



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΣΥΓΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΑΜΠΟ ΧΑΝΙΩΝ»



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΜΗΛΙΤΣΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ
ΜΟΥΤΣΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ»**

Επιβλέπων : Καθηγητής Γ. Σταυρουλάκης

ΧΑΝΙΑ 2020



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΣΥΓΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΑΜΠΟ ΧΑΝΙΩΝ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΜΗΛΙΤΣΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ
ΜΟΥΤΣΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ»**

Επιβλέπων : Καθηγητής Γ. Σταυρουλάκης
Επιτροπή Αξιολόγησης :
Ημερομηνία παρουσίασης
Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Σταυρουλάκη Γιώργο, για την ανάθεση και την επίβλεψη αυτής της πτυχιακής εργασίας, δίνοντάς μας την ευκαιρία να έρθουμε σε επαφή με το αντικείμενο και να εξοικειωθούμε αποκτώντας την πληρέστερη γνώση των πειραματικών μεθόδων που αφορούν την ποιότητα του νερού.

Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τις φοιτήτριες Μάλαμα Ραφαέλα και Ανδρούτσου Βασιλάκη Παναγιώτα (Νάγια), των οποίων η βοήθεια ήταν πολύ σημαντική, καθώς ήταν δίπλα μας σε όλη την διάρκεια των πειραματικών αναλύσεων.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την Μάντη, τον Γιώργο, την Δ. και την Σοφία, άτομα τα οποία μας βοήθησαν έμπρακτα όπως επίσης και τις οικογένειές μας για την στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Η πτυχιακής αυτή εργασία έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό της χημικής συγγένειας όπως και τον προσδιορισμό του επιπέδου ρύπανσης του νερού σε πηγές, πηγάδια αλλά και γεωτρήσεις που επιλέχθηκαν στον κάμπο των Χανίων. Λήφθηκαν δείγματα από 14 σημεία του κάμπου των Χανίων τα οποία αναφέρονται παρακάτω και αναλύθηκαν εκτενώς ώστε να βρεθεί η ταυτότητα του κάθε δείγματος νερού. Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν αυτές της αγωγιμότητας, του TDS, του pH, της θολερότητας, της σκληρότητας, των χλωριόντων, του BOD, του COD, των νιτρικών, αμμωνιακών, φωσφορικών και θεικών ιόντων, των μικροβιολογικών δεικτών: Faecal coliforms, e-coli και του εντερόκοκκου, καθώς και της συγκέντρωση των Na, K, και Ca. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων, αλλά και με τα γεωλογικά και γεωφυσικά αποτελέσματα στην δημοσίευση της Kanta et. al 2013 [55], προκύπτει χημική συγγένεια μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας και συμπεραίνεται πως η περιοχή μελέτης τροφοδοτείται από τον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα. Επίσης προκύπτει πως ο υδροφόρος ορίζοντας του Κάμπου Χανίων δέχεται επιβάρυνση από την γεωργική δραστηριότητα της περιοχής και από τα λύματα τα οποία εισρέουν σε αυτόν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το νερό να είναι χαμηλής ποιότητας και να είναι ακατάλληλο ως πόσιμο, ωστόσο μπορεί να συνεχιστεί η χρήση του ως αρδευτικό νερό. Τέλος, η εργασία αυτή θα μπορούσε να φανεί χρήσιμο εργαλείο στην επιστημονική κοινότητα, καθώς παρέχει πληροφορίες και δεδομένα, τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για περαιτέρω έρευνα. Εκτός αυτού θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον να γίνει έρευνα, από γεωλογική και γεωφυσική σκοπιά, στον κάμπο των Χανίων.

«INVESTIGATION OF GROUNDWATER'S CHEMICAL AFFINITY AND ITS LEVEL OF POLLUTION IN THE PLAIN OF CHANIA»

Abstract

This thesis aims to determine the chemical affinity as well as to determine the level of water pollution in selected springs, wells and boreholes in the plain of Chania. Samples were taken from 14 parts of the plain of Chania, which are mentioned below, and were analyzed extensively in order to find the identity of each water sample. The analysis performed were those of conductivity, TDS, pH, turbidity, hardness, chlorides, BOD, COD, nitrate, ammonia, phosphate sulfate ions, the microbiological indicators of faecal coliforms, e-coli and enterococcus as well as the concentration of Na, K, and Ca. According to the analysis' results and also according to the geological and geophysics results in the publication of Kanta et. al. 2013 [55], chemical affinity arises between the sampling points and it is concluded that the study area is fed by the same aquifer. It also arises that the aquifer of the plain of Chania is burdened by the agricultural activity of the area and by the inflow of sewage to it. Thus the water is characterized as low - quality and unsuitable as drinking water, however it can be used as irrigation water. In conclusion, this thesis could be a useful tool at the scientific community, as it provides information and data that could be reclaimed for

further research. Besides that, it would have great interest in the conduct of new research, by geological and geophysical view, in the plain of Chania.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Κύκλος νερού.....	9
2.3 Υπόγειο νερό.....	11
2.3.1 Πηγάδια.....	13
2.3.2 Γεωτρήσεις.....	13
2.3.3 Πηγές	14
2.3.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά υπόγειων νερών	14
2.4 Πηγές ρύπανσης	15
2.4.1 Αστικές απορροές.....	16
2.4.2 Απόβλητα γεωργοκτηνοτροφικής δραστηριότητας	16
2.4.3 Βιομηχανική ρύπανση	17
2.4.4 Υφαλμύριση	18
2.5 Νομοθετικά όρια	20
2.6 Οργάνωση και σχεδιασμός δειγματοληψιών	20
2.7 Φυσικές και συγκεντρωτικές ιδιότητες	22
2.7.1 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	22
2.7.2 Σύνολο διαλυμένων στερεών (TDS)	23
2.7.3 Θολρότητα.....	23
2.7.4 Σκληρότητα.....	24
2.8 Φυσικοχημικές και χημικές ιδιότητες	24
2.8.1 Ενεργός Οξύτητα (pH).....	24
2.8.2 Κάλιο (K), Νάτριο (Na), Ασβέστιο (Ca)	25
2.8.3 Χλωρίοντα (Cl ⁻).....	26
2.8.4 Θεικά ιόντα (SO ₄).....	27
2.8.5 Νιτρικά ιόντα (NO ⁻³)	27
2.8.6 Αμμωνιακά ιόντα (NH ⁴⁺).....	27
2.8.7 Φωσφορικά ιόντα (PO ₄ ⁻³)	28
2.9 Οργανικές παράμετροι.....	28
2.9.1 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).....	28
2.9.2 Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD).....	29
2.10 Μικροβιολογικές ιδιότητες	30
2.11 Ατομική απορρόφηση.....	31

Κεφάλαιο 3: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	33
3.1 Ανάλυση της περιοχής μελέτης.....	33
3.2 Χαρακτηριστικά περιοχής, χρήση γης και απαιτήσεις νερού	34
Κεφάλαιο 4: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	37
4.1 Εισαγωγή	37
4.2 Πειραματική διαδικασία	38
Κεφάλαιο 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	48
5.1 Αποτελέσματα αναλύσεων	48
5.1.1 Αποτελέσματα αναλύσεων ανά σημείο	48
5.1.2 Αποτελέσματα και συμπεράσματα ανά ημερομηνία.....	92
5.1.3 Αποτελέσματα ατομικής απορρόφησης.....	115
5.1.4 Αποτελέσματα και συμπεράσματα ανά παράμετρο	116
5.1.5 Αποτελέσματα και συμπεράσματα μέσου όρου.....	124
5.5 Γενικό συμπέρασμα.....	132
Κεφάλαιο 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	134
Βιβλιογραφική αναφορά.....	135

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εισαγωγή

Σε αυτή την εργασία πραγματοποιείται πειραματικός έλεγχος του υπόγειου νερού στην περιοχή του Κάμπου Χανίων, μια περιοχή που δέχεται όλες τις πιέσεις που αναφέρθηκαν. Το νερό προέρχεται κυρίως από κατακρημνίσματα που «πέφτουν» κατά τη χειμερινή περίοδο και συλλέγονται σε υπόγειους αποδέκτες. Η ανάγκη για νερό σε αυτή την περιοχή είναι μεγάλη και σημαντική για την τοπική οικονομία και για αυτό συντρέχει λόγος να ελεγχθεί αλλά και να διασφαλιστεί η καλή ποιότητά του.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ορίσει ως περιοχή μελέτης τον Κάμπο Χανίων που βρίσκεται κεντρικά του Δήμου Χανίων 25°29'38.38"B 24°0,1'21.07"E. Η έκταση που καλύπτει αυτή η περιοχή χαρακτηρίζεται πεδινή και ημιορεινή.

Η έρευνα ελέγχου ποιότητας του υπόγειου νερού για τον Κάμπο των Χανίων πραγματοποιήθηκε το έτος 2017 και πιο συγκεκριμένα, το διάστημα των μηνών Απρίλιο με Σεπτέμβριο.

Ο σκοπός αυτής της πτυχιακής μελέτης είναι η ανάλυση των δειγμάτων νερού ώστε να προσδιοριστεί και να χαρακτηριστεί η ποιότητα του υπόγειου νερού, που υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή του Κάμπου των Χανίων, καθώς και να διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την χρήση των υδατικών πόρων, το ρυπαντικό φορτίο και την χημική συγγένεια των υπόγειων υδάτων.

Για τους ερευνητικούς σκοπούς αυτής της πτυχιακής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν πέντε δειγματοληψίες κατά την περίοδο, Απρίλιο έως Σεπτέμβριο του 2017 με το σύνολο των σημείων δειγματοληψίας να είναι 14, στον Κάμπο των Χανίων, με σκοπό να ελεγχθεί η χημική τους συγγένεια. Λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας και την έλλειψης των βροχοπτώσεων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στην Κρήτη, αναμένεται η ποιότητα του νερού να φθίνει έως ότου πέσουν οι πρώτες βροχές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός των αυξημένων αναγκών σε νερό κατά αυτή την περίοδο και ειδικότερα σε αρδευτικό νερό, όπου γεωτρήσεις και πηγάδια κάνουν υπεράντληση του υδροφόρου. Επίσης επιλέχθηκε αυτή η περίοδος καθώς είναι ξηρή και η παρακολούθηση της ποιότητας των υδροφόρων είναι πιο εύκολη διότι δεν υπάρχει κατείσδυση κατακρημνισμάτων που επιφέρουν αλλαγές στην ποιότητα τους εξαιτίας των ουσιών που συμπαρασύρονται με αυτά.

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Ελέγχου ποιότητας υδατικών και εδαφικών πόρων του Μεσογειακού Πανεπιστημίου (Παράρτημα Χανίων).

Κεφάλαιο 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή

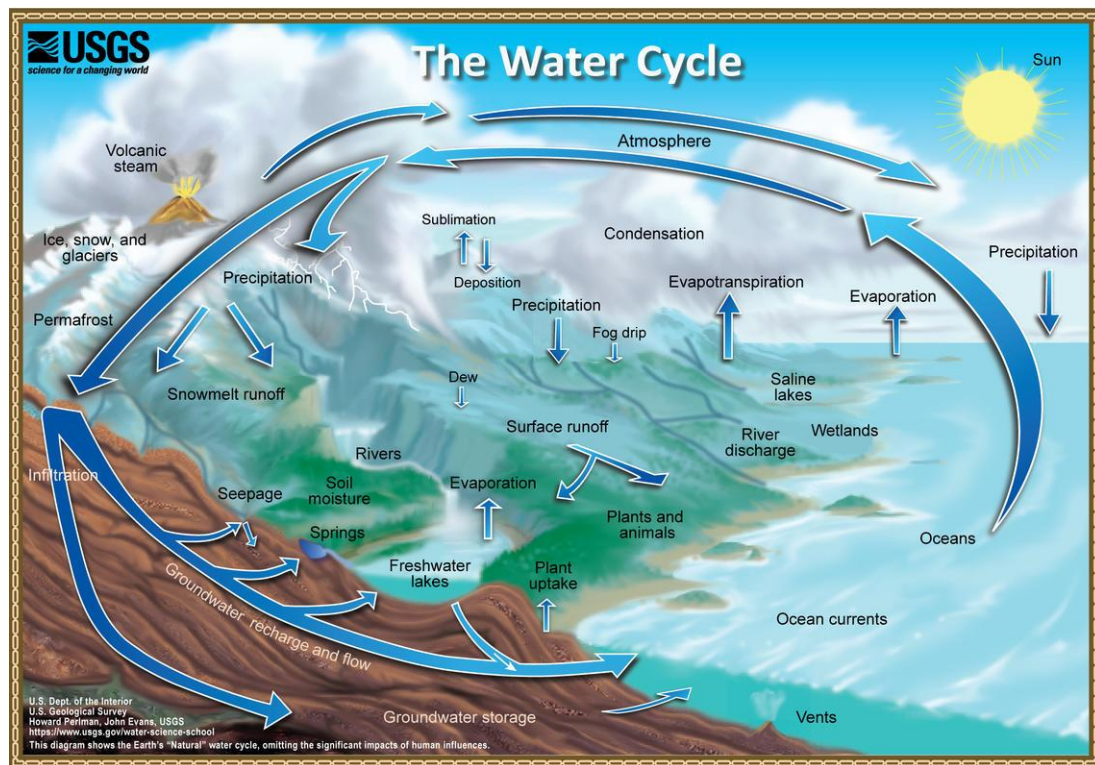
Η αύξηση του πληθυσμού της γης, οι βιομηχανικές αλλά και άλλες δραστηριότητες που υπάρχουν για την κάλυψη των ανθρωπίνων αναγκών, έχουν προκαλέσει αλλαγές στις συνθήκες του περιβάλλοντος και έχουν συντελέσει στην υποβάθμιση και την εξάντληση των φυσικών πόρων. Η αλλαγή χρήσης του νερού, με τον άνθρωπο να αγνοεί τις επιπτώσεις, προκαλεί βαθμιαία την αύξηση των ρύπων και πλέον όταν το πρόβλημα γίνεται φανερό, καταφέρνει να το κάνει μετρήσιμο και να "πάρει μέτρα" για ορθότερη διαχείριση των συστημάτων που χρησιμοποιούν φυσικούς πόρους πραγματοποιώντας μετρήσεις και ελέγχους.

Η περιοχή της Ελλάδας αλλά και πιο συγκεκριμένα της Κρήτης τα τελευταία χρόνια δέχεται πιέσεις λόγω της όλο και αυξανόμενης τάσης του τουρισμού αλλά και άλλων δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την πρωτογενή παραγωγή καθώς και με την ύπαρξη μικρών βιομηχανιών με αποτέλεσμα η ζήτηση σε υδατικούς πόρους να αυξηθεί σημαντικά κατά περισσότερο από 55% κατά την περίοδο 1985-2000. [1]

Η πτυχιακή αυτή ασχολείται με τον ποιοτικό έλεγχο του υπόγειου νερού του Κάμπου των Χανίων πραγματοποιώντας μελέτη, με σκοπό να αξιολογηθεί η ποιότητα και η συγγένεια των νερών αλλά και να γίνουν κατανοητοί οι παράγοντες που την επηρεάζουν. Αρχικά, τα αποτελέσματα της έρευνας για να είναι κατανοητά και να μπορούν να ερμηνευτούν, χρειάζεται να υπάρχουν οι κατάλληλες γνώσεις για το πώς το νερό καταλήγει να βρίσκεται στους υπόγειους υδροφορείς. Επίσης είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν ποιες είναι οι πηγές μόλυνσης των υπόγειων νερών καθώς και ποιες παράμετροι εξετάζονται κατά τον ποιοτικό έλεγχο του. Η περιγραφή αυτών των θεμάτων παρουσιάζεται αναλυτικότερα στη συνέχεια και στο τέλος του κεφαλαίου αυτού αναφέρονται τα νομοθετικά όρια.

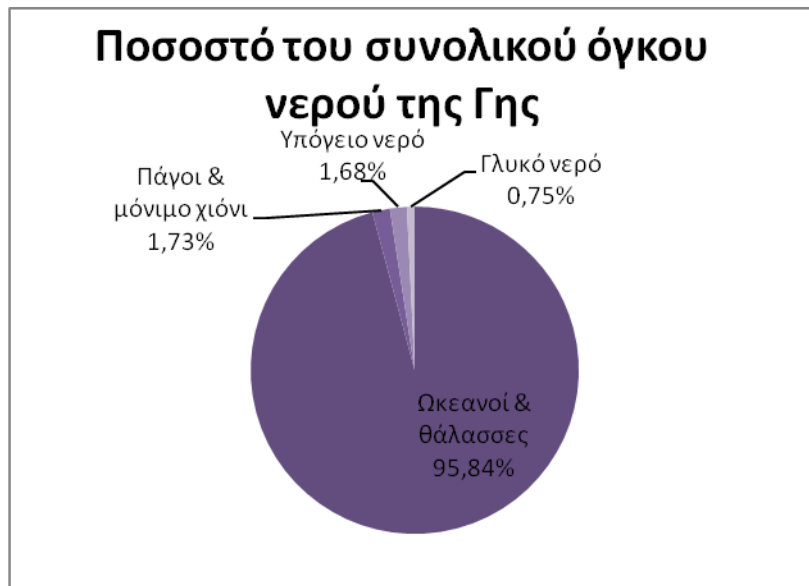
2.2 Κύκλος νερού

Το νερό είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που υπάρχουν στον πλανήτη Γη καθώς είναι απαραίτητο για την ζωή. Το νερό το συναντάμε σε διαφορετικές μορφές και αυτό εξαρτάται από τις καιρικές και κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, ενώ αλλάζει φάσεις από υγρό σε αέριο ή πάγο και αντίστροφα, όπου συνεχώς βρίσκεται σε διαρκή κίνηση στην επιφάνεια της γης, υπογείως αλλά και στην ατμόσφαιρά. [2]



Εικόνα 1: Ο κύκλος του νερού [3]

Το υγρό νερό εξατμίζεται σε υδρατμούς, συμπυκνώνεται για να σχηματίσει σύννεφα και επιστρέφει πίσω στη γη με τη μορφή βροχής ή χιονιού, ενώ σε διαφορετικές φάσεις κινείται μέσω της ατμόσφαιρας με μεταφορά. Ρέει στην επιφάνεια της γης μέσω της απορροής, στο έδαφος με διείσδυση είτε διήθηση αλλά και στο υπέδαφος όπου συγκεντρώνεται το υπόγειο νερό. Τα φυτά προσλαμβάνουν νερό από το υπέδαφος ενώ μέσω της διαπνοής το αποβάλλουν, επιστρέφοντάς το στην ατμόσφαιρα με την μορφή υδρατμών. Ο συμπαγής πάγος και το χιόνι, με την αύξηση της θερμοκρασίας μετατρέπονται από στερεό σε υγρό νερό, καθώς επίσης μέσω της εξάχνωσης το στερεό γίνεται αέριο, ενώ μπορεί να συμβεί και το αντίθετο μέσω εναπόθεσης, όπου οι υδρατμοί μετατρέπονται σε στερεό. Ο μεγαλύτερος όγκος νερού είναι συγκεντρωμένος στους ωκεανούς ενώ ένα μεγάλο ποσοστό γλυκού νερού βρίσκεται δεσμευμένο στους πάγους.



Εικόνα 2: Ποσοστό του συνολικού όγκου του νερού της Γης [4]

2.3 Υπόγειο νερό

Υπόγειο νερό ονομάζεται ο όγκος νερού που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της γης και που αποτελεί μεγάλη "αποθήκη" γλυκού νερού. Ένα μεγάλο μέρος του νερού βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 800m και είναι μη διαθέσιμο στην πραγματικότητα, καθώς δεν είναι εφικτή η άντλησή του. Κύρια προέλευση των υπόγειων υδάτων είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (ένα μικρό ποσοστό προέρχεται από ηφαιστειακή δραστηριότητα). Το νερό εισέρχεται στο υπέδαφος από την επιφάνεια του εδάφους μέσω των επιφανειακών νερών, όπως για παράδειγμα μια λίμνη ή ένα ποτάμι, αλλά και μέσω των βροχοπτώσεων. Το υπόγειο νερό κινείται πολύ αργά μες στο υπέδαφος και χρειάζεται αρκετός χρόνος έως ότου επιστρέψει στην επιφάνεια του εδάφους, είτε με τη φυσική εκφόρτιση δηλαδή μέσω μιας πηγής, είτε με την ανθρώπινη παρέμβαση όπως για παράδειγμα μία γεώτρηση ή ένα πηγάδι, επίσης μπορεί να επιστρέψει στην ατμόσφαιρα μέσω της διαπνοής των φυτών. Ο χρόνος παραμονής του υπόγειου νερού στο υπέδαφος προσδιορίζει και την ηλικία του νερού.

Για να προσδιοριστούν τα διαφορετικά είδη υδροφόρων, αυτό που αποτελεί βασικό κριτήριο είναι η θέση της ανώτατης στάθμης του νερού στο έδαφος. Σε μια κατακόρυφη τομή του εδάφους μπορούν να διακριθούν δύο ζώνες, στις οποίες το νερό κινείται με εντελώς διαφορετικό τρόπο. Το νερό μέσα στους σχηματισμούς μπορεί να γεμίζει και να καταλαμβάνει τους πόρους του εδάφους και αυτή είναι μια περίπτωση που χαρακτηρίζεται ως κορεσμένη ή μπορεί να καταλαμβάνει μέρος του πορώδους (μέγεθος που μετράει τον όγκο των διάκενων ή πόρων που υπάρχουν σε ένα συνολικό όγκο) και αυτή η περίπτωση χαρακτηρίζεται ως ακόρεστη. Η ακόρεστη ζώνη συναντάται από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι την υπόγεια στάθμη, με εξαίρεση κάποιων τμημάτων όπου οι πόροι περιέχουν νερό και αέρα, όσον αφορά την κορεσμένη ζώνη, αυτή βρίσκεται κάτω από την υπόγεια στάθμη μέχρι το αδιαπέρατο υπόστρωμα.

Στην *ακόρεστη* ζώνη η συγκράτηση του νερού γίνεται με πολύ μεγάλες δυνάμεις από τα στερεά συστατικά του εδάφους. Η υδραυλική πίεση είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική λόγω των επιφανειακών τάσεων του νερού. Στη ζώνη αυτή η κίνηση του νερού εξαρτάται κυρίως από δυνάμεις της βαρύτητας. Η ροή του νερού στην ακόρεστη ζώνη είναι κατά κύριο λόγο κατακόρυφη, το νερό κινείται από περιοχές με

υψηλό σε περιοχές με χαμηλό δυναμικό, δηλαδή μπορεί να είναι η κίνησή του είτε καθοδική η οποία γίνεται με κατείσδυση ή ανοδική η οποία γίνεται με εξάτμιση.

Στην *κορεσμένη* ζώνη όλα τα διάκενα αλλά και οι πόροι είναι γεμάτα με νερό με αποτέλεσμα την δημιουργία υπόγειου υδροφόρου ο οποίος είναι ένας γεωλογικός σχηματισμός που μπορεί να αποθηκεύει όγκους νερού. Με δυνάμεις όπως είναι η υδροστατική πίεση, η βαρύτητα, οι τριχοειδείς δυνάμεις κ.ά. το επιφανειακό νερό μπορεί να εισχωρήσει μέσω των διάκενων και να κινηθεί προς την κορεσμένη ζώνη εμπλουτίζοντας έτσι τον υπόγειο υδροφόρο. Στη στάθμη του υδροφόρου, η υδραυλική πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Η πάνω επιφάνεια αυτής της ζώνης ονομάζεται ελεύθερη επιφάνεια (φρεάτια) και μπορεί χρησιμοποιηθεί ώστε να τροφοδοτήσει με νερό.

Το νερό που προέρχεται από την κατείσδυση, δηλαδή το ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων όπου διαπερνούν την επιφάνεια του εδάφους και φτάνουν στον υπόγειο υδροφόρο, χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

α) το *βαρυντικό νερό*, το οποίο υπακούει στους νόμους της βαρύτητας και κυκλοφορεί στους υπόγειους υδροφορείς. Αυτό το είδος νερού μπορεί να ληφθεί είτε άμεσα είτε έμμεσα και

β) το *νερό κατακράτησης*, το οποίο δεν υπακούει στον νόμο της βαρύτητας άρα δεν κυκλοφορεί στους υπόγειους υδροφορείς.

Γενικά ως υδροφόροι χαρακτηρίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί που περιέχουν κορεσμένο νερό και μπορούν να τροφοδοτήσουν μια πηγή ή μία γεώτρηση. Οι κυριότεροι τύποι υπόγειων υδροφόρων μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

i) Ελεύθεροι υδροφορείς, οι οποίοι στο κατώτατο επίπεδό τους έχουν ένα αδιαπέραστο στρώμα, ενώ στο ανώτατο επίπεδό τους δεν περιέχεται κάποιο αδιαπέραστο γεωλογικό στρώμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην ελεύθερη επιφάνεια τους η υδροστατική πίεση να είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Οι μεταβολές στάθμης του νερού αντιστοιχούν σε μεταβολές του όγκου του νερού που είναι αποθηκευμένο στον υδροφόρο.

ii) Υπό πίεση ή αρτεσιανοί υδροφόροι, είναι αυτοί στους οποίους το νερό είναι εγκλωβισμένο ανάμεσα στο κατώτατο και το ανώτερο επίπεδο τα οποία είναι αδιαπέρατα. Οι συγκεκριμένοι υδροφόροι είναι κορεσμένοι σε όλη την επιφάνεια τους και η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Για αυτό τον λόγο η πιεζομετρική επιφάνεια η οποία είναι μία εικονική επιφάνεια συμπίπτει με το επίπεδο της υδροστατικής επιφάνειας του υδροφόρου, βρίσκεται πιο ψηλά από τη βάση του ανώτερου επιπέδου που είναι αδιαπέρατο. Στην περίπτωση που η πιεζομετρική επιφάνεια βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, τότε εμφανίζεται μια συνεχής ροή νερού με τη μορφή πίδακα.

iii) Ημιαρτεσιανοί υδροφόροι (υπό μερική πίεση) είναι υπόγειοι υδροφόροι παρόμοιοι με τους υδροφόρους υπό πίεση, μόνο που σε αυτή την περίπτωση το υπερκείμενο στρώμα είναι ημιπερατό, δηλαδή εμφανίζει μικρή υδροπερατότητα. Από γεωλογικής πλευράς μπορούν να διακριθούν δύο κατηγορίες υδροφόρων: σε καρστικούς, είναι αυτοί οι υδροφορείς όπου αναπτύσσονται σε ανθρακικά πετρώματα και οι πορώδεις όπου αναπτύσσονται σε κοκκώδεις σχηματισμούς.

Ο άνθρωπος εδώ και χιλιάδες χρόνια που υπάρχει στην γη έχει εφεύρει τρόπους για να εκμεταλλεύεται το αγαθό του νερού, χρησιμοποιώντας πρακτικές μεθόδους άντλησής του από το υπέδαφος τις οποίες θα αναλύσουμε παρακάτω. [5],[6],[7]

2.3.1 Πηγάδια

Το πηγάδι είναι ένα τεχνητό άνοιγμα στο έδαφος το οποίο έχει σκοπό την πρόσβαση σε νερό όπου βρίσκεται κάτω από το έδαφος (υπόγειο νερό). Για να είναι επιτυχής η διάνοιξη τους χρειάζονται τοπογραφικά και γεωλογικά αρχεία και χάρτες, όπως πολύ χρήσιμες πληροφορίες μπορούν να αντληθούν αν παλαιότερα υπήρξαν στην ίδια περιοχή πηγάδια. Συνήθως το σχήμα των πηγαδιών είναι κυκλικό και η διάμετρός τους κυμαίνεται από 1,5m έως και 5m και το βάθος τους κυμαίνεται στα 15m, σπάνια μπορούν να ξεπεράσουν τα 40m. Υπάρχουν δύο είδη πηγαδιών, τα ρηχά πηγάδια και τα βαθιά πηγάδια και στις δύο περιπτώσεις χρειάζεται άδεια κατασκευής από τις αρμόδιες αρχές. Συνήθως τα ρηχά πηγάδια έχουν μικρότερο κόστος καθώς η συλλογή του νερού μπορεί να γίνει με δοχεία (π.χ. κουβά), τα οποία είναι δεμένα σε σχοινί και η ανύψωσή τους γίνεται με το χέρι είτε με τροχαλία, ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σωλήνας ο οποίος φτάνει μέχρι το νερό και λειτουργεί με μηχανική αντλία, συνήθως αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου τα υπόγεια ρεύματα βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια. Σε αντίθεση τα βαθιά πηγάδια έχουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής, καθώς για την άντληση του νερού χρειάζεται γεώτρηση διότι το νερό βρίσκεται σε πιο μεγάλα βάθη. Για να παραμείνει καθαρό το νερό του πηγαδιού θα πρέπει να σφραγίζεται με κάποιου είδους καπάκι καθώς υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης από σκουπίδια που μπορούν να πέσουν μέσα, περιττώματα ζώων ή ακόμα και τα ίδια τα ζώα να πέσουν μέσα σε αυτό. Βέβαια η υπέρ άντληση μέσω της γεώτρησης εγκυμονεί επίσης κινδύνους, όπως είναι η υφαλμύριση, για αυτό η χρήση του νερού πρέπει να γίνεται με συνείδηση.

2.3.2 Γεωτρήσεις

Η γεώτρηση είναι η διάνοιξη μιας κατακόρυφης οπής στο έδαφος(ανθρώπινη παρέμβαση), που έχει σκοπό την εύρεση ενός υδροφόρου, είτε την έρευνα του υπεδάφους. Για να γίνει μία γεώτρηση αρχικά χρειάζονται οι σχετικές άδειες, όπως επίσης χρειάζεται η μελέτη του εδάφους της περιοχής ώστε να βρεθεί και το ακριβές σημείο όπου θα ανοιχτεί η γεώτρηση. Συνήθως πρώτα ανοίγεται μία ερευνητική γεώτρηση για να ληφθούν στοιχεία για τα γεωλογικά στρώματα του υπεδάφους αλλά και την απόδοση της γεώτρησης. Η διάμετρος διάτρησης είναι περίπου 50 -120mm και μπορεί να φτάσει και τα 153mm για την άντληση του νερού. Σε περίπτωση που η ερευνητική γεώτρηση είναι επιτυχημένη τότε υφίστανται αλλαγές όπου η γεώτρηση γίνεται παραγωγική. Για την ολοκλήρωση της γεώτρησης απαραίτητη είναι η διασωλήνωσή της, οπότε χρησιμοποιείται μία σωλήνωση για την στεγανοποίηση των τοιχωμάτων, η οποία γίνεται για την αποφυγή εισροής στον υδροφόρο ορίζοντα αλλά χρησιμοποιείται επίσης και μία σωλήνωση για την άντληση του νερού. Στις περισσότερες γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται φίλτρα για την φίλτρανση του νερού από λάσπη, χαλίκια, άμμο και άλλων στερεών, ώστε να μην φράζουν οι σωλήνες και καταστρέφονται οι μηχανισμοί ανάλυσης της γεώτρησης. Ανάλογα με τον σκοπό χρήσης του νερού της γεώτρησης χρησιμοποιούνται και τα αντίστοιχα φίλτρα. Η ποιότητα του νερού της γεώτρησης καθορίζεται από την σύσταση των πετρωμάτων αλλά και απ την ανθρώπινη δραστηριότητα. [8]



Εικόνα 3: Γεώτρηση Μονή Κοιμήσεως

2.3.3 Πηγές

Σύμφωνα με τον TODD K. (1980) ως πηγή θεωρείται “μία συγκεντρωμένη εκροή υπόγειου νερού που εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ως ένα ρεύμα νερού που ρέει ελεύθερα”. Η πηγές είναι μία φυσική εκφόρτιση, ουσιαστικά αυτό που συμβαίνει είναι η υπερχειλίση του υδροφόρου όταν έρθει σε επαφή με την επιφάνεια του εδάφους άρα επέρχεται και η ανάβλυσή του στην επιφάνεια του εδάφους ή στον πυθμένα μάζας νερού (π.χ. λίμνης, θάλασσας, ποταμού). Οι πηγές είναι μία σημαντική ένδειξη υδροφορίας της περιοχής. Στην περίπτωση που σε κάποια περιοχή υπάρχουν πολλές μικρές πηγές υπάρχει η ένδειξη ρηχού υδροφόρου ορίζοντα, αντίθετα αν υπάρχουν μεγάλες πηγές είναι ένδειξη πλούσιου υδροφόρου ορίζοντα. [9]

2.3.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά υπόγειων νερών

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού αναφέρονται στην χημική σύστασή του, όπου η διαμόρφωση της σύστασής του επίκειται από φυσικές διαδικασίες, αλλά και την ανθρώπινη παρέμβαση. Φυσικές διαδικασίες που συμβάλουν στην διαμόρφωση της ποιότητας του υπόγειου νερού μπορεί να προέρχονται από το νερό κατείσδυσης το οποίο μπορεί να είναι επιφανειακό (π.χ. λίμνη, ποτάμι) ή μετεωρικό, από τις φυσικοχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος κατά την κίνηση του νερού ή τις γεωλογικές διεργασίες, όπως η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η σεισμικότητα ή οι κατολισθήσεις, μέσω των γεωλογικών σχηματισμών με το φαινόμενο της διάβρωσης ή της διάλυσης των πετρωμάτων αλλά και μέσω οξειδοαναγωγικών φαινομένων όπως είναι η υδρόλυση, η δημιουργία νέων ορυκτών ή η απόθεση αλάτων. Η ανθρώπινη παρέμβαση μπορεί να είναι είτε άμεση, με την απευθείας εισαγωγή υγρών ή στερών αποβλήτων πάνω ή και κάτω από την επιφάνεια

του εδάφους στον υπόγειο υδροφόρο, είτε έμμεση, με την επέμβαση του ανθρώπου στις φυσικές του διαδικασίες, όπως είναι για παράδειγμα η υπέρ άντληση του νερού που έχει ως αποτέλεσμα την εισχώρηση θαλασσινού νερού στον υδροφόρο. Η ποιότητα του νερού μπορεί να εκφραστεί πρακτικά με πολλές παραμέτρους, καθώς το νερό περιέχει πολλές ουσίες. Για την εξέταση αυτών των ουσιών σημαντικός είναι ο σκοπός χρήσης του νερού.

Η μεγάλη παραγωγή στερεών και υγρών αποβλήτων αλλά και η συνεχής εκμετάλλευση των υδατικών πόρων αποτελούν μεγάλο κίνδυνο για την ποιότητα των υπόγειων νερών. [10], [11]

2.4 Πηγές ρύπανσης

Η ρύπανση των υπόγειων νερών προκαλείται κατά κύριο λόγο από ανόργανες ή οργανικές χημικές ουσίες αλλά και από μικροοργανισμούς. Οι ανόργανες ουσίες που εμφανίζονται πιο συχνά είναι τα θειικά, τα νιτρικά αλλά και χλωριούχα ιόντα, όπως επίσης οξέα και βαρέα μέταλλα. Αντιθέτως οι οργανικές ουσίες που εμφανίζονται στα υπόγεια νερά προέρχονται κυρίως από χημικές βιομηχανίες. Βασικές αιτίες ρύπανσης προέρχονται από την διάθεση και την εναπόθεση των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, για παράδειγμα οι κακές συνδέσεις των υπονόμων εγκυμονούν τον κίνδυνο διαρροής λυμάτων.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών είναι διαφορετικά σε κάθε περίπτωση καθώς εξαρτώνται από τις φυσικές, χημικές αλλά και βιολογικές διαδικασίες. Οι φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβολές των ρύπων περιλαμβάνουν το κλίμα, τη γεωλογία του εδάφους και την τοπογραφία, όπου καθορίζουν την ταχύτητα μεταφοράς, την κατεύθυνση αλλά και την αραίωση των ρύπων. Οι χημικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβολές ρύπων είναι η προσρόφιση των ιόντων και των ρύπων από τα στερεά υλικά του εδάφους. Όσον αφορά τις βιολογικές διαδικασίες εξαρτώνται απ την παρουσία των κατάλληλων ειδών και το μέγεθος του πληθυσμού τους για την μεταβολή των ρύπων.

Οι βασικότερες φυσικοχημικές ιδιότητες των ρύπων είναι:

- *Διαλυτότητα:* είναι η μέγιστη ποσότητα που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα διαλύτη. Τα ευδιάλυτα μεταφέρονται ευκολότερα από τα επιφανειακά νερά.
- *Πηκτικότητα:* η ικανότητα των μορίων των ρύπων να αφήνουν την επιφάνεια του νερού και να μεταβαίνουν σε αέρια φάση.
- *Προσροφικότητα:* η ικανότητα προσρόφησης μιας ουσίας από τα σωματίδια του εδάφους.
- *Βαθμός αποσύνθεσης:* ο χρόνος που απαιτείται για την αποσύνθεση μιας ουσίας σε άλλες ενώσεις.
- *Συντελεστής κατανομής:* ο τρόπος κατανομής ενός ρύπου π.χ. στερεού – υγρού .
- *Πίεση ατμών:* η πίεση που ασκούν οι ατμοί ενός υγρού, όταν το υγρό βρίσκεται σε ισορροπία με τους ατμούς του (νόμος Raoult).
- *Δείκτης βιοσυγκέντρωσης:* η ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να συσσωρευθεί στους υδρόβιους μηχανισμούς.
- *Τοξικότητα:* χρησιμοποιείται για ουσίες που προκαλούν σοβαρές βλάβες ή θάνατο, σε ανθρώπους ή ζώα. Η τοξικότητα εκφράζεται με τη μέση θανατηφόρα δόση (LD50) σε mg/kg σωματικού βάρους, στην οποία επιβιώνει μόνο το 50% των οργανισμών που εκτίθεται σ' αυτήν για ένα χρονικό διάστημα. Όταν η έκθεση γίνεται

με την αναπνοή η τοξικότητα εκφράζεται με τη μέση θανατηφόρο συγκέντρωση (LC50) που είναι η συγκέντρωση του ρύπου σε ορισμένο όγκο αέρα που εισπνέεται και μόνο το 50% των οργανισμών επιβιώνει. Τοξικοί ρύποι θεωρούνται τα βαρέα μέταλλα, τα τοξικά αέρια (NH₃), οι οργανικές ενώσεις (απορρυπαντικά, ζιζανιοκτόνα), τα οξέα και τα αλκάλια. [12],[13]

2.4.1 Αστικές απορροές

Οι αστικές απορροές περιλαμβάνουν τα αστικά απορρίμματα, τα οποία είναι τρόφιμα, πλαστικό, χαρτί, γυαλί, μέταλλα κ.ά. αλλά και τα αστικά λύματα, τα οποία είναι τα υγρά απόβλητα των κατοικιών ή άλλων εγκαταστάσεων μιας περιοχής.

Κάποια από τα αστικά απορρίμματα περιέχουν απορρυπαντικά ή ακόμα και χρώμα, αλλά στις περιοχές όπου εφαρμόζεται η μέθοδος της ανακύκλωσης οι ποσότητες αυτών των υλικών είναι πολύ μικρές. Αρκετά από αυτά τα απορρίμματα περιέχουν μια ποσότητα νερού σε ποσοστό 25-60%. Συνήθως αυτά τα απορρίμματα εναποθέτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (XYTA) ή σε χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (XYTY), όπου τα στραγγίσματά τους είναι πλούσια σε ενώσεις αζώτου, χλωρίου ή βαρέων μετάλλων τα οποία μπορούν να αποτελέσουν μεγάλη αιτία ρύπανσης των υπόγειων νερών.

Όσον αφορά τα αστικά λύματα το μεγαλύτερο ποσοστό τους αποτελείται από νερό, το οποίο περιέχει οργανικά και ανόργανα προϊόντα. Λόγω των οργανικών ουσιών αυτά τα λύματα έχουν δυσάρεστη μυρωδιά καθώς υφίστανται αναερόβια βακτηριδιακή δράση. Οργανικά προϊόντα είναι τα σαπούνια, το λάδι, τα ούρα, τα κόπρανα κ.ά., ενώ ανόργανα προϊόντα είναι η αμμωνία, τα άλατα κ.τ.λ.π. Η διάθεση αυτών των λυμάτων ανεπεξέργαστα στους υδάτινους αποδέκτες δημιουργεί τη ρύπανση του υδροφόρου, την ελάττωση του αυτοκαθαρισμού των νερών αλλά και ευτροφισμό. Για τον λόγο αυτό σε μικρούς οικισμούς, χρησιμοποιούνται βόθροι ή σηπτικές δεξαμενές, όταν έρθουν σε κορεσμό γίνεται η συλλογή των αποβλήτων συνήθως με ειδικά φορτηγά, τα οποία τα μεταφέρουν σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, όπου εκεί δέχονται την κατάλληλη επεξεργασία ώστε είτε να επαναχρησιμοποιηθούν είτε να διατεθούν σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη ή ακόμα και στο έδαφος απαλλαγμένα πλέον από τις βλαβερές ουσίες. Στις βλαβερές ουσίες κατατάσσονται: τα αιωρούμενα στερεά, τα οργανικά συστατικά, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία όπως είναι το άζωτο και ο φωσφόρος. Για τον λόγο αυτό σε μια μονάδα βιολογικού καθαρισμού, η επεξεργασία-καθαρισμός των λυμάτων γίνεται με βάση τις βλαβερές ουσίες που υπάρχουν μέσα σε αυτά, όπου συνήθως στην πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνονται η άμμος, τα ογκώδη στερεά αλλά και τα αιωρούμενα συστατικά, στην δευτεροβάθμια επεξεργασία απομακρύνεται το οργανικό φορτίο αλλά και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, ενώ στην τριτοβάθμια επεξεργασία γίνεται απομάκρυνση των θρεπτικών στοιχείων αζώτου και φωσφόρου με χημικές μεθόδους, διότι ουσίες σαν αυτές ευθύνονται για το φαινόμενο του ευτροφισμού. [14]

2.4.2 Απόβλητα γεωργοκτηνοτροφικής δραστηριότητας

Τέτοιου είδους απόβλητα προέρχονται από αγροτικές δραστηριότητες δηλαδή την εκτροφή των ζώων αλλά και από τις βιομηχανίες τροφίμων. Είναι πλούσια σε οργανικές ενώσεις, στερεά, θρεπτικά στοιχεία, άλατα κ.ά. Στην Ελλάδα τα γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα αποτελούν περίπου το 35,6% σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Σύμβαση για τα Δικαιώματα του Ανθρώπου (ΕΣΔΑ).

Συνήθως στην μέθοδο της άρδευσης χρησιμοποιείται περισσότερο νερό από ότι χρειάζεται. Το αρδευτικό νερό που χρησιμοποιείται για την αγροτική δραστηριότητα, επιστρέφοντας στον υπόγειο υδροφόρο μέσα από διαπερατούς σχηματισμούς παρασέρνει μαζί του διαλυμένες ουσίες που προέρχονται από λιπάσματα. Με την εφαρμογή λιπασμάτων ανόργανου αζώτου αλλά και την άρδευση συντελείται η αύξηση των νιτρικών ιόντων. Έτσι με την αύξηση των νιτρικών στο νερό, τα οποία μετακινούνται πολύ εύκολα από την ακόρεστη ζώνη στον υδροφόρο, έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του υδροφόρου ορίζοντα.

Τα φυτοφάρμακα ανήκουν επίσης στα γεωργικά απόβλητα και αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης, καθώς σε μεγάλες αλλά και σε μικρές συγκεντρώσεις διασπώνται σε τοξικές ουσίες και παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στο περιβάλλον. Εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα και βιοσυσσωρεύονται στους οργανισμούς αλλά το πιο σημαντικό είναι ότι μεταφέρονται στους υδατικούς πόρους υποβαθμίζοντάς τους.

Η μαζική συγκέντρωση κτηνοτροφικών μονάδων, αλλά και η μη ορθή διαχείριση τους σε συγκεκριμένες περιοχές, έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση του επιφανειακού αλλά και του υπόγειου νερού, λόγω της αυξημένης ποσότητας στερεών και υγρών αποβλήτων από την εκτροφή των ζώων. Τα στερεά απόβλητα των κτηνοτροφικών μονάδων, για παράδειγμα όπως είναι η κοπριά, είναι πλούσια σε νιτρικά και διαλυμένα άλατα. Τα κτηνοτροφικά απόβλητα επίσης περιέχουν βακτήρια και μύκητες αλλά και μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων όπως είναι ο φώσφορος, το άζωτο και το κάλιο, επιπλέον περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις βαρίου αλλά και υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Στις περιοχές με έντονη γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα παρατηρούνται προβλήματα νιτρορύπανσης. Με τον όρο αυτό εννοούμε την άμεση ή την έμμεση απόρριψη αζωτούχων ενώσεων στο υδάτινο περιβάλλον, όπου έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση των υδατικών συστημάτων αλλά και την πρόκληση βλαβών στην υγεία των ανθρώπων. [15]

2.4.3 Βιομηχανική ρύπανση

Οι βιομηχανίες παράγουν υγρά απόβλητα, δηλαδή απόβλητα από την χρήση νερού της βιομηχανίας μέσω των διαδικασιών της παραγωγής, της επεξεργασίας και της ψύξης. Τα υγρά απόβλητα διαχωρίζονται και επεξεργάζονται καθώς το νερό είναι εμπλουτισμένο με επικίνδυνες ουσίες σε μικρές ή μεγάλες συγκεντρώσεις και διακρίνονται σε βιολογικά και μη. Ως βιολογικά θεωρούνται τα απόβλητα αυτά που προέρχονται από εργοστάσια τροφίμων ή παραγωγής χαρτιού, ενώ ως μη βιολογικά θεωρούνται τα απόβλητα αυτά τα οποία προέρχονται κυρίως από βιομηχανίες παραγωγής χημικών, όπου οι ρυπαντές που περιέχουν μπορεί να είναι οξέα, βάσεις, χλώριο, μέταλλα, άλατα, φωσφορικά κ.ά. Τα βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν τοξικές ουσίες και η επεξεργασία τους είναι αρκετά δύσκολη, αναλόγως από το είδος της βιομηχανίας από την οποία προέρχονται. Υπάρχουν και κάποια απόβλητα τα οποία θεωρούνται επικίνδυνα (π.χ. νοσοκομειακά απόβλητα) και απαιτείται αυστηρός έλεγχος αλλά και περιβαλλοντικός περιορισμός για την διάθεσή τους στους αποδέκτες. Οι βιομηχανίες παραγωγής χημικών, παράγουν υγρά απόβλητα πολύ πιο επικίνδυνα σε σχέση με άλλες βιομηχανίες. Στην περίπτωση αυτή τα βιομηχανικά λύματα και η λάσπη διοχετεύονται σε ταμιευτήρες νερού ή θάβονται σε χωματερές.

Η λάσπη και τα στερεά απόβλητα των βιομηχανιών συνήθως θάβονται μαζί με τα αστικά απόβλητα, ενώ στις περιοχές με έντονη βιομηχανία δημιουργούνται χωματερές βιομηχανικών αποβλήτων με σκοπό την συγκέντρωση των διαφορετικών

αποβλήτων. Η εναπόθεση των βιομηχανικών λυμάτων σε βαθιά φρεάτια είναι αποδεκτή από περιβαλλοντικής και οικονομικής άποψης για τα επικίνδυνα λύματα.

Με την εξόρυξη του πετρελαίου αντλείται και ένα ποσοστό νερού το οποίο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο. Αυτό το νερό διανέμεται σε λάκκους, οι οποίοι αποτελούν πηγή ρύπανσης των επιφανειακών αλλά και των υπόγειων νερών. Για τον λόγο αυτό κατασκευάζονται δεξαμενές για την εξάτμιση του νερού.

Τα απόβλητα των μεταλλείων δημιουργούν μεταβολές των υδρογεωλογικών συνθηκών με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των υπόγειων νερών, καθώς με την εξόρυξη των μεταλλευμάτων αφαιρείται μέρος του εδαφικού υλικού, το οποίο έχει προσροφητικές, διηθητικές και αραιωτικές ιδιότητες και έχει σαν αποτέλεσμα την απευθείας διείσδυση των ρύπων στο υπέδαφος.

Πρόβλημα επίσης αποτελεί η ρήξη απορριμμάτων σε περιοχές επιφανειακής εκσκαφής που δεν είναι πλέον εκμεταλλεύσιμες και έχει ως αποτέλεσμα την άμεση ρύπανση του υδροφόρου. Γενικά στις περιοχές που γίνονται εκσκαφές ή συχνές αντλήσεις νερού λόγω των εργασιών που λαμβάνουν χώρα, υπάρχει μεταβολή της υπόγειας στάθμης, με αποτέλεσμα να δημιουργείται κλίση στον υπόγειο υδροφόρο και έτσι το νερό αναπτύσσει μεγάλη ταχύτητα η οποία προκαλεί επέκταση της ρύπανσης και σε άλλες περιοχές.

Οι υδρογονάνθρακες είναι από τους πιο συχνούς ρύπους, συνήθως λόγω διαρροών ή λόγω σπασμένων αγωγών μεταφοράς ή αποθήκευσης τους. Οι συγκεκριμένοι ρύποι έχουν πολύ μικρή διαλυτότητα, με αποτέλεσμα όταν έρθει σε επαφή με τον υπόγειο υδροφόρο να επιπλέει πάνω στο νερό και να ακολουθεί τη διαδρομή του για πολλές δεκαετίες, δίνοντάς του μια δυσάρεστη οσμή στην περίπτωση που αντληθεί.

Τα βαρέα μέταλλα επίσης θεωρούνται από τους πιο τοξικούς ρύπους όταν βρίσκονται κυρίως σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Προέρχονται κατά κύριο λόγο από τις βιομηχανίες μετάλλων και είναι παραπροϊόντα τους. Τα πιο τοξικά βαρέα μέταλλα θεωρούνται ο υδράργυρος, το νικέλιο, το κάδμιο, ο μόλυβδος, το χρώμιο, το αρσενικό και ο ψευδάργυρος. Τα βαρέα μέταλλα συσσωρεύονται στο έδαφος και έχουν υψηλή τιμή pH και απομακρύνονται δύσκολα από αυτό. Στο εδαφικό διάλυμα σχηματίζουν ενώσεις μαζί με οργανικές ουσίες. [13]

2.4.4 Υφαλμύριση

Στις παράκτιες ζώνες υπό φυσιολογικές συνθήκες, οι υδροφορείς αποστραγγίζονται προς την θάλασσα. Η εισροή όμως του θαλασσινού νερού στους παράκτιους υπόγειους υδροφορείς είναι η βασική αιτία εμφάνισης του φαινομένου της υφαλμύρισης. Συνήθως στους παράκτιους υδροφόρους η υδραυλική κλίση του νερού έχει κατεύθυνση προς την θάλασσα. Η παρουσία αλμυρού νερού στο τμήμα του υπόγειου υδροφόρου που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας σχηματίζει μία ζώνη επαφής η οποία ονομάζεται ζώνη διεπιφάνειας, η οποία εμφανίζεται μεταξύ του γλυκού νερού του υδροφόρου και του αλμυρού νερού. Η ποσότητα αλμυρού νερού κάτω από το γλυκό νερό ονομάζεται σφήνα, λόγω της χαρακτηριστικής μορφής που έχει το νερό. Το γλυκό νερό και το αλμυρό νερό αναμειγνύονται, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ζώνη επαφής τους να αλλάζει μορφή λόγω του φαινομένου της διάχυσης (αυθόρμητη ανάμειξη δύο ή περισσότερων ουσιών). Έτσι η υδραυλική κλίση του νερού, αν είναι μικρή ή αλλάξει κατεύθυνση λόγω της υπέρ άντλησης του νερού, η σφήνα μετακινείται προς τον υπόγειο υδροφόρο, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του φαινομένου της υφαλμύρισης, άρα και κατά συνέπεια την αύξηση των ιόντων χλωρίου, μαγνησίου και ασβεστίου στο υπόγειο νερό.

Οι αιτίες υφαλμύρινσης μπορεί να είναι φυσικές, ανθρωπογενείς ή ο συνδυασμός αυτών των δύο μαζί.

Φυσικές πηγές υφαλμύρινσης μπορεί να είναι:

- η διήθηση υπόγειου νερού σε περιοχές κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας
- το σπάσιμο των πετρωμάτων, όπου περιέχεται το υπόγειο νερό και ειδικά τα πετρώματα τα οποία είναι πλούσια σε άλατα
- η εισχώρηση θαλασσινού νερού μέσω ρηγμάτων
- η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας
- θαλασσινό νερό που έχει εγκλωβιστεί σε πετρώματα από παλαιότερες εποχές

Ανθρωπογενείς πηγές υφαλμύρινσης μπορεί να είναι:

- η υπέρ άντληση του υπόγειου νερού κυρίως σε παράκτιες περιοχές
- τα απόβλητα των βιομηχανιών περιέχουν υφάλμυρο νερό το οποίο μπορεί να εισέλθει στον υδροφόρο
- το αρδευτικό νερό που μπορεί να εκπλύνει το έδαφος συγκεντρώνει διαλυμένα άλατα
- σε μονάδες αφαλάτωσης κυρίως στα νησιά, η απόρριψη του άλατος, αν γίνεται κυρίως σε ακτές μπορεί να εισέλθει στον υπόγειο υδροφόρο

Η διαπίστωση της υφαλμύρινσης γίνεται κυρίως από την παρουσία των ιόντων χλωρίου και νατρίου στο γλυκό νερό. Για τον λόγο αυτό υπάρχει μεγάλος αριθμός από δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εξακρίβωση της προέλευσης των ιόντων, αλλά προσδιορίζουν επίσης και την εισχώρηση της θάλασσας στον υπόγειο υδροφόρο.

Ένας τέτοιος δείκτης είναι ο συντελεστής Revelle, που χρησιμοποιείται ως κριτήριο εισχώρησης του θαλασσινού νερού και οι συγκεντρώσεις του εκφράζονται σε meq/l. Ως συντελεστής Revelle αναφέρεται ο λόγος:

$$r * Cl / (r * CO_3^{2-} + r * HCO_3^-)$$

Πίνακας 1: Χαρακτηρισμός βαθμού της ρύπανσης του νερού από την εισχώρηση της θάλασσας [16]

Συντελεστής Revelle Προτεινόμενο όριο	Όριο Simpson	Χαρακτηρισμός νερού
<1	0,5	Καλό υπόγειο νερό χωρίς ρύπανση
1-2	1,3	Ελαφρά ρυπασμένο υπόγειο νερό
2-6	2,8	Μέτρια ρυπασμένο υπόγειο νερό
6-10	6,6	Σοβαρά ρυπασμένο υπόγειο νερό
10-150	15,5	Επικίνδυνα ρυπασμένο υπόγειο νερό
>150	200	Θαλασσινό νερό

Υπάρχουν βέβαια και διάφοροι άλλοι λόγοι που χρησιμοποιούνται για την διαπίστωση της υφαλμύρωσης όπως είναι (Σούλιος 2004):

- ο ιοντικός λόγος rNa/rK όπου οι τιμές >47 ισοδυναμούν σε θαλασσινό νερό, ενώ για τιμές από 50-70 το νερό θεωρείται παλιό και έχει απορροφήσει νάτριο(Na).
- ο ιοντικός λόγος rCl/rSO_4 όπου η τιμή 10 ισοδυναμεί σε θαλασσινό νερό, ενώ όταν οι τιμές κυμαίνονται στα επίπεδα 5-10 το νερό θεωρείται υφάλμυρο, δηλαδή υπάρχει ανάμειξη γλυκού και αλμυρού νερού.
- ο ιοντικός λόγος rCl/Br η τιμή 300 ισοδυναμεί σε θαλασσινό νερό, ενώ οι τιμές 300-4000 αφορούν νερό εβαπορίτων.

- ο ιοντικός λόγος rCa/rMg οι τιμές 0,2 με 0,3 αναφέρονται σε θαλασσινό νερό, ενώ σε καρστικά υπόγεια νερά οι τιμές του υπόγειου νερού είναι 1-7.
- ο ιοντικός λόγος rNa/rCl η τιμή 0,8 ισοδυναμεί σε θαλασσινό νερό.

Επιπλέον οι τιμές των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) μετρώνται για τον προσδιορισμό της υφαλμύρινσης. [17], [18], [19]

Πίνακας 2: Τιμές TDS

Τιμές TDS	Χαρακτηρισμός νερού
<1000 mg/l	Γλυκό νερό
1000-3000 mg/l	Ελαφρά αλμυρό νερό
3000-10000 mg/l	Μέτρια υφάλμυρο νερό
>10000 mg/l	Πολύ αλμυρό νερό

2.5 Νομοθετικά όρια

Το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες ορίζονται από την Ελληνική Κυβέρνηση. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού θα πρέπει να βρίσκονται μεταξύ συγκεκριμένων αποδεκτών ορίων.

Τα πρότυπα αυτά έχουν θεσπιστεί με την Οδηγία 98/83 Ε.Κ. και αναφέρονται στην κοινή υπουργική απόφαση (ΚΥΑ) Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/ 11.7.2001).

2.6 Οργάνωση και σχεδιασμός δειγματοληψιών

Η δειγματοληψία είναι μία πολύ σημαντική αλλά και κρίσιμη διαδικασία που απαιτείται για τον ποιοτικό έλεγχο του νερού και την διεξαγωγή ακριβή αποτελεσμάτων. Για την εξέταση του νερού, λαμβάνονται δείγματα τα οποία πρέπει να είναι σε επαρκή ποσότητα αφενός για τον έλεγχο που πρόκειται να πραγματοποιηθεί και αφετέρου να είναι αντιπροσωπευτικά του προς εξέταση νερού, καθώς πρέπει να ανταποκρίνονται στην κατάσταση του περιβάλλοντος χώρου και τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Η έρευνα προσανατολίζεται σε μία συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος και έπειτα γίνεται η επιλογή των σημείων δειγματοληψίας εντός αυτής, τα οποία διέπονται από ορισμένα κριτήρια. Τα σημεία δειγματοληψίας πρέπει να έχουν μία ισομερή κατανομή εντός της περιοχής μελέτης, ώστε να έχουμε μία αντιπροσωπευτική εικόνα αυτής. Λαμβάνουμε υπόψη μας παλαιότερες έρευνες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή καθώς μπορούμε να ανατρέξουμε στο ιστορικό μελέτης τους και να εκμαιεύσουμε αποτελέσματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διεξαγωγή συμπερασμάτων συγκρίνοντας διαφορετικές χρονικές περιόδους.

Η προσβασιμότητα στα σημεία ενδιαφέροντος είναι ακόμα ένας παράγοντας ο οποίος ελέγχεται. Η εύκολη προσέγγιση σε αυτά είναι επιθυμητή καθώς γίνεται με τη χρήση αυτοκινήτου το οποίο εξασφαλίζει την γρήγορη μετακίνηση για την συλλογή όλων των δειγμάτων. Επίσης εξαρτάται από το καθεστώς ιδιοκτησίας των γεωτρήσεων και πηγαδιών, το οποίο σημαίνει την αναγκαιότητα ύπαρξης συμφωνίας με τον εκάστοτε ιδιοκτήτη ή διαχειριστή. Διασφαλίζεται ότι η επιλογή των σημείων δειγματοληψίας είναι τέτοια όπου προβλέπεται πρόσβαση ανεξάρτητα των καιρικών ή άλλων συνθηκών που μπορεί να επικρατούν.

Προετοιμασία δειγματοληψίας

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την μεταφορά των δειγμάτων από το σημείο του πεδίου έως το εργαστήριο πραγματοποιείται με την αποθήκευσή τους σε καθαρές ειδικές φιάλες δειγματοληψίας πολυαιθυλενίου του 1L. Η επιλογή αυτή δεν είναι τυχαία, καθώς αρχικά διασφαλίζει την ασφαλή μεταφορά δίχως τον κίνδυνο σπασίματος και είναι αρκετά πρακτικά στην χρήση τους.

Η καθαριότητα είναι πολύ σημαντική διαδικασία γενικά στον χώρο ενός εργαστηρίου, αλλά ειδικά στην διαδικασία της δειγματοληψίας είναι αρκετά κρίσιμη καθώς με το μεθοδευμένο καθάρισμα όλου του εξοπλισμού εξασφαλίζεται η ποιότητα των δειγμάτων. Για την παρούσα εργασία όλα τα δοχεία δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκαν ήταν καθαρά και απαλλαγμένα από μολυσματικούς παράγοντες έπειτα από την πλύση τους σε εργαστηριακό πλυντήριο απολύμανσης στους 90oC με άφθονο νερό και έπειτα με απιονισμένο νερό.

Βασικό κομμάτι της προετοιμασίας της δειγματοληψίας είναι αυτό που πρέπει να προβλέψει την σωστή συντήρηση και ασφαλή μεταφορά των δειγμάτων στο χώρο του εργαστηρίου, το οποίο εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά τους και από τον έλεγχο των παραμέτρων που πρόκειται να γίνει. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση φορητών ψυγείων και παγοκυστών τα οποία διατηρούν τα δείγματα σε μία χαμηλή θερμοκρασία (4oC) ώστε να μην προκύπτει αλλοίωση από τη στιγμή που λήφθηκαν μέχρι την εξέτασή τους.

Για την διασφάλιση της διαδικασίας της δειγματοληψίας λαμβάνονται κάποια μέτρα ατομικής προστασίας τα οποία έχουν σκοπό την προστασία του αναλυτή ενώ παράλληλα προβλέπουν τυχόν ατυχήματα που μπορεί να συμβούν. Για το λόγο αυτό γίνεται η χρήση γαντιών μίας χρήσης, ενώ έχει υπάρξει μέριμνα για την ύπαρξη αιθανόλης, απιονισμένου αλλά και καθαρού νερού, όπως επίσης χαρτιού καθαριότητας.

Τεχνικές δειγματοληψίας

Οι τεχνικές δειγματοληψίας είναι αρκετές, τόσες ώστε να καλύπτουν όλους τους τύπους σημείων όπως για παράδειγμα λήψη δείγματος από νερό λίμνης, γεώτρησης κλπ. Σε αυτή την εργασία αντικείμενο έρευνας είναι τα υπόγεια νερά του Κάμπου των Χανίων και τα σημεία δειγματοληψίας ήταν από γεωτρήσεις, πηγάδια και πηγές.

Για να γίνει η συλλογή αντιπροσωπευτικού δείγματος με αυτό που πραγματικά καταναλώνεται από την έξοδο μίας γεώτρησης ή μίας βρύσης, αρχικά πρέπει να τεθεί σε λειτουργία η γεώτρηση και να ανοιχτεί η βρύση αντίστοιχα, ώστε το νερό να "τρέξει" για αρκετή ώρα με σκοπό να απομακρυνθούν μολυσματικοί παράγοντες με τους οποίους πιθανόν να είναι επιφορτισμένο, λόγω της στασιμότητάς του.

Οι γεωτρήσεις που μας αφορούν λειτουργούν με ηλεκτροκίνητη αντλία, επομένως αφήνονται να λειτουργήσουν για 10 λεπτά και έπειτα τοποθετούνται στην έξοδο καθαρές φιάλες δειγματοληψίας όπου αρχικά ξεπλένονται με το ίδιο το δείγμα και στη συνέχεια γεμίζονται έως να υπερχειλίσουν. Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται και για την λήψη δείγματος από νερό πηγής όπου στην περίπτωση αυτής της εργασίας γινόταν η λήψη από βρύση. Έπειτα πωματίζονται προσεκτικά και καταγράφεται πάνω στην φιάλη το σημείο δειγματοληψίας και τοποθετούνται στο φορητό ψυγείο για να συντηρηθούν μέχρι την ανάλυσή τους.

Η δειγματοληψία από πηγάδια διαφέρει καθώς θα χρειαστεί ειδικός εξοπλισμός για την συλλογή δείγματος. Απαιτείται η χρήση ειδικού δοχείου με ανοιχτό στόμιο το οποίο είναι προσαρμοσμένο σε ένα μακρύ πτυσσόμενο κοντάρι, με τη δυνατότητα συλλογής όταν το επίπεδο του στάσιμου νερού βρίσκεται πολύ χαμηλά. Το δοχείο

όπως και το πτυσσόμενο κοντάρι, προσαρμοσμένο σε ύψος ώστε να είναι πρακτικό στον χειρισμό του, πρέπει να είναι καθαρά απαλλαγμένα από ρυπαντικούς παράγοντες. Το δοχείο αρχικά ξεπλένεται και έπειτα βυθίζεται με προσοχή ώστε να μην ακουμπήσει στον πυθμένα ή στα τοιχώματα τα οποία πιθανόν έχουν ιζήματα. Το δείγμα το οποίο συλλέγεται είναι από χαμηλότερα στρώματα και όχι μόνο από το επιφανειακό. Μεταφέρεται γρήγορα στη φιάλη δειγματοληψίας η οποία αρχικά ξεπλένεται με το ίδιο το δείγμα, αναγράφεται πάνω σε αυτή το σημείο και αποθηκεύεται στο φορητό ψυγείο.

Κατά τη διαδικασία της δειγματοληψίας αλλά και της ανάλυσης στο εργαστήριο γίνεται η σύνταξη του δελτίου δειγματοληψίας. Χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση του αναλυτή ώστε να μην προκύψει κάποιο σφάλμα είτε μπερδεύοντας ή αναγνωρίζοντας λάθος κάποιο δείγμα. Στο δελτίο αναγράφεται η ημερομηνία, τα σημεία δειγματοληψίας τα οποία συνοδεύονται με έναν κωδικό αριθμό που αντιστοιχίζεται στο καθένα, καθώς και αναγράφονται όλες οι παράμετροι οι οποίες πρόκειται να αναλυθούν.



Εικόνα 4: Σχεδιάγραμμα οργάνωσης δειγματοληψιών

2.7 Φυσικές και συγκεντρωτικές ιδιότητες

Οι φυσικές και συγκεντρωτικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το νερό, μπορεί να είναι οτιδήποτε μπορεί να παρατηρηθεί χωρίς να αλλάζει η ταυτότητά του. Σχετίζονται με την γεύση, την οσμή, το χρώμα, την θολερότητα, καθώς και την θερμοκρασία του.

Στην συνέχεια περιγράφονται οι μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν για τον χαρακτηρισμό των δειγμάτων με τον προσδιορισμό των φυσικών και συγκεντρωτικών ιδιοτήτων, εξετάζοντας τις παραμέτρους της αγωγιμότητας, το σύνολο διαλυμένων στερεών (TDS), θολερότητα και σκληρότητα.

2.7.1 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα του νερού είναι μία παράμετρος η οποία είναι ένας καλός δείκτης προσδιορισμού της ρύπανσης. Με την αγωγιμότητα εκφράζεται η ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσω αγωγών.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αν και δίνει πληροφορίες για την ύπαρξη διαλυμένων αλάτων, εξετάζοντας το νερό με αυτή την παράμετρο δεν προσδιορίζονται οι ουσίες

που είναι διαλυμένες αλλά ούτε γίνεται γνωστή η συγκέντρωσή τους. Αποτελεί όμως μέτρο της ιοντικής ισχύος ενός διαλύματος και εξαρτάται από την ολική συγκέντρωση των ιονιζόμενων ουσιών καθώς και την θερμοκρασία του δείγματος. Συνήθως εκφράζεται σε $\mu\text{mhos/cm}$, ή mS/m , όπου $1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{mhos/cm}$. Η αγωγιμότητα του καθαρού νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση τα $2500 \mu\text{S/cm}$ στους 20°C . [20] Ο προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας γίνεται με ηλεκτρόδιο.

