



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

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

ΚΟΓΙΟΣ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΛΕΥΤΕΡΗΣ

AEM:4308

ΜΑΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

AEM:4172

Επιβλέπων καθηγητής: Κ. Βουδούρης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2012





ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	6
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	
1.1. Γεωγραφία και οικονομία της περιοχής της Σίνδου	6
1.2. Ιστορία της περιοχής	7
1.3. Μορφολογία της περιοχής μελέτης	8
1.4. Μορφομετρικές παράμετροι της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού	9
1.5. Μορφομετρικές παράμετροι της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	13
ΓΕΩΛΟΓΙΑ	
2.1. Η λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού	13
2.2. Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού	14
2.3. Τεκτονική της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού	17
2.4. Τεκτονική της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού	19
2.5. Γεωλογία της περιοχής Σίνδου	21
2.6. Τεκτονική της περιοχής της Σίνδου	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	23
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	
3.1. Υδρογεωλογία της περιοχής της Σίνδου	23
3.2. Υδρογεωλογία της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού	23
3.3. Υδρογεωλογία της λεκάνης απορροής του ποταμού Γαλλικού	24
3.4. Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού	25
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	43

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια των προπτυχιακών σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με θέμα << Υδρογεωλογικές συνθήκες και διακυμάνσεις της στάθμης του υπογείου νερού στην περιοχή της Σίνδου >> .

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η καταγραφή ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδρογραφικών λεκανών των ποταμών Αξιού και Γαλλικού και η παρακολούθηση της διακύμανσης της στάθμης του υπογείου νερού στην ευρύτερη περιοχή.

Για την επίτευξη του σκοπού της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν μελέτες και επεξεργασία των στοιχείων που αφορούν τη γεωλογία και την υδρογεωλογία τόσο της Σίνδου, όσο και της ευρύτερης περιοχής. Στη συνέχεια, υλοποιήθηκαν καινούριες μετρήσεις σχετικά με την στάθμη του υπογείου νερού της περιοχής της μελέτης, καταγραφή αυτών και σύγκριση με τα προϋπάρχοντα στοιχεία.

Τέλος, στην παρούσα εργασία γίνεται αναφορά στη μορφολογία της περιοχής, στις μορφομετρικές παραμέτρους των λεκανών απορροής των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, στην τεκτονική τους, στην υδρογεωλογία τους και γενικότερα στη γεωλογία τους.

Για την βοήθεια τους στη διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Κ.Βουδούρη που μας ανέθεσε το θέμα αυτό και συνεργάστηκε μαζί μας δίνοντας μας όλα τα απαραίτητα στοιχεία και πληροφορίες, καθώς επίσης και τον κ. Θ.Σπάχο γεωλόγο της ΕΥΑΘ, που μας βοήθησε να πραγματοποιήσουμε τις μετρήσεις πεδίου και μας παραχώρησε τα στοιχεία των γεωτρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1. Γεωγραφία και οικονομία της περιοχής της Σίνδου

Η περιοχή της Σίνδου βρίσκεται στα δυτικά της πόλης της Θεσσαλονίκης, καλύπτοντας τα διοικητικά όρια του Δήμου Εχέδωρου (εικ. 1.1) ενώ αποτελεί το παράκτιο τμήμα των ποταμών Γαλλικού και Αξιού. Η περιοχή εκτείνεται στην εύφορη πεδιάδα της Θεσσαλονίκης που δημιουργήθηκε από τις προσχώσεις των ποταμών Αλιάκμονα, Λουδία, Αξιού και της Ανθεμούντα και καλυπτόταν από θάλασσα τα παλαιότερα έτη. Εκτός από τους προαναφερθέντες ποταμούς η περιοχή διαρρέεται και από τον Γαλλικό ποταμό "στο κέντρο". Όλοι εκβάλλουν στο Θερμαϊκό κόλπο.



Εικόνα 1.1. Γεωγραφική εξάπλωση δήμου Εχέδωρου.

Η περιοχή είναι κυρίως αγροτική και παράγει όσπρια, κτηνοτροφικά και πτηνοτροφικά προϊόντα, βαμβάκι, ρύζι, κρασί, λάδι, δημητριακά, φρούτα και αξιόλογα αλιευτικά. Επίσης, παρουσιάζει βιομηχανικό ενδιαφέρον καθώς υπάρχουν διυλιστήρια πετρελαίου και πετροχημικές βιομηχανίες, εργοστάσια τροφίμων και ποτών, μεταλλικών και άλλων κατασκευών, υφαντουργίας, ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Παλαιότερα γινόταν και εκμετάλλευση του χρυσού που υπάρχει στην άμμο του Γαλλικού αλλά τελικά κρίθηκε ασύμφορη.

1.2. Ιστορία της περιοχής

Για την ύπαρξη της αρχαίας Σίνδου (εικ. 1.2) υπάρχει μόνο η γραπτή μαρτυρία του Ηροδότου, ότι ο στόλος του Ξέρξη εισχώρησε στο Θερμαϊκό κόλπο και ναυλόχησε στη Θέρμη, στην πόλη Σίνδο και στη Χαλάστρα. Από την περιγραφή αυτή, γνωρίζουμε, ότι η Σίνδος ήταν παράλια πόλη και βρισκόταν μεταξύ της Θέρμης και της Χαλάστρας, πιθανότατα κοντά στις εκβολές του Εχέδωρου ποταμού.



Εικόνα 1.2. Ανασκαφές, αρχαίων κατοικιών στην περιοχή της Σίνδου.

Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την πληροφορία του Ηροδότου, ότι ο Εχέδωρος εξέβαλε στο έλος που υπήρχε στις εκβολές του Αξιού μας οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι η Σίνδος κατά τους χρόνους των περσικών πολέμων βρισκόταν στην ανατολική όχθη του Εχέδωρου, αφού η παράλια περιοχή της δυτικής όχθης του ήταν βαλτότοπος. Πρόκειται για εκτίμηση που είναι σύμφωνη με το χάρτη, τον οποίο σχεδίασε υποθετικά για την περίοδο μεταξύ των ετών 600 έως 450 π.Χ ο Άγγλος ιστορικός N. Hammond. Όμως η εκτίμηση αυτή βρίσκεται σε αντίθεση με το χάρτη, που σχεδίασε ο ίδιος ιστορικός για τα τέλη του 4ου π.Χ. αιώνα. Στον τελευταίο αυτό χάρτη ο μεν Εχέδωρος απεικονίζεται σε διαφορετική κατεύθυνση με αυτή που έχει στον προηγούμενο χάρτη, η δε Σίνδος τοποθετείται στη δυτική όχθη του σε σημείο, που προσεγγίζει τη θέση του σημερινού οικισμού.

Με δεδομένο το γεγονός, ότι η Σίνδος ήταν παράλια πόλη σε συνδυασμό και με την εκτίμηση, ότι τα πλησιέστερα προς τη θάλασσα προσχωσιγενή εδάφη της περιοχής δημιουργήθηκαν κατά τις τελευταίες χιλιετίες συμπεραίνεται, ότι η αρχαία Σίνδος βρισκόταν μάλλον βορειότερα του σημερινού οικισμού. Το συμπέρασμα αυτό είναι

σύμφωνο και με την πιθανολόγηση του καθηγητή Μ. Τιβέριου, ότι η αρχαία Σίνδος βρισκόταν στη διπλή τράπεζα της Αγχιάλου.

1.3. Μορφολογία της περιοχής μελέτης

Η πεδινή περιοχή που εκτείνεται μεταξύ των ποταμών Αξίου και Γαλλικού περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης και παρουσιάζει σαν τμήμα της πεδιάδας Θεσσαλονίκης-Γιαννιτσών όλους τους μακρομορφολογικούς χαρακτήρες ενός τεκτονικού βυθίσματος.

Μορφολογικά η περιοχή αυτή εμφανίζει ένα ομαλότατο τοπογραφικό ανάγλυφο με μικρές υψομετρικές διαφορές ως προς την επιφάνεια της θάλασσας και κακές συνθήκες αποστράγγισης. Η περιοχή καλύπτεται γεωλογικά από τεταρτογενείς αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από εναλλαγές αδρομερών άμμων, χαλικιών, κροκάλων και λεπτομερών υλικών αργίλων, ιλύων .

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 Αξίου 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 Αξίου και Γαλλικού και περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης πρέπει να αποδοθεί στην προσχωματική δράση των ποταμών αυτών. Επομένως είναι αναγκαία η αναφορά των μορφολογικών στοιχείων που αφορούν τις λεκάνες αυτών των ποταμών.

