



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΚΑΠΝΙΖΟΥ Π. ΚΥΡΙΑΚΗ ΑΕΜ:4987

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΥΠΙΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ
ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΥΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ
ΓΙΑΝΝΙΤΣΩΝ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018





ΚΥΡΙΑΚΗ Π. ΚΑΠΝΙΖΟΥ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 4987

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΥΠΙΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ
ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΥΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΓΙΑΝΝΙΤΣΩΝ ΑΠΟ
ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας

Επιβλέπων
Χ. Μάττας



© Κυριακή Π. Καπνίζου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2018
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΥΥΠΙΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ
ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΥΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΓΙΑΝΝΙΤΣΩΝ ΑΠΟ
ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ
– Διπλωματική Εργασία

© Kyriaki P. Kapnizou, School of Geology, Dept. of Geology, 2018
All rights reserved.

INVESTIGATION OF GROUNDWATER NITRATE POLLUTION OF THE
BROADER AREA WEST OF GIANNITSA CITY DUE TO ANTHROPOGENIC
ACTIVITIES–*Bachelor Thesis*

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

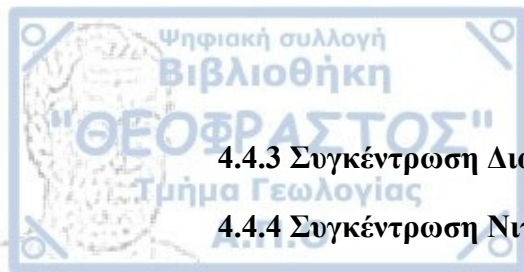
Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: www.naftemporiki.gr



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	10
1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	10
1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	11
1.3 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (2011)	13
1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	14
1.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ-ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ.....	14
1.6 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	16
1.7 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ-ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	20
2.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	20
2.1.1 Ζώνη Αξιού.....	21
2.1.2 Λιθολογία περιοχής μελέτης	21
2.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	24
3.1 ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ	26
3.1.1 Γενικά	26
3.1.2 Η νιτρορύπανση στην περιοχή ενδιαφέροντος	26
3.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ.....	27
3.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	28
3.3.1 Στον ανθρώπινο οργανισμό.....	28
3.3.2 Στο περιβάλλον	28
3.5 ΚΩΔΙΚΑΣ ΟΡΘΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ	31
4.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	31
4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ NO ₃ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	34
4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	37
4.4.1 Ενεργός Οξύτητα (pH)	38



4.4.3 Συγκέντρωση Διαλυμένων Στερεών (TDS)	42
4.4.4 Συγκέντρωση Νιτρικών Ιόντων (NO_3)	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	51



Η ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε από τον Δρ. Χρήστο Μάττα, μέλος ΕΔΙΠ, τον οποίο ευχαριστώ πολύ για την εμπιστοσύνη και την υποστήριξή του, για την αμέριστη βοήθειά του και την καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ πολύ, όλο το επιστημονικό προσωπικό του, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, για την βοήθειά του για την εκμάθηση του λογισμικού προγράμματος Surfer, καθώς επίσης και για την βοήθεια τους στην σύνταξη χαρτών της εργασίας.

Ευχαριστώ πολύ την φίλη και συνάδελφο Τσιαντούκα Μαρίνα για την υποστήριξη και την βοήθειά που μου προσέφερε, κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και σε όλα τα χρόνια των σπουδών μας, καθώς και για την φιλία της.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου, που με στήριξαν και συνεχίζουν να με στηρίζουν σε κάθε μου προσπάθεια.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της ποιοτικής κατάστασης των υπόγειων υδάτων όσον αφορά στη νιτρορύπανση της ευρύτερης περιοχής της πόλης των Γιαννιτσών, που ανήκουν στο νομό Πέλλας. Στα πλαίσια αυτής, συλλέχθηκαν 14 δείγματα νερού από υπάρχουσες αρδευτικές γεωτρήσεις στην περιοχή, στις οποίες μετρήθηκαν και καταγράφηκαν επί τόπου οι παρακάτω φυσικοχημικές παράμετροι: η ενεργός οξύτητα (pH), η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), η συγκέντρωση διαλυμένων στερεών (TDS). Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε την περίοδο Μαΐου 2017. Όλα τα παραπάνω προσδιορίστηκαν με φορητή πολυπαραμετρική συσκευή. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών έγινε στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με την χρήση φασματοφωτομέτρου. Τα αποτελέσματα της έρευνας της παρούσας εργασίας έδειξαν πως στη περιοχή μελέτης υπάρχει ρύπανση του υπόγειου νερού από νιτρικά ιόντα, καθώς 35,7% των δειγμάτων ξεπερνά το επιτρεπόμενο όριο.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρατίθενται τα γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, όπως η γεωγραφική της θέση, το κλίμα της, τα δημογραφικά στοιχεία κ.α.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής, στοιχεία της τεκτονικής εξέλιξης της και οι υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται βιβλιογραφικά στοιχεία που αφορούν στο φαινόμενο της νιτρορύπανση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται όλα τα δεδομένα που προέκυψαν από την δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε συγκεντρωτικούς πίνακες, χάρτες και διαγράμματα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.



ABSTRACT

The aim of this diploma thesis is to investigate the groundwater quality characteristics regarding the nitrate pollution in the broader area of Giannitsa city, located in the regional unit of Pella. In accordance to this project, 14 samples were collected from existing irrigation wells, and the following physicochemical parameters were measured in situ: pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS). The sampling took place during the period of June 2017. All these parameters were measured with a portable polyparametric device. In order to determine the nitrate concentration values, chemical analyses were conducted at the laboratory of Engineering Geology and Hydrogeology, which is located at the Aristotle University of Thessaloniki, using the spectrophotometer device which was provided there. The results of the research showed that there is nitrate pollution of the groundwater in the study area, as 35.7% of the samples overcome the allowed limit.

At the first chapter of this diploma thesis general information regarding the study area such as the geographic location, climate, and demographic details etc. is presented.

On the second chapter, geological, tectonic and hydrological conditions of the study area are described.

In the third chapter of this thesis, references and bibliographic data on the phenomenon of nitrate pollution are provided.

In the fourth chapter all the results that were obtained during the implementation of this thesis are presented in summary tables, maps and diagrams.

In the last chapter of this diploma thesis, the conclusions, of the thesis are presented.



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σημαντικό παγκόσμιο πρόβλημα της εποχής, είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος και κυρίως του υπόγειου νερού.

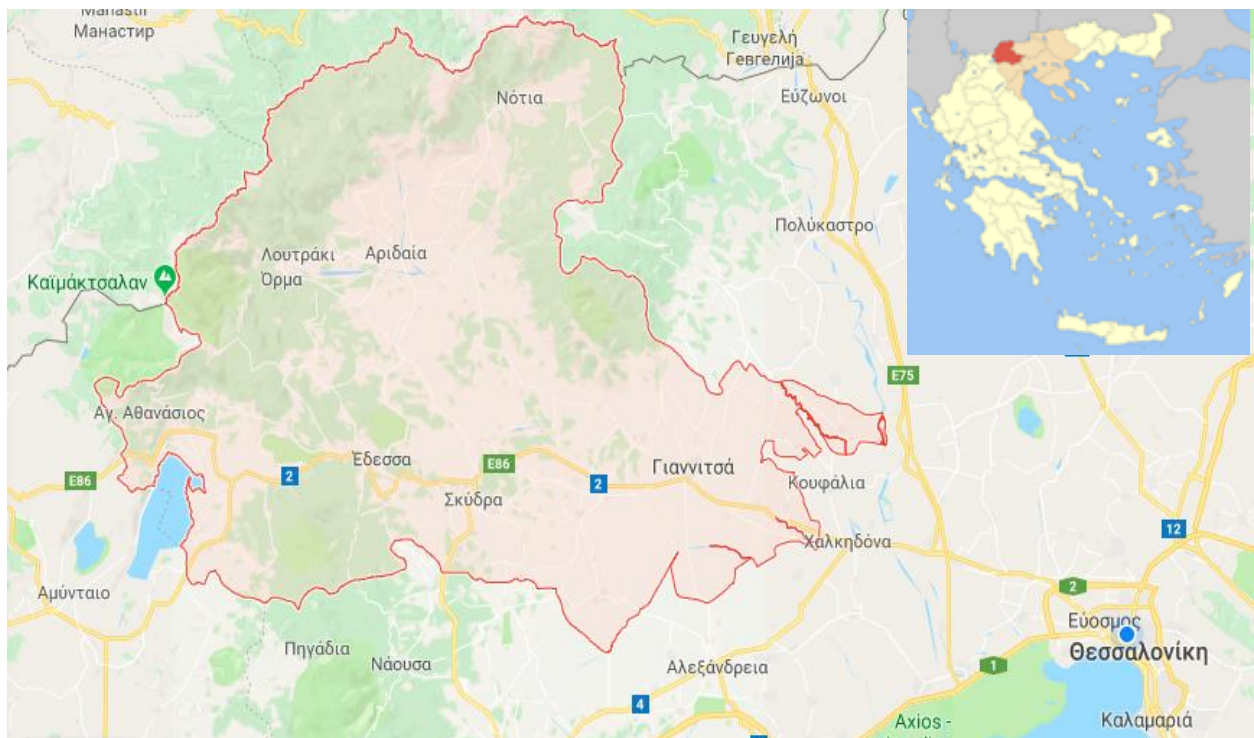
Μια από τις σημαντικότερες ανθρώπινες δραστηριότητες που έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, είναι η χρήση λιπασμάτων στις γεωργικές καλλιέργειες (Di and Cameron, 2000).). Το άζωτο είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών. Η αυξημένη χρήση λιπασμάτων τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει και στην αύξηση της παραγωγής τροφής. Σύμφωνα με τον FAO (1997) η κατανάλωση από τη γεωργία αζωτούχων λιπασμάτων από σχεδόν μηδενική που ήταν τη δεκαετία του 1940 έφτασε τα $80 \times 10 \text{ Mg N y}^{-1}$. Τα λιπάσματα εμπλουτίζουν το έδαφος και κατ' επέκταση τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα με νιτρικά ιόντα μέσω της επιφανειακής απορροής και της κατείσδυσης αντίστοιχα (Gustafson, 1983; Andersen και Kristiansen, 1984). Τα ιόντα αυτά σε μεγάλες συγκεντρώσεις έχουν αρνητικές επιπτώσεις τόσο οικοσύστημα όσο και στην ανθρώπινη υγεία μέσω της πρόσληψης ρυπασμένου νερού από υδρευτικά έργα (Halberg and Keeny, 1993).

Η παρούσα εργασία διερευνά το φαινόμενο της νιτρορύπανσης στα υπόγεια νερά της ευρύτερης περιοχής της πόλης των Γιαννιτσών. Η περιοχή αυτή θεωρείται κατάλληλη για τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης έρευνας καθώς αποτελεί μια περιοχή με έντονη αγροτική δραστηριότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

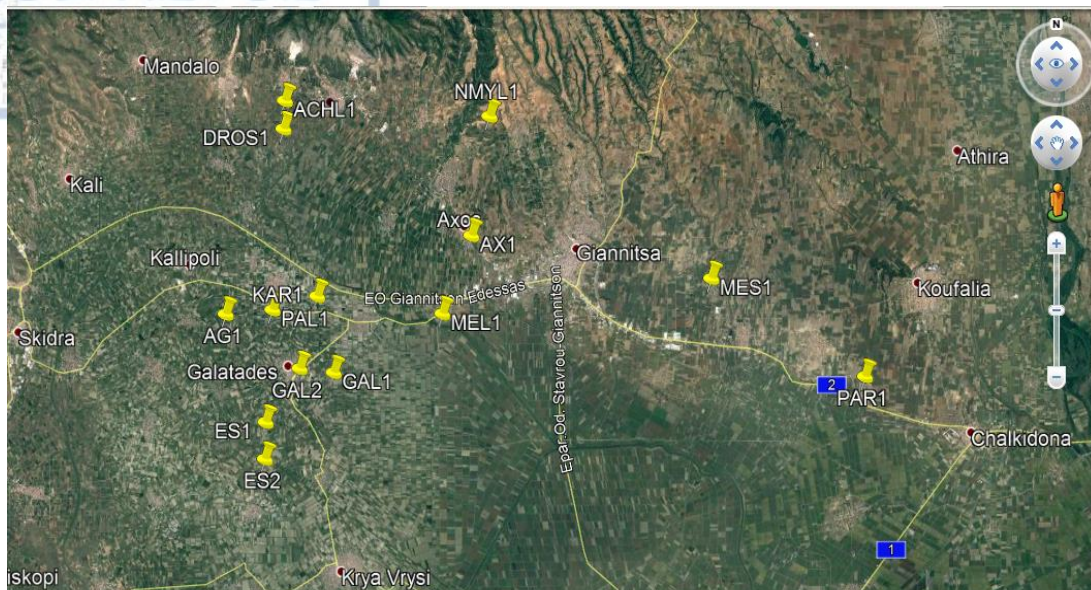
1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στον Νομό Πέλλας, ο οποίος βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της χώρας (Σχήμα 1), δυτικά από την πόλη της Θεσσαλονίκης. Μελετήθηκε η ευρύτερη περιοχή της πόλης των Γιαννιτσών η οποία πιο συγκεκριμένα οριοθετείται από τον οικισμό Μάνδαλο προς βορά, τη Σκύδρα προς τα δυτικά, την Κρύα Βρύση προς νότια και τη Χαλκηδόνα ανατολικά. (Σχήμα 2). Στα βόρειο-δυτικά του νομού βρίσκεται η πεδιάδα Θεσσαλονίκης-Γιαννιτσών, η οποία είναι η μεγαλύτερη της Ελλάδας και την διασχίζουν 4 ποταμοί. Αυτοί είναι ο Λουδίας, ο Αξιός, ο Αλιάκμονας και ο Γαλλικός. Η περιοχή ενδιαφέροντος της διπλωματικής βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή των ποταμών Λουδία και Αξίου (βλέπε παράγραφο 1.7).



Σχήμα 1. Γεωγραφική θέση της ευρύτερης περιοχής μελέτης στην ελληνική επικράτεια.

