



ΑΛΜΠΑΝΙΔΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΞΙΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2018



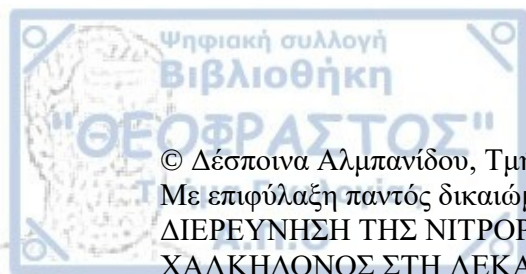


ΑΛΜΠΑΝΙΔΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5077

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΥΠΙΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ
ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΞΙΟΥ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέα Εφαρμοσμένης Γεωλογίας,
Εργαστήριο Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων Καθηγητής
Αναπληρωτής Καθηγητής Κωνσταντίνος Βουδούρης



© Δέσποινα Αλμπανίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ
ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΞΙΟΥ

Διπλωματική Εργασία

© Despoina Almpanidou, School of Geology, Dept. of Applied Geology, 2018

All rights reserved.

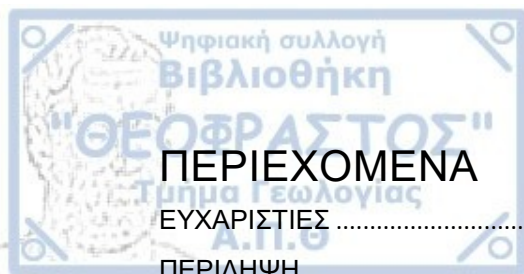
INVESTIGATION OF NITRATE POLLUTION OF GROUNDWATER AT THE
MUNICIPALITY OF CHALKIDONA IN THE AXIOS RIVER BASIN

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: Παλαιά γέφυρα του Αξιού ποταμού



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	9
1.1 Γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής	9
1.2 Μορφολογία	10
1.3 Δημογραφικά στοιχεία	12
1.4 Οικονομικά στοιχεία	13
1.5 Χρήσεις γης	15
1.6 Κλιματικές συνθήκες	16
1.7 Οικοσυστήματα	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ – ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	21
2.1. Γεωλογία	21
2.2. Στρωματογραφία	22
2.3 Τεκτονική	24
2.4 Υδρογεωλογία	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ – ΚΥΚΛΟΣ ΑΖΩΤΟΥ	31
3.1 Αζωτο και νιτρορύπανση	31
3.2 Κύκλος του αζώτου	32
3.3 Επιβάρυνση από ανθρώπινους παράγοντες	35
3.4 Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία	36
3.5 Νομοθετικό πλαίσιο	40
3.6 Κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής	42
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	44
4.1. Δειγματοληψία	44
4.2 Φασματοφωτομετρικές αναλύσεις	46
4.3 Ενεργός οξύτητα (pH)	48
4.4 Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)	50
4.5. Συνολικά διαλυμένα στερεά (T.D.S.)	52
4.6 Θερμοκρασία (T °C)	54
4.7 Νιτρικά ιόντα	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ- ΠΗΓΕΣ	61



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας είχα την ευκαιρία να μάθω νέα πράγματα που ξεφεύγουν από τα όρια της θεωρίας. Εφάρμοσα γνώσεις που είχα αποκτήσει από την ακαδημαϊκή μου πορεία αλλά και νέες οι οποίες προήλθαν κυρίως από την τριβή με ανθρώπους οι οποίοι ασχολούνται με το αντικείμενο της υδρογεωλογίας και των υδρογεωτρήσεων για πολλά χρόνια.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα αναπληρωτή καθηγητή κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο για την στήριξη και την παραχώρηση του εργαστηριακού εξοπλισμού.

Τον κ. Σπάχο Θωμά, υδρογεωλόγο της ΕΥΑΘ ο οποίος βοήθησε στην εκμάθηση του προγράμματος GIS, αλλά και την επίλυση οποιαδήποτε απορίας.

Τον κ. Μηλίδη Παναγιώτη, ηλεκτρολόγο της ΔΕΥΑΧ χάρη στον οποίο πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία.

Την Γιούλη Βενετσάνου για την βοήθειά της στις εργαστηριακές χημικές αναλύσεις.

Τους συμφοιτητές μου Σταύρο Γιαμαλή και Παραστατίδου Έλενα, οι οποίοι με βοήθησαν στη συλλογή των δειγμάτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι η εκτίμηση της νιτρορύπανσης στην λεκάνη του Αξιού και συγκεκριμένα στο τμήμα αυτής που βρίσκεται ο Δήμος Χαλκηδόνος. Η οικονομία του Δήμου βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον πρωτογενή τομέα παραγωγής. Τις τελευταίες δεκαετίες, παρουσιάστηκε το πρόβλημα ποιοτικής υποβάθμισης των υδάτων, η οποία εάν δεν αντιμετωπισθεί έγκαιρα μπορεί να οδηγήσει στον χαρακτηρισμό των υπόγειων υδάτων ως ακατάλληλα για χρήση, την ερημοποίηση των εδαφών και πολλών σοβαρών προβλημάτων υγείας στους οργανισμούς.

Για την ανάγκη της εργασίας πάρθηκαν 12 δείγματα από δημοτικές υδροληπτικές αλλά και ιδιωτικές αρδευτικές γεωτρήσεις στα οποία έγιναν επιτόπου δοκιμές αλλά και εργαστηριακές με σκοπό να καθοριστούν παράμετροι του νερού όπως τα νιτρικά ιόντα, η θερμοκρασία, το pH, η αγωγιμότητα και τα διαλυμένα στερεά.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται στοιχεία για την περιοχή μελέτης όπως ο πληθυσμός, οι χρήσεις γης, το κλίμα, η μορφολογία αλλά και τα οικοσυστήματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η γεωλογία και τεκτονική της περιοχής αλλά και το καθεστώς των υδρογεωλογικών συνθηκών.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον κύκλο του αζώτου και πως η διατάραξη αυτού έχει οδηγήσει σήμερα στο πρόβλημα της νιτρορύπανσης. Επιπλέον, αναλύεται και η υπάρχουσα νομοθεσία για την προστασία περιοχών που έχουν κηρυχθεί ευπρόσβλητες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η δειγματοληψία από γεωτρήσεις του Δήμου των οποίων το νερό προορίζεται για πόση, την διαδικασία των εργαστηριακών χημικών αναλύσεων αλλά και τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εκπόνηση της εργασίας και γίνονται προτάσεις για την ποιοτική προστασία των υπόγειων νερών της περιοχής.



ABSTRACT

The aim of this thesis is the estimation of the groundwater nitrate pollution in Axios basin and especially the area at the municipality of Chalkidona. The economy of the communities depends on the rural areas that face a lot of problems due to the downgrading of the water quality which can lead its declaration inappropriate for use, desertification of the soil and many serious health problems to organisms.

Water samples from 12 municipal and private boreholes were tested for the nitrate concentration, Total Dissolved Solids (TDS) as well as to estimate their pH, temperature and EC.

The first chapter lists general information about the study area such as the population, land use, climate, morphology and the ecosystems.

The second chapter describes the geological, tectonic and hydrological condition of the area.

The third chapter is mentions the nitrogen cycle and how its disturbance due to human elements has led to nitrate pollution. It is also described the legislation for the protection of the areas that have been declared as vulnerable.

The forth charter analyzes the sampling procedure, the on-site tests, the laboratory chemical analysis procedure and the results obtained.

The conclusions of the thesis are summarized and proposals for the protection of the drinking and irrigation water are made.

1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η περιοχή ανήκει στην περιοχή της πεδιάδας Γιαννιτσών - Θεσσαλονίκης της οποίας η επιφάνεια διαρκώς ταπεινώνεται εξαιτίας της συμπαγοποίησης όλων των χαλαρών ιζημάτων, της τεκτονικής αλλά και της χημικής αποσύνθεσης οργανικών υλικών. Επιπλέον, εντάσσεται και στην λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού ο οποίος παίζει καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση της περιοχής. Η ιζηματογένεση της οφείλεται στις προσχώσεις των ποταμών Αλιάκμονα, Αξιό, Λουδία και Γαλλικό, ενώ και η ανθρώπινη επέμβαση, με τη κατασκευή αποστραγγιστικών και εγγειοβελτιωτικών έργων για να εκτρέψει τις κοίτες ώστε να αποφευχθεί ένα πιθανό κλείσιμο του Θερμαϊκού κόλπου, έχουν συμβάλλει καθοριστικά στην σημερινή της κατάσταση (Αλμπανάκης κ.ά., 1993).

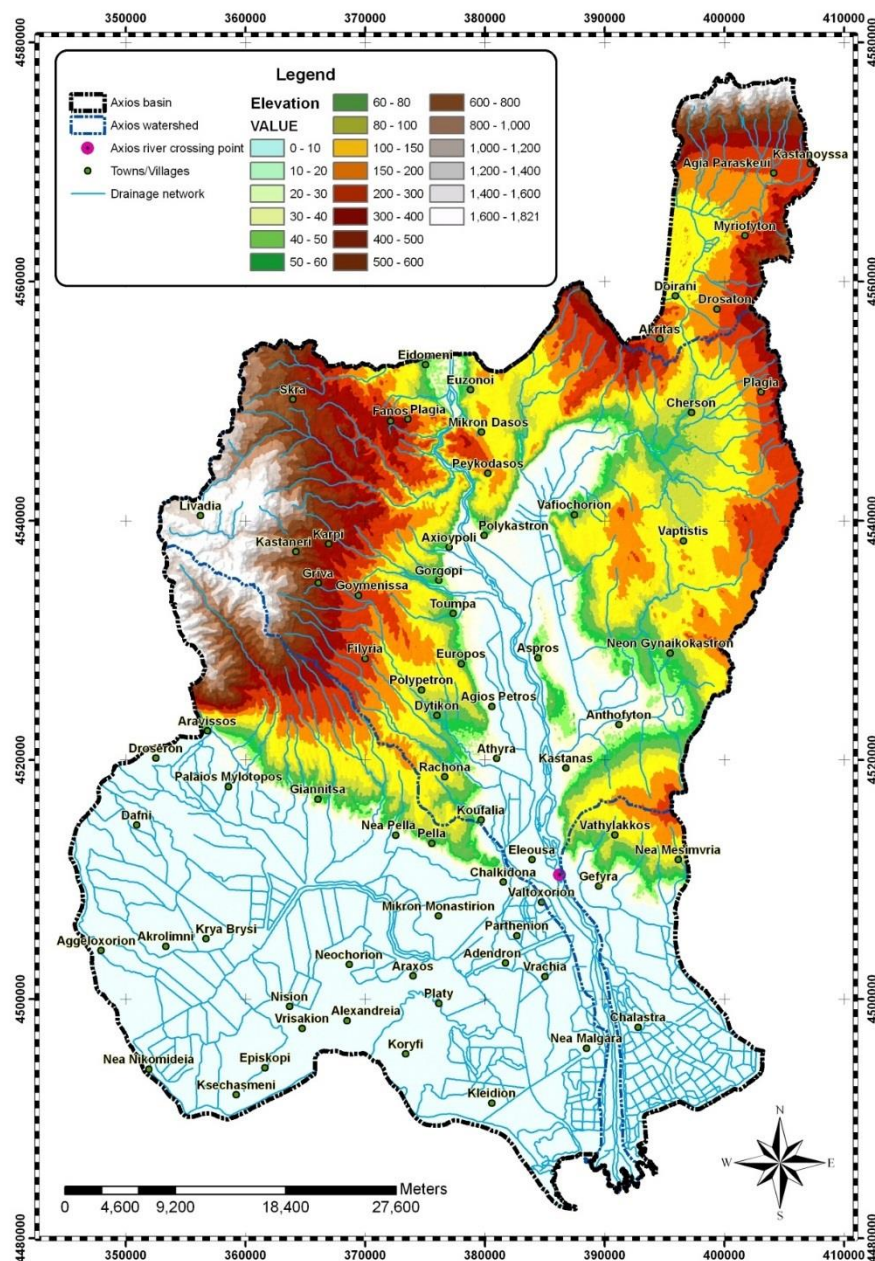
Η πεδιάδα οριοθετείται NNA από τις ακτές του Θερμαϊκού κόλπου και του κόλπου της Θεσσαλονίκης ενώ είναι περικυκλωμένη από ορεινούς όγκους στα Βόρεια και Δυτικά Ανατολικά από το Πάικο, Βέρμιο, Πιέρια, Χορτιάτη και διατηρεί τη μορφή ενός τεκτονικού βυθίσματος το οποίο χρονολογείται πως δημιουργήθηκε μεταξύ του Άνω Ολιγοκαίνου και του Κάτω Μειοκαίνου (Lalechos et al., 1977). Οι ορεινοί όγκοι που περιβάλλουν τη λεκάνη στα βόρεια την οριοθετούν με κανονικά ρήγματα με B-N και A-Δ διευθύνσεις.

Η περιοχή έχει αλλάξει ριζικά όψη τις τελευταίες δεκαετίες. Κυρίως έχει επηρεαστεί από την προσχωματική δράση των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα, Γαλλικού και Λουδία οι οποίοι σταδιακά πρόσχωσαν το Θερμαϊκό κόλπο και ανάγκασαν την υποχώρηση της θάλασσας παρά την καθοδική κίνηση του βυθίσματος εξαιτίας κατακόρυφων ευστατικών κινήσεων, Μητσόπουλος (1938), που θα υποδείκνυε μια περιοχή με συνεχή θαλάσσια ιζηματογένεση και όχι ποτάμια.

Εξαιτίας της διαδικασίας αυτής, σήμερα το ανατολικό τμήμα είναι μια περιοχή με ομαλό τοπογραφικό ανάγλυφο και πολύ μικρές υψομετρικές διαφορές σε σχέση με την επιφάνεια της θάλασσας και κακές συνθήκες αποστράγγισης που οφείλεται κυρίως στη δράση του ποταμού Αξιού. Τα υψόμετρα να κυμαίνονται από 0 έως 10 m σε απόσταση 28 Km από την ακτή και εξαιτίας της παραπάνω ιδιαιτερότητας η αποστράγγιση γίνεται δυσκολότερη, ενώ υπάρχουν και πολλά ρέματα (Σχήμα 1.3). Η λεκάνη απορροής του Αξιού φαίνεται μετά από αναλύσεις να βρίσκεται σε στάδιο προχωρημένης ωριμότητας, μαιανδρισμός και αναβαθμίδες, άρα τα υλικά που αποθέτει να είναι κυρίων λεπτόκοκκα και αποστρογγυλεμένα εξαιτίας της μικρής μεταφορικής ικανότητάς του (Μελαδιώτης, 1984).

Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Αξιού χαρακτηρίζεται ως σύνθετη με τα πολλά ρέματα να έχουν διαφορετικές μορφές μεταξύ τους. Τα

ρέματα πρώτου βαθμού βρίσκονται στο ορεινό ανάγλυφο της λεκάνης ενώ στο πεδινό η κατασκευή φράγματος και αποστραγγιστικών και αρδευτικών καναλιών έχει περιορίσει τον αριθμό των παραπόταμων. Μερικοί από τους σημαντικότερους κλάδους-ρέματα της λεκάνης είναι Αγιάκ, Μπαγιαλιτζά, ρέμα Λεβεντοχωρίου, Κοτζά ρέμα, Γοργοπής και άλλοι.



Σχήμα 1.3: Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης Αξιού ποταμού (Ελληνικό τμήμα) με το υδρογραφικό δίκτυο (πηγή www.geodata.gov.gr)

1.3 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Δήμος Χαλκηδόνος αποτελείτε από τις Δημοτικές ενότητες Αγίου Αθανασίου, Κουφαλίων και Χαλκηδόνος. Είναι ένας αραιοκατοικημένος δήμος με συνολικό πληθυσμό 33.510 κατοίκους και πυκνότητα πληθυσμού 92,06 κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο σε σύγκριση με την Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης που έχει μέση πυκνότητα πληθυσμού 301,49 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, Μανάκης (2015).

Στην ενότητα Αγίου Αθανασίου περιλαμβάνονται οι δημοτικές κοινότητες Αγίου Αθανασίου, Γέφυρας, Αγχιάλου, Μεσημβρίας, Ξηροχωρίου και Βαθυλάκου.

Η ενότητα Χαλκηδόνος περιέχει τις δημοτικές κοινότητες Χαλκηδόνος, Μικρού Μοναστηρίου, Αδένδρου, Βαλτοχωρίου, Ελεούσας και Παρθενίου.

Στην ενότητα Κουφαλίων εντάσσονται οι δημοτικές κοινότητες Κουφαλίων και Προχώματος.

Πίν. 1.1: Πληθυσμιακά στοιχεία (από το επιχειρησιακό πρόγραμμα 2015-2019 του Δήμου Χαλκηδόνος)

Απογραφή	Δ.Ε. Αγίου Αθανασίου	Δ.Ε. Χαλκηδόνος	Δ.Ε. Κουφαλίων	Σύνολο
1991	14.380	9.084	9.791	33.255
2001	14.387	10.001	10.757	33.145
2011	14.683	8.332	10.495	33.510

1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ύπαρξη του ποταμού Αξιού και τα εγγειοβελτιωτικά έργα που άρχισαν να υλοποιούνται μετά το 1925, βοήθησαν στην τόνωση του πρωτογενούς τομέα παραγωγής και πολλοί στράφηκαν στην γεωργία ως κύριο επάγγελμα. Πριν την ολοκλήρωσή τους, 500.000 στρέμματα περίπου ήταν λίμνες και έλη ενώ με τη λήξη των αντιπλημμυρικών και αποστραγγιστικών μέτρων μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν αρδευτικά δίκτυα αλλά και φράγματα που υπάρχουν μέχρι και σήμερα (Σχήμα 1.4). Ο Αξιός σήμερα τροφοδοτεί με νερό περίπου 717.391 στρέμματα στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης μέσω αρδευτικών δικτύων, είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος της Βαλκανικής χερσονήσου, μετά τον Έβρο, με 80 από τα συνολικά 380 χιλιόμετρα μήκους του να βρίσκονται σε ελληνικά εδάφη διασχίζοντας τους νομούς Κιλκίς και Θεσσαλονίκης, εκβάλλοντας στον Θερμαϊκό κόλπο .

