



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

& ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΓΙΑΜΑΛΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ
ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ
ΟΡΜΥΛΙΑΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2018



[λευκή σελίδα]



ΓΙΑΜΑΛΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5096

ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ
ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ
ΟΡΜΥΛΙΑΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων καθηγητής

Κωνσταντίνος Βουδούρης, Αναπληρωτής καθηγητής



© Γιαμαλής Σταύρος, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2018
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ
ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΟΡΜΥΛΙΑΣ
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ - Διπλωματική εργασία

© Giamalis Stavros, School of Geology, Dept. of Geology, 2018

All rights reserved.

Piezometry and groundwater quality of coastal aquifer in the region of
Halkidiki - Bachelor Thesis

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

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



Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	- 6 -
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	- 7 -
ABSTRACT (ΑΓΓΛΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ).....	- 7 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 8 -
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	- 8 -
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ.....	- 8 -
1.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ.....	- 8 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	- 9 -
2.1 Γεωγραφική θέση.....	- 9 -
2.2 Μορφολογία της ευρύτερης περιοχής.....	- 10 -
2.2.1 Μορφολογία της περιοχής έρευνας.....	- 10 -
2.3 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής έρευνας.....	- 12 -
2.4 Γεωλογία της περιοχής έρευνας.....	- 15 -
2.5 Τεκτονική ευρύτερης περιοχής έρευνας.....	- 17 -
2.6 Κλίμα.....	- 17 -
2.7 Χρήσεις γης.....	- 24 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	- 26 -
3.1 Πιεζομετρία περιοχής έρευνας.....	- 26 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΥΔΑΤΩΝ.....	- 29 -
4.1 Ποιότητα υπόγειου νερού.....	- 29 -
4.2 Σφάλμα χημικών αναλύσεων.....	- 31 -
4.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά υπόγειου νερού.....	- 32 -
4.3.1 Θερμοκρασία (°C).....	- 32 -
4.3.2 Ενεργός οξύτητα (pH).....	- 33 -
4.3.3 Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).....	- 33 -
4.3.4 Συνολικά Διαλυμένα Στερεά (T.D.S).....	- 33 -
4.4 Κύρια ιόντα χλωρίου (Cl ⁻) και νιτρικών (NO ₃ ⁻) στην περιοχή έρευνας.....	- 35 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	- 38 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	- 39 -



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας, της Σχολής Θετικών Επιστημών, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με επιβλέποντα τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο.

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο, για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές του και την υποστήριξή του κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ να απευθύνω και στην κ. Βενετσάνου Παναγιώτα για την βοήθειά της, τόσο στην ύπαιθρο όσο και στο γραφείο σε θέματα που είχαν να κάνουν με τη σύνταξη θεματικών χαρτών σε περιβάλλον GIS. Ακόμη τα στοιχεία που μου παρείχε από τη μεταπτυχιακή της διατριβή, με βοήθησαν αρκετά για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες επιθυμώ να εκφράσω και στους γονείς μου και την αδερφή μου, για την ανιδιοτελή αγάπη και συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια. Ακόμη, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους ανθρώπους που όλα αυτά τα χρόνια είναι δίπλα μου και με στηρίζουν. Τέλος, αφιερώνοντας τη πτυχιακή μου εργασία στους αγαπημένους μου γονείς και στην αδερφή μου, θέλω να εκφράσω, την απέραντη ανιδιοτελή αγάπη και ευγνωμοσύνη μου προς τα πρόσωπά τους.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και η εκτίμηση της ποιότητας του υπόγειου νερού. Για την επίτευξη του στόχου πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές χημικές αναλύσεις, καθώς και μετρήσεις στάθμης του υπόγειου νερού. Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε είναι η περιοχή του δήμου Ορμύλιας Χαλκιδικής, και συγκεκριμένα η παράκτια ζώνη της Ορμύλιας (Βόρεια Ελλάδα). Χαρακτηρίζεται κατά κύριο λόγο από αρδευόμενες εκτάσεις ελαιώνων και από αυξανόμενο τουρισμό. Ο κύριος υδροφορέας αναπτύσσεται μέσα στις αλλουβιακές αποθέσεις. Κύρια πηγή κάλυψης των υδατικών αναγκών αποτελεί το υπόγειο νερό. Συνεπώς, η συνεχής αυξανόμενη ζήτηση για την κάλυψη των υδατικών αναγκών της περιοχής έρευνας, έχει ως αποτέλεσμα την υπερεκμετάλλευση των μόνιμων αποθεμάτων του υπόγειου νερού. Ως συνέπεια έχει προκληθεί θαλάσσια διείσδυση του νερού στο παράκτιο τμήμα της περιοχής, ενώ η αλόγιστη χρήση των λιπασμάτων, λόγω έντονης γεωργικής δραστηριότητας οδήγησε στην υψηλή συγκέντρωση των νιτρικών (NO_3^-).

ABSTRACT (ΑΓΓΛΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ)

The objective of this study is to investigate the hydrogeological conditions and the groundwater quality. For this purpose groundwater's level measurements and water chemical analysis were carried out. The research area is located in the coastal part of Ormylia, in Halkidiki Prefecture (Northern Greece). It is characterized by extensive agriculture, olive groves and tourism development. The main aquifer is developed into alluvial deposits. The water demands of the research area are covered by groundwater. Therefore the continuous increasingly water needs have resulted in the overexploitation of the groundwater resources. The overexploitation of the aquifer has led to seawater intrusion in the coastal part of the area, whereas the irrational use of fertilizers, due to the intense agricultural activity, has resulted in high groundwater nitrate values (NO_3^-).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας, της Σχολής Θετικών Επιστημών, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η κατανόηση των υδρογεωλογικών και υδροχημικών συνθηκών του παράκτιου τμήματος του υδροφορέα της Ορμύλιας Χαλκιδικής. Ο υδροφορέας που αναπτύσσεται στην περιοχή είναι ποιοτικά και ποσοτικά υποβαθμισμένος, εξαιτίας της εντατικής γεωργίας και του τουρισμού που λαμβάνει χώρα στην περιοχή.

1.3 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Κατά την υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω εργασίες:

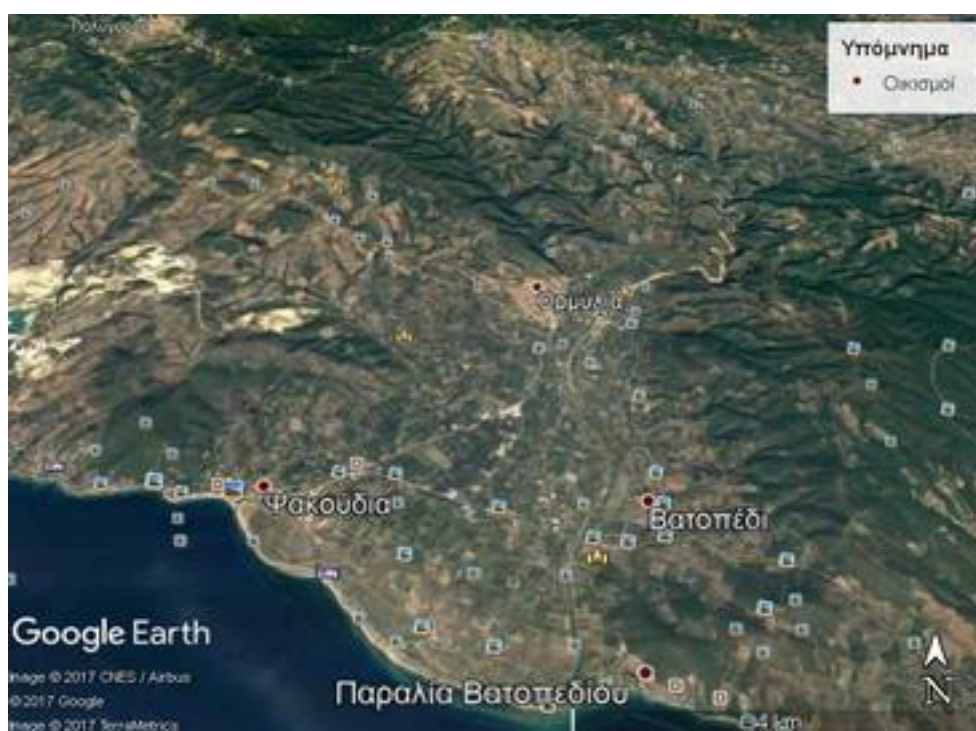
- ✓ Βιβλιογραφική ανασκόπηση
- ✓ Μετρήσεις στάθμης του υπόγειου νερού κατά την υγρή περίοδο του 2017
- ✓ Ψηφιοποίηση τοπογραφικού και γεωλογικού χάρτη, στο ArcMap σε περιβάλλον GIS
- ✓ Επί τόπου μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασία, pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, TDS) του υπόγειου νερού από γεωτρήσεις
- ✓ Δειγματοληψία υπόγειου νερού και χημικές αναλύσεις
- ✓ Δημιουργία πιεζομετρικού χάρτη
- ✓ Δημιουργία χαρτών χωρικής κατανομής των ανιόντων χλωρίου και νατρίου