2.7.2 Σύνολο διαλυμένων στερεών (TDS)

Το σύνολο των διαλυμένων στερεών, αποτελεί ένα μέτρο προσδιορισμού των συνολικών ιόντων οργανικών και ανόργανων ουσιών που είναι διαλυμένα σε ένα δείγμα νερού. Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ TDS και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. [21]

Το TDS αντιπροσωπεύει μια συνολική άθροιση των ιοντικών συγκεντρώσεων κατιόντων και ανιόντων. Μετράται από τις μονάδες ppm ή mg/l [22]

Η σχέση των συνολικά διαλυμένων στερεών και της αγωγιμότητας για τα υπόγεια ύδατα μπορεί να προσεγγιστεί με την ακόλουθη εξίσωση : $\text{TDS} = k \text{EC}$ όπου το TDS εκφράζεται σε mg/l ή ppm και το EC είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε $\mu\text{S/cm}$ στους 25°C . Ο συντελεστής συσχέτισης k είναι μεταξύ 0,55 - 0,8.

Λόγω του συσχετισμού λοιπόν, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) με το TDS ενός δείγματος νερού, το σύνολο των διαλυμένων στερεών μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{TDS (mg/l)} = 0.5 \times \text{EC (dS/m or mmho/cm)} \text{ or } = 0.5 * 1000 \times \text{EC (mS/cm)} \text{ [23]}$$

Υπάρχουν δύο μέθοδοι για τον προσδιορισμό του TDS, η βαρυμετρική ανάλυση και η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο σύνολο αυτής της εργασίας ήταν η δεύτερη, με την χρήση αγωγιμόμετρου.

2.7.3 Θολερότητα

Η θολερότητα του νερού φανερώνει την ύπαρξη αιωρούμενων στερεών, που προέρχονται είτε από οργανικές είτε από ανόργανες ουσίες. Με τον όρο θολερότητα, εκφράζεται η οπτική ιδιότητα ενός δείγματος νερού, να σκεδάζει και να απορροφά το φως που περνά μέσα από αυτό χωρίς να μεταδίδει το φως σε ευθεία γραμμή. [24]

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της θολερότητας ονομάζεται νεφελομετρική μέθοδος και γίνεται με ειδικά όργανα τα οποία ονομάζονται νεφελόμετρα ή θολερόμετρα και το αποτέλεσμα της μέτρησής τους εκφράζεται σε νεφελομετρικές μονάδες ή N.T.U. (Nephelometric Turbidity Units). Στη μέθοδο αυτή συγκρίνονται τα πρότυπα διαλύματα της συσκευής με το υπό εξέταση δείγμα, μετρώντας την ένταση σκεδασμού του φωτός. Έτσι όσο πιο μεγάλη είναι η σκέδαση του φωτός στο δείγμα τόσο πιο μεγάλη είναι και η θολερότητα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε δείγματα στα οποία δεν περιέχονται ευμεγέθη στερεά σωματίδια ή είναι έγχρωμα. Το δείγμα νερού πρέπει να συντηρείται στους 4°C ωσότου γίνει η ανάλυσή του καθώς είναι πολύ πιθανόν να υπάρξει μικροβιακή αποσύνθεση των στερεών σωματιδίων.

Η νομοθεσία προβλέπει ότι η θολερότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 5 NTU και ιδανικά πρέπει να είναι κάτω από 1 NTU σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ.. Το εύρος μέτρησης του θολερόμετρου είναι από 0-1000 NTU.

2.7.4 Σκληρότητα

Η σκληρότητα είναι μία ποιοτική παράμετρος που χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό του νερού και ορίζεται ως η ποσότητα διαλυμένου ασβεστίου (Ca^{2+}) και μαγνησίου (Mg^{2+}) στο νερό, και εξαρτάται από τα πετρώματα που έχει περάσει το νερό με αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του. Τα κατιόντα ασβεστίου και μαγνησίου των φυσικών νερών σχηματίζουν δυσδιάλυτα άλατα με τον σάπωνα, το οποίο αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα της σκληρότητας.

Υπάρχουν δύο τύποι σκληρότητας του νερού:

- Η προσωρινή ή αλλιώς ανθρακική σκληρότητα, η οποία οφείλεται στα κατιόντα ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3 , MgCO_3), τα οποία απομακρύνονται έπειτα από την αύξηση της θερμοκρασίας και τον βρασμό του νερού.
- Η μόνιμη ή αλλιώς μη ανθρακική σκληρότητα που αποτελούνται από όλα τα υπόλοιπα ουδέτερα ανθρακικά άλατα (CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2) που απομένουν έπειτα από την καταβύθιση με τον βρασμό του νερού.

Η σκληρότητα εκφράζεται σε mgCaCO_3/L και συνήθως σε Γαλλικούς βαθμούς, όπου 1 βαθμός αντιστοιχεί σε $10 \text{ CaCO}_3/100\text{ml}$ νερού.

Το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να έχει σκληρότητα έως $500 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$, ενώ οι πιο καλές τιμές είναι μεταξύ $80 - 150 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$. [25]

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας γίνεται με την μέθοδο τιτλοδότησης EDTA.

2.8 Φυσικοχημικές και χημικές ιδιότητες

Το νερό αποτελεί χημική ένωση, με τον γνωστό τύπο H_2O και αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Λόγω της ύπαρξης του υδρογόνου το νερό δημιουργεί δεσμούς με άλλα στοιχεία όπως είναι το άζωτο, το φθόριο, ο φωσφόρος, το θείο και το χλώριο, και δημιουργεί με αυτά ενώσεις που βρίσκονται στα φυσικά νερά και προκύπτει η ανάγκη για τον προσδιορισμό τους.

Στην συνέχεια περιγράφονται οι μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν για τον χαρακτηρισμό των δειγμάτων με τον προσδιορισμό φυσικοχημικών και χημικών ιδιοτήτων, εξετάζοντας τις παραμέτρους του pH αλλά και ανόργανων (κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, χλωριόντα, θειικά ιόντα, νιτρικά ιόντα, αμμωνιακό άζωτο, αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα) αλλά και οργανικών παραμέτρων (BOD, COD).

2.8.1 Ενεργός Οξύτητα (pH)

Το pH αποτελεί μία κλίμακα για τον προσδιορισμό το πόσο όξινο ή βασικό είναι το νερό με το εύρος του να είναι μεταξύ 0 - 14.

"Σε μία αντίδραση οξέος - βάσης, ιόντα H^+ ανταλλάσσονται μεταξύ των αντιδρώντων. Τα μόρια που περιέχουν H^+ χαρακτηρίζονται ως οξέα, ενώ τα μόρια που παραλαμβάνουν H^+ χαρακτηρίζονται ως βάσεις, pH ονομάζεται ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου σε ένα υδατικό διάλυμα"

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \quad [26]$$

Οι τιμές του pH όσο πιο κοντά βρίσκονται στο 0, τόσο πιο όξινες είναι και όσο πιο κοντά βρίσκονται στην τιμή 14 είναι τόσο πιο αλκαλικές, ενώ το 7 υποδεικνύεται ως η βάση της κλίμακας και η οποία είναι ουδέτερη.

Η μέτρηση του pH για το νερό είναι μια πάρα πολύ σημαντική παράμετρος η οποία το χαρακτηρίζει για την ποιότητά του, και αποτελεί σημαντικό παράγοντα καθώς ορισμένες χημικές διεργασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν όταν το pH έχει συγκεκριμένες τιμές.

Οι τιμές που λαμβάνει το pH εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους που εξαρτώνται από την παρουσία διαλυμένων αλάτων και ιόντων που υπάρχουν στα φυσικά νερά, όπως είναι Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2} κλπ. Επίσης η θερμοκρασία και οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα, παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του pH, καθώς και η ύπαρξη οργανισμών που κάνουν μεταβολικές διεργασίες (π.χ. φωτοσύνθεση) και η χημική αποσύνθεση των οργανικών ουσιών.

Οι τιμές που παίρνουν δείγματα φυσικών νερών είναι μεταξύ 6,5 - 8,5, ωστόσο οι αποδεκτές τιμές που ορίζονται από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο είναι μεταξύ 6,5 - 9,5.[27]

2.8.2 Κάλιο (K), Νάτριο (Na), Ασβέστιο (Ca)

• Κάλιο (K)

Οι ποσότητες καλίου που εμφανίζονται στο νερό προέρχονται κυρίως από φυσικές διεργασίες και δεν θεωρείται επικίνδυνο στο νερό. Το κάλιο απελευθερώνεται αργά μετά την διάλυση ενός πετρώματος και η συγκέντρωσή του αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Η εξάπλωσή του στο νερό είναι πολύ γρήγορη καθώς έχει χαμηλό δυναμικό σχηματισμού και μεγάλη κινητικότητα. Συνήθως η τοξικότητά του οφείλεται στην αντίδρασή του με άλλες ενώσεις. Η μέτρησή του είναι σημαντική ώστε να βρεθεί και να αναγνωριστεί η πηγή προέλευσης του. Το κάλιο είναι απαραίτητο για τους οργανισμούς και στο νερό απαιτούνται μικρές ποσότητες. Η νομοθεσία προβλέπει πως η ανώτατη συγκέντρωση καλίου είναι τα 12mg/L. [28],[29]

• Νάτριο (Na)

Το νάτριο είναι σημαντικό συστατικό του νερού που βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά, ενώ η συγκέντρωσή του διαμορφώνεται ανάλογα με τις υπάρχουσες εδαφολογικές συνθήκες. Υπάρχουν επίσης βιομηχανίες που εκμεταλλεύονται το νάτριο στην παραγωγική τους διαδικασία, καθώς και χρησιμοποιείται σε αγροτικές δραστηριότητες ως συνθετικό λίπασμα, με αποτέλεσμα το νάτριο να καταλήγει στο νερό.

Υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου υπάρχουν στην θάλασσα και αυτό είναι αποτέλεσμα χρόνιας διαδικασίας όπου το νάτριο ξεπλένεται από τα πετρώματα και τα εδάφη, καθώς επίσης συναντάται στα ποτάμια, λίμνες, αλλά και στο πόσιμο νερό, όπου οι μεταξύ τους τιμές διαφέρουν κατά πολύ. Ωστόσο το νάτριο δεν βρίσκεται σε καθαρή μορφή στη φύση, αλλά συνήθως συναντάται στη μορφή του NaCl, γνωστό και ως αλάτι. Το πόσιμο νερό αναμένεται να έχει περίπου 50 mg/L νάτριο, ενώ νερό από γεωτρήσεις που βρίσκονται κοντά σε παράκτια ζώνη συνήθως εμφανίζουν αρκετά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις λόγω της παρουσίας του NaCl, γεγονός που χαρακτηρίζει υφάλμυρα αυτά τα νερά.

• Ασβέστιο(Ca)

Το ασβέστιο βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά και εμφανίζεται με φυσικό τρόπο σε αυτό. Η εμφάνισή του μπορεί να οφείλεται κυρίως σε ασβεστολιθικά πετρώματα, σε μάρμαρο, γύψο κ.ά. καθώς το νερό κινείται ανάμεσα απ αυτά. Το ασβέστιο αποτελεί έναν απ τους κύριους παράγοντες που οφείλεται η σκληρότητα του νερού, βέβαια μεγάλες ποσότητες ασβεστίου μπορεί να είναι τοξικές. Η συγκέντρωση του ασβεστίου ενδεικτικά είναι τα 100mg/L Ca^{2+} . [30]

Τα άλατα καλίου, ασβεστίου και νατρίου μετρώνται με την μέθοδο της φλογοφωτομετρίας. Το φλογοφωτόμετρο λειτουργεί με κατάλληλα οπτικά φίλτρα για

τον προσδιορισμό των αλάτων τα οποία βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Έτσι όταν ένα στοιχείο βρίσκεται υπό την μορφή διαλύματος ψεκάζεται ως αερόλυμα σε μια φλόγα. Κατά την διαδικασία αυτή ο διαλύτης εξατμίζεται, δημιουργώντας στερεά μόρια τα οποία εξαχνώνονται. Έτσι τα μόρια διασπώνται σε άτομα και διεγείρονται, όπου για το κάλιο η φλόγα χρωματίζεται μπλε ενώ για το ασβέστιο η φλόγα χρωματίζεται κόκκινη και κατά την διαδικασία της διέγερσης ένα ηλεκτρόνιο σθένους παίρνει απ' την φλόγα ενέργεια και μεταπηδά απ την στιβάδα με την χαμηλότερη ενέργεια σε μια στιβάδα με μεγαλύτερη ενέργεια. Στην περίπτωση που η ενέργεια της φλόγας δεν είναι αρκετή, το ηλεκτρόνιο σθένους δεν καταφέρνει να αντιμετωπίσει τις ελκτικές δυνάμεις επιστρέφει στην αρχική του ενεργειακή κατάσταση αποδίδοντας αυτή την ενέργεια με χαρακτηριστική ακτινοβολία. [31]



Εικόνα 5: Σχεδιάγραμμα λειτουργίας φλογοφωτόμετρου[32]

2.8.3 Χλωριόντα (Cl^-)

Το χλώριο αποτελεί ένα από τα πιο βασικά ανιόντα που συναντιούνται στα ύδατα αλλά και στα λύματα. Η συγκέντρωση των χλωριόντων εξαρτάται τόσο από φυσικές όσο και ανθρωπογενείς πηγές. Τα φυσικά νερά φορτίζονται με ανιόντα χλωρίου καθώς το νερό διέρχεται από διάφορους γεωλογικούς - πετρολογικούς σχηματισμούς, λόγω της χημικής τους σύστασης. Ενώ ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η γεωργική ενασχόληση, τα βιομηχανικά λύματα και οι διαρροές λυμάτων από μία εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων είναι πηγές που τροφοδοτούν με χλωριόντα το νερό.

Στα υπόγεια νερά παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων ειδικά στις περιοχές οι οποίες βρίσκονται κοντά σε παράκτια ζώνη, λόγω της προέλασης του θαλάσσιου μετώπου.

Τα χλωριόντα δεν προκαλούν πρόβλημα στην υγεία του ανθρώπου, ωστόσο αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του και παρατηρείται πως η γεύση του νερού γίνεται γλυφή.

Για τον προσδιορισμό των χλωριόντων σε δείγματα νερού ακολουθείται η μέθοδος του νιτρικού αργύρου.

Τα χλωριόντα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση σύμφωνα με την σχετική νομοθεσία, έχει καθορίσει ως παραμετρική τιμή τα 250 mg/l χλωριόντων. [33]

2.8.4 Θεϊκά ιόντα (SO_4)

Τα θεϊκά ιόντα βρίσκονται στα φυσικά νερά με την μορφή αλάτων, όπως είναι το θεϊκό ασβέστιο, το θεϊκό μαγνήσιο κ.ά. Κύρια πηγή των θεϊκών ιόντων είναι τα πετρώματα, βέβαια μπορούν να εισχωρήσουν στο νερό και μέσω των βιομηχανικών αποβλήτων, των λυμάτων κ.ά. Στο πόσιμο νερό η παρουσία θεϊκών σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας όπως αφυδάτωση αλλά και στομαχικές διαταραχές. Επίσης η υψηλή συγκέντρωση θεϊκών μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στις σωληνώσεις κυρίως σε αυτές που είναι φτιαγμένες από χαλκό. Στο νερό της βροχής περιέχονται μεγάλες ποσότητες θεϊκών αλάτων. Σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ. (Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας) το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο θεϊκών στο νερό είναι τα 250mg/l. [34],[35]

2.8.5 Νιτρικά ιόντα (NO_3)

Τα νιτρικά ιόντα NO_3 αποτελούν φυσική ένωση και η συγκέντρωσή τους μεταβάλλεται ανάλογα των συνθηκών, καθώς διαλύονται στο νερό και κυκλοφορούν μέσω του βιολογικού κύκλου του αζώτου.

Το νερό εμπλουτίζεται με νιτρικά ιόντα κατά κύριο λόγο από την αλόγιστη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στις γεωργικές καλλιέργειες, όταν χρησιμοποιούνται περίσσειες ποσότητες από αυτές που πραγματικά χρειάζονται τα φυτά, με αποτέλεσμα να ξεπλένονται με την βροχή ή το πότισμα καταλήγοντας στους υπόγειους υδροφορείς, στις λίμνες και τα ποτάμια. Αποτέλεσμα αυτής την νιτρορύπανσης είναι ο ευτροφισμός.

Τα υπόγεια νερά της Ελλάδας παρουσιάζουν συχνά υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών εξαιτίας της ύπαρξης πολλών καλλιεργειών.

Για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων σε δείγματα νερού ακολουθείται η μέθοδος όπου σε "δείγμα νερού οξιτισμένο με θεϊκό και φωσφορικό οξύ, τα νιτρικά ιόντα αντιδρούν με την 2,6-διμεθυλοφαινόλη και δημιουργούν την 4-νίτρο-2,6-διμέθυλοφαινόλη, η οποία έχει πορτοκαλί χρώμα και προσδιορίζεται φωτομετρικά. Μεγάλης έντασης χρώμα προσδιορίζει και μεγάλη συγκέντρωση σε νιτρικά ιόντα. Το εύρος μέτρησης εκτείνεται από 0,10 έως και 25,0 mg/l. Η μέθοδος αυτή δεν είναι η κατάλληλη, για προσδιοριστεί η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα, δειγμάτων με περιεκτικότητα σε χλωριούχα μεγαλύτερη του 1,000 mg/l και για δείγματα με COD (χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο) μεγαλύτερο των 500 mg/l." [36]

Τα νιτρικά ιόντα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση σύμφωνα με την σχετική νομοθεσία, έχει καθορίσει ως ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή τα 500 mg/l. [37]

2.8.6 Αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+)

Η αμμωνία συναντάται πιο συχνά στα επιφανειακά νερά σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε αντίθεση με τους υπόγειους υδροφόρους στους οποίους βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, καθώς μεγάλο μέρος απορροφάται απ' το έδαφος. Ο βασικός λόγος που η αμμωνία εμφανίζεται στα νερά είναι διότι πραγματοποιείται το φαινόμενο της απαμίνωσης των αζωτούχων ενώσεων, δηλαδή στην αφαίρεση μίας αμινικής ομάδας από ένα μόριο αμινο-ένωσης, το οποίο μετατρέπεται σε αμμωνία. Επίσης ένας ακόμη λόγος εμφάνισης αμμωνιακών στο νερό είναι η αυξημένη χρήση των λιπασμάτων τα τελευταία χρόνια. [38]

Για τον προσδιορισμό των αμμωνιακών ιόντων ακολουθείται η μέθοδος όπου σε δείγμα νερού "το αμμωνιακό άζωτο ($\text{NH}_4\text{-N}$) συναντάται με την μορφή αμμωνιακού

ιόντος (NH_4^+) και με την μορφή αμμωνίας (NH_3). Η ισορροπία των δύο μορφών εξαρτάται από το pH. Σε ισχυρά αλκαλικό διάλυμα το αμμωνιακό άζωτο ($\text{NH}_4\text{-N}$) υπάρχει σχεδόν μόνο ως αμμωνία (NH_3), η οποία αντιδρά με χλώριο και σχηματίζει μονοχλωραμίνη. Η μονοχλωραμίνη αντιδρά με την θυμόλη και σχηματίζεται παράγωγο ινδοφαινόλης με ιδιαίτερο μπλέ χρώμα το οποίο προσδιορίζεται φωτομετρικά." [36]

Η συγκέντρωση αμμωνιακών στο πόσιμο νερό πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2mg/l σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ. Συγκεντρώσεις που είναι μεγαλύτερες απ' το επιτρεπόμενο όριο μπορούν να προσβάλουν τους οργανισμούς καθώς το αμμώνιο μετατρέπεται σε νιτρικό άλας το οποίο είναι τοξικό.

2.8.7 Φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-})

Τα φωσφορικά ιόντα έχουν την μορφή και η προέλευσή τους προέρχεται από φυσικά πετρώματα και ορυκτά. Συνήθως εμφανίζεται με την μορφή των ορθοφωσφορικών, των πολυφωσφορικών ιόντων, ή ως οργανικός φώσφορος που είναι δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις. Ο φώσφορος αποτελεί σημαντικό συστατικό για την ανάπτυξη φυτών και ζώων, αν και η υπερβολική ποσότητά του όπως και άλλων θρεπτικών μέσα στο νερό μπορεί να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και να διαταράξει την οικολογία του συστήματος. Λόγω των κατακρημνισμάτων παρασύρονται φωσφορικά ιόντα τα οποία υπάρχουν στα πετρώματα και καταλήγουν σε επιφανειακούς είτε υπόγειους υδροφόρους. Επίσης λόγω της βιομηχανίας και των γεωργικών αναγκών που υπάρχουν, ο άνθρωπος κάνει χρήση φωσφόρου μέσω των γεωργικών λιπασμάτων, οργανικών αποβλήτων και βιομηχανικών λυμάτων. Η λίπανση του εδάφους με φωσφορούχα λιπάσματα μπορεί να επιφορτίσει τον υδροφόρο ορίζοντα, ωστόσο λόγω της ύπαρξης του εδάφους και των φοιτών που δρουν ως μέσο αποθήκευσης, τα φωσφορικά ιόντα δεν παραμένουν για πολύ στο νερό.

Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών ιόντων σε δείγματα νερού ακολουθείται η μέθοδος όπου σε όξινο διάλυμα ορθοφωσφορικά ιόντα αντιδρούν με ιόντα μολυβδαινίου σχηματίζοντας μολυβδαινοφωσφορικό οξύ το οποίο ανάγεται παρουσία ασκορβικού οξέος σχηματίζοντας μπλέ του φωσφομολυβδαινίου το οποίο προσδιορίζεται φωτομετρικά. Η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ορθοφωσφορικών. [36]

Τα φωσφορικά ιόντα του νερού που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση σύμφωνα με την σχετική νομοθεσία, έχει καθοριστεί ως ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση φωσφορικών στο νερό θεωρούνται τα 5 mg/L ενώ σαν ενδεικτικό τα 0,4 mg/L. [39]

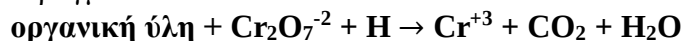
2.9 Οργανικές παράμετροι

2.9.1 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο ή COD είναι η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται για την χημική οξείδωση, σε έντονο οξειδωτικό περιβάλλον, των οργανικών ενώσεων οι οποίες βρίσκονται στο νερό. Το COD αποτελεί μέτρηση η οποία αποτελεί σημαντικό δείκτη προσδιορισμού της μόλυνσης των υδροφόρων από λύματα.

Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών ιόντων σε δείγματα νερού ακολουθείται η μέθοδος του διχρωμικού καλίου, όπου γίνεται οξείδωση του δείγματος, με ισχυρό οξειδωτικό, σε όξινο περιβάλλον και υψηλή θερμοκρασία, παρουσία καταλύτη. Για οξειδωτικό χρησιμοποιείται διχρωμικό κάλιο, το όξινο περιβάλλον εξασφαλίζεται με πυκνό θειικό οξύ και καταλύτης είναι ο θειικός άργυρος. Το διάλειμμα χωνεύεται για 2 ώρες σε θερμοκρασία 150°C και τέλος γίνεται ο προσδιορισμός των διχρωμικών ιόντων με φωτομέτρηση.

Η αντίδραση που πραγματοποιείται είναι:



Στο πόσιμο νερό δεν προβλέπεται η ύπαρξη COD, επομένως στη νομοθεσία δεν αναφέρεται κάποιο ενδεικτικό όριο.

2.9.2 Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)

Το Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο ή αλλιώς BOD είναι η μέθοδος μέτρησης η οποία κάνει έλεγχο για την οργανική ύλη που βρίσκεται στα δείγματα νερού που είναι προς εξέταση. Ορίζεται λοιπόν, ως BOD "η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνουν αερόβια μεσόφιλα βακτήρια σε διάστημα 5 ημερών, για την βιολογική και χημική οξείδωση των οργανικών κυρίως ουσιών που περιέχει ορισμένος όγκος δείγματος που επώαζε σε σκοτεινό θάλαμο, σταθερής θερμοκρασίας 20°C." [36]

Η μέτρηση αυτή πραγματοποιείται για τον προσδιορισμό της ρύπανσης από λύματα, βιομηχανικά απόβλητα και οργανικές ενώσεις σε λίμνες ποτάμια και φυσικά νερά καθώς και επίσης εφαρμόζεται σε μονάδες σχεδιασμού και ελέγχου βιολογικών καθαρισμών.

Για τον προσδιορισμό του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου ακολουθείται η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου με μανομετρική μέθοδο με την ειδική συσκευή BOD (Lovibond). πριν και μετά από 5 μέρες επώασης σε σκοτεινό θάλαμο επώασης στους 20°C ±1°C, με προσθήκη αναστολέα νιτρικοποίησης.

Το BOD εκφράζεται σε mg/L.

Η νομοθεσία ορίζει ότι το BOD για λίμνες, ποτάμια κ.ά. στα οποία εισρέουν απόβλητα, πρέπει να είναι κατώτερο από 40mg/L.



Εικόνα 6: Συσκευή BOD (Lovibond)

2.10 Μικροβιολογικές ιδιότητες

Το φυσικό νερό διαθέτει μικροοργανισμούς οι οποίοι αποτελούν μέρος του και υπάρχουν είτε φυσικά σε αυτό, είτε εισρέουν αλλόχθονες μικροοργανισμοί λόγω των καιρικών συνθηκών ή λόγω ανθρωπογενούς παρέμβασης (πχ λύματα, περιττώματα ζώων). Όταν βρίσκονται σε μικρές ποσότητες το νερό με τον μηχανισμό του αυτοκαθαρισμού που διαθέτει μπορεί να απορρίψει και να απομακρύνει τους μικροοργανισμούς. Αν όμως οι ποσότητες είναι μεγάλες και οι συνθήκες κατάλληλες για την επώαση των μικροοργανισμών, με την πάροδο του χρόνου αυξάνονται και καθιστούν το νερό ακατάλληλο, κυρίως για πόσιμο νερό. Υπάρχουν αρκετές κατηγορίες μικροβιακών δεικτών, οι οποίοι βοηθούν στον έλεγχο ποιότητας του νερού αλλά και τον προσδιορισμό της καταλληλότητάς του. Οι σημαντικότεροι δείκτες που εξετάζονται στην ανάλυση ποιότητας του νερού είναι οι κοπρανώδης αποικίες (fecal coliforms, fecal streptococci), η *Escherichia coli* και ο εντερόκοκκος (enterococcus).

- **Κοπρανώδη κολοβακτηρία (Faecal coliforms)**

Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια (Faecal coliforms) είναι μια από τις πρώτες ομάδες κολοβακτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού. Τα συγκεκριμένα κολοβακτηρίδια είναι ιδιαίτερα καθώς μπορούν να αναπτυχθούν σε υψηλές θερμοκρασίες και πιο συγκεκριμένα στους 44,5°C, άρα θεωρείται ακριβής δείκτης μόλυνσης. Συνήθως προέρχονται από τα κόπρανα θερμόαιμων ζώων, δηλαδή ζώα τα οποία διατηρούν διαφορετική θερμοκρασία σώματος σε σχέση με αυτή του περιβάλλοντος.

- ***Escherichia coli* (e-coli)**

Η *Escherichia coli* (E.coli) είναι ένα βακτήριο με ραβδοειδές σχήμα και βρίσκεται συνήθως στο γαστρεντερικό σωλήνα και τα κόπρανα των ζώων αλλά εμφανίζεται και στο ανθρώπινο έντερο χωρίς να αποτελεί κίνδυνο. Βέβαια υπάρχει ένα στέλεχος αυτού του βακτηρίου, το οποίο εκκρίνει μια τοξίνη η οποία μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ασθένειες. Τέτοιες ασθένειες μπορεί να είναι η μηνιγγίτιδα, σηψαιμία,

εντερικές λοιμώξεις και μόλυνση του ουροποιητικού συστήματος. Μπορεί να εισχωρήσει στο νερό μέσω υπερχειλίσης λυμάτων, από αποχετεύσεις οι οποίες δεν λειτουργούν σωστά κ.ά.

- **Εντερόκοκκος (enterococcus)**

Ο εντερόκοκκος είναι από τους σημαντικότερους δείκτες για τον προσδιορισμό της μόλυνσης του νερού και έχει συνήθως σφαιρικό ή ωοειδές σχήμα. Η εμφάνισή του στο νερό προέρχεται κυρίως από τα κόπρανα των ανθρώπων ή και των ζώων. Συνήθως ο εντερόκοκκος δεν πολλαπλασιάζεται στο νερό και έχει μεγάλη ευαισθησία στη χλωρίωση. Η παρουσία του στο νερό σε συνδυασμό και με την *E.coli* αποδεικνύει την μόλυνση του νερού.

Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό των

- *Faecal Coliforms*, είναι η καλλιέργειά τους σε υπόστρωμα Membrane Lauryl Sulfate Broth.

- *Escherichia coli*, είναι η καλλιέργειά τους σε υπόστρωμα Herlequin Typtone Bile Glucutonide Agar (TBX).

- *Εντεροκόκκων*, είναι η καλλιέργειά τους σε υπόστρωμα Slanetz and Bartley Medium.

Η νομοθεσία ορίζει ότι οι μικροβιολογικοί παράμετροι των κοπρανόδων κολοβακτηρίων, *Escherichia coli* και Εντερόκοκκου ως παραμετρική τιμή 0 αποικίες/100 ml. [20]

2.11 Ατομική απορρόφηση

Η ατομική απορρόφηση αποτελεί μέθοδο για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των στοιχείων (βαρέα μέταλλα) και συνήθως μπορεί να αναλύσει έως 70 περίπου στοιχεία. Το όργανο της ατομικής απορρόφησης αποτελεί πηγή ακτινοβολίας, όπου βασικό μέρος της αποτελεί η φλόγα ή ο φούρνος γραφίτη, τα οποία αναπτύσσουν υψηλή θερμοκρασία διασπώντας την ποσότητα του δείγματος σε ένα νέφος ελεύθερων ατόμων. Τα άτομα αυτά απορροφούν ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος και διεγείρονται. Όταν φτάσουν στη διεγερμένη κατάσταση είναι αρκετά ασταθή έτσι αποβάλλουν μέρος της ενέργειας που απορρόφησαν ώστε να επιστρέψουν στην αρχική τους κατάσταση. Αυτή η εκπομπή της ενέργειας μέσω ενός μονοχρωμάτορα, ο οποίος είναι σε συγκεκριμένο μήκος κύματος επιτρέπει στα φωτόνια που αποβάλλονται από τα άτομα να φτάσουν στον ανιχνευτή. [40]

- **Ψευδάργυρος (Zn)**

Ο ψευδάργυρος είναι ένα χημικό στοιχείο το οποίο υπάρχει φυσικά στα πετρώματα και το έδαφος σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Συνήθως διαλύεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και pH καθώς δεν διαθέτει μεγάλη διαλυτότητα. Υψηλές τιμές ψευδαργύρου στο νερό σχετίζονται με την παρουσία μολύβδου και καδμίου τα οποία βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις, ωστόσο μεγάλες ποσότητες ψευδαργύρου βρίσκονται στα επιφανειακά νερά. Ο ψευδάργυρος εισχωρεί στο νερό από την καύση άνθρακα ή απορριμμάτων, χρησιμοποιείται σε ορισμένα λιπάσματα τα οποία καταλήγουν στον υδροφόρο ορίζοντα επίσης το νερό εμπλουτίζεται από το συγκεκριμένο στοιχείο μέσω των σωληνώσεων που περιέχουν ίχνη από ψευδάργυρο. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο για την παρουσία ψευδαργύρου στο νερό είναι 10μg/L. [41]

- **Χαλκός (Cu)**

Ο χαλκός είναι ένα χημικό στοιχείο το οποίο εμφανίζεται φυσικά στο έδαφος και στο νερό. Συνήθως χρησιμοποιείται για την δημιουργία κραμάτων σε οικοδομικά υλικά αλλά και για την κατασκευή αγωγών ηλεκτρικού ρεύματος. Επιπλέον ενώσεις χαλκού χρησιμοποιούνται ως γεωργικά φυτοφάρμακα. Ο χαλκός εισέρχεται στο νερό μέσω των χαλκοσωλήνων όταν αυτές διαβρωθούν αλλά και μέσω των εναποθέσεων. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο για την παρουσία χαλκού στο νερό είναι 2μg/L. [42]

- **Νικέλιο (Ni)**

Το νικέλιο είναι χημικό στοιχείο το οποίο βρίσκεται σε αφθονία στη γη καθώς βρίσκεται σε πετρώματα και συσσωρεύεται στα ιζήματα. Συνήθως χρησιμοποιείται για την κατασκευή μπαταριών, κοσμημάτων, ανοξείδωτο ατσάλι κ.ά. Το νικέλιο μπορεί να εισχωρήσει στο νερό μέσα από σημειακές πηγές αλλά και από μη σημειακές. Τέτοιες πηγές μπορεί να είναι βιομηχανίες οι οποίες απορρίπτουν ποσότητες νικελίου στα επιφανειακά νερά, στη γεωργία χρησιμοποιούνται συνήθως φωσφορικά λιπάσματα τα οποία περιέχουν ενώσεις νικελίου, όπου μέσω των απορροών εισχωρούν στα υπόγεια ύδατα, ωστόσο νικέλιο στο νερό εμφανίζεται και όταν αυτό έρχεται σε επαφή με μέταλλα (π.χ. σωληνώσεις) που περιέχουν νικέλιο. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο για την παρουσία νικελίου στο νερό είναι 20μg/L. [43]

Κεφάλαιο 3: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Ανάλυση της περιοχής μελέτης

Η Ελλάδα είναι μία χώρα που έχει άφθονους υδάτινους πόρους 58 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων ετησίως (1977-2001), εκ των οποίων η χώρα χρησιμοποιεί μόνο το 12%. Από αυτά, το 87% χρησιμοποιείται από τη γεωργία, το 3 τοις εκατό από τη βιομηχανία και μόνο το 10% (ή το 1,2% των συνολικών υδάτινων πόρων) για τη δημοτική παροχή νερού. [44] Για την κάλυψη των αναγκών σε νερό, η Ελλάδα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον πόρους των υπόγειων υδάτων. Οι κύριοι υδροφορείς βρίσκονται μέσα σε ανθρακικά βράχια (καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες) και χονδρόκοκκα νεογενή και τεταρτοταγή κοιτάσματα (πορώδεις υδροφορείς).[45]

Η Κρήτη αποτελεί το νοτιότερο γεωγραφικό διαμέρισμα της Ελλάδας και βρέχεται βόρεια από το Κρητικό πέλαγος, ενώ νότια από το Λιβυκό και είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας αλλά και ένα από τα μεγαλύτερα της Μεσογείου. Καταλαμβάνει έκταση 8.323τ.χλμ και έχει μέγιστο μήκος 255χλμ, ενώ το πλάτος της κυμαίνεται από 12 έως 55χλμ. Ο πληθυσμός του νησιού ανέρχεται στα 682.928 άτομα, σύμφωνα με την απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ) του 2011, όπου καθίσταται το πολυπληθέστερο νησί της χώρας..

Γεωμορφολογικά η Κρήτη παρουσιάζει τεράστιο ενδιαφέρον καθώς η έντονη τεκτονική δραστηριότητα και η κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών της Αφρικανικής, Αραβικής και Ευρασιατικής, έχουν δημιουργήσει το έντονο ανάγλυφό της. Η μεγαλύτερη έκταση του νησιού καλύπτεται από ημιορεινές και ορεινές περιοχές, και ο μεγαλύτερος όγκος τους βρίσκεται συγκεντρωμένος στο δυτικό και νότιο μέρος του νησιού, ενώ βόρεια και ανατολικά το ανάγλυφο γίνεται πιο ήπιο. Στα ορεινά παρατηρείται διάβρωση του εδάφους εξαιτίας των βροχοπτώσεων, η οποία οφείλεται στην πετρολογική σύσταση. Τα πετρώματα που κυρίως απαντούνται, είναι πλακώδεις, μαζώδεις και νεογενείς ασβεστόλιθοι οι οποίοι ανήκουν στα ανθρακικά πετρώματα και αποτελούν το σκηνικό της Καρστικής γεωμορφολογίας. Όπως ήδη αναφέρθηκε στα δυτικά του νησιού συγκεντρώνεται ο μεγαλύτερος ορεινός όγκος και το υδρογραφικό δίκτυο είναι πυκνό, ωστόσο δεν υπάρχουν μεγάλοι ποταμοί, παρά μικρές και πολλές υδρολογικές λεκάνες, εξαιτίας του απότομου ανάγλυφου αλλά και του μικρού εύρους των διαπερατών και αδιαπεράτων πετρολογικών σχηματισμών. Η έντονη γεωμορφολογία της Κρήτης προκαλεί έντονες διαφοροποιήσεις στο κλίμα καθώς παρατηρούνται πολλές διαφορές ανάμεσα στην ανατολική και την δυτική πλευρά, όπως και στη βόρεια με την νότια. Πιο γενικευμένα το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με τη μέση θερμοκρασία να είναι πιο υψηλή στα ανατολικά και νότια όπου βρίσκονται πιο κοντά στην Αφρική. Η χειμερινή περίοδος ξεκινάει τον Δεκέμβρη και ο Φεβρουάριος συνηθίζεται να είναι από τους ψυχρότερους μήνες, ενώ η καλοκαιρινή περίοδος έχει μεγαλύτερη διάρκεια με τις υψηλότερες θερμοκρασίες να σημειώνονται τον Ιούλιο. Σε ολόκληρη την Κρήτη παρατηρούνται υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας όλη την περίοδο του χρόνου [46], ενώ η μέση ετήσια βροχόπτωση εκτιμάται ότι είναι 900 mm, οι δυνητικά ανανεώσιμοι πόροι υδάτων είναι 2650 m³ / έτος και το πραγματικά χρησιμοποιούμενο νερό είναι περίπου 485 εκατ. m³ / έτος.[47]

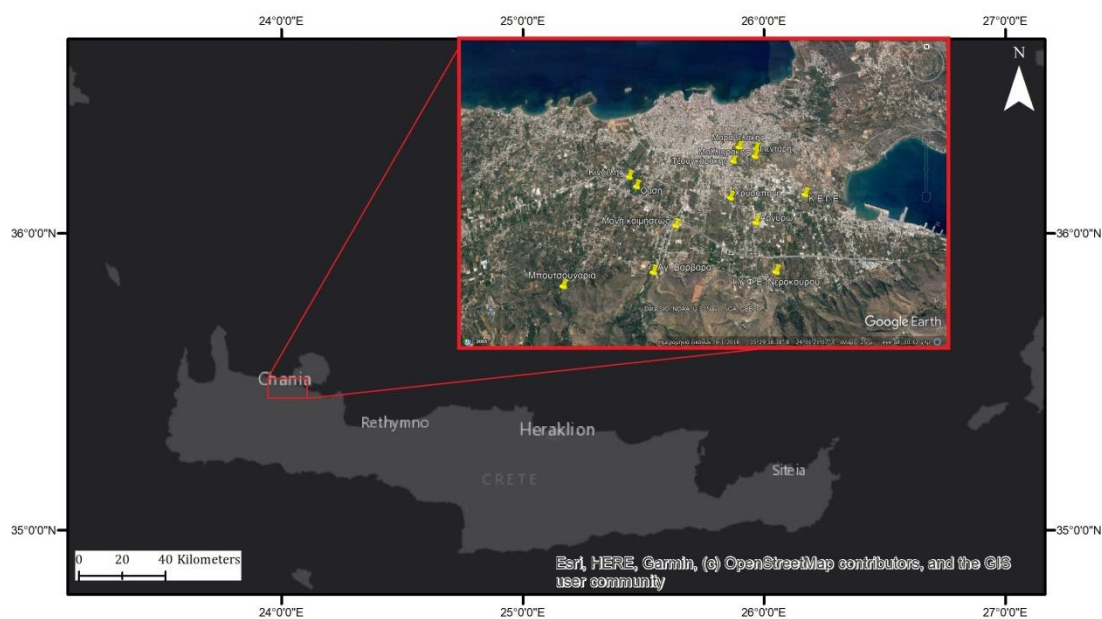
Ο νομός Χανίων έχει πλούσια μορφολογία με την οροσειρά των Λευκών Ορέων να αποτελεί τον κυριότερο ορεινό όγκο του, όπου στο ανάγλυφό του υπάρχει ποικιλία σχηματισμών όπως οροπέδια, φαράγγια, χαράδρες, σπήλαια κλπ.

Ο υπόγειος υδροφόρος της περιοχής, παρόλο την σημαντικότητά του για το περιβάλλον αλλά και την τοπική οικονομία, δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Η διασφάλιση της καλής ποιότητας των υδατικών πόρων πρέπει να γίνεται με συχνούς ελέγχους, καθώς στην περιοχή ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται γεωργικά και κτηνοτροφικά την γη, υπάρχουν βιομηχανίες, όπως επίσης υπάρχει και αυξανόμενη τάση του πληθυσμού λόγω τουρισμού. Για να καλυφθούν όλες αυτές οι ανάγκες η περιοχή διαθέτει πολλές γεωτρήσεις, όπου η αλόγιστη χρήση τους μπορεί να δημιουργήσει μεγάλα προβλήματα, όπως την υποβάθμιση του υδροφόρου, αλλά και την είσοδο του αλμυρού μετώπου. Ο έλεγχος λοιπόν της ποιότητας του υπόγειου υδροφόρου του Κάμπου των Χανίων είναι αναγκαίος με στόχο να ανοιχτεί πεδίο για περεταίρω μελέτες.

3.2 Χαρακτηριστικά περιοχής, χρήση γης και απαιτήσεις νερού

Για το νησί της Κρήτης δεν έχει υπάρχουν επαρκείς έρευνες που προσδιορίζουν και διαχωρίζουν με ακρίβεια το υδρογεωλογικό σύστημα, ώστε να γίνει σαφή κατάταξη και αποτύπωση των οριακών συνθηκών των υδροφόρων. Φορείς οι οποίοι έχουν πραγματοποιήσει μελέτη στην περιοχή είναι η Ελληνική Αρχή Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, καθώς και η Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης με την Διεύθυνση Υδάτων. Τα υδροφόρα συστήματα της Κρήτης, με βάση τις κατευθυντήριες οδηγίες κατάρτισης του δια-χειριστικού σχεδίου διακρίνονται σε: καρστικά, πορώδη και ρωγμώδη υδροφόρα.

Σύμφωνα λοιπόν με την Διεύθυνση Υδάτων, "Το υδροφόρο σύστημα του Κάμπου Χανίων ορίζεται ως πορώδες και διακρίνεται σε δύο υδροφόρα: των νεογενών στα δυτικά του συστήματος και των τεταρτογενών στα ανατολικά. Ο υδροφόρος των νεογενών δεν είναι ενιαίος τόσο κατά την οριζόντιο (επάλληλοι υδροφορείς) όσο και κατά την κάθετη διάσταση, διαφορετικοί όμοροι υδροφορείς που χωρίζονται μεταξύ τους είτε τεκτονικά είτε πρόκειται για υδροφορείς περιορισμένων διαστάσεων (τοπικούς). Κατά θέσεις εντοπίζονται εντός των υδροφόρων γύψοι με αποτέλεσμα να έχουμε ποιοτική υποβάθμιση του νερού των αντίστοιχων." [48]

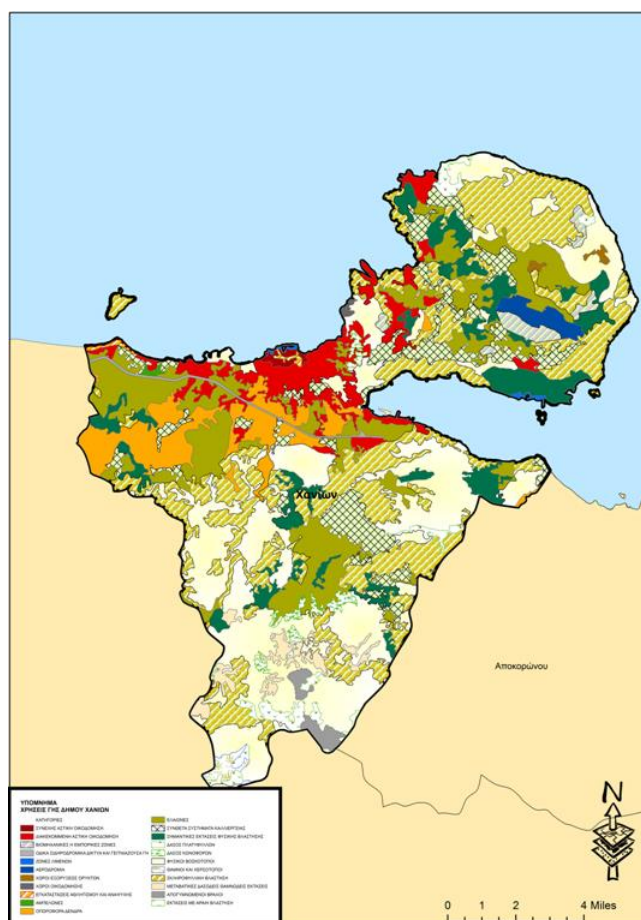


Εικόνα 7: Χάρτης Κάμπου Χανίων (σημεία δειγματοληψίας)

Στην Περιφέρεια Κρήτης ο κλάδος «Γεωργία, Δασοκομία και Αλιεία» εμφανίζει τη ποσοστιαία συμμετοχή, 14,7% στο σύνολο των απασχολούμενων της σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, (ΕΛΣΑΤ 2011) [49]. Οι άνθρωποι που απασχολούνται αποκλειστικώς, κυρίως ή δευτερευόντως από την γεωργία και την κτηνοτροφία είναι, είτε κάτοχοι ή απασχολούμενα μέλη των νοικοκυριών τους είτε απασχολούμενοι μόνιμοι ή εποχιακοί εργάτες.

Το ύψος των βροχών που πέφτουν κάθε χρόνο στον νομό Χανίων άνθρωπο καθώς και η μορφολογία του εδάφους που συγκρατεί τους υδάτινους πόρους στους υπόγειους υδροφορείς έχει κάνει αυτή τη γη κατάλληλη για εκμετάλλευση από τον, με αποτέλεσμα την ύπαρξη καλλιεργειών και κτηνοτροφικών μονάδων σε πληθώρα, όπως επίσης μικρές και μεγαλύτερες βιομηχανίες. Ο τουρισμός είναι επίσης άλλο ένα σημαντικό κομμάτι της τοπικής οικονομίας καθώς ακολουθεί αυξανόμενη τάση σε ολόκληρη την Κρήτη.

Στην περιοχή ενδιαφέροντός η οποία καλύπτει τις περιοχές των Μουρνιών ,του Κουμπέ και Νεροκούρου , η χρήση γης περιλαμβάνει και την αστική οικοδόμηση, η οποία είναι πιο αραιή σε σύγκριση με το κέντρο της πόλης και η οποία συνυπάρχει με καλλιέργειες ελαιώνων, εσπεριδοειδών, οπωροφόρων καθώς και πιο σύνθετων καλλιεργειών αλλά και βοσκοτόπων. Στην περιοχή μελέτης δραστηριοποιούνται μικρές βιομηχανίες, το εργοστάσιο της ΔΕΗ, το Νοσοκομείο Χανίων, το Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων (Μ.Α.Ι.Χ), μοναστήρια και μετόχια.



Εικόνα 8: Υπόμνημα χρήσης γης Δήμου Χανίων

Η Κρήτη για να καλύψει τις ανάγκες της, καταναλώνει τα κυβικά νερού που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα, σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ.

Πίνακας 3: Ανάγκες σε νερό της Περιφέρειας Κρήτης [50]

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ (Σε 10 ⁶ m ³)	
ΣΥΝΟΛΟ	421,40
Γεωργία, Δασοκομία, Αλιεία	344,10
Μεταποιητική βιομηχανία	4,10
Νοικοκυριά	73,20

Στην πραγματικότητα τα στοιχεία αφορούν τη βέλτιστη απαίτηση για νερό και όχι την πραγματική (πολύ μικρότερη), η οποία λόγω έλλειψης μετρήσεων, δεν μπορεί να υπολογισθεί.

Η ζήτηση του νερού άρδευσης είναι υψηλή, ενώ μόνο το 31,0% της γεωργικής γης αρδεύεται. [51]

Πιο συγκεκριμένα για την περιοχή μελέτης δεν υπάρχουν στοιχεία σχετικά με τις απαιτήσεις του νερού των κατοίκων, ωστόσο η ανάγκη σε υδατικούς πόρους είναι υψηλή.

Η πόλη είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α. Χανίων η οποία παρέχει πόσιμο νερό. Στην περιοχή επίσης υπάρχουν πολλές γεωτρήσεις, άλλες δημόσιες και άλλες ιδιόκτητες, για να καλυφθούν οι ανάγκες σε άρδευση, οι οποίες είναι αρκετές. Το καθεστώς των γεωτρήσεων ήταν ελαστικό για πολλά χρόνια, με αποτέλεσμα ιδιώτες να τις διανοίξουν παρανόμως χωρίς την ύπαρξη κάποιας μελέτης.

Κεφάλαιο 4: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό έχει ως σκοπό την περιγραφή των μεθοδολογιών που εφαρμόστηκαν για την γεωχημική ανάλυση των δειγμάτων υπόγειου νερού του Κάμπου των Χανίων. Οι μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν και εφαρμόστηκαν περιγράφονται στο εγχειρίδιο «Standard methods for the examination of water and waste water» 23rd edition (2005) όπως επίσης και από το εργαστηριακό εγχειρίδιο της Ζανάκη Κ. 2001 «Έλεγχος Ποιότητας Νερού» εκδόσεις ΙΩΝ. [36]

Πραγματοποιήθηκαν πέντε δειγματοληπτικοί έλεγχοι για 14 σημεία στην περιοχή μελέτης. Αναλυτικά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4: Απεικόνιση των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν

Ημερομηνίες		5/4/2017	24/5/2017	3/7/2017	3/8/2017	26/9/2017
Σημεία Δειγματοληψίας	Μπουτσονάρια	✓	✓	✓	✓	✓
	Κινδελής	✓	✓	✓	✓	✓
	Αγ. Βαρβάρα	✓	✓	✓	✓	✓
	Μονή Κοιμήσεως	✓	✓	✓	✓	✓
	Τσουγκαράκης		✓	✓	✓	✓
	Γιακουμάκης		✓	✓	✓	✓
	ΚΕΓΕ		✓	✓	✓	✓
	Αργυρώ		✓	✓	✓	✓
	Όαση		✓			
	Χρυσοπηγή		✓	✓	✓	✓
	ΙΥΦΕ Νεροκούρου		✓		✓	✓
	Μαλλιαράκης					
	Πηγάδι Λειβάδια			✓	✓	✓
	Πεντάρης πηγάδι			✓	✓	
	Μαραβελάκης			✓		✓

Πραγματοποιήθηκε ποιοτικός έλεγχος εξετάζοντας τις παραμέτρους που αναφέρονται παρακάτω και τις μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν για τον προσδιορισμό τους.

Πίνακας 5: Μεθοδολογίες όλων των παραμέτρων

Φυσικές και Συγκεντρωτικές ιδιότητες			Μεθοδολογία
		Αγωγιμότητα	Ηλεκτρομετρικά - χρήση αγωγιμόμετρου σε 20°C
		TDS	Ηλεκτρομετρικά - χρήση αγωγιμόμετρου
		Θολρότητα	Νεφελομετρία
Φυσικοχημικές και χημικές ιδιότητες	Ανόργανα συστατικά	Σκληρότητα	Τιτλοδότηση EDTA
		pH	Ηλεκτρομετρική μέθοδος
		K	Φλογοφωτομετρία
		Na	Φλογοφωτομετρία
		Ca	Φλογοφωτομετρία

		Χλωριόντα	Μέθοδος νιτρικού αργύρου
		Θειικά ιόντα	Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης
		Νιτρικά ιόντα	Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης
		Αμμωνιακά ιόντα	Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης
		Φωσφορικά ιόντα	Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης
Μικροβιολογικές ιδιότητες	Οργανικοί παράμετροι	COD	Μέθοδος διχρωμικού καλίου
		BOD	Προσδιορισμός του διαλυμένου οξυγόνου μανομετρικά με την ειδική συσκευή BOD (Lonibond), πριν και μετά από 5 μέρες επώασης σε σκοτεινό θάλαμο επώασης στους 20°C $\pm 1^\circ\text{C}$, με προσθήκη αναστολέα νιτρίκοποίησης
		Faecal	Καλλιέργεια στους 44,5°C με ειδικό θρεπτικό υλικό, με διήθηση φίλτρου 50mm, επώαση 14-20h
		e-coli	Καλλιέργεια στους 44,5°C με ειδικό θρεπτικό υλικό, με διήθηση φίλτρου 50mm, επώαση 14-20h
		enterococcus	Καλλιέργεια στους 38°C με ειδικό θρεπτικό υλικό, με διήθηση φίλτρου 50mm, επώαση 48h

4.2 Πειραματική διαδικασία

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της αγωγιμότητας ήταν το SCHOTT LF413T.

Περιγραφή διαδικασίας:

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία των μετρήσεων γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου σύμφωνα με τα πρότυπα διαλύματα του κατασκευαστή τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία δωματίου.

Έπειτα γίνεται καλή έκπλυση του ηλεκτροδίου με απιονισμένο νερό πριν από οποιαδήποτε χρήση του.

Για πρακτικούς λόγους χρησιμοποιείται βοηθητικά ένα δοχείο ή κάποιο μεγάλο ποτήρι ζέσεως για τις εκπλύσεις, το οποίο αποτρέπει τις περιττές κινήσεις μέσα στον εργαστηριακό χώρο από τον πάγκο εργασίας στον νεροχύτη και αντίστροφα.

Αφού λοιπόν το ηλεκτρόδιο έχει εκπλυθεί, σκουπίζεται με χαρτί και στην συνέχεια τοποθετείται μέσα στο δείγμα το οποίο αναδεύεται. Είναι απαραίτητο ο αισθητήρας του ηλεκτροδίου να βρίσκεται ολόκληρος βυθισμένος μέσα στο δείγμα νερού. Έπειτα από λίγο γίνεται σταθεροποίηση του οργάνου και εμφανίζει στην οθόνη του η ένδειξη της μέτρησης.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία για όλα τα δείγματα και καταγράφονται στο δελτίο δειγματοληψίας. [52]

Σύνολο διαλυμένων στερεών (TDS)

Η διαδικασία που ακολουθείται για την μέτρηση των δειγμάτων, είναι η ίδια με την μέτρηση της αγωγιμότητας.

Θολερότητα

Περιγραφή διαδικασίας:

Όταν το δείγμα νερού φτάσει στο εργαστήριο, το θολερόμετρο ανοίγεται και βαθμονομείται, μετρώντας τα πρότυπα διαλύματα που περιέχονται στο θολερόμετρο ώστε οι τιμές του να είναι σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Στο θολερόμετρο υπάρχει μια καθαρή κυψελίδα η οποία αρχικά ξεπλένεται με το υπό μέτρηση δείγμα και στη συνέχεια γεμίζεται με το δείγμα μέχρι την χαραγή που υπάρχει πάνω στην κυψελίδα. Η κυψελίδα σφραγίζεται και καθαρίζεται εξωτερικά με ένα καθαρό χαρτί, ώστε να μην υπάρχει κάποιο υπόλειμμα πάνω της και με προσοχή να μην δημιουργηθούν στο δείγμα φυσαλίδες. Στη συνέχεια η κυψελίδα τοποθετείται στην υποδοχή που υπάρχει στο θολερόμετρο και κλείνει με ένα προστατευτικό καπάκι. Το δείγμα είναι έτοιμο για μέτρηση. Πιέζοντας το κουμπί ZERO/TEST μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα εμφανίζεται το αποτέλεσμα της μέτρησης του δείγματος σε νεφελομετρικές μονάδες.

Σκληρότητα

Περιγραφή διαδικασίας:

Χρησιμοποιούνται κωνικές φιάλες οι οποίες είναι τόσες στον αριθμό όσα και τα δείγματα νερού στις οποίες πάνω τους αναγράφεται ο κωδικός που έχει δοθεί σε αυτά για την διευκόλυνση της πειραματικής διαδικασίας. Προστίθενται 25,0 ml δείγματος στην κάθε φιάλη καθώς και 1,0 ml πυκνής αμμωνίας NH_3 , διαδικασία η οποία γίνεται κάτω από την επαγωγή για την αποφυγή εισπνοής των έντονων αναθυμιάσεων. Έπειτα τοποθετείται στο διάλειμμα με τα δείγματα μία ταμπλέτα σκληρότητας, ή αλλιώς "Indicator buffer tables", της MerckR, και αναδεύεται μέχρι να διαλυθεί εντελώς και το χρώμα του διαλύματος είναι καφέ-κόκκινο.

Στην συνέχεια ακολουθεί η τιτλοδότηση του διαλύματος με EDTA 0.01M και γεμίζεται με αυτό την προχοΐδα, η οποία για να είναι απόλυτα καθαρή ξεπλένεται με μια μικρή ποσότητα από την ουσία που θα γίνει η τιτλοδότηση. Αρχικά γίνεται η καταγραφή της ένδειξης της ποσότητας του διαλύματος που βρίσκεται μέσα στην

προχοΐδα και έπειτα, ανοίγοντας προσεκτικά της στρόφιγγα της, προστίθενται με μικρή συχνότητα στην κωνική φιάλη σταγόνες EDTA, αναδεύοντας ταυτόχρονα, έως το χρώμα του δείγματος από καφέ - κόκκινο να αλλάξει και να γίνει σκούρο πράσινο. Μόλις συμβεί η αλλαγή κλείνει η στρόφιγγα και καταγράφεται το ύψος του διαλύματος που υπάρχει στον προχοΐδα, και υπολογίζεται η ποσότητα του EDTA που καταναλώθηκε.

Για την παρασκευή του EDTA 0.01M χρησιμοποιήθηκε ογκομετρική φιάλη 1L στην οποία προστίθενται 3,723g EDTA και απιονισμένο νερό μέχρι την χαραγή της φιάλης. Έπειτα την καλή ανάδευση το διάλυμα είναι έτοιμο και αποθηκεύεται σε φιάλη πολυαιθυλενίου.

Για τον υπολογισμό των mg CaCO₃/L χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$mg \text{ CaCO}_3/L = ml \text{ διαλύματος EDTA} * 1000 / ml \text{ δείγματος}$$

Ενεργός Οξύτητα (pH)

Ο προσδιορισμός του pH για την παρούσα εργασία έγινε με πεχάμετρο SCHOTT SI Analytics, το οποίο είναι συσκευή που χρησιμοποιεί την αρχή την ποτενσιομετρικής μέτρησης του pH και αποτελεί ηλεκτρομετρική μέθοδο που προσφέρει μεγάλη ακρίβεια.

Περιγραφή διαδικασίας:

Αρχικά, πριν ξεκινήσει η διαδικασία καταγραφής των μετρήσεων του pH, είναι απαραίτητο να γίνει σωστή βαθμονόμηση του πεχάμετρου, το οποίο γίνεται με πρότυπα διαλύματα, τα οποία είναι απαραίτητο να βρίσκονται σε θερμοκρασία δωματίου.

Στη συνέχεια γίνεται καλή έκπλυση του ηλεκτροδίου του οργάνου με απιονισμένο νερό πριν από οποιαδήποτε χρήση του.

Για πρακτικούς λόγους χρησιμοποιείται βοηθητικά ένα δοχείο ή κάποιο μεγάλο ποτήρι ζέσεως για τις εκπλύσεις, το οποίο αποτρέπει τις περιττές κινήσεις μέσα στον εργαστηριακό χώρο από τον πάγκο εργασίας στον νεροχύτη και αντίστροφα.

Για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση, ο αισθητήρας του οργάνου πρέπει να βρίσκεται ολόκληρος βυθισμένος μέσα στο δείγμα νερού, το οποίο πρέπει να αναδεύεται προσεκτικά ώστε να υπάρχει μία ομοιογένεια σε αυτό. Όταν η ένδειξη σταθεροποιηθεί στην οθόνη του οργάνου, σημειώνεται στο δελτίο δειγματοληψίας και ξεπλένεται το ηλεκτρόδιο με απιονισμένο νερό και καθαρίζεται με χαρτί, για να είναι έτοιμο για την μέτρηση των υπόλοιπων δειγμάτων, όπου ακολουθείται η ίδια διαδικασία.

Κάλιο (K), Νάτριο (Na), Ασβέστιο (Ca)

Για να τεθεί το φλογοφωτόμετρο σε λειτουργία ανοίγεται ο διακόπτης του οργάνου στη θέση ON. Στη φάση αυτή ενεργοποιείται η παροχή αέρα μέσω μιας γεννήτριας, η οποία είναι συνδεδεμένη με το φλογοφωτόμετρο και η πίεση της ρυθμίζεται στις 0,8 Atm. Έπειτα ανοίγεται η στρόφιγγα παροχής υγραερίου, έτσι με έναν ειδικό σπινθήρα ανάβει η φλόγα. Στη συνέχεια γίνεται η ρύθμιση του μηδενός στο φλογοφωτόμετρο αλλά και η βαθμονόμησης του με την βοήθεια πρότυπων διαλυμάτων. Οι μετρήσεις των πρότυπων δειγμάτων καταγράφονται και έτσι δημιουργείται μια καμπύλη αναφοράς. Οι τιμές των πρότυπων διαλυμάτων του Καλίου είναι το 0, 1ppm, 3ppm, 5ppm, 7ppm, 10ppm, του Ασβεστίου είναι 0, 10ppm, 20ppm, 40ppm, 60ppm, 80ppm, 100ppm. Σε αυτή την φάση το φλογοφωτόμετρο είναι έτοιμο για ανάλυση, έτσι τα δείγματα προς ανάλυση τοποθετούνται ένα-ένα στο σωλήνα αναρρόφησης. Τα

αποτελέσματα προκύπτουν σύμφωνα με τις ενδείξεις της καμπύλης αναφοράς και του οργάνου.

Χλωριόντα (Cl^-)

Περιγραφή διαδικασίας:

Χρησιμοποιούνται κωνικές φιάλες οι οποίες είναι τόσες στον αριθμό όσα και τα δείγματα νερού στις οποίες πάνω τους αναγράφεται ο κωδικός που έχει δοθεί σε αυτά για την διευκόλυνση της πειραματικής διαδικασίας. Προστίθενται 25,0 ml δείγματος στην κάθε φιάλη όπου ελέγχεται η τιμή του pH να βρίσκεται μεταξύ των τιμών 6,5 έως 10. Στην συνέχεια σε κάθε κωνική φιάλη προστίθεται και 1 mL δείκτη K_2Cr_4 2% με σιφώνιο του 1 mL αντίστοιχα και τη βοήθεια ενός πουάρ. Έπειτα από την προσθήκη του δείκτη το δείγμα αποκτάει ένα χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα.

Στην συνέχεια ακολουθεί η τιτλοδότηση του διαλύματος με AgNO_2 0.0141 N και γεμίζεται με αυτό την προχοΐδα, η οποία για να είναι απόλυτα καθαρή ξεπλένεται με μια μικρή ποσότητα από την ουσία που θα γίνει η τιτλοδότηση. Αρχικά γίνεται η καταγραφή της ένδειξης της ποσότητας του διαλύματος που βρίσκεται μέσα στην προχοΐδα και έπειτα, ανοίγοντας προσεκτικά της στρόφιγγα της, προστίθενται με μικρή συχνότητα στην κωνική φιάλη σταγόνες AgNO_2 , αναδεύοντας ταυτόχρονα, έως το χρώμα του δείγματος από κίτρινο να αλλάξει και να γίνει πορτοκαλί. Μόλις συμβεί η αλλαγή κλείνει η στρόφιγγα και καταγράφεται το ύψος του διαλύματος που υπάρχει στον προχοΐδα, και υπολογίζεται η ποσότητα του AgNO_2 που καταναλώθηκε. Για την παρασκευή του AgNO_2 χρησιμοποιείται ογκομετρική φιάλη του 1L στην οποία προστίθενται 2,395g AgNO_2 και στη συνέχεια συμπληρώνεται απιονισμένο νερό μέχρι την χαραγή της φιάλης. Ακολουθεί καλή ανάδευση μέχρι το διάλυμα να είναι ομοιογενές και αποθηκεύεται σε σκουρόχρωμη φιάλη του 1L σημειώνοντας την ημερομηνία παρασκευής καθώς και την ονομασία το όνομα του περιεχομένου.

Θειικά ιόντα (SO_4)

Περιγραφή διαδικασίας:

Για την μέτρηση των θεικών ιόντων στο νερό χρησιμοποιούνται ειδικά KIT, τα οποία περιέχουν κατάλληλα αντιδραστήρια, με τα οποία υπολογίζεται με σχετικά μεγάλη ακρίβεια η ποσότητα των θεικών ιόντων μες στο νερό. Για την χρήση τους ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα. Αρχικά με ένα σιφόνι λαμβάνονται 2,5ml του υπό εξέταση δείγματος νερού και τοποθετούνται σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα ο οποίος είναι στερεωμένος σε ένα στατήρα. Έπειτα προστίθενται στον δοκιμαστικό σωλήνα δύο σταγόνες από το αντιδραστήριο SO_4 -1 και ανακινείται ώστε να ομογενοποιηθούν τα δύο αυτά διαλύματα. Μετά προστίθενται στον δοκιμαστικό σωλήνα ένα μέρος από το αντιδραστήριο SO_4 -2 με τον ειδικό δοσομετρητή που έχει το αντιδραστήριο, αναδεύεται καλά και αφήνεται για 5min σε υδατόλουτρο όπου έχει σταθερή θερμοκρασία στους 40°C. Αφού περάσουν τα 5min, στον δοκιμαστικό σωλήνα προστίθενται 2,5ml απ το αντιδραστήριο SO_4 -3 και αναδεύεται ξανά. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται ένας καινούργιος δοκιμαστικός σωλήνας όπου φιλτράρεται όλο το περιεχόμενο το πρώτου δοκιμαστικού σωλήνα με ένα απλό φίλτρο. Όταν έχει φιλτραριστεί όλο το δείγμα προστίθενται στον νέο δοκιμαστικό σωλήνα τέσσερις σταγόνες από το αντιδραστήριο SO_4 -4 και αναδεύεται ελαφρώς. Ο δοκιμαστικός σωλήνας αφήνεται στο υδατόλουτρο για 7min στους 40°C. Μετά την λήξη του χρόνου ο δοκιμαστικός σωλήνας βγαίνει απ το υδατόλουτρο και το δείγμα είναι έτοιμο για μέτρηση, με την μέθοδο της φωτομετρίας, για το αποτέλεσμα της

ποσότητας των θεικών στο νερό. Εύρος τιμών KIT για τα θειικά ιόντα: 25-300mg/l SO_4^{2-} .



Εικόνα 9: Φασματοφωτόμετρο NOVA 60A

Νιτρικά ιόντα (NO_3^-)

Περιγραφή διαδικασίας:

Χρησιμοποιείται το spectroquant Nitrate test (1.09713.0001) της Merck με εύρος μέτρησης 0,10-25,0 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$, όπου στο test περιέχεται πλαστική σύριγγα με την οποία μεταφέρονται 4 ml αντιδραστήριο NO_3^- - 1 μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα. Στη συνέχεια προστίθενται 0,5ml δείγματος και επίσης 0,5ml αντιδραστήριο NO_3^- - 2 με σιφόνιο ακριβείας. Αφού ο δοκιμαστικός σωλήνας βιδωθεί ανακινείται με προσοχή καθώς εντός του δημιουργείται εξώθερμη αντίδραση και έπειτα αφήνεται σε στατήρα δοκιμαστικών σωλήνων για 10 λεπτά μέχρι να ολοκληρωθεί η αντίδραση και τα δείγματα είναι έτοιμα για την φωτομετρική τους μέτρηση.