Τη βάση της οικονομίας της περιοχής αποτελούν η γεωργία και η κτηνοτροφία, με τις κυριότερες καλλιέργειες της περιοχής να είναι

- το βαμβάκι,
- το ρύζι,
- τα σιτηρά,
- αμπελώνες
- τα κηπευτικά-λαχανοκομικά,

ενώ η κτηνοτροφία βασίζεται κυρίως στην

- εκτροφή βοοειδών,

και δευτερευόντως στην εκτροφή

- αιγοπροβάτων,
- πουλερικών,
- χοίρων.

Το κύριο μειονέκτημα εντοπίζεται στην μη ύπαρξη οργανωμένων μονάδων επεξεργασίας και διανομής των προϊόντων ως πρώτες ύλες με αποτέλεσμα να μην γίνονται αναγνωρίσιμα με την ταυτότητα της περιοχής και να μην αναπτύσσεται ο κλάδος.

Δεν απουσιάζουν όμως και οι βιομηχανικές δραστηριότητες με την ύπαρξη δύο βασικών βιομηχανικών μονάδων

1. ΒΙΠΑ Κουφαλίων – Χαλκηδόνος, που εδράζονται εταιρίες επεξεργασίας τροφίμων και αγροτικών προϊόντων.
2. ΒΙΠΑΘΕ Αγίου Αθανασίου – Γέφυρας, με μονάδα επεξεργασίας χαρτιού κ.λπ.

Στη Δημοτική Ενότητα Χαλκηδόνος, περιοχή με καθαρά αγροτικό χαρακτήρα το 33,7% των κατοίκων ασχολούνται με την γεωργία, στην Δ.Ε. Αγίου Αθανασίου το μεγαλύτερο ποσοστό περίπου 25,8% απασχολούνται στην μεταποίηση όπως επίσης και στην Δ.Ε. Κουφαλίων με ποσοστό 23% και ακολουθεί η γεωργία με 20,6 και 20%, αντίστοιχα (Μανάκης, 2015).

Άλλοι τομείς όπως το εμπόριο, οι κατασκευές, η αναψυχή, οι μεταφορές, η εκπαίδευση και η υγεία ακολουθούν σε αισθητά μικρότερα ποσοστά.

Σημαντικά όπλα στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας εκτιμάται των μπορεί να γίνουν οι μονάδες επεξεργασίας και μεταποίησης των διαφόρων αγροτικών προϊόντων όπως σφαγεία, μονάδες επεξεργασίας κρέατος, τυροκομεία, ελαιοτριβεία, αλλά και την ανάπτυξη της οινοποίησης και εμφιάλωσης με την γνώση που έχουν αποκτήσει οι παλαιότεροι και τις δυνατότητες που προσφέρει σήμερα η τεχνολογία (Μανάκης, 2015).



Σχήμα 1.4: Το φράγμα της Έλλης κοντά στο χωριό Γέφυρα

(Πηγή: <https://www.flickr.com/photos/kyrsos/15287014768>)

1.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Η συνολική έκταση της λεκάνης του Αξιού υπολογίζεται περίπου στα 1.300.000 στρέμματα και αποτελεί μια από τις πιο συστηματικά καλλιεργούμενες περιοχές που έχει η χώρα μας.

Από το 1992 έως και το 1994 τα ποσοστά καλλιεργειών μεγάλης αξίας ήταν ως εξής:

Πίν. 1.2: Ποσοστά καλλιεργειών στη λεκάνη του Αξιού, (από το επιχειρησιακό πρόγραμμα 2015-2019 του Δήμου Χαλκηδόνος)

Βαμβάκι	26%	Λαχανικά	5%
Ρύζι	16%	Τεύτλα	2%
Αραβόσιτος	13%	Σιτηρά	3%

Οι δασικές εκτάσεις, σύμφωνα με το επιχειρησιακό πρόγραμμα 2015-2019 του Δήμου Χαλκηδόνος καταλαμβάνουν περίπου 20.701,48 στρέμματα, οι χώροι κυκλοφορίας 4536,90 στρέμματα, οι οργανωμένοι αστικοί χώροι 4536,90 στρέμματα και οι χώροι αστικού πρασίνου 218,65 στρέμματα.

Επιπλέον στην περιοχή υπάρχουν και περιοχές Natura με φορέα διαχείρισης Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα που περιέχει Ζώνες Ειδικής Προστασίας GR1230004 35,2 στρέμματα GR1230006 1231,5 στρέμματα, GR1220010 24759,7 στρέμματα και Ζώνες Ειδικής Διατήρησης GR1230001 35,2 στρέμματα, GR1220002 24759,7 στρέμματα (Μανάκης, 2015).

Το βόρειο τμήμα του κάμπου, που βρίσκεται στη λεκάνη Αξιού, αρδεύεται μέσω καναλιών που αξιοποιούν το νερό του ποταμού και από στραγγιστικό δίκτυο που κατασκευάστηκε για την αποξήρανση των λιμνών Αρτζάν και Αματόβου, και χρησιμοποιείται πλέον ως αρδευτικό δίκτυο που τροφοδοτείται από τον Αξιό μέσω του ρυθμιστικού φράγματος της Έλλης. Τέλος πληθώρα γεωτρήσεων, που αντλούν υπόγειο νερό, εξυπηρετούν σημαντικό μέρος των καλλιεργήσιμων εκτάσεων κυρίως όμως στο νότιο τμήμα της λεκάνης.

1.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η περιοχή έχει μεσογειακό με ηπειρωτικό χαρακτήρα κλίμα. Η θερμοκρασία έχει μεγάλο εύρος διακύμανσης κατά τη διάρκεια του έτους με τη ψυχρή περίοδο να διαρκεί από τον Νοέμβριο έως τον Απρίλιο και την θερμή από το Μάιο μέχρι τον Απρίλιο. Η βροχόπτωση και η θερμοκρασία του αέρα καθορίζουν το κλίμα της περιοχής, ενώ λειτουργούν και 2 μετεωρολογικοί σταθμοί, Ν. Χαλκηδόνας και Χαλάστρας, παρέχοντας βροχομετρικά και θερμοκρασιακά στοιχεία για τα διαστήματα 1973-2009 και 1980-2009 αντίστοιχα (Μπατσή, 2014).

Α. Θερμοκρασία

Πίνακας 1.3. Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες (°C) των σταθμών Ν. Χαλκηδόνας και Χαλάστρας για την περίοδο 1973-2009 (Μπατσή, 2014).

	Ν. Χαλκηδόνας	Χαλάστρας
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4,8	5,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,8	6,5
ΜΑΡΤΙΟΣ	10	9,9
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13,6	14
ΜΑΙΟΣ	19	20,9
ΙΟΥΝΙΟΣ	23,2	23,3
ΙΟΥΛΙΟΣ	25,9	26,1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,2	25,8
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	21,4	21,1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,3	16,2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	10,2	10,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6,8	7,5
Μέση ετήσια	15,3	15,6

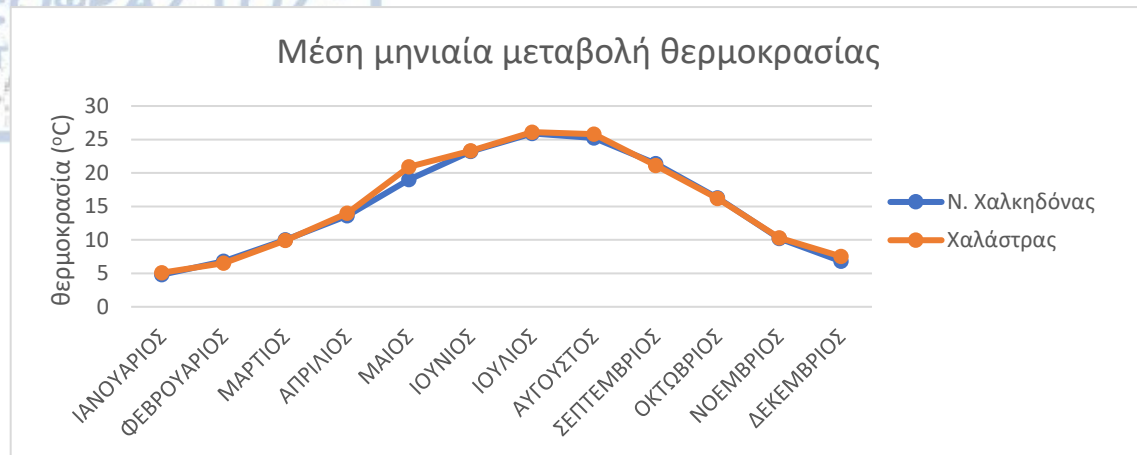
Η μέση ετήσια θερμοκρασία διαμορφώνεται στους 15,3 °C για το σταθμό της Χαλκηδόνας και στους 15,6 °C για αυτόν της Χαλάστρας.

Η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία στην περιοχή της Χαλκηδόνας ανέρχεται στους 25,9 °C τον μήνα Ιούλιο, και στους 26,1 °C για την περιοχή της Χαλάστρας τον ίδιο μήνα του καλοκαιριού.

Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία εντοπίζεται τον μήνα Ιανουάριο

και για τους 2 σταθμούς φτάνοντας τους 4,8 °C στην Χαλκηδόνα και τους 5,1 °C στην Χαλάστρα.

Στο παρακάτω γράφημα (Σχήμα 1.5) παρουσιάζεται η συγκριτική διακύμανση της μηνιαίας μέσης θερμοκρασίας και παρατηρείται πως δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στους δύο σταθμούς.



Σχήμα 1.5: Συγκριτική παρουσίαση διακύμανσης των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους μετεωρολογικούς σταθμούς N. Χαλκηδόνας και Χαλάστρας σε (°C).

B. Βροχόπτωση

Πίνακας 1.4. Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης (mm) για τους μετεωρολογικούς σταθμούς N. Χαλκηδόνας και Χαλάστρας (Μπατσά, 2014).

Οι μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης, ανέρχονται σε 488,4 mm για τη N. Χαλκηδόνα και σε 438,9 mm για τη Χαλάστρα.

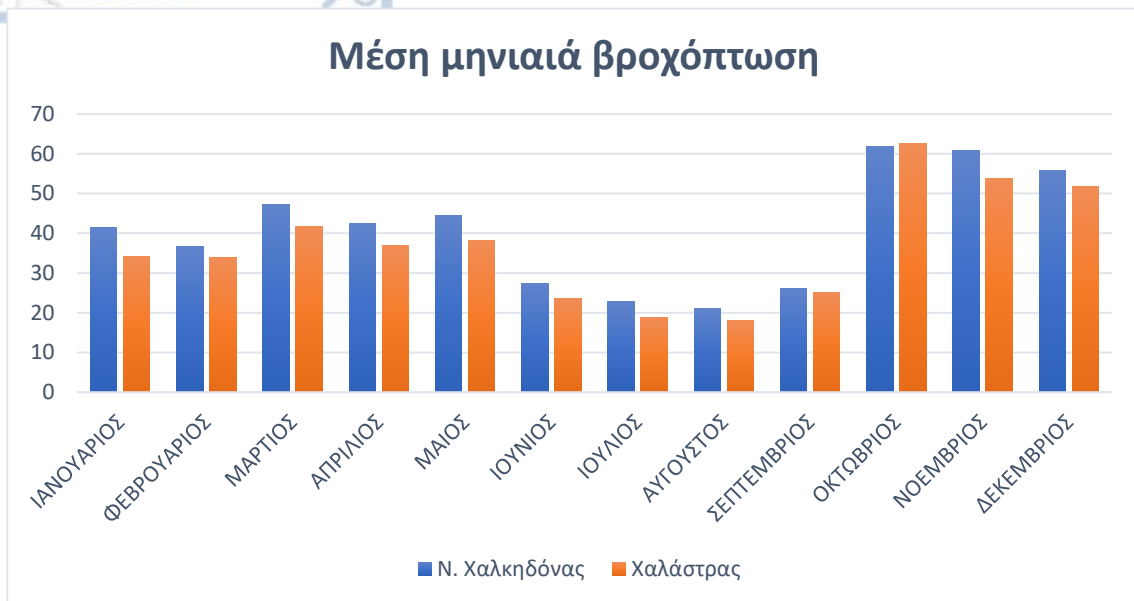
	N. Χαλκηδόνας	Χαλάστρας
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	41,4	34,2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36,6	33,9
ΜΑΡΤΙΟΣ	47,3	41,6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	42,5	37
ΜΑΙΟΣ	44,6	38,2
ΙΟΥΝΙΟΣ	27,4	23,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	22,8	18,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	21,1	18,1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	26,2	25,2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	61,8	62,7
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	60,9	53,8
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	55,7	51,9
Αθροιστική ετήσια	488,4	438,9

Χαλκηδόνα και σε 438,9 mm για τη Χαλάστρα.

Το μέσο μεγαλύτερο ύψος βροχόπτωσης εντοπίζεται τον Οκτώβριο για τη N. Χαλκηδόνα αλλά και για την Χαλάστρα, με 61,8 mm και 62,7 mm αντίστοιχα.

Ο μήνας με το μικρότερο ύψος βροχόπτωσης είναι ο Αύγουστος που δίνει μέσο όρο 21,1 mm και 18,1 mm για την N. Χαλκηδόνα και Χαλάστρα αντίστοιχα.

Στο σχήμα μπορούμε να παρατηρήσουμε πως ο σταθμός της Ν. Χαλκηδόνας δέχεται κατά μέσο όρο περισσότερο ύψος βροχής από αυτόν της Χαλάστρας.



Σχήμα 1.6: Συγκριτική παρουσίαση ύψους βροχής σε μετεωρολογικούς σταθμούς Ν. Χαλκηδόνας και Χαλάστρας.

1.7 ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η μετατόπιση των εκβολών του ποταμού Αξιού ήταν μια λύση ώστε να μην προσχώσει τον Θερμαϊκό κόλπο και να τον μετατρέψει σε λιμνοθάλασσα αχρηστεύοντας το λιμάνι της Θεσσαλονίκης.

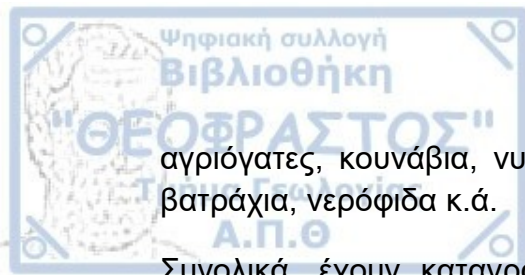
Από τη μορφολογία της περιοχής εύκολα συμπεραίνεται πως ο μαιανδρισμός που παρουσίαζε ο Αξιός ήταν αποτέλεσμα της ευρύτερης μορφολογίας που παρουσίαζε η περιοχή. Το χαμηλό τοπογραφικό ανάγλυφο αλλά και ο έντονος μαιανδρισμός ανάγκαζε το ποτάμι να χρησιμοποιήσει μεγάλο μέρος της κινητικής του ενέργειας με αποτέλεσμα τη εμφάνιση μικρής ταχύτητας στις εκβολές του και την συχνή εναλλαγή κοίτης.

Το Δέλτα του Αξιού ποταμού δημιουργήθηκε τα τελευταία 50 περίπου χρόνια, εξαιτίας του εγκιβωτισμού της κοίτης και της εκτροπής των εκβολών του 15 Km ΝΔ της φυσικής του θέσης, και παρουσιάζει μεγάλο οικολογικό και οικονομικό ενδιαφέρον για την τοπική κοινότητα. Ο εγκιβωτισμός όμως αυτός άλλαξε ριζικά τις ισορροπίες μεταξύ των φυσικών διεργασιών και διαμόρφωσε ένα νέο μορφολογικό περιβάλλον.

Πριν τη δημιουργία των αναχωμάτων, τα φερτά υλικά που σε περιόδους πλημμυρών εμπλούτιζαν το έδαφος σε υλικό και θρεπτικά στοιχεία, αναγκάζονταν να καταλήγουν στο Δέλτα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ταχεία ανάπτυξη του Δέλτα, δημιουργία ενός απέραντου έλους και νέων οικοσυστημάτων, με πολλούς υπό εξαφάνιση πληθυσμούς να διαβιούν σε αυτό, αλλά την ταυτόχρονη ταπείνωση του αναγλύφου στην πεδιάδα λόγω της έλλειψης απόθεσης νέου υλικού (Αλμπανάκης κ.ά., 1993).

Στο παρόχθιο δάσος του Αξιού αποικούν πολλά είδη ζώων και φυτών σημαντικά στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Στα δέντρα φωλιάζουν κορμοράνοι, λευκοτσικνιάδες, κρυπτοτσικνιάδες, νυχτοκόρακες, χουλιάρομυτες, χαλκόκοτες, ροδοπελεκάνοι, πορφυροτσικνιάδες, καλαμόκιρκοι, καλαμοκανάδες, αβοκέτες, νεροχελίδονα, μαυροκέφαλοι γλάροι, αγριόπαπιες κ.ά. Υπάρχουν αρπακτικά πουλιά όπως ο θαλασσαετός, ψαραετός, χρυσαετός, γερακίνες, αετογερακίνες, φιδαιοί και πολλά άλλα.

Στην περιοχή του Δέλτα κατά την περίοδο της μετανάστευσης (άνοιξη, φθινόπωρο) μεγάλοι πληθυσμοί παρυδάτιων πουλιών σταματούν για λίγες μέρες στον βιότοπο για να ξεκουραστούν και να αναζητήσουν τροφή, ανάμεσά τους σκαλίδρες, μαχητές, τουρλίδες, λιμόζες. Κύκνοι, αργυροτσικνιάδες και χιλιάδες πάπιες βρίσκουν καταφύγιο τον χειμώνα ενώ υπάρχουν και είδη ψαριών όπως το γριβάδι η πεταλούδα, ο γολιανός, η μρένα, το χέλι, η τούρνα, η μαλαμίδα κ.ά. Τέλος δεν θα μπορούσαν να λείπουν τα ερπετά ερπετά και ζώα όπως ο λύκος, το τσακάλι, η αλεπού, λίγες



αγριόγατες, κουνάβια, νυφίτσες, ασβοί, μυοκάστορες, βίδρες, νεροχελώνες, βατράχια, νερόφιδα κ.ά.