(πηγή: <https://www.google.gr/maps>)

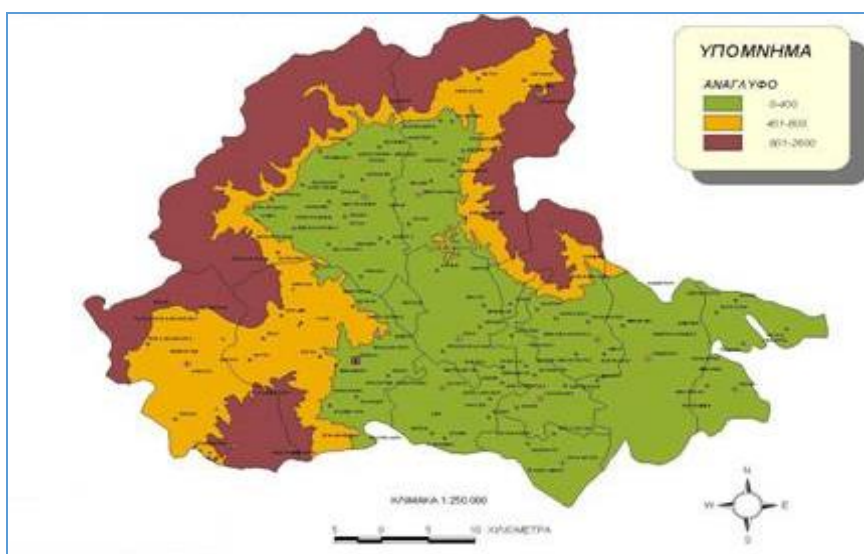


Σχήμα 2: Περιοχή μελέτης πτυχιακής εργασίας. (πηγή: Google Earth)

1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

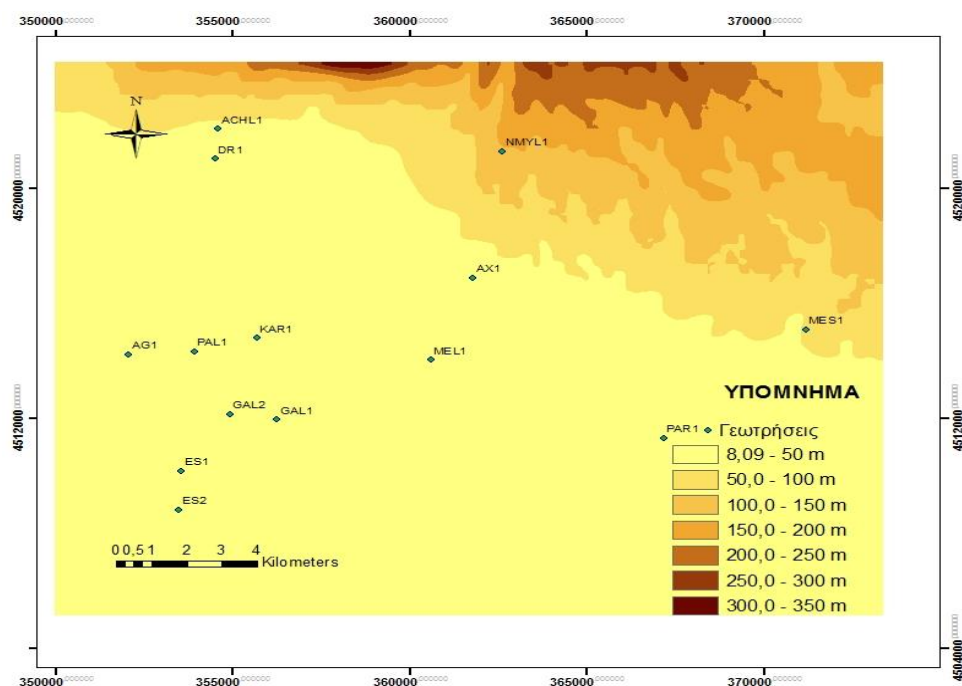
Ο Νομός Πέλλας έχει 2.505 km² έκταση και τα όριά του στα βόρεια είναι ο ορεινός όγκος του Βόρρα, στα νότια η πεδιάδα της Ημαθίας, στα ανατολικά το βουνό του Πάϊκου και στα δυτικά η λίμνη της Βεγορίτιδας.

Το ανάγλυφο της περιοχής είναι ομαλό (Σχήμα 3), καθώς βρίσκεται σε πεδιάδα με υψομετρικές ζώνες από 100-500 μέτρα, σε απόλυτο υψόμετρο. Υπάρχουν αρδευόμενες εκτάσεις και γεωργική γη. Η πεδινή περιοχή αντιστοιχεί σε 47% της συνολικής έκτασης, οι ημιορεινοί όγκοι σε 15% και οι ορεινοί όγκοι σε 38% (<http://www.anpe.gr/nomos.pellas.htm>).

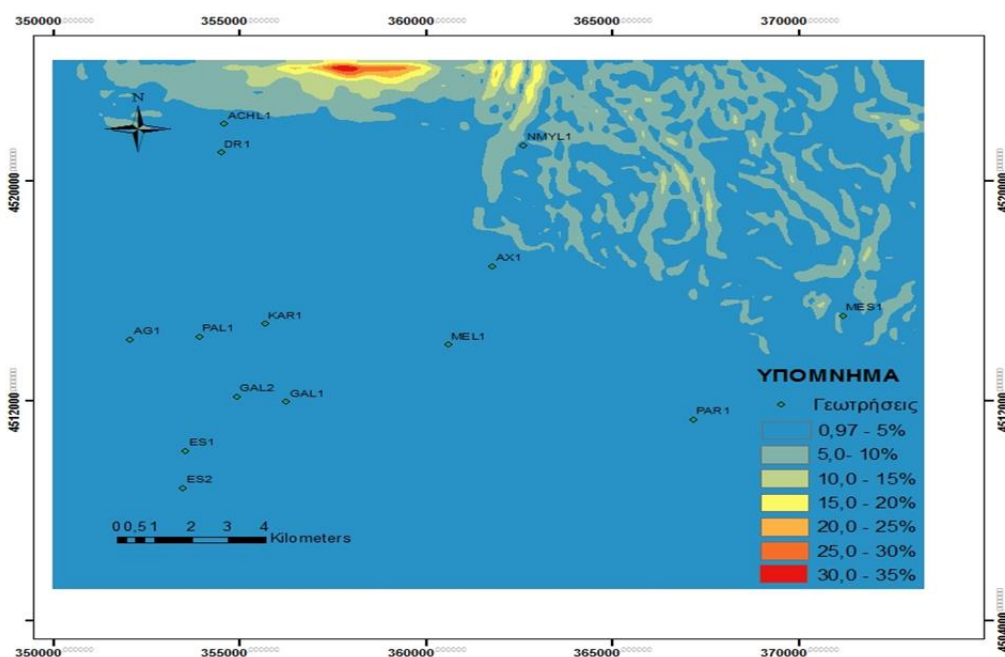


Σχήμα 3. Μορφολογία νομού Πέλλας. (<http://www.anpe.gr/nomos.pellas.htm>).

Στη περιοχή που πραγματοποιήθηκε η πτυχιακή εργασία, που οριοθετείται από τις γεωτρήσεις που απεικονίζονται στο Σχήμα 2, το υψόμετρο κυμαίνεται από περίπου 8μ μέχρι 342μ (Σχήμα 4). Το μέσο υψόμετρο υπολογίστηκε ίσο με 43,4μ και η μέση κλίση 1,74% (Σχήμα 5). Τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν για την περιοχή με την χρήση λογισμικού GIS.



Σχήμα 4. Ανάγλυφο περιοχής έρευνας πτυχιακής εργασίας.



Σχήμα 5. Χάρτης κλίσεων περιοχής έρευνας πτυχιακής εργασίας.

1.3 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (2011)

Ο νομός Πέλλας έχει 63.122 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του Ελληνικού κράτους το 2011 (ΕΣΥΕ, 2011). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα στοιχεία των περιοχών όπου συλλέχθηκαν δείγματα.

Πίνακας 1. Στοιχεία πληθυσμού περιοχής μελέτης (ΕΣΥΕ 2011). (πηγή: http://www.statistics.gr/documents/20181/1210503/FEK_monimos_rev.pdf/125204a0-726f-46fe-a141-302d9e7a38dc)

ΔΗΜΟΣ	ΚΑΤΟΙΚΟΙ
Μεσσιανό	346
Παραλίμνη	860
Μελίσσι	1.087
Κρύα Βρύση	5.214
Εσώβαλτα	862
Νέος Μυλότοπος	1.983
Αξός	1.197
Αχλαδοχώρι	404
Άγιος Γεώργιος	232
Δροσερό	457
Καρυτότισσα	1.779
Παλαιόφυτο	1.388
Γαλατάδες	1.858

Ο συνολικός πληθυσμός των παραπάνω κοινοτήτων είναι 18013 κάτοικοι. Αν σε αυτούς προστεθούν και οι 29789 κάτοικοι της πόλης των Γιαννιτσών που βρίσκεται πολύ κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος, τότε διαπιστώνεται ότι το 75% του πληθυσμιακού όγκου του νομού συγκεντρώνεται στην περιοχή αυτή.

1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η εξεταζόμενη περιοχή είναι μια κατ' εξοχήν αγροτική περιοχή. Καθοριστικό ρόλο σε αυτό έχει παίξει η ύπαρξη της μεγάλης πεδιάδας, καθώς ελκύει νέο πληθυσμό και συγκρατεί τον ήδη υπάρχον. Αξίζει να σημειωθεί πως το 44% του εργατικού δυναμικού του νομού απασχολείται στον πρωτογενή τομέα (<http://www.anpe.gr/nomos.pellas.htm>).

1.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ-ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ

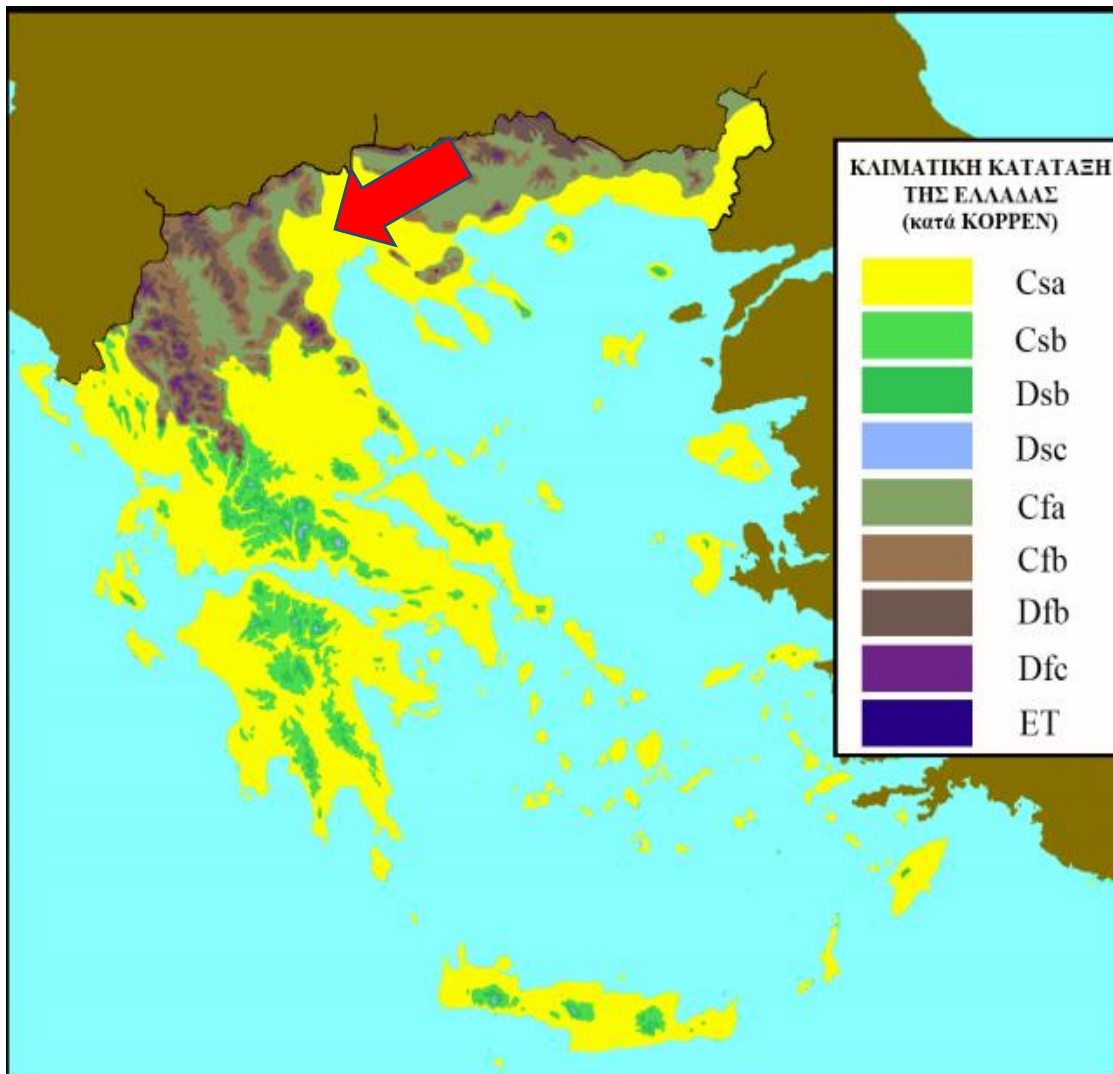
Στην πεδινή αυτή περιοχή, που όπως προαναφέρθηκε η γεωργία έχει πρωτεύοντα ρόλο, υπάρχουν πολλές καλλιέργειες με κύριες αυτές του βαμβακιού, του καπνού, των σιτηρών και της δενδροκαλλιέργειας. Στην τελευταία περιλαμβάνονται καλλιέργειες αχλαδιών, μήλων, βερίκοκων, κερασιών και ροδάκινων. Η κτηνοτροφία δεν αποτελεί βασική απασχόληση της περιοχής (<http://www.anpe.gr/nomos.pellas.htm>).

Στο Σχήμα 6, απεικονίζεται ο χάρτης χρήσεων γης της περιοχής μελέτης (CORINE, 2012) και όπως φαίνεται οι έκτασεις της είναι κυρίως αρδευόμενες περιοχές (κίτρινο χρώμα). Σε μπλε περίγραμμα σημειώνονται τα χωριά όπου συλλέχθηκαν δείγματα.

Με κόκκινο χρώμα, σύμφωνα με το υπόμνημα, σημειώνεται ο αστικός ιστός ενώ με το ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα, στα χωριά Παλαιόφυτο και Καρυώτισσα σημειώνονται εκτάσεις με καλλιέργειες μούρων και διάφορων φρούτων.

1.6 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

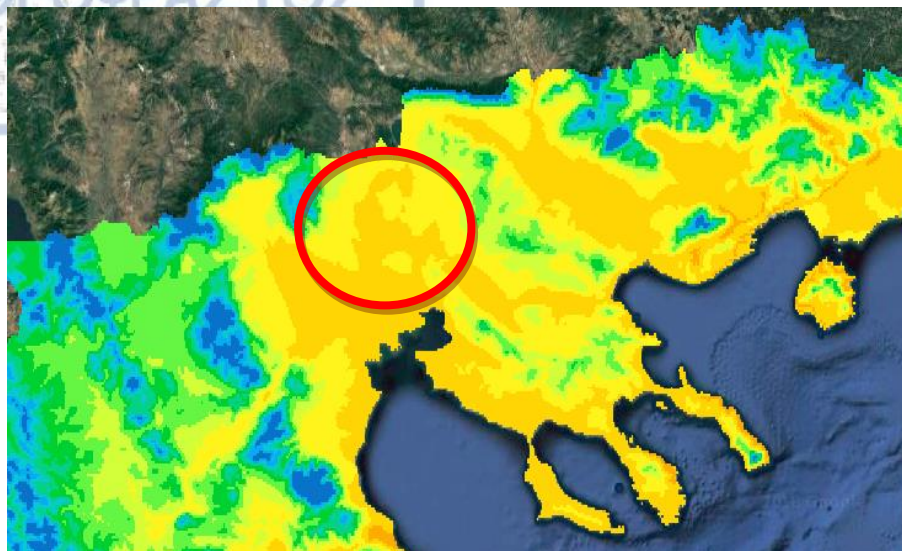
Το κλίμα που επικρατεί στην εξεταζόμενη περιοχή είναι μεσογειακό (Csa) με βάση την κατάταξη Korppen (Σχήμα 7). Το κλίμα αυτό χαρακτηρίζεται από ξηρό και πολύ θερμό καλοκαίρι ($p\theta < 30 \text{ mm}$ & $T\theta > 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$) και ήπιους, βροχερούς χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία της περιοχής είναι περίπου $15\text{-}16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Σχήμα 8).



