



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΙΑΤΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
«ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ (ΒΒΕ)»
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (ΜΔΕ)

**ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΠΤΩΞΕΙΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ:
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ, ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ
ΣΤΟΥΣ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΚΑΡΑΒΑΣΙΑΗ ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ

2019



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΙΑΤΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
«ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ (ΒΒΕ)»
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (ΜΔΕ)

**ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΠΤΩΞΕΙΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ:
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ, ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ
ΣΤΟΥΣ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΚΑΡΑΒΑΣΙΑΗ ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

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)».

ΚΑΡΑΒΑΣΙΑΗ ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ

«ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ (ΒΒΕ)»

12-04-2019

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΜΕΛΟΣ: ΤΣΙΛΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΜΕΛΟΣ: ΒΕΖΥΡΑΚΗ ΠΑΤΡΩΝΑ

Ο Δ/ΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΜΣ

**Η ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ (BBE)» του τμήματος Ιατρικής, του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Ως την ελάχιστη δυνατή μνεία, με την παρούσα παράγραφο θα ήθελα να απευθύνω θερμές *ευχαριστίες* προς όλους όσοι συνέβαλαν στην εκπόνησή της διπλωματικής εργασίας και ιδιαίτερα:

Τον Διευθυντή του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ (BBE)» κ. Αγγελίδα Χαράλαμπο, Καθηγητή Γενικής Βιολογίας, ο οποίος μου παρείχε την πολύτιμη ευκαιρία να παρακολουθήσω το συγκεκριμένο πρόγραμμα.

Τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ευαγγέλου Ευάγγελο, Επ. Καθηγητή Υγιεινής και Επιδημιολογίας, για τη σημαντική υποστήριξή του και τις παραγωγικές υποδείξεις του, συμβάλλοντας τα μέγιστα για την κατάρτιση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τον κ. Τσιλίδη Κωνσταντίνο, Επ. Καθηγητή Υγιεινής και Επιδημιολογίας (μέλος συμβουλευτικής επιτροπής), Επιστημονικό υπεύθυνο της Μονάδας Υγιεινής Νερών και Τροφίμων, καθώς και το προσωπικό του εν λόγω εργαστηρίου για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν και για την παροχή πολύτιμων οδηγιών.

Την κα Βεζυράκη Πατρώνα, Καθηγήτρια Φυσιολογίας (μέλος), η οποία συνέβαλε *καθοριστικά* στη συνολική πορεία μου στο εν λόγω πρόγραμμα, με την αμέριστη στήριξη και το άριστο κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες τέλος θα ήθελα να απευθύνω προς την *οικογένειά μου* και προς όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους για την υποστήριξη και την ανοχή που έδειξαν στις προτεραιότητες που επέβαλε η παρακολούθηση του Μεταπτυχιακού Προγράμματος.

Ιωάννινα, Απρίλιος 2019

Καραβασίλη Νικολέττα

“All people, whatever their stage of development and social and economic condition, have the right to have access to drinking water in quantities and of a quality equal to their basic needs.” (UN Conference at Mar del Plata, 1977).

«Όλοι οι άνθρωποι, ανεξάρτητα από το στάδιο ανάπτυξης τους και την κοινωνική και οικονομική κατάσταση που βρίσκονται, έχουν το δικαίωμα να έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό σε ποσότητες και ποιότητα ίση με τις βασικές ανάγκες τους.» (Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στο Mar del Plata, 1977).



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Βαδίζοντας σε μία εποχή με ραγδαίες εξελίξεις στον κοινωνικό, πολιτικό και οικονομικό κόσμο, δεν θα μπορούσε να παραμείνει ανεπηρέαστο το φυσικό περιβάλλον στο οποίο άλλωστε εξελίσσονται τα γεγονότα αυτά. Ο άνθρωπος θέλοντας συνεχώς να κατακτήσει νέους στόχους έχει συμβάλλει έως τώρα, σε σημαντικές μεταβολές στο περιβάλλον στο οποίο ζει. Ένας από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους, για την επιβίωση του ανθρώπου, στον πλανήτη μας αποτελεί το νερό. Ο ίδιος ο άνθρωπος αλλά και τα ζώα σε σημαντικό ποσοστό αποτελούνται από νερό, όμως το νερό αποτελεί και σημαντικό μέρος της διατροφής τους. Επίσης χρησιμοποιείται σημαντικά στην γεωργία, την κτηνοτροφία, την βιομηχανία αλλά και την παραγωγή ενέργειας. Αναλογιζόμενοι τη σημαντικότητα του νερού στην επιβίωση του ανθρώπου, καθώς επίσης και ορισμένους παράγοντες όπως η συνεχής μόλυνση του περιβάλλοντος και ο υπερπληθυσμός του πλανήτη μας, αντιλαμβανόμαστε στην πραγματική της διάσταση την αυξανόμενη ανάγκη για καθαρές ποσότητες νερού σε ένα πλανήτη που το υδάτινο στοιχείο του μολύνεται συνεχώς.

Η επιστήμη από την πλευρά της, μπροστά στην ανάγκη ελέγχου και πιστοποίησης της καταλληλότητας του νερού, καθιέρωσε μια σειρά αναλύσεων μικροβιολογικών αλλά και φυσικοχημικών. Σύμφωνα με τα εκάστοτε όρια των αναλύσεων κάθε δείγμα νερού προς ανθρώπινη κατανάλωση, ελέγχεται με συγκεκριμένες τεχνικές ώστε να εκτιμούνται τα χαρακτηριστικά του και να πιστοποιείται αν είναι κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο ή όχι. Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται σε κατάλληλα εργαστήρια εξοπλισμένα με εξειδικευμένα μηχανήματα και με αυστηρότητα στην συντήρηση, την αναβάθμιση και τον έλεγχο, τόσο των μηχανημάτων αυτών όσο και των διαδικασιών ελέγχου των υδάτων.

Από την πλευρά της η πολιτεία, καθιέρωσε νομοθετικά πλαίσια περί της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, με στόχο την διασφάλιση παροχής καθαρού νερού σε όλους τους πολίτες. Τα νομοθετικά πλαίσια αυτά αφορούν στους εκάστοτε υπευθύνους για την διασφάλιση της καθαρότητας του νερού, την σωστή παρακολούθηση του ελέγχου και της πιστοποίησής του καθώς και εκείνους για την επεξεργασία του ώστε να φτάσει το νερό στην καθαρή του μορφή.

Όπως είναι αναμενόμενο η κατανάλωση μολυσμένου νερού μπορεί να οδηγήσει σε λοιμώξεις με σημαντικό κίνδυνο για τον καταναλωτή. Πολλά κρούσματα σοβαρών λοιμώξεων έχουν εμφανιστεί κατά περιόδους έπειτα από κατανάλωση μολυσμένου νερού. Η αύξηση των υδατογενών λοιμώξεων συχνά συνδυάζεται με την παλαιότητα του δικτύου ύδρευσης από όπου το νερό φτάνει στον καταναλωτή. Δεν αποτελεί όμως τον μοναδικό λόγο. Κοπρανώδεις μολύνσεις του δικτύου από κοντινές κτηνοτροφικές μονάδες, χρησιμοποιούμενα φυτοφάρμακα παραγωγών που καταλήγουν στον υδροφόρο ορίζοντα αλλά και επιμόλυνση του με απόβλητα βιομηχανιών είναι ορισμένοι από τους λόγους μόλυνσης του νερού που φτάνει τελικά στον καταναλωτή. Τα αίτια, οι παράγοντες εμφάνισης, τα συμπτώματα και οι επιπτώσεις των υδατογενών λοιμώξεων θα αναλυθούν περαιτέρω στην συνέχεια της εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1. ΤΟ ΝΕΡΟ	15
1.1 ΥΠΑΡΧΟΝ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	16
1.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	17
1.2.1 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	18
1.2.1.1 Η γεύση και η οσμή.....	18
1.2.1.2 Το χρώμα.....	20
1.2.1.3 Η θολερότητα	20
1.2.2 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	21
1.2.2.3 Το pH.....	21
1.2.2.4 Η αγωγιμότητα	22
1.2.2.5 Τα χλωριούχα ιόντα.....	22
1.2.2.6 Το πυρίτιο	23
1.2.2.7 Τα θειικά.....	23
1.2.2.8 Η θερμοκρασία	23
1.2.2.9 Το ασβέστιο.....	24
1.2.2.10 Το μαγνήσιο	24
1.2.2.11 Το νάτριο	25
1.2.2.12 Το κάλιο	25
1.2.2.13 Η σκληρότητα.....	25
1.2.2.14 Τα στερεά	26
1.2.2.15 Τα φυτοφάρμακα	27
1.2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	28
1.2.4 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	28
1.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	30
1.3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	32
1.3.1.1 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων (Most Probable Numbers-MPN)	32
1.3.1.2 Μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης (Membrane Filters- MF).....	34
1.3.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	36

1.3.2.1 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών (total coliforms) – δοκιμασία υποψίας εμπλουτισμός	37
1.3.2.2 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών – δοκιμασία επιβεβαίωσης	37
1.3.2.3 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος κοπρανώδων κολοβακτηριοειδών (faecal coliforms) – διαφοροποιητική δοκιμασία.....	38
1.3.2.4 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος για ανίχνευση E. Coli	38
1.3.2.5 Μέθοδος διήθησης.....	39
1.3.2.6 Έλεγχος των δεικτών E. coli με μοριακές τεχνικές	40
1.3.2.7 Ανίχνευση κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους (coliphages)	40
1.4 ΜΟΝΑΔΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΝΕΡΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	41
1.4.1 Μικροβιολογικές Αναλύσεις	42
1.4.2 Φυσικοχημικές Αναλύσεις	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	45
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	45
2. ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ	46
2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΔΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΟΙΜΩΞΕΩΝ	49
2.1.1 Λοιμώξεις που προκύπτουν από το νερό (Υδατοφερόμενα).....	50
2.1.2 Λοιμώξεις με βάση το νερό	50
2.1.3 Λοιμώξεις που διαδίδονται μέσω του νερού	50
2.1.4 Λοιμώξεις που σχετίζονται με το περιβαλλοντικό νερό.....	51
2.2 ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ.....	51
2.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ.....	54
2.4 ΚΡΟΥΣΜΑΤΑ ΥΔΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΟΙΜΩΞΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ	57
2.5 ΚΡΟΥΣΜΑΤΑ ΥΔΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΟΙΜΩΞΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	67
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ.....	70
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	70
3.1 Σκοπός.....	72
3.2 Μεθοδολογία	72
3.3 Δείγμα μελέτης.....	73
3.4 Στατιστική ανάλυση	73
3.5 Αποτελέσματα	73
3.5.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις.....	75
3.5.2 Φυσικοχημικές αναλύσεις	98

3.6 Συζήτηση	112
3.7 Περιορισμοί και Δυναμικά σημεία της Μελέτης.....	117
3.8 Συμπεράσματα.....	117
Περίληψη.....	119
Abstract	120
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	121
 Πίνακας 1: Μικροβιολογικοί παράγοντες και μικρόβια δείκτες	29
 Εικόνα 1: Ποσότητα νερού στην επιφάνεια της γης.....	14
Εικόνα 2: Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων	33
Εικόνα 3: Απομόνωση μικροοργανισμών	34
Εικόνα 4: Μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης	35
Εικόνα 5: Τεχνολογικός εξοπλισμός.....	41
Εικόνα 6: Legionella spp. & Intestinal enterococci	42
Εικόνα 7: Τεχνολογικός εξοπλισμός.....	43
Εικόνα 8: Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων.....	44
Εικόνα 9: Κατάταξη υδατογενών επιδημιών	48
Εικόνα 10: Παθογόνοι παράγοντες υπεύθυνοι για υδατογενείς λοιμώξεις	52
Εικόνα 11: Συνηθέστερα βακτήρια του νερού.....	53
Εικόνα 12: Μοντέλο αλληλεπίδρασης μεταξύ των κλιματικών αλλαγών, των υδατογενών λοιμώξεων και του ανθρώπου	55
Εικόνα 13: Περιοχές εμφανίσεις των υδατογενών λοιμώξεων	58
Εικόνα 14: Συγκεντρωτικός πίνακας μελέτης των αιτιολογιών εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής απο το 2013 έως το 2014.....	59
Εικόνα 15: Συγκεντρωτικός πίνακας των αιτιών εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής απο το 2011 έως το 2012.....	61
Εικόνα 16: Γράφημα που απεικονίζει την αιτιολογία των εμφανιζόμενων λοιμώξεων κατά την χρονική περίοδο από το 1971 έως το 2012	62
Εικόνα 17: Γράφημα απεικόνισης των κρουσμάτων κρυπτοσπορίωσης και Gardia από το έτος 1954 έως το 2014	63
Εικόνα 18: Γραφική απεικόνιση των εμφανιζόμενων κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας έπειτα από κατανάλωση νερού βρύσης.....	65
Εικόνα 19: Συγκεντρωτικός πίνακας κρισιμότητας των κρουσμάτων ανά περίπτωση, έπειτα από την κατανάλωση νερού βρύσης	66
Εικόνα 20: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης των κινδύνων ανά περίπτωση, έπειτα απο την κατανάλωση νερού βρύσης	66
Εικόνα 21: Συγκεντρωτικός πίνακας των καταγεγραμμένων υδατογενών λοιμώξεων με άμεση αιτιολογία την μόλυνση από κάποιο βακτήριο για την Ελλάδα	68
Εικόνα 22: Συγκεντρωτικός πίνακας των καταγεγραμμένων υδατογενών λοιμώξεων με άμεση αιτιολογία την μόλυνση από κάποιο ιό στην Ελλάδα	69

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

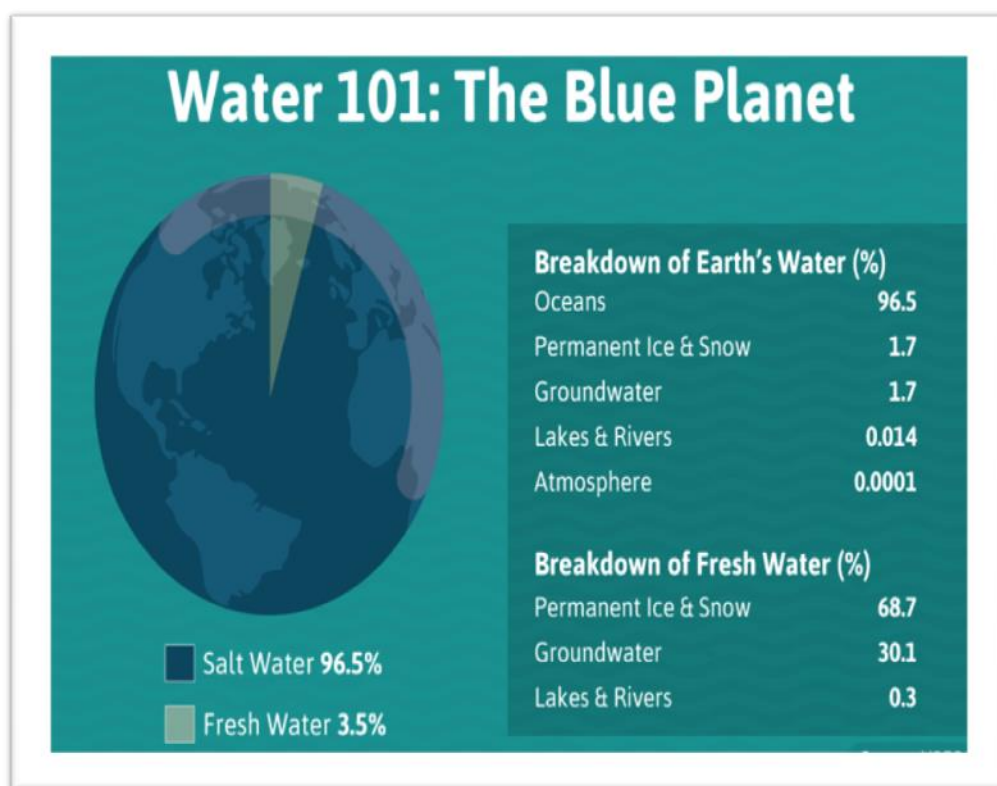
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι ευρέως διαδεδομένο στον γαλαξία και ιδιαίτερα στη Γη, διαδραματίζοντας θεμελιώδη ρόλο, καθώς ελέγχει τη ρεολογία της βαθιάς Γης και έχει μια επιρροή ελέγχου στη σύνθεση της ατμόσφαιρας και στις κλιματολογικές διεργασίες, καθιστώντας το απαραίτητο για όλες τις μορφές ζωής. Το νερό στη Γη κινείται συνεχόμενα μέσω του «κύκλου του νερού» που περιλαμβάνει την εξάτμιση (κυρίως των θαλασσών), τη μεταφορά της υγρασίας, τη συμπύκνωση, την κατακρήμνιση (με βροχή, χιόνι, χαλάζι) και την αποστράγγιση με την οποία το μεγαλύτερο ποσοστό επιστρέφει στις θάλασσες. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ήρεμη επανάσταση στην κατανόηση του ύδατος στο εσωτερικό Ηλιακό Σύστημα. Το υγρό νερό θεωρήθηκε κάποτε ως το μόνο προστατευτικό μέρος του πλανήτη Γη, τοποθετημένο στην κατοικήσιμη ζώνη (Goldilocks zone), στην οποία πλανήτες επαρκώς παρόμοιοι με τη Γη, θα μπορούσαν να στηρίξουν την ανθρώπινη ζωή (Ziebland et al., 2019). Ενώ υπάρχουν δεδομένα για το νερό σε διάφορα συστήματα του Ηλιακού Συστήματος (Γη, Σελήνη και Άρη), η ακριβής αφθονία του στους πλανήτες, ακόμα και στη Γη, είναι περιορισμένη. Η αιτία αυτής της εξάντλησης δεν είναι ξεκάθαρη: μπορεί να κληρονομείται ή να οφείλεται σε απώλεια κατά τη διάρκεια των επιπτώσεων ή σε ένα μείγμα των δύο διαδικασιών (Russell et al., 2017). Το νερό καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της γης (Εικόνα 1) και συνθέτει το μεγαλύτερο μέρος του ανθρώπινου σώματος, κάτι που μπορεί να απεικονίσει τους κρίσιμους δεσμούς μεταξύ ύδατος, υγείας και οικοσυστημάτων (Quattrini et al., 2016). Το νερό καλύπτει πάνω από το 70% της επιφάνειας της Γης και αναγνωρίζεται γενικά ως ανανεώσιμος πόρος. Ωστόσο, αντίθετα, η διαθεσιμότητα γλυκού νερού περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών σε μεγάλο μέρος της μάζας του πλανήτη και δημιουργεί μείζονες προκλήσεις για την ανθρώπινη κοινωνία στο σύνολό της. (Blatt et al., 2014). Μόνο το ένα τρίτο του δυναμικού γλυκού νερού στον

κόσμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανθρώπινες ανάγκες. Καθώς η ρύπανση αυξάνεται, η ποσότητα του χρησιμοποιήσιμου νερού μειώνεται. Το νερό συμβάλλει σημαντικά στην υγεία και η καλή υγεία είναι η ουσία της ανάπτυξης (Quattrini et al., 2016). Το νερό έχει ιδιαίτερη σημασία για τους *επιδημιολόγους*, των οποίων η ίδια η επιστήμη ιδρύθηκε με την υδατοειδή χολέρα στο Λονδίνο του 19ου αιώνα. Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι αυτές οι εκδηλώσεις έχουν καταγραφεί στην ιστορία και ότι η επεξεργασία και η απολύμανση των υδάτων έχουν σταματήσει τη μετάδοση των ασθενειών σε αναπτυγμένες χώρες μία για πάντα, εκτός από περίεργες περιπτώσεις όταν τα πράγματα πάνε στραβά (Hunter et al., 2005). Ένας από τους παράγοντες κινδύνου για τη διάρροια είναι το ανασφαλές πόσιμο νερό. Το μικροβιολογικά μολυσμένο πόσιμο νερό έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει εκτεταμένες εκρήξεις ασθένειας λόγω του μεγέθους των πληθυσμών που εξυπηρετούνται από το σύστημα διανομής (Grilc et al., 2015). Επομένως το ασφαλές πόσιμο νερό είναι ζωτικής σημασίας για τους ανθρώπους και τις άλλες μορφές ζωής.