Το φωτόμετρο μπαίνει σε λειτουργία μόλις ανοίγεται το καπάκι του και πραγματοποιείται ο αυτοέλεγχός του, ενώ αυτόματα μπαίνει σε λειτουργία μέτρησης συγκέντρωσης. Έπειτα στην οθόνη του εμφανίζεται ένδειξη "insert Cell or start measurement" και τοποθετείται στο φωτόμετρο η κυψελίδα αναγνώρισης η οποία είναι μαρκαρισμένη με μία κάθετη γραμμή η οποία πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του οργάνου ώστε να αναγνωρίσει το είδος του test και την μέθοδο με την οποία θα πραγματοποιήσει την μέτρηση. Το δείγμα προς μέτρηση μεταφέρεται σε κυψελίδα χαλαζία με πάχος 10mm και καθαρίζεται εξωτερικά πολύ προσεκτικά με κάποιο χαρτί ή ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα ορθογώνιων κυψελίδων. Στη συνέχεια εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" και εμφανίζεται το αποτέλεσμα της μέτρησης στην οθόνη.

Αμμωνιακά ιόντα (NH_4)

Περιγραφή διαδικασίας:

Με ένα σιφόνι λαμβάνονται 5ml απ' το δείγμα νερού και τοποθετούνται σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Με ένα άλλο σιφόνιο ακριβείας λαμβάνονται 0,6ml απ το αντιδραστήριο $\text{NH}_4\text{-1B}$ και τοποθετούνται στον δοκιμαστικό σωλήνα, ο οποίος αναδεύεται σε ειδικό αναδευτήρα τύπου (Minishaker) για μερικά δευτερόλεπτα. Μετά το τέλος της ανάδευσης προστίθεται μία δόση του αντιδραστηρίου $\text{NH}_4\text{-2B}$ με τον ειδικό δοσομετρητή που περιέχει το KIT και ο δοκιμαστικός σωλήνας αναδεύεται πάλι έως ότου το αντιδραστήριο διαλυθεί. Όταν διαλυθεί πλήρως το αντιδραστήριο ο δοκιμαστικός σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για 5min. Μετά το πέρας των 5min προστίθενται στον δοκιμαστικό σωλήνα τέσσερις σταγόνες απ' το αντιδραστήριο $\text{NH}_4\text{-3B}$. Ο δοκιμαστικός σωλήνας αναδεύεται για ακόμη μία φορά και αφήνεται σε ηρεμία για άλλα 5min. Όταν περάσουν τα 5min το δείγμα είναι έτοιμο για μέτρηση. *Εύρος τιμών KIT για τα αμμωνιακό άζωτο: 0,010-3mg/l $\text{NH}_4 + \text{-N}$, 0,013-3,86mg/l $\text{NH}_4 + \text{-N}$.*

Φωσφορικά ιόντα (PO_4^{-3})

Περιγραφή διαδικασίας:

Αρχικά σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούνται 5,0 ml δείγματος και προστίθενται σε αυτό 5 σταγόνες αντιδραστηρίου P-1A και μία δόση του αντιδραστηρίου P-2A με μικρό κουταλάκι και στη συνέχεια αναδεύονται έως ότου διαλυθεί το ίζημα σε αναδευτήρα Minishaker MS2, IKA WORKS και αφήνεται το διάλλειμα σε ηρεμία για 5 λεπτά.

Το φωτόμετρο μπαίνει σε λειτουργία μόλις ανοίγεται το καπάκι του και πραγματοποιείται ο αυτοέλεγχός του, ενώ αυτόματα μπαίνει σε λειτουργία μέτρησης συγκέντρωσης. Έπειτα στην οθόνη του εμφανίζεται ένδειξη "insert Cell or start measurement" και τοποθετείται στο φωτόμετρο η κυψελίδα αναγνώρισης η οποία είναι μαρκαρισμένη με μία κάθετη γραμμή η οποία πρέπει να δείχνει προς την εγκόπη του οργάνου ώστε να αναγνωρίσει το είδος του test και την μέθοδο με την οποία θα πραγματοποιήσει την μέτρηση. Το δείγμα προς μέτρηση μεταφέρεται σε πλαστική κυψελίδα με πάχος 10mm και καθαρίζεται εξωτερικά πολύ προσεκτικά με κάποιο χαρτί ή ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα ορθογώνιων κυψελίδων. Στη συνέχεια εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" και εμφανίζεται το αποτέλεσμα της μέτρησης στην οθόνη. *Εύρος τιμών KIT για τα φωσφορικά ιόντα είναι 0.05 – 5.00 mg/L PO_4^{-3} .*

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Περιγραφή διαδικασίας:

Για τον προσδιορισμό του COD των δειγμάτων χρησιμοποιούνται έτοιμα KIT αντιδραστηρίων και προστίθενται με σιφόνιο των 2,0mL δείγματος. Έπειτα πωματίζονται και αναδεύονται προσεκτικά καθώς πραγματοποιείται εξώθερμη αντίδραση και το αντιδραστήριο ανεβάζει υψηλή θερμοκρασία. Τα αντιδραστήρια τοποθετούνται στον θερμοαντιδραστήρα για χώνευση στους 148°C για 2 ώρες. Μετά το πέρας του απαιτούμενου χρονικού διαστήματος που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η αντίδραση, τα αντιδραστήρια αφήνονται για ηρεμία σε στατήρα μέχρι να κρυώσουν και να είναι έτοιμα να μετρηθούν. Η μέτρηση πραγματοποιείται με το φωτόμετρο της MERCK Spectroquant® NOVA 60 στα 593nm.

Το φωτόμετρο μπαίνει σε λειτουργία μόλις ανοίγεται το καπάκι του και πραγματοποιείται ο αυτοέλεγχός του, ενώ αυτόματα μπαίνει σε λειτουργία μέτρησης

συγκέντρωσης. Έπειτα στην οθόνη του εμφανίζεται ένδειξη "insert Cell or start measurement". Το δείγμα που βρίσκεται σε αντιδραστήριο τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών φιαλιδίων ως ότου να κουμπώσει και αφού προηγουμένως έχει καθαριστεί εξωτερικά πολύ προσεκτικά με κάποιο χαρτί ή ύφασμα. Στη συνέχεια εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" και εμφανίζεται το αποτέλεσμα της μέτρησης στην οθόνη.

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)

Περιγραφή διαδικασίας:

Για τον προσδιορισμό του BOD χρησιμοποιείται ψηφιακή κεφαλή με αισθητήρα που βιδώνει πάνω σε σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη στην οποία τοποθετείται το δείγμα που είναι προς εξέταση. "Η αρχή μέτρησης βασίζεται σε ένα κλειστό σύστημα στο οποίο το οξυγόνο που καταναλώνουν τα βακτήρια στο δείγμα, αναπληρώνεται από το οξυγόνο του αέρα που βρίσκεται επάνω από το δείγμα. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα βακτήρια απομακρύνεται από το σύστημα με την προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου καλίου (KOH) σε θήκη από καουτσούκ. Το αποτέλεσμα είναι μία πτώση πίεσης στη φιάλη που μετράται από την κεφαλή, που είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας και εμφανίζει την ένδειξη στην οθόνη σαν mg/L BOD. Ο αισθητήρας μετρά απευθείας τιμές BOD. Τα δείγματα μπορούν να ελεγχθούν σε αραιωμένη ή μη μορφή. Η τιμή του BOD δεν πρέπει κανονικά να περιλαμβάνει την αζωτούχο απαίτηση οξυγόνου που προκύπτει από τη δραστηριότητα των νιτροποιητικών βακτηρίων που καταναλώνουν οξυγόνο στο δείγμα. Αυτό μπορεί να εμφανιστεί ακόμα και στην περίοδο των πέντε πρώτων ημερών και συμβαίνει συνήθως σε δείγματα που περιέχουν χαμηλή συγκέντρωση οργανικής ουσίας. Η νιτροποίηση μπορεί να αποφευχθεί με την προσθήκη του αναστολέα νιτροποίησης". [36]

Για την μέτρηση του BOD αλλά και τα σωστά αποτελέσματα, χρειάζεται το pH του δείγματος νερού να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 6,5-7,5. Αν η τιμή του pH δεν είναι μεταξύ αυτού του εύρους τιμών, τότε το pH πρέπει να ρυθμιστεί. Έτσι στην περίπτωση που η τιμή pH είναι υψηλή, ελαττώνεται με την προσθήκη HCl 0,1N ενώ αν η τιμή pH είναι χαμηλή αυξάνεται με την προσθήκη NaOH 0,1N. Εφόσον το δείγμα έχει την κατάλληλη τιμή pH είναι έτοιμο για την προετοιμασία και για το test του BOD.

Σε ειδική ογκομετρική φιάλη υπερχειλίσσης των 428mL η οποία χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις του BOD, τοποθετείται το εξεταζόμενο δείγμα το οποίο έχει pH 6.5 - 7.5, και μεταφέρεται στην σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη, στην οποία προστίθεται μαγνήτης ανάδευσης. Στο στόμιο της φιάλης εφαρμόζονται θήκες καουτσούκ οι οποίες υπάρχουν για την προσθήκη δυο σταγόνων KOH 45%. Έπειτα από αυτό πωματίζονται πολύ καλά με τις ειδικές κεφαλές BOD (Lovibond). Πατώντας ταυτόχρονα τα πλήκτρα S και M της κεφαλής για δύο δευτερόλεπτα μηδενίζονται οι τιμές που μπορεί να είχε αποθηκεύσει και τίθεται σε λειτουργία. Στη συνέχεια τα δείγματα τοποθετούνται σε βάση στήριξης και επωάζονται σε ειδικό θάλαμο με ελεγχόμενη θερμοκρασία, ρυθμισμένο στους 20°C ±1°C και αναδεύονται συνεχώς.

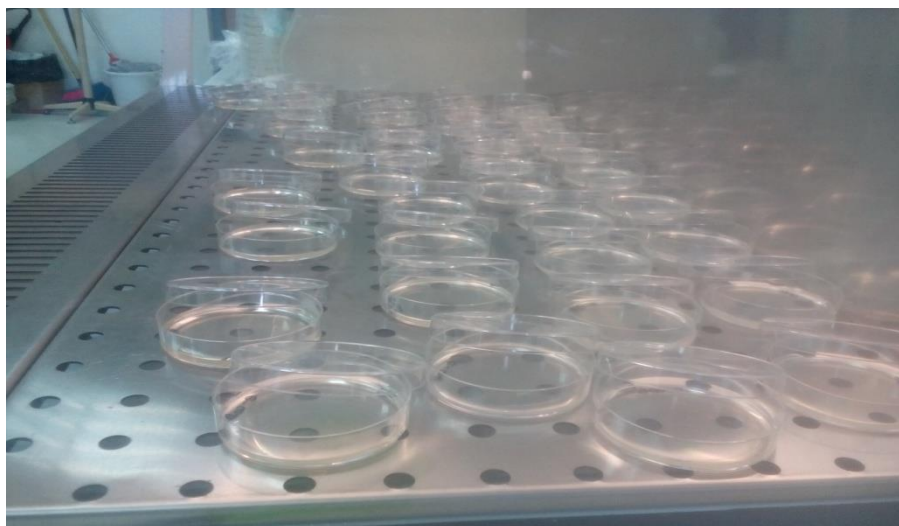
Η κεφαλή του BOD καταγράφει και αποθηκεύει μια τιμή μέτρησης κάθε 24ωρο, σε διάστημα 5 ημερών. Μετά το πέρας των 5 ημερών μπορούν να καταγραφούν οι μετρήσεις, έτσι πατώντας το πλήκτρο S διαδοχικά εμφανίζονται οι τιμές σε χρονολογική σειρά.

Ο χρόνος των 5 ημερών είναι συνήθης και χρησιμοποιείται διεθνώς διότι έχει αποδειχτεί ότι οι οργανικές ουσίες διασπώνται σε ποσοστό κατά 70-80% σε 5 ημέρες.

Faecal coliforms, Escherichia coli, Enterococcus

Περιγραφή διαδικασίας:

Για την παρασκευή των υποστρωμάτων faecal coliforms χρησιμοποιείται το υπόστρωμα Membrane Lauyral Sulfate Broth. Υπολογίζεται ότι για κάθε τρυβλίο (petri) χρειάζονται περίπου 4ml υποστρώματος. Για παράδειγμα αν χρειάζεται να κατασκευαστούν 10 τρυβλία με υπόστρωμα, τότε πολλαπλασιάζονται $4\text{ml} \times 10 \text{ petri} = 40\text{ml}$ αποστειρωμένου απιονισμένου νερού χρειάζονται για την παρασκευή του υποστρώματος. Έχει αποδειχτεί ότι στην ποσότητα των 1000ml χρειάζονται 76,2gr υποστρώματος, άρα στα 80ml απιονισμένου νερού χρειάζονται 3,048gr υποστρώματος, τα οποία ζυγίζονται σε ηλεκτρονική ζυγαριά ακριβείας. Στη συνέχεια σε γυάλινο μπουκάλι των 1000ml προστίθενται τα 40ml απιονισμένου νερού και τα 3,048gr υποστρώματος, το μπουκάλι ανακινείται ελαφρά και σφραγίζεται. Έπειτα το μπουκάλι τοποθετείται σε κλίβανο αποστείρωσης για 10min στους 115°C . Μετά την λήξη του χρόνου το μπουκάλι αφαιρείται από τον κλίβανο, έχοντας αποκτήσει ένα κόκκινο χρώμα. Το υπόστρωμα μοιράζεται άμεσα σε τρυβλία τα οποία έχουν διάμετρο 50mm και αφήνονται σε θάλαμο αποστείρωσης έως ότου κρυώσουν και πήξουν. Όταν τα τρυβλία είναι έτοιμα κλείνονται με τα καπάκια τους και στον πάτο τους γράφεται το είδος του θρεπτικού υλικού και το όνομα του δείγματος.



Εικόνα 10: Θάλαμος αποστείρωσης

Για την παρασκευή των υποστρωμάτων e-coli, η διαδικασία είναι παρόμοια με την παραπάνω. Για να φτιαχτούν 10 τρυβλία χρειάζονται 40ml αποστειρωμένου απιονισμένου νερού και 1,46gr υποστρώματος Herlequin Typtone Bile Glucutonide Agar (TBX). Τα 40ml απιονισμένου νερού προστίθενται σε μπουκάλι των 1000ml και στη συνέχεια μπαίνουν και τα 36,5gr υποστρώματος τα οποία διαλύονται ανακινώντας ελαφρά το μπουκάλι. Το μπουκάλι σφραγίζεται και μπαίνει σε κλίβανο αποστείρωσης για 15min στους 121°C .

Για την παρασκευή υποστρώματος enterococcus χρησιμοποιείται το υπόστρωμα Slanetz and Bartley Medium. Αν χρειάζεται να φτιαχτούν 10 τρυβλία με υπόστρωμα, τότε χρειάζονται 40ml απιονισμένου νερού. Έχει αποδειχτεί ότι στα 1000ml χρειάζονται 43,5gr υποστρώματος άρα στα 40ml χρειάζονται 1,74gr υποστρώματος. Στην περίπτωση αυτή σε γυάλινο μπουκάλι των 1000ml προστίθενται τα 40ml νερού και τα 1,74gr του υποστρώματος και μία μαγνητική ράβδος, το μπουκάλι ανακινείται ελαφρά κ σφραγίζεται. Σε μια θερμαντική πλάκα τοποθετείται ποτήρι βρασμού το οποίο περιέχει απιονισμένο νερό μέχρι την μέση και η θερμαντική πλάκα ανοίγεται

σε θερμοκρασία 300°C και σε χαμηλές στροφές για την ανάδευση του δείγματος με μαγνητική ράβδο. Στη συνέχεια δημιουργείται σύστημα μπεν-μαρί, όπου ποτήρι ζέσεως με νερό τοποθετείται στη θερμαντική πλάκα. Μέσα σε αυτό μπαίνει το μπουκάλι με το υπόστρωμα το οποίο στηρίζεται σε στατήρα. Όταν το νερό του ποτηριού έρθει σε βρασμό το υπόστρωμα ελέγχεται τακτικά καθώς όταν διαυγάσει είναι έτοιμο. Αφαιρείται από τον στατήρα και μοιράζεται σε τρυβλία με διάμετρο 50mm.



Εικόνα 11: Διαδικασία παρασκευής υποστρώματος εντερόκοκκου

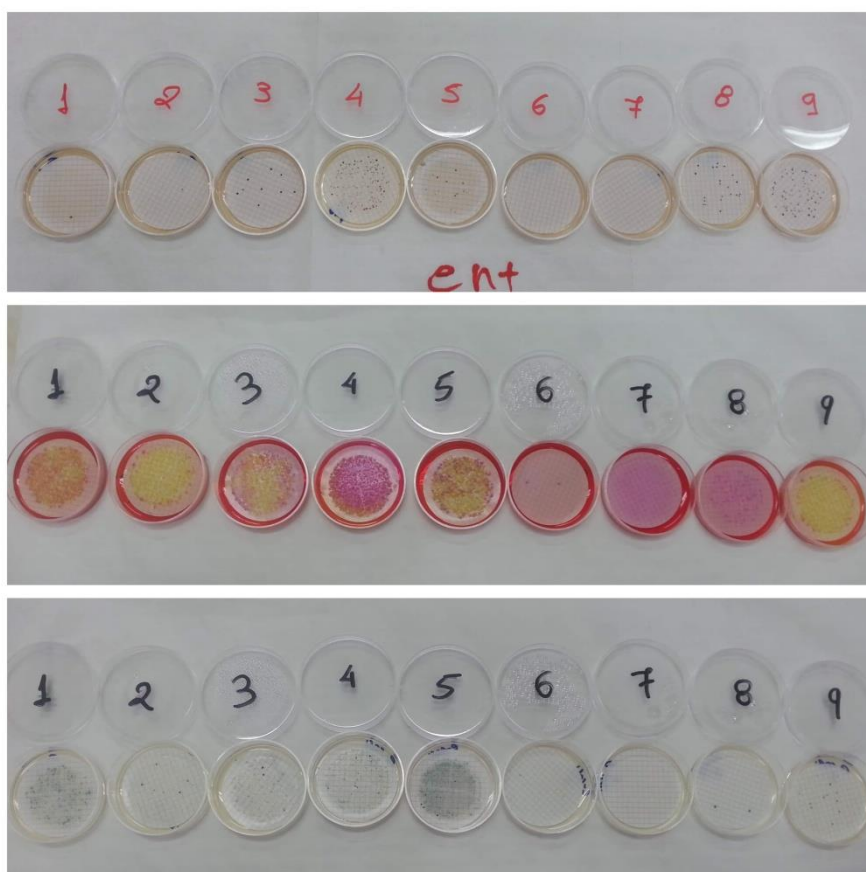
Για τον προσδιορισμό των μικροβιολογικών δεικτών, η διαδικασία που ακολουθείται είναι η διήθηση δείγματος νερού σε φίλτρα κυτταρίνης με σκοπό την καλλιέργειά τους η οποία γίνεται πάνω σε κατάλληλο υπόστρωμα. Αναλυτικότερα περιγράφεται η διαδικασία παρακάτω.

Αντλία κενού η οποία συνδέεται με φιάλη διήθησης Buchner, βρίσκεται σε ένα ειδικά αποστειρωμένο χώρο. Πάνω στην αντλία κενού τοποθετείται αποστειρωμένο μαγνητικό φίλτρο (gelman). Στη φάση αυτή χρησιμοποιείται μία μεταλλική λαβίδα, η οποία αρχικά εμποτίζεται με καθαρό οινόπνευμα και στη συνέχεια καίγεται ώστε να αποστειρωθεί. Τοποθετείται προσεκτικά το φίλτρο κυτταρίνης (gelman) στην συσκευή διήθησης πάνω στο μαγνητικό φίλτρο. Έπειτα σε ένα ογκομετρικό σωλήνα προστίθενται 100ml του υπό ανάλυση δείγματος νερού και αδειάζονται στο φίλτρο. Με το πλήκτρο ON ανοίγεται η αντλία κενού και το νερό διαπερνά το φίλτρο, όταν το νερό εξαντληθεί η αντλία κλείνεται. Η λαβίδα αποστειρώνεται ξανά, όπου με τη βοήθειά της αφαιρείται το φίλτρο κυτταρίνης από το μαγνητικό φίλτρο και

τοποθετείται στο τρυβλίο το οποίο περιέχει το υπόστρωμα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται αυστηρά αυτούσια για κάθε φίλτρο κυτταρίνης. Επίσης όταν αλλάζει το δείγμα νερού αλλάζει και το μαγνητικό φίλτρο και χρησιμοποιείται νέο, όπως επίσης αδειάζετε και η φιάλη διήθησης η οποία ξεπλένεται καλά με απιονισμένο νερό όπως αντίστοιχα και ο ογκομετρικός σωλήνας.

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία τα τρυβλία διαχωρίζονται ανάλογα με το είδος του υποστρώματος και τοποθετούνται σε θάλαμο επώασης. Τα υποστρώματα:

- **Fecal coliforms** τοποθετούνται σε θάλαμο επώασης με θερμοκρασία 37°C για 14-20 ώρες. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία καταμετρούνται οι κηλίδες κίτρινου χρώματος που αποτελούν τις αποικίες/100mL δείγματος.
- **E-coli** τοποθετείται σε θάλαμο επώασης με θερμοκρασία 44°C για 14 ώρες. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία καταμετρούνται οι κηλίδες μπλε χρώματος που αποτελούν τις αποικίες/100mL δείγματος.
- **Enterococcus** τοποθετείται σε θάλαμο επώασης με θερμοκρασία στους 38°C για 48 ώρες. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία καταμετρούνται οι κηλίδες ροδοκίτρινου χρώματος που αποτελούν τις αποικίες/100mL δείγματος. [53],[54]



Εικόνα 12: Τρυβλία με καλλιέργειες αποικιών enterococcus, faecal coliforms, e-coli

Κεφάλαιο 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Αποτελέσματα αναλύσεων

Κατά την ανάλυση ελέγχονται διάφοροι παράμετροι, οι οποίοι συσχετίζονται μεταξύ τους. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε διαγράμματα για την κάθε παράμετρο ξεχωριστά.

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος, στις φυσικές και συγκεντρωτικές, στις φυσικοχημικές και χημικές καθώς και στις μικροβιολογικές ιδιότητες του νερού. Στο πινακάκι καταγράφονται οι παράμετροι οι οποίοι μετρήθηκαν για την περιοχή μελέτης κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Πίνακας 6: Παράμετροι που αναλύθηκαν ανά ημερομηνία

Ημερομηνίες	Φυσικές και Συγκεντρωτικές ιδιότητες				Φυσικοχημικές και χημικές ιδιότητες										Μικροβιολογικές ιδιότητες			
					Ανόργανα συστατικά													Οργανικοί παράμετροι
	Αγωγιμότητα	TDS	Θολρότητα	Σκληρότητα	pH	K	Na	Ca	Χλωρίδια	Θειικά ιόντα	Νιτρικά ιόντα	Αμμωνιακά ιόντα	Φωσφορικά ιόντα	COD	BOD	Fecal	e-coli	ent
	5/4/2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24/5/2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3/7/2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3/8/2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
26/9/2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

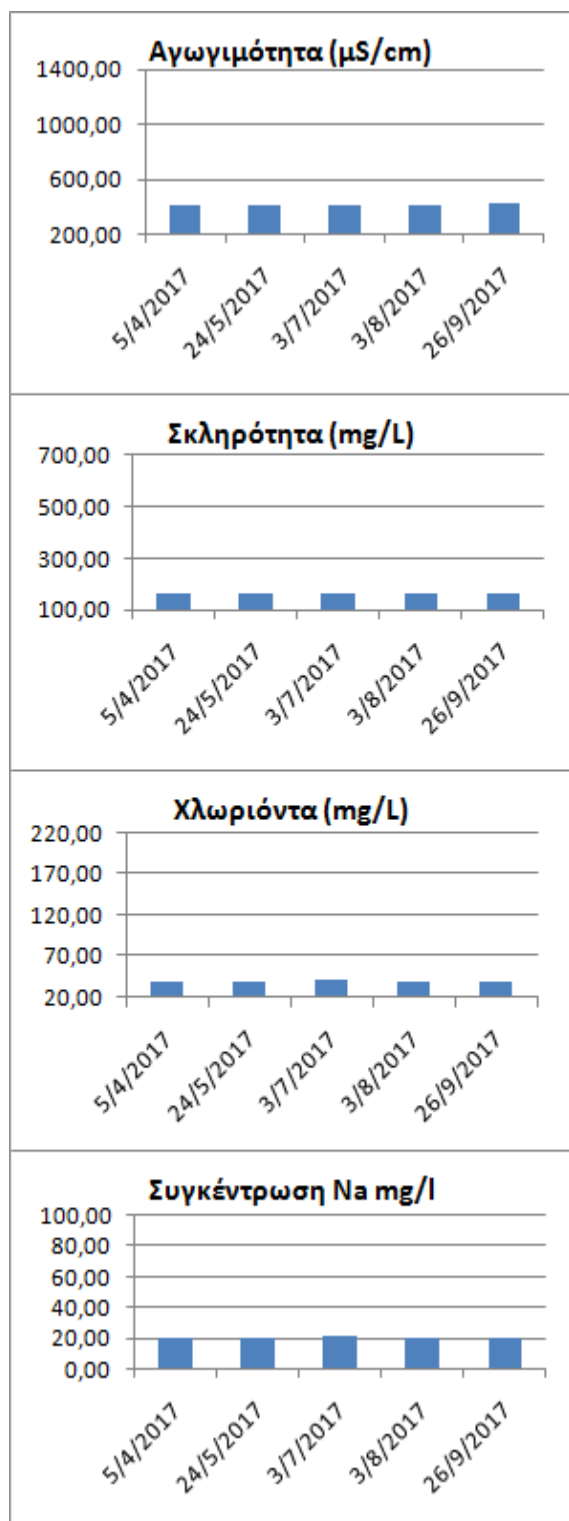
5.1.1 Αποτελέσματα αναλύσεων ανά σημείο

Σημείο δειγματοληψίας: Μπουτσουνάρια

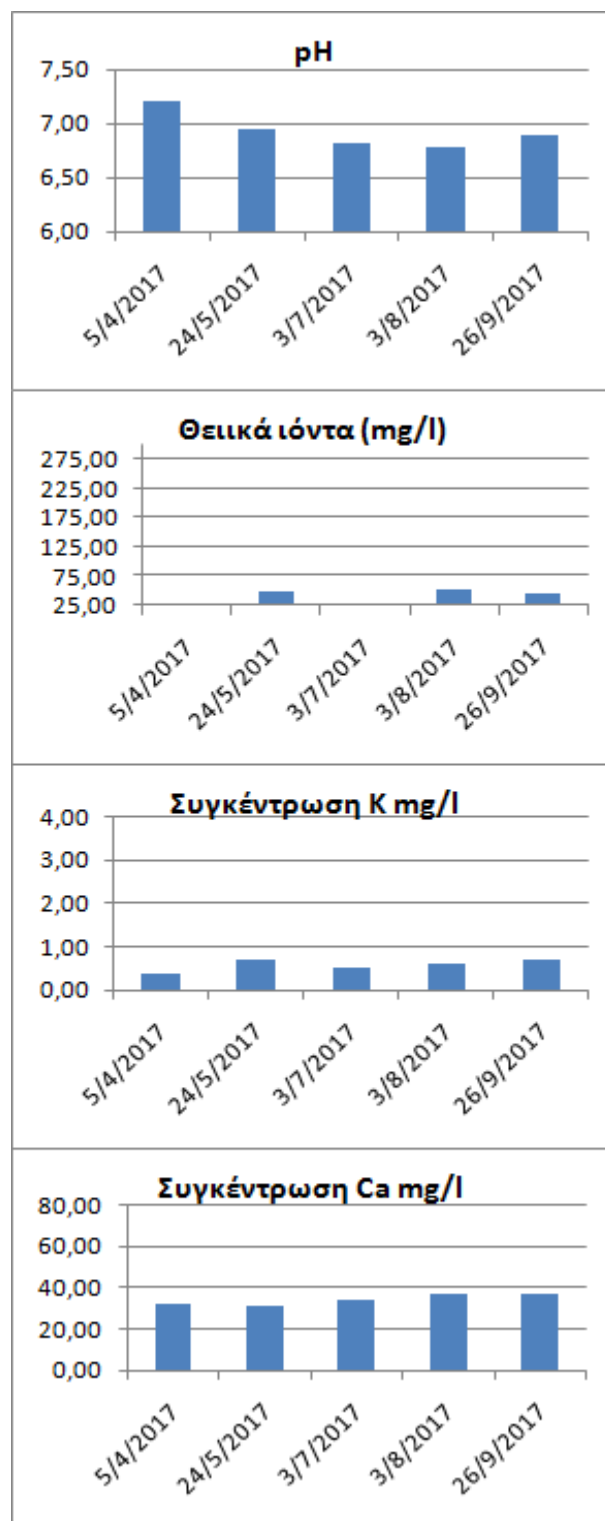
Τα Μπουτσουνάρια βρίσκονται νότια του κάμπου Χανίων στους πρόποδες των Λευκών Ορέων και το δείγμα νερού προέρχεται από πηγή. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Μπουτσουνάρια.

Συνολικά οι τιμές των παραμέτρων που ελέγχθηκαν εμφανίζουν σταθερότητα, εκτός του μικροβιολογικού φορτίου, όπου παρατηρείται μικρή αύξηση κυρίως του εντερόκοκκου και της E-coli που πιθανώς οφείλεται στην κοπρανώδη ρύπανση από ζώα. Οι υπόλοιποι παράμετροι που εξετάστηκαν έχουν χαμηλές συγκεντρώσεις, άρα δεν υπάρχει ένδειξη σοβαρής ανθρωπογενής ρύπανσης. Στις 24/5/2017 σε σύγκριση με τις επόμενες ημερομηνίες δειγματοληψίας υπάρχει αυξημένη ένδειξη θολρότητας στο νερό που οφείλεται σε αιωρούμενα στερεά, η οποία δικαιολογείται καθώς το δείγμα προέρχεται από πηγή. Λόγω των χαμηλών συγκεντρώσεων των νιτρικών, θειικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων, ο υδροφόρος δεν επιβαρύνεται από

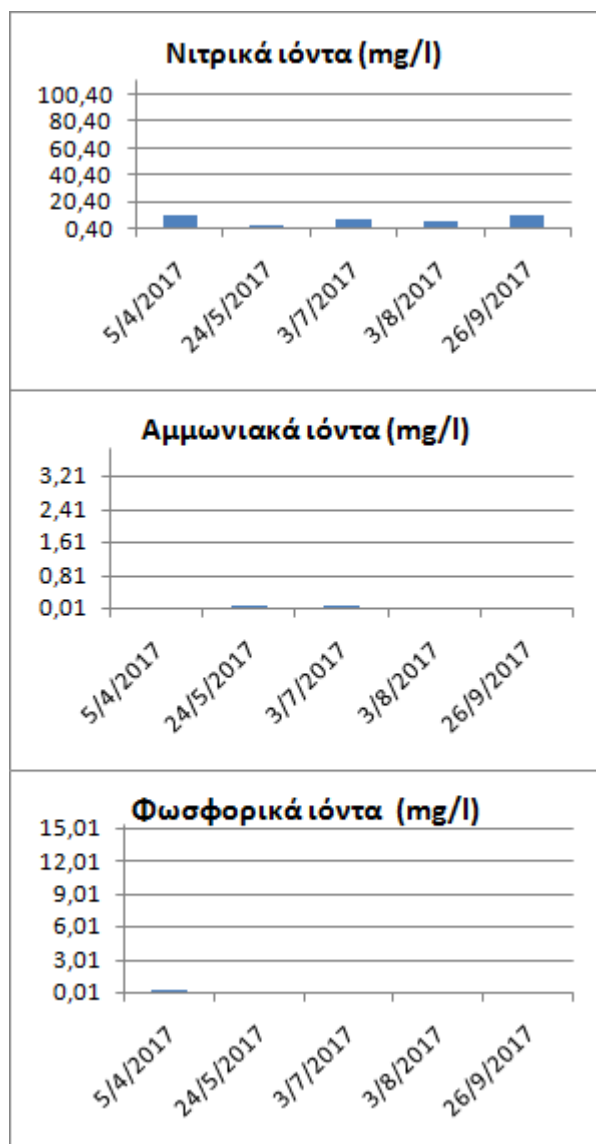
λιπάσματα. Από τις παραμέτρους του BOD και του COD δεν προκύπτει καμία ένδειξη ρύπανσης από λύματα.



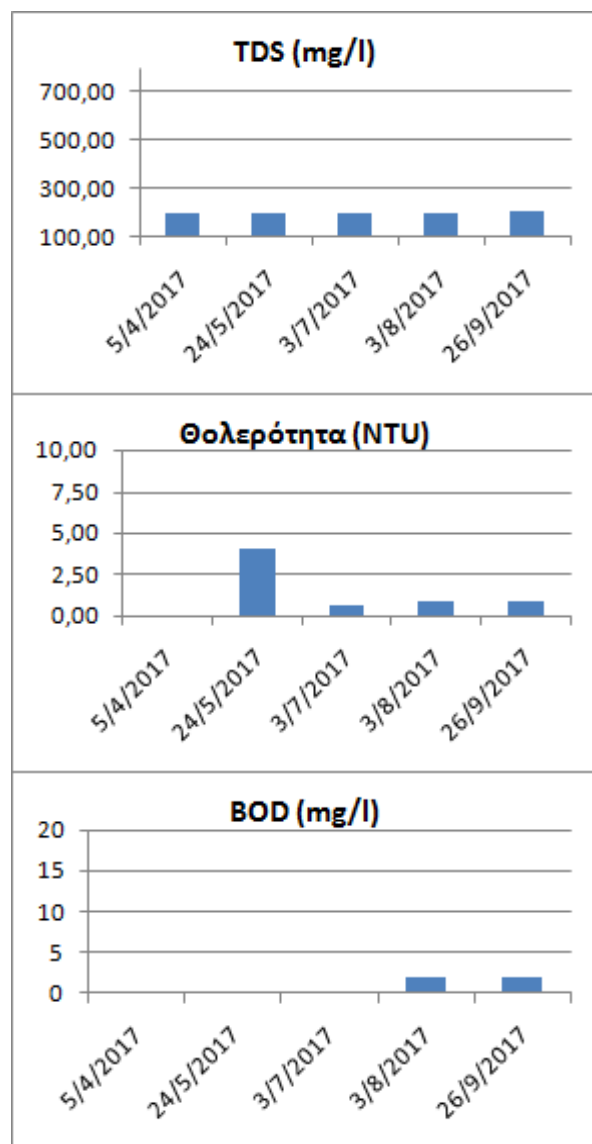
Εικόνα 13: Μπουτσουνάρια



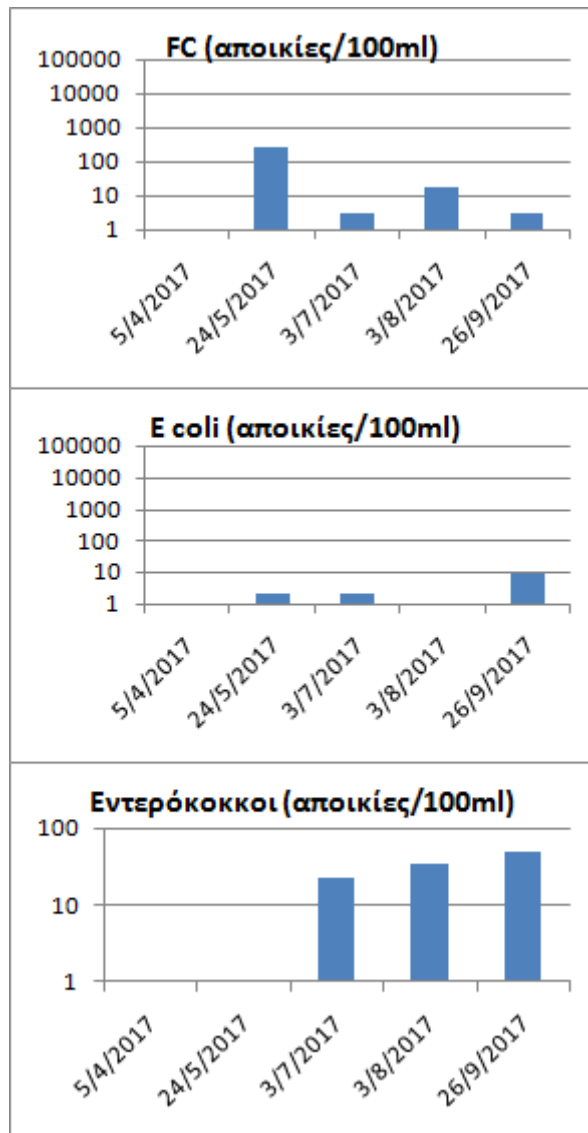
Εικόνα 14: Μπουτσουνάρια



Εικόνα 15: Μπουτσουνάρια



Εικόνα 16: Μπουτσουνάρια



Εικόνα 17: Μπουτσουνάρια

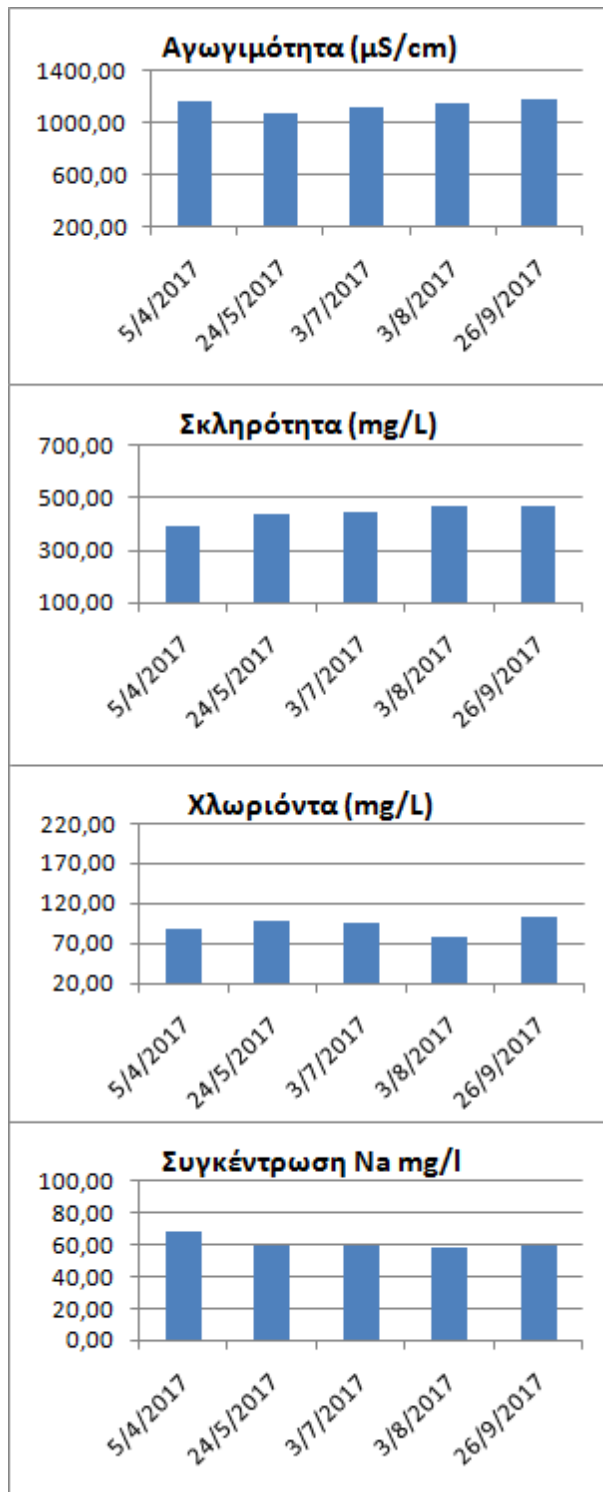
Σημείο δειγματοληψίας: Κινδελής

Η γεώτρηση αυτή είναι ιδιωτική και βρίσκεται μέσα σε ένα μετόχι το οποίο καλλιεργείται εδώ και χρόνια και χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς.

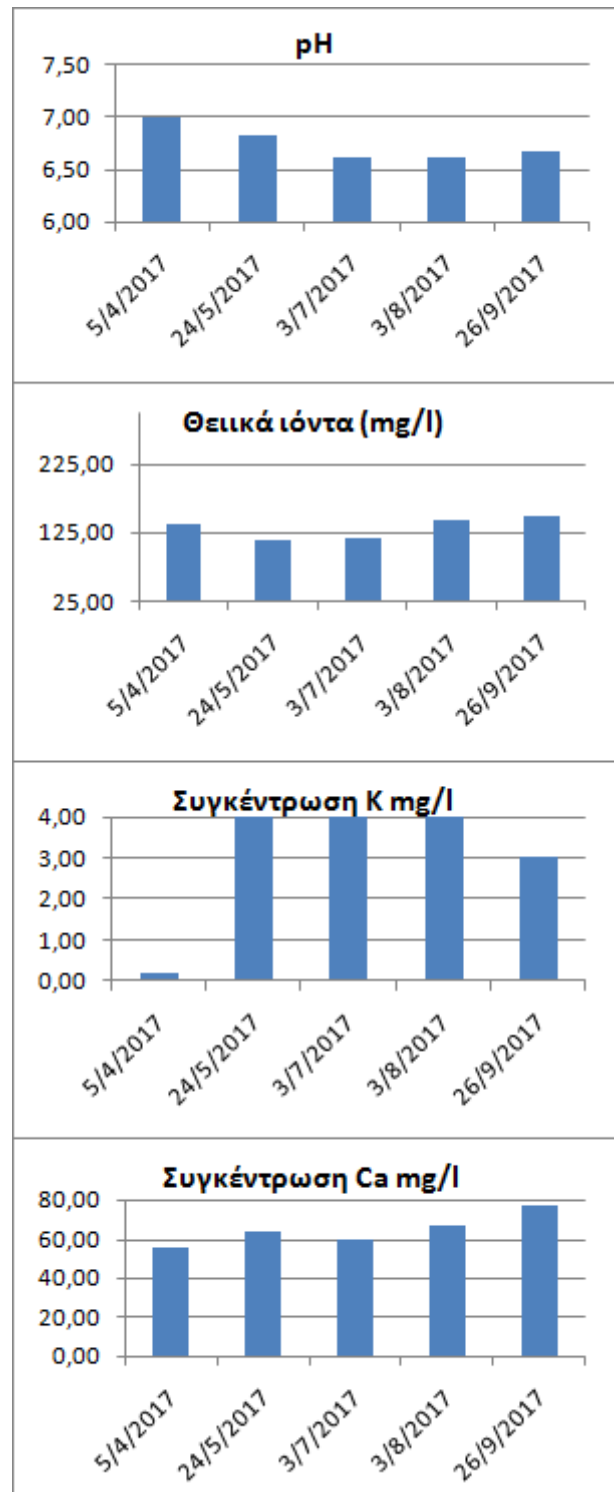
Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Κινδελής.

Η γεώτρηση είχε να χρησιμοποιηθεί για αρκετό καιρό και πρέπει να σημειωθεί πως κατά την πρώτη δειγματοληψία το δείγμα είχε έντονη οσμή. Ορισμένοι παράμετροι εμφάνισαν ακραίες τιμές συγκριτικά με τις επόμενες μετρήσεις δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν. Το νερό χαρακτηρίζεται από υψηλή αγωγιμότητα το οποίο συσχετίζεται και με τις υψηλές τιμές της σκληρότητας, των χλωριόντων, του νατρίου και του ασβεστίου. Τα θειικά, νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα καθώς το κάλιο, το νιτρικό και αμμωνιακό άζωτο είναι θρεπτικά τα οποία προέρχονται από αζωτούχα λιπάσματα. Λόγω της παρουσίας αμμωνιακών ιόντων αλλά και αμμωνιακού αζώτου συμπεραίνεται η πρόσφατη εισροή λιπασμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα. Η υψηλή συγκέντρωση BOD και COD δείχνουν σοβαρή υποψία παρουσίας λυμάτων που πιθανόν να εισέρχονται στη γεώτρηση μέσω του γειτονικού ποταμού. Η υποψία της

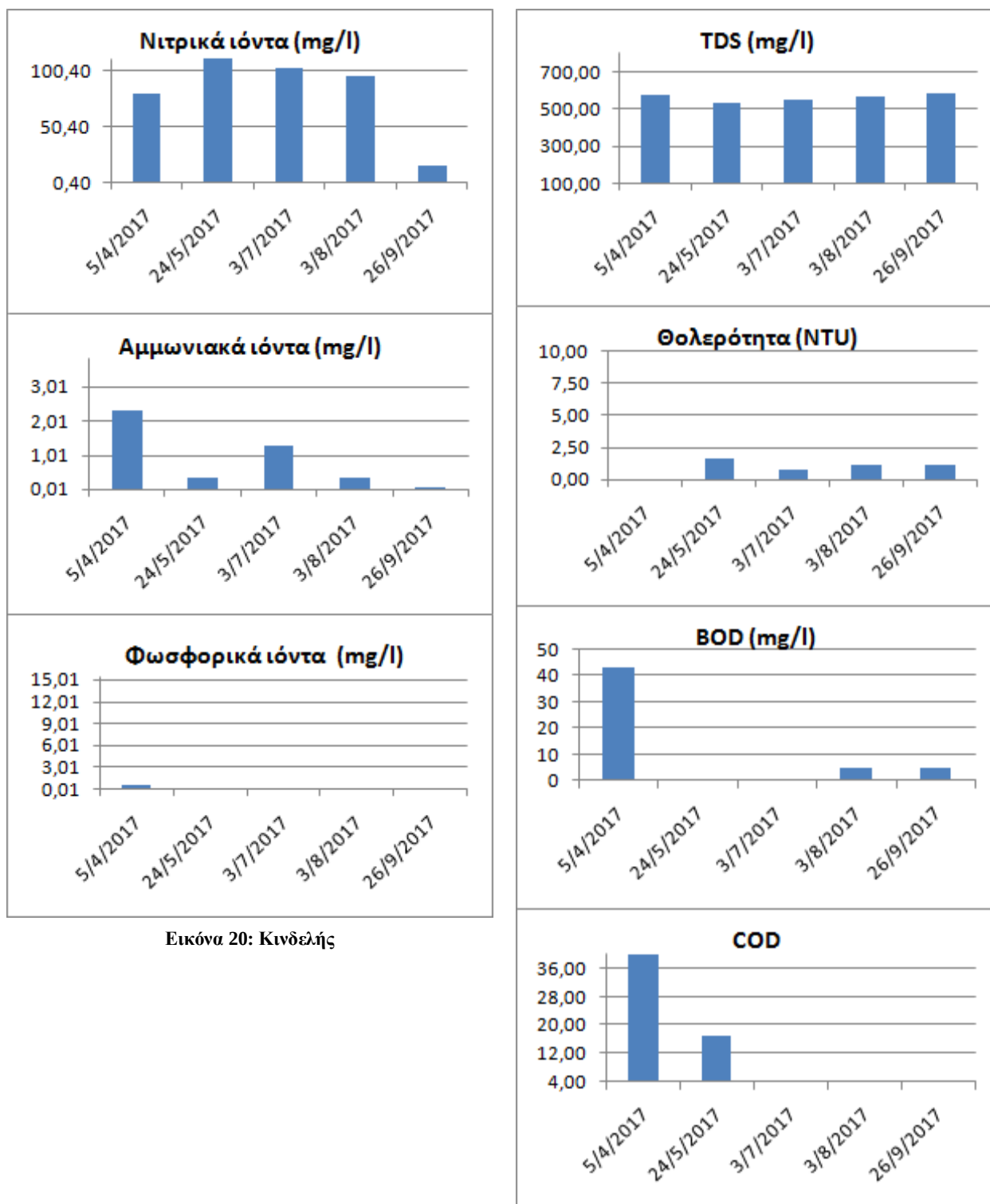
παρουσίας των λυμάτων μπορεί να επιβεβαιωθεί και από τις μετρήσεις των κοπρανόδων κολοβακτηριδίων οι οποίες βρίσκονται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις καθώς είναι δείκτες σοβαρής μόλυνσης.



Εικόνα 18: Κινδελής

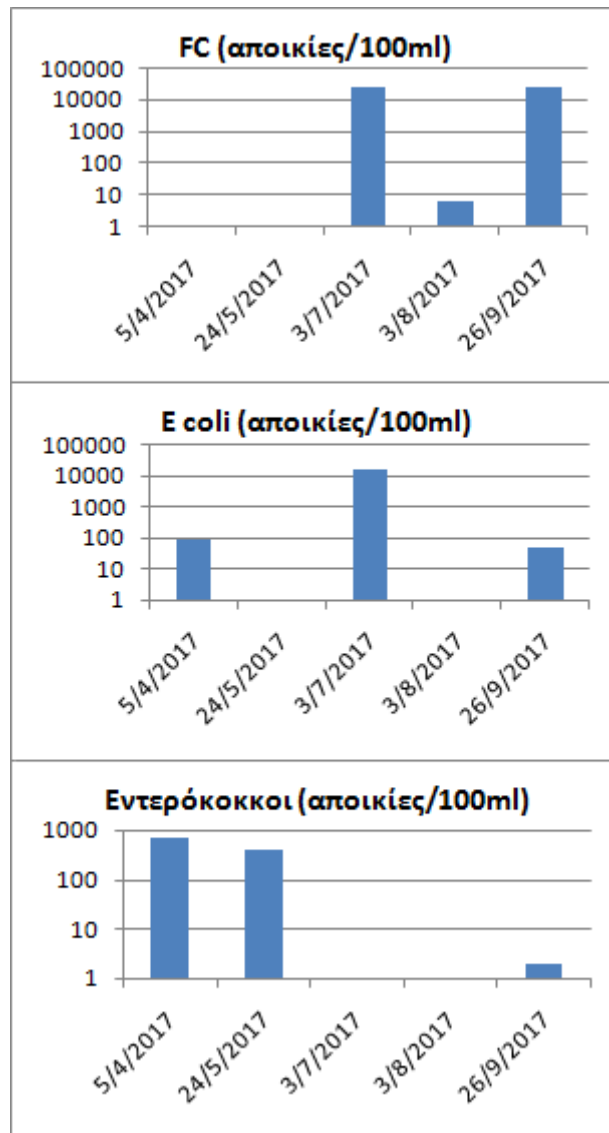


Εικόνα 19: Κινδελής



Εικόνα 20: Κινδελής

Εικόνα 21: Κινδελής

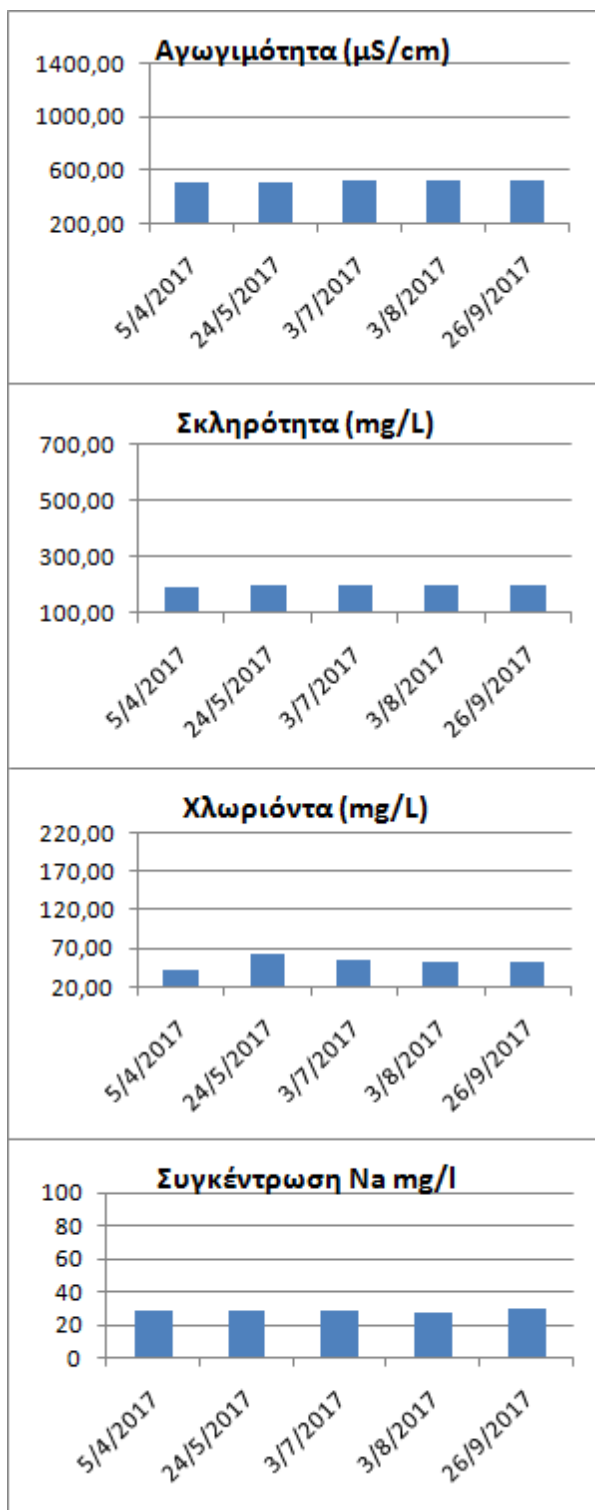


Εικόνα 22: Κινδελής

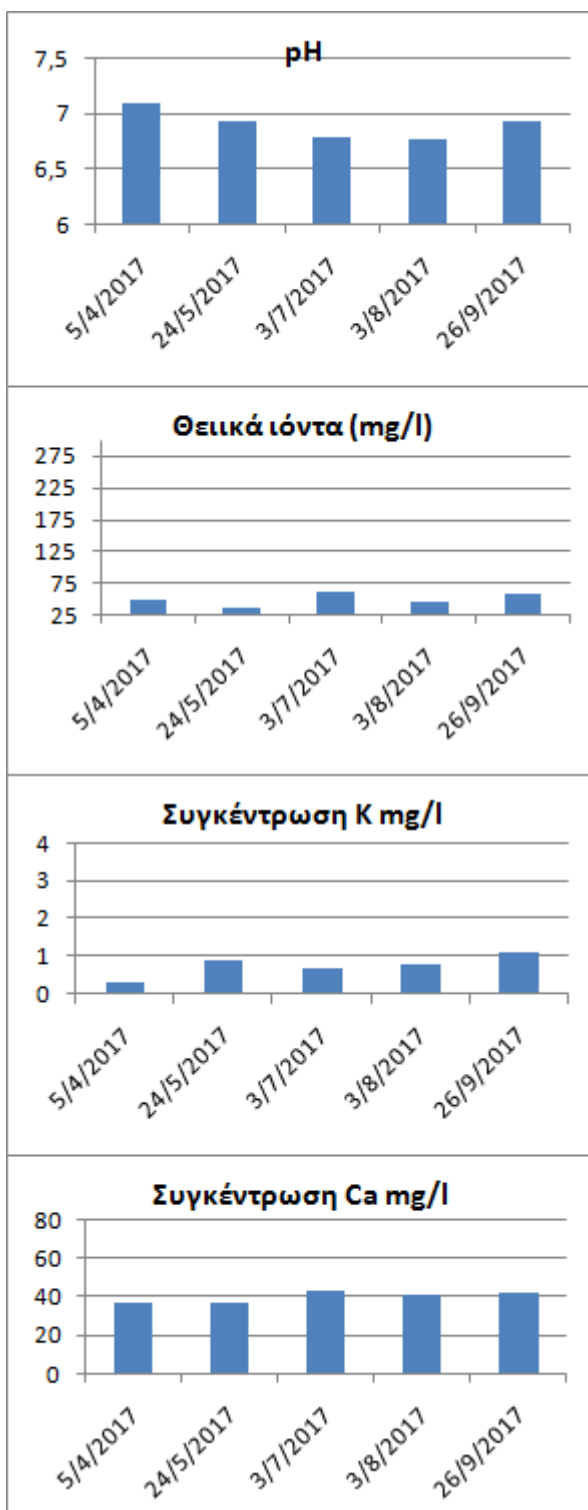
Σημείο δειγματοληψίας: Αγ. Βαρβάρα

Το δείγμα νερού προέρχεται από πηγή που υπάρχει στην εκκλησία Αγ. Βαρβάρα στις Μουρνιές Χανίων, στους πρόποδες των Λευκών Ορέων και νότια του Κάμπου Χανίων. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Αγ. Βαρβάρα.

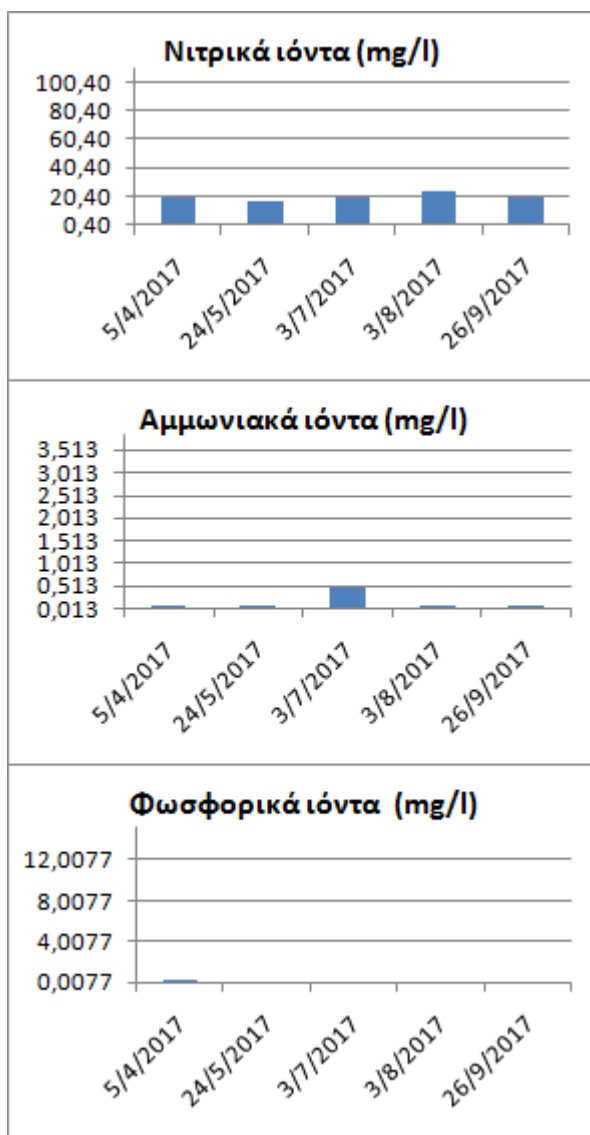
Συνολικά οι μετρήσεις των παραμέτρων βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, το οποίο αποτελεί δείκτη, ότι ο υδροφόρος δεν δέχεται σημαντικές επιβαρύνσεις. Είναι φανερό ότι δεν υπάρχει επιβάρυνση από αζωτούχα και φωσφορούχα λιπάσματα, διότι μετρήσεις των νιτρικών, θεικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Στη παράμετρο της θολρότητας παρατηρείται μια μικρή ένδειξη θολότητας η οποία οφείλεται στην παρουσία αιωρούμενων στερεών το οποίο είναι φυσιολογικό να συμβαίνει καθώς το δείγμα προέρχεται από πηγή. Αντίστοιχα από τα αποτελέσματα των τιμών του BOD και του COD συμπεραίνεται ότι το δείγμα της πηγής δεν έχει μολυνθεί από λύματα. Ωστόσο υπάρχουν ενδείξεις μικροβιολογικού φορτίου που ίσως να οφείλονται στην κοπρανώδη μόλυνση από ζώα στην περιοχή.



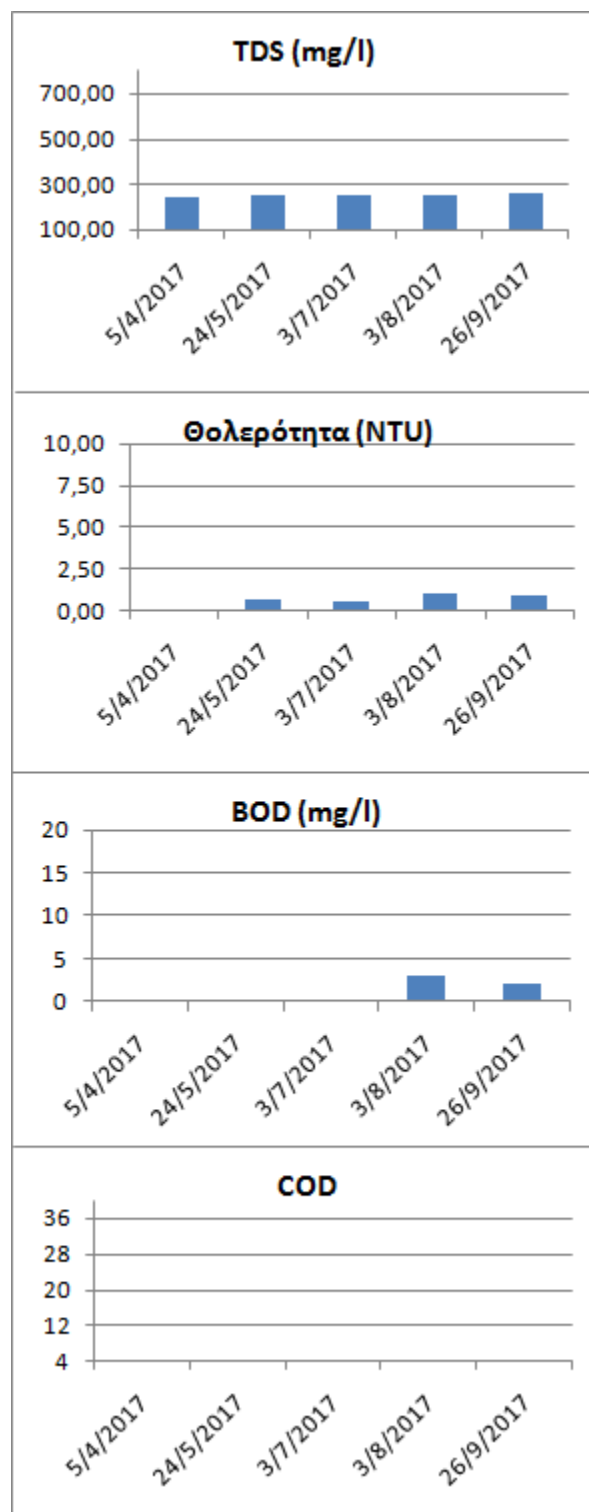
Εικόνα 23: Αγ. Βαρβάρα



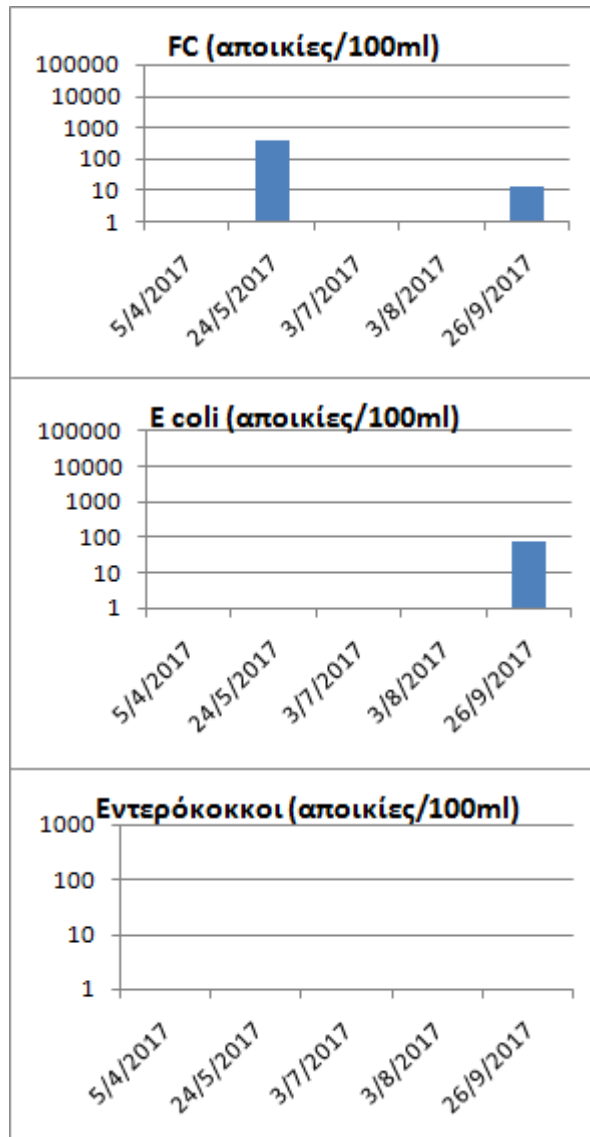
Εικόνα 24: Αγ. Βαρβάρα



Εικόνα 25: Αγ. Βαρβάρα



Εικόνα 26: Αγ. Βαρβάρα



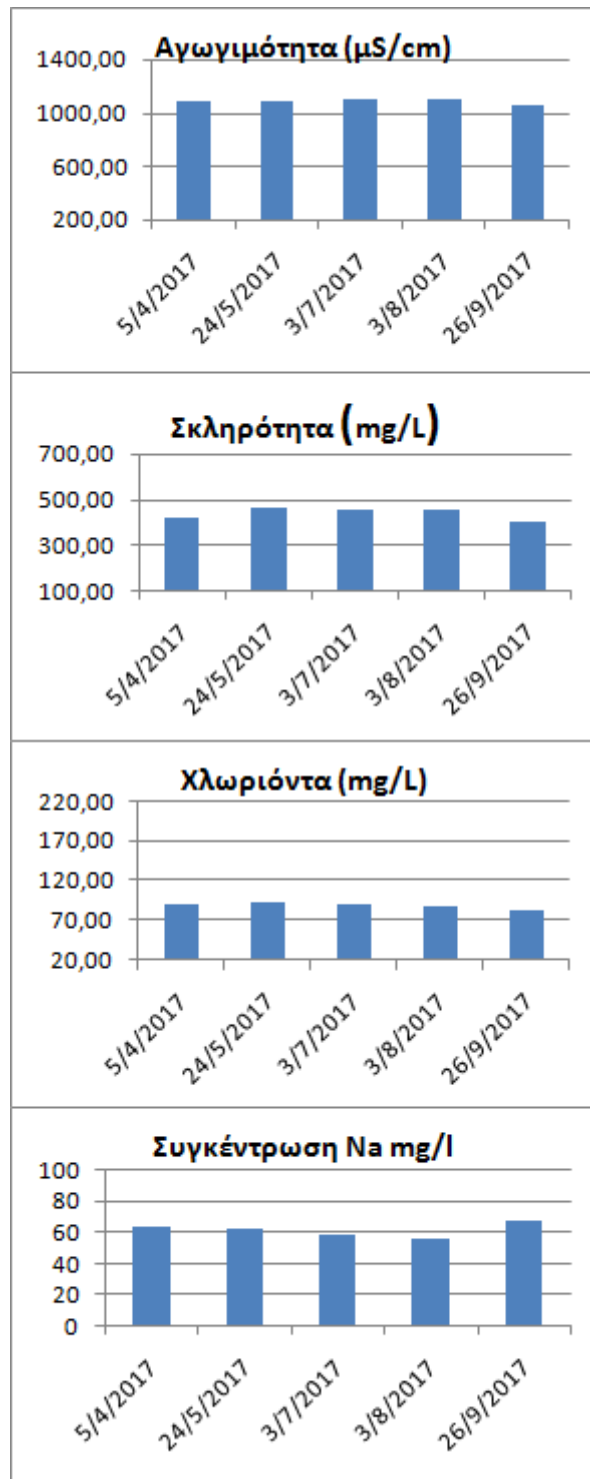
Εικόνα 27: Αγ. Βαρβάρα

Σημείο δειγματοληψίας: Μονή Κοιμήσεως

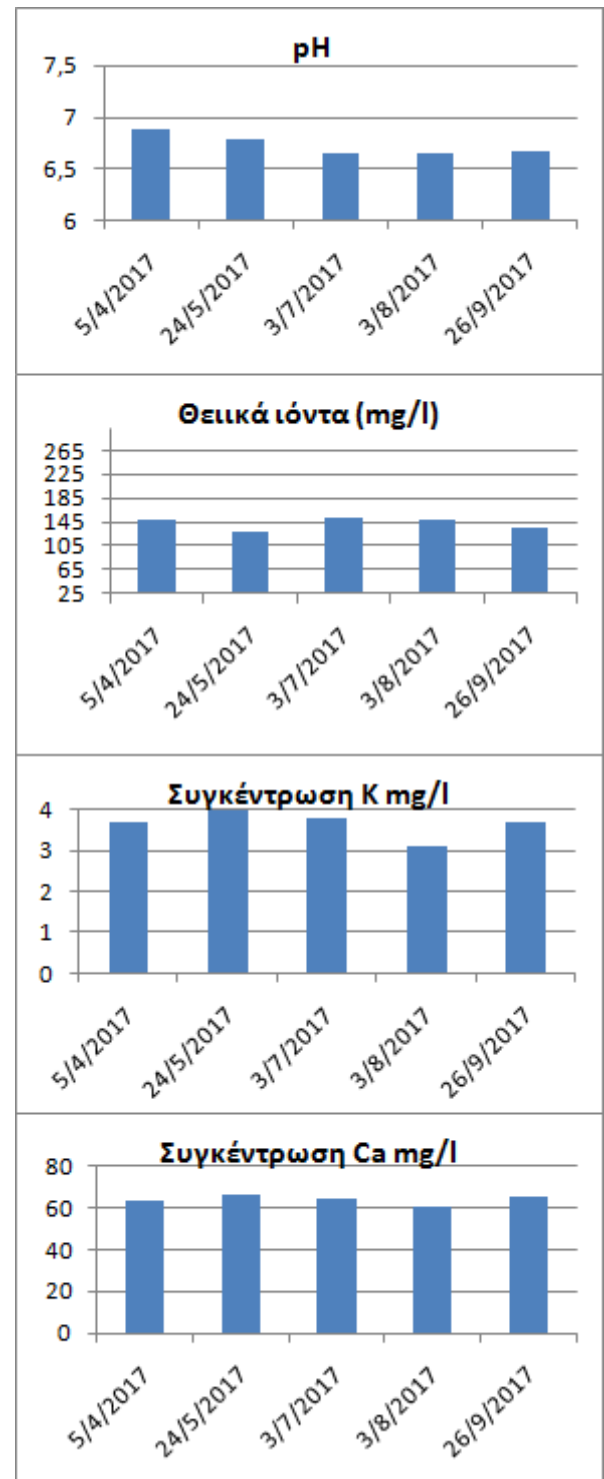
Το δείγμα νερού προέρχεται από γεώτρηση που υπάρχει στις καλλιέργειες της Μονής Κοιμήσεως στις Μουρνιές Χανίων και χρησιμοποιείται κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες όπου υπάρχει μεγάλη ανάγκη για να καλύπτει τις ανάγκες της σε αρδευτικό νερό. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Μονή Κοιμήσεως.