Σημειώνεται ότι τα δεδομένα, που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, προέρχονται από τη διδακτορική διατριβή της κ. Βενετσάνου Παναγιώτα με τίτλο «Εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε λεκάνες απορροής του Ελληνικού Χώρου», που βρίσκεται σε εξέλιξη και πραγματοποιείται στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, με επιβλέποντα τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Γεωγραφική θέση

Η περιοχή έρευνας αφορά το παράκτιο τμήμα της Ορμύλιας. Η Ορμύλια βρίσκεται στη Χαλκιδική (Βόρεια Ελλάδα) και εντάσσεται στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, όπως διαμορφώθηκε με το πρόγραμμα «Καλλικράτης». Η περιοχή έρευνας αποτελεί το νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Χαβρία, και οι συντεταγμένες της είναι $40^{\circ}29'$ και $23^{\circ}54'$. Συγκεκριμένα, η περιοχή έρευνας περιλαμβάνει τους παράκτιους οικισμούς των Ψακουδιών και του Νησιού.



Σχήμα 1: Δορυφορική εικόνα περιοχής έρευνας (Google Earth)

Η Ορμύλια ανήκει στο Δήμο Πολυγύρου, του οποίου ο πληθυσμός ανέρχεται στους 22.048 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του πληθυσμού του 2011, από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία. Συγκεκριμένα, η Ορμύλια εντάσσεται στη δημοτική ενότητα Ορμύλιας, και ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 4.282 κατοίκους. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα πληθυσμιακά στοιχεία της δημοτικής ενότητας Ορμύλιας.

Πίνακας 1: Πληθυσμιακά στοιχεία της δημοτικής κοινότητας Ορμύλιας

Δημοτική κοινότητα Ορμύλιας	Πληθυσμός 2011
Ορμύλια	2.979
Βατοπέδι	191
Ψακούδια	299
Νησί	32

2.2 Μορφολογία της ευρύτερης περιοχής έρευνας

Η έκταση του παράκτιου υδροφόρου συστήματος της Ορμύλιας είναι περίπου 38 Km² και η περίμετρος 58 Km, όπως προέκυψε από τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Το μέγιστο υψόμετρο της ευρύτερης περιοχής έρευνας ανέρχεται στα 235 m και το ελάχιστο στα 0 m. Όσον αφορά τον ποταμό Χαβρία, ο οποίος διασχίζει όλη την ευρύτερη περιοχή, πηγάζει κυρίως από τους ορεινούς όγκους του Χολομώντα και του Στρατωνικού όρους (http://havriastopotami.blogspot.gr/2011/02/blog-post_7642.html). Το συνολικό μήκος της κύριας μισγάγγειας του ποταμού είναι περίπου 60 Km. Ο Χαβρίας εκβάλλει στον κόλπο Κασσάνδρας. Ο ποταμός θεωρείται χείμαρρος με παροδική εποχιακού χαρακτήρα ροή. Γενικά, αποτελεί τη σημαντικότερη λεκάνη απορροής για όλο το κεντρικό και ανατολικό τμήμα της Χαλκιδικής. Το εμβαδόν ολόκληρης της λεκάνης του Χαβρία είναι 478 Km² και αποτελείται από 14 υπολεκάνες. Η γενική διεύθυνση της κοίτης του είναι ΒΒΑ– ΝΔ.

Πίνακας 2: Γενικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Χαβρία

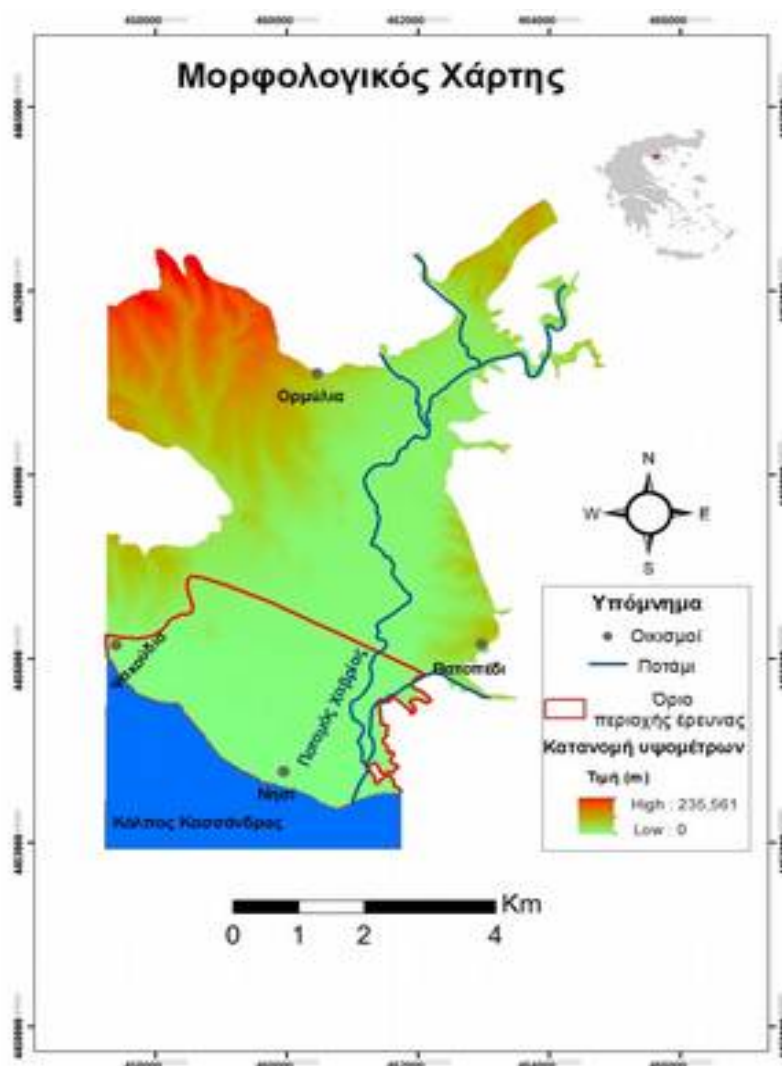
Εμβαδόν λεκάνης	478 Km²
Μήκος κοίτης	19,4 Km
Μέσο πλάτος κοίτης	4,31 Km
Μέγιστο υψόμετρο	235 m
Περίμετρο	50,17 Km

2.2.1 Μορφολογία της περιοχής έρευνας

Η έκταση της περιοχής έρευνας είναι περίπου 10 Km² και η περίμετρος 17 Km. Στον Πίνακα 3 και στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής έρευνας, όπως προέκυψαν από την επεξεργασία με χρήση GIS.

