίλιος	61
Μάιος	13
Ιούνιος	19,8
Ιούλιος	0,9
Αύγουστος	0
Σεπτέμβριος	64,3
Οκτώβριος	21,5
Νοέμβριος	17,5
Δεκέμβριος	105,5
2009	
Ιανουάριος	86
Φεβρουάριος	3,2
Μάρτιος	37
Απρίλιος	14
Μάιος	32,5
Ιούνιος	48
Ιούλιος	21,4
Αύγουστος	64
Σεπτέμβριος	69
Οκτώβριος	19,5
Νοέμβριος	34,1
Δεκέμβριος	8,2
2010	
Ιανουάριος	107,4
Φεβρουάριος	93,8
Μάρτιος	33,1
Απρίλιος	18,5

Οι συντεταγμένες του αθροιστικού βροχόμετρου στην Παραλία Περαιάς είναι:

$X = 40\ 30\ 1,8\ N$

$Y = 22\ 53\ 36,6\ E$

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι το υδρολογικό έτος 2007 – 08 ήταν ξηρό, ενώ το έτος 2008 – 09 είχαμε αύξηση των βροχοπτώσεων τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Επίσης το υδρολογικό έτος 2009 – 10 ήταν πολύ υγρό με αυξημένες βροχοπτώσεις τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο.



Σχήμα 3.1: Διακύμανση των μηνιαίων βροχοπτώσεων στον σταθμό Παραλία Περαιάς

Η μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση που καταγράφηκε στον σταθμό της Παραλίας Περαιάς είναι τον Ιανουάριο του 2010 όπου ήταν ίση με 107,7 mm (Σχήμα 3.1).

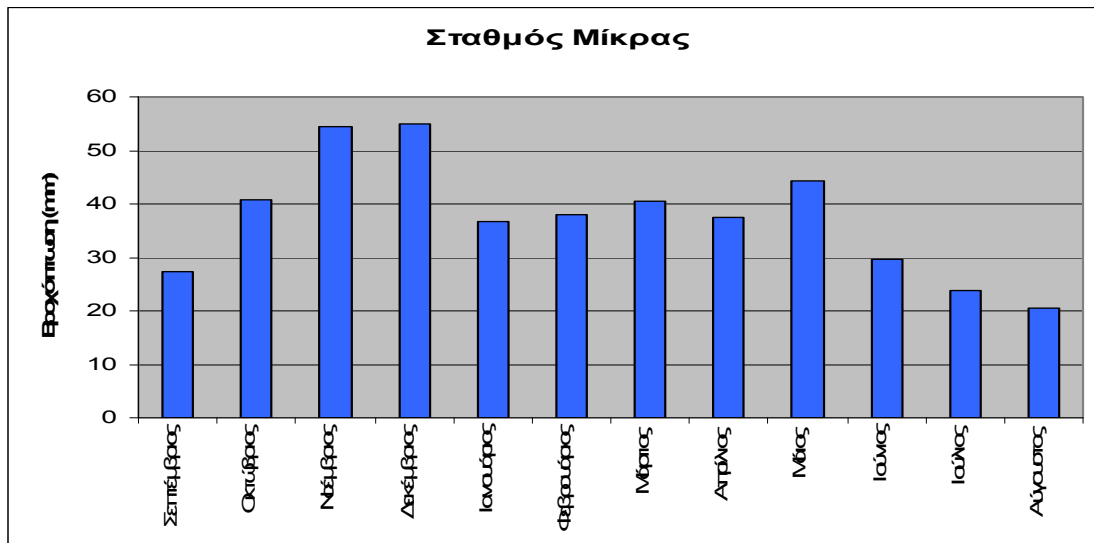
Επίσης για την έρευνα αξιοποιήθηκαν και τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Μίκρας (ΕΜΥ). Τα στοιχεία αφορούν την περίοδο 1959 – 97 (Πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.2: Μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού Μίκρας για την περίοδο 1959 - 1997 (στοιχεία EMY)

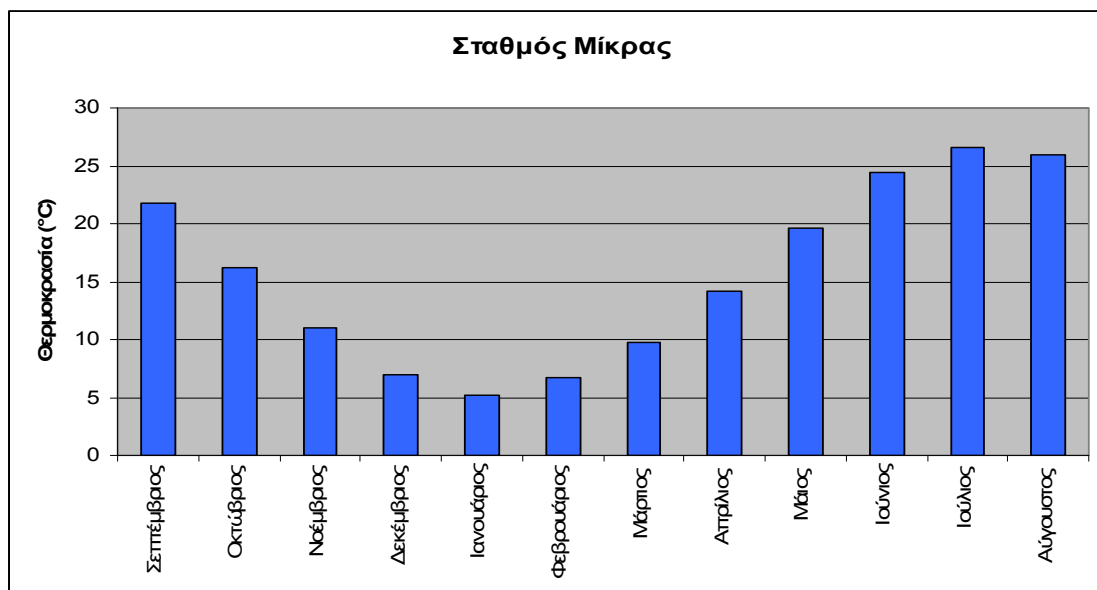
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΙΚΡΑΣ (ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1959 – 1997)			
Γεωγραφικό Πλάτος: 40° 31' - Γεωγραφικό Μήκος: 22° 58' - Υψόμετρο 4 m - Ύψος ανεμομέτρου 6 m			
ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ Μέσες Μηνιαίες	Σχετική Υγρασία %	ΥΕΤΟΣ Μέσο ύψος σε mm
Σεπτέμβριος	21,8	62	27,4
Οκτώβριος	16,2	70,2	40,8
Νοέμβριος	11	76,8	54,4
Δεκέμβριος	6,9	78	54,9
Ιανουάριος	5,2	76,1	36,8
Φεβρουάριος	6,7	73	38
Μάρτιος	9,7	72,4	40,6
Απρίλιος	14,2	67,8	37,5
Μάιος	19,6	63,8	44,4
Ιούνιος	24,4	55,9	29,6
Ιούλιος	26,6	53,2	23,9
Αύγουστος	26	55,3	20,4
Έτος	15,7	67,0	448,7
Παρατηρήσεις: Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία 42,0 °C σημειώθηκε στις 07-07-1988. Η απόλυτη ελάχιστη -14 °C σημειώθηκε στις 26-01-1963. Το μέγιστο ύψος υετού 24ώρου 84,7 mm σημειώθηκε στις 24-11-1985.			

Από τις παρατηρήσεις προκύπτει ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή για την περίοδο 1959 – 1997 είναι 448,7 mm. Ο Δεκέμβριος αποτελεί τον μήνα με την μεγαλύτερη βροχόπτωση και ακολουθεί ο Νοέμβριος. Από την άλλη πλευρά οι μήνες με την μεγαλύτερη ξηρασία είναι ο Αύγουστος και ο Ιούλιος.

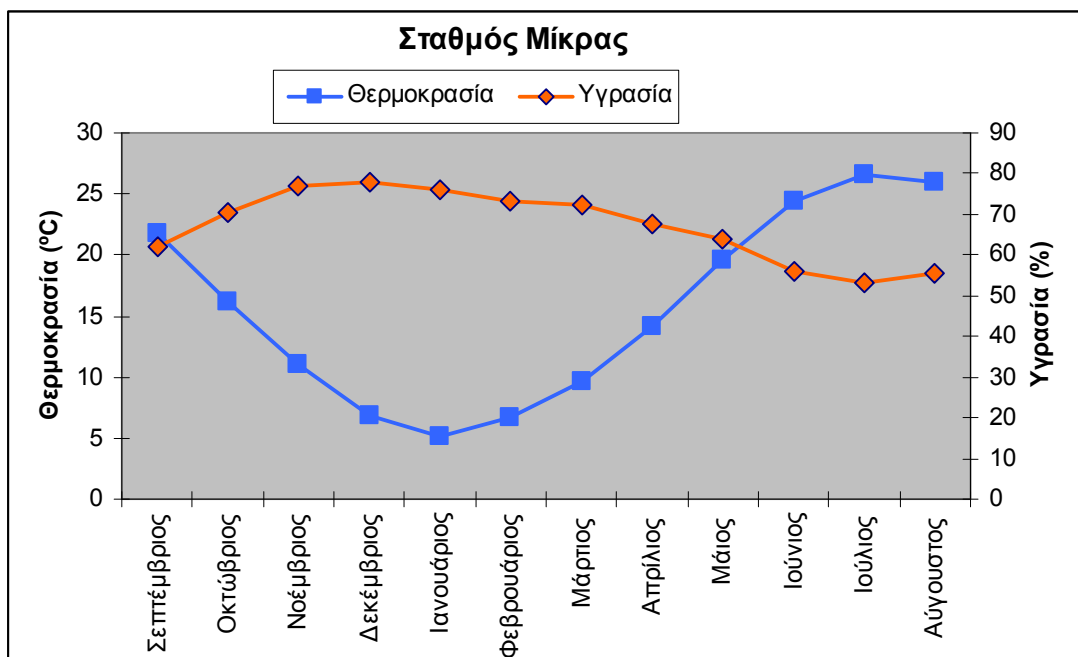
Στην συνέχεια ακολουθούν πίνακες με την μέση μηνιαία βροχόπτωση και την μέση μηνιαία θερμοκρασία στο σταθμό της Μίκρας (EMY, 1959 – 1997) (Σχήμα 3.2 έως Σχήμα 3.6).