1.4. Μορφομετρικές παράμετροι της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξίου

Ο ποταμός Αξιός (εικ. 1.3) αποτελεί διασυνοριακό ποταμό, ο οποίος πηγάζει από την Π.Γ.Δ.Μ. και διαμέσου της Ελλάδας εκβάλλει στο Θερμαϊκό Κόλπο. Έχει συνολικό μήκος 388 km και η λεκάνη απορροής του καταλαμβάνει συνολική έκταση 23.747 km². Το 90% της λεκάνης απορροής του βρίσκεται στην Π.Γ.Δ.Μ. και μόλις 10% στην Ελλάδα. Στα τελευταία 10 km της πορείας του, πριν συναντήσει τη θάλασσα, διαπιστώνει κανείς εύκολα την υποβάθμιση που οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο νερό. Τόσο για την Ελλάδα όσο και για την Π.Γ.Δ.Μ. ο ποταμός είναι υψίστης σημασίας, αφενός λόγω του μεγέθους της λεκάνης απορροής του και κατ' επέκταση του πλήθους των οικοσυστημάτων που περιλαμβάνει, αφετέρου λόγω της

σημαντικότητας των χρήσεων του και από τις δύο χώρες.



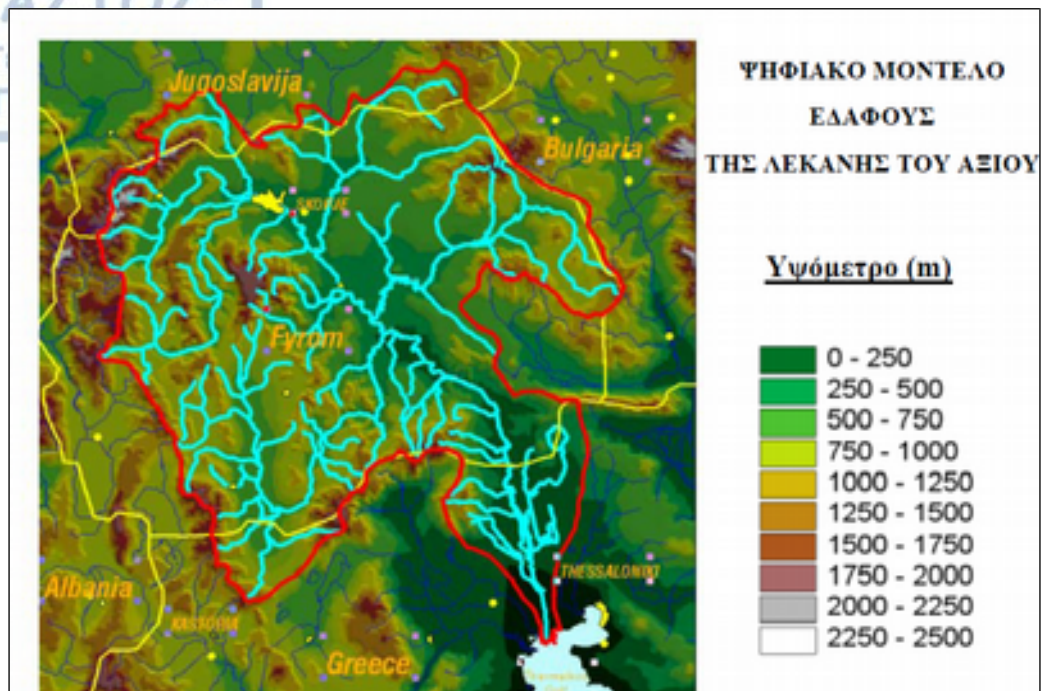
Εικόνα 1.3. Εναέρια φωτογραφία Αξιού ποταμού.

Η μειωμένη παροχή του ποταμού κατά τη θερινή περίοδο, λόγω της ξηρασίας και της παροχέτευσης του νερού του σε αρδευτικά δίκτυα, έχει ως αποτέλεσμα να μη φθάνει το νερό του ποταμού έως το Δέλτα. Τα νερά στράγγισης, λόγω της τοπογραφίας της περιοχής, δεν επιστρέφουν στον Αξιό. Ένα μέρος τους διοχετεύεται με τη βοήθεια αντλιοστασίων στη θάλασσα και το υπόλοιπο στον παρακείμενο ποταμό Λουδία.

Επειδή, κατά το θέρος η ποτάμια ροή σταματά σχεδόν εντελώς, το θαλασσινό νερό με την επίδραση της πλημμυρίδας εισέρχεται στο στόμιο του ποταμού. Η αλάτωση έχει επιπτώσεις τόσο στη χλωρίδα, όσο και στην ποιότητα των εδαφών της περιοχής. Η αλατότητα είναι αυξημένη στην περιοχή του Δέλτα και μειώνεται σταδιακά, όσο προχωρά κανείς κατά μήκος του ποταμού, προς τα ανάντη. Στον Αξιό, όπως και σε άλλες περιοχές, αντιπλημμυρικές κατασκευές διοχετεύουν το μεγαλύτερο μέρος των πλημμυρικών υδάτων κατευθείαν στη θάλασσα και τα εκπλύματα αποθηκεύονται σε δεξαμενές εξάτμισης, αντί να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση του Δέλτα.

Το τμήμα της λεκάνης απορροής του Αξιού (εικ. 1.4) που βρίσκεται στην Ελλάδα χωροθετείται στο κεντρικό τμήμα της Μακεδονίας. Ο ποταμός εισέρχεται στον ελλαδικό χώρο από την περιοχή των Ευζώνων, διασχίζει την πεδιάδα της Θεσσαλονίκης και εκβάλλει στο Θερμαϊκό Κόλπο.

Στην Ελλάδα καταλαμβάνει έκταση 3.212 km² και έχει μήκος 87 km. Αποτελεί έναν από τους πλέον σημαντικούς διασυνοριακούς ποταμούς της χώρας, καθώς οι υδατικοί του πόροι χρησιμοποιούνται από την ελληνική πλευρά για ύδρευση, άρδευση στην γεωργία και βιομηχανική χρήση. Η ορθολογική κατανομή των υδάτων έχει επιτευχθεί με την κατασκευή ενός φράγματος στη περιοχή Πρόχωμα.



Εικόνα 1.4. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης του Αξιού.

Πηγή: EUROCAT 2004

Το δυτικό και νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού που βρίσκεται σε ελληνικό έδαφος είναι ορεινό με μέγιστο υψόμετρο που φτάνει τα 2.400 m, ενώ στο ανατολικό τμήμα το υψόμετρο φτάνει τα 1.800 m. Το υψόμετρο των πεδινών περιοχών της λεκάνης κυμαίνεται μεταξύ 250 m και 750 m, ενώ το υψόμετρο στην περιοχή του Δέλτα του ποταμού κυμαίνεται μεταξύ 0 m και 250 m.

Πριν την εκβολή του στο Θερμαϊκό Κόλπο ο ποταμός σχηματίζει ένα Δελταϊκό σύστημα, το οποίο αποτελεί υγρότοπο διεθνούς σημασίας.

Η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων του Αξιού στην περιοχή της Ελλάδας χαρακτηρίζεται καλή έως μέτρια στην πλειοψηφία των περιοχών από τις οποίες διέρχεται, με εξαίρεση τις περιοχές Ακροπόταμος και Πολύκαστρο, καθώς και την περιοχή των εκβολών του, όπου η ποιότητα των υδάτων χαρακτηρίζεται ως κακή.

1.5. Μορφομετρικές παράμετροι της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού

Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού (εικ. 1.5), γεωγραφικά κατά το μεγαλύτερο τμήμα της, βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του νομού Κιλκίς και στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 1.5. Φωτογραφία του Γαλλικού ποταμού.

Ο Γαλλικός ποταμός εκβάλλει στον Θερμαϊκό κόλπο. Έχει σχήμα απιοειδές με διεύθυνσή BBA-NNΔ. Η συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού μέχρι τις εκβολές του στον Θερμαϊκό κόλπο, όπως αυτή ορίζεται από την υδροκριτική γραμμή, ανέρχεται σε 950 km^2 . Το μέγιστο υψόμετρο της περιοχής μελέτης ανέρχεται σε 1179 m (στην περιοχή του όρους Μαυροβούνι) και το χαμηλότερο υψόμετρο είναι 60 m (στην περιοχή της Νέας Φιλαδέλφειας).

Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού έχει έντονα ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο. Το συνολικό μήκος του Γαλλικού ποταμού ανέρχεται σε 73 km , με διεύθυνση ροής BBA-NNΔ. Η ροή στην κύρια κοίτη του ποταμού δεν είναι μόνιμη και είναι άμεσα εξαρτημένη από τις μετεωρολογικές συνθήκες, καθώς έχει παρατηρηθεί ακόμα και τον χειμώνα σε φτωχές σε κατακρημνίσματα χρονιές, η κύρια κοίτη προς την έξοδο της λεκάνης να μην έχει ροή. Επίσης χαρακτηριστικό του Γαλλικού ποταμού είναι οι μεγάλες και καταστροφικές πλημμυρικές παροχές του που εκδηλώνονται κατά περιόδους μετά από βροχοπτώσεις μεγάλης έντασης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1. Η λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού

Η γεωλογική δομή της περιοχής της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού αποτελείται από αποθέσεις του τριτογενούς και τεταρτογενούς. Οι αποθέσεις της Νεογενής περιόδου είναι σχηματισμοί οι οποίοι αποτελούνται από ιζήματα υφάλμυρης και λιμναίας φάσης και ποταμοχερσαίες αποθέσεις με πάχος 300 m. Οι αποθέσεις της Ολοκαινικής περιόδου είναι νεότερες αποθέσεις που προέρχονται από τις πλημμύρες των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα. Κάτω από αυτούς τους σχηματισμούς υπάρχουν θαλάσσιες αποθέσεις οι οποίες αποτελούν προέκταση της ακτής και των δέλτα των ποταμών και εναλλαγές θαλάσσιων και ποτάμιων αποθέσεων που αποτελούν προσχωματικά υλικά χειμάρρων. Η υδρογεωλογική λεκάνη του Αξιού καθορίζεται από μια σειρά ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ και εγκάρσια προς αυτά Β-Ν. Η διεύθυνση των πτυχών και των ρηγμάτων είναι ΒΔ προς ΝΑ.