Σχήμα.7: Κατάταξη του κλίματος της Ελλάδας κατά Korppen

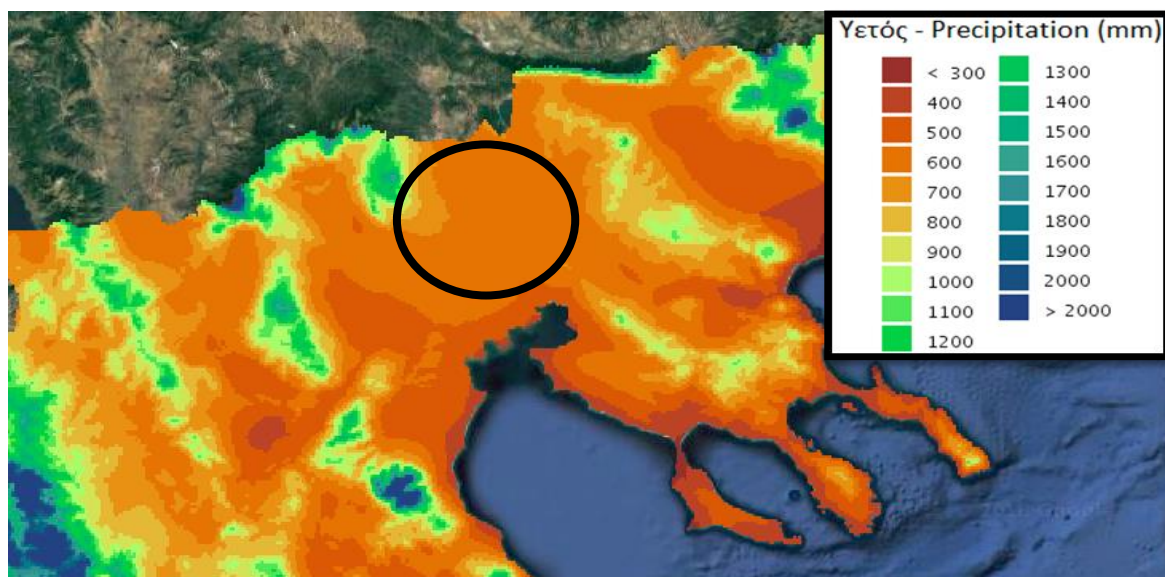
(πηγή: www.meteoclub.gr)

Στην περιοχή μελέτης, η θερμή περίοδος χαρακτηρίζεται από ξηρούς και θερμούς ανέμους ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες υπάρχει ένας τοπικός άνεμος που είναι σφοδρός και ψυχρός που ονομάζεται Καρατζοβίτης (<http://www.anpe.gr/nomos.pellas.htm>).



Σχήμα 8. Χάρτης μέσης θερμοκρασίας περιοχής μελέτης. (πηγή: www.climatlas.hnms.gr)

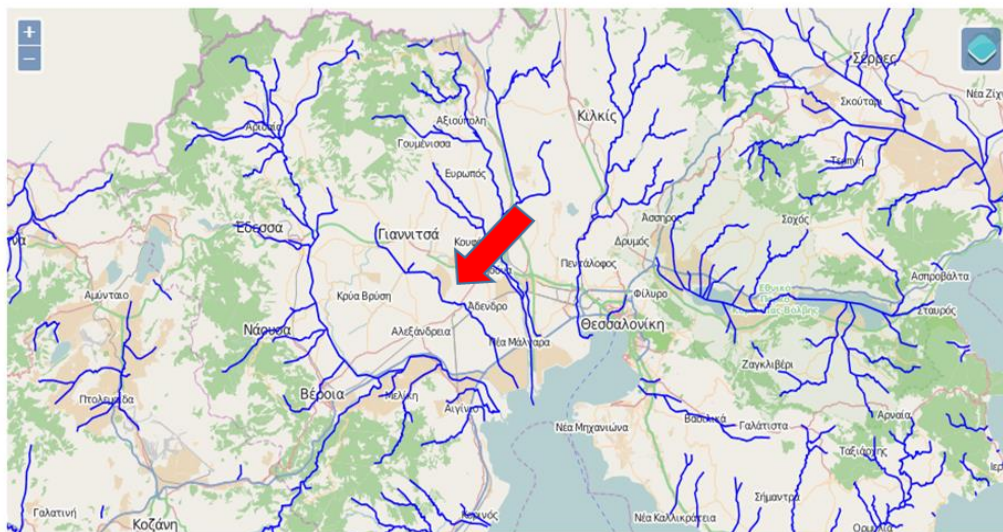
Το ύψος βροχής στην συγκεκριμένη περιοχή κυμαίνεται από 500 έως 700 mm (Σχήμα 9).



Σχήμα 9. Χάρτης υετού περιοχής μελέτης. (πηγή: www.climatlas.hnms.gr) .

1.7 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο νομός Πέλλας διασχίζεται από 4 ποταμούς, τον Λουδία, τον Αξιό, τον Αλιάκμονα και τον Γαλλικό. Από αυτούς ο Αξιός και ο Αλιάκμονας είναι από τα μεγαλύτερα ποτάμια της χώρας. Παρόλα αυτά κοντά στην περιοχή μελέτης βρίσκεται μόνο ο Λουδίας, που σημειώνεται με κόκκινο βέλος στο Σχήμα 10. Ο Λουδίας στην πορεία του προς τις εκβολές του στον Θερμαϊκό κόλπο, δέχεται νερά από παράπλευρους ποταμούς και ρέματα καθώς επίσης από διάφορα κανάλια αποστράγγισης της λίμνης των Γιαννιτσών (Υπουργείο Περιβάλλοντος ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2012) Πρόκειται ουσιαστικά για έναν τεχνητό ποταμό.



Σχήμα 10. Υδρογραφικό δίκτυο περιοχής μελέτης.

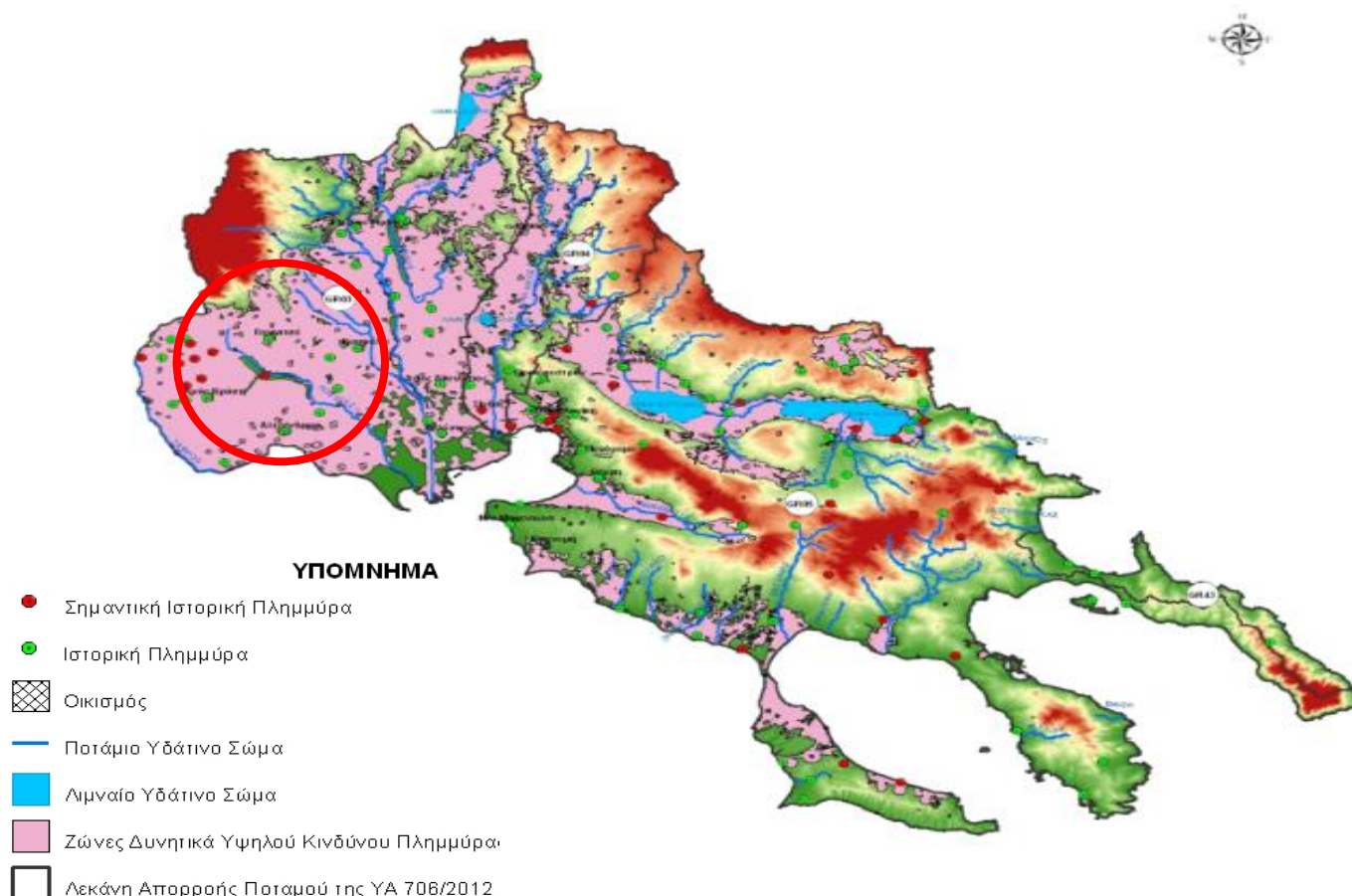
(<http://geodata.gov.gr/el/dataset/potamoi-e-per-gr/resource/5a2023bd-6530-451d-9f36-da56e7285d5d>)

Εξαιτίας των παραπάνω υπάρχει μεγάλη συλλογή φερτών υλικών στην κοίτη του, η οποία βρίσκεται σε παρόμοιο υψόμετρο με την επιφάνεια της θάλασσας κι έτσι η ροή του είναι χαμηλή. Με την ποσότητα των φερτών αυτών υλικών, μεγαλώνει η πιθανότητα πλημμύρας σε περιοχές κοντά στις εκβολές του ποταμού, νότια από τη πόλη των Γιαννιτσών (<http://www.giannitsa.gr/index.php/περιβάλλον/υδατικό-δυναμικό.htm>).

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (2012), οι περιοχές που κινδυνεύουν είναι η περιοχή κοντά στο χωριό Δροσερό, Κρύα Βρύση ενώ κίνδυνος επίσης υπάρχει και για την πόλη των Γιαννιτσών.

Ο αριθμός των πλημμυρικών γεγονότων ετησίως δεν είναι μεγάλος (Σχήμα 11) αλλά εμφανίζονται κυρίως σε περιόδους έντονης βροχόπτωσης, όπου και υπάρχει υπερχείλιση των τάφρων. Οι υλικές ζημιές που σημειώνονται είναι συνήθως στις γύρω γεωργικές εκτάσεις.

Όπως σημειώνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 11), η περιοχή μελέτης, που σημειώνεται με κόκκινο κύκλο, κατατάσσεται στις ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου για πλημμύρες (<http://www.ypeka.gr>).



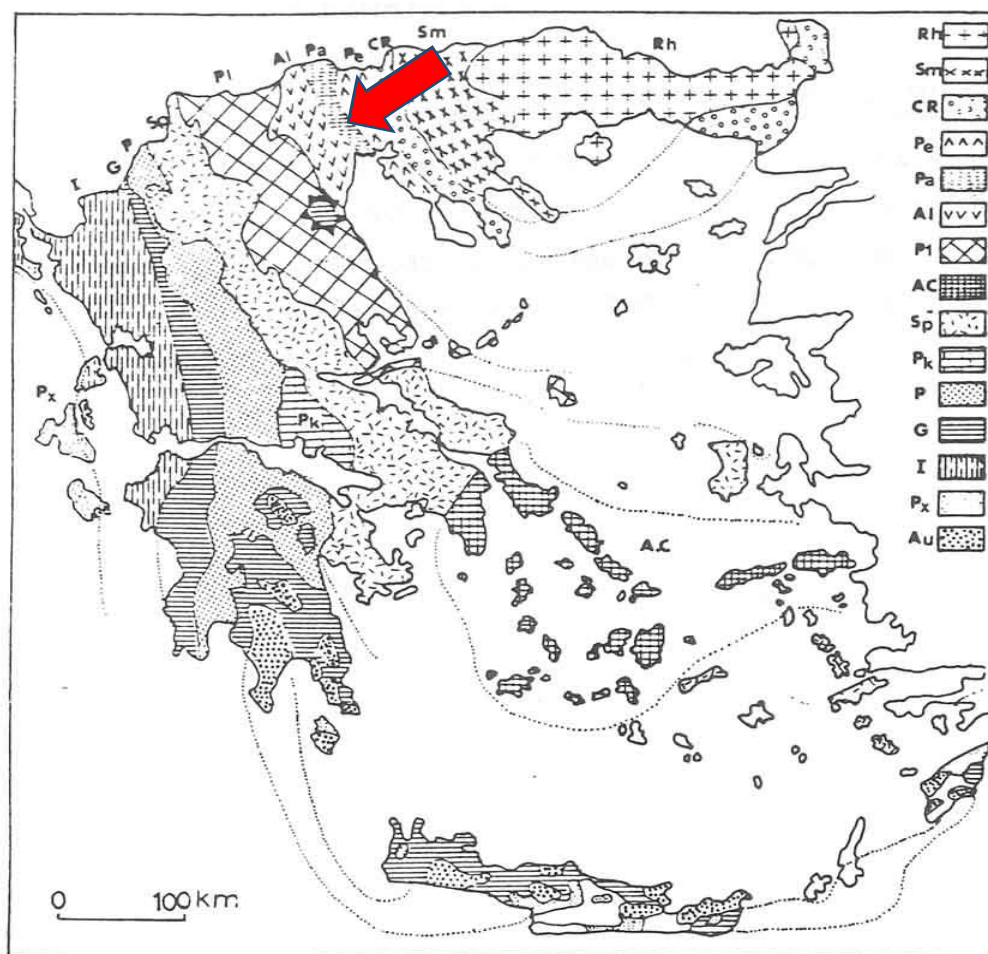
Σχήμα 11. Χάρτης πλημμύρων Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας.

