



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΒΙΟΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ
ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗ Β.Δ.ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΤΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΓΡΙΒΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΤΖΟΥΛΑΚΗ ΙΩΑΝΝΑ ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2019



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΒΙΟΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ
ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗ Β.Δ.ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΤΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΓΡΙΒΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΤΖΟΥΛΑΚΗ ΙΩΑΝΝΑ ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2019

Η έγκριση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης από το Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα Ν. 5343/32, άρθρο 202, παράγραφος 2 (νομική κατοχύρωση του Ιατρικού Τμήματος)»

Όνομα : Γρίβας Παναγιώτης

Τίτλος : Διακυμάνσεις φυσικοχημικών και μικροβιακών παραμέτρων των υδάτων στη Β.Δ.Ελλάδα και πιθανές επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Ποσοτική έρευνα Περιβαλλοντικής Φυσιολογίας

Ημερομηνία παρουσίασης

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή Αξιολόγησης:

1. Επιβλέπουσα: Τζουλάκη Ιωάννα Επίκουρη Καθηγήτρια Υγιεινής και Επιδημιολογίας
2. Μέλος επιτροπής: Βεζυράκη Πάτρα Καθηγήτρια Φυσιολογίας
3. Μέλος επιτροπής: Τσιλίδης Κωνσταντίνος Επίκουρος Καθηγητής Υγιεινής και Επιδημιολογίας

Αφιερώσεις

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών “Βασικές Βιοϊατρικές Επιστήμες ” με κατεύθυνση “ Βιοστατιστική-Επιδημιολογία ” του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Επιβλέπουσα ήταν η κ. Ιωάννα Τζουλάκη Επίκουρη Καθηγήτρια του εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, στην οποία οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση του θέματος της μεταπτυχιακής διατριβής.

Πολλά ευχαριστώ θα ήθελα να απευθύνω και στα άλλα δύο μέλη της εξεταστικής επιτροπής στο κ. Κωνσταντίνο Τσιλίδη Επίκουρο Καθηγητή του εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την πολύτιμη βοήθεια του, ώστε να με κατευθύνει σωστά και με ασφάλεια σε ένα σωστό και επιστημονικά τεκμηριωμένο αποτέλεσμα, καθώς και την κ. Πάτρα Βεζυράκη Καθηγήτρια Φυσιολογίας της Ιατρικής Σχολής για το ενδιαφέρον της, τον συντονισμό και τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε σε όλη αυτή την προσπάθεια.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω το Διευθυντή του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Καθηγητή Βιολογίας κ. Χαράλαμπο Αγγελίδη καθώς και τη Συντονιστική επιτροπή, που με επέλεξαν να συμμετέχω στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα των Βασικών Βιοϊατρικών Επιστημών, ώστε να συμπληρώσω τις γνώσεις μου στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο που τόσο πολύ συνδέεται με τη δουλειά μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Διευθυντή του εργαστηρίου Φυσιολογίας Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Χαραλαμπόπουλο, που με παρότρυνε και μου έδωσε την άδεια να συμμετέχω στο Μεταπτυχιακό αυτό πρόγραμμα, καθώς και όλα τα μέλη του εργαστηρίου Φυσιολογίας για τη συμπαράσταση και κατανόηση που έδειξαν από την αρχή αυτής της προσπάθειας

Ευχαριστώ ακόμη τη κ Δημητρίου Ανδριάννα-Παναγιώτα Περιβαλλοντολόγο M.Sc. Τεχνική Υπεύθυνος της Μονάδας Υγιεινής Νερών & Τροφίμων του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας, για τις πληροφορίες και τη βοήθεια που μου παρείχε.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την συμπαράσταση που έδειξε σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος.

Ιωάννινα 2019

Παναγιώτης Γρίβας

Πρόλογος

Η χρήση του νερού στις ημέρες μας έχει συνδεθεί με την ποιότητα ζωής. Η ευκολία άμεσης και απρόσκοπτης χρήσης νερού άριστης ποιότητας θεωρείται σήμερα δεδομένη. Ωστόσο η δυνατότητα αυτή έχει γίνει πραγματικότητα μόλις τα τελευταία 30 χρόνια, ενώ πριν 60 χρόνια η απόκτηση και αποθήκευση του νερού ήταν μια επίπονη και χρονοβόρα ημερήσια απασχόληση και η χρήση του δυσχερής και περιορισμένη.

Το νερό είναι αναμφίβολα ένα φυσικό αγαθό. Όμως το πόσιμο νερό στο κάθε σπίτι είναι ένα αγαθό της οργανωμένης κοινωνίας και της τεχνολογικής ανάπτυξης. Το νερό πρέπει να συλλεχθεί, να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία και έλεγχο για να γίνει κατάλληλο και ασφαλές για ανθρώπινη κατανάλωση, να αποθηκευτεί και τέλος να διανεμηθεί στους καταναλωτές. Όπως σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έτσι και στη χώρα μας, ο ποιοτικός έλεγχος είναι πλέον επιτακτικός, γίνεται κάτω από καθορισμένο πλαίσιο και έχει συμβάλει στην εξάλειψη των υδατογενών λοιμώξεων και την ασφαλέστερη κατανάλωση του νερού.

Η συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί μια πολύχρονη, αναδρομική, συστηματική καταγραφή και στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων νερού δικτύων και θαλασσών της Β.Δ.Ελλάδος, που εξετάστηκαν από το Εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, ως προς τις διακυμάνσεις των μικροβιολογικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων, στη διάρκεια των ετών 2013-2018.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	10
1.1 Νερό.....	10
1.1.1 Δομή του νερού	10
1.1.2 Φυσικές ιδιότητες του νερού	11
1.1.3 Κύκλος του νερού	13
1.1.4 Κατηγορίες νερού	14
1.1.5 Είδη νερού	15
1.1.6 Νερό και άνθρωπος	16
1.2 Ποιότητα νερού.....	17
1.2.1 Νομοθεσία.....	20
1.2.2 Ρύπανση υδάτων	20
1.2.3 Έλεγχος ποιότητας νερού.....	22
2. Μέθοδοι.....	37
3. Αποτελέσματα.....	41
3.1 Μέσοι όροι και διακυμάνσεις.....	41
3.1.1 Περιοχή 1.....	41
3.1.2 Περιοχή 2.....	51
3.1.3 Περιοχή 3.....	61
3.1.4 Περιοχή 4.....	69
3.1.5 Περιοχή 5.....	78
3.1.6 Περιοχή 6.....	83
3.1.7 Περιοχή 7.....	85
3.2 Ανάλυση διασποράς (analysis of variance, Anova)	87
3.2.1 Περιοχή 1.....	87
3.2.2 Περιοχή 2.....	91
3.2.3 Περιοχή 3.....	95
3.2.4 Περιοχή 4.....	99
3.3 Συσχέτιση με τη χλωρίωση του νερού.....	103
3.3.1 Περιοχή 1.....	103
3.3.2 Περιοχή 2.....	104
3.3.3 Περιοχή 4.....	105
3.4 Διαφοροποίηση των παραμέτρων μεταξύ των 3 μεγάλων πόλεων	107

4. Συζήτηση	109
5. Περίληψη στην Ελληνική	Error! Bookmark not defined.
6. Περίληψη στην Αγγλική	114
7. Βιβλιογραφία	115

1. Εισαγωγή

1.1 Νερό

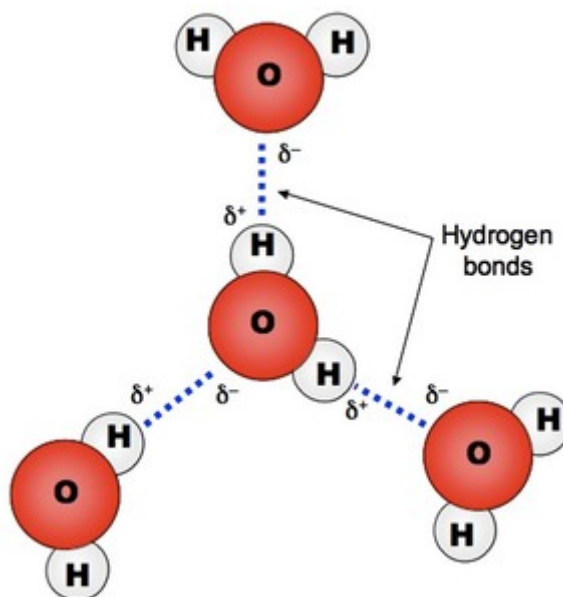
Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη ανόργανη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης, αφού καλύπτει το 70,9% του πλανήτη μας. Το νερό, στις «κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος» (δηλαδή σε θερμοκρασία 25°C και υπό πίεση 1 atm), βρίσκεται σε μια δυναμική ισορροπία υγρού-αερίου, με κύρια φάση την υγρή. Είναι άγευστο και άοσμο, σχεδόν άχρωμο και διαυγές, στη φύση, το νερό υπάρχει στην αέρια κατάσταση (οπότε ονομάζεται υδρατμός), στην υγρή κατάσταση και στη στερεή κατάσταση (οπότε ονομάζεται πάγος). Πολλές ουσίες διαλύονται στο νερό και γι' αυτό επονομάστηκε «παγκόσμιος διαλύτης». Εξαιτίας, όμως, αυτής της τεράστιας ικανότητας διάλυσης που διαθέτει, εξαιρετικά σπάνια βρίσκεται στη φύση σε σχετικά καθαρή μορφή και κάποιες ιδιότητες των διαλυμάτων του ή και του φυσικού νερού δεν ταυτίζονται με τις αντίστοιχες της ίδιας της χημικά καθαρής ένωσης. Το καλύτερο παράδειγμα γι' αυτό είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού: Το φυσικό νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, ενώ το χημικά καθαρό νερό πρακτικά είναι μονωτής (McMurry, 2015).

Ωστόσο, υπάρχουν και σημαντικές ουσίες που είναι δυσδιάλυτες, αν όχι τελείως αδιάλυτες στο νερό, όπως για παράδειγμα λίπη, έλαια και άλλες μη πολικές ουσίες. Το νερό είναι η μόνη συνηθισμένη ουσία που βρίσκεται με φυσικό τρόπο και στις τρεις κανονικές καταστάσεις της ύλης και είναι απαραίτητο σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν στο σώμα τους 55-78% νερό (κατά βάρος), ενώ φθάνει μέχρι και το 90% εκείνου των κυττάρων.

1.1.1 Δομή του νερού

Το μόριο του νερού δεν είναι γραμμικό, δηλαδή οι δεσμοί O-H δε βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία, αλλά σχηματίζουν γωνία 104,5° (Εικόνα 1.1). Το μήκος του δεσμού O-H είναι 0,96 Å. Λόγω της γωνιακής διάταξης του δεσμού O-H, το μόριο του νερού είναι ασύμμετρο και έχει υψηλή διπολική ροπή. Το κέντρο του θετικού φορτίου βρίσκεται προς την πλευρά του υδρογόνου και του αρνητικού προς την πλευρά του οξυγόνου. Κάθε μόριο νερού μπορεί να ενωθεί ταυτόχρονα με άλλα 4 όμοια γειτονικά μόρια (ο τρόπος που συνδέονται λέγεται δεσμός υδρογόνου). Τα μόρια του νερού, στην υγρή κατάσταση, είναι ιδιαίτερα ευκίνητα. Καθώς λοιπόν αυτά κινούνται, αποσυνδέονται και επανασυνδέονται διαρκώς. Αυτό το γεγονός μπορεί να εξηγήσει πολλές από τις ασυνήθιστες φυσικές ιδιότητες του νερού, όπως οι υψηλές τιμές θερμοχωρητικότητας, τα

υψηλά σημεία ζέσης και τήξης του, η μεγάλη επιφανειακή τάση και η μεγάλη θερμότητα εξαέρωσης – εξαχνωσης (Ebbing et al., 2011).

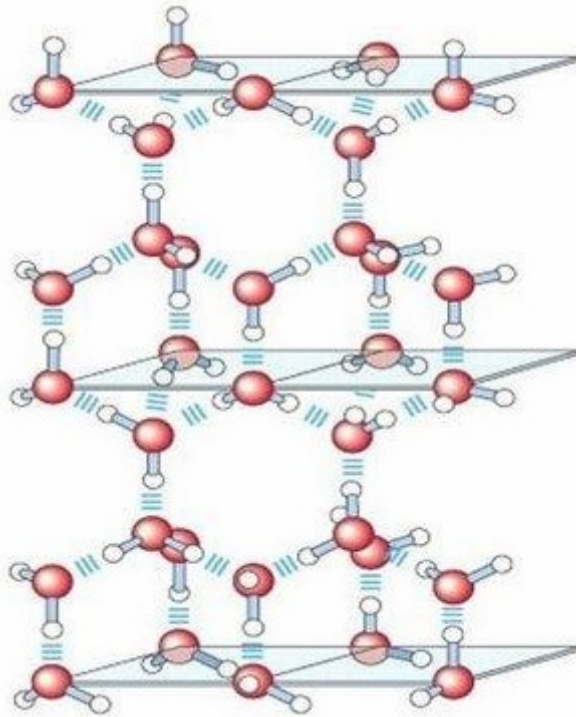


Εικόνα 1.1: Δομή του μορίου του νερού

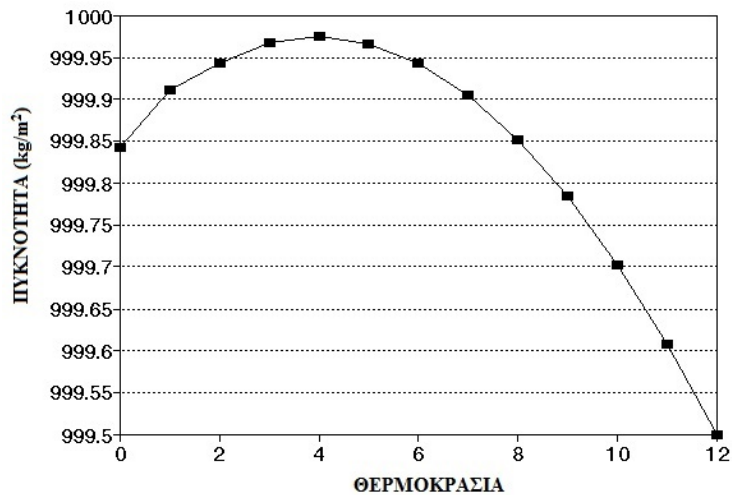
1.1.2 Φυσικές ιδιότητες του νερού

Το νερό είναι υγρό, διαυγές, άχρωμο σε λεπτά στρώματα, κυανίζον σε μεγάλους όγκους. Η καθαρή ουσία είναι άγευστη, ενώ το καλό πόσιμο νερό έχει ευχάριστη γεύση, που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα και αέρια. Η πυκνότητα του νερού είναι διαφορετική σε διάφορες θερμοκρασίες, με μέγιστη στους 4 °C. Όταν το νερό είναι στερεό (πάγος), τότε τα μόρια του νερού σχηματίζουν μια χαρακτηριστική κρυσταλλική εξαγωνική δομή (Εικόνα 1.2).

Η διάταξη αυτή είναι μια «ανοιχτή δομή», δηλαδή μια δομή που αφήνει αρκετούς κενούς εσωτερικούς χώρους. Κάθε άτομο οξυγόνου στη δομή του πάγου περιβάλλεται τετραεδρικά από τέσσερα άτομα υδρογόνου: δύο που βρίσκονται πολύ κοντά του και συνδέονται ομοιοπολικά με αυτό δίνοντας το μόριο H₂O και δύο άλλα που βρίσκονται μακρύτερα και συγκρατούνται με δεσμούς υδρογόνου. Οι τετραεδρικές γωνίες δίνουν αφορμή για μια τρισδιάστατη δομή η οποία εμπεριέχει κενούς χώρους. Όταν ο πάγος λιώνει, σπάνε δεσμοί υδρογόνου, η δομή του πάγου καταρρέει και τα μόρια νερού έρχονται πιο κοντά μεταξύ τους, οπότε η πυκνότητα της υγρής φάσης μεγαλώνει. Καθώς η θερμοκρασία ανέρχεται από τους 0 °C, τα συγκροτήματα τείνουν να καταρρεύσουν περαιτέρω, δίνοντας τη θέση τους σε μια ακόμα πιο συμπαγή φάση. Έτσι η πυκνότητα μεγαλώνει (Διάγραμμα 1.1).



Εικόνα 1.2: Κρυσταλλική δομή του πάγου



Διάγραμμα 1.1: Πυκνότητα νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας

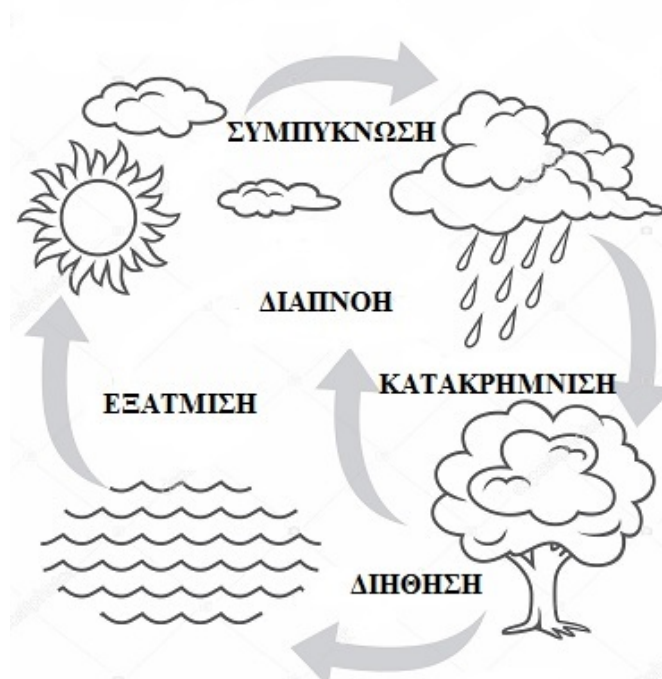
Όμως όπως κανονικά συμβαίνει με κάθε υγρό όταν η θερμοκρασία ανέρχεται, τα μόρια αρχίζουν να κινούνται και να δονούνται ταχύτερα, οπότε ο χώρος που καταλαμβάνεται από ένα

μόριο μεγαλώνει. Για τα περισσότερα υγρά, αυτό, οδηγεί σε μια συνεχή ελάττωση της πυκνότητας με αύξηση της θερμοκρασίας. Στο νερό, το κανονικό αυτό φαινόμενο αντισταθμίζεται από την αύξηση της πυκνότητας που έχουμε λόγω διάσπασης δεσμών υδρογόνου, όμως στους 4 °C το κανονικό φαινόμενο αρχίζει να επικρατεί. Το νερό δείχνει μια μέγιστη πυκνότητα στους 4 °C και γίνεται λιγότερο πυκνό σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Gleick et al.,1993).

Αυτό έχει μεγάλη σημασία για τη ζωή στον πλανήτη μας: Οι πάγοι επιπλέουν στο νερό και δρουν ως μονωτικά, εμποδίζοντας το νερό που βρίσκεται από κάτω να παγώσει, μ' όλες τις ευεργετικές συνέπειες στη ζωή του υδρόβιου κόσμου. Χωρίς την "ανωμαλία" αυτή της πυκνότητας του νερού, η ζωή στον πλανήτη μας δε θα υπήρχε, τουλάχιστον με τη σημερινή της μορφή, εξαιτίας της βαθμιαίας ψύξης του νερού της επιφάνειας της Γης.

1.1.3 Κύκλος του νερού

Το νερό, με εξαίρεση τους μόνιμους πάγους στους πόλους της Γης, κινείται συνεχώς ανάμεσα στην ατμόσφαιρα, στην υδρόσφαιρα, στη λιθόσφαιρα και στο εσωτερικό των ζωντανών οργανισμών. Η κίνηση του νερού και οι συνεχείς αλλαγές της μορφής του (υγρή, στερεή, αέρια κατάσταση) αναφέρονται ως υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού, κινητήρια δύναμη του οποίου είναι η ηλιακή ενέργεια (Εικόνα 1.3)



Εικόνα 1.3: Κύκλος του νερού

Το νερό εξατμίζεται από τους ωκεανούς, τις θάλασσες, τις λίμνες, τα ποτάμια και από κάθε άλλη ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια, από το έδαφος και τους ζωντανούς οργανισμούς (εξάτμιση και διαπνοή). Οι υδρατμοί ανέρχονται σε ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, ψύχονται, συμπυκνώνονται και υγροποιούνται, σχηματίζουν σύννεφα και επιστρέφουν στην επιφάνεια της Γης με τη μορφή βροχής, υγρασίας, χιονιού, χαλαζιού, πάχνης ή ακόμη και ομίχλης. Ένα μέρος του νερού που φτάνει στη Γη εμπλουτίζει τις θάλασσες, τους ωκεανούς, τις λίμνες και τα ποτάμια άμεσα ή έμμεσα (ως αποτέλεσμα επιφανειακής ροής). Ένα άλλο μέρος των κατακρημνισμάτων απορροφάται από το έδαφος απ' όπου είτε εξατμίζεται είτε χρησιμοποιείται από τα φυτά είτε τροφοδοτεί τα υπόγεια νερά διαπερνώντας την επιφάνεια του εδάφους (Augustyn et al., 2010).

Το ύψος των κατακρημνίσεων (βροχή, χιόνι, χαλάζι, ομίχλη κ.ά.) διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και από έτος σε έτος. Το μέσο ύψος της βροχής σε παγκόσμιο επίπεδο είναι περίπου 1030 mm ετησίως λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική ποσότητα του νερού που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση. Εκτιμάται ότι η συχνότητα ανακύκλωσης του νερού είναι 30 φορές ανά έτος (Campbell et al., 2006).

1.1.4 Κατηγορίες νερού

Το νερό ανάλογα με την προέλευσή του, την επεξεργασία ή την χρήση του μπορεί να διακριθεί, διδακτικά, σε είδη ή κατηγορίες (Ανδρικόπουλος, 2015):

Νερό της βροχής: (βρόχινο νερό) είναι το νερό που επανέρχεται στην επιφάνεια από τα σύννεφα ως βροχή, μετά από υγροποίηση των υδρατμών του σε κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες. Είναι η καθαρότερη μορφή φυσικού νερού όταν δεν έχει επιμολυνθεί κατά τη διαδρομή του από συστατικά της 192 ατμόσφαιρας. Ως μη επιβλαβή συστατικά μπορεί να περιέχει διαλυμένο οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα αλλά και επιβλαβή όπως οξείδια του θείου και του αζώτου, σκόνη κ.ά. από την ατμόσφαιρα βιομηχανικών περιοχών ή μεγαλουπόλεων.

Φυσικό νερό: είναι το νερό που υπάρχει στην στερεή επιφάνεια όπως στους ποταμούς, στις λίμνες, στις πηγές επιφανειακές ή υπόγειες. Το φυσικό νερό μπορεί να είναι πόσιμο ή να μετατραπεί σε πόσιμο μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Είναι κατάλληλο για αρδευτικές και μερικές βιομηχανικές χρήσεις.

Πόσιμο νερό: είναι το νερό που είναι κατάλληλο για πόση και μπορεί να είναι είτε απ' ευθείας ένα φυσικό νερό ή μετά από επεξεργασία του στα "διυλιστήρια" νερού ή να προέρχεται από θαλασσινό

νερό μετά από αφαλάτωση. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρουν και άοσμο αλλά με ευχάριστη αίσθηση γεύσης λόγω των περιεχομένων αλάτων.

Νερό της θάλασσας: (θαλασσινό νερό) είναι το νερό που περιέχει διαλυμένο αλάτι (χλωριούχο νάτριο) σε σχετικά μεγάλη αναλογία (περίπου 3%) και δεν είναι πόσιμο. Περιέχει επίσης διαλυμένες και πολλές άλλες ανόργανες κυρίως ενώσεις καλίου, μαγνησίου, ασβεστίου κ.ά. αλλά σε πολύ μικρότερες αναλογίες από ό,τι το χλωριούχο νάτριο.

Πηγαίο νερό: είναι το φυσικό νερό που προέρχεται από υπόγεια νερά και είτε αντλείται στην επιφάνεια είτε αναβλύζει μόνο του οπότε ονομάζεται αρτεσιανό.

Μεταλλικό νερό: είναι το φυσικό πόσιμο νερό που περιέχει διοξείδιο του άνθρακα, ή διαλυμένες ουσίες περισσότερες από 1g/L, ή σπάνιες ενώσεις σε ποσοστά μεγαλύτερα από τα συνήθη ή έχει θερμοκρασία εξόδου μεγαλύτερη από 20°C και χωρίς καμία άλλη επεξεργασία. Τεχνητό μεταλλικό νερό είναι το πόσιμο νερό στο οποίο έχουν προστεθεί φυσικό μεταλλικό νερό ή φυσικά πηγαία άλατα. Επίσης, τα φυσικά μεταλλικά νερά στα οποία έχουν προστεθεί άλλα συστατικά π.χ. άλατα.

Φυσιολογικός ορός είναι το νερό που περιέχει NaCl 0,9 %.

1.1.5 Είδη νερού

Διυλισμένο νερό ή νερό δικτύου ύδρευσης: είναι το φυσικό νερό που έχει υποστεί την επεξεργασία της “διύλισης” και έχει καταστεί πόσιμο. Η επεξεργασία περιλαμβάνει κυρίως την χλωρίωση (με χλωριούχο νερό) για τη θανάτωση των μικροοργανισμών, την καθίζηση στερεών εναιωρημάτων (με θειικό αργίλιο) και την διήθηση (με κρυσταλλική άμμο) (Ανδρικόπουλος, 2015).

Χλωριωμένο νερό είναι το φυσικό νερό που έχει υποστεί χλωρίωση για την θανάτωση των μικροοργανισμών. Η απολύμανση μπορεί γίνεται με προσθήκη ποσότητας χλωρίου. Το χλώριο διασπάται σε διάλυμα σε “ατομικό” οξυγόνο, το οποίο είναι μικροβιοκτόνο, λευκαντικό και οξειδωτικό (Kleijnen, 2011).

Απεσταγμένο νερό είναι το νερό που έχει ληφθεί μετά από απόσταξη οποιουδήποτε νερού. Είναι από τις καθαρότερες μορφές νερού, αλλά δεν είναι ευχάριστο στην πόση γιατί δεν περιέχει διαλυμένα άλατα. Χρησιμοποιείται για ειδικές περιπτώσεις στα εργαστήρια γιατί είναι σχετικά ακριβή η παραγωγή του (Hulburt-Josa, 1945).

Απιονισμένο νερό είναι το νερό που έχει απαλλαγεί από τα διαλυμένα θετικά και αρνητικά ιόντα, διαφόρων αλάτων, π.χ. Na^+ , NO_3^- κ.ά., με αντικατάστασή τους με OH^- και H^+ , αντίστοιχα. Ο

απιονισμός γίνεται με τους απιονιστήρες οι οποίοι είναι κυλινδρικά δοχεία γεμάτα με ιοντο – ανταλλακτικές ρητίνες, διαμέσου των οποίων διαβιβάζεται το προς καθαρισμό νερό. Οι χρησιμοποιημένες ρητίνες περιέχουν τα ιόντα των αλάτων του νερού και χρησιμοποιούνται ξανά με κατεργασία τους με αραιά διαλύματα οξέων και βάσεων, διαδοχικά. Το απιονισμένο νερό είναι υψηλής καθαρότητας και χρησιμοποιείται ευρέως στα εργαστήρια, δεν είναι όμως απαλλαγμένο από διαλυμένα αέρια, οργανικές ουσίες και βακτήρια (Terada et al., 2001).

Υπερ-καθαρό, είναι το απιονισμένο απαλλαγμένο από αέρια, οργανικές ουσίες και βακτήρια με τη χρήση ρητινών υψηλής απόδοσης και φίλτρων μικροοργανισμών. Είναι εφάμιλλο του αποσταγμένου και χρησιμοποιείται στα εργαστήρια, αντί για το αποσταγμένο (Filson et al., 1996).

Αφαλατωμένο νερό είναι αυτό που λαμβάνεται από το θαλασσινό νερό με απομάκρυνση του χλωριούχου νατρίου. Η αφαλάτωση γίνεται με συσκευές αφαλάτωσης ή με συσκευές αντίστροφης ώσμωσης. Το νερό που προκύπτει είναι πόσιμο και μέθοδοι αφαλάτωσης βρίσκουν εφαρμογή σε ειδικές περιπτώσεις ύδρευσης, π.χ. σε απομακρυσμένα νησιά, γιατί η μέθοδος είναι υψηλού κόστους (Karagiannis and Soldatos, 2008).