Η στρωματογραφική διαδοχή και η λιθολογική σύσταση των σχηματισμών που εμφανίζονται στη λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού ξεκινώντας από τα παλαιότερα προς τα νεότερα είναι:

α. Προαλπικοί σχηματισμοί

Οι σχηματισμοί αυτοί (εικ. 2.1) καλύπτουν το 16% της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού και διακρίνονται σε οφειόλιθους, γρανίτες, ασβεστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίνες, σχιστόλιθους, χαλαζίτες, φυλλίτες, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, και τοφφίτες.

β. Αλπικοί σχηματισμοί

Οι σχηματισμοί αυτοί από πετρογραφική άποψη διακρίνονται σε ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους, μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, αργίλους, πηλούς, ηφαιστειακούς τόφφους και ρυολιθικά πορφυροειδή

γ. Νεότερες τεταρτογενείς αποθέσεις

2.2 Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού

Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού, γεωτεκτονικά , ανήκει κατά το μεγαλύτερο μέρος της στις Εσωτερικές Ελληνίδες και πιο συγκεκριμένα στις γεωτεκτονικές ζώνες της Παιονίας και της Περιροδοπικής και στη Σερβομακεδονική μάζα γεωλογικοί σχηματισμοί της οποίας εμφανίζονται επιφανειακά εντός των ορίων της.

Η στρωματογραφική διαδοχή και η λιθολογική σύσταση των σχηματισμών που εμφανίζονται στη λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού ξεκινώντας από τα παλαιότερα προς τα νεότερα είναι:

α. Προαλπικοί σχηματισμοί

i. Σερβομακεδονική μάζα

- *Σειρά Βερτίσκου*

Η σειρά Βερτίσκου η οποία αποτελεί ένα μεταμορφωμένο σύστημα μεγάλου πάχους συνιστά τους μεγαλύτερους κρυσταλλοσχιστώδεις σχηματισμούς της δυτικής πτέρυγας της Σερβομακεδονικής μάζας. Στη σύσταση του σχηματισμού επικρατεί κυρίως ένας ορίζοντας αμφιβολιτών και ένας εκτεταμένος ορίζοντάς γνευσίων και μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων.

ii. Περιοδοπική ζώνη

Οι σχηματισμοί της σειράς αυτής συνίστανται από βαθυκόκκινους και πρασινόμαυρους λεπτόκοκκους χαλαζίτες που εναλλάσσονται με ερυθρόχρωμους σχιστώδεις ρυόλιθους, με τεφρούς χαλαζιακούς και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους καθώς και με λεπτές στρώσεις γκριζόχρωμων μαρμάρων.

- *Σειρά Εξαμιλίου*

Χαλαζίτες

Οι σχηματισμοί της σειράς αυτής συνίστανται από πρασινοπούς λεπτόκοκκους λεπτοστρωματώδεις χαλαζίτες που εναλλάσσονται με λεπτόκοκκους χαλαζιακούς και σερίκτιτικούς σχιστόλιθους καθώς και με λεπτοστρωματώδη κροκαλοπαγή.

β. Αλπικοί σχηματισμοί

i. *Περιοδοπική ζώνη*

Τα αλπικά πετρώματα της Περιοδοπικής ζώνης ανήκουν στις παρακάτω γεωλογικές ενότητες:

- ***Ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά***

Ασβεστόλιθοι Μέσου-Άνω Τριαδικού

(Κατώτερη ασβεστολιθική σειρά)

Ασβεστόλιθοι Κάτω-Μέσου Ιουρασικού

(Ανώτερος ανθρακικός ορίζοντας)

- ***Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα***

Ανώτερη φυλλιτική ακολουθία

Συνίσταται από καστανοπράσινους φυλλίτες με φακούς και φλέβες χαλαζία που διακόπτονται από ενστρώσεις πρασινόχρωμων σχιστόλιθων και γνευσίων Άνω Τριαδικής ηλικίας

Ανώτερη κλαστική ιζηματογενής σειρά

Αποτελείται από ερυθρόχρωμους ασβεστιτικούς ψαμμίτες καθώς και από καστανούς και τεφρογάλανους κλαστικούς απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους που εναλλάσσονται με μελανότεφρους και κίτρινους αργιλικούς σχιστόλιθους. Η ηλικία των απολιθωματοφόρων πετρωμάτων είναι Άνω Τριαδική.

- ***Ενότητα Άσπρης Βρύσης- Χορτιάτη***

Ασβεστόλιθοι Μέσου-Άνω Τριαδικού

(Κατώτερη ασβεστολιθική σειρά)
Αμμούχοι αργιλικοί σχιστόλιθοι

- **Ενότητα Ωραιοκάστρου**

Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής εμφανίζονται με τη μορφή οφειολιθικών σωμάτων συνήθως ως σερπεντινωμένοι περιδοτίτες

γ. Τριτογενείς σχηματισμοί

Εμφανίζεται μια ψαμμιτομαργακή σειρά που αποτελείται από συμπαγείς συνεκτικούς ψαμμίτες που εναλλάσσονται με μικροκροκαλοπαγή και ορίζοντες αμμούχων μαργών.

δ. Τεταρτογενείς σχηματισμοί

Καλύπτουν τις πεδινές κυρίως επιφάνειες της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης. Συνίστανται από ιζήματα λιμναίας, χερσαίας, ποτάμιας και ποταμοχειμάρειας φάσης.

2.3. Τεκτονική της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού

Η τεκτονική της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού συνδέεται σε γενικές γραμμές με την τεκτονική των γεωτεκτονικών ζωνών στις οποίες ανήκει. Διέπεται από την αναστροφή των στρωμάτων στο ανατολικό της όριο, στην επαφή δηλαδή της Σερβομακεδονικής με την Περιοδοπική, από τη λεπιοειδή τεκτονική που δημιουργούν τα συστήματα ανάστροφών ρηγμάτων της Περιοδοπικής και από την αντικλινική πτυχή (μεγαλέπι) της ενότητας Ωραιοκάστρου της ζώνης Παιονίας.

Η πτυχογόνος τεκτονική της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού χαρακτηρίζεται από την μεγάλου 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 μεγάλων εύρους πτυχώσεων των προαλπικών στρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας, οι οποίοι προσανατολίζονται μεταξύ $B\ 310^\circ$ και $B\ 340^\circ$ περίπου μαρτυρούν ότι τα παραπάνω στρώματα έχουν υποστεί την συμμεταμορφική φάση πτυχώσεων του Αν. Ιουρασικού – Κ. 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 δυο 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 ρήγματα που κατά κανόνα συνοδεύονται από μια προς τα δυτικά μετακίνηση των στρωμάτων που διατρέχουν, αντιπροσωπεύουν τα εγκάρσια ρήγματα.

Σύνδεση μεταξύ ρηξιγενούς και πτυχογόνου τεκτονικής στην περιοχή του Ωραιοκάστρου όπου ο κύριος άξονας της κεκλιμένης αντικλινικής πτυχής της ομόνυμης γεωλογικής ενότητας συμπίπτει σε γενικές γραμμές με την 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 κλίσεων επιμήκη ανάστροφα ρήγματα. Οι μεγάλες γωνίες κλίσεως των παραπάνω ρηγμάτων, οι ηλικίες σχηματισμών των οποίων τοποθετείται στο Αν. Ηώκαινο θα πρέπει να αποδοθούν στη προς τα δυτικά μετακίνηση των παλαιοαλπικών αυτών στρωμάτων κατά την εφαπτομενική πτυχογόνο κίνηση του Αν. Ηωκαίνου. Στην εφαπτομενική αυτή πτυχογόνο κίνηση του Αν. Ηωκαίνου πρέπει να αποδοθεί τόσο η εφίπλευση τόσο η εφίπλευση της Σερβομακεδονικής μάζας επί της ζώνης του Αξιού, όσο και η εφίπλευση των πετρωμάτων του δυτικού περιθωρίου της Σερβομακεδονικής μάζας επί των παλαιοαλπικών πετρωμάτων της ανατολικής πτέρυγας της κεκλιμένης αντικλινικής πτυχής της ενότητας Ωραιοκάστρου της ζώνης 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 ρήγματα είναι πολύ πιθανό να αντιστοιχεί σε ένα χιλιομετρικής κλίμακας πτυχωσιγενές ρήγμα. Το γεγονός ότι κατά μήκος της ανώμαλης αυτής τεκτονικής επαφής παρατηρούνται κατά θέσεις ανάστροφες των προαλπικών στρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας, συνηγορεί ασφαλώς υπέρ της παραπάνω άποψης.