Συνολικά, έχουν καταγραφεί 50 είδη θηλαστικών, 27 είδη αμφίβιων και ερπετών, περισσότερα από 50 είδη ψαριών των εσωτερικών νερών και της θάλασσας και 65 είδη ασπόνδυλων – στην πλειονότητά τους έντομα. Σημαντικό αποτελεί το νούμερο των 295 διαφορετικών ειδών πουλιών που είτε φωλιάζουν είτε σταματούν στην περιοχή.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πως η σημαντικότητα του Δέλτα είναι μεγάλη για την πανίδα και χλωρίδα της περιοχής, χρήζοντας προστασίας από ανθρώπινες δραστηριότητες και ειδικής διαχείρισης κυρίως σε περιοχές εκτός του Δέλτα που συνδέονται άμεσα με την ασφαλή λειτουργία του.

Για τον παραπάνω λόγο δημιουργήθηκε το 2002 ο φορέας διαχείρισης του εθνικού πάρκου. Στη σελίδα του μπορεί κάποιος να αντλήσει πληροφορίες για το πάρκο, την οικολογική σημασία και να ενημερωθεί για δράσεις. Οι παραπάνω πληροφορίες της ενότητας στηρίχθηκαν στα στοιχεία που αναφέρονται στην ηλεκτρονική σελίδα του πάρκου.

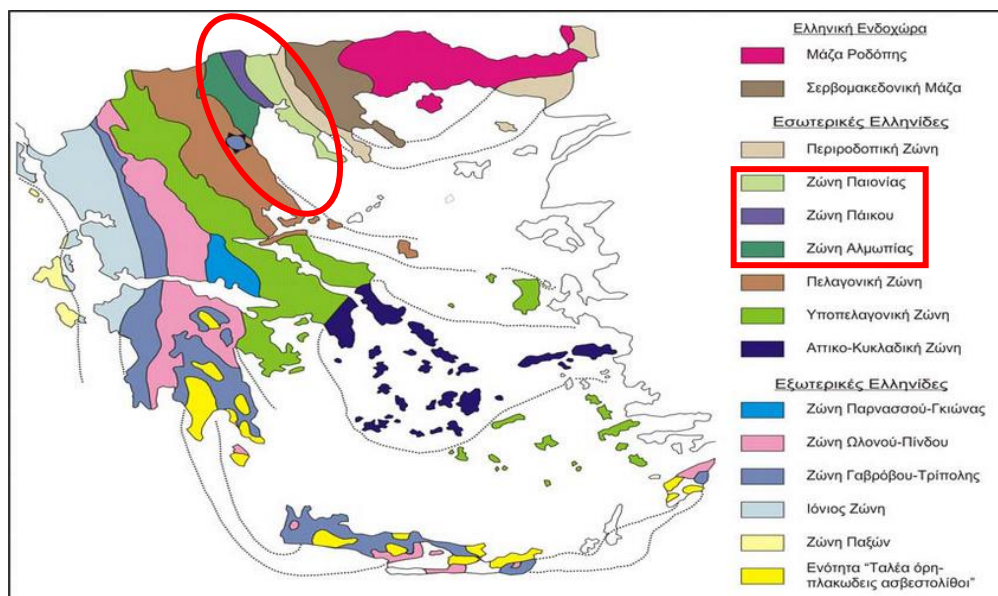
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ – ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η περιοχή μελέτης ανήκει στη ζώνη Αξιού ή αλλιώς Vardar που έχει πάρει το όνομά της από τον ομώνυμο ποταμό που ξεκινάει από τη Γιουγκοσλαβία και εκβάλλει στον Θερμαϊκό κόλπο.

Η ζώνη αυτή βρίσκεται δυτικά της μάζας της Ροδόπης και Ανατολικά της Πελαγονικής, ξεκινώντας από τη Γιουγκοσλαβία και καταλήγοντας στον Θερμαϊκό κόλπο όπου αλλάζει φορά στο Αιγαίο πέλαγος, περιλαμβάνει νησιά των Βορείων Κυκλάδων και συνεχίζει την πορεία της στη Μικρά Ασία. Αποτελείται από τις υποζώνες Παιονίας, Πάικου και Αλμωπίας (Σχήμα 2.1).

Χαρακτηριστικό της ζώνης είναι οι μεγάλες οφειολιθικές μάζες, των Εσωτερικών Ελληνίδων γνωστές με το όνομα ΙΡΟ, οι οποίες υπέδειξαν στους ερευνητές την παλαιογεωγραφική θέση της, ως ωκεάνια λεκάνη. Τα πετρώματα αυτά της βαθιάς ιζηματογένεσης έχουν επιπτεύσει και άλλες ζώνες και τα βλέπουμε σήμερα και σε άλλες περιοχές στις οποίες έχουν μεταφερθεί με τεκτονικές κινήσεις.

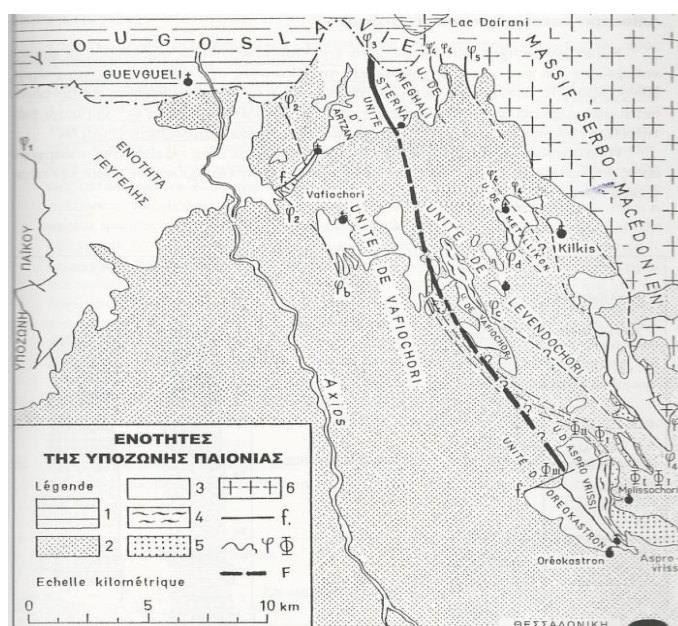


Σχήμα 2.1: Χάρτης γεωτεκτονικών ζωνών, με έμφαση στη ζώνη Αξιού και τις υποζώνες στις οποίες έχει χωρισθεί (Mountrakis et al., 1983).

2.2. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Η σύνθετη στρωματογραφία της ζώνης ανάγκασε τους ερευνητές να τη χωρίσουν σε 3 επιμέρους ενότητες με βάση την ιζηματογένεση που δέχτηκε η κάθε μια. Έτσι έχουμε τις Υποζώνες ή Αύλακα Παιονίας, Ύβωμα Πάικου και Αύλακα Αλμωπίας που αντιπροσωπεύουν 3 διαφορετικά μεγαλέπια από τα οποία δομείται η ζώνη Αξιού.

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην Αύλακα Παιονίας η οποία χωρίζεται σε 7 Ενότητες α) Γευγελής β) Ωραιοκάστρου γ) Βαφειοχωρίου δ) Αρτζάν ε) Ασπρης Βρύσης στ) Μεταλλικού ε) Λεβεντοχωρίου, η κάθε μια από τις οποίες αποτελεί και ένα μεγαλέπι, με το Δήμο Χαλκηδόνος να βρίσκεται στην ενότητα Βαφειοχωρίου.



Σχήμα 2.2. Υποζώνη Αλμωπίας και επι μέρους ενότητες στις οποίες διαιρείται (Mercier, 1966).

Οι Ενότητες Βαφειοχωρίου και Αρτζάν έχουν παρόμοιους σχηματισμούς και από τους κατώτερους προς τους ανώτερους αποτελούνται από:

- Μεταμορφωμένα, ιζηματογενή και ηφαιστειακή ιζηματογενή πετρώματα όπως μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, μάρμαρα και σιπολίνες του Τριαδικού-Ιουρασικού.
- Οφειολιθικά υπερβασικά και βασικά πετρώματα όπως γάββροι και δολερίτες.
- Επικλυσιογενής σειρά κλαστικών ιζημάτων με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους του Ανώτερου Ιουρασικού.
- Φλύσχη του Κρητιδικού με ψαμμίτες και πηλίτες.

Τριτογενές

- Μεσοαλπικής ηλικίας αποθέσεις Παλαιογενούς (Άνω Ηώκαινο-Κάτω Ολιγόκαινο): κροκαλοπαγή, μάργες, ασβεστόλιθους, ψαμμίτες και ενστρώσεις αργίλων.
- Νεοαλπικής ηλικίας αποθέσεις Νεογενούς (Κάτω Μειόκαινο-Κάτω Πλειόκαινο): αργίλους, μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, ασβεστόλιθους και ηφαιστειακούς τόφφους
- Νεογενή ιζήματα (Άνω Μειόκαινο-Κάτω Πλειόκαινο): αποτελούν τη ψαμμιτομαργαϊκή σειρά με ερυθροπηλούς με εναλλαγή άμμων, αμμοχάλικα και καλύπτει σχεδόν το 75,5% της έκτασης της Δημοτικής Ενότητας Αγίου Αθανασίου.

Τεταρτογενές

Κατά το Τεταρτογενές, Ολόκαινο, η ιζηματογένεση είχε καθαρά ποτάμιο και ποταμοχειμάρριο χαρακτήρα και κάλυψε όλα τα παραπάνω ιζήματα του τεκτονικού βυθίσματος. Δεν λείπουν όμως και θαλάσσια απολιθώματα τα οποία αποτέθηκαν κατά την είσοδο της θάλασσας στο τεκτονικό βύθισμα, με απολιθώματα και πιο λεπτόκοκκα υλικά κατά το Πλειστόκαινο, που αποτέθηκαν στη δελταϊκή κατωφέρεια του Αξιού. Στην κοίτη του ποταμού βρίσκονται άμμοι, πηλοί και άργιλος και στις γύρω περιοχές, υλικά από τους χειμάρρους όπως ασύνδετες άμμους, κροκάλες πηλοαμμώδη και αργιλοαμμώδη υλικά μέγιστου πάχους 15-20 m.

Το πάχος των ολοκαινικών ιζημάτων προσδιορίστηκε σε 56 m (Μελαδιώτης 1984) και χωρίζεται σε 3 διαδοχικές ακολουθίες με την ανώτερη (10 m) να έχει ποτάμιες αποθέσεις και να στερείται απολιθωμάτων, την ενδιάμεση (42 m) με παράκτιες αποθέσεις και θαλάσσια απολιθώματα και τέλος την κατώτερη (4 m) από τη φάση επίκλυσης του τεκτονικού βυθίσματος από τη θάλασσα του Φλανδρίου με θαλάσσια απολιθώματα.

Η φακοειδής τους μορφή των Τεταρτογενών αποθέσεων αποδίδεται σε παράγοντες όπως η προσχωματική δράση των ποταμών Αξιού και Γαλλικού και επηρεάζει σήμερα την επικοινωνία μεταξύ υδροφόρων στρωμάτων στην περιοχή. Επιπλέον στους Νεογενείς και εταρτογενείς σχηματισμούς εμφανίζεται έντονη ετερογένεια πλευρικά αλλά και κατακόρυφα, εξαιτίας συχνών αλλαγών των λιθολογικών τύπων (Μπατσή 2014).

Στην περιοχή του Αγίου Αθανασίου το πάχος των Τεταρτογενών αποθέσεων φτάνει τα 700 m (Κολιός, 2015), ενώ σύμφωνα με την ΕΥΑΘ τα ίδια ιζήματα έχουν πάχος 130-220m (Βεράνης 2010) λίγο δυτικότερα στην περιοχή μεταξύ της γέφυρας του Αξιού και του Δ.Κ. Γέφυρας.

2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Όπως όλες οι Εσωτερικές Ελληνίδες, έτσι και η ζώνη Αξιού έχει υποστεί 2 τη δράση 2 ορογενετικών κινήσεις. Η πρώτη ονομάζεται πρώιμη και για τη ζώνη Αξιού τοποθετείται στο Μέσο-Άνω Ιουρασικό και η δεύτερη, τελική, που χρονολογείται στο Τριτογενές.

Κατά τη πρώτη ορογενετική περίοδο έγινε η καταστροφή της ωκεάνιας λεκάνης της Τηθύος και επωθήθηκαν οι οφειόλιθοι προς Δυτικά πάνω στο ηπειρωτικό περιθώριο της Πελαγονικής, κινήσεις που προκάλεσαν ισοκλινείς-υποϊσοκλινείς πτυχές με διευθύνσεις αξόνων ΒΔ-ΝΑ και ανάπτυξη σχιστότητας γνωστή ως S1.

Κατά τη καταστροφή του ωκεάνιου χώρου, οφειόλιθοι και άλλα ιζήματα βαθιάς θάλασσας επωθήθηκαν πάνω στη Πελαγονική με τη μορφή μεγάλου τεκτονικού καλύμματος γνωστό και ως Ηωελληνικό κάλυμμα.

Η δεύτερη ορογενετική περίοδος του Τριτογενούς χαρακτηρίζεται από την τελική ηπειρωτική σύγκρουση της Απουλίας και προκαλείται εξαιτίας αυτής η ισχυρή συμπίεστική τεκτονική με λεπίωση και οριστική ανάδυση της ζώνης Αξιού και των υπολοίπων Εσωτερικών Ελληνίδων από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά. Οι κινήσεις αυτές είναι υπεύθυνες για απλές, κλειστές, μεγάλης κλίμακας πτυχές με διεύθυνση αξόνων ΒΔ-ΝΑ και απόκλιση ΝΔ.

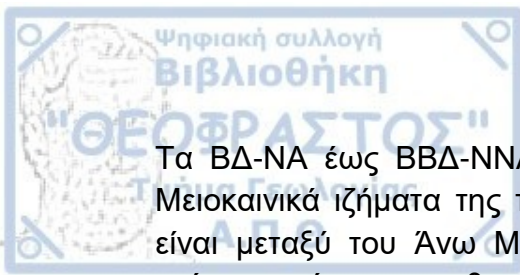
Την ίδια περίοδο για τη ζώνη Αξιού λαμβάνει χώρα η ισχυρή λεπίωση όλων των σχηματισμών της με τη δημιουργία μεγαλεπίων-ενοτήτων. Τα τεκτονικά λέπια επωθήθηκαν προς Δυτικά πάνω στην Πελαγονική ζώνη.

Κατά το Άνω Ηώκαινο σχηματίστηκαν στη ζώνη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης επιμήκη ρήγματα κατά την τελική φάση της εφαπτομένης πτυχογόνου κίνησης τα οποία πιθανότητα ήταν αυτά που επαναδραστηριοποιήθηκαν κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές.

Στο Νεογενές-Τεταρτογενές έγινε η απόθεση μεγάλου πάχους μεταλλικών ιζημάτων που κάλυψαν τους αλπικούς σχηματισμούς και απομόνωσαν τις ενότητες.

Η έντονη εφελκυστική τεκτονική που οδήγησε στην ρηγμάτωση όλων των σχηματισμών προκλήθηκε το Πλειόκαινο-Τεταρτογενές και δημιούργησε τη σημερινή δομή που παρατηρείται στη ζώνη (Μουντράκης, 2010).

Στη λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού εντοπίζονται 2 κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων στα μεταλλικά ιζήματα, μια με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ και μια δεύτερη με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ.



Τα ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ ρήγματα μεταπτώσεων που διατρέχουν τα Άνω Μειοκαινικά ιζήματα της περιοχής δείχνουν πως η ηλικία σχηματισμού τους είναι μεταξύ του Άνω Μειοκαίνου και του Κάτω Πλειοκαίνου. Έχει ληφθεί επίσης υπόψιν το καθεστώς των τάσεων στο οποίο επιβλήθηκε ο Βόρειος Ελλαδικός κλάδος κατά το Άνω Μειόκαινο - Κάτω Πλειόκαινο που είχαν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και ήταν εφελκυστικές.

Τα ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης ρήγματα που διατρέχουν τα Κάτω Πλειοκαινικά ιζήματα της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού πρέπει να αποδοθούν στις τάσεις συμπίεσης και διάτασης στις οποίες υποβλήθηκε ο βόρειος Ελληνικός κλάδος κατά το Άνω Πλειόκαινο-Κάτω Πλειστόκαινο, πιθανότατα εξαιτίας της απόσυρσης της θάλασσας από το Αιγαίο, άρα και η ηλικία σχηματισμού τους να ταυτίζεται.

Άρα μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε πως τα ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης είναι νεότερα από τα ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης.

Ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης είναι αυτά που εντοπίζονται στην περιοχή της Δ.Κ. Γέφυρας.

Κατά το Ολόκαινο, η προσχωματική δράση των ποταμών έχει καλύψει τις τεκτονικές δομές που σχηματίστηκαν κατά τις προηγούμενες περιόδους κάνοντας δυνατή την παρατήρηση σε περιορισμένες θέσεις.

Σε γεωλογικά νέους κοκκώδεις χαλαρούς σχηματισμούς όπως αυτούς που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης, η υδρολιθολογική συμπεριφορά σχετίζεται με την κοκκομετρική τους σύσταση, το βαθμό διαγένεσης και 2 κύριες παραμέτρους, το ενεργό πορώδες και την περατότητά τους. Τα Τριτογενή ιζήματα καλύπτονται σε θέσεις από Τεταρτογενείς αποθέσεις και συνίστανται από εναλλαγές περατών με υδροστεγανών στρωμάτων. Οι σχηματισμοί χωρίζονται σε (Μπατσή, 2014):

- A. Χαλαροί μικροπερατοί ιζηματογενείς σχηματισμοί, μεγάλης έκτασης και υψηλής υδροδυναμικότητας: Τεταρτογενείς αποθέσεις με ασύνδετα υλικά άμμοι, κροκάλες, πηλοαμμώδη, πηλοί και άργιλοι, ενότητα που καταλαμβάνει 38 Km² της Δ.Ε. Αγίου Αθανασίου.

