

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

# ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΥΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ  
ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ Δ.Δ. ΔΡΥΜΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ  
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟΥ ΝΟΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΑΠΟ  
ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΣΤΑΥΡΟΥΣΗΣ Γ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ  
Α.Ε.Μ.: 4358

Υπεύθυνος Καθηγητής: Κ. Βουδούρης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |         |
|--|---------|
| Περιεχόμενα.....   | σελ.2   |
| Περίληψη.....  | σελ.4   |
| Εισαγωγή.....  | σελ.5   |
| 1. Κεφάλαιο: Γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής  |         |
| 1. Περιοχή Μελέτης.....  | σελ. 7  |
| 1.1. Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης.....   | σελ. 7  |
| 1.2. Μορφολογία.....   | σελ. 9  |
| 1.3. Δημογραφικά – Πληθυσμιακά Στοιχεία.....   | σελ. 10 |
| 1.4. Οικονομικά Στοιχεία.....  | σελ.10  |
| 1.5. Καλλιέργεια – Κτηνοτροφία.....  | σελ.14  |
| 1.6. Κλίμα – Κλιματικά Στοιχεία.....   | σελ. 15 |
| 2. Κεφάλαιο: Γεωλογικά – Υδρογεωλογικά στοιχεία της περιοχής                                 |         |
| 2. Γεωλογία.....   | σελ. 20 |
| 2.1. Στρωματογραφικά στοιχεία της περιοχής έρευνας.....                                      | σελ.20  |
| 2.1.1. Προαλπικοί σχηματισμοί.....   | σελ. 21 |
| Α) Σερβομακεδονική μάζα.....   | σελ. 21 |
| Β) Περιροδοπική μάζα.....  | σελ. 21 |
| 2.1.2. Αλπικοί σχηματισμοί .....   | σελ. 22 |
| Α) Περιριδοπική ζώνη.....  | σελ. 22 |
| 2.1.3. Τεταρτογενείς σχηματισμοί.....  | σελ. 24 |
| 2.2. Τεκτονικά στοιχεία των γεωτεκτονικών ζωνών στις οποίες βρίσκεται η περιοχή μελέτης..... | σελ.25  |
| Α) Περιροδοπική ζώνη.....  | σελ. 25 |
| Β) Σερβομακεδονική ζώνη.....   | σελ.27  |
| 2.3. Υδρογεωλογία.....   | σελ.28  |
| 2.3.1. Γενικά.....   | σελ.28  |
| 2.3.2. Υδρογραφικό δίκτυο.....   | σελ.29  |
| 2.3.3. Υδρογεωλογία.....   | σελ.30  |
| 3. Κεφάλαιο: Νιτρορύπανση – Κύκλος αζώτου  |         |
| 3. Νιτρορύπανση.....   | σελ.33  |
| 3.1. Γενικά.....   | σελ.33  |
| 3.2. Νιτρορύπανση.....   | σελ.33  |
| 3.3. Κίνδυνοι για τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία.....                              | σελ. 35 |
| 3.4. Κανονισμοί – Νομοθεσία σχετικά με την Νιτρορύπανση.....                                 | σελ. 36 |
| 3.5. Κώδικας Ορθής Γεωργικής Πρακτικής.....  | σελ.36  |
| 4. Κεφάλαιο: Πειραματικό μέρος   |         |
| 4.1. Γενικά .....  | σελ.39  |
| 4.2. Έρευνα υδροχημικών και φυσικοχημικών παραμέτρων.....                                    | σελ.39  |
| 4.3. Αποτελέσματα.....   | σελ.40  |
| 4.4. Ενεργός Οξύτητα pH.....   | σελ.41  |
| 4.5. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα EC.....   | σελ.43  |
| 4.6. Συνολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS).....  | σελ.44  |
| 4.7. Νιτρικά ιόντα.....  | σελ.48  |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| 5. Κεφάλαιο: Συμπεράσματα |         |
| 5.1 Συμπεράσματα.....     | σελ.52  |
| 6. Φωτογραφίες.....       | σελ.54  |
| 7. Βιβλιογραφία.....      | σελ. 57 |
| 8. Παράρτημα.....         | σελ.61  |

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση της νιτρορύπανσης των υπογείων υδάτων της ευρύτερης περιοχής του Δρυμού Θεσσαλονίκης.

Κατά την πραγματοποίηση της εργασίας ελήφθησαν 11 αντιπροσωπευτικά δείγματα υπογείων υδάτων κατά την χρονική περίοδο του Σεπτεμβρίου. Έγιναν χημικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης σε νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) καθώς και μετρήσεις του pH, της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και της αλατότητας (TDS) των δειγμάτων.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης όπου γίνεται μια σύντομη αναφορά στα δημογραφικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της, στη χρήση Γής και παρουσιάζονται κλιματικά στοιχεία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της γεωλογίας, της τεκτονικής και των υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται το πρόβλημα της νιτρορύπανσης και της ποιότητας των υπογείων υδάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας και των χημικών αναλύσεων, καθώς και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε.

Τέλος, γίνεται ανακεφαλαίωση των κυριότερων συμπερασμάτων που προέκυψαν και αναπτύσσεται η Κοινοτική Οδηγία για την προστασία των υδάτων από την νιτρορύπανση .

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα σημαντικό πρόβλημα που προκύπτει εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι η ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών, επιφανειακών και υπόγειων, από τις γεωργικές δραστηριότητες και κυρίως από τα αζωτούχα λιπάσματα τα οποία μεταφέρονται από τις απορροές και τις διηθήσεις και τους ρυπαίνουν. Η επιβάρυνση των αποδεκτών από τις αζωτούχες ενώσεις των λιπασμάτων συνεπάγεται σημαντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και στη ποιότητα των υδάτων. Συγκεκριμένα προκαλείται υπερβολική ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης ενώ δημιουργούνται συνθήκες ευτροφισμού. Πιο επικίνδυνη είναι η περίπτωση της διείσδυσης των ενώσεων αυτών στους υπόγειους υδροφορείς, οι οποίοι τροφοδοτούν τα δίκτυα ύδρευσης των οικισμών, γιατί στην περίπτωση που η συγκέντρωση των ενώσεων αυτών ξεπεράσει κάποια όρια, δημιουργεί κίνδυνους για τη σωματική υγεία.

Για το λόγο αυτό η παρούσα εργασία πραγματεύεται την υποβάθμιση της ποιότητας των υπογείων υδάτων από τα νιτρικά ιόντα με τελικό στόχο την εκτίμηση της επικινδυνότητας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε σχέση με την ρύπανση του περιβάλλοντος.

Η κυριότερη πηγή ρύπανσης (διάχυτη πηγή) είναι οι αγροτικές δραστηριότητες και η χρήση λιπασμάτων, ενώ σημαντική συνεισφορά, κυρίως σε φωσφορούχες ενώσεις, έχουν οι αστικές δραστηριότητες, όπως είναι η χρήση απορρυπαντικών, η διάθεση ανεπεξέργαστων αστικών αποβλήτων κ.α.

# **1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

## **Γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής**

# 1. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

## 1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

Η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται στον Νομό Θεσσαλονίκης ο οποίος βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία, στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της χώρας (Σχήμα 1). Στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νομού υπάρχει η λεκάνη της Μυγδονίας που περιλαμβάνει τη λίμνη Κορώνεια (ή Λίμνη Αγ. Βασιλείου) και λίγο ανατολικότερα τη λίμνη Βόλβη.

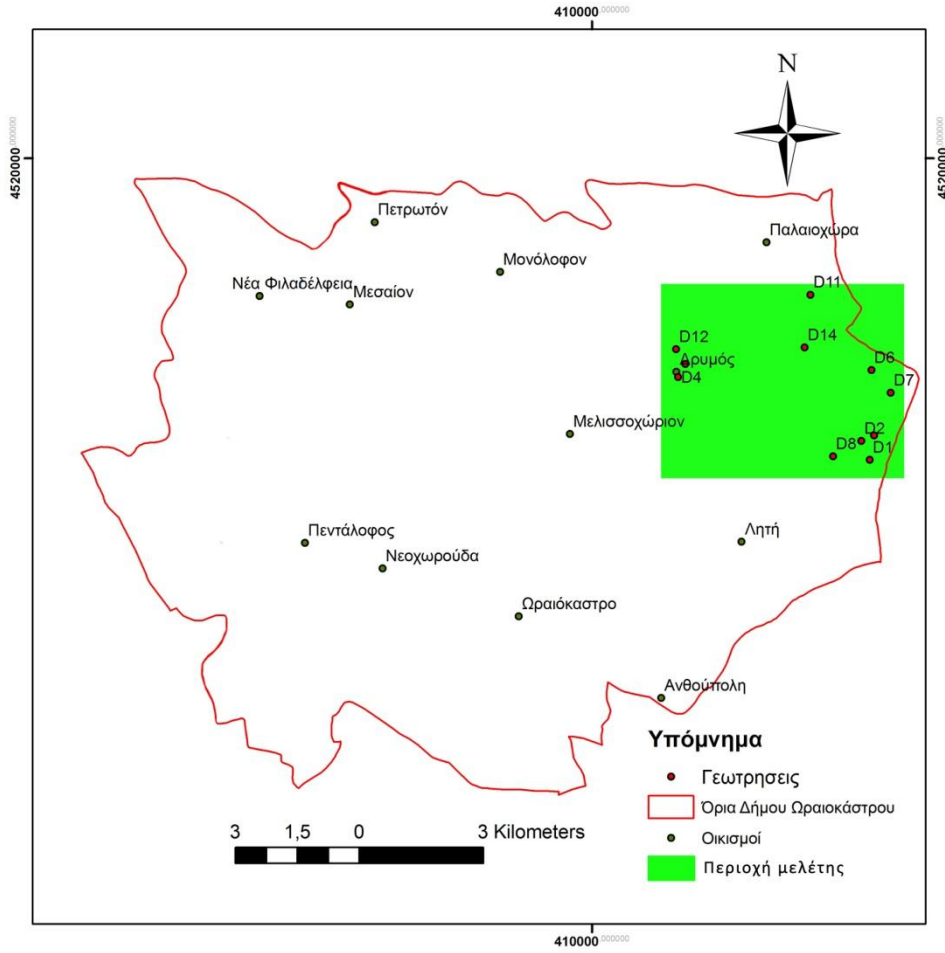
Η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός του Βόρειο-Ανατολικού τμήματος της Μυγδονίας λεκάνης, βόρεια της πόλης Θεσσαλονίκης. Βρίσκεται εντός του Νομού Θεσσαλονίκης και στα Βόρειο-Ανατολικά σύνορα του με τον Νομό Κιλκίς, στα διοικητικά όρια του δημοτικού διαμερίσματος Δρυμού του Καλλικρατικού Δήμου Ωραιοκάστρου (Σχήμα 2). Περιστοιχίζεται από τα χωριά Δρυμός, Λητή, Μονόλοφος και του οικισμού Παλαιόχωρα (Σχήμα 3).



Σχήμα 1 . Θέση του Δήμου Ωραιοκάστρου στην Ελλάδα



Σχήμα 2. Θέση του Δήμου Ωραιοκάστρου στη Β. Ελλάδα.

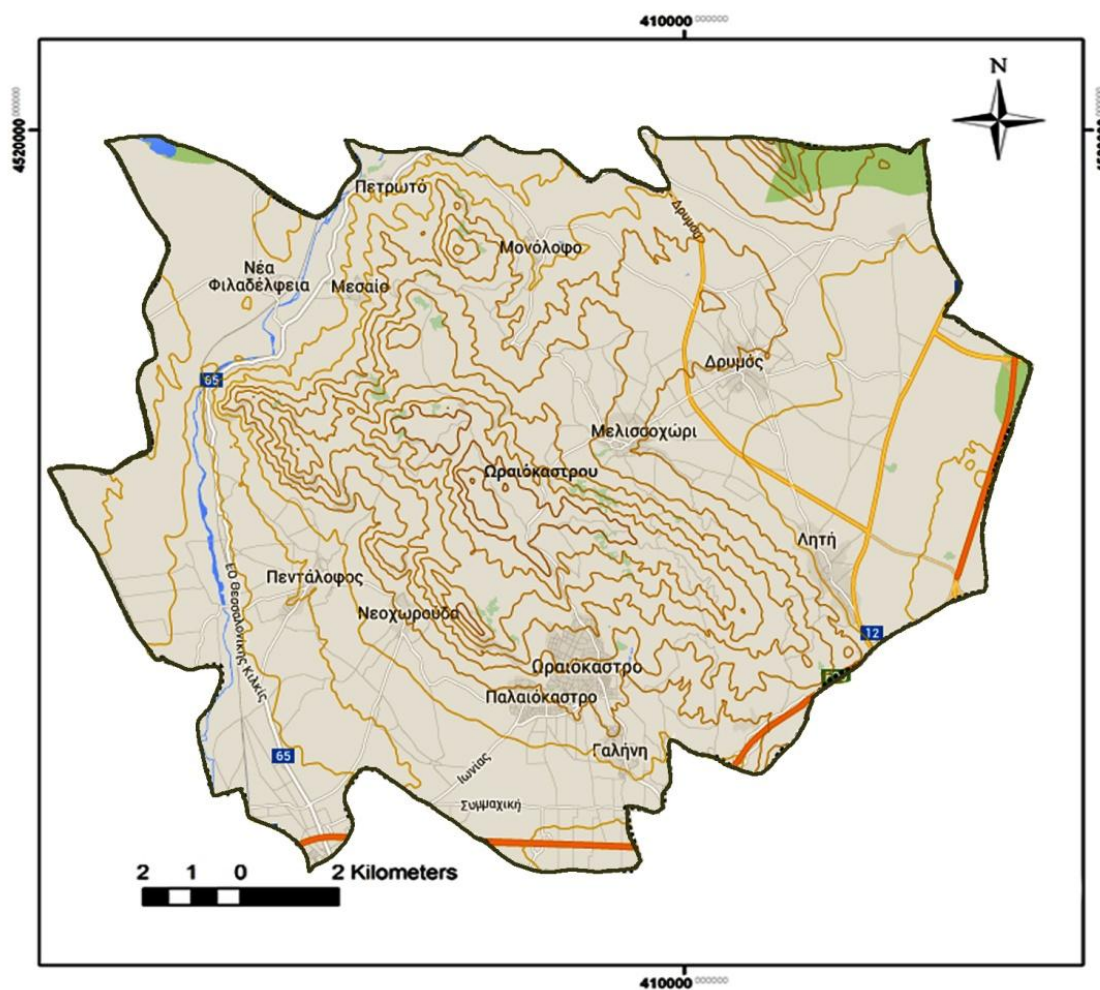


Σχήμα 3. Η υπό εξέταση περιοχή ως προς τα όρια του Δήμου Ωραιοκάστρου.

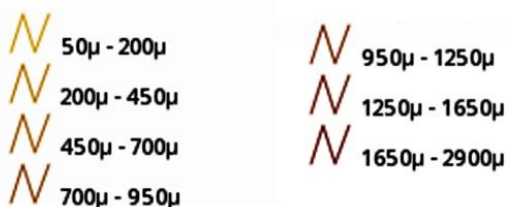


## 1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η υπό μελέτη περιοχή καλύπτει έκταση περίπου 35 Km<sup>2</sup>. Δυτικά οριοθετείται από το βουνό του Μελισσοχωρίου, ενώ Βόρειο-Δυτικά από τον ορεινό όγκο του όρους Καμήλα (567m) όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται σχετικά ομαλό με μικρές κλίσεις στο μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής και μέση κλίση περίπου 10%. Έτσι η μορφολογία χαρακτηρίζεται ήπια πεδινή. Το μέσο υψόμετρο της εκτιμάται περίπου στα 200m.



### Υπόμνημα Ισοϋψείς



Σχήμα 4. Τοπογραφικός χάρτης που παριστά το Δήμο Ωραιόκαστρο.

### 1.3 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ–ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο πληθυσμός του Δ.Δ Δρυμού σύμφωνα με την πιο πρόσφατη απογραφή (2011) της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής ανέρχεται σε 3.659 κατοίκους. Η πυκνότητα του πληθυσμού είναι 87,1 κάτοικοι/km<sup>2</sup>. Κατά τις τελευταίες 5 δεκαετίες (1971-2011) ο τόπος παρουσιάζει πληθυσμιακή αύξηση με πιο έντονη την δεκαετία 2001-2011. Στον Πίνακα 1 απεικονίζονται πληθυσμιακά στοιχεία του Δ.Δ Δρυμού Θεσσαλονίκης κατά τις τελευταίες 7 απογραφές.

| Έτος | Πληθυσμός (κάτοικοι) | Πυκνότητα πληθυσμού ανά km <sup>2</sup> |
|------|----------------------|---|
| 2011 | 3659                 | 87,1 %                                  |
| 2001 | 2487                 | 59,2 %                                  |
| 1991 | 2469                 | 58,77 %                                 |
| 1981 | 2513                 | -                                       |
| 1971 | 1794                 | -                                       |
| 1961 | 1972                 | -                                       |
| 1951 | 2139                 | -                                       |

Πίνακας 1. Πληθυσμιακά στοιχεία και πυκνότητα πληθυσμού (1951-2011).

### 1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Οι τομείς παραγωγής της οικονομίας της περιοχής δεν μπορούν να κατανεμηθούν βάση κάποιου μοντέλου λόγω της πολύ μικρής έκτασης της. Ωστόσο οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τον πρωτογενή τομέα (γεωργία, κτηνοτροφία, πτηνοτροφία) εντοπίζονται περιφερειακά του δημοτικού διαμερίσματος με αυξημένα ποσοστά στο ανατολικό και νοτιοανατολικό κομμάτι, λόγω της ήπιας μορφολογίας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 που ακολουθεί.

Δραστηριότητες που ανήκουν στον δευτερογενή τομέα και έχουν να κάνουν κυρίως με μονάδες επεξεργασίας και μεταποίησης προϊόντων εντοπίζονται διάσπαρτες σε όλη την έκταση της. Κυριότερος εκπρόσωπος του τομέα αυτού είναι μια μονάδα εξόρυξης και επεξεργασίας ασβεστόλιθου, η οποία κατέχει μεγάλο μερίδιο της οικονομίας της περιοχής. Στο Σχήμα 6 απεικονίζονται οι καλύψεις Γής σύμφωνα με το πρόγραμμα CORINE 2000, ενώ στο Σχήμα 7. παριστάνεται ο άτλαντας ορυκτών πρώτων υλών της Μακεδονίας (Μιχαλέου 2008).

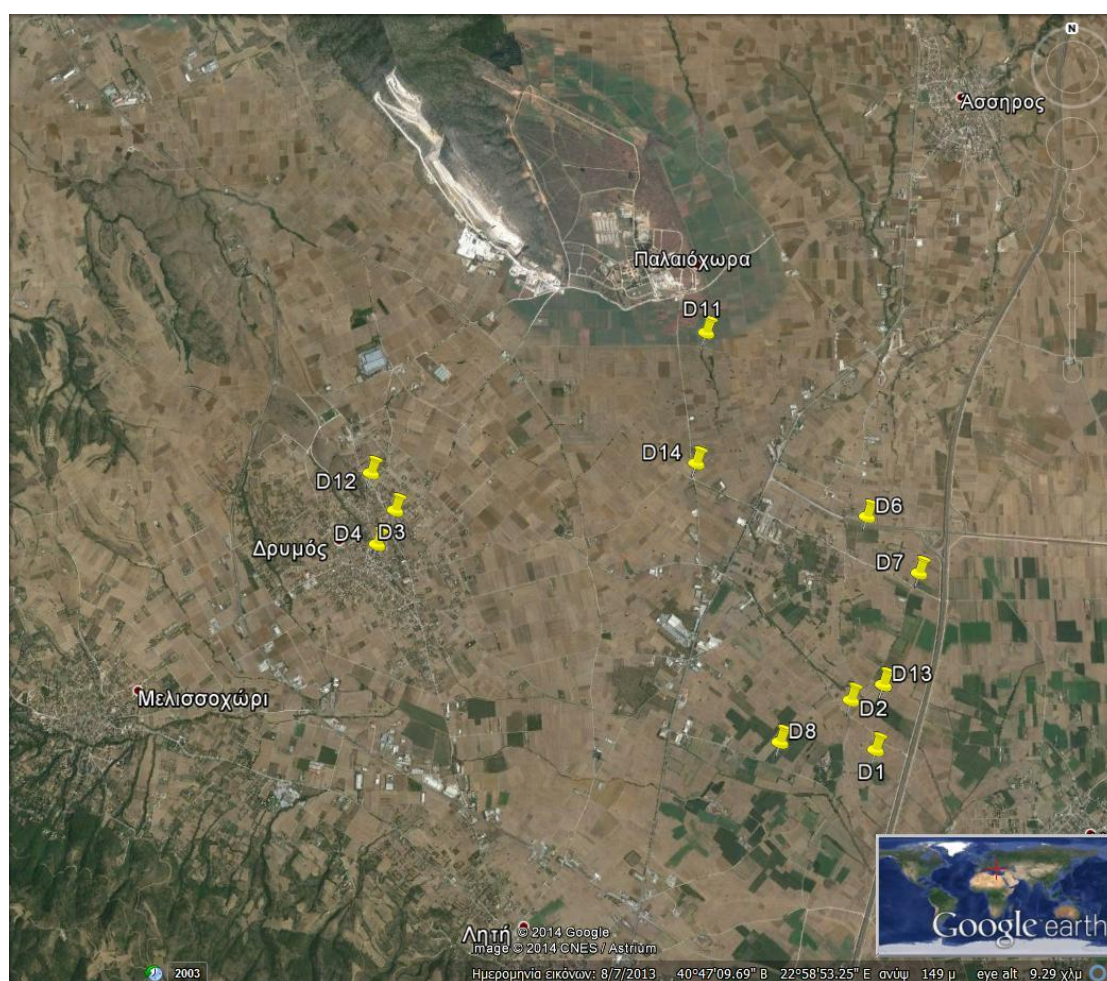
Ο τριτογενής τομέας που έχει να κάνει με τη παροχή υπηρεσιών εμφανίζεται επίσης διάσπαρτος σε όλη την έκταση της περιοχής.