Εικόνα 1: Ποσότητα νερού στην επιφάνεια της γης



Πηγή: Quattrini et al., 2016.

1. TO NEPO

Το νερό, μια ένωση με τεράστια σημασία για την εμφάνιση της ζωής αλλά και την διατήρησή της στον πλανήτη γη, αποτελεί την πλέον διαδεδομένη ανόργανη χημική ένωση η οποία καλύπτει την επιφάνεια του πλανήτη σε ποσοστό 70,9%. Το νερό αντιπροσωπεύει μια κρίσιμη θρεπτική ουσία, η απουσία της οποίας θα είναι θανατηφόρα εντός ημερών (World Health Organization-WHO, 2008). Μπορεί να ακολουθεί και τις τρεις καταστάσεις της ύλης υγρή, στερεή (πάγος) και αέρια (υδρατμός). Ως προς την εμφάνισή του είναι άγευστο, άοσμο, σχεδόν άχρωμο και διαυγές. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως όταν βρίσκεται σε βαθιά στρώματα εμφανίζει μια γαλάζια χροιά όπως παρατηρείται σε λίμνες, θάλασσες και ωκεανούς (Debenedetti & Klein, 2017). Το νερό έχει χαρακτηριστεί ως «παγκόσμιος διαλύτης» λόγω της διάλυσης πολλών ουσιών σε αυτό. Η ιδιότητά του αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να μην απαντάται σε μεγάλη καθαρότητα στην φύση. Εκτός της καθαρότητάς του όμως, παρατηρούνται και αλλαγές στις ιδιότητες μεταξύ των διαλυμάτων νερού και της καθαρής ένωσης. Πολλές από τις αλλαγές των ιδιοτήτων του νερού και των διαλυμάτων του, έχουν χρησιμοποιηθεί από τις ειδικούς ώστε να διαπιστώνεται η καταλληλότητά του για κατανάλωση από τον άνθρωπο (Pohorille & Pratt, 2012). Δεν είναι όμως όλες οι ενώσεις διαλυτές στο νερό, ορισμένες ενώσεις διαλύονται μόνο μερικώς ενώ άλλες είναι εντελώς αδιάλυτες όπως τα έλαια, τα λίπη και οι μη πολικές ενώσεις (Ball, 2017). Όπως προαναφέρθηκε το νερό αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο του πλανήτη μας και είναι απαραίτητο για κάθε μορφή ζωής. Ο άνθρωπος και τα ζώα αποτελούνται σε ποσοστό 55-78% (κατά βάρος) από νερό ενώ τα ανθρώπινα κύτταρα σε ποσοστό 90%. Το μεγαλύτερο ποσοστό του πλανήτη μας επίσης, καλύπτεται από νερό με τους απέραντους ωκεανούς, τις θάλασσες, τις λίμνες και τα ποτάμια (Quattrini et al., 2016). Η ύπαρξη και κατανάλωσή του αποτελεί μείζον ζήτημα για την κοινωνία. Συνεχώς αυξάνονται παγκόσμια οι απαιτήσεις για νερό καλής ποιότητας. κυρίως για εκείνο που προορίζεται για κατανάλωση από τον άνθρωπο (WHO, 2008). Για τον λόγο αυτό υπήρξε η ανάγκη καθορισμού συγκεκριμένων διατάξεων με στόχο την διασφάλιση της ποιότητας του νερού που φτάνει στον καταναλωτή.

1.1 ΥΠΑΡΧΟΝ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το νερό έχει πολύ ευρύτερες επιδράσεις στην υγεία και την ευημερία των ατόμων, ενώ θέματα όπως η ποσότητα και η ποιότητα του παρεχόμενου νερού είναι σημαντικά και καθορίζουν την υγεία τόσο των ατόμων, όσο και ολόκληρων κοινοτήτων. Η πρώτη προτεραιότητα των κρατών θα πρέπει να είναι η παροχή πρόσβασης ολόκληρου του πληθυσμού σε κάποια μορφή βελτιωμένης παροχής νερού. Ωστόσο, η πρόσβαση μπορεί να περιοριστεί λόγω χαμηλής κάλυψης, χαμηλής συνέχειας, ανεπαρκούς ποσότητας, κακής ποιότητας και υπερβολικού κόστους σε σχέση με την ικανότητα και την προθυμία πληρωμής. Έτσι, όλα αυτά τα ζητήματα πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου να βελτιωθεί η δημόσια υγεία (WHO, 2008). Η Ελλάδα καθώς αποτελεί χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει θεσπίσει κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο για την καταλληλότητα του πόσιμου νερού, σε πλήρη συμμόρφωση με τις αντίστοιχες οδηγίες του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το Θεσμικό αυτό Πλαίσιο αποτελείται από τις ακόλουθες διατάξεις:

- Την διάταξη Υ2/ οικ. 2600/2001 ΚΥΑ (ΦΕΚ 892/Β/11.7.01), η οποία αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση με την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Την διάταξη Α5/288/8 (ΦΕΚ 53Β 379Β). Υγειονομική διάταξη που αφορά την ποιότητα του πόσιμου νερού σε εναρμόνιση με την οδηγία 80/778/ΕΟΚ. Στην οδηγία αυτή καθορίζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, την συχνότητα δειγματοληψιών καθώς και τις υποχρεώσεις του υπευθύνου, για την σύνταξη των τριετών εκθέσεων της ποιότητας του πόσιμου νερού.
- Την διάταξη Γ3α/761/68 Υγ. Διάταξη έπειτα από τροποποιήσεις (ΦΕΚ 189/68 Β, 988/74 Β), η οποία εμφανίζει συμπληρωματικές διατάξεις και καθορίζει τις ευθύνες των υπευθύνων ύδρευσης του νερού.
- Την διάταξη ΥΜ/5673/57 (ΦΕΚ 5/58Β) Υγ. Η διάταξη αυτή αναφέρεται στις μεθόδους απολύμανσης του νερού ύδρευσης.
- Την διάταξη Ε1β/221/65 (ΦΕΚ 138/τβ/24.2.65). Στην διάταξη αυτή προβλέπονται οι αποστάσεις ασφαλείας των πηγών υδροληψίας από τους χώρους διάθεσης λυμάτων.

- Τα άρθρα 8 έως και 17 του Υγειονομικού Κανονισμού, τα οποία αναφέρονται σε μέτρα για την προστασία των πηγών υδροληψίας και των συστημάτων ύδρευσης.
- Την Υπουργική Απόφαση Β1/οικ. 5508/98, σύμφωνα με την οποία αναγνωρίζονται τα εργαστήρια των Ιατρικών Σχολών, Θεσσαλονίκης, Ιωαννίνων, Πατρών, Κρήτης και Αθηνών ως Κέντρα Αναφοράς ελέγχου νερών.

Συγκεκριμένα οι οδηγίες για το πόσιμο νερό, καθορίζει τα πρότυπα για την ποιότητα του πόσιμου νερού, ελέγχοντας 48 παραμέτρους που πρέπει να ελέγχονται τακτικά από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που θα αναλυθούν παρακάτω.

1.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ως ποιότητα νερού ορίζεται το σύνολο των χαρακτηριστικών που καθιστούν το νερό αποδεκτό για την επιθυμητή χρήση του. Η χρήση του αυτή μπορεί να είναι η ύδρευση, η άρδευση, η χρήση του στην βιομηχανία, σε πισίνες κολύμβησης ακόμη και στην διαβίωση των ψαριών. Ο έλεγχος λοιπόν της ποιότητας του νερού αποτελεί τον έλεγχο και τον καθορισμό ορισμένων παραμέτρων, των παραμέτρων ποιότητας του νερού ή αντίστοιχα των παραμέτρων ρύπανσής του (Schenck et al., 2009: Davison et al., 2004). Αντίστοιχα λοιπόν, ως ρύπανση του νερού ορίζεται η ύπαρξη ουσιών σε αυτό πέραν των φυσιολογικών ορίων ή ακόμα και η ύπαρξη ουσιών που φυσιολογικά δεν εντοπίζονται σε αυτό (Chowdhury, 2018). Οι παράμετροι για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού, καθορίζονται από τα φυσικά, βιολογικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού και διακρίνονται στις εξής:

- Οργανοληπτικές Παράμετροι
- Φυσικοχημικές Παράμετροι
- Παράμετροι ελέγχου ρύπανσης, τοξικές και βιολογικές παράμετροι
- Μικροβιολογικές Παράμετροι (Davison et al., 2004).

Οι παραπάνω παράμετροι ελέγχονται και καθορίζονται ώστε να προσφέρουν γνώση αναφορικά με:

- Τις ενώσεις στις οποίες οφείλεται η παρουσία τους
- Τις επιπτώσεις της παρουσίας τους
- Τις μονάδες μέτρησής τους
- Το αν υπάρχει κάποια συσχέτιση με άλλη παράμετρο
- Τις μεθόδους προσδιορισμού τους
- Την αντιμετώπισή τους (Schenck et al., 2009).

1.2.1 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Οι παράμετροι αυτοί αναφέρονται κυρίως στα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού όπως είναι η εμφάνισή του και εκτιμώνται κυρίως υποκειμενικά. Χρησιμοποιούνται όμως και αριθμητικές τιμές για την καλύτερη εκτίμηση των αποτελεσμάτων ελέγχου (WHO, 2004). Στις παραμέτρους αυτές ανήκουν: α) η οσμή και η γεύση, β) το χρώμα και γ) η θολερότητα του νερού.

1.2.1.1 Η γεύση και η οσμή

Το νερό στην καθαρή του μορφή θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από οποιαδήποτε γεύση ή οσμή. Τα δυο αυτά χαρακτηριστικά συχνά μπορούν να συνδέονται και με το χρώμα του νερού και να προκύπτουν από την ύπαρξη διάφορων χημικών ουσιών στο νερό, άλλες διαλυμένες ουσίες ή από εν αιωρήσει οργανικές ουσίες σε αποσύνθεση (Kehoe et al., 2015). Ακόμα μπορεί να προκύπτουν από μικροοργανισμούς οι οποίοι βρίσκονται και αναπτύσσονται στο νερό ή ακόμα και από διαλυμένα στο νερό αέρια. Η δυσάρεστη γεύση στο νερό μπορεί να οφείλεται στα διαλυμένα άλατα που βρίσκονται σε αυτό (Total dissolved Solids, TDS) ή ακόμα στην παρουσία ορισμένων μετάλλων όπως ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn) και ο ψευδάργυρος (Zn) (Sengupta, 2013). Σε ότι αφορά τη γεύση του νερού, αυτή όταν είναι ευχάριστη οφείλεται στο O_2 και το CO_2 καθώς επίσης και στα διττανθρακικά άλατά του. Αντίστοιχα αυτή είναι άσχημη όταν στο νερό υπάρχουν διάφορες προσμίξεις όπως, φαινόλες, χλώριο, ουσίες σε σήψη, μεταλλικά ιόντα και μικροοργανισμοί (Hamasaki

et al., 2017). Αναφορικά με την *οσμή* του νερού, στην καθαρή του μορφή οποιαδήποτε οσμή απουσιάζει. Αντίθετα η ύπαρξη σε αυτό πτητικών ενώσεων που σχηματίζονται από την αποδόμηση οργανικής ύλης, προϊόντων διάβρωσης μετάλλων καθώς και χημικών γεωργικής και βιομηχανικής προέλευσης, έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία άσχημης οσμής στο νερό. Με την χρήση μεθόδων καθαρισμού του νερού, οι ουσίες αυτές που είναι υπεύθυνες για την δημιουργία της άσχημης οσμής στο νερό, μπορούν να απομακρύνονται από αυτό, με την χρήση στήλης καθαρισμού με ενεργό άνθρακα. Μετά την διέλευση του νερού από την στήλη αυτή οι ουσίες αυτές συγκρατούνται στον ενεργό άνθρακα και το νερό που προκύπτει είναι απαλλαγμένο από αυτές (Joshi & Amadi, 2013). Η γεύση και η οσμή αποτελούν δυο υποκειμενικές παραμέτρους που αφορούν το νερό.

Παρά το γεγονός πως η γεύση και η οσμή αποτελούν υποκειμενικές μεθόδους, οι παράμετροι αυτοί διαθέτουν μονάδες μέτρησης. Έτσι μονάδα μέτρησης της γεύσης θεωρείται το κατώφλι γεύσης: T.T.N.= Threshold Taste Number, ενώ αντίστοιχα η μονάδα μέτρησης της οσμής θεωρείται το κατώφλι οσμής: T.O.N.= Threshold Odor Number. Ο προσδιορισμός των αριθμών αυτών περιλαμβάνει διαδοχικές αραιώσεις του υπό ανάλυση δείγματος, με νερό άοσμο και άγευστο αντίστοιχα, μέχρι το σημείο εκείνο όπου δεν θα μπορεί να διαφοροποιηθεί το αραιωμένο νερό με το νερό αραιώσης. Έτσι έχουμε:

$$\mathbf{T.O.N} = \frac{A + B}{A}$$

Όπου A = ml του δείγματος νερού, ενώ B= ml του άοσμου νερού. Η μέτρηση αυτή πραγματοποιείται συνήθως σε δυο θερμοκρασίες, στους 12° C και στους 25° C (Van Gemert, 2003). Οι ενδεικτικές τιμές T.O.N. για το πόσιμο νερό είναι 2 στους 12° C και 3 στους 25° C σύμφωνα με την Οδηγία 80/778/EK. Η παραμετρική τιμή η οποία ορίζεται από την οδηγία 98/83/EK είναι «αποδεκτό στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής».

1.2.1.2 Το χρώμα

Σε ότι αφορά το χρώμα του, το νερό σε μικρές μάζες έχει καθαρό και διαυγές χρώμα. Η εμφάνιση οποιουδήποτε άλλου χρώματος σε αυτό δηλώνει πιθανές προσμίξεις και συνήθως χρησιμοποιείται ως «ιχνηλάτης» για την προέλευσή του. Για παράδειγμα η εμφάνιση κοκκινωπού χρώματος στο νερό δηλώνει την πιθανή ύπαρξη ενώσεων σιδήρου σε αυτό. Το χρώμα στο νερό μπορεί να οφείλεται σε κολλοειδή, σε διαλυμένες ουσίες φυσικής προέλευσης όπως χουμικά οξέα, πλαγκτόν, τύρφη, μεταλλικά ιόντα σιδήρου ή μαγγανίου, όπως επίσης και σε τεχνητές χρωστικές ουσίες ή υγρά βιομηχανικά απόβλητα (Kuma & Puri, 2012; Watson, 2004). Για τον λόγο αυτό η παράμετρος του χρώματος του νερού μπορεί να αποτελέσει και έμμεσο δείκτη βαθμού ρύπανσης, ο οποίος μπορεί να καθιστά το νερό ακατάλληλο για πόση (Joshi et al., 2018). Ο προσδιορισμός της έντασης του χρώματος του νερού μπορεί να πραγματοποιηθεί με συγκριτική οπτική μέθοδο (visual comparison method) ή με την χρήση Φασματοφωτομέτρου (Spectrophotometric) (Trumbo et al., 2013). Το χρώμα του νερού προτρέπει ή όχι στη χρήση του.

1.2.1.3 Η θολερότητα

Όπως προαναφέρθηκε το νερό στην καθαρή του μορφή είναι διαυγές και κρυστάλλινο σε μικρές μάζες. Η εμφάνιση οποιασδήποτε θολερότητας σε αυτό, οφείλεται σε διάφορες προσμίξεις. Συνήθως τα διάφορα στερεά οργανικά και ανόργανα σωματίδια τα οποία αιωρούνται σε αυτό προκαλούν την θολερότητα στο νερό (Joshi & Amadi, 2013). Πέραν των λόγων αισθητικής, η υψηλή θολερότητα στα φυσικά νερά δεν είναι επιθυμητή καθώς αυξάνεται το κόστος και η δυσκολία καθαρισμού του νερού σε πορώδεις κλίνες διήθησης αλλά και η απολύμανσή του με χλώριο, όζον ή υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Ο προσδιορισμός της θολερότητας βασίζεται στην σκέδαση του φωτός από τα αιωρούμενα σωματίδια (νεφελομετρία). Μονάδα μέτρησης της παραμέτρου αυτής είναι: N.T.U. (Nefelometric Turbidity Units) (Mohamed et al., 2015). Για τιμές θολερότητας μεγαλύτερες από 10, το νερό κρίνεται ακατάλληλο για πόση. Η αυξημένη θολερότητα οδηγεί σε μειωμένη διέλευση του φωτός μέσα στο νερό με αποτέλεσμα την μείωση της φωτοσύνθεσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως δείκτης ευτροφισμού σε νερά λιμνών και

θαλασσών. Η παραμετρική τιμή της θολερότητας σε νερά από εγκαταστάσεις επεξεργασίας είναι < 1 N.T.U. (Linke & Drusch, 2016). Οι οργανοληπτικές παράμετροι συμβάλουν στην καλύτερη αξιολόγηση της ποιότητας του νερού.

1.2.2 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Οι παράμετροι αυτοί σχετίζονται με την φυσική σύσταση του νερού. Η χημική ποιότητα των υδάτων έχει γενικά μικρότερη σημασία καθώς οι επιπτώσεις στην υγεία τείνουν να είναι χρόνιες με μακροπρόθεσμες επιπτώσεις και υπάρχει διαθέσιμος χρόνος για την ανάληψη διορθωτικών μέτρων. Μπορεί να υπάρχουν οξεία αποτελέσματα που αφορούν σε περιπτώσεις που έχει συμβεί σημαντικό φαινόμενο ρύπανσης ή όπου υπάρχουν επίπεδα ορισμένων χημικών ουσιών από φυσικές πηγές, όπως το φθόριο ή ανθρωπογενείς πηγές, όπως τα νιτρικά (WHO, 2008). Πιο συγκεκριμένα στις φυσικοχημικές παραμέτρους αναφέρονται τα ακόλουθα υποκεφάλαια.

1.2.2.3 Το pH

Το pH βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τη χημική μορφή των ενώσεων του νερού. Η οξύτητα ή η αλκαλικότητα του νερού εκφράζεται με το pH. Όσο πιο όξινο είναι το νερό τόσο χαμηλότερη η τιμή του pH. Το νερό της βρύσης είναι συνήθως ελαφρά αλκαλικό με τιμή pH να κυμαίνεται από 7.5 έως 8.5. Αντίστοιχα το pH του αποσταγμένου νερού είναι 5.6, ενώ στο θαλασσινό νερό κυμαίνεται από 7.5 έως 8.4. Τα επιφανειακά νερά είναι ελαφρώς αλκαλικά όταν διέρχονται από ασβεστούχα πετρώματα ενώ αντίστοιχα ελαφρά όξινα όταν διέρχονται από πυριτικά πετρώματα. Συνεπώς η τιμή του pH τους κυμαίνεται από την τιμή του 4 έως την τιμή 9 (Sajjadi et al., 2016). Τέλος σύμφωνα με νομοθετική ρύθμιση τα επιτρεπτά όρια του pH των υγρών αποβλήτων κυμαίνονται από 6.5 έως 8.5 (WHO, 2004).

