

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΙΝΔΟΥ, Ν. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Κουκίδου Ειρήνη



Επιβλέπων Καθηγητής: Κ. Βουδούρης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2005

Περιεχόμενα

Πρόλογος

Εισαγωγή

1. Περιγραφή της περιοχής μελέτης

1.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής

1.2 Μορφολογία

1.3 Γεωμορφολογική εξέλιξη

1.4 Βροχομετρικά δεδομένα

2. Γεωλογία της περιοχής μελέτης

2.1 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής

2.2 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής της Σίνδου

2.3 Τεκτονική της περιοχής μελέτης

3. Υδρογεωλογία της περιοχής μελέτης

3.1 Υδροφόροι ορίζοντες

3.2 Αξιοποίηση των υδροφόρων οριζόντων

3.3 Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού

3.4 Πιεζομετρικοί χάρτες

Βιβλιογραφία

Πρόλογος

Στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, μου ανατέθηκε η υδρογεωλογική μελέτη της περιοχής Σίνδου, Θεσσαλονίκης.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον **κ. Κ. Βουδούρη** που μου ανέθεσε το θέμα αυτό και που συνεργάστηκε μαζί μου δίνοντάς μου όλα τα απαραίτητα στοιχεία και πληροφορίες για να φέρω σε πέρας τη διπλωματική μου εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον **κ. Θ. Σπάχο** γεωλόγο της ΕΥΑΘ, που με βοήθησε να πραγματοποιήσω τις μετρήσεις πεδίου και μου παραχώρησε τα στοιχεία των γεωτρήσεων.

Τέλος τον **κ. Δ. Δρόσο**, πολιτικό μηχανικό της ΕΥΑΘ, που έχοντας λάβει μέρος στην ανόρυξη των γεωτρήσεων και έχοντας μελετήσει ο ίδιος την περιοχή, με ενημέρωσε σχετικά με την περιοχή και μου έδωσε πολύτιμες πληροφορίες και κάποια συμπεράσματα που έχουν προκύψει από την πολύχρονη μελέτη του στην περιοχή.

Για την επίτευξη του σκοπού της παρούσας διπλωματικής εργασίας και σε συνδυασμό με την πρακτική μου άσκηση εργάστηκα στην ΕΥΑΘ. Εκεί μελέτησα τα αποτελέσματα όλων των υφιστάμενων μελετών και ερευνών, που έχουν εκπονηθεί στην περιοχή και αφορούν κυρίως την ανόρυξη νέων γεωτρήσεων για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών της πόλης. Από τις μελέτες αυτές αποκόμισα στοιχεία σχετικά με τη γεωλογία και την υδρογεωλογία τόσο της Σίνδου, όσο και της ευρύτερης περιοχής. Άνθρωποι που εργάζονται στην εταιρία με τους οποίους συνεργάστηκα και συγκεκριμένα τον κ. Σπάχο και τον κ. Δρόσο, ήταν παρόντες στη διάνοιξη πολλών γεωτρήσεων στην περιοχή και γνωρίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Με βοήθησαν λοιπόν να βγάλω συμπεράσματα, όπως αυτά προκύπτουν από δικές τους επί τόπου εργασίες και έρευνες, για τη μορφολογία της περιοχής, για τη γεωλογία της, τους υδροφόρους ορίζοντες με βάση τα δεδομένα της γεωτρητικής έρευνας (γεωλογικά καρότα, γεωλογικές τομές).

Στο διάστημα αυτό, είχα πρόσβαση στα αρχεία των γεωτρήσεων, από τα οποία συνέλεξα στοιχεία που αφορούν τις γεωλογικές τομές των γεωτρήσεων, τη θέση των υδροφόρων στρωμάτων, τα δεδομένα των δοκιμαστικών αντλήσεων, τα υδραυλικά χαρακτηριστικά (T , k , d , q) των γεωτρήσεων και τα αποτελέσματα από γεωφυσικές διαγραφίες που είχαν διενεργηθεί στο παρελθόν.

Αναλυτικά στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας μου πραγματοποιήθηκαν οι κάτωθι εργασίες:

- Συλλογή και αξιολόγηση όλων των υφιστάμενων μελετών και ερευνών που αφορούν τη γεωλογία, στρωματογραφία και υδρογεωλογία της περιοχής μελέτης.
- Συλλογή και επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων του σταθμού της Σίνδου.
- Πραγματοποίηση μηνιαίων μετρήσεων της στάθμης του υπόγειου νερού σε 15 γεωτρήσεις της περιοχής Σίνδου, κατά τη διάρκεια του έτους 2005.
- Εύρεση των γεωγραφικών συντεταγμένων της θέσης των γεωτρήσεων με χρήση GPS.
- Λήψη φωτογραφιών στο ύπαιθρο
- Κατασκευή πιεζομετρικού χάρτη



Εισαγωγή- Υφιστάμενη κατάσταση

Οι υπόγειοι υδροφορείς οι οποίοι αναπτύσσονται στις τεταρτογενείς αποθέσεις του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης- Αξιού (Γιαννιτσών), που εκτείνεται μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, περιλαμβάνοντας την περιοχή μελέτης, εκτός του ότι αποτελούν τις μοναδικές πηγές υδροληψίας των κοινοτήτων Χαλάστρας, Ανατολικό, Αγίου Αθανασίου, Γέφυρας, Σίνδου και Καλοχωρίου, αποτελούν συγχρόνως και μια από τις πηγές υδροληψίας της ΕΥΑΘ, από την εκμετάλλευση των οποίων καλυπτόταν πριν το 2004 το 50% περίπου των ημερήσιων υδρευτικών αναγκών της πόλης της Θεσσαλονίκης. Μετά το 2004 καλύπτουν περίπου το 20% των αναγκών αυτών, με το μεγαλύτερο μέρος να καλύπτεται από τον Αλιάκμονα και τις πηγές της Αραβησσού και σήμερα ο Αλιάκμονας καλύπτει ποσοστό μεγαλύτερο του 50%, ενώ αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη αύξηση του ποσοστού αυτού.

Η εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων της παραπάνω περιοχής αρχίζει από το τέλος του 19^{ου} αιώνα και συγκεκριμένα από το 1899, όταν η γαλλική εταιρεία ύδρευσης της Θεσσαλονίκης πραγματοποίησε την κατασκευή των πρώτων φρεάτων υδροληψίας για την υδροδότηση της πόλης της Θεσσαλονίκης. Η ουσιαστική όμως εκμετάλλευση άρχισε από το τέλος της δεκαετίας 1950 με την κατασκευή των πρώτων μεγάλου βάθους γεωτρήσεων υδροληψίας του ΟΥΘ στην περιοχή του Καλοχωρίου, για να ακολουθήσει στη συνέχεια στο τέλος της δεκαετίας του 1960 η κατασκευή μιας σειράς υδρογεωτρήσεων εκμεταλλεύσεως, βάθους από 100 m έως 220 m περίπου στις περιοχές Σίνδου, Χαλάστρας, Ανατολικό, Ελεούσας και Ν. Χαλκηδόνας.

Με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία οι αντλούμενες ποσότητες νερού από τις υδρογεωτρήσεις του ΟΥΘ της περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου, ανέρχονται στα μέσα της δεκαετίας 1970 σε 80.000 m³ περίπου την ημέρα, κατά το 1984 στα 16.500 m³ την ημέρα σε σύνολο 163.000 m³ που αντλούνται από τις διάφορες πηγές υδροληψίας, ενώ σήμερα οι γεωτρήσεις αυτές δεν λειτουργούν ή καλύπτουν περίπου το 1% από τα 280.000 m³ που απαιτούνται καθημερινώς για την υδροδότηση της πόλης.

Κεφάλαιο 1^ο

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1 Γεωγραφική θέση

Η περιοχή της Σίνδου βρίσκεται στα Δυτικά της πόλης Θεσσαλονίκης, καλύπτοντας τα διοικητικά όρια του Δήμου Εχέδωρου και αποτελεί το παράκτιο τμήμα μεταξύ των ποταμών Γαλλικού και Αξιού (Σχήμα 1.1).

Η περιοχή εκτείνεται στην εύφορη πεδιάδα της Θεσσαλονίκης που άλλοτε καλυπτόταν από θάλασσα και δημιουργήθηκε από τις προσχώσεις των ποταμών Αλιάκμονα, Λουδία και Αξιού και της Ανθεμούντας. Την απέραντη εύφορη πεδιάδα διαρρέουν οι ποταμοί: Αλιάκμονας (στο ΝΔ/κό άκρο), Λουδίας, Αξιός (Βαρδάρης) και Γαλλικός (στο κέντρο), που εκβάλλουν στο Θερμαϊκό κόλπο. Στην άμμο του Γαλλικού υπάρχει χρυσός, παλαιότερα γινόταν εκμετάλλευσή του, αλλά κρίθηκε τελικά ασύμφορη. Από τους ανέμους που επικρατούν, χαρακτηριστικότερος είναι ο βόρειος και ψυχρός Βαρδάρης.

Στην περιοχή κατοικούν 5.576 κάτοικοι (στοιχεία ΕΣΥΕ, 2001). Η περιοχή είναι αγροτική και εμποροβιομηχανική και παράγει: δημητριακά, λάδι, κρασί, όσπρια, ρύζι, φρούτα, κηπευτικά, βαμβάκι, πεπονοειδή και αξιόλογα αλιευτικά, κτηνοτροφικά και πτηνοτροφικά προϊόντα. Η περιοχή αποτελεί επίσης μια βιομηχανική περιοχή. Εκεί υπάρχουν διυλιστήρια πετρελαίου και πετροχημικές βιομηχανίες, εργοστάσια τροφίμων και ποτών, μεταλλικών και άλλων κατασκευών, επεξεργασίας ξύλου και επιπλοποιίας, υφαντουργίας, ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, ειδών οικιακής χρήσης κ.λπ.

Η περιοχή εκτός από βιομηχανική παρουσιάζει και αρχαιολογικό ενδιαφέρον, αφού η αρχαιολογική έρευνα στη Σίνδο, σε ένα χωριό περίπου 20 km Δυτικά της Θεσσαλονίκης, έφερε στο φως ένα σημαντικό νεκροταφείο με 121 συνολικά τάφους, που εκτείνονταν πάνω σε ένα φυσικό χαμηλό λόφο. Οι τάφοι ήταν στην πλειονότητά τους κιβωτιόσχημοι και λακκοειδείς, ενώ υπήρχαν και σαρκοφάγοι. Όλες οι ταφές ήταν πλούσια κτερισμένες με πήλινα και χάλκινα αγγεία, ασπίδες, σιδερένια όπλα, χάλκινα κράνη και ασημένια κοσμήματα. Οι ανδρικές ταφές περιείχαν όπλα, οι γυναικείες κοσμήματα, ενώ μάσκες κάλυπταν τα πρόσωπα τεσσάρων νεκρών: τρεις χρυσές και μια ασημένια επιχρυσωμένη. Τα κτερίσματα δείχνουν ότι ο οικισμός στον

οποίο ανήκε το νεκροταφείο άνθισε στο τελευταίο τέταρτο του 6ου αι. π.Χ. και στις αρχές του 5ου αι. π.Χ. (αρχαϊκή περίοδος), ενώ οι τάφοι της κλασικής περιόδου δεν έδωσαν τόσο πλούσια ευρήματα. Ο οικισμός αυτός σχετίζεται με την Τούμπα της Νέας Αγχιάλου, έναν λόφο Βόρεια του νεκροταφείου, που πιθανότατα ταυτίζεται με την αρχαία Χαλάστρα, γνωστή από τις αρχαίες πηγές.



Σχήμα 1.1: Θέση της περιοχής μελέτης.

1.2 Μορφολογία

Η πεδινή περιοχή που εκτείνεται μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού (Σχήμα 1.2), περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης και παρουσιάζει ως τμήμα της πεδιάδας Θεσσαλονίκης- Γιαννιτσών όλους τους μακρομορφολογικούς χαρακτήρες ενός τεκτονικού βυθίσματος.

Από μορφολογική άποψη, η περιοχή αυτή εμφανίζει ένα ομαλότατο τοπογραφικό ανάγλυφο με μικρές υψομετρικές διαφορές ως προς την επιφάνεια της θάλασσας και κακές συνθήκες αποστράγγισης.

Επιφανειακά καλύπτεται από ένα αμμοιλυώδες έως ιλυοαργιλωδες στρώμα του πρόσφατου παρελθόντος, ενώ το υπέδαφός της συνίσταται από αλλόχθονες κλαστικές αποθέσεις, η ηλικία των οποίων τοποθετείται στο Τεταρτογενές. Οι κλαστικές αυτές αποθέσεις συνίστανται από εναλλασσόμενα στρώματα αργίλων, ιλύων, άμμων, χαλίκων και κροκάλων ή μίγματα αυτών.

Η παρουσία θαλάσσιων απολιθωμάτων από Γαστερόποδα και Ελασματοβράγχια στις Ολοκαινικές αποθέσεις της περιοχής αποδεικνύει ότι το τμήμα της πεδιάδας Θεσσαλονίκης- Γιαννιτσών, που εκτείνεται μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, αποτελούσε κατά το πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν μέρος της θάλασσας του Θερμαϊκού. Έτσι προκύπτει ότι η δημιουργία του τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης- Γιαννιτσών, που εκτείνεται μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού και περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης πρέπει να αποδοθεί στην προσχωματική δράση των ποταμών αυτών. Για τον λόγο αυτό παρατίθεται μορφολογικά στοιχεία που αφορούν τις λεκάνες των προαναφερθέντων ποταμών.



1.3 Μορφομετρικές παράμετροι της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού

Οι λοφώδεις σχηματισμοί που αναπτύσσονται βόρεια του Πευκοδάσους και της αρχαίας Αταλάντης οριοθετούν και διαχωρίζουν τη λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού, συνολικής έκτασης 23.750 km² περίπου σε δύο δευτερεύουσες λεκάνες οι οποίες επικοινωνούν δια μέσου των στενών του Τσιγγανέ Δερβέν. Δηλαδή:

- α) Στην υπολεκάνη απορροής του άνω ρου του ποταμού Αξιού προς Βορρά, συνολικής έκτασης 22.350 km² περίπου και
- β) στην υπολεκάνη απορροής του κάτω ρου του ποταμού Αξιού προς Νότο, η υδροκριτική γραμμή της οποίας αναπτύσσεται εξ' ολοκλήρου στον ελλαδικό χώρο.

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού έχει περίπου σχήμα ισόπλευρου τριγώνου με ανώμαλη κυματοειδή βάση και κορυφή στραμμένη προς το Θερμαϊκό κόλπο.

Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται σε 1.650 m. Το μέγιστο αναγλύφο της που εκφράζει την υψομετρική διαφορά μεταξύ του μέγιστου υψομέτρου και του υψομέτρου στο στόμιο της λεκάνης κατά μήκος της μεγαλύτερης διάστασής της, υπολογίστηκε σε 1.642 m , ενώ το μέσο υψόμετρό της ανέρχεται σε 239 m.

Ο δείκτης αναγλύφου της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, ο οποίος είναι ο δείκτης της έντασης των διεργασιών της διάβρωσης που έγιναν και γίνονται στις κλιτύες της λεκάνης απορροής, ανέρχεται σε 0,04 (Μελαδιώτης, 1984).

Από την υψομετρική καμπύλη της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, η οποία δείχνει την κατανομή του τοπογραφικού της αναγλύφου και η οποία ορίζεται από την περίμετρό της και δύο επίπεδα, ένα βασικό που διέρχεται από το στόμιο της λεκάνης και ένα κορυφαίο που διέρχεται από το μέγιστο υψόμετρό της, υπολογίστηκαν:

- α) Το υψόμετρο συχνότητας 50% που ανέρχεται σε 115 m και εκφράζει το υψόμετρο του 50% της συνολικής επιφάνειας της λεκάνης απορροής και
- β) Το υψόμετρο μέγιστης συχνότητας που ανέρχεται σε 50 m και εκφράζει το υψόμετρο της μεγαλύτερης σε έκταση επιφάνειας του αναγλύφου της λεκάνης, η οποία ορίζεται από δύο διαδοχικές ισοϋψείς καμπύλες.

Οι χαμηλές αυτές τιμές της υψομετρικής καμπύλης της λεκάνης συνδυαζόμενες με τις χαμηλές τιμές των άλλων μορφομετρικών της παραμέτρων μαρτυρούν έντονη υποβάθμιση του αναγλύφου της.

1.4 Μορφομετρικές παράμετροι της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού

Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού, η οποία αναπτύσσεται ανατολικά της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού κατά διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, έχει σχήμα απιοειδές. Η συνολική επιφάνεια του τοπογραφικού της αναγλύφου που ορίζεται από την υδροκριτική της γραμμή ανέρχεται σε 935 km^2 , το συνολικό μήκος της περιμέτρου της ανέρχεται σε $145,8 \text{ km}$ ενώ το συνολικό μήκος των ισοϋψών της καμπυλών των εκατό μέτρων υπολογίστηκε σε $337,5 \text{ km}$ περίπου.

Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται σε 1.179 m , το μέγιστο ανάγλυφο της υπολογίστηκε σε 1.129 m ενώ το μέσο υψόμετρό της $337,5 \text{ m}$. Ο δείκτης αναγλύφου της υπολογίστηκε σε $0,02$.

Ενώ από την υψομετρική καμπύλη της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού προσδιορίστηκε το υψόμετρο συχνότητας 50% που ανέρχεται σε 325 m , καθώς και το υψόμετρο μέγιστης συχνότητας που ανέρχεται σε 250 m . Οι χαμηλές τιμές της υψομετρικής καμπύλης της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού σε συνδυασμό με τις χαμηλές τιμές των άλλων μορφομετρικών της παραμέτρων υποδηλώνουν θεωρητικά, έντονη υποβάθμιση του αναγλύφου της.