Τέλος όσο αναφορά τα νεότερα ΒΔ – ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης ρήγματα που διατρέχουν τα Αν. Μειοκαινικά ιζήματα της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού, αν ληφθεί υπόψη ότι η τάση συμπίεσης στις οποίες υποβλήθηκε ο βόρειος Ελλαδικός χώρος κατά την διάρκεια του Αν. Μειοκαίνου/ Κ. Πλειοκαίνου είχε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, θα πρέπει αυτά να τοποθετηθούν από άποψη ηλικίας σχηματισμού



μεταξύ του Αν. Μειόκαινου/Κ. Πλειοκαίνου (Μουντράκης Δ. 2010).

2.4. Τεκτονική της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού

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

Η πτυχογόνος τεκτονική της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού αντιπροσωπεύεται από τη μεγάλη χιλιομετρική κλίμακας αντικλινική πτυχή του ορεινού όγκου του Πάικου καθώς και από πολυάριθμες μικρού εύρους ασύμμετρες συγκλινικές και αντικλινικές πτυχώσεις που αναπτύσσονται είτε στους πλαστικούς σχιστολιθικούς ορίζοντες που παρεμβάλλονται μεταξύ των άκαμπτων προαλπικών ανθρακικών πετρωμάτων, είτε στα Ηωκαινικής έως Ολιγοκαινικής ηλικίας ιζήματα που επικάθονται επικλυσίγενώς στα παλαιοαλπικά στρώματα της λεκάνης. Οι άξονες του μικρού εύρους πτυχώσεων, που προσανατολίζονται είτε κατά την 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 αφενός μεν τις συμμεταμορφικές φάσεις πτυχώσεων του Αν. Ιουρασικού – Κ. Κρητιδικού και του Α. Ιουρασικού –Κ.Μ Ηωκαίνου αφετέρου δε την εφαπτομενική πτυχογόνο κίνηση του Αν. Ηωκαίνου.

Η ρηξιγενής τεκτονικής της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού αντιπροσωπεύεται από δυο κύριες διευθύνσεως ρηγμάτων (ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ- ΝΝΑ και 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 μιας προς δυτικά μετατόπισης των στρωμάτων που διατρέχουν, αποτελούν τα εγκάρσια ρήγματα. Το γεγονός ότι η διεύθυνση του κύριου άξονα της αντικλινική πτυχής του Πάικου ταυτίζεται με την επικρατούσα διεύθυνση των ρηγμάτων 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 μυλινιτώσεως, 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 Παιονίας αντιστοιχούν σε μεγάλης γωνίας κλίσεως επιμήκη ανάστροφα ρήγματα. Οι μεγάλες γωνίες κλίσεως των παραπάνω ρηγμάτων, ηλικίας σχηματισμού των οποίων τοποθετείται χρονολογικά από την περίοδο του Αν. Κρητιδικού έως και την περίοδο του Αν. Ηωκαίνου θα πρέπει να αποδοθούν στην προς τα δυτικά μετακίνηση των Παιονικών στρωμάτων κατά την εφαπτομενική κίνηση του Αν. Ηωκαίνου κατά την οποία τα αρχικά μικρής γωνίας κλίσης ρήγματα επωθήσεις 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 εφίπλευση της ανατολικής πτέρυγας της αντικλινικής πτυχής του παραπάνω υβώματος από τα στρώματα της ενότητας Γευγελή της ζώνης Παιονίας.

Τέλος τα νεότερης ηλικίας ρήγματα που διατρέχουν τα Α. Μειοκαινικής έως Αν. Πλειοκαινικής ηλικίας ιζήματα της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού και τα οποία αναπτύσσονται κατά δυο 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 διαστάσεις στις οποίες υποβλήθηκε ο βόρειος Ελλαδικός χώρος κατά την διάρκεια του Νεογενούς και Τεταρτογενούς. Συγκεκριμένα αν ληφθεί υπόψη ότι οι τάσεις συμπίεσης στις οποίες υποβλήθηκε η παραπάνω περιοχή κατά τη διάρκεια του Αν. Πλειοκαίνου/Κ. Πλειστοκαίνου, είχαν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, θα πρέπει τα ΒΑ – ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης ρήγματα που διατρέχουν τα Αν. Μειοκαινικής έως Κ. Πλειστοκαινικής ηλικίας ιζήματα της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, να τοποθετηθούν από άποψη ηλικίας σχηματισμού μεταξύ του Αν. Πλειοκαίνου και Κ. Πλειστοκαίνου. Όσον αφορά τα ΒΔ- ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης ρήγματα που διατρέχουν τα Αν. 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 Αν. Μειοκαίνου/Κ. Πλειόκαινου είχαν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, θα πρέπει αυτά τα τοποθετηθούν από άποψη ηλικίας σχηματισμού μεταξύ του Αν. Μειόκαινου και Κ.Πλειόκαινου (Μουντράκης Δ. 2010).

2.5. Γεωλογία της περιοχής Σίνδου

Στη περιοχή της Σίνδου εμφανίζονται κυρίως τεταρτογενή ιζήματα που καλύπτουν κατά κανόνα τις πεδινές περιοχές των λεκανών απορροής Αξιού και Γαλλικού, παρουσιάζοντας γενικά μεγάλη εξάπλωση. Οι τεταρτογενείς αυτοί γεωλογικοί σχηματισμοί συνίστανται από ιζήματα λιμναίας, χερσαίας, ποτάμιας και ποταμοχειμάρειας φάσεως τα οποία είναι ολοκαινικής και πλειστοκαινικής ηλικίας

α. Ολοκαινικές αποθέσεις

Οι προσχώσεις των κοιλάδων αποτελούνται από επάλληλα στρώματα άμμων, χαλικιών, κροκαλών, ιλύων, αργίλων, ενώ οι σύγχρονες στις κοίτες συνίστανται από αμμούχες αργίλους, χάλικες και κροκάλες.

Οι ελλουβιακοί σχηματισμοί, που κατά τύπους καλύπτουν προαλπικά ή και αλπικά πετρώματα και Πλειστοκαινικά ιζήματα, συνιστούν ένα αγνώστου πάχους σαθρό επιφανειακό μανδύα από αποσαθρώματα και λατύπες από σχιστολιθικά πετρώματα.

Τα αλλουβιακά ριπίδια καταλαμβάνουν κυρίως τις παρυφές των ορεινών όγκων και συνίστανται από χονδροκλαστικά και λεπτόκοκκα υλικά

β. Πλειστοκαινικές αποθέσεις

Αποτελούνται από ερυθρές αργίλους με ασβεστολιθικά συγκρίματα, από στρώματα άμμων και χαλικιών καθώς και από λεπτούς πάγκους από λατυποπαγή ή κροκαλοπαγή. Στις περιοχές γύρω από την Πικρολίμνη, Μπακέικα, Πέρινθο και Ξυλοκερατιά αντιπροσωπεύουν παλαιότερες λιμναίες αποθέσεις. Πλευρικά μεταβαίνουν σε συνεκτικά αδιαβάθμητά λατυποπαγή που εναλλάσσονται με τους πάγκους των ασβεστιτικών συγκριμάτων και με αμμούχες αργίλους. Παρατηρούνται επίσης διασταυρωμένες στρώσεις.

Στη λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού 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 που καταθέσεις καλύπτονται από ελλουβιακούς σχηματισμούς. Στη περιοχή του Εξαμιλίου εμφανίζεται το ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων το οποίο αντιπροσωπεύει παλαιότερα λιμναία ιζήματα και η κορυφή του βρίσκεται σε ύψος 30-40 m πάνω από τη κοίτη του ποταμού.

2.6. Τεκτονική της περιοχής της Σίνδου

Η περιοχή εντάσσεται στη γεωτεκτονική ζώνη του Αξιού και συγκεκριμένα στην ενότητα της Παιονίας, ένα τεκτονικό βύθισμα που έχει πληρωθεί από θαλάσσια και λιμναία ιζήματα πάχους 600-700 m.

Στους ανώτερους ορίζοντες αυτών των ιζημάτων διακρίνονται οι ακόλουθες ενότητες:

- ✓ Χαλαρές αποθέσεις με επικράτηση αμμωδών σχηματισμών.
- ✓ Χαλαρές αποθέσεις με επικράτηση αργιλοιδών σχηματισμών.
- ✓ Χαλαρές λεπτομερείς αποθέσεις με οργανικά.