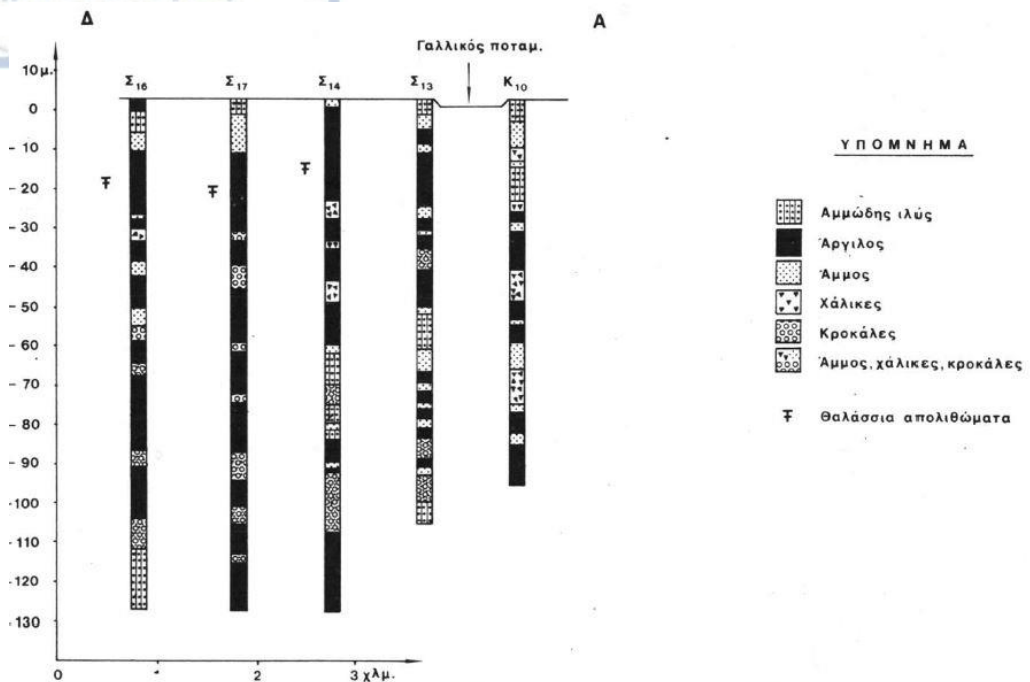
Σε αυτούς τους σχηματισμούς συγκεντρώνεται το κυριότερο ποσοστό του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού ενώ ξεχωρίζουν και υδροφόροι ορίζοντες ανάλογα με το βάθος στο οποίο εντοπίζονται. Έτσι έχουμε τους αβαθείς, 10-25 m, και τους βαθείς οι οποίοι με υδρογεωτρήσεις έχουν μελετηθεί έως και τα 300 m, με την πιεζομετρική τους επιφάνεια να φτάνει σε βάθος 10-45 m.

- B. Χαλαροί μικροπερατοί ιζηματογενείς σχηματισμοί μεγάλης έκτασης, καλής έως χαμηλής υδροδυναμικότητας: Νεογενείς αποθέσεις με ψαμμιτικές μάργες, αργίλους, άμμους και κροκαλοπαγή που καταλαμβάνουν 117 Km² της Δημοτικής Ενότητας.

Κυρίως τους ψαμμιτικούς σχηματισμούς αναπτύσσονται υδροφορίες, αυτοί όμως επειδή βρίσκονται εγκλωβισμένοι σε μη υδροπερατά στρώματα όπως αργιλικά και μαργαϊκά εμφανίζονται ως υπό πίεση ή μερικώς υπό πίεση. Σε αυτούς τους υδροφορείς στηρίζεται η ύδρευση και μερικώς η άρδευση της περιοχής.

Στα ιζήματα αυτά μπορεί να βρεθούν κατά θέσεις εγκλωβισμένα υφάλμυρα υδροφόρα στρώματα τα οποία οφείλουν την προέλευσή τους στην περίοδο που η περιοχή λειτούργησε ως έλος με την συχνή εισχώρηση της θάλασσας.

Από γεωτρήσεις στην περιοχή Σίνδου – Καλοχωρίου (Σχήμα 2.3), που εκτέλεσε ο ΟΥΘ φαίνεται πως οι τεταρτογενείς αποθέσεις δεν είναι ενιαίοι σε όλες τις περιοχές αλλά διαφοροποιούνται ανάλογα με την μεταφορική ικανότητα των ποταμών Αξιού και Γαλλικού που δρούσαν στη περιοχή, εμφανίζοντας έτσι διαφορετικής κοκκομετρίας φερτά υλικά κατά τη διάρκεια ενός ετήσιου κύκλου (Μελαδιώτης, 1984).



Σχήμα 2.3. Λιθολογικές τομές γεωτρήσεων υδροληψίας του Ο.Υ.Θ. στη περιοχή Σίνδου - Καλοχωρίου (πηγή: Μελαδιώτης, 1984).

Στην περιοχή δίπλα στο χωριό Γέφυρα οι γεωτρήσεις τις οποίες εκτέλεσε η ΕΥΑΘ για την κάλυψη υδρευτικών αναγκών της πόλης της Θεσσαλονίκης αντιμετώπισε το πρόβλημα της έμφραξης των φίλτρων από ψιλή άμμο η οποία αφενός αποτελούσε υδροφόρο στρώμα, αφετέρου η έλλειψη μελετών δεν προέβλεψε το πρόβλημα που θα δημιουργούνταν αργότερα με την αχρήστευση πολλών παραγωγικών γεωτρήσεων (Σχήμα 2.5 α,β).

Η περιοχή συγκαταλέγεται στον κατάλογο περιοχών με υψηλό δείκτη τρωτότητας των υπογείων νερών (Σπυρίδης κ.ά.) εξαιτίας:

- α) έντονης ετερογένειας όλων των υδροφόρων στρωμάτων
- β) έντονης εκμετάλλευσης των υπόγειων νερών
- γ) γεινίασης με τη θάλασσα
- δ) αυξημένες ανθρωπογενείς δραστηριότητες

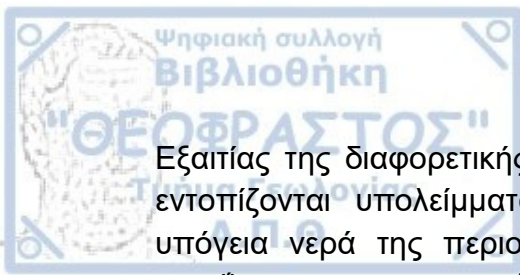
Το δίκτυο του Αξιού τροφοδοτεί σε μεγάλο βαθμό τα υπόγεια ύδατα και ως αποτέλεσμα μπορεί να αναφερθεί η μειωμένη παροχή των κοιτών πριν φτάσουν στην κύρια κοίτη του ποταμού. Δεν λείπουν όμως και οι περιπτώσεις όπου ο υπόγειος ορίζοντας εκφορτίζεται στις κοίτες, σε θέσεις χαμηλού υψομέτρου.



Σύμφωνα με τη μελέτη «Αποτελέσματα λεκάνης Αξιού, Υδρογεωλογικά στοιχεία» (Σπυρίδης κ.ά.), η μελέτη της πιεζομετρικής κατάστασης των βαθιών υδροφόρων οριζόντων είναι ανησυχητική καθώς στο μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης τα υψόμετρα είναι αρνητικά αγγίζοντας και τα -30 m, ενώ σε περιοχές όπως η Γέφυρα και η Σίνδος, η κατάσταση χειροτερεύει ακόμη περισσότερο. Σε 15 έτη η στάθμη κατέβηκε έως και 6 m ενώ σε ορισμένες θέσεις υποχώρησε έως και 15 m.

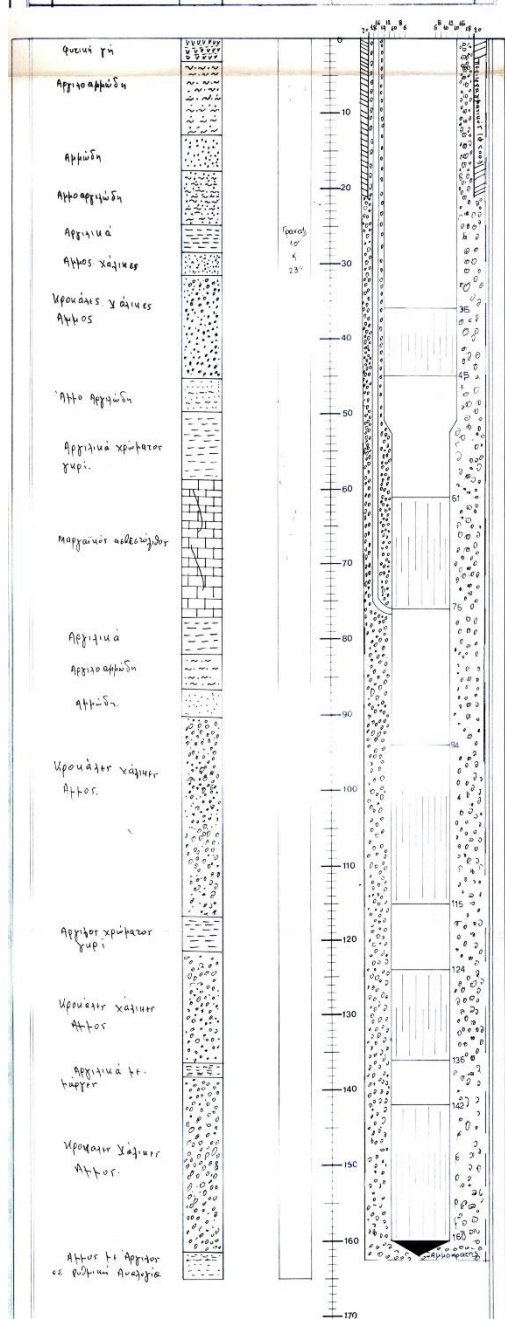
Αυτό οφείλεται κυρίως στην υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων, καθώς τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί η ζήτηση πόσιμου και αρδευτικού νερού, αλλά και νερού για βιομηχανικούς σκοπούς.

Στοιχεία που εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι μέταλλα όπως Fe, Mn και As. Αυτά συνδέονται κυρίως με τα πετρώματα μέσα στα οποία κινείται το νερό και όχι σε ανθρωπογενή αίτια στις περισσότερες των περιπτώσεων. Το Mn σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα του ποταμού με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις να βρίσκονται εκατέρωθεν της κοίτης του.

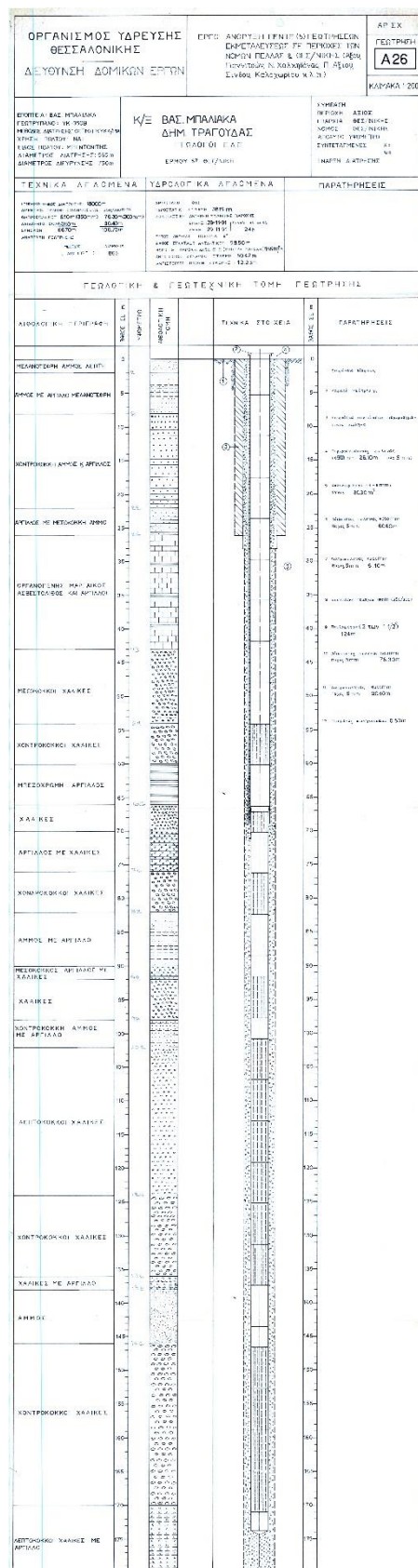


Εξαιτίας της διαφορετικής υδροπερατότητας των επιφανειακών στρωμάτων, εντοπίζονται υπολείμματα γεωργικών φαρμάκων σε πολλές θέσεις στα υπόγεια νερά της περιοχής. Επιπλέον, έχει καταγραφεί και η παρουσία καφεΐνης σε επιφανειακά και υπόγεια νερά υποδεικνύει τροφοδοσία των υπόγειων νερών από τα επιφανειακά (Σπυρίδης κ.ά., Υδρογεωλογικά στοιχεία της λεκάνης Αξιού).

Εκτός από τα χλωριούχα ιόντα που εντοπίζονται στην περιοχή και αποδίδονται σε παλαιές αλμύρες, τα νιτρικά ιόντα είναι ένα σχετικά νέο πρόβλημα που παρουσιάστηκε στη σύγχρονη κοινωνία μετά την βιομηχανοποίηση και την έναρξη χρησιμοποίησης αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες για την αύξηση της αποδοτικότητάς τους. Έτσι σε πολλές θέσεις η συγκέντρωσή τους ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια κάνοντας το νερό ακατάλληλο ακόμη και επικίνδυνο για πόση. Αναμένεται πως η συγκέντρωση των νιτρικών θα αυξηθεί στα επόμενα χρόνια.



Σχήμα 2.5. α) υδρογεωλογική τομή της γεώτρησης A19, β) γεωτεχνική τομή της γεώτρησης A26.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ – ΚΥΚΛΟΣ ΑΖΩΤΟΥ

3.1 ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ

Το άζωτο (N) είναι το 7^ο πιο συχνά συναρτώμενο στοιχείο στον Γαλαξία μας και το ηλιακό σύστημα, το 5^ο σε αφθονία του σύμπαντος ενώ στον πλανήτη μας συμμετέχει σε ποσοστό 77-78% στην ατμόσφαιρα κατατάσσοντάς το ως το πιο άφθονο ελεύθερο χημικό στοιχείο.

Ενώσεις όπως τα αμινοξέα, τα νουκλεοξέα, οι πρωτεΐνες και η χλωροφύλλη έχουν ως βασικό συστατικό το άζωτο ενώ αυτές οι ενώσεις με τη σειρά τους βρίσκονται στους ιστούς όλων των ζωντανών οργανισμών, φυτικών και ζωικών αποτελώντας δομικούς λίθους. Αντιλαμβάνεται κάποιος εύκολα τη σημασία της ύπαρξης του στοιχείου και τη θεμελιώδη συνεισφορά του στην ανάπτυξη των οργανισμών και συγκεκριμένα στην καρποφορία και αναπαραγωγή των φυτών ενώ η έλλειψή του προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις.

Το άζωτο βρίσκεται σε αέρια κατάσταση στην μοριακή του μορφή και πιο συχνά υπαντώμενη, που είναι αδρανής, άοσμη, άγευστη και το κυριότερο, μη εκμεταλλεύσιμη από το φυτό. Στη μοριακή του μορφή είναι αδρανές και δεν μπορεί να διασπαστεί εύκολα από τους οργανισμούς έτσι για τα φυτά την μετατροπή του σε εκμεταλλεύσιμη μορφή αναλαμβάνουν τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, ή και αζωτοβακτήρια τα οποία συμβιώνουν στο ριζικό σύστημα των ψυχανθών. Οι υπόλοιποι έμβιοι οργανισμοί λαμβάνουν μέσω της τροφής αλλά και του νερού το απαραίτητο για την ανάπτυξη και σωστή λειτουργία τους άζωτο.

Το άζωτο μπορεί να πάρει τη μορφή διαφόρων ενώσεων όπως: αμμωνία (NH_3), νιτρικών (NO_2^-) και νιτρικών ιόντων (NO_3^-).

Εδώ και μερικές δεκαετίες, κυρίως σε ανεπτυγμένες χώρες εντοπίζεται η αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων που προκαλούν τη ρύπανση υπόγειων και επιφανειακών υδάτων. Η πηγή των νιτρικών φαίνεται να είναι τα οργανικά αζωτούχα λιπάσματα των οποίων οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες αυξάνονται διαρκώς στις καλλιέργειες.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και ενέργειας

“Ως νιτρορύπανση θεωρούμε την άμεση ή έμμεση απόρριψη στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων, με σημαντικότερες επιπτώσεις την πρόκληση βλαβών στην ανθρώπινη υγεία και την υποβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων.”

Το φαινόμενο έχει αρχίσει να παίρνει μεγάλες διαστάσεις καθώς η αυξημένη περιεκτικότητα νιτρικών στο πόσιμο νερό σχετίζεται με σοβαρές για τον άνθρωπο ασθένειες, με το ανώτατο όριο του στο νερό να μην υπερβαίνει τα 50 mg/L. Στην Ελλάδα το πρόβλημα δεν φαίνεται να είναι ακόμη πολύ σοβαρό αν όμως αναλογιστούμε την χρονική υστέρηση με την οποία έχει εντοπιστεί σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες, είναι πολύ πιθανό να παρουσιαστεί και στη χώρα μας (Μέλφου, 2000).

3.2 ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Το άζωτο όπως και κάθε άλλο στοιχείο στην ατμόσφαιρα διαγράφει μια κυκλική πορεία στην βιόσφαιρα.

Όπως αναφέρθηκε και στην παραπάνω παράγραφο, το άζωτο αν και άφθονο στην μοριακή του μορφή δεν μπορεί να αποληφθεί από τους οργανισμούς, έτσι απαιτούνται χημικές διεργασίες οι οποίες θα οδηγήσουν σε σχηματισμό διαφόρων άλλων μορφών δεσμευμένου αζώτου όπως αμμωνιακού και νιτρικού. Η ταχύτητα με την οποία ολοκληρώνεται ο κύκλος του αζώτου επηρεάζει και την ταχύτητα με την οποία διεκπεραιώνονται και οι βιολογικές διεργασίες στους οργανισμούς.

Μέρος του αζώτου δεσμεύεται από τους παραγωγικούς οργανισμούς και δομούν τις πρωτεΐνες από τις οποίες λαμβάνουν το απαραίτητο άζωτο και όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί. Τα απονιτροποιητικά βακτήρια αποσυνθέτουν τις αζωτούχες ενώσεις που έχουν δημιουργηθεί κατά την αλληλεπίδραση του αζώτου με άλλα στοιχεία γνωστή και ως νεκρή οργανική ύλη επιτρέποντας το άζωτο να: α) παραμείνει στο έδαφος και το νερό με τη μορφή νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων και να χρησιμοποιηθεί εκ νέου από τα φυτά ή β) να επιστρέψει στην ατμόσφαιρα ως αέριο N_2 κλείνοντας το κύκλο του αζώτου. Μικρές ποσότητες καταλήγουν στα ωκεάνια ιζήματα βγαίνοντας έτσι από τον κύκλο. Με την ηφαιστειακή δραστηριότητα εκλύεται στην ατμόσφαιρα μοριακό άζωτο αυξάνοντας έτσι την συγκέντρωσή του σε αυτήν (Μέλφου, 2000).