1.2.2.4 Η αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα ενός υγρού διαλύματος υποδηλώνει την δυνατότητα των ιόντων του διαλύματος να μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς, αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει το διάλυμα. Η τιμή της αγωγιμότητας εξαρτάται τόσο από την συγκέντρωση των ιονιζομένων ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό όσο και από την θερμοκρασία του διαλύματος στο οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση (Σφλώμος, 2011). Γνωρίζοντας πως το καθαρό νερό δεν αποτελεί καλό αγωγό του ηλεκτρισμού, η μέτρηση της αγωγιμότητας μας δίνει πληροφορίες για την καθαρότητα του νερού, την διακύμανση των ιόντων που είναι διαλυμένα σε αυτό, αλλά και την ποσότητα των διαλυτών ολικών στερεών. Η μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το $\mu\text{S}/\text{cm}$. Το αποσταγμένο νερό σε ισορροπία με το CO_2 του αέρα έχει αγωγιμότητα περίπου 0.5 έως $2\mu\text{S}/\text{cm}$. (Lin et al., 2017).

1.2.2.5 Τα χλωριούχα ιόντα

Τα χλωριούχα ιόντα αποτελούν βασική κατηγορία ανόργανων αλάτων τα οποία βρίσκονται στα φυσικά ύδατα. Η συγκέντρωσή τους σε αυτά συνήθως ποικίλει ανάλογα με την προέλευση των υδάτων. Η παρουσία των ιόντων αυτών στο νερό μπορεί να καθορίσει τη χρήση του νερού, το αν δηλαδή προορίζεται για πόση, άρδευση ή βιομηχανική χρήση (Kuma & Puri, 2012). Όταν τα ιόντα χλωρίου βρίσκονται σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από $250\text{mg}/\text{L}$, το νερό αποκτά αλμυρή γεύση, ενώ αντίστοιχα όταν στο πόσιμο νερό η συγκέντρωση αυτών υπερβεί τα $200\text{mg}/\text{L}$, τότε το νερό αυτό έχει δυσμενείς επιπτώσεις για τον άνθρωπο (Nivaldo, 2012). Γενικά τα ιόντα χλωρίου απαντώνται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα αστικά λύματα και στις αποστραγγίσεις στερεών αποβλήτων. Όταν αυτά απαντώνται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα υπόγεια ύδατα τότε αποτελούν σοβαρή ένδειξη μόλυνσης από χώρους τελικής διάθεσης στερεών αποβλήτων, διοχέτευση αστικών λυμάτων ή τέλος εισροή θαλασσινού νερού (Tarrass & Benjelloun, 2012). Τα ιόντα χλωρίου ως δείκτη, τον χαρακτηρίζει η συντηρητικότητά του και η μη χημική μεταβλητότητά του. Οι κυριότερες πηγές προέλευσης των ιόντων χλωρίου οι οποίες είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση αυτών στα ύδατα, είναι τα προϊόντα διάλυσης των εβαποριτών (NaCl),

η απόπλυση αλμυρών νερών εγκλωβισμένων σε λεπτόκοκκες ιζηματογενείς αποθέσεις και η διείσδυση θαλασσινού νερού (Kuma & Puri, 2012). Τέλος πρέπει να σημειωθεί πως η απομάκρυνση των ιόντων χλωρίου πραγματοποιείται μόνο με την μέθοδο της καθίζησης (Nivaldo, 2012).

1.2.2.6 Το πυρίτιο

Αποτελεί ένα στοιχείο ευρέως διαδεδομένο, μετά το οξυγόνο. Η κύρια μορφή του στα διάφορα ορυκτά είναι SiO_4^{4-} . Μεταφέρεται στο νερό με την μορφή κολλοειδούς ή ιόντων, με την μορφή πυριτικού οξέος H_2SiO_4 ή υδροξειδίου του πυριτίου $\text{Si}(\text{OH})_4$. Η συγκέντρωση του διαλυτού πυριτίου εκφράζεται σε ισοδύναμη ποσότητα διοξειδίου του πυριτίου σε mg/L. Ο προσδιορισμός του γίνεται φωτομετρικά με την βοήθεια μολυβδαινικού αμμωνίου (Σφλώμος, 2015).

1.2.2.7 Τα θειικά

Τα θειικά όταν υπάρχουν στο νερό προσδίδουν σε αυτό μια δυσάρεστη οσμή αλλά και γεύση. Γενικά χρησιμοποιούνται ευρέως στην βιομηχανία ως αντιδραστήρια όπως, το θεικό οξύ, ο θειούχος σίδηρος και άλλα θειούχα και θειικά άλατα. Στο πόσιμο νερό η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση είναι τα 250mg/L. Αερόβιες συνθήκες ευνοούν την μετατροπή των θειούχων σε θειικά ενώ αντίθετα αναερόβιες συνθήκες ευνοούν την μετατροπή των θεικών σε θειούχα (WHO, 2004).

1.2.2.8 Η θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αποτελεί μια παράμετρο που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά πολλές χημικές, βιολογικές και μη αντιδράσεις καθώς επίσης και φυσικά φαινόμενα, όπως η οξυγόνωση του νερού και η διαβίωση υδρόβιων οργανισμών. Στις περιπτώσεις αυτές γίνεται λόγος για θερμική ρύπανση (Hosseini et al., 2013). Πιο συγκεκριμένα ως θερμική ρύπανση θεωρείται η αύξηση της θερμοκρασίας των νερών, κυρίως των επιφανειακών, από αποχετεύσεις θερμών υδάτων που χρησιμοποιούνται ως νερά

ψύξης εγκαταστάσεων ή βιομηχανιών (Tarrass & Benjelloun, 2012). Το πόσιμο νερό έχει ενδεικτική τιμή θερμοκρασίας τους 12° C ενώ σαν μέγιστη αποδεκτή καθορίζεται αυτή των 25° C (Nivaldo, 2012).

1.2.2.9 Το ασβέστιο

Το ασβέστιο αποτελεί το δεύτερο σε συγκέντρωση συστατικό των φυσικών νερών. Προέλευση αυτού αποτελούν πετρώματα όπως ο ασβεστόλιθος, ο δολομίτης, ο γύψος, το φθοριούχο ασβέστιο κ.α. Το ασβέστιο αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την διατροφή των ανθρώπων, των ζώων αλλά και των φυτών (WHO, 2004). Για τον λόγο αυτό η παρουσία του στο πόσιμο νερό είναι αναγκαία και συνήθως απαντάται σε συγκεντρώσεις από 10 έως 100mg/L. Όταν η συγκέντρωση του ασβεστίου στο νερό είναι από 40 έως 100mg/L τότε το νερό θεωρείται από σκληρό έως πολύ σκληρό (Sengupta, 2013).

1.2.2.10 Το μαγνήσιο

Το μαγνήσιο μπορεί να εισέρχεται στα ύδατα μέσω των δολομιτικών και άλλων διάφορων πυριτικών και αργιλοπυριτικών πετρωμάτων. Η συγκέντρωσή του στο νερό μπορεί να κυμαίνεται από 4 έως 40 mg/L. Γενικά η σκληρότητα του νερού οφείλεται στην παρουσία μαγνησίου και ασβεστίου σε αυτό (Sengupta, 2013). Όπως και το ασβέστιο, έτσι και το μαγνήσιο είναι απαραίτητο στον ανθρώπινο οργανισμό. Στους ενήλικες συνιστώμενη ημερήσια δόση μαγνησίου αποτελούν τα 250mg. Είναι επιθυμητή η παρουσία του και στο νερό άρδευσης καθώς αποτελεί σημαντικό θρεπτικό συστατικό των φυτών και λειτουργεί και ως εδαφοβελτιωτικό. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις το μαγνήσιο έχει υπακτική δράση (Jiang et al., 2016).

1.2.2.11 Το νάτριο

Κύρια προέλευσή του αποτελούν διάφορα πετρώματα όπως το ορυκτό χλωριούχο νάτριο και αργιλοπυριτικά ορυκτά νατρίου. Όταν εντοπίζεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις συνήθως συνδέεται με την χρήση λιπασμάτων ή την εισροή θαλασσινού νερού (WHO, 2004). Η συγκέντρωση νατρίου στο γλυκό νερό είναι μικρή. Μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση νατρίου στο πόσιμο νερό κυμαίνεται από 150 έως 175 mg/L, ενώ ενδεικτική τιμή αποτελούν τα 20mg/L. Το νάτριο αποτελεί ένα από τα τρία ανόργανα συστατικά (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}) που προσδιορίζουν την καταλληλότητα των λυμάτων για την άρδευση των εδαφών (Σφλώμος, 2015). Αυτό γιατί σε υψηλές συγκεντρώσεις έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα εδάφη αλλά και στις καλλιέργειες των φυτών.

1.2.2.12 Το κάλιο

Το κάλιο απαντάται συνήθως σε μικρές ποσότητες στο φυσικό νερό. Αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό συστατικό των φυτικών οργανισμών καθώς βοηθά στην καλύτερη αφομοίωση του διοξειδίου του άνθρακα. Η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωσή του στο πόσιμο νερό είναι 12mg/L. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις έχει υπακτική δράση ενώ αντίστοιχα σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξικό (Ahmad et al., 2008).

1.2.2.13 Η σκληρότητα

Ως σκληρότητα ορίζεται το άθροισμα των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου σε ένα δείγμα. Έτσι η σκληρότητα οφείλεται κατά κύριο λόγο στα δισθενή ιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} και Mn^{2+} (Sengupta, 2013). Η σκληρότητα μπορεί να εκφράζεται ως mg CaCO_3 /L νερού ή σε ppm ισοδύναμης ποσότητα CaCO_3 . Ο γερμανικός βαθμός σκληρότητας (1d^0), αντιπροσωπεύει 10mg CaO σε ένα λίτρο νερού, ενώ αντίστοιχα ο γαλλικός βαθμός σκληρότητας (1f^0) αντιπροσωπεύει 10mg CaCO_3 σε ένα λίτρο νερού. Είναι γνωστό ότι: $1\text{mg CaCO}_3 = 1\text{ppm CaCO}_3 = 0,1 \text{f}^0 = 0.056 \text{d}^0$ (Halliday et al., 2009). Η σκληρότητα του νερού μπορεί να διακρίνεται στη μόνιμη και την

παροδική. Η παροδική σκληρότητα ή ανθρακική σκληρότητα οφείλεται στα ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Αντίστοιχα η μόνιμη ή μη ανθρακική σκληρότητα του νερού οφείλεται στα χλωριούχα και τα θειικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Το σύνολο της παροδικής και της μόνιμης σκληρότητας αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού. Ο προσδιορισμός της σκληρότητας του νερού πραγματοποιείται με συμπλοκομετρική ογκομέτρηση των κατιόντων με EDTA παρουσία δείκτη EBT (μέλαν εριόχρωμα T) (Sengupta, 2013).

1.2.2.14 Τα στερεά

Τα στερεά διαλυμένα ή αδιάλυτα, τα οποία βρίσκονται στο νερό μπορούν να καθορίσουν την χρήση του νερού ενώ αντίστοιχα η ύπαρξη αυτών στα απόβλητα μπορεί να επηρεάσει την διαχείριση των αποβλήτων. Συνεπώς έχουμε τις εξής κατηγορίες στερεών:

- Ολικά Στερεά (Total Solids-TS): Αποτελούν τα συνολικά στερεά τα οποία βρίσκονται στο δείγμα. Ο προσδιορισμό τους πραγματοποιείται με ζύγιση των υπολειμμάτων ενός δείγματος ορισμένου όγκου έπειτα από ξήρανση του στους 105° C με μονάδα μέτρησης τα mg/L. Στην συνέχεια με πύρωση στους 550° C προσδιορίζονται τα πτητικά στερεά (Halliday et al., 2009). Ο προσδιορισμός των ολικών στερεών μας δίνει πληροφορίες για την επιβάρυνση του αποδέκτη. Απότομη αύξηση των στερεών αποβλήτων σε δείγμα νερού υποδηλώνει αποχέτευση αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων (Nasrabadi et al., 2018).
- Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (Total Suspended Solids – TSS): Στα ολικά αιωρούμενα στερεά ανήκουν οργανικές και ανόργανες ουσίες με μικρό μέγεθος οι οποίες δεν καθιζάνουν. Αυξάνουν την θολότητα του νερού και περιορίζουν την διέλευση του φωτός. Ο προσδιορισμός τους είναι σημαντικός καθώς μας δίνει πληροφορίες για την απόδοση των μονάδων επεξεργασίας των αποβλήτων (Σφλώμος, 2015). Για τον λόγο αυτό αποτελούν σημαντική παράμετρο στην διαχείριση των αποβλήτων. Όπως και στα ολικά στερεά έτσι και στα αιωρούμενα ο προσδιορισμός τους γίνεται με ξήρανση στους 105° C, δείγματος

ορισμένου όγκου εφόσον έχει διηθηθεί από φίλτρο 0,45μm (Nasrabadi et al., 2018).

- Ολικά Διαλυμένα Στερεά (Total Dissolved Solids – TDS): Στα ολικά διαλυμένα στερεά ανήκουν κυρίως ευδιάλυτα ανόργανα άλατα, όπως άλατα αλκαλίων, χλωριούχα, νιτρικά, θειικά, νιτρώδη και άλλα. Η προέλευση των αλάτων αυτών μπορεί να είναι φυσική αλλά και ανθρωπογενής. Ο προσδιορισμός τους πραγματοποιείται όπως ακριβώς και στα ολικά αιωρούμενα Στερεά, με ξήρανση δείγματος ορισμένου όγκου και μέτρηση του υπολείμματος (Taylor et al., 2018).
- Καθιζάνοντα Στερεά (Settleable Solids): Στα στερεά αυτά ανήκουν στερεά τα οποία καθιζάνουν σε συνθήκες ηρεμίας. Ο προσδιορισμός τους γίνεται ογκομετρικά με βαθμονομημένο όργανο (Φιάλη Imhoff), εφόσον το δείγμα αφεθεί σε ηρεμία για 1 ώρα. Οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται για τα καθιζάνοντα στερεά είναι ml/L. Τα καθιζάνοντα στερεά σχηματίζουν πυθμενική ιλύ και φράζουν το επιφανειακό στρώμα του εδάφους. Κυρίως συναντώνται ως αποθέσεις σε αρδευτικές δεξαμενές και αγωγούς (Benneoual et al., 2017).

1.2.2.15 Τα φυτοφάρμακα

Χρησιμοποιούνται ευρέως στη γεωργία για την προστασία των καλλιεργειών από ζιζάνια, μύκητες αλλά και βακτήρια. Οι περισσότερες οργανικές ουσίες που χρησιμοποιούνται ως φυτοφάρμακα διασπώνται γρήγορα. Παρόλα αυτά σημαντικές ποσότητες αυτών αλλά και των προϊόντων διάσπασής τους εμφανίζονται στα υπόγεια νερά. Ο βαθμός σοβαρότητας της επίδρασης αυτών εξαρτάται από τον τρόπο εφαρμογής του φυτοφαρμάκου, τον χρόνο παραμονής του στο έδαφος αλλά και της ποσότητας των φυτοφαρμάκων που βρίσκονται στο έδαφος (Mekonen et al., 2016) . Γενικά οι κανονισμοί της ΕΕ για τα φυτοφάρμακα είναι αυστηροί. Γενικά την τελευταία 20αετία η χρήση των φυτοφαρμάκων εμφανίζεται μειωμένη στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (WHO, 2008).

1.2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Ο έλεγχος της ποιότητας του νερού περιλαμβάνει τον καθορισμό και τον έλεγχο ορισμένων παραμέτρων, των **παραμέτρων ποιότητας** (παραμέτρων ρύπανσης). Καθαρό νερό στη φύση δεν υπάρχει. Η χημεία των φυσικών υδάτων επηρεάζεται από όλες τις ιδιότητες του νερού (φυσικές και χημικές) (WHO, 2008). Τα κύρια χημικά φαινόμενα που παρατηρούνται στα υδατικά συστήματα περιλαμβάνουν: αντιδράσεις οξέων-βάσεων, αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, αντιδράσεις συμπλοκοποίησης, αντιδράσεις καταβύθισης-διαλυτοποίησης και ρόφησης-εκρόφησης. Οι αντιδράσεις που συμβαίνουν επηρεάζονται από όλες τις περιβαλλοντικές παραμέτρους (βιοτικές και αβιοτικές) και για το λόγο αυτό η χημεία των λιμνών είναι διαφορετική από αυτή των ποταμών ή των ωκεανών. Οι τοξικές παράμετροι αφορούν βαρέα μέταλλα, κυανιούχες κ.α. και οι βιολογικές αφορούν χλωροφύλλη, φυτοπλαγτόν, βιοποικιλότητα κ.α. Ο έλεγχος των διαφόρων παραμέτρων ποιότητας γίνεται σε επιφανειακά και υπόγεια νερά που προορίζονται για αστική, αρδευτική, βιομηχανική χρήση, σε θαλάσσια νερά και σε υγρά αστικά και βιομηχανικά απόβλητα γιατί και αυτά καταλήγουν στο υδατικό περιβάλλον (Pandey et al., 2014).

1.2.4 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Το νερό ελέγχεται και ως προς την πιθανή εμφάνιση μικροοργανισμών σε αυτό. Στον έλεγχο της ποιότητας και της καταλληλότητας του νερού συμβάλλει η επιτόπια υγειονομική εξέταση, η εκτίμηση των συνθηκών που αφορούν την περιοχή και στην πιθανότητα ύπαρξης εστίας μόλυνσης του νερού και φυσικά η βιολογική έρευνα (Leoni, 2019). Πολλές υδατογενείς επιδημίες μπορούν να προκληθούν από παθογόνα μικρόβια, τα οποία πιθανόν να προέρχονται από κοπρανώδη επιμόλυνση του νερού. Για τον λόγο αυτό διάφορα μικρόβια χρησιμοποιούνται ως δείκτες για τον έλεγχο πιθανής κοπρανώδους επιμόλυνσης. Η παρουσία μικροβίων – δεικτών στο νερό αποτελεί μάρτυρα κοπρανώδους επιμόλυνσης και κατ'επέκταση πιθανή συνύπαρξη μικροβίων και παθογόνων στο νερό. Η αξιολόγηση της παρουσίας των μικροβίων γίνεται ανάλογα με την φύση του εκάστοτε μικροβίου και την πιθανή συσχέτιση που

μπορεί να έχει με την κοπρανώδη επιμόλυνση (Cabral, 2010). Οι κυριότεροι μικροβιολογικοί παράγοντες και άλλα μικρόβια-δείκτες που πρέπει να ελέγχονται έχουν καταγραφεί στον πίνακα1.

Πίνακας 1: Μικροβιολογικοί παράγοντες και μικρόβια δείκτες

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΜΙΚΡΟΒΙΑ-ΔΕΙΚΤΕΣ
Ολικά κολοβακτηριοειδή	<i>Pseudomonada aeruginosa</i> , στα εμφιαλωμένα νερά αλλά και την ύδρευση των νοσοκομείων
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	<i>Rodococcus Coprophilus</i> , αποτελεί ειδικό δείκτη ζωικής μόλυνσης του νερού
Στρεπτόκοκκοι κοπράνων	Βακτηριοφάγοι των εντεροβακτηριδίων, δείκτης παρουσία των ιών στο νερό.
Κλωστηρίδια αναγωγικών θειωδών αλάτων	
Καταμέτρηση συνολικών βακτηριδίων για το πόσιμο νερό στους 37° C	
Καταμέτρηση συνολικών βακτηριδίων για το πόσιμο νερό στους 22° C	

Πηγή: Richards et al.,2018: WHO, 2008: Ramírez-Castillo et al., 2015.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη ρουτίνα για την μελέτη των μικροβίων αποτελούν η Μέθοδος των πολλαπλών σωλήνων καθώς και η Μέθοδος της διήθησης δια μεμβράνης. Για το πόσιμο νερό οι υποχρεωτικές μικροβιολογικές παράμετροι είναι η *E.coli* με παραμετρική τιμή 0/100ml νερού, καθώς και οι Εντερόκοκκοι με αντίστοιχη παραμετρική τιμή 0/100ml. Αντίστοιχα το νερό που πωλείται σε φιάλες πρέπει να ελέγχεται για την παρουσία *E.coli* με παραμετρική τιμή 0/250ml, Εντερόκοκκων παραμετρική τιμή 0/250ml, *Pseudomonas aeruginosa* με παραμετρική τιμή 0/250ml, Κοινών μεσόφιλων στους 22° C με παραμετρική τιμή 100/ml και

Κοινών μεσόφιλων στους 37° C με παραμετρική τιμή 20/ml (WHO, 2008). Η συστηματική παρακολούθηση όλων των παραμέτρων που αφορούν το νερό είναι πρωταρχικής σημασίας, για την ελαχιστοποίηση εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων στους κατοίκους του πλανήτη Γη.