Σύμφωνα με τις τιμές των μορφομετρικών παραμέτρων του μορφολογικού αναγλύφου και υδρογραφικού δικτύου των λεκανών απορροής των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, προέκυψαν τα εξής (Μελαδιώτης, 1984):

1) Οι λεκάνες απορροής των ποταμών Γαλλικού και Αξιού βρίσκονται από άποψη εξέλιξης σε προχωρημένο αλλά διαφορετικό στάδιο απογύμνωσης του αναγλύφου τους. Συγκεκριμένα από τη σύγκριση των υψομετρικών καμπυλών των δύο παραπάνω λεκανών απορροής με τις χαρακτηριστικές υψομετρικές καμπύλες του κύκλου απογύμνωσης του αναγλύφου, η λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού βρίσκεται ήδη στο στάδιο της προχωρημένης ωριμότητας, ενώ η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού βρίσκεται στο στάδιο της αρχικής ωριμότητας.

2) Από τις τιμές των υψομετρικών ολοκληρωμάτων των δύο παραπάνω λεκανών απορροής προέκυψε το συμπέρασμα ότι η διάβρωση έχει ήδη μετακινήσει μέσω του υδρογραφικού δικτύου της κάθε λεκάνης, το οποίο αποτελεί το βασικό μεταφορέα των υλικών της διάβρωσης και αποσάθρωσης των πετρωμάτων της λεκάνης, το $85,4\%$ του συνολικού όγκου του αναγλύφου της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού. Το γεγονός ότι το πάχος των τριτογενών και τεταρτογενών ιζημάτων στην περιοχή του Αγίου Αθανασίου ξεπερνά τα 2.200 m , σύμφωνα με τα αποτελέσματα

γεωτρητικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή για την ανεύρεση πετρελαίου, αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο του όγκου των φερτών υλικών που έχουν αποθεθεί από τους ποταμούς Αξιό και Γαλλικό στο ανατολικό τμήμα του τεκτονικού βυθίσματος Θεσσαλονίκης- Γιαννιτσών που εκτείνεται μεταξύ των δύο ποταμών.



Σχήμα 1.2: Γεωγραφική θέση των λεκανών απορροής Γαλλικού και Αξιού.

3) Επειδή η εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου μιας λεκάνης απορροής συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη του σταδίου απογύμνωσης του αναγλύφου των δύο παραπάνω λεκανών απορροής σημαίνει και διαφορετικό στάδιο εξέλιξης των υδρογραφικών δικτύων. Αποτέλεσμα του διαφορετικού σταδίου εξέλιξης στο οποίο βρίσκονται τα υδρογραφικά δίκτυα των δύο παραπάνω λεκανών απορροής και του διαφορετικού είδους ροής που παρουσιάζουν οι ποταμοί Αξιός (ποτάμια ροή) και Γαλλικός (χειμαρρώδης ροή), είναι τα κλαστικά υλικά που αποτίθενται στις εκβολές των δύο αυτών ποταμών να παρουσιάζουν διαφορετικές κοκκομετρικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα τα κλαστικά υλικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού τα οποία

μεταφέρθηκαν από τους τόπους παραγωγής στις εκβολές του ποταμού Αξιού μέσω ενός αραιού και αδράς υφής υδρογραφικού δικτύου, πρέπει στο σύνολό τους να είναι λεπτόκοκκα με υψηλό βαθμό στρογγυλότητας και σφαιρικότητας, ενώ τα κλαστικά υλικά της λεκάνης απορροής του Γαλλικού, τα οποία μεταφέρθηκαν από τους τόπους παραγωγής στις εκβολές του Γαλλικού ποταμού μέσω ενός πυκνού και λεπτής υφής υδρογραφικού δικτύου, πρέπει στο σύνολό τους να είναι χονδρόκοκκα με χαμηλό βαθμό σφαιρικότητας και στρογγυλότητας. Κατά συνέπεια τα κλαστικά υλικά που προέρχονται από τη λεκάνη απορροής του Γαλλικού, τα οποία δομούν ένα ορισμένο ποσοστό των τεταρτογενών ιζημάτων του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης- Γιαννιτσών που εκτείνεται μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, πρέπει αφ' ενός να είναι αδρομερέστερα από τα αντίστοιχης ηλικίας φερτά υλικά του ποταμού Αξιού, αφ' ετέρου δε να παρουσιάζουν κακή ομοιογένεια, πολύπλοκη διάταξη και διάφορο προσανατολισμό. Άρα η κοκκομετρία των τεταρτογενών αποθέσεων της παραπάνω πεδινής περιοχής πρέπει να αυξάνει σταδιακά κατά την οριζόντια έννοια από την κοίτη του ποταμού Αξιού προς την κοίτη του Γαλλικού ποταμού.

Το συμπέρασμα αυτό το οποίο βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα της γεωτρητικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή, έχει ιδιαίτερη σημασία από υδρογεωλογική άποψη αφού υποδηλώνει ότι, ***η τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων που αναπτύσσονται στις ολοκαινικές αποθέσεις της περιοχής, πρέπει να γίνεται ευκολότερα από την πλευρά της κοίτης του Γαλλικού ποταμού και δυσκολότερα από την πλευρά της κοίτης του ποταμού Αξιού.***

4) Επειδή η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου μιας λεκάνης απορροής συνδέεται άμεσα με την υδροπερατότητα των πετρωμάτων της από το αραιό και αδράς υφής υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, το οποίο μαρτυρά περιορισμένη επιφανειακή απορροή σε σχέση με την κατείδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της λεκάνης, συμπεραίνεται ότι τα πετρώματα τα οποία δομούν το γεωλογικό της υπόβαθρο θα πρέπει στο σύνολό τους να είναι υδροπερατά, ενώ από το πυκνό και λεπτής υφής υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού, το οποίο μαρτυρά αυξημένη επιφανειακή απορροή σε σχέση με την κατείδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, συμπεραίνεται ότι τα πετρώματα τα οποία δομούν το γεωλογικό υπόβαθρο της παραπάνω λεκάνης θα πρέπει στο σύνολό τους να είναι αδιαπέρατα.

Το θεωρητικό αυτό συμπέρασμα, αν και έρχεται σε αντίθεση με την υδρολογική συμπεριφορά πολλών πετρωμάτων που δομούν το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, τα οποία από υδρολιθολογική άποψη χαρακτηρίζονται ως υδατοστεγανά, δεν απέχει εντούτοις από την πραγματικότητα εξαιτίας της ανάπτυξης δευτερογενούς πορώδους σε αρκετά αδιαπέρατα πετρώματα και της παρουσίας ενός σαθρού, ημιπερατού ελλουβιακού μανδύα, ο οποίος κατά τόπους καλύπτει το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης.



1.5 Γεωμορφολογική εξέλιξη

Η σύνθετη διαδικασία της σταδιακής μετατροπής του δυτικού τμήματος του άλλοτε Θερμαϊκού κόλπου στη σύγχρονη προσχωσιγενή πεδιάδα Θεσσαλονίκης-Αξιού (Γιαννιτσών) υπήρξε αντικείμενο αρκετών μελετών και συζητήσεων ήδη από τον περασμένο αιώνα (Σχήμα 1.3). Παρά τις ποικίλες απόψεις είναι γενικά αποδεκτοί τέσσερις παράγοντες που χαρακτηρίζονται καθοριστικοί για τη μετατροπή αυτή (Μελαδιώτης 1984, Ψιλοβίκος 19):

- 1) Η έντονη προσχωματική δράση των ποταμών,
- 2) οι ανοδικές κινήσεις του εδάφους,
- 3) η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης και
- 4) η ανθρώπινη επέμβαση.

Μια πρώτη προσπάθεια για τη σύνθεση των απόψεων αυτών οδηγεί στο σχηματισμό μιας πιθανής εικόνας της γεωμορφολογικής μεταμόρφωσης της λεκάνης Θεσσαλονίκης-Αξιού:

Προς το τέλος της κατώτερης Παλαιολιθικής (15.000 π.Χ.) η θαλάσσια στάθμη ήταν 120 μ. χαμηλότερη από τη σημερινή, με αποτέλεσμα μεγάλο μέρος της σύγχρονης βορειοελλαδικής υφαλοκρηπίδας να είναι ξηρά. Την εποχή αυτή φαίνεται πως υπήρχαν αρκετές και εκτεταμένες λίμνες, όπως αυτή του Άγρα Έδεσσας. Η άνοδος της θερμοκρασίας που συνέβη κατά το Ολόκαινο (10.000 π.Χ.) οδήγησε μετά το λιώσιμο των πάγων στη σταδιακή ανύψωση των νερών της θάλασσας. Στο διάστημα μέχρι το τέλος της 7^{ης} χιλ. π.Χ. το αλμυρό νερό εισχώρησε στην προϋπάρχουσα λίμνη των Γιαννιτσών και αποτέλεσε το δυτικό τμήμα του Θερμαϊκού. Τα υφάλμυρα νερά παραχώρησαν σταδιακά τη θέση τους σε συνθήκες θαλάσσιου περιβάλλοντος. Παρά τις κάποιες αυξομειώσεις στη στάθμη της θάλασσας, η άνοδος των νερών συνεχίστηκε καθ' όλη τη διάρκεια της Νεολιθικής εποχής (6.500-3.100 π.Χ.) για να ενταθεί προς το τέλος της.

Κατά την 6^η χιλ. π.Χ., οπότε διαπιστώνεται και η πρώτη κατοίκηση της περιοχής από τον άνθρωπο, αλλά και αργότερα, η θάλασσα έφτανε μέχρι την Πέλλα, προσέγγιζε τα Γιαννιτσά, την Αξό, την Καρυώτισσα, την Κρύα Βρύση και την Αλεξάνδρεια. Στην ενδοχώρα των δυτικών και νοτιοδυτικών ακτών απλωνόταν μεγάλη πεδινή περιοχή η οποία καλυπτόταν από εκτεταμένες ακανόνιστες ζώνες βαλτότοπων και αλμύρων. Ο Αξιός είχε τις εκβολές του στην Αξιούπολη και ο Αλιάκμονας και ο Έδεσσαίος στις νοτιοδυτικές ακτές του κόλπου. Στους κλασσικούς

χρόνους γύρω στον 5^ο αιώνα, η θάλασσα έφθανε μέχρι τη σειρά των λοφίσκων που βρίσκονται στο δρόμο της Ν. Χαλκηδόνας Γιαννιτσών. Γύρω στον 5^ο αιώνα π.χ. ο Θουκυδίδης αναφέρει ότι ένα “στενό χωριό (μια λωρίδα ξηράς) κοντά στον Αξίο πλησίασε την Πέλλα”.



Σχήμα 1.3: Σχηματική απεικόνιση της γεωμορφολογικής εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Από Μελαδιώτης, 1984).

Τον 5^ο αι. π.Χ. ο Αλιάκμονας και ο Εδεσσαίος είχαν κοινές εκβολές, ενώ ο Αξίος εξέβαλλε αρκετά ανατολικά της Χαλκηδόνας. Η απομάκρυνση της θάλασσας από την περιοχή οφείλεται στις προσχώσεις των ποταμών Εχέωρου (Γαλλικού), Αξιού, Εδεσσαίου και του Αλιάκμονα, σε συνδυασμό με τις ανοδικές κινήσεις της περιοχής. Ο Σκύλαξ αναφέρει ότι για να φθάσει κανείς στην Πέλλα χρειάζεται “ανάπλους ανά τον Εδεσσαίο”. Φαίνεται ότι οι ποταμοί με τις προσχώσεις είχαν αποκλείσει υδάτινα

τμήματα του κόλπου από τα οποία σχηματίστηκαν τα έλη. Σ' αυτή την εποχή ο Εδεσσαίος διασχίζει τα έλη και ρίχνει τα νερά του στο Θερμαϊκό κόλπο, γίνεται δηλαδή δρόμος της λίμνης προς τη θάλασσα.

Κατά τον επόμενο αιώνα (4^{ος} π.Χ.) οι εκβολές του Αλιάκμονα μετατοπίστηκαν Α/κά και σε συνδυασμό με την έντονη συσσωρευτική προσχωματική δράση του Αξιού έκλεισαν το στόμιο του προγενέστερου κόλπου, αφήνοντας στενή και ρηχή δίοδο προς το Θερμαϊκό. Ο εντοπισμός σημαντικού αριθμού οικισμών των κλασικών και μεταγενέστερων χρόνων, οι οποίοι εκτείνονται σε μια ευρεία περιοχή που απλώνεται νότια των Γιαννιτσών μέχρι την Αλεξάνδρεια και την Κρύα Βρύση, αποδεικνύει ότι η λιμνοθάλασσα αρχικά και αργότερα λίμνη των Ελληνιστικών και Ρωμαϊκών χρόνων είχε ήδη περιοριστεί νότια της Πέλλας. Οι χαμηλές υψομετρικές εκτάσεις δυτικά και νοτιοδυτικά των Γιαννιτσών καλύπτονταν από εκτεταμένα έλη, των οποίων το βάθος και τα όρια παρουσίαζαν διακυμάνσεις κατά περιοχές και εποχές. Ο ποταμός Λουδίας διασχίζοντας τους βαλτότοπους αυτούς δυτικά, ακολουθούσε τη σημερινή του πορεία στη γέφυρα "Μηδέν" και εξέβαλλε λίγα χιλιόμετρα ανατολικότερα στην ομώνυμη λίμνη.

Στους Ελληνιστικούς χρόνους το λιμάνι δεν βρίσκεται κοντά στην πόλη, αυτό συμπεραίνεται από τα γραπτά του Πλούταρχου που γράφει ότι ο Δημήτριος ο Πολιορκητής θέλησε να κατασκευάσει πλοία, μερικά απ' αυτά αποφάσισε να κατασκευαστούν στον Πειραιά, μερικά στην Κόρινθο και μερικά "περί την Πέλλαν". Ακόμη ο Αρχέστρατος και ο Θεόκριτος αναφέρουν έλη γύρω από τη πόλη. Συγκεκριμένα ο Θεόκριτος σ' ένα του επίγραμμα σατιρίζει τον Αριστοτέλη, γιατί προτίμησε να κατοικήσει στις εκβολές του Βορβόρου, αντί για την Ακαδημία. Ο Πλούταρχος αναφέρει ότι ο Βόρβορος ήταν ποτάμι κοντά στην Πέλλα. Τα νερά του ποταμού αυτού δεν έβρισκαν διέξοδο προς τη θάλασσα και λίμναζαν κοντά στην πόλη Πέλλα. Στη Ρωμαϊκή περίοδο η απόσταση της Πέλλας από τη θάλασσα σύμφωνα με το Στράβωνα είναι 120 στάδια (22 km).

1.7 Βροχομετρικά δεδομένα

Για τη μελέτη της διακύμανσης των βροχοπτώσεων στην περιοχή έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του βροχομετρικού σταθμού Σίνδου για την περίοδο των υδρολογικών ετών 1972-73 έως 2000-01 (Πίν. 1.1).

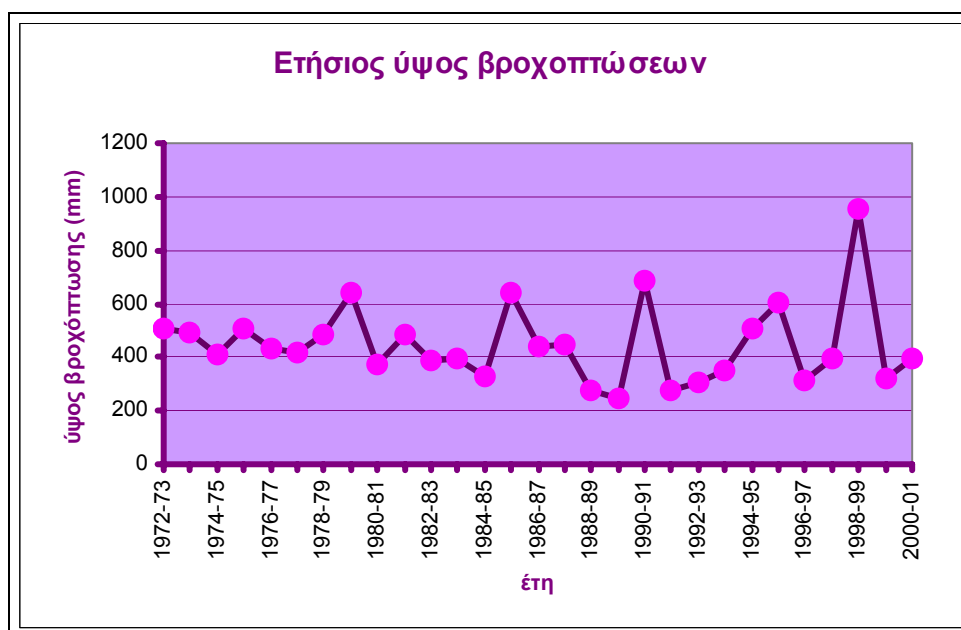
ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΗΣ.
1972-73	57	77.4	33.5	45.3	31.5	61.1	61.1	5.4	15.4	15.8	14.5	87.7	505.7
1973-74	71.9	35.2	30.6	61.1	84.9	57	57	38.8	25.3	0	7.5	19	488.3
1974-75	25.5	54.7	62.3	19	7.5	21.3	21.3	49.8	43.8	12.1	89	6.1	412.4
1975-76	17.7	23	13.9	18	56	20.6	20.6	154.3	32.3	73.1	77.3	2.3	509.1
1976-77	37.8	106	8.8	11.7	7.3	44.2	44.2	74.8	41	25	5	29.2	435
1977-78	10.6	59.5	13.5	40	65	14	14	60.2	10	1.8	65	67	420.6
1978-79	100	17.5	76	10	34.3	13.8	13.8	40.5	23.1	39.5	70	43	481.5
1979-80	103.5	105	21.5	65	13	70.5	70.5	62	43	59	0	29.5	642.5
1980-81	135	34	57	29	13	24	24	13	16	4.8	26	0	375.8
1981-82	44.5	109	43	11	33.8	56	56	28	5	6	87	2.5	481.8
1982-83	43	120.5	21.5	7	6.5	16.5	16.5	11.5	106.5	14	24	3	390.5
1983-84	18.5	38	165	39	30.7	29	29	3	24	7.5	9.5	2.8	396
1984-85	0	57.9	55.3	18.5	9	63	63	13.8	6.5	0.5	18	21	326.5
1985-86	11.5	137.5	0	41	178.5	50	50	62.5	70.5	12	11.5	14.5	639.5
1986-87	17.5	30	1.6	23.2	41.9	108.2	108.2	25.1	13.7	17.1	11.2	42.5	440.2
1987-88	46	117.9	48.7	13.5	14.5	91.2	91.2	7.6	9.6	4	0	0	444.2
1988-89	4	73.6	0	0	0	23.1	23.1	61.9	48.2	20.5	0	21.6	276
1989-90	11.6	23.8	34.2	29.8	1	0.6	0.6	59	7	35.5	30	13.3	246.4
1990-91	27.4	286	9	7.4	67.5	36.4	36.4	33.4	29.7	40.3	80	29.2	682.7
1991-92	20.5	24.8	2	0	0	18	18	48	69.5	55.5	6.5	11	273.8
1992-93	83	64.5	44	28.3	1	38	38	7.5	0	0	0	2	306.3
1993-94	39.1	79.3	16	57	35.5	1.3	1.3	78	0	28	17	0	352.5
1994-95	98.5	58.5	18	45	13	39	39	70	24	22.5	43.7	38.5	509.7
1995-96	6	36.5	33.4	119.5	133	42.5	42.5	28	0	18	60.7	87	607.1
1996-97	35	19.5	32.2	29.1	60.2	26	26	17	6.5	33.5	15.8	10	310.8
1997-98	95.5	27.5	53.5	41	63	5	5	68.5	10.3	0	4	19.5	392.8
1998-99	370	284	42	8.2	28	34.2	35	7.4	29.4	15	4	100.4	957.6
1999-00	44.8	106.8	32.3	4.4	42	8.6	8.6	28.6	2.2	7.2	16.2	16.6	318.3
2000-01	76.2	36	1.6	29.36	38.2	36.1	36.2	41.3	25.4	20.2	28.3	25.7	394.56
Aver.	57.0	77.4	33.5	29.4	38.3	36.2	36.2	41.3	25.4	20.3	28.3	25.7	448.9
Max	370	286	165	119.5	178.5	108.2	108.2	154.3	106.5	73.1	89	100.4	957.6
Min	0	17.5	0	0	0	0.6	0.6	3	0	0	0	0	246.4
S.dev.	70.0	67.5	32.7	25.1	40.5	25.9	25.9	32.2	24.7	18.9	29.3	27.8	149.9

Πίν. 1.1: Βροχομετρικά δεδομένα του σταθμού Σίνδου.