Βάση της οικονομίας ωστόσο αποτελεί ο πρωτογενής τομέας.

Στον Πίνακα2. δίνονται ορισμένα από τα σημαντικότερα παραγόμενα προϊόντα ως προς τους κλάδους της οικονομικής δραστηριότητας.

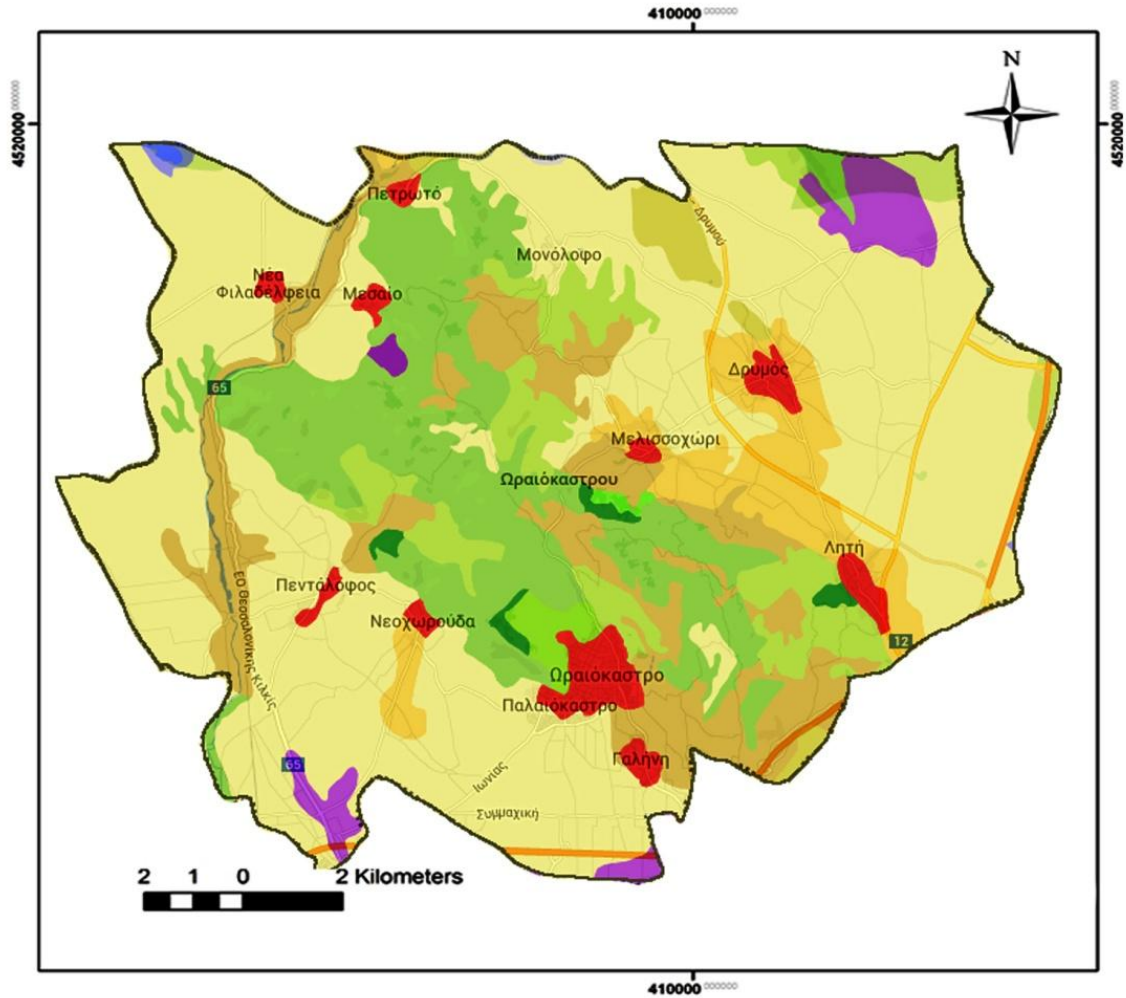
|                     |   |
|---------------------|---|
| Πρωτογενής Τομέας   | Γάλα, σιτάρι, Βαμβάκι, όσπρια, δημητριακά   |
| Δευτερογενής Τομέας | Λατομεία, κατεργασία και βαφή γουναρικών, τρόφιμα-ποτά, κατασκευές, έπιπλα, κλωστοϋφαντουργία |
| Τριτογενής Τομέας   | Εμπόριο   |

Πίνακας 2. Σημαντικότεροι κλάδοι οικονομικής δραστηριότητας - παραγόμενα προϊόντα



Σχήμα 5. Εικόνα της περιοχής από Google Earth που δείχνει τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις όπως αυτές σαρώθηκαν στις 8.7.13.

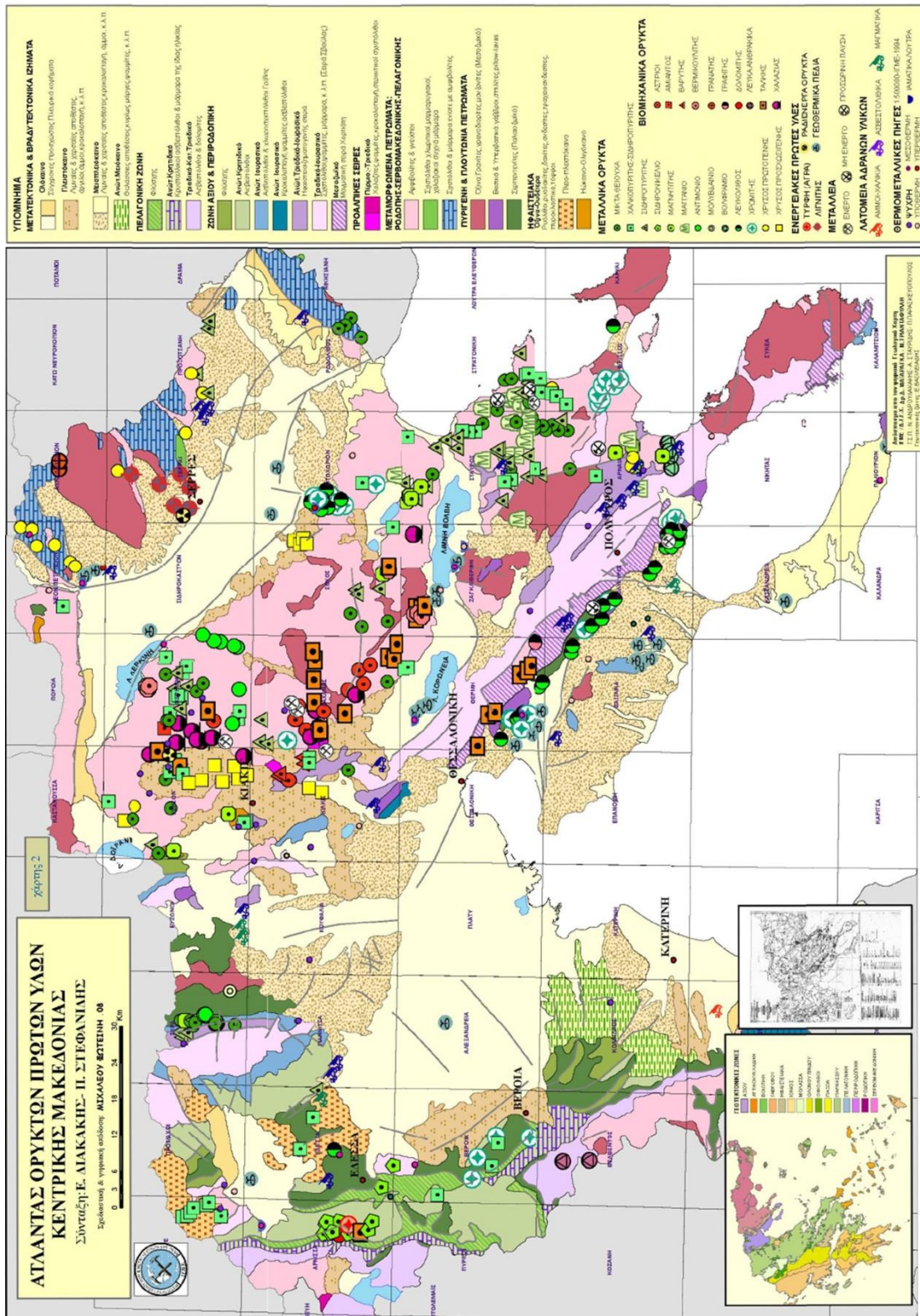




**Υπόμνημα CORINE**

- 112 Διακεκομμένη αστική δόμηση
- 131 Χώροι εξώρυξης ορυκτών
- 211 Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη
- 212 Μόνιμα αρδευόμενη γη
- 231 Λιβάδια
- 241 Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες
- 243 Γη που καλύπτεται κυρίως από Γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησι
- 312 Δάσος κωνοφόρων

Σχήμα 6. Καλύψεις γης για τον Δήμο Ωραιοκάστρου το έτος 2000, σύμφωνα με το πρόγραμμα CORINE 2000 της Ε.Ε.



Σχίμα 7. Ατλαντας ορυκτών πρώτων υλών Μακεδονίας (Μιχαλέου Φ. 2008)

## 1.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ–ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ

Οι κυριότερες καλλιέργειες που συναντώνται στη περιοχή είναι τα σιτηρά, τα δημητριακά, τα ενεργειακά φυτά (ελαιοκράμβη), το βαμβάκι, τα όσπρια και σε μικρότερη κλίμακα καλλιεργούνται κηπευτικά.

Τα σιτηρά αποτέλεσαν την βάση της οικονομίας της τοπικής κοινωνίας. Το μαλακό και το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται χρόνια στην περιοχή και είναι με σημαντική διαφορά η μεγαλύτερη καλλιέργεια σε σχέση με τις υπόλοιπες.

Η ελαιοκράμβη, ετήσιο φυτό της κατηγορίας των ενεργειακών φυτών, καλλιεργείται με ολόενα και αυξανόμενο ρυθμό κατά τα τελευταία χρόνια στην περιοχή. Το γεγονός πως ευδοκμεί στα εδάφη και το κλίμα της περιοχής σε συνδυασμό με την δυνατότητα αμειψισποράς που παρέχει και την εναλλαγή του με την καλλιέργεια σιτηρών έχει καταστεί την τελευταία δεκαετία κύριο καλλιεργητικό προϊόν του τόπου, μαζί με την καλλιέργεια σιτηρών.

Στο σύνολο τους οι καλλιέργειες είναι ξερικές ενώ οι αρδευόμενες, αρδεύονται μέσω κλειστών δικτύων άρδευσης και συγκεκριμένα με τη μέθοδο του καταιονισμού.

Στην ευρύτερη περιοχή του Δρυμού σημειώνεται αρκετά μεγάλο ποσοστό χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων για τις καλλιέργειες, των οποίων η περίσσεια καταλήγει στους υδάτινους αποδέκτες της λεκάνης, αυξάνοντας τον κίνδυνο διατάραξης του οικοσυστήματος.

Ενδεικτικές ποσότητες και είδη λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στη βορειοδυτική περιοχή της Θεσσαλονίκης όπως μετρήθηκαν το 1991, δίνονται στον Πίνακα 3. (Βουτσά, 1993).

| Είδος λιπάσματος<br>Άζωτο-Φώσφορο-Κάλιο | Ποσότητα<br>σε τόνους |
|---|-----------------------|
| 16-20-0                                 | 3.300                 |
| 20-10-0                                 | 14.500                |
| 11-15-15                                | 5.100                 |
| 21-0-0                                  | 600                   |
| 25-0-0                                  | 10.000                |
| 33,5-0-0                                | 7.500                 |
| 26-0-0                                  | 8.000                 |
| 46-0-0                                  | 2.300                 |
| 13-0-46                                 | 70                    |
| 0-0-48                                  | 150                   |
| 0-20-0                                  | 500                   |
| 24-12-0                                 | 500                   |
| N-P-K + ιχνοστοιχεία                    | 5.000                 |

Πίνακας 3. Ποσότητες λιπασμάτων σε τόνους (Βουτσά 1993).

## 1.6 ΚΛΙΜΑ-ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα κλιματικά στοιχεία μιας περιοχής αποτελούν ουσιώδη παράγοντα για τη διαμόρφωση του υδρολογικού ισοζυγίου και κατ' επέκταση της υδρογεωλογίας της .

Στην παρούσα εργασία συγκεντρώθηκαν θερμοκρασιακά στοιχεία από τον μετεωρολογικό σταθμό Λαγκαδά ιδιοκτησίας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών την επίβλεψη του οποίου έχει αναλάβει η μηχανοργάνωση του Δήμου Λαγκαδά.

Το κλίμα της περιοχής συμφώνα με τα δεδομένα που συλλέχτηκαν για τα έτη 2000 έως 2011, χαρακτηρίζεται ως μεσόθερμο (μεταβατικό μεταξύ μεσογειακού και ηπειρωτικού τύπου) με ξερή περίοδο το καλοκαίρι, ενώ στα ανώτερου υψομέτρου τμήματα επικρατούν δριμύτερες κλιματικές συνθήκες. Ο ετήσιος μέσος όρος της θερμοκρασίας αέρα είναι περίπου 15 °C (Ζεϊμπέκη, 2004).

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας (Πίνακας 4) και του μέσου βροχομετρικού ύψους (Πίνακας 5) για τη χρονική περίοδο 2000-2011 ενώ στο Σχήμα 8 απεικονίζονται οι μέσες τιμές θερμοκρασίας ανά μήνα για τα έτη 2000 έως 2005, στο Σχήμα 9 οι μέσες τιμές θερμοκρασίας ανά μήνα για τα έτη 2007 έως 2011, στο Σχήμα 10 τα μέσα βροχομετρικά ύψη ανά μήνα για τα έτη 2000 έως 2005 και στο Σχήμα 11 τα μέσα βροχομετρικά ύψη ανά μήνα για τα έτη 2006 έως 2011. Οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή είναι βορειοανατολικοί έως βορειοδυτικοί ενώ το καλοκαίρι επικρατούν άνεμοι νότιοι έως νοτιοδυτικοί.

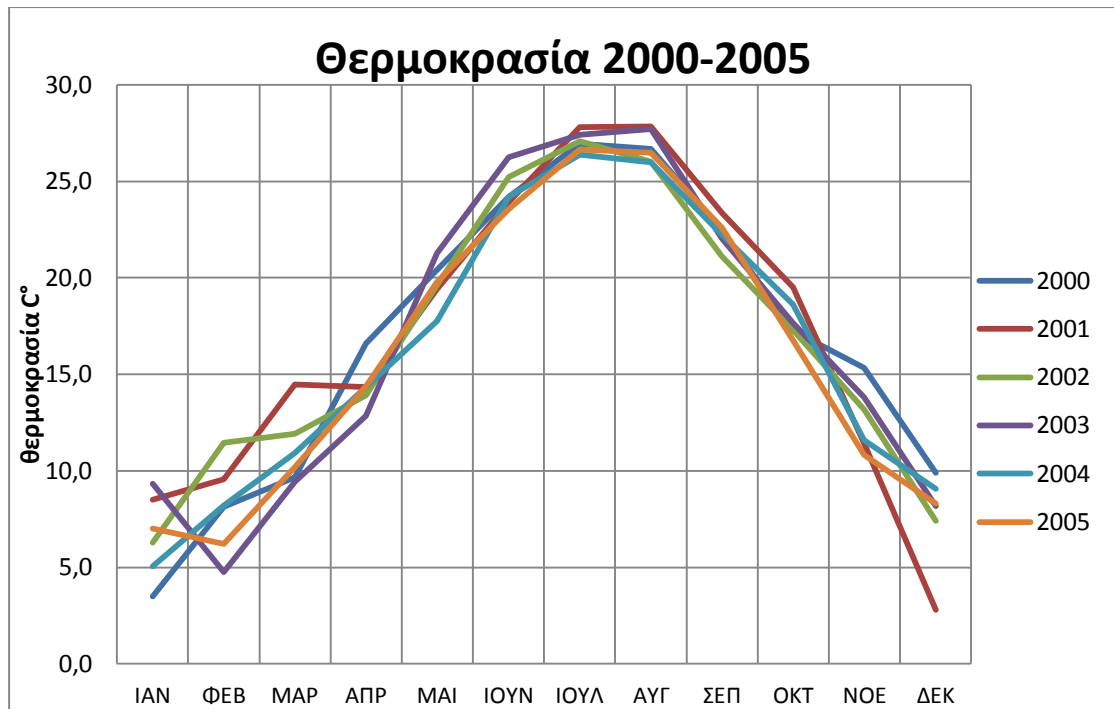
|      | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ΙΑΝ  | 3,5  | 8,5  | 6,3  | 9,3  | 5,1  | 7,0  | 5,2  | 9,9  | 7,2  | 7,9  | 7,7  | 8,1  |
| ΦΕΒ  | 8,2  | 9,6  | 11,5 | 4,8  | 8,2  | 6,2  | 9,3  | 9,3  | 9,0  | 7,6  | 9,4  | 9,1  |
| ΜΑΡ  | 9,7  | 14,5 | 11,9 | 9,4  | 10,9 | 10,2 | 10,8 | 12,1 | 14,0 | 11,0 | 11,2 | 10,4 |
| ΑΠΡ  | 16,6 | 14,4 | 13,9 | 12,9 | 14,3 | 14,4 | 15,5 | 15,2 | 15,7 | 15,2 | 16,1 | 14,6 |
| ΜΑΙ  | 20,4 | 19,4 | 19,6 | 21,3 | 17,8 | 19,8 | 19,7 | 20,9 | 20,2 | 21,3 | 20,1 | 19,3 |
| ΙΟΥΝ | 24,2 | 23,9 | 25,2 | 26,3 | 24,2 | 23,6 | 24,1 | 26,0 | 25,5 | 24,2 | 24,5 | 24,3 |
| ΙΟΥΛ | 26,9 | 27,8 | 27,1 | 27,4 | 26,4 | 26,7 | 26,4 | 28,2 | 27,1 | 27,8 | 27,2 | 27,7 |
| ΑΥΓ  | 26,7 | 27,9 | 26,0 | 27,7 | 26,0 | 26,5 | 27,6 | 27,0 | 28,5 | 26,6 | 29,4 | 27,5 |
| ΣΕΠ  | 22,4 | 23,4 | 21,1 | 22,0 | 22,2 | 22,6 | 22,5 | 21,6 | 22,1 | 22,6 | 23,6 | 25,1 |
| ΟΚΤ  | 17,3 | 19,5 | 17,3 | 17,7 | 18,6 | 16,8 | 18,0 | 17,7 | 17,6 | 18,8 | 16,2 | 16,2 |
| ΝΟΕ  | 15,3 | 11,4 | 13,2 | 13,8 | 11,6 | 10,8 | 11,8 | 11,8 | 13,5 | 14,3 | 16,5 | 10,6 |
| ΔΕΚ  | 9,9  | 2,8  | 7,4  | 8,2  | 9,1  | 8,3  | 8,6  | 7,5  | 9,7  | 10,9 | 9,9  | 9,1  |