Κρυσταλλικό νερό χαρακτηρίζεται το νερό, τα μόρια του οποίου είναι ενωμένα με μόρια κρυσταλλικού άλατος. Τα μόρια του κρυσταλλικού νερού συμμετέχουν πάντοτε με καθορισμένη αναλογία (Ανδρικόπουλος, 2015).

Χημικώς ενωμένο νερό ή χημικό νερό χαρακτηρίζονται τα άτομα οξυγόνου και υδρογόνου σε αναλογία 1:2, αντίστοιχα, τα οποία συμμετέχουν στη δομή των μορίων ορισμένων οξέων και βάσεων βαρέων μετάλλων και τα οποία κατά την πύρωση αποβάλλονται ως μόρια νερού υπό σύγχρονο σχηματισμό οξειδίων των μετάλλων και ενίοτε και άλλων προϊόντων (McMurry, 2015).

1.1.6 Νερό και άνθρωπος

Η ζωή των ανθρώπων είναι άμεσα συνδεδεμένη με το νερό. Το νερό συντελεί στη σωστή και ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού, αλλά και στη σωματική καθαριότητα και υγιεινή. Περίπου τα 2/3 του ανθρώπινου σώματος αποτελούνται από νερό. Στους άνδρες, το νερό ενυπάρχει σε ποσοστό 52-59 %, στις γυναίκες σε ποσοστό 47-57 % και στα παιδιά ηλικίας έως και 90 % (Πίνακας 1.1). Το νερό συμβάλλει σημαντικά στη ζωή και αναπαραγωγή των ανθρώπινων κυττάρων. Επίσης, αποτελεί το κύριο μέσο για τη μεταφορά των θρεπτικών ουσιών στα κύτταρα και τα όργανα του σώματος, αλλά και το μέσο απομάκρυνσης των τοξικών και άχρηστων ουσιών. Χωρίς νερό, τα νεφρά δεν μπορούν να επιτελέσουν το έργο τους. Η παρουσία του νερού στους ιστούς του σώματος

συμβάλλει στην αποφυγή των κραδασμών, γιατί προσθέτει ευελιξία στους μύες και στις αρθρώσεις κι ακόμη προστατεύει ευαίσθητες περιοχές του σώματος, όπως το μυαλό, τα μάτια και τη σπονδυλική στήλη. Μια εξίσου σημαντική λειτουργία του νερού είναι η λειτουργία του ως αγωγού για τη ρύθμιση της κατάλληλης θερμοκρασίας στον ανθρώπινο οργανισμό. Η ποσότητα νερού που αποβάλλει ο οργανισμός μας καθημερινά φτάνει τα 3 με 3,5 λίτρα. Ο ανθρώπινος ιδρώτας σε όλη τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας βοηθά στη ρύθμιση και σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας. Η ανάγκη για νερό στο ανθρώπινο σώμα γίνεται ιδιαίτερα επιτακτική σε περιόδους ζέστης και υψηλής θερμοκρασίας και κατά τη διάρκεια της άθλησης. Το φαινόμενο της αφυδάτωσης εμφανίζεται πιο έντονα στους νέους ανθρώπους και λιγότερο στους ηλικιωμένους (Widmaier et al., 2016).

Πίνακας 1.1: Ποσοστό νερού στο ανθρώπινο σώμα

	Άνδρες	Γυναίκες
Έμβρυα	90 %	
Νεογνά	90 %	
Έφηβοι	61 %	57 %
Ηλικία 20-40 ετών	59 %	51 %
Ηλικία 40-60 ετών	55 %	47 %
Ηλικία άνω των 60	52 %	47 %

1.2 Ποιότητα νερού

Ο όρος «ποιότητα νερού» περιγράφει τις φυσικές, χημικές, βιολογικές και αισθητικές ιδιότητες του νερού οι οποίες καθορίζουν την καταλληλότητά του για διάφορες χρήσεις, ενώ παράλληλα προστατεύεται η υγεία και η βιωσιμότητα των υδατικών οικοσυστημάτων. Πολλές από αυτές τις ιδιότητες καθορίζονται ή επηρεάζονται από στοιχεία τα οποία είτε διαλυτοποιούνται είτε αιωρούνται στο νερό (Grandjean, 2004).

Τα «πρότυπα ποιότητας του νερού» περιλαμβάνουν αριθμητικές παραμέτρους οι οποίες έχουν καθοριστεί διεθνώς (νόμοι ή διατάγματα) για τον έλεγχο την ποιότητας του νερού και την περαιτέρω διαχείρισή του.

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντώνται διάφορα κριτήρια και οδηγίες όσον αφορά στον έλεγχο της ποιότητας του νερού (WHO, 1993). Για παράδειγμα, ορισμένες οδηγίες ορίζουν τις μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων των στοιχείων ώστε να είναι κατάλληλα για διάφορες χρήσεις, ενώ άλλες οδηγίες έχουν ως στόχο τον καθορισμό της ιδανικής συγκέντρωσης ενός στοιχείου λαμβάνοντας υπόψη κάποιους παράγοντες ασφαλείας.

Τα πιο κοινώς χρησιμοποιούμενα πρότυπα όσον αφορά στην εκτίμηση της ποιότητας του νερού σχετίζονται με τη διασφάλιση της ποιότητας του πόσιμου νερού και την υγεία των οικοσυστημάτων. Τα πρότυπα αυτά καθορίζονται με βάση τις επιτρεπτές οριακές ποσότητες διαφόρων συστατικών, τα οποία περιέχονται στο νερό και θεσπίζονται με ρυθμιστικές διατάξεις με στόχο την προστασία της υγείας των ανθρώπων.

Τα πρότυπα για την διασφάλιση της ποιότητας του νερού είναι συνήθως πιο αυστηρά σε σχέση με άλλα πρότυπα και περιλαμβάνουν παραμέτρους οι οποίες δεν εντάσσονται σε συγκεκριμένους περιορισμούς σε άλλες περιπτώσεις. Τα πρότυπα αυτά γίνονται όλο και πιο αυστηρά, καθώς υπάρχει καλύτερη τεχνολογία και χρήση νέων εξελιγμένων τεχνικών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων διαφόρων στοιχείων καθώς και με την επίδραση των στοιχείων αυτών στην υγεία των ανθρώπων (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Η ιδανική μέθοδος θέσπισης προτύπων περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- επιστημονικό προσδιορισμό των κινδύνων ή των οφελών για την υγεία των ανθρώπων
- ποσοτική εκτίμηση του κόστους για την επίτευξη των στόχων σχετικά με την ποιότητα του νερού
- ρυθμιστικές/πολιτικές αποφάσεις που προσδιορίζουν τα οφέλη και τα κόστη πριν την θέσπιση των προτύπων

Η ποιότητα των επιφανειακών και υπογείων νερών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Το νερό που κινείται στην επιφάνεια είτε υπογείως μπορεί να υποβληθεί σε φυσικές ή χημικές μεταβολές, οι οποίες μπορούν να προκληθούν από φυσικούς παράγοντες ή ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η παρουσία ρύπων (contaminants) επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα του νερού και επομένως την τελική του χρήση. Κατά συνέπεια οι ρύποι είναι ανεπιθύμητες ουσίες οι οποίες είτε δεν αποτελούν συστατικό του νερού είτε αποτελούν συστατικό του το οποίο περιέχεται σε ασυνήθιστα υψηλές συγκεντρώσεις.

Οι ρύποι διακρίνονται γενικά σε 4 κατηγορίες: ιζήματα και φυσικά οργανικά υλικά, θρεπτικά συστατικά, βακτήρια και τοξικές ουσίες και μπορούν να επιδράσουν στο νερό ως σημειακές ή μη πηγές.

Θρεπτικά συστατικά: Ως θρεπτικά συστατικά χαρακτηρίζονται τα οργανικά ή ανόργανα στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για τη βιώσιμη ανάπτυξη ζωής, π.χ. άνθρακας, άζωτο, φώσφορος και κάλιο. Τα θρεπτικά συστατικά διοχετεύονται στο νερό μέσω ατμόσφαιρας, γεωργικών διεργασιών, γηπέδων γκολφ, εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και εργοστασίων.

Ωστόσο, περίσσεια ποσότητα θρεπτικών συστατικών στο νερό οδηγεί σε δυσανάλογη παρουσία βλάστησης. Η αποσύνθεση της βλάστησης αυτής απομακρύνει το οξυγόνο που περιέχεται στο νερό προκαλώντας το θάνατο των ψαριών και άλλων μορφών ζωής. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι υψηλές περιεκτικότητες σε νιτρικές ρίζες ή αμμωνία επηρεάζουν την ποιότητα του πόσιμου νερού.

Βακτήρια: Ορισμένα βακτήρια που προκαλούν ασθένειες μπορούν να μεταφερθούν στα επιφανειακά ή υπόγεια νερά από απορροές υπονόμων, επικίνδυνες διαρροές δεξαμενών ή από υγρά απόβλητα από χώρους εκτροφής ζώων. Κάποια άλλα είδη βακτηρίων αποτελούν απειλή για τους ανθρώπους και προκειμένου να εντοπιστούν χρησιμοποιούνται οργανισμοί-δείκτες όπως τα κολοβακτηρίδια. Τα βακτήρια-δείκτες βρίσκονται σε πληθώρα στο έντερο των ανθρώπων και ορισμένων θερμόαιμων (warm-blooded) ζώων.

Τοξικές ουσίες: Όταν τοξικές ουσίες όπως διαλύτες, μικροβιοκτόνα και ορισμένα μέταλλα βρίσκονται σε υψηλές περιεκτικότητες στο νερό μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες, γενετικές ανωμαλίες ή ακόμη και το θάνατο ορισμένων οργανισμών. Οι τοξικές χημικές ουσίες καταλήγουν στο νερό μέσω απευθείας διάθεσης από βιομηχανίες ή από ακατάλληλη διάθεση βιομηχανικών, μεταλλευτικών, γεωργικών και αστικών αποβλήτων. Οι ρύποι στις περισσότερες περιπτώσεις προέρχονται από καθαριστικούς διαλύτες, οξέα και αλκάλια.

Ακόμη και όταν ορισμένες χημικές ενώσεις συναντώνται σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις, είναι πιθανό να χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία καθώς και τα υδατικά οικοσυστήματα. Οι τοξικές ουσίες μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ανάπτυξη, το μεταβολισμό, την αναπαραγωγή και τη συμπεριφορά των οργανισμών (Vandas et al., 2002)

1.2.1 Νομοθεσία

Η Υγειονομική Διάταξη για το πόσιμο νερό, που ισχύει σήμερα (Α5/288/23-1-86 ΦΕΚ 53/Τεύχος Β΄/20-2-86) είναι εναρμονισμένη με την 80/778/Οδηγία του Συμβουλίου της ΕΟΚ. Περιλαμβάνει 62 παραμέτρους ταξινομημένες σε πέντε βασικές ομάδες: Οργανοληπτικές - Φυσικοχημικές - Ανεπιθύμητες - Τοξικές - Μικροβιολογικές. Για κάθε παράμετρο καθορίζεται “Ενδεικτικό Επίπεδο” (Ε.Ε.) και “Ανώτατη Παραδεκτή Συγκέντρωση” (Α.Π.Σ.). Στο άρθρο 5 παράγραφος 2 αναφέρεται ότι οι τιμές των ποιοτικών παραμέτρων του πόσιμου νερού, πρέπει να είναι οπωσδήποτε κατώτερες ή ίσες με την Α.Π.Σ. και να προσεγγίζουν το Ε.Ε. Παρεκκλίσεις από τις τιμές αυτές επιτρέπονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις (που καθορίζονται στα άρθρα 7 και 8 της Υγειονομικής Διάταξης), χωρίς όμως αυτές να συνεπάγονται κίνδυνο για τη Δημόσια Υγεία. Στο Παράρτημα ΙΙ καθορίζονται οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τους ελέγχους, καθώς και η συχνότητα των προτύπων αναλύσεων. Το άρθρο 11 της Διάταξης καθορίζει, ότι “Αρμόδια Αρχή” για την εφαρμογή της είναι οι Υγειονομικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, οι οποίες ελέγχουν τους “Υπευθύνους” για την τήρηση των όρων της Υγειονομικής Διάταξης. “Υπεύθυνοι” για τη μελέτη, κατασκευή, λειτουργία, καθαρισμό των συστημάτων ύδρευσης, παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού και γενικά για λήψη μέτρων, που θα διασφαλίζουν κανονική παροχή υγιεινού νερού σε μόνιμη βάση, ορίζονται:

- Για τις υδρεύσεις Δήμων και Κοινοτήτων, ο αντίστοιχος Οργανισμός ή Επιχείρηση ή Σύνδεσμος.
- Για τις βιομηχανίες, ιδρύματα κ.λ.π., που έχουν δική τους ύδρευση, οι νόμιμοι εκπρόσωποί τους.

1.2.2 Ρύπανση – Μόλυνση υδάτων

Η ρύπανση των υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών, τόσο του αναπτυγμένου, όσο και του αναπτυσσόμενου κόσμου. Αναλογιζόμενοι όχι μόνο τη βιολογική εξάρτηση του ανθρώπου, των ζώων και των φυτών από το νερό, αλλά και την εξάρτηση των δραστηριοτήτων του ανθρώπου από την ποιότητα του νερού κατανοούμε πόσο μεγάλης σημασίας είναι η διατήρηση της ποιότητας των υδατικών συστημάτων αλλά και η κατανόηση των φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών οι οποίες επιδρούν και καθορίζουν την καθαρότητα ή μη των υδάτων. Η σύσταση των υδάτων είναι δυνατόν να μεταβληθεί εξαιτίας φυσικών φαινομένων, όπως εκρήξεις ηφαιστείων, σεισμοί, καταρρακτώδεις βροχές, ή να επηρεαστεί από την ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων με τα οποία ήλθε σε επαφή κατά την κίνησή του, όμως ο χαρακτηρισμός ενός υδατικού συστήματος ως ρυπασμένο

σημαίνει ότι το συγκεκριμένο σύστημα βρίσκεται σε τέτοια ποιοτική κατάσταση ώστε δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό που προορίζεται, και δεν εννοείται μόνο χρήση από τον άνθρωπο αλλά και η υποστήριξη των βιοκοινωνιών του και η διατήρηση του ρόλου του στο οικοσύστημα που ανήκει. Πλήθος ρύπων απειλούν την ποιότητα των υδατικών συστημάτων οι οποίοι εισέρχονται σε αυτά εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Schwarzenbach et al., 2010).

Χημικοί και βιολογικοί ρύποι έχουν τον πρώτο ρόλο αλλά υπάρχουν και δραστηριότητες οι οποίες μεταβάλλουν φυσικές ιδιότητες των συστημάτων-αποδεκτών επηρεάζοντας έτσι τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν με αποτέλεσμα την πρόκληση σημαντικών διαταραχών στο σύστημα. Ως τέτοιο παράδειγμα θα μπορούσε να αναφερθεί η θερμική ρύπανση. Η ρύπανση των υδάτων πάντως δεν είναι φαινόμενο μόνο των σύγχρονων κοινωνιών. Κατά το Μεσαίωνα χιλιάδες άνθρωποι πέθαναν στην Ευρώπη από τυφοειδή πυρετό και χολέρα ενώ και στις περιόδους, οι οποίες τοποθετούνται χρονικά στην αρχαιότητα, τότε που η καταλληλότητα του νερού ελέγχονταν με οπτικά κριτήρια και επιστράτευση των αισθήσεων (ύπαρξη στερεών, χρώση, οσμή, κλπ) έχει αποδειχθεί ότι υπήρχαν υποδομές τέτοιες που να επιτρέπουν την κατανάλωση νερού το οποίο προέρχονταν από τη βροχή ή από υδατικά συστήματα μετά από κατεργασία.

Η συστηματική μελέτη της κατάστασης των υδάτων και, στη συνέχεια, η εφαρμογή δράσεων και μέτρων για την προστασία ή τη βελτίωση της ποιότητάς τους υποδεικνύει το διαχωρισμό σε επιφανειακά (π.χ. λίμνες, υδρορεύματα) και σε υπόγεια υδατικά συστήματα. Μολονότι οι ρύποι οι οποίοι απειλούν και τις δύο αυτές κατηγορίες είναι σχεδόν οι ίδιοι, εν τούτοις είναι διαφορετικός ο τρόπος εισόδου των ρύπων αυτών στα συστήματα, οι επιδράσεις που ασκούν, τα αποτελέσματα που έχουν, αλλά και οι διεργασίες εξασθένησης/απομάκρυνσης τους. Επίσης συχνά, αν και όχι πάντα, είναι διαφορετικές οι αιτίες που προκαλούν τη ρύπανση των συστημάτων. Για παράδειγμα η υπερβολική λίπανση των εδαφών με νιτρικά λιπάσματα μπορεί να προκαλέσει ρύπανση και στις δύο κατηγορίες των υδατικών συστημάτων, ενώ οι σηπτικές υπόγειες δεξαμενές επηρεάζουν κυρίως τα υπόγεια ύδατα. Η ποιότητα των υδάτων επιβαρύνεται δυσμενώς από τη διοχέτευση σε αυτά ουσιών ανόργανης και οργανικής φύσης. Η διοχέτευση των ουσιών γίνεται άμεσα μέσω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (π.χ. ανεξέλεγκτη ή ημι-ελεγχόμενη απόρριψη αποβλήτων) είτε έμμεσα με φυσικές διεργασίες (π.χ. επιφανειακή απορροή υδάτων στα οποία εκχυλίζονται ή διαλύονται ρυπαντικά συστατικά, χημικές αντιδράσεις και έκπλυση νερού σε κατασκευαστικά υλικά με αποτέλεσμα τη διαλυτοποίησή τους σε αυτό, διαβρωτική δράση του νερού σε μεταλλικές κατασκευές κλπ.). Η επιβάρυνση της ποιότητας των υδάτων επιφέρει πλήθος αλληλεξαρτούμενων επιδράσεων, οι οποίες θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: -

Οικολογικές: όταν οι ρύποι προκαλούν δυσμενείς διαταραχές στη λειτουργία των υδατικών οικοσυστημάτων - Αισθητικές: όταν η ρύπανση γίνεται αιτία για την ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών, χρωματισμού και θολότητας του υδάτινου αποδέκτη - Υγιεινολογικές: όταν το νερό γίνεται φορέας παθογένειας και τοξικότητας για τον άνθρωπο και τα ζώα που χρησιμοποιούν είτε το ίδιο για πόση είτε τους υδρόβιους οργανισμούς για τροφή. Τότε έχουμε μόλυνση υδάτων, δηλαδή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στα νερά. Αυτή οφείλεται κατά κανόνα σε αστικά ή κτηνοτροφικά λύματα.

1.2.3 Έλεγχος ποιότητας νερού

1.2.3.1 Έλεγχος φυσικών παραμέτρων

pH: Η τιμή του pH στα ύδατα είναι σε άμεση συνάρτηση με το είδος των χημικών ουσιών που περιέχονται σε αυτά, ενώ ρυθμίζει τους μηχανισμούς των αντιδράσεων και επιταχύνει ή παρεμποδίζει τις βιοχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα. Γενικά, τα ποτάμια και οι λίμνες έχουν ελαφρώς ή περισσότερο όξινο pH (τιμές γύρω στο 5 ή χαμηλότερα) χωρίς αυτό να οφείλεται σε τυχόν πρόβλημα όξινων κατακρημνίσεων (Adarsh and Mahantesh, 2006; Leo and Dekkar, 2000). Σε περιπτώσεις επηρεασμού ενός υδάτινου συστήματος από όξινες κατακρημνίσεις, το pH μπορεί να κατέβει και κάτω από την τιμή 2 ειδικά σε περιοχές που δε διαθέτουν ανθρακικά πετρώματα τα οποία εξουδετερώνουν τα H^+ του όξινου περιβάλλοντος αυξάνοντας παράλληλα τη διάλυση διαφόρων ορυκτών:



Συνέπεια της οξίνισης μιας λίμνης, για παράδειγμα, είναι ο άμεσος θάνατος των φυκών, των ασπόνδυλων, των αμφίβιων και τελικά των ψαριών που ζουν στην περιοχή.

Χρώμα: Η εμφάνιση χρώματος στα υδατικά συστήματα τα καθιστά ακατάλληλα για πόση αλλά και για άλλες χρήσεις (βιομηχανία, ιχθυοκαλλιέργεια κ.λπ.). Είναι αποτέλεσμα της παρουσίας μεταλλικών αλάτων, οργανικών ενώσεων και άλλων διαλυτών κolloειδών στερεών και αποτελεί έμμεσο δείκτη του βαθμού ρύπανσής τους. Επιπλέον, ο χρωματισμός των υδάτων εμποδίζει τη διέλευση του φωτός και επομένως τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης των αυτότροφων οργανισμών.

Οσμή: Η οσμή του νερού οφείλεται σε πτητικές ενώσεις που εισέρχονται στα συστήματα ή δημιουργούνται ως αποτέλεσμα της αποδόμησης της οργανικής ύλης, της παρουσίας αλγών, προϊόντων διάβρωσης μετάλλων και χημικών βιομηχανικής και γεωργικής προέλευσης.

Διαλυμένο οξυγόνο: Η περιεκτικότητα των υδατικών συστημάτων σε διαλυμένο οξυγόνο είναι μία πολύ σημαντική παράμετρος και δείκτης της ρυπαντικής επιβάρυνσης που έχει επέλθει σε αυτά. Το διαλυμένο οξυγόνο είναι το βασικότερο και ζωτικότερο στοιχείο για τη διατήρηση και εξέλιξη της ζωής στα υδάτινα οικοσυστήματα.

Προσλαμβάνεται από τους παραγωγούς οργανισμούς (συνθέτουν οργανική ύλη από ανόργανα συστατικά μέσω της φωτοσύνθεσης) και τους καταναλωτές (χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη χημική ενέργεια που βρίσκεται δεσμευμένη μέσα σε οργανικές ουσίες άλλων ζωντανών οργανισμών) για την αναπνοή τους, αλλά και από τα αερόβια βακτήρια για τη διάσπαση της οργανικής ύλης [2]. Η τιμή του διαλυμένου οξυγόνου σε ένα υδατικό σύστημα υφίσταται μεταβολές με τη θερμοκρασία, το βάθος, την ώρα της ημέρας αλλά γενικά αυτές οι μεταβολές βρίσκονται στα πλαίσια της φυσικής μεταβολής και λειτουργίας του συστήματος. Η απόθεση ποσοτήτων οργανικής-βιοαποδομούμενης ύλης στα επιφανειακά νερά προκαλεί την κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς για τη διάσπασή της, αλλά και ανάπτυξη ανοξικών συνθηκών με χρήση και αναγωγή οξυγονούχων ριζών, όπως νιτρικών, νιτρωδών και θειικών που αντίστοιχα μετατρέπονται σε αμμωνία και θειούχα ή υδρόθειο, σύμφωνα με τις αντιδράσεις (Σίσκος και Σκούλλος, 1990).

Τα αστικά λύματα όπως και συγκεκριμένες κατηγορίες υγρών βιομηχανικών αποβλήτων περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου, αμμωνιακού και οργανικού άζωτου. Η μη αποτελεσματική επεξεργασία τους πριν την τελική τους διάθεση, οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση των συγκεντρώσεων των ενώσεων αυτών στα φυσικά ύδατα όπου λαμβάνουν χώρα οι εξής διεργασίες: Το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνιακά ιόντα τα οποία είναι άμεσα διαθέσιμα για νιτροποίηση (μετατροπή σε νιτρικά):



Η διαδικασία αυτή απαιτεί την κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων διαλυμένου οξυγόνου. Επίσης, το άζωτο και ο φώσφορος που περιέχονται στα λύματα, ως θρεπτικά συστατικά, ενεργοποιούν την

παραγωγή νέας ζωντανής οργανικής ύλης στον υδάτινο αποδέκτη η οποία μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής της αποσυντίθεται καταναλώνοντας διαλυμένο οξυγόνο.

Τα στερεά που απαντώνται στα ύδατα μπορούν να ταξινομηθούν σε επιμέρους κατηγορίες:

Αιωρούμενα στερεά. Τα αιωρούμενα στερεά (λεπτομερή σωματίδια και κολλοειδή) είναι ανόργανης ή οργανικής φύσης και έχουν είτε φυσική είτε ανθρωπογενή προέλευση. Η παρουσία τους στα ύδατα οδηγεί στη δημιουργία θολότητας η οποία εκτρέπει ή απορροφά το ηλιακό φως. Συνέπεια του γεγονότος αυτού, πέρα από την αισθητική υποβάθμιση του νερού, είναι η παρεμπόδιση της διέλευσης του ηλιακού φωτός και ο περιορισμός των διαδικασιών φωτοσύνθεσης και παραγωγής του φυτοπλαγκτόν. Ακόμη, τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών και να παρέχουν προστασία στους παθογόνους μικροοργανισμούς έναντι των διαδικασιών καταστροφής τους, ενώ επηρεάζουν τη μεταφορά συστατικών, όπως του οξυγόνου, μεταξύ ατμόσφαιρας και νερού.

Διαλυμένα στερεά. Τα διαλυμένα στερεά οφείλονται στην παρουσία κυρίως ευδιάλυτων ανόργανων αλάτων όπως χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά κ.λπ. Η προέλευσή τους μπορεί να είναι φυσική ή ανθρωπογενείς. Μερικοί κανονισμοί πόσιμου νερού συνιστούν ή επιβάλλουν ανώτατο όριο για την ολική συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών, όμως τα προβλήματα που δημιουργούν τα στερεά αυτά οφείλονται περισσότερο στα ειδικά χημικά χαρακτηριστικά των ενώσεων που τα αποτελούν παρά στην ολική συγκέντρωσή τους.

Καθιζάνοντα στερεά. Τα καθιζάνοντα στερεά σχηματίζουν πυθμενική ιλύ η οποία μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στους πληθυσμούς των ασπόνδυλων οργανισμών και να φράξει πυθμενικά στρώματα χαλικιού, σημεία όπου τα ψάρια αποθέτουν τα αυγά τους. Η παρουσία τους σε υδάτινα συστήματα που χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργειών έχει σαν αποτέλεσμα την απόθεση αλάτων στις δεξαμενές και τους αγωγούς αποθήκευσης και μεταφοράς του νερού, την αλάτωση των εδαφών, την παρεμπόδιση διείσδυσης του νερού και του ατμοσφαιρικού αέρα στα κατώτερα εδαφικά στρώματα, ενώ σχηματίζουν αλατούχες επιστρώσεις στα φύλλα των φυτών παρεμποδίζοντας τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Ολικά στερεά. Το σύνολο των στερεών που υπάρχουν στα ύδατα (αιωρούμενα, διαλυμένα, καθιζάνοντα) αποτελούν τα ολικά στερεά, η μέτρηση των οποίων παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο επιβάρυνσης που έχει υποστεί ο υδατικός αποδέκτης.

1.2.3.2 Έλεγχος χημικών παραμέτρων

Ένας μεγάλος αριθμός οργανικών ενώσεων εμφανίζεται στα ύδατα ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (απόθεση αποβλήτων, χρήση φυτοφαρμάκων, ατυχήματα). Η παρουσία τους προκαλεί σειρά σημαντικών προβλημάτων, π.χ. κατανάλωση οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς για τη βιοαποικοδόμησή τους, δημιουργία ανοξικών συνθήκες, τοξικότητα. Η συνύπαρξη τους με θρεπτικά συστατικά συντελεί στην επικράτηση αναερόβιων συνθηκών που συνεπάγεται τη θανάτωση υδρόβιων οργανισμών. Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός κάθε οργανικής ένωσης ξεχωριστά είναι δύσκολος και ιδιαίτερα δαπανηρός, λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού οργανικών ενώσεων. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται ο προσδιορισμός τριών παραμέτρων οι οποίες μπορούν να παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για το είδος και το επίπεδο του οργανικού φορτίου στα ύδατα:

Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD): είναι το οξυγόνο που απαιτείται για τη διάσπαση του δυνητικά βιοαποδομήσιμου κλάσματος του συνολικού οργανικού φορτίου που υπάρχει στα ύδατα ή τα απόβλητα, με τη βοήθεια των μικροοργανισμών, σε u μέρες (BOD_u) (Cox BA., 2003). Δεδομένου ότι η βιοχημική αποδόμηση είναι μία βραδεία διαδικασία η οποία ολοκληρώνεται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα, μετράται συνήθως το οξυγόνο που καταναλώνεται εντός των πρώτων πέντε ημερών από την έναρξή της (BOD_5). Το BOD_5 αποτελεί βασική παράμετρο για το σχεδιασμό και έλεγχο της λειτουργίας μονάδων βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Sawyer CN, 1994). Η τιμή $BOD_5 = 1ppm$ είναι χαρακτηριστική των αφόρτιστων φυσικών υδάτων, ενώ όταν η τιμή πλησιάζει τα $5ppm$ το σύστημα χαρακτηρίζεται ρυπασμένο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα απόβλητα βιομηχανιών κατεργασίας τροφίμων, σφαγείων κλπ. έχουν τιμές BOD_5 από 200 έως πολλές χιλιάδες ppm (Σίσκος και Σκούλλος, 1990).

Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD): είναι η παράμετρος που προσδιορίζει έμμεσα το συνολικό οργανικό φορτίο που υπάρχει στα ύδατα ή τα απόβλητα. Συγκεκριμένα, προσδιορίζει το οξυγόνο που απαιτείται για την πλήρη διάσπαση-οξειδωση του συνολικού οργανικού φορτίου προς

σηματισμό νερού και διοξειδίου του άνθρακα. Η οξείδωση πραγματοποιείται με ισχυρά οξειδωτικά μέσα, υπό όξινες συνθήκες και λόγω του γεγονότος ότι ορισμένες οργανικές ενώσεις είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στις διαδικασίες πλήρους οξείδωσής τους (π.χ. αρωματικές ενώσεις), η διεργασία αναπτύσσεται παρουσία καταλύτη.

Το COD όπως και το BOD αποτελεί βασική παράμετρο για το σχεδιασμό και έλεγχο της λειτουργίας μονάδων βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC): είναι παράμετρος άμεσης μέτρησης του συνολικού οργανικού άνθρακα που περιέχεται στα ύδατα και τα απόβλητα, ανεξάρτητα από το είδος των ενώσεων στις οποίες περιέχεται. Ως εκ τούτου παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα και το επίπεδο ρύπανσης των υδάτων ως προς την παρουσία οργανικών συστατικών.

Αμμωνία-νιτρικά – Νιτρώδη – Αμμωνιακά: Η παρουσία NH_3 / NO_3^- / NO_2^{2-} / NH_4^+ στα ύδατα αποτελεί ένδειξη ρύπανσης η οποία προέρχεται κυρίως από γεωργικές αλλά και βιομηχανικές δραστηριότητες (Nas B, 2006). Η ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων αμμωνίας υποδηλώνει πρόσφατη ρύπανση ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, που αποτελούν και το τελικό προϊόν της οξείδωσης της αμμωνίας και γενικά των αζωτούχων ενώσεων, υποδηλώνει ρύπανση μεγαλύτερης διάρκειας (Nyamangara J, 2013).

Αζωτούχες ενώσεις (κυρίως με τη μορφή της αμμωνίας και των αμμωνιακών) βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις σε όλα τα επιφανειακά ύδατα και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα αστικά λύματα και σε απόβλητα συγκεκριμένων βιομηχανικών κλάδων ως αποτέλεσμα της υδρόλυσης της ουρίας και της αποδόμησης αζωτούχων ενώσεων.

Τα νιτρώδη είναι ενώσεις ασταθείς και βραχύβιες. Βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στα φυσικά ύδατα και η συγκέντρωσή τους συνεχώς μειώνεται λόγω οξείδωσής τους προς νιτρικά. Απαντώνται στα νερά ψύξης βιομηχανικών μονάδων, όπου προστίθενται ως αντιδιαβρωτικό μέσο, σε απόβλητα συγκεκριμένων βιομηχανικών κλάδων και στα αστικά λύματα. Θεωρούνται επικίνδυνα για τους οργανισμούς δεδομένου ότι σε όξινο περιβάλλον, αντιδρούν με τις δευτεροταγείς αμίνες σχηματίζοντας νιτροζαμίνες που είναι δυνητικά καρκινογόνες.

Τα νιτρικά αποτελούν την ανώτατη οξειδωτική βαθμίδα των ενώσεων του αζώτου, είναι θερμοδυναμικώς σταθερά και οι μεταβολές της συγκέντρωσής τους στα ύδατα οφείλονται κυρίως σε βιοχημικές δράσεις. Στον οργανισμό ανάγονται προς νιτρώδη και σχηματίζουν σταθερές ενώσεις με την αιμογλοβίνη του αίματος εμποδίζοντας τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται μεθαιμογλοβιναιμία και επηρεάζει κυρίως τα βρέφη (blue baby syndrome). Στο όξινο περιβάλλον του στομάχου των οργανισμών ενδέχεται να μετατραπούν σε νιτροζαμίνες. Εκτός από τα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα, μία ακόμα σημαντική πηγή νιτρικών για τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα είναι η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων. Η εντατική λίπανση έχει σαν αποτέλεσμα την παρουσία στο έδαφος μεγάλων ποσοτήτων NO^{3-} τα οποία καταλήγουν στα επιφανειακά ύδατα λόγω απορροής και στα υπόγεια λόγω στράγγισης. Σχετικές έρευνες που έγιναν πριν εμφανιστούν και εφαρμοστούν τα λιπάσματα, απέδειξαν ότι η συγκέντρωση των νιτρικών στα υπόγεια νερά ήταν πολλές φορές πολλαπλάσια της ανώτατης επιτρεπτής των 50ppm (Siegel, 1972). Το φαινόμενο αυτό πάντως θεωρείται φυσιολογικό διότι όπως είναι γνωστό το γεωργικό έδαφος, ανάλογα με την οργανική ουσία, περιέχει 100-1000 Kg άζωτο ανά στρέμμα, το οποίο σχεδόν εξολοκλήρου (98%) βρίσκεται με τη μορφή οργανικών ενώσεων (αμινοξέα, αμινοσάκχαρα, ασπαραγίνη, γλουταμίνη, πουρίνες, κλπ). Από αυτές τις ποσότητες ανοργανοποιείται από τους μικροοργανισμούς του εδάφους κάθε χρόνο, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και το είδος του εδάφους, ποσοστό 1-3% προς αμμωνιακά ιόντα και στη συνέχεια, μέσα σε λίγες μέρες ή εβδομάδες, προς νιτρικά ιόντα. Τα νιτρικά, καθώς είναι ευδιάλυτα και παρουσιάζουν μεγάλη κινητικότητα κινούνται προς τα κατώτερα στρώματα του εδάφους και τελικά φθάνουν στον υδροφόρο ορίζοντα (Νικολαΐδης, 2005).

Φωσφορικά: Οι βασικές μορφές του φωσφόρου είναι τα διάφορα ανόργανα φωσφορικά άλατα και ιδιαίτερα τα ορθοφωσφορικά. Έτσι στα φυσικά ύδατα το μεγαλύτερο ποσοστό του φωσφόρου βρίσκεται με τη μορφή των μονόξινων φωσφορικών, το 10% περίπου ως φωσφορικά και μόλις το 1% περίπου ως δισόξινω φωσφορικά. Πυροφωσφορικά και πολυφωσφορικά απαντώνται στις λίμνες, τα ποτάμια, στις εκβολές ποταμών και στα παραλιακά ύδατα ως αποτέλεσμα κυρίως της χρήσης από τους ανθρώπους απορρυπαντικών.

Μεγάλες ποσότητες φωσφορικών στα επιφανειακά ύδατα προκαλούν σοβαρότατο πρόβλημα ευτροφισμού. Τα φωσφορικά άλατα είναι θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν και των φυκών. Επειδή όμως στη φύση τα φωσφορικά άλατα είναι περιορισμένα, περιορισμένη είναι και η ανάπτυξη των παραγωγών οργανισμών μέσα σε ένα υδάτινο σύστημα. Η

αύξηση της συγκέντρωσης των φωσφορικών προκαλεί την υπέρμετρη ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν και των φυκών με σοβαρότατες επιπτώσεις για το σύστημα (ανοξικές συνθήκες, παραγωγή τοξικών αερίων). Όταν οι οργανισμοί αυτοί πεθαίνουν συσσωρεύονται στο βυθό και καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου για τη αποικοδόμησή τους με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η σύνθεση της βιοκοινωνίας του πυθμένα και τελικά να επικρατεί ένα άσπρο στρώμα από θειοβακτήρια (European Environment Agency, 2003).

Σημαντική πηγή φωσφορικών ενώσεων για τα επιφανειακά ύδατα είναι επίσης τα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα. Τα απορρυπαντικά είναι ένας από τους κύριους παράγοντες ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και ως τέτοιος έχει προσελκύσει την προσοχή επιστημόνων, περιβαλλοντικών οργανώσεων αλλά και καταναλωτών. Εξαιτίας του μεγάλου προβλήματος που δημιουργούν έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης τα τελευταία χρόνια.

Τα φωσφορικά άλατα που προέρχονται από γεωργική ρύπανση (χρήση φωσφορικών λιπασμάτων) φτάνουν στους υδάτινους αποδέκτες μέσω επιφανειακών απορροών ή στράγγισης, όπως και τα νιτρικά. Θα πρέπει πάντως να διευκρινιστεί ότι η γεωργία δεν είναι στην πραγματικότητα σημαντικός παράγοντας για την αύξηση των φωσφορικών στα υδάτινα συστήματα μια και η έκπλυση του φωσφόρου από τα γεωργικά εδάφη είναι πραγματικά μηδαμινή. Πειράματα έχουν αποδείξει ότι στα εδάφη σπάνια παρατηρείται έκπλυση φωσφόρου μεγαλύτερη από τα 2Kg P₂O₅/στρέμμα/έτος (όταν η αντίστοιχη έκπλυση των νιτρικών μπορεί να φθάσει και τα 200 Kg N/στρέμμα/έτος ή και μεγαλύτερη) η οποία εξαρτάται από το είδος και τη δεσμευτική ικανότητα του εδάφους καθώς και την ποσότητα του νερού διήθησης (Armstrong and Rohlick, 1970).

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι ο φώσφορος μπορεί να φθάσει στα επιφανειακά ύδατα μέσω της διάβρωσης και των επιφανειακών απορροών, σε ποσότητες όμως που δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν. Σημαντικό ρόλο στις συγκεντρώσεις του φωσφόρου παίζουν η κλίση και ο τρόπος καλλιέργειας του εδάφους, το είδος των φυτών, η πυκνότητα της βλάστησης, η ένταση των βροχοπτώσεων καθώς και η ύπαρξη ή όχι αναβαθμίδων, κλαδοφρακτών, χέρσων ζωνών, κλπ. Το μεγαλύτερο ποσοστό του φωσφόρου που απαντάται στα επιφανειακά νερά προέρχεται από τα αστικά λύματα, στα οποία ο φώσφορος των απορρυπαντικών συμμετέχει σε ποσοστό που μπορεί να φθάνει και το 50%. Σε τοπική κλίμακα επιβάρυνση ασκούν τα φωσφορικά άλατα βιομηχανιών καθώς και απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων. Στα υδάτινα συστήματα που δεν επηρεάζονται από άλλες πηγές ρύπανσης, η διάβρωση του εδάφους μπορεί να συμβάλει στην επιβάρυνσή τους μέχρι και 50% ως προς το φώσφορο και ακόμη μεγαλύτερο ως προς το άζωτο. Από αυτήν την επιβάρυνση το μεγαλύτερο ποσοστό πάντως θεωρείται ότι δεν έχει καμία σχέση με τη λίπανση (Alberts et al., 1978).

Χλωριούχα: Τα χλωριούχα τα βρίσκουμε συνήθως σε περιοχές κοντά στη θάλασσα και αποτελούν μία από τις κύριες κατηγορίες ανόργανων συστατικών των φυσικών υδάτων που η συγκέντρωσή τους ποικίλει ανάλογα με την κατηγορία και την προέλευσή τους. Αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριούχων συστατικών στα υπόγεια ύδατα είναι σοβαρή ένδειξη ρύπανσης των υδάτων αυτών από χώρους τελικής διάθεσης στερεών αποβλήτων και θαλασσινών νερών. Σημειώνεται επίσης ότι η συγκέντρωση των χλωριούχων στους φυσικούς αποδέκτες δεν επηρεάζεται από τους μηχανισμούς απορρύπανσης που λαμβάνουν χώρα (Σίσκος και Σκούλλος, 1990).

Θειικά: Από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια στη βιομηχανία είναι το θειικό οξύ, ο θειούχος σίδηρος και άλλα θειούχα και θειικά άλατα. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην παρουσία σημαντικών ποσοτήτων θειούχων και θειικών στα παραγόμενα απόβλητα και στην περίπτωση που δεν λαμβάνει χώρα αποτελεσματική απομάκρυνσή τους, ρυπαίνουν τα φυσικά ύδατα στα οποία καταλήγουν άμεσα ή έμμεσα. Τονίζεται ότι η ύπαρξη αερόβιων συνθηκών ευνοεί τη μετατροπή των θειωδών σε θειικά, ενώ η ύπαρξη αναερόβιων συνθηκών την αντίστροφη αντίδραση

Βαρέα μέταλλα

Σίδηρος: Ο σίδηρος αποτελεί σε μικρές ποσότητες, απαραίτητο συστατικό για την ανάπτυξη των οργανισμών. Υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου παρατηρούνται συνήθως στα υπόγεια ύδατα λόγω της διέλευσής τους από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Συνεχής κατανάλωση νερού με μεγάλη περιεκτικότητα σε σίδηρο μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο και ειδικότερα στα παιδιά, βλάβες στους ιστούς. Επίσης, υπόγεια ύδατα πλούσια σε σίδηρο, όταν εξέρχονται στην επιφάνεια του εδάφους γίνονται θολά λόγω οξειδωσης του δισθενούς σιδήρου σε τρισθενή ο οποίος σχηματίζει ένα κολλοειδές ίζημα. Πηγές σιδήρου είναι τα απόβλητα που προέρχονται από μεταλλευτικές δραστηριότητες και μονάδες επιφανειακής κατεργασίας μετάλλων (αποξείδωση σιδηρούχων επιφανειών).

Ψευδάργυρος: Σε μικρές ποσότητες αποτελεί απαραίτητο ιχνοστοιχείο για την αποτελεσματική δράση ορισμένων ενζύμων στον οργανισμό του ανθρώπου και των ζώων. Η μέση ημερήσια κατανάλωση ψευδαργύρου μέσω των τροφών είναι της τάξης των 4 – 15mg, ενώ ημερήσιες δόσεις μεγαλύτερες των 150mg προκαλούν απορύθμιση του μεταβολισμού του σιδήρου και του χαλκού στον ανθρώπινο οργανισμό, χωρίς όμως να έχει επιβεβαιωθεί η πρόκληση κάποιας μόνιμης

βλάβης. Πηγές ρύπανσης από ψευδάργυρο είναι τα απόβλητα που προέρχονται από μεταλλευτικές δραστηριότητες, επιμεταλλωτήρια καθώς και η διάβρωση γαλβανισμένων σωλήνων.

Χαλκός: Ο χαλκός σε μικρές ποσότητες διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον ανθρώπινο μεταβολισμό και ειδικότερα στην παραγωγή των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Επίσης συμβάλλει στην απελευθέρωση του σιδήρου που βρίσκεται στους ιστούς, στην ανάπτυξη των οστών και στη σωστή λειτουργία του νευρικού συστήματος. Η υπερβολική λήψη χαλκού από τον άνθρωπο εκδηλώνεται με ερεθισμό των βλεννογόνων, αγγειακά προβλήματα και ερεθισμό του νευρικού και γαστρεντερικού συστήματος. Κύριες πηγές χαλκού είναι τα απόβλητα που προέρχονται από τα επιμεταλλωτήρια, την ηλεκτρονική βιομηχανία και τη βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρικών καλωδίων (Fergusson, 1990).

Κάδμιο: Το κάδμιο είναι ένα από τα πιο επικίνδυνα μέταλλα με ημιπερίοδο ζωής στον ανθρώπινο οργανισμό από 10 έως 30 έτη. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή συσσωρευτών, ξηρών μπαταριών, χρωμάτων και πλαστικών. Ο άνθρωπος λαμβάνει το κάδμιο μέσω της αναπνοής και της τροφής, ενώ ένα μέρος της προσλαμβανόμενης ποσότητας αποβάλλεται από τον οργανισμό. Εναποτίθεται κυρίως στο ήπαρ, τα νεφρά, το θυρεοειδή αλλά και σε άλλα όργανα προκαλώντας σοβαρές παθήσεις. Σημαντική πηγή για τα εδάφη είναι η χρήση φωσφορικών λιπασμάτων, όπου το μέταλλο περιέχεται ως πρόσμιξη. Το Cd προσροφάται σε μικρότερο βαθμό από το έδαφος σε σχέση με άλλα μέταλλα και για το λόγο αυτό είναι περισσότερο ευκίνητο και συνεπώς βιοδιαθέσιμο (Harte et al, 1991).

Χρώμιο: Το χρώμιο στη φύση βρίσκεται με δύο μορφές, ως τρισθενές και ως εξασθενές, με το δεύτερο να είναι σημαντικά πιο τοξικό από το πρώτο. Το τρισθενές χρώμιο είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για το μεταβολισμό των σακχάρων και των λιπιδίων και συντελεί στην πρόληψη του διαβήτη και της αρτηριοσκλήρυνσης. Το χρώμιο στα φυσικά ύδατα όμως απαντάται συνήθως με τη μορφή εξασθενούς και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο, αφού σε συγκεντρώσεις της τάξης των 10 mg/Kg βάρους προκαλεί νέκρωση ιστών και νεφρική ανεπάρκεια, ενώ χαμηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν ερεθισμό του γαστρικού και εντερικού βλεννογόνου. Τα αστικά απόβλητα είναι δυνατόν να περιέχουν συγκεντρώσεις Cr < 0.7 μg/ml κυρίως σαν εξασθενές χρώμιο και είναι ιδιαίτερα τοξικά για πολλά θαλάσσια ζώα, άγλη και μικροοργανισμούς (Langard, 1980).

Νικέλιο: Το νικέλιο περιέχεται σε απόβλητα επιμεταλλωτηρίων και γενικά βιομηχανιών κατεργασίας μετάλλων. Στον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές δερματίτιδες και άσθμα. Έρευνες έδειξαν ότι τα περισσότερα προβλήματα προκαλούνται από παράγωγα του νικελίου όπως το οξείδιο του νικελίου και τα κρυσταλλικά του σύμπλοκα (Fergusson, 1990).

Κασσίτερος: Ο κασσίτερος χρησιμοποιείται σε κράματα και ως προστατευτική επικάλυψη άλλων μετάλλων. Τα άλατά του όταν έρθουν σε επαφή με το αίμα είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα και μπορεί να προκαλέσουν παράλυση, προβλήματα στο νευρικό σύστημα και το ήπαρ (Fergusson, 1990).

Μόλυβδος: Ο μόλυβδος εισέρχεται στα υδάτινα συστήματα με τους τρόπους που ακολουθούν και οι άλλοι ρύποι αλλά σημαντικότερος θεωρείται η αερομεταφορά. Σήμερα, σαν κύρια πηγή μόλυβδου στα υδατικά συστήματα αναγνωρίζεται η χρήση αντικροτικών ουσιών στις βενζίνες. Ο μόλυβδος επεμβαίνει στη λειτουργία ενός ευρέως φάσματος ενζύμων, με αποτέλεσμα να είναι επικίνδυνος για όλους τους οργανισμούς. Ενδεικτικά για τον άνθρωπο έχουν αναφερθεί επιδράσεις στο νευρικό σύστημα, το ήπαρ και στην αναπαραγωγή ακόμη και σε περιπτώσεις έκθεσης μικρής διάρκειας. Κύριες πηγές μόλυβδου είναι τα απόβλητα επιμεταλλωτηρίων, βιομηχανιών παραγωγής μπαταριών και χρωμάτων.

Υδράργυρος: Οι κυριότερες δραστηριότητες που προκαλούν ρυπάνεις από υδράργυρο είναι κατά σειρά η ηλεκτρολυτική παρασκευή αερίου χλωρίου και καυστικού νατρίου, η κατασκευή ηλεκτρικών συσκευών και λυχνιών υπαίθριων κυρίως χώρων, η χρησιμοποίησή του σε μυκητοκτόνα, φυτοφάρμακα, χρώματα και φαρμακευτικά σκευάσματα, σε θερμομέτρα και άλλα παρόμοια όργανα, σε αμαγάλματα για καταλύσεις, στη βιομηχανία χάρτου, τα εργαστήρια και τα οδοντιατρικά σκευάσματα (Σίσκος και Σκούλλος, 1992). Η αυξανόμενη χρήση του υδραργύρου και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες (χρήση νέων μεθόδων γεωργίας, βαθύτερη μηχανική όργωση, χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων) αύξησαν την περιεκτικότητα του στερεού φλοιού της γης σε υδράργυρο. Είναι εξαιρετικά τοξικός για τους υδρόβιους και χερσαίους οργανισμούς και παρουσιάζει μεγάλη δυνατότητα βιοσυσσώρευσης. Ο στοιχειακός υδράργυρος και οι ανόργανες ενώσεις του συσσωρεύονται κυρίως στα νεφρά από όπου αποβάλλονται με τα ούρα σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Όταν οι συγκεντρώσεις είναι μεγάλες ο χρόνος που απαιτείται για την απομάκρυνση είναι αρκετός ώστε να συμβεί διάχυση του στοιχειακού υδραργύρου μέσω των πνευμόνων στο αίμα και στη συνέχεια στον εγκέφαλο προκαλώντας σοβαρές βλάβες στο ΚΝΣ. Όλους τους τύπους των βιοκοινοτήτων ακόμα και σε εκείνους που δεν αποτελούν τους στόχους

τους, ενώ πολλά από αυτά είναι ανθεκτικά στην αποσύνθεση και βελτιώνουν την αντοχή τους και την αποτελεσματικότητά τους όταν διατεθούν στο περιβάλλον. Τα περισσότερα από τα παρασιτοκτόνα επιδρούν στο νευρικό σύστημα των οργανισμών .

Κυανιούχα: Τα κυανιούχα είναι μία από τις πιο επικίνδυνες ομάδες ενώσεων και μπορεί να περιέχονται σε σημαντικές ποσότητες στα απόβλητα διαφόρων βιομηχανικών μονάδων. Οι πιο διαδεδομένες κυανιούχες ενώσεις που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία είναι τα κυανιούχα άλατα νατρίου και καλίου τα οποία βρίσκουν εφαρμογή στην εξόρυξη μεταλλευμάτων ψευδαργύρου, χρυσού, αργύρου και μολύβδου, σε διεργασίες επιμεταλλώσεων, στον καθαρισμό των μετάλλων, στη θερμική επεξεργασία μετάλλων κλπ. Επίσης χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες στην παρασκευή βαφών, εντομοκτόνων και απολυμαντικών. Το κυανιούχο ασβέστιο χρησιμοποιείται ευρέως ως απολυμαντικό, παρά το γεγονός ότι απελευθερώνεται υδροκυάνιο όταν έρθει σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Φθόριο: Το φθόριο είναι ένα στοιχείο που βρίσκεται στο χερσαίο περιβάλλον, σε φυτά, εδάφη και ύδατα. Η συγκέντρωσή του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ορυκτολογική σύσταση των εδαφών. Στα επιφανειακά ύδατα θεωρείται ως ανώτατη η τιμή του 1,5 ppm, που είναι το όριο για το πόσιμο ύδωρ. Το φθόριο εκτιμάται ότι έχει ανταγωνιστική δράση με άλλα στοιχεία (κυρίως το Ca) και προκαλεί σοβαρά προβλήματα στο μεταβολισμό των ζωντανών οργανισμών (Geeson et al, 1997). Υψηλές συγκεντρώσεις φθορίου απαντώνται σε υδατικά συστήματα κοντά σε βιομηχανικές ζώνες ή σε περιοχές όπου τα εδάφη καλλιεργούνται εντατικά και δέχονται μεγάλες ποσότητες φωσφορικών λιπασμάτων.

1.2.3.3 Έλεγχος βιολογικών παραμέτρων

Μία σημαντική κατηγορία παραμέτρων που υποβαθμίζει την ποιότητα των υδάτων, δημιουργώντας προβλήματα μόλυνσης και κινδύνους για τη δημόσια υγεία είναι η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί βρίσκονται στο νερό σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και η ανίχνευσή τους είναι πολύ δύσκολη. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται δείκτες ελέγχου μικροβιακής ποιότητας του νερού, από τους οποίους οι συχνότεροι είναι τα ολικά κολοβακτηρίδια, τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια, το βακτήριο *Escherichia coli*, εντερόκοκκοι, κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι καθώς και οι κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί στους 37° C και 22° C (Madigan et al., 2005).

Κολοβακτηρίδια: χρησιμοποιούνται ως οργανισμοί ενδεικτικοί της μόλυνσης των υδάτων. Τα κολοβακτηρίδια, τα οποία δεν είναι γενικά παθογόνα, αλλά εκκρίνονται από τον άνθρωπο με ρυθμούς που κυμαίνονται από 100×10^9 – 400×10^9 ανά άτομο ημερησίως. Μια ομάδα κολοβακτηριδίων, τα κολοβακτηρίδια περιττωμάτων, αναπτύσσονται μόνο στο πεπτικό σύστημα και έτσι η παρουσία τους στο νερό δηλώνει μόλυνση και συνεπώς δυνητική παθογένεια. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των κολοβακτηριδίων που τα καθιστά ως κατάλληλο δείκτη για την ύπαρξη πιθανής παθογένειας στα ύδατα, είναι το γεγονός ότι η απολύμανση του νερού τα καταστρέφει, γενικά, δυσκολότερα σε σύγκριση με τα παθογόνα βακτήρια. Έτσι, η εξάλειψη των κολοβακτηριδίων εξασφαλίζει και την παράλληλη εξάλειψη των παθογόνων βακτηριδίων. Δεν ισχύει όμως το ίδιο και για τους ιούς, δεδομένου ότι δεν υπάρχει άμεση και πλήρης συσχέτισή τους με τα κολοβακτηρίδια και απαιτείται η διενέργεια πιο εξειδικευμένων αναλύσεων για τον προσδιορισμό τους (Σίσκος, και Σκούλλος 1992).

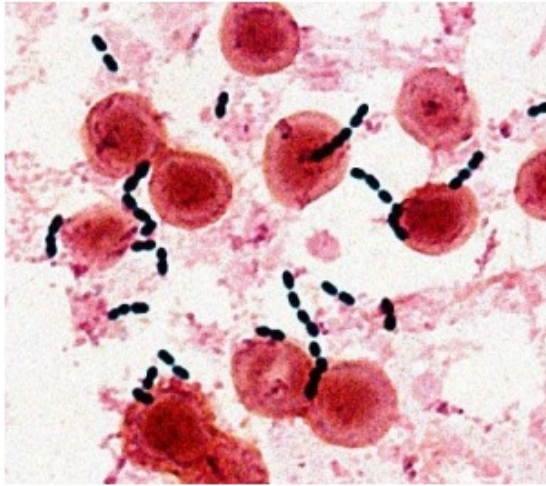
Escherichia coli: ανήκει στα κολοβακτηρίδια και αποτελεί ένα κατά Gram αρνητικό βακτήριο (Εικόνα 1.4). Απομονώθηκε για πρώτη από κόπρανα παιδιού. Ενώ αποτελεί έναν φυσικό ξενιστή στο έντερο των ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων, εμποδίζοντας την εγκαθίδρυση άλλων βακτηρίων στο έντερο, ωστόσο ένα συγκεκριμένο στέλεχος, το O157:H7 παράγει την πολύ ισχυρή τοξίνη verotoxin (VT) που καταστρέφει το έντερο. Επίσης, όταν βρεθεί σε διπλανά όργανα όπως η ουροδόχος κύστη μπορεί να προκαλέσει ουρολοίμωξη. Στο περιβάλλον αποβάλλεται μέσω των κοπράνων κι έτσι όταν βρεθεί σε δείγματα νερού αποδεικνύει ότι το πόσιμο νερό έχει μολυνθεί από περιττωματικές ουσίες, υποδηλώνοντας ταυτόχρονα ότι και οποιοσδήποτε άλλος μικροοργανισμός που διαβιεί στο έντερο των ανθρώπων και των ζώων είναι πιθανό να υπάρχει στο νερό (Wang and Doyle, 1998).



Εικόνα 1.4: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του βακτηρίου *Escherichia coli*.