Διάφορες ορογενετικές περίοδοι και εφαπτομενικές πτυχογόνες κινήσεις έπληξαν τις γεωτεκτονικές μονάδες της ζώνης του Αξιού και της Σερβομακεδονικής μάζας κατά τη διάρκεια της γεωλογικής τους ιστορίας. Επίσης, προκάλεσαν πλαστικές ή ρηξιγενείς παραμορφώσεις των πετρωμάτων, λεπιώσεις, εφιππεύσεις καθώς και αναστροφές των στρωμάτων τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.1. Υδρογεωλογία της περιοχής της Σίνδου

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την ποσότητα των κατακρημνισμάτων αλλά και από τη γεωλογική σύσταση και τη δομή της. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί έχουν διαφορετική υδρογεωλογική συμπεριφορά ανάλογα με τη λιθολογική τους σύσταση (η οποία καθορίζει το πορώδες τους) ή τις τεκτονικές επιδράσεις που έχουν υποστεί. Διακρίνονται σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς.

3.2. Υδρογεωλογία της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού

Ο υδροφόρος ορίζοντας της λεκάνης του Αξιού παρουσιάζεται στις άνω αποθέσεις οι οποίες είναι ασβεστόλιθοι Μεσοζωικού και κροκαλοπαγή του Ποντίου. Οι υδροφόροι ορίζοντες της ευρύτερης περιοχής είναι ο ορίζοντας του Αξιού, της Ελεούσας και του Αγίου Πέτρου. Από τον ποταμό Αξιό εμπλουτίζονται με νερό ο φρεάτιος και ο βαθύς υδροφόρος ορίζοντας της περιοχής. Το βόρειο τμήμα της περιοχής είναι πλουσιότερο σε υπόγεια ύδατα, διότι σε αυτήν την περιοχή η τροφοδοσία από τον Αξιό είναι μεγαλύτερη και γίνεται μέσω των παλαιών κοιτών του Αξιού και το παλαιό του δέλτα.

Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας ή ορίζοντας Αξιού βρίσκεται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης μέχρι μέσου βάθους 25 m. Η λιθολογική του σύσταση αποτελείται από αδρομερή και αδιαπέρατα υλικά. Ο υδροφόρος αυτός ορίζοντας παρουσιάζεται από την περιοχή της Αξιούπολης μέχρι τα χωριά Καμποχώρι και Βαλτόπι. Στο νότιο τμήμα ο φρεάτιος ορίζοντας είναι υπο την άμεση επιρροή της θάλασσας. Η ειδική παροχή του ορίζοντα Αξιού είναι της τάξης 30-150 m³/h.

Οι μέσοι υδροφόροι ορίζοντες ή ορίζοντες Ελεούσας αρχίζουν από το βάθος 27-32 m έως τα 75 m. Παρουσιάζονται από βορρά προς νότο και από δύση προς ανατολή. Ο υδροφόρος της Ελεούσας βρίσκεται υπό πίεση. Ο φρεάτιος και ο μέσος υδροφόρος ορίζοντας έχουν άμεση υδραυλική επικοινωνία με τον ποταμό Αξιό από το βόρειο τους τμήμα μέχρι το νότιο.

Οι βαθείς υδροφόροι ή υδροφόροι Αγίου Πέτρου διαχωρίζονται από τους προηγούμενους από μαργαικό στρώμα. Αρχίζουν από το βάθος των 85 m στο βόρειο τμήμα της λεκάνης και στα 75 m στο νότιο τμήμα της. Αποτελούν αλληλουχία

ημιπερατών υδροφόρων στρωμάτων, οι οποίοι θεωρούνται εκμεταλλεύσιμοι από βορρά έως της περιοχής Ριζιών μέχρι βάθους 150 m, ενώ στο νότιο τμήμα της λεκάνης μέχρι 120m διότι βαθύτερα η υδροφορία παρουσιάζει έντονη υφαλμύρωση. Η τροφοδοσία των βαθέων υδροφόρων με νερό γίνεται από την λοφώδη περιοχή. Μόνο σε ένα σημείο, βόρεια της Αξιούπολης, έρχονται σε επαφή οι βαθείς υδροφόροι με τον ποταμό Αξιό. Η ειδική παροχή των υδάτων του βαθέως ορίζοντα είναι 50-100 m³/h.

Τα υπόγεια νερά της λεκάνης απορροής του Αξιού παρουσιάζουν υφαλμύρωση στο φρεάτιο και στο βαθύτερο ορίζοντα. Η υπόγεια υδροφορία είναι πλουσιότερη στην κατάντη περιοχή κοντά στο Βαρδαροβάση η οποία αποτελεί τμήμα των παλαιών κοιτών του ποταμού Αξιού.

3.3. Υδρογεωλογία της λεκάνης απορροής του ποταμού Γαλλικού

Στη περιοχή της λεκάνης απορροής του γαλλικού ποταμού το καλά ανεπτυγμένο επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο, η μεγάλης έκτασης παρουσία των γνευσίων κυρίως και η μικρή επιφανειακή έκταση των ανθρακικών σχηματισμών αποτελούν ενδείξεις ότι στη λεκάνη οι υδρογεωλογικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη πλούσιας υπόγειας υδροφορίας. Το υδρογεωλογικό ενδιαφέρον εστιάζεται κυρίως στο πεδινό τμήμα της λεκάνης απορροής όπου και έχουμε την κύρια ανάπτυξη των τεταρτογενών ιζημάτων, τα οποία λόγω της σύστασης τους αφήνουν τα περιθώρια για την ανάπτυξη ενός αξιόλογου υδροφορέα.

Συνολικά οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού, 505,33 km² ποσοστό δηλαδή 58,2%, με αποτέλεσμα να καθορίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής.

Το μέγιστο συνεχές πάχος των αδιαπέρατων σχηματισμών που έχει διατηρηθεί και έχει καταγραφεί στις τομές των γεωτρήσεων που υπάρχουν στη διάθεσή μας είναι τα 230 m. Οι γνεύσιοι, που αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, από τις τομές των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ φαίνονται να φτάνουν μέχρι βάθους 500 m και να το ξεπερνούν.

Τα αδιαπέρατα αυτά πετρώματα συναντώνται στην επιφάνεια του εδάφους. Πολλές φορές όμως συναντώνται και με ένα ιζηματογενές επικάλυμμα του οποίου το πάχος γενικά είναι μικρότερο στο βόρειο τμήμα της λεκάνης και αυξάνεται προς τα νότια. Έτσι, ενώ εμφανίζονται στις περιπτώσεις που καλύπτονται από ένα στρώμα εδάφους ή ιζημάτων αυτό να έχει τις περισσότερες φορές πάχος της τάξης 4-5 m, μπορεί κατά τόπους να φτάσει και τα 30 m (βάθος).

Το πρωτογενές πορώδες στους παραπάνω σχηματισμούς είναι πολύ μικρό και

οποιαδήποτε περατότητα μπορεί να παρουσιάζουν οφείλεται στην ανάπτυξη δευτερογενούς πορώδους λόγω τεκτονικών επιδράσεων.

3.4. Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού

Για τη μελέτη της διακύμανσης της στάθμης του υπογείου νερού στον υδροφορέα της Σίνδου χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις που έγιναν στα πλαίσια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα μηνιαία δεδομένα της στάθμης για την περίοδο 2005 -2011, τα οποία παραχωρηθήκαν από το τμήμα Διαχείρισης Κύκλου Νερού της Ε.Υ.Α.Θ.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η διακύμανση της στατικής



στάθμης για την περίοδο 2005 - 2011 σε 7 γεωτρήσεις (χάρτης 3.1) της περιοχής έρευνας. Αναλυτικά για κάθε μια γεώτρηση προκύπτουν τα εξής:

Χάρτης 3.1. Θέση 7 γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης.

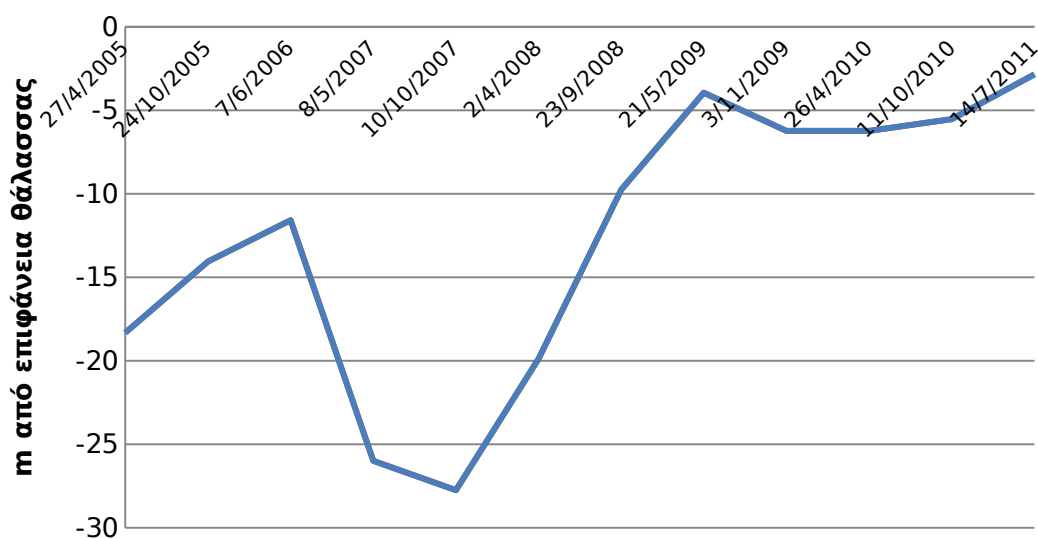


ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΟ1

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: X= 400634,8 ΚΑΙ Ψ=4499827,22, H=0,7m

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια εδάφους)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια της θάλασσας)
27/4/2005	19,02	-18.32
24/10/2005	14,77	-14.07
7/6/2006	12,28	-11.58
8/5/2007	26,69	-25.99
10/10/2007	28,45	-27.75
2/4/2008	20,58	-19.88
23/9/2008	10,45	-9.75
21/5/2009	4,65	-3.95
3/11/2009	6,94	-6.24
26/4/2010	6,93	-6.23
11/10/2010	6,23	-5.53
14/7/2011	3.56	-2.86

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΟ1 2005 - 2011





Τα όρια διακύμανσης της στάθμης της γεώτρησης Σ01, από τις 27/4/2005 μέχρι τις 14/7/2011, κυμαίνονται μεταξύ -27,75 m και -2,86 m.