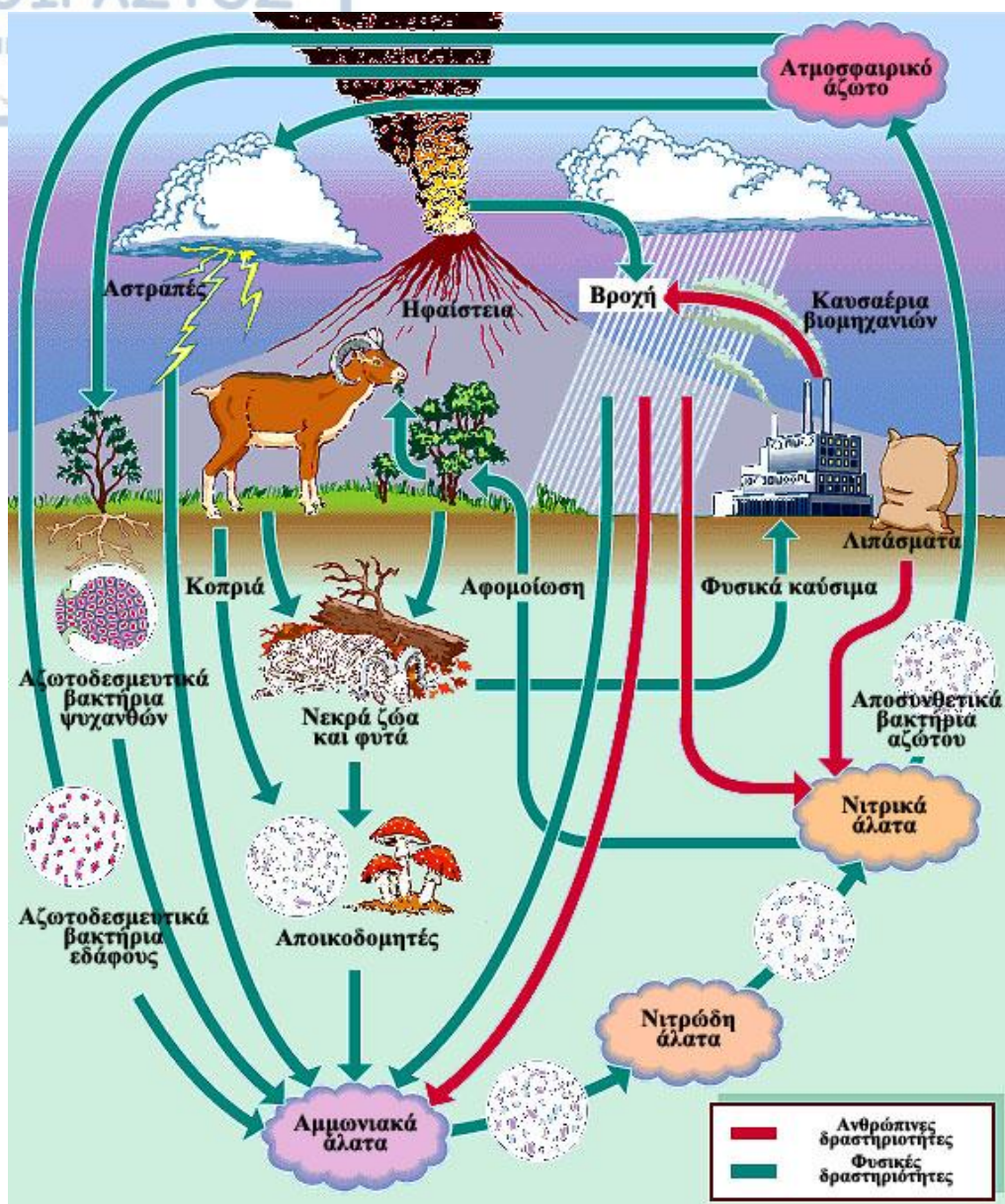
Οι κύριες διεργασίες μέσω των οποίων ολοκληρώνεται ο κύκλος του αζώτου είναι:

- ❖ Δέσμευση του μοριακού αζώτου και μετατροπή του σε χρησιμοποιήσιμες μορφές όπως αμμωνίας και νιτρικών.
Οι δυο διεργασίες με τις οποίες γίνεται η φυσική δέσμευση είναι: α) μέσω ηλεκτρικών εκκενώσεων κατά την διάρκεια καταιγίδων και β) με την δέσμευση του N_2 από τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια στις ρίζες των ψυχανθών φυτών (Γκαντίδης, 1989).

Τεχνητά άζωτο μπορεί να δεσμευτεί από τα αζωτούχα λιπάσματα αλλά και από τις εκπομπές αέριων ρύπων από οχήματα και βιομηχανίες τα οποία με την οξείδωσή τους καταλήγουν σε έδαφος και υδάτινους όγκους.

- ❖ Αμμωνιοποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία ελευθερώνεται άζωτο με τη μορφή αμμωνίας NH_3 . Την δουλειά αυτή αναλαμβάνουν σαπροφυτικά βακτήρια εδάφους και μύκητες οι οποίοι αποδομούν αζωτούχα νεκρή οργανική ύλη όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, νουκλεϊνικά οξέα και τα νουκλεοτίδια που υπάρχει στο έδαφος. Η διαδικασία περιλαμβάνει τη δέσμευση πρωτίνης και αμινοξέων από τους μικροοργανισμούς και την απελευθέρωση ιόντων αμμωνίου (NH_4^+) (Καραμπέτσος, 2003).
- ❖ Νιτροποίηση είναι η διαδικασία που λαμβάνει χώρα στο έδαφος, σε αερόβιες συνθήκες από αυτοτροφικά βακτήρια, έχει μεγάλη σημασία για το άζωτο του εδάφους και αποτελείται από 2 στάδια. Στο πρώτο στάδιο η αμμωνία NH_3 οξειδώνεται σε νιτρώδη από αυτότροφα βακτήρια, με την διεργασία να ονομάζεται νιτρωδοποίηση. Στο δεύτερο στάδιο, τα νιτρώδη οξειδώνονται από διαφορετικά αυτότροφα βακτήρια προς νιτρικά ιόντα, γνωστό και ως νιτροποίηση (Αναλογίδης, 2000).
- ❖ Απονιτροποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία τα νιτρικά μετατρέπονται σε νιτρικό άζωτο που εκλύεται πίσω στην ατμόσφαιρα. Είναι πολύ σημαντική για την επιστροφή του αζώτου στην ατμόσφαιρα και το κλείσιμο του κύκλου, ενώ η μη πραγματοποίησή της θα είχε ως αποτέλεσμα την σταδιακή δέσμευσή του στη στεριά και τους ωκεανούς ως νιτρικά (Γκαντίδης, 1989).

Έτσι ολοκληρώνεται ο κύκλος του αζώτου τη σχηματική απεικόνιση του οποίου μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1. Ο κύκλος του αζώτου

Πηγή:

http://www.pe04.net/rep/eklib/pacs/chemg/common/morechem/chapt4/images/nitrogen_cycle.jpg

3.3 ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Όλες οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο φυσικό περιβάλλον, γίνονται με συγκεκριμένους ρυθμούς. Οι ρυθμοί αυτοί μπορούν να αλλάξουν είτε από φυσικά φαινόμενα όπως έκρηξη ενός ηφαιστείου, πρόσκρουση μετεωρίτη, φαινόμενα που όμως που δεν συμβαίνουν συχνά, αλλά κυρίως από την εντατικοποίηση όλων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Ο άνθρωπος έχει επηρεάσει το ισοζύγιο του κύκλου του αζώτου αυξάνοντας την ποσότητα του διαθέσιμου αζώτου στο έδαφος και την ατμόσφαιρα. Ρύπανση προκαλείται εξαιτίας: α) αγροτικών, β) βιομηχανικών δραστηριοτήτων, με σημαντικότερο ρόλο να διαδραματίζουν οι αγροτικές δραστηριότητες, γεωργικές και κτηνοτροφικές.

Τις τελευταίες δεκαετίες στη χώρα μας, αλλά και σε ολόκληρο τον κόσμο, η ανάπτυξη των καλλιεργητικών μέσων καθώς και η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για αύξηση της παραγωγής έχει οδηγήσει στην υπέρμετρη χρήση λιπασμάτων. Χρησιμοποιούνται διάφορων ειδών λιπασμάτων, οργανικά και ανόργανα, τοξικά και μη, από τα οποία άλλα στοχεύουν στην καταπολέμηση ζιζανίων και ασθενειών και άλλα στην βελτίωση της ανάπτυξης των φυτών.

Τα αζωτούχα λιπάσματα χρησιμοποιούνται κατά κόρων στη σημερινή εποχή για να βοηθήσουν στην ανάπτυξη και αναπαραγωγή των φυτών σε βαθμό όμως που η ποσότητα τους να έχει υπερδιπλασιαστεί φτάνοντας τις 427 χιλιάδες λιπαντικές μονάδες το χρόνο (Παναγιώτου, 1995), ενώ στις αρχές της δεκαετίας του '70 έφταναν μόλις τις 199 χιλιάδες. Εύκολα μπορούμε να συσχετίσουμε την αύξηση της χρησιμοποιούμενης ποσότητας με τον πολλαπλασιασμό των προβλημάτων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα αλλά και στο έδαφος.

3.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Η εντατική αγροτική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών έχει διαταράξει τον κύκλο του αζώτου αυξάνοντας την τεχνητή δέσμευσή του μέσω απόληψης αζωτούχων λιπασμάτων προκαλώντας σημαντική ρύπανση εδαφών, υδάτων και ατμόσφαιρας. Οι επιπτώσεις είναι πολλές, άλλες επηρεάζουν άμεσα τον άνθρωπο και βάζουν σε κίνδυνο την δημόσια υγεία όπως η μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στο νερό και άλλες έμμεσα με την καταστροφή οικοσυστημάτων. Παρακάτω παρουσιάζονται εν συντομία οι κυριότερες επιπτώσεις που προκαλούνται.

Ατμοσφαιρική ρύπανση

Δύο από τις κυριότερες διεργασίες που βοηθούν την επιστροφή του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι η απονιτροποίηση και η εξαέρωση της αμμωνίας. Κατά την απονιτροποίηση μπορεί να παραχθεί μοριακό άζωτο, το οποίο είναι ωφέλιμο για την ατμόσφαιρα και οξείδια αζώτου τα οποία έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η αμμωνίας εξαερώνεται σε μεγάλο βαθμό όταν χρησιμοποιείται οργανικό λίπασμα για την λίπανση εδαφών το οποίο απορρίπτεται στην επιφάνειά του και αυξάνει την απώλεια της έως και 55% του προστιθέμενου αζώτου (Σεάτου & Σιμώνης, 1994), συνεισφέροντας σε ατμοσφαιρικά προβλήματα.

Μια από της μεθόδους με τις οποίες αποδίδονται τα φυτοφάρμακα στις καλλιέργειες είναι οι αεροψεκασμοί, μέθοδος που επιτρέπει την διαφυγή οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Τα διαλύματα αυτά περιέχουν τοξικές ουσίες έχοντας αναφερθεί βλάβες στο νευρικό σύστημα οργανισμών οι οποίοι έρχονται σε επαφή με αυτές.

Τα οξείδια του αζώτου έχουν κατηγορηθεί για την αραίωση της στρώσης του όζοντος και την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου επηρεάζοντας έτσι τις κλιματικές συνθήκες διαφόρων περιοχών σε ολόκληρο τον κόσμο. Επιπλέον, η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με τα τοξικά οξείδια του αζώτου συντελούν στη δημιουργία όξινης βροχής με όλες τις επιπτώσεις που αυτή συνεπάγεται.

Ρύπανση υδάτων

Η ποιότητα του νερού έχει υποβαθμιστεί σοβαρά εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας με την γεωργικές πρακτικές να εμπλουτίζουν επιφανειακά και υπόγεια ύδατα με στοιχεία τα οποία μπορεί να αποδειχθούν τοξικά ερχόμενα σε επαφή και αντιδρώντας με άλλες ουσίες.

Ένα από τα μεγαλύτερα και πιο γνωστά ζητήματα που προκύπτουν είναι το φαινόμενο του ευτροφισμού. Υπολείμματα θρεπτικών στοιχείων, φωσφόρου και αζώτου, καταλήγουν σε επιφανειακούς υδάτινους όγκους όπως λίμνες και δέλτα, οι πληθυσμοί των αλγών αυξάνονται και τα νερά θολώνουν. Το ηλιακό φως δεν μπορεί να διαπεράσει αυτό το παχύρευστο φιλμ εμποδίζοντας την φωτοσύνθεση των υδρόβιων φυτών, μειώνοντας έτσι το παραγόμενο άρα και διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο, οδηγώντας στην ασφυξία τους πληθυσμούς των ψαριών.

Στις εκβολών ποταμών, που δημιουργούνται δέλτα, ή άλλων υγροτόπων, απορρέουν όλα τα επιφανειακά νερά των γύρω περιοχών. Οι υγρότοποι είναι οικοσυστήματα που επηρεάζονται από αλλαγές, ειδικότερα όσο μικρότερα είναι τόσο πιο εύκολα μπορεί να αλλάξει η δομή τους. Υπολογίζεται πως 75% των ποταμών, 64% των εκβολών, 50% των πηγών, 48% των λιμνών και 42% των λιμνοθαλασσών, επηρεάζονται από διάφορες πηγές ρύπανσης γεωργικής και αστικής προέλευσης (Zailidis et al., 1997). Στην Ελλάδα με την αύξηση των ποσοτήτων των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται ετησίως για τις καλλιέργειες έχει διαπιστωθεί και ανάλογη αύξηση των προβλημάτων στα επιφανειακά ύδατα όπως η μείωση των πληθυσμών πανίδας και χλωρίδας.

Η νιτρορύπανση είναι ένα όχι και τόσο γνωστό ζήτημα που θα απασχολήσει όμως έντονα τις κοινωνίες σε μερικά χρόνια η οποία οφείλεται στην μεγάλη συγκέντρωση αζωτούχων ενώσεων στο νερό. Τα άζωτο είναι το πιο εύκολα εκπλενόμενο στοιχείο. Σε αμμωνιακή μορφή (NH_4^+) τα ιόντα είναι θετικά φορτισμένα και έτσι συγκρατούνται από την αρνητικά φορτισμένη επιφάνεια της αργίλου, παραμένοντας έτσι μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο έδαφος. Αμμωνιακά λιπάσματα συνίσταται να χρησιμοποιούνται κατά τις βροχερές περιόδους αλλά και σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες και στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των φυτών καθώς τα λαχανικά απορροφούν καλύτερα το αμμωνιακό άζωτο (Γκαντίδης κ.ά., 1989).

Τα νιτρικά ιόντα απορροφούνται γενικά ευκολότερα από τις ρίζες των φυτών. Το πρόβλημά όμως με τα αρνητικά φορτισμένα νιτρικά ιόντα NO_3^- είναι πως δεν συγκρατούνται στην επίσης αρνητικά φορτισμένη επιφάνεια της αργίλου διευκολύνοντας έτσι την κατείδυσή τους μαζί με το βρόχινο ή ποτιστικό νερό στους βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες όπου η εκμετάλλευσή τους από τα φυτά είναι αδύνατη καταλήγοντας στους υπόγειους υδροφορείς.

Σε πολλές χώρες έχουν εμφανιστεί ύδατα με αυξημένη ποσότητα νιτρικών τις τελευταίες 2 περίπου δεκαετίες με το ενδιαφέρον και την προσοχή να στρέφεται στην κατανόηση και αντιμετώπιση του ζητήματος. Στη χώρα μας πολλές περιοχές έχουν εμφανίσει προβλήματα και οι αναλύσεις των υπόγειων νερών από υδροληπτικές και αρδευτικές γεωτρήσεις είναι ανησυχητικές. Μελέτες από το 1986 (Μουρκίδης & Μενκίσογλου, 1981 και 1982) υποδεικνύουν την ύπαρξη αυξημένων συγκεντρώσεων σε νιτρικά εξαιτίας

κυρίως της οργανικής λίπανσης και την μετατροπή της οργανικής ουσίας σε ανόργανη. Επιπλέον, σε περιοχές όπως: η Χαλκιδική, λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, Κωπαΐδα και πολλές άλλες ακόμη, καταγράφηκαν αυξημένες ποσότητες των ρύπων, αποδίδοντάς την προέλευσή τους στην γεωργία και την κτηνοτροφία.

Η επιβάρυνση των υδάτων με νιτρικά και αμμωνία τα οποία είναι τοξικά, εγκυμονούν κινδύνους για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς προκαλώντας ασθένειες ενώ αχρηστεύουν και τους διαθέσιμους υδάτινους πόρους οι οποίοι είναι ήδη περιορισμένοι.

Προβλήματα στον άνθρωπο

Έχει συσχετιστεί πως η πόση νερού με περιεκτικότητα νιτρικών ιόντων μεγαλύτερη των 10 mg/L και νιτρωδών με μεγαλύτερη του 1 mg/L, σχετίζεται με την εμφάνιση της ασθένειας μεθαιμοσφαιριναιμία (methemoglobinemia) γνωστό και ως σύνδρομο «blue-baby» σε βρέφη έως 3 μηνών, ενώ δεν έχει παρατηρηθεί σε ανθρώπους μεγαλύτερων ηλικιών. Στην κατάσταση αυτή τα νιτρώδη αντιδρούν με την αιμοσφαιρίνη παράγοντας μεθαιμοσφαιρίνη η οποία δεν μπορεί να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς προκαλώντας συμπτώματα όπως η έλλειψη οξυγόνου και κυρίως η κυάνωση (Πισιμίση, 2012). Υποστηρίζεται πως η μόλυνση του νερού στις περιπτώσεις αυτές έγινε από βακτήρια ζώων και όχι από νιτρικά και νιτρώδη.