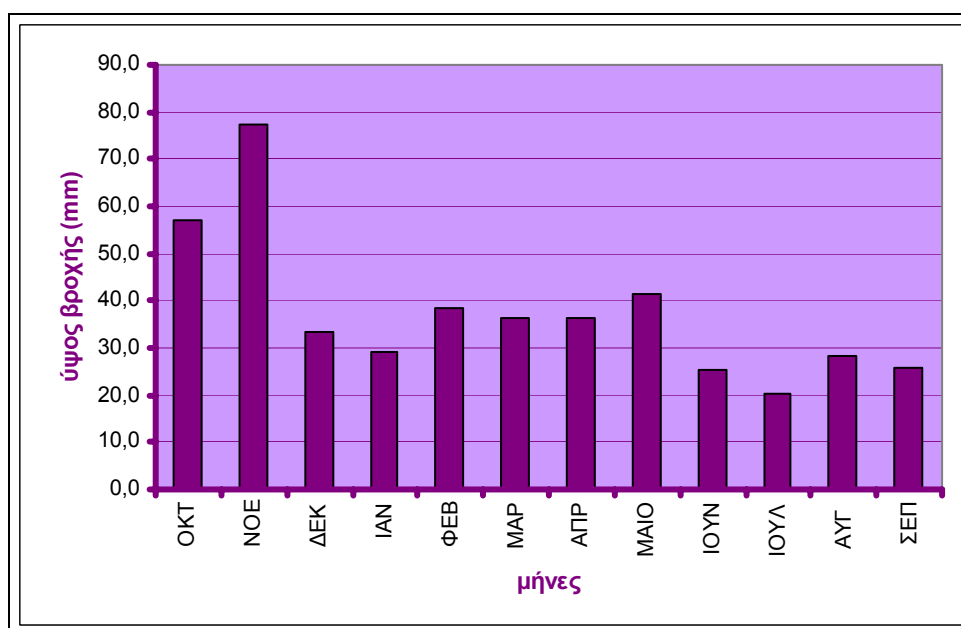
Στο Σχήμα 1.4 παρουσιάζεται η πορεία του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης του σταθμού, απ' όπου προκύπτει ευρεία διακύμανση τιμών. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 448,9 mm. Το υδρολογικό έτος 1998-99 και μετά το 1990-91 ήταν τα έτη με το μεγαλύτερο ύψος βροχής, ενώ το 1989-90 και μετά το 1988-89 ήταν έτος ξηρασίας.

Στο Σχήμα 1.5 φαίνεται η πορεία του μηνιαίου ύψους βροχής για την ίδια χρονική περίοδο. Από το Σχήμα αυτό προκύπτει ότι ο πλέον υγρός μήνας είναι ο Νοέμβριος και ακολουθούν ο Οκτώβριος και ο Μάιος.

Ο πλέον ξηρός μήνας είναι ο Ιούλιος με μέση βροχόπτωση 20,3 mm και ακολουθεί ο Ιούνιος.



Σχήμα 1.4: Διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Σίνδου.



Σχήμα 1.5: Ιστογράμματα των μέσων μηνιαίων υψών βροχόπτωσης του σταθμού Σίνδου για την περίοδο 1970-2000.

Από τα βροχομετρικά στοιχεία παρατηρείται ότι, το μέγιστο μηνιαίο ύψος βροχής εμφανίζεται τον Οκτώβριο του 1998 και είναι 370 mm, ενώ το ελάχιστο είναι 0 και παρατηρείται σε πολλούς μήνες και σε διάφορα έτη.

Κεφάλαιο 2^ο

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Θεωρητικά το γεωλογικό υπόβαθρο της πεδιάδας Θεσσαλονίκης-Γιαννιτσών, όπως και το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού ανήκουν από γεωτεκτονική άποψη στη ζώνη Αξιού, σε αντίθεση με το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης απορροής του ποταμού Γαλλικού το μεγαλύτερο μέρος της οποίας ανήκει στη γεωτεκτονική ζώνη της Σερβομακεδονικής μάζας (Σχήμα 2.1).

2.1.1. Η λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού

Στη λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού, το παλαιοαλπικό υπόβαθρο της οποίας συνίσταται αποκλειστικά από πετρώματα της γεωτεκτονικής ζώνης του Αξιού, οι διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί που αποκαλύπτονται σε φυσικές τομές ή προέρχονται από δείγματα πυρήνων γεωτρήσεων, διακρίνονται από άποψη ηλικίας σχηματισμού σε τρεις διαφορετικές ομάδες (Σχήμα 2.2). Δηλαδή:

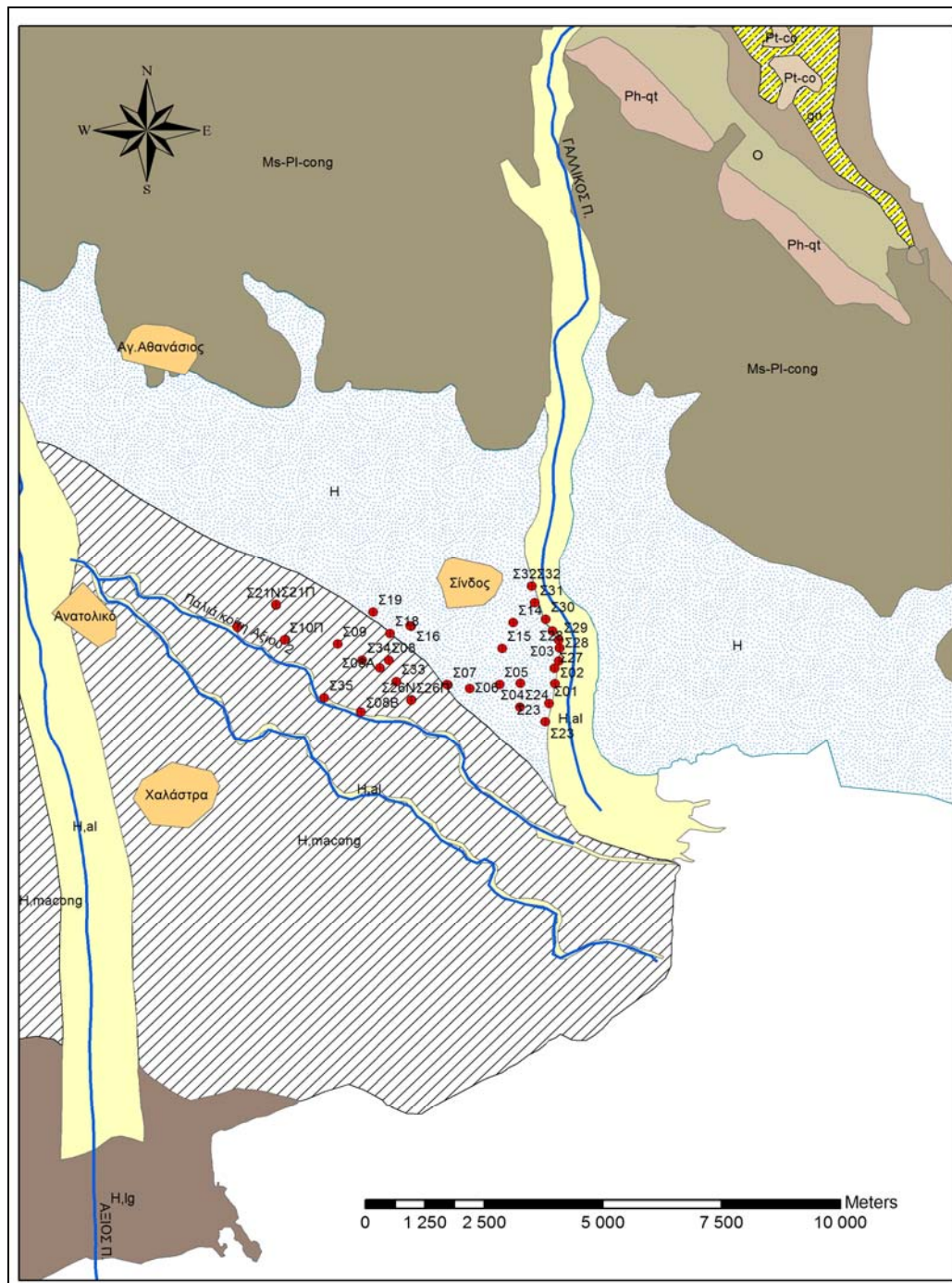
α) Στα παλαιοαλπικής (άνω Τριαδικής έως άνω Ιουρασικής) ηλικίας πετρώματα του υβώματος του Πάικου και της αύλακας της Παιονίας, τα οποία καλύπτουν το 16% περίπου της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού και τα οποία από πετρογραφική άποψη διακρίνονται σε οφειολίθους, γρανίτες, ασβεστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίτες, σχιστόλιθους, χαλαζίτες, φυλλίτες, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ρυολιθικά πορφυροειδή και τοφίτες.

β) Στα μεσοαλπικής (άνω Ηώκαινικής έως κάτω Ολιγοκαινικής) ηλικίας ιζήματα, τα οποία από πετρογραφική ή λιθολογική άποψη διακρίνονται σε ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους, μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, άργιλους, πηλούς, ηφαιστειακούς τόφφους και ρυολιθικά πορφυροειδή και τέλος

γ) Στις νεότερες τεταρτογενείς αποθέσεις, οι οποίες καλύπτουν κατά θέσεις το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης.

Τα παλαιοαλπικής ηλικίας πετρώματα του ποταμού Αξιού, τα οποία ανήκουν στη ζώνη της Παιονίας, αντιστοιχούν σε έξι διαφορετικές γεωλογικές ενότητες οι οποίες εκτείνονται κατά διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Οι γεωλογικές αυτές ενότητες είναι οι ενότητες Γευγελή, Αρτζάν, Βαφειοχωρίου και Μεγάλης Στέρνας της υποζώνης της

Προπαιονίας και οι ενότητες Λεβεντοχωρίου και Μεταλλικού της υποζώνης της ανατολικής Παιονίας.



Σχήμα 2.2: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Σίνδου (ΙΓΜΕ).

(al:αλλουβιακές αποθέσεις, H,al:αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων, Hmacong:προσχώσεις κοιλάδων, H,lg:κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων, H:ολοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες, Phqt:κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων, Ptc:ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων, MsPtcong: ψαμμιτομαργαϊκή σειρά, gn:διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι, O:)

2.1.2. Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που αναπτύσσονται μέσα στα γεωγραφικά όρια εξάπλωσης της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού διακρίνονται από άποψη ηλικίας σχηματισμού σε τέσσερις διαφορετικές ομάδες. Δηλαδή:

α) Στα προαλπικής (άνω Λιθανθρακοφόρου έως Περμοτριάδικης) ηλικίας πετρώματα της δυτικής πτέρυγας της Σερβομακεδονικής μάζας, τα οποία καλύπτουν τα 70% περίπου της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού και τα οποία από πετρογραφική άποψη διακρίνονται σε γνεύσιους, σχιστόλιθους, χαλαζίτες, αμφιβολίτες, κροκαλοπαγή και ρυολιθικά πορφυροειδή.

β) Στα παλαιοαλπικής ηλικίας πετρώματα τα οποία διακρίνονται:

- στα μέσο Τριαδικής έως μέσο Ιουρασικής ηλικίας πετρώματα του δυτικού περιθωρίου της Σερβομακεδονικής μάζας και

- στα άνω Ιουρασικής έως κάτω Κρητιδικής ηλικίας πετρώματα της ενότητας Ωραιοκάστρου της ζώνης της Παιονίας, τα οποία από πετρογραφική άποψη ταξινομούνται σε φυλλίτες, σχιστόλιθους, οφειόλιθους, ασβεστόλιθους, δολομίτες, μάρμαρα, ψαμμίτες, φλύσχεις, κροκαλοπαγή και κερατόλιθους.

γ) Στα νεοαλπικής (άνω Μειοκαινικής) ηλικίας ιζήματα τα οποία από λιθολογική άποψη διακρίνονται σε μάργες, αργίλους, πηλούς, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή και τέλος

δ) Στις νεότερες Τεταρτογενείς αποθέσεις οι οποίες καλύπτουν κατά θέσεις το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης.

Τα παλαιοαλπικής ηλικίας πετρώματα του δυτικού περιθωρίου της Σερβομακεδονικής μάζας τα οποία αποκαλύπτονται μέσα στη λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού, αντιστοιχούν σε τρεις διαφορετικές γεωλογικές ενότητες οι οποίες εκτείνονται κατά διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Οι γεωλογικές αυτές ενότητες είναι οι ενότητες Άσπρης Βρύσης- Χορτιάτη, Μελισσοχωρίου-Χολομώντα και Ντεβέ Κοράν-Δουμπιών.

2.2 Γεωλογία της περιοχής Σίνδου

Η περιοχή της Σίνδου στην οποία υπάρχουν οι υδρευτικές γεωτρήσεις ανήκει γενικά στη λεκάνη Γιαννιτσών- Θεσσαλονίκης, ενώ πιο συγκεκριμένα ανήκει στο τμήμα μεταξύ των λεκανών απορροής των ποταμών Αξιού και Γαλλικού. Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή εμφανίζονται κυρίως τεταρτογενή ιζήματα.

Οι τεταρτογενείς αυτοί γεωλογικοί σχηματισμοί, οι οποίοι καλύπτουν κατά κανόνα τα πεδινά των παραπάνω λεκανών απορροής, παρουσιάζουν γενικώς μεγάλη εξάπλωση. Συνίστανται από ιζήματα λιμναίας, χερσαίας, ποτάμιας και ποταμοχειμάρρειας φάσεως τα οποία από άποψη ηλικίας σχηματισμού διακρίνονται στα νεότερα ολοκαινικά και παλαιότερα πλειστοκαινικά ιζήματα.

α) Οι ολοκαινικές αποθέσεις

Ταξινομούνται σε προσχώσεις κοιλάδων και αποθέσεις κοιτών ποταμών και χειμάρρων, σε λιμναία καθώς και σε ελλουβιακά καλύμματα και αλλουβιακά ριπίδια. Οι προσχώσεις των κοιλάδων αποτελούνται από επάλληλα στρώματα άμμων, χαλίκων, κροκάλων, ιλύων και αργίλων, ενώ οι σύγχρονες αποθέσεις στις κοίτες των διαφόρων ποταμών και χειμάρρων συνίστανται από αμμώδεις αργίλους, χάλικες και κροκάλες.

Κατά μήκος της κοίτης του ποταμού Αξιού, απάντά ένα κατώτερο, μεσαίο και ανώτερο σύστημα ποτάμιων αναβαθμίδων με αργιλώδες κάλυμμα.

Οι λιμναίες αποθέσεις συνίστανται από αμμώδεις αργίλους και ιλύες στην περιοχή των αποξηραμένων λιμνών Αρτζάν και Αματόβου, ενώ στην περιοχή της Πικρολίμνης τα λιμναία ιζήματα αποτελούνται κυρίως από ιλύες.

Οι ελλουβιακοί σχηματισμοί, οι οποίοι κατά τόπους καλύπτουν προαλπικά ή αλπικά πετρώματα και πλειστοκαινικά ιζήματα, συνιστούν έναν άγνωστου πάχους σαθρό επιφανειακό μανδύα από ερυθροπηλούς και αμμώδεις αργίλους.

Τέλος τα αλλουβιακά ριπίδια τα οποία εντοπίζονται στις παρυφές των ορεινών όγκων συνίστανται από χονδροκλαστικά και λεπτόκοκκα υλικά.

β) Οι πλειστοκαινικές αποθέσεις

Αποτελούνται από ερυθρές αργίλους με ασβεστιτικά συγκρίματα, από στρώματα άμμων και χαλίκων καθώς και από λεπτούς πάγκους από λατυποπαγή ή κροκαλοπαγή.