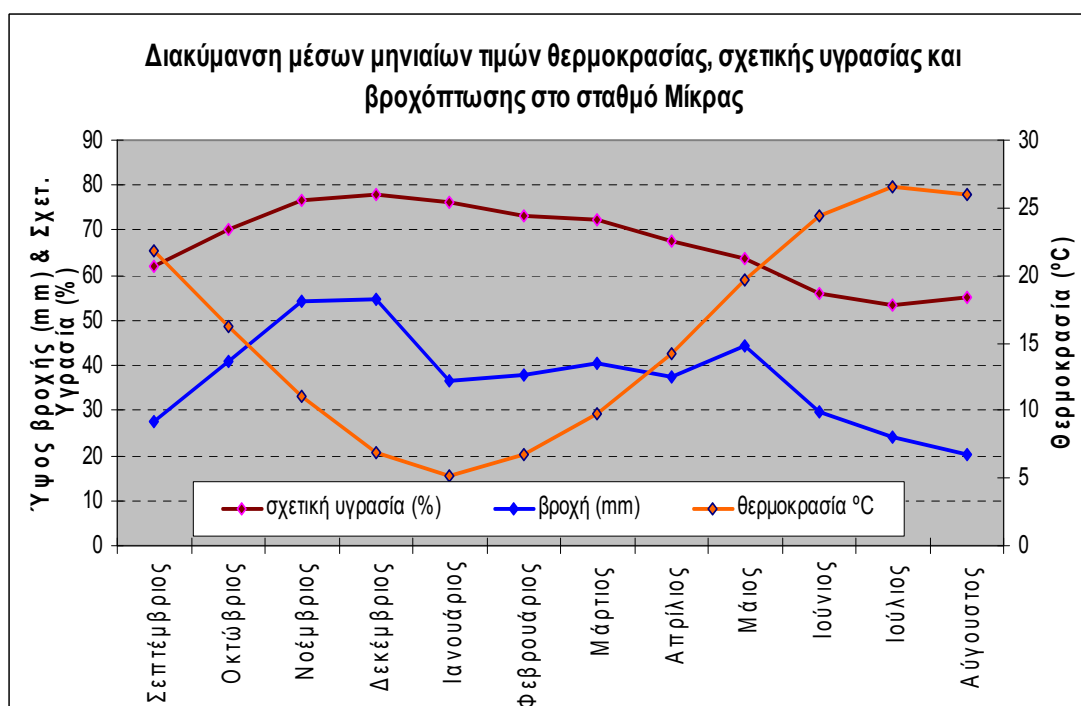
Σχήμα 3.2: Μέση μηνιαία βροχόπτωση στον σταθμό Μίκρας



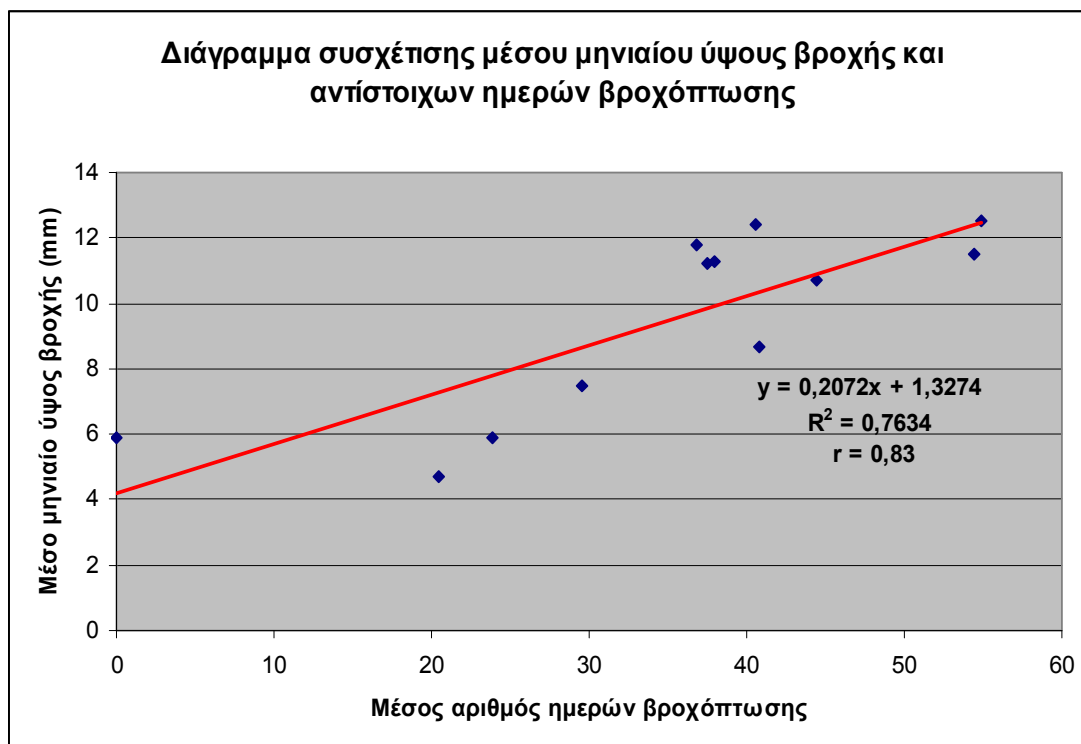
Σχήμα 3.3: Μέση μηνιαία θερμοκρασία στον σταθμό Μίκρας



Σχήμα 3.4: Μηνιαία θερμοκρασία και υγρασία στο σταθμό Μίκρας (EMY, 1959-1997)



Σχήμα 3.5: Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm), υγρασία (%) και θερμοκρασία (°C) στο σταθμό Μίκρας (EMY, 1959-1997)



Σχήμα 3.6: Διάγραμμα συσχέτισης μέσου μηνιαίου ύψους βροχής και αντίστοιχων ημερών βροχόπτωσης στο σταθμό Μίκρας

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, εφαρμόστηκε μία από τις πιο κατάλληλες και αξιόπιστες μεθόδους, η μέθοδος Thornthwaite (Thornthwaite & Mather, 1957). Για τον σταθμό της Παραλίας Περαίας, ο συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ανέρχεται σε 82,7 % του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης. (Βουδούρης, 2010).

4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

4.1 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης εντάσσεται από γεωλογικής άποψης στη γεωτεκτονική ζώνη Αξιού, στην υποζώνη Παιονίας. Αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους, μεσοζωικής ηλικίας. Όλη η υπόλοιπη περιοχή αποτελείται κυρίως από νεότερα ιζήματα που αποτέθηκαν κατά το Νεογενές – Τεταρτογενές (Σχήμα 4.1).

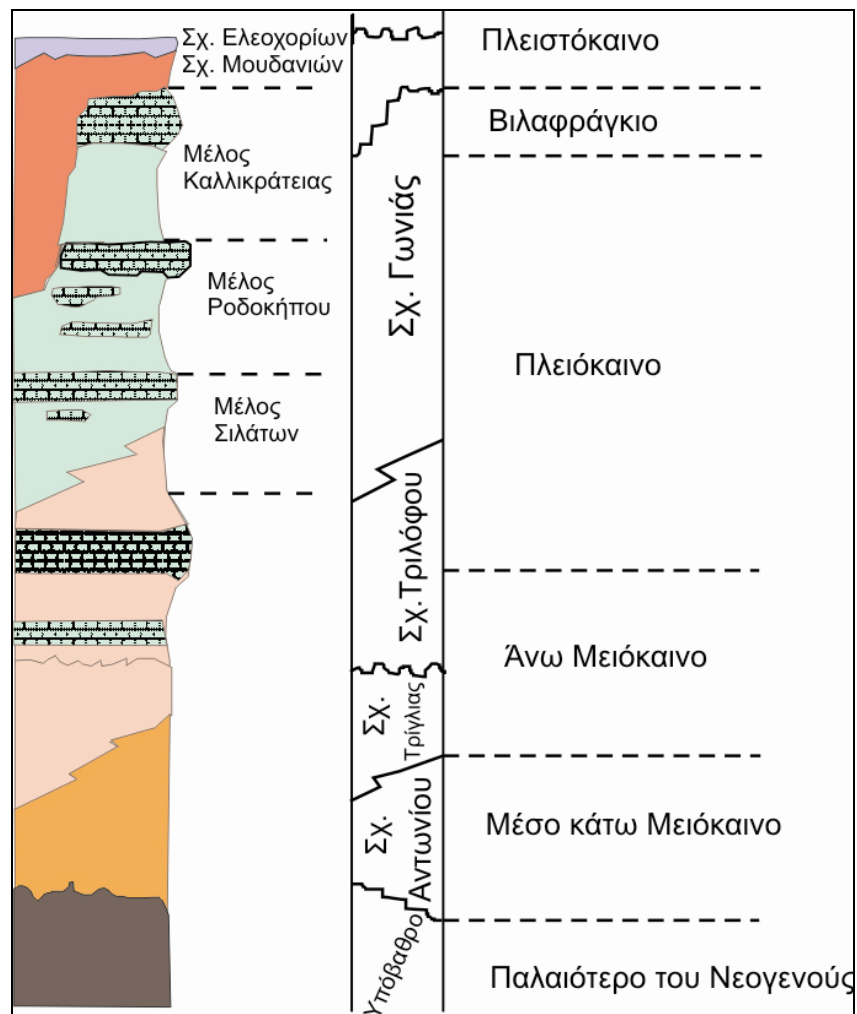


Σχήμα 4.1: Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών και η θέση της Περαιάς (Mountrakis et al., 1983).

Τα ιζήματα χαρακτηρίζονται κυρίως ως κλαστικά (άμμοι, άργιλοι, κροκάλες κ.ά.), και το πάχος τους φτάνει περίπου τα 400 m. Τα ιζήματα αυτά αποτέθηκαν σε διαφορετικά παλαιοπεριβάλλοντα (χερσαίο, ποτάμιο, λιμναίο, ελώδες, υφάλμυρο) και από στρωματογραφική άποψη τα ιζήματα χρονολογήθηκαν και διαχωρίστηκαν στους εξής γεωλογικούς σχηματισμούς (Σχήμα 4.2) από τον παλαιότερο στον νεότερο:

- Σχηματισμός Αντωνίου (Μέσο – Άνω Μειόκαινο): ποταμοχειμάρριες κροκάλες άμμοι.
- Σχηματισμός Τρίγλιας (Άνω Μειόκαινο): χερσαία ερυθροστρώματα.

- Σχηματισμός Τρίλοφου (Ανώτατο Μειόκαινο): λιμνοθαλάσσιοι άμμοι, ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι, άργιλοι.
- Σχηματισμός Γωνιάς (Πλειόκαινο): λιμναία – ποτάμια ιζήματα, άμμοι, χάλικες, ψαμμίτες, άργιλοι, μάργες, μαζώδεις ασβεστόλιθοι.
- Σχηματισμός Μουδανιών (Πλειστόκαινο): χερσαία ερυθροστρώματα.



Σχήμα 4.2: Συνοπτική στρωματογραφική στήλη της ευρύτερης περιοχής (Συρίδης, 1990).

Σε όλη την έκταση της λοφώδους ζώνης το Δ.Δ. της Περαίας καλύπτεται από το σχηματισμό της Γωνιάς που αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων λευκών – λευκότεφρων άμμων, ψαμμιτών, μαργών και τεφροπράσινων μαζωδών αργίλων. Οι άργιλοι κατά θέσεις μπορεί να είναι ανθρακομιγείς και επίσης μπορεί να

παρεμβάλλονται ενστρώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστολίθων, ιδιαίτερα στα ανώτερα τμήματα της σειράς. Η νεογενής αυτή σειρά ιζηματογενών πετρωμάτων (Σχηματισμός Γωνίας) είναι γνωστή στη βιβλιογραφία (γεωλογικός χάρτης Ι.Γ.Μ.Ε. – 1978, κλίμακα 1:50.000) με τον όρο ανοιχτόχρωμη *ψαμμιτομαργαϊκή* σειρά και είναι οριζόντια έως ελαφρά κεκλιμένη (μέχρι 10°) προς τα Νότια. Το πάχος της σειράς είναι μικρό κοντά στην γραμμή επαφής με τη σειρά των ερυθροπηλών λόγω διάβρωσης, όμως γίνεται μεγαλύτερο όσο απομακρυνόμαστε από αυτήν (αρκετές εκατοντάδες μέτρα).