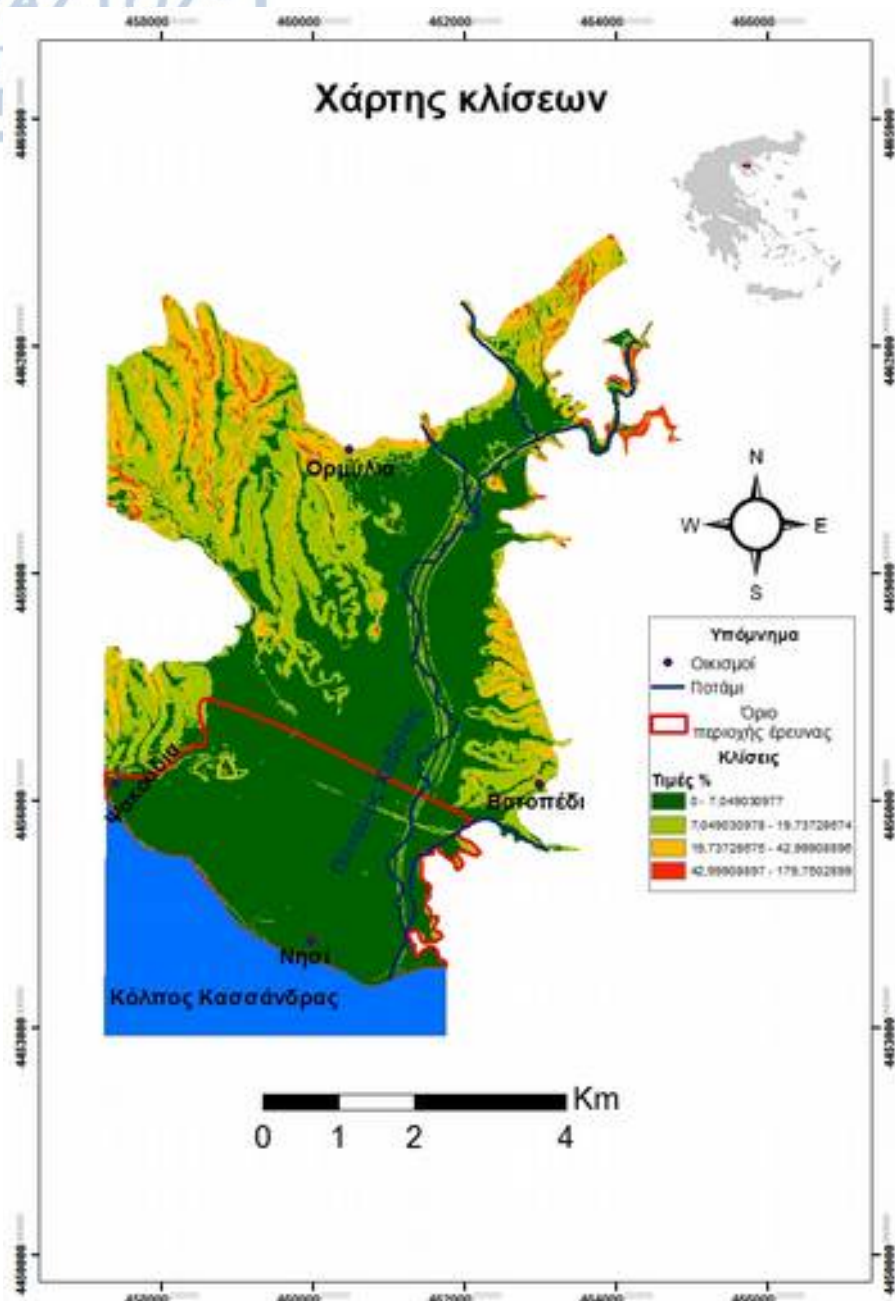
Πίνακας 3: Μορφολογικά χαρακτηριστικά περιοχής έρευνας

Εμβαδόν	10 Km ²
Περίμετρο	17 Km
Μέγιστο υψόμετρο	4 m
Ελάχιστο υψόμετρο	0 m
Μέση κλίση	2 %



Σχήμα 2: Μορφολογικός χάρτης της περιοχής έρευνας

Η μέση κλίση της ευρύτερης περιοχής έρευνας, όπως προκύπτει από την επεξεργασία με χρήση GIS είναι 8%, ενώ στην περιοχή έρευνας είναι περίπου 2% (Σχήμα 3). Οι μικρότερες κλίσεις εντοπίζονται στο παράκτιο τμήμα της περιοχής έρευνας. Ισχυρά κεκλιμένες περιοχές συναντώνται ΒΑ και ΒΔ της Ορμύλιας.



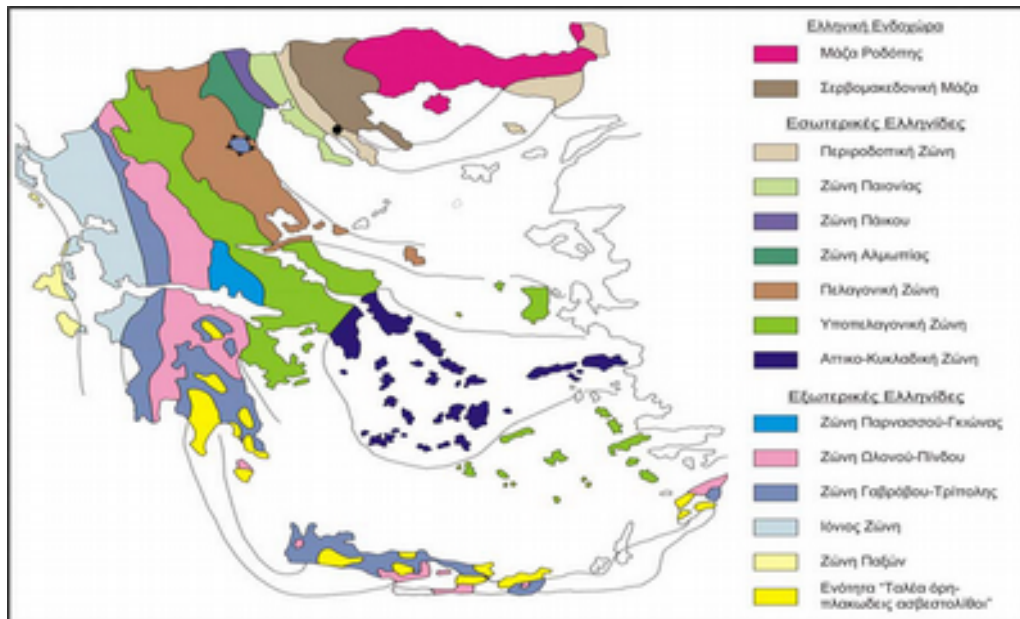
Σχήμα 3: Χάρτης που απεικονίζει τις κλίσεις

2.3 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής έρευνας

Γεωτεκτονικά, η ευρύτερη περιοχή έρευνας βρίσκεται στο όριο της Σερβομακεδονικής μάζας και της Περιοδοπικής (Σχήμα 4). Η Σερβομακεδονική μάζα αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνεται σε δύο μεγάλες ενότητες: μία κατώτερη που ονομάζεται ενότητα Κερδυλλίων και μία ανώτερη και νεώτερη που ονομάζεται ενότητα

Βερτίσκου. Η ενότητα Βερτίσκου η οποία συναντάται στην περιοχή έρευνας αποτελείται από μια ακολουθία μιγματιτικών, ορθογενεσίων.

Το όριο της Σερβομακεδονικής με την Περιοδοπική καθορίζεται από την επαφή των κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων με τα Περμοτριάδικα μεταϊζήματα της Περιοδοπικής. Τα στρώματα και των δύο ζωνών παρουσιάζονται ανεστραμμένα με τα παλαιότερα να είναι τεκτονικά τοποθετημένα στα νεότερα (Μουντράκης, 2010).