Πίνακας 4. Μέση θερμοκρασία 2000-2011 σε C

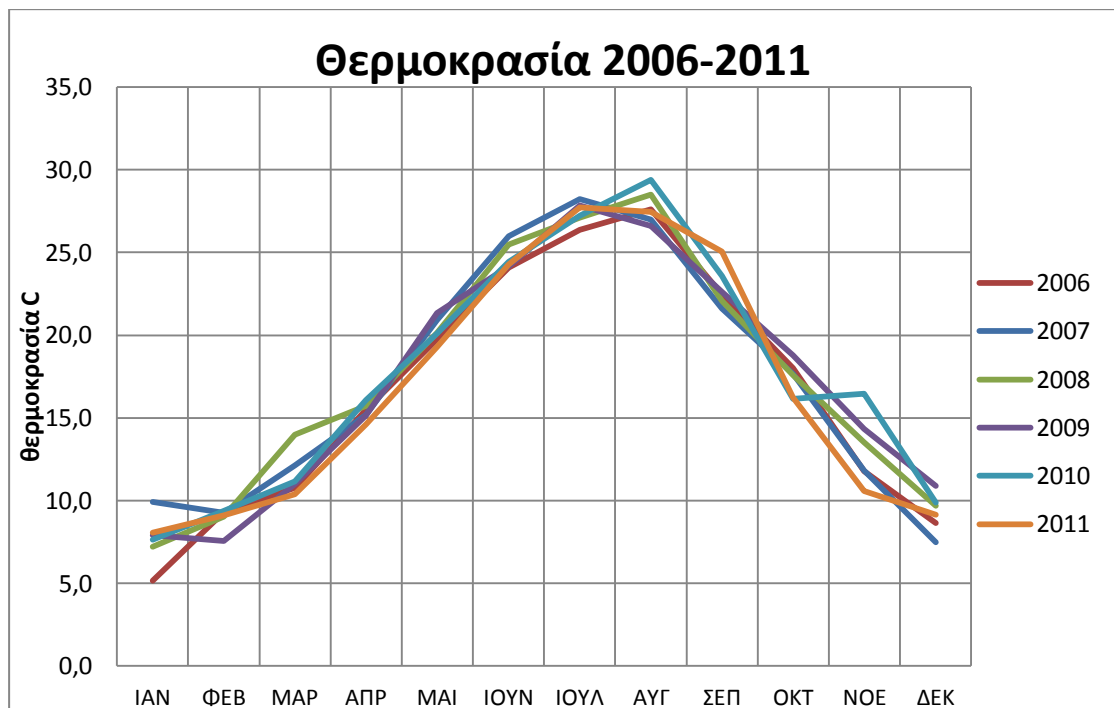
|      | 2000 | 2001 | 2002  | 2003  | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009  | 2010  | 2011 |
|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| ΙΑΝ  | 4,0  | 45,9 | 12,6  | 100,2 | 66,8 | 21,3 | 44,2 | 5,5  | 29,6 | 76,2  | 13,5  | 21,3 |
| ΦΕΒ  | 50,4 | 9,9  | 7,7   | 15,0  | 11,7 | 24,5 | 45,8 | 17,7 | 20,5 | 4,3   | 101,4 | 17,4 |
| ΜΑΡ  | 2,7  | 5,1  | 101,3 | 1,7   | 20,7 | 34,8 | 42,0 | 17,2 | 13,7 | 53,4  | 34,1  | 38,1 |
| ΑΠΡ  | 31,6 | 68,6 | 81,5  | 30,1  | 40,5 | 3,7  | 64,8 | 10,4 | 95,0 | 21,3  | 25,3  | 15,1 |
| ΜΑΙ  | 28,4 | 90,8 | 16,8  | 54,8  | 16,3 | 41,8 | 22,5 | 58,5 | 27,3 | 14,0  | 48,5  | 87,4 |
| ΙΟΥΝ | 2,1  | 5,8  | 9,1   | 4,0   | 9,1  | 0,8  | 46,1 | 42,0 | 17,2 | 50,1  | 55,6  | 68,8 |
| ΙΟΥΛ | 15,7 | 19,9 | 57,1  | 22,1  | 4,5  | 13,5 | 45,7 | 2,5  | 12,2 | 4,1   | 40,7  | 0,3  |
| ΑΥΓ  | 0,9  | 8,7  | 49,5  | 38,0  | 17,4 | 9,2  | 5,9  | 53,0 | 0,0  | 145,2 | 0,2   | 8,6  |
| ΣΕΠ  | 12,5 | 8,2  | 89,1  | 16,4  | 77,2 | 40,3 | 65,3 | 43,5 | 80,7 | 19,6  | 9,8   | 58,3 |
| ΟΚΤ  | 37,8 | 4,0  | 40,4  | 81,8  | 39,0 | 40,6 | 77,5 | 76,6 | 20,6 | 35,9  | 194,4 | 21,1 |
| ΝΟΕ  | 39,5 | 4,8  | 36,5  | 22,6  | 56,1 | 47,0 | 31,9 | 52,2 | 17,1 | 25,8  | 24,3  | 16,4 |
| ΔΕΚ  | 6,1  | 52,7 | 87,3  | 55,2  | 52,9 | 44,8 | 32,4 | 15,8 | 58,2 | 106,0 | 24,1  | 52,8 |

Πίνακας 5. Μέσο βροχομετρικό ύψος 2000-2011 σε mm

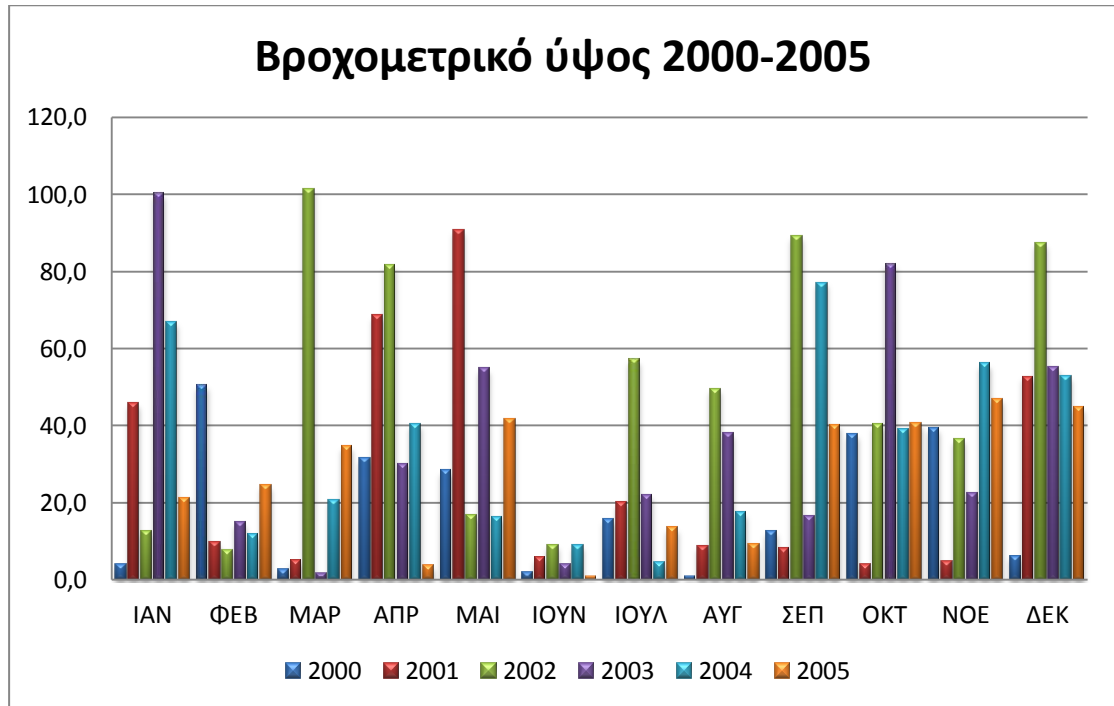




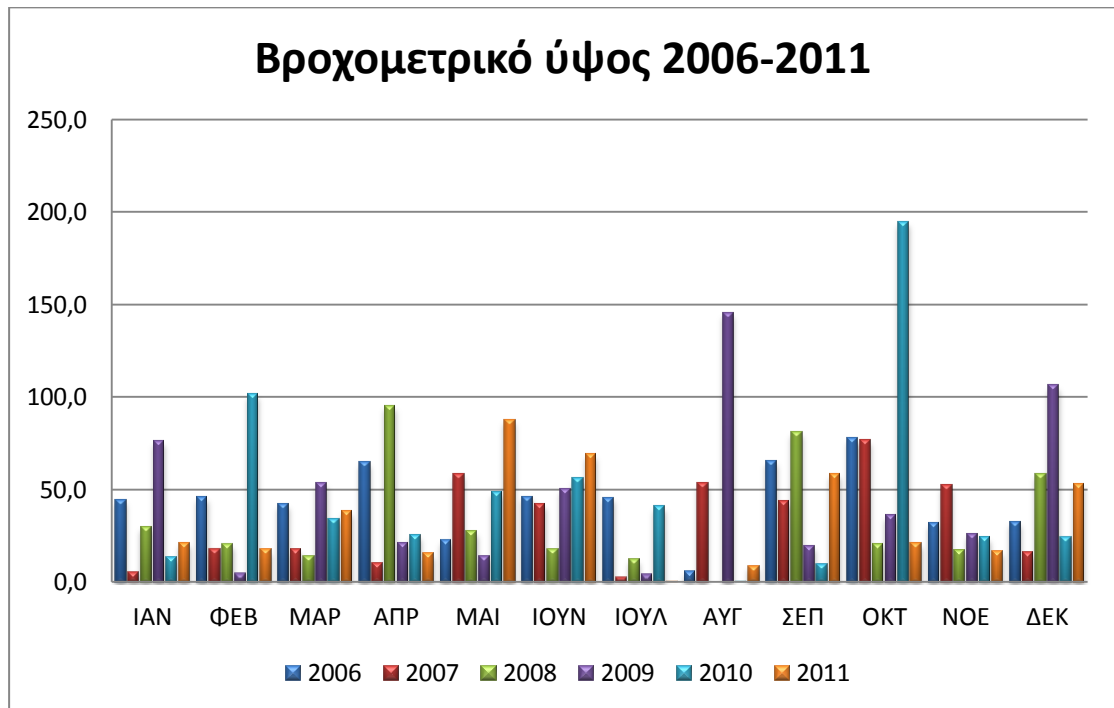
Σχήμα 8. Θερμοκρασίας-Μήνα 2000-2005



Σχήμα 9. Θερμοκρασίας-Μήνα 2006-2011



Σχήμα 10. Βροχομετρικό ύψος - Μήνας 2000-2005



Διάγραμμα 1. Βροχομετρικό ύψος -Μήνας 2006-2011.

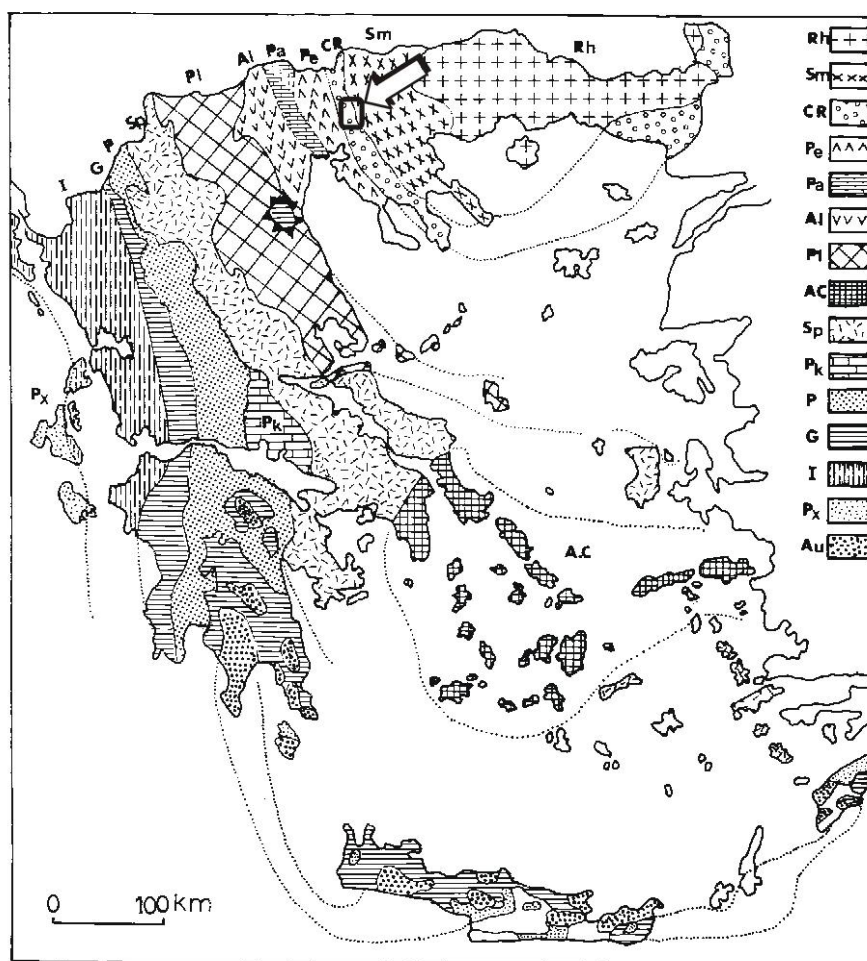
## **2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

### **Γεωλογικά-Υδρογεωλογικά στοιχεία της περιοχής**

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

### 2.1 Στρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής έρευνας

Η περιοχή έρευνας γεωτεκτονικά ανήκει στο όριο μεταξύ Σερβομακεδονικής και Περιροδοπικής ζώνης που εντάσσονται στις Εσωτερικές Ελληνίδες (Σχήμα 12) .



Σχήμα 12. Γεωτεκτονικός χάρτης των ελληνίδων ζωνών: Rh: Μάζα Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική Μάζα, CR: Περιροδοπική Ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, 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 Ασβεστόλιθι» (Μουντράκης 1985)

Το όριο αυτό ήταν δύσκολο να προσδιοριστεί και για τον λόγο αυτό έχουν προταθεί διάφορες θεωρίες για την γεωλογία της περιοχής.

- Ο Mercier (1965) υποστήριξε πως η περιοχή αποτελεί το δυτικό τμήμα της Σερβομακεδονικής Μάζας και οι ιζηματογενείς σειρές της Ν. Σάντας (βόρεια της εξεταζόμενης περιοχής) αποτελούν το κάλυμμα της.
- Ο Kockel και Mollat (1977) υποστήριξαν πως οι ηφαιστειοϊζηματογενείς και ανθρακικές σειρές της περιοχής αποτελούν τμήμα της ενότητας Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά και ανήκουν στην Περιροδοπική ζώνη.

- Οι Στάης και Ferrier (1994,1995) εντάσσουν την ενότητα Ν. Σάντας στις ανατολικές ενότητες Παιονίας, που ταυτίζεται με την Περιοδοπική ζώνη.

Συμπερασματικά, είναι αποδεκτό πως η περιοχή μελέτης εντάσσεται στο μεγαλύτερο μέρος της στην Περιοδοπική ζώνη στο δυτικό όριο με την Σερβομακεδονική μάζα και συγκεκριμένα στην ενότητα Ντεβέ Κοράν–Δουμπιά (Μουντράκης 1985).

Στο κεφάλαιο αυτό, ακολουθεί η γενική περιγραφή των σχηματισμών των ενοτήτων των γεωτεκτονικών ζωνών οι οποίες εμφανίζονται εντός των ορίων της περιοχής μελέτης.

### **2.1.1 Προαλπικοί σχηματισμοί.**

Η στρωματογραφική διαδοχή και η λιθολογική σύσταση των προαλπικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην περιοχή ξεκινώντας από τα παλαιότερα προς τα νεότερα είναι (Kockel et al 1971, Mercier 1966):

#### **A) Σερβομακεδονική μάζα**

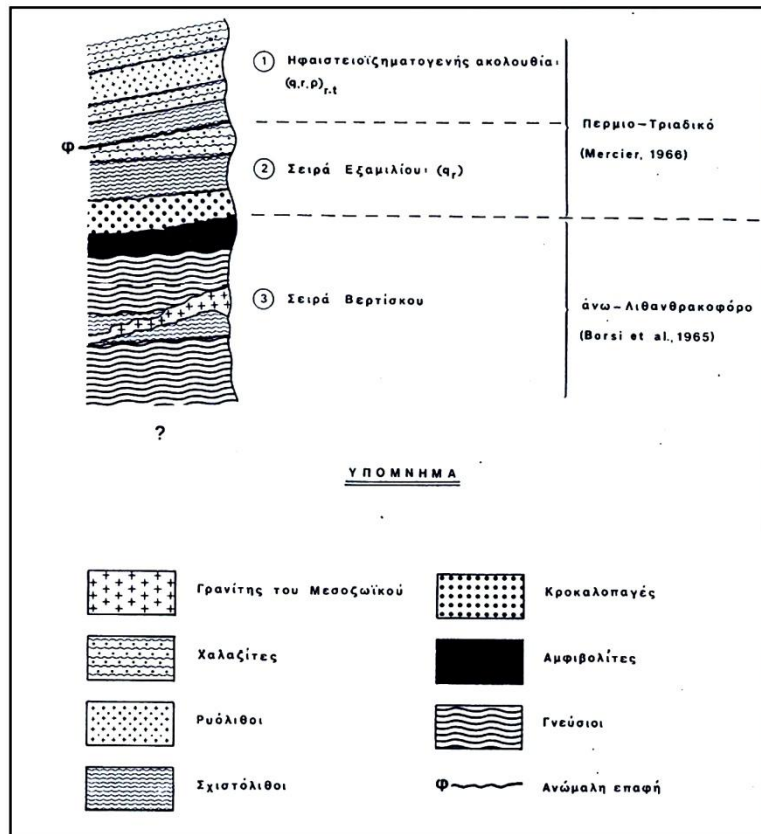
Η σειρά Βερτίσκου η οποία αποτελεί ένα μεταμορφωμένο σύστημα μεγάλου πάχους συνιστά τους βαθύτερους κρυσταλλοσχιστόδους σχηματισμούς του Δυτικού περιθωρίου της Σερβομακεδονικής μάζας. Στη σύσταση του σχηματισμού επικρατεί ένας ορίζοντας γνευσίων και μαρμαρυγιακών σχιστολίθων (Kockel–Ioannides 1979). Οι γνεύσιοι και οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι αποτελούν τα επικρατέστερα πετρώματα της σειράς Βερτίσκου και καταλαμβάνουν τμήμα Βόρεια–Ανατολικά της εξεταζόμενης περιοχής. Συνίστανται από σκοτεινότεφρους έως καστανούς διμαρμαρυγιακούς γνευσίους, λεπτόκοκκοι έως μεσόκοκκοι. Παρεμβάλλονται επίσης γαρνατούχοι διμαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι και σκοτεινότεφροι έως καστανωποί λεπτόκοκκοι βιοτιτικοί γνεύσιοι. Τα πετρώματα της σειράς του Βερτίσκου έχουν εμφανής σχιστότητα και διασχίζονται από πηγματοειδείς φλέβες και παρείσακτες κοίτες με ελαφριά φυλλοδομή και λεπτόκοκκες, σχιστώδεις απλιτικές, γρανιτικές παρείσακτες κοίτες. Η ηλικία των πετρωμάτων αυτών θεωρείται τουλάχιστον Μέσο-Παλαιοζωϊκή (Kockel et Walther, 1965).

#### **B) Περιοδοπική ζώνη**

##### **Ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά**

- **Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά**

Οι σχηματισμοί αυτής της σειράς συνίστανται από λεπτόκοκκους, βαθυκόκκινους και πρασινόμαυρους χαλαζίτες, που εναλλάσσονται με βλαστοπορφυριτικούς, χαλαζιτικούς σχιστολίθους και βαθυκόκκινους έως σχιστώδεις ρυολίθους με ορατούς πορφυροβλάστες αστρίων. Η παλαιά αυτή επικλυσιογενής σειρά εδράζεται ανώμαλα στο κρυσταλλοσχιστόδες υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής. Εκτείνεται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ Βόρεια της περιοχής μελέτης κοντά στην κοινότητα Κριθιάς. Η ηλικία της σειράς αυτής κατά τον Kockel et al (1971) είναι Παλαιοζωϊκό, ενώ κατά τον Mercier (1966) στο Περμοτριάδικό. Στο Σχήμα 13. απεικονίζεται η λιθολογική σύσταση και η στρωματογραφική στήλη των προαλπικών σχηματισμών της εξεταζόμενης περιοχής.



Σχήμα 13. Λιθοστρωματογραφική σύσταση και στρωματογραφική στήλη των προαλπικών πετρωμάτων της περιοχής (Μελαδιώτης 1984).

## 2.1.2 Αλπικοί σχηματισμοί

### Α) Περιοδοπική ζώνη

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

- Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά
- Μελισσοχωρίου – Χολομόντα
- Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη

#### Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά

Η ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά εκτείνεται κατά διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ μεταξύ του Κυκλίας και του λοφώδους σχηματισμού Ντεβέ Κοράν. Τα Άνω-Τριαδικής έως Μέσο-Ιουρασικής ηλικίας πετρωμάτων της ενότητας συνιστούν δύο διαδοχικούς γεωλογικούς ορίζοντες.