Στον ανθρώπινο οργανισμό υπάρχουν βακτήρια τα οποία μετατρέπουν τα νιτρικά και νιτρώδη σε νιτροζαμίνες, ουσίες οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως ισχυρά καρκινογόνες και μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο του στομάχου. Τα νιτρικά εισέρχονται στους οργανισμούς από τα τρόφιμα, τα οποία όμως περιέχουν και άλλες ουσίες όπως ασκορβικό, ερυθροβικό και τοκοφερόλη που παρεμποδίζουν τον δυνητικό σχηματισμό νιτροζαμίνης. Έτσι αυτή η πηγή πρόσληψης δεν θεωρείται σημαντική. Ζήτημα μπορεί να προκύψει όταν νιτρικά χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά κατεργασμένων διατροφικών προϊόντων όπως το κρέας. Αναγκαίο κακό χαρακτηρίζεται από πολλούς τα νιτρικά και νιτρώδη τα οποία όταν εκτεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες ή έρθουν σε επαφή με το οξύ του στομάχου να μετατρέπονται στις επικίνδυνες νιτροζαμίνες.

Επιπτώσεις στο έδαφος

Το νερό που καταλήγει σε ένα χωράφι, επιφανειακό ή υπόγειο δεν υπόκειται καμία διαδικασία καθαρισμού με αποτέλεσμα ότι ουσία περιέχεται σε αυτό να φτάνει άμεσα στα καλλιεργούμενα προϊόντα αλλά και τον ίδιο τον εδαφικό ορίζοντα. Ο εμπλουτισμός του εδάφους με άλατα, τοξικά βαρέα μέταλλα και

αλκάλια, τα οποία μπορεί να περιέχονται στα ύδατα διαφόρων περιοχών και να προέρχονται από ανθρωπογενείς ή φυσικές πηγές μόλυνσης, οδηγούν στην υποβάθμιση του.

Εδάφη τα οποία περιέχουν στοιχεία όπως τα παραπάνω δεν μπορούν να καλλιεργηθούν και η αποκατάστασή τους μπορεί να διαρκέσει πολλά χρόνια. Τα θέματα που προκύπτουν οφείλονται κυρίως στη μη ορθή διαχείριση εδαφών και πρακτικών εντατικής γεωργίας όπως η επί χρόνια καλλιέργεια του ίδιου αγαθού αλλά και στην όλο και αυξανόμενη κατάχρηση πλέον εδαφοβελτιωτικών όπως τα λιπάσματα τα οποία εντείνουν το πρόβλημα.

Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με κλιματολογικούς εδαφολογικούς και τοπογραφικούς παράγοντες εντείνουν το πρόβλημα της διάβρωσης το οποίο υποβαθμίζει σημαντικά τα εδάφη και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει και στην ερημοποίηση σύμφωνα με μελέτες για την Ουαλία και την Αγγλία (Tinker, 1989). Η διάβρωση απομακρύνει τον εδαφικό ορίζοντα μέσα στον οποίο αναπτύσσονται τα φυτά με αποτέλεσμα να μειώνεται η παραγωγικότητά των ίδιων των εδαφών και επιδρά αρνητικά στην απόδοση των καλλιεργειών.

Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα όπου τα στρέμματα καλλιεργήσιμης γης αυξάνονται συνεχώς στις πεδινές αλλά και ορεινές περιοχές, τα προβλήματα από τη ρύπανση θα αυξηθούν. Μέχρι στιγμής δεν φαίνεται η λίπανση να διαφοροποιείται σε μεγάλο βαθμό για την ίδια καλλιέργεια αλλά σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, η οποία θα έπρεπε να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες του εδάφους αλλά και της ίδιας της καλλιέργειας.

Κρίνεται αναγκαία λοιπόν η θέσπιση αυστηρότερων κανόνων για την πιο σωστή διαχείριση των εδαφών και των πρακτικών καλλιέργειας αλλά και ευαισθητοποίηση των άμεσα εμπλεκόμενων πάνω στο ζήτημα.

3.5 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η αισθητή υποβάθμιση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων των τελευταίων δεκαετιών επέβαλλε την θέσπιση ορίων της περιεκτικότητας σε άζωτο και αζωτούχες ενώσεις. Έτσι, ο Παγκόσμιος οργανισμός Υγείας το 2008, όρισε την ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή συγκέντρωσης νιτρικών στα 50 mg/L, όριο το οποίο αποδέχθηκε και η Ελληνική νομοθεσία στην ΚΥΑ Υ2/2600/2001 για το νερό ύδρευσης. Το 2006 σύμφωνα με την ΚΥΑ 16175/824 ο κάμπος Θεσσαλονίκης, Πέλλας και Ημαθίας εντάχθηκε στις περιοχές ευπρόσβλητες από νιτρορύπανση.

Στην κοινή υπουργική απόφαση υπ' αριθμόν 16175/824 "Πρόγραμμα Δράσης για την περιοχή του κάμπου Θεσσαλονίκης Πέλλας και Ημαθίας (Εικόνα 3.2), που έχει χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητη ζώνη από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης" αποφασίστηκε η συμμόρφωση με το άρθρο 5 της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ «για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης» του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1991 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕΛ 375/1991).

Σύμφωνα με αυτό, προσδιορίζονται μέτρα μέσω των οποίων προβλέπεται η προστασία των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Αυτά είναι:

- Η μείωση των χρησιμοποιούμενων ποσοτήτων αζωτούχων λιπασμάτων.
- Η μελέτη των εδαφολογικών, κλιματικών και τοπικών συνθηκών για τον προσδιορισμό των πραγματικών αναγκών εδάφους και καλλιεργειών σε άζωτο.
- Την γνώση των ποσοτήτων που απορρίπτουν στο έδαφος και την εφαρμογή των περιορισμών των οδηγιών για τη πρόληψη της νιτρορύπανσης.
- Τον έλεγχο της ορθής εφαρμογής των οδηγιών από τα Υπουργεία ΠΕΧΩΔΕ, Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης.
- Τη σύσταση επιτροπής από τις περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας και τις Νομαρχίες των υπολοίπων νομών οι οποίες αποτελούν της ευπρόσβλητης περιοχής η οποία θα συγκαλείτε με σκοπό τον έλεγχο της τήρησης και αποτελεσματικής εφαρμογής του Προγράμματος Δράσης.
- Οι έλεγχοι αφορούν αγρότες και κτηνοτρόφους για την διαπίστωση παραβάσεων και την επιβολή κυρώσεων που ορίζονται στο άρθρο 6.

Στο παράρτημα του προγράμματος δράσης προσδιορίζονται και σαφή μέτρα τα οποία συμφωνούν με τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής.



Εικόνα 3.2. Όρια κάμπου Θεσσαλονίκης, Πέλλας και Ημαθίας
χαρακτηρισμένης ως ευπρόσβλητης περιοχής από τη νιτρορύπανση.
(Πηγή: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=250>)

Οι πηγές ρύπανσης ταξινομούνται ανάλογα με την γεωμετρία τους σε: α) Σημειακές, β) Γραμμικές, γ) Διάχυτες με την νιτρορύπανση να αποτελεί μια διάχυτη πηγή, γεγονός του δυσκολεύει τον προσδιορισμό της πιο ορθής διαχείρισης για τον περιορισμό της.

Όπως αναπτύχθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους η υπερβολική λίπανση, οι χρήσεις γης και τα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι οι κύριοι λόγοι που εντείνουν το πρόβλημα. Έτσι θεσπίστηκε ο κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής ο οποίος προβλέπει:

Ορθολογική λίπανση

Για την επίτευξη ορθολογικής λίπανσης είναι απαραίτητη η μελέτη του εδάφους, η γονιμότητα αυτού, τα θρεπτικά που είναι ήδη διαθέσιμα για την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας, ο τύπος του λιπάσματος που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και η ποσότητα την οποία μπορεί να αξιοποιηθεί από το φυτό.

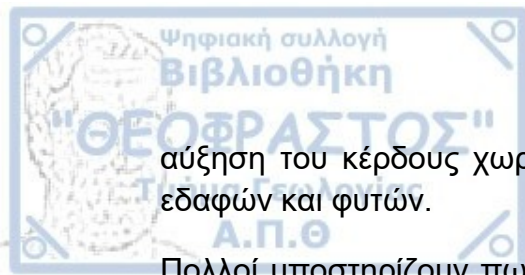
Σε περιοχές οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητες απαγορεύονται οι λιπάνσεις με αζωτούχες ενώσεις από 1^η Νοεμβρίου μέχρι 1^η Φεβρουαρίου, διότι τότε υπάρχουν πολλές βροχοπτώσεις και το άζωτο ως ευκίνητο στοιχείο παρασύρεται εύκολα μέχρι τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Επίσης την περίοδο αυτή οι ρυθμοί ανάπτυξης των καλλιεργειών είναι μειωμένοι έως και μηδενικοί. Η λίπανση ιδανικά να γίνεται κατά τους καλοκαιρινούς και ανοιξιάτικους μήνες.

Ιδανική θεωρείται η φυτοκάλυψη των εδαφών κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες ώστε να προσλαμβάνουν νιτρικά από το έδαφος αλλά και να περιορίζουν την διάβρωση.

Είναι σημαντικό να διατηρείται η καλλιέργεια σε καλή κατάσταση ώστε το φυτό να είναι σε θέση να απορροφά μεγάλες ποσότητες αζώτου και να αναπτύσσεται ενώ προτείνεται σε εδάφη με μεγάλα ποσοστά άμμου να γίνονται πολλές λιπάνσεις σε μικρές δόσεις.

Μείωση ανόργανων αζωτούχων λιπασμάτων

Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων άρχισε στην Ελλάδα μετά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο. Η χαμηλή τιμή των λιπασμάτων αλλά και η επιδότηση τους από το κράτος, έως 40% της τιμής τους, έκανε τα λιπάσματα μια φθηνή προϊόν το οποίο μπορούσε να αυξήσει την παραγωγή. Σε ένα τέτοιο καθεστώς, αναπτύχθηκε η νοοτροπία της υπερλύπανσης των καλλιεργειών με σκοπό την



αύξηση του κέρδους χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι πραγματικές ανάγκες εδαφών και φυτών.

Πολλοί υποστηρίζουν πως ένα από τα μέτρα ώστε να μειωθεί η υπερβολική λίπανση είναι η αύξηση της τιμής τους μέσω φόρων και ποσοστώσεων ενώ αποτελεσματική θα ήταν και επιβολή των αυστηρών προστίμων από τις αρμόδιες αρχές σε αιφνιδιαστικούς ελέγχους των παραγωγών.

Ορθή διαχείριση των οργανικών αποβλήτων

Τα οργανικά απόβλητα είναι κτηνοτροφικής κυρίως προέλευσης και χρησιμοποιούνται για την λίπανση εδαφών καθώς περιέχουν θρεπτικά συστατικά. Η πρακτική αυτή έχει ως αποτέλεσμα την διαφυγή αζώτου με τη μορφή αμμωνίας κατά την αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων. Απαγορεύεται να χρησιμοποιηθούν απόβλητα πτηνοτροφείων και υγρά κτηνοτροφικά απόβλητα ενώ η επεξεργασμένες κοπριές επιτρέπονται σε ορισμένες περιπτώσεις σύμφωνα με την τροποποίηση της υπ' αριθμό 54243/13.7.2015 υπουργικής απόφασης. Τέλος σε περιοχές ευπρόσβλητων ζωνών θα πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά και κατά περίπτωση η εφαρμογή λιπασμάτων οργανικής προέλευσης σε εδαφικούς αποδέκτες.

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

4.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία έλαβε χώρα στις 5 Ιουλίου 2017, την υγρή δηλαδή περίοδο αφού είχε προηγηθεί ένας χειμώνας με αρκετές βροχοπτώσεις αλλά και χιόνια που βοήθησε τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων.

Οι γεωτρήσεις ήταν ήδη σε λειτουργία όταν πάρθηκαν τα δείγματα νερού καθώς οι περισσότερες χρησιμοποιούνταν από τον Δήμο Χαλκηδόνος για ύδρευση (Εικόνα 4.1) καθώς και μερικές ιδιωτικές οι οποίες άρδευαν γειτονικά οικόπεδα. Μαζί μας ήταν ο Κ. Παναγιώτης Μηλίδης, ηλεκτρολόγος στην Δημοτική υπηρεσία ύδρευσης, ΔΕΥΑΧ. Το νερό συλλέχθηκε σε φιάλες 1 ½ λίτρου από πολυαιθυλένιο, αφού όμως πρώτα ξεπλύθηκαν με το ίδιο νερό της γεώτρησης (Εικόνα 4.2).

Στο πεδίο είχε μεταφερθεί φορητό όργανο (Εικόνα 4.3) για να υπολογισθούν κυριότερες φυσικές και χημικές παράμετροι του υπόγειου νερού όπως η θερμοκρασία, το pH, η αγωγιμότητα και τα Συνολικά Διαλυμένα Στερεά (T.D.S.). Τα δείγματα διατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας σε ψυγείο ενώ το βράδυ αποθηκεύτηκαν σε δροσερό περιβάλλον.



Εικόνα 4.1. Δημοτική υδρευτική γεώτρηση.



Εικόνα 4.2. Δειγματοληψία μετά το ξέπλυμα των μπουκαλιών από δεξαμενή.



Εικόνα 4.3. Φορητό όργανο CRISON MM40.

4.2 ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Για την ανάλυση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το φασματοφωτόμετρο που βρίσκεται στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας του τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ τύπου HACH 2000 (Εικόνα 4.4) ρυθμίζοντας την ακτινοβολία στα 500 nm. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα nitra-ver (Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.4: Φασματοφωτόμετρο HACH DR/2000.

Χρησιμοποιήθηκαν 50 ml δείγματος σε 2 φιάλες των 25 ml το καθένα. Στο πρώτο τοποθετήθηκε καθαρό δείγμα ενώ στο δεύτερο καθαρό δείγμα με αντιδραστήριο ενώ πρώτα είχαν καθαριστεί με νερό του ίδιου δείγματος (Εικόνα 4.6).

Η διαδικασία του μηχανήματος είναι ως εξής. Πατήθηκε το power, ρυθμίστηκε τη ροδέλα στα 500nm και πατήθηκε ο συνδυασμός 355. Στη συνέχεια πατήθηκαν τα κουμπιά με τις αναγραφές Read, Enter, Shift, 7 και ανακινήθηκε το δείγμα με το αντιδραστήριο για 1 λεπτό ώστε να διαλυθεί το αντιδραστήριο. Μόλις τελειώσει ο χρόνος πατήθηκε το Shift και το 7 και δόθηκαν 5 λεπτά ώστε να αντιδράσει το δείγμα. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε το καθαρό δείγμα στο μηχανήμα και πατήθηκε το κουμπί με την ένδειξη ZERO. Έπειτα, τοποθετήθηκε το δείγμα με το αντιδραστήριο και πατήθηκαν τα κουμπιά Read, Enter. Στην οθόνη εμφανίστηκαν 3 τιμές. Υπολογίστηκε ο μέσος όρος των 3 αυτών τιμών και τον πολλαπλασιάστηκε με 4,4 ώστε να προκύψει η τελική τιμή νιτρικών ιόντων που υπήρχε στο δείγμα.

Δείγματα τα οποία θα έχουν έντονη κίτρινη απόχρωση μετά την αντίδρασή τους με το αντιδραστήριο δίνουν μια άμεση ένδειξη για την ύπαρξη νιτρικών πριν πραγματοποιηθεί καν η μέτρηση με το μηχάνημα.

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, νερό που προορίζεται για πόση δεν θα πρέπει να έχει περιεκτικότητα σε νιτρικά μεγαλύτερη των 50 mg/L.



Εικόνα 4.5: Αντιδραστήρια nitraVer της HACH



Εικόνα 4.6: Δείγμα χωρίς αντιδραστήριο αριστερά, δείγμα με το αντιδραστήριο δεξιά

4.3 ΕΝΕΡΓΟΣ ΟΞΥΤΗΤΑ (pH)

Σχετίζεται με τη συγκέντρωση ιόντων H_3O^+ σε ένα διάλυμα. Με τον όρο pH συμβολίζουμε τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της παραπάνω συγκέντρωσης κατιόντων υδρογόνου

$$pH = -\log(H^+)$$

και αποτελεί μέτρο της αλκαλικότητας ή οξύτητας μιας χημικής ουσίας.

Η ποιότητα του υπόγειου νερού έχει άμεση σχέση με τα πετρώματα μέσα στα οποία προέρχεται ή κινείται καθώς και με την επιβάρυνση την οποία δέχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Η ηλικία επίσης της υδάτινης μάζας παίζει σημαντικό ρόλο καθώς οι νεότερες σε ηλικία παρουσιάζουν τιμές >7 (αλκαλικές) από παλαιότερες με τιμές <7 (όξιμες) που σχετίζεται με την συσσώρευση οργανικού υλικού, το οποίο κατά την αποσύνθεσή του εκλύει CO_2 .