Παρατηρείται ότι το νερό της Μονής Κοιμήσεως χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές αγωγιμότητας οι οποίες δικαιολογούνται από τις υψηλές συγκεντρώσεις της σκληρότητας, των χλωριόντων και του νατρίου, το οποίο κάνει φανερό πως το νερό είναι πλούσιο σε άλατα. Επίσης οι υψηλές τιμές θεικών και νιτρικών ιόντων αλλά και νιτρικού αζώτου, οφείλονται στα αζωτούχα λιπάσματα τα οποία πιθανόν χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες που βρίσκονται στην περιοχή, τα οποία έχουν εισέλθει στον υδροφόρο ορίζοντα. Το χρώμα του δείγματος φάνερωνε εξ' αρχής την ύπαρξη στερεών το οποίο επιβεβαιώνετε από τις μετρήσεις της θολρότητας και του TDS οι οποίες είναι αυξημένες. Υπάρχει η ένδειξη κοπρανώδης μόλυνσης το οποίο οφείλεται στην παρουσία θερμοαίμων ζώων στην περιοχή. Η κακή συντήρηση της

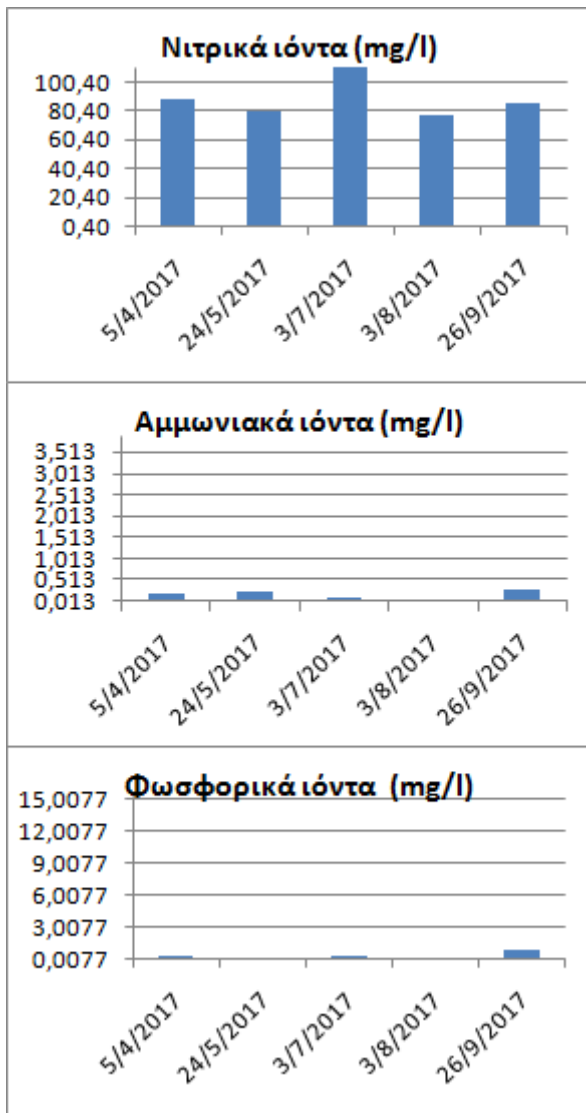
γεώτρησης και το γεγονός ότι δεν λειτουργεί τακτικά δικαιολογεί τις υψηλές συγκεντρώσεις των παραμέτρων.



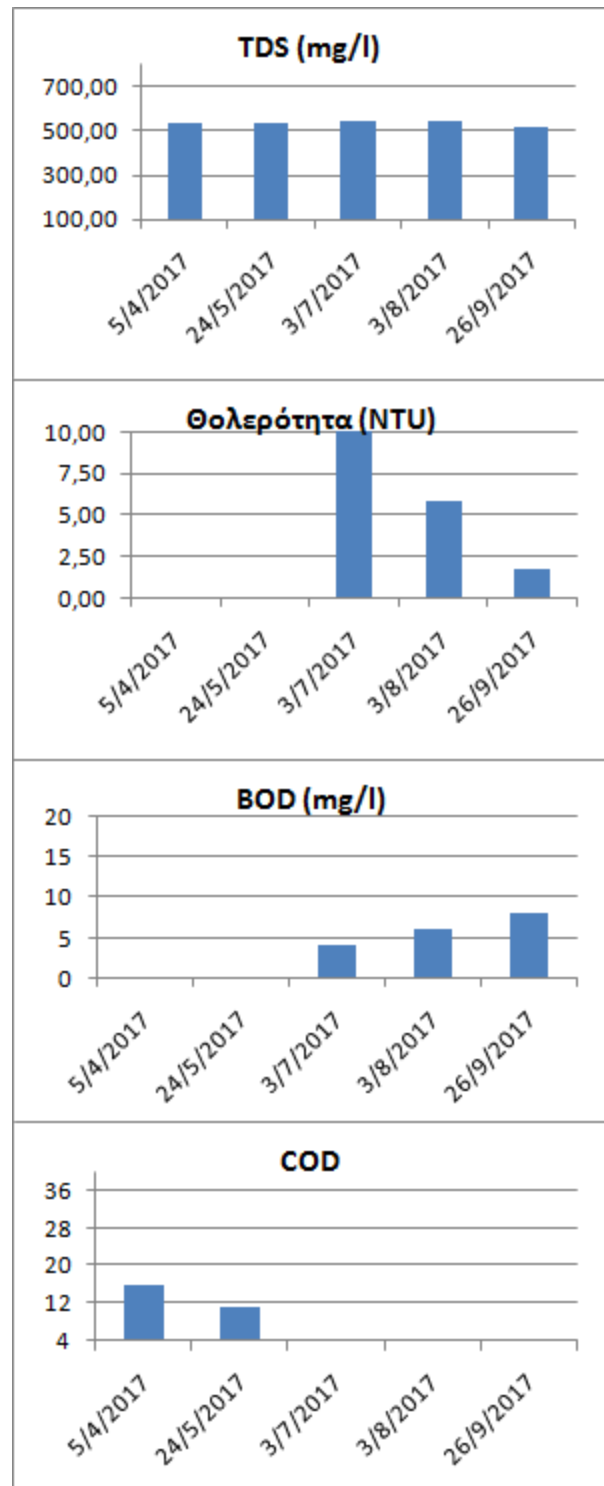
Εικόνα 28: Μονή Κοιμήσεως



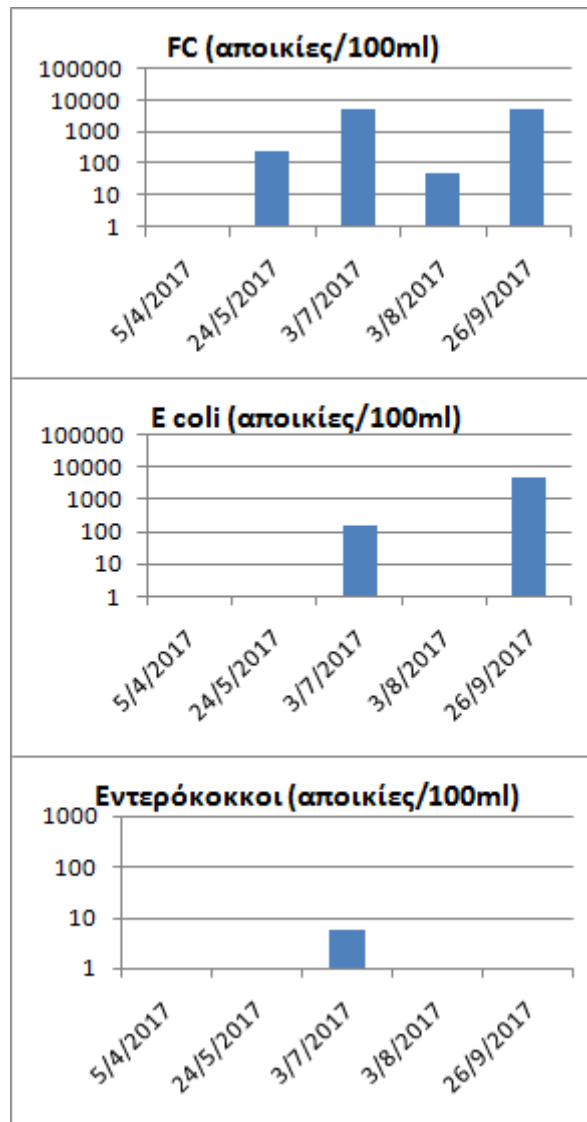
Εικόνα 29: Μονή Κοιμήσεως



Εικόνα 30: Μονή Κοιμήσεως



Εικόνα 31: Μονή Κοιμήσεως



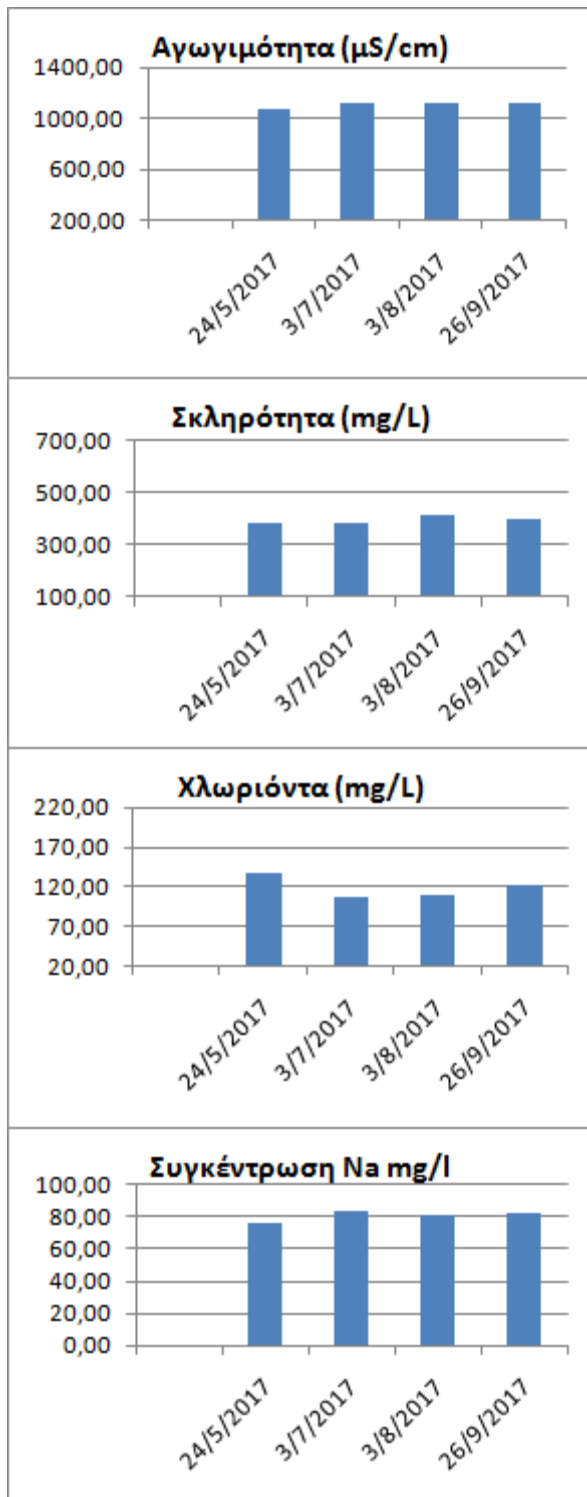
Εικόνα 32: Μονή Κοιμήσεως

Σημείο δειγματοληψίας: Τσουγκαράκης

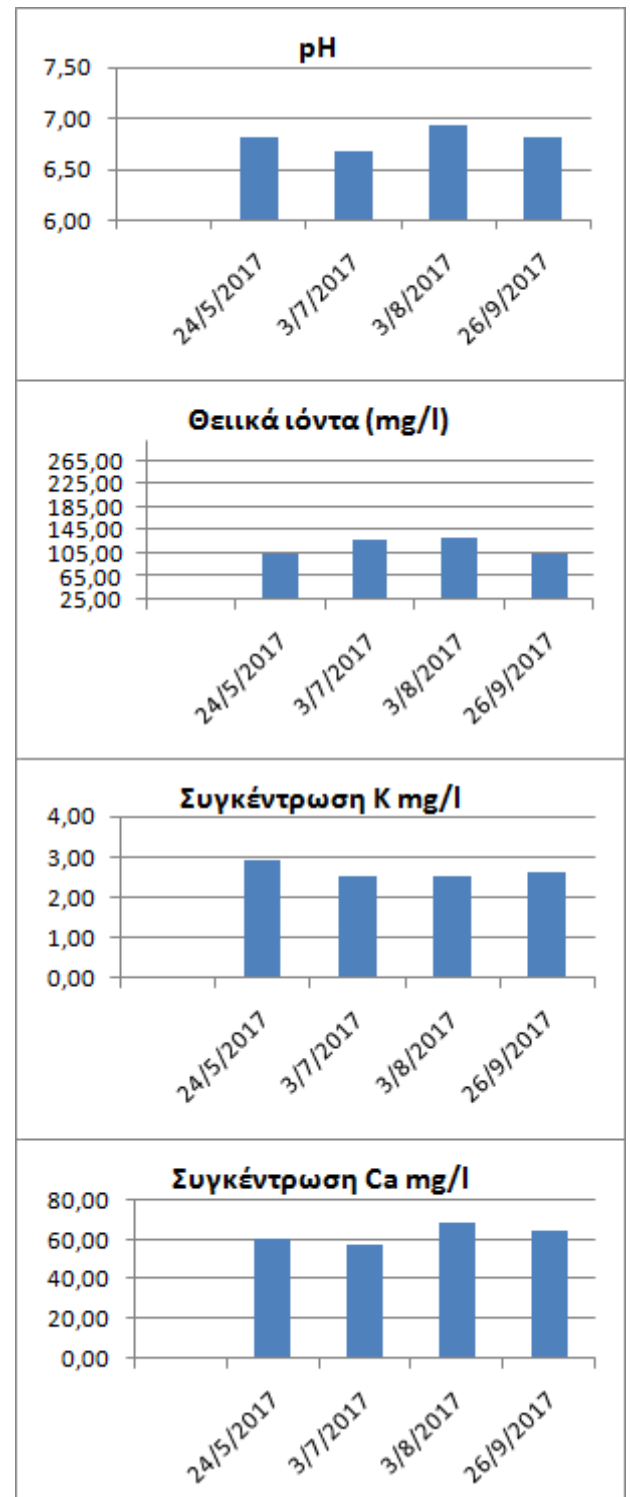
Το δείγμα νερού προέρχεται από γεώτρηση η οποία βρίσκεται στην περιοχή του Κουμπέ και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για αρδευτικούς σκοπούς. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Τσουγκαράκης.

Η αγωγιμότητα είναι υψηλή όπως επίσης παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων, σκληρότητας αλλά και ιόντων Na παράμετροι οι οποίοι υποδηλώνουν την παρουσία αλάτων στο νερό της γεώτρησης, καθώς αυτό ισχυροποιείται και από την παρουσία ασβεστίου και καλίου. Υπάρχει παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών και θειικών ιόντων αλλά και νιτρικού αζώτου τα οποία οφείλονται στην παρουσία αζωτούχων λιπασμάτων. Στο δείγμα νερού υπάρχει μικρή ένδειξη θολερότητας η οποία οφείλεται στην παρουσία στερεών από οργανικές ή ανόργανες ενώσεις, το οποίο αποδεικνύεται και από τα αποτελέσματα του BOD. Υπάρχει ωστόσο ένδειξη μικροβιολογικού φορτίου καθώς οι μικροβιολογικοί παράμετροι των faecal coliforms, Enterococcus και e-coli έχουν μεγάλο αριθμό αποικιών και σε κάποιες περιπτώσεις οι αποικίες των κοπρανώδων ήταν τόσες πολλές που ήταν αδύνατον να μετρηθούν με ακρίβεια, με αποτέλεσμα ο υπολογισμός τους να γίνει

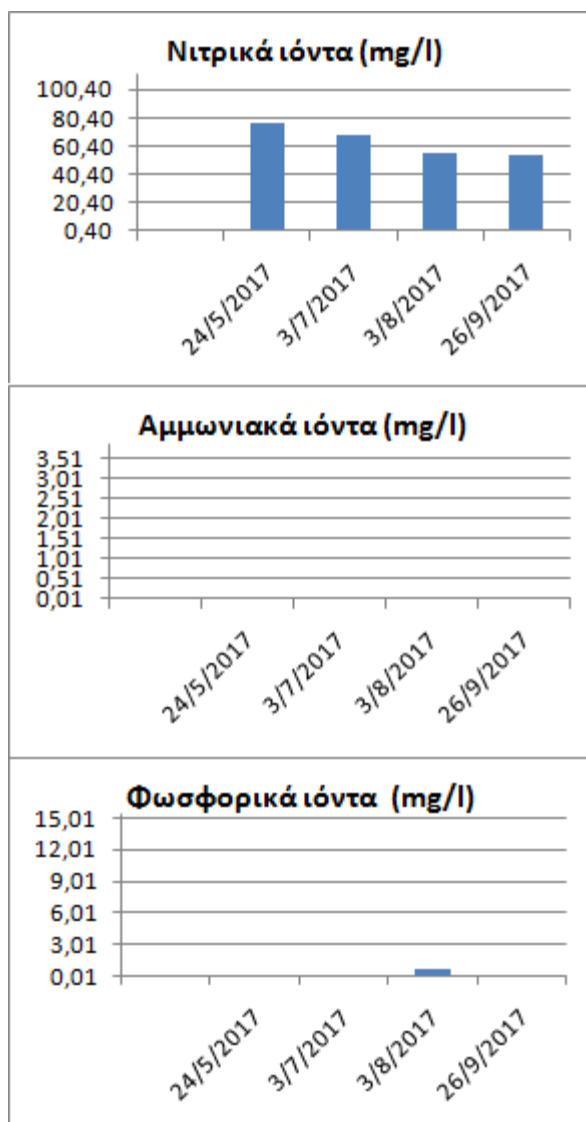
κατά προσέγγιση. Με βάση των δεδομένων των κοπρανώδων αλλά και λόγω υψηλής αγωγιμότητας και θεικών ιόντων υπάρχει η υποψία εισροής λυμάτων στον υδροφόρο ο οποίος τροφοδοτεί την γεώτρηση, ωστόσο δεν υπάρχουν επαρκείς μετρήσεις του BOD και του COD για να επιβεβαιωθεί ο ισχυρισμός αυτός.



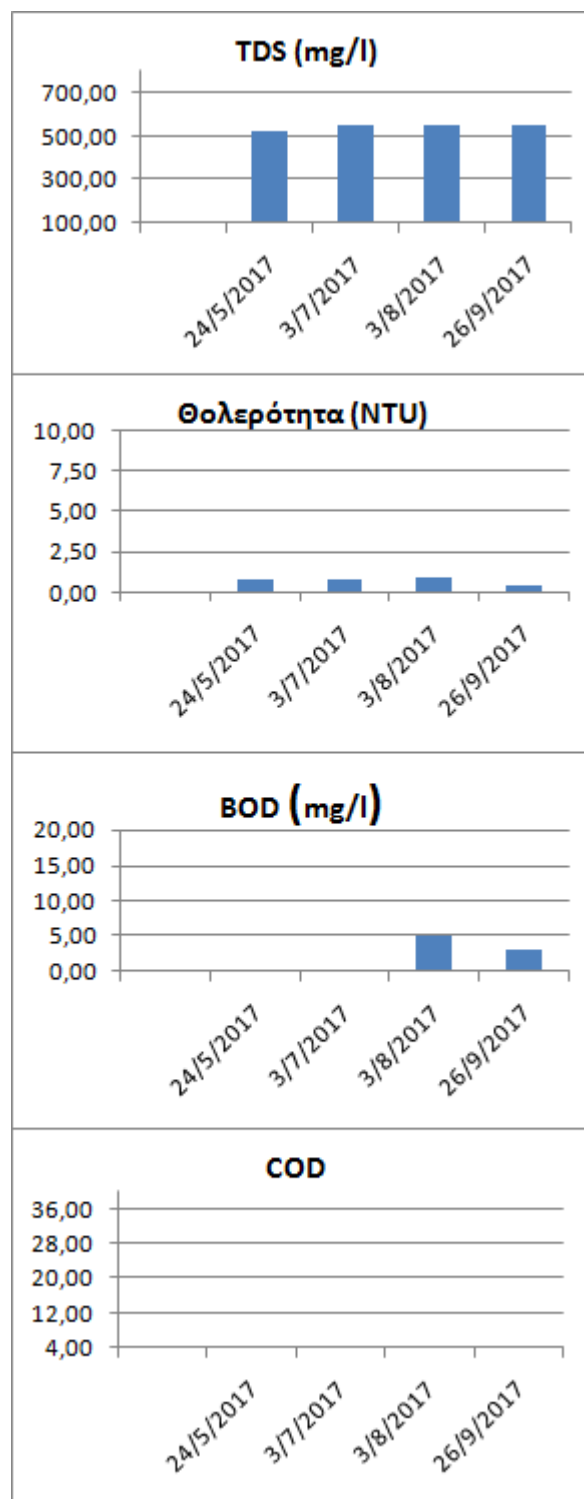
Εικόνα 33: Τσουγκαράκης



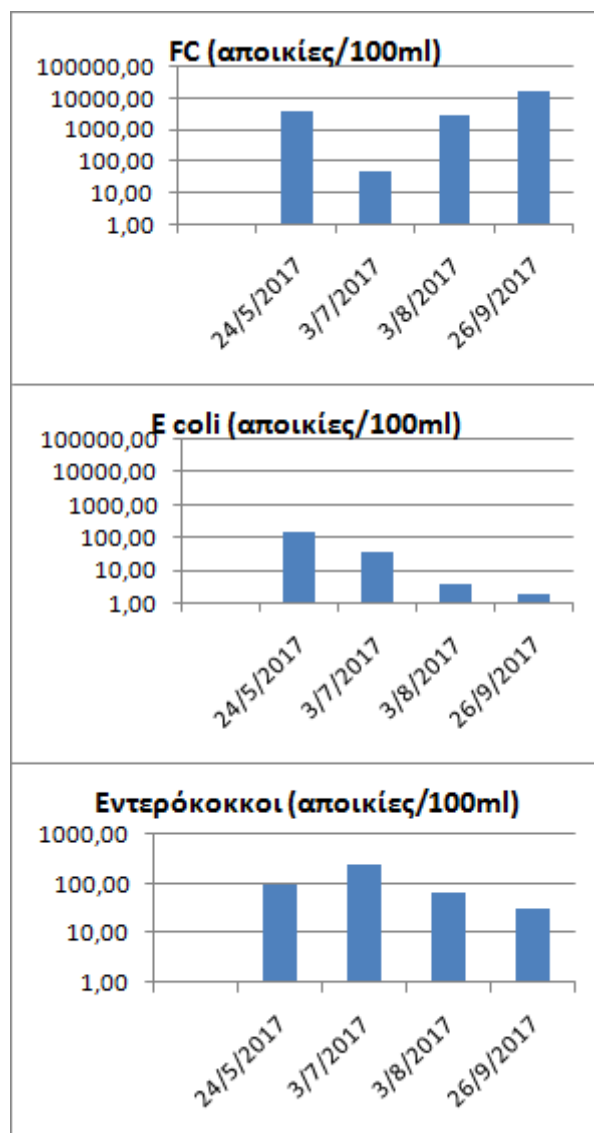
Εικόνα 34: Τσουγκαράκης



Εικόνα 35: Τσουγκαράκης



Εικόνα 36: Τσουγκαράκης



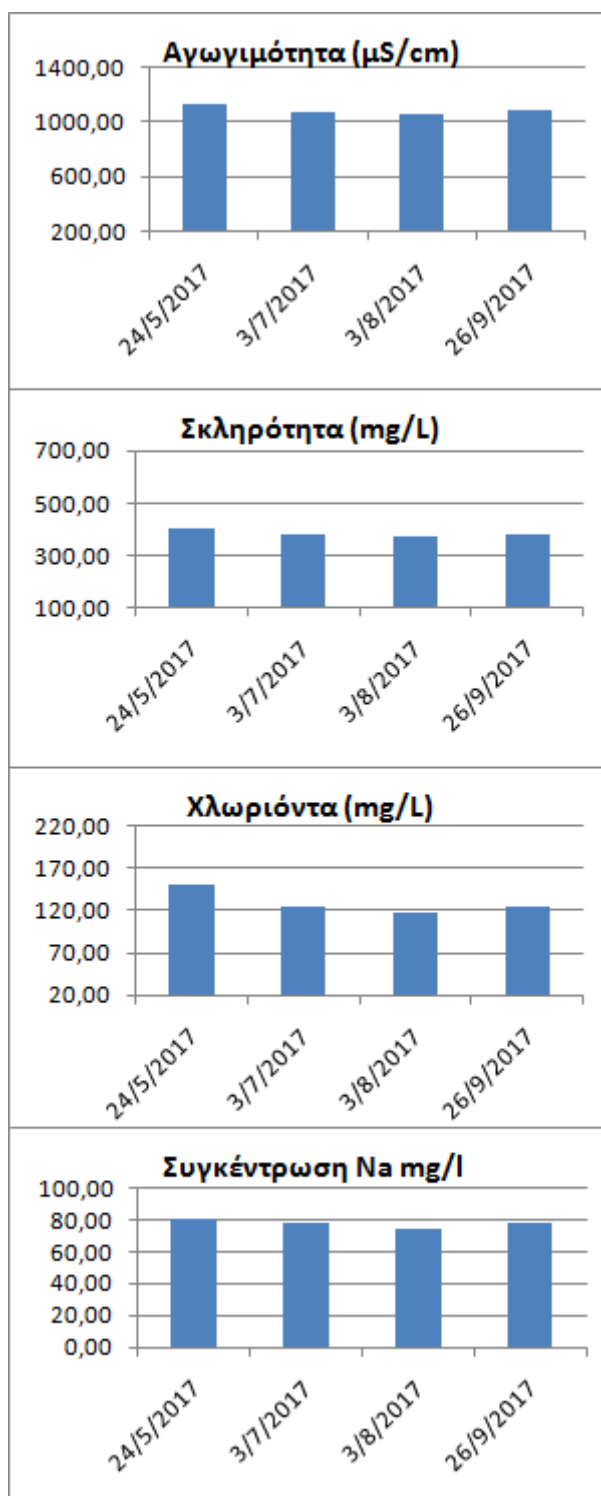
Εικόνα 37: Τσουγκαράκης

Σημείο δειγματοληψίας: Γιακουμάκης

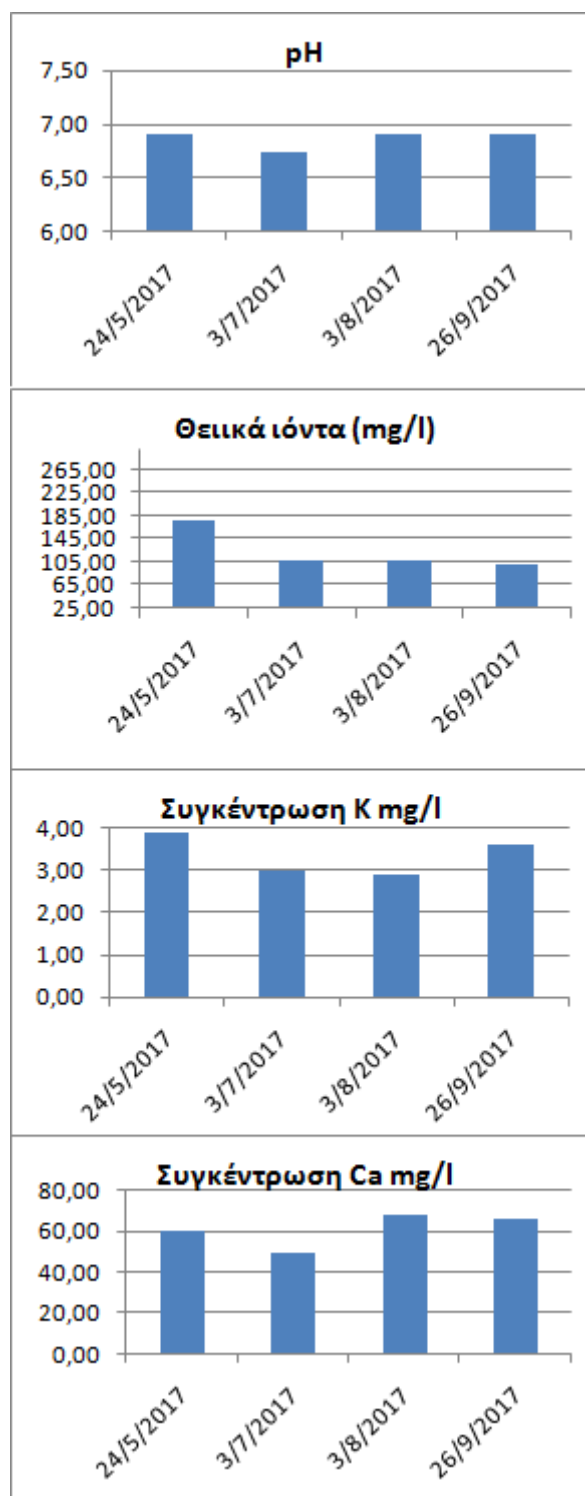
Το δείγμα νερού προέρχεται από ιδιωτικό πηγάδι στην περιοχή του Κουμπέ Χανίων, η οποία καλύπτει τις ανάγκες για αρδευτικό νερό. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Γιακουμάκης.

Οι παράμετροι της αγωγιμότητας της σκληρότητας των χλωριόντων και των ιόντων νατρίου καλίου και ασβεστίου δείχνουν την παρουσία αλάτων στο νερό. Οι συγκεντρώσεις των θεικών, νιτρικών ιόντων αλλά και του νιτρικού αζώτου προσδίδουν την επιφόρτιση του νερού από αζωτούχα λιπάσματα. Πιο συγκεκριμένα στις 24/5 παρατηρείται τάση αύξησης των τιμών σε σύγκριση με τις επόμενες ημερομηνίες δειγματοληψιών στα χλωριόντα, στο κάλιο, στο νιτρικό άζωτο, στα θειικά και νιτρικά ιόντα που κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται σε κάποια παροδική επιφόρτιση από λίπασμα. Στο δείγμα νερού υπάρχει μικρή εμφάνιση θολερότητας λόγω στερεών οργανικών ή ανόργανων ουσιών. Υπάρχουν ενδείξεις BOD, ωστόσο τα αποτελέσματά του δεν είναι ανησυχητικά για την ύπαρξη κάποιας σοβαρής ρύπανσης. Όσον αφορά το μικροβιολογικό φορτίο υπάρχει ένδειξη κοπρανόδους

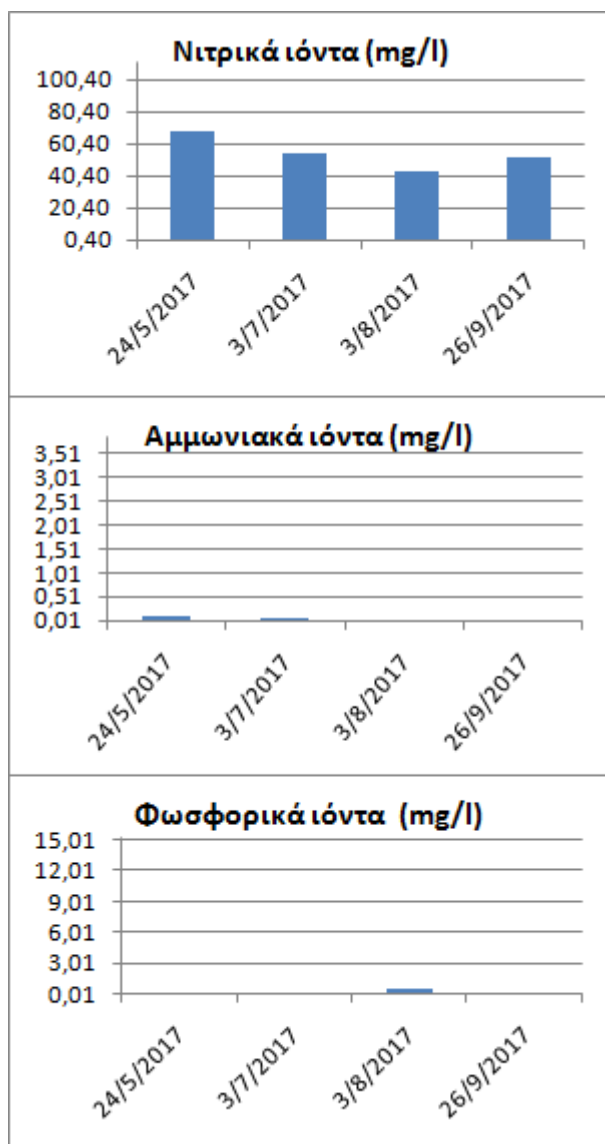
ρύπανσης, κατά πάσα πιθανότητα από κόπρανα ζώων, λόγω του σχηματισμού πολλών αποικιών των κοπρανώδων κολοβακτηριδίων αλλά και λόγω της παρουσίας αποικιών της e-coli και του Enterococcus.



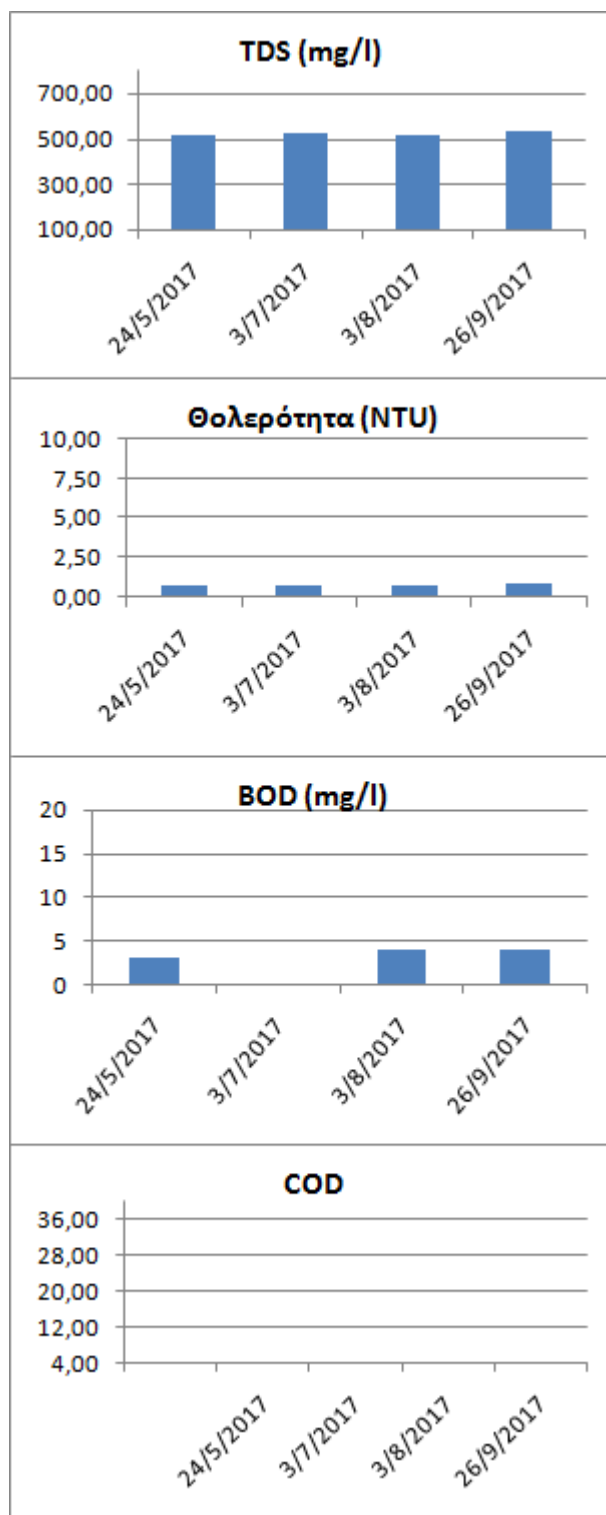
Εικόνα 38: Γιακουμάκης



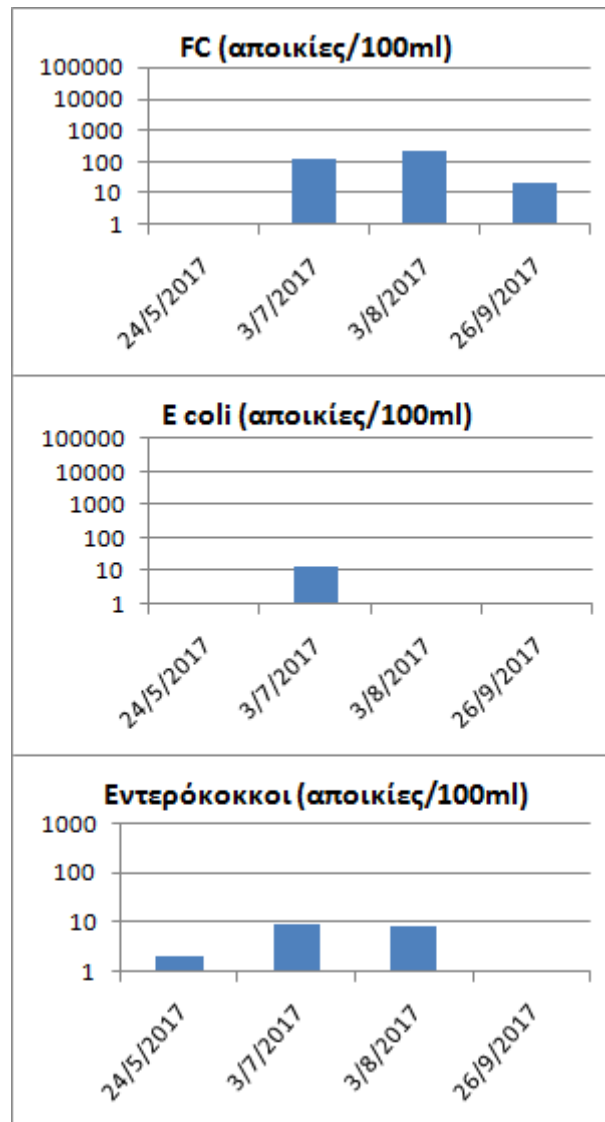
Εικόνα 39: Γιακουμάκης



Εικόνα 40: Γιακουμάκης



Εικόνα 41: Γιακουμάκης



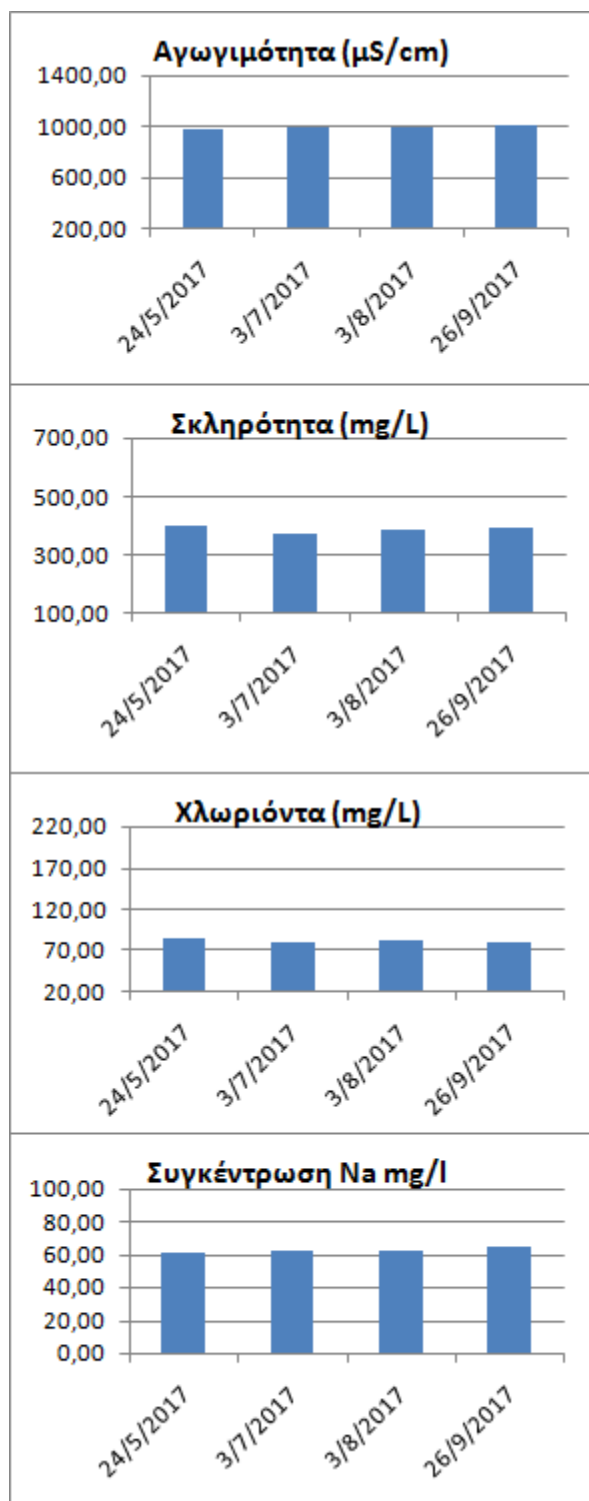
Εικόνα 42: Γιακουμάκης

Σημείο δειγματοληψίας: ΚΕΓΕ

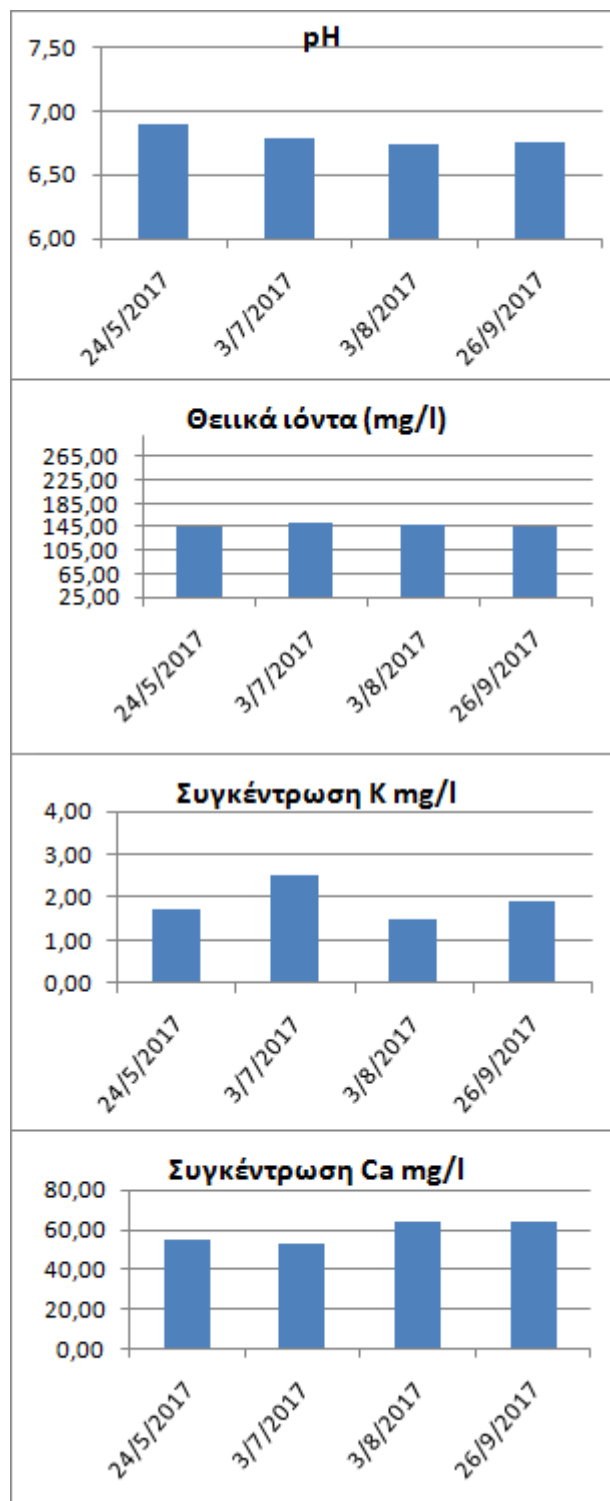
Το δείγμα νερού προέρχεται από πηγάδι και βρίσκεται μέσα στις εγκαταστάσεις του Μεσογειακού Αγρονομικού Ινστιτούτου Χανίων το οποίο πιθανόν χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων όπου χρησιμοποιούνται για ερευνητικούς σκοπούς. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας ΚΕΓΕ.

Η παράμετρος της αγωγιμότητας είναι υψηλή το οποίο αποδεικνύει την παρουσία ιόντων, το οποίο φαίνεται από τις μετρούμενες παραμέτρους της σκληρότητας, τη συγκέντρωση ασβεστίου αλλά και τη συγκέντρωση νατρίου. Στην πρώτη δειγματοληψία στις 24/5 υπάρχει υψηλή συγκέντρωση αμμωνιακών ιόντων και αμμωνιακού αζώτου σε σύγκριση με τις επόμενες δειγματοληψίες. Οι συγκεντρώσεις αυτές οφείλονται σε λιπάσματα τα οποία υπό αερόβιες συνθήκες οξειδώνονται και μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα. Στο σύνολο των δειγματοληψιών υπάρχουν συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων, νιτρικού αζώτου και θεικών ιόντων τα οποία αποδεικνύουν πως ο υδροφόρος ορίζοντας έχει επιφορτιστεί από αζωτούχα λιπάσματα. Στα δείγματα ακόμα και οργανοληπτικά ήταν αντιληπτή η παρουσία στερεών το οποίο επιβεβαιώθηκε και από τις μετρήσεις της θολερότητας. Οι τιμές του

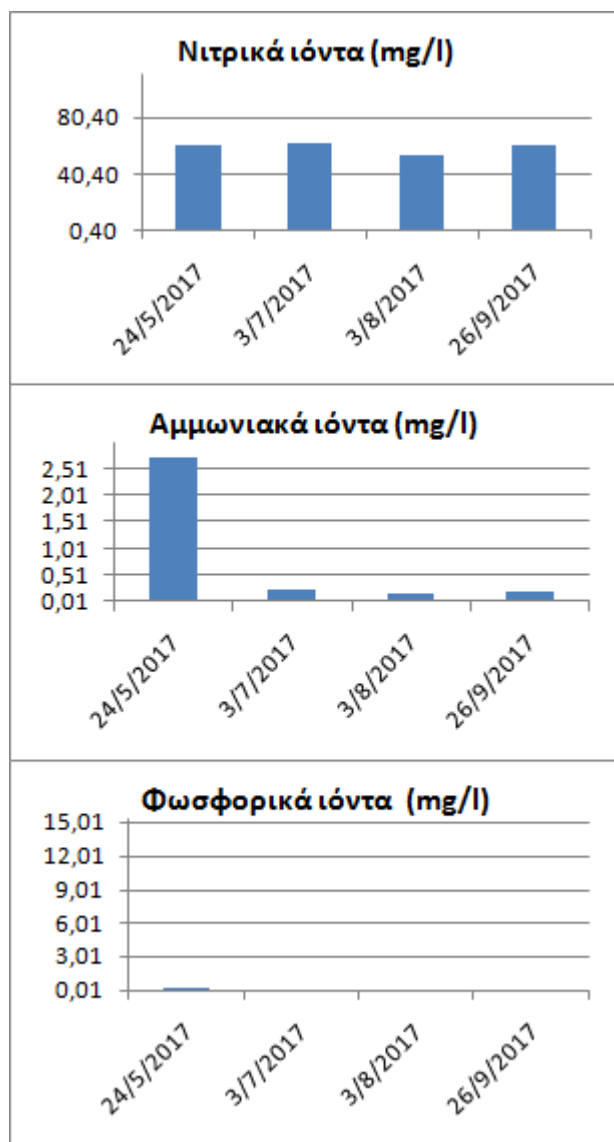
BOD και του COD αποτελούν πιθανή ένδειξη ρύπανσης από λύματα. Κατά τον μικροβιολογικό έλεγχο διαπιστώθηκε η ύπαρξη κοπρανώδων κολοβακτηρίδιων τα οποία οφείλονται στα κόπρανα θερμόαιμων ζώων.



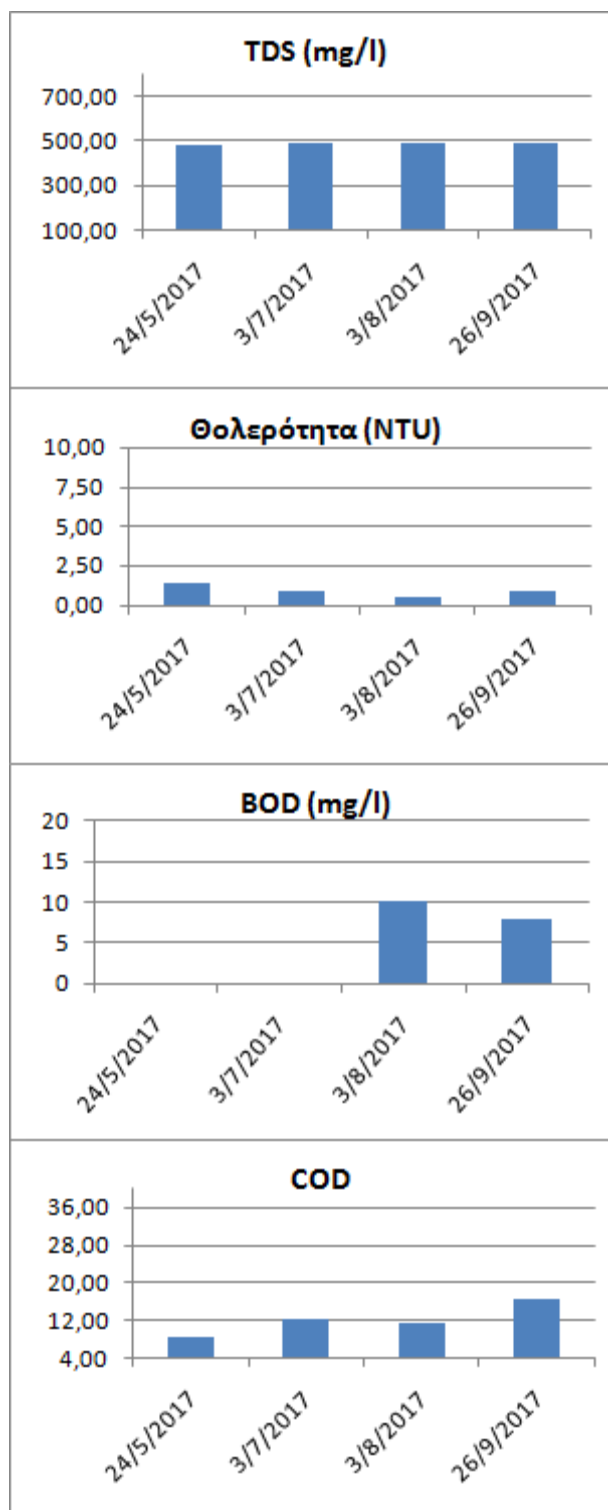
Εικόνα 43: ΚΕΓΕ



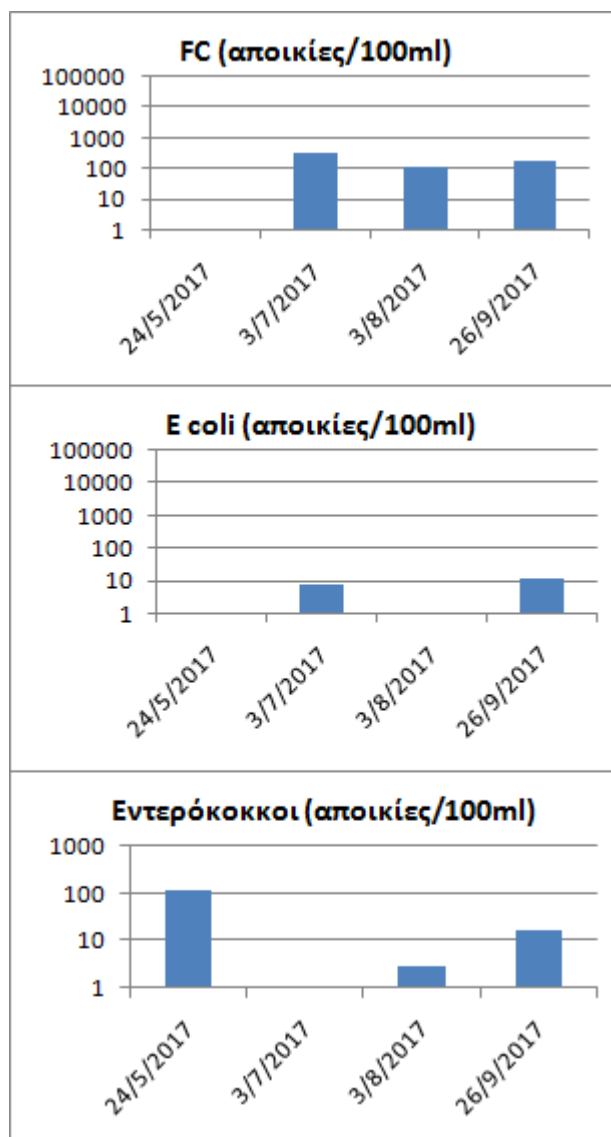
Εικόνα 44: ΚΕΓΕ



Εικόνα 45: ΚΕΓΕ



Εικόνα 46: ΚΕΓΕ



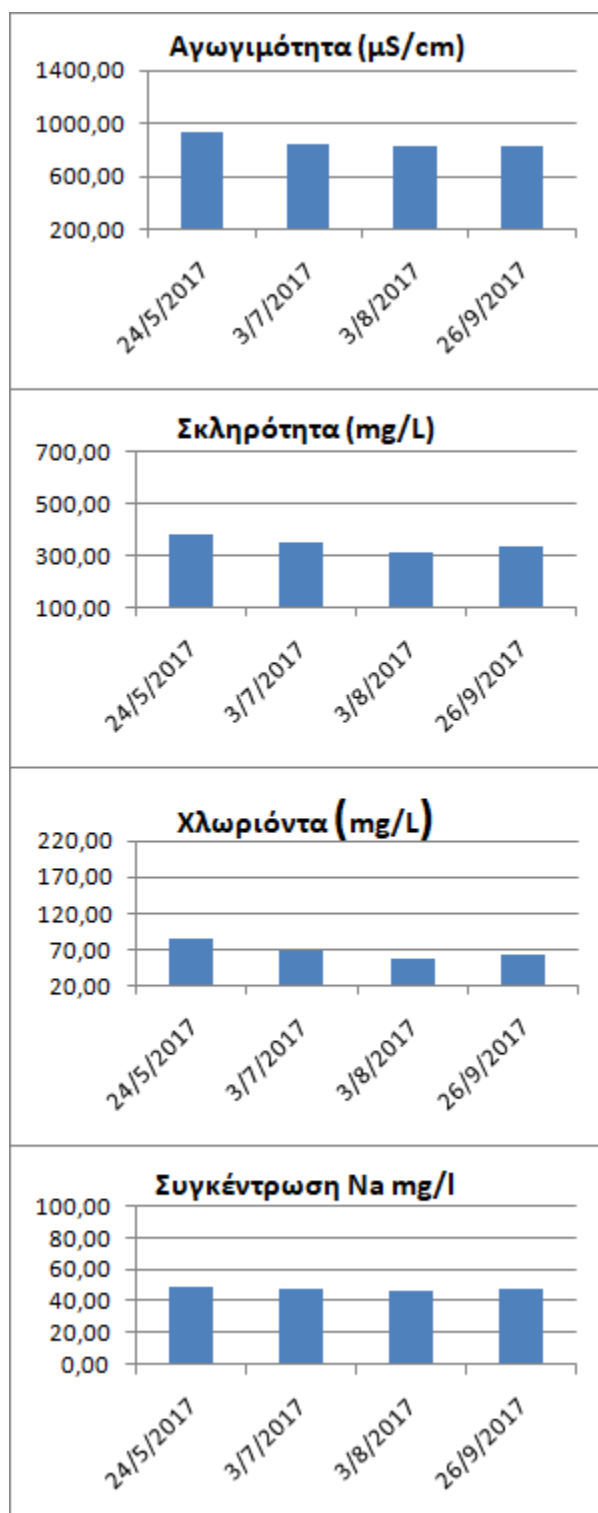
Εικόνα 47: ΚΕΓΕ

Σημείο δειγματοληψίας: Αργυρώ

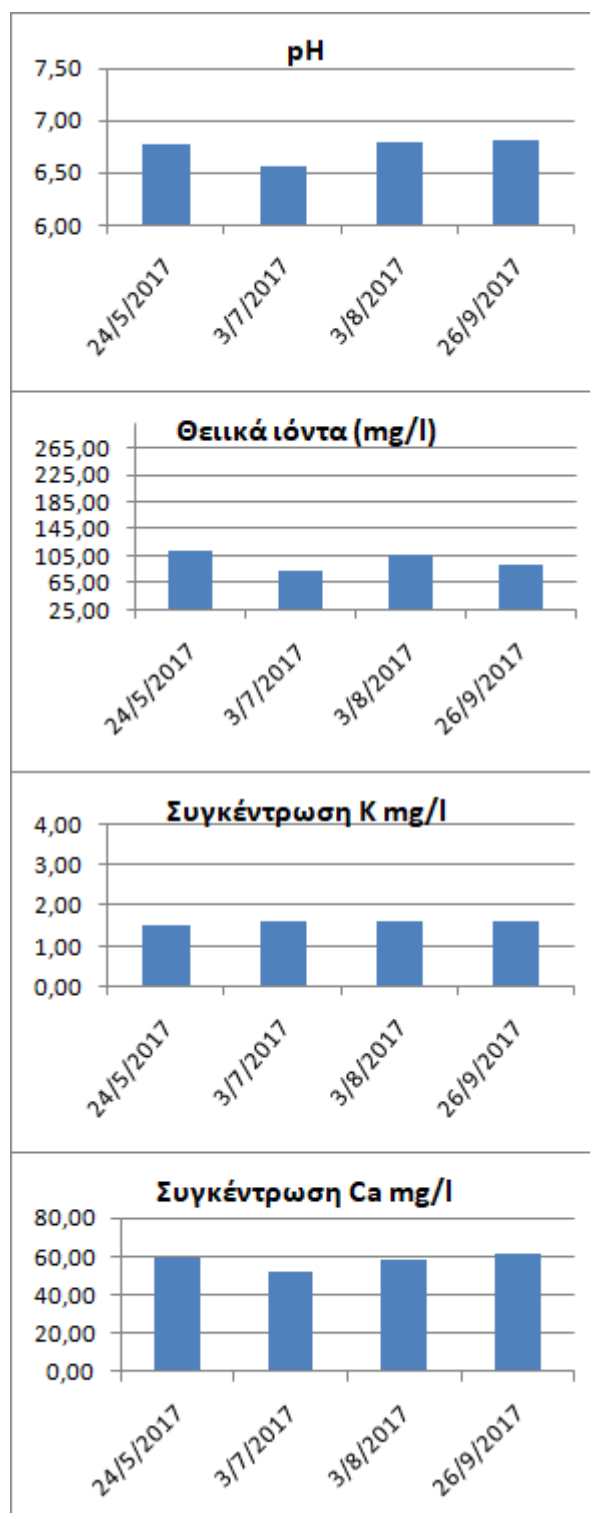
Το δείγμα νερού προέρχεται από ιδιωτικό πηγάδι το οποίο περιβάλλεται από γεωργικές καλλιέργειες και βρίσκεται πλησίον του εργοστασίου της ΔΕΗ. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Αργυρώ.

Η αγωγιμότητα που έχει μετρηθεί αιτιολογεί τις υψηλές συγκεντρώσεις των μετρήσεων των χλωριόντων και της σκληρότητας οι οποίες οφείλονται στην παρουσία των ιόντων που υπάρχουν στο νερό για αυτό αντίστοιχα είναι υψηλή. Οι συγκεντρώσεις που σημειώνονται στις παραμέτρους των θεικών και νιτρικών ιόντων όπως το κάλιο, το ασβεστίου, το νάτριο και το νιτρικό άζωτο δείχνουν την παρουσία θρεπτικών ουσιών που προέρχονται από λιπάσματα και τα οποία έχουν εισχωρήσει στο νερό μέσω απορροών. Ωστόσο οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων αλλά και του αμμωνιακού και φωσφορικού αζώτου είναι πολύ χαμηλές το οποίο σημαίνει ότι ο εμπλουτισμός του εδάφους, με αζωτούχα και φωσφορικά λιπάσματα, δεν είναι πρόσφατος και λόγω των διεργασιών που συμβαίνουν στον κύκλο του αζώτου τα αμμωνιακά μετατρέπονται σε νιτρικά.

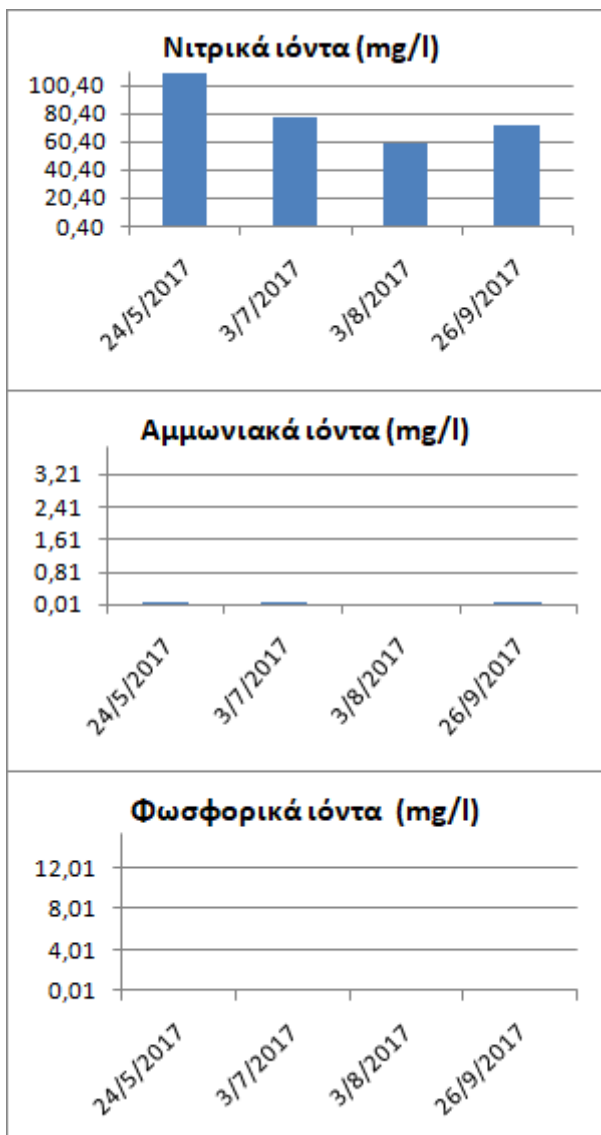
Οργανικές και ανόργανες ουσίες έχουν σταθερή παρουσία σε όλες τις δειγματοληψίες και αυτό φαίνεται από τις τιμές της θολερότητας και επιβεβαιώνεται από το TDS. Καθ όλη την διάρκεια των δειγματοληψιών παρατηρείται η συνεχής παρουσία κοπρανόδων κολοβακτηρίδιων, όπου λόγω της συνεχόμενης παρουσίας τους και των πολλών αποικιών υπάρχει η υποψία για εισροή λυμάτων το οποίο επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα του BOD.