- **Ασβεστόλιθοι Μέσο-Άνω Τριαδικού (Κατώτερη ασβεστολιθική σειρά)**

Τα Άνω-Τριαδικής ηλικίας πετρώματα της σειράς (Mercier, 1966) αποτελούνται διαδοχικά από πάνω προς τα κάτω (Μελαδιώτης, 1984) από σκοτεινότεφρους, στρωματόδεις με φακούς από ροδοκόκκινους πλατυκονδυλώδεις ασβεστόλιθους, πλούσιους σε κωνόδοντα. Από λευκούς, άστρωτους ή παχυστρωματώδεις δολομίτες που εναλλάσσονται με τεφρούς λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους. Η ασβεστολιθική αυτή σειρά αναπτύσσεται γεωγραφικά Βόρεια και Βόρειο-Δυτικά της

εξεταζόμενης περιοχής, στη θέση του όρους Καμύλα ή Ντεβέ Κοράν, από όπου πήρε και το όνομα της.

- **Ασβεστόλιθοι Κάτω-Μέσο Ιουρασικού (Ανώτερος ανθρακικός ορίζοντας).**  
Αποτελείτε από σκοτεινότεφρους λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους με ενστρώσεις από κίτρινες μάργες, σκοτεινότεφρους αργιλικούς σχιστόλιθους και ασβεστιτικούς σχιστολίθους. Ο σχηματισμός αυτός εμφανίζεται σε μικρή έκταση βόρεια της περιοχής μελέτης και δυτικότερα της κατώτερης ασβεστολιθικής σειράς.

#### **Ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομόντα**

Η ενότητα αυτή εκτείνεται κατά διεύθυνση Β.ΒΔ-Ν.ΝΑ δυτικότερα της ενότητας Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά και συνίσταται από τους κάτω γεωλογικούς ορίζοντες:

- **Ανώτερη Φυλλιτική ακολουθία**  
Συνίσταται από καστανό-πράσινους φυλλίτες με φακούς και φλέβες από χαλαζία, με ενστρώσεις πράσινου σχιστολίθου, αλβιτικού – χλωριτικού γνευσίου και άλλων βασικών μεταμορφωμένων πετρωμάτων διείδυσης (Kockel, Ioannidis 1979). Η ακολουθία αυτή κάνει την εμφάνιση της Βόρειο-Δυτικά της κοινότητας Δρυμού στην περιοχή «Καμάρα».
- **Ανώτερη κλαστική ιζηματογενής σειρά (Φλύσξης Σβούλας)**  
Η κλαστική αυτή σειρά χαρακτηρίζεται ως φλύσξης του Μελισσοχωρίου (Mercier,1966) ή ως φλύσξης Σβούλας (Kockel et al, 1971). Αποτελείται από εναλλαγές ασβεστιτικών ψαμμιτών και καστανών έως τεφρογάλανων κλαστικών ασβεστολίθων με κιτρινότεφρους αργιλικούς σχιστολίθους, ολισθολίθους και συχνά στη βάση ολισθοστρώματα από θραύσματα γαλαζωπού συμπαγούς, λεπτόκοκκου και τοπικά λεπτοστρωματόδες ασβεστολίθου. Συχνά περιέχουν πανίδα Μέσο-Άνω Τριαδικού. Εμφανίζονται Δυτικά της κοινότητας Δρυμού στην περιοχή «Κρανόλακος» εκεί όπου εφίπτευεται από την κατώτερη φυλλιτική ακολουθία της ίδιας ενότητας.

#### **Ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη**

Εκτείνεται κατά διεύθυνση Β.ΒΔ-Ν.ΝΑ δυτικά της ενότητας Μελισσοχωρίου – Χολομόντα. Από λιθοστρωματογραφική άποψη τα πετρώματα αυτά συνιστούν δύο γεωλογικούς ορίζοντες:

- **Ασβεστόλιθοι Μέσο-Άνω Τριαδικού. (Κατώτερη ασβεστολιθική σειρά)**  
Τα Μέσο-Άνω Τριαδικά πετρώματα συνίστανται διαδοχικά από πάνω προς τα κάτω από μελανότεφρους, λεπτοστρωματώδεις, απολιθοματοφόρους ασβεστόλιθους με τρηματοφόρα, από ερυθρότεφρους παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους, από παχυστρωματώδει λευκά μάρμαρα και από τεφρούς λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους που στη βάση εναλλάσσονται με ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, ενώ υπάρχουν ενστρώσεις κίτρινων μαργών. Η σειρά αυτή των ασβεστόλιθων αναπτύσσεται Δυτικά της περιοχής μελέτης, Δυτικότερα της κοινότητας Μελισσοχωρίου.

- **Αμμούχοι αργιλικόι σχιστόλιθοι**

Ο ορίζοντας αυτός συνίσταται από ερυθρόχρωμους λεπτόκοκκους ψαμμίτες, από πράσινους σχιστολίθους, από μικροκροκαλοπαγή, από μελανότεφρους και πράσινους κερατόλιθους, καθώς και από παρεμβολές σερικιτιωμένων και χλωριτιωμένων δολεριτών. Στην περιοχή έρευνας εμφανίζεται με τη μορφή αμμούχων αργιλικών σχιστολίθων που εφιππεύονται ανατολικά από τη σειρά Βερτίσκου.

### 2.1.3 Τεταρτογενείς σχηματισμοί

Οι Τεταρτογενείς σχηματισμοί καλύπτουν το κεντρικό και το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιοχής. Συνίστανται από ιζήματα λιμναίας, χερσαίας, ποτάμιας και ποταμοχειμάριας φάσης. Διακρίνονται σε νεότερα Ολοκαινικά και παλαιότερα Πλειστοκαινικά ιζήματα.

- **Πλειστοκαινικές αποθέσεις**

Αποτελούνται από ερυθρές αργίλους με αβεστολιθικά συγκρίματα πλούσιες σε μαρμαρυγία. Εναλλάσσονται με πάγκους ασβεστολιθικών συγκριμάτων πολύ συνεκτικών και οριζόντων χαλικιών, μερικές φορές διάσπαρτων. Πλευρικά μεταβαίνουν σε συνεκτικά αδιαβάθμητα λατυποπαγή, που εναλλάσσονται με πάγκους των ασβεστιτικών συγκριμάτων και με αμμούχες αργίλους. Παρατηρούνται επίσης διασταυρούμενες στρώσεις. Αποτελούνται επίσης από ένα κατώτερο, μεσαίο και ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων από χαλαρά κροκαλοπαγή, κεραμόχρωμες αργιλώδεις άμμους και λεπτούς πάγκους χαλαρών ψαμμιτών, οι οποίες κατά θέσεις καλύπτονται από ελλουβιακούς σχηματισμούς. Βόρεια και κεντρικά της περιοχής μελέτης εμφανίζεται το ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων το οποίο αντιπροσωπεύει παλαιότερα λιμναία ιζήματα και η κορυφή του βρίσκεται σε ύψος 30-40m. πάνω από την κοίτη του ποταμού

- **Ολοκαινικές Αποθέσεις**

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

Οι ελλουβιακοί σχηματισμοί, οι οποίοι κατά τόπους καλύπτουν προαλπικά και αλπικά πετρώματα και Πλειστοκαινικά ιζήματα συνιστούν ένα επιφανειακό μανδύα από αποσαθρώματα και λατύπες από σχιστολιθικά πετρώματα. Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται στην περιοχή της κοινότητας Δρυμού.

Η κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων αποτελείται κυρίως από αμμούχες αργίλους, άμμους ή χάλικες. Η κορυφή της βρίσκεται 3-4m. πάνω από την στάθμη των ποταμών. Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της υπό μελέτης περιοχή.

Στο παράρτημα που ακολουθεί δίνεται ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής (Σχήμα 30).



## 2.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η τεκτονική της εξεταζόμενης περιοχής συνδέεται σε γενικές γραμμές με την τεκτονική των γεωτεκτονικών ζωνών στις οποίες ανήκει. Διέπεται δηλαδή από την αναστροφή των στρωμάτων στο ανατολικό της όριο, στην επαφή δηλαδή Σερβομακεδονικής με τη Περιροδοπική ζώνη. Περιγράφεται παρακάτω η τεκτονική των ζωνών και των ενοτήτων που σχετίζονται με την περιοχή μελέτης.

### **A) Περιροδοπική ζώνη**

#### **Ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη**

Η ενότητα αυτή αποτελεί το τεκτονικό λέπι, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ το οποίο εφιππεύει δυτικότερα την ενότητα Ωραιοκάστρου. Η ρηξιγενής τεκτονική διέπεται από ρήγματα διεύθυνσης Β.ΒΔ-Ν.ΝΑ τα οποία αποτελούν τα επιμήκη ρήγματα της περιοχής, ενώ ρήγματα διεύθυνσης Α.ΒΑ-Δ.ΝΔ αποτελούν τα εγκάρσια ρήγματα. Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της τεκτονικής της ενότητας αυτής είναι η αναστροφή των στρωμάτων της ασβεστολιθικής σειράς.

#### **Ενότητα Μελισσοχωρίου Χολομόντα**

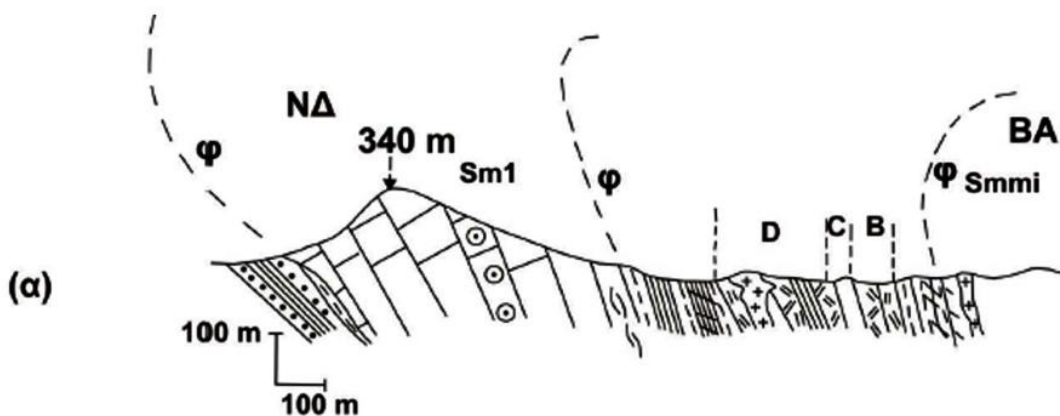
Η ενότητα αυτή επίσης αποτελεί ένα μεγάλο τεκτονικό λέπι διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ το οποίο εφιππεύει ανατολικά το σχιστοκερατολιθικό ορίζοντα της ενότητας της Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη. Βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης ο φλύσχος της Σβούλας εφιππεύεται ανατολικά από τους Άνω-Τριαδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά (Mercier, 1966) ακλουθώντας την γενικότερη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ που χαρακτηρίζει όλη την ζώνη.

Η ρηξιγενής τεκτονική διέπεται από ανάστροφα ρήγματα (Tranos et al, 1999) τα οποία δημιούργησαν πολλές ανώμαλες τεκτονικές επαφές η οποίες έχουν διεύθυνση παράλληλη με τη διεύθυνση του ρήματος που προκάλεσε την εφίππευση των ασβεστολίθων της ενότητας Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά πάνω στο φλύσχη της Σβούλας.

#### **Ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά**

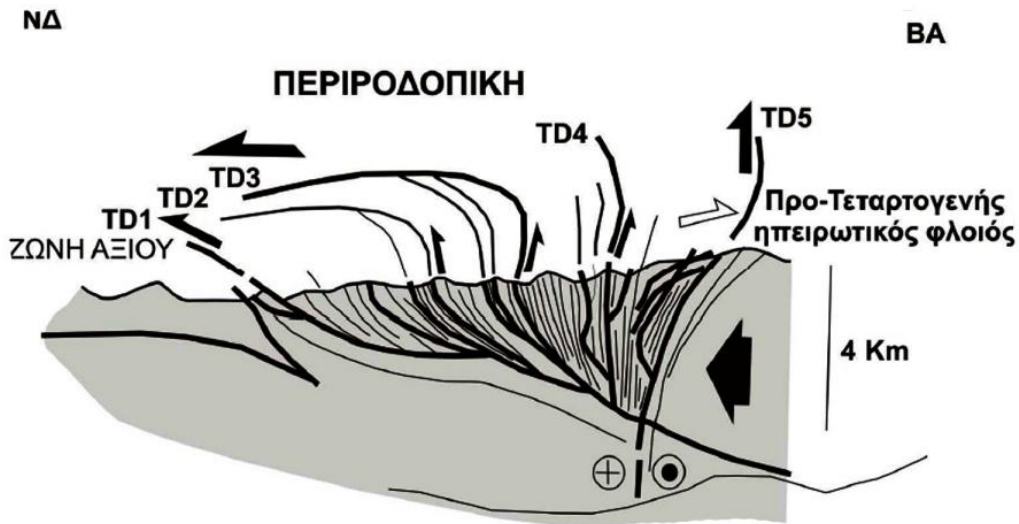
Η ενότητα Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά παλαιότερα θεωρούνταν το δυτικό αλπικό ιζηματογενές επικάλυμμα της Σερβομακεδονικής. Στην ενότητα αυτή παρατηρείται αναστροφή των στρωμάτων με αποτέλεσμα τα παλαιότερα στρώματα της σειράς του Βερτίσκου της Σερβομακεδονικής να βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένα πάνω από τα νεότερα ιζηματογενή στρώματα της Περιροδοπικής. Αυτή η αναστροφή γίνεται αντιληπτή στο όρος Καμήλα (Ντεβέ Κοράν). Η επώθηση αυτή τοποθετείται χρονικά στο Α. Κρητιδικό και Κ.-Μ. Ηώκαινο με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

Στο Σχήμα 14. παριστάνεται τομή του δυτικού ορίου της Σερβομακεδονικής με την Περιροδοπική ζώνη, περιοχή Νέας Σάντας.



Σχήμα 14. Γεωλογική τομή του δυτικού ορίου της Σερβομακεδονικής με την Περιοδοπική ζώνη. Περιοχή Νέας Σάντας (Μουντράκης 1985 κατά Mercier 1968) Smmi: κρυσταλλοσχιστώδες Σερβομακεδονικής B: Χαλαζιακά πορφυροειδή C: κρυσταλλικός ασβεστόλιθος D: χαλαζίτες, ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι και σερικτιτωμένα πορφυροειδή Sm1: ανθρακικά πετρώματα M. Τριαδικού K. Ιουρασικού φ: τεκτονική επαφή συνοδευόμενη από πλατιά ζώνη τεκτονισμού.

Η τεκτονική δομή της Περιοδοπικής ζώνης διέπεται από πέντε συστήματα ανάστροφων ρηγμάτων (Tranos et al, 1999). Το βαθύτερο σύστημα (TD1) καλύπτει το δυτικό τμήμα της Περιοδοπικής ζώνης και επωθείται πάνω σε μια λεπτή λωρίδα πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας (Kockel et al 1977). Το σύστημα ρηγμάτων (TD2) που αποτελείται από ιζήματα Ιουρασικού (φλυσχοειδή) τα οποία επωθούνται πάνω σε διαφορετικής λιθολογίας σχηματισμούς και τεκτονικά υπέρκειται των Παλαιοζωϊκών κρυσταλλικών πετρωμάτων. Το σύστημα (TD3) το οποίο αποτελείται από φλυσχικού τύπου ιζήματα τα οποία επωθούνται πάνω στο σύστημα (TD2) ή στα Παλαιοζωϊκά ή και παλαιότερα κρυσταλλικά πετρώματα. Ομοίως το σύστημα (TD4) το οποίο αποτελείται από φλυσχικού τύπου ιζήματα (Κάτω-Μέσο Ιουρασικού) και από μολασσικά ιζήματα (Ανω Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού) επωθείτε πάνω στα προηγούμενα συστήματα. Το σύστημα (TD5) είναι το ανώτερο σύστημα ανάστροφων ρηγμάτων. Βρίσκεται ανατολικά της ζώνης και αποτελείται από σχηματισμούς της Περιοδοπικής ζώνης. Επωθείτε τεκτονικά πάνω στα υπόλοιπα συστήματα και στα Παλαιοζωϊκά κρυσταλλικά πετρώματα που έχουν εγκλωβιστεί ανάμεσα στα άλλα συστήματα. Στο Σχήμα 15. παριστάνεται η σχηματική τομή που δείχνει τη δράση των κύριων συστημάτων ανάστροφων ρηγμάτων στη Περιοδοπική.



Σχήμα 15. Σχηματική τομή που δείχνει τη δράση των κύριων συστημάτων ανάστροφων ρηγμάτων στη Περιοδοπική (Tranos et al, 1999)

## Β) Σερβομακεδονική μάζα

Η τεκτονική της Σερβομακεδονικής μάζας και πιο συγκεκριμένα των σχηματισμών της σειράς του Βερτίσκου, αποτελείται από μεγάλες συγκλινικές και αντικλινικές δομές, δημιουργώντας δύο συστήματα πτυχών. Το πρώτο σύστημα πτυχών των ανώτερων προαλπικών σχηματισμών με μικρού εύρους πτυχές και το δεύτερο σύστημα πτυχών των βαθύτερων πετρωμάτων με τις μεγάλες πτυχές οι οποίες είναι ορθές ή κεκλιμένες. Επίσης δύο ομάδες ρηγμάτων αντιπροσωπεύουν την ρηξιγενή τεκτονική της γεωλογικής αυτής μάζας. Η πρώτη με διεύθυνση Β.ΒΔ-Ν.ΝΑ ηλικίας Άνω Ιουρασικό-Κάτω Κρητιδικό και η δεύτερη ομάδα με διεύθυνση Α.ΒΑ-Δ.ΝΔ τα οποία αποτελούν τα εγκάρσια ρήγματα που έφεραν την Σερβομακεδονική μάζα προς τα δυτικά.

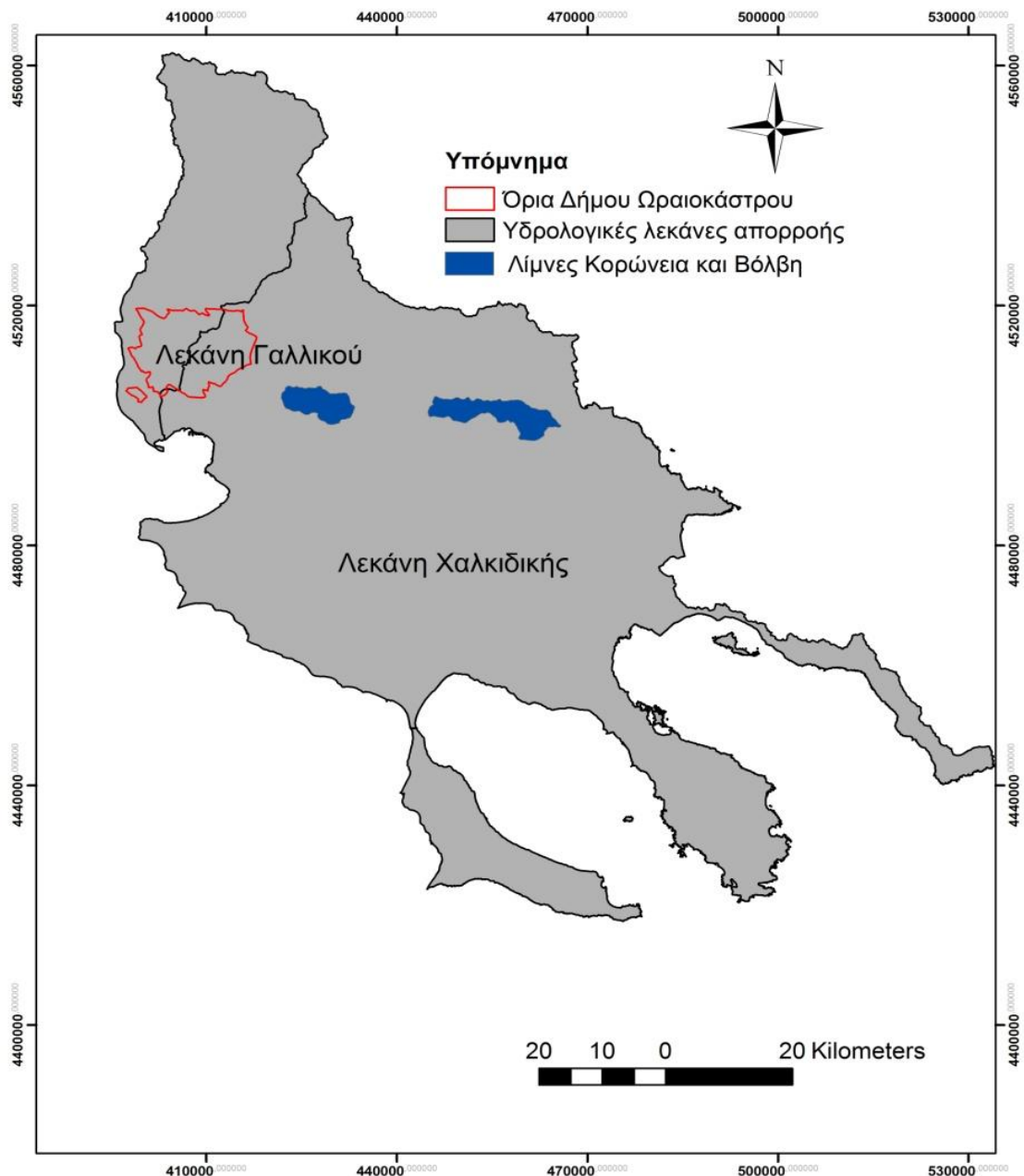
## 2.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

### 2.3.1 Γενικά

Η περιοχή μελέτης ως δυτικό τμήμα της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης της Μυγδονίας, κομμάτι της ευρύτερης λεκάνης της Χαλκιδικής (όπως κατηγοριοποιείται από τα Δημόσια και ανοιχτά δεδομένα του υπουργείου Δημοσίας Διοίκησης, [http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com\\_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=18&sobi2Id=63&Itemid](http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=18&sobi2Id=63&Itemid)) και πιο συγκεκριμένα της υπολεκάνης του Λαγκαδά (Σχήμα 16.), παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον σχετικά με την εκμετάλλευση των υδατικών της πόρων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στον αγροτικό χαρακτήρα της περιοχής, τις αυξημένες ανάγκες σε νερό των σύγχρονων αγροτικών καλλιεργειών και των καλλιεργήσιμων εκτάσεων αλλά και από το γεγονός πως οι οικισμοί υδρεύονται αποκλειστικά από τα υπόγεια νερά της περιοχής. Η άρδευση πραγματοποιείται με την άντληση των υπογείων νερών μέσω δικτύου γεωτρήσεων καθώς είναι αδύνατη η χρησιμοποίηση ενός επιφανειακού συστήματος καναλιών αφού απουσιάζει κάποιος μεγάλος ποταμός και ταυτόχρονα το κλίμα είναι ξηρό κατά τους θερινούς μήνες.