Εντερόκοκκοι: είναι παθογόνοι μικροοργανισμοί και συγκεκριμένα βακτήρια. Χαρακτηρίζονται ως Gram θετικοί κόκκοι, δυνητικά αναερόβιοι αρνητικοί στην καταλάση. Στο μικροσκόπιο φαίνονται ως διπλόκοκκοι ή κοντές αλυσίδες. Πρόκειται για τους *S. Faecalis*, *S. Fallium*, *S. Gallinarum*, *S. Anium*. Κάποια είδη συμπεριλαμβάνονται στην φυσιολογική χλωρίδα του εντέρου ενώ άλλα είδη εάν βρεθούν στον ανθρώπινο οργανισμό, προκαλούν παθολογία. Η νόσος τους που προσκαλούν μπορεί να είναι απειλητική για τη ζωή, ιδιαίτερα τους νοσηλευόμενους ασθενείς.

Οι εντερόκοκκοι προκαλούν λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος, βακτηραιμία, βακτηριακή ενδοκαρδίτιδα, εκκολπωματίτιδα και μηνιγγίτιδα. Σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού του γένους είναι η ανθεκτικότητα τους στα αντιβιοτικά της β-λακτάμης (κάποιες πενικιλίνες, κεφαλοσπορίνες και αμινογλυκοσίδες). Ανευρίσκονται στα κόπρανα των ανθρώπων και των θερμόαιμων ζώων συνήθως σε ποσότητα μέχρι 10^6 ανά γραμμάριο κοπράνων. Δεν πολλαπλασιάζονται στο νερό και, αν και ευαίσθητοι στη χλωρίωση, είναι περισσότερο ανθεκτικοί από ότι το κολοβακτηρίδιο. Παρουσιάζουν όμοια αντοχή τους περιβαλλοντολογικές συνθήκες με μερικά υδατογενή παθογόνα. Η παρουσία τους στο νερό σε συνδυασμό με την απουσία *E.coli* αποκαλύπτει παλιά κοπρανώδη μόλυνση του ύδατος (Murray et al., 2017).



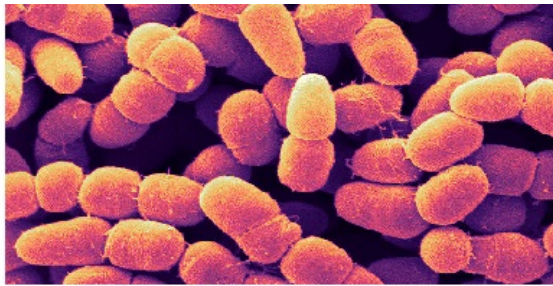
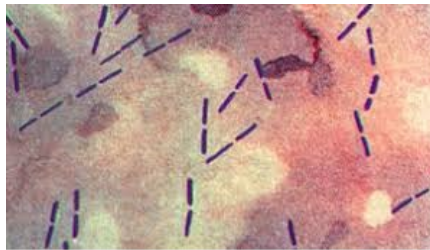
Εικόνα 1.4: Μορφολογικά χαρακτηριστικά των εντερόκοκκων.

Κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί στους 37° C και στους 22° C: Η παράμετρος αυτή δεν παρέχει ακριβή στοιχεία για τη μικροβιολογική ποιότητα του νερού. Αυτό που έχει σημασία δεν έχει η απόλυτη τιμή της παραμέτρου, αλλά το αν έχει υπάρξει σε διαδοχικές μετρήσεις αξιοσημείωτη μεταβολή. Αύξηση του ολικού αριθμού των **κοινής μεσόφιλης χλωρίδας** (αναπτύσσονται στους 37° C) και της **κοινής ψυχρόφιλης χλωρίδας** (αναπτύσσονται στους 22°C) της τάξεως 1-2 λογαρίθμων, αποτελεί σοβαρή ένδειξη κοπρανώδους επιμόλυνσης και συνιστάται εκτενέστερη διερεύνηση. Είναι παράμετρος που παρέχει πληροφορίες για το αν έχει παραμείνει σταθερή η ποιότητα του συγκεκριμένου πόσιμου νερού ή αν έχει υποστεί μεταβολή, πιθανώς επικίνδυνη για την υγεία του πληθυσμού. Επίσης, φανερώνει αν είναι αποτελεσματικές οι τεχνικές απολύμανσης και αν η λειτουργία του δικτύου ύδρευσης από την πηγή μέχρι την κατανάλωση είναι σωστή.



Εικόνα 1.5: Ανάπτυξη σε θρεπτικό υλικό των πολυάριθμων και διαφορετικών μικροβιακών ειδών που συναντώνται φυσιολογικά στο πόσιμο νερό.

Κλωστηρίδιο το διαθλαστικό (*Clostridium perfringens*): Είναι ακίνητο βακτήριο θετικό κατά Gram διαστάσεων $0,8-1,5 * 2-9 \text{ nm}$, με στρογγυλεμένα άκρα. Μέχρι σήμερα έχουν απομονωθεί από τις καλλιέργειες 12 τοξικά προϊόντα (τοξίνες και ένζυμα). Είναι θειοαναγωγικό κλωστηρίδιο, που παράγει υδρόθειο, το οποίο δίνει στο νερό οσμή «κλούβιου αυγού», προκαλεί διάβρωση στους σωλήνες ύδρευσης και αντιδρά με τα μεταλλικά ιόντα του νερού δημιουργώντας ίζημα. Στα πλαίσια του υγειονομικού ελέγχου, γίνεται ανίχνευση και ποσοτικός προσδιορισμός τόσο των βλαστικών μορφών όσο και των σπόρων του. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται μόνο όταν πρόκειται για επιφανειακά νερά. Το κλωστηρίδιο είναι πολύ ανθεκτικό στη χλωρίωση και παράγει σπόρους ανθεκτικούς στο περιβάλλον, που επιζούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απ' ότι το κολοβακτηρίδιο. Γι' αυτό η παρουσία του φανερώνει παλιά κοπρανώδη μόλυνση (Center for Disease Control and Prevention, 2015).



Εικόνα 1.6: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του *Clostridium perfringens*.

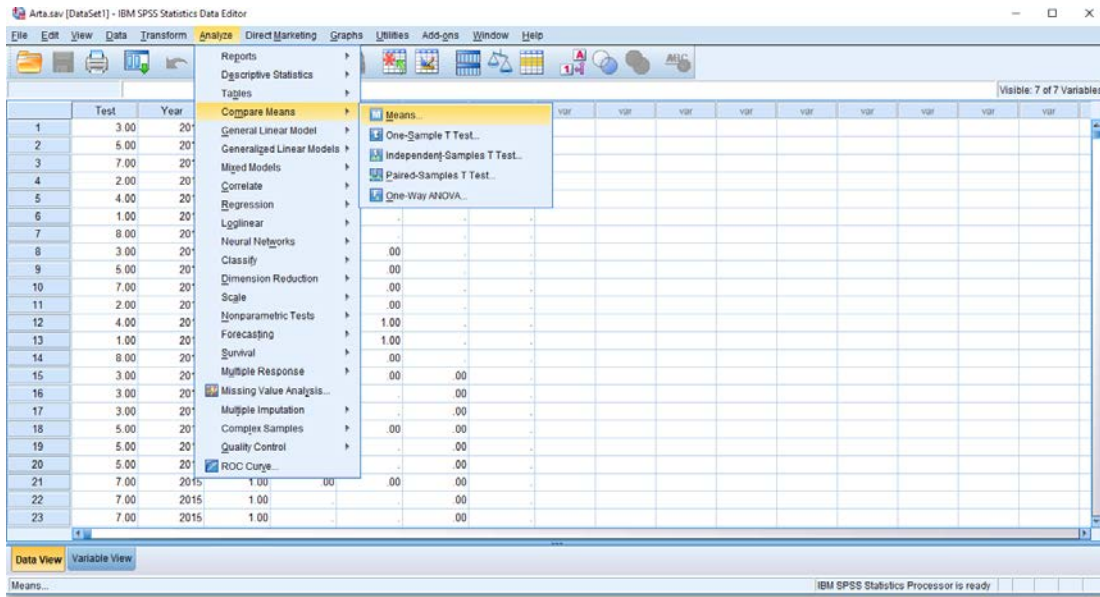
2. Μέθοδοι

Από το εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας μου δόθηκαν πιστοποιητικά με μικροβιολογικές και φυσικοχημικές εξετάσεις σε δείγματα νερών από διάφορες περιοχές της Β.Δ.Ελλάδος αλλά και της Ν. Αλβανίας. Τα νερά ήταν κυρίως πόσιμα από δίκτυα ύδρευσης, πηγές και εμφιαλωμένα, καθώς και νερά γεωτρήσεων και βιολογικών καθαρισμών. Επιπλέον υπήρχαν αποτελέσματα από νερά θαλασσών, κολυμβητικών δεξαμενών αλλά και νερά ιχθυοτροφείων. Τέλος υπήρχαν πιστοποιητικά και από νερά που χρησιμοποιούνται στη μονάδα Τεχνητού Νεφρού στο Νοσοκομείο της Περιοχής 6, όπως νερά αιμόλυσης, από το δίκτυο, πριν τη μονάδα, στην έξοδο κ.α.

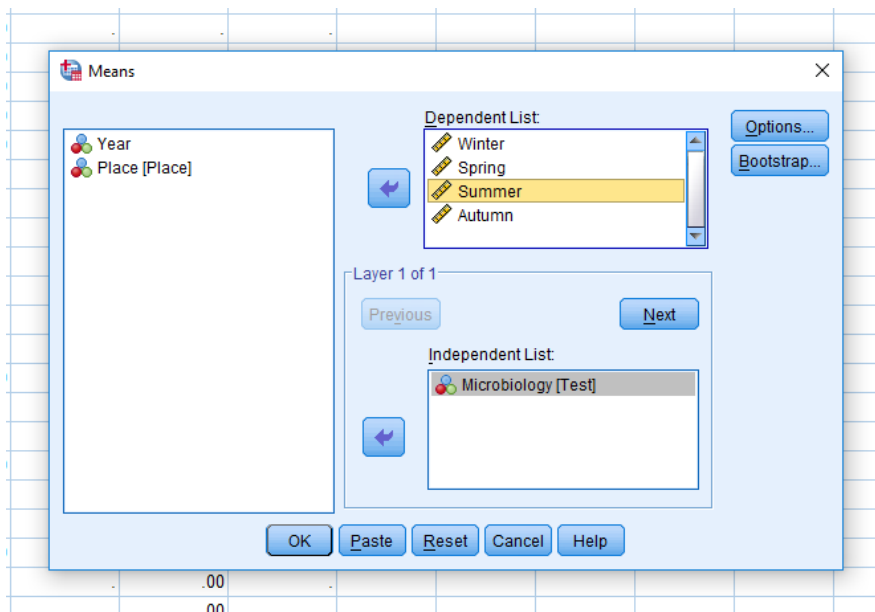
Όλα τα αρχεία ψηφιοποιήθηκαν αρχικά με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 365 σε διαφορετικούς φακέλους ανά κατηγορία, για να υπάρχει συνάφεια ως προς το είδος του νερού. Κάποια αποτελέσματα που είχαν μικρό αριθμό δειγμάτων ή και δεν υπήρχε βάθος χρόνου στις δειγματοληψίες δεν συμπεριλήφθησαν στη μελέτη γιατί θα έδιναν αναξιόπιστο αποτέλεσμα. Η τελική στατιστική επεξεργασία αφορά νερά πόσιμα του δικτύου ανά νομό, ως προς τις βιολογικές τους μεταβολές και ως προς το υπολειμματικό χλώριο, καθώς και δείγματα από θαλασσινό νερό της περιοχής 5. Τα δείγματα νερών του νοσοκομείου της περιοχής 6 της Μονάδας Τεχνητού Νεφρού εξετάστηκαν ως ξεχωριστή ενότητα.

Τα δεδομένα καταχωρήθηκαν ανάλογα με την ημερομηνία λήψης του δείγματος και το είδος της μικροβιολογικής εξέτασης (κοινοί αερόβιοι 37°C, κοινοί αερόβιοι 22°C, *Escherichia coli*, ολικά κολοβακτηριοειδή, εντερόκοκκοι, εντερόκοκκοι παχέος εντέρου, ψευδομονάδα, *clostridium perfringens*) καθώς και το υπολειμματικό χλώριο.

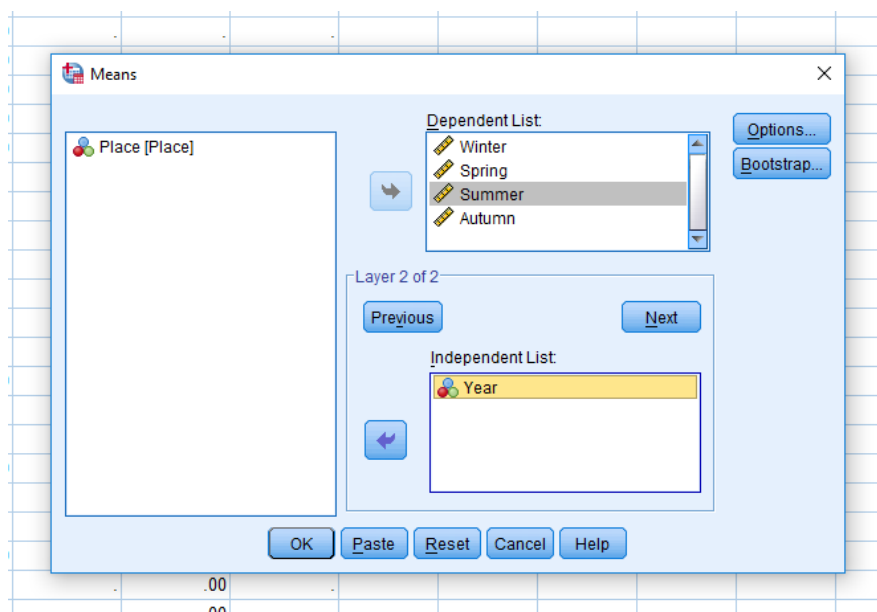
Αφού ψηφιοποιήθηκαν όλα τα δεδομένα εισήχθησαν στο πρόγραμμα IBM SPSS Statistics Version 20.0. Συγκεκριμένα, κωδικοποιήθηκε το είδος της εξέτασης με αριθμούς καθώς και η τοποθεσία προέλευσης, ενώ τα στοιχεία καταχωρήθηκαν ταξινομημένα στις τέσσερις εποχές ανά έτος (Χειμώνας, Καλοκαίρι, Άνοιξη και Φθινόπωρο). Δημιουργήθηκε ένα αρχείο για κάθε τοποθεσία προέλευσης των δειγμάτων και συνολικά επτά (Περιοχή 1, Περιοχή 2, Περιοχή 3, Περιοχή 4, Περιοχή 5, Περιοχή 6 και Περιοχή 7) Για τον υπολογισμό των μέσω τιμών χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση Compare means (Σχήμα 1), και τοποθετήθηκαν ως εξαρτημένες μεταβλητές οι τιμές των εξετάσεων ανά εποχή (Σχήμα 2) και ως ανεξάρτητη μεταβλητή η μικροβιολογική εξέταση (Σχήμα 2) και αμέσως μετά στο επόμενο επίπεδο το έτος λήψης των δειγμάτων (Σχήμα 3).



Σχήμα 1 Ανάλυση μέσω με τη χρήση του προγράμματος IBM SPSS Statistics v. 20.0



Σχήμα 2 Ανάλυση μέσω με τη χρήση του προγράμματος IBM SPSS Statistics v. 20.0. Επιλογή δεδομένων και ορισμός εξαρτημένων και ανεξαρτήτων μεταβλητών.

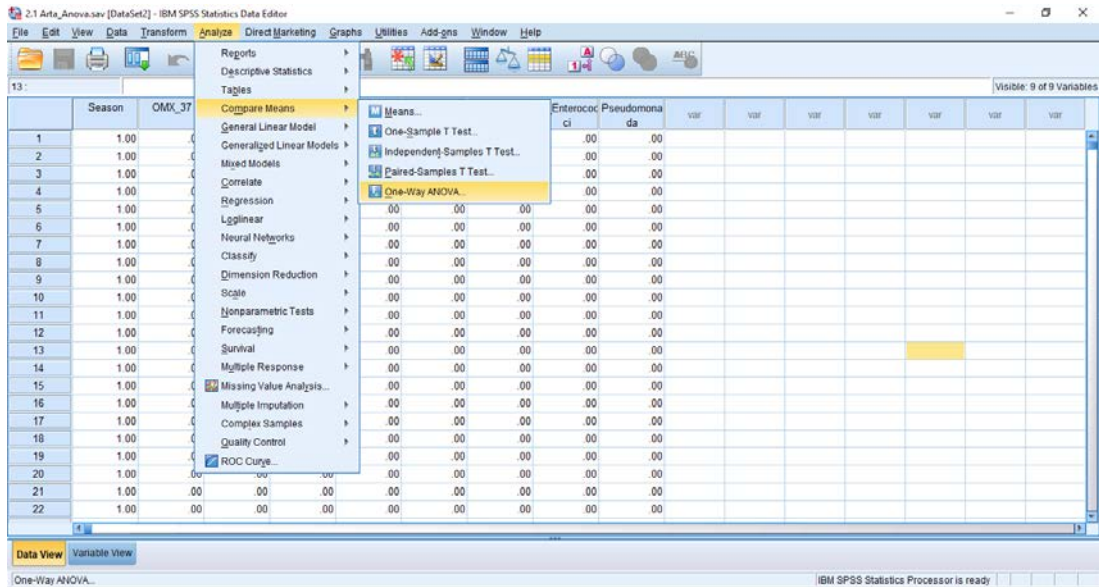


Σχήμα 3 Ανάλυση μέσων με τη χρήση του προγράμματος IBM SPSS Statistics v. 20.0. Επιλογή δεύτερης ανεξάρτητης μεταβλητής.

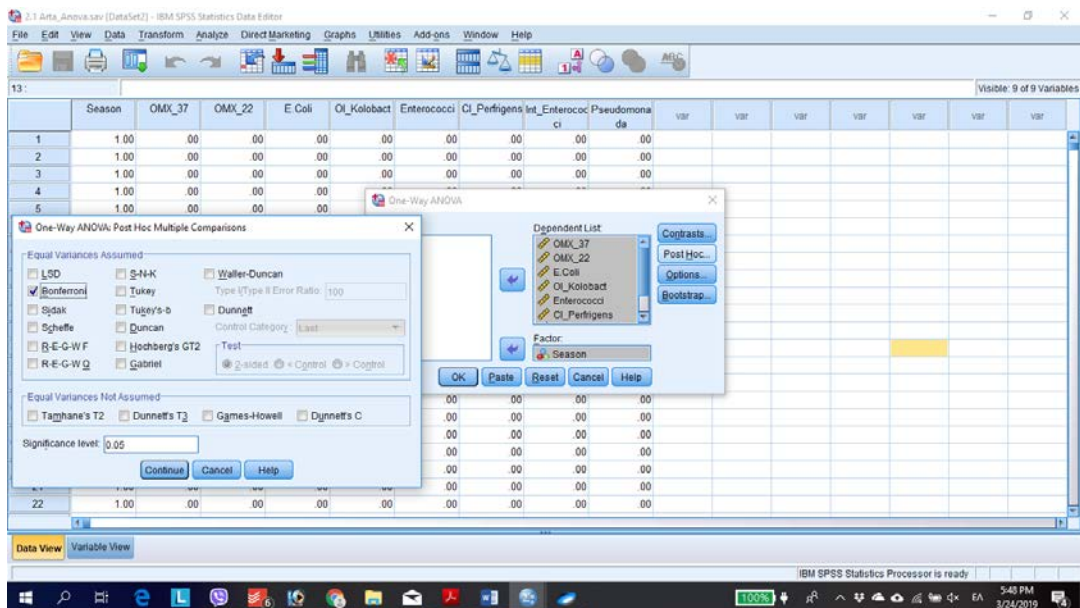
Για την ανάλυση διασποράς (One-way ANOVA) και τον εντοπισμό πιθανών σημαντικά διαφορών μεταξύ των μέσων τιμών των μικροβιολογικών εξετάσεων στο σύνολο των ετών τα δεδομένα ταξινομήθηκαν και ανά διαφορετική εποχή (Σχήμα 4). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση One way ANOVA και επιλέχθηκαν ως εξαρτημένες μεταβλητές οι τιμές των μικροβιολογικών εξετάσεων και ως ανεξάρτητος παράγοντας η εποχή δειγματοληψίας (Σχήμα 5). Τέλος για τον εντοπισμό διαφορών μεταξύ των εποχών πραγματοποιήθηκε ανάλυση post hoc (Bonferroni) (Σχήμα 6).

	Season	OMX_37	OMX_22	E.Coli	Ol_Kolobact	Enterococci	Cl_Perfringens	Int_Enterococci	Pseudomonada	V3F	V3F	V3F	V3F	V3F	V3F	V3F
1	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
2	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
3	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
4	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
5	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
6	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
7	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
8	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
9	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
10	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
11	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
12	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
13	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
14	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
15	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
16	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
17	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
18	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
19	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
20	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
21	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							
22	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00							

Σχήμα 4 Καταχωρημένα δεδομένα στο λογισμικό IBM SPSS Statistics v. 20.0 προς ανάλυση με τη μέθοδο One-way ANOVA.



Σχήμα 5 Ανάλυση One-way anova



Σχήμα 6 Ανάλυση One-way anova-post hoc multiple comparisons για τον εντοπισμό διαφορών μεταξύ των διαφορετικών εποχών.

Τέλος τα διαγράμματα τα οποία απεικονίζουν τη μεταβολή των μέσων τιμών των μικροβιολογικών εξετάσεων σε συνάρτηση με το υπολειμματικό χλώριο κατασκευαστήκαν στο πρόγραμμα Microsoft Excel 365.

3. Αποτελέσματα

3.1 Μέσοι όροι και διακυμάνσεις

3.1.1 Περιοχή 1

Αφορά νερά πόσιμα του δικτύου από διάφορα σημεία της πόλης και του νομού. Οι κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί στους 37°C (ΟΜΧ 37°C) μετρήθηκαν για τα έτη 2013-2018. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1 εντοπίζονται σε υψηλές τιμές τα έτη 2013-15 ενώ από το 2016 παρουσιάζεται σημαντική μείωσή τους σε μηδενικά επίπεδα με εξαίρεση το Φθινόπωρο του 2016. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο πληθυσμός του παρουσίαζε έντονη διακύμανση τα έτη 2013-2015 με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται το καλοκαίρι του 2014 (Μ.Ο. 96.6±128.7). Τόσο για το 2013 όσο και για το 2014 όπου υπήρχαν διαθέσιμες μετρήσεις για όλες τις εποχές του χρόνου, υπάρχει μεταβολή του αριθμού των ΟΜΧ 37°C. Συνολικά για τα έτη 2013-2018 ο αριθμός των ΟΜΧ 37°C παρουσιάζεται αυξημένος το καλοκαίρι ωστόσο στις τελευταίες δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν για τα έτη 2017-2018 ο πληθυσμός τους ήταν μηδενικός.

Πίνακας 3.1 ΟΜΧ 37°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	16.4	12.1	2.9	4.2
	N	8.0	8.0	14.0	14.0
	Τυπική Απόκλιση	10.3	21.1	4.6	4.8
	Διάμεσος	16.5	4.0	1.5	3.5
2014	Μ.Ο.	67.2	15.1	96.6	30.5
	N	25.0	21.0	27.0	24.0
	Τυπική Απόκλιση	106.5	24.4	128.7	66.8
	Διάμεσος	15.0	3.0	55.0	2.5
2015	Μ.Ο.	15.6	8.5		
	N	30.0	17.0		
	Τυπική Απόκλιση	18.8	14.9		
	Διάμεσος	10.0	0.0		

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2016	Μ.Ο.	0.0	1.1	0.0	7.0
	N	2.0	14.0	1.0	4.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	2.7		14.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.0	0.0		
	N	3.0	8.0		
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0		
	Διάμεσος	0.0	0.0		
2018	Μ.Ο.	0.0			
	N	5.0			
	Τυπική Απόκλιση	0.0			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	Μ.Ο.	31.2	8.4	63.0	19.5
	N	73.0	68.0	42.0	42.0
	Τυπική Απόκλιση	68.2	17.7	112.2	51.9
	Διάμεσος	11.0	0.0	3.0	3.0

Ανάλογη εικόνα με τα ΟΜΧ 37°C παρουσιάζουν και τα ΟΜΧ 22°C. Συγκεκριμένα, ανιχνεύονται στα δείγματα της περιοχής 1 τα έτη από το έτος 2013 ως και την άνοιξη του 2015. Από εκεί και μετά ο πληθυσμός τους μηδενίζεται. Τόσο το 2013 όσο και το 2014 η δειγματοληψία εντοπίζει σημαντικό αριθμό ΟΜΧ 22°C όλες τις εποχές του χρόνου; Το 2013 υψηλότερος Μ.Ο. του πληθυσμού καταγράφηκε το χειμώνα ενώ το 2014 το καλοκαίρι (Πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.2 ΟΜΧ 22°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	26.4	15.3	4.2	5.8
	N	8.0	8.0	14.0	14.0
	Τυπική Απόκλιση	14.3	31.6	6.6	8.3
	Διάμεσος	26.5	4.0	2.5	3.5

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	M.O.	63.4	21.4	100.1	31.9
	N	25.0	21.0	27.0	24.0
	Τυπική Απόκλιση	94.2	34.4	128.0	66.8
	Διάμεσος	21.0	5.0	71.0	1.0
2015	M.O.	18.2	8.3	0.0	
	N	33.0	16.0	1.0	
	Τυπική Απόκλιση	22.2	16.7		
	Διάμεσος	13.0	0.0	0.0	
2016	M.O.	0.0	1.3	0.0	
	N	2.0	12.0	1.0	
	Τυπική Απόκλιση	0.0	3.2		
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	
2017	M.O.	0.0	0.0		
	N	4.0	8.0		
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0		
	Διάμεσος	0.0	0.0		
2018	M.O.	0.0			
	N	5.0			
	Τυπική Απόκλιση	0.0			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	M.O.	31.1	11.1	64.2	22.3
	N	77.0	65.0	43.0	38.0
	Τυπική Απόκλιση	59.9	24.9	111.3	54.4
	Διάμεσος	13.0	0.0	5.0	2.5

Η *Escherichia coli* εντοπίζεται στο σύνολο των δειγμάτων από το 2013 ως το 2017. Οι δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν το 2018 έδειξαν πλήρη απουσία της *E. Coli*. Για το διάστημα 2013-2018 υψηλότερη καταγραφή της *E. Coli* σημειώθηκε τον χειμώνα του 2014 (M.O. 59.5±98) γεγονός που υποδηλώνει ότι το διάστημα τα δείγματα νερού της περιοχής 1 πιθανόν να είχαν επιμολυνθεί από κάποιο εξωγενή παράγοντα (Πίνακας 3.3). Γενικά η ανίχνευση της *E. Coli*

σχεδόν σε όλα τα δείγματα με εξαίρεση το 2018 υποδηλώνει ότι η ποιότητα του πόσιμου νερού δεν ήταν η κατάλληλη προς κατανάλωση.