Στη λεκάνη απορροής του ποταμού Γαλλικού και κατά μήκος της κοίτης του ομώνυμου ποταμού αναπτύσσεται ένα κατώτερο, μεσαίο και ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων από χαλαρά κροκαλοπαγή, κεραμόχρωμες αργιλώδεις άμμους και λεπτούς πάγκους χαλαρών ψαμμιτών, οι οποίες κατά θέσεις καλύπτονται από ελλουβιακούς σχηματισμούς.

2.3 Τεκτονική της περιοχής

Η πολύπλοκη δομή των τεκτονικών λεκανών απορροής των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, η οποία υποδηλώνεται από τις πλαστικές ή ρηξιγενείς παραμορφώσεις των πετρωμάτων, τις λεπιώσεις, τις εφιπτεύσεις καθώς και από τις αναστροφές των στρωμάτων τους, οφείλεται στις διάφορες ορογενετικές περιόδους και εφαπτομενικές πτυχογόνες κινήσεις που έπληξαν τις γεωτεκτονικές μονάδες της ζώνης του Αξιού και της Σερβομακεδονικής μάζας κατά τη διάρκεια της γεωλογικής τους ιστορίας.

2.3.1. Η λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού

Από τεκτονική άποψη η λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού χαρακτηρίζεται από τις λεπιδοειδείς διατάξεις παλαιοαλπικών γεωλογικών ενοτήτων της ζώνης της Παιονίας και από τη μεγάλη εύρους πτυχή του ορεινού όγκου του Πάικου.

Η πτυχογόνος τεκτονική της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού αντιπροσωπεύεται από τη μεγάλη, χιλιομετρικής κλίμακας, αντικλινική πτυχή του ορεινού όγκου του Πάικου καθώς και από πολυάριθμες μικρού εύρους ασύμμετρες συγκλινικές και αντικλινικές πτυχώσεις που αναπτύσσονται αφ' ενός μεν στους πλαστικούς σχιστολιθικούς ορίζοντες, που παρεμβάλλονται μεταξύ των άκαμπτων παλαιοαλπικών ανθρακικών πετρωμάτων, αφ' ετέρου δε στα άνω Ηωκαινικής έως κάτω Ολιγοκαινικής ηλικίας ιζήματα τα οποία επικάθονται επικλυσιγενώς στα παλαιοαλπικά στρώματα της λεκάνης. Οι άξονες των μικρού εύρους πτυχώσεων που προσανατολίζονται είτε κατά διεύθυνση ΒΑ- ΝΔ είτε κατά διεύθυνση ΔΒΔ- ΑΝΑ ή τέλος κατά διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, μαρτυρούν ότι το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, πρέπει να έχει υποστεί αφ' ενός μεν τις

συμμεταμορφικές φάσεις πτυχώσεων του άνω Ιουρασικού/ κάτω Κρητιδικού και του άνω Κρητιδικού/ κάτω- μέσο Ηώκαινου αφ' ετέρου δε την εφαπτομενική πτυχογόνο κίνηση του άνω Ηώκαινου.

Η ρηξιγενής τεκτονική της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού αντιπροσωπεύεται από δύο κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων. Μιας ΒΔ- ΝΑ έως ΒΒΔ- ΝΝΑ και μιας ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ.

Στον ορεινό όγκο του Πάικου, τα ΒΑ- ΝΔ έως ΑΒΑ- ΔΝΔ διεύθυνσης ρήγματα αποτελούν τα επιμήκη ρήγματα της περιοχής, ενώ τα ΒΔ-ΝΑ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης ρήγματα τα οποία συνοδεύονται κατά κανόνα από μια προς δυτικά μετατόπιση των στρωμάτων που διατρέχουν, αποτελούν τα εγκάρσια ρήγματα. Το γεγονός ότι η διεύθυνση του κύριου άξονα της αντικλινικής πτυχής του Πάικου ταυτίζεται με την επικρατούσα διεύθυνση των ρηγμάτων, πιστοποιεί τη σύνδεση που υπάρχει μεταξύ της ρηξιγενούς και της πτυχογόνου τεκτονικής στην παραπάνω περιοχή.

Από τα ρήγματα που διατρέχουν τα παλαιοαλπικά πετρώματα της ζώνης της Παιονίας, τα ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρήγματα τα οποία κατά κανόνα συνοδεύονται από μια ζώνη μυλονιτίωσης, αποτελούν τα επιμήκη ρήγματα των παλαιοαλπικών γεωλογικών ενοτήτων της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, ενώ τα ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης ρήγματα τα οποία κατά κανόνα συνοδεύονται από μια προς τα δυτικά μετατόπιση των στρωμάτων που διατρέχουν, συνιστούν τα εγκάρσια ρήγματα.

Οι ανώμαλες τεκτονικές επαφές που αναπτύσσονται μεταξύ των γεωλογικών ενοτήτων της ζώνης της Παιονίας, αντιστοιχούν σε μεγάλης γωνίας κλίσεως επιμήκη ανάστροφα ρήγματα. Οι μεγάλες γωνίες κλίσεως των παραπάνω ρηγμάτων, η ηλικία σχηματισμού των οποίων τοποθετείται χρονολογικά από την περίοδο του άνω Κρητιδικού έως και την περίοδο του άνω Ηώκαινου, θα πρέπει να αποδοθούν στην προς τα δυτικά μετακίνηση των παιονικών στρωμάτων κατά την εφαπτομενική κίνηση του άνω Ηώκαινου κατά την οποία τα αρχικά μικρής γωνίας κλίσης ρήγματα επωθήσεως μετατράπηκαν σε μεγάλης γωνίας κλίσης ανάστροφα ρήγματα. Στην προς τα δυτικά μετακίνηση των παιονικών αυτών στρωμάτων και στην αντίσταση που προέβαλε στην κίνηση αυτή το ύψωμα του Πάικου, θα πρέπει να αποδοθεί και η επίπλευση της ανατολικής πτέρυγας της αντικλινικής πτυχής του παραπάνω υβώματος, από τα στρώματα της ενότητας Γευγελή της ζώνης της Παιονίας.

Τέλος τα νεότερης ηλικίας ρήγματα που διατρέχουν τα άνω Μειοκαινικής έως άνω Πλειοκαινικής ηλικίας ιζήματα της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού και τα οποία αναπτύσσονται κατά δύο κύριες διευθύνσεις μιας ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ και μιας ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ, θα πρέπει να αποδοθούν στις εναλλαγές των τάσεων συμπίεσης και διάτασης στις οποίες υποβλήθηκε ο βόρειος ελλαδικός χώρος κατά τη διάρκεια του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς. Συγκεκριμένα αν ληφθεί υπόψη ότι οι τάσεις συμπίεσης στις οποίες υποβλήθηκε η παραπάνω περιοχή κατά τη διάρκεια του άνω Πλειόκαινου/ κάτω Πλειστόκαινου, είχαν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, θα πρέπει τα ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης ρήγματα που διατρέχουν τα άνω Μειοκαινικής έως κάτω Πλειστοκαινικής ηλικίας ιζήματα της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, να τοποθετηθούν από άποψη ηλικίας σχηματισμού μεταξύ του άνω Πλειόκαινου και κάτω Πλειστόκαινου. Όσον αφορά τα ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης ρήγματα που διατρέχουν τα άνω Μειοκαινικά ιζήματα της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, αν ληφθεί υπόψη ότι οι τάσεις συμπίεσης στις οποίες υποβλήθηκε ο βόρειος ελλαδικός χώρος κατά τη διάρκεια του άνω Μειόκαινου/ κάτω Πλειόκαινου είχαν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, θα πρέπει αυτά να τοποθετηθούν από άποψη ηλικίας σχηματισμού μεταξύ του άνω Μειόκαινου και κάτω Πλειόκαινου.

2.3.2. Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού

Από τεκτονική άποψη η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού χαρακτηρίζεται από τις λεπιδοειδείς διατάξεις των παλαιοαλπικών ενοτήτων του δυτικού περιθωρίου της Σερβομακεδονικής μάζας, τη μεγάλη εύρους πτυχή της γεωλογικής ενότητας Ωραιοκάστρου της ζώνης του Αξιού καθώς και από τις μεγάλες χιλιομετρικής κλίμακας πτυχώσεις των προαλπικών στρωμάτων της δυτικής πτέρυγας της Σερβομακεδονικής μάζας.

Η πτυχογόνος τεκτονική της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού από τη μεγάλη εύρους κεκλιμένη αντικλινική πτυχή της γεωλογικής ενότητας Ωραιοκάστρου, καθώς και από τις μεγάλες, χιλιομετρικής κλίμακας, συγκλινικές και αντικλινικές πτυχώσεις των προαλπικών στρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας.

Οι κύριοι άξονες των μεγάλου εύρους πτυχώσεων των προαλπικών στρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας, οι οποίοι προσανατολίζονται μεταξύ $B310^{\circ}$ και $B340^{\circ}$ περίπου, μαρτυρούν ότι τα παραπάνω στρώματα έχουν υποστεί τη συμμεταμορφική φάση πτυχώσεων του άνω Ιουρασικού/ κάτω Κρητιδικού. Πάντως η διασπορά των

διευθύνσεων των κύριων αξόνων των παραπάνω πτυχώσεων και η παρουσία καμπύλων αξονικών επιπέδων, αποτελούν ενδεικτικά στοιχεία της δράσης περισσότερων της μιας παραμορφωτικής φάσης πτυχώσεων επί των προαλπικών στρωμάτων της δυτικής πτέρυγας της Σερβομακεδονικής μάζας.

Η ρηξιγενής τεκτονική της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού αντιπροσωπεύεται από δύο κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων. Μιας ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ και μιας ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ.

Τα ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης ρήγματα, τα οποία διατρέχουν τα προαλπικά στρώματα της λεκάνης, συνιστούν τα επιμήκη ρήγματα της περιοχής, ενώ τα ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης ρήγματα τα οποία κατά κανόνα συνοδεύονται από μια προς τα δυτικά μετακίνηση των στρωμάτων που διατρέχουν, αντιπροσωπεύουν τα εγκάρσια ρήγματα.

Σύνδεση μεταξύ ρηξιγενούς και πτυχογόνου τεκτονικής παρατηρείται στην περιοχή του Ωραιοκάστρου όπου ο κύριος άξονας της κεκλιμένης αντικλινικής πτυχής της ομώνυμης γεωλογικής ενότητας συμπίπτει σε γενικές γραμμές με τη γενική διεύθυνση των επιμήκων ρηγμάτων της.

Οι ανώμαλες τεκτονικές επαφές που αναπτύσσονται μεταξύ των γεωλογικών ενότητων του δυτικού περιθωρίου της Σερβομακεδονικής μάζας, αντιστοιχούν σε μεγάλης γωνίας κλίσεως επιμήκη ανάστροφα ρήγματα. Οι μεγάλες γωνίες κλίσεως των παραπάνω ρηγμάτων, η ηλικία σχηματισμού των οποίων τοποθετείται χρονολογικά στο άνω Ηώκαινο, θα πρέπει να αποδοθούν στην προς τα δυτικά μετακίνηση των παλαιοαλπικών αυτών στρωμάτων κατά την εφαιπτομενική πτυχογόνο κίνηση του άνω Ηώκαινου. Στην εφαιπτομενική αυτή πτυχογόνο κίνηση του άνω Ηώκαινου πρέπει να αποδοθεί τόσο η εφίππευση της Σερβομακεδονικής μάζας επί της ζώνης του Αξιού, όσο και η εφίππευση των πετρωμάτων του δυτικού περιθωρίου της Σερβομακεδονικής μάζας επί των παλαιοαλπικών πετρωμάτων της ανατολικής πτέρυγας της κεκλιμένης αντικλινικής πτυχής της ενότητας Ωραιοκάστρου της ζώνης της Παιονίας.

Η ανώμαλη τεκτονική επαφή η οποία αποτελεί το διαχωριστικό όριο μεταξύ της Σερβομακεδονικής μάζας και της ζώνης του Αξιού και η οποία εκ πρώτης όψεως φαίνεται να αντιστοιχεί σε ένα χιλιομετρικής κλίμακας επίμηκες ανάστροφο ρήγμα, είναι πολύ πιθανό να αντιστοιχεί σε ένα χιλιομετρικής κλίμακας πτυχωσιγενές ρήγμα. Το γεγονός ότι κατά μήκος της ανώμαλης αυτής τεκτονικής επαφής παρατηρούνται

κατά θέσεις αναστροφές των προαλπικών στρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας, συνηγορεί ασφαλώς υπέρ της παραπάνω άποψης.

Τέλος όσον αφορά τα νεότερα ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης ρήγματα που διατρέχουν τα άνω Μειοκαινικά ιζήματα της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού, αν ληφθεί υπόψη ότι οι τάσεις συμπίεσης στις οποίες υποβλήθηκε ο βόρειος ελλαδικός χώρος κατά τη διάρκεια του άνω Μειόκαινου/ κάτω Πλειόκαινου είχαν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, θα πρέπει αυτά να τοποθετηθούν από άποψη ηλικίας σχηματισμού μεταξύ του άνω Μειόκαινου και κάτω Πλειόκαινου.



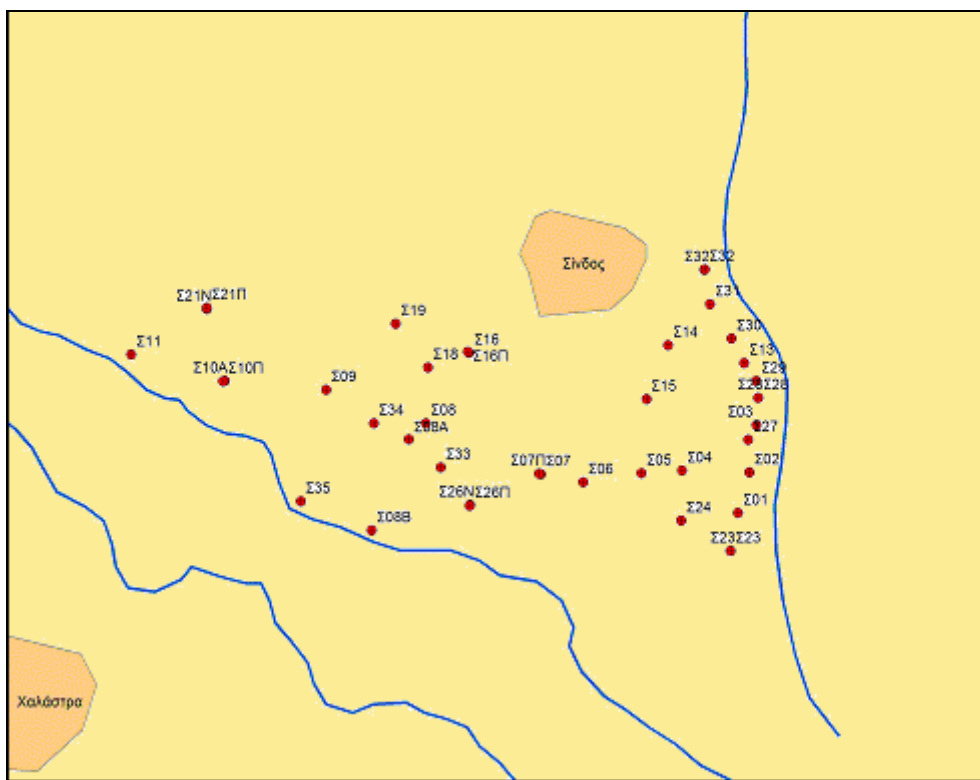
Κεφάλαιο 3^ο

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

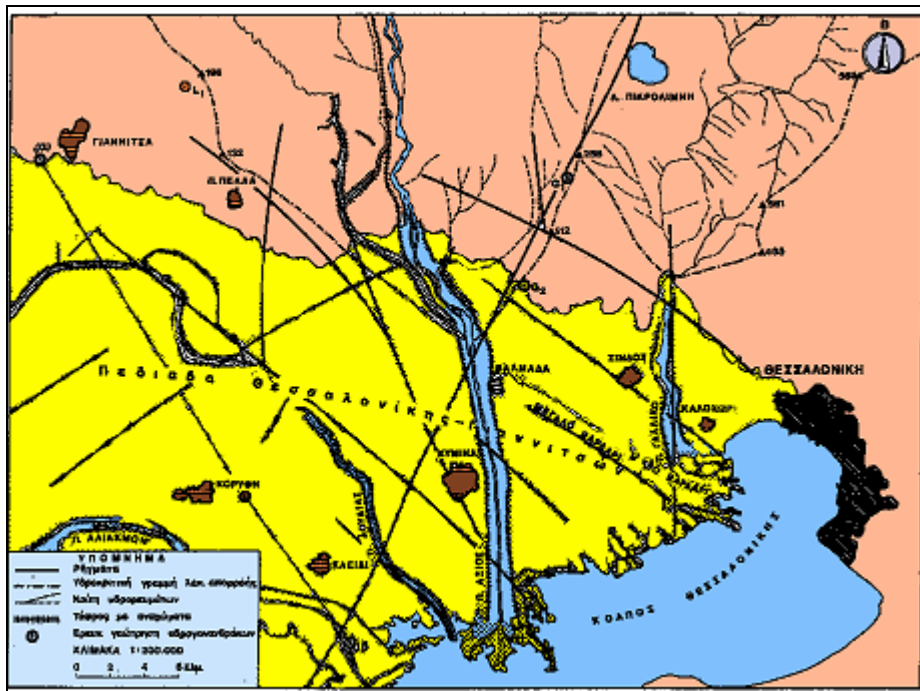
3.1 Υδροφόροι Ορίζοντες

Οι υπόγειοι υδροφορείς της περιοχής αναπτύσσονται σε όλες τις ιζηματογενείς ακολουθίες, εκτός από τις θαλάσσιες αποθέσεις της δελταϊκής καταφέρειας του Δέλτα του ποταμού Αξιού. Οι υδροφορείς αυτοί είναι επάλληλοι και συνίστανται από άμμους, χάλικες, κροκάλες ή μίγματά τους με μικρό ποσοστό αργιλικών υλικών ή χωρίς αργιλικά υλικά και τους οποίους εκμεταλλευόμαστε με γεωτρήσεις όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1..