1.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η λήψη των δειγμάτων πόσιμου νερού μπορεί να γίνει από πηγάδια, πηγές, ποταμούς, από διάφορα σημεία επεξεργασίας του πόσιμου νερού και από το δίκτυο διανομής. Η λήψη του δείγματος πρέπει να είναι τυχαία και τα σημεία του δικτύου πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά του δικτύου. Έτσι πρέπει να λαμβάνονται δείγματα από τις δεξαμενές παροχής, από διάφορα σημεία διακλαδώσεων του δικτύου παροχής και από τα τελικά σημεία των δικτύων όπου πολλές φορές συγκεντρώνεται στάσιμο νερό. Για τη λήψη των δειγμάτων χρησιμοποιούνται φιάλες, συνήθως σκουρόχρωμες, που έχουν πλυθεί και ξεβγαλθεί προσεκτικά με κοινό νερό στην αρχή, με αποσταγμένο νερό μετά και τελικά έχουν αποστειρωθεί σε υγρό κλίβανο στους 121°C για 30 λεπτά ή σε ξηρό κλίβανο για 1 ώρα (Μαυρίδου και συν., 2014). Εάν το νερό περιέχει χλώριο χρησιμοποιούνται φιάλες που περιέχουν αναγωγική ουσία σε συγκέντρωση 18mg/l. Έτσι για κάθε φιάλη 100ml πρέπει να προστίθεται πριν από την αποστείρωση 0.1ml από το 1.8w/v διαλύματος της αναγωγικής ουσίας. Η αναγωγική ουσία ουδετεροποιεί οποιοδήποτε απολυμαντικό και προφυλάσσει από την συνεχιζόμενη αντιμικροβιακή του δράση κατά την διάρκεια της μεταφοράς του δείγματος. Έτσι ο αριθμός και τα είδη των μικροοργανισμών που θα μετρηθούν θα αντιπροσωπεύουν τον πραγματικό μικροβιακό πληθυσμό του δείγματος (Voutchkova et al., 2018). Εάν το νερό περιέχει χαλκό ή άλλα βαρέα μέταλλα τότε στις φιάλες προστίθεται EDTA που ελαττώνει την τοξικότητά τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα απαραίτητο όταν το νερό βρίσκεται σε συνθήκες μεταφοράς για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 4 ωρών. Η φιάλη συλλογής του δείγματος διατηρείται κλειστή μέχρι την στιγμή που θα χρησιμοποιηθεί. Αφαιρείται το πώμα με μεγάλη προσοχή για να αποφευχθεί η επιμόλυνση. Καλό είναι το πώμα να επικαλύπτεται πριν την αποστείρωση με αλουμινόχαρτο ή λαδόκολλα, το οποίο θα παραμένει μέχρι το τέλος των μικροβιολογικών αναλύσεων (Μαυρίδου και συν., 2014).

Η αποστείρωση της βρύσης με φλόγα δεν θεωρείται από όλους απαραίτητη. Πολλοί θεωρούν ότι η αποστείρωση με φλόγα έχει πολύ περιορισμένα αποτελέσματα εκτός αν εφαρμοστεί για μεγάλο χρονικό διάστημα οπότε κινδυνεύει να καταστρέψει την βρύση. Μεγαλύτερο κίνδυνο επιμόλυνσης έχει το δείγμα από τις φλάντζες παρά από την βρύση αυτή καθαυτή, πλην οριακών καταστάσεων (Μαυρίδου & Παπαπετροπούλου, 1995). Αφήνεται το νερό να τρέξει για 2-3 λεπτά ώστε να υπάρχει ομοιογενές δείγμα. Δεν αφήνεται το νερό να τρέξει σε ειδικές περιπτώσεις όταν επιθυμείται ο έλεγχος του αποικισμού των σωλήνων ή βρυσών με παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως στην περίπτωση δειγματοληψίας για *Legionella*. Δεν επιτρέπεται η ροή με μεγάλη πίεση για να μην επιμολυνθεί το δείγμα με σταγονίδια (Tyagi et al., 2013). Εάν στη βρύση έχει προσαρμοσθεί φίλτρο κάθαρσης νερού θα πρέπει να αφαιρείται οπωσδήποτε πριν από την λήψη. Σε περιπτώσεις πλαστικών βρυσών πρέπει να καθαρίζονται με βαμβakoφόρο στείλεο εμποτισμένο σε διάλυμα 1:10 χλωρίνης εμπορίου. Αφήνεται να δράσει το διάλυμα χλωρίου για 3 λεπτά και στη συνέχεια το νερό αφήνεται να τρέξει 5 λεπτά. Έπεται η συλλογή του δείγματος στη φιάλη. Η φιάλη δεν πρέπει να είναι τελείως γεμάτη για να μπορεί να αναδευτεί πριν την μικροβιολογική ανάλυση (2.5εκ. κενό μέρος τουλάχιστον) και ταχύτατα τοποθετείται το πώμα. Ο όγκος και η ταχύτητα ροής του νερού πρέπει να είναι καθορισμένη και σταθερή. Ο όγκος του δείγματος δεν πρέπει να είναι λιγότερος από 200ml. Για μια ανάλυση ρουτίνας χρειάζονται 250 ml δείγματος και για την ανίχνευση παθογόνων βακτηρίων τουλάχιστον 1L δείγματος. Επί της φιάλης τοποθετείται ετικέτα όπου αναγράφεται η ημερομηνία δειγματοληψίας, ο τόπος συλλογής, το είδος λήψης και άλλα απαραίτητα στοιχεία (Μαυρίδου & Παπαπετροπούλου, 1995).

Καλό είναι τα δείγματα να συνοδεύονται από ειδικό Δελτίο Δειγματοληψίας, στο οποίο αναγράφονται με μεγαλύτερες λεπτομέρειες τα χαρακτηριστικά του δείγματος και οι συνθήκες δειγματοληψίας. Η τοποθέτηση των φιαλών σε φορητό ψυγείο για την μεταφορά στο εργαστήριο, εάν δεν μπορούν να φθάσουν στο εργαστήριο μέσα σε 1 ώρα, θεωρείται απαραίτητη. Τα δείγματα που φθάνουν στο εργαστήριο τοποθετούνται στο ψυγείο του εργαστηρίου και καλλιεργούνται, αν είναι δυνατόν εντός 2 ωρών. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη δειγματοληψία και την μικροβιολογική ανάλυση δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 24h, και πρέπει να γίνεται προσπάθεια να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, κυρίως για ευτροφικά ή πολύ

ρυπασμένα δείγματα. Οι δεξαμενές και οι πυργίσκοι συλλογής νερού εύκολα υπόκεινται σε ρυπάνσεις, γι' αυτό οι δειγματοληψίες νερού θα πρέπει να γίνονται συχνά από τις βρύσες που υπάρχουν για το λόγο αυτό στις δεξαμενές και τους πυργίσκους. Το δείγμα πρέπει να λαμβάνεται με αποστειρωμένη φιάλη στην οποία δεν έχει προστεθεί αναγωγική ουσία (Ramakrishnaiah et al., 2009).

Η συχνότητα των δειγματοληψιών σε ένα δίκτυο ύδρευσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η αρχική ποιότητα του νερού στην πηγή, ο τρόπος απολύμανσης, ο όγκος του παρεχόμενου νερού, η ηλικία του δικτύου και το μέγεθος του πληθυσμού που υδρεύεται. Ειδικά εκπαιδευόμενο υγειονομικό προσωπικό θα αποφασίσει κατά περίπτωση. Σε δίκτυα χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα ο αριθμός των δειγματοληψιών νερού ανά έτος εξαρτάται από τον πληθυσμό που αυτό τροφοδοτεί (Μαυρίδου και συν., 2014).

1.3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

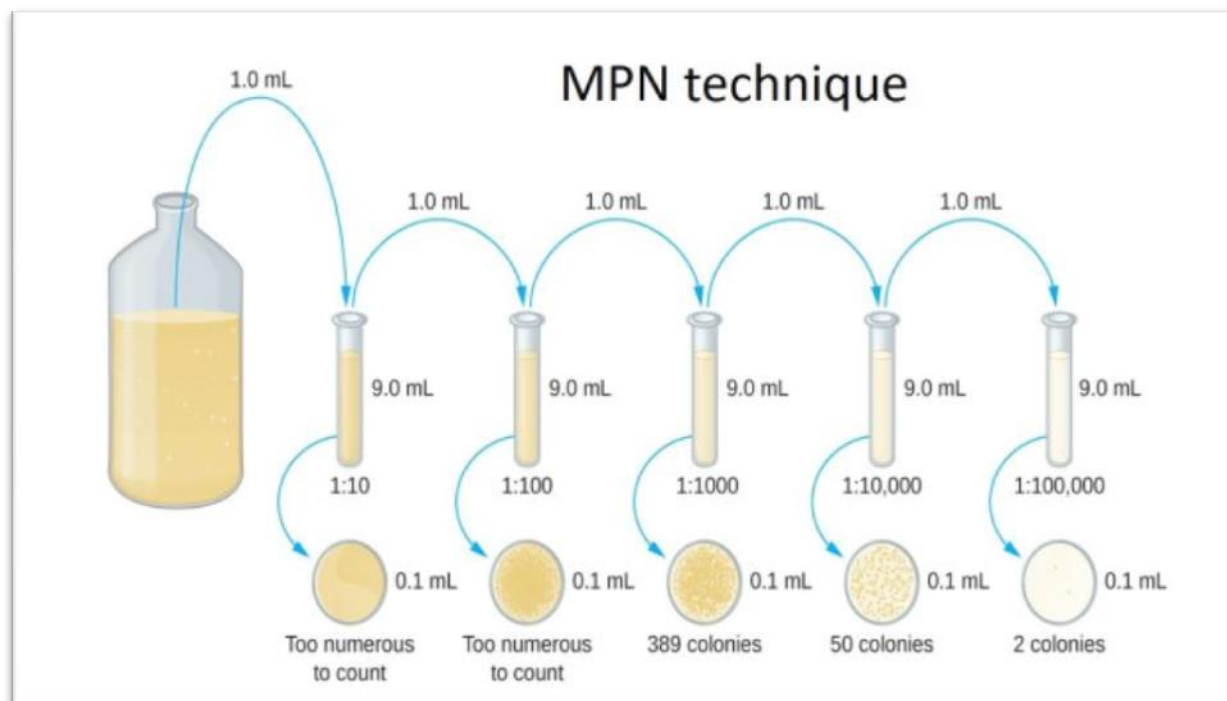
Υπάρχουν πολλές μέθοδοι μικροβιολογικής ανάλυσης του νερού που έχουν στη διάθεση τους οι ειδικοί, όμως συνήθως χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι. Οι μέθοδοι αυτοί είναι η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και η μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης,

1.3.1.1 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων (Most Probable Numbers-MPN)

Η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση των βακτηρίων στο νερό. Καθορισμένες ποσότητες νερού μιας ή περισσότερων αραιώσεων προστίθενται σε σειρές σωλήνων οι οποίες περιέχουν ένα θρεπτικό ζωμό. Συνήθως υπάρχουν τόσες σειρές σωλήνων όσες και οι δεκαδικές αραιώσεις χρειάζονται (Εικόνα 2). Κάθε σειρά σωλήνων εμβολιάζεται με δείγμα της ίδιας αραιώσης. Θεωρείται ότι κατά τον εμβολιασμό κάθε σωλήνα θα δεχθεί, μαζί με το δείγμα του νερού και τον μικροοργανισμό - στόχο της ανάλυσης. Ο μικροοργανισμός αυτός θα επιφέρει ειδικά χαρακτηριστικά αλλοίωσης της μορφής του ζωμού π.χ. θολερότητα, αλλαγή χρώματος, παραγωγή αερίου κ.λπ. . Για να υπάρχει ο πιο πιθανός αριθμός (MPN) μικροοργανισμών – στόχων ανά μμονάδα όγκου (συνήθως 100ml) πρέπει η ανάλυση να επιδείξει αρνητικούς και θετικούς σωλήνες. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συνήθως επιβεβαιώνονται με

ανακαλλιέργεια των θρεπτικών σωλήνων σε επιβεβαιωτικά, υγρά ή στερεά, θρεπτικά υποστρώματα (Μαυρίδου και συν., 2014). Ο πιθανός αριθμός στα 100ml δείγματος που ελέγχεται δίνεται από την εξίσωση: $MPN/100ml = \text{αριθμός θετικών σωλήνων} \times 100 / \text{ml δείγμα στους αρν. σωλήνες} \times \text{ml δείγματος σ' όλους τους σωλήνες}$. Η μέθοδος των πολλαπλών σωλήνων έχει ένα μεγάλο “λάθος δείγματος”. Για παράδειγμα όταν χρησιμοποιούνται 11 σωλήνες ή 9 σωλήνες ή 15 σωλήνες ή περισσότεροι, τα όρια αξιοπιστίας της μεθόδου διαφέρουν και όσο λιγότεροι είναι οι σωλήνες τόσο μεγαλώνουν. Επίσης είναι πιθανόν ο πραγματικός αριθμός των μικροοργανισμών να μην περιέχεται στα όρια της αξιοπιστίας. Άλλα μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι ο μικρός όγκος του εξεταζόμενου νερού και τα ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα που οφείλονται κυρίως στην κάλυψη της παραγωγής αερίου από τον τροφικό ανταγωνισμό των μη κολοβακτηριοειδών (Μαυρίδου & Παπαπετροπούλου, 1995).

Εικόνα 2: Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων

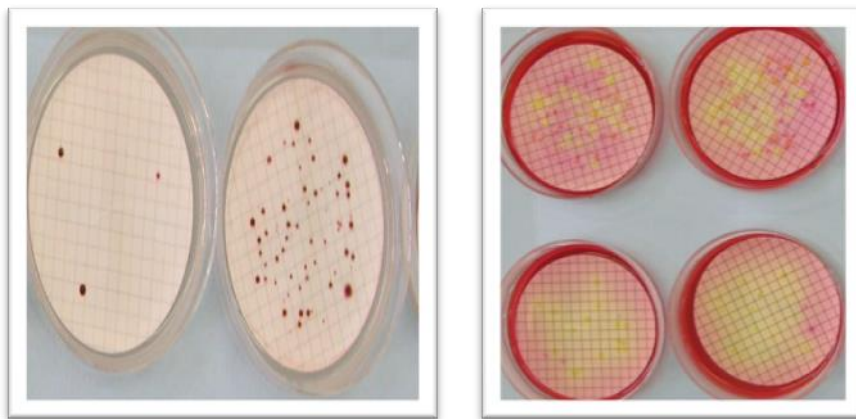


Πηγή: Μαυρίδου και συν., 2014.

1.3.1.2 Μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης (Membrane Filters- MF)

Η τεχνική MF γίνεται αποδεκτή παγκοσμίως ως αποτελεσματική μέθοδος για τα διαλύματα ύδατος για μικροβιακή ή μοριακή μόλυνση. Εγκρίνεται από το πρακτορείο Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών και άλλες συγκρίσιμες αντιπροσωπείες σε όλο τον κόσμο για την παρουσία των Total και Fecal Coliforms στο πόσιμο νερό. Η τεχνική MF χρησιμοποιείται επίσης σε ποικίλες βιομηχανίες για αριθμήσεις καλλιέργειας ετεροτροφικών μικροβίων, αριθμήσεις μυκήτων, και για την απομόνωση των συγκεκριμένων οργανισμών όπως *E. Coli* (Εικόνα 3), *sp. pseudomonas* και *Lactobacillus sp.* Απαιτώντας το λιγότερο χρόνο προετοιμασιών από πολλές άλλες παραδοσιακές μεθόδους, η τεχνική MF επιτρέπει την απομόνωση και απαρίθμηση των μικροοργανισμών παρέχοντας τις πληροφορίες παρουσίας ή απουσίας σε λιγότερο από 24 ώρες (Lingireddy, 2002).

Εικόνα 3: Απομόνωση μικροοργανισμών

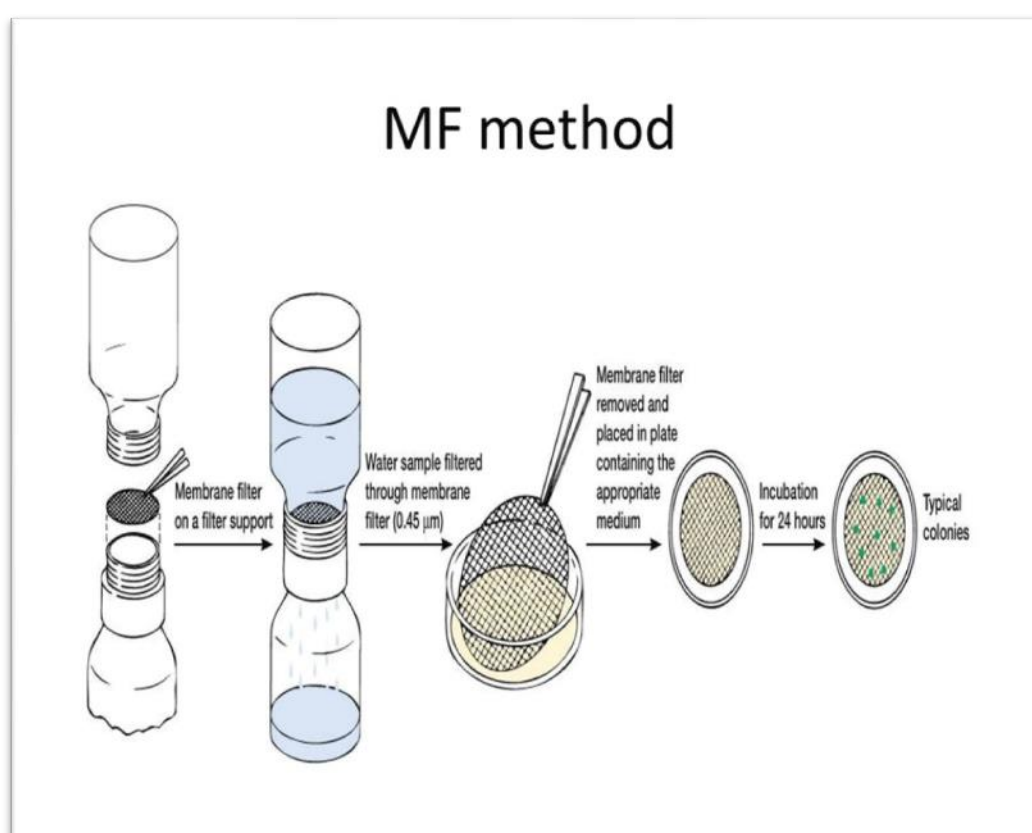


Πηγή: Lingireddy, 2002.