Πίνακας 3.3 *Escherichia coli*

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	1.1	2.7	0.7	3.5
	N	8.0	13.0	14.0	20.0
	Τυπική Απόκλιση	1.5	9.7	2.4	10.0
	Διάμεσος	0.5	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	59.5	3.3	17.0	3.5
	N	25.0	21.0	27.0	24.0
	Τυπική Απόκλιση	98.0	7.3	24.4	9.8
	Διάμεσος	2.0	0.0	2.0	0.0
2015	Μ.Ο.	1.9	2.8	0.9	8.2
	N	66.0	63.0	44.0	78.0
	Τυπική Απόκλιση	4.6	18.9	5.7	20.5
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	3.3	14.7	14.5	4.0
	N	58.0	54.0	57.0	55.0
	Τυπική Απόκλιση	16.1	48.9	40.6	12.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	1.2	1.3	2.2	1.6
	N	51.0	71.0	64.0	27.0
	Τυπική Απόκλιση	3.2	3.9	7.5	8.5
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Μ.Ο.	0.0	0.0		0.0
	N	19.0	3.0		4.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0		0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0		0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
Συνολικά	Μ.Ο.	8.3	5.2	7.2	5.1
	N	227.0	225.0	206.0	208.0
	Τυπική Απόκλιση	37.7	26.6	24.4	15.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Τα ολικά κολοβακτηριοειδή χρησιμοποιούνται κυρίως ως screening της ποιότητας υγιεινής των εγκαταστάσεων πόσιμου επεξεργασμένου νερού. Εντοπίζονται στη συντριπτική πλειοψηφία των δειγμάτων της παρούσας μελέτης. Υψηλότερη τιμή εμφάνισαν όπως και η E. Coli τον χειμώνα του 2014, ενισχύοντας την υπόθεση ότι το διάστημα αυτό συνέβη κάτι που επιμόλυνε τα πόσιμα ύδατα της περιοχής 1 (Πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.4 Ολικά κολοβακτηριοειδή

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	9.8	16.5	1.3	9.0
	N	8.0	13.0	14.0	21.0
	Τυπική Απόκλιση	16.2	42.4	3.1	21.4
	Διάμεσος	3.0	0.0	0.0	2.0
2014	Μ.Ο.	184.3	10.1	54.9	22.3
	N	25.0	21.0	27.0	24.0
	Τυπική Απόκλιση	309.7	17.0	60.7	47.2
	Διάμεσος	15.0	1.0	41.0	2.0
2015	Μ.Ο.	7.7	11.5	7.1	36.9
	N	66.0	60.0	45.0	78.0
	Τυπική Απόκλιση	13.6	64.9	25.8	83.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	13.1	89.0	55.6	23.4
	N	59.0	49.0	60.0	51.0
	Τυπική Απόκλιση	42.1	213.4	144.8	52.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2017	Μ.Ο.	13.0	6.7	11.7	16.3
	N	55.0	72.0	65.0	28.0
	Τυπική Απόκλιση	29.5	15.3	26.3	43.3
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Μ.Ο.	0.9	0.0		10.0
	N	28.0	3.0		4.0
	Τυπική Απόκλιση	3.5	0.0		20.0
	Διάμεσος	0.0	0.0		0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	27.8	27.3	28.0	25.7
	N	241.0	218.0	211.0	206.0
	Τυπική Απόκλιση	114.6	112.0	85.1	62.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Ανιχνεύονται εντερόκοκκοι τα έτη 2013-2017 και όχι το έτος 2018. Ραγδαία αύξηση του πληθυσμού εμφανίζεται το χειμώνα του 2014 (35.1 ± 71.8). Ο αριθμός του είναι σχετικά μικρός και σταθερός (<2) με εξαίρεση όπως αναφέραμε το χειμώνα του 2014, και σε μικρότερο βαθμό το καλοκαίρι του 2014 (12.0 ± 27.1) και του 2016 (14.9 ± 55.1) (Πίνακας 3.5).

Πίνακας 3.5 Εντερόκοκκοι

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.6	0.1	1.9	1.8
	N	8.0	15.0	15.0	21.0
	Τυπική Απόκλιση	0.9	0.5	6.5	7.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	35.1	0.8	12.0	0.5
	N	25.0	21.0	26.0	24.0
	Τυπική Απόκλιση	71.8	2.4	27.1	1.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	1.0	0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2015	Μ.Ο.	0.8	1.3	2.6	5.8
	N	66.0	57.0	47.0	78.0
	Τυπική Απόκλιση	2.2	9.0	12.6	15.9
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.7	2.8	14.9	0.5
	N	58.0	53.0	59.0	55.0
	Τυπική Απόκλιση	3.1	8.3	55.1	1.8
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.3	0.3	0.7	1.5
	N	52.0	71.0	65.0	27.0
	Τυπική Απόκλιση	1.2	1.1	2.7	6.8
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Μ.Ο.	0.0	0.0		0.0
	N	19.0	3.0		4.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0		0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0		0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	4.3	1.2	6.5	2.7
	N	228.0	220.0	212.0	209.0
	Τυπική Απόκλιση	25.8	6.3	31.6	10.6
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Για τα έτη 2014-2016 όπου πραγματοποιήθηκε ανάλυση των δειγμάτων για *Clostridium perfringens* τα αποτελέσματα ήταν σε όλες τις περιπτώσεις αρνητικά (Πίνακας 3.6).

Πίνακας 3.6 *Clostridium perfringens*

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	M.O.			0.0	
	N			2.0	
	Τυπική Απόκλιση			0.0	
	Διάμεσος			0.0	
2015	M.O.		0.0		
	N		1.0		
	Τυπική Απόκλιση				
	Διάμεσος		0.0		
2016	M.O.		0.0		
	N		1.0		
	Τυπική Απόκλιση				
	Διάμεσος		0.0		
Συνολικά	M.O.		0.0	0.0	
	N		2.0	2.0	
	Τυπική Απόκλιση		0.0	0.0	
	Διάμεσος		0.0	0.0	

Όπως και οι εντερόκοκκοι του παχέος εντέρου ο αριθμός τους κυμαίνεται σε χαμηλά και σταθερά επίπεδα (<3) στο σύνολο των δειγμάτων με εξαίρεση το χειμώνα του 2014 (31.0 ± 63.5), και σε μικρότερο βαθμό το καλοκαίρι του 2014 (10.0 ± 21.5) και του 2016 (6.5 ± 33.5) (Πίνακας 3.7).

Πίνακας 3.7 Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	M.O.	0.6	0.1	1.7	1.6
	N	8.0	15.0	14.0	21.0
	Τυπική Απόκλιση	0.9	0.5	5.4	6.6
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	Μ.Ο.	31.0	0.8	10.0	0.5
	N	25.0	21.0	27.0	23.0
	Τυπική Απόκλιση	63.5	2.4	21.5	1.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	1.0	0.0
2015	Μ.Ο.	0.8	1.3	0.7	3.7
	N	65.0	54.0	43.0	76.0
	Τυπική Απόκλιση	2.2	8.7	4.9	10.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.7	2.8	6.5	0.5
	N	56.0	52.0	55.0	55.0
	Τυπική Απόκλιση	3.2	8.4	33.5	1.8
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.3	0.3	0.7	1.4
	N	53.0	71.0	65.0	27.0
	Τυπική Απόκλιση	1.2	1.1	2.7	6.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Μ.Ο.	0.0	0.0		0.0
	N	19.0	3.0		4.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0		0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0		0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	3.9	1.2	3.6	1.9
	N	226.0	216.0	204.0	206.0
	Τυπική Απόκλιση	22.9	6.1	19.5	7.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Η ψευδομονάδα εντοπίζεται σποραδικά και σε διαφορετικές εποχές π.χ. το καλοκαίρι και χειμώνα για το έτος 2014, το καλοκαίρι του 2015 και την άνοιξη του 2017 (Πίνακας 3.8).

Πίνακας 3.8 Ψευδομονάδα

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.0	1.5	0.0	0.0
	N	8.0	2.0	7.0	8.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	2.1	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	1.5	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	3.2	0.2	5.6	0.0
	N	24.0	19.0	19.0	24.0
	Τυπική Απόκλιση	7.3	0.6	15.7	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.	0.0	0.0	7.0	
	N	7.0	5.0	2.0	
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	1.4	
	Διάμεσος	0.0	0.0	7.0	
2016	Μ.Ο.	0.0	0.0	1.0	
	N	3.0	13.0	2.0	
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	1.4	
	Διάμεσος	0.0	0.0	1.0	
2017	Μ.Ο.	0.0	4.8	0.0	
	N	6.0	5.0	2.0	
	Τυπική Απόκλιση	0.0	10.7	0.0	
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	
2018	Μ.Ο.	0.0			
	N	5.0			
	Τυπική Απόκλιση	0.0			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	Μ.Ο.	1.5	0.7	3.8	0.0,
	N	53.0	44.0	32.0	32.0
	Τυπική Απόκλιση	5.1	3.6	12.3	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

3.1.2 Περιοχή 2

Αφορά νερά πόσιμα του δικτύου από διάφορα σημεία της πόλης και του νομού.

Υψηλότεροι αριθμοί OMX 37°C καταγράφηκαν για το έτος 2013 ενώ σταδιακά παρατηρείται μείωση τους, με αποτέλεσμα το 2018 να μην εντοπίζονται στα δείγματα. Ο αριθμός των δειγμάτων ήταν υψηλός (περισσότερα από 250 για κάθε εποχή) ενώ ο Μ.Ο. ανά εποχή έδειξε ότι ο αριθμός τους είναι μεγαλύτερος το χειμώνα και την άνοιξη και μικρότερος το καλοκαίρι και το φθινόπωρο (Πίνακας 3.9).

Πίνακας 3.9 OMX 37°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	6.2	4.4	3.8	2.6
	N	16.0	35.0	17.0	36.0
	Τυπική Απόκλιση	9.2	5.8	3.8	3.1
	Διάμεσος	2.5	3.0	2.0	2.0
2014	Μ.Ο.	3.3	7.0	2.7	1.7
	N	78.0	62.0	42.0	61.0
	Τυπική Απόκλιση	5.8	19.7	6.1	3.4
	Διάμεσος	0.0	2.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.	6.0	2.4	0.4	1.0
	N	52.0	92.0	86.0	88.0
	Τυπική Απόκλιση	10.6	4.9	1.4	3.8
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	4.8	2.8	2.2	3.1
	N	62.0	84.0	79.0	60.0
	Τυπική Απόκλιση	23.2	14.1	6.6	7.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.3	0.3	0.4	0.1
	N	48.0	99.0	74.0	82.0
	Τυπική Απόκλιση	1.5	1.9	3.0	1.3

Διάμεσος		0.0	0.0	0.0	0.0
		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2018	Μ.Ο.	0.0		0.0	0.0
	N	7.0		3.0	1.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0		0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	3.7	2.9	1.4	1.5
	N	263.0	372.0	301.0	328.0
	Τυπική Απόκλιση	12.9	11.1	4.6	4.3
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Ανίχνευση των ΟΜΧ 22°C ήταν δυνατή όλες τις εποχές από το 2013 ως το 2016. Το 2017 ο αριθμός τους μειώνεται ενώ το 2018 μηδενίζεται. Διακύμανση στο Μ.Ο. τιμών παρατηρείται σε όλα τα έτη, ενώ υψηλές μετρήσεις συναντώνται κυρίως τους μήνες του χειμώνα (για τα έτη 2013, 2015 και 2016) και της άνοιξης (2014) (Πίνακας 3.10).

Πίνακας 3.10 ΟΜΧ 22°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	9.8	7.1	5.1	4.6
	N	16.0	35.0	17.0	34.0
	Τυπική Απόκλιση	13.3	9.4	5.6	5.1
	Διάμεσος	6.0	5.0	3.0	3.5
2014	Μ.Ο.	5.2	10.7	3.4	2.5
	N	73.0	61.0	42.0	59.0
	Τυπική Απόκλιση	9.0	32.1	7.5	4.8
	Διάμεσος	0.0	1.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.	6.2	3.9	0.6	1.8
	N	50.0	63.0	59.0	87.0
	Τυπική Απόκλιση	11.8	6.9	2.3	6.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2016	Μ.Ο.	5.9	3.3	1.6	2.6
	N	61.0	83.0	81.0	61.0
	Τυπική Απόκλιση	26.8	16.9	5.1	7.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.4	0.3	0.2	0.1
	N	48.0	99.0	74.0	82.0
	Τυπική Απόκλιση	2.3	1.7	1.7	1.1
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Μ.Ο.	0.0		0.0	0.0
	N	7.0		3.0	1.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0		0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	4.8	4.2	1.5	1.9
	N	255.0	341.0	276.0	324.0
	Τυπική Απόκλιση	15.4	16.8	4.6	5.3
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Ο αριθμός των δειγμάτων στα οποία εντοπίστηκε E. Coli ήταν σχετικά μικρός ενώ δεν παρατηρείται και διακύμανση μεταξύ των τιμών οι οποίες προσεγγίζουν το μηδέν (Πίνακας 3.11).

Πίνακας 3.11 *Escherichia coli*

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	0.1
	N	17.0	35.0	17.0	50.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.7
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	M.O.	0.1	1.2	0.0	0.2
	N	78.0	69.0	42.0	65.0
	Τυπική Απόκλιση	0.8	5.6	0.3	1.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	M.O.	0.2	0.0	0.0	0.0
	N	51.0	90.0	89.0	88.0
	Τυπική Απόκλιση	1.1	0.4	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	M.O.	1.2	0.3	0.1	0.1
	N	64.0	90.0	82.0	61.0
	Τυπική Απόκλιση	5.6	2.1	1.2	0.9
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	M.O.	0.0	0.0	0.7	0.0
	N	49.0	100.0	75.0	82.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	5.7	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	M.O.	0.0		0.0	0.0
	N	7.0		3.0	1.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0		0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	0.0
Συνολικά	M.O.	0.4	0.3	0.2	0.1
	N	266.0	384.0	308.0	347.0
	Τυπική Απόκλιση	2.8	2.6	2.9	0.7
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Στα δείγματα νερού της περιοχής 2 ανιχνεύτηκαν κολοβακτηριοειδή τα έτη 2013-2016 ενώ για τα έτη 2017-2018 ο αριθμός του μειώθηκε σημαντικά ενώ στις πιο πρόσφατες μετρήσεις ήταν μηδενικός. Η πιο υψηλή τιμή καταγράφηκε την άνοιξη του 2013 (11.3 ± 51.1). Στο σύνολο τους τα δείγματα που συλλέχθηκαν χειμώνα και άνοιξη είχαν οριακά μεγαλύτερους πληθυσμούς κολοβακτηριοειδών (Πίνακας 3.12).

Πίνακας 3.12 Ολικά κολοβακτηριοειδή

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	1.3	11.3	2.2	1.3
	N	16.0	35.0	17.0	47.0
	Τυπική Απόκλιση	2.9	51.1	4.1	2.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	2.1	4.7	1.4	1.8
	N	78.0	66.0	42.0	63.0
	Τυπική Απόκλιση	4.2	12.5	3.9	4.8
	Διάμεσος	0.0	1.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.	3.5	2.1	0.5	0.7
	N	85.0	91.0	86.0	88.0
	Τυπική Απόκλιση	6.8	6.0	1.8	2.4
	Διάμεσος	2.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	4.3	1.3	1.6	2.9
	N	63.0	88.0	80.0	61.0
	Τυπική Απόκλιση	17.5	4.6	6.1	8.1
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.0	0.2	2.0	0.1
	N	49.0	100.0	75.0	82.0
	Τυπική Απόκλιση	0.1	1.1	14.7	0.7
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Μ.Ο.	0.0		0.0	0.0
	N	7.0		3.0	1.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0		0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	2.5	2.7	1.4	1.2
	N	298.0	380.0	303.0	342.0
	Τυπική Απόκλιση	9.2	16.8	8.2	4.3
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Σε όλα τα έτη οι αριθμοί των εντερόκοκκων ήταν σχεδόν μηδενικοί ενώ υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν το χειμώνα του 2016 (0.9 ± 4.6) και το καλοκαίρι του 2017 (0.9 ± 7.9) (Πίνακας 3.13). Ανάλογη εικόνα καταγράφηκε και για τους εντερόκοκκους του παχέος εντέρου (Πίνακας 3.14).

Πίνακας 3.13 Εντερόκοκκοι

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.0	0.1	0.0	0.0
	N	16.0	35.0	17.0	50.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.3	0.0	0.3
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	0.1	0.0	0.1	0.1
	N	78.0	69.0	42.0	65.0
	Τυπική Απόκλιση	0.9	0.3	0.6	0.9
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.	0.1	0.0	0.0	0.0
	N	52.0	90.0	89.0	88.0
	Τυπική Απόκλιση	0.4	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.9	0.3	0.0	0.1
	N	64.0	90.0	82.0	61.0
	Τυπική Απόκλιση	4.6	2.9	0.0	0.5
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.9	0.0
	N	49.0	100.0	75.0	82.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	7.9	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Μ.Ο.	0.0		0.0	0.0
	N	7.0		3.0	1.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0		0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
Συνολικά	Μ.Ο.	0.3	0.1	0.2	0.0
	N	266.0	384.0	308.0	347.0
	Τυπική Απόκλιση	2.3	1.4	3.9	0.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Πίνακας 3.14 Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	16.0	35.0	17.0	50.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	0.1	0.0	0.1	0.1
	N	78.0	69.0	42.0	65.0
	Τυπική Απόκλιση	0.9	0.3	0.6	0.9
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.	0.1	0.0	0.0	0.0
	N	52.0	90.0	89.0	88.0
	Τυπική Απόκλιση	0.4	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.9	0.3	0.0	0.1
	N	64.0	90.0	82.0	61.0
	Τυπική Απόκλιση	4.4	2.9	0.0	0.5
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.9	0.0
	N	49.0	100.0	75.0	82.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	7.9	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2018	Μ.Ο.	0.0		0.0	0.0
	N	7.0		3.0	1.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0		0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	0.3	0.1	0.2	0.0
	N	266.0	384.0	308.0	347.0
	Τυπική Απόκλιση	2.2	1.4	3.9	0.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Σε κανένα δείγμα ύδατος νερού της περιοχής 2 δεν εντοπίστηκαν στελέχη του *Clostridium perfringens* (Πίνακας 3.15).

Πίνακας 3.15 *Clostridium perfringens*

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	26.0	3.0	3.0	43.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.	0.0	0.0		0.0
	N	1.0	9.0		5.0
	Τυπική Απόκλιση		0.0		0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0		0.0
2016	Μ.Ο.	0.0		0.0	
	N	1.0		1.0	
	Τυπική Απόκλιση				
	Διάμεσος	0.0		0.0	

	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
N	28.0	12.0	4.0	48.0
Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Ψευδομονάδα εντοπίστηκε τα έτη 2013 και 2014 σε δείγματα που συλλέχθηκαν τους φθινοπωρινούς μήνες. Στα δείγματα που συλλέχτηκαν το υπόλοιπο διάστημα των 6 αυτών ετών (2013-2018) ήταν μη ανιχνεύσιμη (Πίνακας 3.16).

Πίνακας 3.16 Ψευδομονάδα

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	M.O.	0.0	0.0		0.1
	N	16.0	1.0		39.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0			0.6
	Διάμεσος	0.0	0.0		0.0
2014	M.O.	0.0	0.0	0.0	0.2
	N	33.0	33.0	20.0	16.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.8
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	M.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	7.0	13.0	14.0	12.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	M.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	20.0	19.0	11.0	2.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
N	76.0	66.0	45.0	69.0
Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.6
Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

3.1.3 Περιοχή 3

Αφορά νερά πόσιμα του δικτύου από διάφορα σημεία της πόλης και του νομού.

Το 2013 ήταν το έτος όπου εντοπίστηκαν ΟΜΧ 37°C σε όλες τις εποχές και ιδιαίτερα τον χειμώνα (23.4±6.5). Το 2014 ανευρεθήκαν την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο και το 2015 την άνοιξη και το φθινόπωρο. Τα δύο τελευταία έτη στα οποία έγινε ανάλυση δειγμάτων (2016 και 2017) ήταν απαλλαγμένα από ΟΜΧ 37°C με εξαίρεση το φθινόπωρο του 2016 όπου ανιχνεύτηκε μικρός αριθμός τους σε σύνολο 13 δειγμάτων (Πίνακας 3.17).

Πίνακας 3.17 ΟΜΧ 37°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	23.4	4.8	3.0	1.3
	N	8.0	9.0	1.0	12.0
	Τυπική Απόκλιση	6.5	2.9		1.6
	Διάμεσος	21.5	4.0	3.0	1.0
2014	Μ.Ο.	0.0	6.1	0.8	0.3
	N	6.0	8.0	22.0	9.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	10.1	1.3	1.0
	Διάμεσος	0.0	3.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.	0.0	0.9	0.0	4.6
	N	5.0	20.0	5.0	13.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	1.9	0.0	13.7
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	2.2
	N	6.0	9.0	2.0	13.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	6.9
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.		0.0	0.0	0.0
	N		4.0	2.0	2.0
	Τυπική Απόκλιση		0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0

	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
N	25.0	50.0	32.0	49.0
Τυπική Απόκλιση	11.7	4.8	1.2	7.9
Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Στους OMX 22°C ισχύει ότι και για τους OMX 37°C. Το 2013 ανευρίσκονται όλη τη διάρκεια του έτους με αποκορύφωμα του χειμώνα (34.5±9.2). Σταδιακά παρατηρούμε αποκλιμάκωση του αριθμού τους στα δείγματα ενώ στα έτη 2016 και 2017 εντοπίζονται σε μικρό αριθμό μόνο σε δείγματα που συλλέχθηκαν το φθινόπωρο του 2017 (Πίνακας 3.18).

Πίνακας 3.18 OMX 22°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	M.O.	34.5	8.9	6.0	2.5
	N	8.0	9.0	1.0	11.0
	Τυπική Απόκλιση	9.2	3.8		2.5
	Διάμεσος	33.0	9.0	6.0	2.0
2014	M.O.	0.0	9.6	1.2	0.6
	N	6.0	8.0	20.0	9.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	16.1	1.9	1.7
	Διάμεσος	0.0	3.5	0.0	0.0
2015	M.O.		1.8	3.2	17.8
	N		12.0	5.0	4.0
	Τυπική Απόκλιση		2.5	7.2	35.5
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0
2016	M.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	7.0	8.0	7.0	5.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2017	Μ.Ο.		0.0	0.0	0.7
	N		8.0	8.0	14.0
	Τυπική Απόκλιση		0.0	0.0	2.7
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	13.1	4.0	1.1	2.7
	N	21.0	45.0	41.0	43.0
	Τυπική Απόκλιση	18.0	7.9	2.9	10.9
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Η E.Coli εντοπίζονται στα περισσότερα δείγματα νερού της περιοχής 3 και σχεδόν όλες τις εποχές έστω και σε μικρό αριθμό. Ενώ το 2016 ήταν ένα έτος που τα δείγματα ήταν απαλλαγμένα από E.Coli το 2017 εμφανίζεται και πάλι ειδικά το καλοκαίρι (7.8 ± 25.9) και το φθινόπωρο (4.8 ± 11.0) σε αριθμούς ιδιαίτερα υψηλούς σε σχέση με το σύνολο των δειγμάτων για τα έτη 2013-2017 (Πίνακας 3.19).

Πίνακας 3.19 *Escherichia coli*

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	1.5	4.7	0.0	0.0
	N	8.0	9.0	1.0	12.0
	Τυπική Απόκλιση	4.2	14.0		0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	0.0	2.3	0.0	0.0
	N	6.0	8.0	22.0	9.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	6.4	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.		0.2	0.0	0.3
	N		20.0	11.0	13.0
	Τυπική Απόκλιση		0.9	0.0	1.1

Διάμεσος		0.0	0.0	0.0	
		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2016	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	7.0	8.0	9.0	5.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.		0.0	7.8	4.8
	N		8.0	11.0	17.0
	Τυπική Απόκλιση		0.0	25.9	11.0
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	0.6	1.2	1.6	1.5
	N	21.0	53.0	54.0	56.0
	Τυπική Απόκλιση	2.6	6.2	11.7	6.3
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Ολικά κολοβακτηριοειδή εντοπίζονται όλα τα έτη με εξαίρεση το 2016. Ο αριθμός τους παρουσιάζει διακύμανση μεταξύ των εποχών ενώ η υψηλότερη τιμή βρέθηκε στα δείγματα που συλλέχθηκαν το καλοκαίρι του 2017 (33.3 ± 100) (Πίνακας 3.20).

Πίνακας 3.20 Ολικά κολοβακτηριοειδή

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	4.0	8.9	2.0	0.4
	N	8.0	9.0	1.0	11.0
	Τυπική Απόκλιση	8.7	20.3		0.8
	Διάμεσος	0.0	0.0	2.0	0.0
2014	Μ.Ο.	0.0	9.4	1.0	0.3
	N	6.0	8.0	22.0	9.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	22.5	1.4	1.0

		Διάμεσος	0.0	1.5	0.0	0.0
			Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2015	Μ.Ο.			1.2	1.1	0.9
	N			20.0	11.0	13.0
	Τυπική Απόκλιση			2.3	3.6	2.4
	Διάμεσος			0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	7.0	8.0	7.0	7.0	5.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.		0.0	33.3	7.0	
	N		8.0	9.0	14.0	
	Τυπική Απόκλιση		0.0	100.0	26.2	
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0	
Συνολικά	Μ.Ο.	1.5	3.4	6.7	2.3	
	N	21.0	53.0	50.0	52.0	
	Τυπική Απόκλιση	5.5	12.2	42.4	13.6	
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0	

Σημαντική αύξηση στον αριθμό των εντερόκοκκων παρατηρήθηκε το καλοκαίρι του 2017 (25.0 ± 79.1) ενώ όλο το υπόλοιπο διάστημα 2013-2017 εντοπίζονται σε πολύ μικρό αριθμό δειγμάτων (Πίνακας 3.21).

Πίνακας 3.21 Εντερόκοκκοι

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.3	0.4	0.0	0.0
	N	8.0	9.0	1.0	12.0
	Τυπική Απόκλιση	0.5	1.3		0.0

Διάμεσος		0.0	0.0	0.0	0.0
		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	Μ.Ο.	0.0	0.4	0.0	0.0
	N	6.0	8.0	22.0	9.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	1.1	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.		0.0	0.2	0.4
	N		20.0	11.0	13.0
	Τυπική Απόκλιση		0.0	0.6	1.4
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	7.0	8.0	9.0	5.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.		0.0	25.0	1.5
	N		8.0	10.0	17.0
	Τυπική Απόκλιση		0.0	79.1	3.7
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	0.1	0.1	4.8	0.5
	N	21.0	53.0	53.0	56.0
	Τυπική Απόκλιση	0.3	0.7	34.3	2.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Γενικά δεν εντοπίζονται εντερόκοκκοι του παχέος εντέρου στο σύνολο των δειγμάτων ωστόσο όπως και σε όλα τα δείγματα της περιοχής 3 παρατηρήθηκε ραγδαία αύξηση του αριθμού τους το καλοκαίρι του 2017 (22.7 ± 75.4) (Πίνακας 3.22).

Πίνακας 3.22 Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.3	0.4	0.0	0.0
	N	8.0	9.0	1.0	12.0
	Τυπική Απόκλιση	0.5	1.3		0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	0.0	0.4	0.0	0.0
	N	6.0	8.0	23.0	9.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	1.1	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	Μ.Ο.		0.0	0.2	0.4
	N		17.0	13.0	13.0
	Τυπική Απόκλιση		0.0	0.6	1.4
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	7.0	8.0	9.0	5.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.		0.0	22.7	0.0
	N		8.0	11.0	14.0
	Τυπική Απόκλιση		0.0	75.4	0.0
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0
Συνολικά	Μ.Ο.	0.1	0.1	4.4	0.1
	N	21.0	50.0	57.0	53.0
	Τυπική Απόκλιση	0.3	0.7	33.1	0.7
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Δεν εντοπίστηκε ψευδομονάδα στα δείγματα της περιοχής 3 για τα έτη 2014 και 2015 (Πίνακας 3.23).

Πίνακας 3.23 Ψευδομονάδα

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	Μ.Ο.	0.0		0.0	0.0
	N	6.0		22.0	6.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0		0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0		0.0	0.0
2015	Μ.Ο.		0.0		
	N		4.0		
	Τυπική Απόκλιση		0.0		
	Διάμεσος		0.0		
Συνολικά	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	6.0	4.0	22.0	6.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

3.1.4 Περιοχή 4

Αφορά νερά πόσιμα του δικτύου από διάφορα σημεία της πόλης και του νομού. Συνολικά για το διάστημα 2013-2018 στην περιοχή 4 αύξηση του πληθυσμού των ΟΜΧ 37°C παρατηρείται το καλοκαίρι (Πίνακας 3.24). Παρατηρώντας πιο προσεκτικά όλα τα έτη στα οποία έχουν γίνει ανάλυση των δειγμάτων, υπάρχει μια διακύμανση στον αριθμό των ΟΜΧ 37°C μέσα στο κάθε έτος. Έτσι για παράδειγμα βλέπουμε ότι για τα έτη 2015 και 2017 ο αριθμός τους αυξάνεται το καλοκαίρι (14.5 ± 17.7 και 11.5 ± 28.5 , αντίστοιχα) ενώ το 2013 και 2016 ο πληθυσμός τους κυμαίνεται σε παρόμοια σχετικά πιο χαμηλά επίπεδα.