Σχήμα 4: Γεωτεκτονικές ζώνες Ελλάδας (Μουντράκης, 2010)

Ο γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής έρευνας (Σχήμα 5) συνίσταται από τους εξής σχηματισμούς από τους νεότερους στους παλαιότερους:

ΟΛΟΚΑΙΝΟ

- ❖ Αλλουβιακές αποθέσεις (αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες)
- ❖ Παράκτιες αποθέσεις (άμμοι και θίνες)
- ❖ Ιζήματα λιμνοθαλασσών (άμμοι και αμμούχες άργιλοι)
- ❖ Λιμναία ιζήματα (άργιλοι, ιλύς και άμμοι)

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

- ❖ Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων (άμμοι, ψηφίδες, κροκάλες κυρίως σχιστολιθικές με μικρή συνοχή)

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ

- ❖ Ριπίδια προσχώσεων

ΝΕΟΓΕΝΕΣ

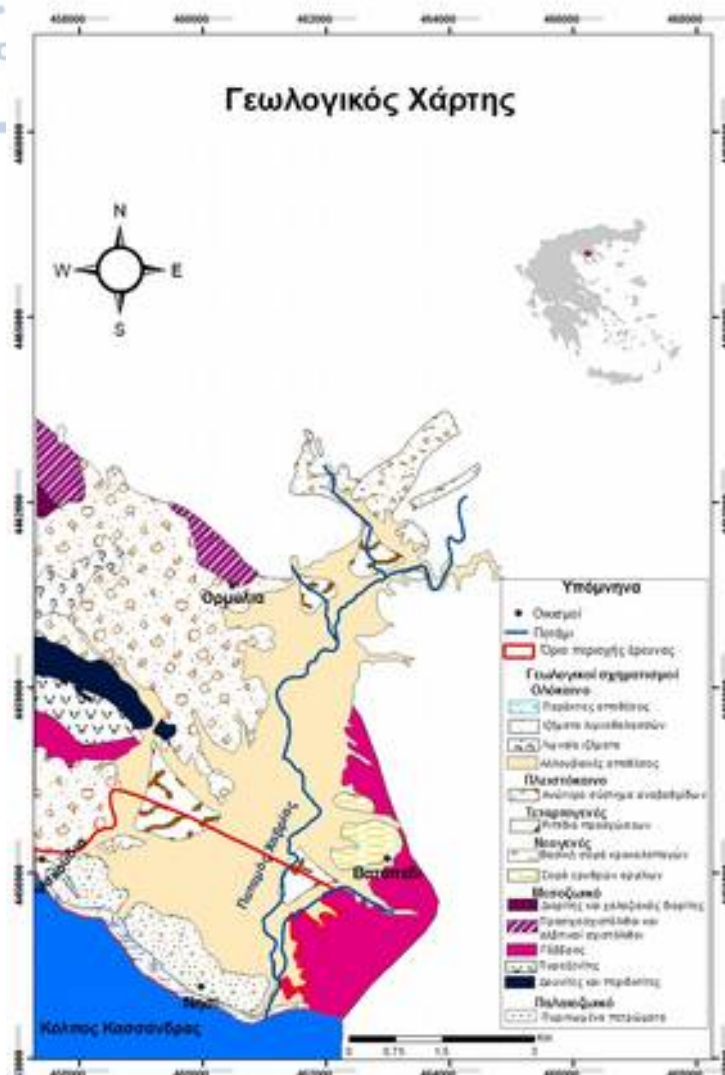
- ❖ Βασική σειρά κροκαλοπαγών (αδιαβάθμητα κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με ψαμμίτες)
- ❖ Σειρά ερυθρών αργίλων (ερυθρές άργιλοι με μαρμαρυγία, κατά θέσεις αμμούχες με ψηφίδες και κροκαλοπαγή καθώς και με ενστρώσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών και συγκριμάτων)

ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ

- ❖ Δουνίτες και περιδοτίτες
- ❖ Πυροξενίτες
- ❖ Γάββρος
- ❖ Πρασινοσχιστόλιθοι και αλβιτικοί γνεύσιοι
- ❖ Διορίτης και χαλαζιακός διορίτης (Σύμπλεγμα Γερακινής)

ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ

- ❖ Πυριτιωμένα πετρώματα (εμφανίζονται στη ζώνη ρηγματώσεως στη Μεγάλη Παναγία, όπου περιέχουν μικρή μεταλλοφορία Fe-Cu)



Σχήμα 5: Ψηφιοποιημένος γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000 του φύλλου Αρναίας, (ΓΓΜΕ, 1978)

2.4 Γεωλογία της περιοχής έρευνας

Η περιοχή έρευνας αποτελείται από Τεταρτογενή και Νεογενή Ιζήματα. Η απόθεση των Τεταρτογενών ιζημάτων διακρίνεται σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο έλαβε χώρα κατά το Ολόκαινο και περιλαμβάνει αλλουβιακές αποθέσεις, παράκτιες αποθέσεις και ιζήματα λιμνοθαλασσών. Οι αλλουβιακές αποθέσεις καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής έρευνας και αποτελούνται από άμμους, αργίλους και ψηφίδες. Οι παράκτιες αποθέσεις συνίστανται από άμμους και θίνες. Τα ιζήματα λιμνοθαλασσών συνίστανται από άμμους και αμμούχες αργίλους. Το δεύτερο στάδιο έλαβε χώρα το Πλειστόκαινο, όπου και δημιουργήθηκε το ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων, το οποίο περιλαμβάνει άμμους, κροκάλες και ψηφίδες που εκτείνονται ευρύτερα της περιοχής έρευνας.

Όσον αφορά τα Νεογενή ιζήματα, αυτά αποτελούνται από τη σειρά ερυθρών αργίλων, η οποία εντοπίζεται στο δυτικό τμήμα της περιοχής, καθώς και από τη βασική σειρά κροκαλοπαγών. Η σειρά των κροκαλοπαγών αποτελείται από αδιαβάθμητα κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με ψαμμίτες. Η σειρά αυτή καταλαμβάνει μεγάλη έκταση και αποτελεί τους κατώτερους ορίζοντες της σειράς των ερυθρών αργίλων.

Ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Σχήμα 6) συνίσταται από τους ακόλουθους γεωλογικούς σχηματισμούς:

ΟΛΟΚΑΙΝΟ

- ❖ Αλλουβιακές αποθέσεις (αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες)
- ❖ Παράκτιες αποθέσεις (άμμοι και θίνες)
- ❖ Ιζήματα λιμνοθαλασσών (άμμοι και αμμούχες άργιλοι)

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

- ❖ Ριπίδια προσχώσεων

ΝΕΟΓΕΝΕΣ

- ❖ Βασική σειρά κροκαλοπαγών (αδιαβάθμητα κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με ψαμμίτες)



Σχήμα 6: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας

2.5 Τεκτονική ευρύτερης περιοχής έρευνας

Η ευρύτερη περιοχή έρευνας βρίσκεται στο όριο της Σερβομακεδονικής μάζας και Περιοδοπικής ζώνης. Όσο αφορά την τεκτονική, σήμερα η εικόνα αυτή του ορίου της Σερβομακεδονικής με την Περιοδοπική εμφανίζει τα στρώματα και των δύο ζωνών να είναι ανεστραμμένα με αποτέλεσμα τα παλιότερα στρώματα να είναι τεκτονικά τοποθετημένα πάνω στα νεότερα (Μουντράκης, 2010). Η συγκεκριμένη αναστροφή μπορεί να αποδοθεί στην πτύχωση που έγινε κατά το Τριτογενές με απόκλιση προς τα Δυτικά.

Ωστόσο, σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες (Tranos et al., 1999), το όριο αυτών των δύο ζωνών αποδίδεται ως μια δεξιόστροφη ζώνη μεταφοράς της συμπίεσης, με πτυχώσεις και εφίππευσεις που έλαβε χώρα κατά το τελικό στάδιο της Τριτογενούς ορογένεσης.

Τέλος, όσον αφορά την ρηξιγενή τεκτονική, οι μεγάλες ρηξιγενείς δομές στην περιοχή έρευνας έχουν κατεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Ωστόσο στην ευρύτερη περιοχή εμφανίζονται και ρήγματα με διευθύνσεις Β-Ν, ΒΔ-ΝΑ.

2.6 Κλίμα

Τα διαθέσιμα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία πάρθηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό που είναι εγκατεστημένος στην Ορμύλια Χαλκιδικής (Γεωργίου Π, 2004), ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 40 m. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν τις μέσες μηνιαίες τιμές της βροχόπτωσης, και αφορούν τη χρονική περίοδο 1975-2006 (Πίνακας 4). Σύμφωνα με την κατάταξη κατά Köppen, το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, γεγονός που ευνοεί τη γεωργική δραστηριότητα. Το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων είναι 440,4 mm (σχήμα 7), με τα μέγιστα ύψη βροχόπτωσης να παρατηρούνται το Δεκέμβριο, ενώ οι ελάχιστες τον Ιούνιο (Πίνακας 5).