Η παράκτια περιοχή έρευνας καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις που αποτελούνται από αργίλους, άμμους, χαλίκια, αμμοχάλικα, κροκάλες και ποικίλης κοκκομετρίας μηχανικά ιζήματα. Πρόκειται για νεογενή υλικά της λοφώδους ζώνης τα οποία διαβρώθηκαν, μεταφέρθηκαν και αποτέθηκαν στην πεδινή περιοχή. Μεταξύ τους συνήθως παρεμβάλλονται λεπτομερή υλικά. Το πάχος των υλικών ανέρχεται σε λίγα μέτρα στο νότιο τομέα της πεδινής ζώνης, ως λίγες δεκάδες μέτρα στην παραθαλάσσια ζώνη.

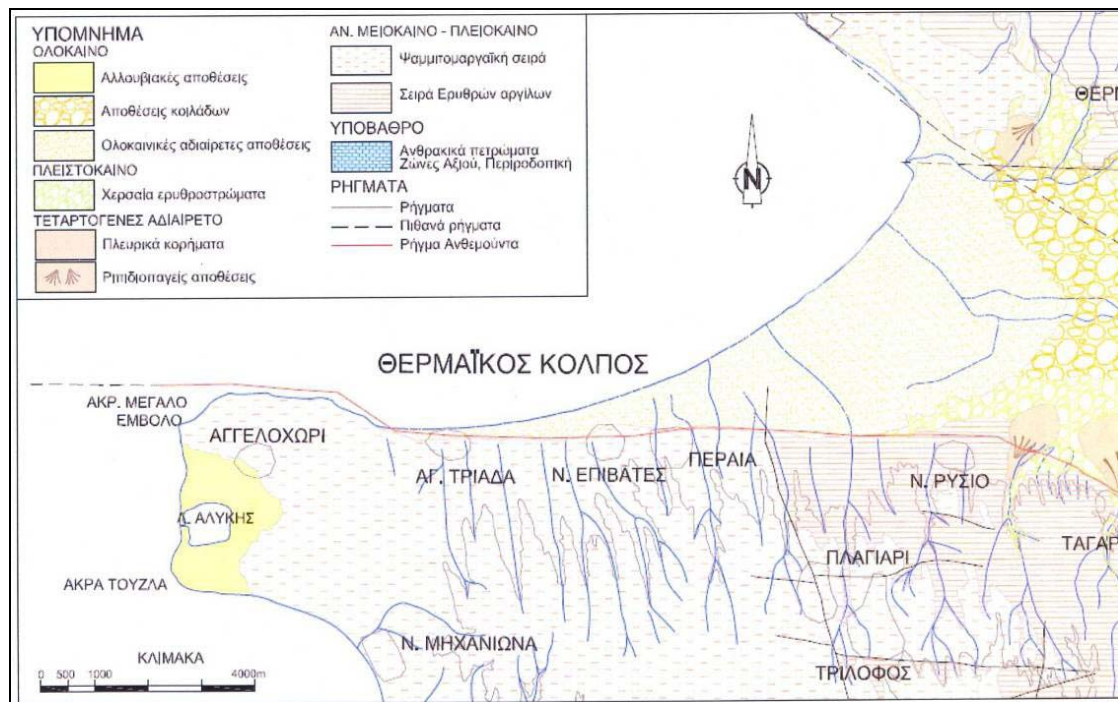
4.2 Τεκτονική

Το κυριότερο ρήγμα στην περιοχή έρευνας είναι αυτό του Ανθεμούντα με διεύθυνση Α – Δ και μήκος που εκτείνεται τμηματικά από το Γαλαρηνό μέχρι και τον οικισμό του Αγγελοχωρίου (Ζερβοπούλου & Παυλίδης, 2005, Μουντράκης et al, 1996, Kockel et al, 1977). Βρίσκεται στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού, στο όριο της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς και των πρόσφατων παράκτιων αποθέσεων και αποτελεί ένα κανονικό ρήγμα με μετάπτωση προς Βορρά (Σχήμα 4.3).

Το ρήγμα που βρίσκεται στην Περαία αποτελεί τμήμα του ρήγματος του Ανθεμούντα και διαμορφώνει το έντονο μορφοανάγλυφο της περιοχής με τεκτονικές αναβαθμίδες κατά μήκος του, με την ασύμμετρη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ανθεμούντα καθώς επίσης και την σύνδεση του με ιστορικούς σεισμούς (Βασιλικά 1677, M=6,2 και Θεσσαλονίκη, 1759). Η μέση κλίση του ρήγματος κυμαίνεται στις 87° κοντά στην επιφάνεια και ελαττώνεται φτάνοντας τις 50° σε βάθος 20 km από την επιφάνεια.

Από το 1971 (Kockel et al., 1971) το ρήγμα αυτό είναι γνωστό και χαρτογραφημένο στην γεωλογική βιβλιογραφία στους εξής γεωλογικούς χάρτες:

- Γεωλογικός χάρτης της Χαλκιδικής, 1:100.000
- Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, φύλο Θεσσαλονίκης, Ι.Γ.Μ.Ε., 1:50.000
- Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδος, φύλο Θεσσαλονίκης, Ο.Α.Σ.Π., 1:100.000



Σχήμα 4.3: Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Δ. Δ. Περαιάς (Παυλίδης κ.ά, 2007).

5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

5.1 Τύποι υδροφόρων που αναπτύσσονται στην περιοχή

Στον Δήμο Θερμαϊκού, αναπτύσσονται δύο κύριοι τύποι υδροφόρων οριζόντων, ο αλλουβιακός και ο υπό πίεση, ανάλογοι των γεωλογικών συνθηκών της πεδινής παραθαλάσσιας ζώνης και της λοφώδους έκτασης.

5.1.1 Αλλουβιακός υδροφορέας

Αυτός ο τύπος υδροφορέα αναπτύσσεται στα αδρομερή μέλη (κροκάλες, άμμοι, χαλίκια) των αλλουβιακών αποθέσεων της πεδινής παραθαλάσσιας ζώνης όπου έχουμε την υπόγεια υδροφορία. Το πάχος τους κυμαίνεται από λίγα μέτρα μέχρι λίγες δεκάδες μέτρα στην παραθαλάσσια ζώνη. Μεταξύ των αδρομερών υλικών παρεμβάλλονται λεπτόκοκκα υδροστεγανά ή μικρής περατότητας υλικά, τα οποία δημιουργούν κατά θέσεις ελεύθερους φρεάτιους και υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες.

Οι παράκτιες αποθέσεις (κυρίως άμμοι) και τα τεταρτογενή ιζήματα που είναι υπερκείμενα της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς χαρακτηρίζονται από υψηλή υδροπερατότητα ($K=10^{-5}$ m/s έως 10^{-2} m/s).

Τα υδροφόρα στρώματα τροφοδοτούνται από απ' ευθείας κατείσδυση του νερού της βροχής και από διηθήσεις χειμάρρων. Επίσης οι διηθήσεις των βόθρων και διαρροές του δικτύου ύδρευσης συμμετέχουν στην επανατροφοδότηση των υδροφόρων στρωμάτων.

Λόγω της μεγάλης αστικοποίησης την τελευταία δεκαετία, έχει μειωθεί σημαντικά η τροφοδοσία των υδροφόρων αλλουβιακών προσχώσεων που προέρχεται από τις βροχοπτώσεις.

Ο αλλουβιακός υδροφορέας εκμεταλλεύεται με λίγα πηγάδια, τα οποία παλαιότερα χρησιμοποιούνταν για αρδεύσεις, ενώ σήμερα εξαιτίας την ποιοτικής υποβάθμισης του τα περισσότερα από αυτά έχουν εγκαταλειφθεί. Επίσης κάποια από τα πηγάδια μετατράπηκαν σε βόθρους.

5.1.2 Υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας

Στο Δ.Δ. Θερμαϊκού, υποκείμενα των αλλουβιακών αποθέσεων της παράκτιας ζώνης αναπτύσσεται η νεογενής σειρά ιζηματογενών πετρωμάτων, που είναι γνωστή στην βιβλιογραφία με το όνομα ψαμμιτομαργαϊκή σειρά. Το πάχος της είναι μικρό κοντά στην γραμμή επαφής με τη σειρά των ερυθροπηλών, όμως γίνεται μεγαλύτερο όσο απομακρυνόμαστε από αυτήν. Η σειρά αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων λευκών – λευκότεφρων άμμων, ψαμμιτών, μαργών και αργίλων όπως επίσης μπορεί να παρεμβάλλονται ενστρώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστολίθων. Οι άμμοι εμφανίζουν αρκετά αυξημένη υδροπερατότητα ($K \sim 10^{-4}$ m/s).

Έτσι αναπτύσσονται μέσα στο αυτό το σύστημα εναλλασσόμενων στρωμάτων επάλληλοι υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, τόσο στη χέρσο όσο και υποθαλάσσια. Η υποθαλάσσια υπό πίεση υδροφορία έχει διαπιστωθεί με πιεζομετρικές παρατηρήσεις (1975 – 1978). Η περιοχή τροφοδοτείται υποθαλάσσια από τη λεκάνη του Αξιού, καθώς παρατηρήθηκαν μεγαλύτερα υδραυλικά φορτία από Βορρά, συμπέρασμα το οποίο τεκμηριώνεται από πιεζομετρικούς χάρτες (Κουμαντάκης, 2006). Η τροφοδοσία της ψαμμιτομαργαϊκής ενότητας γίνεται από διηθήσεις των χειμάρρων καθώς και από κατεισδύσεις βρόχινου νερού.