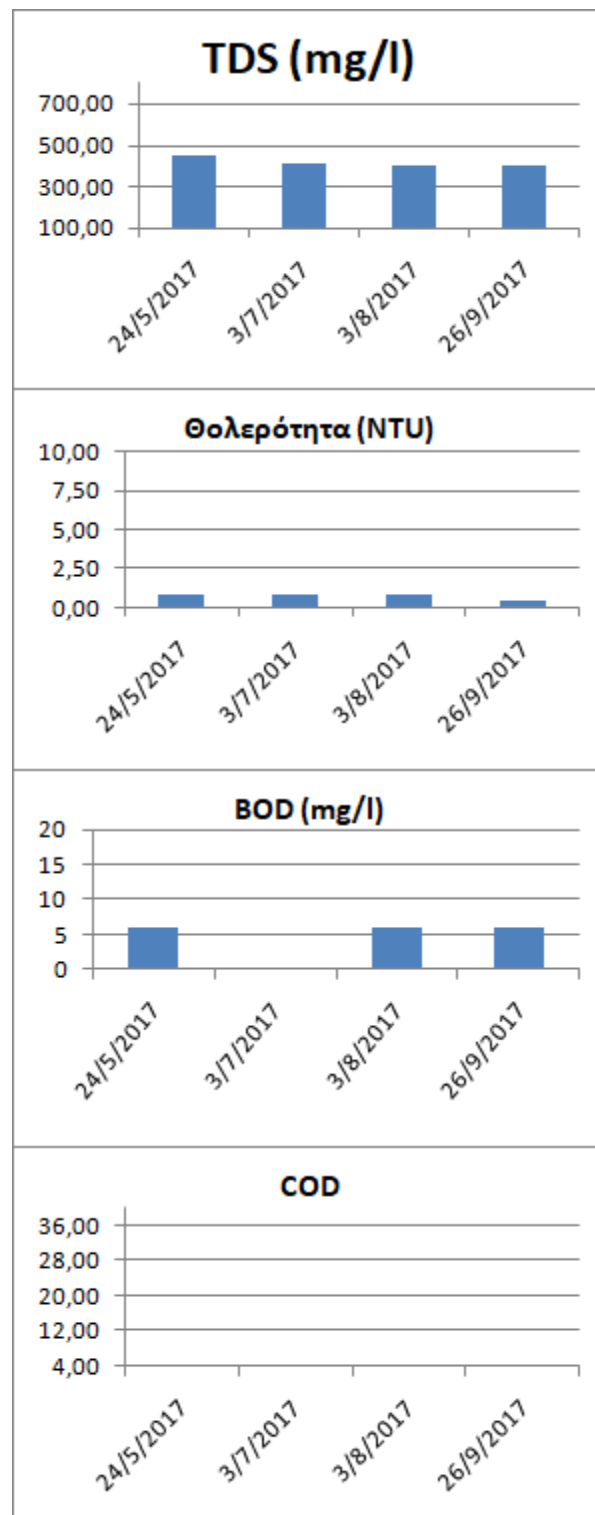
Εικόνα 48: Αργυρώ



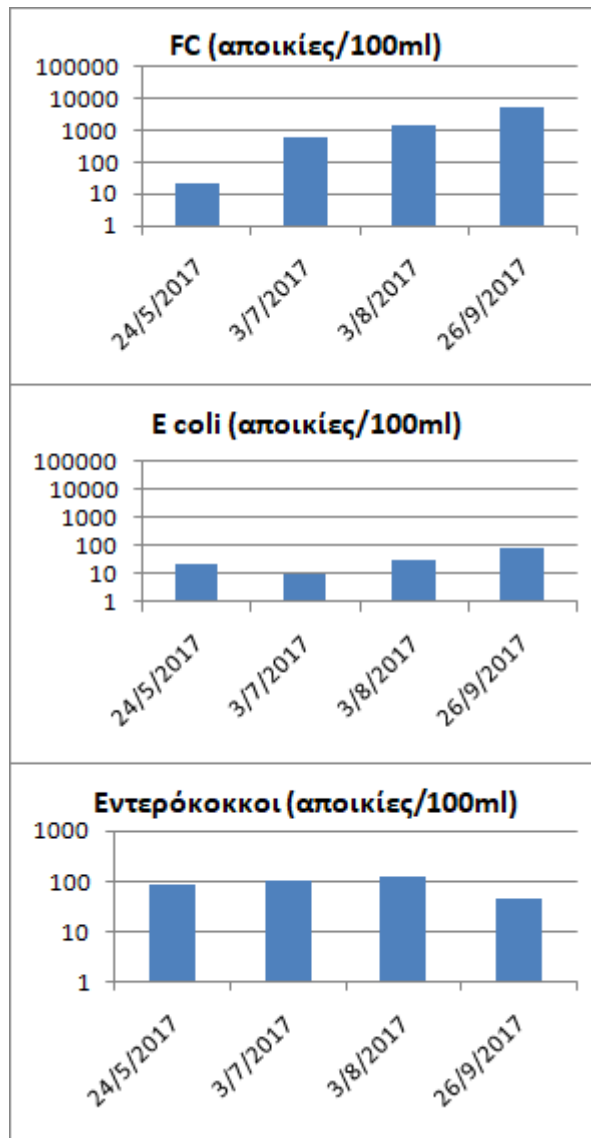
Εικόνα 49: Αργυρώ



Εικόνα 50: Αργυρώ



Εικόνα 51: Αργυρώ

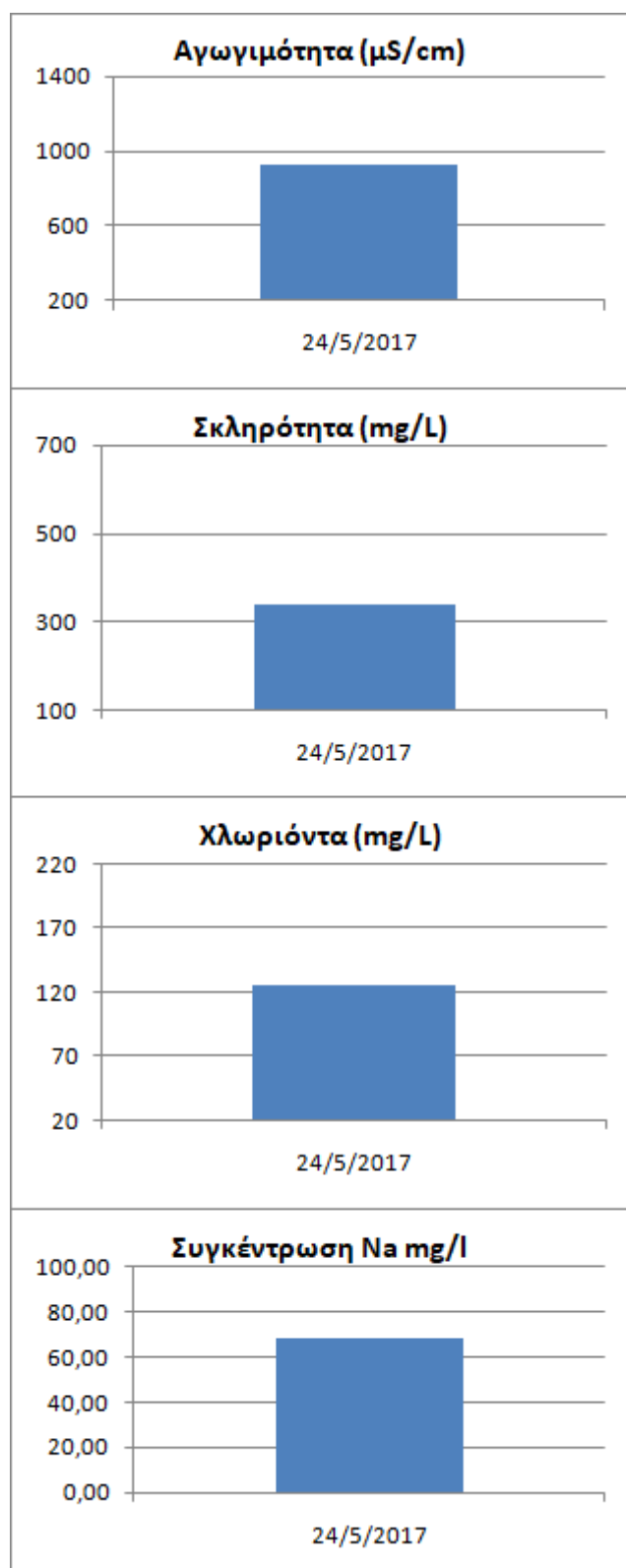


Εικόνα 52: Αργυρώ

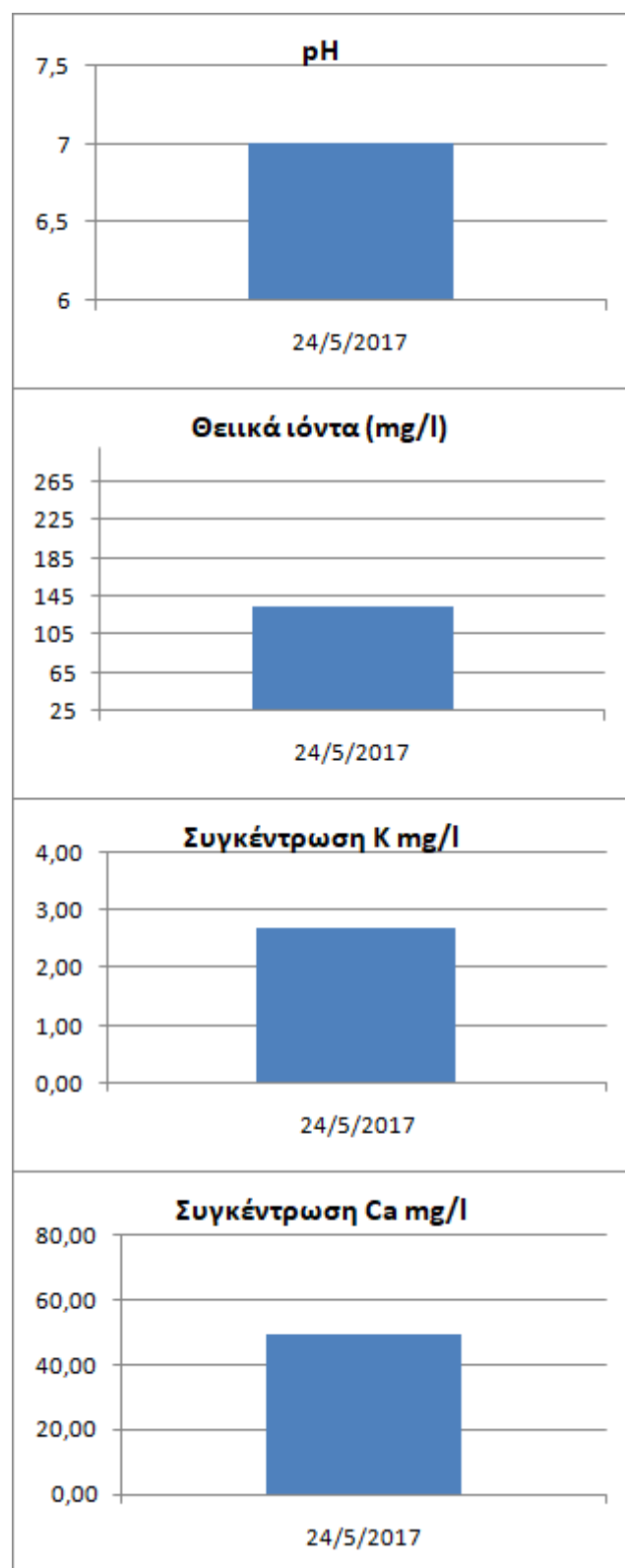
Σημείο δειγματοληψίας: Όαση

Το δείγμα νερού προέρχεται από ιδιωτική γεώτρηση το οποίο αξιοποιείται για την άρδευση καλλιεργειών. Πραγματοποιήθηκε μόνο μία δειγματοληψία με δείγμα από αυτό το σημείο, λόγω έλλειψης συνεννόησης με τον ιδιοκτήτη της γεώτρησης. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Όαση.

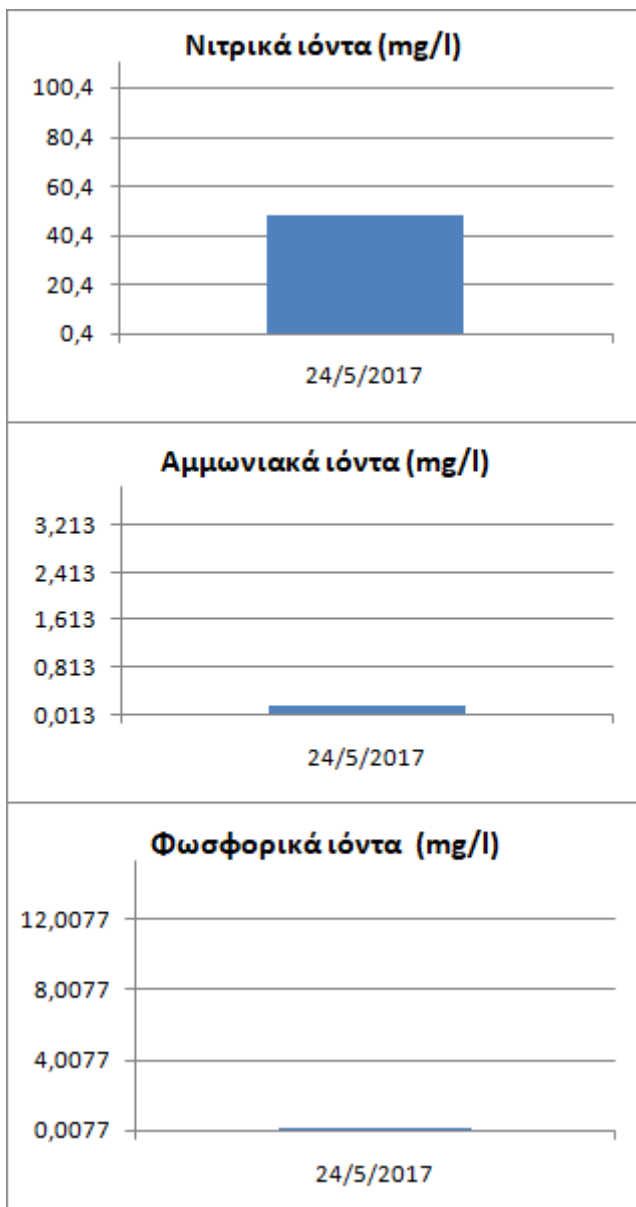
Η σκληρότητα, τα χλωριόντα, το νάτριο και το ασβέστιο είναι δείκτες οι οποίοι αποδεικνύουν την υψηλή αγωγιμότητα και τον αυξημένο αριθμό ιόντων στο νερό. Η παρουσία νιτρικών, θεικών, φωσφορικών ιόντων αλλά και του καλίου καθώς επίσης και του νιτρικού αζώτου οφείλεται σε λιπάσματα τα οποία είναι πλούσια σε θρεπτικά και έχουν εισχωρήσει στον υδροφόρο ορίζοντα. Οργανοληπτικά το χρώμα του δείγματος φανέρωνε την ύπαρξη στερεών και αποδείχθηκε με την μέτρηση της θολερότητας, επίσης επιβεβαιώνεται και από την μέτρηση του TDS. Λόγω των μετρήσεων του BOD και του COD μπορούμε να κάνουμε υπόθεση για μόλυνση από λύματα. Ωστόσο το μικροβιολογικό φορτίο της γεώτρησης είναι μηδενικό.



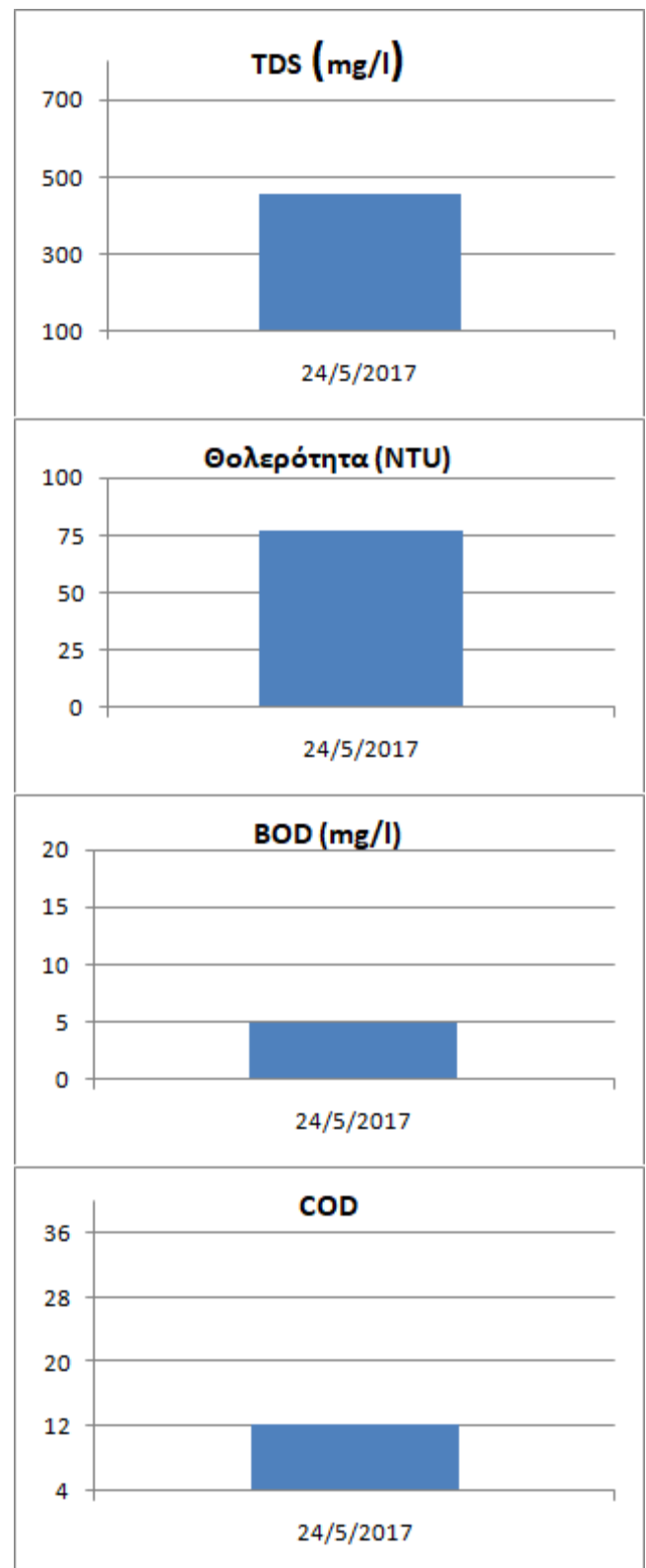
Εικόνα 53: Όαση



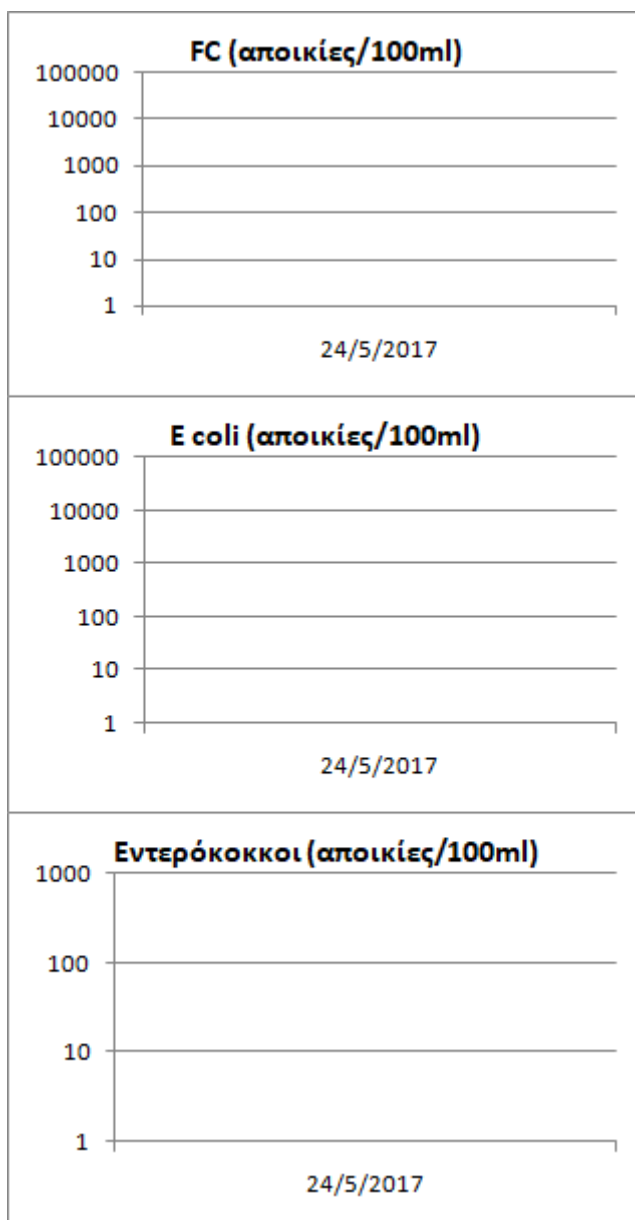
Εικόνα 54: Όαση



Εικόνα 55: Όαση



Εικόνα 56: Όαση



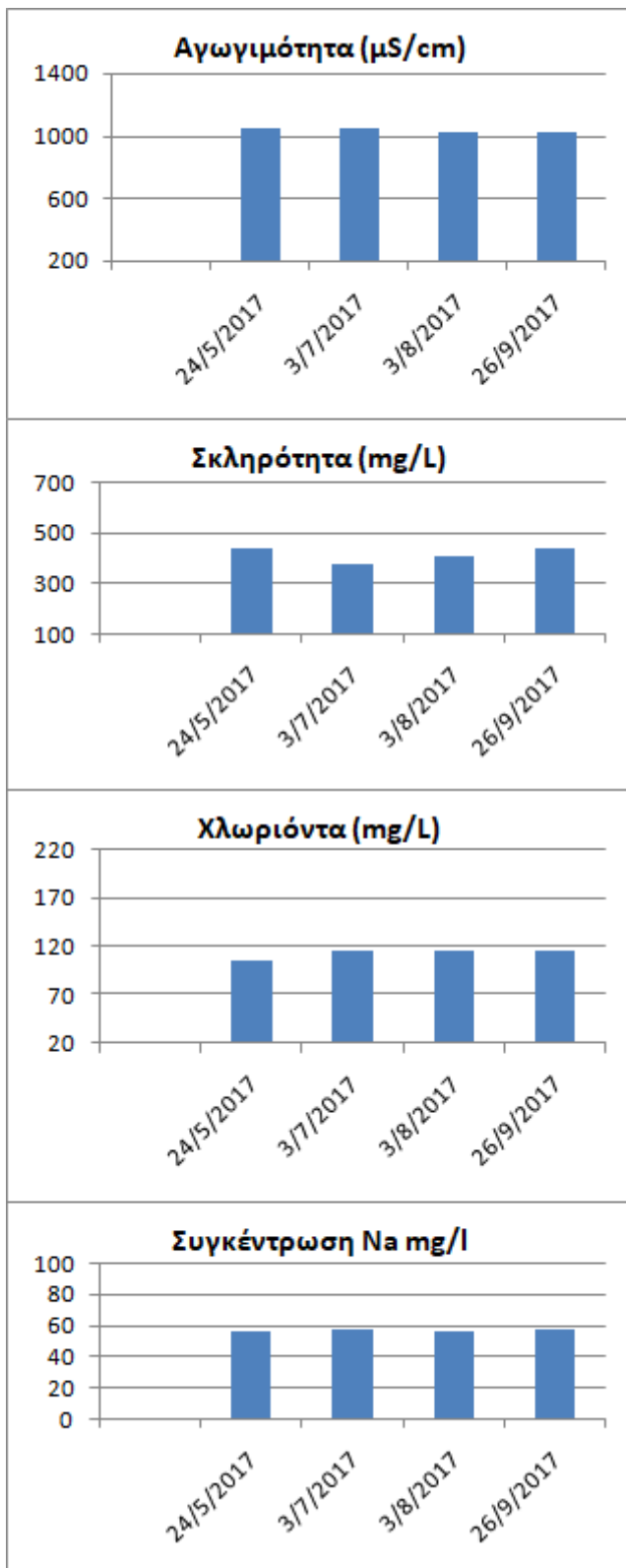
Εικόνα 57: Όαση

Σημείο δειγματοληψίας: Χρυσοπηγή

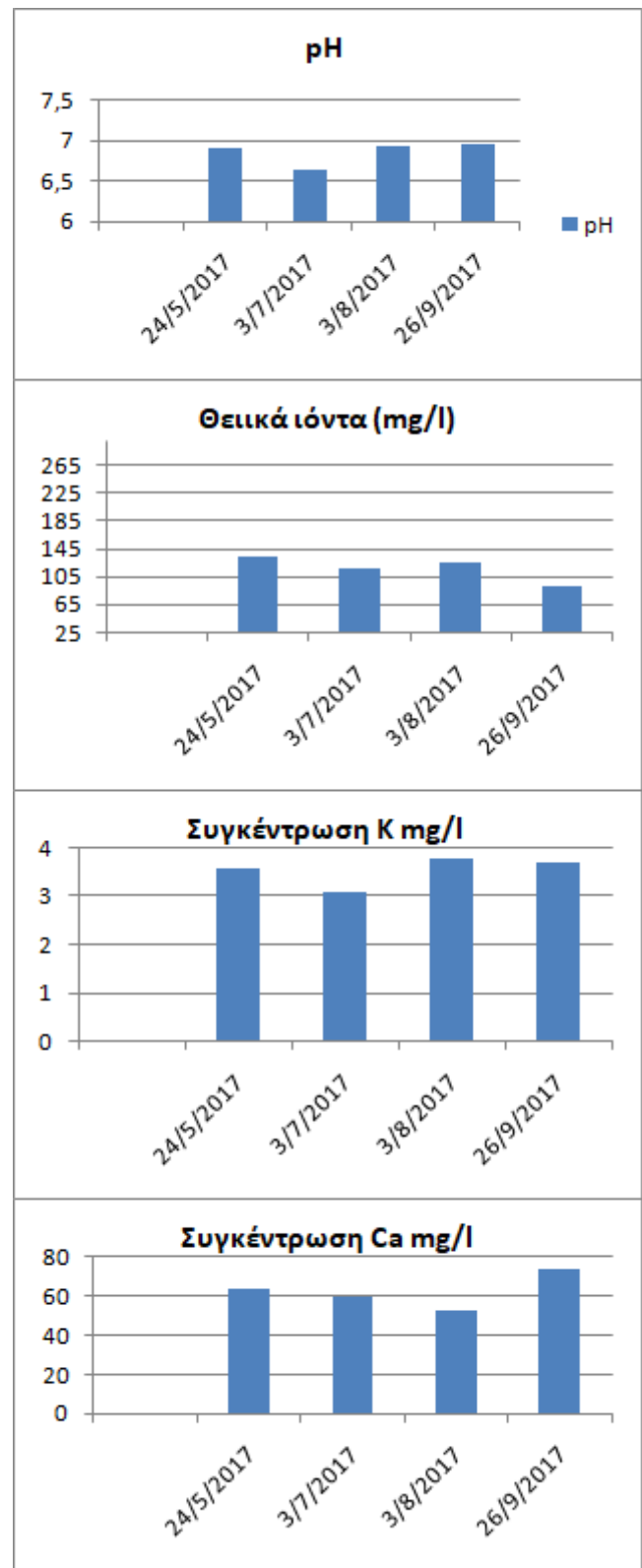
Το δείγμα νερού προέρχεται από γεώτρηση η οποία ανήκει στο μοναστήρι της Χρυσοπηγής και χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς των καλλιεργειών της. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Χρυσοπηγή.

Το νερό της Χρυσοπηγής χαρακτηρίζεται από υψηλή αγωγιμότητας όπως αντίστοιχα υψηλές είναι και οι συγκεντρώσεις των χλωριόντων της σκληρότητας, του νατρίου και του ασβεστίου η οποία υποδηλώνει πως το νερό είναι πλούσιο σε ιόντα. Από τις συγκεντρώσεις των νιτρικών, φωσφορικών, θεικών ιόντων όπως και του νιτρικού αζώτου και του καλίου αποδεικνύεται η εισροή λιπάσματος στον υδροφόρο. Η τιμή της θολερότητας στις 24/5 ήταν υψηλή κάτι το οποίο φαίνεται ήταν παροδικό καθώς στις επόμενες δειγματοληψίες οι τιμές της θολερότητας είναι χαμηλές. Επίσης οι τιμές του BOD δεν είναι υψηλές ώστε να υπάρχει πιθανότητα μόλυνσης από λύματα

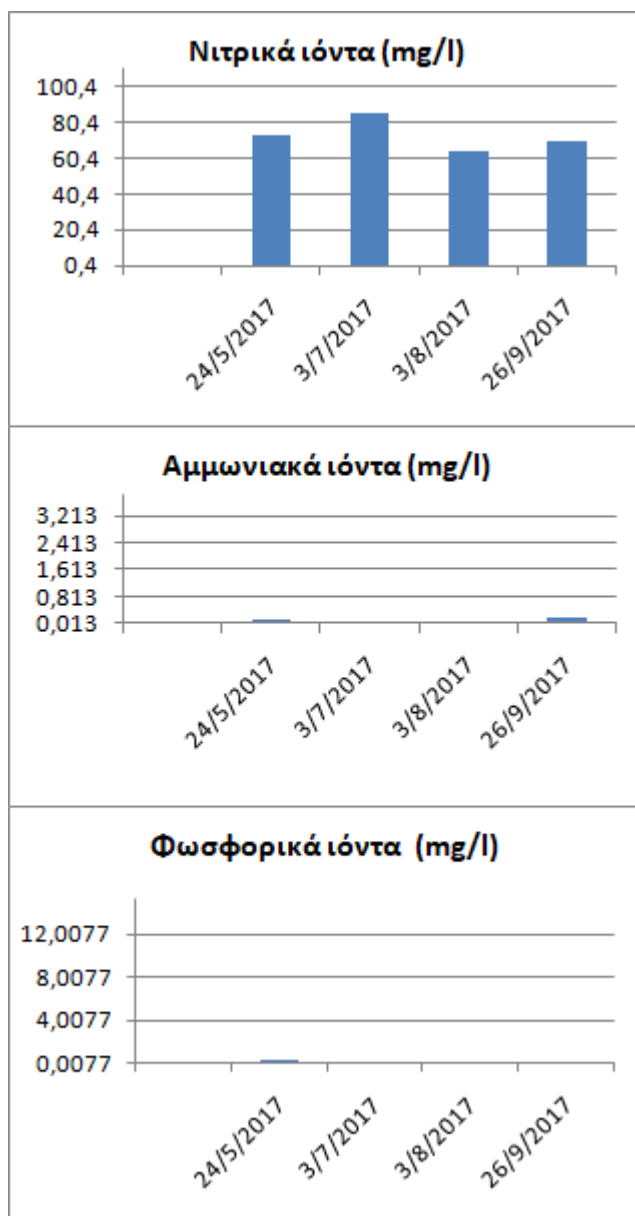
και αυτό αποδεικνύεται και από το μικροβιολογικό φορτίο, το οποίο αν και υπάρχει παρουσία κοπρανώδης μόλυνσης είναι παροδική και όχι σε υψηλές τιμές.



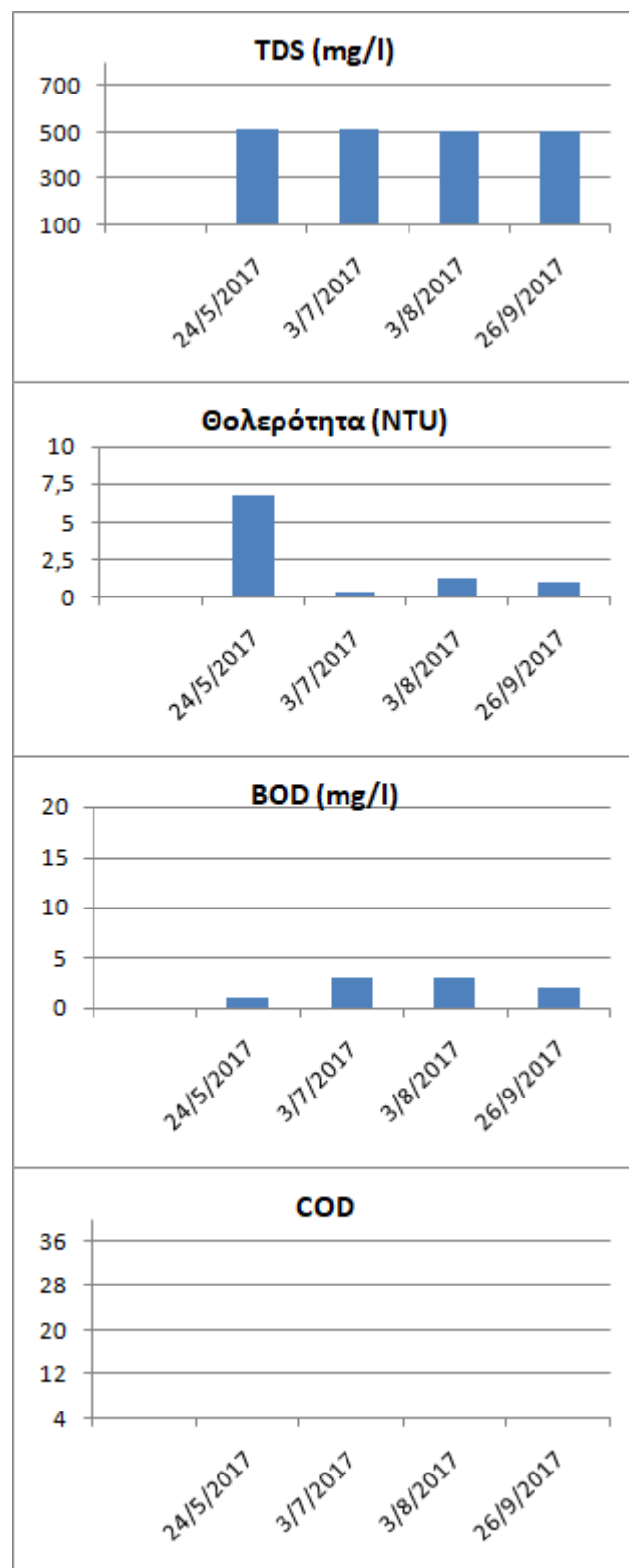
Εικόνα 58: Χρυσοπηγή



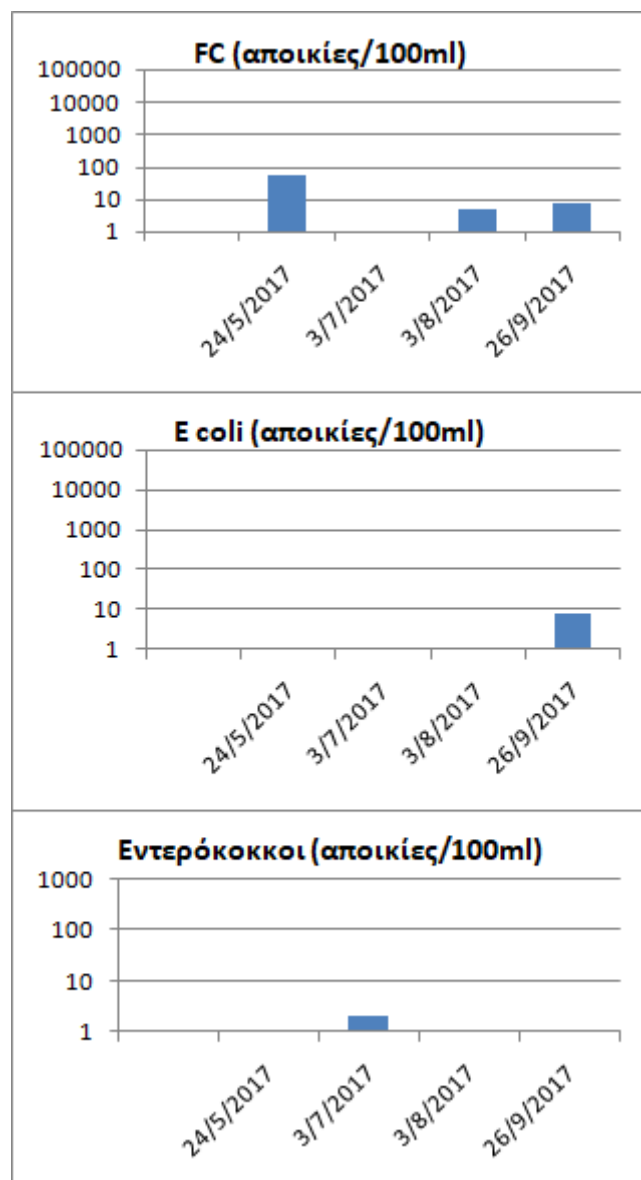
Εικόνα 59: Χρυσοπηγή



Εικόνα 60: Χρυσοπηγή



Εικόνα 61: Χρυσοπηγή

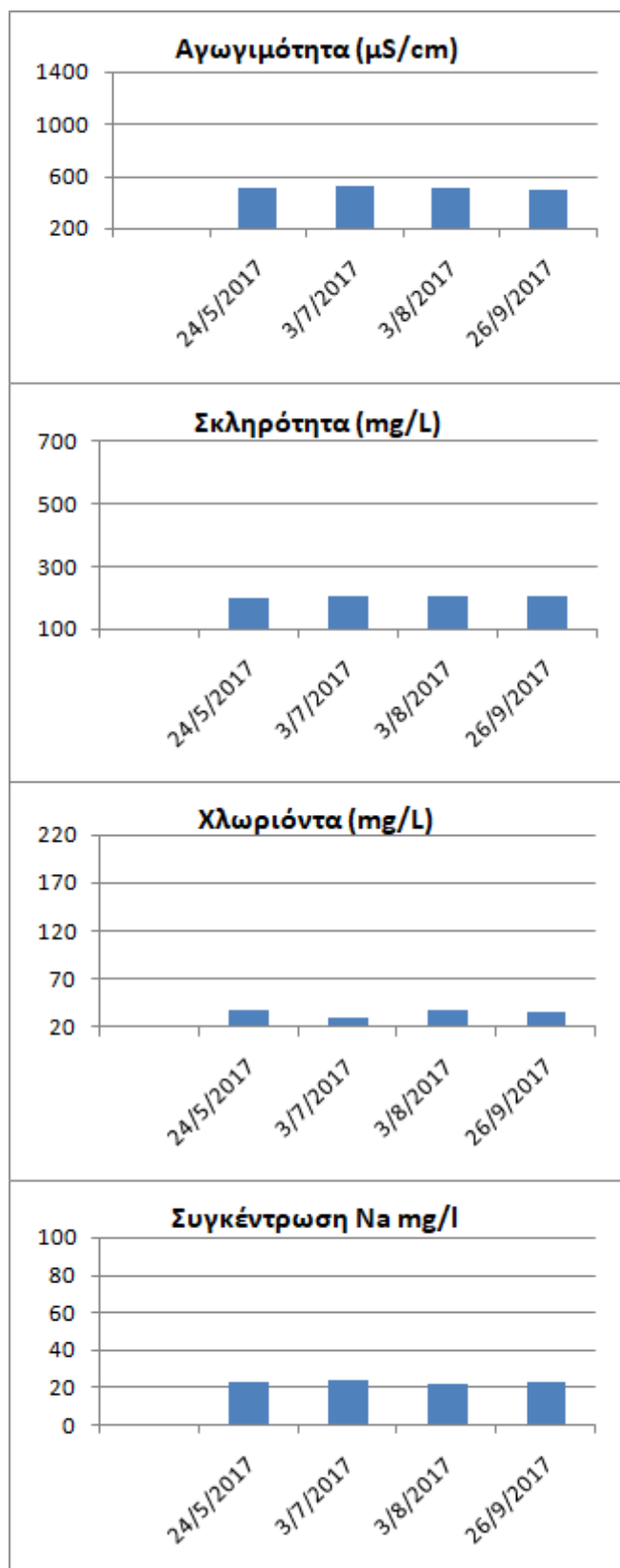


Εικόνα 62: Χρυσοπηγή

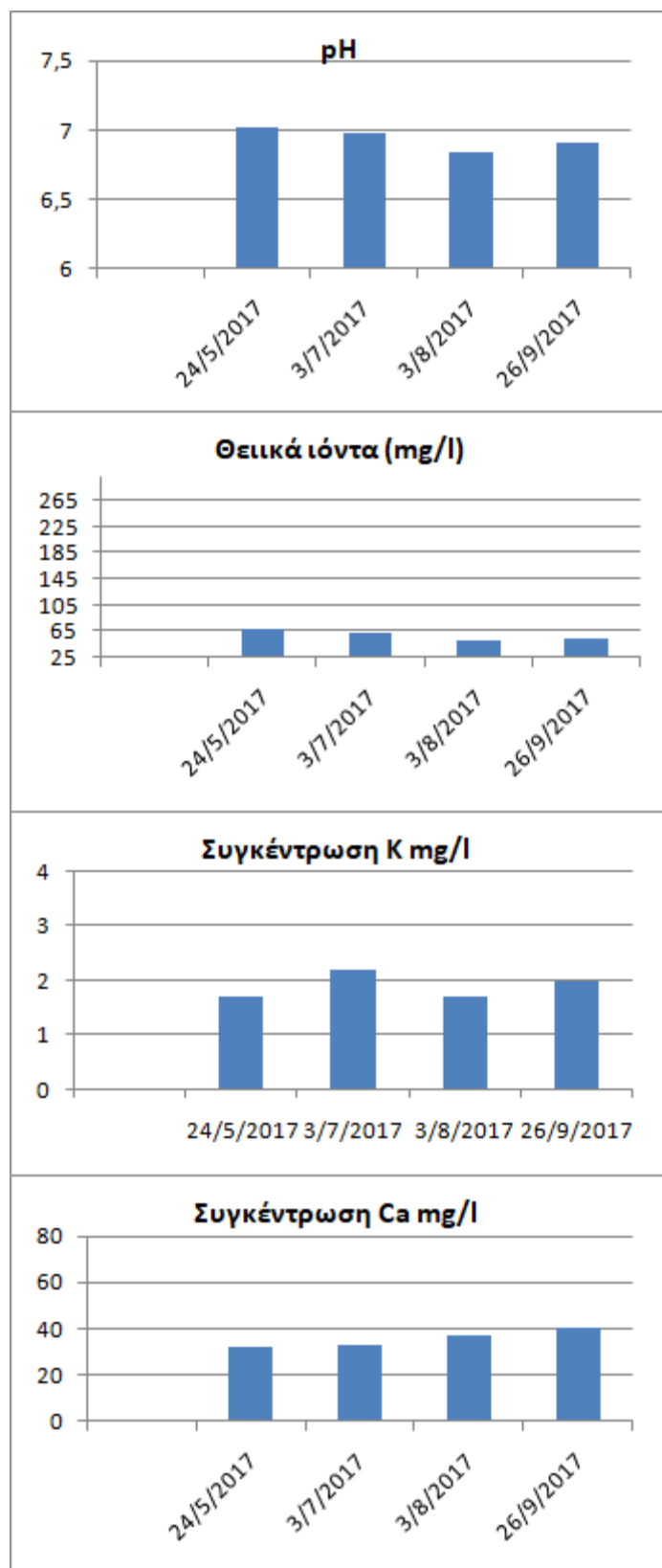
Σημείο δειγματοληψίας: Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου

Το δείγμα νερού προέρχεται από γεώτρηση η οποία ανήκει στο Ινστιτούτο Υποτροπικών Φυτών και Ελιάς και χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών τους. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου.

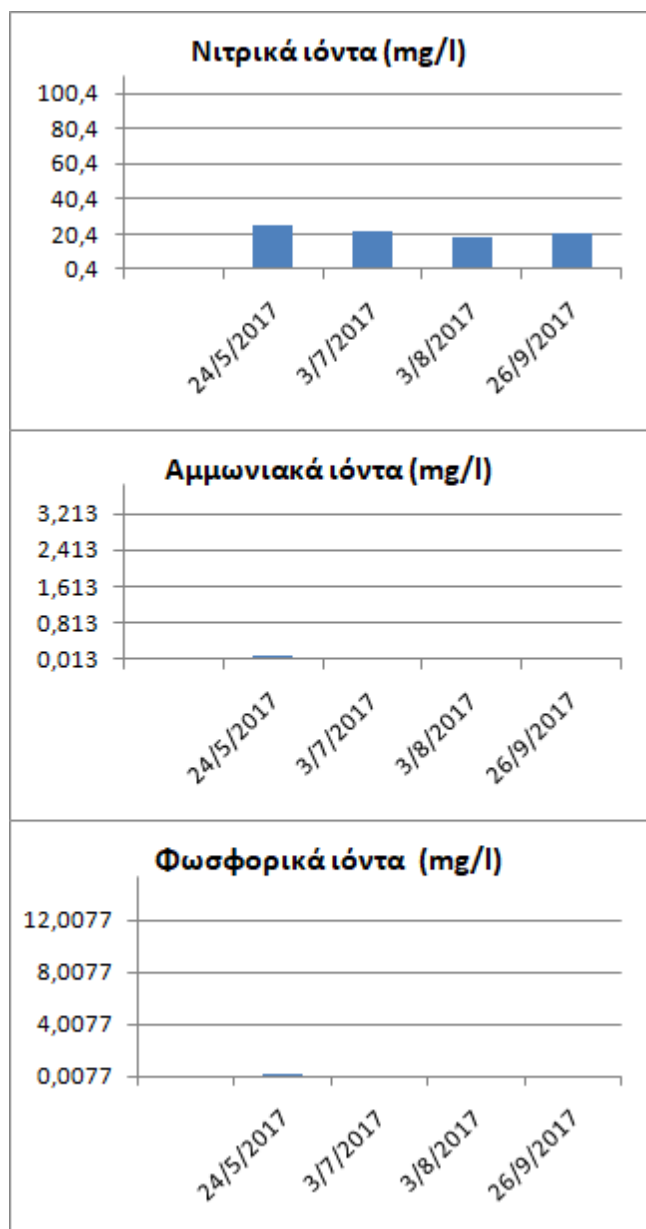
Η αγωγιμότητα του νερού είναι χαμηλή, η οποία συσχετίζεται και με την χαμηλή σκληρότητα και τις συγκεντρώσεις χλωριόντων και νατρίου οι οποίες είναι αντίστοιχα χαμηλές και χαρακτηρίζουν το νερό ως ελαφρώς σκληρό. Τα θειικά και τα νιτρικά ιόντα έχουν χαμηλές συγκεντρώσεις άρα το νερό δεν δέχεται κάποια σημαντική επιβάρυνση από λιπάσματα. Στα δείγματα υπάρχει παρουσία στερεών το οποίο φαίνεται από τις τιμές της θολερότητας. Υπάρχει παρουσία μικροβιολογικού φορτίου η οποία πιθανόν να οφείλεται στην παρουσία θερμόαιμων ζώων στην περιοχή.



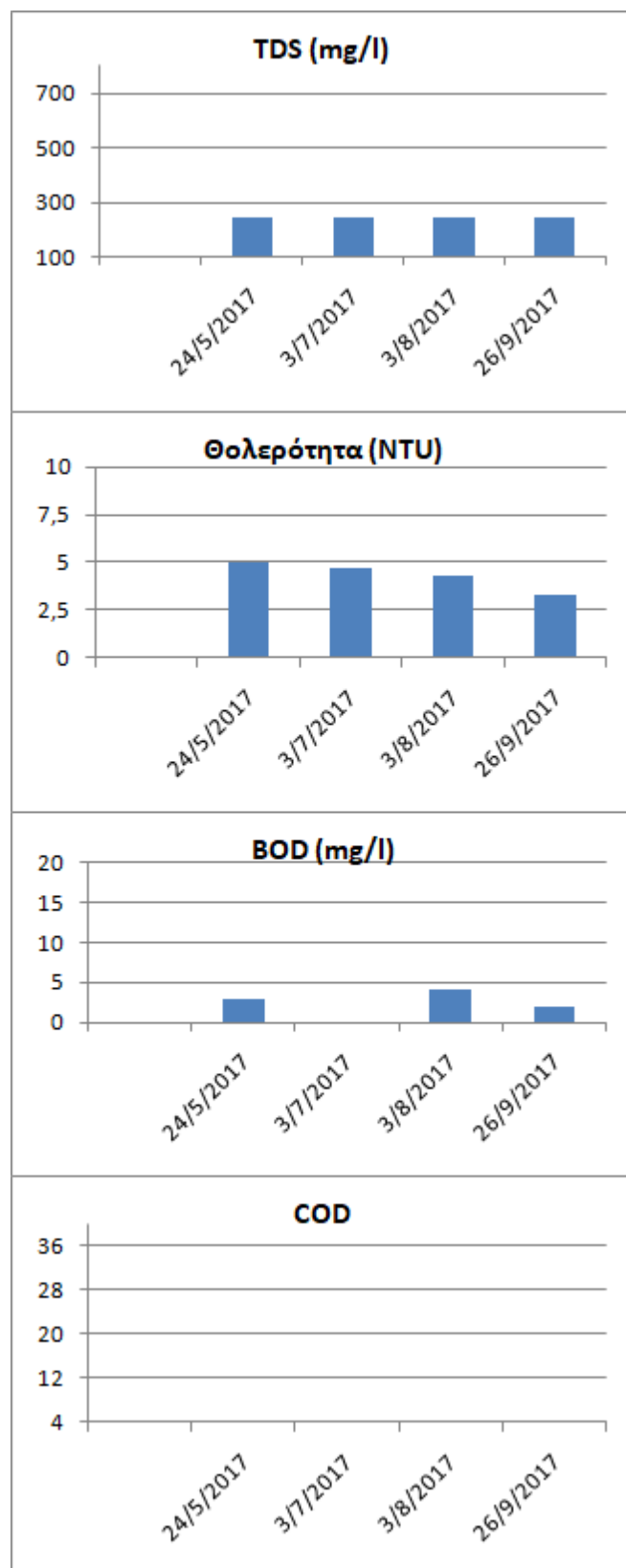
Εικόνα 63: ΙΥΦΕ Νεροκούρου



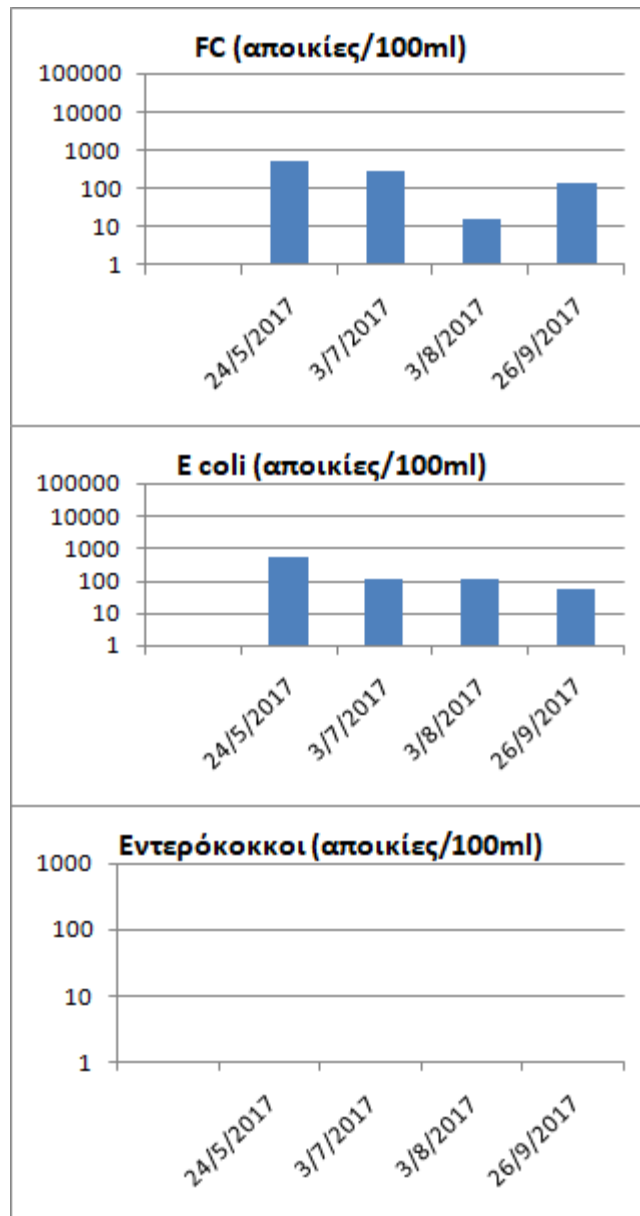
Εικόνα 64: ΙΥΦΕ Νεροκούρου



Εικόνα 65: ΙΥΦΕ Νεροκούρου



Εικόνα 66: ΙΥΦΕ Νεροκούρου



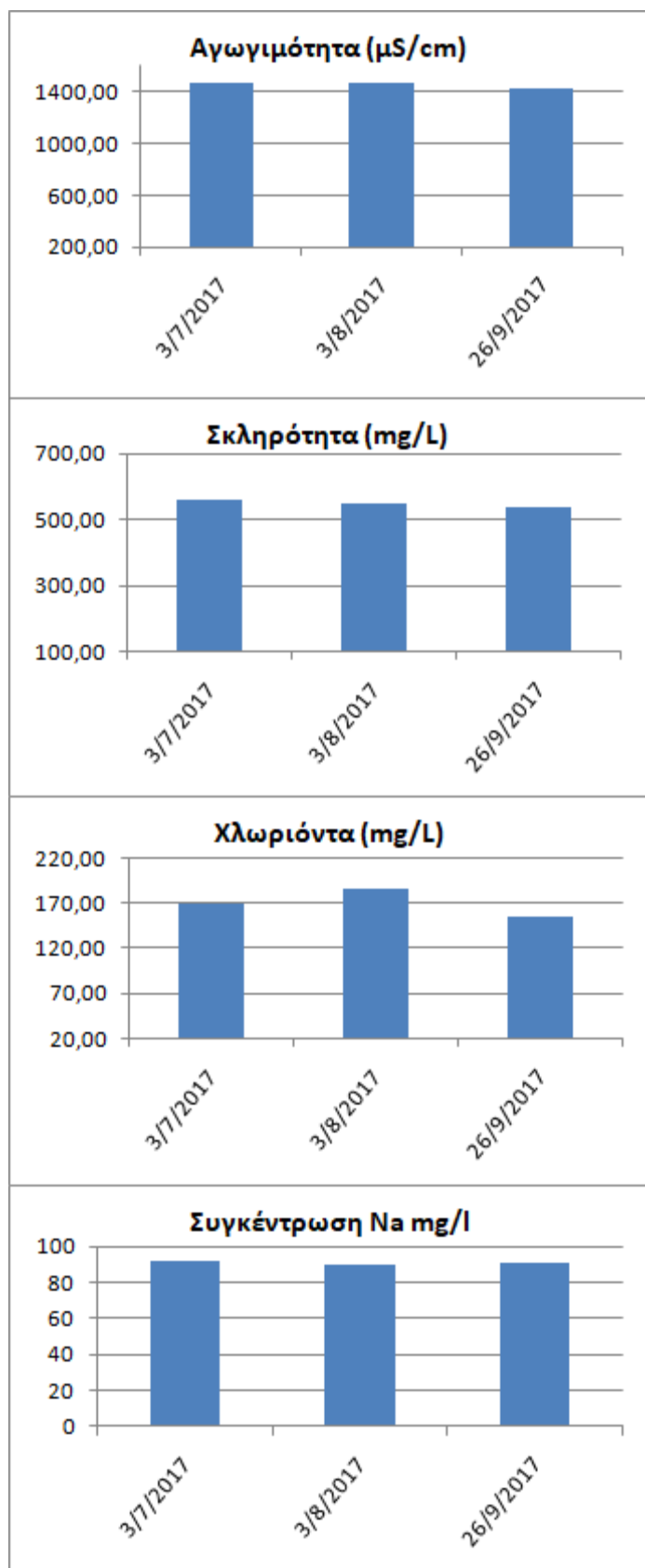
Εικόνα 67: ΙΥΦΕ Νεροκούρου

Σημείο δειγματοληψίας: Μαλλιαράκης

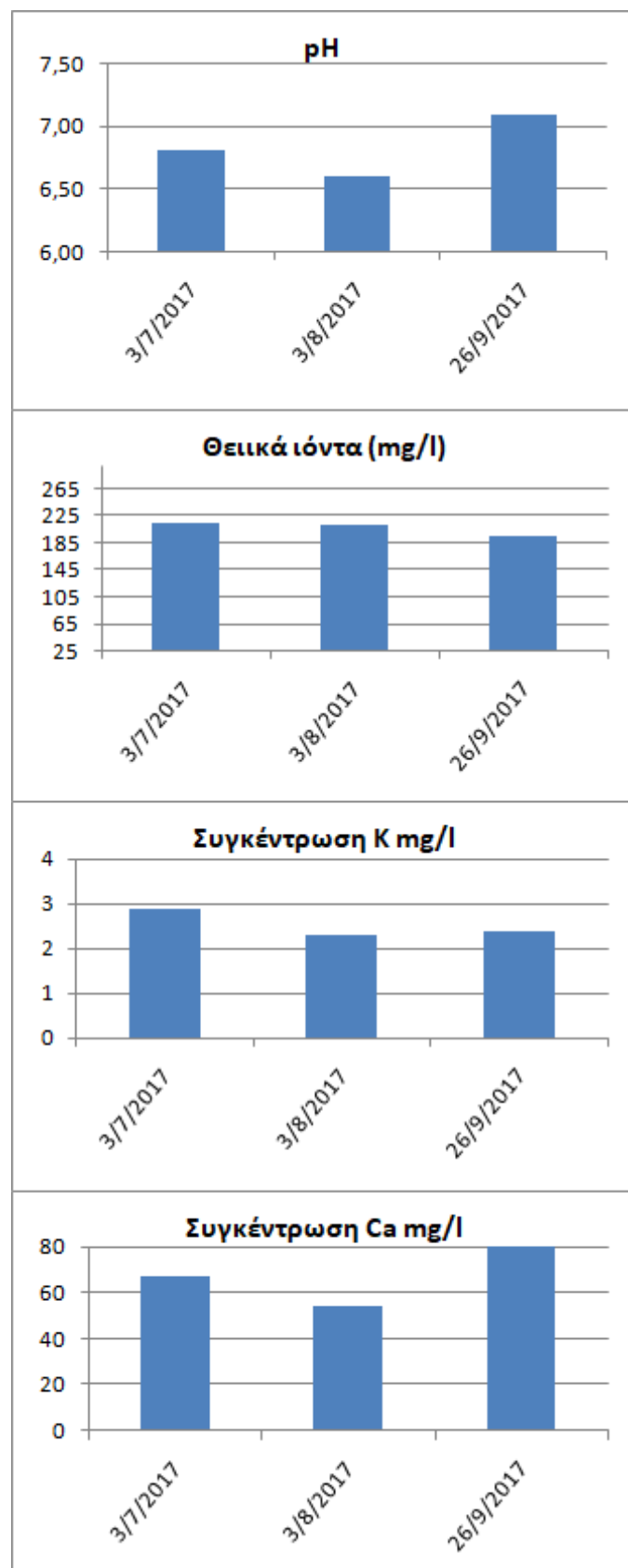
Το δείγμα νερού προέρχεται από πηγάδι το οποίο βρίσκεται στην περιοχή του Κουμπέ και χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Μαλλιαράκης.

Το νερό χαρακτηρίζεται από υψηλή αγωγιμότητα η οποία οφείλεται στην παρουσία ιόντων που επιβεβαιώνεται και από τις μετρήσεις της σκληρότητας των χλωριόντων του νατρίου του ασβεστίου όπου οι συγκεντρώσεις τους είναι υψηλές. Οι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, θειικών ιόντων αλλά και του νιτρικού αζώτου είναι παράμετροι οι οποίοι δείχνουν την εισροή αζωτούχων λιπασμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα. Ωστόσο η τόσο υψηλή αγωγιμότητα σε συνάρτηση με τις υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών αποτελούν ένδειξη μόλυνσης από λύματα το οποίο επιβεβαιώνεται από το BOD και το COD, τα οποία εμφανίζουν ανησυχητικές τιμές. Λόγω του ισχυρισμού αυτού αναμενόμενη είναι η ύπαρξη κοπρανόδων

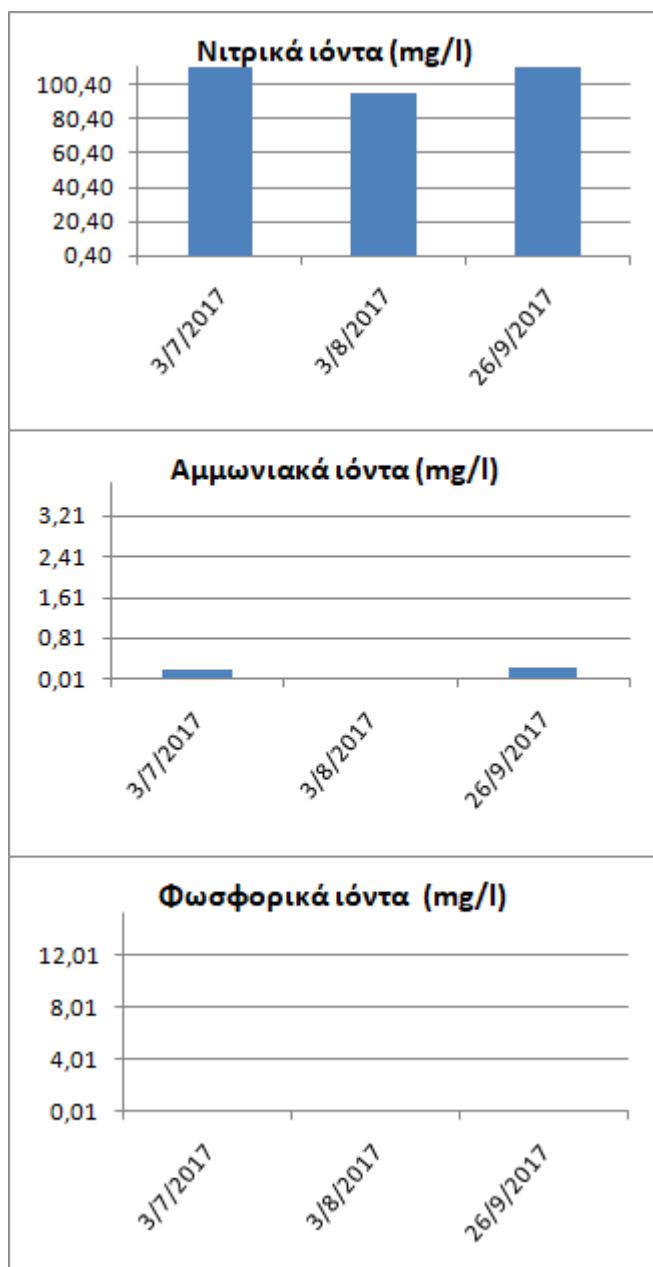
κολοβακτηριδίων των οποίων οι παράμετροι που μετρήθηκαν παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις αποικιών.



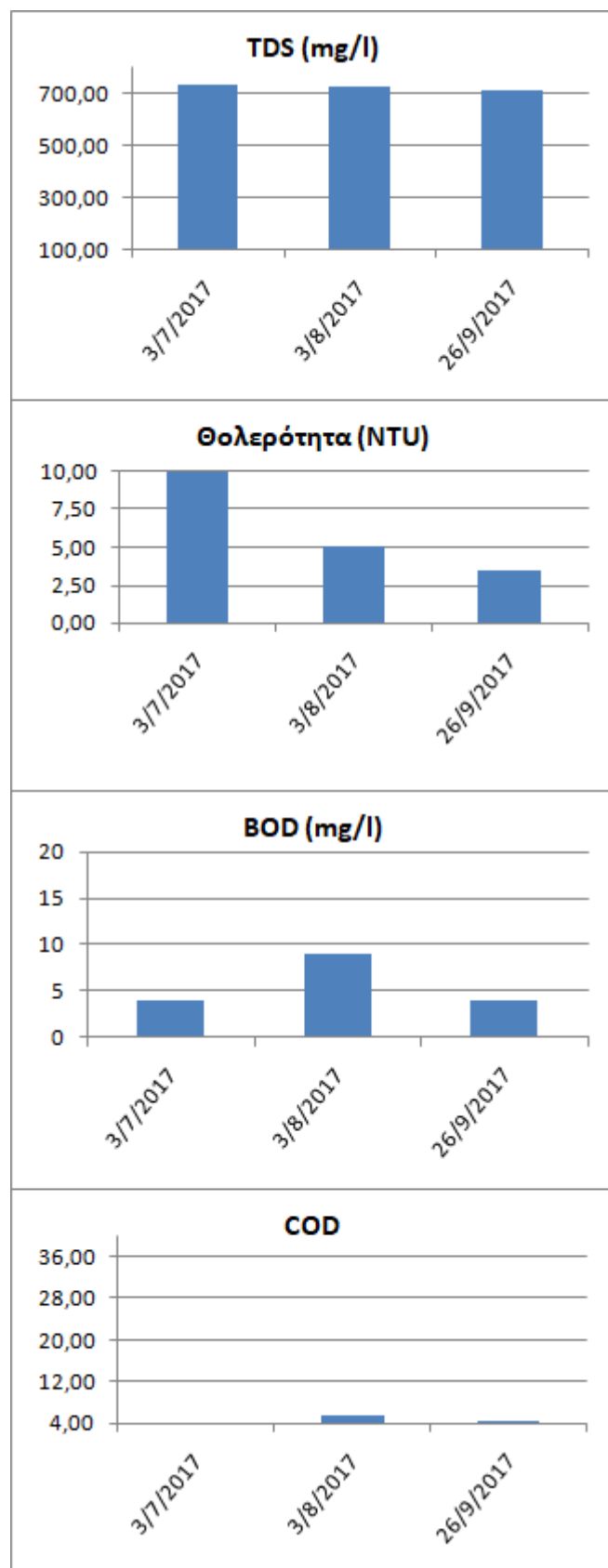
Εικόνα 68: Μαλλιαράκης



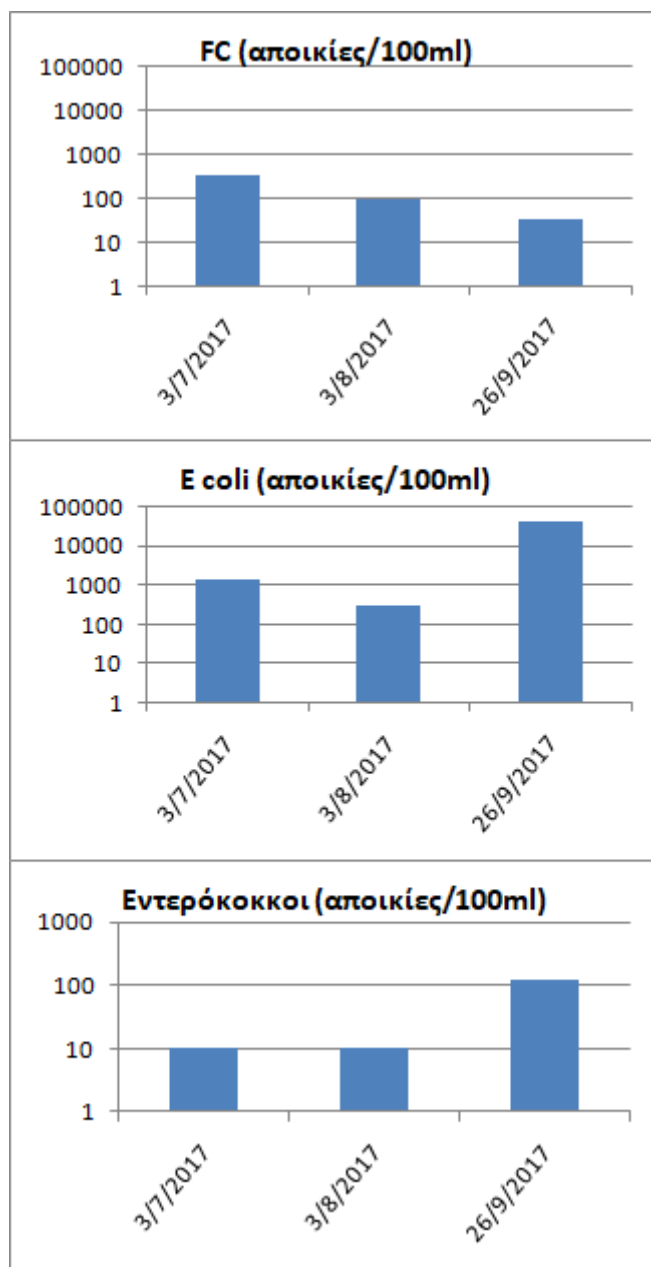
Εικόνα 69: Μαλλιαράκης



Εικόνα 70: Μαλλιαράκης



Εικόνα 71: Μαλλιαράκης



Εικόνα 72: Μαλλιαράκης

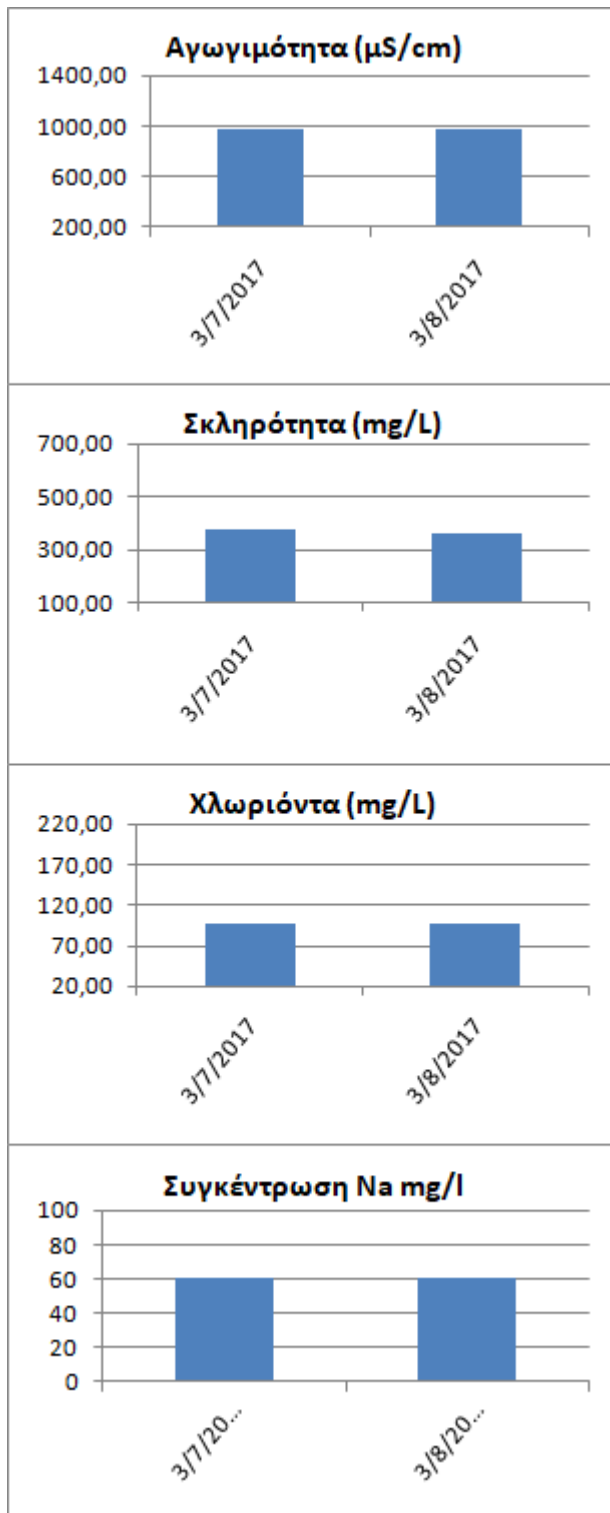
Σημείο δειγματοληψίας: Πεντάρης

Το δείγμα νερού προέρχεται από ιδιωτικό πηγάδι όπου βρίσκεται στην περιοχή του Κουμπέ και το οποίο χρησιμοποιείται για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών. Ακολουθούν τα αποτελέσματα των παραμέτρων που ελέγχθησαν καθώς και η στατιστική τους ανάλυση.