Τα υδροφόρα αυτά στρώματα αναπτύσσονται εκτεταμένα στις ζώνες που δημιουργήθηκαν από τα ρήγματα της περιοχής (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.1: Ανάπτυξη γεωτρήσεων στην περιοχή Σίνδου.



Σχήμα 3.2: Ρήγματα ή διαρρήξεις των τριτογενών ιζημάτων του ανατολικού τμήματος του τεκτονικού βυθίσματος Θεσσαλονίκης- Γιαννιτσών όπως αποτυπώθηκαν από δορυφορικές φωτογραφίες του M.S.S., Landsat1 (Μελαδιώτης 1984)

3.2 Αξιοποίηση- Εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων

Με βάση τα στοιχεία της απογραφής των σημείων νερού, καθώς και του αρχείου ανόρυξης υδρογεωτρήσεων της ΕΥΑΘ, στην περιοχή της Σίνδου έχουν ανορυχθεί συνολικά 47 υδρογεωτρήσεις από την ΕΥΑΘ. Η θέση των γεωτρήσεων φαίνεται στο Σχήμα 2.1.

- Λειτουργούν ή είναι προσωρινά εκτός λειτουργίας 26.
- Μόνιμα εκτός λειτουργίας είναι 21.

Στην περιοχή λειτουργούν επίσης και ιδιωτικές γεωτρήσεις για αρδευτική ή βιομηχανική χρήση, ο αριθμός των οποίων δεν μπορεί να καθορισθεί επακριβώς.

Η ποσότητα νερού που μπορεί να ληφθεί από τον υδροφορέα περιοχής Σίνδου μέσω των 26 υδρογεωτρήσεων είναι της τάξης των 45.000 ημερησίως. Το νερό μέσω του υδραγωγείου Σίνδου φτάνει στο αντλιοστάσιο Καλοχωρίου, αφού προηγουμένως περάσει από τη δεξαμενή καθίζησης. Σήμερα, λόγω της αξιοποίησης των επιφανειακών νερών του Αλιάκμονα, οι γεωτρήσεις δεν λειτουργούν, αλλά συντηρούνται συστηματικά και βρίσκονται σε ετοιμότητα για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών.



3.3 Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού

Για τη μελέτη της διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού στον υδροφορέα της Σίνδου χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις που έγιναν στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα μηνιαία δεδομένα της στάθμης για την περίοδο 2002-2005, τα οποία παραχωρήθηκαν από το τμήμα Διαχείρισης Κύκλου Νερού της ΕΥΑΘ.

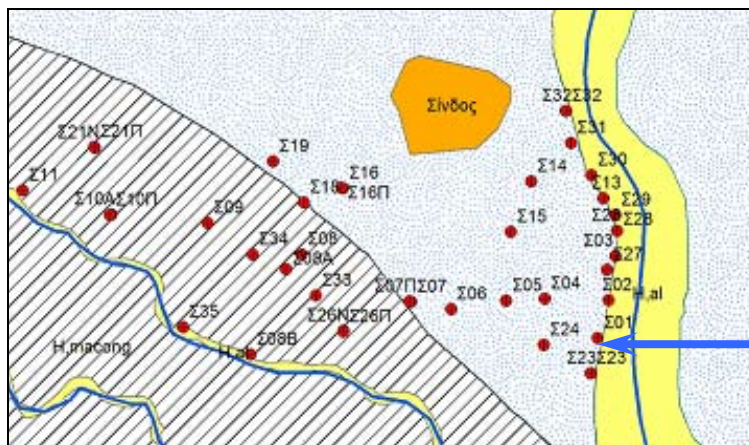
Στα Σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η διακύμανση της στατικής στάθμης και της δυναμικής στάθμης (για τις γεωτρήσεις που ήταν σε λειτουργία) για την περίοδο 2002-2005 σε έξι γεωτρήσεις της περιοχής έρευνας, όπως και χάρτης με την ακριβή τους θέση και η αντίστοιχη γεωλογική τομή της κάθε γεώτρησης.

Αναλυτικά για κάθε μια γεώτρηση προκύπτουν τα εξής:



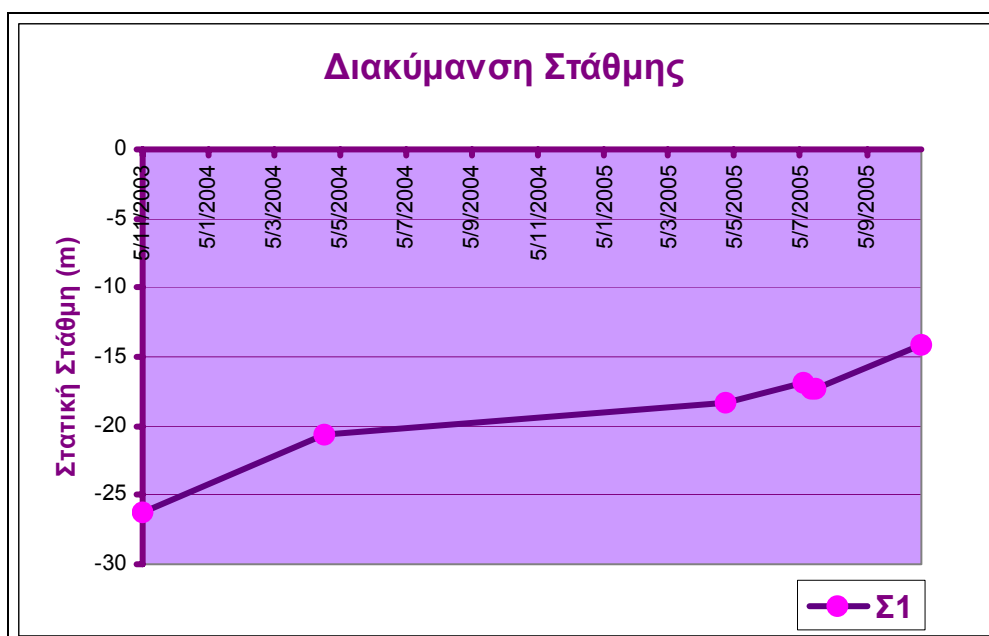
Γεώτρηση Σ1

Η γεώτρηση Σ1 ανήκει στην ομάδα Σίνδου και έχει συντεταγμένες $\chi = 400634,8$ και $\psi = 4499827,22$. Το ύψος της από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 0,7 m.



Η διακύμανση της στατικής της στάθμης είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Στατική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
11/5/03	26.91	-26.21
4/20/04	21.38	-20.68
4/27/05	19.02	-18.32
7/8/05	17.63	-16.93
7/15/05	17.97	-17.27
7/18/05	17.99	-17.29
10/24/05	14.77	-14.07

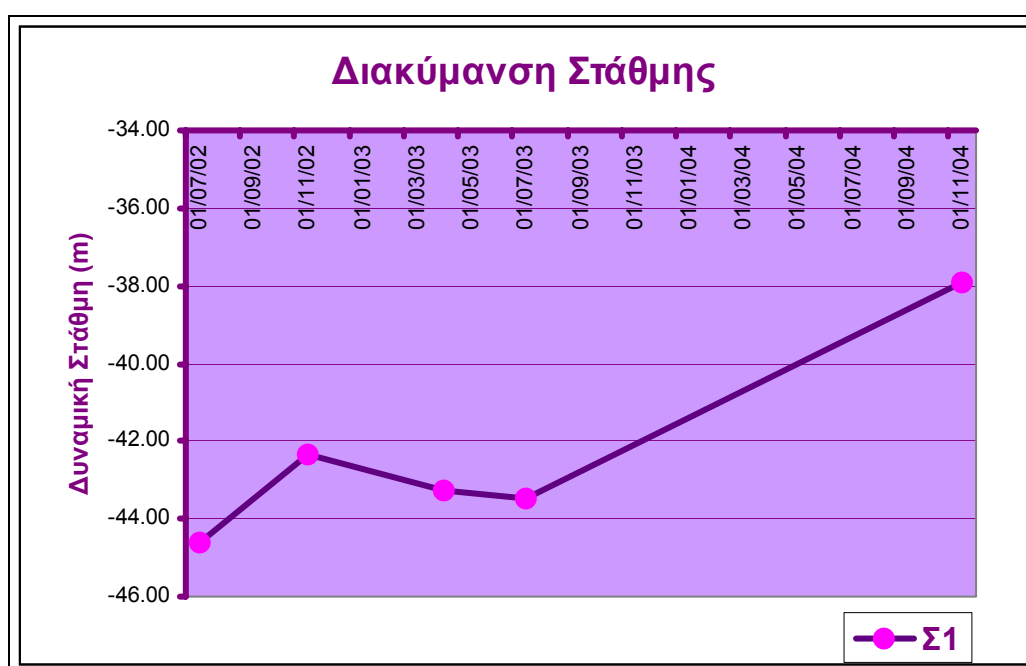


Σχήμα 3.3: Διακύμανση της στατικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ1.

Τα όρια της διακύμανσης της στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ1 κυμαίνονται μεταξύ -26,21 m και -14,07 m (Σχ.3.3). Η ελάχιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 5/11/2003 με τιμή -26,21 m, ενώ η μέγιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 24/10/2005 με τιμή -14,07 m.

Η διακύμανση της δυναμικής στάθμης της γεώτρησης Σ1 είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Δυναμική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
7/23/02	45.30	-44.60
11/20/02	43.03	-42.33
4/22/03	43.95	-43.25
7/21/03	44.19	-43.49
11/1/04	38.59	-37.89

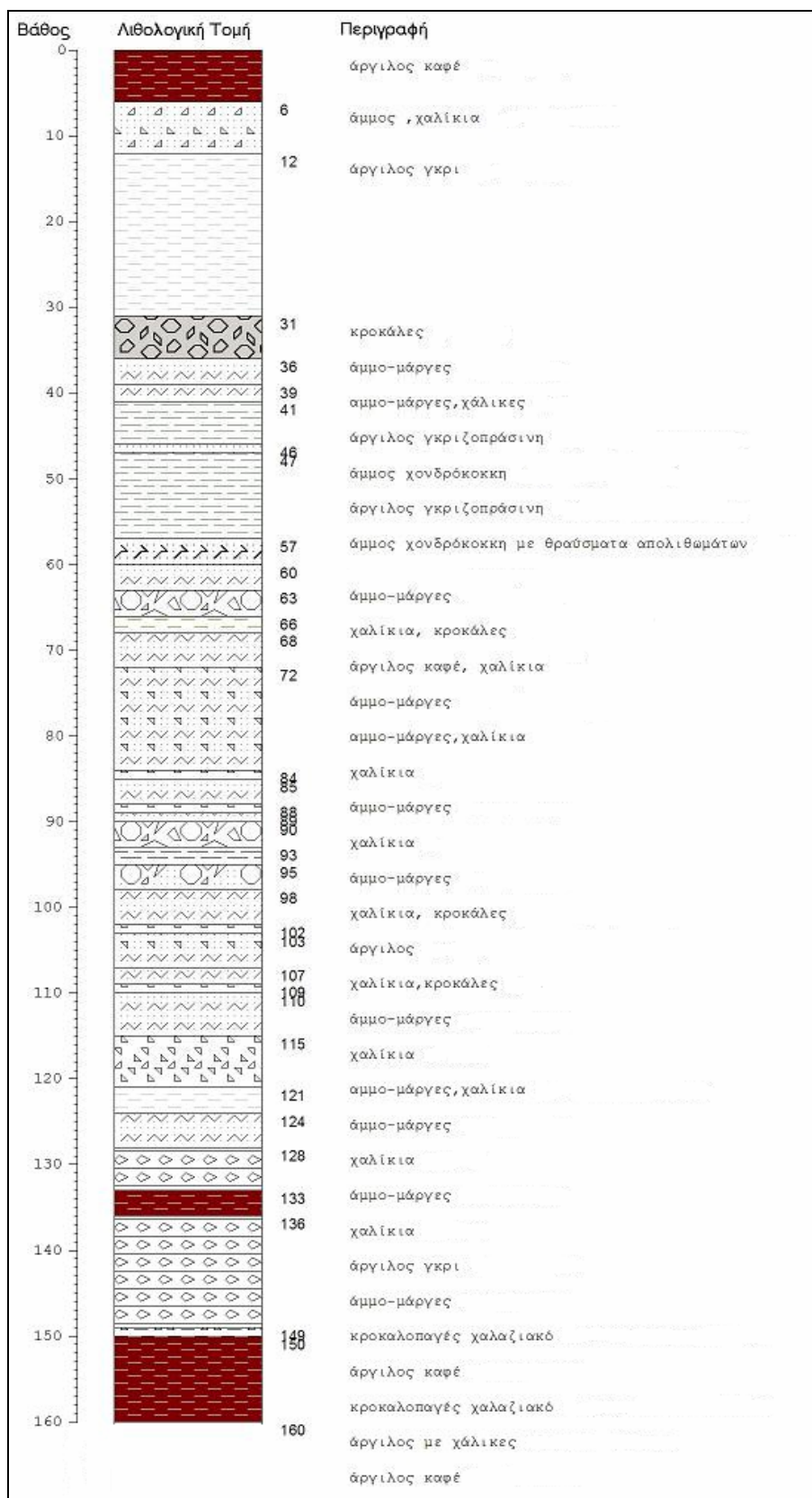


Σχήμα 3.4: Διακύμανση της δυναμικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ1.

Η δυναμική στάθμη της γεώτρησης Σ1 κυμαίνεται μεταξύ -44,60 m που παρατηρείται στις 23/07/2002 και -37,89 m που παρατηρείται στις 1/11/2004 (Σχ.3.4)

Στο Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται η λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ1, από την οποία προκύπτει εναλλαγή αδρομερών υλικών (κροκάλες, χάλικες) με λεπτομερή υλικά (άργιλος, λεπτομερής άμμος). Το βάθος της γεώτρησης είναι 160 m.

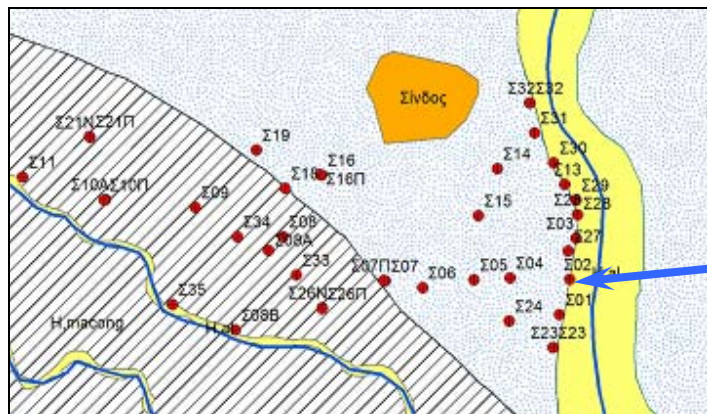
Οι κυριότεροι υδροφόροι ορίζοντες αναπτύσσονται σε βάθη 31-36 m, 60-65 m, 95-98 m, 115-121 m.



Σχήμα 3.5: Λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ1 (στοιχεία ΕΥΑΘ).

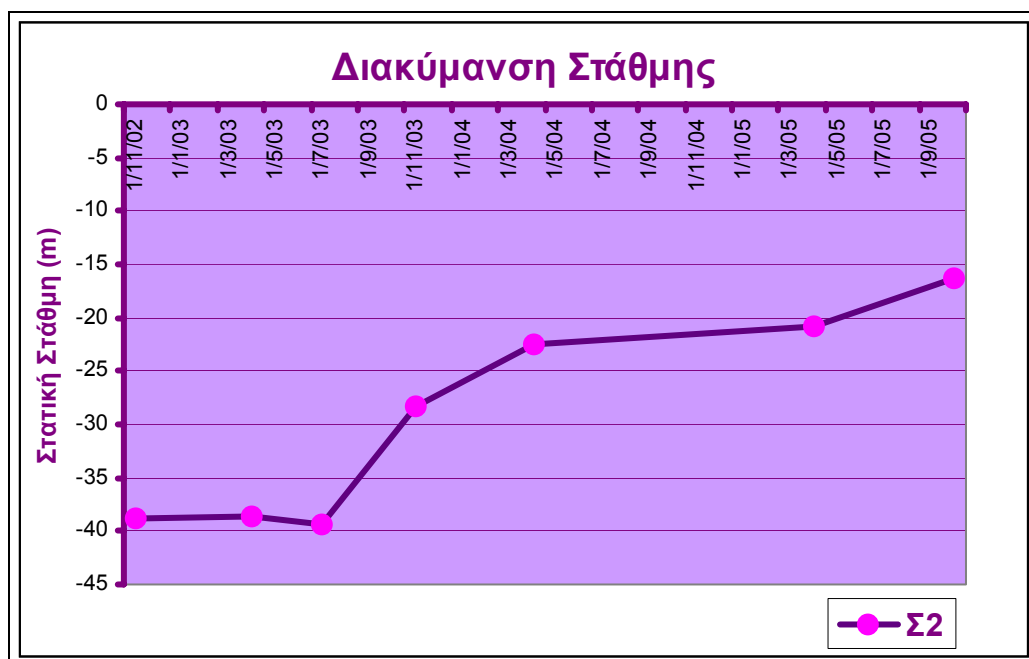
Γεώτρηση Σ2

Η γεώτρηση Σ2 ανήκει στην ομάδα Σίνδου και έχει συντεταγμένες $\chi = 400755,6$ και $\psi = 4500257,39$. Το ύψος της από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 0,7 m.