(<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=iwa%2bqG%2bWiUc%3d&tabid=252&language=el-GR>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ-ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην ζώνη Αξιού, η οποία με την σειρά της χωρίζεται σε τρεις επιμέρους υποζώνες που είναι οι εξής (Σχήμα 12): α) Πάϊκου-Τζένα, β) Παιονίας και γ) Αλμωπίας. Ολόκληρη η ζώνη του Αξιού ανήκει στις Εσωτερικές Ελληνίδες (Μουντράκης, 2010)



Σχήμα 12. Γεωτεκτονικός χάρτης των ελληνίδων ζωνών: Rh: Μάζα Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική Μάζα, CR: Περιοδοπική Ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάϊκου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική Ζώνη, AC: Αττικοκυκλαδική Ζώνη, Sp: Υποπελαγονική Ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα «Ταλέα Όρη-Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι» (Μουντράκης 1985)

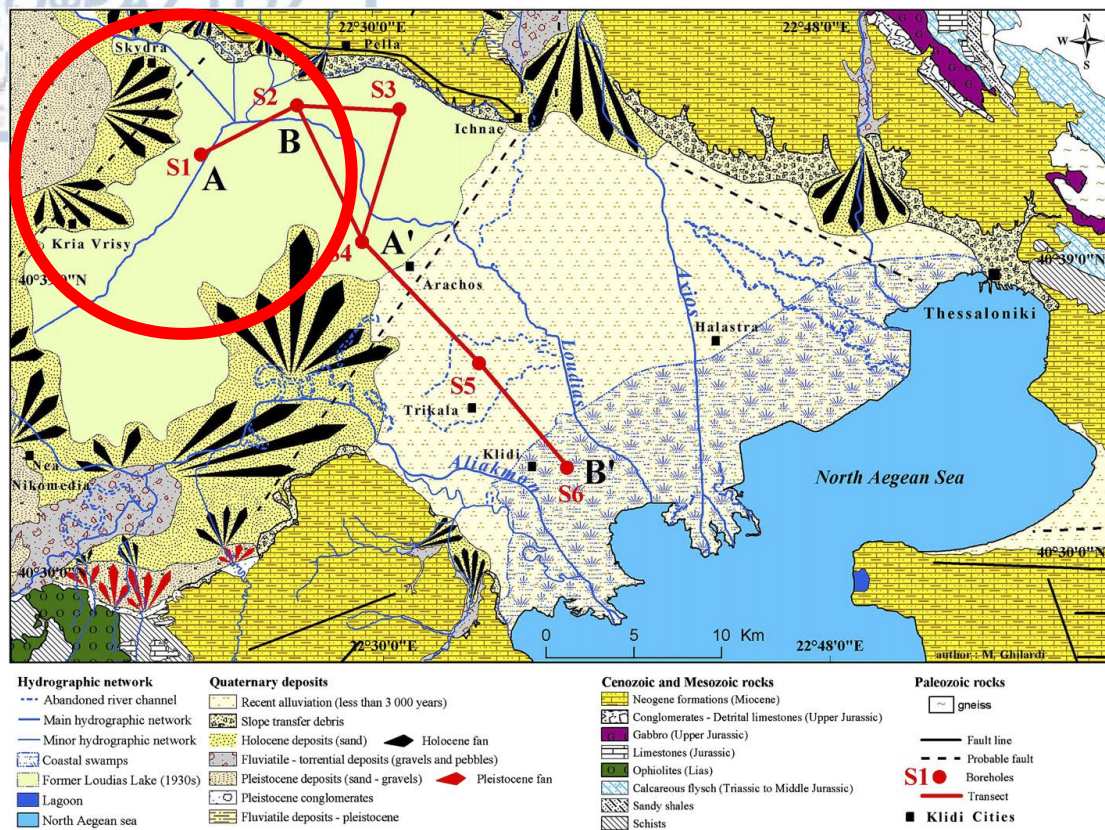
2.1.1 Ζώνη Αξιού

Η ζώνη Αξιού έχει πάρει το όνομά της από τον μεγάλο ποταμό Αξιό που την διασχίζει. Χαρακτηριστικό αυτής της ζώνης είναι οι εμφανίσεις μεγάλων ζωνών οφειολίθων που είναι σημαντικές για τον προσδιορισμό της εξέλιξης ολόκληρης της ζώνης. Ακόμα, υπάρχουν εμφανίσεις μεταμορφωμένων πετρωμάτων (π.χ. γνεύσιοι, σχιστόλιθοι), που έχουν πτυχωθεί μαζί με αλπικά ιζήματα, δηλαδή ιζήματα που αποτέθηκαν κατά την διάρκεια της Αλπικής ορογένεσης (Μουντράκης, 2010).

2.1.2 Λιθολογία περιοχής μελέτης

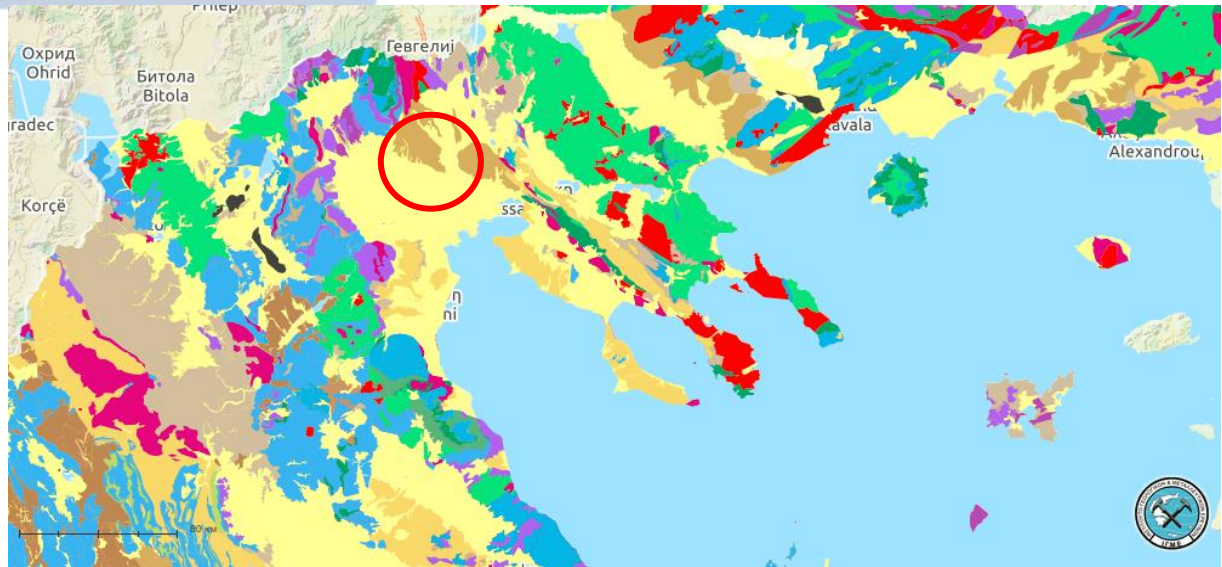
Η περιοχή των εξεταζόμενων δειγμάτων ανήκει στην λεκάνη του ποταμού Λουδία, η οποία ανήκει στην υποζώνη Πάϊκου. Κατά το Μειόκαινο, αποτέθηκαν ασβεστόλιθοι, άμμοι και άργιλοι και κατά το Πλειστόκαινο διάφορα ηπειρωτικά στρώματα (Matthieu Ghilardi et al, 2008). Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από έντονη τεκτονική δράση όπου σε συνδυασμό με την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, δημιουργήθηκε η σημερινή μορφολογία (Συρίδης, 1990).

Η ευρύτερη περιοχή οριθεύεται δυτικά και βόρεια από τα όρη Βέρμιο και Παϊκο αντίστοιχα που αποτελούνται κυρίως από Μεσοζωικό ασβεστόλιθο. Προς νότο και ανατολικά αναπτύσσονται οι λοφώδεις νεογενείς σχηματισμοί των Πιέριων όρεων και του Χορτιάτη. Η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα το οποίο διαμορφώθηκε κατά τις αρχές του νεογενούς. Βαθμιαία πληρώθηκε από κλαστικά ιζήματα (κροκαλοπαγή, άμμοι και άργιλοι), ενώ τοπικά αποτέθηκαν ανθρακικά ιζήματα (ασβεστόλιθοι και μάργες) σε διαδοχικά σύνθετα παλαιοπεριβάλλοντα κατά τη διάρκεια του Μειοκαίνου (αποτέθηκαν ποτάμια ιζήματα, ερυθροστρώματα, αλμυρές άργιλοι, άμμοι και ασβεστόλιθοι), του Πλειοκαίνου (ποταμολιμναίες άμμοι, ιλύς, λιμναίοι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι) και του Πλειστοκαίνου όπου αποτέθηκαν ερυθροστρώματα. (Ghilardi et al 2008; Simeonov et al, 2009).



Σχήμα 13. Χάρτης που απεικονίζει το γεωμορφολογικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής μελέτης (από Ghilardi et al 2008).

Παρακάτω παρουσιάζεται χάρτης του ΙΓΜΕ (Σχήμα 14) που απεικονίζει την εξεταζόμενη περιοχή.

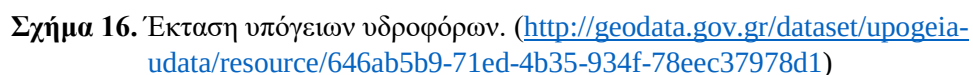


Σχήμα 14. Χάρτης ΙΓΜΕ, σχηματισμοί περιοχής. (<http://www.igme.gr/geoportal/>)

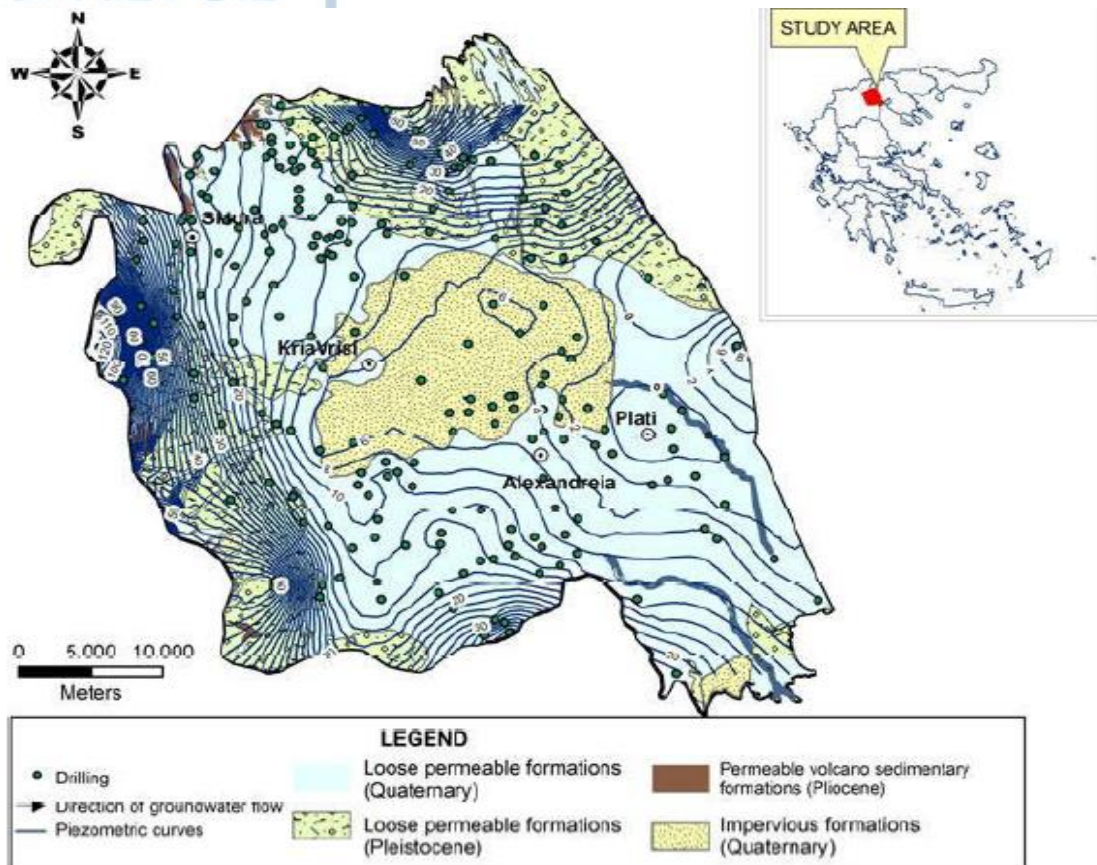


Όπως φαίνεται και παραπάνω η περιοχή που σημειώνεται στον κύκλο, είναι καλυμμένη εξ' ολοκλήρου με ιζήματα, όπου στο υπόμνημα του ΙΓΜΕ αναφέρονται ως άμμοι. Ακόμα, συναντώνται μη συμπυκνωμένα ανθρωπογενή υλικά.

Σχήμα 15. Υπόμνημα χάρτη ΙΓΜΕ.
(<http://www.igme.gr/geoportal/>)



Η παρουσία των υπόγειων υδροφορέων οφείλεται στην λιθολογία της περιοχής που όπως περιγράφηκε παραπάνω αποτελείται αποκλειστικά από ιζήματα και κυρίως, άργιλο, άμμους και άλλα Τεταρτογενή και Νεογενή ιζήματα και ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Το υδροφόρο σύστημα των Λουδία-Αξιού ανήκει στη υδατική περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας (Veranis et al, 2011).



Σχήμα 17. Υδρογεωλογικός χάρτης του υπόγειου υδροφόρου συστήματος Αλιάκμονα-Λουδία. (πηγή: (Veranis et al, 2011))

Το σύστημα έχει έκταση 1638 km² και αποτελείται από πολλαπλούς υδροφορείς (Σχήμα 17), που χαρακτηρίζονται ημιπερατοί καθώς υπάρχουν εναλλαγές περατών και μη περατών ιζημάτων π.χ. χαλίκια-πηλός (Veranis et al, 2011).

Από γεωτρήσεις στην περιοχή προέκυψε πως το πάχος της ακόρεστης ζώνης του συστήματος είναι από 2 έως 145 μέτρα, ενώ το πάχος του υδροφορέα κυμαίνεται από 4 έως 145 μέτρα. Η πιεζομετρική επιφάνεια έχει μια εποχιακή διακύμανση, όπου η μέση τιμή αυτής είναι 2.32 μ. (Veranis et al, 2011) .

Τα υπόγεια αυτά ύδατα, χρησιμοποιούνται κυρίως για την άρδευση των γεωργικών εκτάσεων στην ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών (Kallioras et al, 2016).

Σύμφωνα με V. Simeonov et al (2002), ο Αλιάκμονας είναι παραλήπτης αποβλήτων τοπικών βιομηχανιών και ο Λουδίας λειτουργεί ως μέσο αποστράγγισης της περιοχής. Μάλιστα, παλαιότερα είχε μολυνθεί από διάφορες οργανικές ουσίες και βαρέα μέταλλα από επεξεργασία τροφίμων (Dararas et al, 1996). Πιθανότατα λόγω της υδραυλικής σχέσης των ποταμών με τους υδροφορείς της περιοχής να επηρεάζεται η ποιότητα των υπόγειων νερών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ

3.1 ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ

3.1.1 Γενικά

Είναι γνωστό ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες πολλές φορές μπορεί να επιφέρουν δυσάρεστες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Μια από αυτές τις βλαβερές δραστηριότητες είναι η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων για την αποδοτικότερη γεωργική παραγωγή (Hallberg, 1989).

Οι χρήσεις αυτές είναι επιβλαβείς εξαιτίας του εμπλουτισμού των εδαφών και των υπόγειων νερών με νιτρικά ιόντα (NO_3^-), τα οποία είναι επικίνδυνα για την έμβια ζωή σε μεγάλες συγκεντρώσεις .

Τα ιόντα αυτά μπορούν να έχουν διάφορες φυσικές πηγές προέλευσης π.χ. υπολείμματα φυτικών ιστών ή περιττώματα ζώων. Υπάρχουν, όμως και διάφορες πηγές προέλευσης που δεν είναι φυσικές αλλά προκύπτουν από τον ανθρώπινο παράγοντα, από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) και από αστικά ή βιομηχανικά λύματα (Βουδούρης, 2009).