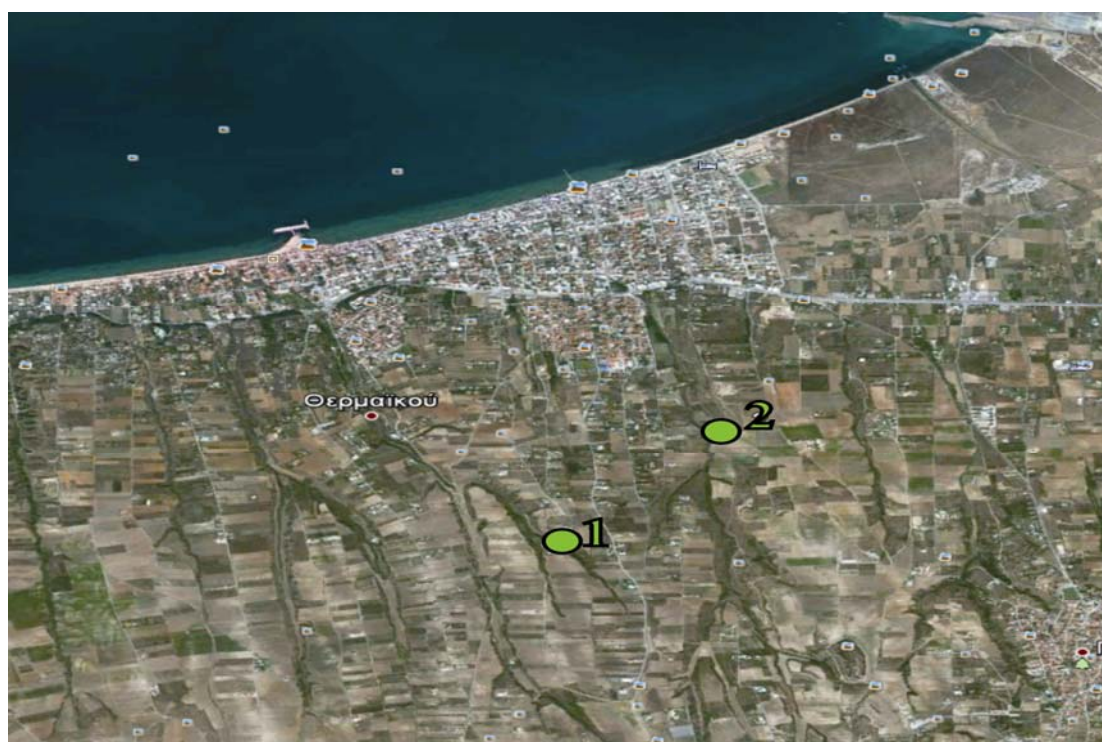
Χαρακτηριστικό της υδρογεωλογικής ενότητας της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς είναι ότι η υπόγεια υδροφορία της δεν είναι συνεχής και ομοιόμορφη με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ικανοποιητική υδροφορία σε οποιαδήποτε θέση και αν διανοιγεί γεώτρηση. Αυτό επιβεβαιώνεται και στην πράξη καθώς από τα αρχεία της ΥΕΒ Θεσσαλονίκης προκύπτει, ότι αρκετές γεωτρήσεις που διανοίχθηκαν στην σειρά αυτή δεν συνάντησαν ποτέ κάποιο υδροφόρο στρώμα. Έτσι συμπερασματικά στην ψαμμιτομαργαϊκή σειρά η υπόγεια υδροφορία μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε από τη θάλασσα Επανομής – Μηχανιώνας – Μεγάλου Εμβόλου.

Στην Περαία στην ψαμμιτομαργαϊκή σειρά οι γεωτρήσεις έχουν βάθος 300 m, ενώ υπερβαίνουν τα 500 m σε γειτονικές περιοχές.

6. ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΠΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

6.1 Θέσεις γεωτρήσεων T174 και T175

Στο Δημοτικό Διαμέρισμα Περαιάς ανορύχθηκαν κατά τον μήνα Μάιο δύο υδρογεωτρήσεις με σκοπό την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών της περιοχής. Οι γεωτρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία του Δ.Δ. Περαιάς και του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας οι δύο υδρογεωτρήσεις παρακολουθήθηκαν από την αρχική φάση κατασκευής τους μέχρι την φάση των δοκιμαστικών αντλήσεων. Οι θέσεις των δύο υδρογεωτρήσεων T174 (θέση 1) και T175 (θέση 2) απεικονίζονται στον παρακάτω τοπογραφικό χάρτη (Σχήμα 6.1).



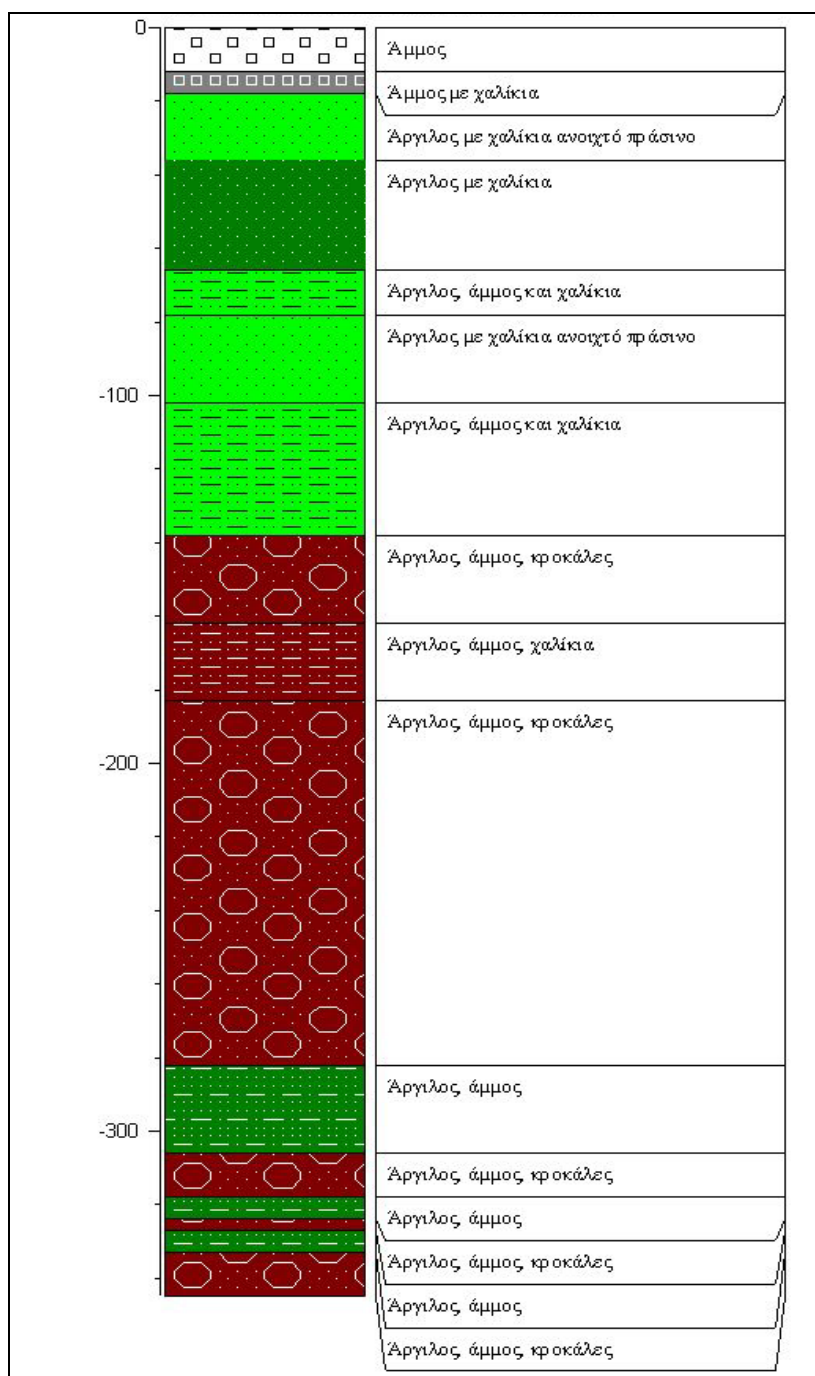
Σχήμα 6.1: Τοπογραφικός χάρτης της Δ.Δ. Περαιάς με τις θέσεις των υδρογεωτρήσεων Γ1 και Γ2

6.2 Γεώτρηση T174

Κατά την ανόρυξη της γεώτρησης T174 έγινε δειγματοληψία σε σακουλάκια ανά 6 μέτρα μέχρι το βάθος των 120 μέτρων και στη συνέχεια η δειγματοληψία γινόταν ανά 3 μέτρα μέχρι το τελικό βάθος της γεώτρησης στα 345 μέτρα. Μετά το πέρας της ανόρυξης της γεώτρησης έγινε προσδιορισμός της λιθολογίας της, για την κατασκευή της λιθολογικής τομής. Στη συνέχεια με βάση τη λιθολογική τομή, προσδιορίστηκε το βάθος της τοποθέτησης των φιλτροσωλήνων και της τοποθέτησης των τυφλών σωλήνων όπου δεν υπήρχε υδροφόρο στρώμα.

Η λιθολογία μέχρι το βάθος των 18 μέτρων αποτελείται από άμμους και χαλίκια, ενώ μέχρι το βάθος των 138 μέτρων αποτελείται από στρώματα με άργιλο, άμμο και χαλίκια χρώματος ανοιχτού και σκούρου πράσινου. Στην συνέχεια μέχρι το βάθος των 282 μέτρων η λιθολογία χαρακτηρίζεται από άργιλο, λεπτόκοκκη άμμο και λίγες κροκάλες χρώματος καφέ. Τέλος μέχρι το βάθος των 345 μέτρων έχουμε εναλλαγές καφέ και πράσινης αργίλου με άμμο και κροκάλες.

Η λιθολογική τομή της γεώτρησης T174 παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 6.2).

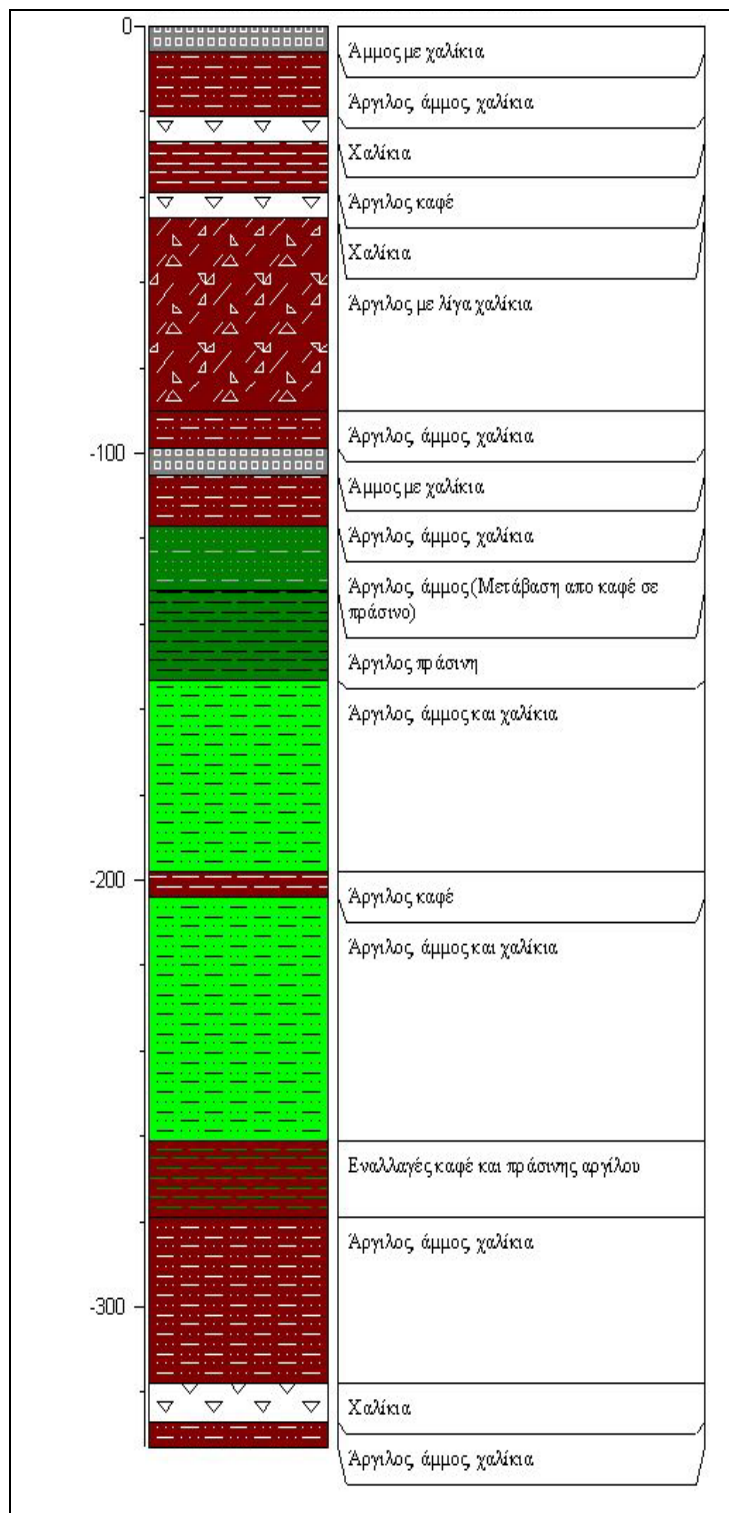


Σχήμα 6.2: Λιθολογική τομή της γεώτρησης T174

6.2 Γεώτρηση Γ2

Όπως και με την γεώτρηση Γ1 έτσι και κατά την ανόρυξη της γεώτρησης Γ2 έγινε δειγματοληψία σε σακουλάκια ανά 6 μέτρα μέχρι το βάθος των 120 μέτρων και στην συνέχεια η δειγματοληψία γινόταν ανά 3 μέτρα μέχρι το τελικό βάθος της γεώτρησης στα 333 μέτρα. Από την περιγραφή της λιθολογίας κατασκευάστηκε η λιθολογική τομή του Σχήματος 6.3.