Η ελάχιστη απόλυτη στάθμη είναι -27,75 m και καταγράφηκε στις 10/10/2007

Η μέγιστη απόλυτη στάθμη είναι -2,86 m και καταγράφηκε στις 14/7/2011

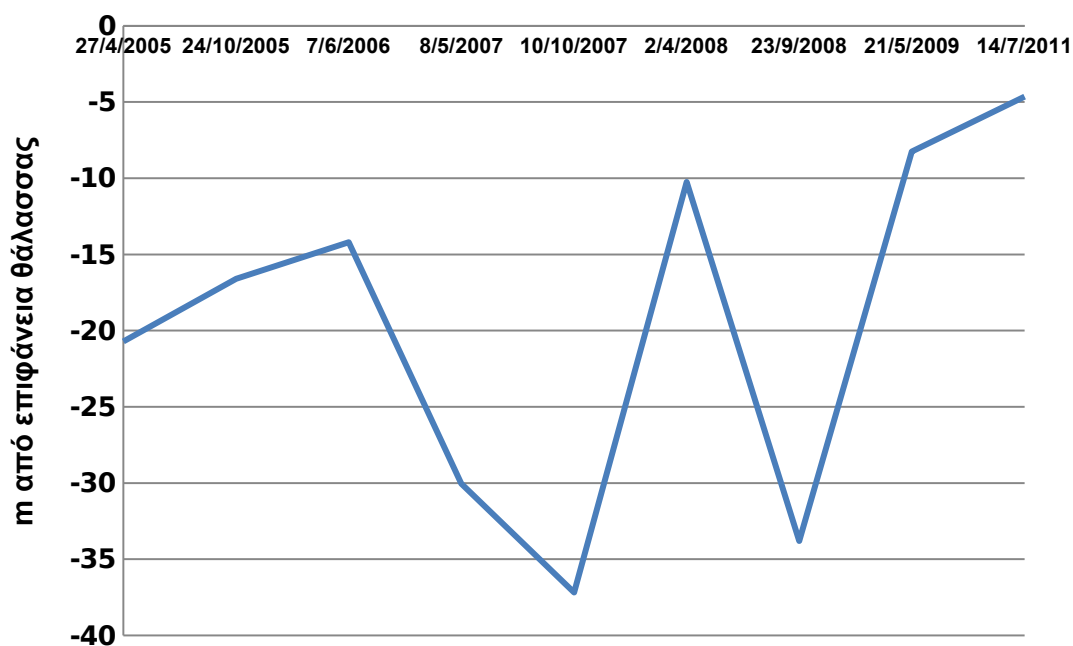
Η στατική στάθμη κυμαίνεται από 3,56 m στις 15/7/2011 έως 28,45m στις 10/10/2007

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ Ο2

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: X= 400755,6 και Ψ=4500257,39, H=0,7m

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια εδάφους)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια της θάλασσας)
27/4/2005	21,42	-20,72
24/10/2005	17,03	-16,6
7/6/2006	14,91	-14,21
8/5/2007	30,74	-30,04
10/10/2007	32,83	-37,17
2/4/2008	10,95	-10,25
23/9/2008	34,51	-33,81
21/5/2009	8,96	-8,26
14/7/2011	5,35	-4,65

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΟ2 2005 - 2011





Τα όρια διακύμανσης της στάθμης της γεώτρησης Σ02 από 27/4/2005 μέχρι 14/7/2011 κυμαίνονται μεταξύ -37,17 m και -4,65 m.

Η ελάχιστη στάθμη ηρεμίας είναι -37,17 m και καταγράφηκε στις 10/10/2007.

Η μέγιστη στάθμη ηρεμίας είναι -4,65 m και καταγράφηκε στις 14/7/2011

Η στατική στάθμη κυμαίνεται από 5,35 m στις 14/7/2011 έως 34,51 m στις 23/9/2008

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ Ο3

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: X= 400833,2 και Ψ=4500759,44, H=3,4m

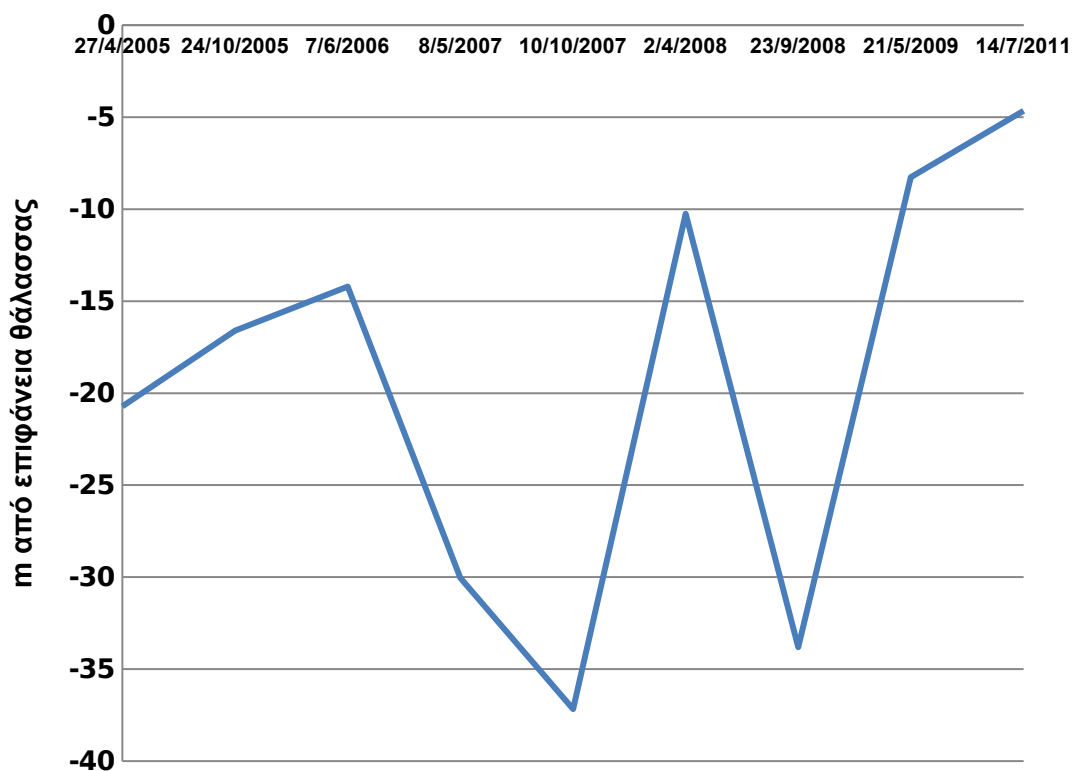
ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια εδάφους)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια της θάλασσας)
24/10/2005	17,17	-13,77
4/5/2007	9,61	-6,21
10/10/2007	11,29	-7,89
2/4/2008	7,66	-4,26
21/5/2009	6,76	-3,32
3/11/2009	9,85	-6,45
26/4/2010	7,89	-4,49
14/10/2010	7,52	-4,12
14/7/2011	4,91	-1,51

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΟ3

2005 - 2011

— ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ





Τα όρια διακύμανσης της στάθμης της γεώτρησης Σ03, από τις 24/10/2005 μέχρι τις 14/7/2011, κυμαίνονται μεταξύ -13,77 m και -1,51 m.