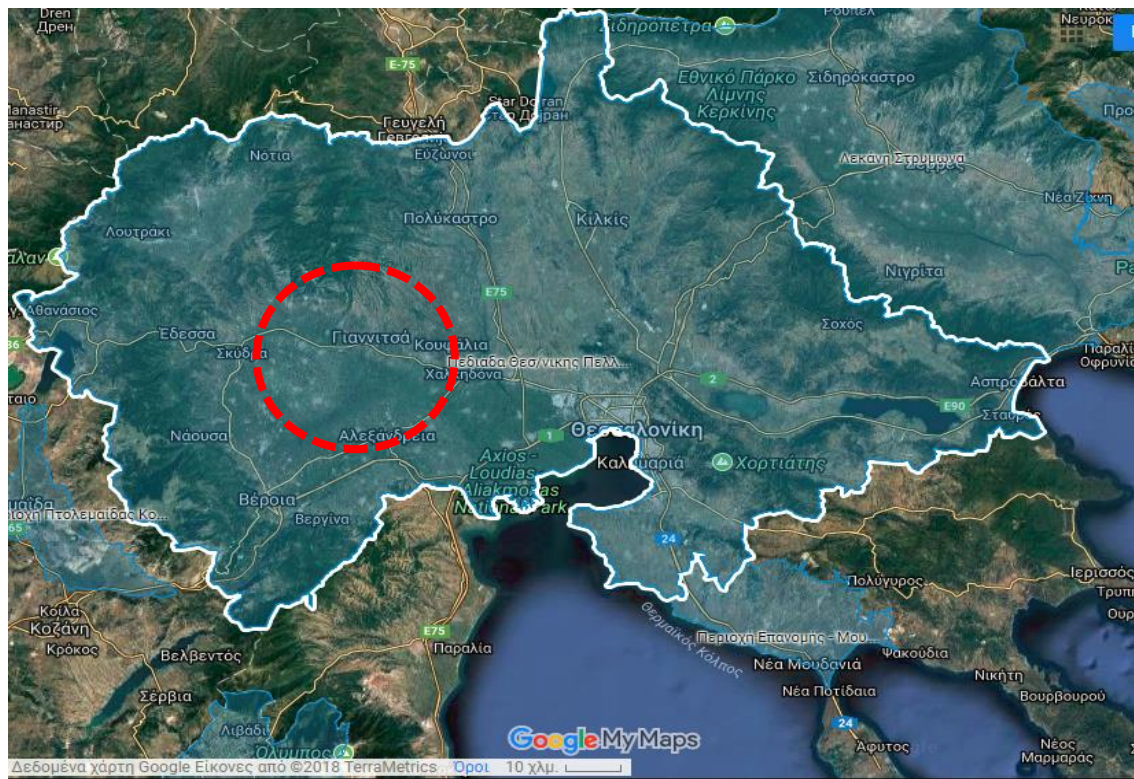
Στην παρούσα εργασία θα εξετασθεί η νιτρορύπανση από γεωργικά λιπάσματα στην εξεταζόμενη περιοχή που έχει αναφερθεί και αναλυθεί παραπάνω.

3.1.2 Η νιτρορύπανση στην περιοχή ενδιαφέροντος

Ο εμπλουτισμός με νιτρικά ιόντα , αμμωνία και νιτρώδη άλατα στην περιοχή που μελετάται, εκτός από τους φυσικούς τρόπους, συμβαίνει και με την χρήση λιπασμάτων για την βελτίωση των γεωργικών παραγωγών. Η εξεταζόμενη περιοχή είναι αποκλειστικά γεωργική και μεγάλο μέρος της τοπικής οικονομίας στηρίζεται στον αγροτικό τομέα.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, η εξεταζόμενη περιοχή, που σημειώνεται με κόκκινο κύκλο στο Σχήμα 18, ανήκει στις ευπρόσβλητες περιοχές (ΚΥΑ 16175/824.). Το πρόβλημα της νιτρορύπανσης προκύπτει από την ποσότητα νιτρικών που δεν μπορεί να προσληφθεί από τα φυτά εξαιτίας του κορεσμού τους και την συγκέντρωση περίσσειας των ενώσεων του αζώτου στο έδαφος. Η περίσσεια αυτή ποσότητα παραμένει στο έδαφος ή κατεισδύει και ρυπαίνεται τα υπόγεια ύδατα, με μεγάλο ρυθμό ανάλογα πάντα με τον τύπο του εδάφους (Abdirashid E. et al, 2003). Η ρύπανση εξαρτάται από το συγκέντρωση των ιόντων

στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους και από την υδρολογικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου ορίζοντα (Perez et al, 2003).



Σχήμα 18. Όρια ευπρόσβληπτης περιοχής Κεντρικής Μακεδονίας.

(<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=250&language=el-GR>)

3.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ

Η σπουδαιότητα του πρόβληματος της νιτρορύπανσης των υπόγειων νερών, οδήγησε στην θέσπιση νόμων και ανώτερων ορίων στην συγκέντρωση των νιτρικών, παγκοσμίως. Ισχύουν:

- Η οδηγία 2000/60/EK (2000), της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αναφέρεται στην οικολογική κατάσταση των υδάτινων πόρων.
- Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (2001), το ανώτερο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο νερό που προορίζεται για ανθρώπινη χρήση είναι τα 50 mg/lit. Το όριο αυτό χρησιμοποιήθηκε και για τον έλεγχο των δειγμάτων στην παρούσα εργασία.
- Ακόμα, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), το ανώτερο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο νερό που προορίζεται για ανθρώπινη χρήση είναι τα 50 mg/lit (World Health Organization, 2017).

3.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΝΙΤΡΟΥΥΠΑΝΣΗΣ

3.3.1 Στον ανθρώπινο οργανισμό

Τα νιτρικά ιόντα στην περίπτωση που περάσουν στους υδροφόρους ορίζοντες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για ύδρευση και εισέλθουν σε ανθρώπινο οργανισμό προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία (Larry B. et al, 1996). Με την μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών στο πόσιμο νερό, πάνω από 50 mg/lit, συνδέονται τα παρακάτω προβλήματα:

- Αυξημένη συχνότητα λεμφώματος καρκίνου
- Αποβολές εμβρύου
- Μετάλλαξη στα λεμφοκύτταρα
- Μεθαιμοσφαιριναιμία που αφορά τα βρέφη κάτω των 6 μηνών.

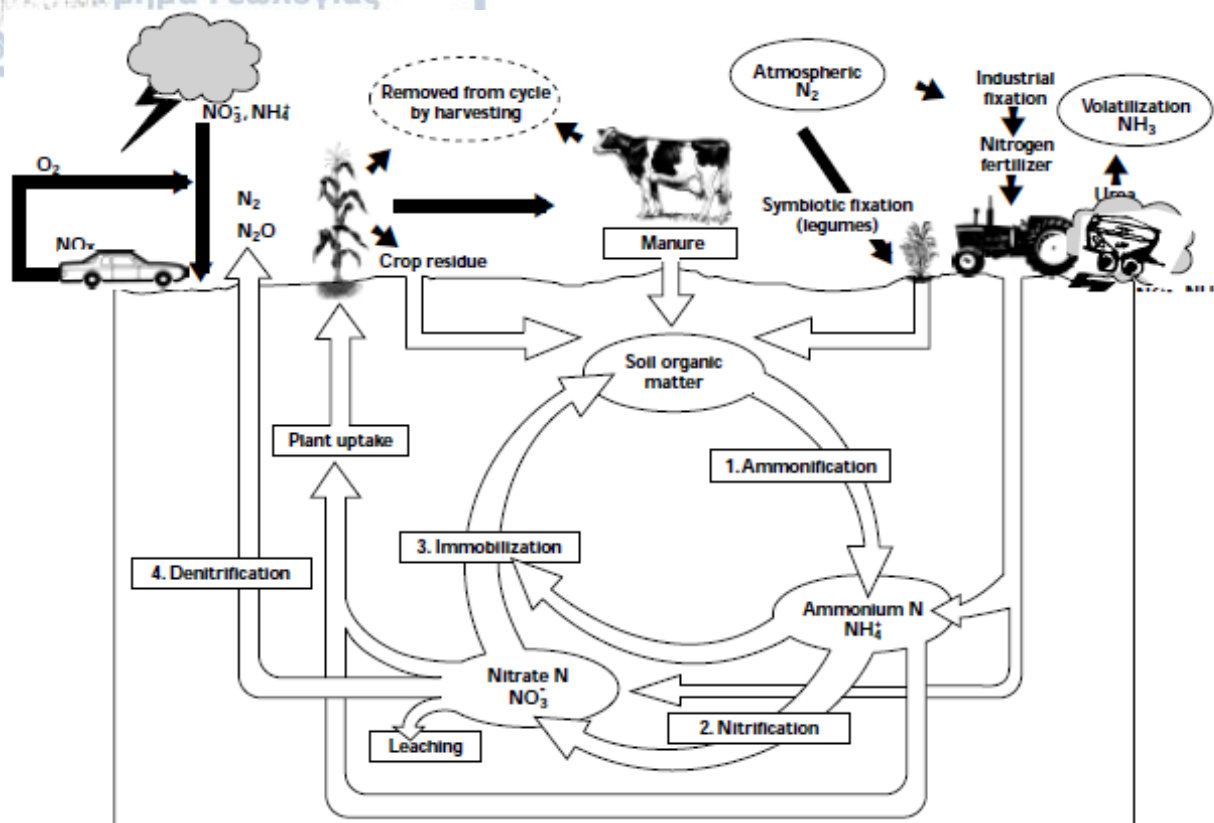
(<http://oikopress.gr/index.php/sustainable-growth/103-a>).

3.3.2 Στο περιβάλλον

Στο περιβάλλον η μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών έχει επίσης αρνητικές επιπτώσεις, καθώς είναι υπαίτια για την τεράστια ανάπτυξη βακτηρίων και αλγών πάνω από υδάτινα σώματα με αποτέλεσμα την σκίασή τους (Abdirashid et al, 2003). Αυτό με την σειρά του έχει αρνητικές επιπτώσεις στους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς που δεν επιβιώνουν υπό αυτές τις συνθήκες. Κατά την εξέλιξη αυτού του φαινομένου, υπάρχει μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο νερό και θανάτωση οργανισμών που το χρειάζονται για την επιβίωσή τους π.χ. ψάρια. Όλα τα παραπάνω σε σύνολο οδηγούν στη μείωση ποιότητας του νερού αλλά και στην υποβάθμιση ολόκληρου του οικοσυστήματος.

(<http://oikopress.gr/index.php/sustainable-growth/103-a>).

3.4 ΚΥΚΛΟΣ ΑΖΩΤΟΥ



Σχήμα 19: Ο κύκλος του αζώτου.

(πηγή: Larry B. et al, 1996)

Στο Σχήμα 19 απεικονίζεται, αναλυτικά ο κύκλος του αζώτου. Όπως παρατηρείται, κύριες πηγές αζωτούχων ανώσεων για το έδαφος και κατά επέκταση και για τα υπόγεια ύδατα είναι η νεκρή οργανική ύλη, τα περιττώματα ζώων και η χρήση λιπασμάτων στην γεωργία (V. Simeonov et al, 2002).

Από τις παραπάνω πηγές νιτρικών, η πιο ισχυρή είναι αυτή των λιπασμάτων όπου είναι και η μόνη ανθρωπογενής.

Έτσι, για περιορισμό της αλόγιστης χρήσης αυτών, πέρα από την νομοθεσία που έχει θεσπιστεί παγκοσμίως, έχει θεσπιστεί και ο κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής.

3.5 ΚΩΔΙΚΑΣ ΟΡΘΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ

Ο κώδικας αυτός, θεσπίστηκε με σκοπό την ορθή χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων στην γεωργία με σκοπό την αποφυγή ρύπανσης των υπόγειων αλλά και των επιφανειακών υδάτων μέσω της κατείσδυσης ή της επιφανειακής απορροής αντίστοιχα (ΥΠΕΚΑ, 2000).

Ο κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής (αρ.85167/820/20-3-2000) προβλέπει αναλυτικά:

- Την ορθή κατεργασία του εδάφους.
- Την ορθή χρήση αζωτούχων λιπασμάτων.
- Την ορθή χρήση της αυτοφυούς καλλιέργειας.
- Την ορθή διαχείριση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Την ορθή διαχείριση αποβλήτων κτηνοτροφικής προέλευσης.
- Την ορθή χρήση του αρδευόμενου νερού αλλά και τρόπους προστασίας αυτού.
- Την προστασία οικολογικά ευαίσθητων περιοχών στην ρύπανση.

Πιο συγκεκριμένα, για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας, που ανήκει στον κάμπο Θεσσαλονίκης-Ημαθίας, έχει συνταχθεί νέος κώδικας γεωργικής πρακτικής, αφού αποτελεί ευπρόσβληπτη περιοχή για την νιτρορύπανση.

Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία (ΚΥΑ 16175/824, 2006), οι γεωργικοί παραγωγοί της περιοχής, οφείλουν:

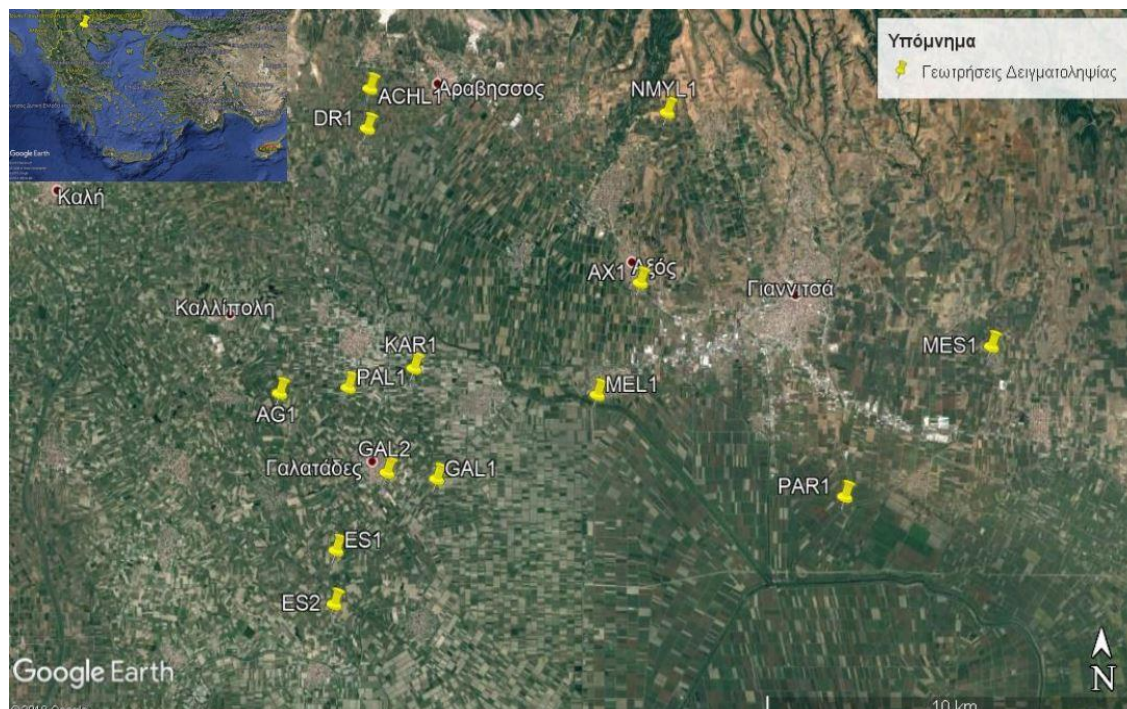
- Να τηρούν τους περιορισμούς ως προς την χρήση αζωτούχων λιπασμάτων
- Να διατηρούν ημερολόγιο λίπανσης, που θα επιδικνύεται σε έλεγχο
- Να συνεργάζονται αρμονικά με τους αρμόδιους εθνικούς φορείς ελέγχου

Η οδηγία προβλέπει, αναλυτικά, ακόμα τις κυρώσεις που θα υποστούν οι παραγωγοί που δεν τηρούν τον κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4· ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

4.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία, στο πλαίσιο αυτής της εργασίας, πραγματοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή της πόλης των Γιαννιτσών (Σχήμα 20). Το σύνολο των δειγμάτων είναι 14 και συλλέχθηκαν από τα χωριά: Γαλατάδες, Αξός, Παραλίμνη, Νέος Μυλότοπος, Μελίσσι, Καρυώτισσα, Αχλαδοχώρι κ.α.