Η λιθολογία μέχρι το βάθος των 6 μέτρα αποτελείται από άμμο και χαλίκια. Στην συνέχεια μέχρι το βάθος των 117 μέτρων η λιθολογία αποτελείται από καφέ άργιλο με άμμο και λίγα χαλίκια ενώ ανάμεσα παρεμβάλλονται στρώματα που αποτελούνται από χαλίκια (στα 21-27 και 39-45 μέτρα) καθώς και ένα στρώμα άμμου με χαλίκια σε βάθος 99-105 μέτρα. Έπειτα έχουμε ένα μεταβατικό στρώμα (καφέ άργιλος - άμμος σε πράσινη) σε βάθος 117-132 μέτρα. Από τα 132 έως τα 261 μέτρα η λιθολογία χαρακτηρίζεται από πράσινη άργιλος με λίγη άμμο και λίγα χαλίκια με ένα μικρό στρώμα καφέ αργίλου να παρεμβάλλεται από τα 198 έως τα 204 μέτρα. Το στρώμα από τα 261 έως τα 279 μέτρα χαρακτηρίζεται από εναλλαγές πράσινης και καφέ αργίλου ενώ στην συνέχεια μέχρι και το βάθος των 333 μέτρων η λιθολογία χαρακτηρίζεται από καφέ άργιλο με άμμο και λίγα χαλίκια. Στο τελευταίο αυτό στρώμα παρεμβάλλεται ένα στρώμα με χαλίκια σε βάθος από 318 έως 327 μέτρα.



Σχήμα 6.3: Λιθολογική τομή της γεώτρησης T175

7. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας ήταν η παρακολούθηση και η συμμετοχή στις δοκιμαστικές αντλήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις δύο υδρογεωτρήσεις T174 και T175, με σκοπό την συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν. Σκοπός της επεξεργασίας των αντλητικών δεδομένων ήταν ο υπολογισμός των κυριότερων υδραυλικών παραμέτρων που είναι: ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας k , ο συντελεστής μεταβιβαστικότητας T και ο συντελεστής αποθηκευτικότητας S .

Στις γεωτρήσεις T174 και T175 πραγματοποιήθηκαν δοκιμαστικές αντλήσεις και στην γεώτρηση T175 πραγματοποιήθηκε και η μέθοδος της επανόδου της στάθμης με σκοπό τον υπολογισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών των υδροφορέων.

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή το πρόγραμμα Aquifer Test και εφαρμόστηκαν οι εξής μέθοδοι: το πρότυπο του Theis, το πρότυπο Jacob και η μέθοδος της επανόδου της στάθμης.

7.1 Υπολογισμός της πτώσης στάθμης με το χρόνο

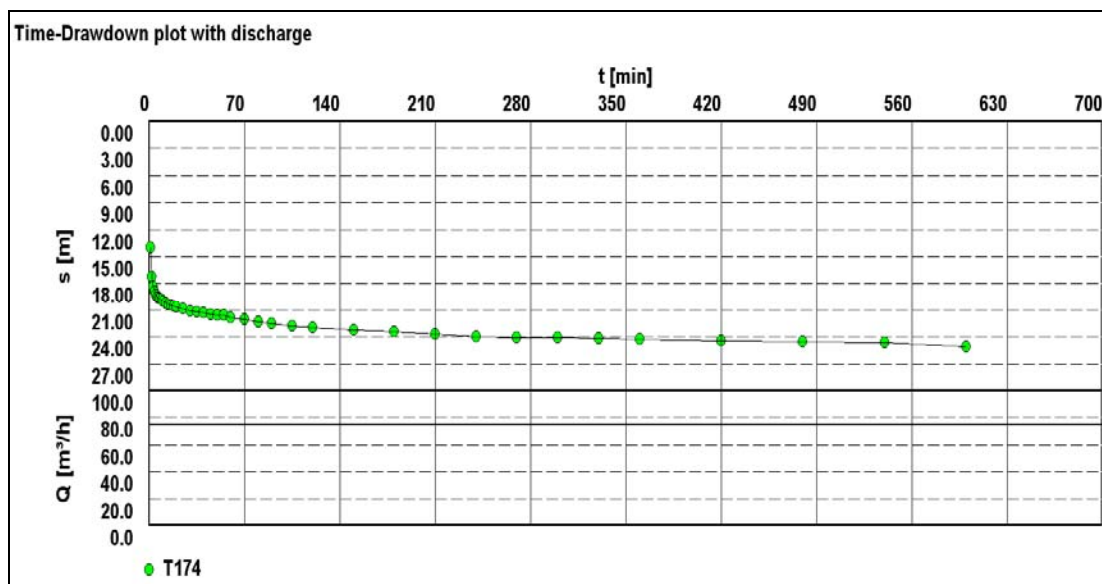
7.1.1 Γεώτρηση T174

Από την γεώτρηση T174 κατά την διάρκεια της δοκιμαστικής άντλησης συλλέχθηκαν δεδομένα, που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.1). Τα δεδομένα αφορούν την διάρκεια άντλησης σε σχέση με την πτώση στάθμης ύδατος κατά την διάρκεια της άντλησης, η οποία μετρούνταν με την χρήση του σταθμήμετρου.

Πίνακας 7.1 : Δεδομένα που συλλέχθηκαν από την γεώτρηση T174 κατά την διάρκεια της δοκιμαστικής άντλησης

Διάρκεια άντλησης (min)	Στάθμη ύδατος κατά την άντληση (m)	Πτώση στάθμης (m)
0	64,67	0
1	78,63	13,96
2	81,85	17,18
3	82,98	18,31
4	83,54	18,87
5	83,94	19,27
6	84,17	19,50
7	84,33	19,66
8	84,40	19,73
9	84,52	19,85
10	84,63	19,96
12	84,88	20,21
14	85,03	20,36
16	85,12	20,45
18	85,21	20,54
20	85,31	20,64
25	85,50	20,83
30	85,75	21,08
35	85,89	21,22
40	86,01	21,34
45	86,14	21,47
50	86,20	21,54
55	86,29	21,63
60	86,51	21,84
70	86,73	22,06
80	87,02	22,35
90	87,18	22,51
105	87,45	22,78
120	87,64	22,97
150	87,93	23,26
180	88,14	23,47
210	88,42	23,75
240	88,61	23,94
270	88,72	24,05
300	88,78	24,11
330	88,87	24,20
360	88,90	24,23
420	89,16	24,49
480	89,20	24,53
540	89,26	24,59
600	89,77	25,10

Στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα πτώσης στάθμης – χρόνου για την γεώτρηση T174.



Σχήμα 7.1: Διάγραμμα πτώσης στάθμης – χρόνου για την γεώτρηση T174

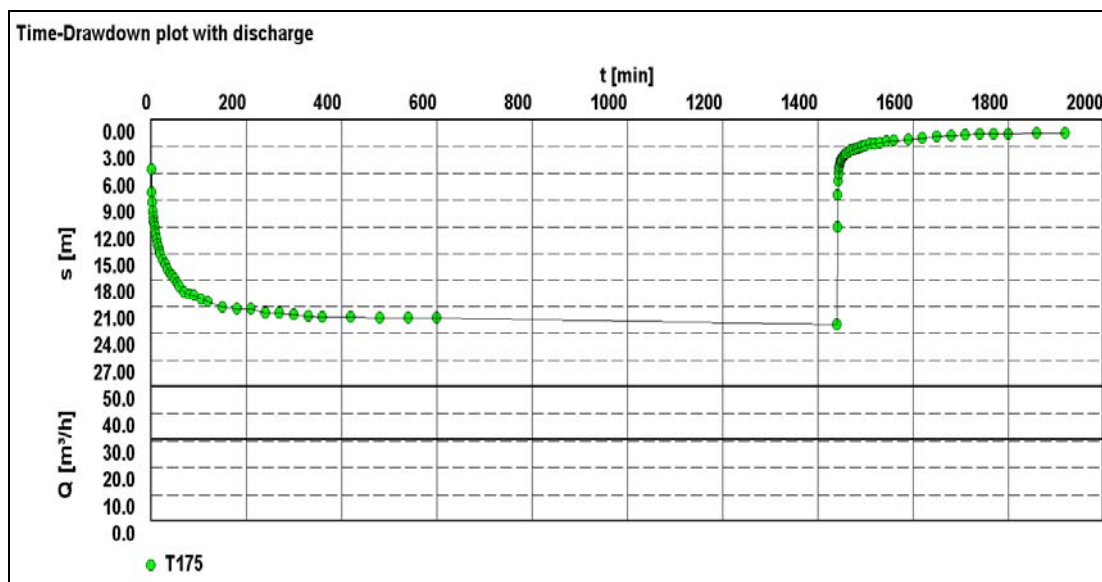
7.1.2 Γεώτρηση T175

Όπως και με την γεώτρηση T174 έτσι και από την γεώτρηση T175 συλλέχθηκαν δεδομένα κατά την διάρκεια της δοκιμαστικής άντλησης, που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.2). Τα δεδομένα αφορούν την διάρκεια άντλησης σε σχέση με την πτώση στάθμης ύδατος κατά την διάρκεια της άντλησης, η οποία μετρούνταν με την χρήση του σταθμήμετρου.

Πίνακας 7.2 : Δεδομένα που συλλέχθηκαν από την γεώτρηση T175 κατά την διάρκεια της δοκιμαστικής άντλησης

Διάρκεια άντλησης (min)	Στάθμη ύδατος κατά την άντληση (m)	Πτώση στάθμης (m)
0	103,77	0
1	109,32	5,55
2	111,90	8,13
3	113,01	9,24
4	114,64	10,87
5	114,68	10,91
6	115,13	11,36
7	115,45	11,68
8	115,77	12
9	116,31	12,54
10	116,59	12,82
12	117,18	13,41
14	117,74	13,97
16	118,13	14,36
18	118,60	14,83
20	118,83	15,06
25	119,52	15,75
30	120,02	16,25
35	120,49	16,72
40	121,02	17,25
45	121,28	17,51
50	121,67	17,90
55	122,14	18,37
60	122,52	18,75
70	123,10	19,33
80	123,37	19,60
90	123,53	19,76
105	123,93	20,16
120	124,21	20,44
150	124,91	21,14
180	125,03	21,26
210	125,07	21,30
240	125,57	21,80
270	125,51	21,74
300	125,72	21,95
330	125,87	22,10
360	125,96	22,19
420	126,02	22,25
480	126,08	22,31
540	126,12	22,35
600	126,07	22,30

Στο σχήμα 7.2 παρουσιάζεται το διάγραμμα πτώσης στάθμης – χρόνου για την γεώτρηση T175.