Η διακύμανση της στατικής της στάθμης είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Στατική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
11/20/02	39.53	-38.83
4/22/03	39.35	-38.65
7/21/03	40.09	-39.39
11/5/03	29.07	-28.37
4/20/04	23.12	-22.42
4/27/05	21.42	-20.72
10/24/05	17.03	-16.33

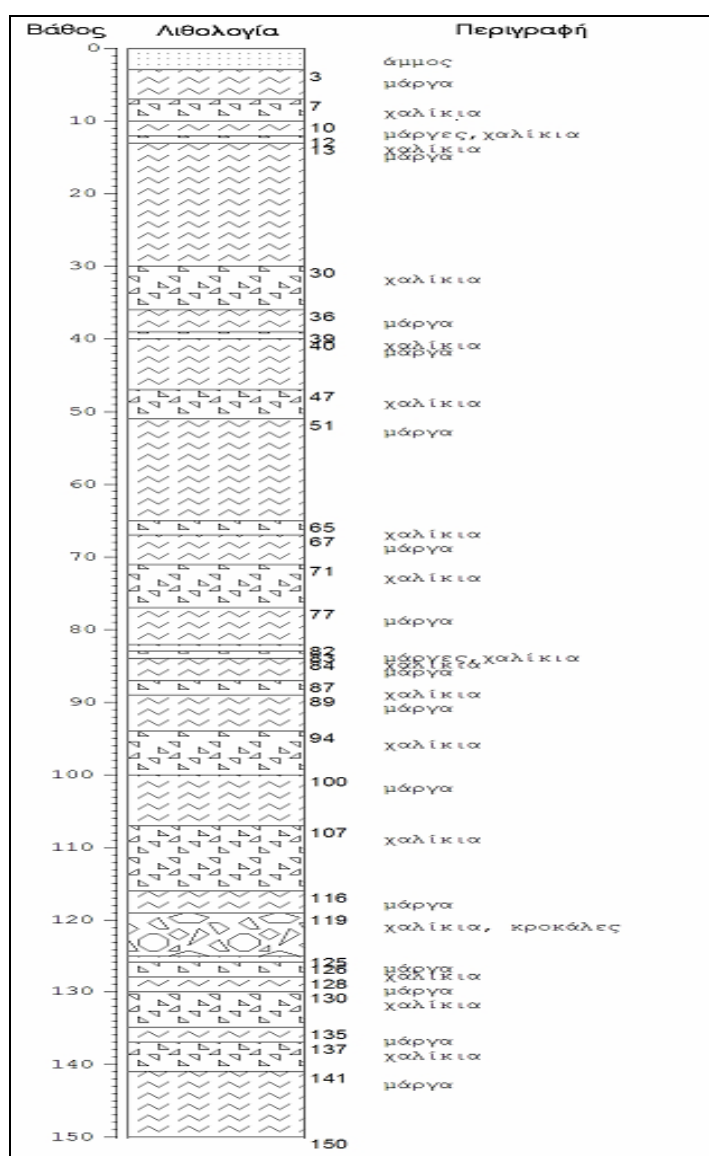


Σχήμα 3.6: Διακύμανση της στατικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ2.

Τα όρια της διακύμανσης της στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ2 κυμαίνονται μεταξύ $-39,39$ m και $-16,33$ m (Σχ.3.6). Η ελάχιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 21/07/2003 με τιμή $-39,39$ m ενώ η μέγιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 24/10/2005 με τιμή $-16,33$ m.

Στο Σχήμα 3.7 παρουσιάζεται η λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ2, από την οποία προκύπτει εναλλαγή αδρομερών υλικών (κροκάλες, χάλικες) με λεπτομερή υλικά (άργιλος, λεπτομερής άμμος). Το βάθος της γεώτρησης είναι 150 m.

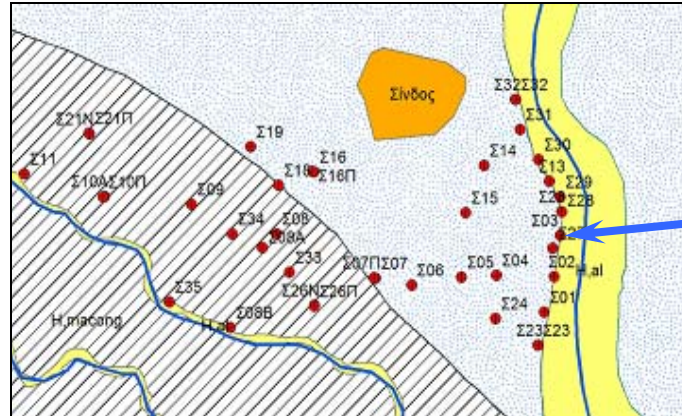
Οι κυριότεροι υδροφόροι ορίζοντες αναπτύσσονται σε βάθη 30-36 m, 71-77 m, 94-100 m, 107-116 m.



Σχήμα 3.7: Λιθολογική τομή γεώτρησης Σ2.

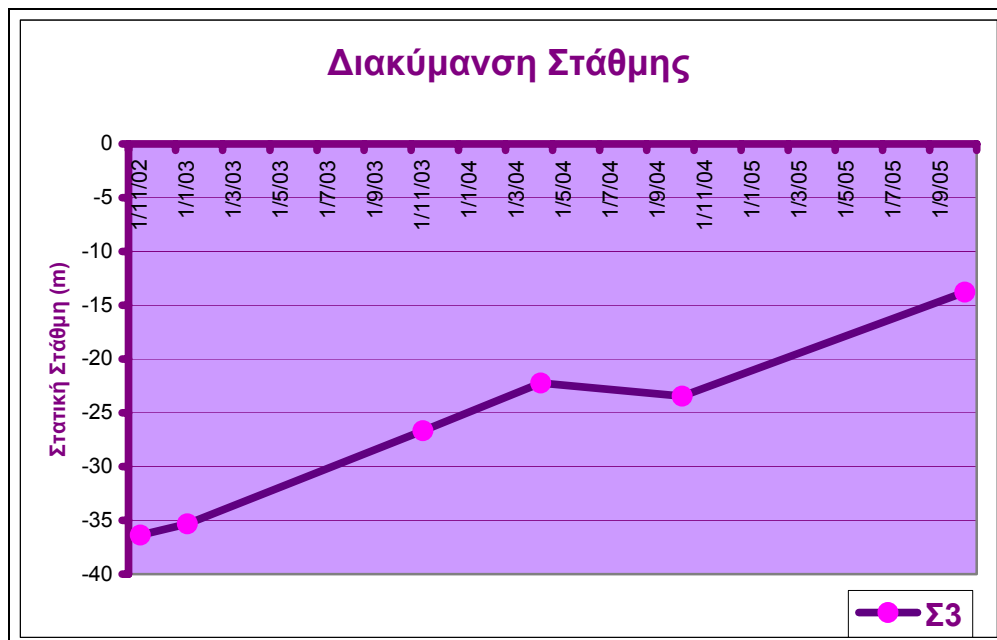
Γεώτρηση Σ3

Η γεώτρηση Σ3 ανήκει στην ομάδα Σίνδου και έχει συντεταγμένες $\chi = 400833,2$ και $\psi = 4500759,44$. Το ύψος της από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 3,4m.



Η διακύμανση της στατικής της στάθμης είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Στατική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
11/20/02	39.78	-36.38
1/30/03	38.72	-35.32
11/5/03	30.07	-26.67
4/27/04	25.63	-22.23
10/20/04	26.86	-23.46
10/24/05	17.17	-13.77



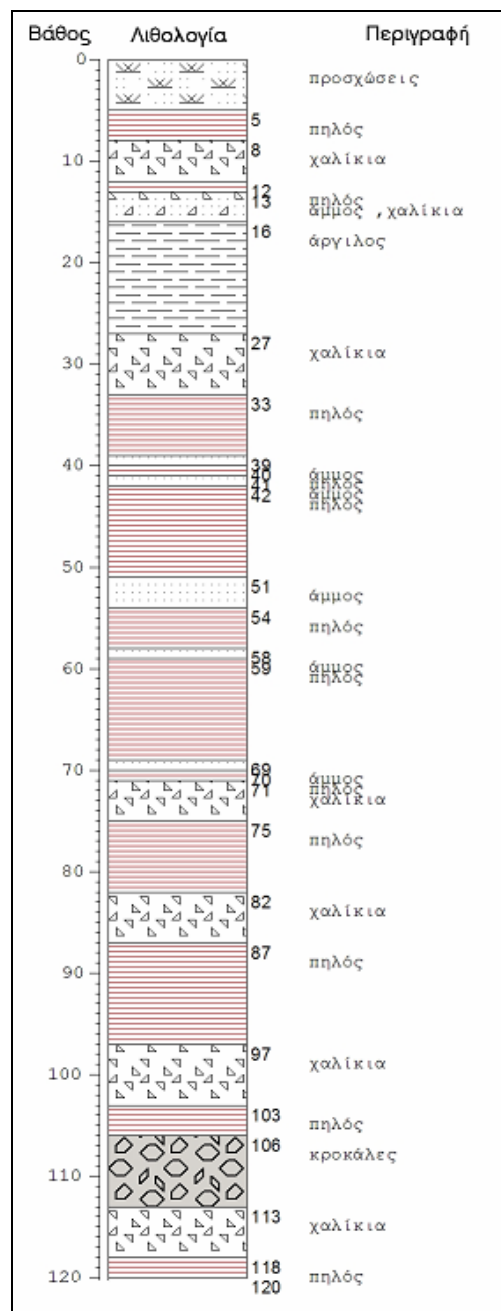
Σχήμα 3.8: Διακύμανση της στατικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ3.

Τα όρια της διακύμανσης της στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ3 κυμαίνονται μεταξύ $-36,38 \text{ m}$ και $-13,77 \text{ m}$ (Σχ.3.8). Η ελάχιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε

στις 20/11/2002 με τιμή $-36,38$ m ενώ η μέγιστη στάθμης ηρεμίας καταγράφηκε στις 24/10/2005 με τιμή $-13,77$ m.

Στο Σχήμα 3.9 παρουσιάζεται η λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ3, από την οποία προκύπτει εναλλαγή αδρομερών υλικών (κροκάλες, χάλικες) με λεπτομερή υλικά (άργιλος, λεπτομερής άμμος). Το βάθος της γεώτρησης είναι 120 m.

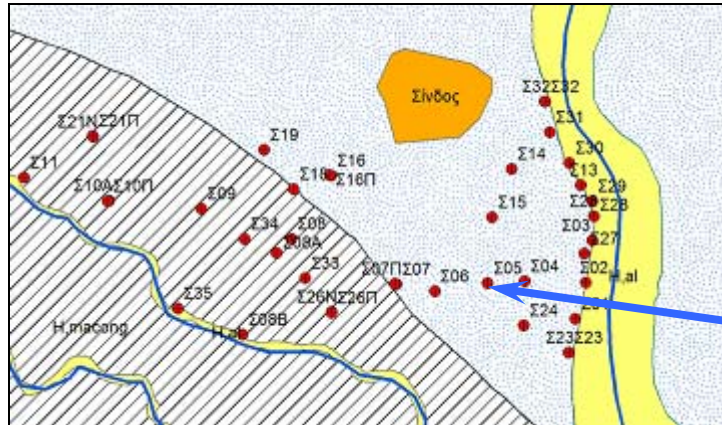
Οι κυριότεροι υδροφόροι ορίζοντες αναπτύσσονται σε βάθη 27-33 m, 71-75 m, 82-87 m, 97-103 m, 113-118 m.



Σχήμα 3.9: Λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ3.

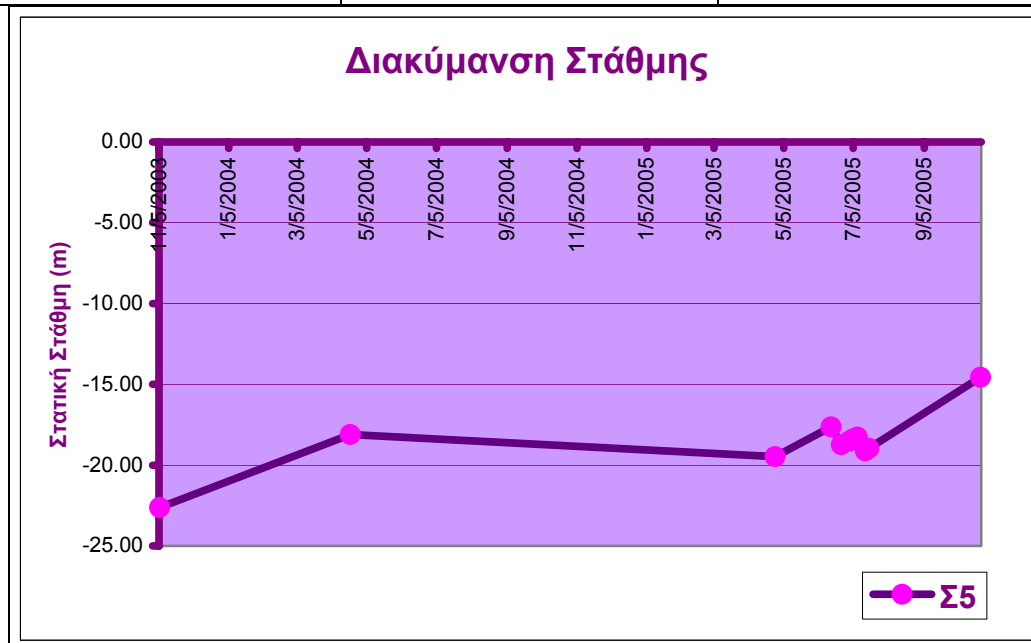
Γεώτρηση Σ5

Η γεώτρηση Σ5 ανήκει στην ομάδα Σίνδου και έχει συντεταγμένες $\chi=399588,4$ και $\psi=4500246,54$. Το ύψος της από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 0,8 m.



Η διακύμανση της στατικής της στάθμης είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Στατική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
11/5/03	23.43	-22.63
4/20/04	18.90	-18.10
4/27/05	20.28	-19.48
6/15/05	18.44	-17.64
6/24/05	19.54	-18.74
7/1/05	19.32	-18.52
7/4/05	19.18	-18.38
7/8/05	19.07	-18.27
7/15/05	19.92	-19.12
7/18/05	19.76	-18.96
10/24/05	15.36	-14.56

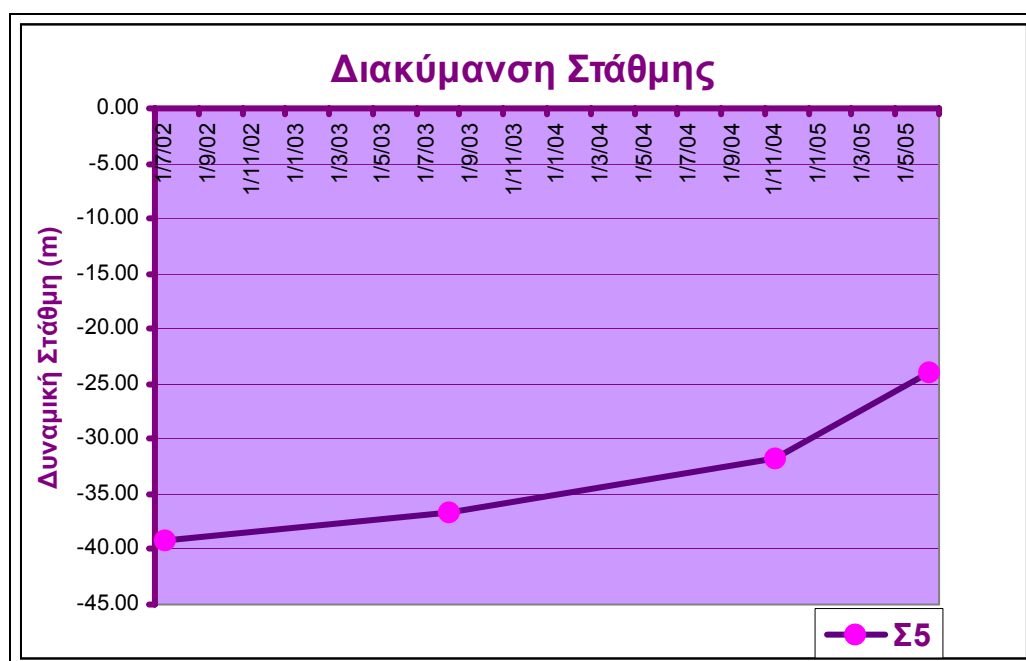


Σχήμα 3.10: Διακύμανση της στατικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ5.

Τα όρια της διακύμανσης της στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ5 κυμαίνονται μεταξύ $-22,63$ m και $-14,56$ m (Σχ.3.10). Η ελάχιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 05/11/2003 με τιμή $-22,63$ m ενώ η μέγιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 24/10/2005 με τιμή $-14,56$ m.

Η διακύμανση της δυναμική στάθμη της γεώτρησης Σ5 είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Δυναμική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
7/29/02	39.95	-39.15
8/26/03	37.37	-36.57
11/1/04	32.54	-31.74
6/22/05	24.8	-24.00

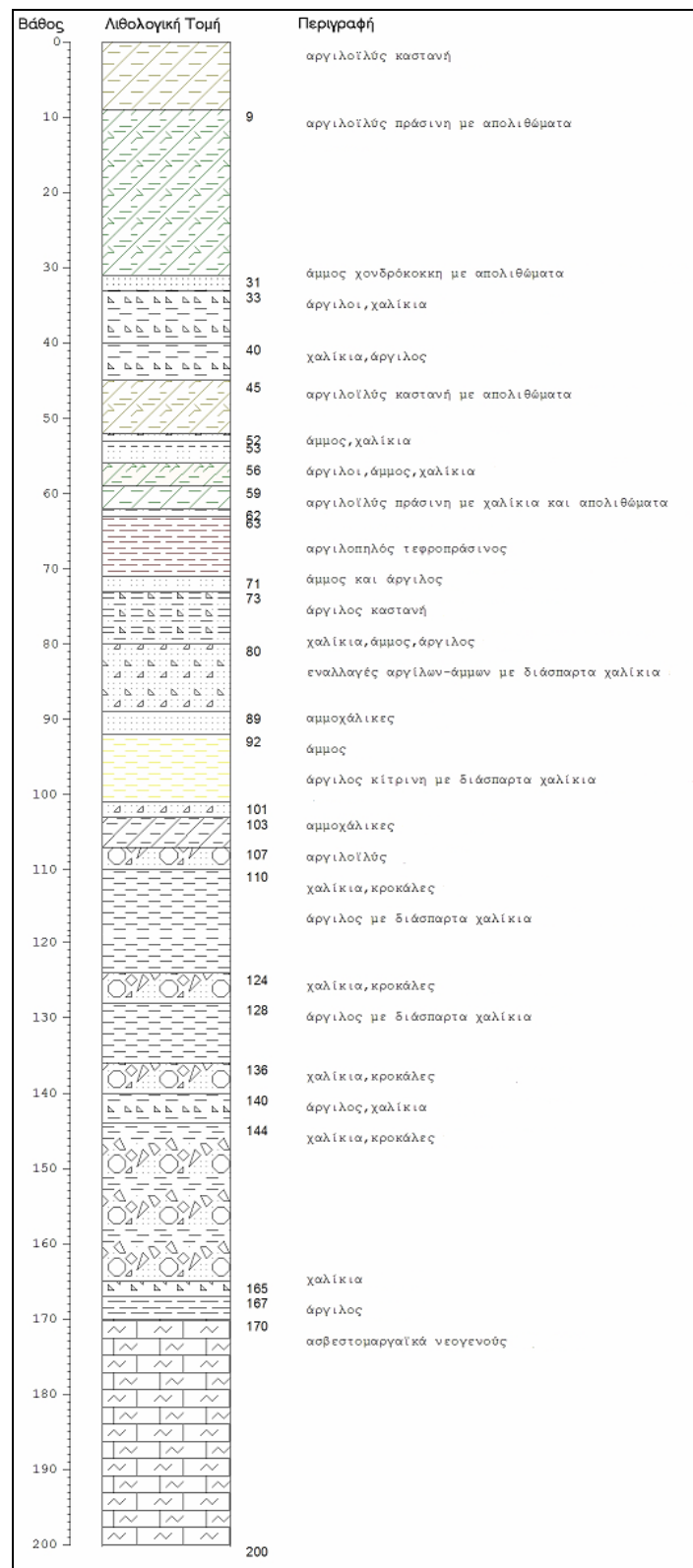


Σχήμα 3.11: Διακύμανση της δυναμικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ5.