Χρησιμοποιώντας την τεχνική MF, 100 mL από το δείγμα περνούν μέσω ενός φίλτρου με διάμετρο πόρων τέτοια που να κατακρατεί τους προς έλεγχο 61 μικροοργανισμούς (0.2-0.45 μm) χρησιμοποιώντας την χοάνη φίλτρων και αντλία

κενού (Εικόνα 4). Οι οργανισμοί του δείγματος συγκεντρώνονται στην επιφάνεια της μεμβράνης. Τα χρησιμοποιούμενα φίλτρα θα πρέπει να είναι σταθερά στη χρήση και να μην αναστέλλουν ή ερεθίζουν τον πολλαπλασιασμό. Το φίλτρο τοποθετείται έπειτα σε ένα τριβλίο petri πάνω από την επιφάνεια θρεπτικής ουσίας όπου μετά από επώαση αριθμούνται αποικίες χαρακτηριστικού χρώματος και μορφολογίας του ζητούμενου βακτηρίου (Μαυρίδου και συν., 2014).

Εικόνα 4: Μέθοδος διήθησης δια μεμβράνης



Πηγή: Μαυρίδου και συν., 2014.

Όταν ο αριθμός των αποικιών που αναπτύχθηκαν στην μεμβράνη είναι >80 η ανάλυση θα πρέπει να επαναλαμβάνεται μετά από αραίωση ανάλογη της ρύπανσης. Ο κατακρατούμενος αριθμός αποικιών στην μεμβράνη είναι πάντα μικρότερος του

πραγματικού, μια και ένα ποσοστό των μικροοργανισμών που έχουν υποστεί μεταβολικές ή ενζυμικές αλλαγές δεν αναπτύσσονται στα εκλεκτικά χρησιμοποιούμενα υλικά. Για την ανάπτυξη των κακοποιημένων στο oligοτροφικό υδάτινο περιβάλλον μικροοργανισμών συνιστάται είτε η επώαση να γίνεται κατ' αρχήν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες πλησιέστερες την θερμοκρασία του περιβάλλοντος (στάδιο αναζωογόνησης) και μετέπειτα να εξακολουθεί η επώαση σε υψηλότερες θερμοκρασίες, είτε τα χρησιμοποιούμενα θρεπτικά υποστρώματα στην αρχική φάση να είναι oligοτροφικά, η μεμβράνη με τους κατακρατηθέντες μικροοργανισμούς να επωάζεται σε αυτά για 4-5 ώρες ώστε να δίνεται η δυνατότητα στους μικροοργανισμούς να πρεσαριστούν σταδιακά και στην συνέχεια να τοποθετείται σε πλουσιότερα θρεπτικά υποστρώματα. Μπορεί να γίνει και συνδυασμός των 2 ανωτέρω μεθόδων (Μαυρίδου και συν., 2014). Η μέθοδος αυτή διαθέτει κάποια πλεονεκτήματα όπως: α) Συγκέντρωση αδειών των μεγάλων όγκων δειγμάτων, β) μειώνει το χρόνο προετοιμασιών σε σύγκριση με πολλές παραδοσιακές μεθόδους, γ) επιτρέπει την απομόνωση και την απαρίθμηση των ιδιαίτερων αποικιών, δ) παρέχει τις πληροφορίες παρουσίας ή απουσίας μέσα σε 24 ώρες και ε) επιτρέπει την απομάκρυνση των ανασταλτικών ή βιοκτόνων (Lingireddy, 2002).

1.3.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Υπάρχουν αρκετές τεχνικές ελέγχου των δεικτών ρύπανσης του νερού, όπως α) με τη μέθοδο πολλαπλών σωλήνων που ελέγχονται τα ολικά κολοβακτηριοειδή-δοκιμασία υποψίας εμπλουτισμός, ολικά κολοβακτηριοειδή – δοκιμασία επιβεβαίωσης και κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή – διαφοροποιητική δοκιμασία, ανίχνευση E. Coli, β) με τη μέθοδο της διήθησης, γ) με τη μέθοδο έλεγχου των δεικτών E. coli με μοριακές τεχνικές και δ) με τη μέθοδο ανίχνευσης κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους.

1.3.2.1 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών (total coliforms) – δοκιμασία υποψίας εμπλουτισμός

Χρησιμοποιείται ο θρεπτικός ζωμός Lauryl Tryptose που περιέχει λακτόζη. Μέσα στο σωλήνα με το θρεπτικό υπόστρωμα υπάρχει ανεστραμμένος σωληνίσκος (Durham) για την εξακρίβωση της παραγωγής αερίου. Πραγματοποιείται εμβολιασμός:

1η σειρά: 10ml ζωμού διπλής πυκνότητας με 10ml δείγματος

2η σειρά: 10ml ζωμού μονής πυκνότητας με 1 ml δείγματος

3η σειρά: 10ml ζωμού μονής πυκνότητας με 0.1 ml δείγματος

Με χρόνο επώασης: $36^{\circ}\text{C} \pm 1/24$ ώρες και με αποτέλεσμα την καταμέτρηση των θετικών σωλήνων (παρουσία θολερότητας και ύπαρξη αερίου στα ανεστραμμένα σωληνάρια). Εξαγωγή αποτελέσματος από τους πίνακες των πολλαπλών σωλήνων. Στο θαλάσσιο νερό δεν χρησιμοποιείται ζωμός διπλής πυκνότητας. Στην πρώτη σειρά χρησιμοποιούνται σωλήνες με 10ml ζωμού μονής πυκνότητας τα οποία εμβολιάζονται με 1 ml δείγματος (Μαυρίδου και συν., 2014).

1.3.2.2 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος ολικών κολοβακτηριοειδών – δοκιμασία επιβεβαίωσης

Ζωμός με άλατα χολής και λακτόζη (Brilliant Green Lactose Broth). Τα άλατα αυτά αναστέλλουν την ανάπτυξη άλλων, εκτός των κολοβακτηριοειδών μικροοργανισμών που υπάρχουν στο νερό, ενώ τα κολοβακτηριοειδή παράγουν αέριο από την ζύμωση της λακτόζης. Στο σωλήνα υπάρχει και ανεστραμμένο σωληνάριο. Πραγματοποιείται εμβολιασμός με θετικούς σωλήνες της δοκιμασίας υποψίας ανακαλλιεργούνται σε σωλήνες που περιέχουν 10ml του θρεπτικού ζωμού. Με χρόνο επώασης: $36^{\circ}\text{C} \pm 1/24$ ώρες και το αποτέλεσμα θεωρείται θετικό όταν παρατηρείται θολερότητα στον θρεπτικό ζωμό και αέριο στο ανεστραμμένο σωληνάριο. Η δοκιμασία αυτή επιβεβαιώνει την ύπαρξη κολοβακτηριοειδών στο εξεταζόμενο δείγμα. Εξαγωγή αποτελέσματος από τους πίνακες των πολλαπλών σωλήνων (Μαυρίδου και συν., 2014).

1.3.2.3 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών (faecal coliforms) – διαφοροποιητική δοκιμασία

Ο εμβολιασμός γίνεται όταν από τους θετικούς σωλήνες της δοκιμασίας υποψίας ανακαλλιεργούνται σωλήνες που περιέχουν 10ml θρεπτικού ζωμού. Άλλα προτεινόμενα θρεπτικά υλικά είναι: τα Brilliant Green Lactose (bile) broth, Lauryl-Tryptose-Mannitol broth με τρυπτοφάνη. Με χρόνο επώασης: $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2/24$ ώρες και αποτέλεσμα: θολερότητα του ζωμού και παρουσία αερίου στο ανεστραμμένο σωληνάριο, θεωρείται ως θετικό αποτέλεσμα (Μαυρίδου και συν., 2014).

1.3.2.4 Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων και έλεγχος για ανίχνευση E. Coli

Από τους θετικούς σωλήνες της δοκιμασίας υποψίας, συγχρόνως με τους σωλήνες που προορίζονται για την διαφοροποιητική δοκιμασία για κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή, εμβολιάζεται ζωμός τρυπτόνης. Με χρόνο επώασης: $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}/24$ ώρες και για την ανάγνωση σε κάθε σωλήνα προστίθεται 1 σταγόνα αντιδραστήριου Kovacs. Η δημιουργία κόκκινου δακτυλίου στο σημείο επαφής του αντιδραστήριου Kovacs με το ζωμό και σημαίνει παρουσία E. coli, οφείλεται στην παραγωγή ινδόλης από τρυπτοφάνη. Οι θρεπτικοί ζωμοί Lauryl-Tryptone-Mannitol broth και LactoseTryptone-Lauryl Sulphate broth για την ανίχνευση των κοπρανωειδών κολοβακτηριοειδών μπορούν να υποδεχθούν το αντιδραστήριο Kovacs. Η χρησιμοποίηση αυτών των ζωμών προσφέρει το πλεονέκτημα της παρασκευής ενός μόνο σωλήνα αντί δύο, για την ανίχνευση και των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών και της E. Coli. Εξαγωγή αποτελέσματος γίνεται από τους πίνακες των πολλαπλών σωλήνων (Μαυρίδου και συν., 2014). Επίσης για την ανίχνευση E.coli ή εντεροκόκκων στο νερό εφαρμόζεται η μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με χρήση πλακών μικροτιτλοδότησης. Η μέθοδος στηρίζεται στην ανίχνευση ενός ενζύμου του E.coli ή των εντεροκόκκων, των οποίων το υπόστρωμα βρίσκεται, σε αφυδατωμένη μορφή, επικολλημένο στα πηγάδια των μικροπλακών. Με την παρουσία του ενζύμου το υπόστρωμα απελευθερώνει μια φθορίζουσα ουσία, ορατή στο υπεριώδες φως. Μια στατιστική ανάλυση που στηρίζεται στον νόμο του Poisson, επιτρέπει, μετά την ανάγνωση της μικρόπλακας, να δοθεί ο πιθανός αριθμός

cfu/100 ml στο δείγμα. Για την E.coli το ένζυμο που ανιχνεύεται είναι η β -Glucuronidase η οποία υπάρχει στο 95% των στελεχών E.coli και το υπόστρωμα στο εσωτερικό των πηγαδιών είναι το 4-methylumbelliferyl β -D- glucuronide (MUG). Για τους εντεροκόκκους το ένζυμο που ανιχνεύεται είναι η Glucosidase η οποία υπάρχει στα περισσότερα είδη εντεροκόκκων. Το υπόστρωμα στο εσωτερικό των πηγαδιών είναι το 4-methylumbelliferyl β -D-glucoside (MUD) (Μαυρίδου & Παπαπετροπούλου, 1995).

1.3.2.5 Μέθοδος διήθησης

Διήθηση 100ml νερού ή αραιώσεων ανάλογα με το επίπεδο ρύπανσης. Η μεμβράνη τοποθετείται στην επιφάνεια του θρεπτικού υποστρώματος ή απορροφητικού χαρτιού (Whatman paper no 1) κεκορεσμένου με εκλεκτικό θρεπτικό ζωμό. Τα τρυβλία επωάζονται στους $36^{\circ}\text{C} \pm 1/24 \text{ h}$ για τα ολικά κολοβακτηριοειδή και $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}/24 \text{ h}$ για τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και την E. coli. Σύμφωνα με τις οδηγίες του ISO η επώαση των μεμβρανών γίνεται υπό αερόβιες συνθήκες. Έχει όμως παρατηρηθεί ότι η επώαση σε αναερόβιες συνθήκες αναστέλλει την υπέρμετρη ανάπτυξη οξείδωσης θετικών βακτηρίων τα οποία υπερκαλύπτουν τις αποικίες των κολοβακτηριοειδών. Έχει ως προκαταρκτικό αποτέλεσμα την καταμέτρηση υπόπτων αποικιών: m-Endo : αποικίες κόκκινες με μεταλλική χροιά. Η μεταλλική χροιά μπορεί να καλύπτει όλη την αποικία ή μόνον το κέντρο ή την περιφέρεια. Οι mLSA είναι αποικίες κίτρινες, τα Lactose TTC με Tergitol είναι κίτρινες, πορτοκαλί ή κεραμιδί αποικίες, οι οποίες δημιουργούν κίτρινη άλω στην επιφάνεια του θρεπτικού υποστρώματος. Τα LES Endo agar είναι σκούρο κόκκινο χρώμα με μεταλλική χροιά και τα mFC είναι μπλε και γκρι-μπλε αποικίες. Για επιβεβαιωτική δοκιμή πραγματοποιείται ανακαλλιέργεια 5 τυπικών αποικιών σε σωλήνες που περιέχουν ζωμό Lauryl Tryptose με ανεστραμμένα σωληνάρια Durham ή άλλο θρεπτικό ζωμό για την ανίχνευση των ολικών κολοβακτηριοειδών. Επί θετικού αποτελέσματος συνεχίζεται η διαφοροποιητική δοκιμή (Μαυρίδου και συν., 2014).

1.3.2.6 Έλεγχος των δεικτών *E. coli* με μοριακές τεχνικές

Τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή είναι ένας δείκτης παρουσίας κοπρανόδους ρύπανσης του νερού και πιθανής παρουσίας εντεροπαθογόνων σε αυτό. Η παραδοσιακή τεχνική για την απομόνωση των μικροοργανισμών αυτών από το νερό είναι η καλλιεργητική μέθοδος που στηρίζεται στην εκλεκτική απομόνωση των Gram αρνητικών βακτηριδίων τα οποία ζυμώνουν την λακτόζη στην υψηλή θερμοκρασία των $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$. Ωστόσο, την παραπάνω μέθοδο συνοδεύουν ορισμένα μειονεκτήματα όπως π.χ. η μη ανάπτυξη στις καλλιέργειες των μειωμένης ζωτικότητας κολοβακτηριοειδών (μη καλλιεργήσιμα βακτήρια) που υπάρχουν στο ολιγοτροφικό υδάτινο περιβάλλον, τον παρατεταμένο χρόνο (ημέρες) που απαιτείται για την ολοκλήρωση της καλλιέργειας, την χρήση υλικών με περιορισμένη εκλεκτικότητα καθώς και την πιθανότητα να μην διατηρηθούν ζωντανά τα μικροβιακά κύτταρα μεταξύ της δειγματοληψίας και της αρίθμησης τους (Μαυρίδου και συν., 2014).

1.3.2.7 Ανίχνευση κολοβακτηριοειδών με κολιφάγους (coliphages)

Οι κολιφάγοι είναι βακτηριοφάγοι ιοί που μολύνουν και πολλαπλασιάζονται στο κύτταρο των κολοβακτηριοειδών. Η παρουσία τους στο νερό συσχετίζεται με την ύπαρξη κολοβακτηριοειδών. Οι κολιφάγοι αποτελούν δείκτη της υγειονομικής ποιότητας του νερού. Ως μέθοδος ανίχνευσης χρησιμοποιείται ένα ml εναιωρήματος κολοβακτηριδίων (109 κύτταρα *E.coli*) που προστίθενται σε δοκιμαστικό σωλήνα στο οποίο υπάρχουν 5ml νερού και 0.08 ml Modified Trypticase Soy Agar, το οποίο διατηρείται σε θερμοκρασία 45°C . Το μείγμα μετά από ανάμιξη τοποθετείται σε τρυβλίο Petri και αφήνεται να πήξει. Έχει χρόνο επώασης $36^\circ\text{C}/4-6$ ώρες και καταμετρούνται οι αναφερόμενες πλάκες που δημιουργούνται από την λύση των κυττάρων των κολοβακτηριοειδών που έχουν μολυνθεί. Η εκτίμηση των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών με βάση την αρίθμηση των βακτηριοφάγων δίδεται από τους παρακάτω τύπους, τα ολικά κολοβακτηριοειδή: $\log \text{ολικών Κολ/δών}/100\text{ml} = 0.627 \times (\log \text{κολιφάγων}/100\text{ml}) + 1.864$ και τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή: $\log \text{κοπρανωδών Κολ/δών}/100\text{ml} = 0.805 \times (\log \text{κολιφάγων}/100\text{ml}) + 0.895$ (Μαυρίδου και συν., 2014).

1.4 ΜΟΝΑΔΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΝΕΡΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Το Εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων ιδρύθηκε το 1991 (ΦΕΚ 140/25-09-1991), είναι Κέντρο Αναφοράς Ελέγχου Νερών και Τροφίμων για την Υγειονομική Περιφέρεια Ηπείρου, Περιφέρεια Ιονίων Νήσων και ειδικά για την Κέρκυρα και τη Λευκάδα (αριθ. ΦΕΚ 960/9-9-98 τ. Β στο οποίο δημοσιεύθηκε η υπ' αριθ. Β1/οικ.5508/20-8-98 Υπουργική Απόφαση). Όλες οι αναλύσεις διεξάγονται στην Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων που ανήκει στο Εργαστήριο Υγιεινής και Επιδημιολογίας και στεγάζεται στην Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Η Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων διαθέτει την τεχνογνωσία και τον απαιτούμενο τεχνολογικό εξοπλισμό (Εικόνα 5) για δειγματοληψία και διεξαγωγή μικροβιολογικών, φυσικοχημικών και χημικών αναλύσεων σε δείγματα οποιουδήποτε είδους νερού και είναι διαπιστευμένο σύμφωνα με το πλέον απαιτητικό σύστημα στο χώρο κατά **ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025**.

Εικόνα 5: Τεχνολογικός εξοπλισμός



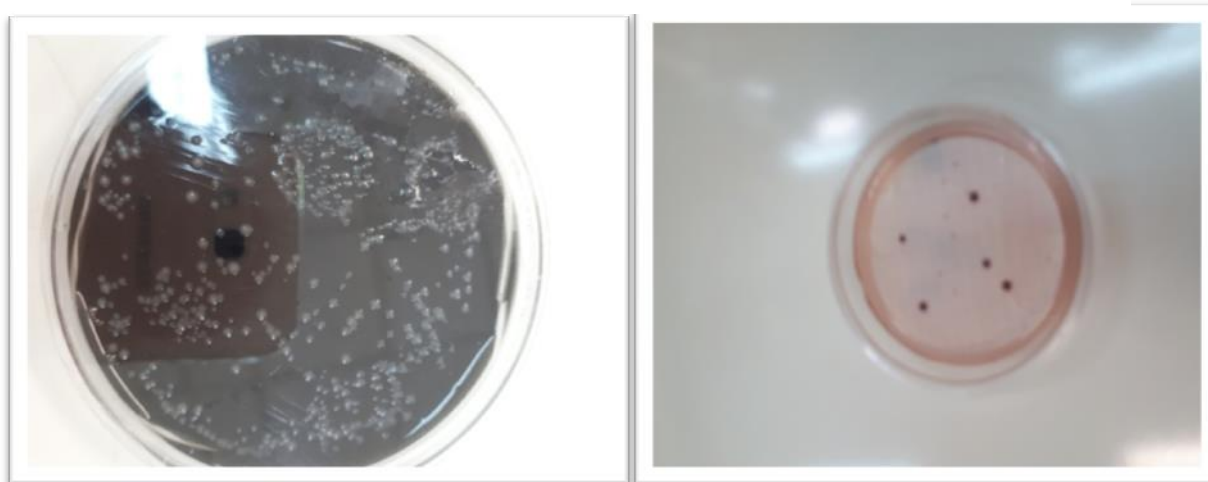
Πηγή: Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Όλες οι αναλύσεις διεξάγονται από εξειδικευμένο προσωπικό και σύμφωνα πάντα με την ελληνική νομοθεσία και τα ευρωπαϊκά νομοθετικά πλαίσια, διασφαλίζοντας έτσι την ποιότητα των δοκιμών και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Το ΕΥΕ έχει καθιερώσει, εφαρμόζει και τηρεί ένα Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας κατάλληλο για το αντικείμενο των δραστηριοτήτων του, ώστε οι εργασίες και οι δοκιμές που πραγματοποιούνται να είναι σύμφωνες με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025:2005, τα κριτήρια και τους κανονισμούς του ΕΣΥΔ. Το ΕΥΕ τεκμηριώνει τις πολιτικές του, τα συστήματα, τα προγράμματα, τις διαδικασίες και τις οδηγίες στο βαθμό που είναι απαραίτητος για να διασφαλίζει την ποιότητα των αποτελεσμάτων των δοκιμών. Συγκεκριμένα, το Εργαστήριο είναι διαπιστευμένο με το πρότυπο **ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025:2005** - Αρ. Πιστοποιητικού 919-2 για την διενέργεια των κάτωθι αναλύσεων:

1.4.1 Μικροβιολογικές Αναλύσεις

OMX 37° C και 22° C, Total coliforms, E.coli, Intestinal enterococci, Clostridium perfringens, Legionella spp. , Salmonella spp. (Εικόνα 6).