Πίνακας 3.24 ΟΜΧ 37°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.3	7.7	0.0	5.5
	N	13.0	3.0	3.0	26.0
	Τυπική Απόκλιση	0.8	10.8	0.0	27.4
	Διάμεσος	0.0	3.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	26.0		14.9	
	N	1.0		12.0	
	Τυπική Απόκλιση			17.0	
	Διάμεσος	26.0		10.0	
2015	Μ.Ο.	2.3	0.0	14.5	4.5
	N	20.0	29.0	4.0	27.0
	Τυπική Απόκλιση	4.6	0.0	17.7	10.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	11.0	0.0
2016	Μ.Ο.	2.4	0.4	1.8	4.2
	N	44.0	21.0	27.0	45.0
	Τυπική Απόκλιση	5.5	1.1	4.4	10.8
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.0	2.8	11.5	0.1
	N	1.0	32.0	31.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση		11.2	28.5	0.3

Διάμεσος		0.0	0.0	0.0	0.0
		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2018	Μ.Ο.	1.3			
	N	29.0			
	Τυπική Απόκλιση	5.2			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	Μ.Ο.	2.0	1.4	8.4	3.5
	N	108.0	85.0	77.0	129.0
	Τυπική Απόκλιση	5.4	7.2	20.3	14.6
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Όπως και για τα ΟΜΧ 37°C υψηλότερες τιμές για τα έτη 2015 και 2017 εμφανίζονται το καλοκαίρι (15.3±20.8 και 10.0±24.2, αντίστοιχα). Το 2013 σημαντική αύξηση του πληθυσμού των ΟΜΧ 22°C σημειώθηκε την άνοιξη (15.3±22.4) (Πίνακας 3.25). Και στην περίπτωση των ΟΜΧ 22°C ο πληθυσμός τους εμφανίζεται διακυμάνσεις μεταξύ των διαφορετικών εποχών.

Πίνακας 3.25 ΟΜΧ 22°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.5	15.3	0.0	2.3
	N	11.0	3.0	3.0	24.0
	Τυπική Απόκλιση	1.8	22.4	0.0	7.5
	Διάμεσος	0.0	5.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	18.0		14.2	
	N	1.0		12.0	
	Τυπική Απόκλιση			17.9	
	Διάμεσος	18.0		6.5	
2015	Μ.Ο.	3.0	0.0	15.3	4.1
	N	20.0	29.0	4.0	27.0
	Τυπική Απόκλιση	5.9	0.0	20.8	9.7

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
	Διάμεσος	0.0	0.0	8.5	0.0
2016	M.O.	1.6	0.8	2.5	3.6
	N	45.0	22.0	29.0	45.0
	Τυπική Απόκλιση	3.8	2.1	5.5	9.1
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	M.O.		0.6	10.0	3.5
	N		29.0	31.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση		2.2	24.2	13.8
	Διάμεσος		0.0	0.0	0.0
2018	M.O.	1.7			
	N	30.0			
	Τυπική Απόκλιση	6.5			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	M.O.	1.9	1.0	7.7	3.4
	N	107.0	83.0	79.0	127.0
	Τυπική Απόκλιση	5.2	4.8	18.0	10.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Η *E. Coli* εντοπίζεται μόνο σε δείγματα που συλλέχτηκαν το καλοκαίρι ή το φθινόπωρο. Ανευρίσκεται σε πολύ μικρούς αριθμούς. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι για το διάστημα 2013-2018 ο Μ.Ο. το καλοκαίρι ήταν 1.6 ± 8.6 και για το φθινόπωρο 0.9 ± 4.4 σε σύνολο 90 και 148 δειγμάτων, αντίστοιχα (Πίνακας 3.26).

Πίνακας 3.26 *Escherichia coli*

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	M.O.	0.0	0.0	0.0	1.2
	N	11.0	3.0	3.0	25.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	5.8

Διάμεσος		0.0	0.0	0.0	0.0
		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	M.O.	0.0		0.0	
	N	1.0		11.0	
	Τυπική Απόκλιση			0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	
2015	M.O.	0.0	0.0	1.4	0.9
	N	21.0	30.0	5.0	32.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	3.1	4.8
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	M.O.	0.0	0.0	3.3	1.4
	N	46.0	21.0	40.0	60.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	12.7	4.6
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	M.O.	0.0	0.0	0.1	0.0
	N	3.0	32.0	31.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.7	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	M.O.	0.2			
	N	29.0			
	Τυπική Απόκλιση	0.9			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	M.O.	0.0	0.0	1.6	0.9
	N	111.0	86.0	90.0	148.0
	Τυπική Απόκλιση	0.5	0.0	8.6	4.4
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Σημαντική αύξηση του πληθυσμού των ολικών βακτηριοειδών παρουσιάστηκε τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα για τα έτη 2014-2016 (κυμαίνεται από 10.2 ± 11.2 το 2015 ως 16.8 ± 47.3 το 2016). Στους υπόλοιπους μήνες ο αριθμός τους είναι σχετικά μικρός (<7.0) (Πίνακας 3.27).

Πίνακας 3.27 Ολικά κολοβακτηριοειδή

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	M.O.	0.3	3.0	0.0	5.8
	N	11.0	3.0	3.0	25.0
	Τυπική Απόκλιση	0.6	2.6	0.0	27.5
	Διάμεσος	0.0	4.0	0.0	0.0
2014	M.O.	6.0		10.2	
	N	1.0		12.0	
	Τυπική Απόκλιση			11.2	
	Διάμεσος	6.0		8.5	
2015	M.O.	2.4	0.0	10.8	3.1
	N	20.0	29.0	4.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση	5.9	0.0	12.6	7.3
	Διάμεσος	0.0	0.0	9.5	0.0
2016	M.O.	1.0	0.6	16.8	7.4
	N	46.0	21.0	40.0	59.0
	Τυπική Απόκλιση	2.5	1.4	47.3	17.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	M.O.	0.0	0.8	3.6	3.3
	N	3.0	31.0	31.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	2.6	10.4	9.5
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	M.O.	0.4			
	N	30.0			
	Τυπική Απόκλιση	2.2			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	M.O.	1.0	0.5	10.5	5.4
	N	111.0	84.0	90.0	146.0
	Τυπική Απόκλιση	3.3	1.9	32.8	16.6

Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
----------	-----	-----	-----	-----

Στο διάστημα των 6 ετών (2013-2018) και σε σύνολο 196 δειγμάτων η ανίχνευση εντερόκοκκων το χειμώνα και την άνοιξη είναι μηδενική. Ανιχνεύονται τους καλοκαιρινούς μήνες (κυρίως τα έτη 2015 και 2016) και σε πολύ μικρότερο βαθμό τους φθινοπωρινούς μήνες (Πίνακας 3.28).

Πίνακας 3.28 Εντερόκοκκοι

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.0	1.0	0.0	0.4
	N	11.0	3.0	3.0	25.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	1.7	0.0	2.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	0.0		0.0	
	N	1.0		12.0	
	Τυπική Απόκλιση			0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	
2015	Μ.Ο.	0.0	0.0	1.0	0.0
	N	20.0	29.0	4.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	2.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.0	0.0	1.7	0.6
	N	47.0	22.0	41.0	60.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	8.9	2.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.1	0.0
	N	3.0	32.0	31.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.4	0.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	Μ.Ο.	0.1			
	N	30.0			

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
	Τυπική Απόκλιση	0.7			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	Μ.Ο.	0.0	0.0	0.8	0.3
	N	112.0	86.0	91.0	147.0
	Τυπική Απόκλιση	0.4	0.3	6.0	1.7
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Όπως και στους εντερόκοκκους, έτσι και οι εντερόκοκκοι του παχέος εντέρου ανιχνεύονται σε μικρό αριθμό το καλοκαίρι και καθόλου το χειμώνα και την άνοιξη (Πίνακας 3.29).

Πίνακας 3.29 Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	Μ.Ο.	0.0	1.0	0.0	0.4
	N	11.0	3.0	3.0	25.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	1.7	0.0	2.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	Μ.Ο.	0.0		0.0	
	N	1.0		12.0	
	Τυπική Απόκλιση			0.0	
	Διάμεσος	0.0		0.0	
2015	Μ.Ο.	0.0	0.0	1.0	0.0
	N	20.0	29.0	4.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	2.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	Μ.Ο.	0.0	0.0	1.8	0.6
	N	46.0	21.0	40.0	60.0

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	9.0	2.2
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	M.O.	0.0	0.0	0.1	0.0
	N	3.0	32.0	31.0	31.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.4	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	M.O.	0.1			
	N	30.0			
	Τυπική Απόκλιση	0.7			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	M.O.	0.0	0.0	0.8	0.3
	N	111.0	85.0	90.0	147.0
	Τυπική Απόκλιση	0.4	0.3	6.0	1.7
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0

Ψευδομονάδα εντοπίστηκε κυρίως το καλοκαίρι του 2018 (18.0 ± 19.8) ωστόσο ο αριθμός των δειγμάτων ήταν μικρός για να είναι αντιπροσωπευτικός ($n=2$). Εντοπίστηκε επίσης και το χειμώνα του 2018 σε μικρότερους αριθμούς (0.2 ± 0.8) αλλά το δείγμα στη προκειμένη περίπτωση ήταν αρκετά μεγαλύτερο ($n=26$) (Πίνακας 3.30).

Πίνακας 3.30 Ψευδομονάδα

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2013	M.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	10.0	3.0	3.0	22.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0	0.0	0.0	0.0
	Διάμεσος	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	M.O.	0.0		0.0	
	N	1.0		13.0	

		Τυπική Απόκλιση			
		Διάμεσος			
		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2015	Μ.Ο.			0.0	0.0
	N				1.0
		Τυπική Απόκλιση			
		Διάμεσος			
2016	Μ.Ο.		0.0	18.0	0.0
	N		1.0	2.0	1.0
		Τυπική Απόκλιση			
		Διάμεσος			
2017	Μ.Ο.			0.0	
	N			1.0	
		Τυπική Απόκλιση			
		Διάμεσος			
2018	Μ.Ο.	0.2			
	N	26.0			
		Τυπική Απόκλιση			
		Διάμεσος			
Συνολικά	Μ.Ο.	0.1	0.0	1.9	0.0
	N	37.0	4.0	19.0	24.0
		Τυπική Απόκλιση			
		Διάμεσος			

3.1.5 Περιοχή 5

Πρόκειται για δείγματα θαλασσινού νερού από πολλά και διαφορετικά παράκτια σημεία του νομού για τα έτη 2014-2016.

Τα δείγματα κοινών αερόβιων μικροοργανισμών από την περιοχή 5 αφορούσαν δύο διαφορετικά έτη (2014 και 2015) και δύο διαφορετικές εποχές (καλοκαίρι και χειμώνας, αντίστοιχα). Το καλοκαίρι του 2014 ανιχνεύτηκαν ΟΜΧ 37°C και ΟΜΧ 22°C ενώ το χειμώνα του 2015 οι μετρήσεις τους ήταν μηδενικές (Πίνακας 3.31 και 3.32).

Πίνακας 3.31 ΟΜΧ 37°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	M.O.			50.0	
	N			6	
	Τυπική Απόκλιση			51.9	
	Διάμεσος			26.5	
2015	M.O.	0.0			
	N	2			
	Τυπική Απόκλιση	0.0			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	M.O.	0.0		50.00	
	N	2		6	
	Τυπική Απόκλιση	0.0		51.9	
	Διάμεσος	0.0		26.5	

Πίνακας 3.32 ΟΜΧ 22°C

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	M.O.			98.8	
	N			6	
	Τυπική Απόκλιση			101.0	

Διάμεσος		59.5			
		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2015	M.O.	0.0			
	N	2			
	Τυπική Απόκλιση	0.0			
	Διάμεσος	0.0			
Συνολικά	M.O.	0.0		98.8	
	N	2		6	
	Τυπική Απόκλιση	0.0		101.0	
	Διάμεσος	0.0		59.5	

Η E.Coli εντοπίστηκε σε μεγάλους αριθμούς την άνοιξη (462.9 ± 1287.7) και το καλοκαίρι (231.5 ± 978.3) του 2014 ενώ ο αριθμός της μειώθηκε σημαντικά το επόμενο έτος για τις αντίστοιχες εποχές (21.7 ± 23.7 και 67.6 ± 74.2 , αντίστοιχα) (Πίνακας 3.33).

Πίνακας 3.33 *Escherichia coli*

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2015	M.O.	0.0	462.9	231.5	
	N	2	23	21	
	Τυπική Απόκλιση	0.0	1287.7	978.3	
	Διάμεσος	0.0	48.0	12.0	
2016	M.O.		21.7	67.6	
	N		20	15	
	Τυπική Απόκλιση		23.7	74.2	
	Διάμεσος		15.0	58.0	
Συνολικά	M.O.	0.0	257.7	163.2	
	N	2	43	36	
	Τυπική Απόκλιση	0.0	958.3	745.6	
	Διάμεσος	0.0	26.0	12.0	

Με εξαίρεση το χειμώνα του 2015 και 2016, ολικά κολοβακτηριοειδή εντοπίστηκαν το καλοκαίρι του 2014, 2015 και 2016 καθώς και την άνοιξη του 2015 και 2016 (Πίνακας 3.34). Από τις τέσσερις αυτές χρονικές περιόδους ο αριθμός του ήταν σημαντικά αυξημένος την άνοιξη του 2015 και ακολούθως το καλοκαίρι του ίδιου έτους.

Πίνακας 3.34 Ολικά κολοβακτηριοειδή

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	M.O.			125.3	
	N			6	
	Τυπική Απόκλιση			106.8	
	Διάμεσος			75.5	
2015	M.O.	0.0000	1897.3	484.1	
	N	1	23	21	
	Τυπική Απόκλιση		5019.2	1616.3	
	Διάμεσος	0.0000	128.0	36.0	
2016	M.O.		96.7	247.9	
	N		20	15	
	Τυπική Απόκλιση		61.1	319.1	
	Διάμεσος		88.0	250.0	
Συνολικά	M.O.	0.0000	1059.7	348.5	
	N	1	43	42	
	Τυπική Απόκλιση		3744.8	1153.7	
	Διάμεσος	0.0000	124.0	50.5	

Οι αναλύσεις των δειγμάτων έδειξαν ότι δεν εντοπίζονται εντερόκοκκοι κατά τον χειμώνα του 2015 ωστόσο ο πληθυσμός τους την άνοιξη του ίδιου έτους ήταν ιδιαίτερα υψηλός. Και για τα τρία έτη που υπήρχαν στοιχεία (2014, 2015 και 2016) για το καλοκαίρι, ήταν δυνατή η ανίχνευση εντερόκοκκων στα δείγματα σε διαφορετικούς ωστόσο αριθμούς (από 34.1 ± 60.9 το 2015 ως 97.2 ± 64.6 το 2014) (Πίνακας 3.35).

Πίνακας 3.35 Εντερόκοκκοι

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	Μ.Ο.			97.2	
	N			6	
	Τυπική Απόκλιση			64.6	
	Διάμεσος			113.5	
2015	Μ.Ο.	0.0	527.7	34.1	
	N	2	23	21	
	Τυπική Απόκλιση	0.0	1577.2	60.9	
	Διάμεσος	0.0	46.0	6.0	
2016	Μ.Ο.		2.1	73.9	
	N		20	15	
	Τυπική Απόκλιση		2.4	91.5	
	Διάμεσος		2.0	21.0	
	Εύρος τιμών		8.0	250.0	
Συνολικά	Μ.Ο.	0.0	283.2	57.4	
	N	2	43	42	
	Τυπική Απόκλιση	0.0	1171.9	76.1	
	Διάμεσος	0.0	4.0	13.5	

Τόσο για το *Clostridium perfringens* όσο και για τους εντερόκοκκους του παχέος εντέρου υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία μόνο για το έτος 2014 από 2 και 1 δειγματοληψίες αντίστοιχα. Και στις δύο περιπτώσεις το αποτέλεσμα ήταν μηδενικό (Πίνακας 3.36 και 3.37).

Πίνακας 3.36 *Clostridium perfringens*

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2014	Μ.Ο.			0.0	
	N			2	
	Τυπική Απόκλιση			0.0	
	Διάμεσος			0.0	

Πίνακας 3.37 Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου

		Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
2015	Μ.Ο.	0.0			
	N	1			
	Τυπική Απόκλιση				
	Διάμεσος	0.0			

3.1.6 Περιοχή 6

Αφορά νερά πόσιμα του δικτύου από διάφορα σημεία της πόλης και του νομού, αλλά και δείγματα νερού από τη μονάδα Τεχνητού Νεφρού του Νοσοκομείου αυτής της περιοχής όπως νερά αιμόλυσης, από το δίκτυο, πριν τη μονάδα, στην έξοδο κ.α.

Νερά πόσιμα του δικτύου από διάφορα σημεία της πόλης και του νομού.

Τα δείγματα που αναλύθηκαν από την περιοχή 6 αφορούσαν δυο χρονικές περιόδους, το χειμώνα του 2015 και το χειμώνα του 2017. Στο διάστημα αυτό των 2 ετών, η βελτίωση των ποσίων υδάτων ήταν εμφανής. Όλες οι βιολογικές παράμετροι που αναλύθηκαν (ΟΜΧ 37°C, ΟΜΧ 22°C, E. Coli, ολικά κολοβακτηριοειδή, εντερόκοκκοι παχέος εντέρου, ψευδομονάδα) ήταν μη ανιχνεύσιμοι το 2017. Εξαιρέση αποτελεί ο πληθυσμός των εντερόκοκκων οι οποίοι ανιχνεύτηκαν και τα δύο έτη (Πίνακας 3.38).

Πίνακας 3.38 Μικροβιολογικές εξετάσεις - Χειμώνας

	Χειμώνας 2015				Χειμώνας 2017			
	Μ.Ο.	N	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος	Μ.Ο.	N	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος
ΟΜΧ 37°C	25.5	11	31.5	11	0	6	0	0
ΟΜΧ 22°C	30.2	11	38.4	9	0	6	0	0
Escherichia coli	5.6	11	9.7	0	0	6	0	0
Ολικά κολοβακτηριοειδή	28.3	11	33.9	8	0	6	0	0
Εντερόκοκκοι	4.6	11	8.7	0	8.5	6	10.6	5.5
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	4.6	11	8.7	0	0	6	0	0
Ψευδομονάδα	0	1		0				

Νερά από τη μονάδα Τεχνητού Νεφρού του Νοσοκομείου της περιοχής 6.

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε δείγματα ύδατος από το νοσοκομείο της περιοχής 6 αφορούσε μόνο του χειμώνα του 2018. Εντοπίστηκαν κοινί αερόβιοι μικροοργανισμοί στους 37°C και 22°C ενώ όλες οι υπόλοιπες βιολογικές παράμετροι ήταν μηδενικές (Πίνακας 3.39).

Πίνακας 3.39 Νοσοκομείο περιοχής 6 (2018)

	Μ.Ο.	N	Τυπική απόκλιση	Διάμεσος
ΟΜΧ 37°C	113.5	6	174.1	6
ΟΜΧ 22°C	99.8	6	157	4.5
Escherichia coli	0	6	0	0
Εντερόκοκκοι	0	6	0	0
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	0	6	0	0
Ψευδομονάδα	0	6	0	0
Σταφυλόκοκκος	0	6	0	0

3.1.7 Περιοχή 7

Τα δείγματα από την περιοχή 7 αφορούν μόνο ένα συγκεκριμένο έτος (2017) και διαπιστώθηκε η πολύ καλή ποιότητα του πόσιμου νερού καθώς όλες οι βιολογικές παράμετροι που εξετάστηκαν είχαν μηδενικές τιμές (Πίνακας 3.40).

Πίνακας 3.40 Μικροβιολογικές εξετάσεις 2017

ΟΜΧ 37°C	Μ.Ο.	0.0
	N	29.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0
	Διάμεσος	0.0
ΟΜΧ 22°C	Μ.Ο.	0.0
	N	29.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0
	Διάμεσος	0.0
Escherichia coli	Μ.Ο.	0.0
	N	29.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0
	Διάμεσος	0.0
Ολικά κολοβακτηριοειδή	Μ.Ο.	0.0
	N	29.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0
	Διάμεσος	0.0
Εντερόκοκκοι	Μ.Ο.	0.0
	N	29.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0
	Διάμεσος	0.0

Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Μ.Ο.	0.0
	N	29.0
	Τυπική Απόκλιση	0.0
	Διάμεσος	0.0

3.2 Ανάλυση διασποράς (analysis of variance, Anova)

Σε αυτή την ενότητα πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA) ώστε να εντοπιστούν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών εποχών.

3.2.1 Περιοχή 1

Ο συνολικός αριθμός των δειγμάτων για το διάστημα 2013-2018 ανά βιολογικό παράγοντα παρουσιάζεται στο Πίνακα 3.41. Στο σύνολο των βιολογικών παραμέτρων που αναλύθηκαν παρατηρείται σημαντική διακύμανση των τιμών μεταξύ των εποχών του έτους.

Πίνακα 3.41 Ανάλυση βιολογικών παραμέτρων ανά εποχή στην περιοχή 1

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
						Lower Bound	Upper Bound
OMX 37°C	Χειμώνας	73	31.2	68.2	8.0	15.3	47.1
	Άνοιξη	68	8.4	17.7	2.1	4.2	12.7
	Καλοκαίρι	42	63.0	112.2	17.3	28.1	98.0
	Φθινόπωρο	42	19.5	51.9	8.0	3.3	35.6
	Συνολικά	225	28.1	68.9	4.6	19.0	37.1
OMX 22°C	Χειμώνας	77	31.1	59.9	6.8	17.6	44.7
	Άνοιξη	65	11.1	24.9	3.1	4.9	17.2
	Καλοκαίρι	43	64.2	111.3	17.0	30.0	98.5
	Φθινόπωρο	38	22.3	54.4	8.8	4.4	40.2
	Συνολικά	223	30.2	67.7	4.5	21.2	39.1
Escherichia Coli	Χειμώνας	227	8.3	37.7	2.5	3.3	13.2
	Άνοιξη	225	5.2	26.6	1.8	1.7	8.7
	Καλοκαίρι	206	7.2	24.4	1.7	3.8	10.5
	Φθινόπωρο	208	5.1	15.2	1.1	3.0	7.1
	Συνολικά	866	6.4	27.4	0.9	4.6	8.3

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		
						Lower Bound	Upper Bound	
Ολικά	Χειμώνας	241	27.8	114.6	7.4	13.3	42.4	
	Κολοβακτηριοειδή	Άνοιξη	218	27.3	112.0	7.6	12.4	42.3
		Καλοκαίρι	211	28.0	85.1	5.9	16.5	39.6
		Φθινόπωρο	206	25.7	62.4	4.3	17.1	34.3
		Συνολικά	876	27.2	96.8	3.3	20.8	33.7
Εντερόκοκκοι	Χειμώνας	228	4.3	25.8	1.7	1.0	7.7	
	Άνοιξη	220	1.2	6.3	0.4	0.3	2.0	
	Καλοκαίρι	212	6.5	31.6	2.2	2.3	10.8	
	Φθινόπωρο	209	2.7	10.6	0.7	1.3	4.1	
	Συνολικά	869	3.7	21.4	0.7	2.3	5.1	
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Χειμώνας	226	3.9	22.9	1.5	0.9	6.9	
	Άνοιξη	216	1.2	6.1	0.4	0.4	2.0	
	Καλοκαίρι	204	3.6	19.5	1.4	0.9	6.3	
	Φθινόπωρο	206	1.9	7.0	0.5	0.9	2.8	
	Συνολικά	852	2.7	15.9	0.5	1.6	3.7	
Ψευδομονάδα	Χειμώνας	53	1.5	5.1	0.7	0.1	2.9	
	Spring	44	0.7	3.6	0.5	-0.4	1.8	
	Summer	32	3.8	12.3	2.2	-0.6	8.3	
	Autumn	32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Συνολικά	161	1.4	6.6	0.5	0.4	2.5	

Σύμφωνα με την ανάλυση one-way άπονα στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) μεταξύ της μεταβολής των βιολογικών παραμέτρων ανά εποχή για τα έτη 2013-2018 σημειώθηκαν μόνο για τους OMX 37°C [$F_{3,221}$]=6.104, $p=0.01$] και τους OMX 22°C [$F_{3,219}$]=6.891, $p=0.01$]. Για όλες τους υπόλοιπους δείκτες δεν καταγράφηκε σημαντική μεταβολή του μέσου όρου των τιμών τους. (Πίνακας 3.42).

Πίνακας 3.42 Ανάλυση διασποράς δειγμάτων της περιοχής 1

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ΟΜΧ 37°C	Between Groups	81346.137	3	27115.379	6.104	.001
	Within Groups	981775.258	221	4442.422		
	Total	1063121.396	224			
ΟΜΧ 22°C	Between Groups	76019.327	3	25339.776	5.891	.001
	Within Groups	941993.534	219	4301.340		
	Total	1018012.861	222			
Escherichia Coli	Between Groups	1605.598	3	535.199	.710	.546
	Within Groups	650103.779	862	754.181		
	Total	651709.378	865			
Ολικά κολοβακτηριοειδή	Between Groups	707.751	3	235.917	.025	.995
	Within Groups	8190698.989	872	9393.003		
	Total	8191406.740	875			
Εντερόκοκκοι	Between Groups	3407.312	3	1135.771	2.493	.059
	Within Groups	394007.029	865	455.499		
	Total	397414.341	868			
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Between Groups	1138.590	3	379.530	1.509	.211
	Within Groups	213338.268	848	251.578		
	Total	214476.858	851			
Ψευδομόναδα	Between Groups	275.055	3	91.685	2.180	.093
	Within Groups	6602.510	157	42.054		
	Total	6877.565	160			

Ακολούθησε *post hoc* ανάλυση για να εντοπιστεί μεταξύ ποιων συγκεκριμένων εποχών σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές. Η ανάλυση έδειξε ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική μεταβολή στις τιμές μεταξύ της άνοιξης και του καλοκαιριού και μεταξύ του φθινοπώρου και του καλοκαιριού τόσο για τα ΟΜΧ 37°C όσο και για τα ΟΜΧ 22°C (Πίνακας 3.43).

Πίνακας 3.43 Ανάλυση *post-hoc*

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
ΟΜΧ 37°C				
Άνοιξη	Καλοκαίρι	-54.58263	13.08058	.000
Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	43.54762	14.54455	.018
ΟΜΧ 22°C				
Άνοιξη	Καλοκαίρι	-53.15564	12.89208	.000
Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	41.94308	14.60220	.027

3.2.2 Περιοχή 2

Σε αντίθεση με τα δείγματα που προέρχονται από την περιοχή 1, τα δείγματα της περιοχής 2 εμφανίζουν μικρότερες τιμές και μικρότερη διακύμανση μεταξύ των εποχών του έτους (Πίνακας 3.44).

Πίνακας 3.44 Ανάλυση βιολογικών παραμέτρων ανά εποχή της περιοχής 2

		N	Mean	Std.	Std.	95% Confidence Interval for Mean	
				Deviation	Error	Lower Bound	Upper Bound
ΟΜΧ 37°C	Χειμώνας	263	3.7	12.9	0.8	2.2	5.3
	Άνοιξη	372	2.9	11.1	0.6	1.8	4.0
	Καλοκαίρι	301	1.4	4.6	0.3	0.9	1.9
	Φθινόπωρο	328	1.5	4.3	0.2	1.0	1.9
	Συνολικά	1264	2.3	9.0	0.3	1.8	2.8
ΟΜΧ 22°C	Χειμώνας	255	4.8	15.4	1.0	2.9	6.7
	Άνοιξη	341	4.2	16.8	0.9	2.4	6.0
	Καλοκαίρι	276	1.5	4.6	0.3	0.9	2.0
	Φθινόπωρο	324	1.9	5.3	0.3	1.4	2.5
	Συνολικά	1196	3.1	12.0	0.3	2.4	3.8
Escherichia Coli	Χειμώνας	266	0.4	2.8	0.2	0.0	0.7
	Άνοιξη	384	0.3	2.6	0.1	0.0	0.5
	Καλοκαίρι	308	0.2	2.9	0.2	-0.1	0.5
	Φθινόπωρο	347	0.1	0.7	0.0	0.0	0.1
	Συνολικά	1305	0.2	2.4	0.1	0.1	0.4
Ολικά κολοβακτηριοειδή	Χειμώνας	298	2.5	9.2	0.5	1.5	3.6
	Άνοιξη	380	2.7	16.8	0.9	1.0	4.4
	Καλοκαίρι	303	1.4	8.2	0.5	0.4	2.3
	Φθινόπωρο	342	1.2	4.3	0.2	0.8	1.7
	Συνολικά	1323	2.0	11.0	0.3	1.4	2.6

		N	Mean	Std.	Std.	95% Confidence Interval for Mean	
				Deviation	Error	Lower Bound	Upper Bound
Εντερόκοκκοι	Χειμώνας	266	0.3	2.3	0.1	0.0	0.6
	Άνοιξη	384	0.1	1.4	0.1	0.0	0.2
	Καλοκαίρι	308	0.2	3.9	0.2	-0.2	0.7
	Φθινόπωρο	347	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1
	Συνολικά	1305	0.1	2.3	0.1	0.0	0.3
Clostridium Perfringens	Χειμώνας	28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Άνοιξη	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Καλοκαίρι	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φθινόπωρο	48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνολικά	91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Χειμώνας	266	0.3	2.2	0.1	0.0	0.5
	Άνοιξη	384	0.1	1.4	0.1	-0.1	0.2
	Καλοκαίρι	308	0.2	3.9	0.2	-0.2	0.7
	Φθινόπωρο	347	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1
	Συνολικά	1305	0.1	2.3	0.1	0.0	0.3
Ψευδομονάδα	Χειμώνας	76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Άνοιξη	66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Καλοκαίρι	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φθινόπωρο	69	0.1	0.6	0.1	0.0	0.2
	Συνολικά	256	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1

Η ανάλυση απονα έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) μεταξύ του αριθμού των ΟΜΧ 37°C [$F_{3,1260}=4.734$, $p=0.03$], ΟΜΧ 22°C [$F_{3,1192}=5.344$, $p=0.01$] και της ψευδομονάδας [$F_{3,252}=2.701$, $p=0.046$]. Για τις υπόλοιπες βιολογικές παραμέτρους που εξετάστηκαν δεν εντοπίστηκε σημαντική μεταβολή του μέσου όρου των τιμών τους. (Πίνακας 3.45).