Η δυναμική στάθμη της γεώτρησης Σ5 κυμαίνεται μεταξύ $-39,15$ m που παρατηρείται στις 29/07/2002 και $-24,00$ m που παρατηρείται στις 22/06/2005 (Σχ.3.11).

Στο Σχήμα 3.12 παρουσιάζεται η λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ5, από την οποία προκύπτει εναλλαγή αδρομερών υλικών (κροκάλες, χάλικες) με λεπτομερή υλικά (άργιλος, λεπτομερής άμμος). Το βάθος της γεώτρησης είναι 200 m.

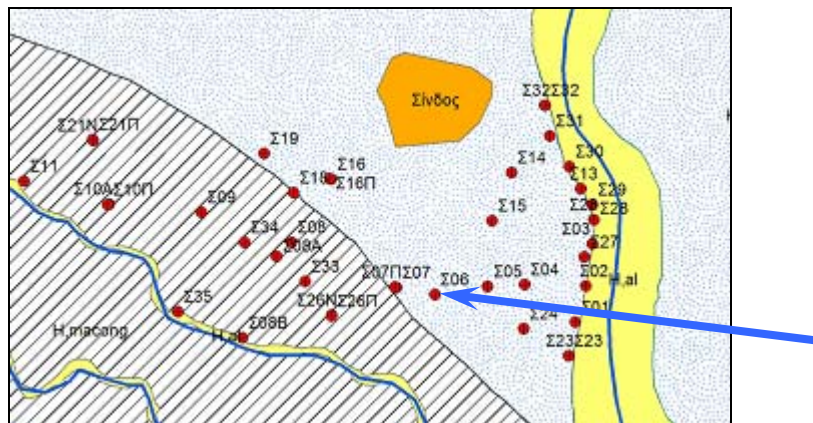
Οι κυριότεροι υδροφόροι ορίζοντες αναπτύσσονται σε βάθη 33-45 m, 73-89 m, 110-165 m.



Σχήμα 3.12: Λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ5.

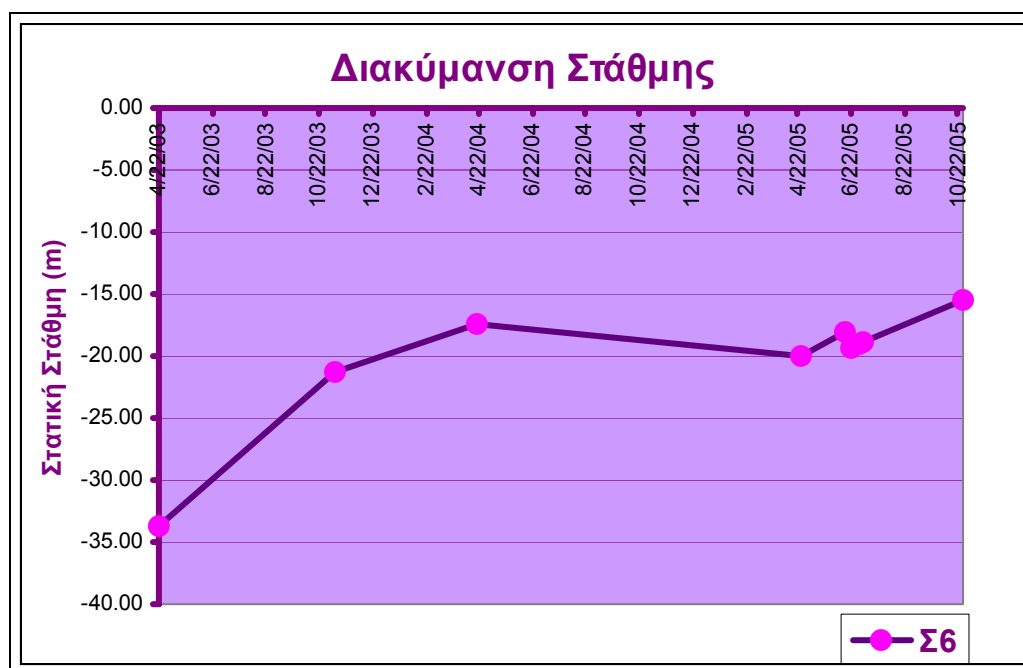
Γεώτρηση Σ6

Η γεώτρηση Σ6 ανήκει στην ομάδα Σίνδου και έχει συντεταγμένες $\chi=398958,0$ και $\psi=4500152,73$. Το ύψος της από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 0,8 m.



Η διακύμανση της στατικής της στάθμης είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Στατική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
4/22/03	34.45	-33.65
11/10/03	22.02	-21.22
4/20/04	18.19	-17.39
4/26/05	20.82	-20.02
6/15/05	18.80	-18.00
6/22/05	20.22	-19.42
6/24/05	19.92	-19.12
7/1/05	19.87	-19.07
7/4/05	19.70	-18.90
10/27/05	16.30	-15.50

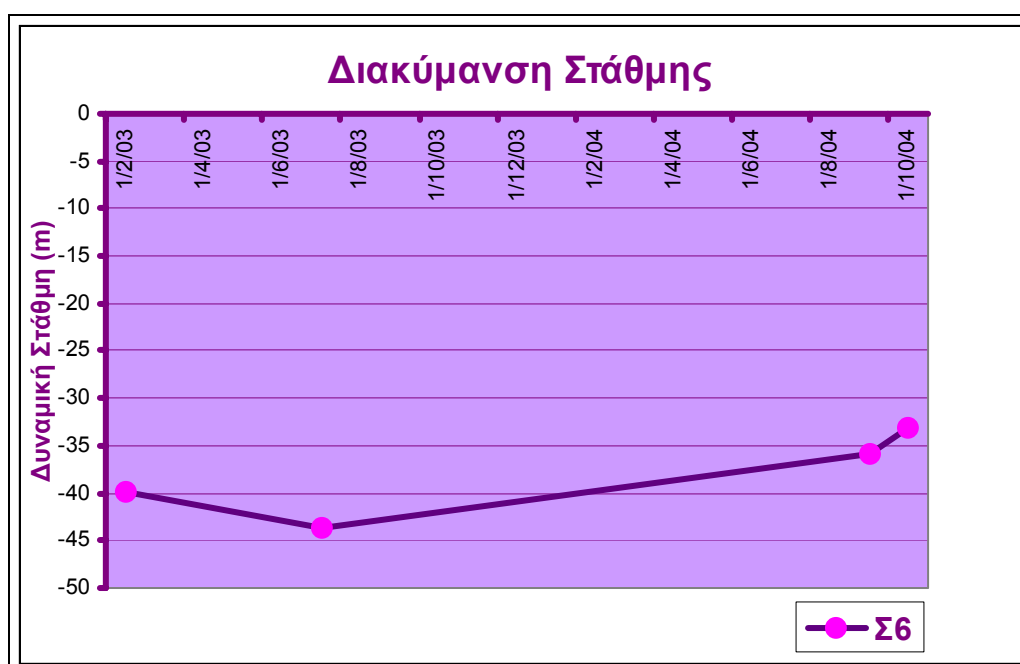


Σχήμα 3.13: Διακύμανση της στατικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ6.

Τα όρια της διακύμανσης της στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ6 κυμαίνονται μεταξύ $-33,65$ m και $-15,50$ m (Σχ.3.13). Η ελάχιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 22/04/2003 με τιμή $-33,65$ m ενώ η μέγιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 27/10/2005 με τιμή $-15,50$ m.

Η διακύμανση της δυναμική στάθμη της γεώτρησης Σ6 είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Δυναμική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
2/28/03	40.77	-39.97
7/17/03	44.47	-43.67
9/3/04	36.68	-35.88
10/20/04	33.99	-33.19

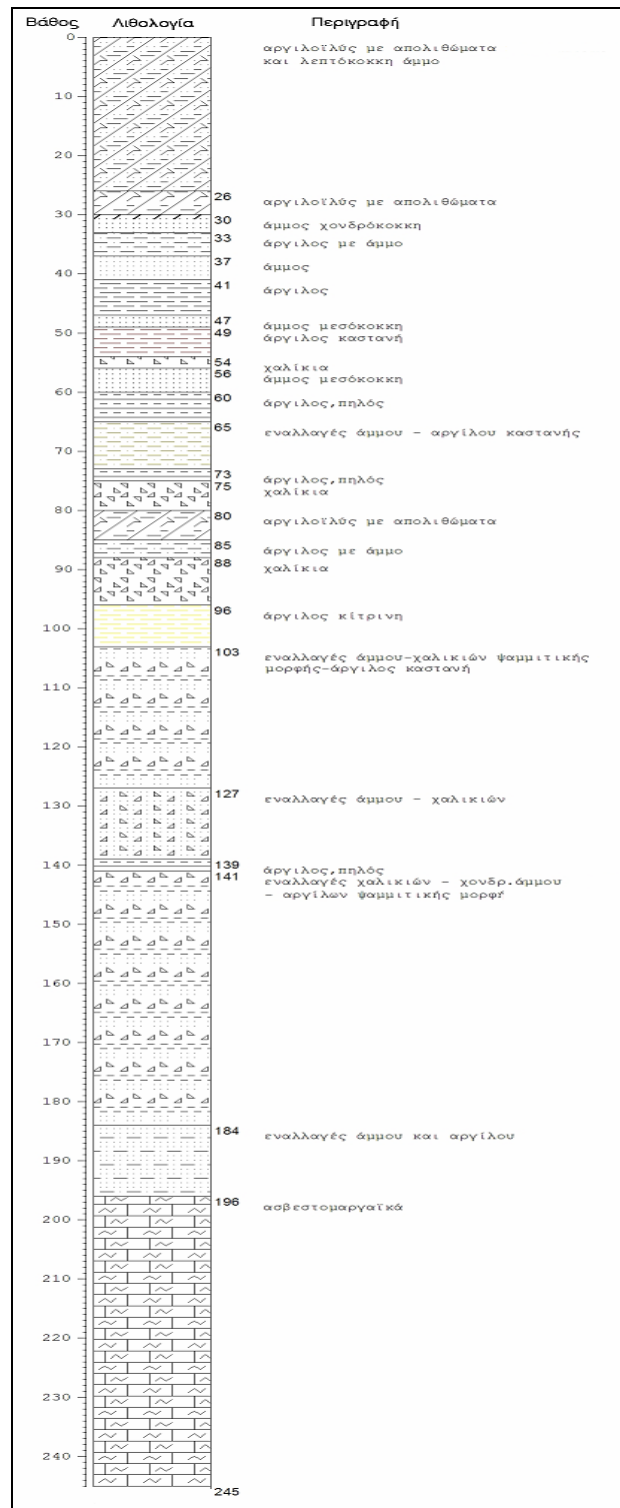


Σχήμα 3.14: Διακύμανση της δυναμικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ6.

Η δυναμική στάθμη της γεώτρησης Σ6 κυμαίνεται μεταξύ $-43,67$ m που παρατηρείται στις 17/07/2003 και $-33,19$ m που παρατηρείται στις 20/10/2004 (Σχ.3.14).

Στο Σχήμα 3.15 παρουσιάζεται η λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ6, από την οποία προκύπτει εναλλαγή αδρομερών υλικών (άμμοι, κροκάλες, άργιλος, χάλικες) με λεπτομερή υλικά (άργιλος, λεπτομερής άμμος). Το βάθος της γεώτρησης είναι 245 m.

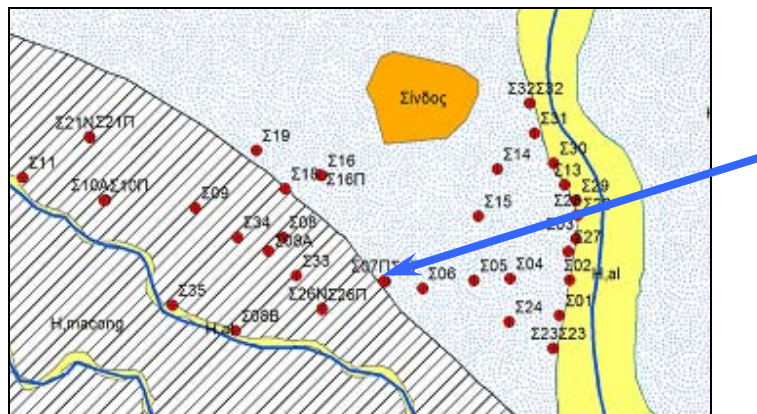
Οι κυριότεροι υδροφόροι ορίζοντες αναπτύσσονται σε βάθη 75-80 m, 103-127m, 127-139 m, 141-154 m.



Σχήμα 3.15: Λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ6.

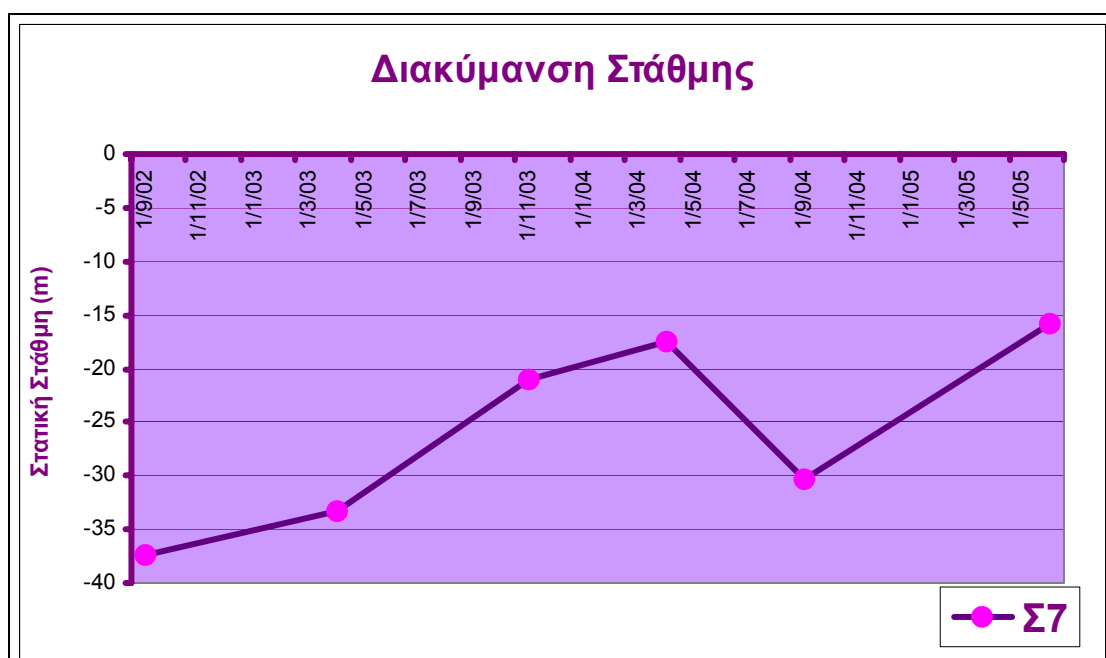
Γεώτρηση Σ7

Η γεώτρηση Σ7 ανήκει στην ομάδα Σίνδου και έχει συντεταγμένες $\chi = 398499,7$ και $\psi = 4500236,62$. Το ύψος της από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 1,0 m.



Η διακύμανση της στατικής της στάθμης είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Στατική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
9/30/02	38.41	-37.41
4/22/03	34.33	-33.33
11/10/03	22.06	-21.06
4/20/04	18.46	-17.46
9/3/04	31.37	-30.37
6/10/05	16.89	-15.89

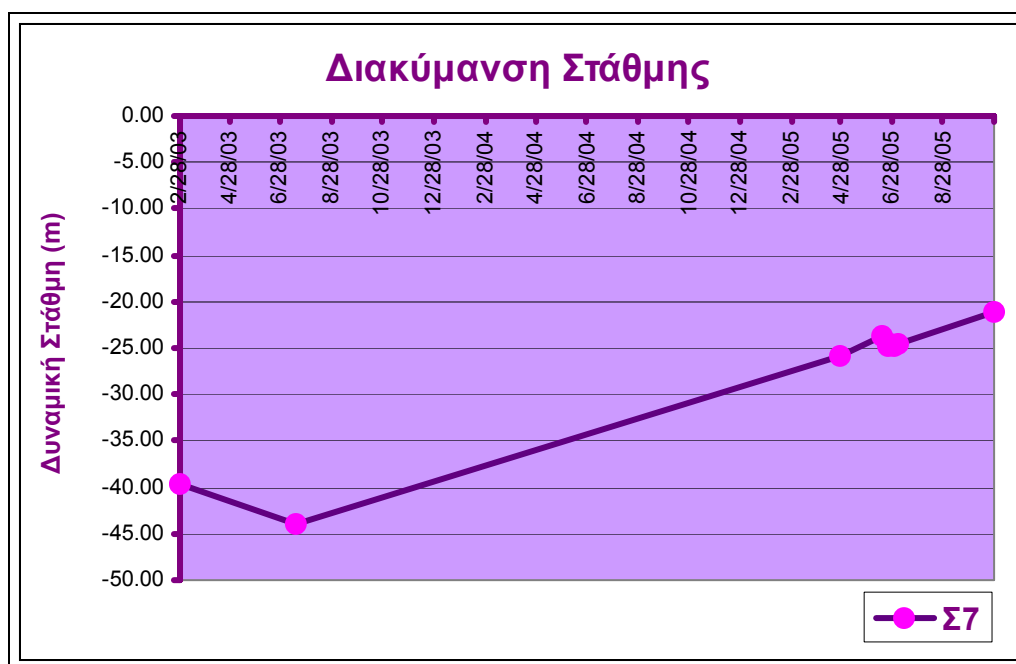


Σχήμα 3.16: Διακύμανση της στατικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ7.