Πίνακας 4: Τιμές ετήσιας βροχόπτωσης μετεωρολογικού σταθμού Ορμύλιας για την περίοδο 1975-2006

Έτη	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)
1975-76	490,30
1976-77	317,20
1977-78	476,90
1978-79	420,70
1979-80	493,20
1980-81	421,00
1981-82	440,50
1982-83	298,20
1983-84	742,80
1984-85	229,00
1985-86	580,80
1986-87	624,70
1987-88	415,30
1988-89	393,90
1989-90	165,50
1990-91	489,40
1991-92	289,80
1992-93	356,20
1993-94	477,00
1994-95	539,00
1995-96	586,25
1996-97	403,23
1997-98	440,35
1998-99	616,66
1999-00	515,89
2000-01	420,37
2001-02	553,83
2002-03	488,01
2003-04	619,99
2004-05	535,41
2005-06	635,41

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
41,6	43,71	36,5	30,2	39,1	18,9	22,3	26,4	32,6	39,8	66,1	69,4
7		8	2	2	8		8	4	2		

Πίνακας 5: Τιμές μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης μετεωρολογικού σταθμού Ορμύλιας (mm)



Σχήμα 7: Διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για το μετεωρολογικό σταθμό Ορμύλιας για την περίοδο 1975-2006

Λόγω απουσίας δεδομένων θερμοκρασίας από το μετεωρολογικό σταθμό της Ορμύλιας, χρησιμοποιήθηκαν τα θερμοκρασιακά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του Ταξιάρχη, που βρίσκεται σε υψόμετρο 850 m και αφορούν την περίοδο 1974-2014 (Πίνακας 6). Σύμφωνα με τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό στον Ταξιάρχη η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής για τη χρονική περίοδο 1974-2014, είναι 11,04°C. Η μέγιστη θερμοκρασία σημειώνεται τον Ιούλιο και η ελάχιστη τον Ιανουάριο (Πίνακας 7, Σχήμα 8). Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία 39,2°C καταγράφηκε τον Ιούλιο του 1982 και η απόλυτη ελάχιστη -14°C καταγράφηκε τον Ιανουάριο του 2000. Τέλος, όσον αφορά την ετήσια βροχόπτωση για τον ίδιο σταθμό και την ίδια χρονική περίοδο η μέση τιμή των κατακρημνισμάτων είναι 794,4 mm (Σχήμα 9), με τις μεγαλύτερες βροχοπτώσεις να σημειώνονται το Δεκέμβριο και οι ελάχιστες τον Αύγουστο (Πίνακας 9).

Πίνακας 6: Τιμές ετήσιας θερμοκρασίας του μετεωρολογικού σταθμού Ταξιάρχη για την περίοδο 1974-2014

Έτη	Ετήσια θερμοκρασία (°C)
1974	10,87
1975	10,8
1976	10,27

1977	11,48
1978	10,64
1979	10,82
1980	10,26
1981	10,78
1982	10,68
1983	10,58
1984	10,63
1985	10,84
1986	10,85
1987	10,48
1988	10,81
1989	10,64
1990	11,2
1991	9,83
1992	10,46
1993	11,38
1994	12,07
1995	10,78
1996	10,53
1997	10,56
1998	11,72
1999	12,02
2000	12,24
2001	12,55
2002	12,17
2003	11,83
2004	11,74
2005	11,39
2006	11,81
2007	12,81
2008	12,71
2009	12,51
2010	12,66
2011	11,82
2012	12,93
2013	12,6
2014	12,4

Πίνακας 7: Τιμές μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας μετεωρολογικού σταθμού Ταξιάρχη ($^{\circ}\text{C}$) για την περίοδο 1974-2014

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
2,1	2,6	5,6	9,5	15	19,2	21,6	21,1	16,9	12,3	7,2	3,4



Σχήμα 8: Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για το μετεωρολογικό σταθμό του Ταξiάρχη για την περίοδο 1974-2014

Πίνακας 8: Τιμές ετήσιας βροχόπτωσης του μετεωρολογικού σταθμού Ταξiάρχη για την περίοδο 1974-2014

Έτη	Ετήσια Βροχόπτωση(°C)
1974	731,8
1975	578,7
1976	860,5
1977	477,9
1978	837,1
1979	959,7
1980	903,1
1981	551,7
1982	734,6
1983	751,2
1984	674,6
1985	575,5
1986	923,2
1987	1067,8
1988	611,4
1989	749,0
1990	746,7
1991	763,8
1992	517,7
1993	517,5
1994	693,6
1995	1036,9
1996	824,1

1997	709,7
1998	730,5
1999	986,2
2000	511,8
2001	632,6
2002	1082,9
2003	931,2
2004	746,1
2005	999,6
2006	921,2
2007	801,6
2008	555,0
2009	1210,9
2010	978,2
2011	737,0
2012	876,8
2013	749,9
2014	1320,7

Πίνακας 9: Τιμές μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του μετεωρολογικού σταθμού Ταξιάρχη (mm)

I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
60	73,6	57	55,0	67,9	63	48,3	42,7	50,8	73,8	88,5	113,8



Σχήμα 9: Διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για τον μετεωρολογικό σταθμό του Ταξιάρχη

2.7 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται σε μία περιοχή, τις εκτάσεις που καταλαμβάνουν, καθώς και για την πιθανότητα εκδήλωσης ενός επεισοδίου ρύπανσης.

Οι χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής έρευνας παρουσιάζονται στον Πίνακα 10, όπως προέκυψαν από το Corine Land Cover (2012) με τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις και τους ελαιώνες να καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος με ποσοστά 58,08% και 30,2% αντίστοιχα. Μια μικρή έκταση στο παράκτιο τμήμα καταλαμβάνεται από παραθαλάσσιους βάλτους, περίπου το 0,28% (Σχήμα 10). Τέλος, να αναφερθεί ότι στην περιοχή υπάρχουν αρκετά εργοστάσια επεξεργασίας βρώσιμων ελιών (Σχήμα 11).

Πίνακας 10: Κατανομή των χρήσεων γης στην ευρύτερη περιοχή

Χρήσεις Γης	Έκταση (Km ²)	Ποσοστό (%)
Σύνθετα συστήματα καλλιεργειών	21,06	58,08
Γη που καταλαμβάνεται από γεωργικά προϊόντα, με ζωτικής σημασίας περιοχές έμφυτης βλάστησης	0,89	1,96
Ελαιώνες	10,95	30,2
Τοποθεσίες εξαγωγής ορυκτών	0,1	0,28
Φυσικοί βοσκότοποι	2,22	6,11
Παραθαλάσσιοι βάλτοι	0,1	0,28
Μη αρδευόμενη καλλιεργήσιμη γη	0,05	0,14
Σκληρόφυλλη βλάστηση	1,07	2,95
Σύνολο	36,26	100

Σχήμα 10: Χάρτης χρήσεων γης ευρύτερης περιοχής



Σχήμα 11: Εργοστάσιο παραγωγής και επεξεργασίας ελιάς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

3.1 Πιεζομετρία περιοχής έρευνας

Οι πιεζομετρικές συνθήκες σε μία περιοχή παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την κίνηση του υπόγειου νερού, τη διεύθυνση ροής του, την τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων και τα αποθέματα τους (Βουδούρης, 2013). Το υδροφόρο σύστημα της περιοχής έρευνας αναπτύσσεται εντός των Ολοκαινικών αποθέσεων.

Για τη μελέτη της πιεζομετρίας στο υδροφόρο σύστημα της περιοχής έρευνας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης σε είκοσι δύο (22) γεωτρήσεις, με κατάλληλη χωρική κατανομή. Οι γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται για την κάλυψη τόσο των αρδευτικών όσο και των υδρευτικών αναγκών της περιοχής έρευνας. Οι σταθμημετρήσεις (Σχήμα 13 και 14) έλαβαν χώρα την υγρή περίοδο του έτους 2017 (Απρίλιος). Βάσει των μετρήσεων της στάθμης του υπόγειου νερού που πραγματοποιήθηκαν, δημιουργήθηκε ο πιεζομετρικός χάρτης σε περιβάλλον GIS (Σχήμα 12). Σύμφωνα με τον πιεζομετρικό χάρτη, η πιεζομετρική επιφάνεια κυμαίνεται από 0 έως 4 m, από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η κύρια ροή του υπόγειου νερού έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, ενώ στο ΒΑ τμήμα του ορίου περιοχής έρευνας παρατηρείται αναστροφή της διεύθυνσης ροής, σε ΒΔ-ΝΑ.