Έτσι, τα υπόγεια ύδατα της περιοχής πρέπει να καλύψουν πρωτίστως τις αρδευτικές ανάγκες, τις αστικές καθώς και τις ανάγκες της βιομηχανίας και της κτηνοτροφίας.

Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που έχει γίνει από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ/ΥΠΕΚΑ) του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κατατάσσει την περιοχή μελέτης στο 10<sup>ο</sup> Υδατικό Διαμέρισμα. Έδρα της περιφερειακής μονάδας διαχείρισης υδατικών πόρων του Ν. 1739/87 είναι η Θεσσαλονίκη.



Σχήμα 16. Χάρτης υδρολογικής λεκάνης ([geodata.gov.gr](http://geodata.gov.gr))

### 2.3.2 Υδρογραφικό Δίκτυο

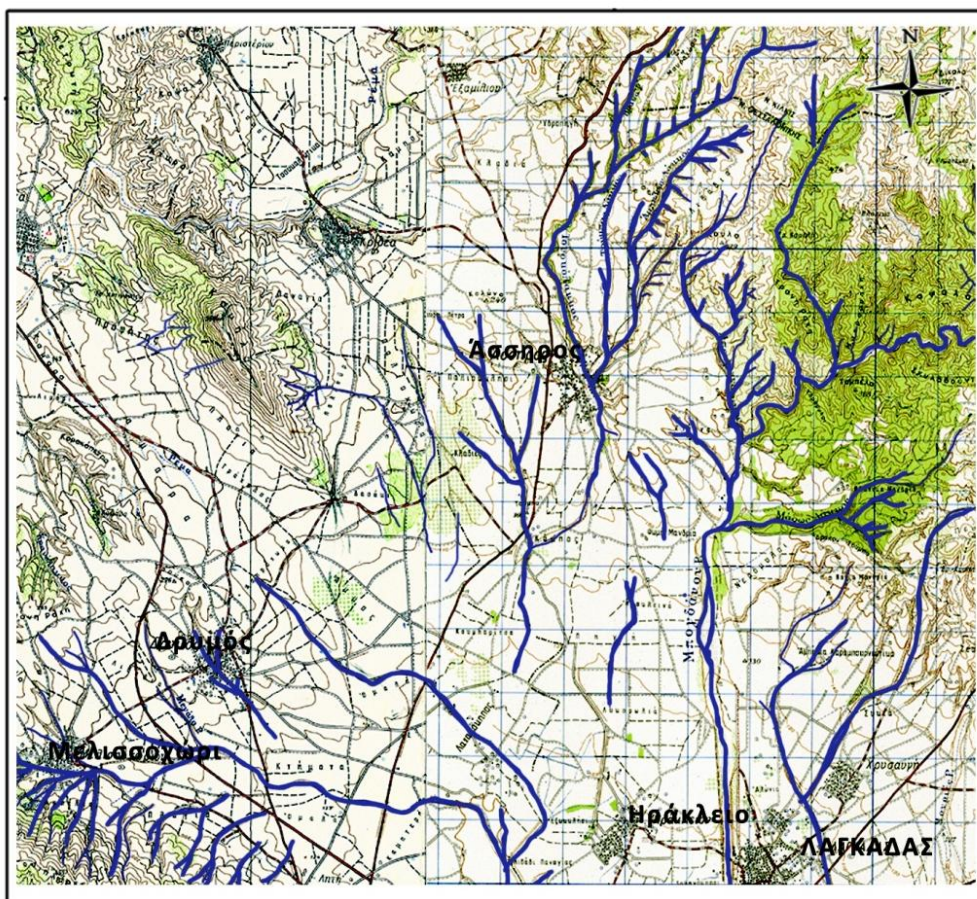
Το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής αποτελεί το σύνολο των φυσικών κοιτών και των ρεμάτων της. Είναι καθοριστικό στη διαμόρφωση του γεωμορφολογικού ανάγλυφου μιας περιοχή αφού αυτό συμβάλει κατά μεγάλο ποσοστό στη διάβρωση της και στην μεταφορά των υλικών.

Στην περιοχή μελέτης η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου είναι αρκετά φτωχή λόγω της αρκετά μικρής της έκτασης αλλά και της πεδινής μορφολογίας της. Αποστραγγίζεται στην



υπολεκάνη του Λαγκαδά, στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας (ή λίμνη Λαγκαδά ή λίμνη Αγ. Βασιλείου) και έχει διεύθυνση ροής Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ.

Η ροή του δικτύου δεν είναι μόνιμη στο μεγαλύτερο μέρος του και εξαρτάται από το ύψος των κατακρημνισμάτων κάθε έτους, δίνοντας του χειμαρρώδη χαρακτήρα που αποστραγγίζει τα υψηλότερα σημεία της περιοχής. Στο Σχήμα 17 παριστάνεται το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής.



Σχήμα 17. Υδρογραφικό δίκτυο περιοχής.

### 2.3.3 Υδρογεωλογία

Οι υδρολογικές συνθήκες μιας περιοχής καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την ποσότητα των κατακρημνισμάτων αλλά και από την σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών που την διέπουν. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς, αφού έχουν διαφορετική υδρογεωλογική συμπεριφορά ανάλογα με την λιθολογία τους και την τεκτονική που έχουν υποστεί. Η λιθολογία είναι αυτή που καθορίζει το πρωτογενές πορώδες, ενώ η τεκτονικές επιδράσεις δίνουν το δευτερογενές πορώδες.

Στην περιοχή μελέτης το υδρογεωλογικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στους υδροπερατούς σχηματισμούς των τεταρτογενών αποθέσεων που καλύπτουν την πλειονότητα της έκτασης της (Μάττας 2009). Αποτελούνται από ιζήματα άμμων, χάλικων και αμμοχάλικων με ενδιάμεσες αργιλικές ενστρώσεις, τεταρτογενής, ολοκαινικής και πλειστοκαινικής ηλικίας, λιμναίας και ποταμοχειμάριας προέλευσης. Η υδροπερατότητα τους οφείλεται στο πρωτογενές πορώδες τους, λόγω των χαλαρών, αδρόκοκκων υλικών με μικρό βαθμό διαγένεσης. Το μέσο πάχος τους, όπως υπολογίζεται από τις λιθολογικές τομές των γεωλογικών χαρτών Κιλκίς και Λαχανά εκτιμάτε περί τα 60m.

Τα υδροφόρα συστήματα που υδρεύουν την περιοχή είναι στην πλειονότητα τους ελεύθεροι έως μερικώς υπό πίεση.

## **3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

### **Νιτρορύπανση – Κύκλος του αζώτου**



## 3. ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ

### 3.1 Γενικά

Το κυριότερο χαρακτηριστικό του ανθρώπου είναι η ικανότητα του να προσαρμόζει το περιβάλλον στις δικές του ανάγκες. Η ικανότητα του αυτή έδωσε στον άνθρωπο τη δυνατότητα δημιουργίας σύνθετων δομών διαβίωσης, όπως πόλεις, και αξιοποίησης της επιστήμης για ικανοποίηση των αναγκών του. Το αρνητικό αποτέλεσμα αυτής της δράσης είναι η συνεχιζόμενη επιβάρυνση του περιβάλλοντος εξαιτίας δραστηριοτήτων που δεν απαντώνται στα φυσικά οικοσυστήματα. Τα πιο απτά παραδείγματα αυτών των δραστηριοτήτων είναι η χρήση απορρυπαντικών και λιπασμάτων τα οποία προσφέρουν από τη μία καλύτερο βιοτικό επίπεδο και αυξημένη γεωργική παραγωγή, από την άλλη τα κατάλοιπα των δραστηριοτήτων τους έχουν αρνητικές συνέπειες για τα οικοσυστήματα. Μια από τις αρνητικές αυτές συνέπειες αποτελεί και η αύξηση του ποσοστού των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) στο περιβάλλον, τα οποία είναι επιβλαβή για τα έμβια όντα.

Τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) έχουν ως πηγή προέλευσης την ατμόσφαιρα, τα υπολείμματα χλωρίδας και τα ζωικά περιττώματα (Καλλέργης 2000). Ανθρώπινες δραστηριότητες που ευθύνονται για την αύξηση των νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) είναι η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στη γεωργία η αποστράγγιση σηπτικών βόθρων και Χ.Υ.Τ.Α (Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων), η ανεξέλεγκτη διάθεση οικιακών και βιομηχανικών λυμάτων (Daskalaki and Voudouris 2007, Wong et al 1998, Sharma et al 1996).

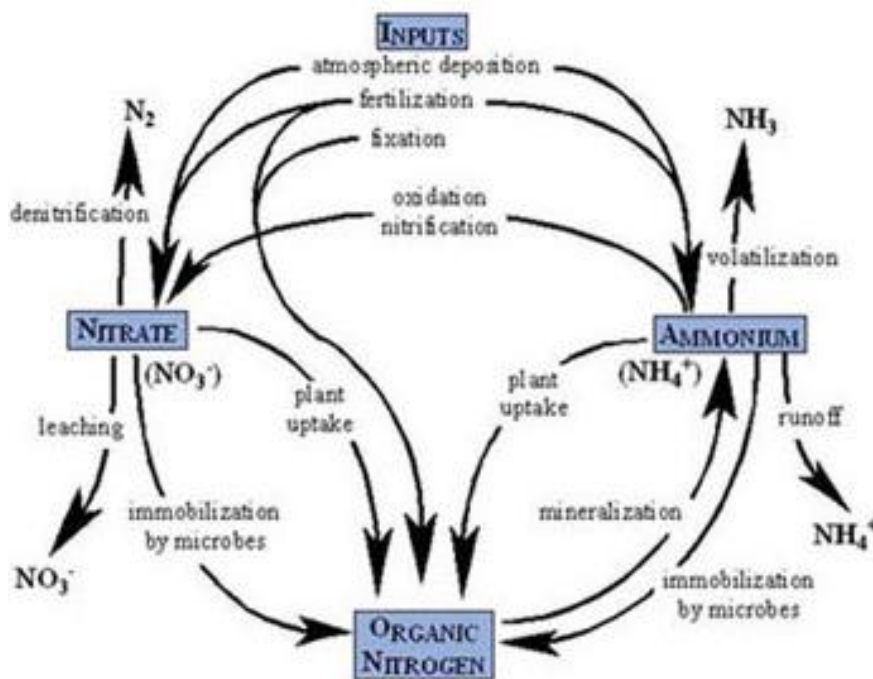
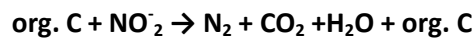
Η αγροτική δραστηριότητα ευθύνεται κατά κύριο λόγο για την επιβάρυνση των οικοσυστημάτων με αζωτούχες ενώσεις (Ζαλίδης, 1999). Η επιβάρυνση αυτή έχει συνέπεια σε πολλά επίπεδα. Η αύξηση της ποσότητας των νιτρικών και νιτρώδων ιόντων στο νερό, κρύβει κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Από όλες αυτές τις ανθρώπινες δραστηριότητες που προκαλούν επιβάρυνση των οικοσυστημάτων με άζωτο η παρούσα εργασία διερευνά την νιτρορύπανση εξαιτίας των αγροτικών δραστηριοτήτων όπου είναι και η σημαντικότερη πηγή αύξησης των νιτρικών στο υδροφόρο σύστημα της εξεταζόμενης περιοχής.

### 3.2 Νιτρορύπανση

Η νιτρορύπανση στην εξεταζόμενη περιοχή προκαλείται κατά κύριο λόγο από τη χρήση λιπασμάτων, τα οποία περιέχουν αζωτούχες ενώσεις (αμμωνία, νιτρικά, νιτρώδη άλατα), τα οποία διασπώνται με διάφορους μηχανισμούς και απελευθερώνουν τα συστατικά τους στο έδαφος. Η χρήση τους γίνεται για την αύξηση της παραγωγικότητας μιας γεωργικής έκτασης, όταν αυτή αδυνατεί να δώσει από μόνη της τα απαραίτητα συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Τα λιπάσματα περιέχουν κυρίως άζωτο, φώσφορο και κάλιο σε μορφές που μπορούν να προσληφθούν από τα φυτά. Τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) και τα αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^+$ ) αποτελούν απαραίτητα συστατικά για την επιβίωση των φυτών καθώς με αυτή τη μορφή προσλαμβάνουν το άζωτο που τους είναι απαραίτητο μέσω του ριζικού τους συστήματος (Σάββας 2000). Το πρόβλημα της νιτρορύπανσης δημιουργείται όταν οι ποσότητες λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται σε μια περιοχή είναι μεγαλύτερες από αυτές που χρειάζονται τα φυτά. Η περίσσεια αυτή των στοιχείων παραμένει στην επιφάνεια του

εδάφους και στη συνέχεια κατεισδύει στους υπογείους υδροφορείς ή απορρέουν στους επιφανειακούς αποδέκτες μέσω βροχής ή έκπλυσης με το αρδευόμενο νερό. Η καθοδική κίνηση των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) προς τα υδροφόρα στρώματα είναι από 0,3m έως 3m κατά έτος, ανάλογα με τη φύση του εδάφους, το κλίμα και τον τύπο της καλλιέργειας (Juergens-Gschwind 1989). Πρόκειται για πολύ ευκίνητους στο έδαφος ρύπους (Αλεξανδρή 2005).

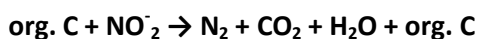
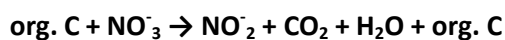
Στα ανόργανα λιπάσματα το άζωτο περιέχεται με τη μορφή αμμωνίας ( $\text{NH}_4^+$ ) ή νιτρικών ενώσεων ( $\text{NO}_3^-$ ). Τα νιτρικά ιόντα είναι η καλύτερη βιολογικός διαθέσιμη μορφή του αζώτου όσον αφορά την ικανότητα πρόσληψης του. Η αμμωνία, από την άλλη πλευρά μετασχηματίζεται στο έδαφος με τη διαδικασία της νιτροποίησης σύμφωνα με τις παρακάτω χημικές αντιδράσεις. Η διαδικασία αυτή υποβοηθείται από τα βακτήρια nitrosomonas και nitrobacter (Αντωνόπουλος,2010).



Σχήμα 18. Κύκλος του αζώτου

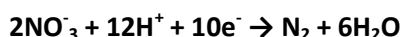
Ο κύκλος του αζώτου στη φύση περιλαμβάνει πολλές φάσεις (Σχήμα 18). Ξεκινάει από το αέριο άζωτο της ατμόσφαιρας, περνά μέσα από την τροφική διαδικασία των φυτών και καταλήγει πάλι στην ατμόσφαιρα.

Η επιστροφή του αζώτου στην ατμόσφαιρα γίνεται με τη διαδικασία της απονιτροποίησης, όπου τα νιτρικά ιόντα μετατρέπονται τελικά σε αέριο άζωτο ( $\text{N}_2$ ) ή οξειδίο του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ) σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Η διαταραχή στον κύκλο του αζώτου επέρχεται όταν οι επιπλέον ποσότητες αμμωνίας και νιτρικών εισέρχονται στο οικοσύστημα μέσω των λιπασμάτων. Οι ποσότητες αυτές στη συνέχεια μετατρέπονται κατά κύριο λόγο σε νιτρικά άλατα, από τα οποία όσα δεν απορροφώνται από τα φυτά απορρέουν στους αποδέκτες.

Η απομάκρυνση των νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) από το νερό μπορεί να επιτευχθεί με αναγωγή σύμφωνα με την αντίδραση:



### 3.3 Κίνδυνοι για τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία

Οι αζωτούχες ενώσεις, παρόλο που είναι απαραίτητες στους ζώντες οργανισμούς, μπορούν να αποβούν επιβλαβείς σε μεγάλες συγκεντρώσεις ή να προκαλέσουν ανεπιθύμητες μεταβολές στην ισορροπία των οικοσυστημάτων. Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν τόσο τους ζωντανούς οργανισμούς σε ένα οικοσύστημα όσο και τους ανθρώπους που έρχονται σε επαφή με αυτούς.

Στον ανθρώπινο οργανισμό προβλήματα δημιουργούνται από υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και νιτρικών αλάτων στο πόσιμο νερό. Τα νιτρικά άλατα καταλήγουν συχνά από τις καλλιέργειες στους υδροφόρους που υδρεύουν οικισμούς με αποτέλεσμα να δημιουργούν προβλήματα υγείας στους ανθρώπους, όταν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών στο νερό ευθύνεται για την κυάνωση των βρεφών, καθώς τα νιτρικά του νερού μετατρέπονται σε νιτρώδη στο στομάχι, τα οποία μετατρέπουν την αιμογλοβίνη του αίματος σε μεθαιμογλοβίνη και η οποία αδυνατεί να μεταφέρει το αίμα στους ιστούς, πράγμα που προκαλεί μια προοδευτική ασφυξία στον οργανισμό (Delaware Health and Social Services 2014). Επιπλέον τα νιτρικά είναι ύποπτα για τον σχηματισμό των nitrosamines που έχουν καρκινογόνες ιδιότητες (Αντωνόπουλος 2010). Εξαιτίας των κινδύνων αυτών για την ανθρώπινη υγεία, έχουν θεσπιστεί όρια συγκέντρωσης νιτρικών και νιτρικών στο πόσιμο νερό από διάφορους διεθνείς οργανισμούς όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας και η Ευρωπαϊκή Ένωση.

### 3.4 Κανονισμοί–Νομοθεσία σχετικά με την Νιτρορύπανση

Η σπουδαιότητα του προβλήματος της υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων οδήγησε στην θέσπιση ανώτερων ορίων για τη συγκέντρωση του αζώτου και των αζωτούχων στο νερό.

- Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας θεωρεί ως ανώτερη επιτρεπόμενη τιμή νιτρικών στο νερό τα 50 mg/l (World Health Organization, 2008)

- Η Αμερικάνικη Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (US EPA, 2000) θεωρεί ως ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή τα 100 mg/l.
- Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει εκδώσει οδηγίες σχετικά με τις επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης νιτρικών στο νερό. Η οδηγία 75/440/1975 EC (1975) αναφέρεται η συγκέντρωση των 50 mg/l NO<sub>3</sub> ως το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο συγκέντρωσης στο πόσιμο νερό για την ανθρώπινη υγεία. Αναφερόμενη ξεχωριστά στο πρόβλημα της νιτρορύπανσης από αγροτικές πηγές η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την οδηγία 91/676/ΕΟΚ (1991), όπου και πάλι θέσπισε ως ανώτερο επιτρεπόμενο όριο τα 50 mg/l NO<sub>3</sub>. Το όριο αυτό καθορίζεται και στην οδηγία 98/83/ΕΚ (1998) η οποία αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.
- Το όριο αυτό αναφέρει και ο Goodehild (1998) σε εργασία σχετικά με τις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης που διαχωρίζει το φαινόμενο της νιτρορύπανσης από αυτό του ευτροφισμού.
- Η οδηγία 2000/60/ΕΚ (2000) που αφορά γενικότερα την ποιότητα των υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση συμπεριλαμβάνει τα όρια που είχαν τεθεί κατά τις προηγούμενες οδηγίες, αναφέρεται όμως και για πρώτη φορά στην καλή οικολογική κατάσταση των υδάτινων σωμάτων, χωρίς να εξετάζει αποκλειστικά τις τιμές κάποιων παραμέτρων.
- Η Ελληνική νομοθεσία, στην ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (2001), ορίζει τα 50 mg/lit ως το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο συγκέντρωσης (NO<sub>3</sub>) για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.  
Η τιμή αυτή (50 mg/l) χρησιμοποιήθηκε ως το όριο ελέγχου για νιτρορύπανση στην παρούσα εργασία.
- Ο κάμπος της Θεσσαλονίκης - Πέλλας και Ημαθίας, στον οποίο ανήκει η περιοχή μελέτης της εργασίας αυτής εντάχθηκε στις ευπρόσβλητες από νιτρορύπανση περιοχές με την ΚΥΑ 16175/824.