Τα όρια της διακύμανσης της στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ7 κυμαίνονται μεταξύ $-37,41$ m και $-15,89$ m (Σχ.3.16). Η ελάχιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 30/09/2002 με τιμή $-37,41$ m, ενώ η μέγιστη στάθμη ηρεμίας καταγράφηκε στις 10/06/2005 με τιμή $-15,89$ m.

Η διακύμανση της δυναμική στάθμη της γεώτρησης Σ7 είναι η εξής:

<u>Ημέρα Παρατήρησης</u>	<u>Δυναμική στάθμη</u>	<u>Απόλυτη στάθμη</u>
2/28/03	40.68	-39.68
7/17/03	44.93	-43.93
4/26/05	26.95	-25.95
6/15/05	24.65	-23.65
6/22/05	25.74	-24.74
6/24/05	25.66	-24.66
7/1/05	25.8	-24.80
7/4/05	25.66	-24.66
10/27/05	22.15	-21.15

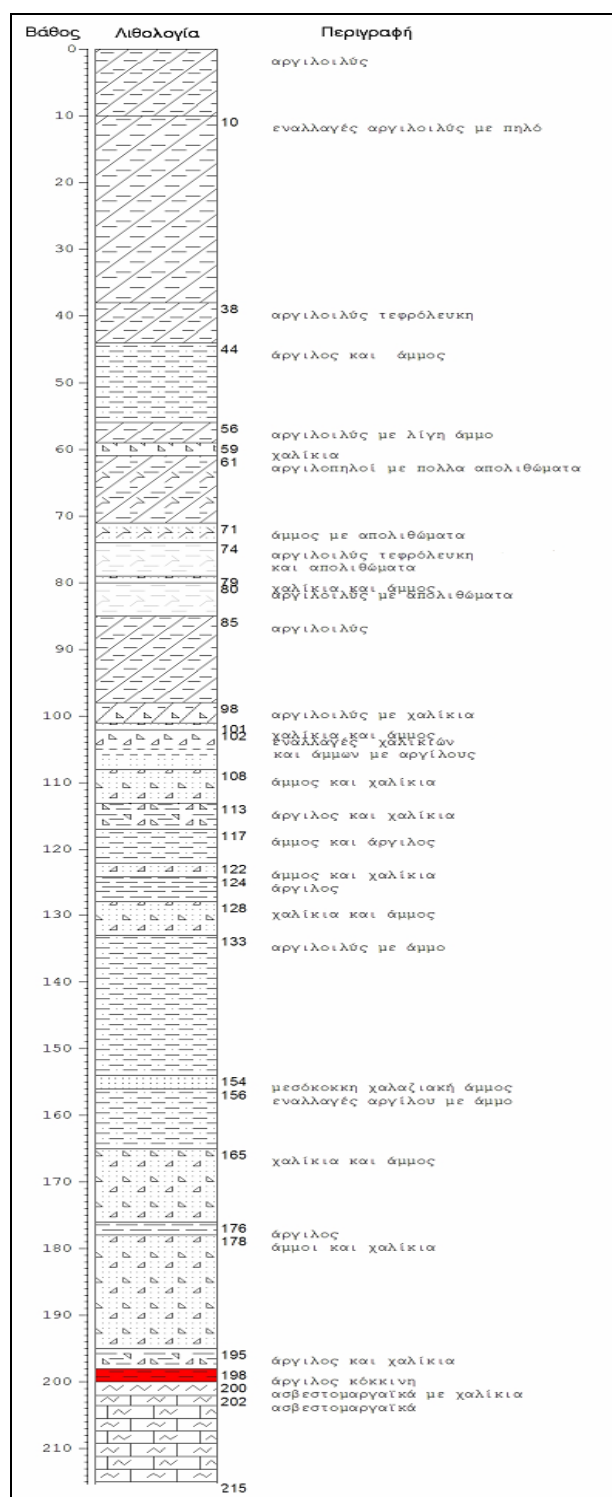


Σχήμα 3.17: Διακύμανση της δυναμικής στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση Σ7.

Η δυναμική στάθμη της γεώτρησης Σ7 κυμαίνεται μεταξύ $-43,93$ m που παρατηρείται στις 17/07/2003 και $-21,15$ m που παρατηρείται στις 27/10/2005 (Σχ.3.17).

Στο Σχήμα 3.18 παρουσιάζεται η λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ7, από την οποία προκύπτει εναλλαγή αδρομερών υλικών (κροκάλες, χάλικες) με λεπτομερή υλικά (άργιλος, λεπτομερής άμμος). Το βάθος της γεώτρησης είναι 215 m.

Οι κυριότεροι υδροφόροι ορίζοντες αναπτύσσονται σε βάθη 98-117 m, 122-124 m, 128-133 m, 165-176 m, 178-198 m.



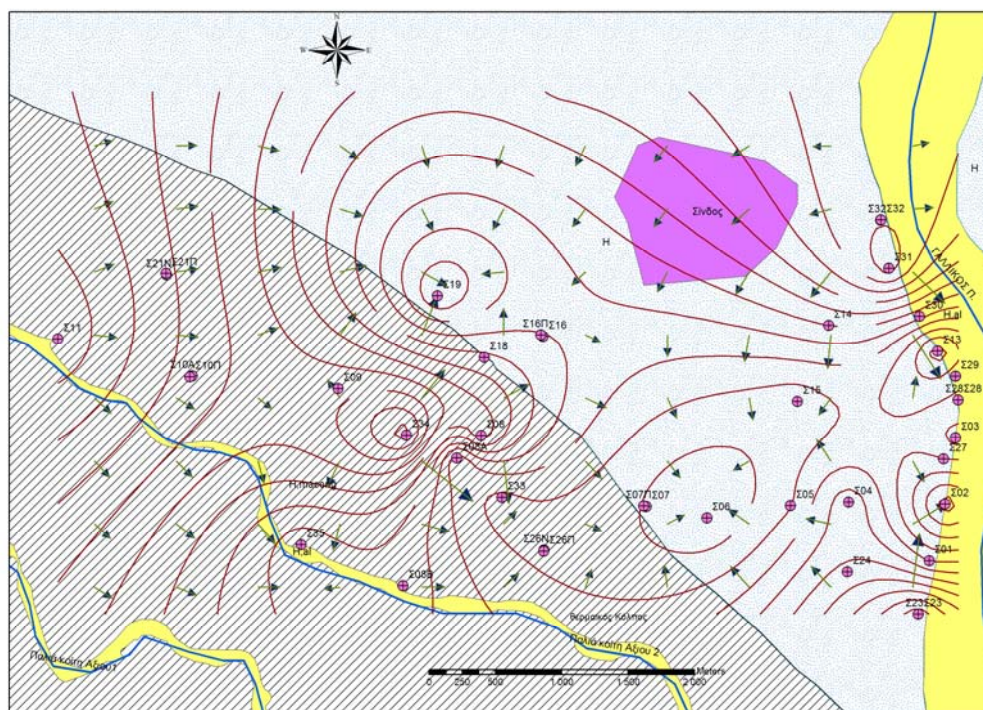
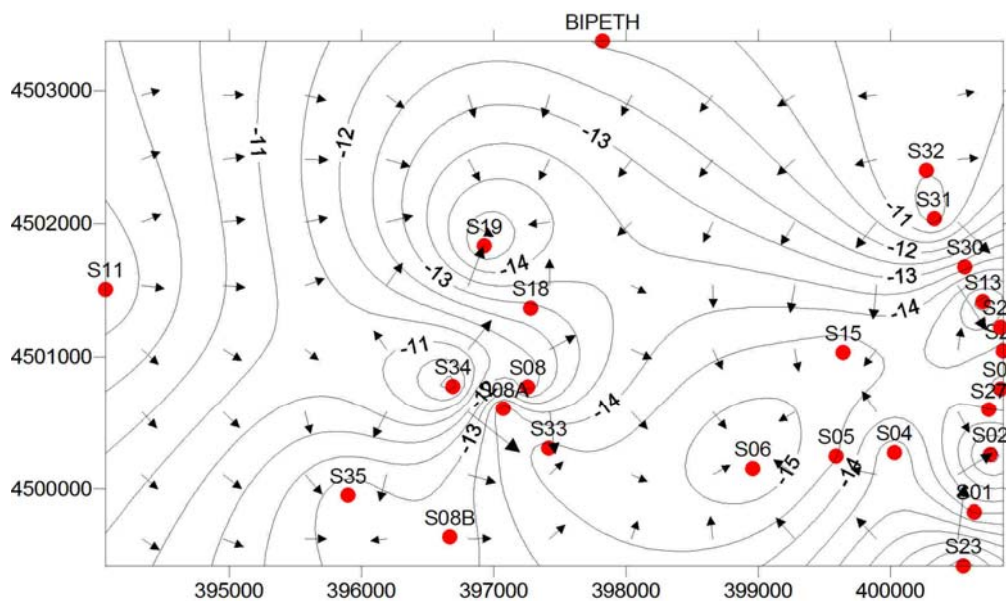
Σχήμα 3.18: Λιθολογική τομή της γεώτρησης Σ7.

3.4 Πιεζομετρία

Στον κατωτέρω Πίνακα παρουσιάζονται οι μετρήσεις της στάθμης, που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο Οκτωβρίου 2005. Με βάση τις μετρήσεις αυτές κατασκευάστηκε ο πιεζομετρικός χάρτης της αντίστοιχης περιόδου (Σχ.3.19).

Πίνακας 3.2:Μετρήσεις στάθμης του υπόγειου νερού στην περιοχή Σίνδου (10/2005).

Συντεταγμένη Χ	Συντεταγμένη Ψ	Όνομα Γεώτρησης	Στατική στάθμη	Δυναμική στάθμη	Απόλυτη στάθμη	Ημέρα παρατήρησης
400634.8	4499827.22	S01	14.77	-	-14.07	10/24/2005
400755.6	4500257.39	S02	17.03	-	-16.33	10/24/2005
400833.2	4500759.44	S03	17.17	-	-13.77	10/24/2005
400028.2	4500272.64	S04	13.91	-	-13.11	10/24/2005
399588.4	4500246.54	S05	15.36	-	-14.56	10/24/2005
398958	4500152.73	S06	16.3	-	-15.50	10/27/2005
398499.7	4500236.62	S07	-	22.15	-11.63	10/27/2005
397255.2	4500774.07	S08	12.83	-	-14.52	10/27/2005
397071.2	4500606.82	S08A	16.32	-	-13.13	10/27/2005
396666.5	4499640.55	S08B	15.03	-	-14.07	10/27/2005
396176.8	4501131.36	S09	-	30.03	-	10/27/2005
394064	4501506.01	S11	13.09	-	-9.09	10/27/2005
400698.9	4501413.49	S13	19.88	-	-15.88	10/24/2005
399642.2	4501033.74	S15	16.81	-	-14.81	10/24/2005
397722.8	4501525.04	S16	-	17.64	-	10/27/2005
		S17	14.71	-	-	10/27/2005
397278.6	4501366.83	S18	14.28	-	-12.88	10/27/2005
396926.8	4501832.56	S19	17.25	-	-15.05	10/27/2005
400552.2	4499423.8	S23	11.31	-	-10.61	10/24/2005
400018.8	4499745.14	S24	-	-	-	10/24/2005
397730.3	4499908.79	S26N	-	27.56	-	10/27/2005
400742.5	4500599.2	S27	17.29	-	-14.49	10/24/2005
400852.1	4501045.12	S28	17.58	-	-14.38	10/24/2005
400833	4501224.46	S29	18.59	-	-14.69	10/24/2005
400561.4	4501676.16	S30	18.33	-	-13.33	10/24/2005
400330	4502039.18	S31	17.32	-	-10.22	10/24/2005
400269.5	4502404.48	S32	18.83	-	-10.53	10/24/2005
397413.7	4500306.54	S33	16.24	-	-14.64	10/27/2005
396691.9	4500777.64	S34	12.17	-	-9.67	10/27/2005
395898.3	4499949.84	S35	15.79	-	-13.39	10/27/2005
397823.22	4503372.77	BIPETH	-	-	-11.93	10/27/2005



Σχήμα 3.19: Πιεζομετρικός χάρτης στην περιοχή της Σίνδου την περίοδο Οκτωβρίου 2005.

Από τον πιο πάνω χάρτη πιεζομετρίας (Σχ. 3.19) παρατηρούνται τα εξής:

- Στην περιοχή έρευνας στη διάρκεια των υγρών περιόδων καταγράφεται πιεζομετρία που κυμαίνεται από -9 m έως -16 m α.ε.θ.
- Η δυναμική στάθμη των γεωτρήσεων κυμαίνεται από -17 m έως -30 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

- Η κύρια διεύθυνση ροής ταυτίζεται με τη διεύθυνση που έχει ο Αξιός ποταμός.
- Εμφανίζεται ένας κώνος στην περιοχή των γεωτρήσεων Σ8, Σ18, Σ33, Σ34, όπου η στάθμη του υπόγειου νερού βρίσκεται -9 m έως -14 m α.ε.θ.
- Οι γεωτρήσεις σήμερα βρίσκονται σε αναμονή και οι στατικές τους στάθμες βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα. Επίσης έχουμε **μη μετωπική διείσδυση θαλασσινού νερού** στις γεωτρήσεις υδροληψίας της περιοχής, λόγω της παρουσίας αργιλικού υλικού και λόγω του στρώμα της ιλύος το οποίο καλύπτει τον πυθμένα του Θερμαϊκού κόλπου και του κόλπου της Θεσσαλονίκης που λειτουργούν ως φραγμός.



Συμπεράσματα

Από την υδρογεωλογική μελέτη της περιοχής της Σίνδου στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας μου προέκυψαν τα κάτωθι συμπεράσματα:

1) Η περιοχή μελέτης καλύπτει τμήμα της λεκάνης Θεσσαλονίκης-Αξιού και βρίσκεται μεταξύ των ποταμών Αξιού (Δ/κά) και Γαλλικού (Α/κά).

2) Η περιοχή καλύπτεται γεωλογικά από τεταρτογενείς αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από εναλλαγές αδρομερών υλικών (άμμων, χαλικιών, κροκαλών) και λεπτομερών (αργίλων, ιλύων).

3) Εντός των τεταρτογενών αποθέσεων αναπτύσσεται επάλληλο σύστημα υδροφόρων οριζόντων.

4) Η στάθμη του υπόγειου νερού σε στατικές συνθήκες κυμαίνεται από -9 m έως -16 m α.ε.θ. και σε δυναμικές από -17 m έως -30 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

6) Καταγράφεται μια άνοδος της στάθμης του υπόγειου νερού στην περιοχή μετά τη διακοπή των αντλήσεων στις γεωτρήσεις της ΕΥΑΘ τα τελευταία δύο χρόνια, λόγω αξιοποίησης των επιφανειακών νερών του ποταμού Αλιάκμονα.

Η συνεχής παρακολούθηση της στάθμης και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού που πραγματοποιείται συστηματικά απ' την Ε.Υ.Α.Θ. τα τελευταία χρόνια στις γεωτρήσεις της, σύμφωνα και με την Οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς και η συνεργασία με όλους τους φορείς που εμπλέκονται στο θέμα του νερού θα συμβάλλει και στην καλύτερη διαχείρισή του προς όφελος όλων μας.



Βιβλιογραφία

- 1) Βουδούρης, Κ. (2005): Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος. Εκπαιδευτικές Σημειώσεις. Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ.
- 2) Εταιρεία Ύδρευσης & Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης, ΕΥΑΘ (2002): Η υδροδότηση της Θεσσαλονίκης. Λεύκωμα.
- 3) Doukas, I., Ifadis, I. and Savaidis, P. (2004): Monitoring and analysis of ground subsidence due to water pumping in the area of Thessaloniki. FIG Working week, May 22-27, Athens.
- 3) Καλούση Ε., Α. Χατζηκύρκου (2000): Μελέτη ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών και υπόγειων νερών Ν. Θεσσαλονίκης. Αδημοσίευτη μελέτη, Ι.Γ.Μ.Ε., Περιφερειακή Μονάδα Κεντρικής Μακεδονίας.
- 4) Λουπασάκης, Κ., Σωτηριάδης, Μ., Σούλιος, Γ. (1997): Υδροχημικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού της πεδινής περιοχής μεταξύ Θεσσαλονίκης και Ν. Χαλκηδόνας. Πρακτικά 4ου Παν. Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, 194-212.
- 5) Μελαδιώτης, Ι. (1984): Γεωλογική μελέτη του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης-Γιαννιτσών και ειδικότερα της περιοχής μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, όπου αναπτύσσονται εκμεταλλεύσιμοι υπόγειοι υδροφορείς. Διδ. Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ.
- 6) Μουντράκης, Δ. (1985): Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.
- 7) Σούλιος, Γ. (1999): Έρευνα αξιοποίησης υδροφόρων στρωμάτων πεδινής περιοχής ενδιαφέροντος ΟΥΘ. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος. Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ.
- 8) Σούλιος, Γ. (1985): Γενική Υδρογεωλογία. Τόμοι Α, Β, Γ. Θεσσαλονίκη.
- 9) Τζιμούρτας, Σ., Σούλιος Γ., Νυμφόπουλος, Μ. (1997): Υφάλμυροι υπόγειοι υδροφορείς στη λεκάνη του Αξιού ποταμού. Πρακτικά 4^{ου} Παν. Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, 514-524.