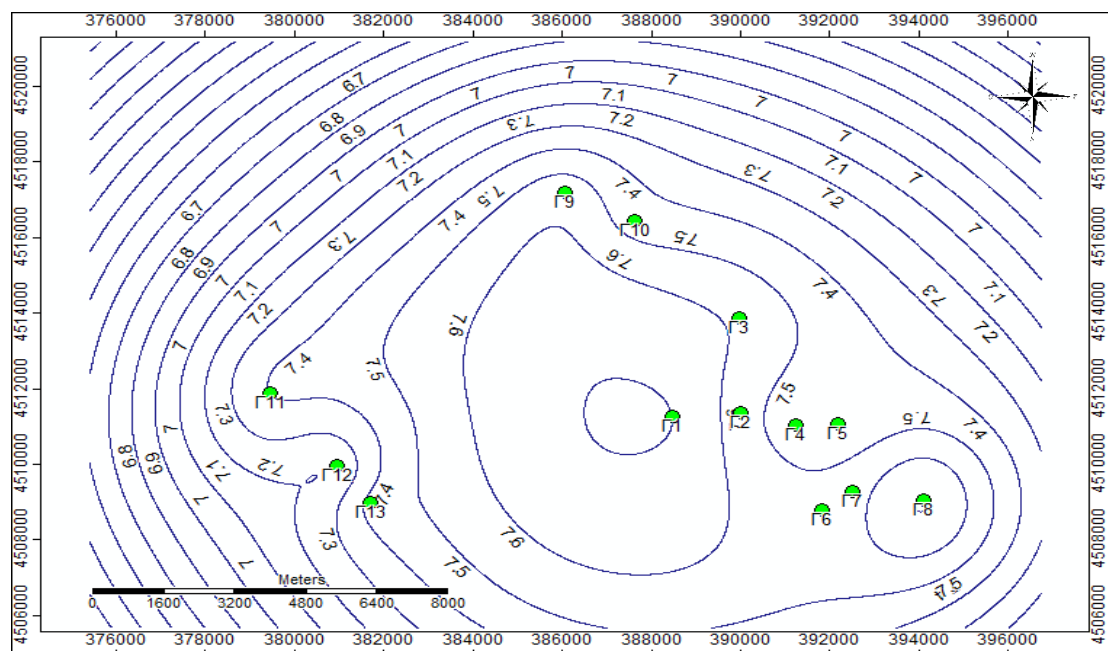
Πίνακας 4.1: Τιμές pH για κάθε γεώτρηση

Γεωτρήσεις	pH
Γ1	7,7
Γ2	7,55
Γ3	7,58
Γ4	7,45
Γ5	7,44
Γ6	7,53
Γ7	7,56
Γ8	7,7
Γ9	7,55
Γ10	7,46
Γ11	7,4
Γ12	7,23
Γ13	7,42

Οι τιμές των αποτελεσμάτων δείχνουν πως οι υδάτινες μάζες είναι ελαφρώς αλκαλικές.

Τα υπόγεια νερά μπορεί να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές pH εξαιτίας της όξινης βροχής και οξείδωση αμμωνίας, από την κοπριά, και μπορούν να προκαλέσουν ευκολότερα αποσάθρωση και απόσπαση στοιχείων, όπως Fe και Al από τα μητρικά ορυκτά (Βουδούρης, 2009).

Στον παρακάτω χάρτη (Σχήμα 4.1) με τη χωρική κατανομή του pH φαίνεται πως τη μεγαλύτερη αλκαλικότητα παρουσιάζουν τα νερά των περιοχών δυτικά της Γέφυρας και βόρεια του Αγίου Αθανασίου.



Σχήμα 4.1: Χωρική κατανομή του pH.

4.4 ΕΙΔΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (EC)

Η αγωγιμότητα εκφράζει αριθμητικά την ικανότητα ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα . Σχετίζεται άμεσα με την θερμοκρασία του νερού αλλά και κυρίως με την ποσότητα των διαλυμένων αλάτων, όσο αυτά αυξάνονται τόσο αυξάνεται και η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ενδεικτικό όριο της για το πόσιμο νερό είναι τα 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Αυξημένες τιμές μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα υγείας.

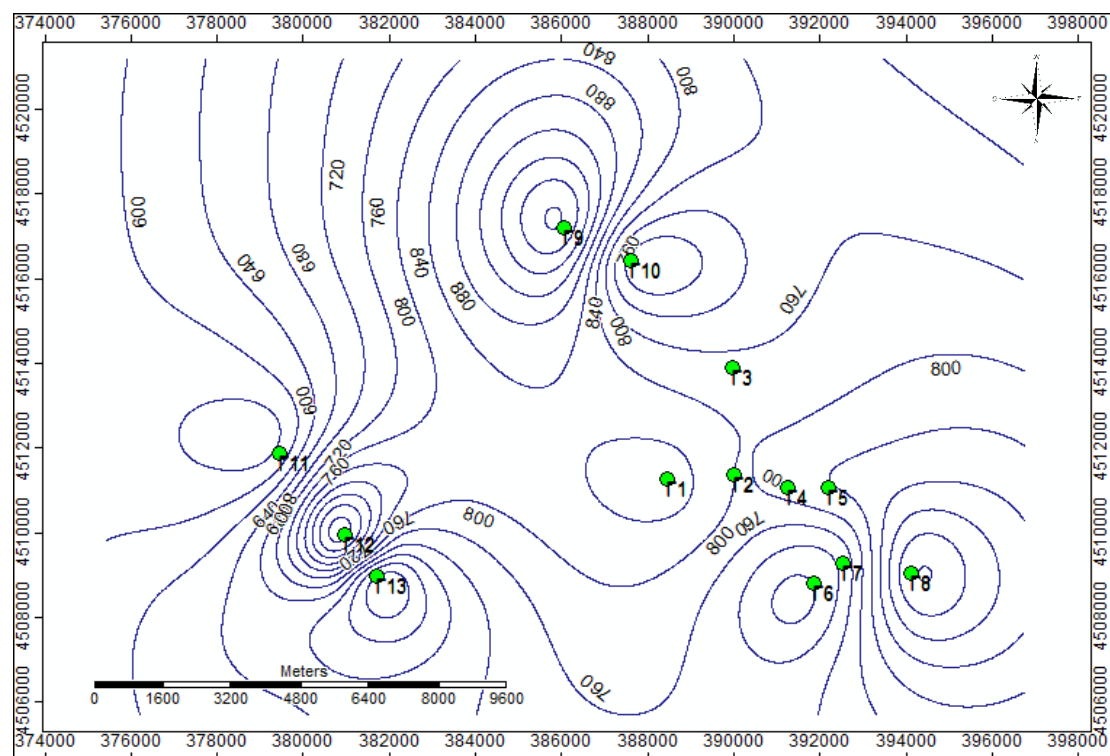
Πίνακας 4.2: Τιμές ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητα σε $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Γεωτρήσεις	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Γ1	548
Γ2	512
Γ3	494
Γ4	521
Γ5	535
Γ6	434
Γ7	470
Γ8	631
Γ9	662
Γ10	430
Γ11	367
Γ12	648
Γ13	386

Στις τιμές του πίνακα παρατηρούμε πως τα νερά έχουν σαφώς αυξημένες τιμές αγωγιμότητας με σχεδόν όλες πάνω από το όριο. Μόνο στις γεωτρήσεις Γ11 και Γ13 οι τιμές ήταν αυξημένες αλλά κάτω από το όριο.

Σε πολλές περιοχές οι αυξημένες τιμές αγωγιμότητας σχετίζονται με τη διείσδυση θαλασσινού νερού. Η περιοχή μελέτης όμως απέχει πολλά χιλιόμετρα από τη θάλασσα άρα οι αυξημένες τιμές της παραμέτρου δεν μπορούν να συσχετισθούν.

Όπως παρατηρούμε και στην χωρική κατανομή (Σχήμα 4.2) που δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα SAGA, τη μεγαλύτερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας παρουσιάζει η περιοχή δυτικά του προχώματος ενώ υψηλές τιμές δείχνουν να έχουν και τα νερά στην βορειοδυτική είσοδο της Χαλκηδόνας και στα βορεια-βορειοανατολικά το Αγίου Αθανασίου.



Σχήμα 4.2: Χωρική κατανομή της EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

4.5. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (T.D.S.)

Τα πετρώματα μέσα στα οποία κινείται το νερό, ο χρόνος παραμονής του σε αυτά καθώς και η ταχύτητα ροής επηρεάζουν την τιμή του T.D.S. (Total Dissolved Solids) το οποίο εκφράζει τη συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, κolloειδή και διαλυμένα αέρια.

Για αυτό το λόγο, χαρακτηρίζεται και αλατότητα του υπόγειου νερού έχοντας παράλληλα στενή σχέση με την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα EC. Όσο πιο βαθιά βρίσκεται το νερό τόσο πιο αλμυρό αναμένεται να είναι εξαιτίας της φόρτισης από άλατα όπως επίσης αλμυρό νερό μπορεί να βρεθεί σε περιοχές ιζηματογενών αποθέσεων (badlands) (Βουδούρης, 2009).

Πίνακας 4.3: Τιμές TDS των γεωτρήσεων σε mg/L)

Γεωτρήσεις	TDS (mg/L)
Γ1	856
Γ2	800
Γ3	772
Γ4	812
Γ5	836
Γ6	681
Γ7	733
Γ8	991
Γ9	1030
Γ10	670
Γ11	573
Γ12	1010
Γ13	603

Σύμφωνα με τους Davis και DeWiest, 1966 το νερό ανάλογα με τις τιμές του TDS κατηγοριοποιείται σε:

Πίνακας 4.4. Ταξινόμηση κατά Davis και DeWiest, 1966

Νερό	TDS (mg/L)
Γλυκό (Fresh)	<1000
Υφάλμυρο (Blackish)	1000-10.000
Αλμυρό (Saline)	10.000-100.000
Υπεραλμυρό (Brine)	>100.000

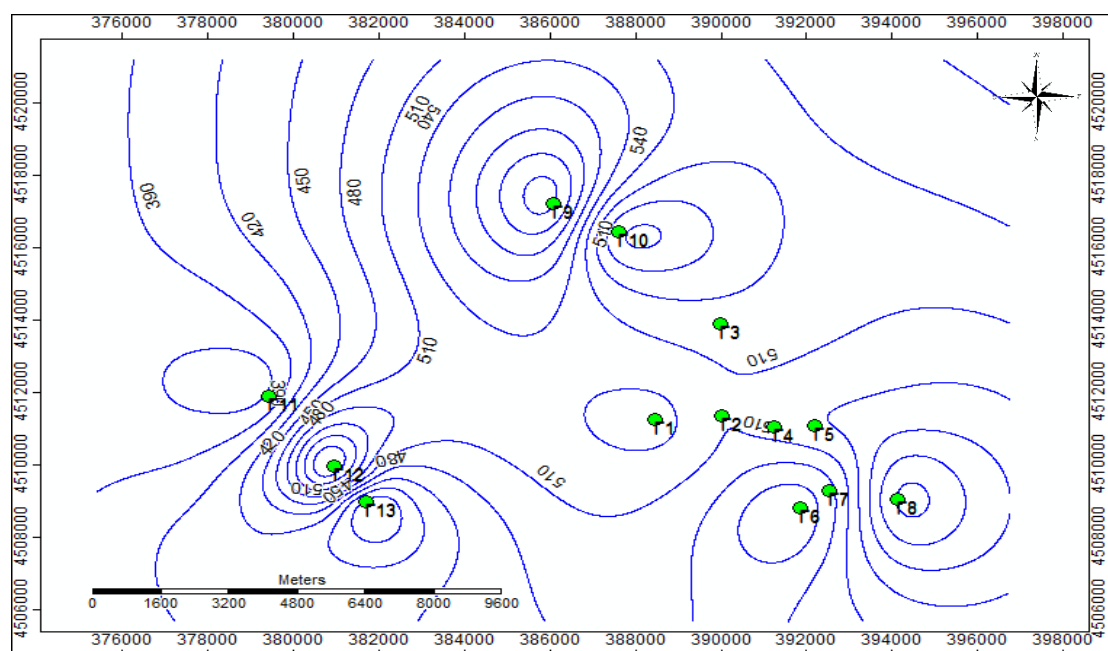
Οι γεωτρήσεις Γ12 και Γ9 εμφανίζουν τιμές πάνω από το όριο των 1000 mg/L που κατατάσσει το νερό στην κατηγορία του **υφάλμυρου**. Η πόση νερού με αυξημένες αλλά και πάνω από το όριο τιμές δεν ενδείκνυται και μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα στους οργανισμούς.

Πιο συγκεκριμένα, διαλυμένα στο νερό στοιχεία μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στην υγεία όπως το μαγνήσιο (Mg) που έχει καθαρικές και διουρητικές ιδιότητες, τα ιόντα χλωρίου δίνουν σε υψηλές συγκεντρώσεις γλυφή γεύση στο πόσιμο νερό, νερό με μεγάλη συγκέντρωση νατρίου (Na) δεν ενδείκνυται για άτομα με χρόνιες καρδιακές παθήσεις. Συνεχής έκθεση σε νερό που περιέχει σίδηρο σε υψηλές τιμές μπορεί να προκαλέσει βλάβες

στους με τα παιδιά να δείχνουν περισσότερη ευαισθησία, ενώ νερό με >1 mg/L προκαλεί φθορίαση και βλάβες στα οστά.

Στοιχεία όπως το Κάλιο (K) μπορεί να διαβρώσει τις σωληνώσεις αυξάνοντας την περιεκτικότητάς του νερού σε μέταλλα, ο Χαλκός (Cu) να προκαλέσει λεκέδες σε υφάσματα και είδη υγιεινής.

Υψηλές συγκεντρώσεις στερεών διαλυμένων αλάτων παρουσιάζουν οι περιοχές στη βορειοδυτική είσοδο της Χαλκηδόνας και δυτικά του Προχώματος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.3, που δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα SAGA.



Σχήμα 4.3: Χωρική κατανομή του TDS (mg/L).

4.6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (T °C)

Οι θερμοκρασία των πετρωμάτων επηρεάζει και την θερμοκρασία του υπόγειου νερού. Δεν παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε αντίθεση με τα επιφανειακά που είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία. Τέλος η θερμοκρασία μπορεί να επηρεαστεί και από τις μεταβολές της πιεζομετρικής επιφάνειας.

Πίνακας 4.5: Τιμές θερμοκρασίας από την επι τόπου μέτρηση

Γεωτρήσεις	$T(^{\circ}\text{C})$
Γ1	21,6
Γ2	21,1
Γ3	22,3
Γ4	22,1
Γ5	21,6
Γ6	21,2
Γ7	22,6
Γ8	22,2
Γ9	19,5
Γ10	21,4
Γ11	
Γ12	21,4
Γ13*	

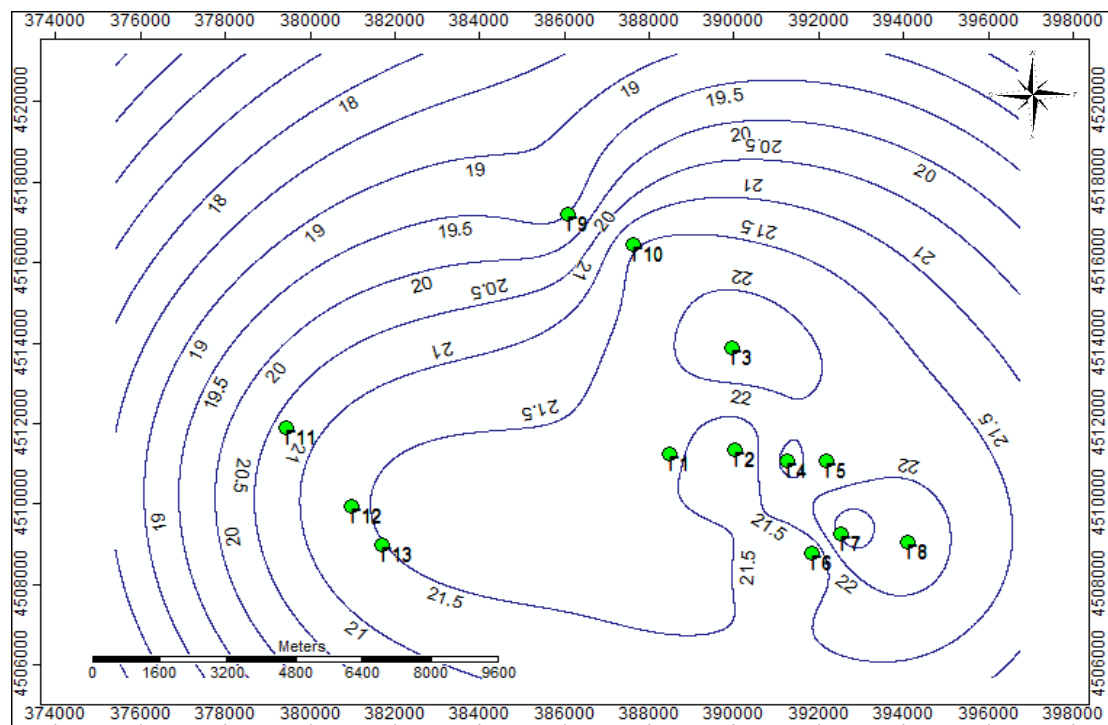
Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.5, η θερμοκρασία δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές παρά μόνο 3.1°C με τη μέγιστη να είναι στη Γ3 στους $22,3^{\circ}\text{C}$ και την ελάχιστη στην Γ9 στους $19,5^{\circ}\text{C}$.

Η γεύση επηρεάζεται από την θερμοκρασία η οποία με την αύξησή της προκαλεί την εκδίωξη των διαλυμένων αλάτων καθιστώντας το άγευστο, με την ενδεδειγμένη να είναι περίπου στους $5-10^{\circ}\text{C}$.

Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 150°C τα μικρόβια πολλαπλασιάζονται με ταχείς ρυθμούς, διαλύονται δυσκολότερα αέρια, ευκολότερα τα στερεά και επιταχύνονται οι βιολογικές διεργασίες. Τέλος νερό με υψηλές θερμοκρασίες απαιτεί περισσότερο χλώριο και ευνοεί τη ανάπτυξη αλγών που δημιουργούν δυσάρεστες οσμές και γεύσεις.

Το δείγμα της Γ13, προήλθε από ιδιωτική αρδευτική γεώτρηση, είχε αποθηκευτεί στο ψυγείο και έτσι δεν μπορέσαμε να πάρουμε αντιπροσωπευτική τιμή.

Η υψηλότερη τιμή της θερμοκρασίας εμφανίζεται στη γεώτρηση δυτικά του Βαθυλάκου και ακολουθεί αυτή βορειοανατολικά του Αγίου Αθανασίου, όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα 4.4, που δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα SAGA.



Σχήμα 4.4: Χωρική κατανομή της T ($^{\circ}\text{C}$).

4.7 ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ

Τα νιτρικά ιόντα βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο υπόγειο νερό εξαιτίας της μη συγκράτησής τους από τα σωματίδια της αργίλου επειδή είναι ομοίως φορτισμένα. Έτσι υποβαθμίζουν την ποιότητα των υπόγειων νερών και δημιουργούν πολλά προβλήματα στους έμβιους οργανισμούς αλλά και το περιβάλλον. Το όριο των 50 mg/L που έχει θεσπιστεί, σε πολλές περιοχές υπερβαίνεται εντάσσοντάς τες στη λίστα ευπρόσβλητων περιοχών.