### 3.5 Κώδικας Ορθής Γεωργικής Πρακτικής

Η πολιτεία λαμβάνοντας υπόψη της όλα τα παραπάνω θέσπισε τον «Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής» για την προστασία των νερών από νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης. Σκοπός του Κώδικα αυτού σε ότι αφορά τα λιπάσματα και ειδικότερα τα αζωτούχα, είναι να βοηθήσει τους γεωργούς να εφαρμόσουν πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον. Στοχεύει στην αποτροπή της ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών νερών από τη συσσώρευση νιτρικών λόγω βαθιάς διήθησης ή επιφανειακής απορροής. Και αποσκοπεί στην παροχή οδηγιών για τη σωστή διαχείριση των νερών και στον χειρισμό (διάθεση) των κτηνοτροφικών αποβλήτων με στόχο πάντα την προστασία του περιβάλλοντος και της Δημόσιας υγείας.

Πιο συγκεκριμένα, στις σελίδες του ο κώδικας προβλέπει αναλυτικά.

- Για τα ανόργανα λιπάσματα, κανόνες ορθής αποθήκευσης και μεταφοράς τους. Τρόπους εφαρμογής τους στις καλλιέργειες, καθώς και την προβλεπόμενη ποσότητα και τον χρόνο εφαρμογής.

- Για τα κτηνοτροφικά απόβλητα τρόπους ορθολογικής διαχείρισης τους ανάλογα με το είδος τους.
- Κώδικες σωστής χρήσης για το αρδευόμενο νερό.
- Καθώς και πρακτικές για τη σωστή και ασφαλή διαχείριση των γεωργικών φαρμάκων.

## **4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

### **Πειραματικό μέρος**

## 4. Πειραματικό Μέρος

### 4.1 Δειγματοληψία

Στις περιβαλλοντικές μελέτες η αξιόπιστη δειγματοληψία αποτελεί σημαντικό παράγοντα τόσο για την αποφυγή σφάλματος των αποτελεσμάτων, όσο και για την λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων.

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής τα δείγματα των υπογείων νερών που εξετάστηκαν, συλλέχθηκαν από 11 συνολικά γεωτρήσεις, που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του Δρυμού Θεσσαλονίκης. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2012. Η επιλογή της περιόδου αυτής (ξηρή περίοδος) έγινε για να έχουμε την καλύτερη δυνατή εικόνα του χημισμού του υπογείου νερού, καθώς έχουμε τις χαμηλότερες στάθμες του υδροφόρου. Έχει προηγηθεί η αρδευτική περίοδος και η περίοδος ανομβρίας του καλοκαιριού ενώ δεν άρχισαν ακόμα οι φθινοπωρινές βροχές. Όλες σχεδόν οι γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται για άρδευση των καλλιεργειών και λειτουργούν για αρκετό χρονικό διάστημα και το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό των υπογείων νερών. Πριν τη δειγματοληψία κάθε γεώτρηση τέθηκε σε λειτουργία για τουλάχιστον 20 λεπτά έτσι ώστε να απομακρυνθεί το νερό που υπάρχει στο σύστημα σωλήνων. Με τον τρόπο αυτό εκτιμάται ότι απομακρύνεται όγκος νερού τριπλάσιος του όγκου των σωληνώσεων.

Το βάθος των γεωτρήσεων κυμαίνεται από 70m έως 150m με εξαίρεση την γεώτρηση D12 της οποίας το βάθος είναι περίπου 25m.

Τα δείγματα συλλέχτηκαν σε φιάλες πολυαιθυλενίου. Πριν τη δειγματοληψία οι φιάλες πλένονταν τουλάχιστον 3-4 φορές με το νερό της ίδιας της γεώτρησης. Όλα τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν για τη δειγματοληψία και τη πειραματική ανάλυση προπλύθηκαν πολλές φορές με απιονισμένο νερό.

### 4.2 Έρευνα φυσικοχημικών και υδροχημικών παραμέτρων

Η υδροχημική έρευνα έχει ως στόχο να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής έρευνα και στον εντοπισμό περιβαλλοντικών προβλημάτων που συνδέονται με την ποιοτική υποβάθμιση του υπογείου νερού.

Στο πλαίσιο της διερεύνησης των υδροχημικών συνθηκών των υδροφόρων της περιοχής έρευνας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων όπως ενεργός οξύτητα (pH), ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων TDS (Total Dissolved Solids).

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακοί προσδιορισμοί νιτρικών ιόντων του υπογείου νερού. Τα αποτελέσματα των χημικών προσδιορισμών παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού μετρήθηκαν στο εργαστήριο σε θερμοκρασία δωματίου ( $\approx 25$  °C). Πιο συγκεκριμένα η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), το pH και η

συγκέντρωση αιωρούμενων TDS (Total Dissolved Solids) μετρήθηκαν με φορητό pH-μέτρο/αγωγιμόμετρο (CRISON MM40)

Οι χημικές αναλύσεις για την διερεύνηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων πραγματοποιήθηκαν αποκλειστικά με τον εργαστηριακό εξοπλισμό που διαθέτει το Εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας μοριακής απορρόφησης σε φασματοφωτόμετρο της Hach (DR/2000). Για την αποφυγή σφάλματος πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις σε κάθε δείγμα και βγήκε μέση τιμή των αποτελεσμάτων.

### **4.3 Αποτελέσματα**

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 6.

| <b>Κωδ. δείγμ</b> | <b>Συγκέντρωση <math>\text{NO}_3^-</math> (mg/lit)</b> | <b>pH</b> | <b>EC (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>TDS mg/lit</b> |
|-------------------|--|-----------|---|-------------------|
| D8                | 32,14  | 7         | 1044                                    | 668               |
| D2                | 44   | 6,98      | 1420                                    | 908               |
| D12               | 19,36  | 6,86      | 870                                     | 557               |
| D7                | 63,066   | 7,07      | 1088                                    | 696               |
| D11               | 22,58  | 7,04      | 1047                                    | 670               |
| D1                | 43,41  | 7,11      | 1479                                    | 945               |
| D13               | 47,37  | 7,13      | 1221                                    | 780               |
| D14               | 56,466   | 6,99      | 926                                     | 592               |
| D6                | 81,54  | 7,11      | 1596                                    | 1017              |
| D4                | 88,58  | 6,87      | 1147                                    | 730               |
| D3                | 78,02  | 6,83      | 1186                                    | 756               |

Πίνακας 6. Αποτελέσματα υδροχημικής μελέτης.

Από τη σύγκριση των μετρήσεων με τα κριτήρια καταλληλότητας που ισχύουν για το πόσιμο νερό διαπιστώθηκαν σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβάσεις. Όπως φαίνεται συνολικά, η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) είναι πάνω από τη συνιστώμενη τιμή των 25mg/lit. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) παρουσιάζει τιμές πολύ πάνω από το συνιστώμενη τιμή. Αξίζει να επισημανθεί το γεγονός ότι οι γεωτρήσεις στις οποίες έγιναν μετρήσεις είναι αρδευτικές.



## 4.4 Ενεργός Οξύτητα (pH)

Το pH αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο των υπογείων νερών καθώς η τιμή του καθορίζεται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς από τους οποίους διέρχεται. Τα νερά ανάλογα με την τιμή του pH κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες.

- Όξινα όταν το  $pH > 7$ ,
- Αλκαλικά  $pH < 7$
- Ουδέτερα όταν  $pH = 7$ .

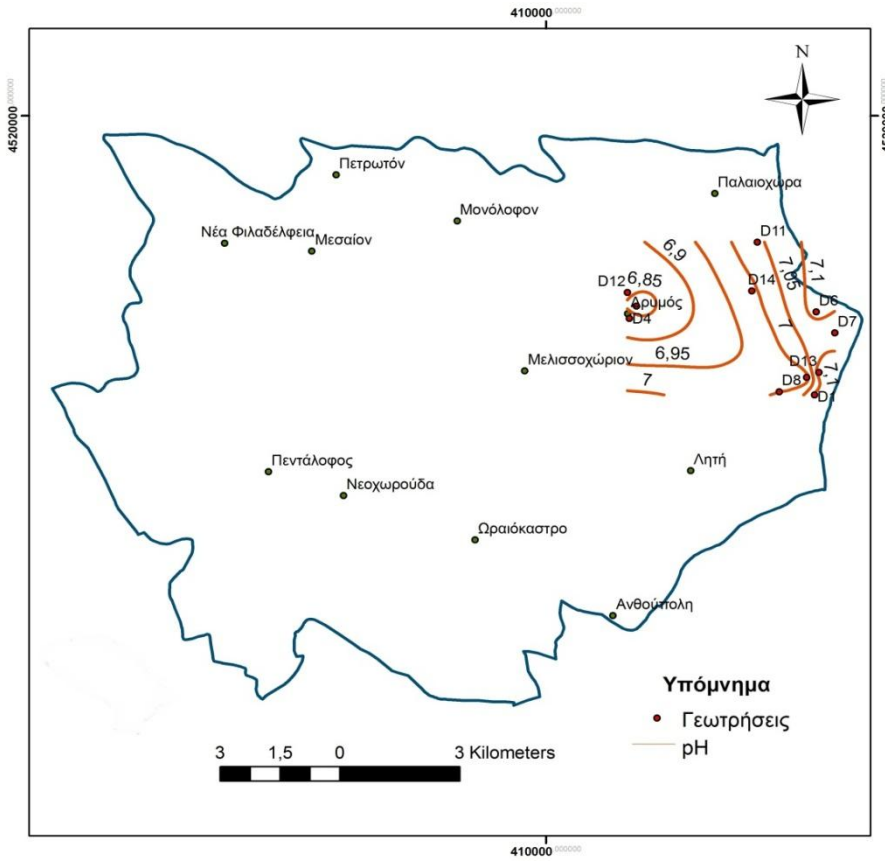
Στον Πίνακα 7 δίνονται οι τιμές pH σε κάθε γεώτρηση. Οι τιμές του pH που βρέθηκαν στα υπόγεια νερά κυμαίνονται από 6,83 έως 7,13 με μέσο όρο μέτρησης το 6,99.

Οι χαμηλότερες τιμές pH μετρήθηκαν στις γεωτρήσεις D3 (6,83) D12 (6,87) ενώ οι υψηλότερες τιμές στις γεωτρήσεις D13 (7,13), D1 και D6 (7,11), D7 (7,07). Όπως παρατηρείται από το Σχήμα 19 και Σχήμα 20 της χωρικής κατανομή του δείκτη ενεργούς οξύτητας (pH) στα υπόγεια νερά που εξετάστηκαν, παρατηρείται μια αύξηση της τιμής της με διεύθυνση Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην πιο έντονη γεωργική δραστηριότητα στο Α.ΝΑ κομμάτι της περιοχής. Η επίδραση, της γεωλογίας της περιοχής, στη μεταβολή του pH εκτιμάται πως είναι συγκριτικά μικρότερη από την επίδραση των ανθρωπογενών παραγόντων.

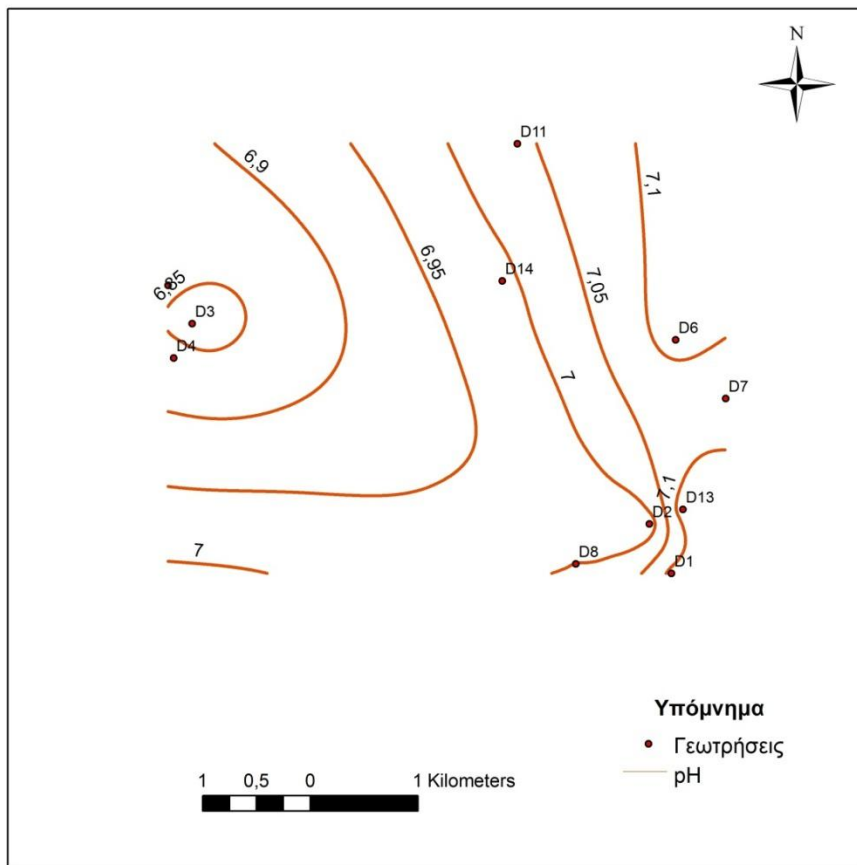
Πρέπει να αναφερθεί πως κατά τον σχεδιασμό των διαγραμμάτων χωρικής κατανομής pH και για τον σχεδιασμό των raster αρχείων στο GIS, μπήκαν σαν όρια η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή των μετρήσεων.

| Αρ. δείγματος | D8 | D2   | D12  | D7   | D11  | D1   | D13  | D14  | D6   | D4   | D3   |
|---------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| pH            | 7  | 6,98 | 6,86 | 7,07 | 7,04 | 7,11 | 7,13 | 6,99 | 7,11 | 6,87 | 6,83 |

Πίνακας 7. Τιμές pH σε κάθε γεώτρηση.



Σχήμα 19. Χωρική κατανομή του pH στον Δήμο Ωραιοκάστρου.



Σχήμα 20. Χωρική κατανομή του pH

## 4.5 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα EC

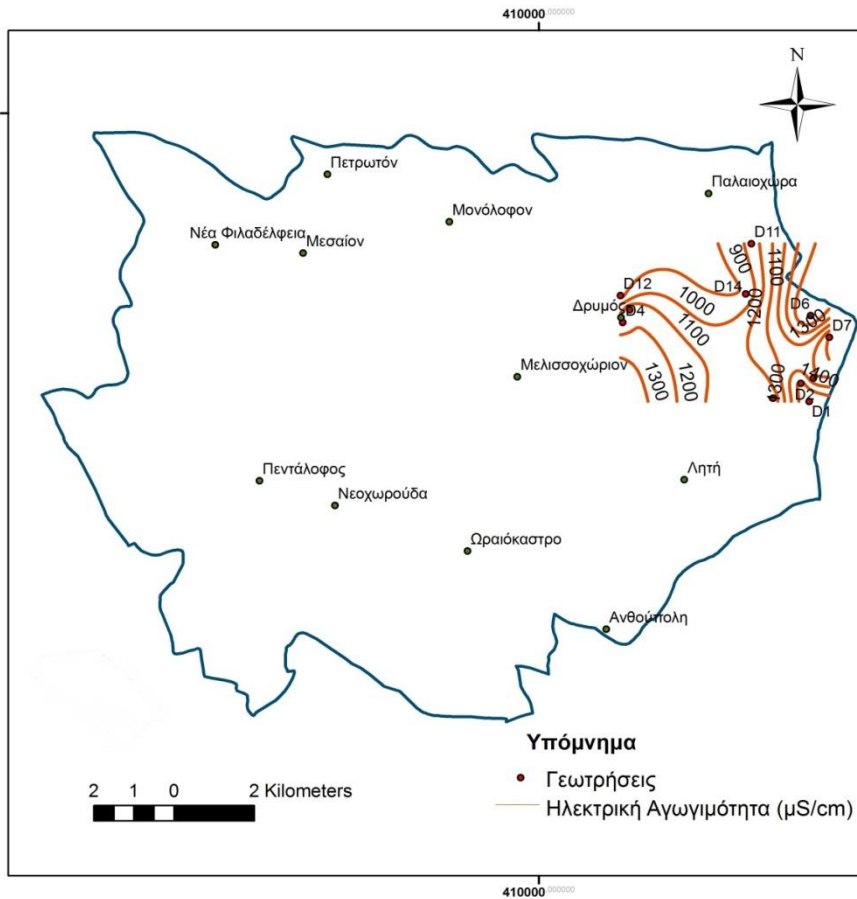
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) αποτελεί μια πολύ σημαντική φυσικοχημική παράμετρος. Μονάδα μέτρησης της είναι τα  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης των ιόντων στο νερό και συνδέεται με την θερμοκρασία, καθώς αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Λαμπράκης 1991, J.W. Lloyd 1985).

Οι τιμές της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας κυμαίνονται από  $870\mu\text{S}/\text{cm}$  έως  $1596\mu\text{S}/\text{cm}$  με μέση τιμή  $1184\mu\text{S}/\text{cm}$ . Στο Πίνακα 8. δίνονται οι τιμές (EC) σε κάθε γεώτρηση, στα Σχήμα 21 και Σχήμα 22 δίνεται η χωρική κατανομή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε γεώτρηση. Συγκριτικά με το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας για το πόσιμο νερό, που ανέρχεται στα  $400\mu\text{S}/\text{cm}$  τα αποτελέσματα των μετρήσεων δείχνουν πως στο σύνολο τους τα δείγματα παρουσιάζουν υψηλές τιμές. Χαμηλότερες τιμές παρουσιάζονται Βόρειο-Δυτικά της περιοχής μελέτης κοντά στο πολεοδομικό συγκρότημα της κοινότητας Δρυμού, ενώ Νότιο-Ανάτολικά παρατηρείται αύξηση των τιμών, κυρίως λόγω της εντονότερης γεωργικής δραστηριότητας. Στο Σχήμα 23 απεικονίζεται η Ηλεκτρική Αγωγιμότητα σε ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) σε κάθε γεώτρηση.