Πίνακας 3.45 Ανάλυση διασποράς δειγμάτων της περιοχής 2

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ΟΜΧ 37°C	Between Groups	1147.651	3	382.550	4.734	.003
	Within Groups	101818.704	1260	80.808		
	Total	102966.354	1263			
ΟΜΧ 22°C	Between Groups	2302.504	3	767.501	5.344	.001
	Within Groups	171197.439	1192	143.622		
	Total	173499.942	1195			
Escherichia Coli	Between Groups	15.147	3	5.049	.886	.448
	Within Groups	7412.408	1301	5.697		
	Total	7427.556	1304			
Ολικά κολοβακτηριοειδή	Between Groups	588.304	3	196.101	1.626	.182
	Within Groups	159124.716	1319	120.640		
	Total	159713.020	1322			
Εντερόκοκκοι	Between Groups	11.780	3	3.927	.746	.525
	Within Groups	6847.380	1301	5.263		
	Total	6859.160	1304			
Clostridium perfringens	Between Groups	0.000	3	0.000		
	Within Groups	0.000	87	0.000		
	Total	0.000	90			
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Between Groups	11.950	3	3.983	.771	.510
	Within Groups	6720.967	1301	5.166		
	Total	6732.916	1304			
Ψευδομονάδα	Between Groups	.678	3	.226	2.701	.046
	Within Groups	21.072	252	.084		
	Total	21.750	255			

Περαιτέρω ανάλυση έδειξε ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική μεταβολή μεταξύ του χειμώνα και του καλοκαιριού και μεταξύ του χειμώνα και του φθινοπώρου για τις μέσες τιμές των OMX 37°C και OMX 22°C στα δείγματα της περιοχής 2 (Πίνακας 3.46).

Πίνακας 3.46 Ανάλυση *post-hoc*

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
OMX 37°C				
Χειμώνας	Καλοκαίρι	2.34514*	.75876	.012
Χειμώνας	Φθινόπωρο	2.26433*	.74406	.014
OMX 22°C				
Χειμώνας	Καλοκαίρι	3.27980*	1.04096	.010
Χειμώνας	Φθινόπωρο	2.83119*	1.00325	.029

3.2.3 Περιοχή 3

Οι υψηλότερες τιμές για τους OMX 37°C και OMX 22°C παρατηρήθηκαν το χειμώνα. Διακύμανση παρατηρείται και στο σύνολο των υπολοίπων βιολογικών παραμέτρων που αναλύθηκαν σε πολύ μικρό ωστόσο βαθμό. (Πίνακας 3.47)

Πίνακας 3.47 Ανάλυση βιολογικών παραμέτρων ανά εποχή της περιοχής 3

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
						Lower Bound	Upper Bound
OMX 37°C	Χειμώνας	25	7.5	11.7	2.3	2.7	12.3
	Άνοιξη	50	2.2	4.8	0.7	0.8	3.5
	Καλοκαίρι	32	0.7	1.2	0.2	0.2	1.1
	Φθινόπωρο	49	2.2	7.9	1.1	-0.1	4.4
	Συνολικά	156	2.7	7.3	0.6	1.6	3.9
OMX 22°C	Χειμώνας	21	13.1	18.0	3.9	4.9	21.3
	Άνοιξη	45	4.0	7.9	1.2	1.6	6.3
	Καλοκαίρι	41	1.1	2.9	0.5	0.2	2.0
	Φθινόπωρο	43	2.7	10.9	1.7	-0.7	6.0
	Συνολικά	150	4.1	10.6	0.9	2.4	5.8
Escherichia Coli	Χειμώνας	21	0.6	2.6	0.6	-0.6	1.8
	Άνοιξη	53	1.2	6.2	0.9	-0.5	2.9
	Καλοκαίρι	54	1.6	11.7	1.6	-1.6	4.8
	Φθινόπωρο	56	1.5	6.3	0.8	-0.2	3.2
	Συνολικά	184	1.3	8.0	0.6	0.2	2.5
Ολικά κολοβακτηριοειδή	Χειμώνας	21	1.5	5.5	1.2	-1.0	4.0
	Άνοιξη	53	3.4	12.2	1.7	0.0	6.8
	Καλοκαίρι	50	6.7	42.4	6.0	-5.3	18.8
	Φθινόπωρο	52	2.3	13.6	1.9	-1.5	6.0
	Συνολικά	176	3.8	24.7	1.9	0.1	7.4

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
						Lower Bound	Upper Bound
Εντερόκοκκοι	Χειμώνας	21	0.1	0.3	0.1	0.0	0.2
	Άνοιξη	53	0.1	0.7	0.1	-0.1	0.3
	Καλοκαίρι	53	4.8	34.3	4.7	-4.7	14.2
	Φθινόπωρο	56	0.5	2.2	0.3	-0.1	1.1
	Συνολικά	183	1.6	18.5	1.4	-1.1	4.3
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Χειμώνας	21	0.1	0.3	0.1	0.0	0.2
	Άνοιξη	50	0.1	0.7	0.1	-0.1	0.3
	Καλοκαίρι	57	4.4	33.1	4.4	-4.4	13.2
	Φθινόπωρο	53	0.1	0.7	0.1	-0.1	0.3
	Συνολικά	181	1.5	18.6	1.4	-1.3	4.2
Ψευδομονάδα	Χειμώνας	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Spring	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Summer	22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Autumn	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνολικά	38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Η ανάλυση απονα επιβεβαίωσε ότι πράγματι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον αριθμό των ΟΜΧ 37°C [F3,152]=4.991, p=0.02] και ΟΜΧ 22°C [F3,146]=7.240, p=0.00] μεταξύ των διαφορετικών εποχών και όχι στις υπόλοιπες βιολογικές παραμέτρους (Πίνακας 3.48).

Πίνακας 3.48 Ανάλυση διασποράς δειγμάτων της περιοχής 3

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ΟΜΧ 37°C	Between Groups	731.404	3	243.801	4.991	.002
	Within Groups	7424.186	152	48.843		
	Total	8155.590	155			

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
OMX 22 °C	Between Groups	2172.053	3	724.018	7.240	.000
	Within Groups	14600.640	146	100.004		
	Total	16772.693	149			
Escherichia Coli	Between Groups	18.914	3	6.305	.098	.961
	Within Groups	11622.825	180	64.571		
	Total	11641.739	183			
Ολικά κολοβακτηριοειδή	Between Groups	675.297	3	225.099	.366	.778
	Within Groups	105783.061	172	615.018		
	Total	106458.358	175			
Εντερόκοκκοι	Between Groups	752.637	3	250.879	.729	.536
	Within Groups	61597.625	179	344.121		
	Total	62350.262	182			
Clostridium perfringens	Between Groups	724.830	3	241.610	.696	.556
	Within Groups	61440.253	177	347.120		
	Total	62165.083	180			
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Between Groups	0.000	3	0.000		
	Within Groups	0.000	34	0.000		
	Total	0.000	37			

Πράγματι τους χειμερινούς μήνες ο αριθμός των OMX 37°C και OMX 22°C ήταν σημαντικά αυξημένος σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες τους έτους όπως φαίνεται χαρακτηριστικά και στο Πίνακα 3.49.

Πίνακας 3.49 Ανάλυση *post-hoc*

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
OMX 37°C				
Χειμώνας	Άνοιξη	5.30000	1.71190	.014
Χειμώνας	Καλοκαίρι	6.82375	1.86550	.002
Χειμώνας	Φθινόπωρο	5.29633	1.71771	.015

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
OMX 22°C				
Χειμώνας	Άνοιξη	9.18730	2.64281	.004
Χειμώνας	Καλοκαίρι	12.02091	2.68351	.000
Χειμώνας	Φθινόπωρο	10.49169	2.66229	.001

3.2.4 Περιοχή 4

Στις μετρήσεις της περιοχής 4 παρατηρείται στο σύνολο των βιολογικών παραμέτρων που αναλύθηκαν μια αύξηση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα για τα ΟΜΧ 37°C, ΟΜΧ 22°C και τα ολικά κολοβακτηριοειδή (Πίνακας 3.50).

Πίνακας 3.50 Ανάλυση βιολογικών παραμέτρων ανά εποχή στην περιοχή 4

		N	Mean	Std.	Std.	95% Confidence Interval for Mean	
				Deviation	Error	Lower Bound	Upper Bound
ΟΜΧ 37°C	Χειμώνας	108	2.0	5.4	0.5	1.0	3.1
	Άνοιξη	85	1.4	7.2	0.8	-0.1	3.0
	Καλοκαίρι	77	8.4	20.3	2.3	3.7	13.0
	Φθινόπωρο	129	3.5	14.6	1.3	1.0	6.1
	Συνολικά	399	3.6	13.1	0.7	2.3	4.9
ΟΜΧ 22°C	Χειμώνας	107	1.9	5.2	0.5	0.9	2.9
	Άνοιξη	83	1.0	4.8	0.5	-0.1	2.0
	Καλοκαίρι	79	7.7	18.0	2.0	3.7	11.8
	Φθινόπωρο	127	3.4	10.2	0.9	1.6	5.2
	Συνολικά	396	3.4	10.7	0.5	2.3	4.4
Escherichia Coli	Χειμώνας	111	0.0	0.5	0.0	0.0	0.1
	Άνοιξη	86	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Καλοκαίρι	90	1.6	8.6	0.9	-0.2	3.4
	Φθινόπωρο	148	0.9	4.4	0.4	0.2	1.6
	Συνολικά	435	0.7	4.7	0.2	0.2	1.1
Ολικά κολοβακτηριοειδή	Χειμώνας	111	1.0	3.3	0.3	0.4	1.7
	Άνοιξη	84	0.5	1.9	0.2	0.1	0.9
	Καλοκαίρι	90	10.5	32.8	3.5	3.7	17.4
	Φθινόπωρο	146	5.4	16.6	1.4	2.6	8.1
	Συνολικά	431	4.4	18.2	0.9	2.7	6.1

		N	Mean	Std.	Std.	95% Confidence Interval for Mean	
				Deviation	Error	Lower Bound	Upper Bound
Εντερόκοκκοι	Χειμώνας	112	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1
	Άνοιξη	86	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1
	Καλοκαίρι	91	0.8	6.0	0.6	-0.4	2.1
	Φθινόπωρο	147	0.3	1.7	0.1	0.1	0.6
	Συνολικά	436	0.3	2.9	0.1	0.0	0.6
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Χειμώνας	111	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1
	Άνοιξη	85	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1
	Καλοκαίρι	90	0.8	6.0	0.6	-0.4	2.1
	Φθινόπωρο	147	0.3	1.7	0.1	0.1	0.6
	Συνολικά	433	0.3	2.9	0.1	0.0	0.6
Ψευδομονάδα	Χειμώνας	37	0.1	0.7	0.1	-0.1	0.3
	Spring	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Summer	19	1.9	7.3	1.7	-1.6	5.4
	Autumn	24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνολικά	84	0.5	3.5	0.4	-0.3	1.2

Η ανάλυση απονα επιβεβαίωσε την παραπάνω παρατήρηση καθώς εντόπισε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών εποχών για τις τρεις προαναφερθέντες βιολογικές παραμέτρους (Πίνακας 3.51) και συγκεκριμένα για τους ΟΜΧ 37°C [F3,395]=4.789, $p=0.03$], ΟΜΧ 22°C [F3,392]=6.741, $p=0.00$] και τα ολικά κολοβακτηριοειδή [F3,427]=6.274, $p=0.00$].

Πίνακας 3.51 Ανάλυση διασποράς δειγμάτων στην περιοχή 4

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ΟΜΧ 37°C	Between Groups	2404.634	3	801.545	4.789	.003
	Within Groups	66116.153	395	167.383		
	Total	68520.787	398			

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ΟΜΧ 22 °C	Between Groups	2218.643	3	739.548	6.741	.000
	Within Groups	43006.993	392	109.712		
	Total	45225.636	395			
Escherichia Coli	Between Groups	164.948	3	54.983	2.523	.057
	Within Groups	9393.327	431	21.794		
	Total	9558.276	434			
Ολικά κολοβακτηριοειδή	Between Groups	6035.046	3	2011.682	6.274	.000
	Within Groups	136921.469	427	320.659		
	Total	142956.515	430			
Εντερόκοκκοι	Between Groups	40.090	3	13.363	1.582	.193
	Within Groups	3649.947	432	8.449		
	Total	3690.037	435			
Εντερόκοκκοι παχέος εντέρου	Between Groups	40.468	3	13.489	1.586	.192
	Within Groups	3648.899	429	8.506		
	Total	3689.367	432			
Ψευδομόναδα	Between Groups	49.595	3	16.532	1.339	.267
	Within Groups	987.357	80	12.342		
	Total	1036.952	83			

Οι διαφορές που εντοπίστηκαν μεταξύ των εποχών ήταν:

- Μεταξύ του καλοκαιριού και της άνοιξης και του καλοκαιριού και του χειμώνα για τους ΟΜΧ 37°C και για τα ολικά κολοβακτηριοειδή
- Μεταξύ του καλοκαιριού και των υπολοίπων τριών εποχών για τους ΟΜΧ 22°C

Πίνακας 3.52 Ανάλυση post-hoc στην περιοχή 4

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
ΟΜΧ 37°C				
Καλοκαίρι	Άνοιξη	-6.92712	2.03544	.004
Καλοκαίρι	Χειμώνας	-6.31361	1.92967	.007

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
ΟΜΧ 22°C				
Καλοκαίρι	Άνοιξη	-6.77093	1.64639	.000
Καλοκαίρι	Χειμώνας	-5.84029	1.55374	.001
Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	4.32164	1.50088	.025
Ολικά κολοβακτηριοειδή				
Καλοκαίρι	Χειμώνας	9.49940	2.54002	.001
Καλοκαίρι	Άνοιξη	10.00873	2.71666	.002

3.3 Συσχέτιση με τη χλωρίωση του νερού

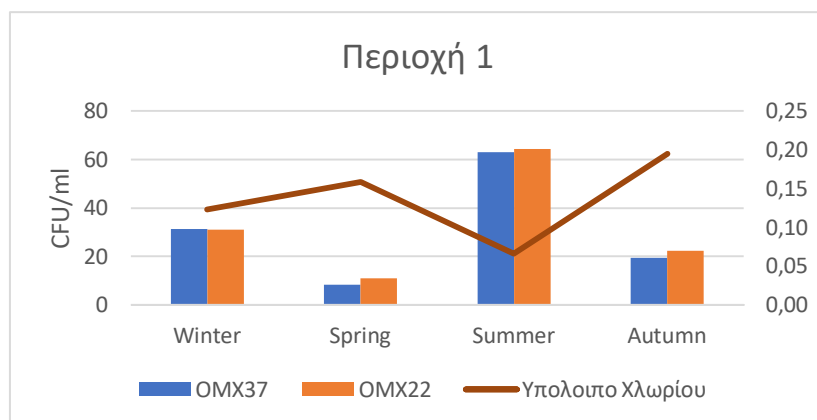
Το χλώριο χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού για να καταστρέψει τους επιβλαβείς παθογόνους μικροοργανισμούς. Συγκεκριμένα, επαρκής ποσότητες χλωρίου προστίθεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού για την απολύμανση για να αντιμετωπιστούν τυχόν παθογόνοι μικροοργανισμοί που μπορεί να μολύνουν το νερό πριν αυτό φτάσει στο σπίτι μας. Αυτό το μικρό επιπλέον ποσό που είναι γνωστό ως το "υπολειμματικό χλώριο" και μπορεί να ανιχνευθεί.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή των μέσων όρων των βιολογικών παραμέτρων που εξετάστηκαν ανά εποχή για το διάστημα 2013-2018 για τις τρεις μεγάλες πόλεις (της περιοχής 1, περιοχής 2 και περιοχής 3) όπου υπήρχαν διαθέσιμος μεγάλος αριθμός μετρήσεων σε συνάρτηση με το υπολειμματικό χλώριο στα δείγματα.

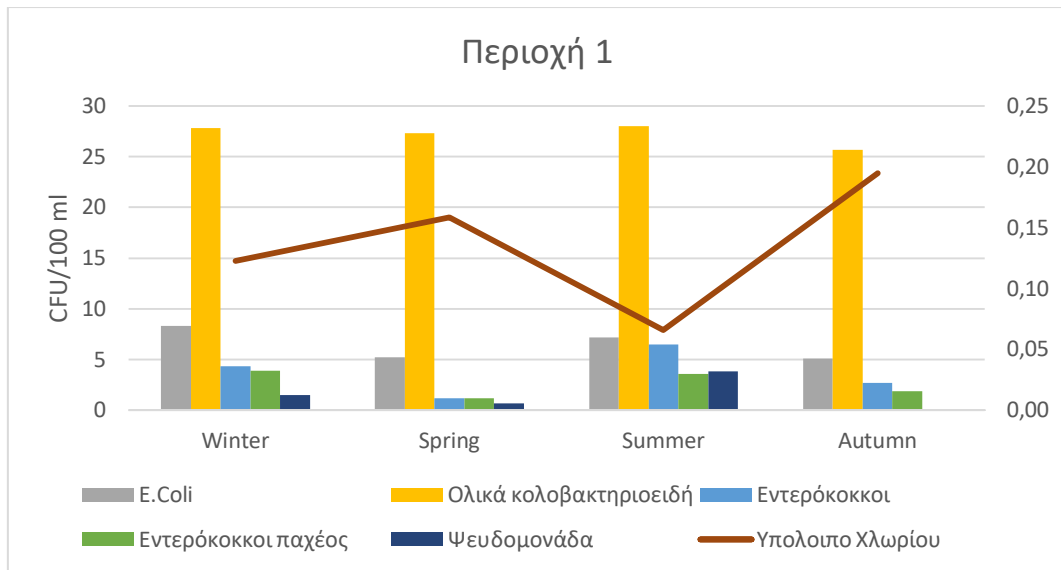
3.3.1 Περιοχή 1

Στην Περιοχή 1 παρατηρείται αύξηση των κοινών αερόβιων μικροοργανισμών το καλοκαίρι. Η μέση τιμή του υπολειμματικού χλωρίου παραμένει για όλες τις εποχές κάτω από το επιθυμητό όριο των 0.2 mg/l (Διάγραμμα 1).

Ο αριθμός των ολικών κολοβακτηριοειδών παρέμεινε σταθερός οριακά μεγαλύτερος από 25 CFU/100 ml όλες τις εποχές του χρόνου. Ανάλογη εικόνα και για τις υπόλοιπες βιολογικές παραμέτρους σε μικρότερους αριθμούς ωστόσο (Διάγραμμα 2).



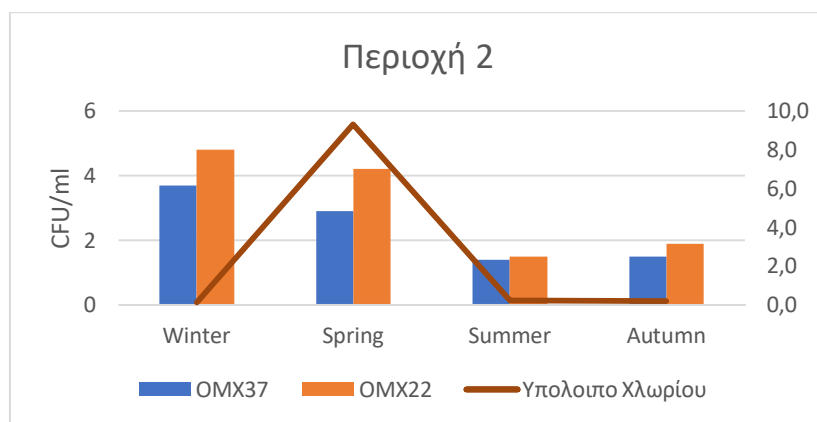
Διάγραμμα 1 Μεταβολή του επιπέδου των κοινών αερόβιων μικροοργανισμών (OMX37°C και OMX22 °C) ανά εποχή για το διάστημα 2013-2018 συναρτήσει με το υπολειμματικό χλώριο, σε δείγματα της περιοχής 1



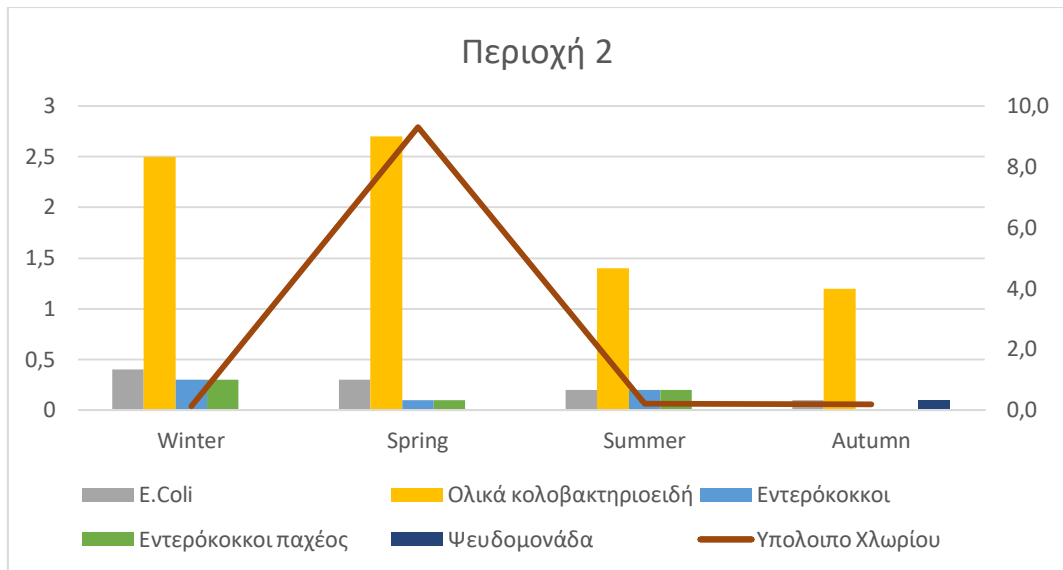
Διάγραμμα 2 Μεταβολή διαφόρων μικροβιολογικών παραμέτρων ανά εποχή για το διάστημα 2013-2018 συναρτήσει με το υπολειμματικό χλώριο, σε δείγματα της περιοχής 1

3.3.2 Περιοχή 2

Ο αριθμός των κοινών αερόβιων μικροοργανισμών ήταν μεγαλύτερος το χειμώνα και την άνοιξη σε σχέση με το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Το υπολειμματικό χλώριο σημείωσε ραγδαία αύξηση την άνοιξη (9.3) όπου αυξήθηκε σχεδόν κατά 50 φορές σε σχέση με τις άλλες εποχές (< 0.2 mg/l) (Διάγραμμα 3). Και στα ολικά κολοβακτηριοειδή καταγράφηκαν υψηλότερες τιμές για το χειμώνα και την άνοιξη (> 2.5 CFU/100 ml) σε σχέση με το καλοκαίρι και το φθινόπωρο (< 1.5 CFU/100 ml), ενώ οι πληθυσμοί των εντερόκοκκων, των εντερόκοκκων του παχέος εντέρου, της E. Coli και της ψευδομονάδας βρέθηκαν σε χαμηλές συγκεντρώσεις (< 0.3 CFU/100 ml) χωρίς να παρατηρείται κάποια μεταβολή λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης του χλωρίου (Διάγραμμα 4).



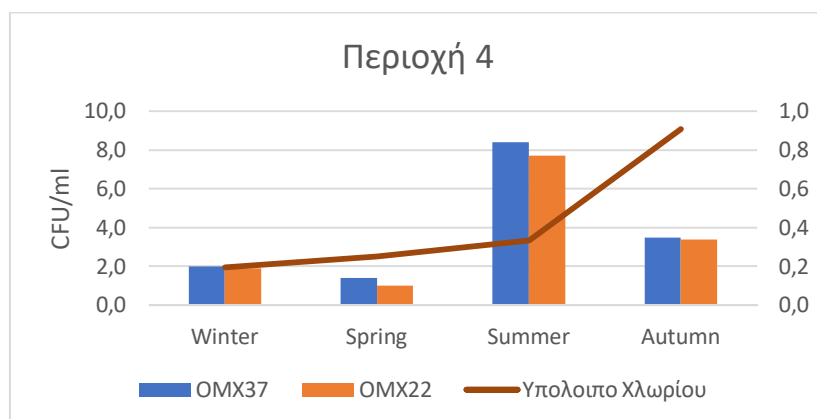
Διάγραμμα 3 Μεταβολή του επιπέδου των κοινών αερόβιων μικροοργανισμών (OMX37°C και OMX22 °C) ανά εποχή για το διάστημα 2013-2018 συναρτήσει με το υπολειμματικό χλώριο, σε δείγματα της περιοχής 2



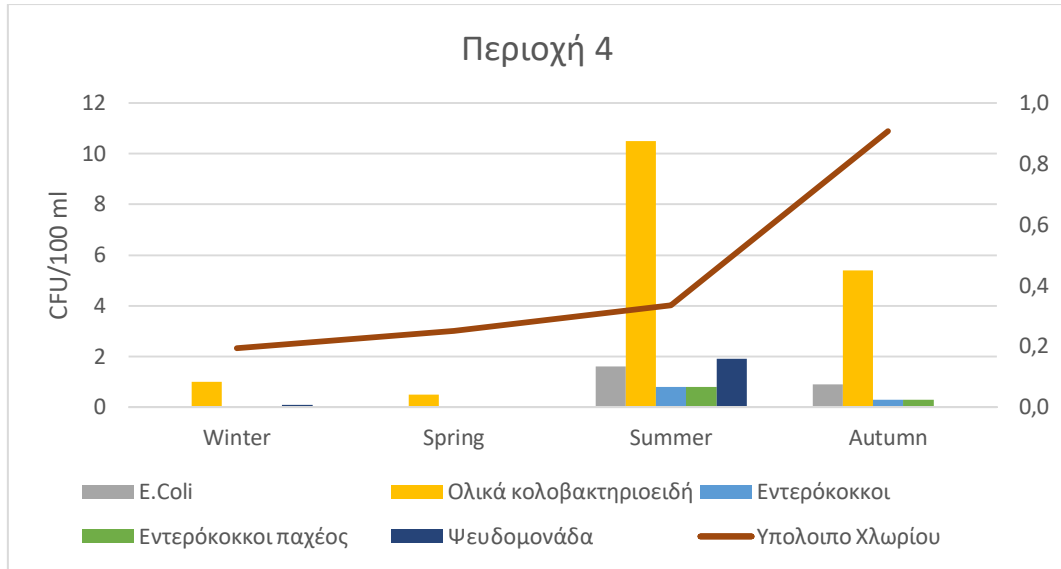
Διάγραμμα 4 Μεταβολή διαφόρων μικροβιολογικών παραμέτρων ανά εποχή για το διάστημα 2013-2018 συναρτήσει με το υπολειμματικό χλώριο, σε δείγματα της περιοχής 2

3.3.3 Περιοχή 4

Στην περιοχή 4 καταγράφηκε σημαντική αύξηση του πληθυσμού των κοινών αερόβιων μικροοργανισμών το καλοκαίρι. Το υπολειμματικό χλώριο για το διάστημα Χειμώνας-Άνοιξη-Καλοκαίρι παραμένει κοντά στο επιθυμητό όριο (0.2) ωστόσο αμέσως, το φθινόπωρο, ακολουθεί κατακόρυφη αύξηση του αμέσως πιθανόν λόγω της μεγαλύτερης χλωρίωσης του νερού (Διάγραμμα 5). Το καλοκαίρι παρατηρείται επίσης αύξηση και των ολικών κολοβακτηριοειδών, των εντερόκοκκων, των εντερόκοκκων του παχέος εντέρου, της E. Coli και της ψευδομονάδας ο πληθυσμός των οποίων μειώνεται τους επόμενους φθινοπωρινούς μήνες (Διάγραμμα 6).