Πίνακας 4.6: Τιμές νιτρικών από τις εργαστηριακές δοκιμές

Γεωτρήσε ις	Νιτρικά (mg/L)
Γ1	78,17
Γ2	
Γ3	37,25
Γ4	37,4
Γ5	42,38
Γ6	21,70
Γ7	19,94
Γ8	63,36
Γ9	56,76
Γ10	30,8
Γ11	24,2
Γ12	37,22
Γ13	20,53

Όπως παρατηρείται στον πίνακα 5.1. η γεώτρηση με την μεγαλύτερη συγκέντρωση σε νιτρικά ιόντα είναι η Γ1 κοντά στη Γέφυρα και ακολουθούν με τιμές άνω των επιτρεπτών ορίων οι γεωτρήσεις Γ8 και Γ9 στον Άγιο Αθανάσιο και Πρόχωμα αντίστοιχα.

Στο δείγμα της γεώτρησης Γ2 δεν μπορέσαμε να πάρουμε δείγμα καθώς ήταν θολό. Η γεώτρηση είχε μπει σε λειτουργία μόλις πριν 2 μέρες οπότε περιείχε ακόμα πολύ άμμο και αιωρούμενα σωματίδια.

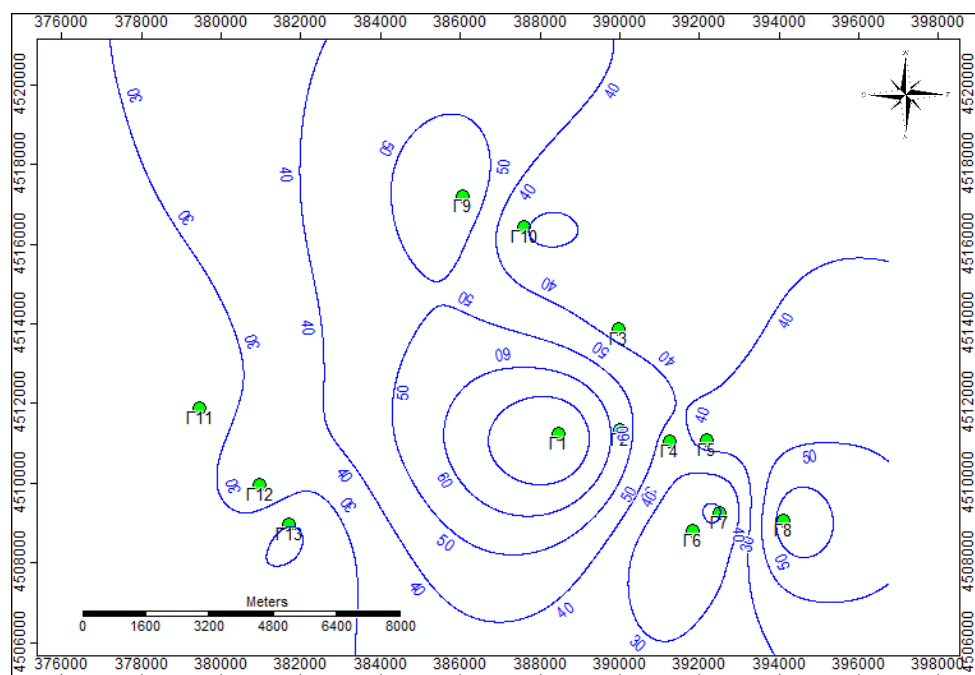
Πρέπει να σημειωθεί πως όλες οι γεωτρήσεις εκτός από τις Γ5 και Γ13 είναι υδρευτικές και το νερό τους εξυπηρετεί τις ανάγκες γειτονικών χωριών.

Πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τη Μπατσή (2014) η στάθμη ηρεμίας της γεώτρησης Γ1 (κατασκευασμένη το 1980) είναι στα 10 m από την επιφάνεια του εδάφους (α.ε.ε.) και η δυναμική στάθμη στα 30 m α.ε.ε. Το συνολικό πάχος του υδροφορέα είναι 35m και το βάθος της γεώτρησης 204 m.

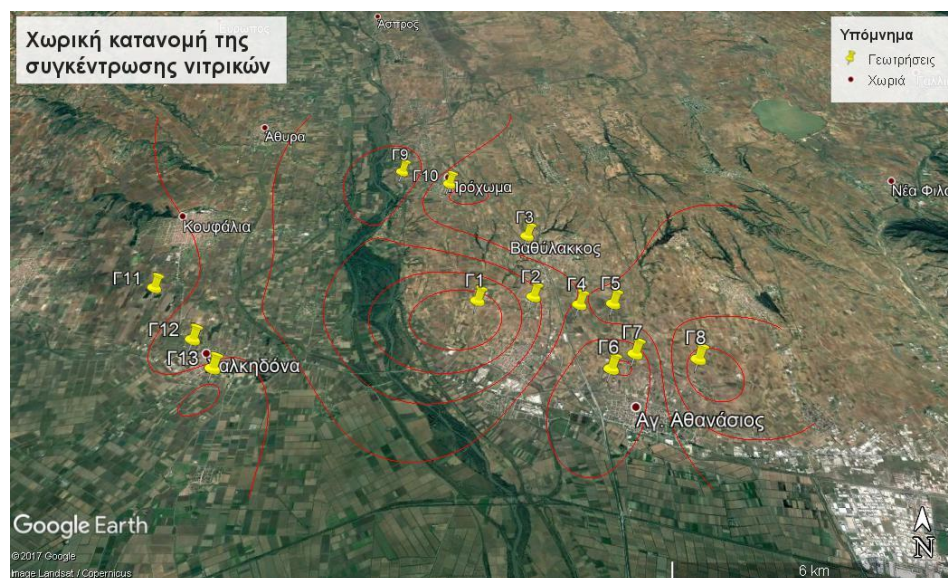
Η γεώτρηση Γ4 έχει κατασκευαστεί το 1992, με βάθος 216 m, πάχος υδροφορέα 45 m στάθμη ηρεμίας 50,8 m α.ε.ε. και δυναμική στάθμη 75 m α.ε.ε.

Η γεώτρηση Γ7 έχει βάθος 204 m, πάχος υδροφορέα 30 m.

Στον παρακάτω χάρτη παρουσιάζεται η κατανομή της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στην περιοχή μελέτης με τη μεγαλύτερη τιμή να βρίσκεται στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις της Γέφυρας δυτικά του οικισμού (γεώτρηση Γ1), ενώ πάνω από το όριο είναι τα νερά στην περιοχή βόρεια-βορειοανατολικά του Αγίου Αθανασίου (Γ8), και δυτικά του Προχώματος (Γ9).



Σχήμα 4.5: Χωρική κατανομή της περιεκτικότητας των νιτρικών ιόντων (mg/L) στο πρόγραμμα SAGA.



Σχήμα 4.6: Χωρική κατανομή της περιεκτικότητας των νιτρικών ιόντων (mg/L) σε περιβάλλον Google Earth.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για τις ανάγκες εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε η ποιότητα του υπόγειου νερού στην περιοχή του Δήμου Χαλκηδόνος που ανήκει στη λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού. Μετρήθηκαν παράμετροι όπως η ενεργός οξύτητα (pH), η θερμοκρασία (T) τα διαλυμένα στερεά (TDS), η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-). Μετά την κατασκευή και μελέτη των χαρτών χωρικής κατανομής των τιμών των ανωτέρω παραμέτρων εξήχθησαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

- ❖ Οι μετρήσεις του pH έδειξαν πως τα υπόγεια νερά είναι ελαφρώς αλκαλικά, το οποίο υποδηλώνει πως αποτελούν νέα σχετικά υδάτινα σώματα που δεν έχουν αλληλεπιδράσει σε μεγάλο βαθμό με τα περιβάλλοντα πετρώματα. Οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης.
- ❖ Από τα αποτελέσματα των συνολικών διαλυμένων στερεών (TDS), προέκυψε πως 2 γεωτρήσεις υπερβαίνουν το όριο των 1000 mg/L, που είναι το όριο πάνω από το οποίο το νερό χαρακτηρίζεται ως υφάλμυρο, και συγκεκριμένα στις περιοχές βορειοδυτικά της Χαλκηδόνος και δυτικά του Προχώματος. Οι αυξημένες τιμές αποδίδονται στα μεγάλα βάθη από τα οποία προέρχεται το νερό ή περιοχές παλαιών αλμυρών δεδομένης και της ιστορίας της περιοχής που λειτούργησε ως έλος.
- ❖ Οι τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας βρέθηκαν πολύ αυξημένες ($>500 \mu\text{S}/\text{cm}$) στις 11 από τις 13 γεωτρήσεις με τις μεγαλύτερες να εντοπίζονται δυτικά του Προχώματος, βορειοδυτικά της Χαλκηδόνος και βόρειο-βορειοανατολικά του Αγίου Αθανασίου.
- ❖ Από τις εργαστηριακές μετρήσεις της περιεκτικότητας των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) των δειγμάτων νερού των γεωτρήσεων εντοπίστηκαν αυξημένες τιμές σε πολλές αυτές, πάνω από το επιτρεπτό όριο των 50 mg/L. Ειδικότερα, δυτικά της Γέφυρας η συγκέντρωση έφτασε τα 78,2 mg/L, ενώ βόρεια-βορειοανατολικά του Αγίου Αθανασίου και δυτικά του Προχώματος εντοπίστηκαν τιμές άνω του επιτρεπτού ορίου. Οι περιοχές αυτές είναι έντονα καλλιεργούμενες και τα περισσότερα αγροτεμάχια εκμεταλλεύονται συστηματικά κάθε έτος.

Ανησυχητικό αποτελεί το γεγονός πως οι γεωτρήσεις αυτές στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι υδρευτικές και εξυπηρετούν τις ανάγκες των κατοίκων του δήμου. Σύμφωνα με την αρμόδια υπηρεσία τα νερά των γεωτρήσεων αναμειγνύονται με άλλων και οι τελικές συγκεντρώσεις ικανοποιούν τους περιορισμούς και τα όρια που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.

Να σημειωθεί ότι ο κάναβος μελέτης των γεωτρήσεων δεν είχε την καλύτερη δυνατή κατανομή καθώς τα δείγματα πάρθηκαν σε γεωτρήσεις τις οποίες καθόρισε ο υπεύθυνος ύδρευσης του Δήμου Κ. Μηλίδης με τη βοήθεια του

οποίου έγινε η δειγματοληψία. Εξαιτίας του παραπάνω, οι χάρτες κατανομής δεν έχουν τη μορφή που θα είχαν σε περίπτωση καλύτερης επιλογής της θέσης των γεωτρήσεων (μεγαλύτερη πυκνότητα και καλύτερη διασπορά στον χώρο).

Τέλος, με βάση το αναθεωρημένο Σχέδιο Διαχείρισης του υδατικού διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας, το υδατικό σύστημα του Αξιού όσον αφορά το οικολογικό δυναμικό και την χημική κατάσταση των υδάτων έχει αξιολογηθεί από μέτριο έως κατώτερο του καλού στα διάφορα σημεία παρατήρησης κρούοντας έτσι τον κώδωνα του κινδύνου για την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, αλλά και της ποιότητας ζωής των ανθρώπων και υπολοίπων οργανισμών.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

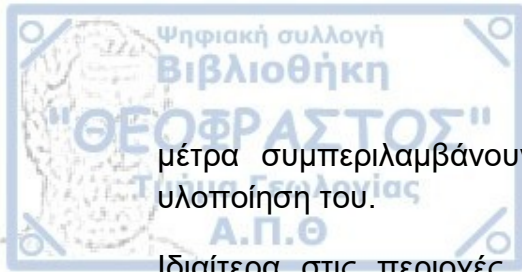
Η νιτρορύπανση αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα για την αντιμετώπιση του οποίου πρέπει να συνεργαστούν όλοι οι εμπλεκόμενοι.

Αρχικά η πολιτεία εκτός από τη θέσπιση των κανόνων ορθής χρήσης λιπασμάτων και διαχείρισης των καλλιεργειών θα πρέπει να προβεί σε ενημέρωση των πολιτών για τις αρνητικές επιδράσεις της υπερβολικής λίπανσης των χωραφιών με αζωτούχα λιπάσματα στο έδαφος, το νερό αλλά και τα ίδια τα καλλιεργήσιμα προϊόντα.

Επιπλέον, μια αύξηση της τιμής των αζωτούχων λιπασμάτων θα είχε ως άμεσο αποτέλεσμα την αγορά μικρότερων ποσοτήτων από τους παραγωγούς για να διατηρήσουν το κόστος παραγωγής χαμηλό. Έτσι, θα χρησιμοποιείται το απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών άζωτο και όχι παραπάνω από αυτήν.

Τέλος, είναι αναγκαία η ευαισθητοποίηση όλων των πολιτών για το ζήτημα καθώς οι αυξημένες συγκεντρώσεις στο νερό και τα τρόφιμα προκαλούν σοβαρά προβλήματα στην υγεία των έμβιων οργανισμών αλλά και την αχρήστευση πολλών εκμεταλλεύσιμων πηγών υδροληψίας με αποτέλεσμα την μείωση των ήδη περιορισμένων διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Τα μέτρα σύμφωνα με το Σχέδιο διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών των υδατικών διαμερισμάτων της κεντρικής Μακεδονίας χωρίζεται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με τη περίοδο εφαρμογής τους. Έτσι, τα βραχυπρόθεσμα μέτρα περιλαμβάνουν θεσμικές και διοικητικές μεταρρυθμίσεις που αφορούν λειτουργικές διαδικασίες των διαφόρων φορέων. Τα μεσοπρόθεσμα μέτρα αφορούν διαδικασίες για την εύρεση χρηματοδότησης για την υλοποίηση του προγράμματος παρακολούθησης των υδάτων και τέλος στα μακροπρόθεσμα



μέτρα συμπεριλαμβάνουν όλες τις δράσεις που θα κάνουν δυνατή την υλοποίησή του.

Ιδιαίτερα στις περιοχές όπου έχουν καθοριστεί ως προστατευόμενες, το δίκτυο παρακολούθησης θα πρέπει να είναι εκτενώς μελετημένο για να προστατεύσει τα διασφαλίσει το οικοσύστημα και να ενημερώσει καλλιεργητές και ομάδες που ασχολούνται με την αλιεία για τη σπουδαιότητά του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ- ΠΗΓΕΣ

- Αλμπανάκης, Κ., Βαβλιάκης, Ε., Ψιλοβίκος, Α., Σωτηριάδης, Λ., (1993), «Μηχανισμοί και εξέλιξη του δέλτα του Αξιού ποταμού κατά τον 20^ο αιώνα», 3^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο.
- Αναλογίδης (2000), «Έδαφος, θρεπτικά στοιχεία και φυτική παραγωγή» Δημήτριος Α. Αναλογίδης, Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε., Αθήνα.
- Βουδούρης, Κ. (2009) «Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Γκαντίδης, Ν., Α. Σιμώνης, Π. Κουκουλάκης (1989), «Η περιβαλλοντική διάσταση της λίπανσης των καλλιεργειών, Προστασία περιβάλλοντος και γεωργική παραγωγή», Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο, Θεσσαλονίκη, Α: 67-73.
- Γκαντίδης, Ν., Σιμώνης, Α., Κουκουλάκης, Π. (1989), «Οι Επιπτώσεις από τη Χρήση των Λιπασμάτων στο Περιβάλλον», Πρακτικά Επιστημονικής Δημερίδας "Τα Χημικά Λιπάσματα - Παρόν και Μέλλον" 7-8/2/1989 Θεσσαλονίκη.
- Καραμπέτσος, (2003), «Θρέψη Φυτών (Σημειώσεις) Ιωάννης Χ. Καραμπέτσος επίκουρος καθηγητής», Καλαμάτα.
- Λόντος Σ. (2009), «Επίδραση του Αζώτου στα μορφολογικά χαρακτηριστικά, απόδοση σιταριού και στο περιβάλλον», ΤΕΙ Καλαμάτας,
- Μανάκης Α., Μηντσιούδης Μ., Παπαμιχαήλ Ι. (2015), «Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 2015-2019 Δήμου Χαλκηδόνος», Χαλκηδόνα
- Μελαδιώτης Ι. (1984), «Γεωλογική μελέτη του Ανατολικού τμήματος της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης Γιαννιτσών και ειδικότερα της περιοχής μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού όπου αναπτύσσονται οι εκμεταλλεύσιμοι υπόγειοι υδροφορείς», διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Μέλφου, Αικ. (2000), «Παραγωγικότητα στην Ελληνική Γεωργία και Περιβαλλοντικοί Περιορισμοί – Η Περίπτωση της Νιτρορύπανσης», Αριστοτελείο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
- LALECHOS N. et SAVOYAT E. (1977), «La sédimentation Néogène dans la Fossé Nord Égéen». VI Col. Geol. Aeg. Reg. (Vol. III): 591-603.
- Μπατσής, Α. (2014), «Αναβάθμιση και εκσυγχρονισμός του δικτύου ύδρευσης της Δ.Ε. Αγ. Αθανασίου του Δήμου Χαλκηδόνος», Άγιος Αθανάσιος
- Μουντράκης, Δ. (2010), «Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας», University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- Σπυρίδης Α., Κουτάλου Β., Περλέρος Β., Λιονης Μ., Λεβογιάννης Μ., «Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας-Θράκης και Θεσσαλίας», αποτελέσματα λεκάνης Αξιού, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων

- Σπυρίδης Α., Κουτάλου Β., Περλέρος Β., Λιονης Μ., Λεβογιαννης Μ., «Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας-Θράκης και Θεσσαλίας, Αποτελέσματα λεκάνης Αξιού – Λουδία», Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.
- 16175/824/2006, (2006) «Πρόγραμμα Δράσης για την περιοχή του κάμπου Θεσσαλονίκης–Πέλλας–Ημαθίας, που έχει χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητη ζώνη από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης», Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, τεύχος 2^ο, αριθμός φύλλου 530
- ΦΕΚ τ.Β΄ 1607/31.7.2015, (2015) «Κώδικας Ορθής Γεωργικής Πρακτικής για την Προστασία των Νερών από τη Νιτρορύπανση Γεωργικής Προέλευσης», Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, τεύχος 2^ο, αριθμός φύλλου 2359

Ηλεκτρονικές σελίδες

- <http://dimos-chalkidonos.gr>
- <http://www.kathimerini.gr/152506/article/epikairothta/ellada/kryvoyme-mono-mas-molysmenes-limnes-potamia-paralies>
- <http://lyk-limnis.eyv.sch.gr/waterelymnio/waterabout/infopappa.htm>
- <http://oikopress.gr/index.php/sustainable-growth/103-a>