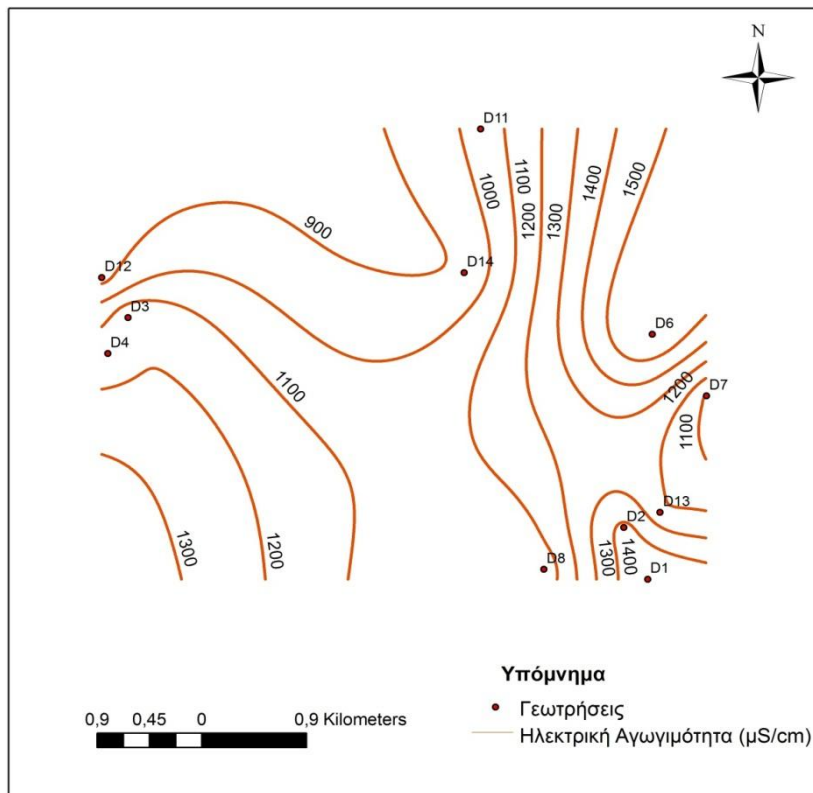
Και εδώ στον σχεδιασμό των διαγραμμάτων της χωρικής κατανομής (EC) και για τον σχεδιασμό των raster αρχείων στο GIS, μπόκαν σαν όρια η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή των μετρήσεων.

| Κωδ. δείγματος                 | D8   | D2   | D12 | D7   | D11  | D1   | D13  | D14 | D6   | D4   | D3   |
|--------------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 1044 | 1420 | 870 | 1088 | 1047 | 1479 | 1221 | 926 | 1596 | 1147 | 1186 |

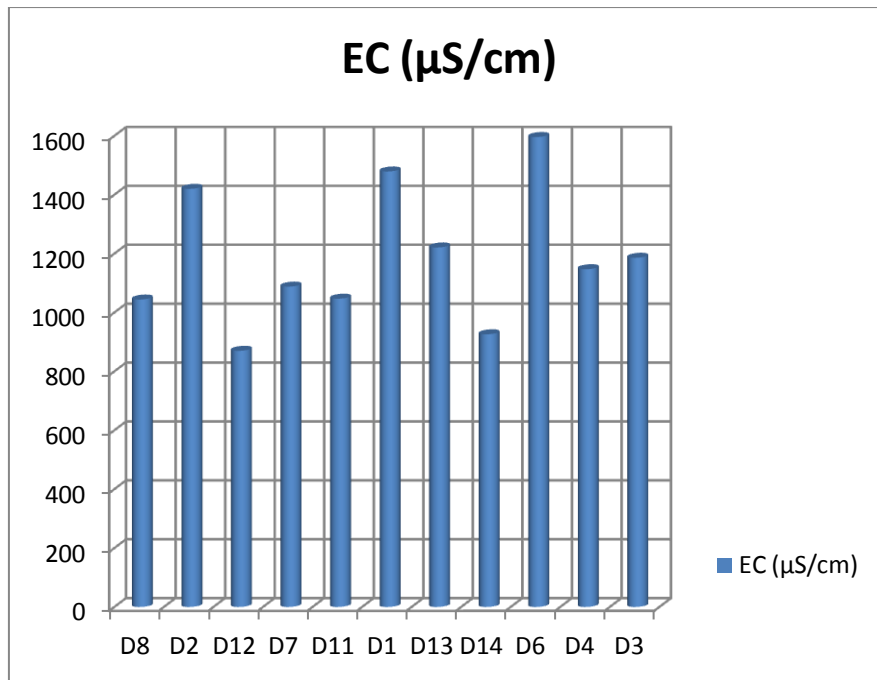
Πίνακας 8. Τιμές (EC) σε κάθε γεώτρηση ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



Σχήμα 21. Χωρική κατανομή (EC) στον Δήμο Ωραιόκαστρο.



Σχήμα 1. Χωρική κατανομή (EC).



Σχήμα 23. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα ανά γεώτρηση.

#### 4.6 Συνολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS)

Το σύνολο των διαλυμένων αλάτων TDS (Total Dissolved Solids) είναι η συνολική συγκέντρωση διαλυμένων στο νερό αλάτων χωρίς να περιλαμβάνει τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κολλοειδή και τα διαλυμένα αέρια. Μονάδα μέτρησης της είναι τα mg/lit. Το (TDS) χρησιμοποιείται ως δείκτης μεταλλικότητας των νερών και η τιμή του αυξάνει με το χρόνο παραμονής των υπογείων νερών στο υπέδαφος καθώς και το μήκος της διαδρομής που έχουν διανύσει (Σούλιος et al 2001). Σύμφωνα με την ταξινόμηση του Davis-DeWiest για τα υπόγεια νερά με βάση την τιμή του (TDS) τα νερά κατατάσσονται σε (Πίνακας 9.):

| Ταξινόμηση (TDS) κατά Davis-DeWiest 1966 |                             |
|--|-----------------------------|
| Γλυκά                                    | TDS < 1.000 mg/lit          |
| Υφάλμυρα                                 | TDS 1.000 – 10.000 mg/lit   |
| Αλμυρά                                   | TDS 10.000 – 100.000 mg/lit |
| Υπεράλμυρα                               | TDS > 100.000 mg/lit        |

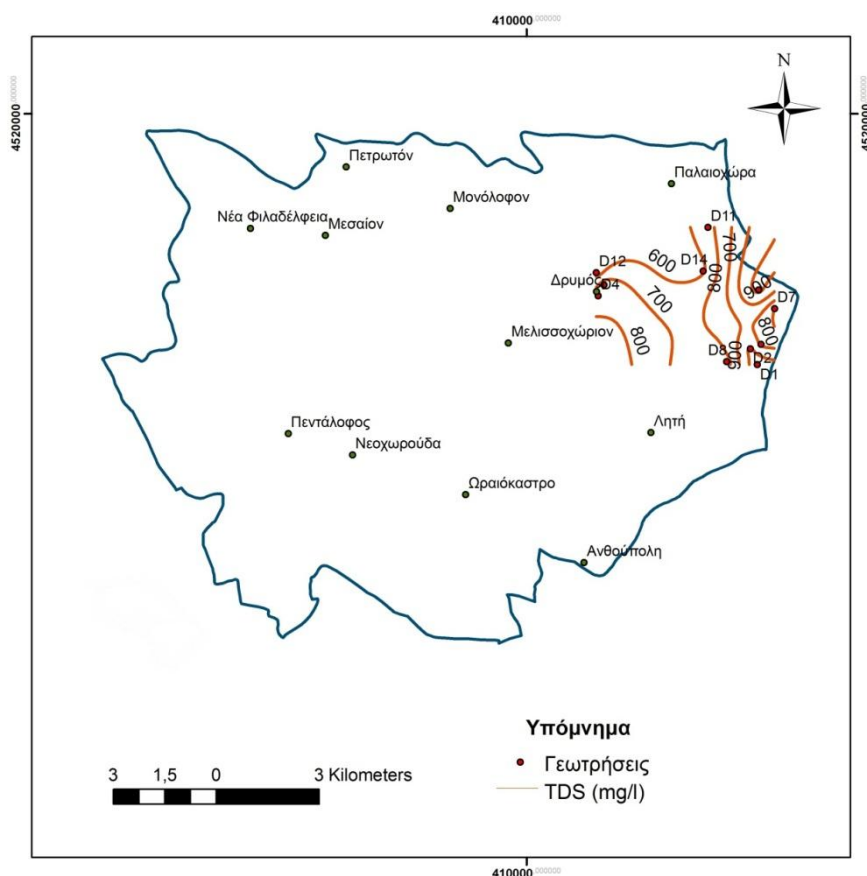
Πίνακας 9. Κατάταξη TDS κατά Davis-DeWiest.

Στον Πίνακα 10. Δίνονται οι τιμές των Συνολικών Διαλυμένων Στερεών για κάθε γεώτρηση.

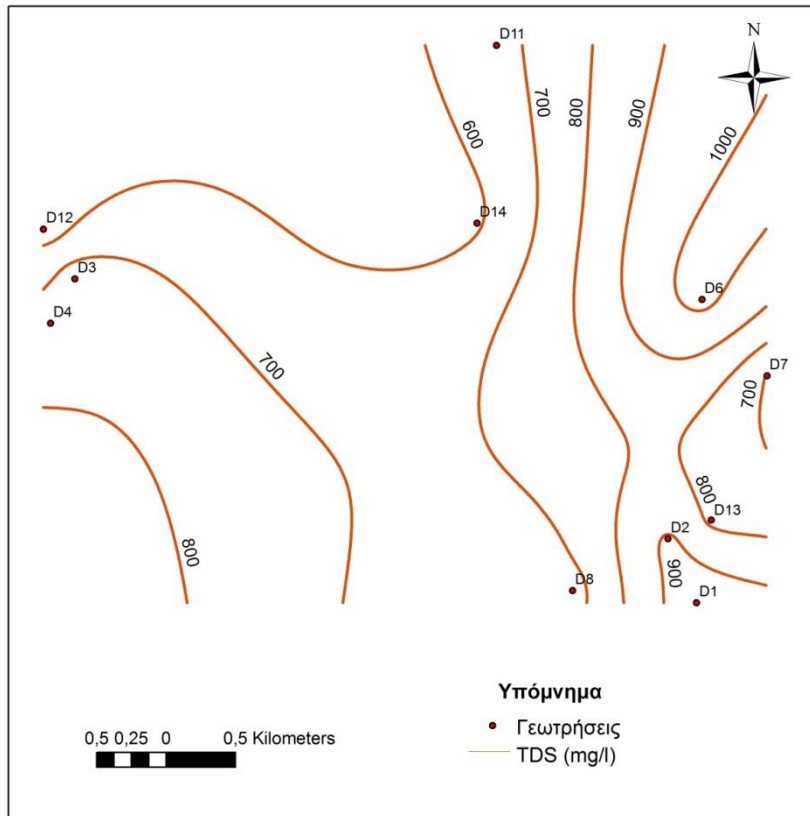
| Κωδ. δείγματος | D8  | D2  | D12 | D7  | D11 | D1  | D13 | D14 | D6   | D4  | D3  |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| TDS            | 668 | 908 | 557 | 696 | 670 | 945 | 780 | 592 | 1017 | 730 | 756 |

Πίνακας 10. Τιμές (TDS) σε κάθε γεώτρηση (mg/lit).

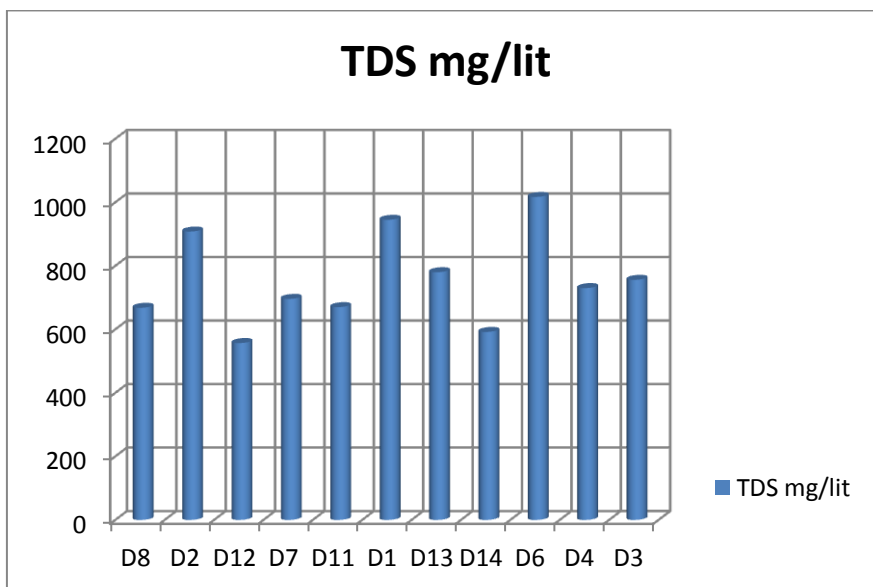
Οι μετρήσεις των Διαλυμένων Στερεών (TDS) στα δείγματα παρουσιάζουν τιμές που κυμαίνονται από 557 mg/lit (D12) έως 1017 mg/lit (D6) με μέση τιμή 756,27 mg/lit κατατάσσοντας το νερό στην κατηγορία του γλυκού νερού σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Davis-DeWiest. Μόνη εξαίρεση αποτελούν τα νερά της γεώτρησης D6 (1017mg/lit) στο Ανατολικότερο τμήμα της περιοχής μελέτης όπου κατατάσσονται στην κατηγορία των υφάλμυρων. Στα Σχήμα 24 και Σχήμα 25 παριστάνεται η χωρική κατανομή του (TDS). Υψηλότερες τιμές TDS παρατηρούνται προς τα Ανατολικά της περιοχής μελέτης στο πιο πεδινό τμήμα της, όπου αποτελεί την περιοχή με την εντονότερη αγροτική δραστηριότητα. Αυτό συνεπάγεται επιβάρυνση των υδάτων από λιπάσματα και φυτοφάρμακα και με την άρδευση μεταφέρονται άλατα στην ακόρεστη ζώνη των υπογείων υδάτων. Οι αυξημένες ποσότητες των αλάτων αυτών, ανάλογα με την φύση τους και την συγκέντρωσή τους μπορεί να είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία. Στα δυτικά και βόρειο-δυτικά της περιοχής μελέτης, όπου τα υπόγεια ύδατα επηρεάζονται περισσότερο από τα οικιακά απόβλητα (βόθροι), οι τιμές είναι υψηλές αλλά χαμηλότερες συγκριτικά από αυτές που παρουσιάζουν τα νερά στην ανατολική πλευρά. Στο Σχήμα 26. παριστάνονται τα συνολικά διαλυμένα στερεά σε (mg/lit) ανά γεώτρηση. Πρέπει να αναφερθεί και εδώ πως κατά τον σχεδιασμό των διαγραμμάτων χωρικής κατανομής TDS και για τον σχεδιασμό των raster αρχείων στο GIS, μπήκαν σαν όρια η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή των μετρήσεων.



Σχήμα 24. Χωρική κατανομή του δείκτη TDS στον Δήμο Ωραιοκάστρου.



Σχήμα 25. Χωρική κατανομή του δείκτη (TDS).



Σχήμα 26. Συνολικά διαλυμένα Στερεά ανά γεώτρηση.

## 4.7 Νιτρικά ιόντα

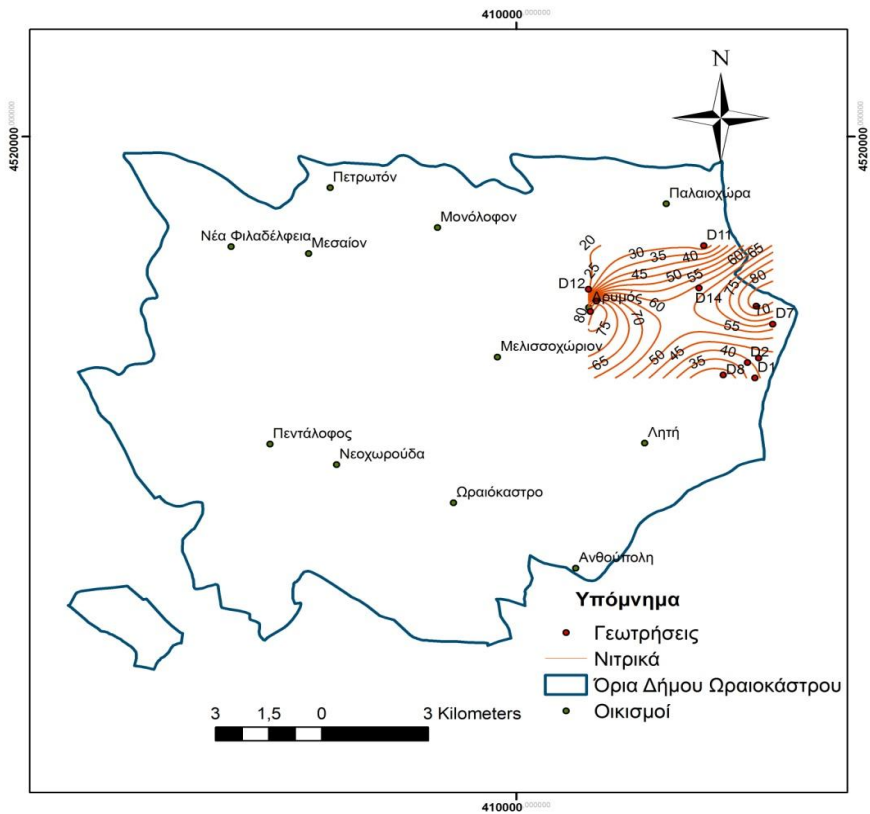
Τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ), όπως αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 3, είναι το τελικό προϊόν της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή και προηγούμενης χρήσης του νερού από τον άνθρωπο (Βουδούρης 2009). Μονάδα μέτρησης της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) στο νερό είναι τα mg/lit.

Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στα υπόγεια νερά της περιοχής που μελετήθηκε κυμαίνεται από 19,36 mg/lit έως 88,58 mg/lit. Η μέση τιμή διαμορφώνεται στα 52,412 mg/lit ενώ η διάμεσος στα 47,37 mg/lit. Στον Πίνακα 11. δίνεται η συγκέντρωση ( $\text{NO}_3^-$ ) ανά γεώτρηση. Στα περισσότερα δείγματα παρατηρείται τιμή πάνω από το συνιστώμενο όριο των 25 mg/lit που ορίζεται για το πόσιμο νερό. Μέγιστη συγκέντρωση παρατηρείται στη γεώτρηση D4 με τιμή (88,58 mg/lit) ενώ ελάχιστη στη γεώτρηση D12 με τιμή (19.32 mg/lit). Στα Σχήμα 27 και Σχήμα 28. δίνεται η χωρική κατανομή της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων. Γεωτρήσεις στις οποίες το ποσοστό συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων υπερβαίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (50 mg/lit) είναι οι D7 (63,066), D14(56,466), D6 (81,54), D4 (88,58), D3 (78,02) οι οποίες βρίσκονται σε περιοχές όπου υπάρχει εντονότερη αγροτική δραστηριότητα. Βόρεια του πολεοδομικού συγκροτήματος της κοινότητας Δρυμού, εκεί που οι αγροτικές δραστηριότητες δεν είναι έντονες, αλλά και η περιοχή είναι πιο αραιοκατοικημένη συγκριτικά με το κεντρικό και νότιο-ανατολικό κομμάτι του συγκροτήματος, οι τιμές της συγκέντρωσης είναι χαμηλότερες. Στην υπόλοιπη περιοχή μελέτης οι διαφοροποιήσεις στις συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) που παρατηρούνται, οφείλονται καθαρά στο μεταβλητό και τυχαίο ρυθμό διάθεσης των λιπασμάτων. Πρέπει να σημειωθεί πως στην κοινότητα Δρυμού μέχρι το 2012 δεν υπήρχε ενιαίο δίκτυο αποχέτευσης και η συλλογή των οικιακών λυμάτων γινόταν σε υπόγειες δεξαμενές (βόθρους), ενώ οσον αφορά στις καλλιέργειες δεν υπήρξε ένας προγραμματισμός ορθολογικής χρήσης των λιπασμάτων. Στο Σχήμα 29 παριστάνεται η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) ανά γεώτρηση.

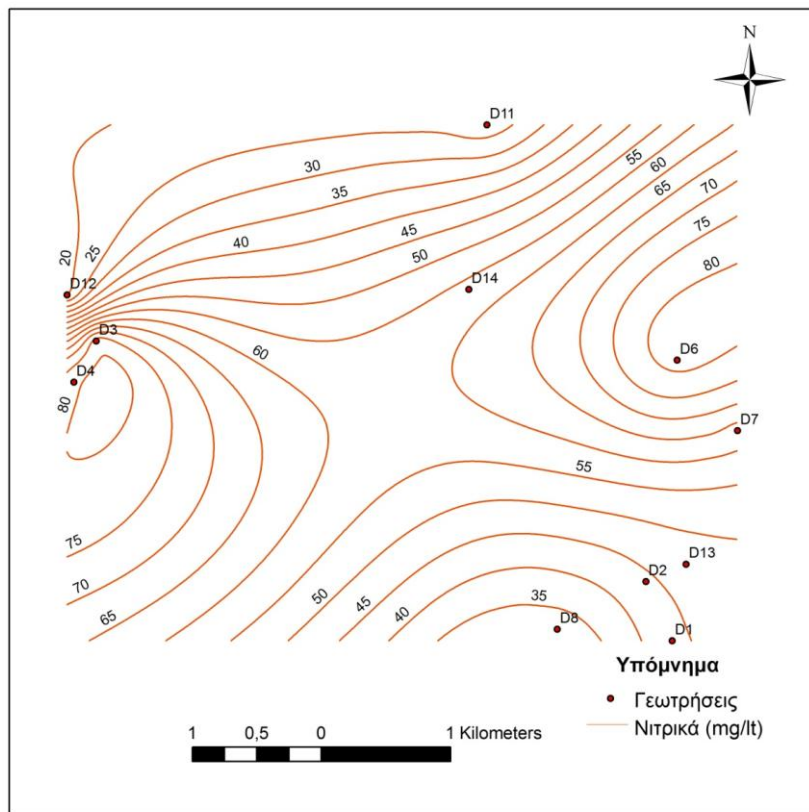
| Αρ. δείγμα      | D8    | D2 | D12   | D7     | D11   | D1    | D13   | D14   | D6    | D4    | D3    |
|-----------------|-------|----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\text{NO}_3^-$ | 32,14 | 44 | 19,36 | 63,066 | 22,58 | 43,41 | 47,37 | 56,46 | 81,54 | 88,58 | 78.02 |

Πίνακας 11. Συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ανά γεώτρηση (mg/lit)

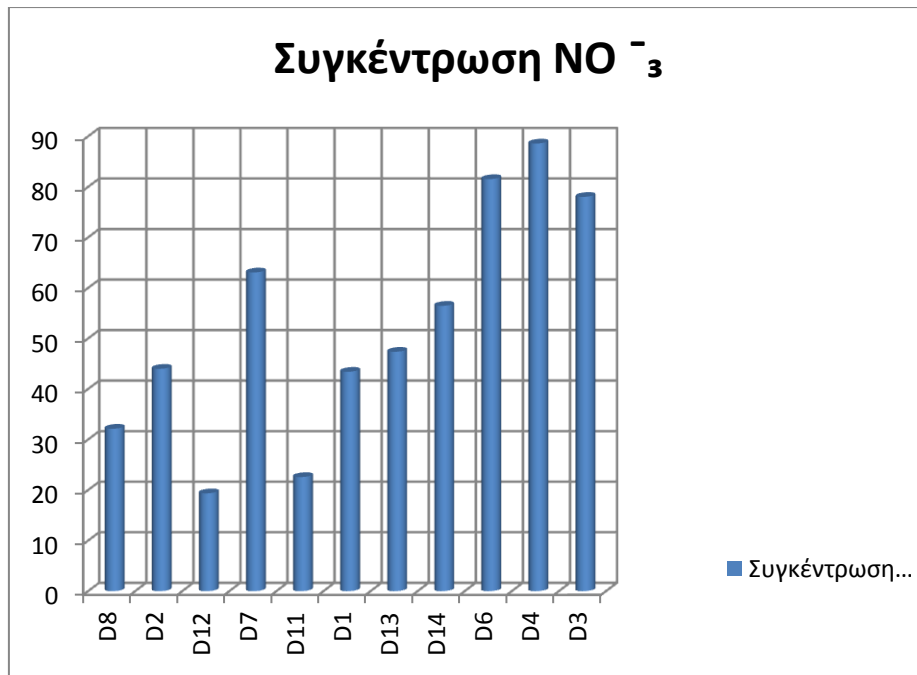




Σχήμα 27. Κατανομή των νιτρικών ιόντων στον Δήμο Ωραιοκάστρου (mg/l).