Η ελάχιστη απόλυτη στάθμη είναι -13,77 m και καταγράφηκε στις 24/10/2005

Η μέγιστη απόλυτη στάθμη είναι -1,51 m και καταγράφηκε στις 14/7/2001

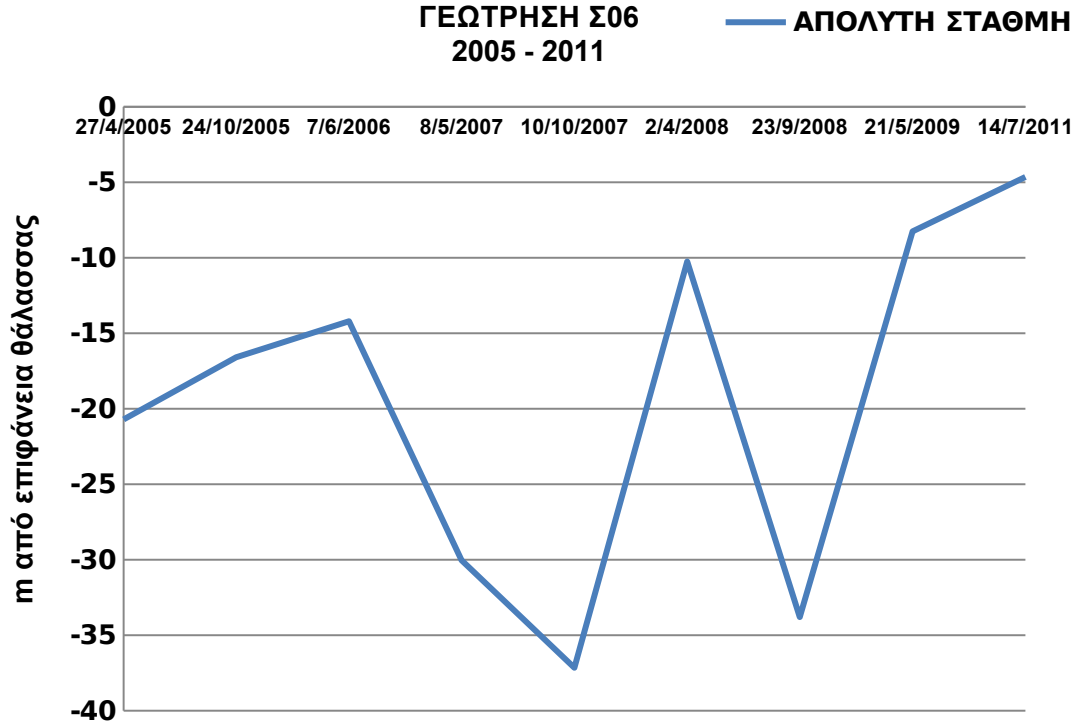
Η στατική στάθμη κυμαίνεται από 4,91 m στις 14/7/2011 έως 17,17 m στις 24/10/2005

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ Ο6

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: X= 399120 και Ψ=4500439, H=0,8m

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια εδάφους)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια της θάλασσας)
26/4/2005	20,82	-20,02
27/10/2005	16,3	-15,5
16/6/2006	16,2	-15,4
8/5/2007	23,6	-22,8
16/10/2007	17,75	-16,95
2/4/2008	19,13	-18,33
24/9/2008	24,88	-24,08
20/5/2009	6,97	-6,17
28/4/2010	3,95	-3,15
14/7/2011	4,73	-3,93

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ06 2005 - 2011





Τα όρια διακύμανσης της στάθμης της γεώτρησης Σ06, από τις 26/4/2005 μέχρι τις 14/7/2011, κυμαίνονται μεταξύ $-24,08$ m και $-3,15$ m.

Η ελάχιστη απόλυτη στάθμη είναι $-24,08$ m και καταγράφηκε στις 24/9/2008

Η μέγιστη απόλυτη στάθμη είναι $-1,51$ m και καταγράφηκε στις 28/4/2010

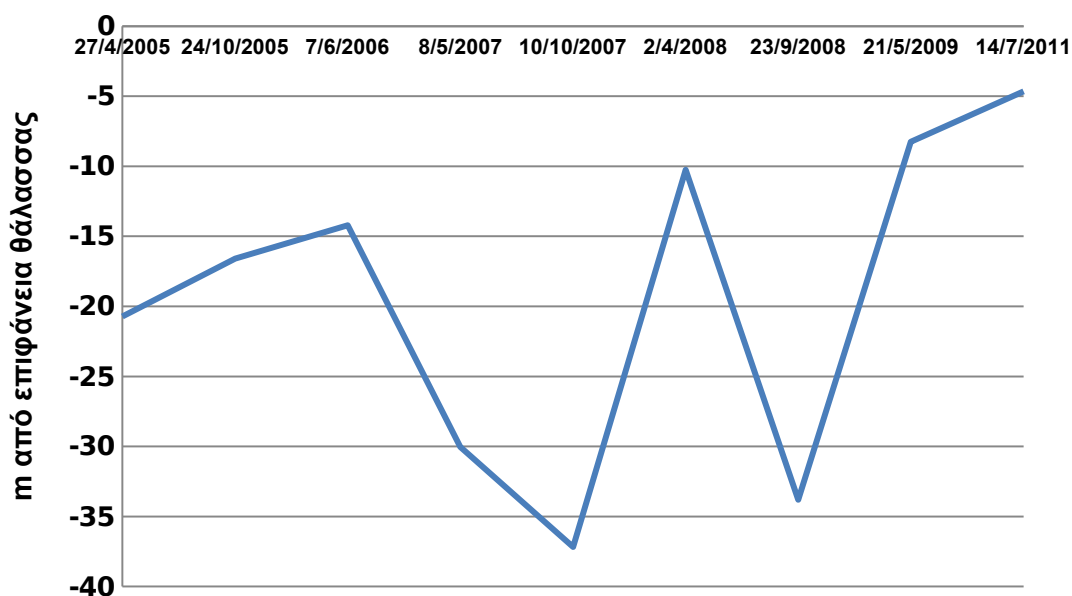
Η στατική στάθμη κυμαίνεται από $4,73$ m στις 14/7/2011 έως $24,88$ m στις 24/9/2008

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ Ο7

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: X= 398661,4 και Ψ=4500525, H=1m

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια εδάφους)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια της θάλασσας)
26/4/2005	26,95	-25,95
27/10/2005	22,15	-21,15
16/6/2006	22,05	-21,05
27/4/2007	10,18	-9,18
16/10/2007	18,01	-17,01
2/4/2008	12,34	-11,34
24/9/2008	18,53	-17,53
20/5/2009	6,71	-5,71
30/10/2009	16,46	-15,46
27/4/2010	23,86	-22,86
14/7/2011	23,47	-22,47

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΟ7 2005 - 2011





Τα όρια διακύμανσης της στάθμης της γεώτρησης Σ07, από τις 26/4/2005 μέχρι τις 14/7/2011, κυμαίνονται μεταξύ $-25,95$ m και $-5,71$ m.

Η ελάχιστη απόλυτη στάθμη είναι $-25,95$ m και καταγράφηκε στις 24/9/2006

Η μέγιστη απόλυτη στάθμη είναι $-5,71$ m και καταγράφηκε στις 20/5/2009

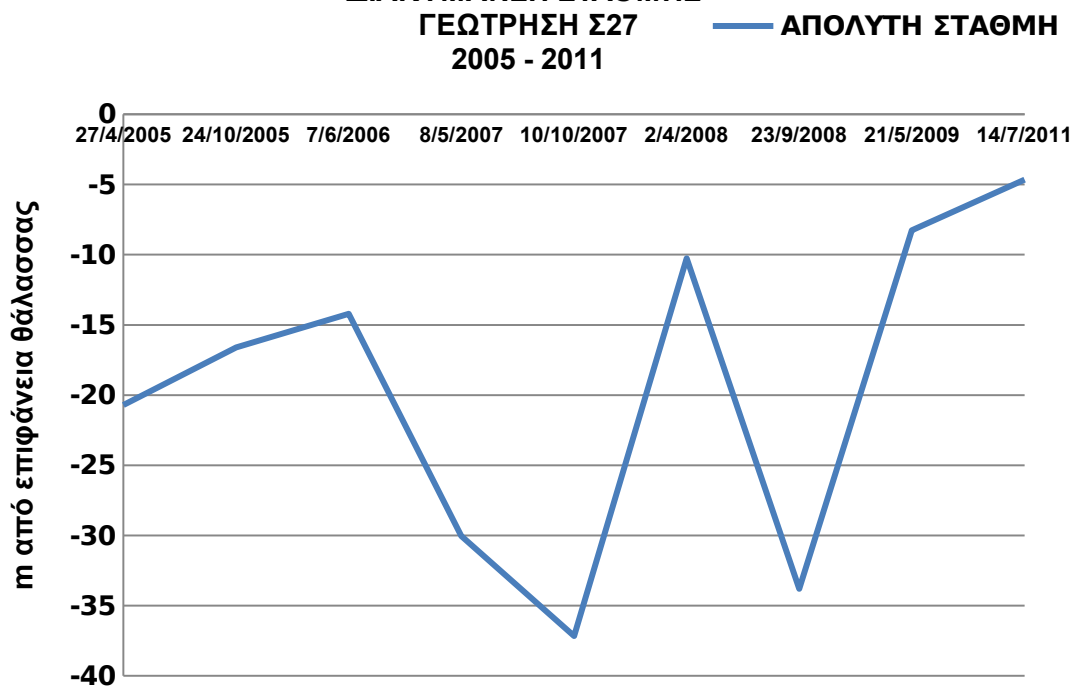
Η στατική στάθμη κυμαίνεται από $6,71$ m 20/5/2009 έως $26,95$ m στις 26/4/2005

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ 27

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: X= 400883 και Ψ=4500833, H=3,4m

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια εδάφους)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια της θάλασσας)
27/4/2005	21,98	-18,58
24/10/2005	17,29	-13,89
24/5/2006	17,95	-14,55
20/10/2006	10,89	-7,49
10/10/2007	19,17	-15,77
2/4/2008	10,65	-7,25
21/5/2009	10,84	-7,44
3/11/2009	17,54	-14,14
26/4/2010	15,5	-12,1
14/10/2010	52,09	-48,69
14/7/2011	49,87	-46,47

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ27 2005 - 2011





Τα όρια διακύμανσης της στάθμης της γεώτρησης Σ27, από τις 27/4/2005 μέχρι τις 14/7/2011, κυμαίνονται μεταξύ $-48,69$ m και $-7,25$ m.