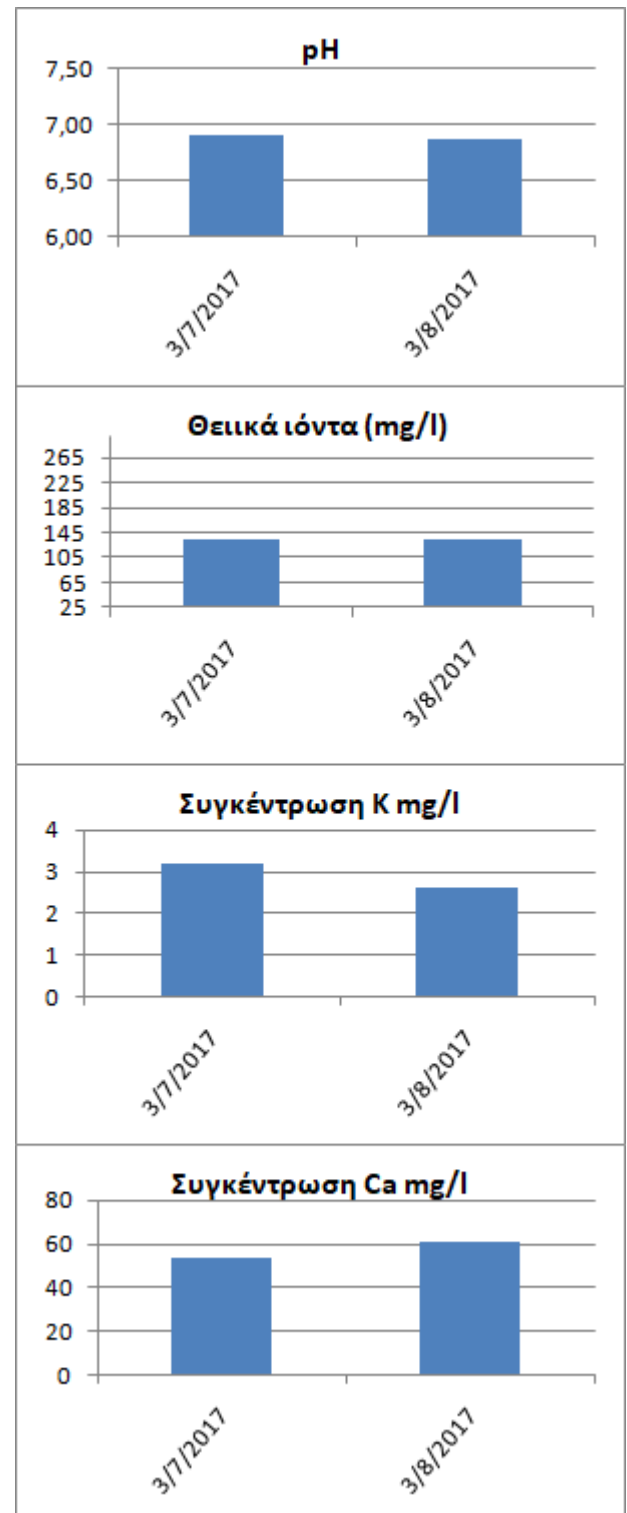
Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Πεντάρης.

Η αγωγιμότητα του νερού είναι υψηλή, άρα περιέχει μεγάλο αριθμό ιόντων και αποδεικνύεται και από τις συγκεντρώσεις της σκληρότητας, των χλωριόντων, του νατρίου αλλά και του ασβεστίου. Υπάρχει παρουσία θρεπτικών στο νερό, όπως θεικών, νιτρικών ιόντων αλλά και καλίου τα οποία προέρχονται από τον εμπλουτισμό του εδάφους με λιπάσματα. Οι παράμετροι των θεικών και νιτρικών είναι επίσης ένδειξη εισροής λυμάτων το οποίο επιβεβαιώνεται από τις μετρήσεις του

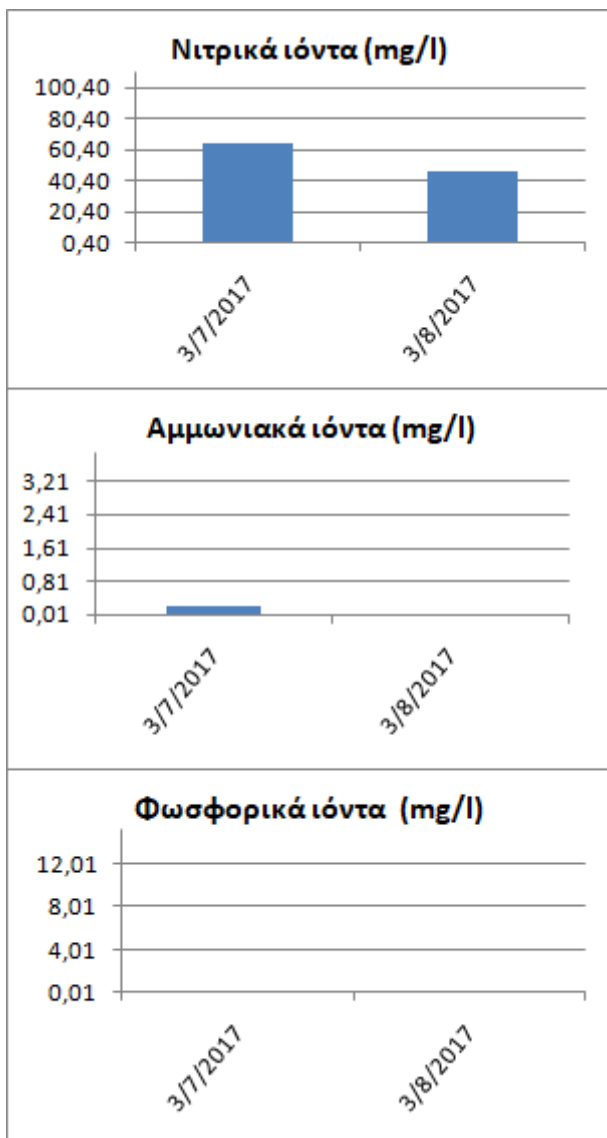
BOD και του COD οι οποίες είναι υψηλές. Αντίστοιχα και οι μετρήσεις του μικροβιολογικού φορτίου αποδεικνύουν την ύπαρξη λυμάτων.



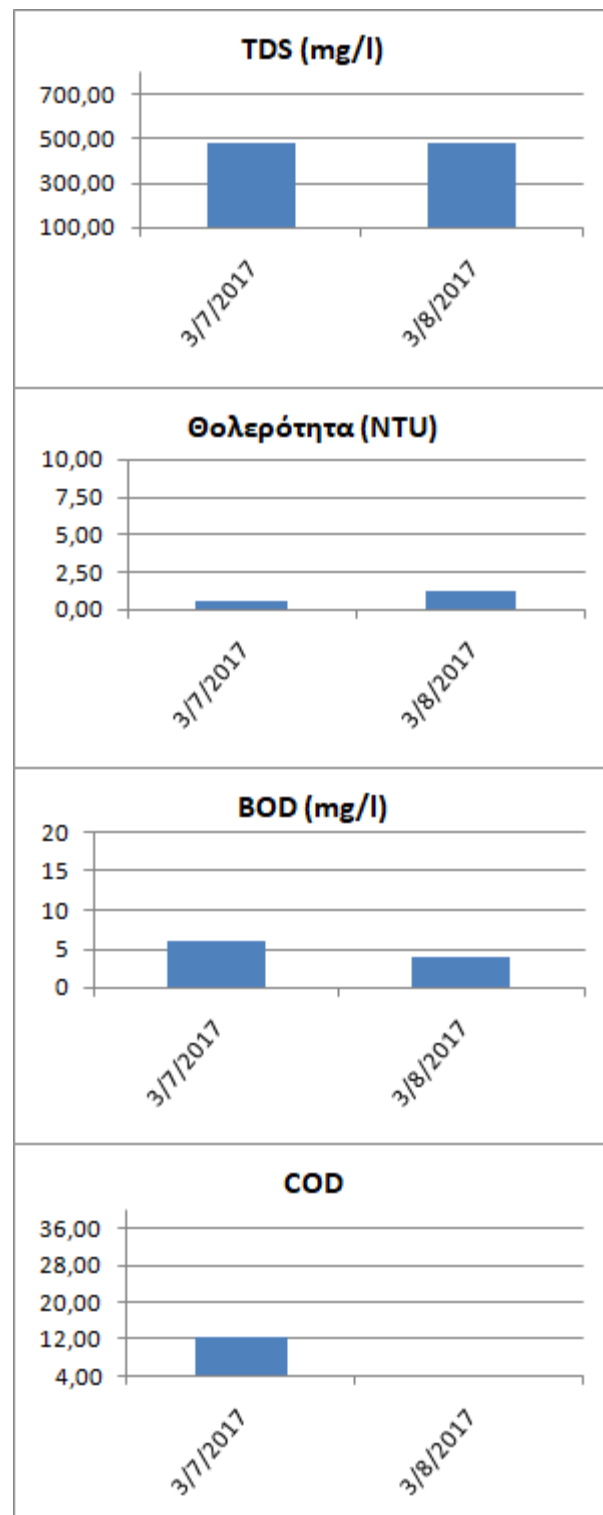
Εικόνα 73: Πεντάρης



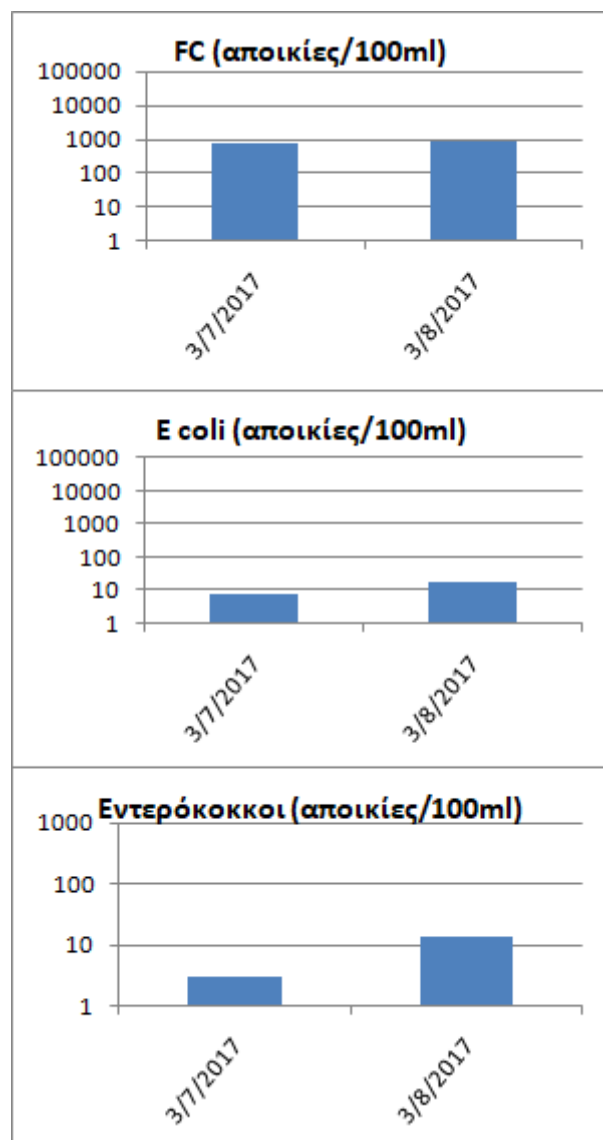
Εικόνα 74: Πεντάρης



Εικόνα 75: Πεντάρης



Εικόνα 76: Πεντάρης

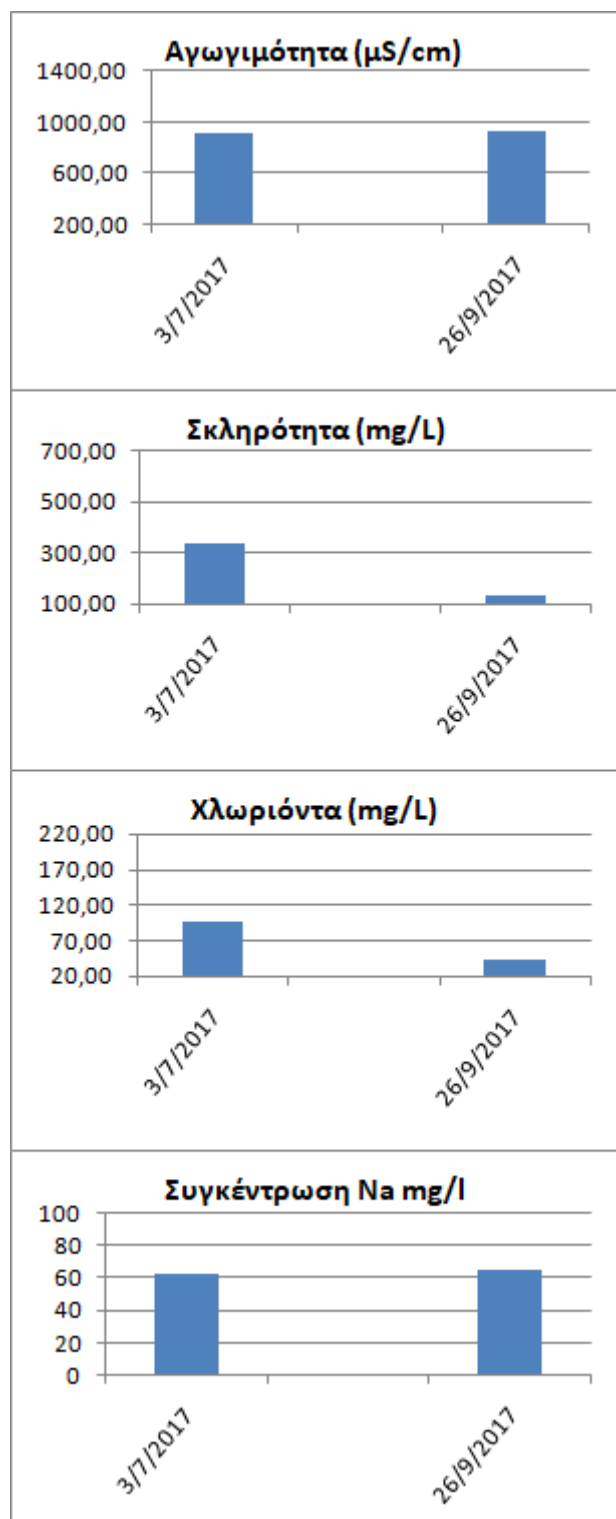


Εικόνα 77: Πεντάρης

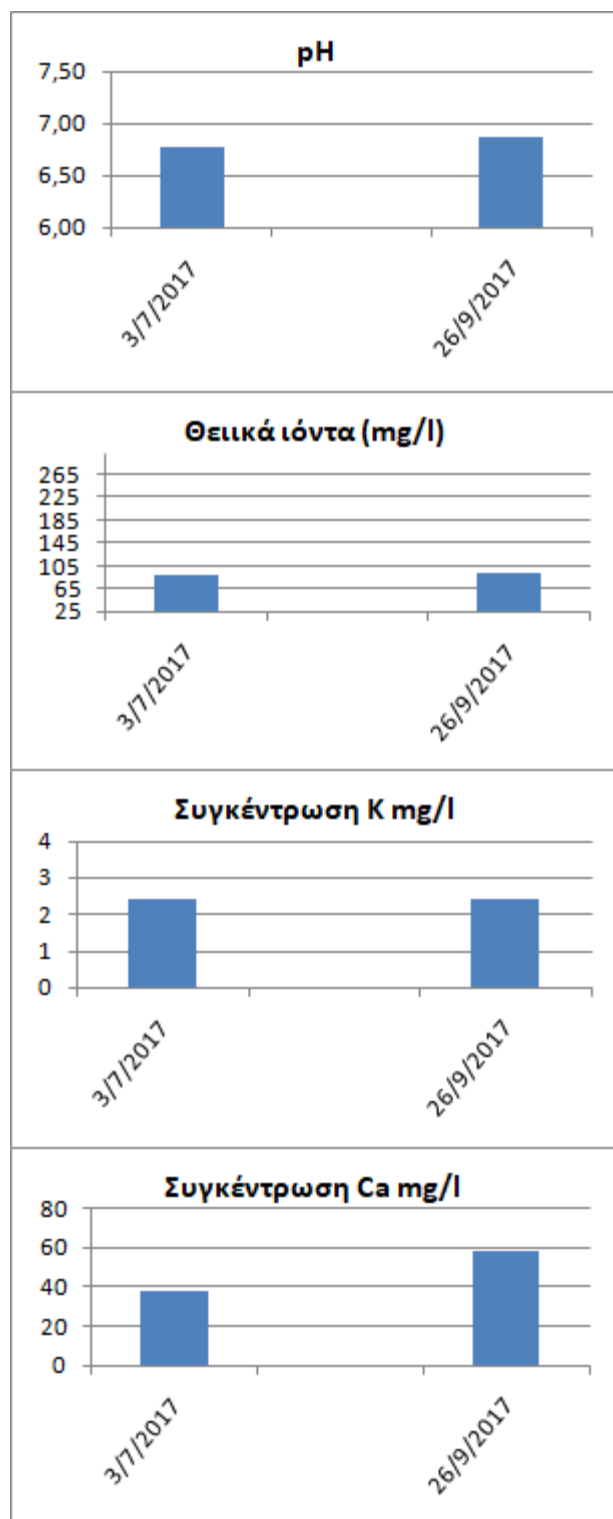
Σημείο δειγματοληψίας: Μαραβελάκης

Το δείγμα νερού προέρχεται από ιδιωτικό πηγάδι το οποίο βρίσκεται στην περιοχή του Κουμπέ μέσα σε καλλιεργήσιμη έκταση και χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών των καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό. Παρακάτω βρίσκονται τα διαγράμματα που αφορούν την κάθε παράμετρο ξεχωριστά για το σημείο δειγματοληψίας Μαραβελάκης.

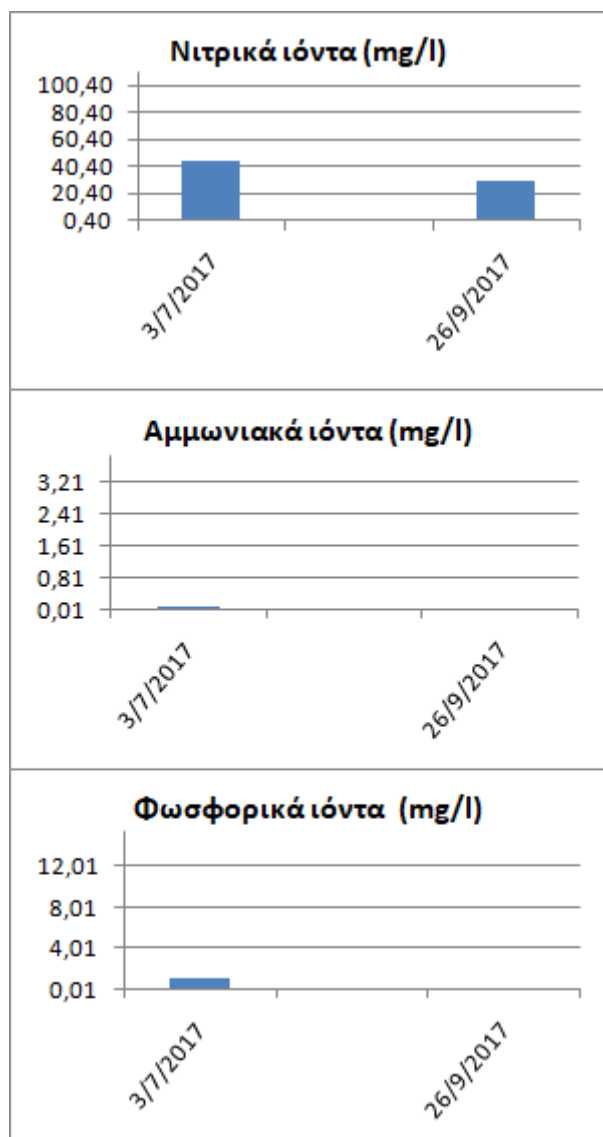
Το πηγάδι χαρακτηρίζεται από υψηλή αγωγιμότητα, όπως αντίστοιχα και υψηλή σκληρότητα, χλωριόντα, νάτριο και ασβέστιο το οποίο οφείλεται στην μεγάλη ποσότητα ιόντων που υπάρχουν στο νερό. Το νερό επίσης είναι εμπλουτισμένο σε θρεπτικά όπως, θειικά, νιτρικά, φωσφορικά ιόντα, σε νιτρικό άζωτο, σε φωσφορικό φώσφορο αλλά και σε κάλιο όπου η παρουσία τους οφείλεται σε αζωτούχα και φωσφορούχα λιπάσματα. Οι ενδείξεις των μετρήσεων του BOD δεν αποτελούν κάποια ανησυχία για τυχόν μόλυνση από λύματα. Υπάρχει ένδειξη μικροβιολογικού φορτίου από κοπρανώδη κολοβακτηρίδια που πιθανόν οφείλεται από την παρουσία ζώων στην περιοχή.



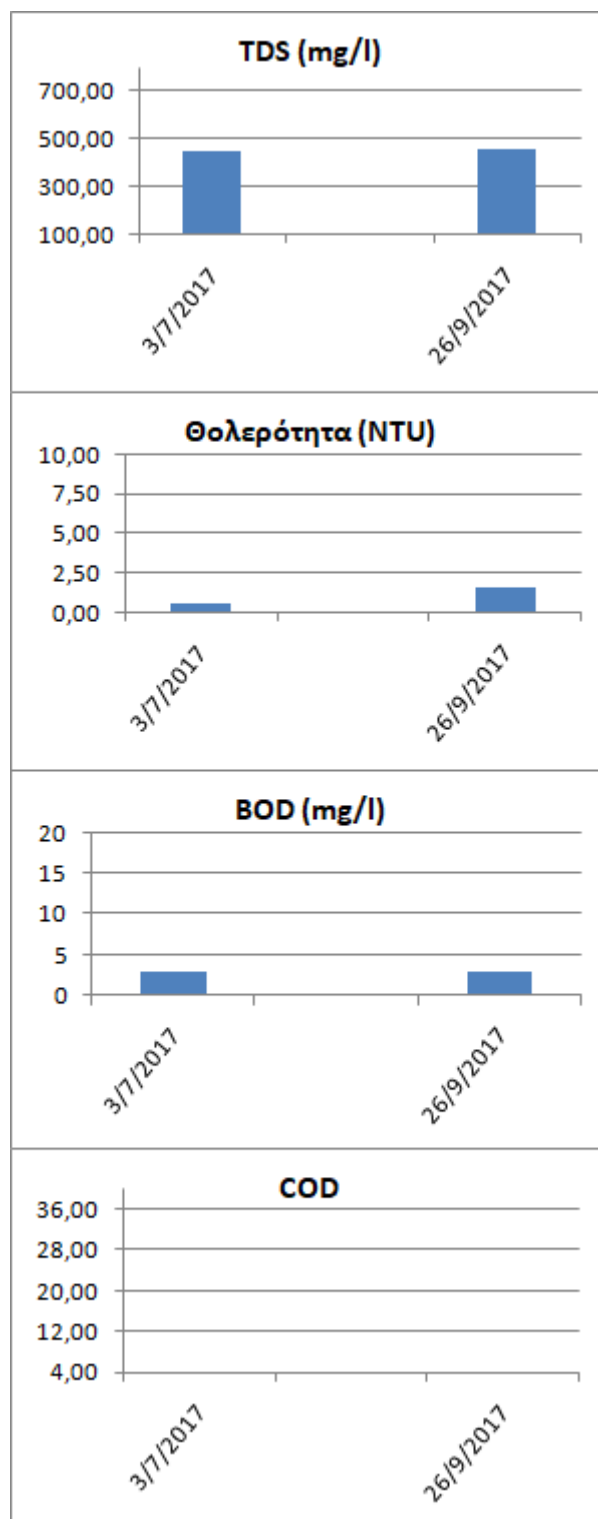
Εικόνα 78: Μαραβελάκης



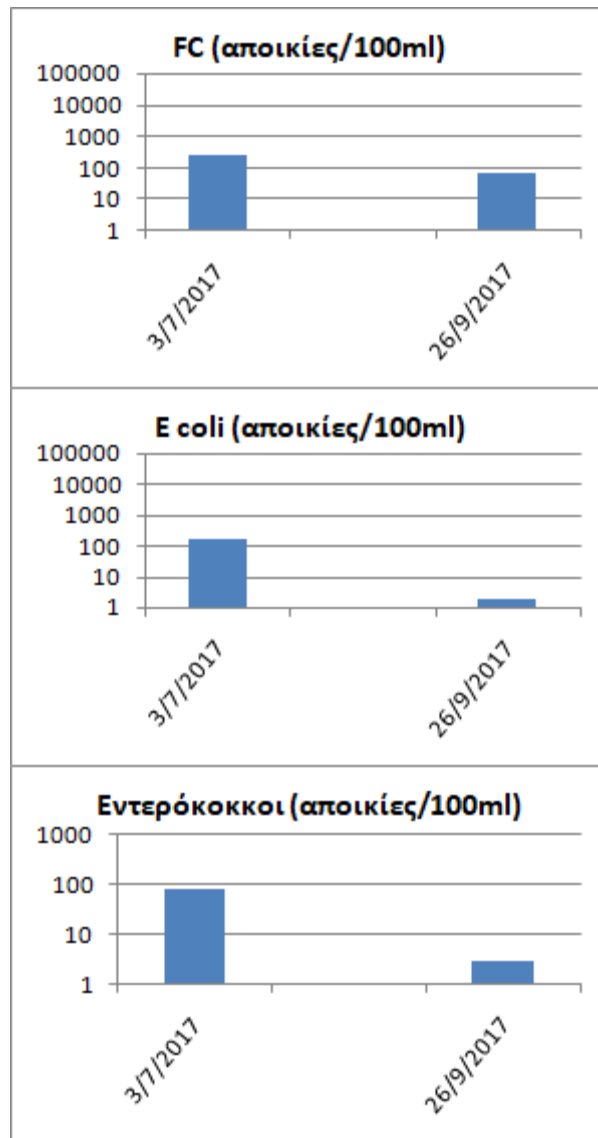
Εικόνα 79: Μαραβελάκης



Εικόνα 80: Μαραβελάκης



Εικόνα 81: Μαραβελάκης



Εικόνα 82: Μαραβελάκης

5.1.2 Αποτελέσματα και συμπεράσματα ανά ημερομηνία

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα ανά σημείο δειγματοληψίας. Παρακάτω θα εξεταστεί η εικόνα της ποιότητας νερού που δίνεται κατά τις 5 δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν και θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των παραμέτρων μεταξύ τους ανά ημερομηνία δειγματοληψίας. Επίσης υπάρχουν και διαγράμματα που αποτυπώνουν τα αποτελέσματα τα οποία θα βοηθήσουν στον σχολιασμό και στα συμπεράσματα που πρόκειται να αναλυθούν παρακάτω.

- **Πρώτη δειγματοληψία στις 5/4/2017**

Η πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 5/4/2017, όπου έγινε η συλλογή τεσσάρων δειγμάτων από τις πηγές Αγ. Βαρβάρα και Μπουτσουνάρια όπως επίσης από τις γεωτρήσεις του Κινδελή και της Μονής Κοιμήσεως.

Πίνακας 7 Πρώτη δειγματοληψία

5/4/2017	
Μπουτσουνάρια	Πηγή
Κινδελής	Γεώτρηση
Αγ. Βαρβάρα	Πηγή
Μονή Κοιμήσεως	Γεώτρηση

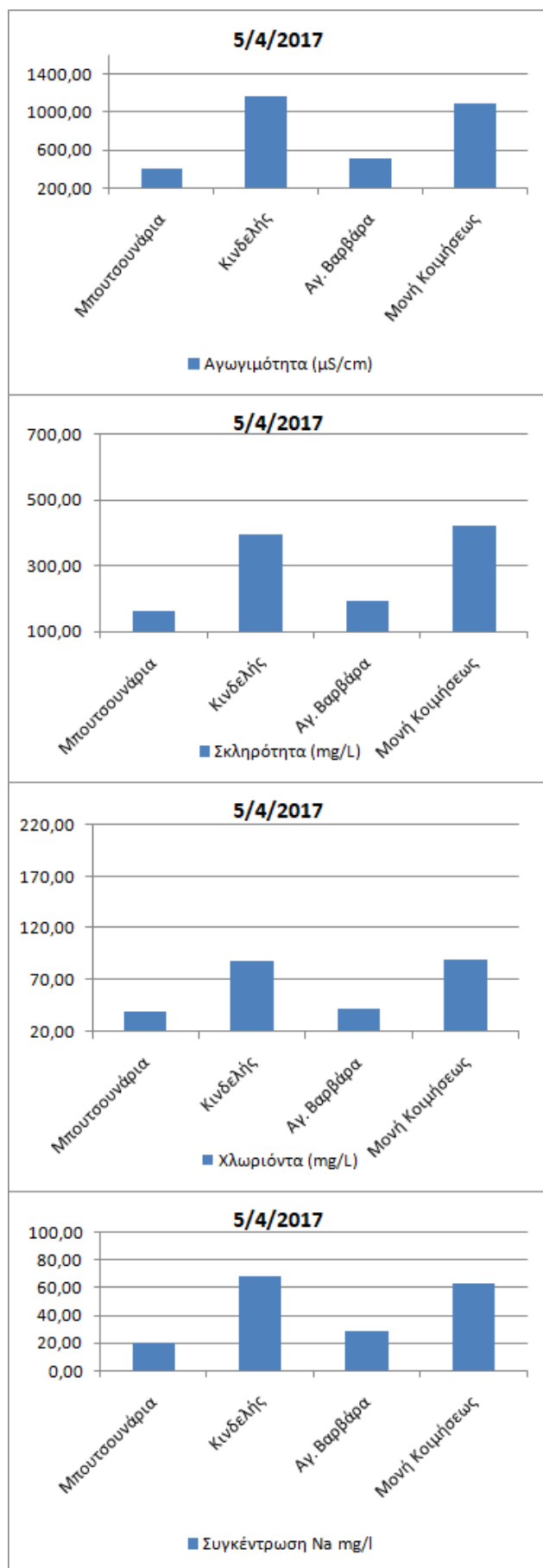
Παρατηρώντας συνολικά τα διαγράμματα είναι εμφανείς οι ποιοτικές διαφορές ανάμεσα στις πηγές και τις γεωτρήσεις. Η αγωγιμότητα των πηγών είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με την αγωγιμότητα των γεωτρήσεων το οποίο συμβαίνει αντίστοιχα και στη σκληρότητα, τα χλωριόντα όπως και στα θρεπτικά που υπάρχουν στο νερό δηλαδή νάτριο, ασβέστιο, νιτρικό άζωτο, νιτρικά και θειικά ιόντα. Αυτές οι διαφορές οφείλονται στις απορροές λιπασμάτων που έχουν εισχωρήσει στον υδροφόρο ορίζοντα που τροφοδοτούν τις γεωτρήσεις.

Το μικροβιολογικό φορτίο εντοπίζεται στις γεωτρήσεις Κινδελής και Μονής Κοιμήσεως όπου αντίστοιχα έχει καταγραφεί και υψηλή τιμή COD και BOD και έτσι δημιουργείται η υποψία εισροής λυμάτων μέσα σε αυτές τις γεωτρήσεις

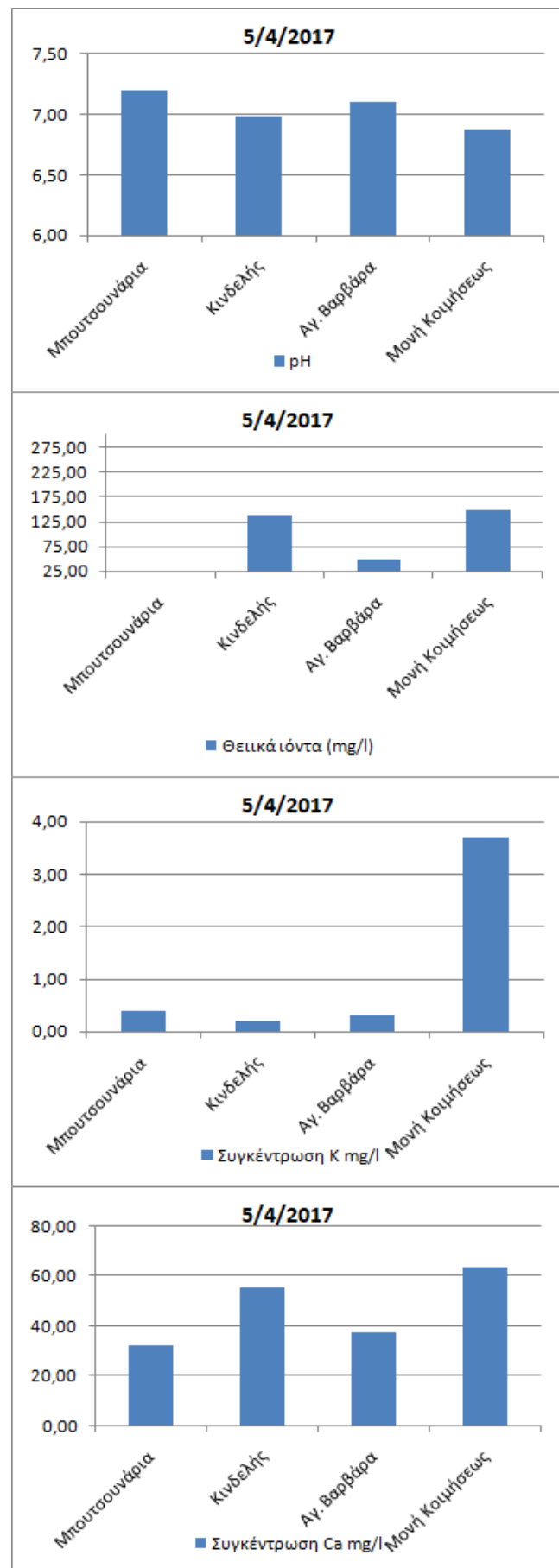
Πίνακας 8 Παράμετροι ένδειξης εισροής λυμάτων

5/4/2017	BOD	COD	F.C.	E. coli	Enterococcus
<i>Μπουτσουνάρια</i>	0	0,00	-	0	0
<i>Κινδελής</i>	43	52,00	-	86	732
<i>Αγ. Βαρβάρα</i>	0	0	-	0	0
<i>Μονή Κοιμήσεως</i>	0	15,8	-	1	0

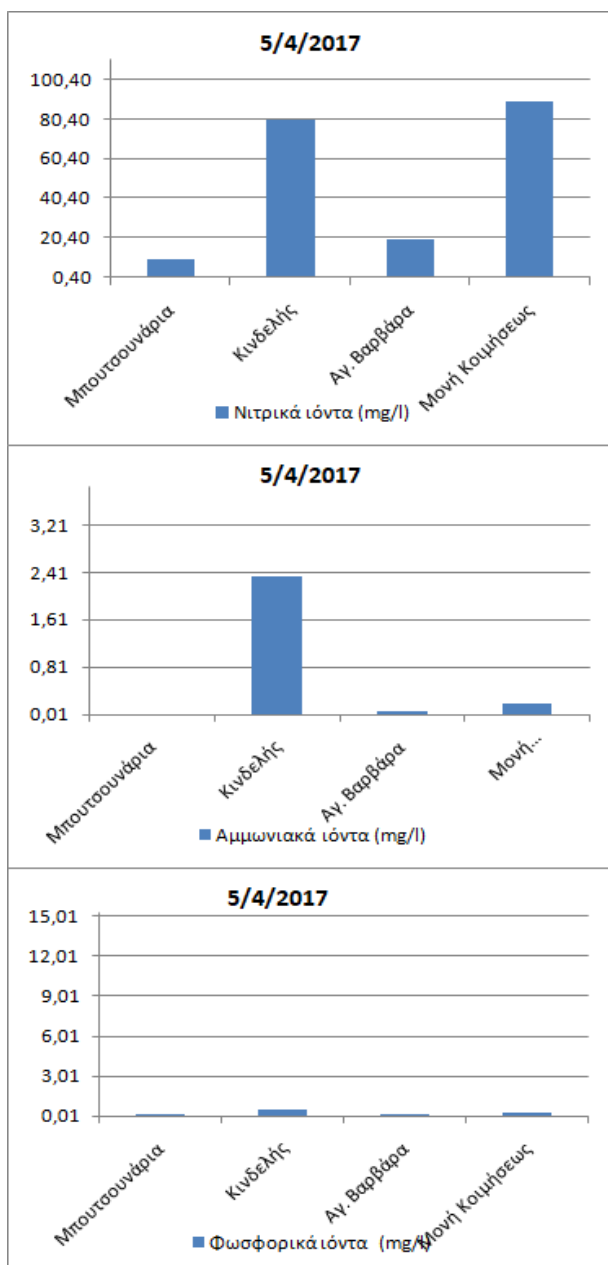
Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα που αφορούν τη πρώτη δειγματοληψία, στις 5/4/2017, και τα αποτελέσματα των παραμέτρων που ελέγχθηκαν για όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



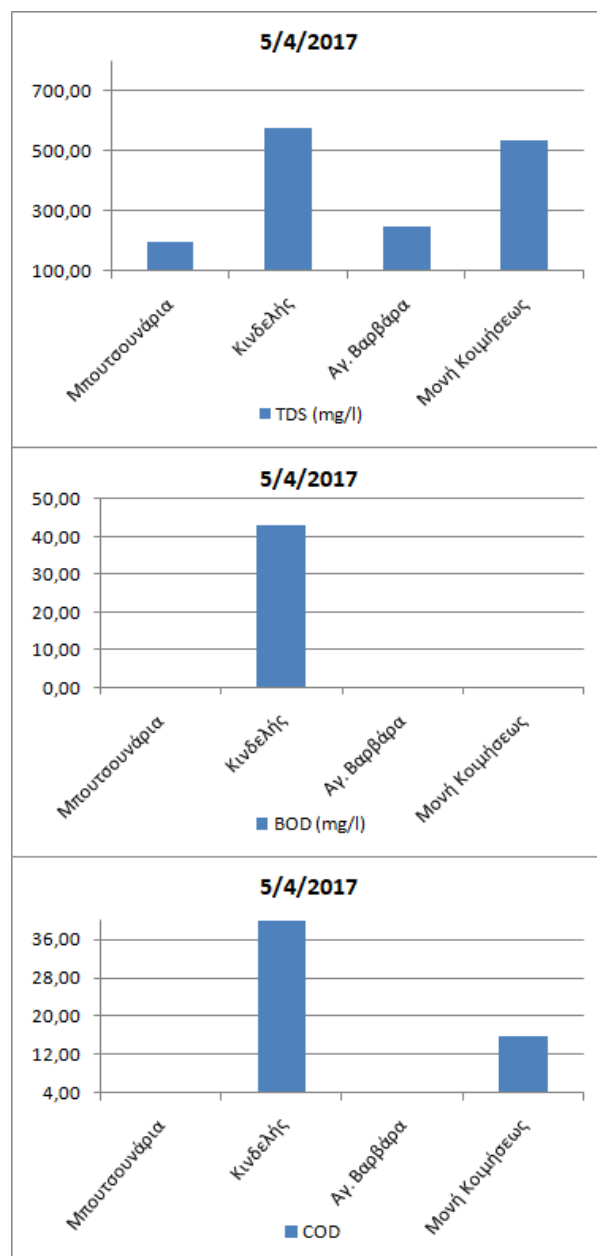
Εικόνα 83: Πρώτη δειγματοληψία



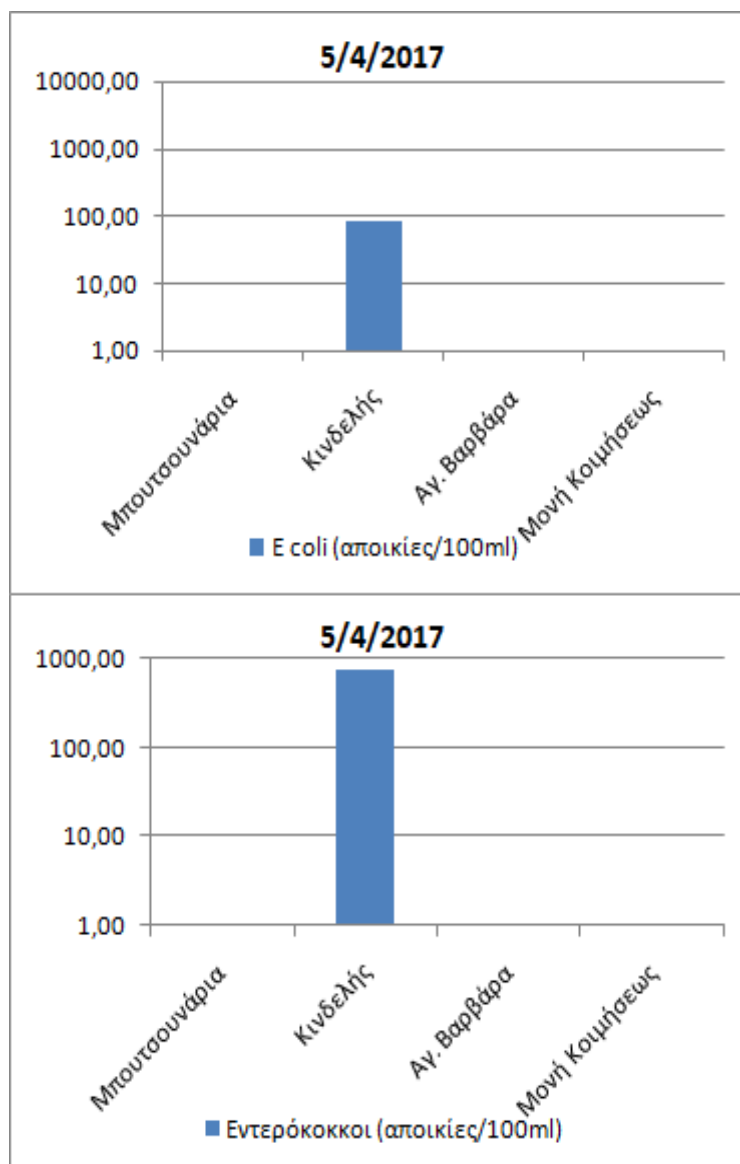
Εικόνα 84: Πρώτη δειγματοληψία



Εικόνα 85: Πρώτη δειγματοληψία



Εικόνα 86: Πρώτη δειγματοληψία



Εικόνα 87: Πρώτη δειγματοληψία

• **Δεύτερη δειγματοληψία στις 24/5/2017**

Η δεύτερη δειγματοληψία για αυτή την ερευνητική εργασία πραγματοποιήθηκε στις 24/5/2017 στις πηγές Μπουτσουνάρια, Αγ. Βαρβάρα, στα πηγάδια Γιακουμάκης, ΚΕΓΕ, Αργυρώ και στις γεωτρήσεις Κινδελής, Μονή Κοιμήσεως, Τσουγκαράκης, Όαση, Χρυσόπηγή, Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου.

Πίνακας 9: Δεύτερη δειγματοληψία

24/5/2017	
<i>Μπουτσουνάρια</i>	Πηγή
<i>Κινδελής</i>	Γεώτρηση
<i>Αγ. Βαρβάρα</i>	Πηγή
<i>Μονή Κοιμήσεως</i>	Γεώτρηση
<i>Τσουγκαράκης</i>	Γεώτρηση
<i>Γιακουμάκης</i>	Πηγάδι
<i>ΚΕΓΕ</i>	Πηγάδι

<i>Αργυρώ</i>	Πηγάδι
<i>Θάση</i>	Γεώτρηση
<i>Χρυσοπηγή</i>	Γεώτρηση
<i>Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου</i>	Γεώτρηση

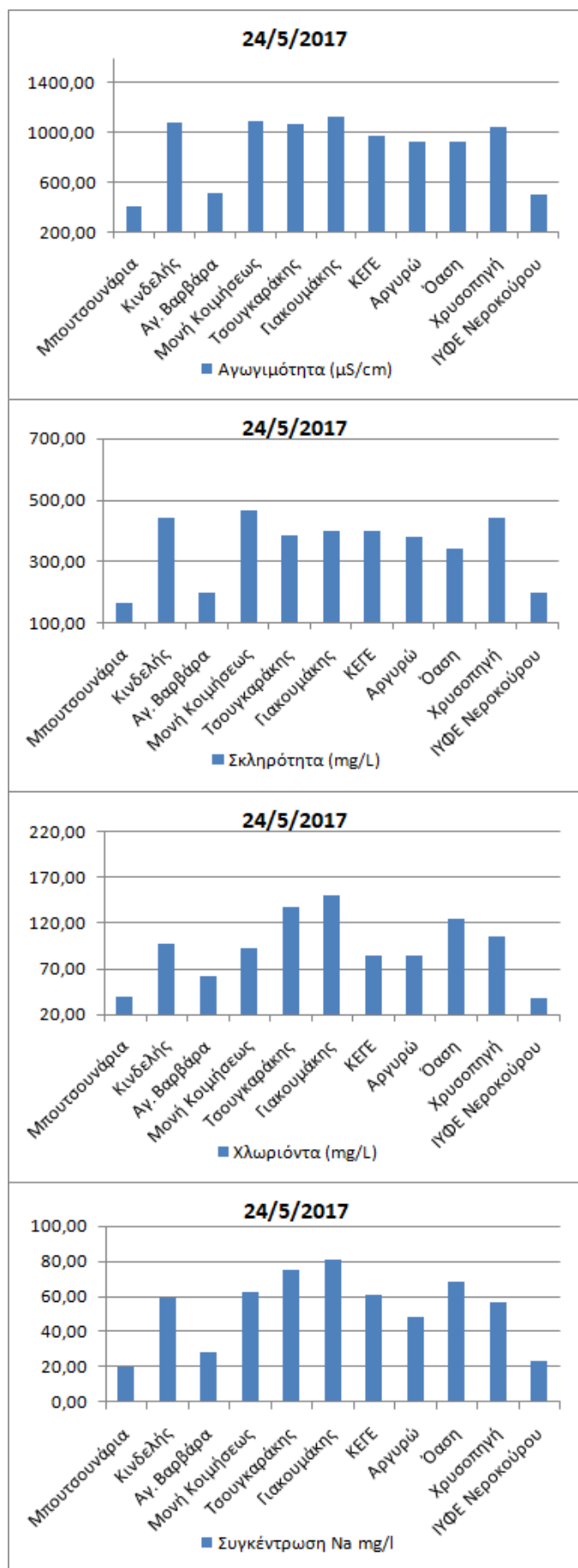
Κατά τη δεύτερη δειγματοληψία παρατηρείται υψηλή αγωγιμότητα κυρίως των πηγαδιών και των γεωτρήσεων εκτός από την γεώτρηση του Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου όπου έχει χαμηλή αγωγιμότητα όπως και οι δύο πηγές, Μπουτσουνάρια και Αγ. Βαρβάρα. Για τα σημεία Κινδελής, Μονή Κοιμήσεως, Τσουγκαράκης, Γιακουμάκης, Κ.Ε.Γ.Ε., Αργυρώ, Θάση, Χρυσοπηγή οι παράμετροι της σκληρότητας, χλωριόντων, τα θρεπτικά όπως το κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, τα νιτρικά, θειικά ιόντα, και το νιτρικό άζωτο ακολουθούν την τάση της αγωγιμότητας. Λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων τους συμπεραίνεται η επιβάρυνση του υδροφόρου από αζωτούχα λιπάσματα. Παρατηρούνται χαμηλές συγκεντρώσεις στα αμμωνιακά ιόντα και στο αμμωνιακό άζωτο σε αντίθεση με τις υψηλές συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων και νιτρικού αζώτου το οποίο οφείλεται στις διεργασίες του κύκλου του αζώτου όπου τα αμμωνιακά μετατρέπονται σε νιτρικά. Στις περιπτώσεις όπου έχουμε αυξημένα αμμωνιακά αυτό δείχνει την πρόσφατη επιφόρτιση του νερού από λιπάσματα.

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα σημεία που εμφανίζουν μικροβιολογικό φορτίο το οποίο είναι κοπρανώδης μόλυνση η οποία προέρχεται από ζώα είτε από εισροές λυμάτων. Στα σημεία Μπουτσουνάρια, Αγ. Βαρβάρα, Τσουγκαράκης, Χρυσοπηγή, Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου υπάρχει κοπρανώδης μόλυνση από ζώα. Το COD και το BOD σε συνδυασμό με το μικροβιολογικό φορτίο αποδεικνύουν μόλυνση από λύματα και αυτό συμβαίνει στα σημεία Κινδελής, Μονή Κοιμήσεως, Κ.Ε.Γ.Ε., Θάση και Αργυρώ.

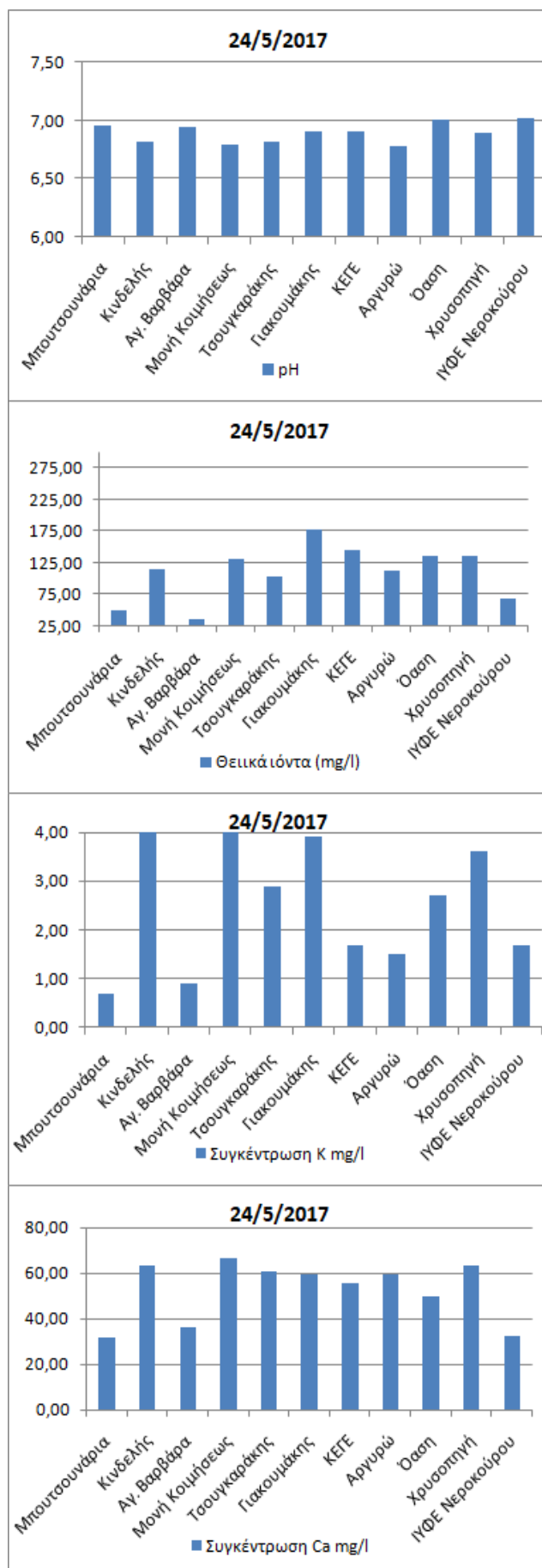
Πίνακας 10: Παράμετροι ένδειξης εισροής λυμάτων

<i>24/5/2017</i>	<i>BOD</i>	<i>COD</i>	<i>F.C.</i>	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus</i>
<i>Μπουτσουνάρια</i>	-	-	252	1	0
<i>Κινδελής</i>	-	17,00	πλήρες	πλήρες	408
<i>Αγ. Βαρβάρα</i>	-	-	370	0	0
<i>Μονή Κοιμήσεως</i>	-	11,00	240	0	0
<i>Τσουγκαράκης</i>	-	0,00	3600	150	92
<i>Γιακουμάκης</i>	3	0,00	0	0	2
<i>ΚΕΓΕ</i>	0	8,60	1	0	122
<i>Αργυρώ</i>	6	2,20	22	22	83
<i>Θάση</i>	5	12,20	0	0	0
<i>Χρυσοπηγή</i>	1	0,00	57	0	0
<i>Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου</i>	3	0,00	528	528	1

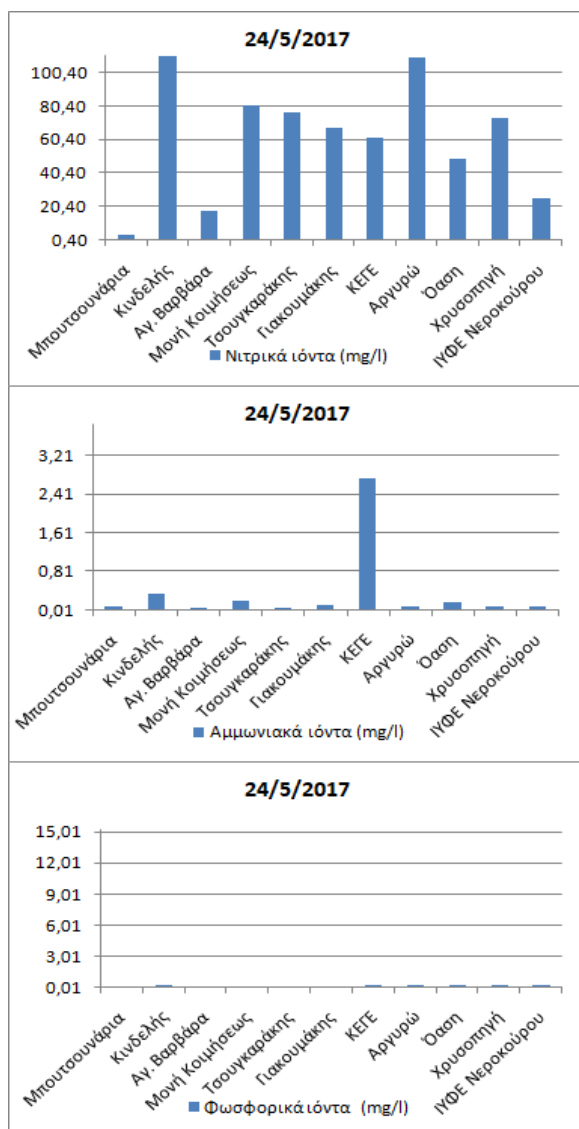
Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα που αφορούν τη δεύτερη δειγματοληψία, στις 24/5/2017, και τα αποτελέσματα των παραμέτρων που ελέχθησαν για όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



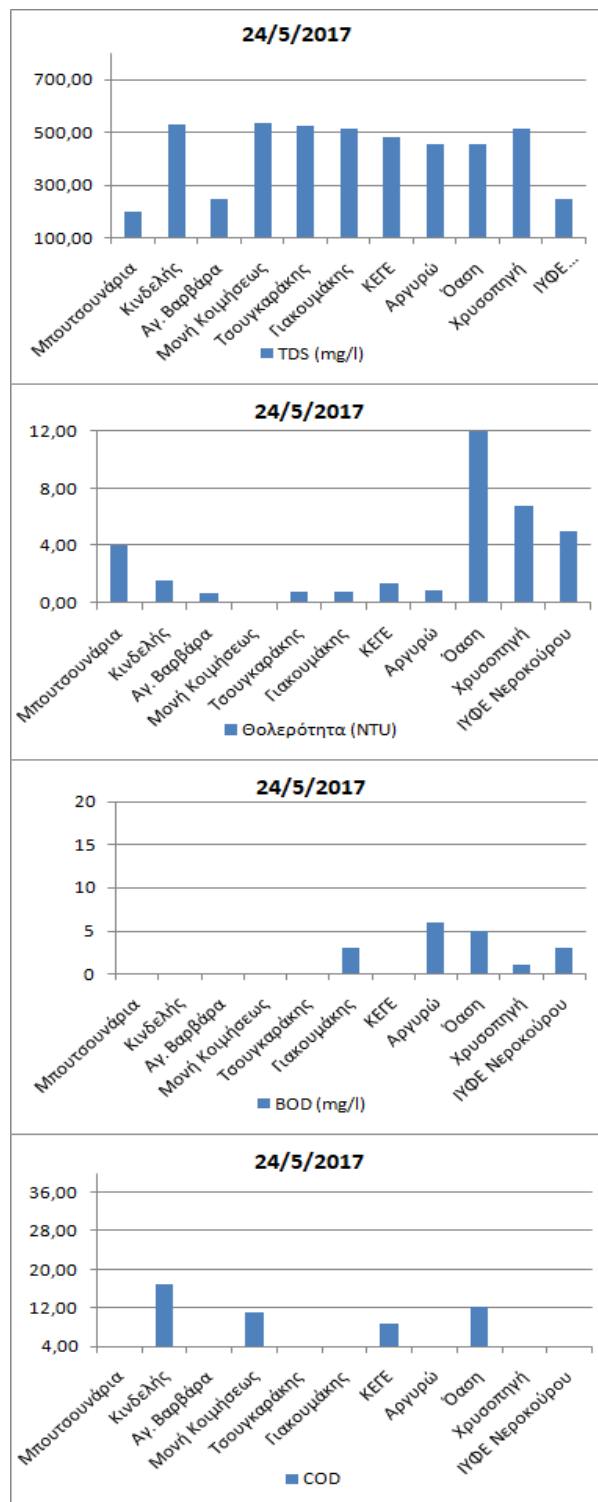
Εικόνα 88: Δεύτερη δειγματοληψία



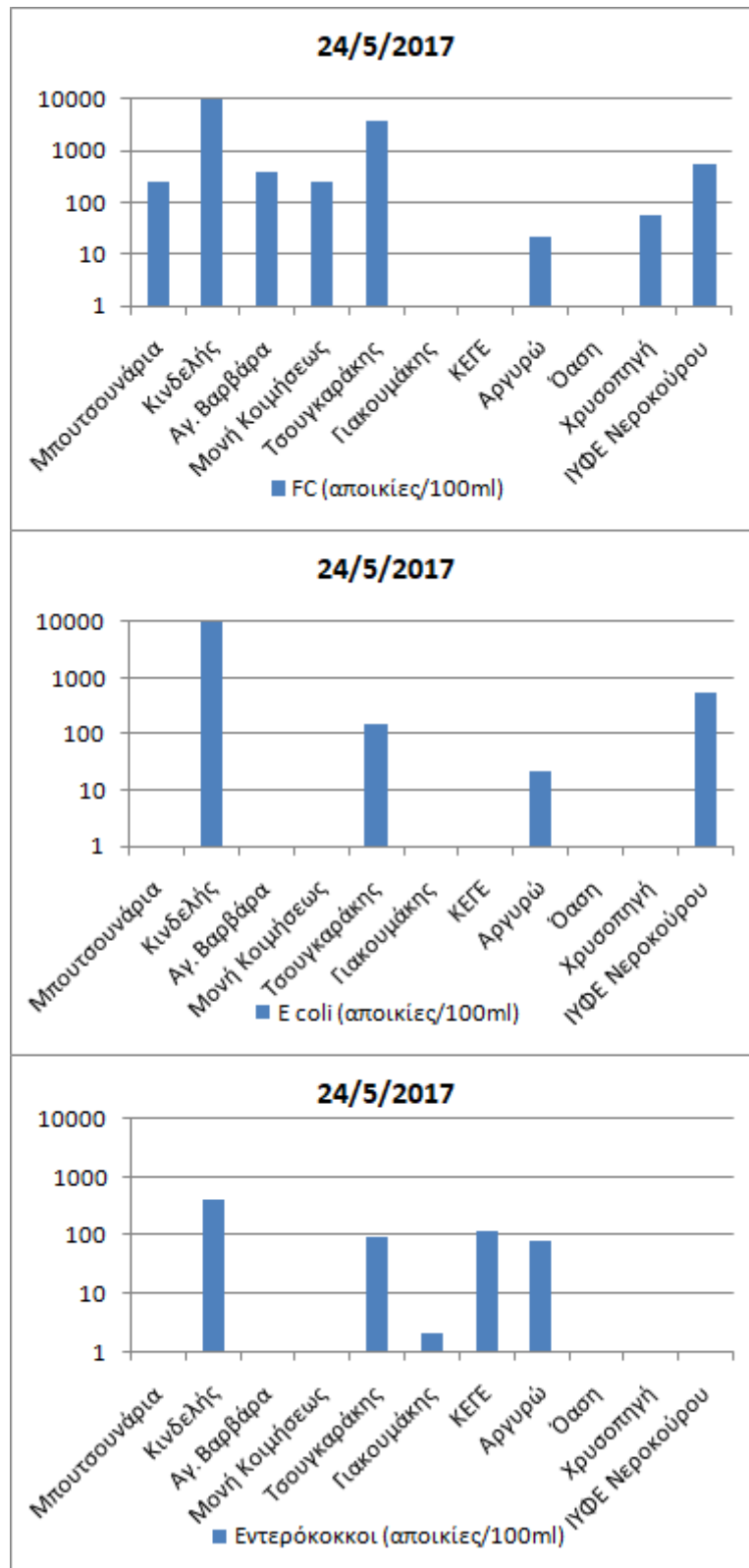
Εικόνα 89: Δεύτερη δειγματοληψία



Εικόνα 90: Δεύτερη δειγματοληψία



Εικόνα 91: Δεύτερη δειγματοληψία



Εικόνα 92: Δεύτερη δειγματοληψία

- Τρίτη δειγματοληψία στις 3/7/2017**

Η τρίτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 3/7/2017, όπου έγινε η συλλογή δεκατριών δειγμάτων από τις πηγές Αγ. Βαρβάρα και Μπουτσουνάρια, τα πηγάδια Γιακουμάκης, ΚΕΓΕ, Αργυρώ, Μαλλιαράκης, Πεντάρης, Μαραβελάκης, όπως επίσης

από τις γεωτρήσεις του Κινδελής, Μονής Κοιμήσεως, Τσουγκαράκης, Χρυσοπηγή, Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου.

Πίνακας 11 Τρίτη δειγματοληψία

3/7/2017	
<i>Μπουτσουνάρια</i>	Πηγή
<i>Κινδελής</i>	Γεώτρηση
<i>Αγ. Βαρβάρα</i>	Πηγή
<i>Μονή Κοιμήσεως</i>	Γεώτρηση
<i>Τσουγκαράκης</i>	Γεώτρηση
<i>Γιακουμάκης</i>	Πηγάδι
<i>ΚΕΓΕ</i>	Πηγάδι
<i>Αργυρώ</i>	Πηγάδι
<i>Χρυσοπηγή</i>	Γεώτρηση
<i>Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου</i>	Γεώτρηση
<i>Μαλλιαράκης</i>	Πηγάδι
<i>Πεντάρης</i>	Πηγάδι
<i>Μαραβελάκης</i>	Πηγάδι

Στις 3/7/2017 πραγματοποιήθηκε η τρίτη δειγματοληψία και πραγματοποιήθηκε ποιοτικός έλεγχος σε 13 δείγματα. Παρατηρείτε χαμηλή αγωγιμότητα στα σημεία Μπουτσουνάρια, Αγ. Βαρβάρα και στη γεώτρηση Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου ενώ στα υπόλοιπα σημεία είναι υψηλή. Υψηλές συγκεντρώσεις έχουν αντίστοιχα η σκληρότητα, τα χλωριόντα, το κάλιο, το νάτριο, το ασβέστιο, τα νιτρικά και θειικά ιόντα και το νιτρικό άζωτο. Αυτό συμβαίνει επειδή η περιοχή καλλιεργείται, στην οποία γίνεται χρήση λιπασμάτων τα οποία εισχωρούν στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω απορροών από τον οποίο τροφοδοτούνται οι γεωτρήσεις και τα πηγάδια που χρησιμοποιούνται για άρδευση.