Σχήμα 12: Πιεζομετρικός χάρτης περιοχής έρευνας



Σχήμα 13: Σταθμήμετρο



Σχήμα 14: Μέτρηση στάθμης υπόγειου νερού με τη χρήση σταθμήμετρου (Νησί-Βατοπέδι)



Σχήμα 15: Παράκτιο τμήμα μεταξύ Νησιού-Βατοπεδίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΥΔΑΤΩΝ

4.1 Ποιότητα υπόγειου νερού

Η υδροχημική έρευνα χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού, καθώς και για τη λεπτομερέστερη και πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή έρευνας.

Για την εκτίμηση της ποιότητας του υπόγειου νερού πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές αναλύσεις, καθώς και υπαίθριες μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων (pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), σύνολο διαλυμένων στερεών (TDS)) (Σχήμα 17). Η δειγματοληψία έλαβε χώρα το Μάιο του 2017 (Σχήμα 15 και 16). Συνολικά, συλλέχθηκαν εννέα (9) δείγματα, που καλύπτουν επαρκώς την περιοχή έρευνας. Οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.



Σχήμα 16: Δειγματοληψία υπόγειου νερού



Σχήμα 17: Δειγματοληψία υπόγειου νερού



Σχήμα 18: Προσδιορισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων νερού με αγωγιμόμετρο



Στην παρούσα εργασία προσδιορίστηκαν τα ιόντα χλωρίου και νατρίου ως εξής:

Μεθοδολογία

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ανιόντων χλωρίου (Cl^-) χρησιμοποιείται το φασματοφωτόμετρο. Για τον υπολογισμό του χλωρίου χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα αντιδραστήρια:

- Ιόντα Σιδήρου Feric Ion
- Mercuric Thiocynate (D)

Το φασματοφωτόμετρο χρησιμοποιείται και για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των νιτρικών. Το αντιδραστήριο για τα νιτρικά είναι το Nitrover 5.

Τα νιτρικά υπολογίζονται με τον ακόλουθο τύπο:

$$[\text{NO}_3] = \text{τιμή} \times 4,4$$

4.2 Σφάλμα χημικών αναλύσεων

Ο έλεγχος του σφάλματος των χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερού, έγινε μέσω του προγράμματος Aquachem. Το σφάλμα υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$\text{Σφάλμα} = \left[\frac{\Sigma_{\text{κατιόντων}} - \Sigma_{\text{ανιόντων}}}{\Sigma_{\text{κατιόντων}} + \Sigma_{\text{ανιόντων}}} \right] \times 100$$

Το σύμβολο Σ δηλώνει το άθροισμα και οι συγκεντρώσεις μετριοούνται σε meq/L. Τέλος για να είναι αποδεκτές οι μετρήσεις πρέπει το σφάλμα να μην ξεπερνά το 5%, πράγμα που επιβεβαιώθηκε και στα εννέα (9) δείγματα νερού.

4.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά υπόγειου νερού

Οι κυριότερες φυσικοχημικές παράμετροι του υπόγειου νερού παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11: Φυσικοχημικές παράμετροι νερού

Φυσικές	1.Θερμοκρασία 2.Χρώμα 3.Θολότητα 4.Οσμή 5.Ραδιενέργεια
Χημικές παράμετροι νερού	1.Ενεργός οξύτητα (pH) 2.Αγωγιμότητα (EC) 3.Σκληρότητα 4.Αλκαλικότητα 5.Δυναμικό οξειδοαναγωγής 6. Συνολικά Διαλυμένα Στερεά (T.D.S)

Ωστόσο οι παράμετροι που μετρήθηκαν και αξιοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι οι ακόλουθες.

4.3.1 Θερμοκρασία (°C)

Στην περιοχή έρευνας η θερμοκρασία του υπόγειου νερού κυμαίνεται από 18,4 έως 21,4 °C (Πίνακας 12).

Πίνακας 12: Τιμές θερμοκρασίας υπόγειου νερού περιοχής έρευνας

Γεωτρήσεις	Θερμοκρασία (°C)
G43	19
G85	19,8
G2	21,4
G49	20,8
G45	19,8
G5a	18,4
G18	18,8
G19	18,6
G44	18,4

4.3.2 Ενεργός οξύτητα (pH)

Στην παρούσα εργασία η μέτρηση της ενεργός οξύτητας πραγματοποιήθηκε ηλεκτρομετρικά με αγωγιμόμετρο κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας του νερού. Διαλύματα με $pH < 7$ χαρακτηρίζονται ως όξινα, με $pH > 7$ ως αλκαλικά, ενώ διαλύματα με $pH = 7$ χαρακτηρίζονται ως ουδέτερα (Βουδούρης, 2016). Όσον αφορά της μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή έρευνας όλα τα ύδατα παρουσίασαν μια μέτρια τιμή του pH, με τιμές μεγαλύτερες του 7 έως 8 και επομένως, χαρακτηρίζονται ως ελαφρά αλκαλικά (Πίνακας 14).

4.3.3 Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με την ποσότητα των διαλυμένων ηλεκτρολυτών. Το επιθυμητό επίπεδο της αγωγιμότητας στο νερό είναι $400 \mu S/cm$ (Βουδούρης, 2016). Στην περιοχή έρευνας παρατηρούνται υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η μέγιστη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας καταγράφεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής και ανέρχεται στα $4620 \mu S/cm$ (Πίνακας, 14).

4.3.4 Συνολικά Διαλυμένα Στερεά (T.D.S)

Ανάλογα με τις τιμές που κυμαίνονται τα T.D.S εξάγονται συμπεράσματα για την αλατότητα των υδάτων. Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται οι τύποι νερού σύμφωνα με την τιμή του T.D.S (Βουδούρης, 2016). Στη περιοχή έρευνας στο σύνολο των δειγμάτων το υπόγειο νερό χαρακτηρίζεται ως γλυκό και μόνο σε δύο (2) δείγματα, χαρακτηρίζεται ως υφάλμυρο, καθώς το T.D.S στα συγκεκριμένα δείγματα υπερβαίνει τα 1000 mg/l (Πίνακας 14).

Τιμές T.D.S (mg/l)	Νερό
0-1.000	Γλυκό
1.000-10.000	υφάλμυρο
10.000-100.000	αλμυρό
>100.000	υπεράλμυρο

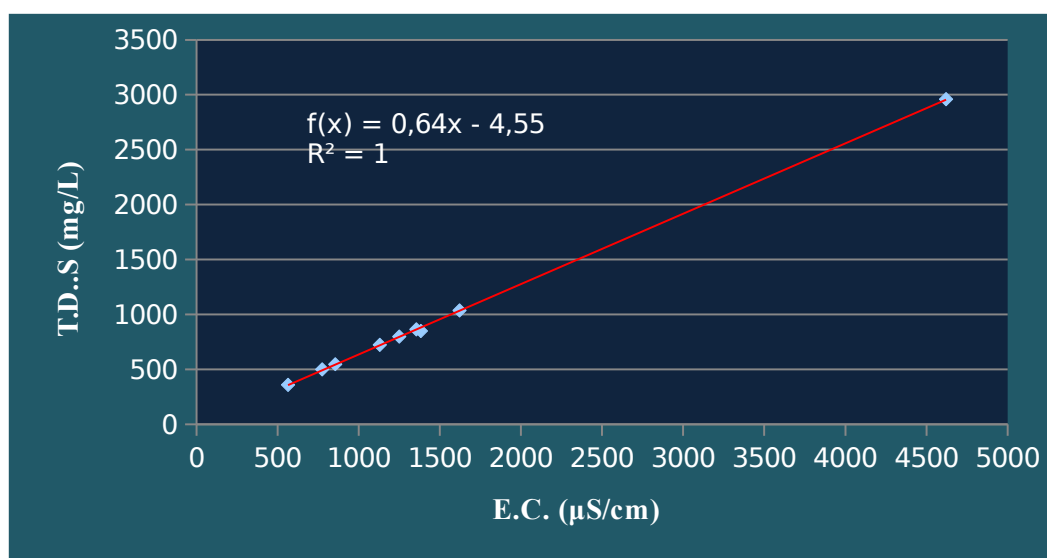
Πίνακας 13: Χαρακτηρισμός υπόγειου νερού βάσει του T.D.S. (Βουδούρης, 2016)

Πίνακας 14: Συγκεντρωτικός πίνακας των φυσικοχημικών παραμέτρων της περιοχής έρευνας

Γεωτρήσ εις	Θερμοκρασία (°C)	Ενεργός οξύτητα (pH)	Ειδική αγωγιμότητα	Συνολικά διαλυμένα
----------------	---------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------

			(Ec)	στερεά (TDS)
G43	19	7,85	1355	865
G85	19,8	7,46	1130	724
G2	21,4	7,26	1383	850
G49	20,8	7,5	1250	800
G45	19,8	8	775	500
G5a	18,4	7,58	564	361
G18	18,8	7,54	1622	1038
G19	18,6	7,54	855	548
G44	18,4	8,16	4620	2960

Από το διάγραμμα ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) και των Συνολικών Διαλυμένων Στερεών (Σχήμα 18), διαπιστώνεται η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους.