Σχήμα 20. Θέσεις γεωτρήσεων δειγματοληψίας. (πηγή: Google Earth)

Η συλλογή έγινε κατά την περίοδο Μαΐου 2017. Η εποχή αυτή επιλέχθηκε, αφού αυτή είναι η αρχή της περιόδου ποτίσματος των καλλιεργειών και οι στάθμες βρίσκονται ακόμα σχετικά ψηλά στην περιοχή (μικρά βάθη).

Χρησιμοποιήθηκαν μπουκάλια συλλογής τα οποία είχαν προπλυθεί 3 με 4 φορές με απιονισμένο νερό και άλλες 3 φορές με νερό της γεώτρησης, η οποία λειτουργούσε τουλάχιστον 10 με 15 λεπτά η κάθε μία για να μην ληφθεί δείγμα από την σωλήνωση αυτής αλλά δείγμα νερού από τον υδροφόρο. Τα μπουκάλια με τα δείγματα φυλάχθηκαν σε σκιερό μέρος και στην συνέχεια συντηρήθηκαν σε ψυγείο. Την επόμενη μέρα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο και αναλύθηκαν. Στις Εικόνες 1 και 2 απεικονίζονται στιγμές από την δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε.



Εικόνα 1. Στιγμή δειγματοληψίας.



Εικόνα 2. Γεώτρηση σε λειτουργία.

4.2 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Κατά την συλλογή των δειγμάτων, πραγματοποιήθηκαν και επί τόπου μετρήσεις για τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού. Αυτές είναι η ενεργός οξύτητα (pH), η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), η συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων (TDS) και η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου (°C).

Όλα τα παραπάνω μετρήθηκαν με πολυπαραμετρική φορητή συσκευή (Εικόνα 3) που παραχωρήθηκε από το εργαστήριο του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Ακόμα, παραχωρήθηκε φορητό GPS για την ακριβή καταγραφή των συντεταγμένων των γεωτρήσεων.



Εικόνα 3. Πολυπαραμετρική συσκευή, επί τόπου μετρήσεων.

4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ NO_3 ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Στη συνέχεια του πειραματικό σταδίου αυτής της εργασίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στα δείγματα. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. Στην Εικόνα 4 απεικονίζεται το φασματοφωτόμετρο και στην Εικόνα 5 τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τις αναλύσεις των δειγμάτων.



Εικόνα 4. Φασματοφωτόμετρο εργαστηρίου ΑΠΘ.



Εικόνα 5. Χημικά αντιδραστήρια

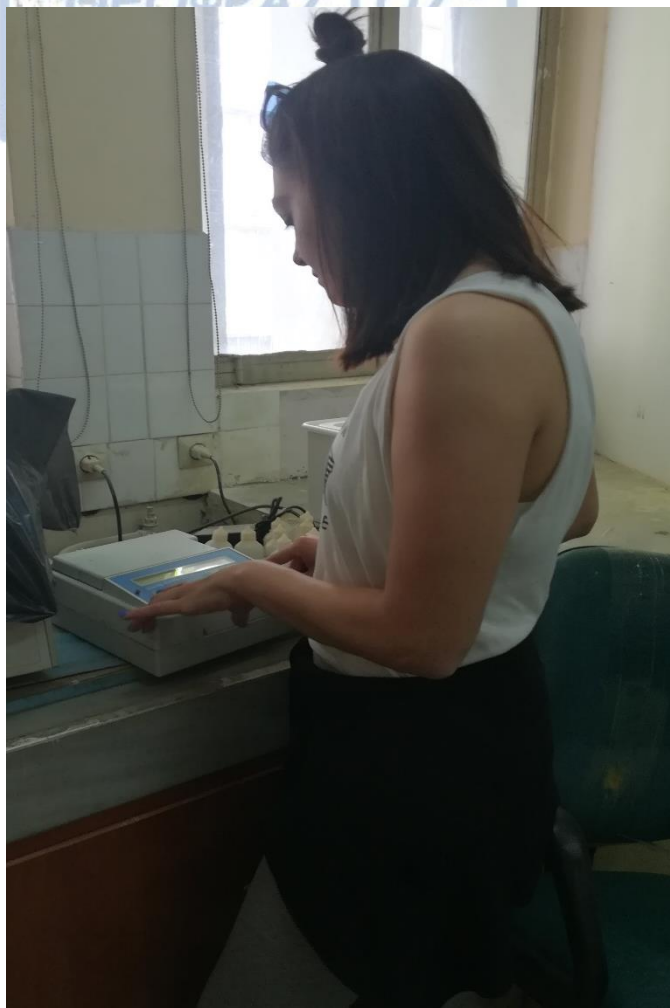
Η διαδικασία προσδιορισμού της συγκέντρωσης των νιτρικών στα δείγματα νερού, που πραγματοποιήθηκε έχει ως εξής:

Δείγμα νερού τοποθετείται σε ειδικά δοχεία εργαστηρίου 25 ml, αφού πρώτα έχουν προπλυθεί με απιονισμένο νερό 3 φορές. Το ένα από τα δύο δοχεία τοποθετείται στο φασματοφωτόμετρο και λειτουργεί σαν στάνταρ που αντιπροσωπεύει την τιμή μηδέν. Στο άλλο δοχείο τοποθετείται το αντιδραστήριο και ανακινείται ώστε το διάλυμα να είναι ομογενές. Το δείγμα νερού με το αντιδραστήριο, που αποκτά κίτρινη χροία, μένει περίπου για 5 λεπτά ακούνητο και στην συνέχεια τοποθετείται στο φασματοφωτόμετρο, όπου γίνεται η μέτρηση της συγκέντρωσης των νιτρικών. Η ένδειξη αυτών αναγράφεται στην οθόνη του φασματοφωτόμετρου και δίνεται σε mg/lit. Η μέτρηση επαναλαμβάνεται δεύτερη φορά για την αποφυγή σφάλματος.

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε και για τα 14 δείγματα νερού. Να σημειωθεί ότι τα δοχεία ανάμεσα στις μετρήσεις διαφορετικών δειγμάτων, προ πλένονταν με απιονισμένο νερό. Στην Εικόνα 6 απεικονίζονται τα δοχεία (25 ml) που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στο εργαστήριο. Στις εικόνες 7 και 8 απεικονίζονται στιγμές από τις μετρήσεις και τις πλύσεις των δοχείων στο εργαστήριο.



Εικόνα 6. Δοχεία εργαστηρίου 25ml.



Εικόνα 7. Μέτρηση συγκέντρωσης νιτρικών σε δείγμα.



Εικόνα 8. Πλύση δοχείων με απιονισμένο νερό.

4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των φυσικοχημικών και υδροχημικών παραμέτρων των δειγμάτων δίνονται στον Πίνακα 2:

Πίνακας 2. Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων και επι τόπου φυσικοχημικών μετρήσεων.

LABEL	X	Y	PH	EC (μs/cm)	TDS (ppm)	NO ₃ (mg/l)	T(°C)
MES1	371203	4515092	8	747	478	57,64	20
PAR1	367165	4511321	7,4	2820	1806	19,36	20,1
AX1	361797	4516901	7,8	530	340	21,12	20,1
NMYL1	362615	4521301	7,7	588	377	24,64	19,5
ACHL1	354580	4522070	7,5	920	589	108,24	20,8
DR1	354499	4521028	7,4	906	582	102,52	18,4
PAL1	353908	4514340	7,6	470	301	31,68	20,1
GAL1	356253	4511960	7,6	1390	893	51,92	18,1
GAL2	354926	4512146	7,5	1176	753	53,68	20
ES1	353539	4510190	7,9	432	277	11	18,7
ES2	353476	4508825	7,7	435	278	24,64	19,9
KAR1	355681	4514803	7,7	570	365	18,48	20,3
AG1	352062	4514226	7,8	419	268	18,48	19,7
MEL1	360590	4514040	7,9	271	1736	14,08	19,4

Με βάση την νομοθεσία που ισχύει, γίνεται αντιληπτό πως υπάρχουν ορισμένες υπερβάσεις ορίων όσον αφορά στην ποσιμότητα στα παραπάνω δείγματα. Στην συνέχεια θα αναλυθούν μία μία οι παράμετροι για περαιτέρω συμπεράσματα.

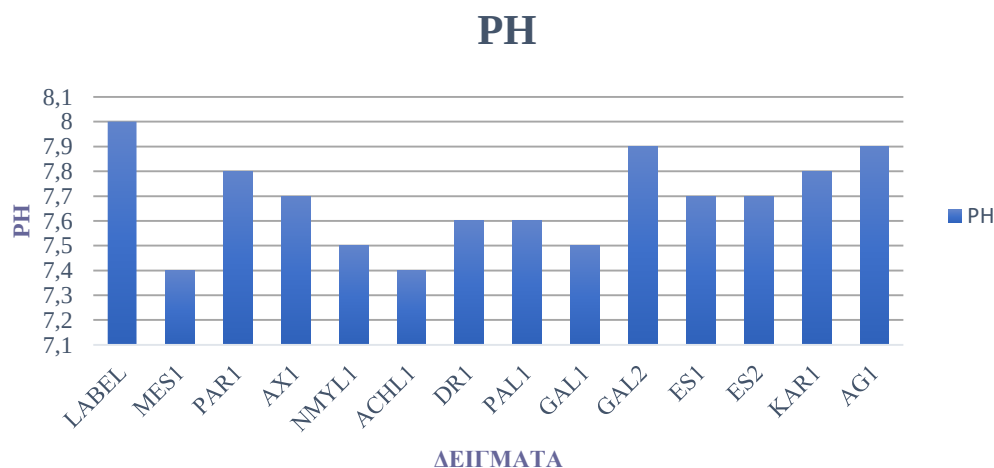
4.4.1 Ενεργός Οξύτητα (pH)

Ο δείκτης pH είναι αυτός που προσδιορίζει την περιεκτικότητα κατιόντων υδρογόνου (H^+) και ανιόντων υδροξυλίου (OH^-) στο νερό. Τα πρώτα χαρακτηρίζονται ως οξέα και τα δεύτερα ως αλκαλικά ή βασικά. Η κλίμακα του δείκτη είναι από το 0 έως το 14. Η μέση τιμή είναι το 7 που χαρακτηρίζει τα ουδέτερα διαλύματα. Πάνω από αυτή την τιμή είναι τα αλκαλικά διαλύματα και κάτω από αυτή τη τιμή τα οξέα διαλύματα.

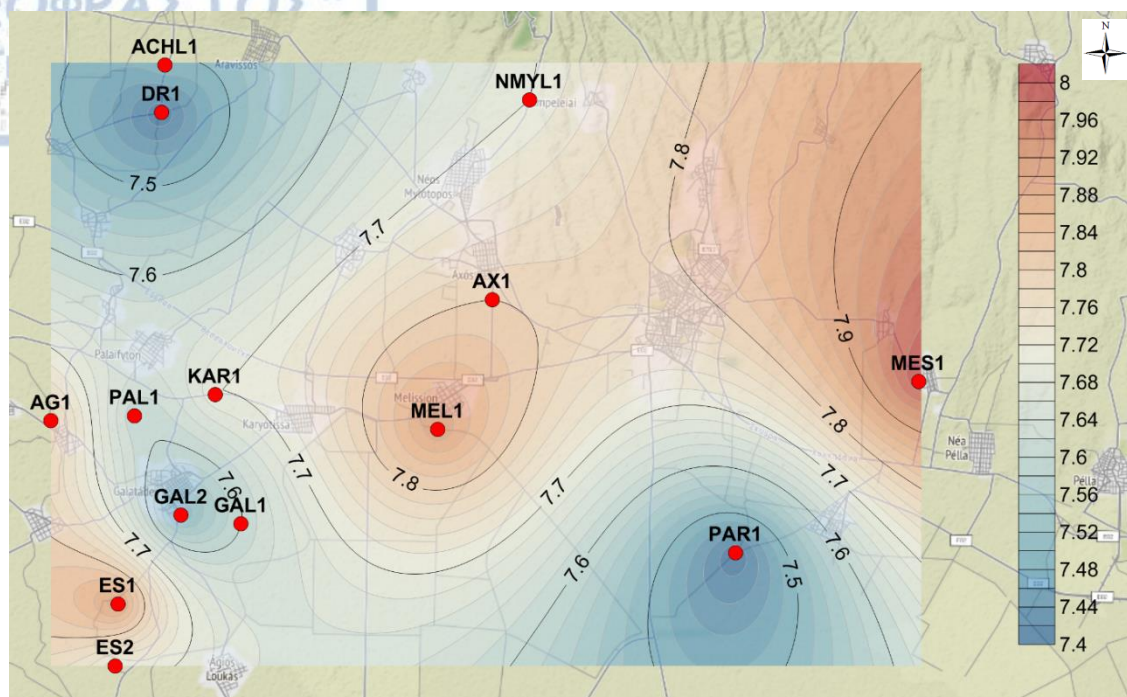
Ο δείκτης αυτός επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως τα περιβάλλοντα πετρώματα, την θερμοκρασία και τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η αποδεκτή τιμή για πόσιμο νερό είναι 6,6-8,5 και για νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση 6,5-8,4 (Βουδούρης 2009).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, όλα τα δείγματα βρίσκονται μέσα στα αποδεκτά όρια pH για νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση, καθώς όλες οι γεωτρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι αρδευτικές. Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται οι αποδεκτές τιμές των δειγμάτων, ενώ στον Χάρτη 1 απεικονίζεται η χωρική κατανομή των τιμών του Ph, όπου η μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται στην κεντρική και δυτική πλευρά της περιοχής μελέτης.



Διάγραμμα 1. Κατανομή τιμών οξύτητας



Χάρτης 1. Χωρική κατανομή τιμής pH, στην περιοχή μελέτης.

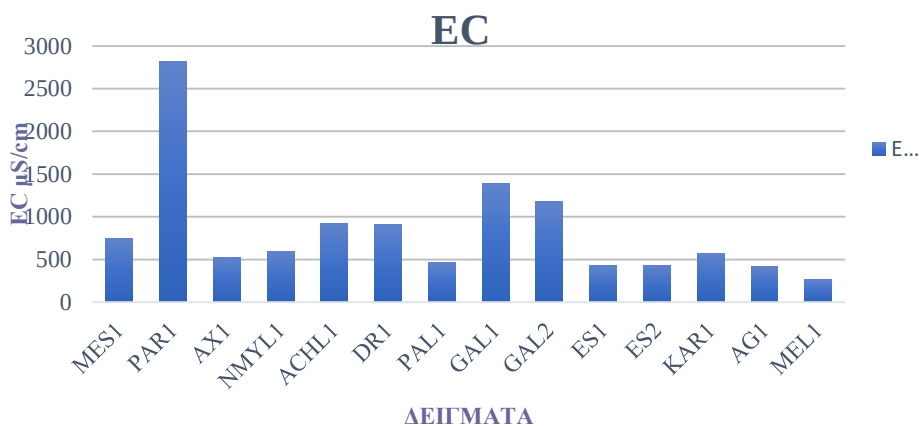
4.4.2 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι και αυτή μια ιδιότητα του νερού που εκφράζει την ικανότητά του να μεταφέρει ηλεκτρικά φορτία. Εξαρτάται τόσο από την θερμοκρασία του όσο και από την συγκέντρωση ιόντων στο νερό, επομένως οποιοσδήποτε ρύπος μεταβάλλει την συγκέντρωση ιόντων μεταβάλλει και την ηλεκτρική του αγωγιμότητα.