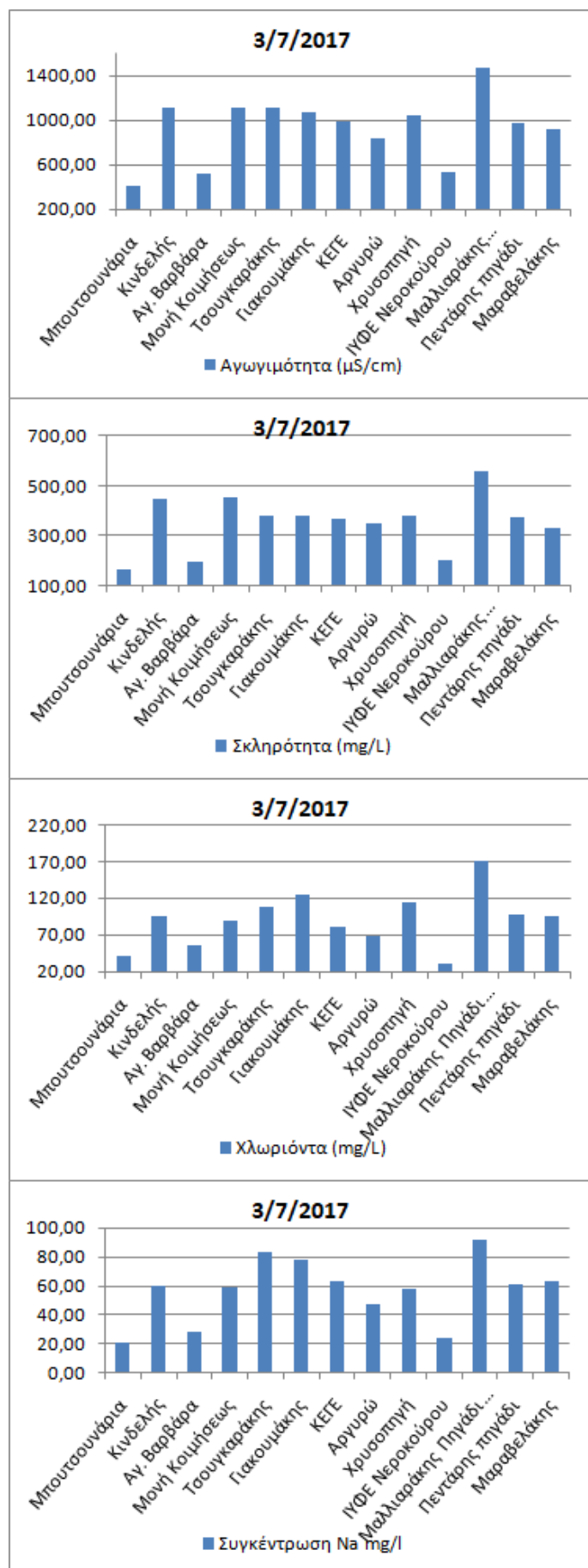
Σε όλα τα δείγματα που εξετάστηκαν υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις μόλυνσης από κοπρανώδη κολοβακτηρίδια τα οποία προέρχονται από τα κόπρανα ζώων. Υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις εισροής λυμάτων στο Κ.Ε.Γ.Ε., στο πηγάδι Πεντάρης λόγω της ύπαρξης υψηλού μικροβιολογικού φορτίου όπως και της ύπαρξης COD και BOD. Στην γεώτρηση Κινδελή λόγω των μεγάλων συγκεντρώσεων σε αποικίες κοπρανωδών υπάρχει υποψία για εισροές από το γειτονικό ποτάμι.

Πίνακας 12 Παράμετροι ένδειξης εισροής λυμάτων

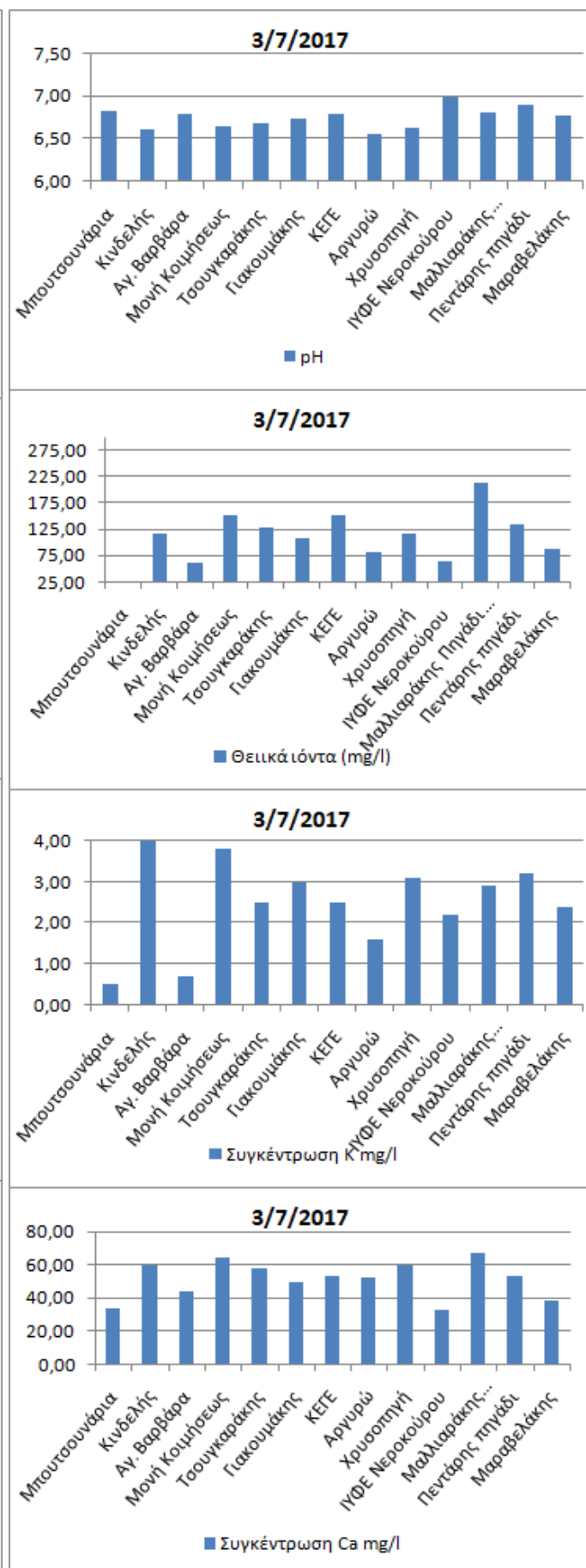
3/7/2017	BOD	COD	F.C.	E. coli	Enterococcus
<i>Μπουτσουνάρια</i>	-	-	3	2	22
<i>Κινδελής</i>	-	0,00	24000	17000	0
<i>Αγ. Βαρβάρα</i>	-	-	1	1	0
<i>Μονή Κοιμήσεως</i>	4	0,00	5000	156	6
<i>Τσουγκαράκης</i>	-	-	45	36	240
<i>Γιακουμάκης</i>	-	-	120	13	9
<i>ΚΕΓΕ</i>	-	12,40	328	8	1
<i>Αργυρώ</i>	-	-	592	10	105
<i>Χρυσοπηγή</i>	3	-	1	0	2
<i>Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου</i>	-	-	300	113	1

<i>Μαλλιαράκης</i>	4	2,20	344	1420	10
<i>Πεντάρης πηγάδι</i>	6	12,60	800	8	3
<i>Μαραβελάκης</i>	-	0,00	268	182	82

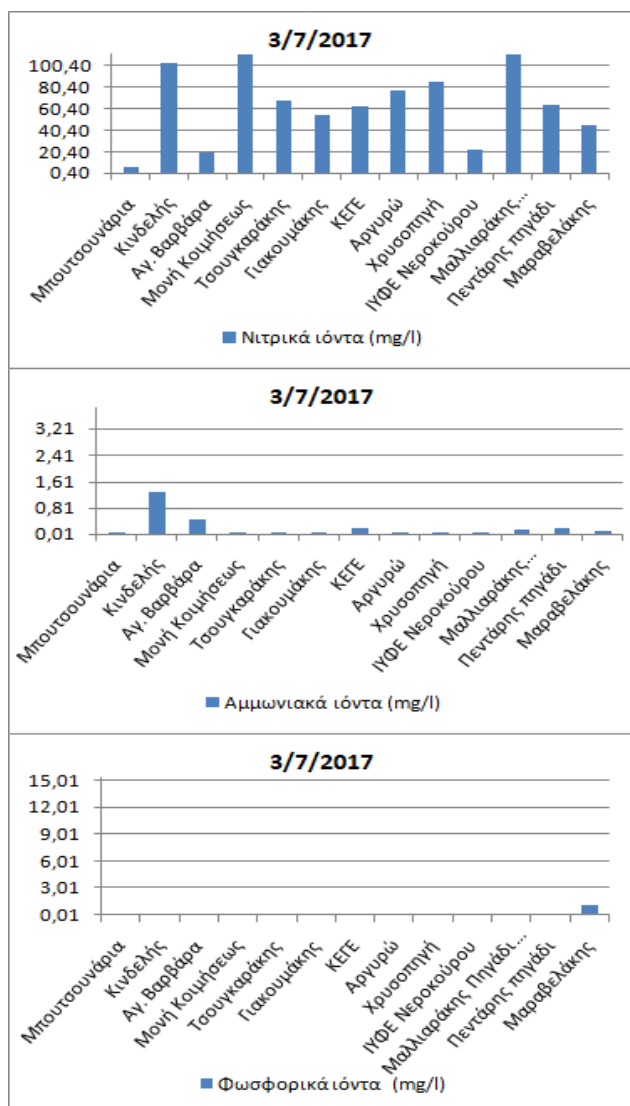
Ακολουθούν τα διαγράμματα που αφορούν την τρίτη δειγματοληψία, στις 3/7/2017, και τα αποτελέσματα των παραμέτρων που ελέγχθηκαν για όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



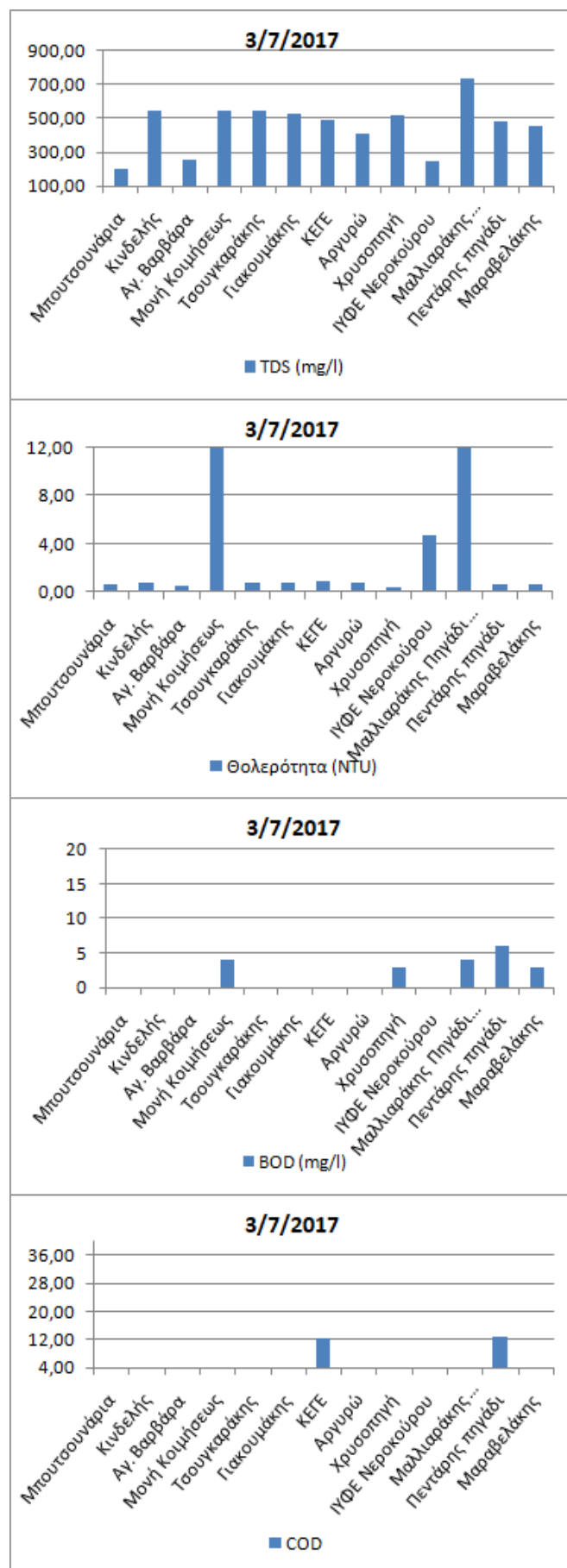
Εικόνα 93: Τρίτη δειγματοληψία



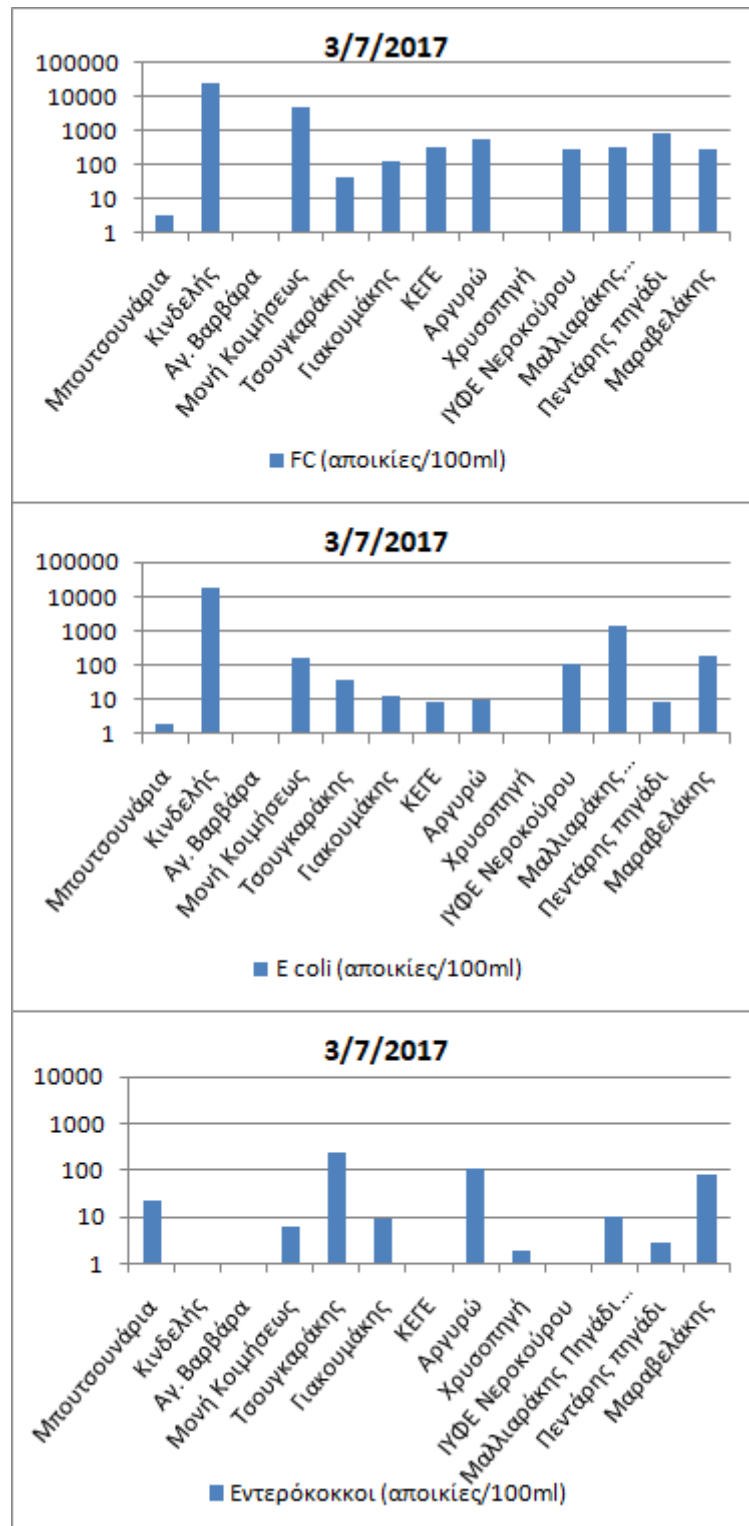
Εικόνα 94: Τρίτη δειγματοληψία



Εικόνα 95: Τρίτη δειγματοληψία



Εικόνα 96: Τρίτη δειγματοληψία



Εικόνα 97: Τρίτη δειγματοληψία

• **Τέταρτη δειγματοληψία στις 3/8/2017**

Η τέταρτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 3/8/2017, με την συλλογή δώδεκα δειγμάτων από τις πηγές Αγ. Βαρβάρα και Μπουτσουνάρια, τα πηγάδια Γιακουμάκης, ΚΕΤΕ, Αργυρώ, Μαλλιαράκης, Πεντάρης, όπως επίσης από τις γεωτρήσεις του Κινδελής, Μονής Κοιμήσεως, Τσουγκαράκης, Χρυσοπηγή, Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου.

Πίνακας 13 Τέταρτη δειγματοληψία

3/8/2017	
<i>Μπουτσουνάρια</i>	Πηγή
<i>Κινδελής</i>	Γεώτρηση
<i>Αγ. Βαρβάρα</i>	Πηγή
<i>Μονή Κοιμήσεως</i>	Γεώτρηση
<i>Τσουγκαράκης</i>	Γεώτρηση
<i>Γιακουμάκης</i>	Πηγάδι
<i>ΚΕΓΕ</i>	Πηγάδι
<i>Αργυρώ</i>	Πηγάδι
<i>Χρυσοπηγή</i>	Γεώτρηση
<i>Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου</i>	Γεώτρηση
<i>Μαλλιαράκης</i>	Πηγάδι
<i>Πεντάρης πηγάδι</i>	Πηγάδι

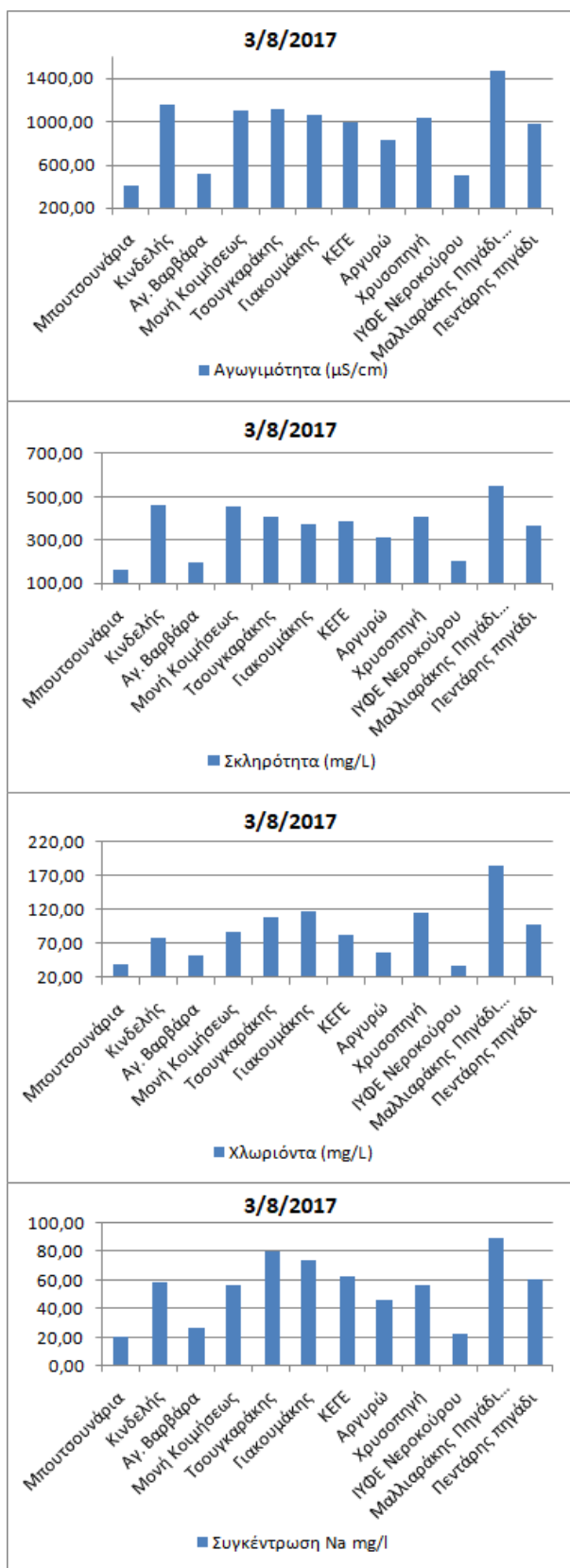
Η αγωγιμότητα είναι χαρακτηριστική παράμετρος του νερού η οποία δεν μεταβάλλεται εύκολα στη διάρκεια του χρόνου και αυτό φαίνεται σε όλη την διάρκεια των δειγματοληψιών οι τιμές παραμένουν σταθερές όπως και οι παράμετροι που συσχετίζονται με την αγωγιμότητα ακολουθούν την ίδια τάση. Όπως στο προηγούμενο διάστημα έτσι και σε αυτή την δειγματοληψία επιβεβαιώνεται ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα από αζωτούχα λιπάσματα εκτός των πηγών Μπουτσουνάρια, Αγ. Βαρβάρα και της γεώτρησης Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου.

Τα περισσότερα δείγματα έχουν υψηλό μικροβιολογικό φορτίο από κοπρανώδη κολοβακτηρίδια λόγω της μόλυνσης του νερού από κόπρανα ζώων. Βέβαια υπάρχουν περιπτώσεις δειγμάτων, στις οποίες υψηλές είναι και οι τιμές του COD και BOD όπου αυτό σημαίνει την μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα από λύματα. Υποψίες για λύματα υπάρχουν στα σημεία ΚΕΓΕ και Μαλλιαράκης.

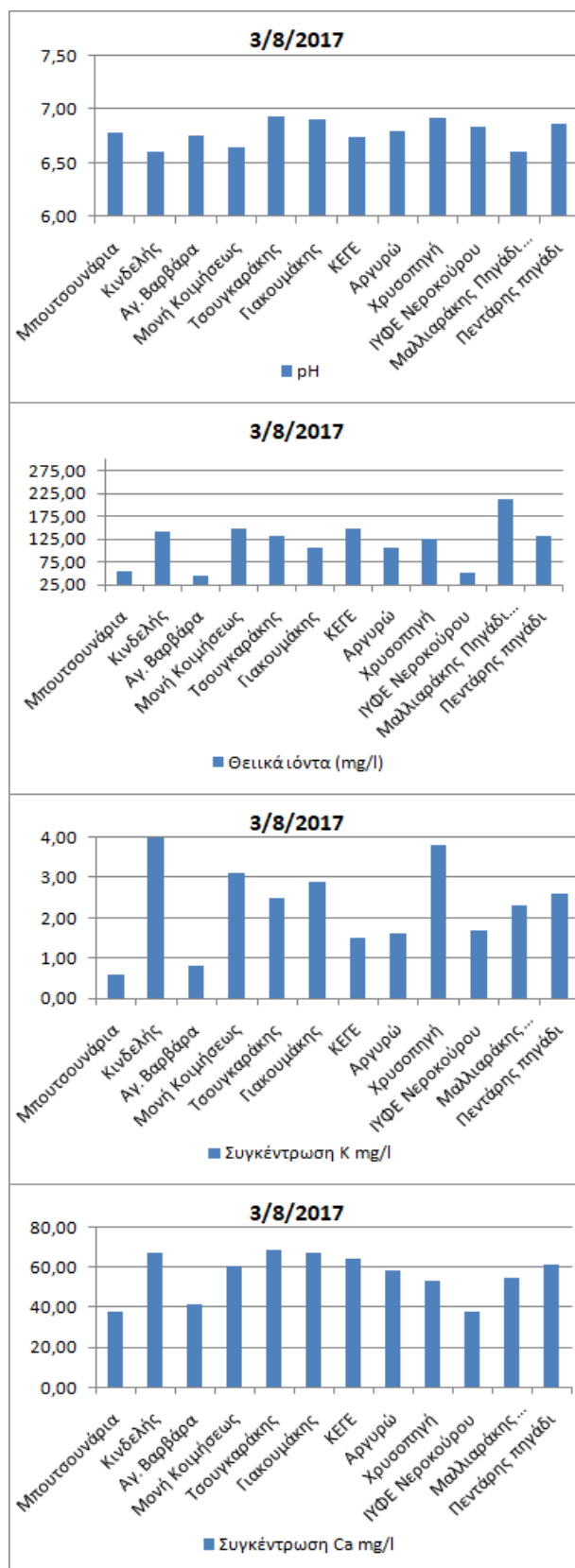
Πίνακας 14 Παράμετροι ένδειξης εισροής λυμάτων

3/8/2017	BOD	COD	F.C.	E. coli	Enterococcus
<i>Μπουτσουνάρια</i>	2		18	0	34
<i>Κινδελής</i>	5	0,60	6	0	0
<i>Αγ. Βαρβάρα</i>	3		0	0	0
<i>Μονή Κοιμήσεως</i>	6	0,00	50	0	0
<i>Τσουγκαράκης</i>	5		3000	4	66
<i>Γιακουμάκης</i>	4		230	1	8
<i>ΚΕΓΕ</i>	10	11,50	124	0	3
<i>Αργυρώ</i>	6	0,00	1400	32	124
<i>Χρυσοπηγή</i>	3		5	0	1
<i>Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου</i>	4		16	104	0
<i>Μαλλιαράκης</i>	9	5,40	100	300	10
<i>Πεντάρης πηγάδι</i>	4	0,60	900	18	14

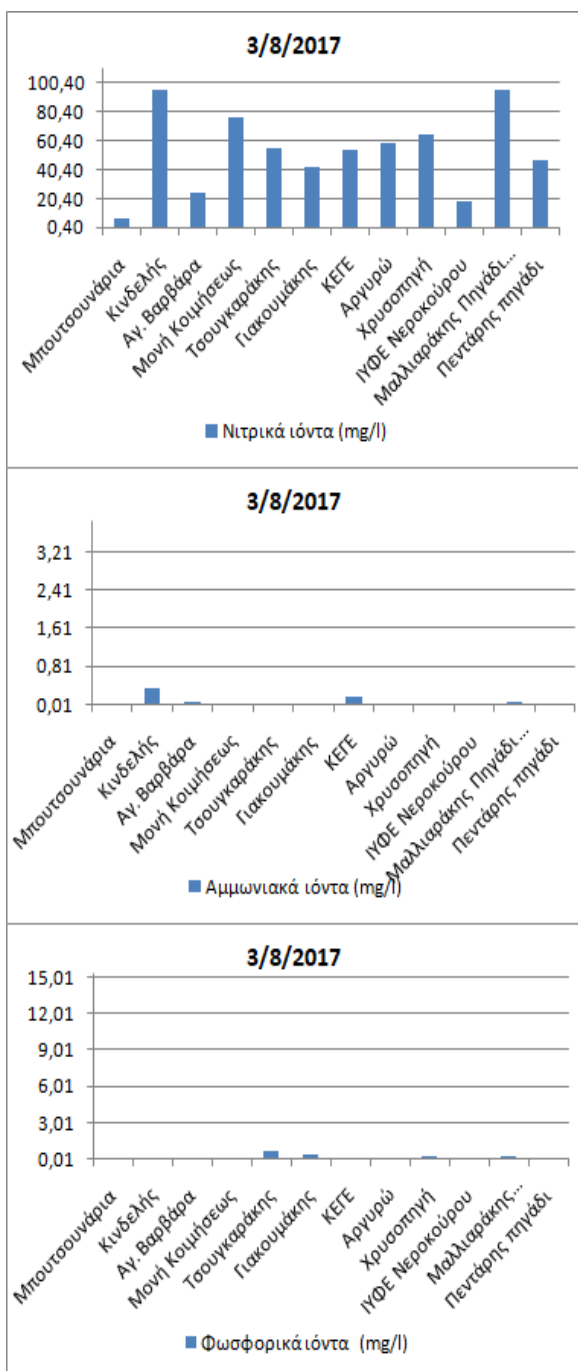
Ακολουθούν τα διαγράμματα που αφορούν την τέταρτη δειγματοληψία, στις 3/8/2017, και τα αποτελέσματα των παραμέτρων που ελέγχθηκαν για όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



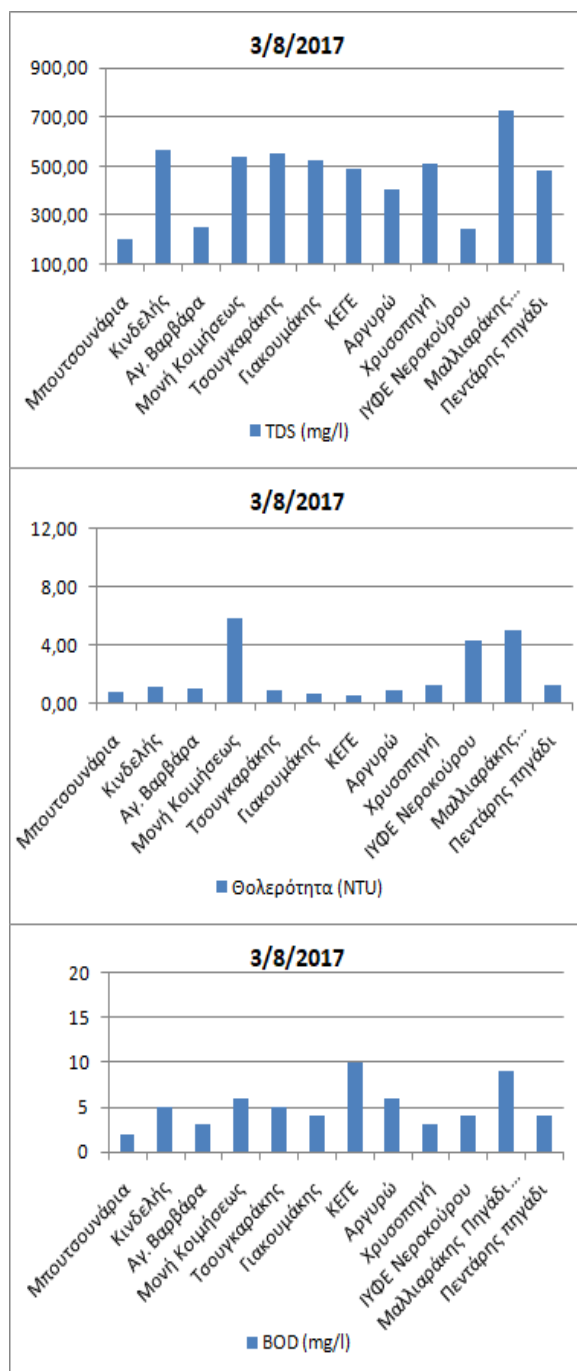
Εικόνα 98: Τέταρτη δειγματοληψία



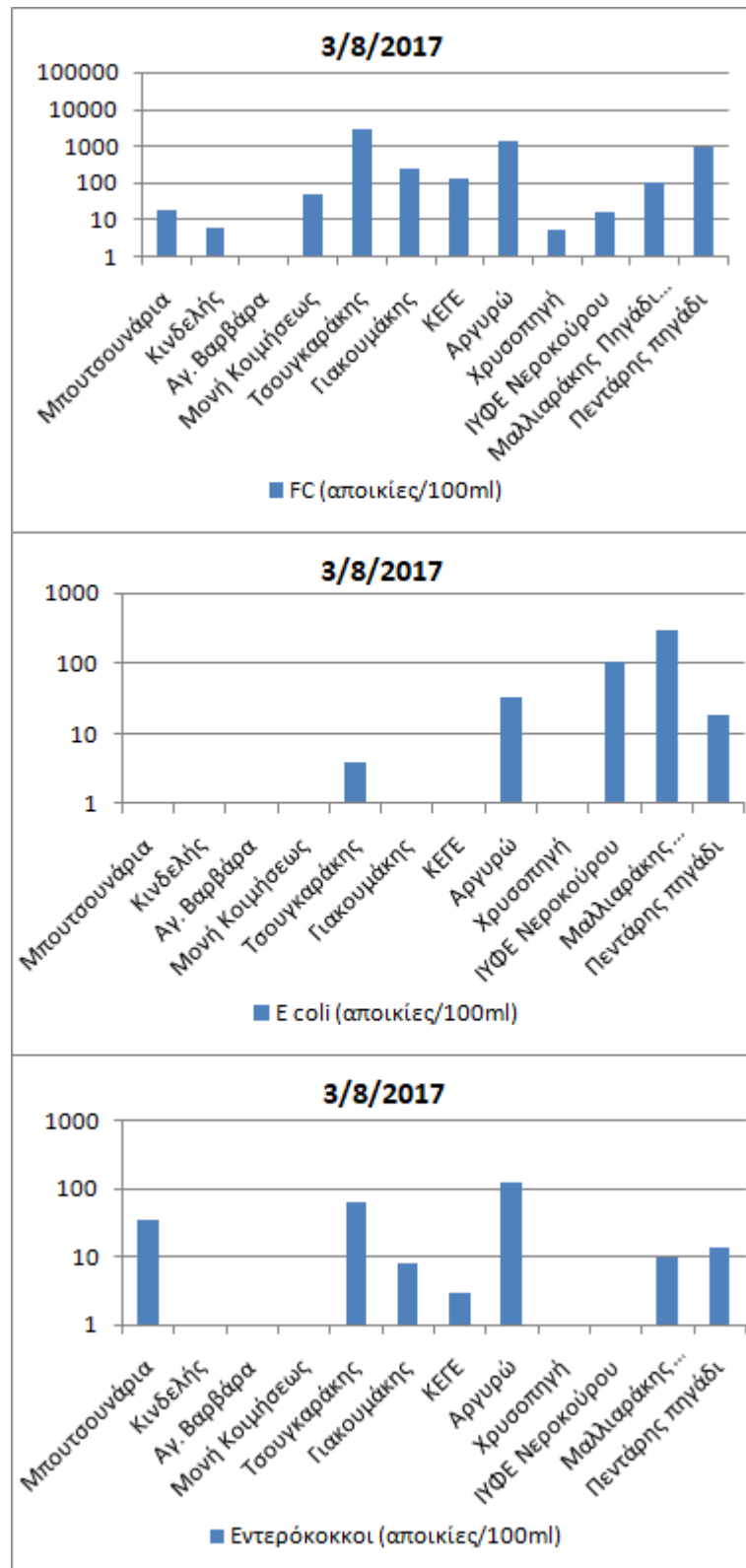
Εικόνα 99: Τέταρτη δειγματοληψία



Εικόνα 100: Τέταρτη δειγματοληψία



Εικόνα 101: Τέταρτη δειγματοληψία



Εικόνα 102: Τέταρτη δειγματοληψία

- Πέμπτη δειγματοληψία στις 26/9/2017**

Η πέμπτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 24/5/2017, με την συλλογή δώδεκα δειγμάτων από τις πηγές Αγ. Βαρβάρα και Μπουτσουνάρια, τα πηγάδια Γιακουμάκης, ΚΕΓΕ, Αργυρώ, Μαλλιαράκης, Μαραβελάκης, όπως επίσης από τις

γεωτρήσεις του Κινδελής, Μονής Κοιμήσεως, Τσουγκαράκης, Χρυσοπηγή, Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου.

Πίνακας 15 Πέμπτη δειγματοληψία

26/9/2017	
Μπουτσουνάρια	Πηγή
Κινδελής	Γεώτρηση
Αγ. Βαρβάρα	Πηγή
Μονή Κοιμήσεως	Γεώτρηση
Τσουγκαράκης	Γεώτρηση
Γιακουμάκης	Πηγάδι
ΚΕΓΕ	Πηγάδι
Αργυρώ	Πηγάδι
Χρυσοπηγή	Γεώτρηση
Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου	Γεώτρηση
Μαλλιαράκης	Πηγάδι
Μαραβελάκης	Πηγάδι

Η αγωγιμότητα διατηρεί την σταθερότητά της και την τάση της ακολουθεί η σκληρότητα, τα χλωρίοντα, το νάτριο, το κάλιο, το ασβέστιο, θειικά και νιτρικά ιόντα αλλά και το νιτρικό άζωτο. Οι πηγές Μπουτσουνάρια, Αγ. Βαρβάρα και η γεώτρηση Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου εξακολουθούν να έχουν χαμηλές συγκεντρώσεις σε αντίθεση με τις υπόλοιπες γεωτρήσεις και τα πηγάδια όπου βρίσκονται στον κάμπο των Χανίων και έχουν υψηλές συγκεντρώσεις, λόγω των λιπασμάτων που εισρέουν στον υδροφόρο ορίζοντα.

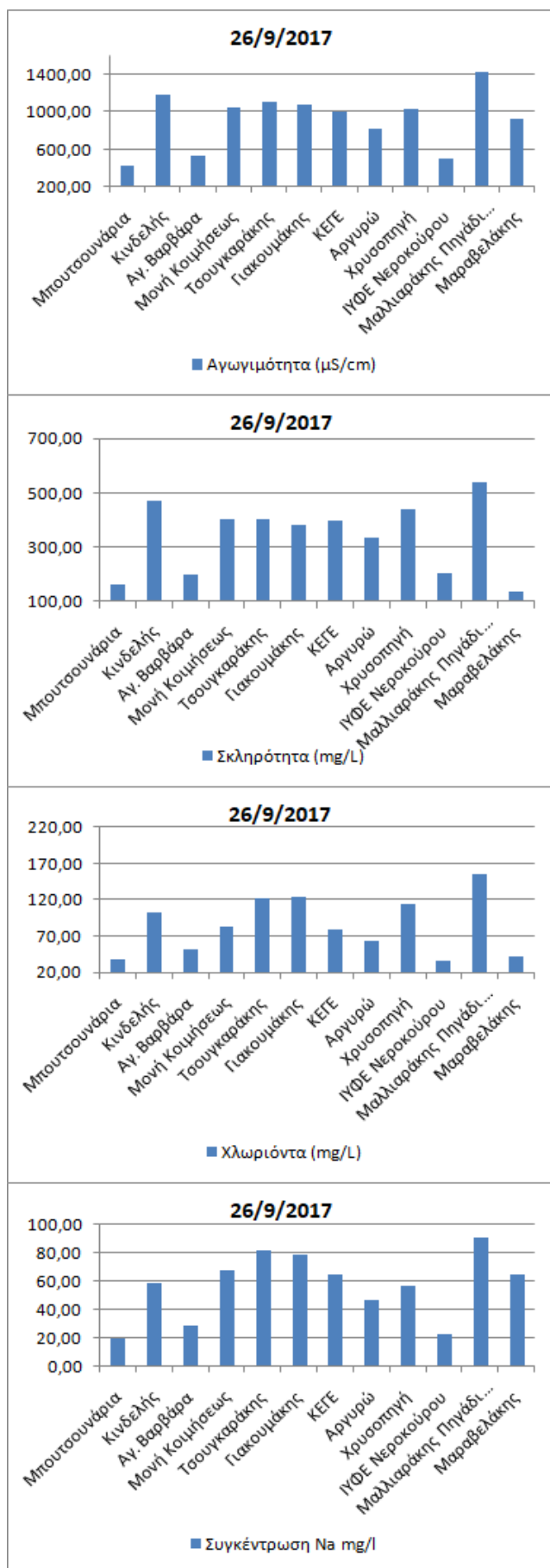
Το μικροβιολογικό φορτίο στην δειγματοληψία αυτή είναι υψηλό και οφείλεται στο γεγονός ότι έχει προηγηθεί εαρινή περίοδος όπου η στάθμη των υδάτων του υδροφόρου ορίζοντα πέφτει λόγω της υπεράντλησης του νερού.

Στα δείγματα Μονή Κοιμήσεως, Κ.Ε.Γ.Ε., Αργυρώ και Μαλλιαράκης λόγω της ύπαρξης υψηλού μικροβιολογικού φορτίου αλλά και υψηλής συγκέντρωσης COD και BOD αποτελούν δείκτες εισροής λυμάτων. Τα υπόλοιπα δείγματα έχουν υψηλό μικροβιολογικό φορτίο το οποίο αποδεικνύει την ύπαρξη κοπρανώδους μόλυνσης από κόπρανα ζώων.

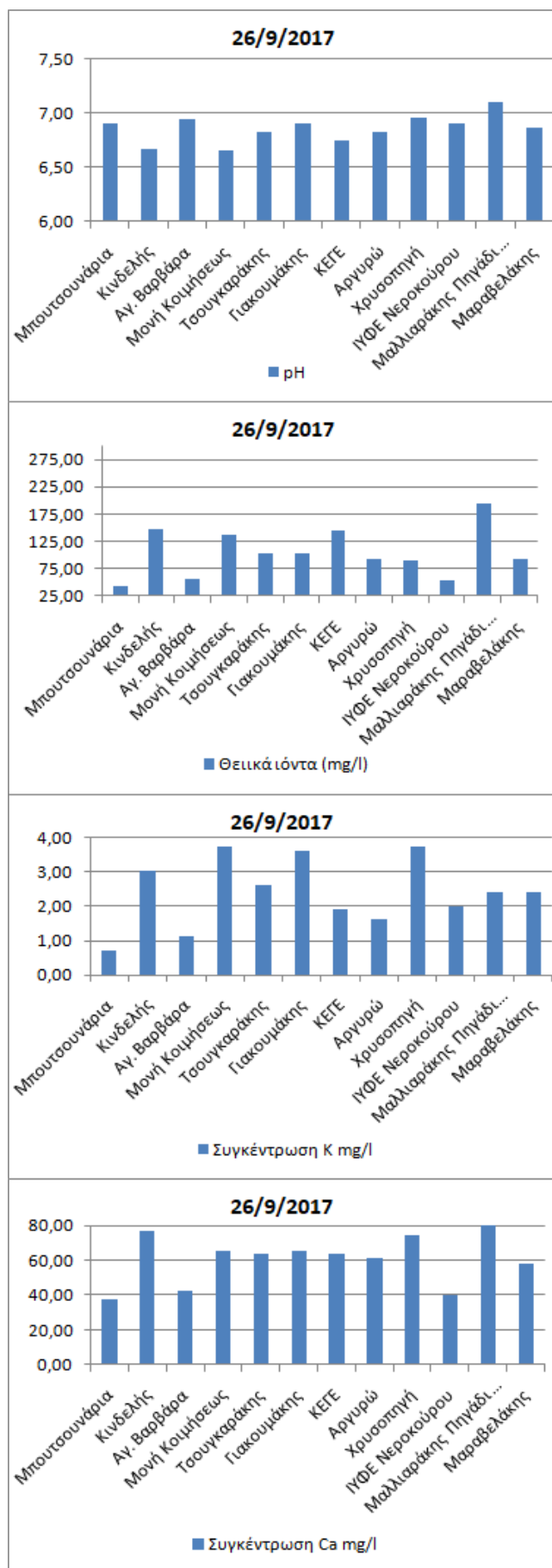
Πίνακας 16 Παράμετροι ένδειξης εισροής λυμάτων

26/9/2017	BOD	COD	F.C.	E. coli	Enterococcus
Μπουτσουνάρια	2	-	3	9	48
Κινδελής	5	0,00	24000	50	2
Αγ. Βαρβάρα	2	-	14	79	1
Μονή Κοιμήσεως	8	-	5000	5000	0
Τσουγκαράκης	3	-	16000	2	32
Γιακουμάκης	4	-	20	1	0
ΚΕΓΕ	8	16,50	190	11	17
Αργυρώ	6	-	5000	82	46
Χρυσοπηγή	2	-	8	8	0
Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου	2	-	144	58	0
Μαλλιαράκης	4	4,50	34	43200	124
Μαραβελάκης	3	-	70	2	3

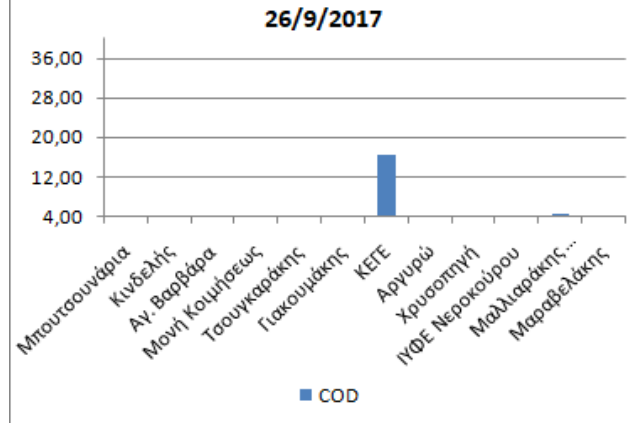
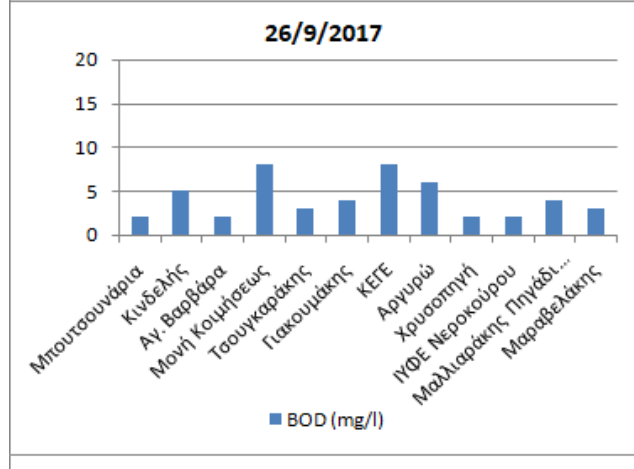
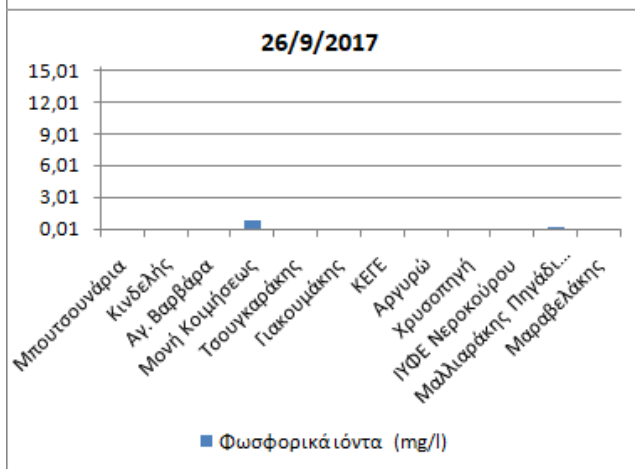
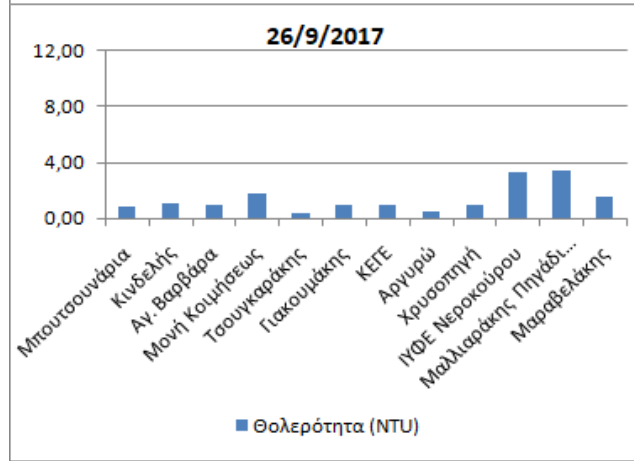
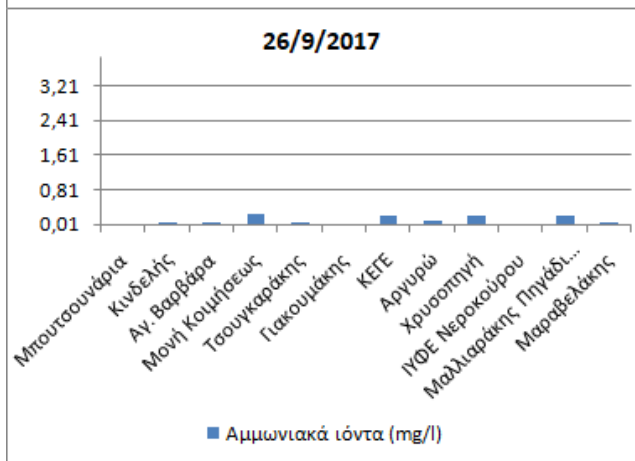
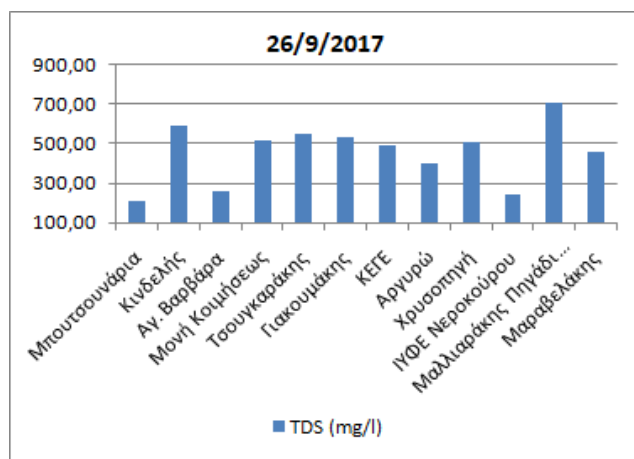
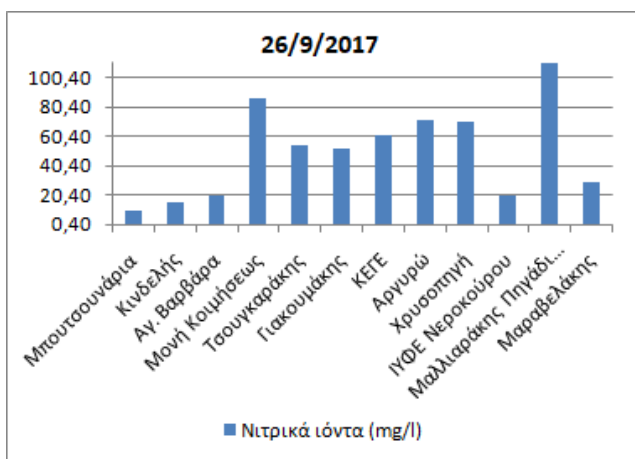
Ακολουθούν τα διαγράμματα που αφορούν την πέμπτη και τελευταία δειγματοληψία, στις 26/9/2017, και τα αποτελέσματα των παραμέτρων που ελέγχθηκαν για όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



Εικόνα 103: Πέμπτη δειγματοληψία

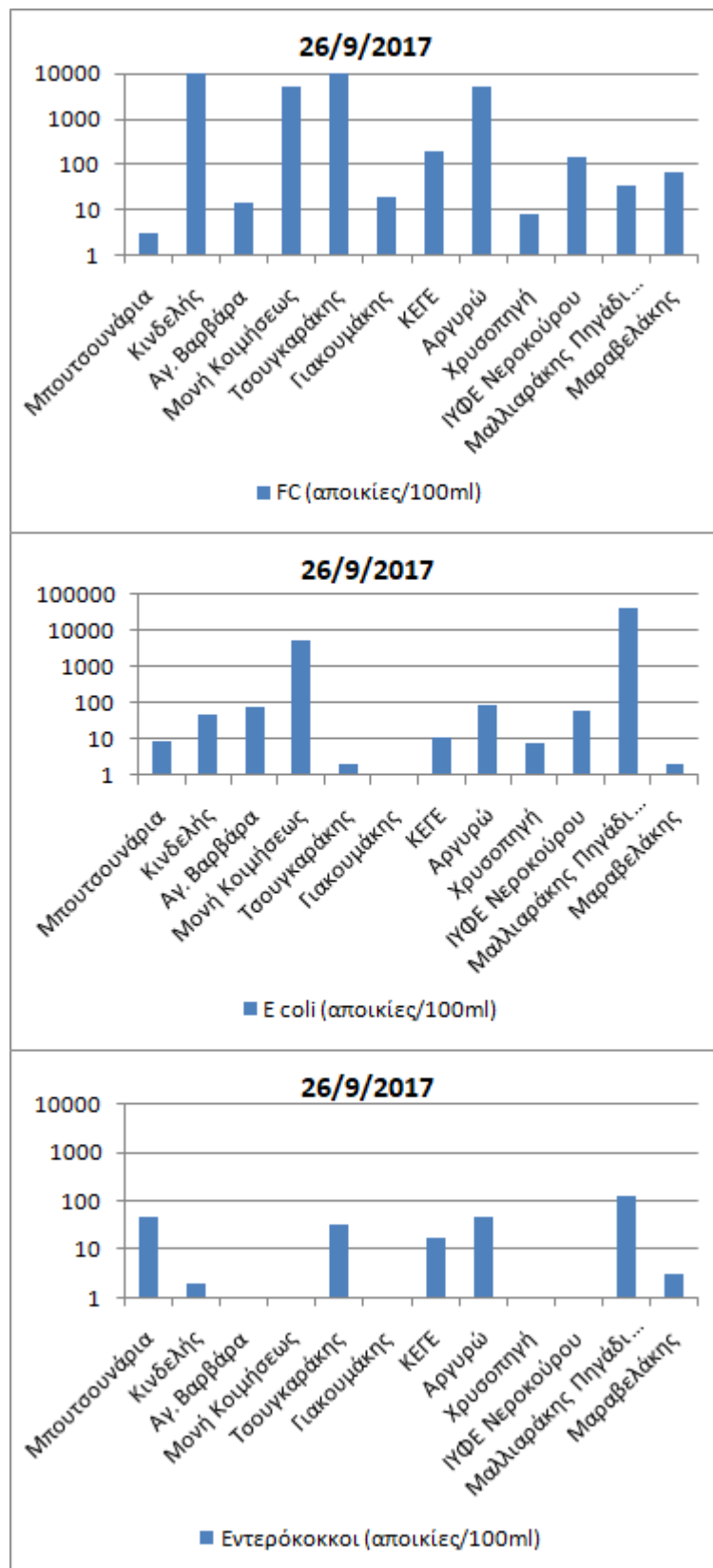


Εικόνα 104: Πέμπτη δειγματοληψία



Εικόνα 105: Πέμπτη δειγματοληψία

Εικόνα 106: Πέμπτη δειγματοληψία



Εικόνα 107: Πέμπτη δειγματοληψία

5.1.3 Αποτελέσματα ατομικής απορρόφησης

Τα αποτελέσματα της ατομικής απορρόφησης για το στοιχείο Zn, Cu και Ni βρίσκονται κάτω από το όριο της νομοθεσίας και δεν συντρέχει κίνδυνος για την επιφόρτιση του υδροφόρου από βαρέα μέταλλα. Οι μετρούμενες τιμές των παραπάνω στοιχείων θεωρούνται φυσικής προέλευσης στο νερό καθώς συνήθως προέρχονται από τα πετρώματα.

Φούρνος γραφίτη:

3/7/2017

Πίνακας 17 Αποτελέσματα ατομικής απορρόφησης

3/7/2017	Zn	Cu	Ni
Κ.Ε.Γ.Ε.	0 µg/L	0,104 µg/L	0,422 µg/L
Αγ. Βαρβάρα	0 µg/L	0,101 µg/L	0,322 µg/L
Ι.Υ.Φ.Ε.	0 µg/L	0,053 µg/L	0,251 µg/L
Γιακουμάκης	0 µg/L	0 µg/L	0,183 µg/L
Μαλλιαράκης	0 µg/L	0 µg/L	0,128 µg/L
Τσουγκαράκης	0 µg/L	0 µg/L	0,092 µg/L

3/8/2017

Πίνακας 18 Αποτελέσματα ατομικής απορρόφησης

3/8/2017	Zn	Cu	Ni
Μονή Κοιμήσεως	0,515 µg/L	0 µg/L	0 µg/L
Χρυσοπηγή	4,126 µg/L	0,043 µg/L	0 µg/L
Μαλλιαράκης	0 µg/L	0,041 µg/L	0 µg/L
Ι.Υ.Φ.Ε.	0 µg/L	0,024 µg/L	-
Κινδελής	0 µg/L	0,001 µg/L	0,373 µg/L
Γιακουμάκης	0 µg/L	0 µg/L	0,258 µg/L
Τσουγκαράκης	0 µg/L	0 µg/L	0,192 µg/L
Κ.Ε.Γ.Ε.	0 µg/L	0 µg/L	0,142 µg/L
Μπουτσούναρια	4,822 µg/L	0 µg/L	0,100 µg/L
Αργυρώ	4,830 µg/L	0 µg/L	0,069 µg/L
Αγ. Βαρβάρα	4,818 µg/L	0 µg/L	0,041 µg/L
Πεντάρης πηγάδι	4,824 µg/L	0,040 µg/L	0,526 µg/L

26/9/2017

Πίνακας 19 Αποτελέσματα ατομικής απορρόφησης

26/9/2017	Zn	Cu	Ni
Γιακουμάκης	4,874 µg/L	0,108 µg/L	0,069 µg/L
Μαραβελάκης	4,788 µg/L	0 µg/L	0,039 µg/L
Χρυσοπηγή	4,805 µg/L	0 µg/L	0,021 µg/L
Μαλλιαράκης	4,843 µg/L	0,182 µg/L	0,002 µg/L
Τσουγκαράκης	1,837 µg/L	0,263 µg/L	0 µg/L
Κ.Ε.Γ.Ε.	4,830 µg/L	0,032 µg/L	-
Ι.Υ.Φ.Ε.	0 µg/L	0,012 µg/L	0,153 µg/L
Μονή Κοιμήσεως	1,580 µg/L	0,056 µg/L	0,073 µg/L
Κινδελής	4,894 µg/L	0 µg/L	0,039 µg/L
Αγ. Βαρβάρα	4,812 µg/L	0,027 µg/L	0,020 µg/L
Αργυρώ	4,609 µg/L	0 µg/L	0,001 µg/L
Μπουτσούναρια	3,235 µg/L	0 µg/L	0 µg/L

5.1.4 Αποτελέσματα και συμπεράσματα ανά παράμετρο

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα και τα διαγράμματα που θα βοηθήσουν στην διεξαγωγή συμπερασμάτων για κάθε παράμετρο ξεχωριστά. Δίνεται η οπτική πώς διαμορφώθηκαν οι συγκεντρώσεις των παραμέτρων που ελέγχθηκαν κατά την διάρκεια των πέντε δειγματοληψιών, όπως επίσης γίνεται άμεση σύγκριση μεταξύ τους, ώστε να βρεθούν πιθανοί συσχετισμοί μεταξύ των δειγμάτων.

Παρατηρώντας την απεικόνιση των αποτελεσμάτων στα παρακάτω διαγράμματα αγωγιμότητας, σκληρότητας, χλωριόντων και Na, είναι εμφανές πως στο σύνολο των παραμέτρων διαμορφώνονται κάποιες ομάδες με τιμές *χαμηλών*, *υψηλών* και *πολύ υψηλών συγκεντρώσεων* οι οποίες διατηρούν σταθερή τάση σε όλη την διάρκεια της έρευνας.

Σύμφωνα με το διάγραμμα οι χαμηλές τιμές αγωγιμότητας χαρακτηρίζουν τις πηγές Μπουτσουνάρια, Αγ. Βαρβάρα και την γεώτρηση Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου, όπως επίσης χαμηλές είναι οι συγκεντρώσεις της σκληρότητας των χλωριόντων και του νατρίου βάσει των διαγραμμάτων. Το νερό των σημείων που αναφέρθηκαν χαρακτηρίζεται ως ελαφρώς σκληρό.

Υψηλές τιμές των παραμέτρων που παρατηρούνται στα διαγράμματα συνήθως οφείλονται στην εισροή λυμάτων, λιπασμάτων και εισχώρηση του θαλασσινού μετώπου στον υδροφόρο ορίζοντα (υφαλμύριση). Στην κατηγορία υψηλών συγκεντρώσεων σε αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλωριόντων και νατρίου ανήκουν τα σημεία Κινδελής, Μονή Κοιμήσεως, Τσουγκαράκης, Γιακουμάκης, Κ.Ε.Γ.Ε., Αργυρώ, Όαση, Χρυσοπηγή, Πεντάρης, Μαραβελάκης. Ωστόσο δεν συμπεραίνεται πως υπάρχουν φαινόμενα υφαλμύρισης, γιατί οι όχι ακραία υψηλές συγκεντρώσεις των χλωριόντων δεν επιβεβαιώνουν αυτό το σενάριο. Για τον λόγο αυτό συμπεραίνεται πως για αυτά τα σημεία υπάρχει επιβάρυνση λόγω της ανθρωπογενούς παρέμβασης και δραστηριοτήτων (βιομηχανία, γεωργία, αστικά λύματα).

Η περίπτωση του Μαλλιαράκη (πηγάδι) ξεχωρίζει με την πορτοκαλί μπάρα σε όλα τα διαγράμματα όπου σημειώνει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις, με αποτέλεσμα να αξιολογείται η ύπαρξη πιθανότητας εισροής λυμάτων και λιπασμάτων ή εισχώρηση του θαλασσινού μετώπου στον υδροφόρο, όπου επιβεβαιώνεται με τις τιμές των χλωριόντων που είναι ακραία υψηλές. Επίσης υψηλές συγκεντρώσεις εμφανίζονται στις παραμέτρους του νατρίου, του ασβεστίου, και των νιτρικών και θεικών ιόντων οι οποίες ισχυροποιούν το σενάριο της υφαλμύρισης. Το νερό θεωρείται *πολύ σκληρό*.

Η παρουσία των συγκεντρώσεων του νατρίου διατηρεί την ίδια τάση σε όλη την διάρκεια των δειγματοληψιών καθώς είναι μια χαρακτηριστική παράμετρος η οποία δεν μεταβάλλεται εύκολα.

Οι τιμές του pH τείνουν να παραμένουν σταθερές καθώς διαθέτει μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα και εξαρτάται από τη θερμοκρασία και από την παρουσία διαλυμένων αλάτων και ιόντων. Στα δείγματα που έχουν εξεταστεί δεν υπάρχουν ακραίες μεταβολές παρά μόνο μικρές αποκλίσεις.

Οι πηγές Μπουτσουνάρια, Αγ. Βαρβάρα και η γεώτρηση Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου παρουσιάζουν χαμηλές συγκεντρώσεις θεικών, καλίου και ασβεστίου σε αντίθεση με τις υπόλοιπες γεωτρήσεις και πηγάδια οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις. Τα υπόλοιπα σημεία που βρίσκονται σε χαμηλότερο υψόμετρο στον κάμπο, δέχονται συγκεντρωτικά επιβάρυνση από την ανθρωπογενή παρέμβαση.

Το κάλιο υπάρχει φυσικά στο νερό και εμπλουτίζεται σε αυτό καθώς διαπερνά πετρώματα. Κατά την πάροδο του χρόνου η συγκέντρωσή του καλίου στο νερό αυξάνεται με αποτέλεσμα δείγματα που αναλύθηκαν παρουσιάζουν μια σταθερή και αυξητική τάση με κάποια από αυτά τα δείγματα να έχουν πολύ χαμηλές ενώ άλλα υψηλές συγκεντρώσεις καλίου.

Το ασβέστιο επίσης υπάρχει φυσικά στο νερό λόγω της πορείας του νερού μέσα από ασβεστολιθικά πετρώματα και σε αυτό το στοιχείο οφείλεται η σκληρότητα του νερού. Όπως είναι φυσικό υπάρχει η παρουσία ασβεστίου σε όλα τα δείγματα, άλλοτε σε χαμηλές συγκεντρώσεις, υψηλές αλλά και πολύ υψηλές. Ωστόσο στα σημεία που εμφανίζονται υψηλές και πολύ υψηλές συγκεντρώσεις, σημαίνει πως ο υδροφόρος δέχεται κάποιου είδους επιβάρυνση, από αυτές που ήδη έχουν αναφερθεί. Στο σύνολο παρατηρείται σταθερή τάση στις συγκεντρώσεις με μικρές αυξομειώσεις των τιμών μεταξύ τους.

Παρατηρώντας τις τιμές της θολερότητας διαπιστώνεται η ύπαρξή της στο σύνολο των μετρήσεων. Σε ορισμένα σημεία υπάρχουν ακραίες τιμές θολερότητας ωστόσο αυτές είναι παροδικές. Η ύπαρξή της οφείλεται στα δείγματα που προέρχονται από υπόγειο νερό καθώς στο πέρασμά του συμπαρασύρει οργανικές και ανόργανες ουσίες. Επίσης επηρεάζεται από την χρήση της γεώτρησης δηλαδή πόσο συχνά χρησιμοποιείται και όσο αφορά τις γεωτρήσεις που ελέχθησαν δεν είχαν συχνή χρήση, επομένως έτσι δικαιολογούνται τα ασταθή αποτελέσματα.

Το BOD αποτελεί δείκτη ρύπανσης από λύματα, απόβλητα και ρυπασμένα ύδατα. Βλέποντας τη συνολική εικόνα με τον οποίο διαμορφώθηκαν οι τιμές του BOD υπάρχει σταδιακή αύξηση καθώς οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνται τους καλοκαιρινούς μήνες όπου λόγω της έλλειψης βροχοπτώσεων και της πτώσης της στάθμης του υδροφόρου. Ωστόσο ξεχωρίζει το σημείο Κινδελής όπου όπως ήδη έχει αναφερθεί ήταν εμφανής η ύπαρξη ρύπανσης λόγω οσμής και χρώματος, επιπλέον η γεώτρηση είχε να λειτουργήσει για αρκετό καιρό. Αρχικά εμφανίζει ακραία τιμή μέτρησης αλλά στη συνέχεια μειώνεται και βρίσκεται στα ίδια επίπεδα με τις υπόλοιπες τιμές, επομένως ήταν ένα παροδικό φαινόμενο επιβάρυνσης.

Στα περισσότερα δείγματα που αναλύθηκαν η παρουσία του COD ήταν παροδική, εκτός από την περίπτωση του δείγματος Κ.Ε.Γ.Ε. το οποίο έχει αυξητική τάση και δημιουργεί την υποψία εισροής λυμάτων.

Η ύπαρξη νιτρικών ιόντων σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν και στις περισσότερες περιπτώσεις βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Οι πηγές Μπουτσουνάρια και Αγ. Βαρβάρα όπως και η γεώτρηση Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου έχουν χαμηλές τιμές νιτρικού αζώτου σε σύγκριση με τις υπόλοιπες γεωτρήσεις και πηγάδια οι οποίες έχουν υψηλές, το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς ο κάμπος των Χανίων αξιοποιείται γεωργικά. Επίσης τα τρία αυτά σημεία βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα που βρίσκονται στην λεκάνη του κάμπου Χανίων.