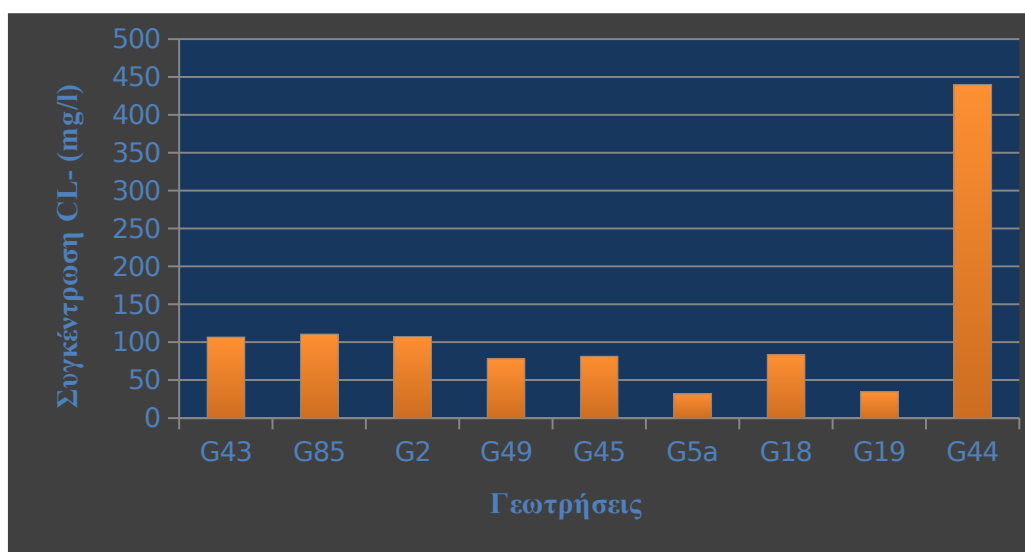
Σχήμα 19: Γραφική παράσταση T.D.S (mg/L) σε συνάρτηση με την E.C ($\mu\text{S}/\text{cm}$) από δείγματα νερού του παράκτιου αλλουβιακού υδροφορέα της περιοχής έρευνας

4.4 Κύρια ιόντα χλωρίου (Cl^-) και νιτρικών (NO_3^-) στην περιοχή έρευνας

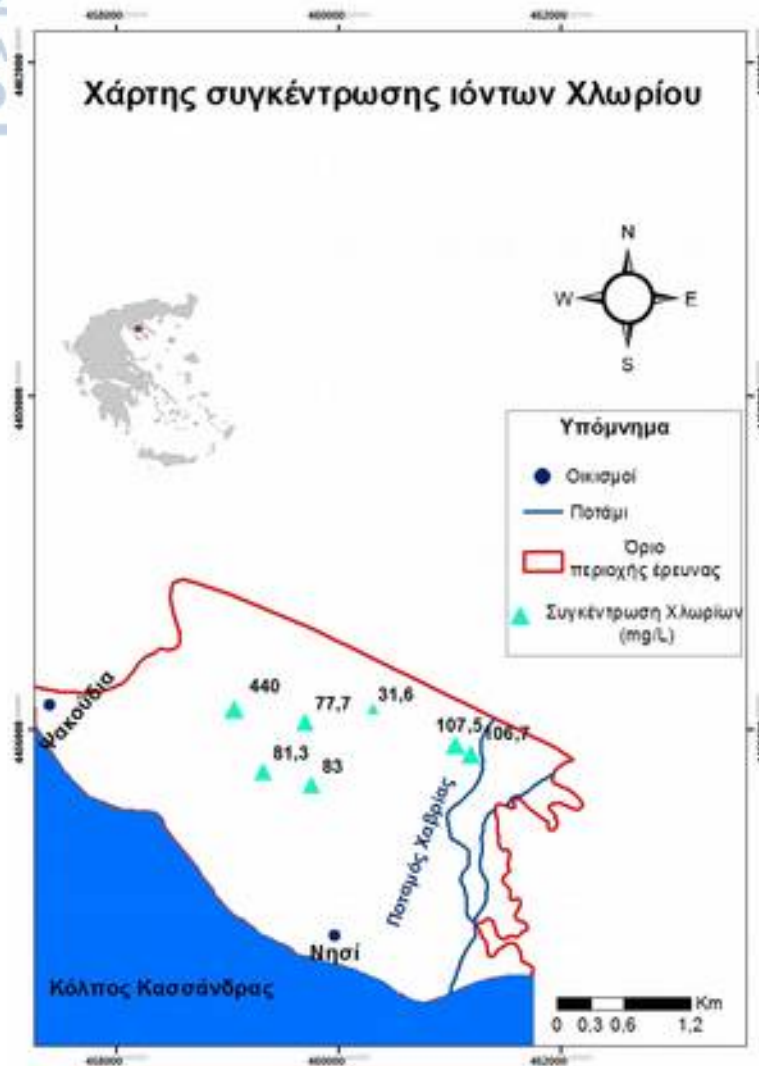
Για την κατανόηση της υδροχημείας της περιοχής έρευνας, δημιουργήθηκαν θεματικοί χάρτες με τη χωρική κατανομή των ιόντων χλωριού και των νιτρικών (Σχήματα 20 και 22).

Σε όλη την περιοχή έρευνας παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις των ιόντων χλωρίου (Σχήμα 19), οι οποίες μειώνονται, όσο αυξάνεται η απόσταση από τη θάλασσα. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των ιόντων χλωρίου και οι αρνητικές τιμές πιεζομετρίας στην περιοχή υποδεικνύουν τη διείσδυση της θάλασσας.

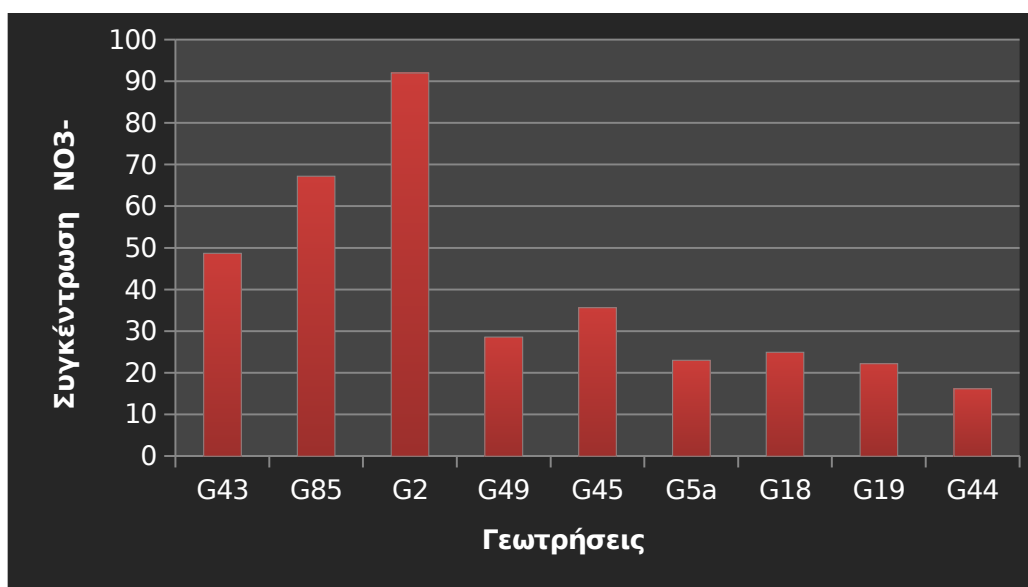
Επιπρόσθετα, παρατηρούνται αυξημένες περιεκτικότητες νιτρικών (Σχήμα 21), που υπερβαίνουν, τοπικά, το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των 50 mg/l, το οποίο έχει θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Κοινοτική οδηγία (2000/60). Οι υψηλές αυτές τιμές οφείλονται στην αλόγιστη χρήση γεωργικών λιπασμάτων, καθώς η περιοχή έρευνας καλλιεργείται εντατικά.