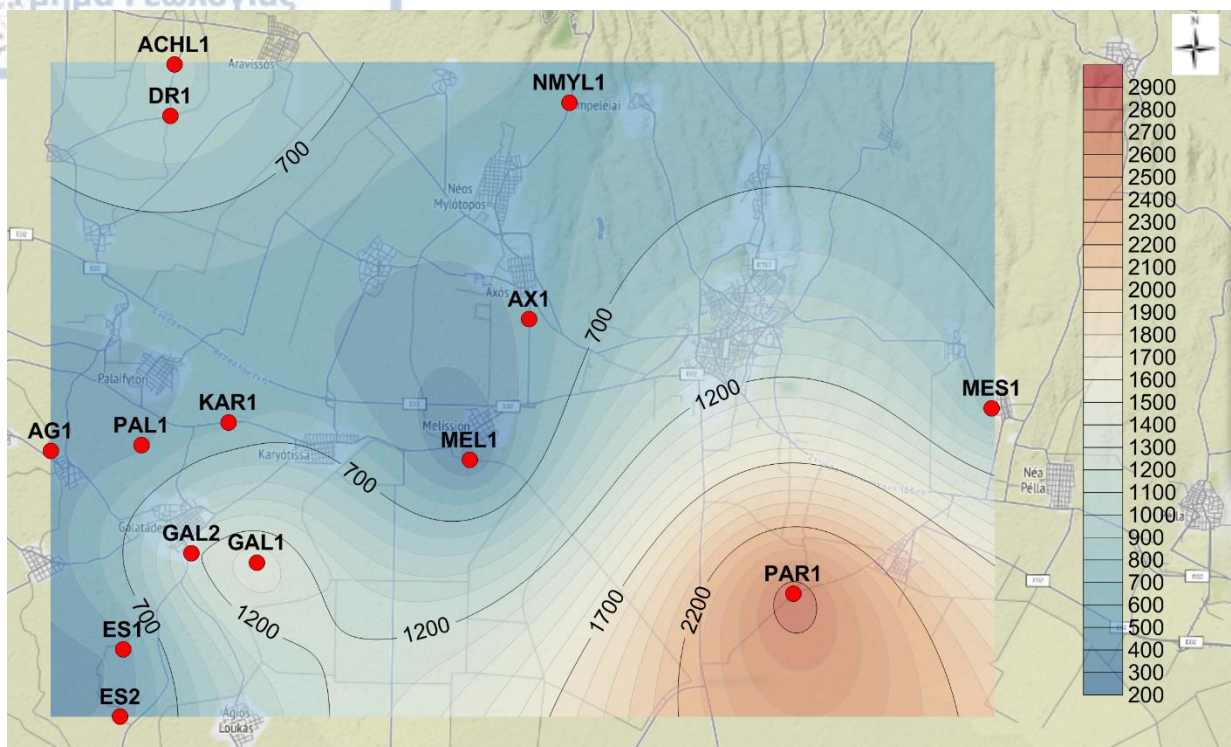
Η EC (Electrical Conductivity) στα φυσικά γλυκά νερά κυμαίνεται από 300-1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και συνήθως μετρίεται ή ανάγεται στους 25 °C. Αποδεκτή τιμή για πόσιμο νερό είναι $\text{EC}=400 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Βουδούρης 2009).

Οι τιμές της παραμέτρου αυτής στα δείγματα είναι αρκετά υψηλές, κυρίως στα δείγματα που αναγράφονται με κόκκινο χρώμα. Το δείγμα PAR1 έχει τιμή μεγαλύτερη από την ανώτερη επιτρεπόμενη (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2000/60 και την ελληνική νομοθεσία. Η αυξημένη τιμή μπορεί να οφείλεται στην μεγάλη συγκέντρωση κάποιου/ων ιόντων (όχι των νιτρικών όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2) που όμως δεν έχουν προσδιορίσει για τις ανάγκες της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Στο Διάγραμμα 2, φαίνονται οι τιμές EC των δειγμάτων και στον Χάρτη 2 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή αυτών, όπου η μόνη υψηλή τιμή σημειώνεται στο δείγμα PAR1 νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης.



Διάγραμμα 2. Κατανομή τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας των δειγμάτων.



Χάρτης 2. Χωρική κατανομή ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην περιοχή μελέτης.

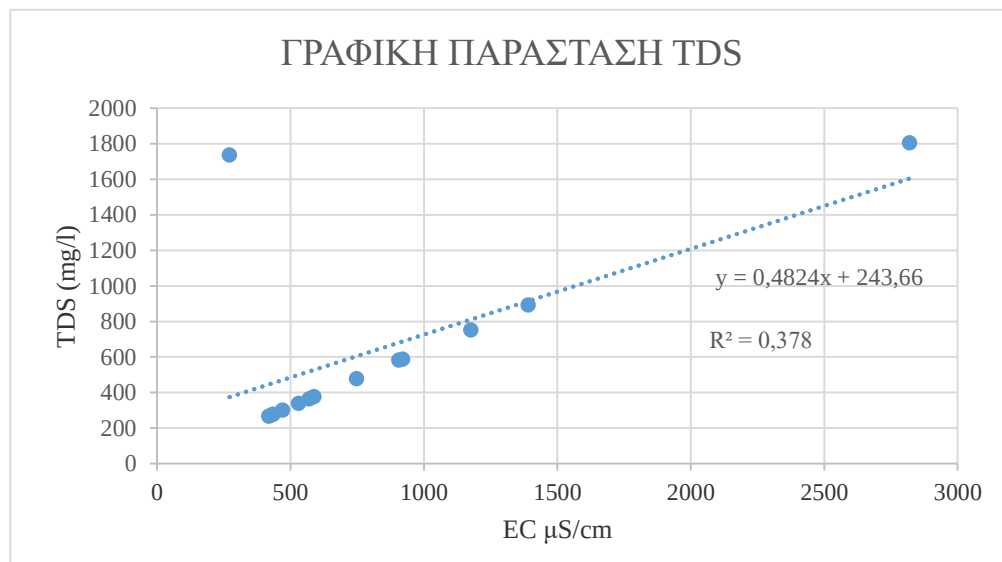
4.4.3 Συγκέντρωση Διαλυμένων Στερεών (TDS)

Το TDS εκφράζει την συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κolloειδή και τα διαλυμένα στερεά.

Σχετίζεται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα μέσω της εξίσωσης (Βουδούρης 2009)

$$\text{TDS}(\text{mg/lit}) \sim A * \text{EC} (\mu\text{S/cm})$$

όπου A συντελεστής με τιμές από 0,55-0,76.



Διάγραμμα 3. Συσχέτιση TDS και EC

Στο Διάγραμμα 3, φαίνεται η συσχέτιση των EC και TDS των δειγμάτων της εργασίας, όπου η εξίσωση της ευθείας που προκύπτει είναι $x=0,4824y+243,66$. Έτσι προκύπτει ο συντελεστής $A=0,4824$. Όπως φαίνεται όμως ο βαθμός συσχέτισης $R^2=0.3$ που σημαίνει ότι η συσχέτιση αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική.

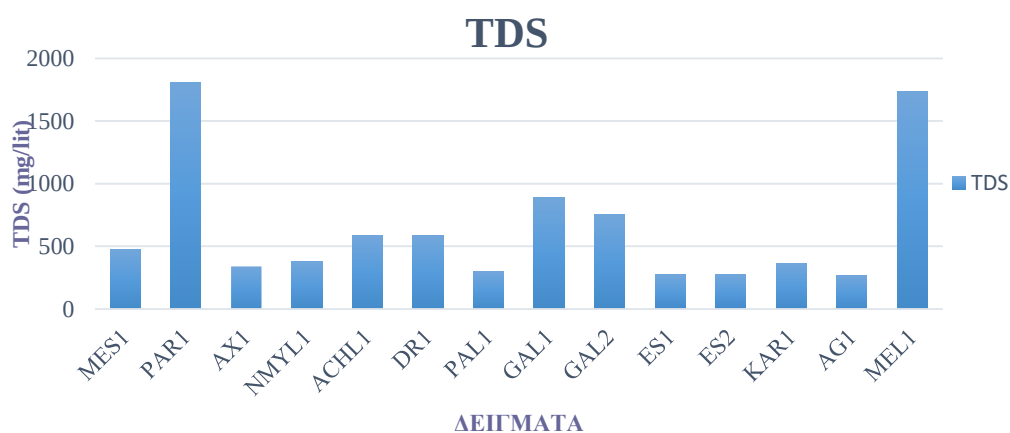
Ακόμα, ο δείκτης TDS αποτελεί δείκτη αλατότητας και μπορεί να χαρακτηρίσει ένα δείγμα ως (Βουδούρης, 2009):

<u>TDS (mg/l)</u>	<u>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ</u>
0-1.000	ΓΛΥΚΟ
1.000-10.000	ΥΦΑΛΜΥΡΟ
10.000-100.000	ΑΛΜΥΡΟ
>100.000	ΥΠΕΡΑΛΜΥΡΟ

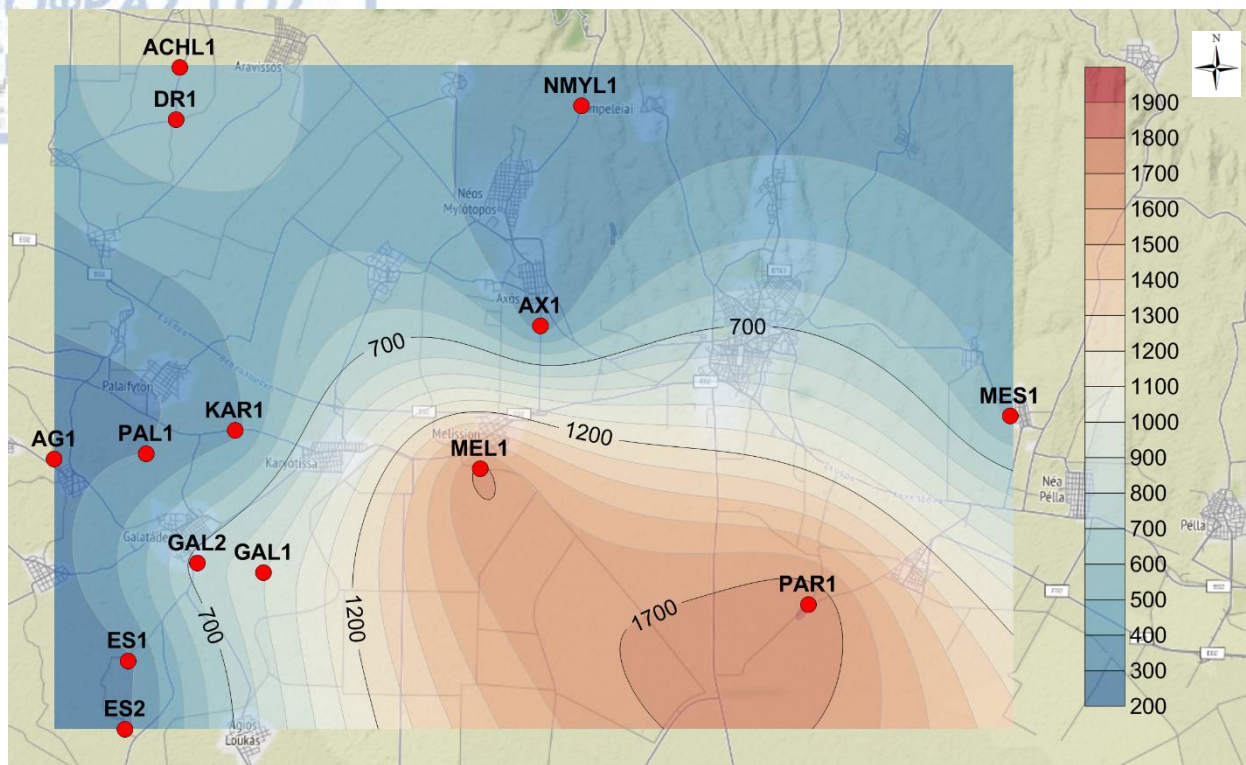
Οι παράγοντες που το επηρεάζουν είναι, η πιθανή διείσδυση του θαλασσινού νερού σε κάποιο υπόγειο υδροφορέα, η εξάτμιση του νερού καθώς επίσης η διάλυση των ορυκτών που βρίσκονται στα περιβάλλοντα πετρώματα (Βουδούρης 2009).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1 οι τιμές των δειγμάτων είναι μέσα στα όρια τιμών που αντιστοιχούν στο γλυκό νερό. Αυτό σημαίνει πως δεν υπάρχει κάποια αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στις περιοχές που αντιστοιχούν στα δείγματα ξεχωριστά. Επιπρόσθετα, απορρίπτεται η περίπτωση κάποιας θαλάσσιας διείσδυσης.

Εξαίρεση αποτελούν τα δείγματα MEL1 και PAR1 (που σημειώνονται με κόκκινο χρώμα στον Πίνακα 2, όπου η τιμή τους αντιστοιχεί σε υφάλμυρο νερό) και βρίσκονται στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης όπως φαίνεται και από τη χωρική κατανομή στον Χάρτη 3.



Διάγραμμα 4. Κατανομή τιμών συγκέντρωσης διαλυμένων στερεών στα δείγματα.



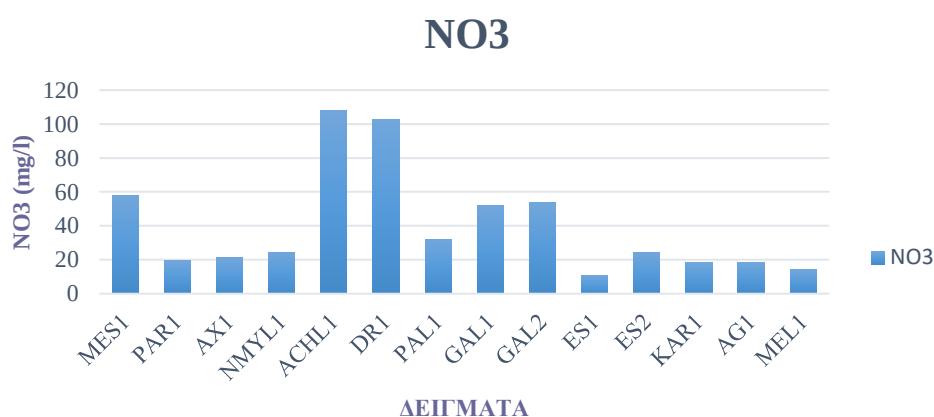
Χάρτης 3. Χωρική κατανομή τιμών συγκέντρωσης διαλυμένων στερεών στην περιοχή μελέτης.