Σχήμα 7.2: Διάγραμμα πτώσης στάθμης - χρόνου γεώτρησης T175

7.2 Το πρότυπο του Theis

Ο C. Theis το 1935, έδωσε τους πρώτους τύπους για μη μόνιμες ακτινωτές ροές (δηλαδή ροές προς γεωτρήσεις ή φρέατα). Οι τύποι στηρίζονται σε κάποιο πρότυπο, το πρότυπο του Theis, δηλαδή σε ένα σύνολο προδιαγραφών, προτάσεων και συνθηκών που πρέπει κατά τεκμήριο να ικανοποιούνται. Αυτές είναι οι εξής:

- Υδροφόρο στρώμα υπό πίεση
- Υδροφόρο στρώμα ομογενές και ισότροπο
- Υδροφόρο στρώμα απεριόριστης έκτασης και σταθερού πάχους
- Υδροφόρος ορίζοντας αρχικά σε ηρεμία
- Υδροφόρο στρώμα μη επανατροφοδοτούμενο κατά την άντληση
- Υδρομαστευτικό έργο πλήρες και με μικρή διάμετρο
- Το υπόγειο νερό αντιδρά ακαριαία στις μεταβολές του υδραυλικού φορτίου μέσα στην γεώτρηση
- Αντλούμενη παροχή σταθερή

Ο Theis είναι ο πρώτος που εισήγαγε (1935) το χρόνο t και στο συντελεστή εναποθήκευσης S σε τύπους που αφορούν ροές προς γεωτρήσεις ή φρέατα, σημειώνοντας έτσι μια σημαντική πρόοδο στην υδραυλική των γεωτρήσεων και των φρεάτων. Ο τύπος του Theis είναι:

$$\delta \equiv \frac{q}{4\pi T} \cdot \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du \quad \text{με}$$

$$u = \frac{Sx^2}{4Tt}, \quad \text{όπου,}$$

δ = η πτώση στάθμης

q = η παροχή της γεώτρησης

T = ο συντελεστής μεταβιβαστικότητας

S = ο συντελεστής εναποθήκευσης

t = ο χρόνος από την έναρξη της άντλησης

x = η απόσταση του θεωρούμενου σημείου από την γεώτρηση

Επίσης ισχύει ότι,

$$\int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du = W_{(u)}$$

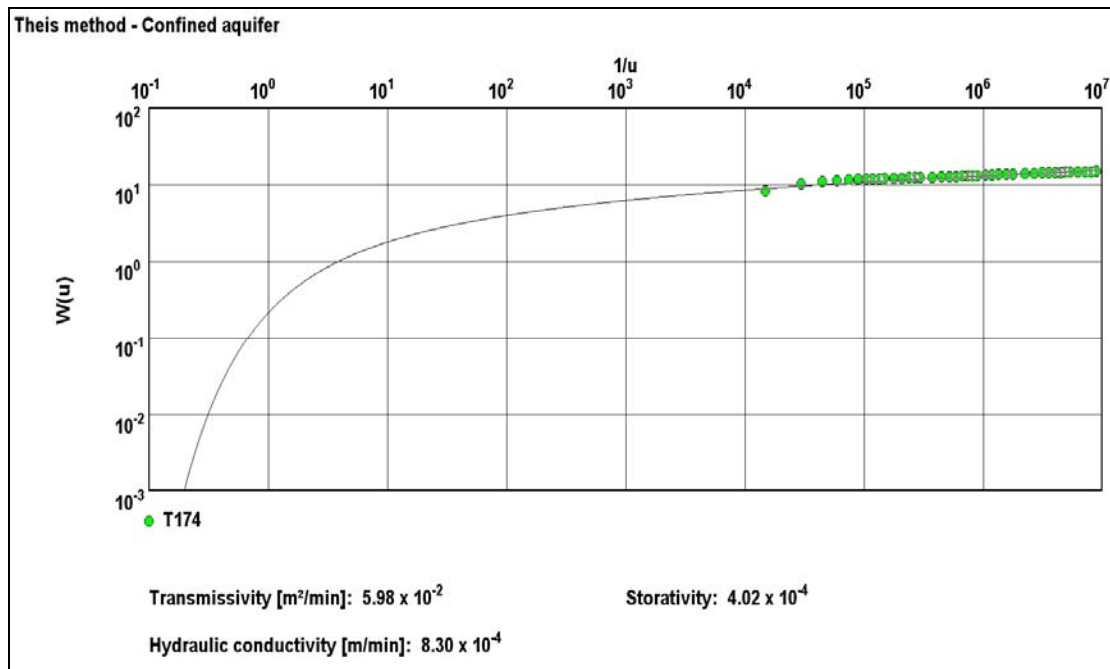
Επομένως ο αρχικός τύπος του Theis θα γίνει:

$$\delta = \frac{q}{4\pi T} W_{(u)} \quad \text{με} \quad T = \frac{QW_{(u)}}{4\pi\delta} \quad \text{και} \quad S = \frac{4uTt}{x^2}$$

7.2.1 Γεώτρηση T174

Με την εφαρμογή της μεθόδου του Theis για την υδρογεώτρηση T174 προκύπτει το παρακάτω σχήμα 7.3 με την βοήθεια του οποίου υπολογίζονται οι υδραυλικές παράμετροι T , k και S .

Το k υπολογίζεται έμμεσα από τον τύπο, $k = \frac{T}{D}$, όπου D είναι το πάχος του υδροφόρου ορίζοντα.



Σχήμα 7.3: Διάγραμμα Theis για την γεώτρηση T174 (Δεδομένα του Πίνακα 7.1) με το λογισμικό Aquifer Test

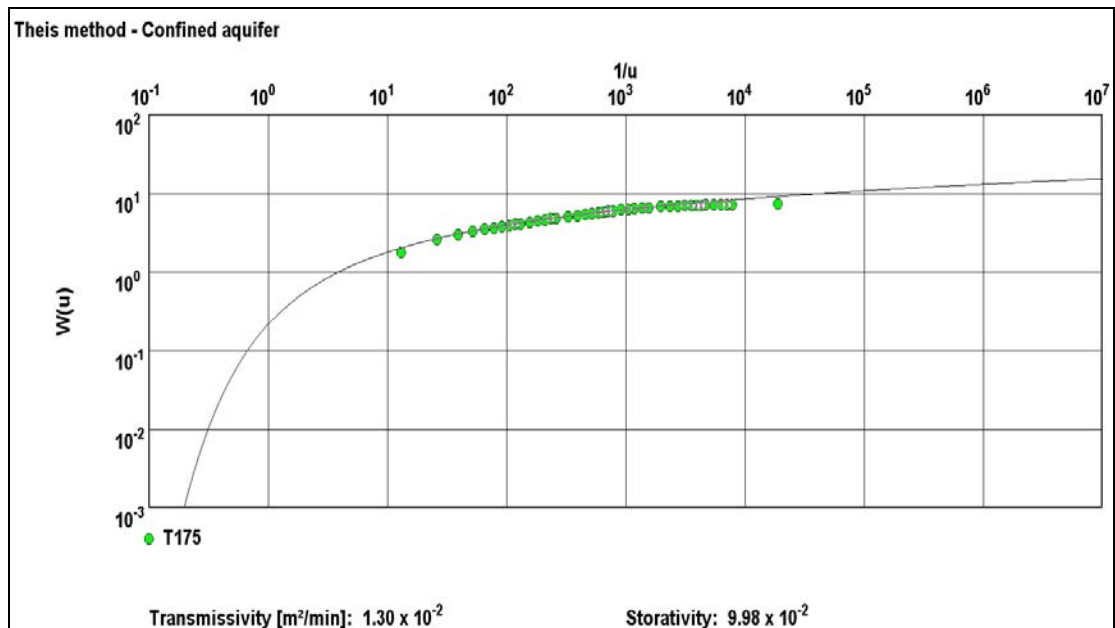
Από την εφαρμογή της ανωτέρω μεθόδου στα αντλητικά δεδομένα της γεώτρησης T174 προκύπτει ότι:

- $T = 5,98 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$
- $S = 4,02 \times 10^{-2}$.

7.2.2 Γεώτρηση T175

Με την εφαρμογή της μεθόδου του Theis για την υδρογεώτρηση T175 προκύπτει το παρακάτω Σχήμα 7.4 με την βοήθεια του οποίου υπολογίζονται οι υδραυλικές παράμετροι T , k και S .

Το k υπολογίζεται έμμεσα από τον τύπο: $k = \frac{T}{D}$, όπου D είναι το πάχος του υδροφόρου ορίζοντα.



Σχήμα 7.4: Διάγραμμα Theis για την γεώτρηση T175 (Δεδομένα του Πίνακα 7.2) με το λογισμικό Aquifer Test

Από την εφαρμογή της ανωτέρω μεθόδου στα αντλητικά δεδομένα της γεώτρησης T175 προκύπτει ότι:

- $T = 1,30 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$
- $S = 9,98 \times 10^{-2}$.

7.3 Μέθοδος Jacob

Ο C. Jacob το 1946 απλοποίησε σημαντικά τον τύπο του Theis. Για να το πετύχει αυτό εισήγαγε και μία ακόμη απλοποιητική πρόταση, δημιουργώντας έτσι το δικό του πρότυπο ροών το **πρότυπο του Jacob**.

Το πρότυπο του Jacob στηρίζεται στο πρότυπο του Theis, του οποίου δέχεται όλες τις απλοποιητικές προτάσεις και επί πλέον μία ακόμη:

Η συνάρτηση $u = \frac{x^2 S}{4Tt}$ είναι πολύ μικρή και συγκεκριμένα: $u \leq 10^{-2}$.

Η $u \leq 10^{-2}$ περιορίζει τα όρια εφαρμογής του τύπου του Theis. Πραγματικά για να ικανοποιείται η $u \leq 10^{-2}$, δεδομένου ότι για ένα υδροφόρο στρώμα το κλάσμα $S/4T$ είναι σταθερό, θα πρέπει:

- Είτε ο χρόνος άντλησης t να είναι αρκετά μεγάλος

- Είτε η απόσταση x στην οποία γίνεται η μέτρηση πτώση στάθμης δ να είναι σχετικά μικρή.
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ο τύπος του Jacob στηρίζεται στον τύπο του

Theis:

$$\delta = \frac{q}{4\pi T} W_{(u)}$$

Ο τύπος αυτός με διάφορες μαθηματικές πράξεις και αριθμητικές απλοποιήσεις γίνεται:

$$\delta = \frac{0,183q}{T} \left(\log \frac{2,25Tt}{x^2 S} + \log t \right)$$

Ο τύπος αυτός λέγεται εξίσωση του Jacob ή εξίσωση λογαριθμικής προσέγγισης γιατί δίνει την πτώση στάθμης δ σε λογαριθμική σχέση με το χρόνο t .