Σχήμα 28. Κατανομή νιτρικών ιόντων σε κλίμακα περιοχής μελέτης.



Σχήμα 29. Συγκέντρωση Νιτρικών ιόντων ανά γεώτρηση (mg/lit).

Κατά τον σχεδιασμό των διαγραμμάτων χωρικής κατανομής των νιτρικών ιόντων και για τον σχεδιασμό των raster αρχείων στο GIS, μπόκαν σαν όρια η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή των μετρήσεων.

## **5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

### **Συμπεράσματα**

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά ποιότητας των υπογείων νερών της ευρύτερης περιοχής του Δρυμού Θεσσαλονίκης. Στα υπόγεια ύδατα προσδιορίστηκαν η ενεργός οξύτητα (pH), η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), τα συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS), καθώς πραγματοποιήθηκε διερεύνηση της περιεκτικότητας των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ).

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν συνοψίζονται παρακάτω.

- Τα υπόγεια νερά προέρχονται από συστήματα υδροφόρων τα οποία στο σύνολο τους παρουσιάζουν ομοιογένεια ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους.
- Η ενεργός οξύτητα (pH) των νερών παρουσιάζει ουδέτερες τιμές (κοντά στο 7), ενώ παρατηρείται αύξηση των τιμών προς τα Νότιο-Ανατολικά της περιοχής που μελετήθηκε.
- Από την ερμηνεία των χαρτών χωρικής κατανομής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) του υπογείου νερού που συντάχθηκαν, παρατηρούνται τιμές αρκετά πάνω από το συνιστώμενο για το πόσιμο νερό επίπεδο (400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Η υψηλότερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας που μετρήθηκε είναι τα 1596  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ενώ παρατηρείται μια αύξηση των τιμών προς τα Νότιο-Ανατολικά της περιοχής μελέτης που οφείλεται στις εντονότερες αγροτικές δραστηριότητες.
- Τα συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS) των υπογείων νερών παρουσιάζουν τιμές που κατατάσσουν το μεγαλύτερο μέρος των νερών στην κατηγορία των γλυκών νερών με μόνη εξαίρεση τα νερά μιας γεώτρησης στο Ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης που τα κατατάσσει στην κατηγορία των υφάλμυρων (ταξινόμηση κατά Davis-DeWiest). Ωστόσο οι τιμές τους βρίσκονται σε αρκετά μεγάλο επίπεδο. Αυξημένες τιμές TDS παρατηρούνται προς τα Ανατολικά της περιοχής μελέτης στο πιο πεδινό τμήμα της, όπου αποτελεί την περιοχή με την εντονότερη αγροτική δραστηριότητα, εκεί όπου υπάρχει επιβάρυνση των υδάτων από λιπάσματα και φυτοφάρμακα και που με την άρδευση μεταφέρονται άλατα στην ακόρεστη ζώνη των υπογείων υδροφορέων..
- Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων βρέθηκαν σε αρκετά από τα δείγματα. Οι τιμές στο σύνολο τους είναι πάνω από το συνιστώμενο για το πόσιμο νερό όριο με εξαίρεση τα νερά μιας γεώτρησης Βόρειο-Δυτικά της περιοχής μελέτης εκεί που η αγροτικές δραστηριότητες είναι περιορισμένες και η επιβάρυνση από οικιακά λύματα είναι μικρή. Η υψηλότερη τιμή που μετρήθηκε είναι τα 88,58 mg/lit. Οι αυξημένες τιμές των νιτρικών αποδίδονται σε γεωργική δραστηριότητα και κυρίως στην ανεξέλεγκτη λίπανση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, καθώς και στα οικιακά απόβλητα, αφού έως το 2012 δεν υπήρχε ενιαίο αποχετευτικό σύστημα και στις καλλιέργειες δεν υπήρξε ένας προγραμματισμός ορθολογικής χρήσης των λιπασμάτων.

Συμπερασματικά, προκύπτει πως μεγαλύτερη ποιοτική υποβάθμιση, υπόκεινται τα υπόγεια ύδατα στο Ανατολικό και Νότιο-Ανατολικό τμήμα της περιοχής που μελετήθηκε. Αυτό συμβαίνει λόγω της εντονότερης αγροτικής δραστηριότητας στο τμήμα αυτό. Στην άλλη πλευρά της εξεταζόμενης περιοχής (Δυτικό και Βόρειο-Δυτικό τμήμα), εκεί όπου είναι

εντονότερες οι αστικές δραστηριότητες, η υποβάθμιση της ποιότητας των υπογείων νερών είναι συγκριτικά μικρότερη. Άρα κύρια πηγή ρύπανσης των υπόγειων υδάτων της περιοχής αποτελούν οι αγροτικές δραστηριότητες (διάχυτη πηγή), χωρίς ωστόσο να παύει να αποτελεί κίνδυνο η ανεξέλεγκτη και χωρίς προγραμματισμό διάθεση των αστικών αποβλήτων.

Κρίνεται επιτακτική η εφαρμογή του Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη και χωρίς συνέπειες εκμετάλλευση των υδατικών πόρων. Πιο συγκεκριμένα προτείνεται να δοθούν κίνητρα για τη συμμόρφωση στην οδηγία, ενώ ταυτόχρονα να εντατικοποιηθούν οι έλεγχοι για την ορθή εφαρμογή της. Τέλος σημαντική είναι η συστηματική και συνεχής παρακολούθηση της ποιότητας των υπογείων νερών.

## **6° ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

### **Φωτογραφίες**



Εικόνα 1. Φιάλες πολυαιθυλενίουγια συλλογή δείγματος



Εικόνα 2. Φορητό pH-μέτρο/αγωγιμόμετρο (CRISON MM40)





Εικόνα 3.Φασματοφωτόμετρο της Hach® (DR/2000)



Εικόνα 4. Αλλαγή χρώματος στο δείγμα μετά την ανάμειξη με το αντιδραστήριο





Εικόνα 5. Εικόνα από υδρογεώτρηση μελέτης.

## 7. Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Daskalaki P., Voudouris K. (2007) Groundwater quality of porous aquifer in Greece: a synoptic review

Goodchild, R. G. (1998) EU Policies for the reduction of nitrogen in water: the example of the Nitrates Directive. *Environmental Pollution*, 102, 737-740.

Juergens – Gschwind S. (1989) Groundwater nitrates in other developed countries (Europe)-Relationships to land use patterns. In follet nitrogen management and groundwater protection, developments in agricultural and managed forest ecology. Elsevier, Amsterdam – Oxford – N. York

Kockel F., Mollat H., Antoniadis D., Ioannidis K. (1979) Geological map of Greece, Lachanas sheet. IGMR, Athens, Greece

Kockel F., Ioannidis K. (1979) Geological map of Greece, Kilkis sheet. IGMR, Athens, Greece

Kockel F., Mollat H., Walter H., (1971) Geologie des Serbomazedonischen massivs und seines mesozoischen Rahmens (Nordgriechenland)

Kockel F., Mollat H., Walter H. (1971) Geologie des Serbomazedonischen Massivs central (Greece)

Kockel F., Walter H. (1965) Die Strymonline als Grenze zwischen Serbomakedonischen and Rilla-Rhadope massiv in Ost-Mazedonian.

Mercier J. (1966) Styde geologique des zones internes de Hellenides en Macedoine centrale (Greece)

Mercier J. (1966) Sur l' existence de l' age de deux phases regionales de metamorphisme alpin dans les zones internes de Hellenides en Macedonie centrale Greece

Sharma M.I., Heme D.E., Byrne J.D., Kin G. (1996) Nutrient discharge beneath urban lawns to a sandy coastal aquifer, Perth. Western Austria, Hydrogeology Journal 4.

Tranos M., Kiliass A., (1999) Geometry and kinematics of the tertiary post-metamorphic circum Rhodope belt thrust system Northern Greece

US Environment Protection Agency (2000) Nutrient Criteria, Technical Guidance Manual: Rivers and Streams. Washington, DC

Wong JWC., Chan CWY., Cheung KC. (1998) Nitrogen and phosphorus leaching from fertilizer applied on golf course lysimeter study. Water Air Soil Pollut

World Health Organization (2008) Guidelines for drinking-water quality. Geneva, World Health Organization.

## Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Αλεξανδρής Χ. (2005) Διαχρονική πορεία της ρύπανσης των υπογείων υδάτων αγροτικών περιοχών των νομών Κιλίκης και Θεσσαλονίκης από τα νιτρικά ιόντα γεωργικής προέλευσης. Τεχνολογίας Περιβάλλοντος Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Αντωνόπουλος Β. (2010) Υδραυλική περιβάλλοντος και ποιότητα επιφανειακών υδάτων. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Βουδούρης Κ. (2009) Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ. 101

Βουτσά Δ. (1993) Μελέτη και χαρακτηρισμός των υπογείων νερών της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης.

Ζαλίδης (1999) Ρύπανση και υποβάθμιση εδαφών. Τμήμα εκδόσεων ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Ζεϊμπέκης Α. (2004) Διαχείριση των υδατικών πόρων της υπολεκάνης Βόλβης. Μεταπτυχιακή διατριβή τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΑΠΘ.

Καλλέργης (2000) Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Αθήνα

ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (2001) Ποιότητα νερού ανθρώπινης προέλευσης

ΚΥΑ 19652/1906/5-8-1999 (1999) Προσδιορισμός των νερών που υφίστανται ρύπανση γεωργικής προέλευσης

Μάττας Χ.(2009) Υδρογεωλογική έρευνα στη λεκάνη του Γαλλικού ποταμού

Μελαδιώτης Ι. (1984) Γεωλογική μελέτη του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών και Γαλλικού όπου αναπτύσσονται εκμεταλλεύσιμοι υπόγειοι υδροφορείς. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ.

Μιχαλέου Φ. (2008) Ψηφιακή παρουσίαση του Άτλαντα ορυκτών πρώτων υλών Κ. Μακεδονίας και της βάσης δεδομένων των Ε. Διακάκη – Π. Στεφανίδη. Ελληνική Γεωγραφία, Περιοδική Έκδοση του ΙΓΜΕ τεύχος 4 & 5.

Μουντράκης Δ. (1985) Γεωλογία της Ελλάδος. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Σάββα Δ. (2000) Θρέψη των φυτών. ΤΕΙ Ηπείρου

Σούλιος Γ., Ζαγγάνα Ε. Κακλής Τ., Οικονομίδης Δ., (2001) Υδροχημικά χαρακτηριστικά υπογείων και επιφανειακών νερών της λεκάνης του άνω ρου του Αλιάκμωνα. Πρακτικά 9<sup>ου</sup> Συνεδρίου, Αθήνα, σελ. 1959-1966.

ΦΕΚ Β 477/6-4-2000 (2000) Κώδικας Ορθής Γεωργικής Πρακτικής για την προστασία των νερών από νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης

## **Διευθύνσεις από διαδίκτυο**

<http://www.atsdr.cdc.gov/sem/nitrate/no3cover.html> Accesed 10.9.14

<http://www.statistics.gr> Accesed 5.10.14

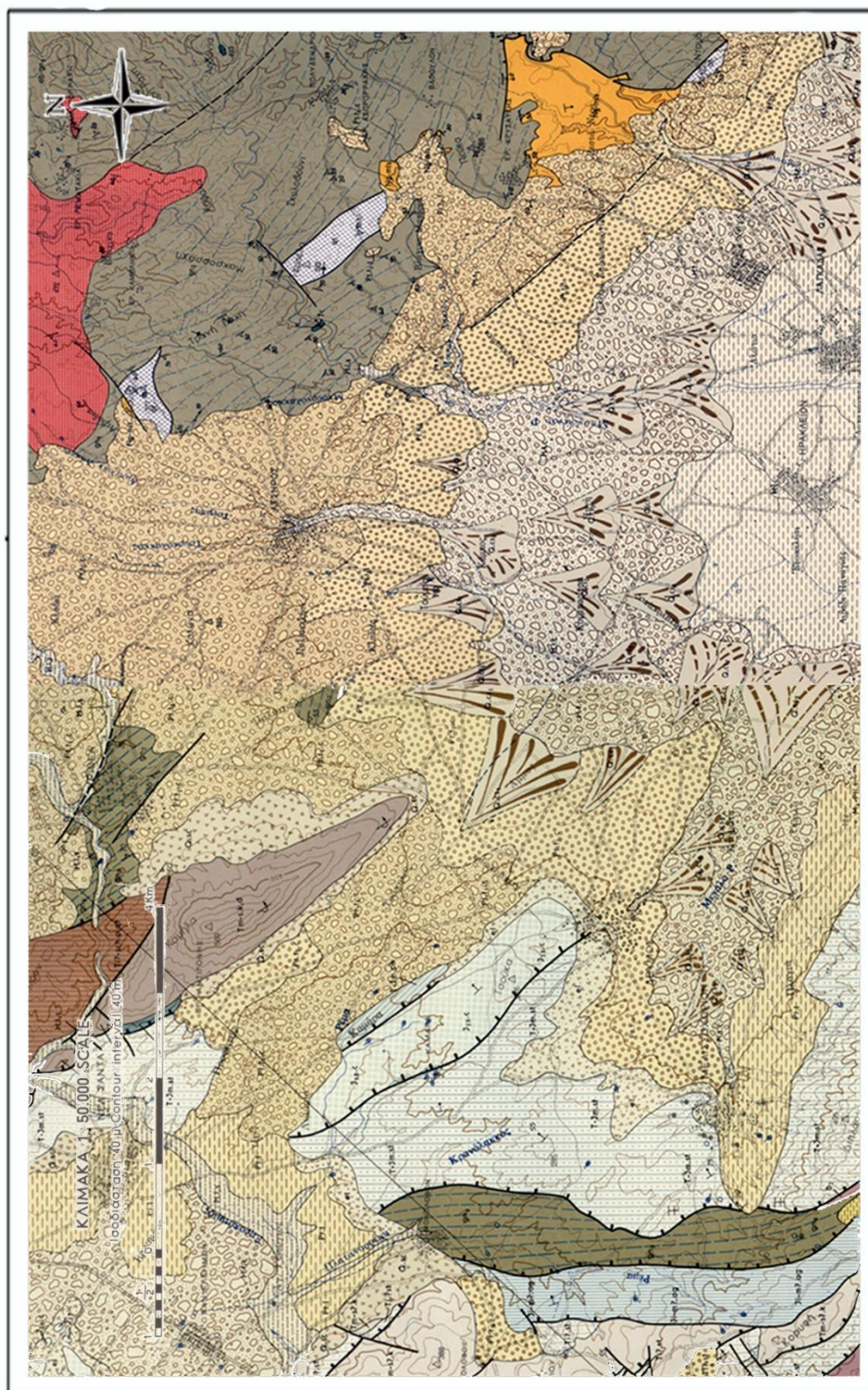
GoogleEarth <http://www.google.com/earth.gr> Accesed 7.9.14

Geodata.gov.gr <http://www.geodatagov.gr> Accesed 5.10.14

<http://www.penteli.meteo.gr/station /lagadas> Accesed 7.6.12



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Σχήμα 30. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής (IGME, Φύλλο Κιλκίς και Λαχανά).

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

### **ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ**

#### **ΟΛΟΚΑΙΝΟ**



Προσχώσεις κοιλάδων.



Ελουβιακός μανδύας.



Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων.

#### **ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ**



Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων



Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων



Ερυθρές άργιλοι

#### **ΝΕΟΓΕΝΕΣ**



Μολάσσα του Λαγκαδρα

#### **ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ**



Πλευρικά κορήματα



Ριπίδια προσχώσεων

#### **ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ – ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ**



Σειρά ερυθρών αργίλων

#### **ΕΝΩΤΗΤΑ ΑΣΠΡΗΣ ΒΡΥΣΗΣ – ΧΩΡΤΙΑΤΗ**

#### **ΚΑΤΩΤΕΡΟ – ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ**



Αμμούχοι αργιλικού σχιστόλιθου

#### **ΜΕΣΟ – ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ**



Ασβεστόλιθος

#### **ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ**



Ψαμμίτες

#### **ΕΝΩΤΗΤΑ ΝΤΕΒΕ ΚΟΡΑΝ – ΔΟΥΜΠΙΩΝ**

#### **ΚΑΤΩΤΕΡΟ – ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ**



Ασβεστόλιθος K-M Ιουρατικού ενότητας Ντεβέ Κοράν - Δουμπιά

#### **ΜΕΣΟ – ΑΝΩ ΤΡΙΑΔΙΚΟ**



Ασβεστόλιθος M-ΑΤριαδικού ενότητας Ντεβέ Κοράν - Δουμπιά

#### **ΚΑΤΩ ΤΡΙΑΔΙΚΟ**

#### **ΗΦΑΙΣΤΕΙΟ-ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗΣ ΣΕΙΡΑ**



Χαλαζίτες

#### **ΜΕΤΑΪΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ**

#### **ΤΡΙΑΔΙΚΟ – ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ**

#### **ΟΜΑΔΑ ΣΒΟΥΛΑΣ**



Ασβεστικός φλύσχος



Φυλλίτες

#### **ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ**

#### **ΠΕΡΜΙΟ - ΚΑΤ. ΤΡΙΑΔΙΚΟ**

#### **ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΞΑΜΙΛΙΟΥ**



Χαλαζίτες Εξαμιλίου

#### **ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ**

#### **ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΒΕΡΤΙΚΟΥ**



Διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι

#### **ΕΚΡΗΞΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ**

#### **ΧΩΡΙΣ ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑ**

#### **ΜΕΣΟΖΩΙΚΟΣ**



Γάββρος



Δημαρμαρυγικός και βιοτιτικός γρανίτης (τύπου Αρναίας)

|   |           |
|---|-----------|
| Γεωλογικό όριο  | -----     |
| Γεωλογικό όριο, πιθανό ή καλαμμένο  | - - - - - |
| Όριο μεταμορφωμένων σχηματισμών. (Κατά προσέγγιση όριο των εκρηγνυμένων πετρωμάτων που εισέρχουν στο μεταίζημα) | -----     |
| Άλλος, δευτερεύουσας κλίσης, με ένδειξη της θέσεώς του  | →→ 20     |
| Οριζόντιος θρόνος δευτερεύουσας κλίσης  | →→→       |
| Ρήγμα   | -----     |
| Ρήγμα πιθανό ή καλαμμένο  | - - - - - |
| Έκταση  | -----     |
| Παρόεξη στρωμάτων   | ↘ 20      |
| Παρόεξη στρωμάτων κατά έκταση   | ↘         |
| Παρόεξη α- έκτασης  | ↘ 20      |
| Κατακόρυφα α- έκτασης   | ↕         |
| Προσμεταλλικός σχιστόλιθος μεταμορφωμένων πετρωμάτων  | -----     |
| Έκταση μεταλλεύματος  | -----     |
| Σελκρίτης   | Zn        |
| Άμιαντος  | Am        |
| Τάλκης  | Tc        |
| Μαργαρίτης  | Mt        |