Η ελάχιστη απόλυτη στάθμη είναι $-48,69$ m και καταγράφηκε στις 14/10/2010

Η μέγιστη απόλυτη στάθμη είναι $-7,25$ m και καταγράφηκε στις 2/4/2008

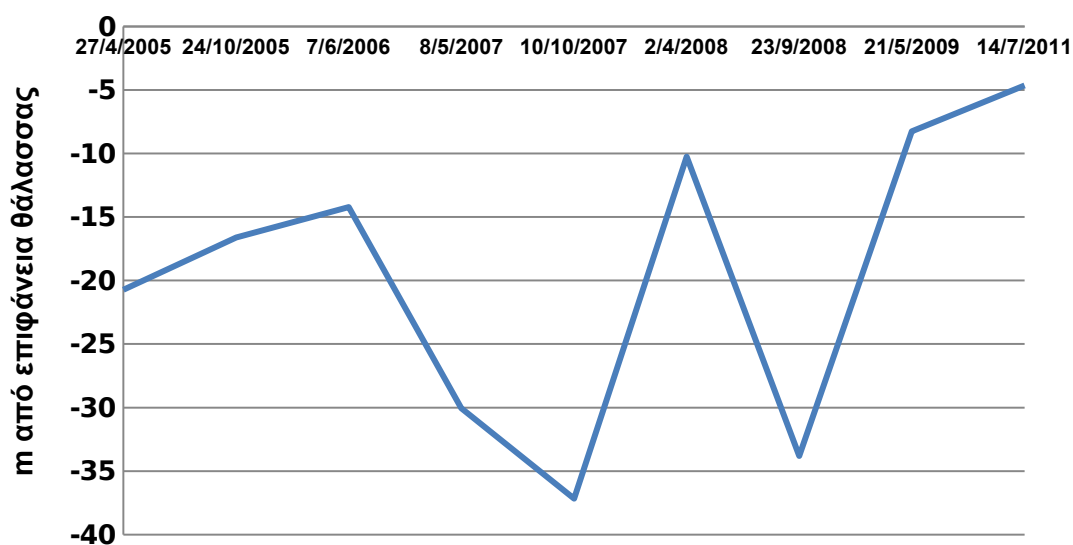
Η στατική στάθμη κυμαίνεται από $15,5$ m στις 26/4/2010 έως $52,09$ m στις 14/10/2010

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ 30

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: X= 400490,9 και Ψ=4502336, H=0,7m

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια εδάφους)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΤΑΘΜΗ (m από την επιφάνεια της θάλασσας)
27/4/2005	23,69	-22,99
24/10/2005	18,33	-17,63
24/5/2006	15,34	-14,64
20/10/2006	10,77	-10,07
4/5/2007	9,52	-8,82
10/10/2007	12,38	-11,68
2/4/2008	9,69	-8,99
23/9/2008	12,61	-11,91
21/5/2009	8,95	-8,25
3/11/2009	11,26	-10,56
26/4/2010	9,51	-8,81
14/10/2010	9,05	-8,35
14/7/2011	7,04	-6,34

**ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ
ΓΕΩΤΡΗΣΗ Σ30
2005 - 2011**



Τα όρια διακύμανσης της στάθμης της γεώτρησης Σ30, από τις 27/4/2005 μέχρι τις 14/7/2011, κυμαίνονται μεταξύ -22,99 m και -6,34 m.

Η ελάχιστη απόλυτη στάθμη είναι -22,99 m και καταγράφηκε στις 27/4/2005

Η μέγιστη απόλυτη στάθμη είναι -6,34 m και καταγράφηκε στις 14/7/2011

Η στατική στάθμη κυμαίνεται από 7,04 m στις 14/7/2011 έως 23,69 m στις 27/4/2005

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μετρήσεων στάθμης

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ ΕΝΗ X	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ ΕΝΗ Y	ΟΝΟΜΑ ΓΕΩΤΡΗΣ ΗΣ	ΣΤΑΤΙΚ Η ΣΤΑΘΜ Η	ΑΠΟΛΥ ΤΗ ΣΤΑΘΜ Η	ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣ ΗΣ
400634,8	4499827,22	Σ01	3,56	-2,86	14/7/2011
400755,6	4500257,39	Σ02	5,35	-4,65	14/7/2011
400833,2	4500759,44	Σ03	4,91	-1,51	14/7/2011
399120	4500439	Σ06	4,73	-3,93	14/7/2011
398661,4	4500525	Σ07	23,47	-22,47	14/7/2011
400883	4500833	Σ27	49,87	-46,47	14/7/2011
400490,9	4502336	Σ30	7,04	-6,34	14/7/2011



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την υδρογεωλογική μελέτη στην περιοχή της Σίνδου στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας μας προέκυψαν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- 1) Η περιοχή μελέτης καλύπτει τμήμα της λεκάνης Θεσσαλονίκης –Αξιού και βρίσκεται μεταξύ των ποταμών Αξιού (δυτικά) και Γαλλικού (ανατολικά).
- 2) Η περιοχή καλύπτεται γεωλογικά από τεταρτογενείς αποθέσεις οι οποίες αποτελούνται από εναλλαγές αδρομερών υλικών (άμμων, χαλικιών, κροκάλων) και λεπτομερών υλικών (αργίλων, ιλύων).
- 3) Εντός των τεταρτογενών αποθέσεων αναπτύσσεται επάλληλο σύστημα υδροφόρων οριζόντων.
- 4) Από τις μετρήσεις της στάθμης σε 7 γεωτρήσεις της περιοχής προέκυψε ότι:
-Η στατική στάθμη κυμαίνεται από 3,56 m έως 49,87 m από την επιφάνεια του εδάφους.
-Η απόλυτη στάθμη κυμαίνεται από -46,47 m έως -1,51 m από την επιφάνεια της θάλασσας.
Παρατηρείται, δηλαδή, αρνητική πιεζομετρία στην περιοχή μελέτης.
- 5) Καταγράφεται μια άνοδος της στάθμης του υπόγειου νερού στην περιοχή την περίοδο 2005-2011 λόγω αξιοποίησης των επιφανειακών νερών του ποταμού Αλιάκμονα και διακοπής των αντλήσεων από την Ε.Υ.Α.Θ..

*Η συνεχής παρακολούθηση της στάθμης και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού που πραγματοποιείται συστηματικά από την Ε.Υ.Α.Θ. τα τελευταία χρόνια στις γεωτρήσεις της, σύμφωνα και με την οδηγία 2000/60 την 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.

Βαρσαμίδου Μ. Χ., (2004), Χωρική και οικονομική ανάλυση των χρήσεων υδάτινων πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Η περίπτωση της λεκάνης του Αξιού, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση του Τμήματος Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.

Βουδούρης Κ., (2009), Υδρογεωλογία περιβάλλοντος Υπόγεια νερά & Περιβάλλον, εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Κατκαρίδης Γ., (2010), Εκτίμηση της τρωτότητας των υπογείων νερών στη ρύπανση με τη μέθοδο DRASTIC στη λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού, Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Κουκίδου Ε., (2005), Υδρογεωλογικές συνθήκες και διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού στην περιοχή της Σίνδου, Ν. Θεσσαλονίκης, διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.

Μάττας Χρ., (2009), Υδρογεωλογική Έρευνα στη λεκάνη του Γαλλικού ποταμού, Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή θετικών επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.

Μιλοβάνοβιτς Μ., (2004), Διαχείριση υδάτινων πόρων και περιβαλλοντικά προβλήματα στην υδρογραφική λεκάνη του Αξιού ποταμού, Διπλωματική εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Αθήνα.

Μουντράκης Δ. (2010), Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Σούλιος Γ., (2008), Γενική Υδρογεωλογία, Τόμος Α,Β, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

EUROCAT (Nikolaidis NP, Karageorgis AP, Kapsimalis V, Drakopoulou P, Skoulidikis N, Behrendt H.), (2004), “AXCAT – Modeling of Axios River Basin”. National Centre for Marine Research, EUROCAT Report, 42p.

ΙΣΤΙΟΣΕΛΙΔΕΣ

- Δήμος Εχέδωρου,
www.echedorow.gr
- Ψηφιοθηκη Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης,