Η εξίσωση του Jacob είναι πολύ σημαντική για τις ροές προς τα πηγάδια και τις γεωτρήσεις γιατί είναι απλή στη μορφή της και το πρότυπο στο οποίο στηρίζεται, αυτό κάθε αυτό, θεωρητικά δεν εισάγει παρά αμελητέα σφάλματα.

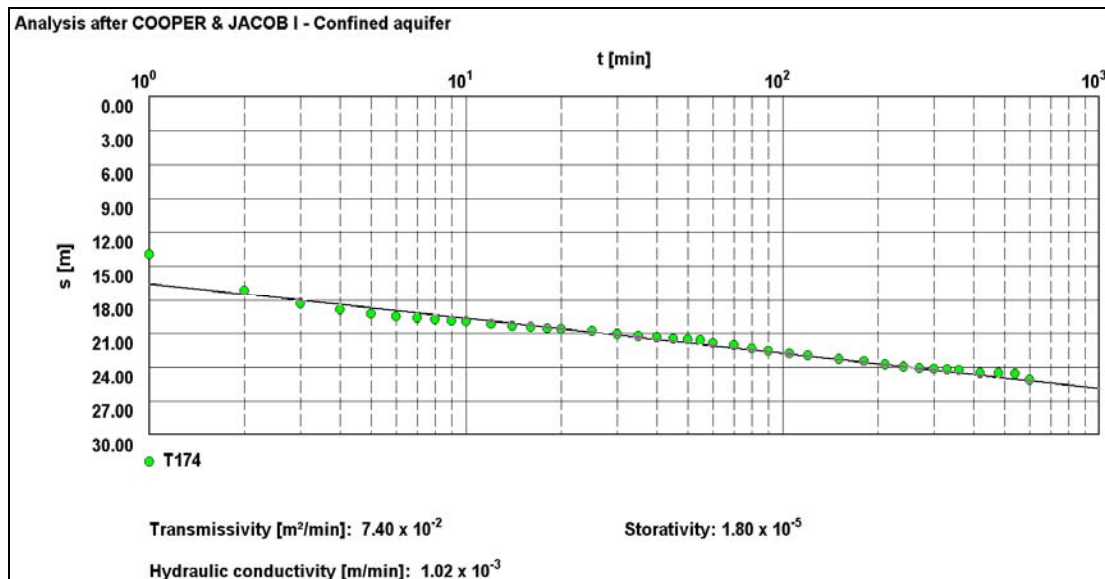
Από την εξίσωση του Jacob προκύπτει ότι:

- $T = \frac{0,183q}{\Delta\delta}$, όπου q =η παροχή άντλησης και $\Delta\delta=c$ η πτώση στάθμης ανά λογαριθμικό κύκλο.
- $S = \frac{2,25Tt_0}{x^2}$. Ο συντελεστής εναποθήκευσης απαιτεί την ύπαρξη πιεζόμετρου και δίνεται από τη σχέση όπου το t_0 είναι το σημείο που έχει συντεταγμένες ($t=t_0$, $\delta=0$).
- Η υδραυλική αγωγιμότητα k υπολογίζεται από τη σχέση $k = \frac{T}{D}$, όπου D είναι το πάχος του υδροφόρου ορίζοντα.

7.3.1 Γεώτρηση T174

Με την εφαρμογή της μεθόδου του Jacob για την υδρογεώτρηση T174 προκύπτει το παρακάτω Σχήμα 7.5 με την βοήθεια του οποίου υπολογίζονται οι υδραυλικές παράμετροι T , k και S .

Το k υπολογίζεται έμμεσα από τον τύπο: $k = \frac{T}{D}$, όπου D είναι το πάχος του υδροφόρου ορίζοντα.



Σχήμα 7.5: Διάγραμμα πτώσης - log χρόνου για την γεώτρηση T174

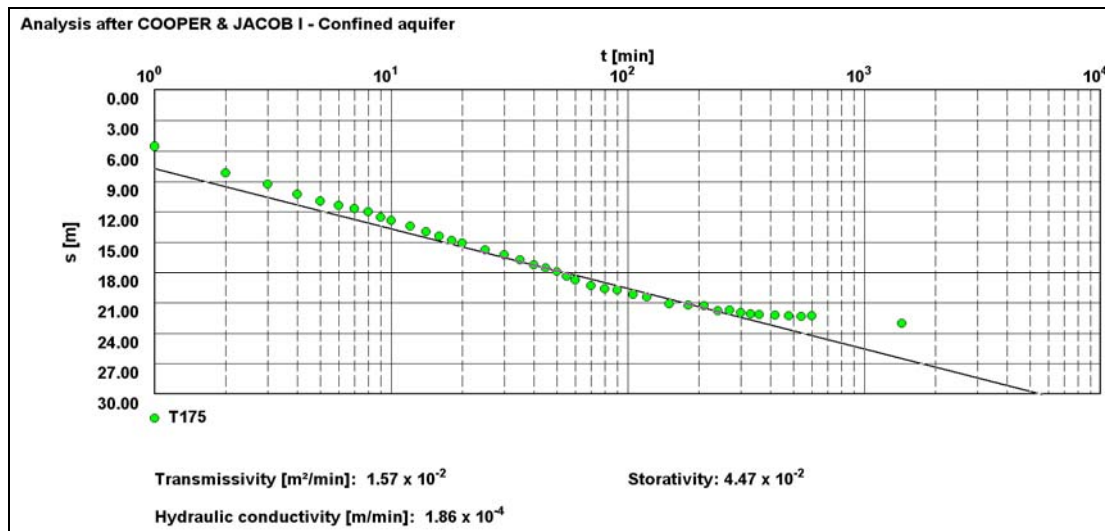
Από την εφαρμογή της ανωτέρω μεθόδου στα αντλητικά δεδομένα της γεώτρησης T174 προκύπτει ότι:

- $T = 7,40 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$
- $S = 1,80 \times 10^{-5}$.

7.3.2 Γεώτρηση T175

Με την εφαρμογή της μεθόδου του Jacob για την υδρογεώτρηση T175 προκύπτει το παρακάτω Σχήμα 7.6 με την βοήθεια του οποίου υπολογίζονται οι υδραυλικές παράμετροι T , k και S .

Το k υπολογίζεται έμμεσα από τον τύπο: $k = \frac{T}{D}$, όπου D είναι το πάχος του υδροφόρου ορίζοντα.



Σχήμα 7.6: Διάγραμμα πτώσης - log χρόνου για την γεώτρηση T174

Από την εφαρμογή της ανωτέρω μεθόδου στα αντλητικά δεδομένα της γεώτρησης T175 προκύπτει ότι:

- $T = 1,57 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$
- $S = 4,47 \times 10^{-2}$.

7.4 Μέθοδος της επανόδου της στάθμης

Για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων T και k από την ανάλυση του υδρογραφήματος της επανόδου της στάθμης (recovery test) μετά την διακοπή της άντλησης στην αντλούμενη γεώτρηση, ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

Αρχικά κατασκευάζεται το διάγραμμα: $\delta' = \log \frac{t}{t'}$,

Όπου t = ο χρόνος από την έναρξη της άντλησης, t' = ο χρόνος από τη διακοπή της άντλησης, δ' = η διαφορά της αρχικής στάθμης (προ της αντλήσεως) και της μετρούμενης σε μία χρονική στιγμή μετά τη διακοπή της άντλησης.

Το ανωτέρω διάγραμμα παριστά ευθεία, που θεωρητικά περνάει από το σημείο (1,0)

Υπολογίζοντας το $\Delta \delta'$ για ένα λογαριθμικό κύκλο t/t' , ο συντελεστής μεταβιβαστικότητας T υπολογίζεται από τη σχέση: $T = \frac{0,183q}{\Delta \delta'}$.

Το k υπολογίζεται από τη σχέση $k = T/D$, όπου D το πάχος του υδροφορέα. Δεν υπολογίζεται ο συντελεστής εναποθήκευσης S .

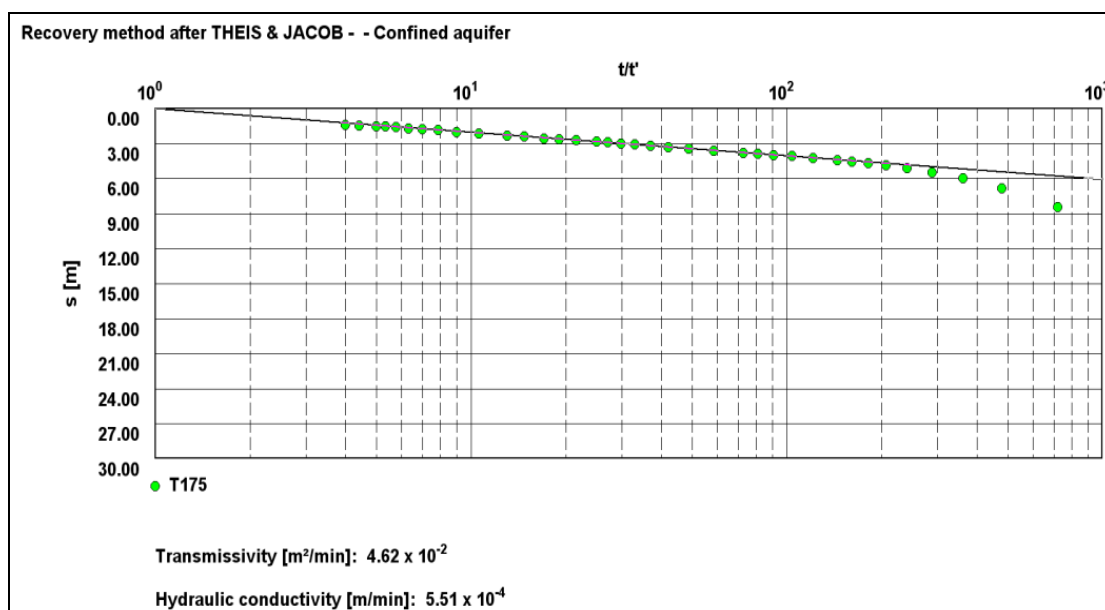
7.4.1 Γεώτρηση T175

Για την εφαρμογή της μεθόδου της επανόδου της στάθμης για την γεώτρηση T175 χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα του Πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.3: Δεδομένα που συλλέχθηκαν από την γεώτρηση T175 κατά την διάρκεια της επανόδου της στάθμης

Χρόνος από τη διακοπή της άντλησης (min)	Στάθμη (m)	Υπολειπόμενη πτώση στάθμης (m)
1	115,77	12
2	112,22	8,45
3	110,64	6,87
4	109,78	6,01
5	109,27	5,50
6	108,91	5,14
7	108,63	4,86
8	108,44	4,67
9	108,31	4,54
10	108,20	4,43
12	108,03	4,26
14	107,87	4,10
16	107,77	4,00
18	107,67	3,90
20	107,59	3,82
25	107,39	3,62
30	107,23	3,48
35	107,10	3,35
40	106,97	3,20
45	106,88	3,11
50	106,78	3,01
55	106,69	2,92
60	106,62	2,85
70	106,50	2,73
80	106,44	2,67
90	106,38	2,61
105	106,16	2,39
120	106,10	2,33
150	105,96	2,19
180	105,80	2,03
210	105,65	1,88
240	105,54	1,77
270	105,47	1,70
300	105,39	1,62
330	105,34	1,57
360	105,30	1,53
420	105,25	1,48
480	105,22	1,45

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 7.3 προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα επαναφοράς της στάθμης για την γεώτρηση T175 (Σχήμα 7.7).