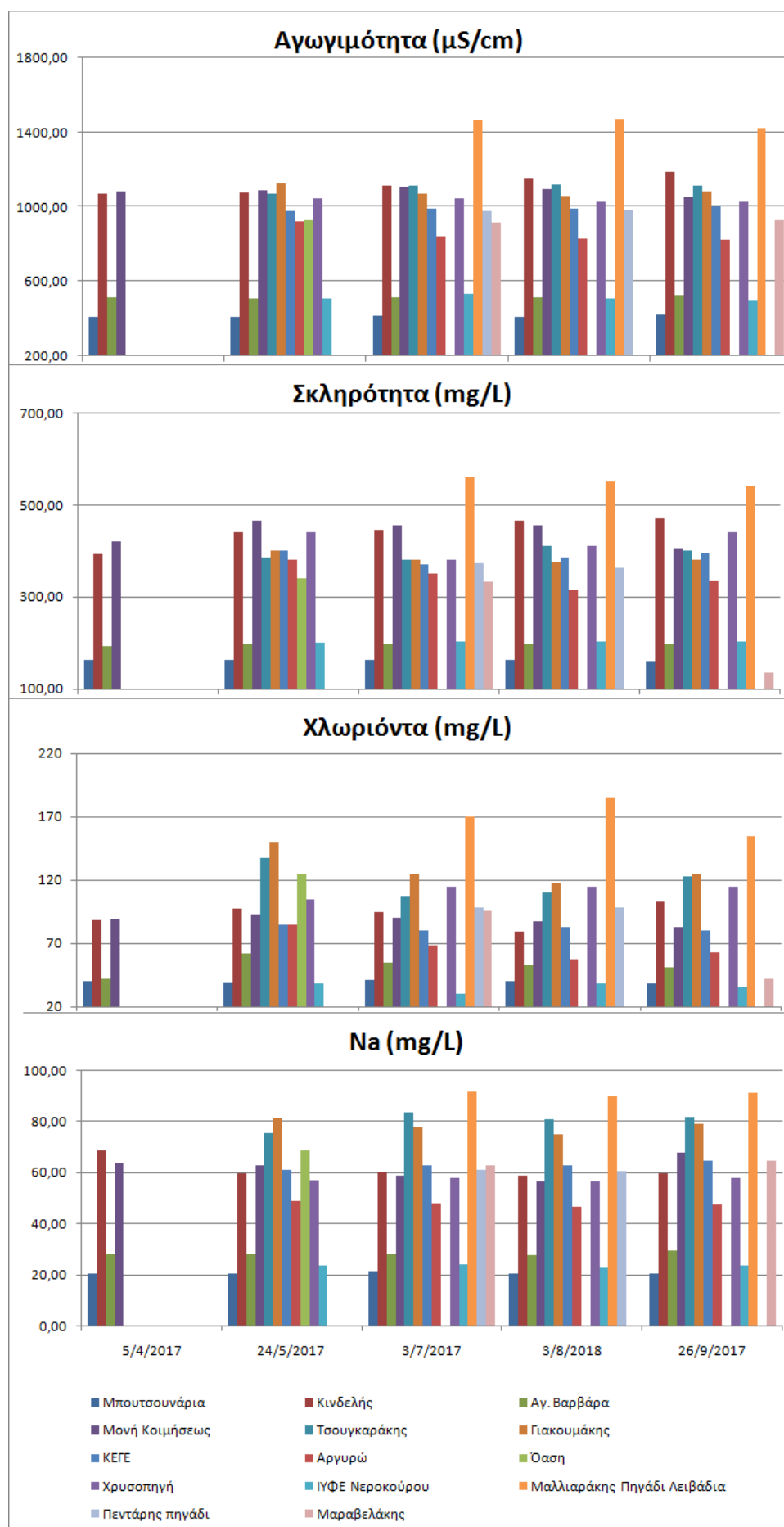
Κατά την ανάλυση των δειγμάτων διαπιστώνονται οι χαμηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών ιόντων σε αυτά, για αυτό συμπεραίνεται πως δεν υπάρχει ρύπανση του υδροφόρου από τέτοιου είδους λιπάσματα, καθώς δεσμεύονται αμέσως από την βλάστηση και το έδαφος.

Οι μικροβιολογικοί δείκτες υποδηλώνουν την μόλυνση του νερού από κοπρανώδη κολοβακτηρίδια, *Escherichia coli* και εντερόκοκκο, τα οποία προέρχονται από τα κόπρανα ζώων. Όλα τα δείγματα που εξετάστηκαν περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις αποικιών κολοβακτηριδίων, βέβαια υπάρχουν κάποια δείγματα των οποίων οι τιμές είναι πολύ υψηλές και παραπέμπουν στη μόλυνση του νερού από λύματα. Η εμφάνισή της δεν είναι σταθερή και παρατηρούνται αυξομειώσεις στις συγκεντρώσεις

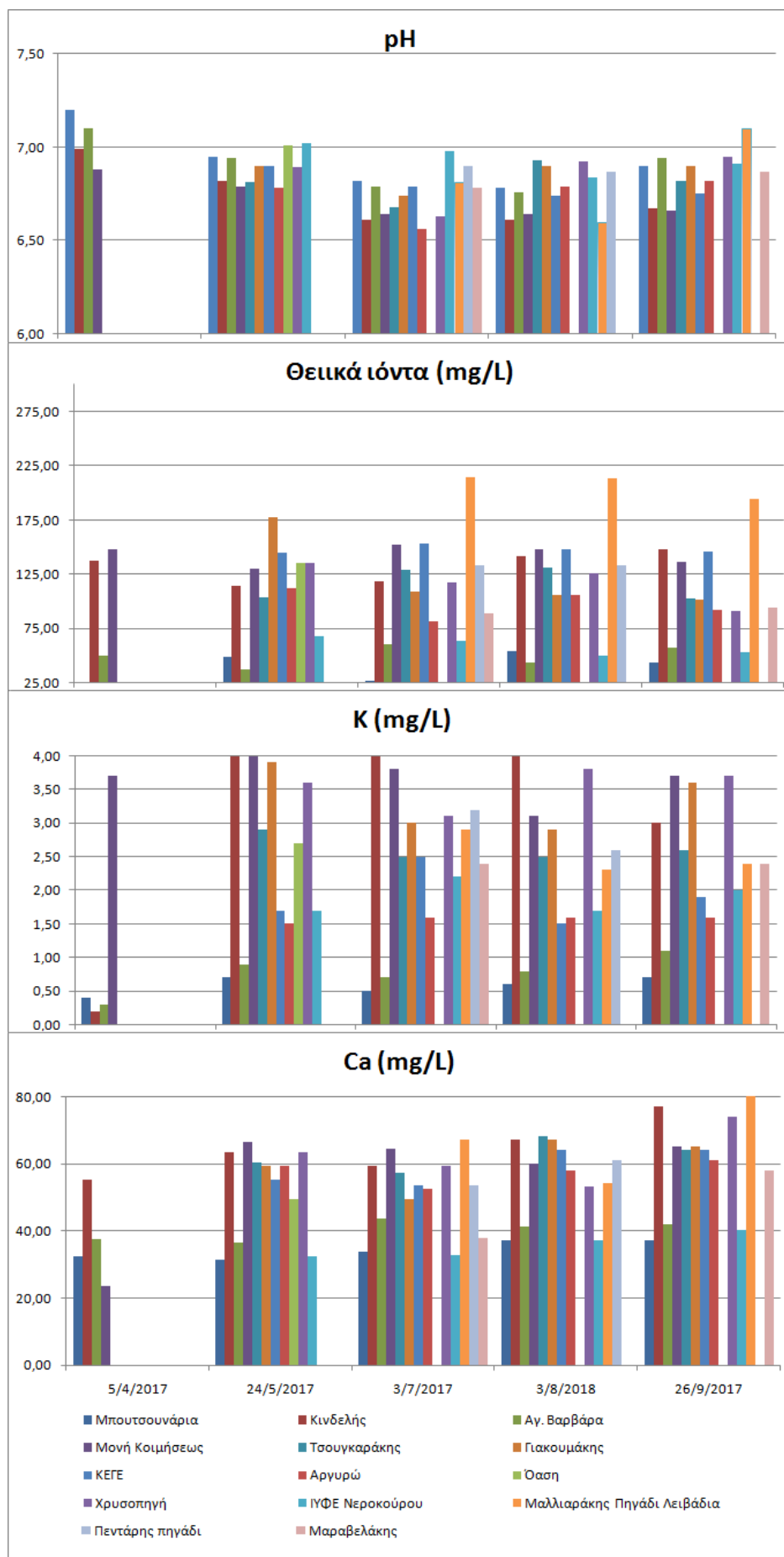
των αποικιών το οποίο συμβαίνει λόγω των παροδικών μολύνσεων και της μικρής διάρκειας ζωής που έχει μέσα στο νερό.

Για τις παραμέτρους του μικροβιολογικού φορτίου τα αποτελέσματα είναι αναμενόμενα, καθώς τα δείγματα που εξετάζονται είναι υπόγεια φυσικά νερά, τα οποία τροφοδοτούν τον υδροφόρο αστικής και καλλιεργούμενης γης, από την οποία δημιουργούνται απορροές που τον επιβαρύνουν. Η επιβάρυνση από λύματα επιβεβαιώνεται λόγω της ύπαρξης BOD και COD.

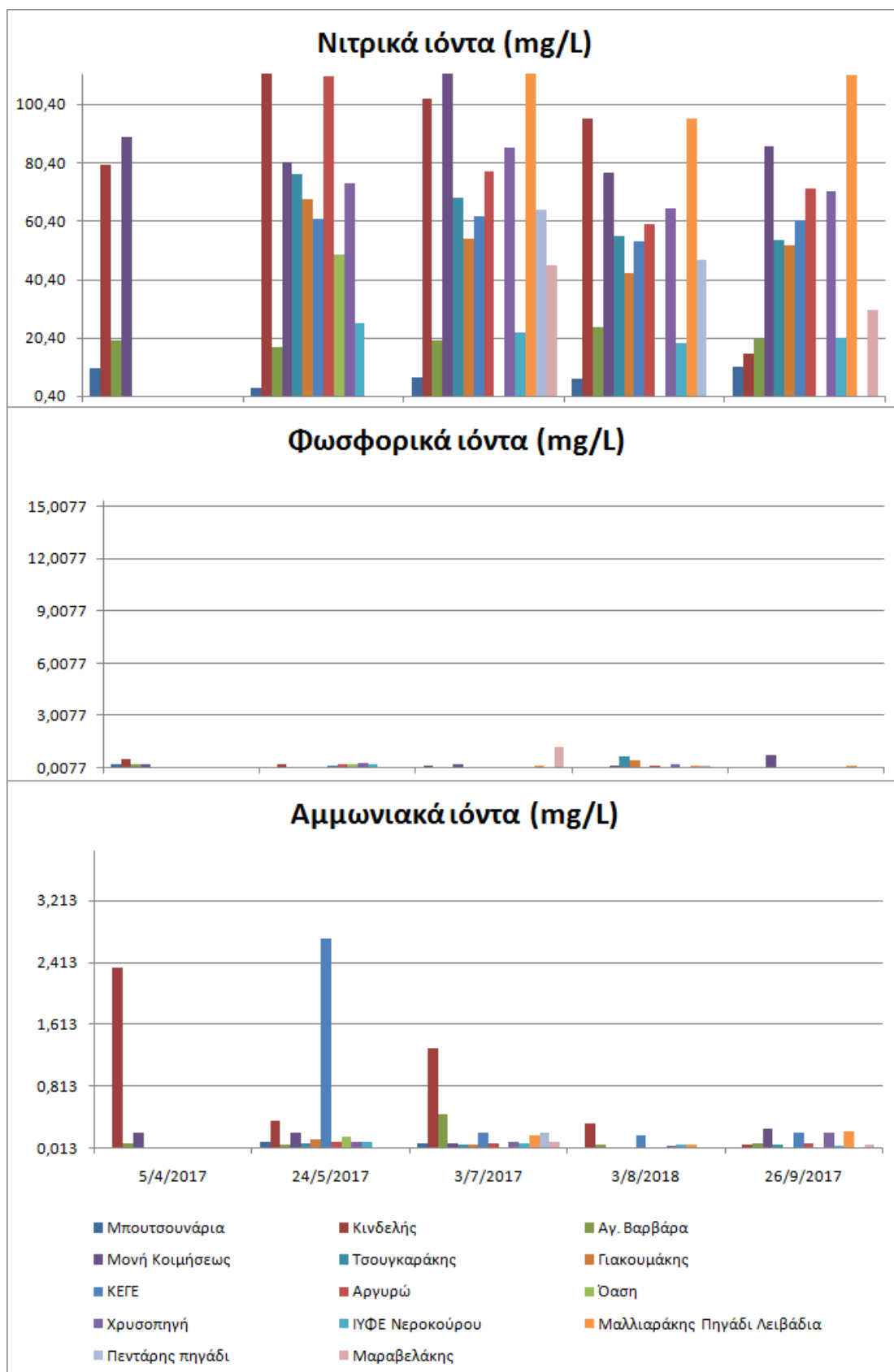
Τέλος, αυτό που έχει αναφερθεί για την τάση των τιμών σε ορισμένα σημεία να διατηρούν χαμηλές, υψηλές και πολύ υψηλές συγκεντρώσεις έχει να κάνει με την υψομετρική διαφορά των σημείων μεταξύ τους, με αποτέλεσμα οι πηγές Μπουτσουνάρια, Αγ. Βαρβάρα και η γεώτρηση Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου τα οποία βρίσκονται σε υψηλότερο σημείο, να διατηρούν μια καλύτερη ποιότητα στο νερό τους λόγω της μικρότερης επιβάρυνσης που δέχονται. Τα υπόλοιπα σημεία δέχονται μεγαλύτερες πιέσεις λόγω της ανθρωπογενούς παρέμβασης, με εισροές λιπασμάτων και λυμάτων στον υδροφόρο. Η περίπτωση του Κινδελή εμφάνισε κάποια παροδική αύξηση στις συγκεντρώσεις των παραμέτρων που μετρήθηκαν, η οποία προέρχεται από τη χρήση λιπασμάτων. Η δεύτερη περίπτωση που ξεχωρίζει είναι αυτή του Μαλλιαράκη όπου πρόκειται για νερό πολύ επιβαρυνμένο, από λύματα και λιπάσματα.



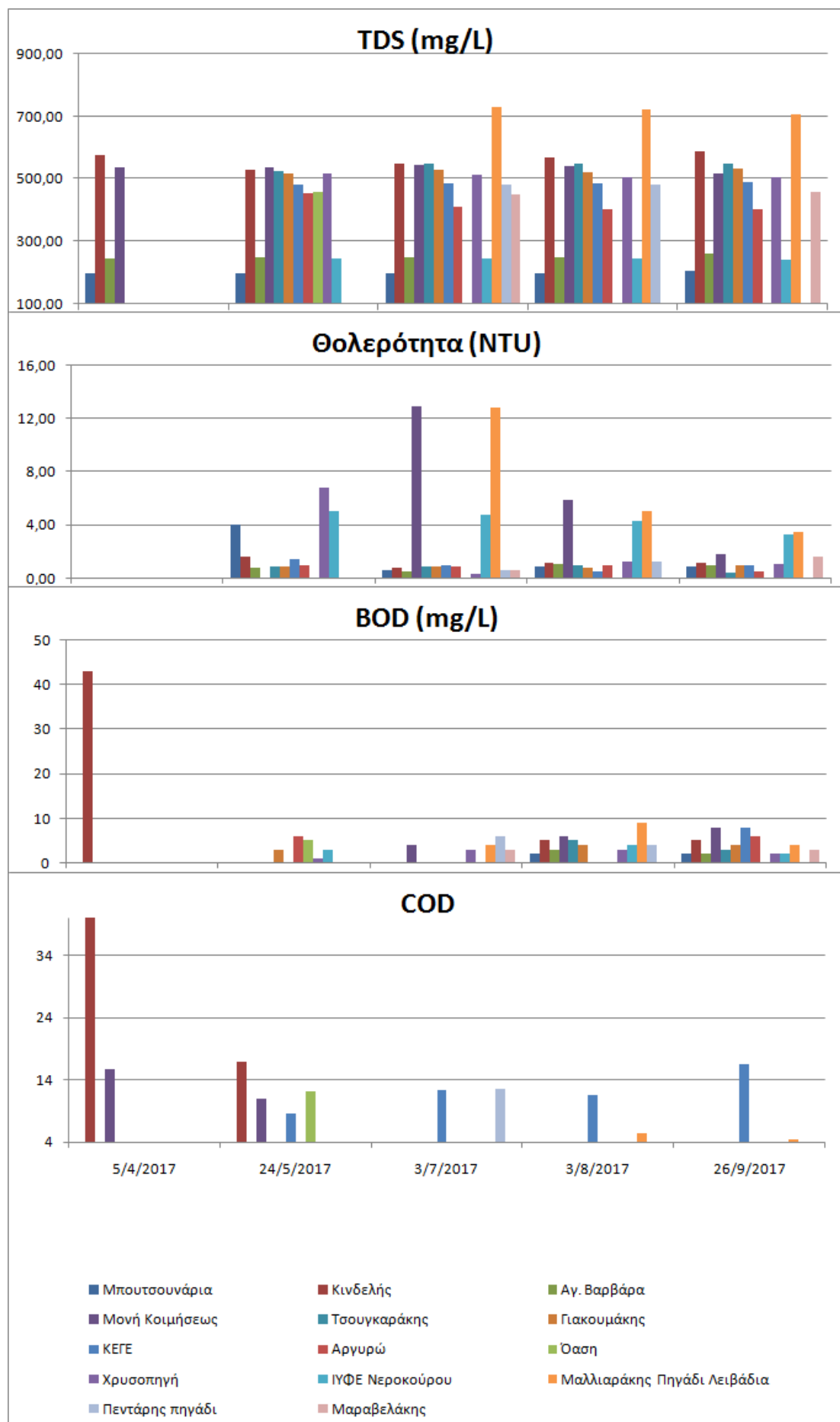
Εικόνα 108: Σύγκριση δειγματοληψιών ανά παράμετρο



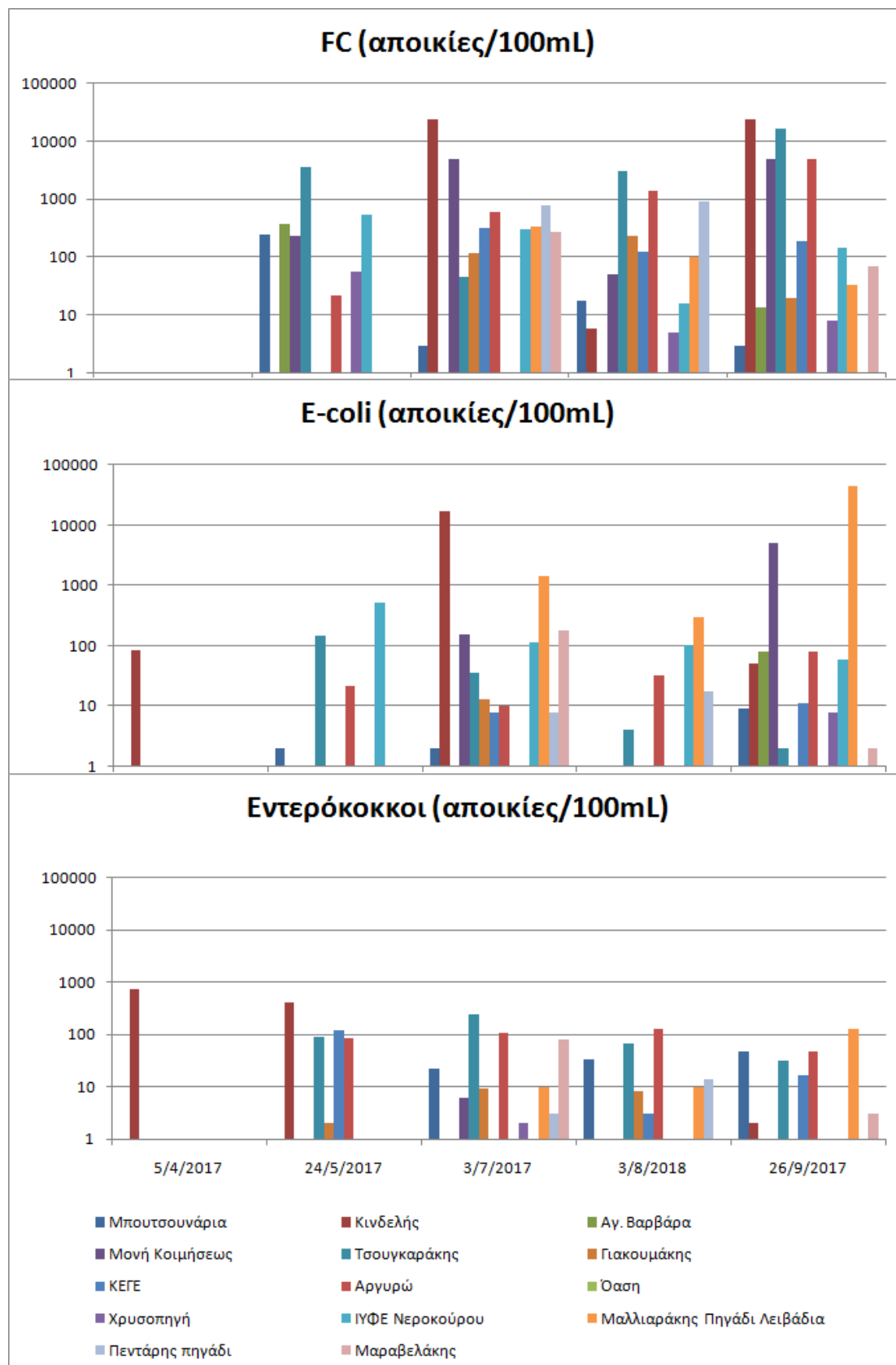
Εικόνα 109: Σύγκριση δειγματοληψιών ανά παράμετρο



Εικόνα 110: Σύγκριση δειγματοληψιών ανά παράμετρο



Εικόνα 111: Σύγκριση δειγματοληψιών ανά παράμετρο



Εικόνα 112: Σύγκριση δειγματοληψιών ανά παράμετρο

5.1.5 Αποτελέσματα και συμπεράσματα μέσου όρου

Για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και για την εξαγωγή τελικών συμπερασμάτων, υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε σημείο και κάθε παράμετρο στο σύνολο των δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν. Σκοπός είναι να παρατηρηθεί η πιθανότητα ύπαρξης τιμών οι οποίες συγκλίνουν, ώστε να προσδιοριστεί η ποιότητα του υδροφόρου ορίζοντα και να εξεταστεί το ενδεχόμενο χημικής συγγένειας των σημείων μεταξύ τους.

Στα αποτελέσματα των μετρήσεων που ελέγχθηκαν όλοι οι παράμετροι, για να μπει ο επίλογος αυτής της πτυχιακής εργασίας, υπολογίστηκε ο μέσος όρος όλων των σημείων για κάθε παράμετρο και κάθε δειγματοληψία. Από τον μέσο όρο του έγινε η στατική ανάλυση των αποτελεσμάτων η οποία δίνει μία συνολική εικόνα της κατάστασης την ποιότητας νερού που επικρατεί στον κάμπο Χανίων. Το τυπικό σφάλμα δίνει μια εικόνα πως το σύνολο των δειγμάτων στις παραμέτρους της αγωγιμότητας, του TDS, της σκληρότητας, των χλωριόντων και των μικροβιολογικών δεικτών είναι μεγάλη. Βλέποντας την ελάχιστη τη μέγιστη και την διάμεση τιμή συμπεραίνεται πως μιλάμε για μεγάλες διαφορές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων μεταξύ τους, ωστόσο η κύρτωση φανερώνει πως οι τιμές σε μία κανονική κατανομή κινούνται γύρω από το μέσο όρο. Οι παράμετροι με μικρό τυπικό σφάλμα είναι αυτές που σχετίζονται με τον εμπλουτισμό του νερού από λιπάσματα, το οποίο είναι ένα γενικό φαινόμενο του κάμπου Χανίων. Οι μικροβιολογικοί δείκτες εμφανίζουν και αυτοί μεγάλη αστάθεια στο πέρας των δειγματοληψιών. Κάνοντας συσχέτισμό των παραμέτρων των FC, e-coli και εντεροκόκκου, με τις παραμέτρους BOD και COD, οι οποίες είναι δείκτες μόλυνσης από λύματα, φανερώνουν πως ο υδροφόρος του κάμπου, εκτός από επιβάρυνση από λιπάσματα, δέχεται και εισροή λυμάτων οι οποίες πολλές φορές αφορούν σημειακά κάποιες περιοχές, ωστόσο είναι ένα γενικό φαινόμενο που υπάρχει στην περιοχή.

Πίνακας 20 Στατιστική ανάλυση δεδομένων

	Μέσος Όρος	Τυπικό σφάλμα	Διάμεσος	Κύρτωση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Πλήθος
pH	6,85	0,02	6,84	-0,38	6,72	7,01	14
Αγωγιμότητα (μS/cm)	930,19	75,50	985,00	0,25	413,40	1456,00	14
TDS (mg/l)	455,92	37,63	483,50	0,27	200,06	720,33	14
Θολρότητα (NTU)	8,18	5,36	1,34	13,20	0,73	77,00	14
Σκληρότητα (mg/L)	347,43	29,67	376,38	-0,48	162,40	550,00	14
Χλωριόντα (mg/L)	91,53	10,07	90,32	-0,08	35,49	169,95	14
COD	4,31	1,57	0,55	0,26	0,00	17,40	14
BOD (mg/l)	4,91	1,06	4,25	9,25	1,33	17,67	14
Νιτρικά ιόντα (mg/l)	58,64	8,52	57,45	0,56	7,17	128,85	14
Αμμωνιακά ιόντα (mg/l)	0,21	0,07	0,11	3,51	0,04	0,88	14
Φωσφορικά ιόντα (mg/l)	0,17	0,04	0,13	8,64	0,04	0,62	14
Θειικά ιόντα (mg/l)	113,77	11,80	120,44	0,49	39,80	207,00	14
FC (αποικίες/100ml)	1989,35	1156,18	164,88	9,73	0,00	16002,00	14
E coli (αποικίες/100ml)	1479,15	1081,92	26,25	11,32	0,00	14973,33	14
Εντερόκοκκοι (αποικίες/100ml)	42,03	17,05	14,65	5,38	0,00	228,40	14
Συγκέντρωση Na mg/l	57,42	5,64	61,47	-0,32	20,40	90,67	14
Συγκέντρωση K mg/l	2,45	0,27	2,58	-0,51	0,58	3,80	14
Συγκέντρωση Ca mg/l	54,46	2,95	58,51	-0,66	34,38	67,17	14

Οι τιμές που κυμαίνεται το pH στα φυσικά νερά είναι από 6,5-8,5. Έτσι όπως διαμορφώνονται οι εργαστηριακές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, όπως είναι φυσικό αποδεικνύεται ότι βρίσκονται εντός αυτού του εύρους τιμών. Λόγω της διαφορετικής ποιότητας των νερών που ελέγχθηκαν υπάρχουν διαφορετικές τιμές pH.

Η αγωγιμότητα δεν μεταβάλλεται εύκολα κατά την πάροδο του χρόνου και για αυτό αποτελεί χαρακτηριστική παράμετρο της ποιότητας του. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι μετρήσεις των δειγμάτων παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα μεταξύ τους. Έτσι δημιουργείται η υπόθεση της προέλευσης του νερού από κοινό υδροφόρο ορίζοντα. Ωστόσο αυτό μπορεί να επιβεβαιωθεί με την σύγκριση των υπόλοιπων παραμέτρων μεταξύ τους.

Στο σύνολο των μετρήσεων της αγωγιμότητας η περιοχή μελέτης δεν μπορεί να χαρακτηριστεί από όμοιες τιμές στο σύνολό τους, καθώς υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Ωστόσο παρατηρείται ότι υπάρχουν σημεία που εμφανίζουν παρόμοια αγωγιμότητα και οι μετρήσεις μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε 3 ομάδες, που χαρακτηρίζονται από χαμηλή, υψηλή και πολύ υψηλή αγωγιμότητα.

Χαρακτηριστικό είναι ότι στο σύνολο των διαγραμμάτων που έχουν δημιουργηθεί για την κάθε παράμετρο εντοπίζονται μετρήσεις οι οποίες έχουν χαμηλές, υψηλές και πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Οι παράμετροι οι οποίοι μετρούν συγκεντρώσεις ιόντων που υπάρχουν στα φυσικά νερά, είναι το ασβέστιο και το νάτριο, τα οποία συσχετίζονται με τις παραμέτρους της σκληρότητας και των χλωριόντων, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με την αγωγιμότητα, για αυτό και διαγράμματα μεταξύ τους ακολουθούν την ίδια τάση. Ομοίως αυτό συμβαίνει και σε άλλες παραμέτρους όπως είναι τα θειικά και νιτρικά ιόντα αλλά και νιτρικό άζωτο.

Τα αμμωνιακά ιόντα και το αμμωνιακό άζωτο βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις το οποίο αποδεικνύει ότι δεν υπάρχει πρόσφατη εισροή αμμωνιακών από τη χρήση λιπασμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα, καθώς τα αμμωνιακά λόγω των διεργασιών του κύκλου του αζώτου και με την πάροδο του χρόνου, μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα.

Τα φωσφορικά ιόντα όπως και ο φωσφορικός φώσφορος, στα δείγματα που εξετάστηκαν βρέθηκαν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις κάτι το οποίο δείχνει πως ο υδροφόρος δεν δέχεται μεγάλες εισροές φωσφορικών λιπασμάτων καθώς δεσμεύεται εύκολα από το έδαφος και τα φυτά.

Εξετάζοντας το διάγραμμα του BOD φαίνεται πως σε όλα τα σημεία υπάρχει επιβάρυνση η οποία οφείλεται στην ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών οι οποία πιθανόν υποδηλώνει εισροή λυμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα, όπως αντίστοιχα δείκτης τέτοιων μολύνσεων είναι και η παράμετρος του COD. Ενδείξεις COD εμφανίζονται σε συγκεκριμένα σημεία όπου λόγω της συγκέντρωσής του γίνεται ξεκάθαρη η αιτία μόλυνσης σε συνδυασμό με το BOD.

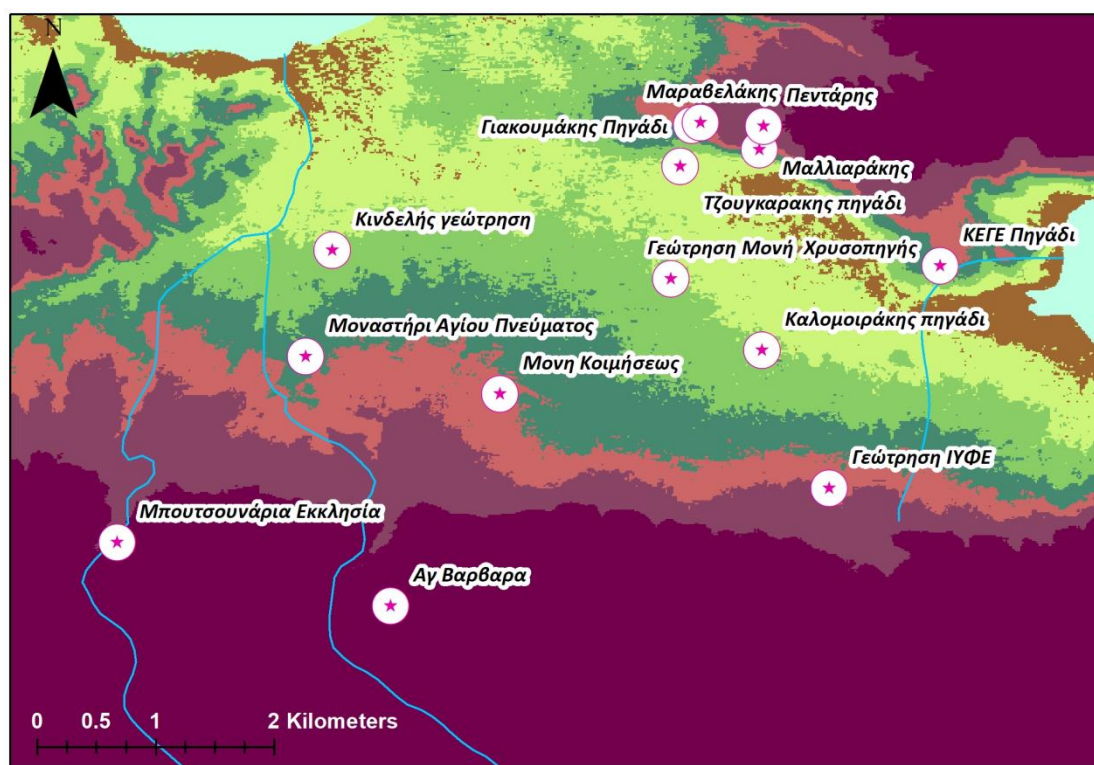
Η παρουσία του μικροβιολογικού φορτίου είναι φανερή, και αφορά όλα τα σημεία δειγματοληψίας, ωστόσο κάποια σημεία φανερώνουν σοβαρή επιβάρυνση ενώ άλλα όχι τόσο. Αυτό αποδεικνύει την κοπρανώδη μόλυνση στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας, ωστόσο δημιουργείται η υπόθεση της μόλυνσης από λύματα στις περιπτώσεις όπου οι συγκεντρώσεις του μικροβιολογικού φορτίου είναι πολύ υψηλές.

Η θολερότητα εμφανίζεται σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν, κάποια σημεία όμως παρουσιάζουν υψηλές τιμές, το οποίο γίνεται λόγω της ύπαρξης διαλυμένων στερεών και το οποίο είναι αναμενόμενο να συμβαίνει στα φυσικά νερά. Επίσης πολλά από τα δείγματα αφορούσαν γεωτρήσεις και πηγάδια τα οποία πιθανόν δεν συντηρούνται πολύ συχνά, ενώ δεν λειτουργούν τακτικά με αποτέλεσμα την συσσώρευση στερεών. Από την απεικόνιση του μέσου όρου είναι εμφανές πως υπάρχουν σημεία όπου ο υδροφόρος ορίζοντας επιβαρύνεται σημαντικά λόγω εισροών και απορροών λυμάτων και γεωργικών λιπασμάτων.

Έπειτα από την ανάλυση των δεδομένων που έχει πραγματοποιηθεί, η απεικόνιση του μέσου όρου έρχεται για να βοηθήσει στην εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων για την περιοχή μελέτης. Από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν εντοπίζονται σημεία τα

οποία φαίνεται ότι δέχονται ίδιου τύπου επιβαρύνσεις, όπως είναι η επιφόρτιση του υδροφόρου ορίζοντα από αζωτούχα λιπάσματα και εισροές λυμάτων. Επίσης έχει παρατηρηθεί πως υπάρχουν σημεία τα οποία δεν δέχονται σημαντικές επιβαρύνσεις από τον ανθρώπινο παράγοντα το οποίο οφείλεται στην γεωγραφική και γεωμορφολογική τους θέση.

Επομένως τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνουν την εικόνα πως η περιοχή μελέτης χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, στα σημεία που βρίσκονται νότια του Κάμπου Χανίων (ΙΥΦΕ Νεροκούρου, Αγ. Βαρβάρα, Μπουτσουνάρια), τα οποία είναι σε μεγαλύτερο υψόμετρο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, τα οποία αποτελούν την λεκάνη του Κάμπου. Τα υπόλοιπα σημεία που βρίσκονται στην λεκάνη του Κάμπου, λόγω της γεωγραφικής τους θέσης, φαίνεται ότι δέχονται τις επιβαρύνσεις που αναφέρθηκαν, το οποίο σημαίνει επιβάρυνση του υδροφόρου ορίζοντα κυρίως με νιτρικά και θειικά ιόντα, το οποίο υποδηλώνει την υπέρμετρη χρήση γεωργικών λιπασμάτων στην περιοχή. Μικροβιολογικό φορτίο εμφανίζεται σε όλα τα σημεία, ωστόσο μπορεί να γίνει υπόθεση για εισροή λυμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα στις περιπτώσεις όπου υπάρχουν μετρήσεις με ενδείξεις μικροβιολογικού φορτία και παρουσία BOD και COD.



Legend

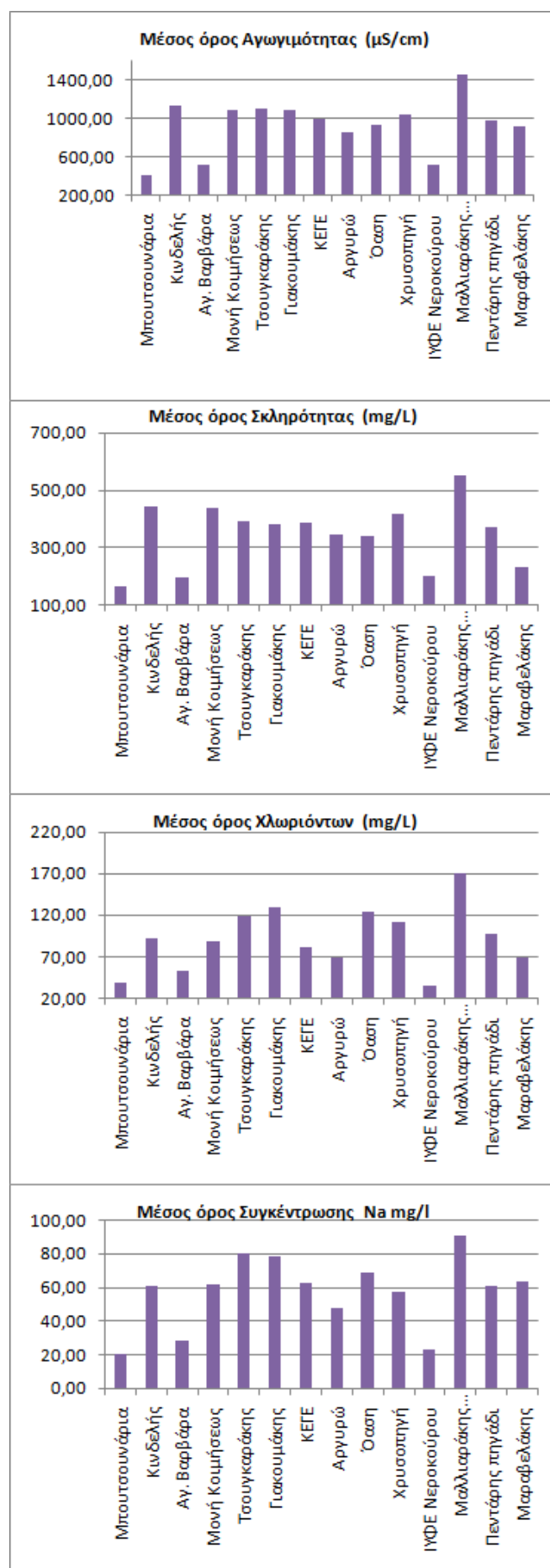


Εικόνα 113 Υψομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης με τα σημεία δειγματοληψίας

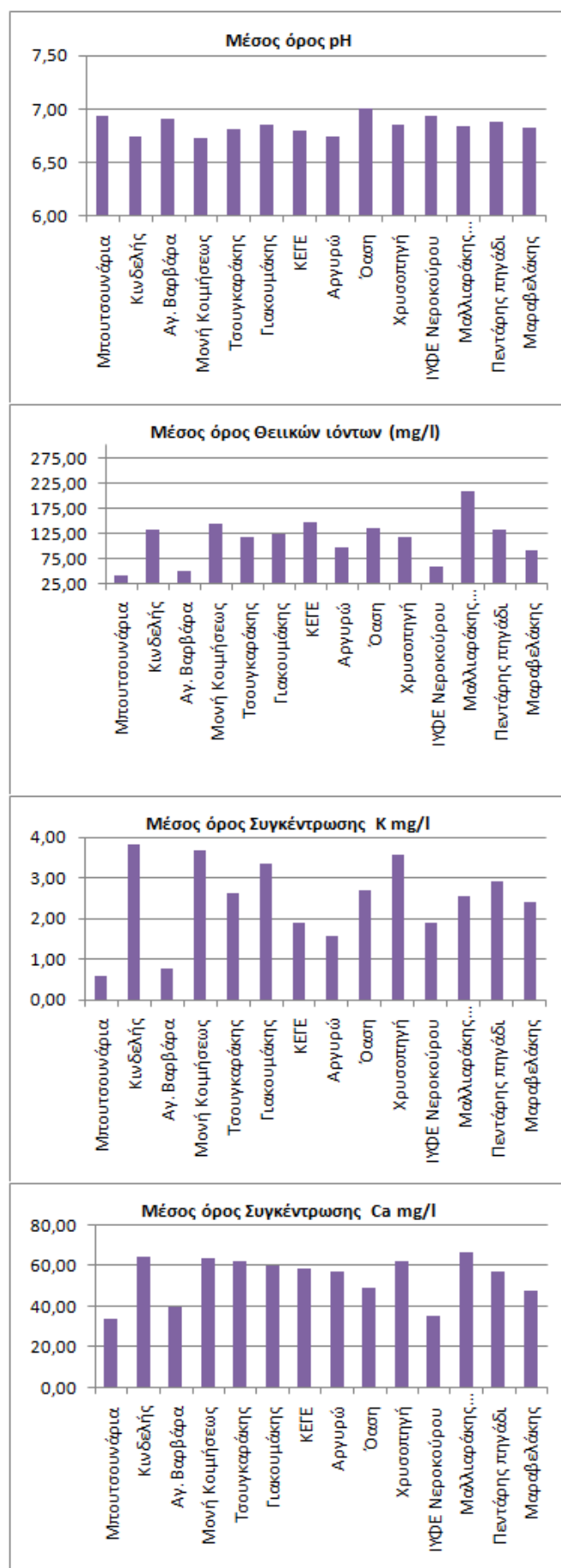
Εξετάζοντας το ενδεχόμενο χημικής συγγένειας των δειγμάτων νερού που ελέγχθηκαν, εντοπίζονται παρόμοιες τιμές αγωγιμότητας για κάποια από τα δείγματα. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι πρόκειται για σημεία τα οποία τροφοδοτούνται από τον ίδιο υδροφόρο, κάτι το οποίο αποδίδεται στην γεωγραφική τους θέση, καθώς αυτά τα σημεία να γειτονεύουν μεταξύ τους.

Υπάρχουν τιμές αγωγιμότητας οι οποίες είναι ίδιες, όπως είναι στα σημεία της γεώτρησης Ι.Υ.Φ.Ε. Νεροκούρου με την πηγή της Αγ. Βαρβάρας, το πηγάδι Μαραβελάκης με την γεώτρηση Όαση, το πηγάδι Πεντάρης με το πηγάδι Κ.Ε.Γ.Ε. και το πηγάδι Γιακουμάκης με την γεώτρηση της Μονής Κοιμήσεως στα οποία μπορεί να γίνει η υπόθεση πως είναι το ίδιο νερό.

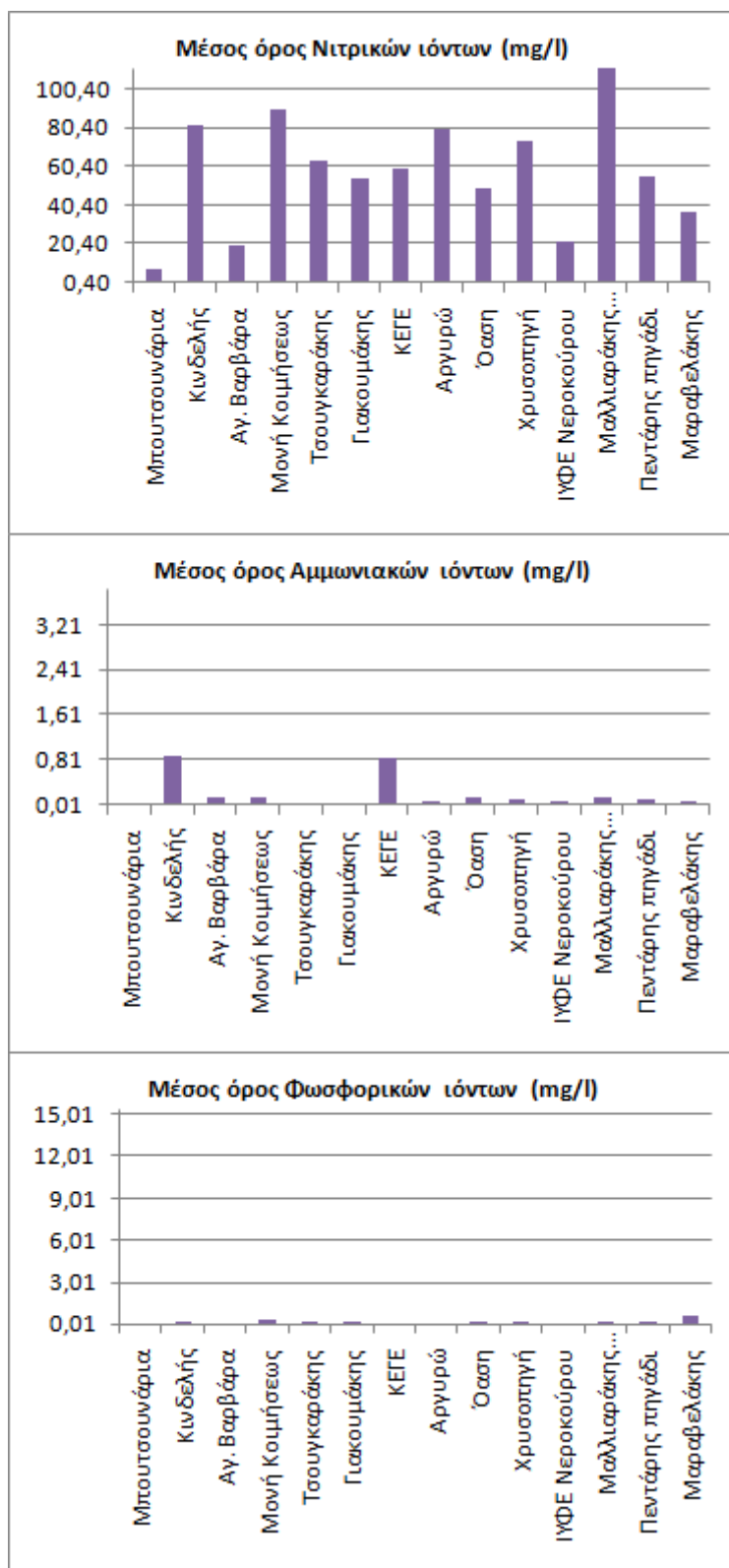
Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα του μέσου όρου όλων των παραμέτρων.



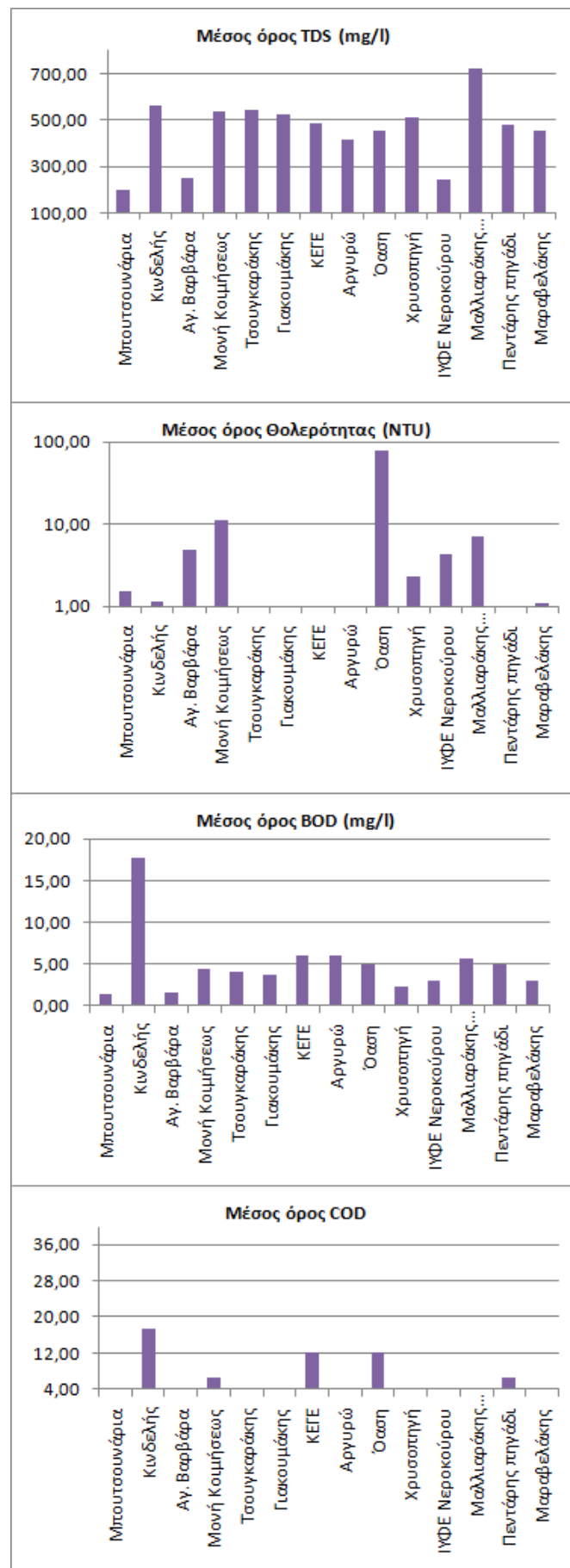
Εικόνα 114: Μέσος όρος παραμέτρων



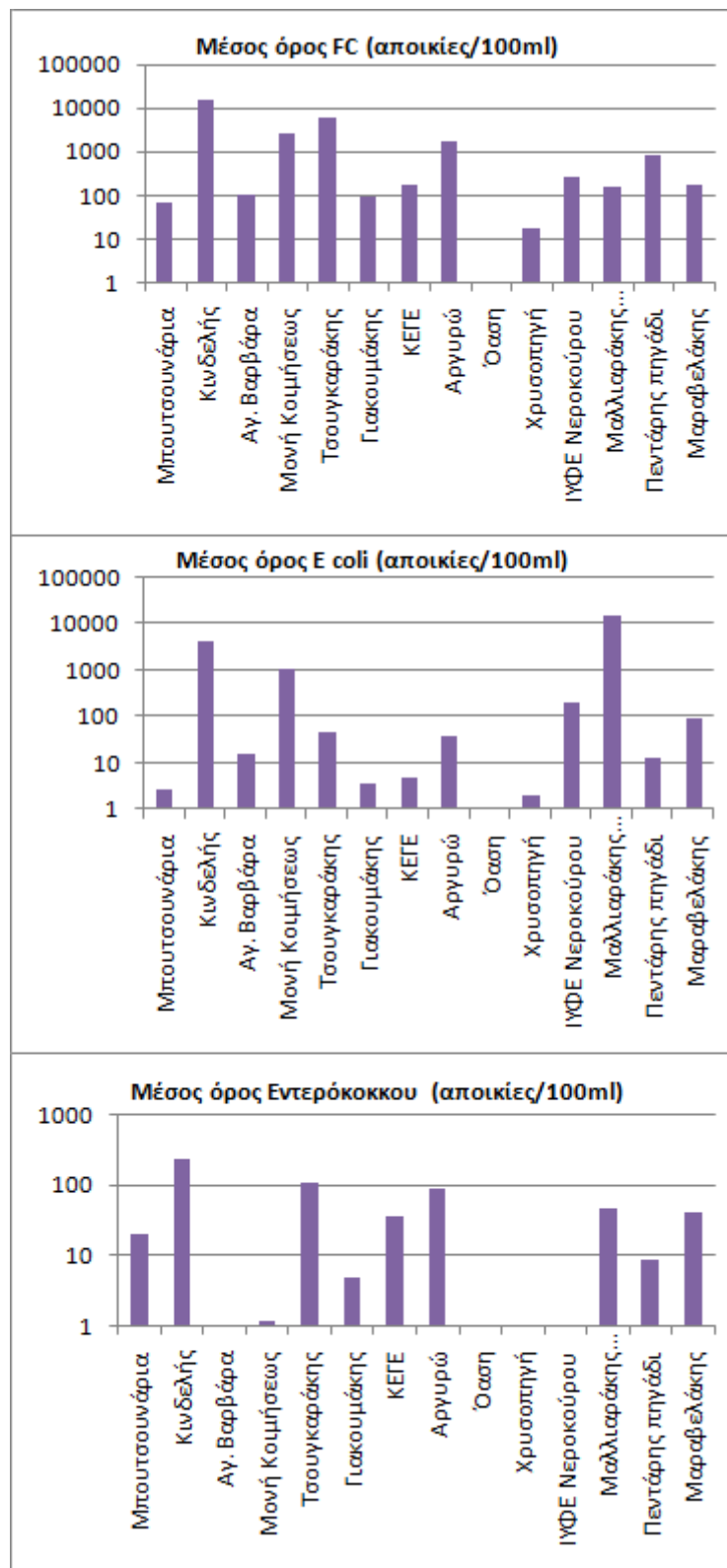
Εικόνα 115: Μέσος όρος παραμέτρων



Εικόνα 116: Μέσος όρος παραμέτρων



Εικόνα 117: Μέσος όρος παραμέτρων



Εικόνα 118: Μέσος όρος παραμέτρων

5.5 Γενικό συμπέρασμα

Η ανθρωπογενής παρέμβαση στο περιβάλλον πάντα αφήνει αντίκτυπο και αυτό αποδείχθηκε και μέσω αυτής της ερευνητικής πτυχιακής εργασίας όπου

προσδιορίστηκε η ποιότητα του υπόγειου νερού του Κάμπου Χανίων. Τελικώς συμπεραίνεται πως ο υδροφόρος ορίζοντας του Κάμπου Χανίων δέχεται επιβάρυνση από την γεωργική δραστηριότητα της περιοχής και των λυμάτων τα οποία εισρέουν σε αυτόν. Το νερό στο σύνολό του δεν είναι κατάλληλο για να είναι πόσιμο, καθώς είναι χαμηλής ποιότητας, ωστόσο μπορεί να συνεχίσει να χρησιμοποιείται ως αρδευτικό νερό.

Σύμφωνα με την δημοσίευση Kanta et al 2013 προκύπτει από γεωφυσικές και γεωλογικές μελέτες, πως ο Κερίτης ποταμός τροφοδοτείται από τα Λευκά Όρη. [55] Λόγω ρηγμάτων που υπάρχουν στην περιοχή δεν επιτρέπουν στο νερό να διοχετεύεται απευθείας στη θάλασσα, με αποτέλεσμα υπογείως να κατευθύνεται προς τον Κάμπο Χανίων φορτίζοντας τον υδροφόρο έως και την περιοχή της Σούδας. Στον παρακάτω χάρτη τα βέλη δείχνουν την πορεία του νερού.

Επομένως προκύπτει χημική συγγένεια στα δείγματα που εξετάστηκαν, το οποίο προκύπτει από τις εργαστηριακές μετρήσεις καθώς και από το γεγονός πως ο υδροφόρος ορίζοντας που τροφοδοτεί τον Κάμπο Χανίων έχει κοινή προέλευση.

Εικόνα 119: Η ροή των υπόγειων υδάτων με βάση τη χωρική κατανομή του νερού σε γεωτρήσεις και πηγάδια και η συσχέτισή τους με τις τεκτονικές ζώνες. [55]

Κεφάλαιο 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η διερεύνηση της ποιότητας των υδατικών πόρων του Κάμπου Χανίων και με αφορμή αυτό προέκυψε η τριβή και η εξοικείωση με το αντικείμενο της ερευνητικής εργαστηριακής δραστηριότητας. Καθότι η εργασία αυτή βρίσκεται σε προπτυχιακό επίπεδο, σαφώς και υπήρξαν λάθη κατά τη διάρκεια της ερευνητικής μελέτης το οποία λύθηκαν άμεσα, ενώ με άλλα βρεθήκαμε εκ των υστέρων αντιμέτωποι τα οποία μας δίνουν την ευκαιρία να σκεφτούμε τρόπους βελτίωσης, όπου σαν διαδικασία αποδείχτηκε πολύ σημαντική σε διδακτικό επίπεδο.

Έστω υποθετικά ότι μας δινόταν η ευκαιρία εκπόνησης της ίδιας εργασίας, για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων, θα λειτουργούσαμε περισσότερο μεθοδευμένα με το κομμάτι της δειγματοληψίας. Αυτό σημαίνει ότι η διάρκεια μελέτης θα επεκτεινόταν για τουλάχιστον ένα ημερολογιακό έτος, με περισσότερα σημεία δειγματοληψίας. Όσο αφορά τον εργαστηριακό έλεγχο κάποιες μετρήσεις θα μπορούσαν να επαναλαμβάνονταν περισσότερο από μία φορές με σκοπό την αποφυγή πειραματικών σφαλμάτων.

Ενδιαφέρον θα αποτελούσε αν τα γεωχημικά αποτελέσματα μπορούσαν να συγκριθούν και να συνδυαστούν με γεωφυσικές μεθόδους ώστε να αποτυπωθεί το γεωλογικό ανάγλυφο της περιοχής και να δοθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για την χημική συγγένεια των υπόγειων υδάτων.

Η παρούσα εργασία θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη στην επιστημονική κοινότητα καθώς παρέχει πληροφορίες και δεδομένα της περιοχής του Κάμπου Χανίων.

Βιβλιογραφική αναφορά

- [1] Koutroulis, A.G. Tsanis, I.K., Daliakopoulos, I.N. and D. Jacob, 2013. Impact of climate change on water resources status: A case study for Crete Island, Greece. *Journal of Hydrology* 479: 146–158
- [2] NOAA, Water cycle, <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/freshwater/water-cycle>
- [3] U.S. Geological Survey, Howard Periman, John Evans, USGS <https://www.usgs.gov/water-science-school>
- [4] Gleick, P. H., 1996: Water resources. In *Encyclopedia of Climate and Weather*, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823
- [5] Βασικές έννοιες υδρογεωλογίας, 1.1. Υδρολογικός κύκλος, http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_1.pdf
- [6] Στοιχεία υδρογεωλογίας, Κεφάλαιο 3, <http://users.ntua.gr/kavvadas/Books/Env%20Geotechnics/Ch-3.pdf>
- [7] Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων και Διαχείρισης Κινδύνου, Φώτιος Π.ΜΑΡΗΣ Αναπλ.Καθηγητής, Τεχνική Υδρολογία Κεφάλαιο 6ο: Υδρολογία Υπόγειων Νερών, https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/OPE02163/%CE%A5%CE%A6%CE%A0_%CE%9A%CE%B5%CF%86.%206%CE%BF_Y%CF%80%CF%8C%CE%B3.%CE%BD%CE%B5%CF%81%CF%8E%CE%BD.pdf
- [8] 5.Γεωτρήσεις 5.1 Υπόγεια Υδρογεωλογική, Έρευνα – Ερευνητικές Γεωτρήσεις, Σουπιός 2002, https://eclass.chania.teicrete.gr/modules/document/file.php/FP227/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%205/TheoryNotes_03March2011-66-71.pdf
- [9] Πηγές, <http://www.geo.auth.gr/763/ch3.htm>
- [10] Διάθεση Στερεών Και Υγρών Αποβλήτων Στο Γεωλογικό Περιβάλλον, Ενότητα 2:Υδροχημική συμπεριφορά των ρυπαντών (Μέρος 1ο), Ζαγγανά Ελένη, <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/GEO361/%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9B%CE%95%CE%9E%CE%97%202.pdf>
- [11] Αντωνόπουλος Β. (2001). Ποιότητα και ρύπανση υπόγειων νερών, Θεσσαλονίκη
- [12] ISSN 0356-5526 Μάρτιος - Απρίλιος 2015 Τεύχος 3, ΤΟΜΟΣ 77 • CCG EAC 65 March - April 2015 ISSUE 3 VOL. 77, https://www.agrostrat.gr/sites/default/files/inventory/Chem_Chro_MAR_2015_260515.pdf
- [13] Πηγές και διάδοση της ρύπανσης, Ρύπανση και μόλυνση, http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_5.pdf
- [14] The effect of urban runoff on the water quality of the Sweetbriar Brook, Ampthill, UK Anna Krafft, https://stud.epsilon.slu.se/11886/1/krafft_a_171013.pdf
- [15] Κυπριακή Δημοκρατία 2015 - 2020, Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος Τμήμα Περιβάλλοντος, Έλεγχος της Ρύπανσης των Νερών και του Εδάφους,

- <http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/All/1CA457C0F4FD650AC2257F6200328D68?OpenDocument>
- [16] Καλλέργης.2000, Βουδούρης.2003 Χαρακτηρισμός βαθμού ρύπανσης νερού από τη διείσδυση της θάλασσας
 - [17] Καρατζάς Γεώργιος, Επιπτώσεις Υφαλμύρισης σε Υδατικά Συστήματα Παράκτιων Υδροφορέων,Μακροπρόθεσμη Στρατηγική Διαχείρισης Πλημμυρικών Φαινομένων,Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείο Κρήτης, <https://www.electricalab.gr/e-yliko/2015-12-05-17-42-59-1/402-2015-12-05-17-43-48-3/file>
 - [18] Καλένγκ Μουανγκάλ, Γεωπόνος - ΓΠΑ, Το φαινόμενο της υφαλμύρισης, Δεκέμβρης 2012 <http://agroboard.blogspot.com/2012/12/h-t.html>
 - [19] Ελένη Αβραμίδου, Το φαινόμενο της υφαλμύρωσης στον Ελλαδικό χώρο, Νοέμβριος 2007, <http://ikee.lib.auth.gr/record/100838/files/gri-2008-1098.pdf>
 - [20] ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚΤΟΥΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης(ΕΕ L 330 της 5.12.1998, σ. 32).
 - [21] Mackereth, F.J.H., Heron, J. and Talling, J.F. (1978) Water Analysis, Scientific Publication No. 36. Fresh Water Biological Association, 120 p.
 - [22] Boyd, C.E. (2000) Water Quality an Introduction. Kluwer Academic Publisher, USA, 330 p.
 - [23] Lenntech, Water Conductivity, <https://www.lenntech.com/applications/ultrapure/conductivity/water-conductivity.htm>
 - [24] Θολερότητα, <https://eclass.uniwa.gr/modules/document/file.php/PCH151/%CE%98%CE%BF%CE%BB%CE%B5%CF%81%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1.pdf>
 - [25] Κατσίρη – Κουζέλη Α. Επεξεργασία πόσιμου νερού
 - [26] Γενική χημεία & ενόργανη ανάλυση - Θέματα & εργαστηριακές Ασκήσεις - 2η έκδοση- Νίκος Λυδάκης - Σημαντήρης- προσδιορισμός pH και αγωγιμότητας- σελ170
 - [27] ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (ΕΕ L 330 της 5.12.1998, σ. 32)
 - [28] Lenntech, Potassium (K) and water Potassium and water: reaction mechanisms, environmental impact and health effects <https://www.lenntech.com/periodic/water/potassium/potassium-and-water.htm>
 - [29] Minnesota Pollution Control Agency, 520 Lafayette Rd. N., May 1999, Sodium and Potassium in Minnesota's Ground Water, <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/sodium-p.pdf>
 - [30] Lenntech, Calcium (Ca) and water Calcium and water: reaction mechanisms, environmental impact and health effects, <https://www.lenntech.com/periodic/water/calcium/calcium-and-water.htm>
 - [31] ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΦΟΜΟΙΩΣΙΜΟΥ Η ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΚΑΛΙΟΥ, ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9, https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3507/2/02_chapter_9.pdf
 - [32] Ζανάκη Κ. 2001 σελ 59 "Έλεγχος Ποιότητας Νερού" ΙΩΝ

- [33] ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚΤΟΥΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (ΕΕ L 330 της 5.12.1998, σ. 32).
- [34] Μάιος 2019, <https://lab.dialynas.com/sulfates/>
- [35] Lenntech, Sulfates, <https://www.lenntech.com/sulfates.htm>
- [36] Ζανάκη Κ. σελ 59 2001 "Έλεγχος Ποιότητας Νερού" Εκδόσεις ΙΩΝ
- [37] ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚΤΟΥΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (ΕΕ L 330 της 5.12.1998, σ. 32).
- [38] Lenntech, Ammonium removal, Ammonium removal for drinking water applications, <https://www.lenntech.com/applications/drinking/ammonium-removal.htm>
- [39] ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ 3.1. Φυσικές ιδιότητες του νερού, http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_3.pdf
- [40] ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12, Η ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ, https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5389/3/02_chapter_12.pdf
- [41] Zinc, <http://www.saskh2o.ca/PDF-WaterCommittee/Zinc.pdf>
- [42] Public Health, 2016, Copper in drinking water, https://ww2.health.wa.gov.au/Articles/A_E/Copper-in-drinking-water
- [43] World Health Organization 2007, Nickel in Drinking-water, https://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/nickel2ndadd.pdf
- [44] World Resources Institute: Water Resources and Freshwater Ecosystems: Greece, [dead link] 2003 ή https://en.wikipedia.org/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_Greece
- [45] Daskalaki, P. & Voudouris, K.. (2007).
- [46] Φυτρολάκης, Ν. 1980. Η γεωλογική δομή της Κρήτης. Προβλήματα, παρατηρήσεις, συμπεράσματα. Διατριβή επί Υφηγεσία. Έδρα Ορυκτο-λογίας - Πετρογραφίας - Γεωλογίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [47] Water resources management in the Island of Crete, Greece, with emphasis on the agricultural use K.S. Chartzoulakis*, N.V. Paranychianakisb, A.N. Angelakisb.
- [48] ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΡΗΤΗΣ ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ - ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΚΡΗΤΗΣ - ΜΑΡΙΝΟΣ ΚΡΙΤΣΩΤΑΚΗΣ, Γεωλόγος MSc, PhD, Διευθυντής Δ/σης Υδάτων, ΣΑΙΑ ΠΑΥΛΙΔΟΥ, Γεωλόγος MSc, IΓMEM Περιφερειακή Μονάδα Κρήτης, ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2013
- [49] Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011, Οικονομικά χαρακτηριστικά του Μόνιμου Πληθυσμού της Χώρας, https://www.statistics.gr/documents/20181/1210503/A1602_SAM04_DT_DC_00_2011_01_F_GR.pdf/2aa7132a-a7db-41fb-88f6-b6061d29dd13
- [50] Πίνακας Β. Χρήση υδάτων 2011 - 2015 κατά Υδατικό Διαμέρισμα (ΥΔ) (1), https://www.statistics.gr/documents/20181/1210503/A1602_SAM04_DT_DC_00_2011_01_F_GR.pdf/2aa7132a-a7db-41fb-88f6-b6061d29dd13
- [51] Chartzoulakis, K.S., Paranychianakis, N.V., Angelakis, A.N., Water resources management in the island of Crete, Greece, with emphasis on the agricultural use, Water Policy, Vol.3, 2001, pp. 193-205.
- [52] Al Dahan, S., Al-Ansari, N., Knutsson, S. (2016) Influence of Groundwater Hypothetical Salts on Electrical Conductivity Total Dissolved Solids: Influence

- of Groundwater Hypothetical Salts on Electrical Conductivity Total Dissolved Solids.Engineering, 8(11): 823-830
- [53] U.S. Geological Survey, Bacteria and E. Coli in Water, https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/bacteria-and-e-coli-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
 - [54] Alexandria B. Boehm and Lauren M. Sassoubre., Enterococci as Indicators of Environmental Fecal Contamination, February 5, 2014, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK190421/>
 - [55] Asimina Kanta, Pantelis Soupios , Pavel Barsukov ,Maria Kouli ,Filippos Vallianatos, Received: 11 November 2010 / Accepted: 17 April 2013, "Aquifer characterization using shallow geophysics in the Keritis Basin of Western Crete, Greece", Environ Earth Sci DOI 10.1007/s12665-013-2503-z