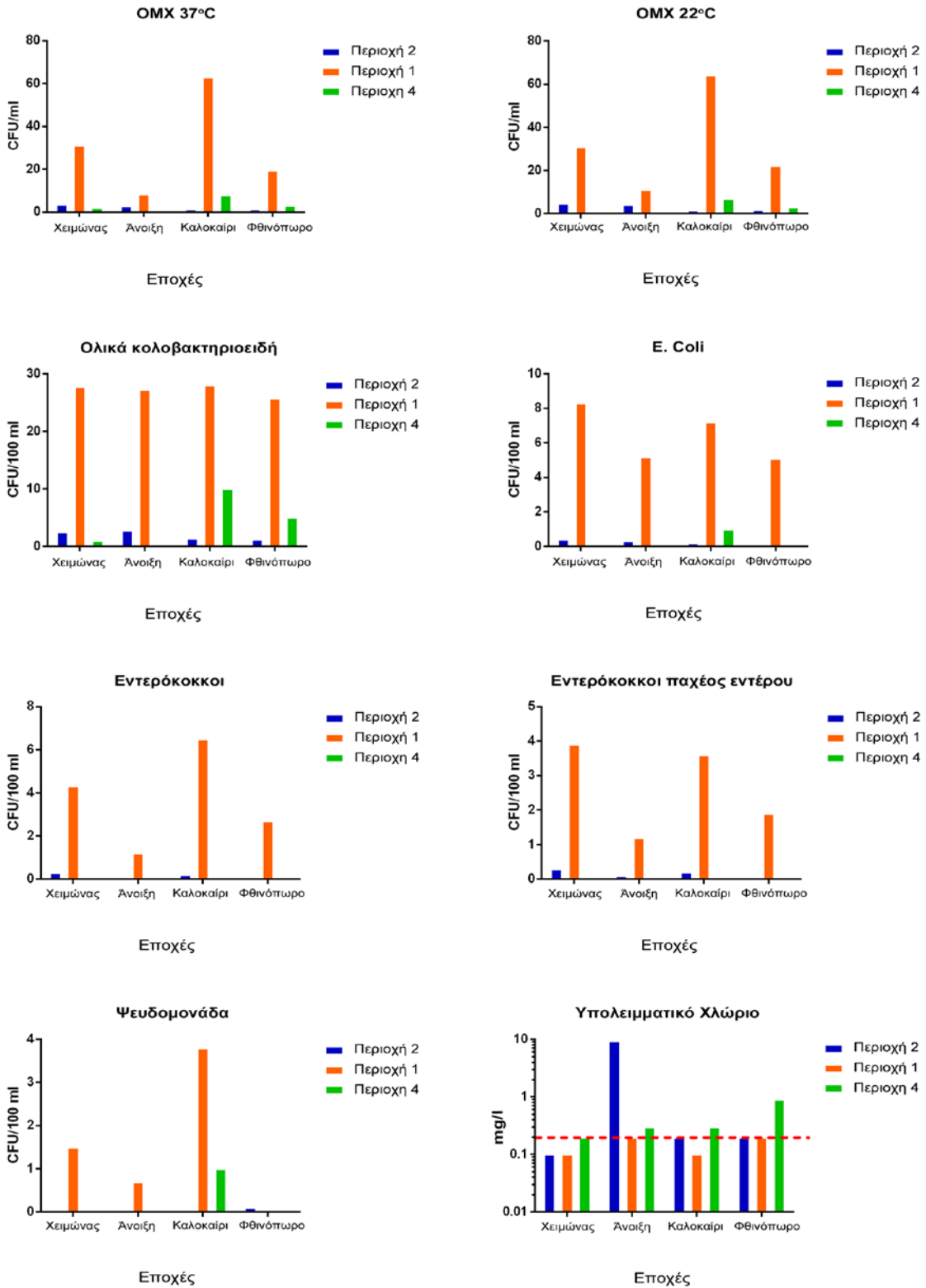
Διάγραμμα 5 Μεταβολή του επιπέδου των κοινών αερόβιων μικροοργανισμών (OMX37^oC και OMX22^oC) ανά εποχή για το διάστημα 2013-2018 συναρτήσει με το υπολειμματικό χλώριο, σε δείγματα της περιοχής 4



Διάγραμμα 6 Μεταβολή διαφόρων μικροβιολογικών παραμέτρων ανά εποχή για το διάστημα 2013-2018 συναρτήσει με το υπολειμματικό χλώριο, σε δείγματα της περιοχής 4

3.4 Διαφοροποίηση των παραμέτρων μεταξύ των 3 μεγάλων πόλεων

Μεταξύ των τριών μεγάλων πόλεων, η πόλη της περιοχής 1 εμφανίζει σε όλο το εύρος των μικροβιολογικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν υψηλότερες τιμές από ότι η πόλη της περιοχής 2 και της περιοχής 4. Στη περιοχή 4 εμφανίζονται κατά εποχές μικρές εξάρσεις (π.χ. ολικά κολοβακτηριοειδή το καλοκαίρι και το φθινόπωρο ή ψευδομονάδα το καλοκαίρι). Το επίπεδο χλωρίου παραμένει οριακά στο κατώτατο επιθυμητό επίπεδο και για τις τρεις πόλεις με εξαίρεση την πόλη της περιοχής 2 όπου σημειώθηκε μια ραγδαία αύξηση την άνοιξη (Διάγραμμα 7).



Διάγραμμα 7 Μεταβολή βιολογικών παραμέτρων και επίπεδο χλωρίου ανά εποχή στις τρεις μεγάλες πόλεις των περιοχών 1,2 και 4.

4. Συζήτηση

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναγνωρίζει τέσσερις κατηγορίες χαρακτηριστικών της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης:

1. Τα μικροβιακά χαρακτηριστικά (παθογόνα βακτήρια, ιοί, πρωτόζωα, έλμινθες)
2. Τα χημικά χαρακτηριστικά (χημικές ενώσεις που είναι δυνατό να επηρεάσουν την ανθρώπινη υγεία μετά από έκθεση για παρατεταμένες χρονικές περιόδους)
3. Τα ραδιενεργά χαρακτηριστικά (η παρουσία των οποίων δεν είναι απαραίτητα ανησυχητική για την ανθρώπινη υγεία)
4. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (εμφάνιση, οσμή και γεύση που επηρεάζουν την αποδοχή από τους καταναλωτές και αποτελούν ένδειξη χημικής ή μικροβιακής ρύπανσης)

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας εξετάστηκαν τα μικροβιακά χαρακτηριστικά δειγμάτων από τη Β.Δ. Ελλάδα, και από ένα νομό της Μακεδονίας ενώ στα δείγματα που προερχόταν από τις τρεις μεγάλες πόλεις αναλύθηκαν σε σχέση με το μικροβιακό φορτίο και το υπολειμματικό χλώριο.

Στόχος μιας μονάδας επεξεργασίας νερού είναι η απομάκρυνση όλων των ανεπιθύμητων συστατικών του νερού ώστε να επιτευχθούν οι καθορισμένες παραμετρικές τιμές απαιτητές για την ανθρώπινη κατανάλωση και τη προστασία της δημόσιας υγείας (Damikoula et al., 2007). Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας όπως:

- Αερισμός (οξειδωση
- Κροκίδωση/συσσωμάτωση/καθίζηση
- Διήθηση
- Χημική οξειδωση
- Προσρόφηση
- Αποσκλήρυνση
- Διήθηση σε μεμβράνες
- Απολύμανση

Σε αυτό το σημείο να τονίσουμε ότι η ποιότητα των υπογείων υδάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διηθητική ικανότητα του εδάφους και τη δυνατότητα του να λειτουργήσει ως ένα αποτελεσματικό εμπόδιο για μικροβιολογικούς και άλλους κινδύνους (Havelaar, 1994). Επειδή συνήθως η ποιότητα των υπογείων νερών είναι σύμφωνη με τους κανόνες που έχει θεσπίσει Ευρωπαϊκή Ένωση οι διαδικασίες που εφαρμόζονται είναι ο αερισμός, η αποσκλήρυνση, η

επαναθράκωση και η απολύμανση τους (Νταράκας, 2014). Σε αντίθεση με τα υπόγεια ύδατα τα επιφανειακά είναι πιο ευάλωτα στη δράση των ρυπαντών για αυτό και απαιτείται επεξεργασία τους με τις μεθόδους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Η απολύμανση σκοπεύει στην αποτελεσματική καταστροφή ή αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος απολύμανσης είναι η χλωρίωση αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι όπως η υπεριώδης ακτινοβολία ή η οζόνωση. Στα μειονεκτήματα της χλωρίωσης περιλαμβάνεται η δημιουργία παραπροϊόντων (τριαλομεθάνια) τα οποία δύναται να είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο καθώς και η αναποτελεσματικότητα της στην αντιμετώπιση ορισμένων μικροοργανισμών όπως το κρυπτοσπορίδιο *Cryptosporidium parvum* (Νταράκας, 2014). Ωστόσο, σε σχέση με τις άλλες μεθόδους απολύμανσης η χλωρίωση αποτελεί την πιο οικονομική λύση.

Λόγω των σχηματισμών παραπροϊόντων χλωρίωσης κατά την απολύμανση επιλέγεται η χρήση της ποσότητας η οποία είναι απολύτως απαραίτητη. Για το λόγο αυτό το επιθυμητό όριο έχει οριστεί για το υπολειμματικό χλώριο στα 0.2 mg/l. Ανησυχία συνεπώς πρέπει να μας προκαλέσει το εύρημα ότι στην περιοχή 2 για το διάστημα 2013-2018 το υπολειμματικό χλώριο την άνοιξη αυξήθηκε κατά 50 φορές με ότι επιπτώσεις μπορεί να συνεπάγεται αυτή η αύξηση στο σχηματισμό επικίνδυνων παραπροϊόντων.

Οι εποχιακές μεταβολές που παρατηρήσαμε σε κάποια από τα δείγματα που αναλύθηκαν μπορεί εν μέρει να οφείλονται σε σειρά προβλημάτων όπως:

- Φυσικές καταστροφές όπως π.χ. περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης (Figueras and Borrego, 2010; Davison et al., 2005)
- αστοχία των διεργασιών απολύμανσης (Figueras and Borrego, 2010)
- παροχή ανεπεξέργαστου νερού εκτός των ορίων (Davison et al., 2005)
- ακατάλληλες ή ανεπαρκείς διεργασίες επεξεργασίας ή απολύμανσης (Davison et al., 2005)
- ανεπαρκής υποδομή ή ανθρώπινοι πόροι (Davison et al., 2005)
- αστοχία/δυσλειτουργία του συστήματος ελέγχου (Davison et al., 2005)
- χρήση μη καθαρών χημικών και υλικών κατά την επεξεργασία (Davison et al., 2005)
- λανθασμένη δοσομέτρηση χημικών (Davison et al., 2005)
- ανεπαρκής ανάμιξη των χημικών (Davison et al., 2005)
- αστοχία του μηχανισμού παρακολούθησης (Davison et al., 2005)
- διακοπές στη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας (Davison et al., 2005)

Συνεπώς η παρακολούθηση της ομαλής λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας νερού και η έγκαιρη αναγνώριση και επίλυση των προβλημάτων είναι απαραίτητη για την παροχή πόσιμου νερού στους καταναλωτές. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι μία αστοχία στο μετρητικό εξοπλισμό ή του συστήματος παρακολούθησης μπορεί να οδηγήσει σε μη έγκαιρη διάγνωση των προβλημάτων λειτουργίας της μονάδας με αποτελέσματα τη παροχή νερού στους καταναλωτές το οποίο είναι εκτός των προδιαγραφών που ορίζει ο νόμος και το οποίο μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την υγεία των καταναλωτών.

Να επισημάνουμε εδώ ότι παρατηρήσαμε σχεδόν στο σύνολο των εποχιακά ταξινομημένων δειγμάτων μια βελτίωση της ποιότητας του πόσιμου νερού και μείωση του μικροβιακού φορτίου τα τελευταία χρόνια, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί είτε στη καλύτερη λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας του πόσιμου νερού είτε στη πραγματοποίηση πιο αυστηρών ελέγχων και την έγκαιρη ανίχνευση και αντιμετώπιση των προβλημάτων.

Στην Ελλάδα, το νομοθετικό πλαίσιο για το πόσιμο νερό ορίζεται στην Υγειονομική Διάταξη ΚΥΑ Υ2/2600/2001 «Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσής», η οποία τροποποιήθηκε με την υπ' αριθμ. ΔΥΓ2/Γ.Π./ 38295 / 26-04-2007 (ΦΕΚ 630B) σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/EC (Drinking Water Directive). Η Οδηγία 98/83/EC ορίζει την ελάχιστη αποδεκτή ποιότητα που οφείλει να χαρακτηρίζει το πόσιμο νερό στα κράτη μέλη της, καθορίζοντας τις φυσικές, μικροβιολογικές, χημικές και ενδεικτικές παραμέτρους (συνολικά 48 παραμέτρους) και την απαιτούμενη συχνότητα παρακολούθησης αυτών για την προστασία της δημόσιας υγείας. Οι προτεινόμενες τιμές έχουν βασιστεί σε γενικές γραμμές στις κατευθυντήριες οδηγίες του ΠΟΥ. Σύμφωνα με την οδηγία οι αρμόδιες αρχές πρέπει να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να μην εντοπίζονται παθογόνοι μικροοργανισμοί, παράσιτα και λοιπές ουσίες μέσα στο πόσιμο νερό και οι οποίοι αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Για το λόγο αυτό το νερό πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις όπως αυτές περιγράφονται στην ΚΥΑ. Σύμφωνα λοιπόν με το παράρτημα που περιλαμβάνει τις υποχρεωτικές τιμές των παραμέτρων (μικροβιολογικές και χημικές) τόσο η *E. Coli* όσο και οι εντερόκοκκοι πρέπει να μην εντοπίζονται σε δείγματα πόσιμου νερού (0/100 ml). Ο έλεγχος για εντερόκοκκους είναι ένας επιπρόσθετος δείκτης για την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας του νερού. Μάλιστα τα όρια που περιγράφονται στην ΚΥΑ και στην Ευρωπαϊκή Οδηγία είναι αυστηρότερα από του ΠΟΥ του 2011.

Ωστόσο σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας εντοπίστηκε μεγάλος αριθμός δειγμάτων επιμολυσμένος με *E. Coli* και εντερόκοκκους. Συγκεκριμένα μετά την ταξινόμηση εποχιακά των δειγμάτων:

- Για την περιοχή 1 ανιχνεύτηκε *E. Coli* και εντερόκοκκοι σε 20 από τα 23 εποχιακά διαστήματα (87%)
- Για την περιοχή 2 ανιχνεύτηκε *E.Coli* σε 10/23 (43%) και εντερόκοκκοι σε 9/23 (39%)
- Για το περιοχή 4 ανιχνεύτηκε *E.Coli* σε 7/19 (37%) και εντερόκοκκοι σε 8/19 (42%)

Επιπροσθέτως σύμφωνα με την ΚΥΑ, μηδενικές τιμές ισχύουν και για την ανίχνευση του *Clostridium Perfringens* (0/100 ml), για τα κολοβακτηριοειδή (0/100 ml), τον αριθμό αποικιών σε 22°C και 37°C (ο οποίος πρέπει να είναι άνευ ασυνήθους μεταβολής) και το υπολειμματικό χλώριο να μην ανευρίσκεται σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τις απαιτούμενες για το σκοπό της χρήσης του. Για τις παραπάνω παραμέτρους ο ΠΟΥ δεν ορίζει μέγιστες τιμές καθώς δε θεωρούνται καθαυτές επικίνδυνες ενώ οι τιμές που επιτυγχάνονται με τη επεξεργασία του πόσιμου νερού είναι χαμηλότερες από τις οριακές τιμές που θα μπορούσαν να αποτελέσουν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρατηρούνται διαφορές στο μικροβιολογικό φορτίο μεταξύ των μεγάλων πόλεων στην Β.Δ.Ελλάδα. Διαφορές παρατηρήθηκαν και μεταξύ των διαφορετικών εποχών ενώ κατά το διάστημα 2013-2018, κατά το οποίο πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία, παρατηρήθηκε μια σταδιακή βελτίωση της ποιότητας των υδάτων με μείωση του μικροβιακού φορτίου. Ωστόσο στατιστική σημαντική διαφορά εντοπίστηκε κυρίως μόνο μεταξύ των πληθυσμών ΟΜΧ 22°C και 37°C.

Συμπερασματικά, η ποιότητα του πόσιμου νερού στην Β.Δ. Ελλάδα έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια αν και χρήζει ιδιαίτερου προβληματισμού το γεγονός ότι σε μεγάλο ποσοστό υπάρχουν δείγματα με τιμές εκτός των φυσιολογικών ορίων. Το μικροβιακό φορτίο της περιοχής 1 ήταν υψηλότερο από ότι της περιοχής 2 και της περιοχής 4. Οι ποσότητες χλωρίου που ανιχνεύτηκαν ήταν κοντά στο το επιθυμητό όριο των 0.2mg/L με εξαίρεση τους ανοιξιάτικους μήνες στην περιοχή 2 όπου σημειώθηκε μια ραγδαία αύξηση της συγκέντρωσης χλωρίου, με τους κινδύνους που ελλοχεύει για τους καταναλωτές η παραγωγή παραπροϊόντων του χλωρίου. Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για τις δημόσιες υπηρεσίες ύδρευσης ώστε να εντοπίσουν έγκαιρα και να επιλύσουν όλα τα προβλήματα και κινδύνους που υπάρχουν στο σύστημα ύδρευσης και να προμηθεύσουν πόσιμο νερό πλήρως απαλλαγμένο από οποιοδήποτε μικροβιακό φορτίο στους καταναλωτές, χωρίς κανένα κίνδυνο για τη δημόσια υγεία.

5. Περίληψη στην Ελληνική

Το νερό είναι ένα φυσικό αγαθό το οποίο για να γίνει κατάλληλο προς ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία και έλεγχο. Στις μονάδες επεξεργασίας νερού πραγματοποιείται η απομάκρυνση όλων των ανεπιθύμητων συστατικών ώστε να επιτευχθούν οι καθορισμένες παραμετρικές τιμές που καθορίζονται από τις Εθνική Νομοθεσία και την Ευρωπαϊκή Οδηγία και οι οποίες είναι απαιτητές για την ανθρώπινη κατανάλωση και τη προστασία της δημόσιας υγείας. Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας ήταν να ψηφιοποιηθούν και να αναλυθούν δεδομένα μικροβιολογικών αναλύσεων (ΟΜΧ 37°C και 22°C, *Escherichia coli*, Ολικά κολοβακτηριοειδή, εντερόκοκκοι, εντερόκοκκοι παχέος εντέρου, *Clostridium perfringens*, ψευδομονάδα) που πραγματοποιήθηκαν το διάστημα 2013-2018 στη Βορειοδυτική Ελλάδα και να συσχετιστούν με φυσικοχημικές αναλύσεις και συγκεκριμένα το υπολειμματικό χλώριο. Τα αρχεία ψηφιοποιήθηκαν αρχικά με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 365 ανά έτος και εποχή και τα δεδομένα εισήχθησαν στο πρόγραμμα IBM SPSS Statistics Version 20.0 μέσω του οποίου υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι, οι τυπικές αποκλίσεις και οι διάμεσοι. Τέλος πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (one way anova) για να εντοπιστούν τυχόν διακυμάνσεις μεταξύ των τιμών των παραμέτρων ανά εποχή. Η ποιότητα του πόσιμου νερού στην ΒΔ Ελλάδα έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια αν και χρήζει ιδιαίτερου προβληματισμού το γεγονός ότι εντοπίστηκαν δείγματα με μικροβιακές τιμές εκτός των φυσιολογικών ορίων. Η έγκαιρη ανίχνευση και αντιμετώπιση των προβλημάτων στο σύστημα ύδρευσης είναι σημαντική ώστε ο καταναλωτής να προμηθεύεται πόσιμο νερό πλήρως απαλλαγμένο από οποιοδήποτε μικροβιακό φορτίο και χωρίς κανένα κίνδυνο για τη δημόσια υγεία.

6. Περίληψη στην Αγγλική

Water is the most abundant natural resource which, in order to be suitable for human consumption, must undergo the appropriate treatment. Water treatment plants remove all undesirable components in order to achieve the standards defined by the Greek National Legislation and the European Directive for the protection of public health. The aim of this postgraduate thesis was to digitize and analyse the microbiological records (Aerobic Colonies Count at 37°C and 22°C, *Escherichia coli*, Total Coliforms, Enterococcus, Intestinal Enterococci, *Clostridium Perfringens*, *Pseudomonas*) collected from 2013 to 2018 in North-western Greece and to associate them with the chlorine residue. The records were originally digitized using the Microsoft Excel 365 program (per year and season). The averages, standard deviations, and medians were calculated with the statistical software IBM SPSS Statistics Version 20.0. One-way Anova analysis was performed to identify any differences between the parameter values per season. The quality of drinking water in north-west Greece has improved considerably in recent years. However, the detection of microbial values (especially for *E. Coli*) outside the normal range should alarm the authorities and motivate them to address the problems detected, as early as possible, in order to provide drinking water completely free of any microbial load.

7. Βιβλιογραφία

- Adarsh, S. and Mahantesh, B. (2006) Personal Communication. Resident Doctors of Medicine. Hanagal Shree Kumareshwara Hospital, Bagalkot, Karnataka, India.
- Alberts, E.E., Schuman, G.E., and Burwell, R.E., (1978) Seasonal runoff losses of N and P from Missouri Valley loess watersheds. *J Environ Quality* 7, 203-208.
- Armstrong D. E., and Rohlick, G.A. (1970) Effects of Agricultural pollution on eutrophication. *Agricultural practices and water quality*. Iowa State University Press.
- Augustyn A, Bauer P, Duignan B, Eldridge A, Gregersen E, J.E. Luebering, McKenna A, Petruzzello M, John P. Rafferty, Ray M, Rogers K, Tikkanen A, Wallenfeldt J, Zeidan A, and Zelazko A. The Water Cycle. *Encyclopedia Britannica*.
- Campbell, N.A., Williamson, B., Heyden, R.J. (2006) *Biology: Exploring Life*. Boston, Massachusetts: Pearson Prentice Hall.
- Clostridium perfringens*, 2015, Center for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/foodsafety/diseases/clostridium-perfringens.html>
- Cox, B.A. (2003) A review of currently available in-stream water quality models and their applicability for simulating dissolved oxygen in lowland rivers. *Sci Total Environ* 314-316: 335-377
- Damikouka, I., Katsiri, A. & Tzia, C. (2007) Application of HACCP principles in drinking water treatment. *Desalination* 210: 138-145
- Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Fewtrell, L., Deere, D. & Bartram, J. 2005 *Water Safety Plans: Managing Drinking-water Quality from Catchment to Consumer*. WHO/SDE/WSH/05.06. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Ebbing, D.D., Gammon, S.D. (2011) *Γενική Χημεία*. Νικόλαος Δ. Κλούρας: μετάφραση. Έκτη Έκδοση, Αθήνα.
- Hulburt. E.O. (1945) Optics of distilled and natural water. *J Opt Soc Am* 35(11): 698-705
- European Environment Agency, (2003) *Europe's water: An indicator-based assessment Summary* Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2003. ISBN 92-9167-576-8.
- Fergusson, J.E. (1990) *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*. Pergamon Press, Oxford.

- Figueras, M. and Borrego, J. J. (2010) New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. *Intl J Environ Res Public Health* 7: 4179-4202
- Wang, G., Doyle, M.P. (1998) Survival of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 in water, *J Food Prot* 61(6): 662-667.
- Geeson, N.A., Abrahams, P.W., Murphy, M.P. and Thornton, I. (1997). Fluorine and metal enrichment of soils and pasture herbage in the old mining areas of Derbyshire, UK. *Agric Ecosyst Environ* 68: 217-231.
- Gleick, P.H. (1993) *Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources*. Oxford University Press.
- Grandjean, A. (2004). *Water Requirements, Impinging Factors, and Recommended Intakes*. World Health Organization.
- Harte, J., Holden, C., Schnieder, R., and Shirley, C. (1991) *Toxics A to Z*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- Havelaar, A. H. (1994) Application of HACCP to drinking water supply. *Food Control* 5: 145-152.
- Terada, I., Toda, H., Iwamoto, J., Umemura, K. (2001) Method and apparatus for producing deionized water. Patent WO1997034696A1
- Karagiannis, I.C., Soldatos, P.G. (2008) Water desalination cost literature: review and assessment. *Desalination* 223(1-3): 448-456.
- Filson, J.L., Carrera, W.R., Bhave, R.R. (1996) Ultra pure water filtration. Patent US5518624A
- McMurry, J. (2012) *Οργανική Χημεία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης*.
- Kleijnen, R.G. (2011) *The Chlorine Dilemma*, Eindhoven University of Technology.
- Langard, S. (1980) Chapter 4 in "Metals in the Environment" Waldron, H.A. (Ed.), Academic Press, London.
- Leo, M.L. and Dekkar, M. (200) *Hand Book of Water Analysis* Marcel Dekker, New York.
- Madigan, M.Y., Martinko, J.M., Parker, J. (2005) *BROCK: Βιολογία των μικροοργανισμών, Τόμος Ι, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης*.
- Nas, B. and Berktaş, A. (2006) Groundwater contamination by nitrates in the city of Konya (Turkey): a GIS perspective. *J Environ Manag* 79: 30-37
- Nyamangara, J., Jeke, N., Rurinda, J. (2013) Long term nitrate and phosphate loading river water in the Upper Manyame catchment, Zimbabwe. *Water SA* 39(5): 637-642.

- Murray, P.R., Rosenthal, K.S., Pfaller, M.A. (2012) Ιατρική Μικροβιολογία, 5η έκδοση. Εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε.
- Schwarzenbach, R.P., Egli, T., Hofstetter, T.B. (2010) Global water pollution and human health. *Annu Rev Environ Resour* 35:109-136.
- Sawyer, C.N., McCarthy, P.L., Parkin, G.F. (1994) *Chemistry for Environmental Engineering and Science* (4th ed.), McGraw-Hill International Edition, New York, pp. 365-577.
- Siegel, O., (1972). Die optimale landw. Nutzung der Biosphäre in ihrer Beziehung zur Umweltverschmutzung. BASF Ludwigshafen.
- Tchobanoglous, G., and Schroeder, E.E. (1985) *Water quality: Characteristics, modeling, modification*. United States.
- Vandas, S.J., Winter T.C., Battaglin, W.A. (2002) *Water and the environment* American Geological Institute in cooperation with Bureau of Reclamation, National Park Service, U.S. Army Corps of Engineers, USDA Forest Service, U.S. Geological Survey, ISBN: 0-922152-63-2.
- Vander, A., Sherman, J., Luciano, D. (2011) *Human Physiology: The Mechanisms of Body Function*, 8^η Έκδοση, Μετάφραση: Ν. Γελαδάς, Μ. Τσακόπουλος, Εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης.
- World Health Organization (1993) *Guidelines for Drinking Water Quality*. Volume 1,2,3 Second Edition.
- Ανδρικόπουλος, Ν. (2015) *Τροφογνωσία, Περιγραφική Χημεία και Τεχνολογία Τροφίμων*, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολόγίας – Διατροφής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Νικολαΐδης, Ν.Π. (2005) *Υδατική Χημεία-Θεωρία, Μοντέλα και Περιβαλλοντικές Εφαρμογές*. Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Νταρακάς, Ε. (2014) *Ποιοτικά χαρακτηριστικά και Διεργασίες επεξεργασίας νερού*, Θεσσαλονίκη.
- Σίσκος, Π.Α. και Σκούλλος, Μ. Ι. (1990) *Περιβαλλοντική Χημεία ΙΙ. Σημειώσεις Μαθήματος*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών-Τμήμα Χημείας.
- Σίσκος, Π.Α. και Σκούλλος, Μ. Ι. (1992) *Περιβαλλοντική Χημεία Ι. Σημειώσεις Μαθήματος*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών-Τμήμα Χημείας.