Εικόνα 6: Legionella spp. & Intestinal enterococci



Πηγή: Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

1.4.2 Φυσικοχημικές Αναλύσεις

Γεύση, Οσμή, Χρώμα, pH, Αγωγιμότητα, Θολερότητα, Αμμώνιο, Θειϊκά, Νιτρικά, Νιτρώδη, Φθοριούχα, Χλωριούχα, Ανθρακικά, Όξινα ανθρακικά, Ασβέστιο, Μαγνήσιο, Νάτριο, Οξειδωσιμότητα, Αλκαλικότητα ολική, Υπολειμματικό Χλώριο, Βρωμικά, Κυανιούχα. Το Εργαστήριο με το εξειδικευμένο προσωπικό και τον απαραίτητο τεχνολογικό εξοπλισμό (Εικόνα 7) που διαθέτει μπορεί να καλύψει τις ανάγκες για τον πλήρη έλεγχο δειγμάτων πόσιμων υδάτων, θαλάσσιων και λυμάτων (δοκιμαστική και ελεγκτική παρακολούθηση), σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

Εικόνα 7: Τεχνολογικός εξοπλισμός



Πηγή: Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Παράλληλα, στις δραστηριότητες του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας περιλαμβάνεται η παροχή εκπαιδευτικού και ερευνητικού έργου, καθώς και η συνεργασία με φορείς του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα (Εικόνα 8).

Εικόνα 8: Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων



Πηγή: Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κόσμος θα αντιμετωπίσει μια κρίσιμη έλλειψη γλυκού νερού τις επόμενες δύο δεκαετίες, σύμφωνα με έκθεση της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Νερό. Η έκθεση προβλέπει ότι η χρήση νερού θα αυξηθεί κατά 40% τα επόμενα 20 χρόνια λόγω των αυξανόμενων απαιτήσεων της γεωργίας, της βιομηχανίας και των αστικών περιοχών. Με την αλλαγή του κλίματος η κατάσταση θα επιδεινωθεί, καθώς τα θερμότερα και τα ξηρότερα καλοκαίρια θα μειώσουν τη διαθεσιμότητα του νερού και θα οδηγήσουν σε αύξηση της ζήτησης αυτού (Joshi et al., 2018). Σήμερα, 1,1 δισεκατομμύρια άνθρωποι έχουν ανεπαρκή πρόσβαση στο νερό και 2,6 δισεκατομμύρια ζουν χωρίς πρόσβαση σε βασικές εγκαταστάσεις υγιεινής. Η έλλειψη νερού για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, καθώς εμφανίζονται ασθένειες που σχετίζονται με τη χρήση μη ασφαλούς νερού και την έλλειψη υγιεινής προκαλώντας ακόμα και το θάνατο μεταξύ των φτωχών κατοίκων των αναπτυσσόμενων χωρών. Πολλές ασθένειες συνδέονται με το νερό με διάφορους τρόπους, το νερό μπορεί να δράσει θετικά στον έλεγχο ορισμένων ασθενειών μέσω της χρήσης του στην υγιεινή φροντίδα, ενώ μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή ή φορέας για διάφορους παράγοντες και να μεταδώσει ασθένειες (WHO, 2008). Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), 1,6 εκατομμύρια θάνατοι κάθε χρόνο μπορούν να αποδοθούν ειδικά σε αυτούς τους καθοριστικούς παράγοντες της υγείας. Σχεδόν το 60% της θνησιμότητας συνδέεται με μολυσματικές ασθένειες, κυρίως διάρροια, ενώ άλλες ασθένειες με λιγότερη θνησιμότητα, όπως η ελονοσία, η φιλαρίαση, ο δάγκειος πυρετός και η ιαπωνική εγκεφαλίτιδα, γίνονται όλο και πιο δύσκολο να διαχειριστούν, λόγω της αυξανόμενης αντοχής των παθογόνων μικροοργανισμών στα φάρμακα (Kuma & Puri, 2012). Η μειωμένη γνωστική απόδοση μάθησης, των ατόμων, είναι κάποια μακροπρόθεσμα αποτελέσματα των αρνητικών επιπτώσεων των λοιμώξεων όπως η διάρροια, οι προσβολές από σκουλήκια και οι αφυδατώσεις, οι οποίες οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στις κακές συνθήκες ύδρευσης, αποχέτευσης και υγιεινής (Joshi & Amadi, 2013). Η παροχή ασφαλούς πόσιμου νερού αποτελεί μία από τις πιο επιτυχημένες επεμβάσεις δημόσιας υγείας στην ανθρωπότητα και αποτελεί καθοριστική πτυχή μιας

αναπτυγμένης χώρας. Παρ' όλα αυτά, η άγνοια των πιθανών κινδύνων και η ακατάλληλη κατάρτιση του προσωπικού και των διευθυντικών στελεχών που εργάζονται στα συστήματα πόσιμου νερού εξακολουθεί να έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση περιττών υδατογενών επιδημιών σε εύπορες κοινότητες. Επιπλέον, η επανεισαγωγή ασθενειών που ελέγχονταν στο παρελθόν, όπως η χολέρα, μπορεί να εξαπλωθεί γρήγορα σε περιόδους καταστροφών όταν τα συστήματα αποχέτευσης είναι μη λειτουργικά και η επεξεργασία πόσιμου νερού είναι ανεπαρκής (Ashbolt, 2015). Επομένως η βελτίωση του νερού και της υγιεινής, οδηγεί σε βελτίωση της υγείας των πληθυσμών.

2. ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ

Ως υδατογενείς λοιμώξεις ορίζονται συνήθως μεγάλες επιδημίες οι οποίες προσβάλλουν πολλά άτομα ταυτόχρονα, όμως κάποιες φορές μπορούν να εκδηλώνονται ως μεμονωμένα περιστατικά (Decker & Palmore, 2013). Οι παρεμβάσεις κατά των μολυσματικών ασθενειών συχνά αποδεικνύονται λιγότερο επιτυχείς από ότι αναμενόταν. Ακόμη και όταν ήταν αρχικά επιτυχείς, πολλές παρεμβάσεις δεν ήταν βιώσιμες για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Κατά τα τελευταία 30 ή 40 χρόνια, παρατηρήθηκαν πολλά και ποικίλα παραδείγματα όπου οι προσπάθειες μείωσης των λοιμωδών νόσων απέτυχαν να ανταποκριθούν στις προσδοκίες, με τις ασθένειες να επανέρχονται σε επίπεδα προ της παρεμβολής ή και χειρότερα (Center for Disease Control and Prevention-CDC, 2015). Ο πυρετός του δάγκειου πυρετού, για παράδειγμα, εξαλείφθηκε από την Αμερική για πολλά χρόνια μόνο για να επανεμφανιστεί με μια πιο μολυσματική μορφή της νόσου, συμπεριλαμβανομένου του αιμορραγικού πυρετού και του δάγκειου πυρετού. Η σχιστοσωμίαση και η ελονοσία έχουν δείξει ότι μπορούν να επανεμφανιστούν γρήγορα μετά την χαλάρωση των προσπαθειών παρέμβασης (Jin et al., 2018). Οι υδατογενείς ζωνοσογόνοι παράγοντες όπως *Escherichia coli* O157: H7, *Campylobacter jejuni* και *Cryptosporidium parvum* εμφανίστηκαν τα τελευταία χρόνια. Πολλές άλλες παθογόνες ουσίες που σχετίζονται με το νερό, συμπεριλαμβανομένων των *Vibrio cholerae* O139, των ιών της ηπατίτιδας, της κυκλοσποράς, της μικροσποριδίας, της *Yersinia enterocolitica* και των

περιβαλλοντικών βακτηρίων (π.χ. *Legionella pneumophila*) έχουν συσχετιστεί με υδατογενείς ασθένειες τις τελευταίες δεκαετίες. Έτσι, η βιωσιμότητα έχει γίνει ένα σημαντικό κριτήριο για τη μέτρηση της επιτυχίας των προσπαθειών μείωσης της νόσου (Batterman et al., 2009; Saxena et al., 2015). Η έξαρση κρουσμάτων για να χαρακτηριστεί ως υδατογενή επιδημία, θα πρέπει να πληροί ορισμένα κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά είναι τα εξής:

- Εκδήλωση σε δυο ή περισσότερα άτομα παρόμοια συμπτωματολογία, μετά την κατάποση πόσιμου νερού ή μετά την έκθεση σε νερό που χρησιμοποιείται για λόγους αναψυχής.
- Τα επιδημιολογικά και εργαστηριακά δεδομένα να στηρίζουν την υπόθεση ότι το νερό είναι η πιθανή αιτία του νοσήματος (CDC, 2015).

Οι υδατογενείς επιδημίες κατηγοριοποιούνται, σύμφωνα με τα μέχρι τώρα επιδημιολογικά δεδομένα καθώς επίσης και την ύπαρξη ή μη δεδομένων που αφορούν στην ποιότητα του νερού σε ορισμένες κατηγορίες (Εικόνα 9). Στην πρώτη τάξη ανήκουν οι λοιμώξεις εκείνες για τις οποίες υπάρχουν επαρκή επιδημιολογικά δεδομένα καθώς επίσης και δεδομένα περί της ποιότητας του νερού. Στην δεύτερη τάξη εκείνες οι λοιμώξεις που διαθέτουν επαρκή επιδημιολογικά δεδομένα τα αντίστοιχα όμως δεδομένα ποιότητας νερού είναι ή απόντα ή ανεπαρκή. Οι λοιμώξεις της τρίτης τάξης διαθέτουν επαρκή δεδομένα για την ποιότητα των υδάτων αλλά περιορισμένα επιδημιολογικά δεδομένα. Τέλος η τέταρτη τάξη αποτελεί τις λοιμώξεις για τις οποίες υπάρχουν περιορισμένα επιδημιολογικά δεδομένα ενώ τα αντίστοιχα δεδομένα για την ποιότητα των υδάτων είναι ανεπαρκή ή απόντα (CDC, 2015).

Εικόνα 9: Κατάταξη υδατογενών επιδημιών

Τάξη	Επιδημιολογικά δεδομένα	Δεδομένα ποιότητας ύδατος
I	Επαρκή: δεδομένα αναλυτικής επιδημιολογίας, με RR ή OR* ≥ 2 ή διάστημα εμπιστοσύνης που δεν περιλαμβάνει τη μονάδα.	Επαρκή: μπορεί να είναι ιστορικά δεδομένα π.χ. ιστορικό διακοπής ρεύματος ή δυσλειτουργίας ενός χλωριωτή ή εργαστηριακά π.χ. παρουσία κολοβακτηριοειδών στο νερό.
II	Επαρκή: δεδομένα αναλυτικής επιδημιολογίας, με RR ή OR* ≥ 2 ή διάστημα εμπιστοσύνης που δεν περιλαμβάνει τη μονάδα.	Απόντα ή ανεπαρκή.
III	Περιορισμένα: περιγραφικά δεδομένα, οι ασθενείς δεν είχαν άλλες κοινές εκθέσεις εκτός από την κατανάλωση νερού.	Επαρκή: μπορεί να είναι ιστορικά δεδομένα π.χ. ιστορικό διακοπής ρεύματος, ή δυσλειτουργίας ενός χλωριωτή ή εργαστηριακά π.χ. παρουσία κολοβακτηριοειδών στο νερό.
IV	Περιορισμένα: περιγραφικά δεδομένα, οι ασθενείς δεν είχαν άλλες κοινές εκθέσεις εκτός από την κατανάλωση νερού.	Απόντα ή ανεπαρκή.

RR = σχετικός κίνδυνος OR = σχετικός λόγος συμπληρωματικών πιθανοτήτων

Πηγή: CDC, 2015.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως τα τελευταία χρόνια παγκοσμίως, ολοένα και περισσότερο γίνεται αναφορά σε υδατογενείς λοιμώξεις. Το γεγονός αυτό, σε ένα μεγάλο ποσοστό, οφείλεται στην παλαιότητα του συστήματος ύδρευσης και αποχέτευσης σε πολλές πόλεις. Ακόμα σημαντικό ρόλο έχει παίξει η βελτίωση και η εξέλιξη ανίχνευσης αλλά και καταγραφής των παθογόνων του νερού. Οι παράγοντες αυτοί όμως δεν είναι οι μόνοι που οδήγησαν στην αύξηση των υδατογενών λοιμώξεων. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες όπως ο υπερπληθυσμός του πλανήτη και η αστυφιλία, η μετακίνηση πληθυσμών αλλά και οι κλιματικές αλλαγές (Ashbolt, 2015). Ο τρόπος μετάδοσης των υδατογενών λοιμώξεων είναι:

- i. μέσω της άμεσης επαφής με μολυσμένο νερό
- ii. μέσω κατανάλωσης μολυσμένου νερού
- iii. με την εισπνοή υδατοσταγονιδίων
- iv. με εισρόφηση μολυσμένου νερού.

Οι υδατογενείς λοιμώξεις συχνά συνδέονται με το ποσοστό των βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια του έτους. Ισχυρές βροχοπτώσεις συνδέονται με αυξημένο κίνδυνο μόλυνσης των υδάτων, κυρίως λόγω της υπερχειλίσης των υπονόμων (Bouzid, 2017). Αντίθετα οι ήπιες βροχοπτώσεις εγκυμονούν επίσης κινδύνους εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων καθώς σημειώνεται αύξηση των εκροών των λυμάτων στα ποτάμια ή και μόλυνση υπόγειων υδάτων όταν η στάθμη του νερού μειώνεται σημαντικά (Butler, 2016). Εκτός των επιπέδων των βροχοπτώσεων όμως, σημαντικός παράγοντας για την μόλυνση του νερού αποτελεί και η καταλληλότητα του συστήματος επεξεργασίας και διανομής του νερού στους καταναλωτές (Ashbolt, 2015). Παλαιωμένα συστήματα επεξεργασίας και διανομής του νερού, είναι συχνά η αιτία των ολοένα αυξανόμενων φαινομένων κατακρήμνισης με αποτέλεσμα την αύξηση της ευπάθειας της παροχής του πόσιμου νερού. Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας, όπως θα αναλυθεί και στην συνέχεια, είναι οι κλιματικές αλλαγές που υφίσταται ο πλανήτης μας και μπορούν να αποτελέσουν σημαντική αιτία εμφάνισης και αύξησης των υδατογενών λοιμώξεων (Cann et al., 2013). Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως στην εμφάνιση των υδατογενών λοιμώξεων σημαντικό ρόλο κατέχουν και κάποιοι άλλοι παράγοντες όπως: α) το ακριβές είδος του οργανισμού, β) η γεωγραφική θέση εμφάνισης λοιμώξεων, γ) η εποχή του χρόνου, δ) η πηγή του νερού, ε) η επεξεργασία του νερού και στ) το είδος του νερού (CDC, 2015). Οι υδατογενείς λοιμώξεις κατέχουν κύριο ρόλο στην νοσηρότητα και τη θνησιμότητα πολλών κατοίκων του πλανήτη.

2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΔΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΟΙΜΩΞΕΩΝ

Πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν απομονωθεί από επιφανειακά και υπόγεια νερά τα οποία χρησιμοποιούνται για πόση. Η κύρια πηγή εισόδου των μικροοργανισμών αυτών στο νερό είναι ο άνθρωπος, τα κατοικίδια και τα άγρια ζώα. Ο χρόνος επιβίωσης των παθογόνων μικροοργανισμών στο υδάτινο περιβάλλον μπορεί να είναι από μερικές μέρες μέχρι και ένα χρόνο (π.χ. αυγά σκωλήκων). Η μολυσματική δόση ποικίλλει από ένα μικροβιακό κύτταρο μέχρι πολλές χιλιάδες και εξαρτάται και από τα χαρακτηριστικά του δέκτη (ηλικία, φυσική κατάσταση κ.λπ.). Οι παθογόνοι οργανισμοί οι οποίοι είναι δυνατόν να προκαλέσουν υδατογενείς λοιμώξεις είναι βακτήρια, παράσιτα και ιοί. Όλες οι υδατογενείς επιδημίες από

μικροοργανισμούς έχουν εποχιακή κατανομή με μεγαλύτερο ποσοστό το καλοκαίρι. Οι λοιμώξεις που αφορούν το νερό μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, ανάλογα με την παθογόνο δράση τους, στις εξής:

2.1.1 Λοιμώξεις που προκύπτουν από το νερό (Υδατοφερόμενα)

Πρόκειται για λοιμώξεις οι οποίες προκύπτουν ως αποτέλεσμα του μικροβιακού φορτίου του νερού, δηλαδή είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης ορισμένων παθογόνων στο νερό. Οι λοιμώξεις που προκύπτουν από μολύνσεις που προέρχονται από το νερό είναι πολυάριθμες. Ορισμένες από αυτές είναι ο τυφοειδής πυρετός, η χολέρα, η βακτηριακή δυσεντερία, η γαστρεντερίτιδα, η λεπτοσπείρωση, η μολυσματική ηπατίτιδα, αλλά και άλλες (Theron & Cloete, 2002).

2.1.2 Λοιμώξεις με βάση το νερό

Σε αντίθεση με τις λοιμώξεις που προκύπτουν από το μικροβιακό φορτίο του νερού, η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει λοιμώξεις οι οποίες προκύπτουν κατά κύριο λόγο από σκουλήκια τα οποία περνούν κάποιο χρονικό διάστημα της ζωής τους σε υδάτινα συστήματα (Steinman et al., 2006). Η πιο γνωστή μολυσματική νόσος αυτού του είδους είναι η σχιστοσωμίαση, τα συμπτώματα της οποίας είναι η διάρροια, αίμα στα κόπρανα ή τα ούρα. Η νόσος αυτή προκαλείται από την επαφή του ανθρώπου με νερό που έχει προσβληθεί από προνύμφες ορισμένων παρασιτικών σκουληκιών γνωστά ως cercariae (WHO, 2008).

2.1.3 Λοιμώξεις που διαδίδονται μέσω του νερού

Στις λοιμώξεις αυτές εντάσσονται εκείνες οι οποίες οφείλονται σε μολυσματικό παράγοντα, ο οποίος μπορεί να πολλαπλασιάζεται στο νερό και να μεταδίδεται στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού. Χαρακτηριστικό παράδειγμά αυτών των λοιμώξεων αποτελεί η Λεγιονέλλωση, η οποία προκαλείται από το βακτήριο *Legionella* και έχει ως αποτέλεσμα την πνευμονία (Pandey, 2014).

2.1.4 Λοιμώξεις που σχετίζονται με το περιβαλλοντικό νερό

Στις λοιμώξεις αυτές ο φορέας του νερού στους κατοίκους, η εστία των λοιμώξεων αλλά και η σοβαρότητα των συμπτωμάτων είναι ανάλογη με την ύπαρξη περιβαλλοντικού νερού στο σύστημα ύδρευσης. Όταν ο πλανήτης Γη «ασθενεί βαρέως» και η νόσος του είναι σε πλήρη εξέλιξη, τότε μαζί με τον πλανήτη θα ήταν αδύνατον να μην ασθενούν και οι κάτοικοι σ' αυτόν. Ο άνθρωπος που είναι ο κύριος υπεύθυνος για τη νόσο του, όπως επισημαίνουν οι ειδικοί. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ευθύνονται για το ένα τέταρτο της εμφάνισης ασθενειών στον παγκόσμιο πληθυσμό, για το ένα τρίτο των ασθενειών σε μικρά παιδιά και για τέσσερα εκατομμύρια θανάτους παιδιών κάτω των πέντε ετών ετησίως. Με τον όρο «περιβάλλον» εννοείται και το στενό περιβάλλον του σπιτιού και αυτό της εργασίας και το φυσικό περιβάλλον. Κατ' επέκταση το φυσικό περιβάλλον επηρεάζει τον υδροφόρο ορίζοντα όλου του πλανήτη (Pandey, 2014).

2.2 ΠΑΘΟΓΟΝΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ

Οι υδατογενείς λοιμώξεις προκαλούνται, όπως προαναφέρθηκε, από την ύπαρξη ορισμένων παθογόνων στο νερό. Σύμφωνα με το Environmental Protection Agency (EPA) στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, υπάρχουν πάνω από 500 παθογόνοι παράγοντες, οι οποίοι είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση υδατογενών λοιμώξεων. Τα παθογόνα αυτά είναι είτε ιοί, βακτήρια, πρωτόζωα είτε μύκητες (Ashbolt, N, 2015). Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10 τα παθογόνα μπορούν να κατηγοριοποιούνται σε εκείνα που προέρχονται από κοπρανώδη επιμόλυνση του νερού και σε εκείνα που βρίσκονται στο νερό, και ευκαιριακά μπορούν να οδηγούν σε ορισμένες υδατογενείς λοιμώξεις.

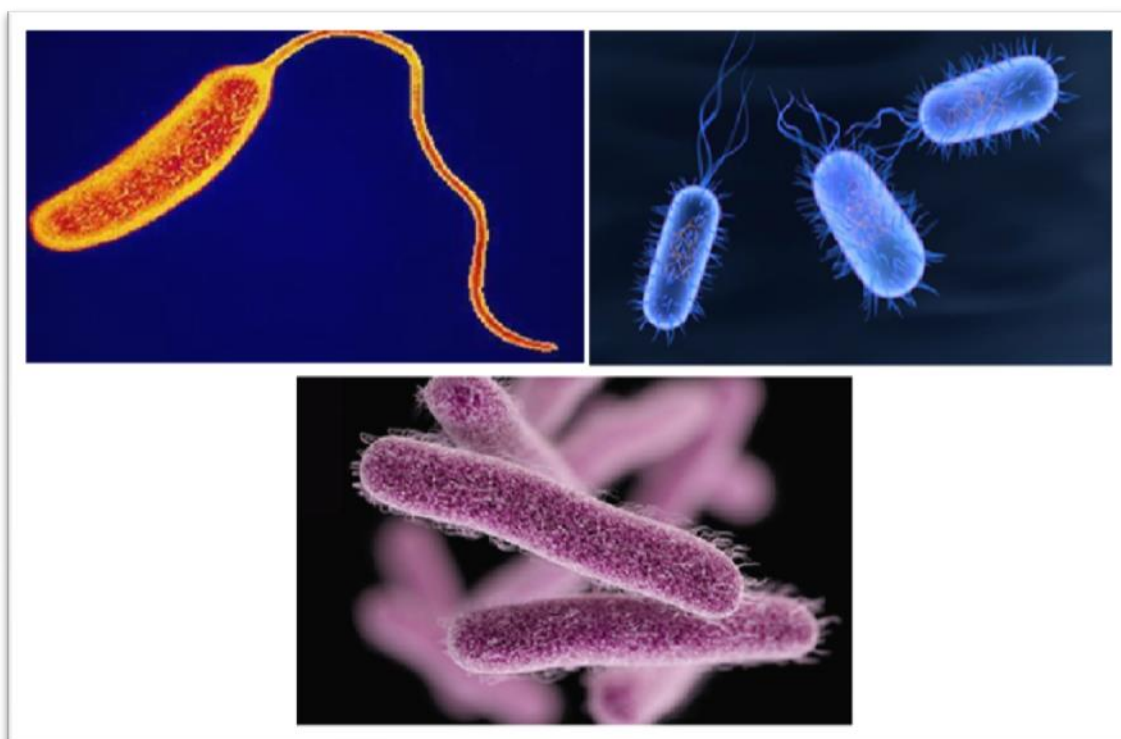
Εικόνα 10: Παθογόνοι παράγοντες υπεύθυνοι για υδατογενείς λοιμώξεις

Microbial group	Enteric (waterborne)		Water-based (opportunistic)	
	Recognized	Potential	Recognized	Potential
Viral	<i>Adenovirus</i> 40 and 41	<i>Mamastrovirus</i> 1	None	<i>Mimivirus</i> ^b
	<i>Avipolyomavirus</i> ^a	<i>Orthoreovirus</i> C		<i>Mamavirus</i> ^b
	<i>Enterovirus</i> A-D			
	<i>Hepatitis</i> A and E			
	<i>Norovirus</i> G1 and G2			
	<i>Rotavirus</i> A			
	<i>Sapovirus</i> G1			
Bacterial	<i>Aeromonas hydrophila</i> ^c	<i>Acinetobacter baumannii</i> ^c	<i>Legionella longbeacheae</i> ^d	<i>Acinetobacter baumannii</i> ^c
	<i>Campylobacter coli</i>	<i>Arcobacter butzleri</i>	<i>Legionella micdadei</i> ^d	<i>Aeromonas hydrophila</i> ^c
	<i>C. jejuni</i>	<i>Helicobacter pylori</i>	<i>Legionella pneumophila</i> ^d	ARB (<i>Afipia</i> , <i>Bosea</i> ,
	<i>Salmonella enterica</i> (non-typhoid)	<i>Clostridium difficile</i> ^c	<i>Escherichia coli</i> O157:H7 ^f	<i>Parachlamydia</i> spp.,
	<i>Shigella sonnei</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	NTM ^{c,d,g}	<i>Coxiella burnetii</i> ^d
	<i>Vibrio cholerae</i> ^c	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ^c	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ^c	<i>E. coli</i> (toxigenic strains)
		<i>Staphylococcus aureus</i> ^c		<i>Listeria monocytogenes</i> ^d
		<i>Yersinia enterocolitica</i>		<i>Staphylococcus aureus</i> ^c
Protozoan				<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> ^{c,d}
	<i>Cryptosporidium hominis</i> and <i>parvum</i>	<i>Blastocystis hominis</i>	<i>Acanthamoeba</i> T4	<i>Acanthamoeba</i> spp. ^d
	<i>Cyclospora cayentanensis</i>		<i>Balamuthia mandrillaris</i>	<i>Vahlkampfia</i> spp. ^d
	<i>Giardia intestinalis</i> assemblages A and B		<i>Naegleria fowleri</i>	<i>Vannella</i> spp. ^d
	<i>Toxoplasma gondii</i>			<i>Vermamoeba vermiformis</i> ^d
Fungal	None	<i>Candida albicans</i>	None	<i>Aspergillus fumigatus</i>
	Microsporidia (e.g. <i>Encephalitozoon</i> <i>bieneusi</i> , <i>E. intestinalis</i>)			<i>Aspergillus terreus</i>
				<i>Candida albicans</i>
				<i>Candida parapsilosis</i>
				<i>Exophiala dermatitidis</i>

Πηγή: Ashbolt, 2015.

Τα πιο συνηθισμένα βακτήρια που εντοπίζονται στον νερό είναι η *E.coli* και *Enterococci*. Ακόμα τα εντεροβακτήρια *Vibrio cholera* το οποίο προκαλεί την χολέρα, *Salmonella enterica* που σχετίζεται με την εμφάνιση τύφου και *Shigella spp* που συνδέεται με την εμφάνιση κρουσμάτων δυσεντερίας. Τα βακτήρια αυτά ελέγχονται συστηματικά κατά την επεξεργασία του πόσιμου νερού. Αντίστοιχα η *Pseudomonas aeruginosa* και το *Clostridium difficile* εντοπίζεται κυρίως σε ύδατα ποταμιών και μπορεί εύκολα να φτάσει στον άνθρωπο. Ακόμα σε νερά κοντά σε ζωικές παραγωγές υψηλό ποσοστό εμφάνισης έχει ο *Staphylococcus aureus* (Harrison et al., 2014). Το βακτήριο *Vibrio Cholera*, είναι υπεύθυνο για την νόσο της χολέρας και ανήκει στα κατά Gram αρνητικά βακτήρια και έχει κυλινδρικό σχήμα. Το βακτήριο *Salmonella enterica*, ανήκει στα εντεροβακτήρια και στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια και έχει κυλινδρικό σχήμα. Και το *Shigella spp* αρνητικό κατά Gram εντεροβακτήριο, εμφανίζει κυλινδρικό σχήμα και εμφανίζει υψηλή ομοιότητα γενετικά με το βακτήριο *E.coli* (Εικόνα 11).

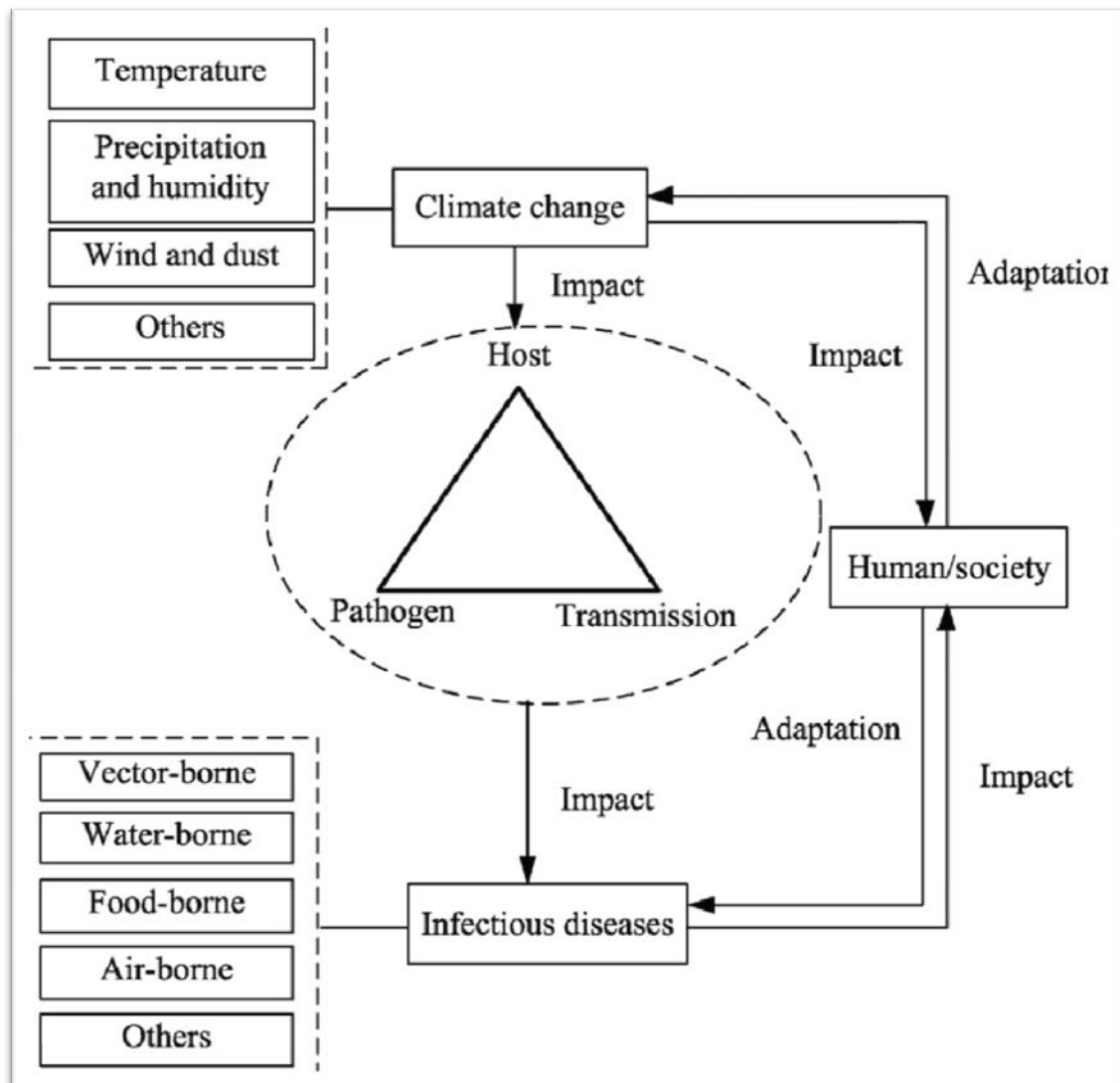
Εικόνα 11: Συνηθέστερα βακτήρια του νερού



2.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ

Η παγκόσμια αλλαγή του κλίματος έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει σοβαρά την ανθρώπινη υγεία παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων των διαρροϊκών νόσων, οι οποίες επηρεάζονται ιδιαίτερα από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα νερού. Αλλαγές στον παγκόσμιο κύκλο του ύδατος αναμένονται επίσης, με αυξανόμενη αντίθεση στις βροχοπτώσεις μεταξύ υγρής και ξηρής περιοχής και μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου, αν και μπορεί να υπάρχουν περιφερειακές εξαιρέσεις. Λόγω των προβλεπόμενων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα υδρολογικά συστήματα, οι υδατογενείς εντερικές ασθένειες συγκαταλέγονται μεταξύ των πρωταρχικών αναμενόμενων επιπτώσεων στην υγεία των κλιματικών μετατοπίσεων (Levy et al., 2016). Με τον όρο κλιματικές αλλαγές ορίζονται οι εναλλαγές σε μια ή και περισσότερες κλιματικές μεταβλητές, όπως είναι η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, ο άνεμος και η ηλιοφάνεια. Οι μεταβλητές αυτές μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην επιβίωση, την ανάπτυξη αλλά και την κατανομή των παθογόνων ή των ξενιστών, οι οποίοι θα προκαλέσουν τις λοιμώξεις. Μπορούν ακόμη να συμβάλλουν στην διαθεσιμότητα των παθογόνων και στην διευκόλυνση της μεταφοράς τους από το περιβάλλον στον άνθρωπο ή τα ζώα, στην Εικόνα 12, φαίνεται ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης μεταξύ των κλιματικών αλλαγών, των υδατογενών λοιμώξεων και του ανθρώπου (Wu et al., 2016). Διενεργήθηκαν μελέτες και άρχισαν να συνδέουν τις αυξημένες περιπτώσεις μολυσματικών ασθενειών σε μεγαλύτερες εποχές, θερμότερες θερμοκρασίες και αυξημένες βροχοπτώσεις. Οι μελέτες που δημοσιεύθηκαν έκτοτε συσχετίζουν τις πτυχές της κλιματικής αλλαγής με τις αυξημένες εστίες ιογενών ασθενειών όπως ο ιός του Δυτικού Νείλου και ο δάγκειος πυρετός καθώς και με εκδηλώσεις βακτηριακών ασθενειών όπως η χολέρα και η σαλμονέλλωση (Cooney, 2011). Οι λοιμώξεις αυτές προσβάλλουν τους ανθρώπους και τα ζώα και προσαρμόζονται εκ νέου στις νέες κλιματικές συνθήκες.

Εικόνα 12: Μοντέλο αλληλεπίδρασης μεταξύ των κλιματικών αλλαγών, των υδατογενών λοιμώξεων και του ανθρώπου



Πηγή: Wu et al., 2016.

Οι κλιματικές αλλαγές επιδρούν στην επιβίωση των παθογόνων όχι όμως με ένα συγκεκριμένο και μοναδικό τρόπο. Η επίδραση αυτή μπορεί να είναι είτε άμεση είτε έμμεση (Wu et al., 2016). Η άμεση επίδραση περιλαμβάνει μεταβολές οι οποίες επηρεάζουν τον ίδιο τον ξενιστή ή τον παθογόνο μικροοργανισμό. Επηρεάζει έτσι την επιβίωση του, την αναπαραγωγή του και τον κύκλο ζωής του. Αντίστοιχα η έμμεση επίδραση των κλιματικών αλλαγών στα παθογόνα, αφορούν αλλαγές είτε στο περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το παθογόνο είτε στους ανταγωνιστές του (Won et

al., 2013). Συνεπώς οι έμμεσες επιδράσεις δεν έχουν ως στόχο το παθογόνο παράγοντα, αλλά άλλους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν όμως την επιβίωσή του. Οποιαδήποτε μεταβολή στο περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ο παθογόνος παράγοντας, μπορεί να παρεμποδίσει ή να ευνοήσει την επιβίωσή του. Αντίστοιχα και η επίδραση των αλλαγών αυτών στους ανταγωνιστές του, μπορεί να ευνοήσει ή αντίστοιχα να αναστείλει την αναπαραγωγή τους ή και την επιβίωσή τους. Έτσι θα δημιουργηθούν δυσμενείς ή ευνοϊκές συνθήκες αντίστοιχα για τους παθογόνους (Wu et al., 2016).

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι κλιματικές αλλαγές επιδρούν και επηρεάζουν τους παθογόνους παράγοντες. Αποτέλεσμα των επιδράσεων αυτών είναι η αλλαγή στον πληθυσμό των παθογόνων παραγόντων αλλά και στη συνήθη γεωγραφική και εποχιακή εμφάνισή τους (Wu et al., 2016). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μεταβολή της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη και τον κύκλο ζωής των μικροοργανισμών. Το παράσιτο της ελονοσίας *Plasmodium falciparum*, σε περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία ξεπερνά τους 33 – 39° C σταματά να αναπτύσσεται (Bichai et al., 2008). Επίσης, σύμφωνα με μελέτες η αύξηση της θερμοκρασίας είναι δυνατόν να συμβάλλει σε αλλαγές στην αναπαραγωγή του παθογόνου παράγοντα αλλά και στην αλλαγή της εξωγενούς περιόδου επώασής του (Harvell et al., 2002). Παράδειγμα αποτελεί το βακτήριο *Vibrio* spp το οποίο, σύμφωνα με μελέτες, παρουσίασε αυξημένο ρυθμό ανάπτυξης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του 2006 που σημειώθηκαν αρκετά υψηλές θερμοκρασίες για την εποχή. Αντίστοιχα το βακτήριο *Salmonella* εμφανίζει αυξημένο ρυθμό ανάπτυξης καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 7° C έως και τους 37° C (Felföldi et al., 2010). Αντίστοιχα όπως προαναφέραμε, η υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να δρουν ανασταλτικά στα παθογόνα ή να ευνοούν τους ανταγωνιστές τους. Στην περίπτωση αυτή φαίνεται να εντάσσεται το βακτήριο *Campylobacter* spp, το οποίο παρατηρήθηκε σε υψηλές συγκεντρώσεις σε επιφανειακά ύδατα, κατά την διάρκεια χαμηλών θερμοκρασιών και κυρίως τους χειμερινούς μήνες. Υποστηρίζεται πως οι αυξημένες θερμοκρασίες ευνοούν ανταγωνιστές του βακτηρίου, οι οποίοι δεν επιτρέπουν την ανάπτυξή του (CDC, 2015).

Οι κλιματικές αλλαγές μπορούν επίσης να επιφέρουν μεταβολές στις ετήσιες βροχοπτώσεις. Το γεγονός αυτό μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στη διάδοση

υδατογενών λοιμώξεων. Οι περίοδοι του έτους όπου και σημειώνονται τα μεγαλύτερα ποσοστά βροχοπτώσεων, συχνά συνδέεται με την αυξημένη εμφάνιση παθογόνων των κοπράνων. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι οι έντονες βροχές μπορούν να προκαλέσουν την ρύπανση του νερού αλλά και των ιζημάτων, με αποτέλεσμα την συσσώρευση των μικροοργανισμών. Αντίθετα περίοδοι ξηρασίας ή χαμηλών βροχοπτώσεων οδηγεί σε μείωση των ροών των ποταμών και χαμηλές στάθμες σε ποτάμια, θάλασσες, λίμνες και πηγές. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση των παθογόνων μικροοργανισμών και εμφάνιση υδατογενών λοιμώξεων. Η υγρασία αποτελεί επίσης έναν ακόμα παράγοντα περιβαλλοντικό που μπορεί να συμβάλλει στην εμφάνιση υδατογενών λοιμώξεων. Ο ρόλος του φαίνεται να είναι όμως σημαντικότερος στην μεταφορά των ιών αλλά και την επιβίωση των ιών (Levy et al., 2016).