4.4.4 Συγκέντρωση Νιτρικών Ιόντων (NO₃)

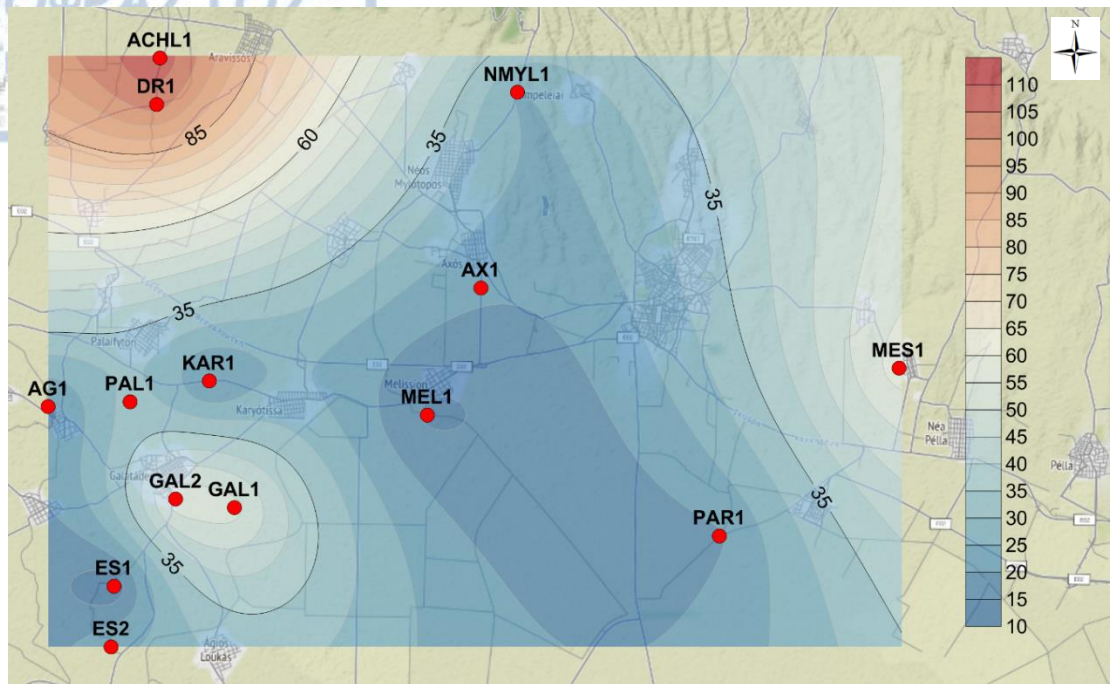
Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο έδαφος ή/και στα υπόγεια ύδατα, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο της νιτρορύπανσης, εξαρτάται τόσο από την ποσότητα της νεκρής οργανικής ύλης, είτε ζωικής είτε φυτικής προέλευσης, όσο και από την συχνότητα χρήσης και την ποσότητα των λιπασμάτων σε γεωργικές καλλιέργειες.

Όπως φαίνεται (Πίνακας 2 και Διάγραμμα 5), οι συγκεντρώσεις των ιόντων κυμαίνονται από 11 μέχρι 108,24 mg/l. Τα δείγματα που ξεπερνάνε το όριο αυτό σημειώνονται με κόκκινο χρώμα και γίνεται αντιληπτό, ότι τα δείγματα αυτά συμπίπτουν στην πλειονότητα τους με αυτά που έχουν και υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC).

Η περιοχή μελέτης έχει μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στα υπόγεια ύδατα, καθώς το 35,7% των δειγμάτων ξεπερνά το επιτρεπόμενο όριο και συμπερασματικά η χρήση των λιπασμάτων στην περιοχή είναι μεγάλη με αποτέλεσμα την ρύπανση των υδροφορέων. Οι αυξημένες τιμές πιθανότατα που σημειώνονται στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής (Χάρτης 4), οφείλονται στη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στην περιοχή. Επιπρόσθετα μπορεί να οφείλονται την έλλειψη οργανωμένων αποχετευτικών συστημάτων των κοινοτήτων και λειτουργίας μονάδων βιολογικού καθαρισμού.



Διάγραμμα 5. Κατανομή τιμών συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων στα



Χάρτης 4. Χωρική κατανομή συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων στην περιοχή μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκε η πιθανή νιτρορύπανση της ευρύτερης περιοχής των Γιαννιτσών στο νομό Πέλλας. Μεταξύ των άλλων, προσδιορίστηκαν και κάποιες φυσικοχημικές παράμετροι των υπόγειων υδάτων όπως η ενεργός οξύτητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η συγκέντρωση στερεών διαλυμάτων και η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων.

Από όλα τα παραπάνω προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

✓ Η ενεργός οξύτητα των δειγμάτων κυμαίνεται από 7,4 μέχρι 8. Οι δύο αυτές τιμές είναι και οι ακραίες (μικρότερη και μεγαλύτερη αντίστοιχα), και είναι και οι δύο μέσα στα όρια τόσο για το πόσιμο νερό, όσο και για το νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση. Τα όρια αυτά είναι 6,6-8,5 και 6,5-8,4 αντίστοιχα.

✓ Η ηλεκτρική αγωγιμότητα, που εξαρτάται και από τη θερμοκρασία και από την συγκέντρωση ιόντων στα νερό, στα δείγματα της εργασίας έχει τιμές από 419 μέχρι 2820 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Οι υψηλές τιμές οφείλονται στις αυξημένες συγκεντρώσεις των ιόντων και πρέπει να διερευνηθεί το θέμα περαιτέρω με αναλύσεις σε περισσότερες χημικές παραμέτρους.

✓ Η συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών, αναφέρεται στα διαλυμένα άλατα που βρίσκονται στο νερό. Στα δείγματα της παρούσας εργασίας η συγκέντρωση αυτή κυμαίνεται από 268 μέχρι 1806 ppm. Δώδεκα από τα δείγματα αντιστοιχούν σε τιμές γλυκού νερού ενώ δύο δείγματα αντιστοιχούν σε τιμές υφάλμυρου νερού (δείγματα MEL1 και PAR1).

✓ Η συγκέντρωση νιτρικών στα δείγματα της εργασίας κυμαίνονται από 11-108,24 mg/l. Η αποδεκτή τιμή για πόσιμο νερό είναι 50mg/l. Το 35,7% των δειγμάτων ξεπερνά το όριο αυτό. Η περιοχή χαρακτηρίζεται και κατατάσσεται στις ευπρόσβληπτες της χώρας. Αυτό οφείλεται στην χρήση μεγάλων ποσοτήτων αζωτούχων λιπασμάτων για την αύξηση παραγωγής των γεωργικών παραγωγών.

✓ Από τα παραπάνω προκύπτει ότι στις περιοχές Μελισσοχωρίου (MEL1) και Παραλίμνης (PAR1) τα υπόγεια ύδατα περιέχουν μεγάλη συγκέντρωση αλάτων ενώ ταυτόχρονα δεν υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων και αυτό δείχνει την πιθανή ύπαρξη εμπλουτισμού των υδροφόρων με άλατα πέρα όμως από την αγροτική δραστηριότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Στις Εικόνες 9-13 απεικονίζονται γεωτρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη δειγματοληψία και άποψη της περιοχής μελέτης.



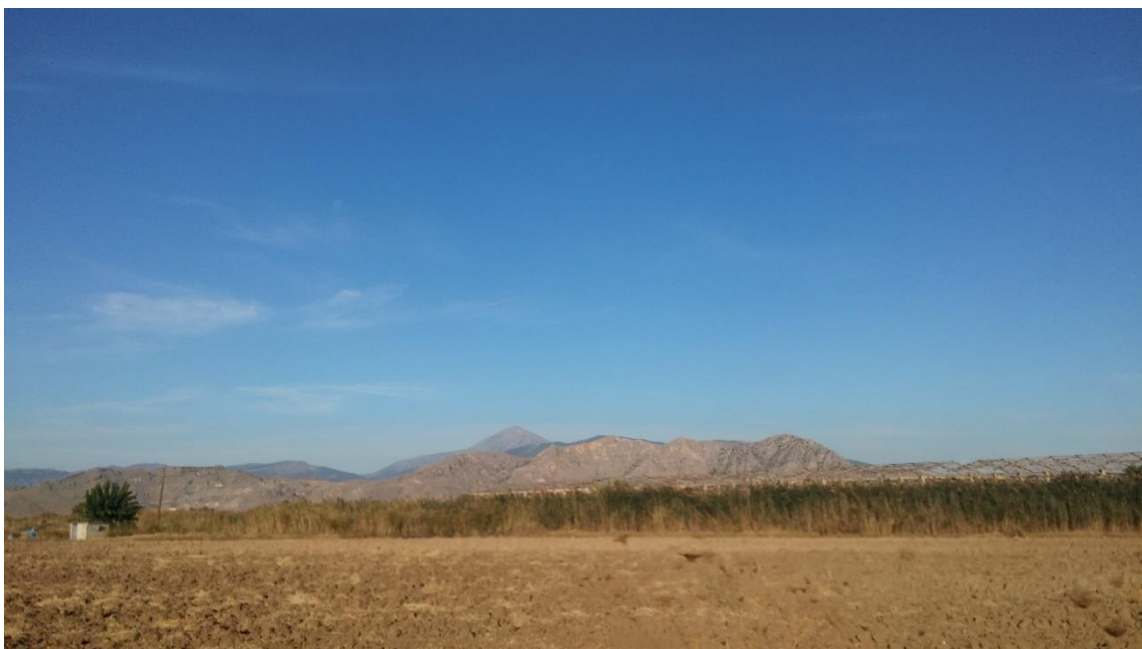
Εικόνα 9. Γεώτρηση από την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 10: Γεώτρηση από την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 11: Γεώτρηση από την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 12: Περιοχή μελέτης.



Εικόνα 13. Ενδεικτική εικόνα των καλλιεργειών της περιοχής εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.



Abdirashid A. Elmi, C. Madramootoo, Mohamud Egeh, C. Hamel, 2003, Water and fertilizer nitrogen management to minimize nitrate pollution from a cropped soil in southwestern Quebec, Canada Water, Air, and Soil Pollution 151: 117–134, 2004.

Andersen LJ, Kristiansen H., 1984, Nitrate in groundwater and surface water related to land use in the Karup basin, Denmark. Environ Geol 1984;5:207 –212.

Burkartaus M.R.D. and J. D. Stoner, 2008, Chapter 7. Nitrogen in Groundwater Associated with Agricultural Systems, Publications from USDA-ARS / UNL Faculty U.S. Department of Agriculture: Agricultural Research Service, Lincoln, Nebraska.

Di H.J. and. Cameron K.C , 2000, Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies, Nutrient Cycling in Agroecosystems 46: 237–256, 2002, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Gustafson A, 1983 ,Leaching of nitrate from arable land into groundwater in Sweden. Environ Geol 1983;5:65 –71.

Hallberg, G.R., 1989, Nitrate in groundwater in the United States, pp. 35-74. III R.F. Follett (ed.) Nitrogen management and groundwater protection, Elsevier, Amsterdam.

Hallberg, G.R. and Keeney, D.R., 1993, Nitrate, Alley, William A., ed., Regional Ground-water Quality, Van Nostrand Reinhold, New York, p.297-322.

JoseMiguel Sanchez Perez^a, Inaki Antigüedad, Inaki Arrate^c, Cristina Garcia-Linares, Ignacio Morell, 2003, The influence of nitrate leaching through unsaturated

soil on groundwater pollution in an agricultural area of the Basque country: a case study, *The Science of the Total Environment* 317 (2003) 173–187.

Kallioras A., Pliakas F and Marinos P. 2016, Groundwater resources assessment of granular aquifers in Greece, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. L, p. 701-709 Proceedings of the 14th International Congress, Thessaloniki, May 2016.

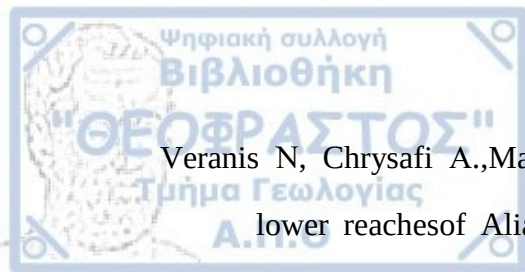
Larry G. Bundy, Lynda Knobeloch, Bruce Webendorfer, Gary W. Jackson and Byron H. Shaw, 1996, Nitrate in Wisconsin Groundwater: Sources and Concerns, Wisconsin county Extension office or from Extension Publications, Rm. 245, 30 N. Murray St., Madison, WI 53715 (608-262-3346).

Matthieu Ghilardi, Eric Fouache, Francois Queyrel, George Syrides, Konstantinos Vouvalidis, Stephane Kunesch, Mixalis Styllas, Stathis Stiros, 2007, Human occupation and geomorphological evolution of the Thessaloniki Plain (Greece) since mid Holocene, *Journal of Archaeological Science* 35 (2008) 111e125, Elsevier.

Peel M. C , Finlayson B. L. and T. A. McMahon, 2007, Updated world map of the Koppen-Geiger " climate classification, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 4, 439–473, 2007.

Simeonov V., J.A. Stratis, C. Samara, G. Zachariadis, D. Voutsas, A. Anthemidis, M. Sofoniou, Th. Kouimtzis, 2002, Assessment of the surface water quality in Northern Greece, *Water Research* 37 (2003) 4119–4124.

Syrides, G., 1990. Lithostratigraphic, Biostratigraphic and Palaeogeographic Study of the Neogene e Quaternary Sedimentary Deposits of Chalkidiki Peninsula, Macedonia, Greece. Ph D Thesis. Scientific Annals School of Geology. Vol. I, No 11, 243 p. Thessaloniki (in Greek).



Veranis N, Chrysafi A., Makrovasili K., 2011, Hydrogeological conditions of the lower reaches of Aliakmonas and Loudias rivers aquifer system, Region of Central Macedonia, Northern Greece, . N. Lambrakis et al. (Eds.), Advances in the Research of Aquatic Environment, Vol. 1 DOI 10.1007/978-3-642-19902-8, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011p. 357-364.

Ελληνική Βιβλιογραφία

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

Βουδούρης Κ., 2009, Υδρογεωλογία περιβάλλοντος -Υπόγεια νερά & Περιβάλλον, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζιόλα.

Κυβερνητικές Εκδόσεις

Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2012, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Προκαταρκτική Αξιολόγηση κινδύνων Πλημμύρας σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/EK, κατ' εφαρμογή της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103.

Ελληνική Δημοκρατία, Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011, Απογραφή Ελληνικού Πληθυσμού 2011 (ΦΕΚ 630/Β'/20.03.2013).

Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2012, Εφαρμογή Οδηγίας 2007/60/EK Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας, Ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου Πλημμύρας, Υδατικό διαμέρισμα 10 'Κεντρική Μακεδονία'.

Ελληνική Δημοκρατία, 1997, ΚΥΑ 161690/1335/1997 ([ΦΕΚ Β' 519/25-6-1997](#)).



Ελληνική Δημοκρατία, 2006, Κάμπος Θεσσαλονίκης Πέλλας Ημαθίας ΚΥΑ οικ. 16175/824 ([ΦΕΚ 530 Β 28-04-2006](#)).

Ελληνική Δημοκρατία, 2000 , Κώδικας Γεωργικής Πρακτικής για την προστασία των νερών από νιτρορύπανση γεωργικής πρέλευσης, [ΦΕΚ Β 477/6-4-2000](#)).

Διαδικτυακές Πηγές

Geodata, www.geodata.gr (ανακτήθηκε στις 15-2-2018)

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, www.ypeka.gr (ανακτήθηκε στις 17-5-2018)

Δήμος Πέλλας, <http://www.giannitsa.gr/index.php/περιβάλλον/υδατικό-δυναμικό.html> (ανακτήθηκε στις 20-1-2018)

Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών, <http://www.igme.gr/geoportal/> (ανακτήθηκε στις 6-4-2018)

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, www.climatlas.gr (ανακτήθηκε στις 15-5-2018)

Meteoclub, www.meteoclub.gr (ανακτήθηκε στις 15-5-2018)

Νομός Πέλλας, <http://www.anpe.gr/nomos.pellas.htm> (ανακτήθηκε στις 20-1-2018)

Οίκopress, <http://oikopress.gr/index.php/sustainable-growth/103-a> (ανακτήθηκε στις 20-1-2018)

Copernicus, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012> (ανακτήθηκε στις 20-06-2018)

Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011, http://www.statistics.gr/documents/20181/1210503/FEK_monimos_rev.pdf/125204a0-726f-46fe-a141-302d9e7a38dc (ανακτήθηκε στις 7-2-2018)

Google maps, 2018, www.google.gr/maps (ανακτήθηκε στις 20-1-2018)