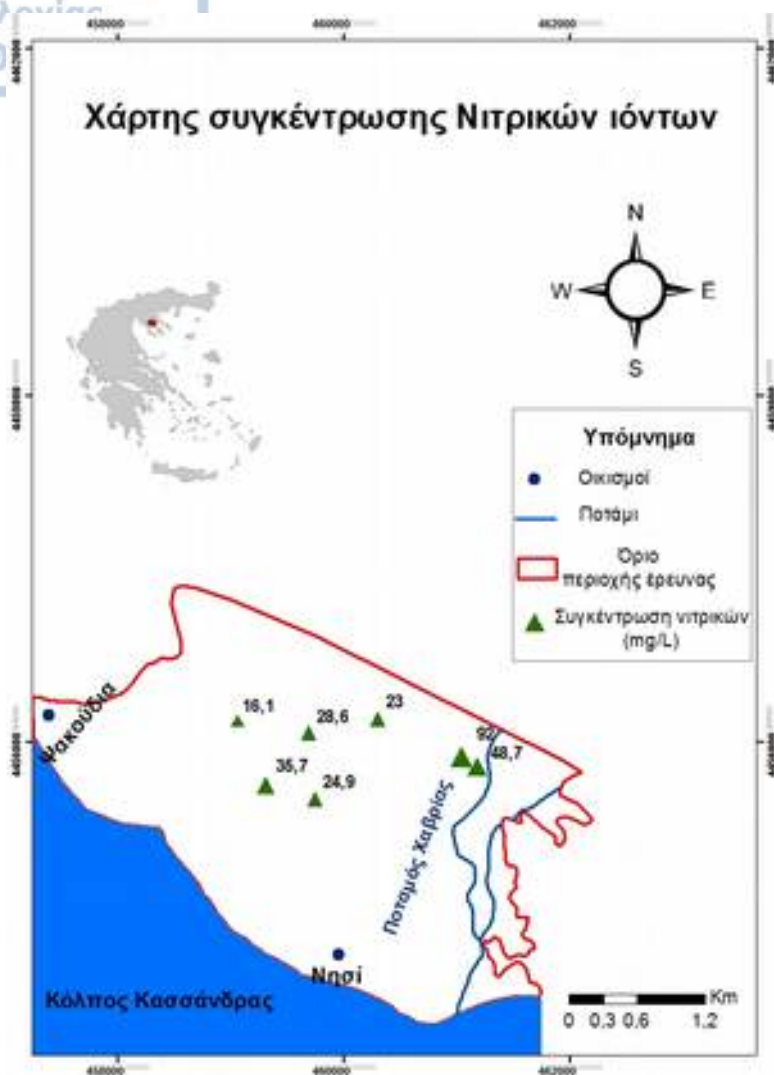
Σχήμα 20: Τιμές περιεκτικότητας Cl^- (mg/L) υπόγειου νερού περιοχής έρευνας



Σχήμα 21: Χάρτης συγκέντρωσης Cl^- της περιοχής έρευνας



Σχήμα 22: Τιμές περιεκτικότητας NO_3^- (mg/L) υπόγειου νερού περιοχής έρευνας



Σχήμα 23: Χάρτης συγκέντρωσης NO_3^- της περιοχής έρευνας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την υδρογεωλογική έρευνα στο παράκτιο τμήμα της Ορμύλιας Χαλκιδικής συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- ✓ Η περιοχή έρευνας αφορά το παράκτιο τμήμα της Ορμύλιας, που βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα και ανήκει στο Δήμο Πολυγύρου της Περιφερειακής Ενότητας Χαλκιδικής.
- ✓ Το μέγιστο και ελάχιστο υψόμετρο της περιοχής έρευνας είναι 4 m και 0 m αντίστοιχα.
- ✓ Η μέση κλίση στην περιοχή έρευνας είναι περίπου 2%.
- ✓ Η μέση ετήσια βροχόπτωση στο μετεωρολογικό σταθμό Ορμύλιας για την περίοδο 1975-2006 είναι 440,4 mm, ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία στο μετεωρολογικό σταθμό του Ταξιάρχη για την περίοδο 1974-2014 μετρήθηκε 11,04 °C. Το ύψος των κατακρημνισμάτων στον ίδιο σταθμό και για την ίδια χρονική περίοδο ανέρχεται στα 794,4 mm.
- ✓ Οι χρήσεις γης στην περιοχή έρευνας αφορούν κυρίως σύνθετα συστήματα καλλιέργειών και ελαιώνες.
- ✓ Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή έρευνας είναι κατά βάση αλλουβιακές αποθέσεις, παράκτιες αποθέσεις και ιζήματα λιμνοθαλασσών.
- ✓ Εντός των ανωτέρω αποθέσεων αναπτύσσεται ένας φρεάτιος και επάλληλοι υπό πίεση υπόγειοι υδροφορείς. Από την εκμετάλλευση των υπόγειων νερών καλύπτονται οι υδατικές ανάγκες, κυρίως αρδευτικές.
- ✓ Η πιεζομετρία κυμαίνεται από 0-4 m από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ η διεύθυνση ροής είναι ΒΑ-ΝΔ και κατά τόπους αλλάζει σε ΒΔ-ΝΑ.
- ✓ Οι υψηλές συγκεντρώσεις των τιμών των ανιόντων του χλωρίου, που παρατηρούνται στην περιοχή, υποδηλώνουν θαλάσσια διείσδυση.
- ✓ Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι αποτέλεσμα της χρήσης λιπασμάτων, λόγω της έντονης γεωργικής δραστηριότητας στην περιοχή.

Για την ορθολογική εκμετάλλευση των υπόγειων νερών, με βάση τα παραπάνω, προτείνεται η συνεχής παρακολούθηση της ποιότητας, καθώς και η μέτρηση της στάθμης των υπόγειων νερών. Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν μέτρα, ώστε να περιορισθεί το φαινόμενο της θαλάσσιας διείσδυσης (περιορισμός αντλήσεων και ανόρυξης νέων υδρογεωτρήσεων, τεχνητός εμπλουτισμός, κλπ.) και της νιτρορύπανσης στην περιοχή (εφαρμογή κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής).



Ελληνική Βιβλιογραφία

Βουδούρης, Κ., 2013. Τεχνική Υδρογεωλογία-Υπόγεια Νερά, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Μουντράκης, Μ. Δημοσθένης, 2010. Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας, Εκδόσεις University studio press, Θεσσαλονίκη.

Βουδούρης, Κ., 2016. Υδρογεωλογία περιβάλλοντος-Υπόγεια νερά και περιβάλλον, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Γεωργίου, Π., 2004, Βελτιστοποίηση λειτουργίας ταμιευτήρων για αρδευτικούς σκοπούς, *Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωοπονίας Α.Π.Θ.*

Ι.Γ.Μ.Ε., 1978. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας 1:50.000 φύλλο Αρναία υπό Kockel, F., Mollat H., Αντωνιάδη Π., Παπαδόπουλο Π., Αθήνα.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Tranos, M., Kiliass, A. and Mountrakis M. Demosthenis, 1999. Geometry and kinematics of the Tertiary post-metamorphic Circum Rhodope Belt Thrust System (CRBTS), Northern Greece, Εκδόσεις Geological Society of Greece.

Διαδικτυακές πηγές

Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, www.statistics.gr

Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά ποταμού Χαβρία, http://havriastopotami.blogspot.gr/2011/02/blog-post_7642.html

Corine Land Cover 2012, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2012-raster>