Σχήμα 7.7: Διάγραμμα επαναφοράς στάθμης για την γεώτρηση T175

Από την εφαρμογή της ανωτέρω μεθόδου στα αντλητικά δεδομένα της γεώτρησης T175 προκύπτει ότι:

- $T = 4,62 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$
- $k = 5,51 \times 10^{-4} \text{ m/min}$

7.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μεθόδων που εφαρμόστηκαν

Από την εφαρμογή των μεθόδων του Theis, του Jacob και της επανόδου της στάθμης στα αντλητικά δεδομένα των γεωτρήσεων T174 και T175 προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 7.4. Στον πίνακα αυτό υπολογίζονται επίσης και οι μέσες τιμές των υδραυλικών παραμέτρων T και S για τις δύο γεωτρήσεις.

Πίνακας 7.4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των T και S από την εφαρμογή των μεθόδων Theis, Jacob και επανόδου στάθμης

	T (m ² /min)				S			
Γεώτρηση	Theis	Jacob	Επαναφορά στάθμης	Μέση Τιμή	Theis	Jacob	Επαναφορά στάθμης	Μέση Τιμή
T174	5,98 x 10 ⁻²	7,40 x 10 ⁻²	-	6,69 x 10 ⁻²	4,02 x 10 ⁻⁴	1,80 x 10 ⁻⁵	-	2,09 x 10 ⁻⁴
T175	1,30 x 10 ⁻²	1,57 x 10 ⁻²	4,62 x 10 ⁻²	2,49 x 10 ⁻²	9,98 x 10 ⁻²	4,47 x 10 ⁻²	-	7,22 x 10 ⁻²

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έκταση της Δ.Ε. Περαίας ανέρχεται σε $10,14 \text{ km}^2$ και τοποθετείται στο ανατολικό τμήμα του Θερμικού Κόλπου. Τα υψόμετρα κυμαίνονται από 0-152 m, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει αστικοποιηθεί μεγάλο μέρος της παραλιακής ζώνης. Νοτιότερα της παραλιακής ζώνης, παρατηρείται απότομη αύξηση των υψομέτρων, ως αποτέλεσμα της δράσης της τεκτονικής και της μεταβολής στη σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών.

Στην ευρύτερη περιοχή το υδρογραφικό δίκτυο είναι μέτρια ανεπτυγμένο και χαρακτηρίζεται ως δενδριτικής μορφής εκβάλλοντας στον κόλπο της Θεσσαλονίκης. Οι παροχές των χειμάρρων είναι σχετικά μικρές, εξαιτίας της παρουσίας στην περιοχή διαπερατών και ημι-διαπερατών πετρωμάτων καθώς και του σχετικά χαμηλού ύψους βροχόπτωσης. Έτσι επιφανειακές απορροές παρατηρούνται μόνο μετά από έντονες βροχοπτώσεις.

Ο μόνιμος πληθυσμός δείχνει μια αυξητική τάση, λόγω της μεγάλης αστικοποίησης που παρατηρείται στην περιοχή την τελευταία δεκαετία, με συνέπεια την αύξηση των υδατικών αναγκών. Επίσης κατά τους θερινούς μήνες ο πληθυσμός διπλασιάζεται.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή ανέρχεται σε 450 mm. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι το υδρολογικό έτος 2007 – 08 ήταν ξηρό, ενώ το έτος 2008 – 09 είχαμε αύξηση των βροχοπτώσεων τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Επίσης το υδρολογικό έτος 2009 – 10 ήταν πολύ υγρό με αυξημένες βροχοπτώσεις τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο. Ο Δεκέμβριος αποτελεί τον μήνα με την μεγαλύτερη βροχόπτωση και ακολουθεί ο Νοέμβριος. Από την άλλη πλευρά οι μήνες με την μεγαλύτερη ξηρασία είναι ο Αύγουστος και ο Ιούλιος.

Η περιοχή αποτελείται κυρίως από νεότερα ιζήματα που αποτέθηκαν κατά το Νεογενές – Τεταρτογενές. Τα ιζήματα χαρακτηρίζονται κυρίως ως κλαστικά (άμμοι, άργιλοι, κροκάλες κ.ά.), και το πάχος τους φτάνει περίπου τα 400 m. Η νεογενής σειρά ιζηματογενών πετρωμάτων (Σχηματισμός Γωνίας) είναι γνωστή στη βιβλιογραφία (γεωλογικός χάρτης Ι.Γ.Μ.Ε. – 1978, κλίμακα 1:50.000) με τον όρο ανοιχτόχρωμη **ψαμμιτομαργαϊκή** σειρά και είναι οριζόντια έως ελαφρά κεκλιμένη (μέχρι 10°) προς τα Νότια. Το πάχος της σειράς είναι μικρό κοντά στην γραμμή επαφής με τη σειρά των ερυθροπηλών λόγω διάβρωσης, όμως γίνεται μεγαλύτερο

όσο απομακρυνόμαστε από αυτήν (αρκετές εκατοντάδες μέτρα). Η παράκτια περιοχή έρευνας καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις που αποτελούνται από αργίλους, άμμους, χαλίκια, αμμοχάλικα, κροκάλες και ποικίλης κοκκομετρίας μηχανικά ιζήματα.

Το κυριότερο ρήγμα στην περιοχή έρευνας είναι αυτό του Ανθεμούντα με διεύθυνση Α – Δ και μήκος που εκτείνεται τμηματικά από το Γαλαρηνό μέχρι και τον οικισμό του Αγγελοχωρίου και διαμορφώνει το έντονο μορφοανάγλυφο της περιοχής με τεκτονικές αναβαθμίδες κατά μήκος του, με την ασύμμετρη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ανθεμούντα, καθώς επίσης και την σύνδεση του με ιστορικούς σεισμούς.

Στον Δήμο Θερμαϊκού, αναπτύσσονται δύο κύριοι τύποι υδροφόρων οριζόντων, ανάλογοι των γεωλογικών συνθηκών της πεδινής παραθαλάσσιας ζώνης και της λοφώδους έκτασης. Υποκείμενα των αλλουβιακών αποθέσεων της παράκτιας ζώνης αναπτύσσεται η νεογενής σειρά ιζηματογενών πετρωμάτων, που είναι γνωστή στην βιβλιογραφία με το όνομα ψαμμιτομαργαϊκή σειρά και η οποία παρουσιάζει υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Η σειρά αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων άμμων, ψαμμιτών, μαργών και αργίλων όπως επίσης μπορεί να παρεμβάλλονται ενστρώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστολίθων. Οι άμμοι εμφανίζουν αρκετά αυξημένη υδροπερατότητα ($K \sim 10^{-4}$ m/s). Μέσα σε αυτό το σύστημα εναλλασσόμενων στρωμάτων αναπτύσσονται επάλληλοι υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες. Ο υδροφορέας αυτός αποτελεί τον κύριο υδροφορέα εκμετάλλευσης για ύδρευση στην περιοχή.

Από την γεωτρητική έρευνα που έγινε κατασκευάστηκαν οι λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων T174 και T175. Η λιθολογία τους χαρακτηρίζεται κυρίως από άμμους και χαλίκια στα αρχικά στρώματα και βαθύτερα από άργιλο καφέ και πράσινου χρώματος μαζί με λεπτόκοκκη άμμο και λίγα χαλίκια. Και στις δύο γεωτρήσεις τα στρώματα καφέ και πράσινης αργίλου εναλλάσσονται.

Για τον υπολογισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών των υδροφορέων (T, S, k) συλλέχθηκαν δεδομένα από τις δοκιμαστικές αντλήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Έπειτα στα αντλητικά δεδομένα εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι του Theis, του Jacob και η μέθοδος της επανόδου της στάθμης με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή (πρόγραμμα Aquifer Test). Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι:

Για την γεώτρηση T174: ο συντελεστής μεταβιβαστικότητας T κυμαίνεται από $5,98 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$ έως $7,40 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$ με μέση τιμή $6,69 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$. Ο συντελεστής αποθηκευτικότητας S κυμαίνεται από $4,02 \times 10^{-4}$ έως $1,80 \times 10^{-5}$ με μέση τιμή $2,09 \times 10^{-4}$. Τέλος ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας k κυμαίνεται από $8,30 \times 10^{-4} \text{ m/min}$ έως $1,02 \times 10^{-3} \text{ m/min}$ με μέση τιμή $5,51 \times 10^{-3}$.

Για την γεώτρηση T175: ο συντελεστής μεταβιβαστικότητας T κυμαίνεται από $1,30 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$ έως $4,62 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$ με μέση τιμή $2,49 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$. Ο συντελεστής αποθηκευτικότητας S κυμαίνεται από $4,47 \times 10^{-2}$ έως $9,98 \times 10^{-2}$ με μέση τιμή $7,22 \times 10^{-2}$. Τέλος ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας k κυμαίνεται από $1,86 \times 10^{-2} \text{ m/min}$ έως $2,16 \times 10^{-2} \text{ m/min}$ με μέση τιμή $2,01 \times 10^{-2} \text{ m/min}$.

Από τις τιμές του συντελεστή αποθηκευτικότητας στις δύο γεωτρήσεις συμπεραίνεται ότι πρόκειται για υπό πίεση υδροφορέα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βουδούρης, Κ. (2010): Υδρογεωλογική έρευνα ευρύτερης περιοχής Περαίας, Δήμου Θερμαϊκού, Θεσσαλονίκης. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος. Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ.
- Βουδούρης, Κ. (2009): Υδρογεωλογία περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη.
- Κουμαντάκης, Ι. (2006): Γεωλογικά προβλήματα Δήμου Θερμαϊκού και αντιμετώπιση τους. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος. ΕΜΠ.
- Μουντράκης, Δ. (2010): Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη.
- Παυλίδης, Σπ, κ.ά. (2007): Γεωλογική και σεισμοτεκτονική έρευνα του ρήγματος Περαίας. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος. Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ.
- Σούλιος, Γ. (2008): Γενική Υδρογεωλογία, Τόμος Β. Θεσσαλονίκη.
- Batu, V. (1998): Aquifer hydraulics. A comprehensive guide to hydrogeological data analysis. John Wiley & Sons.
- Chow, V.T. (1952): On the determination of transmissibility and storage coefficients from pumping test data. Transactions, American Geophysical Union, Vol. 33.
- Cooper, H.H., Jacob, C.E. (1946): A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, Transactions, American Geophysical Union.
- Hantush, M.S. (1964): Hydraulics of wells. Adv. Hydrosoci 1.
- Huisman, L. (1972): Groundwater recovery. MacMillan Press, London.

Lohman, S.W. (1972): Groundwater Hydraulics. U.S. Geol. Survey.

Shekhar, S. (2006): An approach to interpretation of step drawdown tests. Hydrogeology Journal 14(6)

Theis, C.V. (1935): The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Transactions, American Geophysical Union, Vol. 16.

Walton, W.C. (1987): Groundwater pumping tests: Design and Analysis. National Water Well Association. Lewis Publishers.