2.4 ΚΡΟΥΣΜΑΤΑ ΥΔΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΟΙΜΩΞΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Ποιο όμως είναι το ποσοστό εμφάνισης των υδατογενών λοιμώξεων; Σε ποιες περιοχές εμφανίζονται κυρίως; Ποιες οι επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία; Τα ερωτήματα αυτά όπως και άλλα απασχόλησαν επί σειρά ετών την επιστημονική κοινότητα. Η ανάγκη καταγραφής των κρουσμάτων υδατογενών λοιμώξεων έγινε αναγκαία όταν εμφανίστηκαν τα πρώτα κρούσματα τα οποία οδήγησαν στον θάνατο τους ασθενείς. Πολλοί οργανισμοί δημόσιας υγείας ιδρύθηκαν όπως το Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Ασθενειών (Center for Disease Control and Prevention, CDC). Σύμφωνα λοιπόν με μελέτες, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, κατά το χρονικό διάστημα από το 2013 έως το 2014 καταγράφηκε στο Εθνικό σύστημα Καταγραφής ασθενειών της χώρας 42 εστίες εμφάνισης λοιμώξεων. Οι εστίες αυτές αντιπροσώπευαν 1.006 περιπτώσεις ασθενειών, με 124 νοσηλείες και 13 θανάτους (Benedict et al., 2017). Από εκτιμήσεις που ακολούθησαν, το 57% των κρουσμάτων αυτών όπως επίσης και το σύνολο των θανάτων, σχετίζονταν με την μόλυνση από το βακτήριο *Legionella*, στην Εικόνα 13 φαίνονται οι περιοχές εμφάνισης των υδατογενών λοιμώξεων, της περιόδου εμφάνισης καθώς και της αιτιολογίας της εκάστοτε λοίμωξης.

Εικόνα 13: Περιοχές εμφανίσεις των υδατογενών λοιμώξεων

Ohio	Dec	2014	Viral, unknown (S)	AGI	2	0	0	Commercially bottled	Unknown	Private residence
Oregon	Jun	2013	<i>Cryptosporidium parvum</i> IIaA15G2R1	AGI	119	2	0	Community	Lake/Reservoir/Impoundment	Community/Municipality
Oregon	Sep	2014	<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	ARI	4	4	1	Community	Well	Apartment/Condo
Pennsylvania	Dec	2013	<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	ARI	2	2	0	Unknown	Unknown	Hospital/Health care
Pennsylvania	Feb	2014	<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	ARI	5	5	0	Community	River/Stream	Long-term care facility
Pennsylvania	Oct	2014	<i>L. pneumophila</i>	ARI	2	2	1	Community	Unknown	Long-term care facility
Rhode Island	Apr	2013	<i>L. pneumophila</i> serogroup 1	ARI	2	2	1	Community	Lake/Reservoir/Impoundment	Hospital/Health care

Πηγή: Benedict et al., 2017.

Όπως αναλύεται και στον παραπάνω πίνακα, το 83% των ασθενειών που εμφανίστηκαν κατά το χρονικό διάστημα από το 2013 έως το 2014, είχαν σαν αιτιολογία το δημόσιο σύστημα ύδρευσης ενώ αντίστοιχα μόλις το 7% τα μη σωστά ρυθμιζόμενα ατομικά συστήματα δικτύου. Κατά αναλογία από τα παραπάνω αναφερθέντα κρούσματα τα 14 εξ αυτών προέκυψαν από συστήματα ύδρευσης με υπόγειες πηγές ενώ αντίστοιχα άλλα 14 προέκυψαν από συστήματα ύδρευσης με επιφανειακές πηγές νερού (Benedict et al., 2017). Μια πιο σαφή εικόνα της αιτιολογίας των κρουσμάτων σχηματίζεται από τα δεδομένα της Εικόνας 14 που ακολουθεί, όπου εξηγούνται οι εξής πληροφορίες:

- Κυρίαρχη αιτιολογία εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων αποτελούν τα απαρχαιωμένα ή κακώς συντηρημένα συστήματα ύδρευσης, καθώς τα κρούσματα με αιτιολογία το δημόσιο σύστημα νερού ανέρχονται σε ποσοστό 71,4%.
- Το βακτήριο *Legionella* αποτελεί την δεύτερη σε σειρά αιτιολογία εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων με ποσοστό κρουσμάτων 57,1%.

- Σημαντικό ρόλο φαίνεται να έχει η προέλευση των υδάτων καθώς υπόγειες ή επιφανειακές πηγές νερού μπορούν να προκαλέσουν εμφάνιση λοιμώξεων σε ποσοστό 33,3%.
- Άλλα βακτήρια εκτός του βακτηρίου *Legionella* σπάνια σχετίζεται με την εμφάνιση υδατογενούς λοίμωξης, με ποσοστό μόλις 0,5% επί των ασθενειών που καταγράφηκαν.
- Αυξημένο βαθμό υπευθυνότητας των ασθενειών εμφανίζουν τα παράσιτα.
- Τέλος υψηλό ποσοστό (48,2%) υπαιτιότητας εμφανίζει η επεξεργασία του πόσιμου νερού που φαίνεται να μην απομάκρυνε τις πιθανές προσμίξεις στο νερό.

Εικόνα 14: Συγκεντρωτικός πίνακας μελέτης των αιτιολογιών εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής απο το 2013 έως το 2014

Characteristic/Rank	Outbreaks (N = 42)		Cases (N = 1,006)	
	Category	No. (%)	Category	No. (%)
Etiology				
1	Bacteria, <i>Legionella</i>	24 (57.1)	Chemical/Toxin	499 (49.6)
2	Parasites	8 (19.1)	Parasites	289 (28.7)
3	Chemical/Toxin	4 (9.5)	Bacteria, <i>Legionella</i>	130 (12.9)
4	Viruses	3 (7.1)	Viruses	68 (6.8)
5	Bacteria, non- <i>Legionella</i>	1 (2.4)	Multiple bacteria	12 (1.2)
6	Multiple bacteria	1 (2.4)	Bacteria, non- <i>Legionella</i>	5 (0.5)
7	Unknown	1 (2.4)	Unknown	3 (0.3)
Water system*				
1	Community	30 (71.4)	Community	759 (75.4)
2	Noncommunity	5 (11.9)	Individual	124 (12.3)
3	Individual	3 (7.1)	Noncommunity	115 (11.4)
4	Unknown	3 (7.1)	Unknown	6 (0.6)
5	Bottled	1 (2.4)	Bottled	2 (0.2)
Water source				
1	Ground water	14 (33.3)	Surface water	795 (79.0)
2	Surface water	14 (33.3)	Ground water	157 (15.6)
3	Unknown	12 (28.6)	Unknown	39 (3.9)
4	Mixed†	1 (2.4)	Mixed	12 (1.2)
5	Unreported	1 (2.4)	Unreported	3 (0.3)
Predominant illness‡				
1	ARI	24 (57.1)	AGI	862 (85.7)
2	AGI	17 (40.5)	ARI	130 (12.9)
3	AGI; Neuro	1 (2.4)	AGI; Neuro	14 (1.4)
Deficiency§				
1	<i>Legionella</i> spp. in drinking water system**	23 (54.8)	Treatment not expected to remove contaminant	485 (48.2)
2	Unknown/Insufficient information††	7 (16.7)	Unknown/Insufficient information	143 (14.2)
3	Multiple§§	3 (7.1)	<i>Legionella</i> spp. in drinking water system	126 (12.5)
4	Treatment not expected to remove contaminant††	3 (7.1)	Treatment deficiency	119 (11.8)
5	Untreated ground water***	3 (7.1)	Untreated ground water	70 (7.0)
6	Distribution system†††	1 (2.4)	Multiple	42 (4.2)
7	Premises plumbing system§§§	1 (2.4)	Premises plumbing system	14 (1.4)
8	Treatment deficiency††††	1 (2.4)	Distribution system	7 (0.7)

Πηγή: Benedict et al., 2017.

Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα που προκύπτουν και από άλλες μελέτες. Πιο συγκεκριμένα το βακτήριο *Legionella* αποτελεί για δεκαετίες την κυρίαρχη αιτιολογία εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων. Μπορεί να εισέρχεται στον οργανισμό των ατόμων με εισπνοή αερολύματος νερού που περιέχει το βακτήριο. Σε μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί για το χρονικό διάστημα από το 1971 έως και το 2012, σε καταγεγραμμένα κρούσματα υδατογενών λοιμώξεων το βακτήριο *Legionella* αποτελεί την κυρίαρχη αιτιολογία σε πλήρη συμφωνία με μεταγενέστερα αποτελέσματα. Ακόμα το σύνολο των θανάτων που καταγράφηκαν, είχαν ως αιτιολογία το βακτήριο *Legionella*, συμπεριλαμβάνοντας το 86% των κρουσμάτων που σχετιζόταν με τα κέντρα υγείας και τα νοσοκομεία. Για το λόγο αυτό σημαντικό σημείο αποτελεί ο συστηματικός έλεγχος του βακτηρίου *Legionella* κυρίως στα Νοσοκομεία και τα κέντρα Υγείας (Beer et al.,2015).

Το βακτήριο *Legionella*, ακολουθούν παθογόνα του γαστρεντερικού συστήματος, τα οποία αντιστοιχούν σε περισσότερες των μισών περιπτώσεων εμφάνισης λοιμώξεων. Το γεγονός αυτό συνδυαστικά με την εμφάνιση υψηλής νοσηρότητας των κρουσμάτων αυτών οδηγεί στην ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση των συστημάτων παροχής νερού στους πολίτες. Τα αίτια των υδατογενών λοιμώξεων στις ΗΠΑ, το έτος 2011-2012, έχουν καταγραφεί στην Εικόνα 15. Η παρακολούθηση αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει αρχική απολύμανση του δικτύου με επαρκή ποσότητα απολυμαντικού αλλά και την διατήρηση αυτού σε επιτρεπτά επίπεδα (United States Environmental Protection Agency-EPA, 2018).

Εικόνα 15: Συγκεντρωτικός πίνακας των αιτιών εμφάνισης υδατογενών λοιμώξεων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής από το 2011 έως το 2012

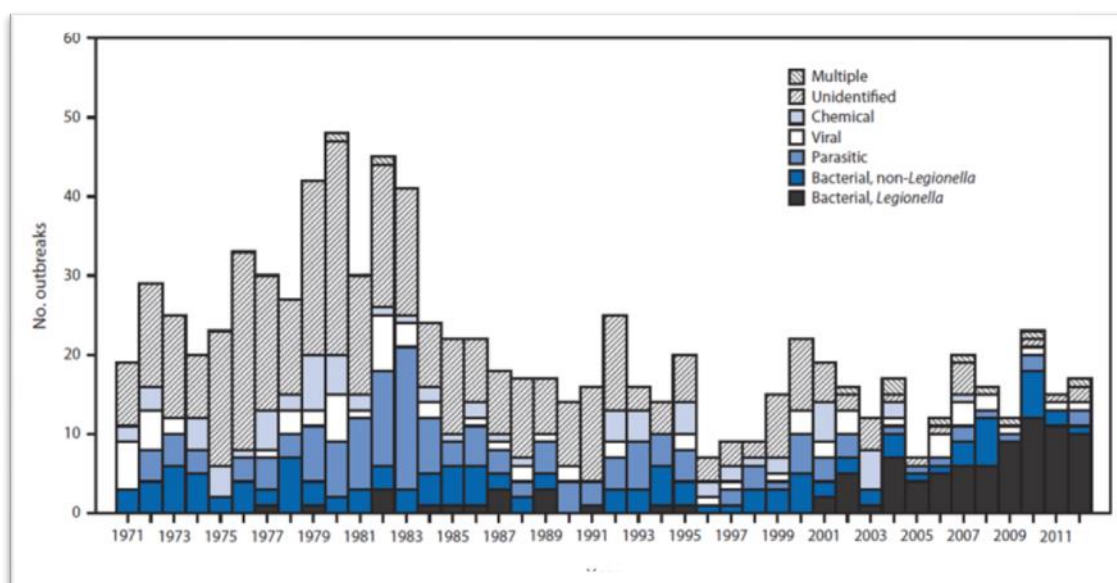
Characteristic	Rank	Outbreaks (N = 32)		Cases (N = 431)			
		Category	No.	(%)	Category	No.	(%)
Etiology							
	1	Bacteria, <i>Legionella</i>	21	(65.6)	Viruses	138	(32.0)
	2	Bacteria, non- <i>Legionella</i>	3	(9.4)	Bacteria, <i>Legionella</i>	111	(25.8)
	3	Parasites	2	(6.3)	Bacteria, non- <i>Legionella</i>	90	(20.9)
	4	Viruses	2	(6.3)	Parasites	49	(11.4)
	5	Unknown	2	(6.3)	Chemical*	26	(6.0)
	6	Chemical*	1	(3.1)	Unknown	10	(2.3)
	7	Multiple†	1	(3.1)	Multiple†	7	(1.6)
Water system [§]							
	1	Community	25	(78.1)	Noncommunity	222	(51.5)
	2	Noncommunity	5	(15.6)	Community	184	(42.7)
	3	Bottled	2	(6.3)	Bottled	25	(5.8)
Water source							
	1	Surface water	18	(56.3)	Ground water	261	(60.6)
	2	Ground water	11	(34.4)	Surface water	120	(27.8)
	3	Mixed¶	2	(6.3)	Unknown	22	(5.1)
	4	Unknown	1	(3.1)	Mixed¶	28	(6.5)
Predominant illness**							
	1	ARI	21	(65.6)	AGI	308	(71.5)
	2	AGI	10	(31.3)	ARI	111	(25.8)
	3	Other††	1	(3.1)	Other††	12	(2.8)
Deficiency ^{§§}							
	1	<i>Legionella</i> spp. in drinking water system¶¶	21	(65.6)	Untreated ground water***	201	(46.6)
	2	Untreated ground water***	4	(12.5)	<i>Legionella</i> spp. in drinking water system¶¶	111	(25.8)
	3	Premise plumbing system†††	2	(6.3)	Premise plumbing system	33	(7.7)
	4	Unknown/Insufficient information	2	(6.3)	Distribution system ^{§§§}	28	(6.5)
	5	Distribution system ^{§§§}	1	(3.1)	Point of use, bottled ^{¶¶¶}	22	(5.1)
	6	Multiple****	1	(3.1)	Multiple****	21	(4.9)
	7	Point of use, bottled ^{¶¶¶}	1	(3.1)	Unknown/Insufficient information	15	(3.5)

Πηγή: Beer et al.,2015.

Όπως παρατηρούμε στο γράφημα που ακολουθεί (Εικόνα 16), από το 2001 και έπειτα τα κρούσματα του βακτηρίου *Legionella* εμφανίζουν υψηλό αριθμό και αποτελούν την κυρίαρχη αιτιολογία εμφάνισης λοιμώξεων που σχετίζονται με το νερό (Beer et al.,2015). Ακολουθούν άλλα βακτήρια, ιοί και παράσιτα που αποτελούν αιτία για μικρότερο αριθμό λοιμώξεων. Από το 1971 επίσης και φθάνοντας στο 1995 και μετά τα κρούσματα υδατογενών λοιμώξεων είναι αισθητά μειωμένα. Εμφανίζονται όμως

μέχρι και το 2012 σε έναν περίπου σταθερό αριθμό εμφάνισης κρουσμάτων με βασική αιτιολογία το βακτήριο *Legionella*. Έτσι προκύπτει ότι το χρονικό διάστημα 2007 – 2008 το ποσοστό των κρουσμάτων με αιτιολογία το βακτήριο *Legionella* έφτασε το 33% ενώ τις χρονικές περιόδους 2009 – 2010, 2011 – 2012 το ποσοστό αυτό έφτασε στο 60% και 66% αντίστοιχα για κάθε χρονική περίοδο (Brunkard et al, 2011). Για το χρονικό διάστημα 2011 – 2012 όπως προκύπτει και από τον πίνακα, στην εικόνα 7, σημαντικό ήταν και το ποσοστό εμφάνισης λοιμώξεων ως αποτέλεσμα των πηγών του ύδατος, με ποσοστό αναφοράς λοιμώξεων ως αιτία επιφανειακών πηγών νερού σε ποσοστό 27,8% ενώ το αντίστοιχο για υπόγειες πηγές σε ποσοστό περίπου 61%. Την περίοδο αυτή αύξηση εμφανίζουν και τα κρούσματα ως αποτέλεσμα μολύνσεων από ιούς σε ποσοστό 32%.

Εικόνα 16: Γράφημα που απεικονίζει την αιτιολογία των εμφανιζόμενων λοιμώξεων κατά την χρονική περίοδο από το 1971 έως το 2012

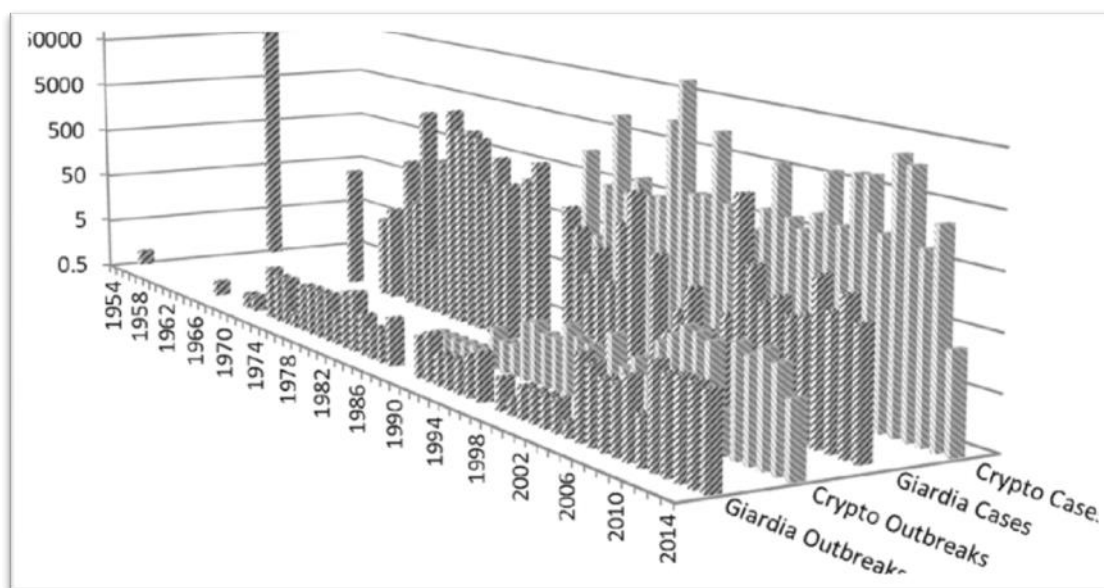


Πηγή: Beer et al.,2015.

Επιπλέον μελέτες έχουν δείξει ότι σχεδόν 206.500.000 άνθρωποι έχουν ανάγκη από θεραπεία έναντι της νόσου Σχιστοσωμιάσης μέσα στο έτος του 2016 ενώ αντίστοιχα 700.000.000 άνθρωποι βρίσκονται σε κίνδυνο (WHO, 2008). Από μελέτη που

πραγματοποιήθηκε για την διάδοση ασθενειών ως αποτέλεσμα ύπαρξης και διάδοσης του παράσιτου *Giardia* spp, προκύπτει όπως φαίνεται και στο γράφημα που ακολουθεί (Εικόνα 17), τα κρούσματα που οφείλονται στο συγκεκριμένο παράσιτο άρχισαν να εμφανίζονται στα μέσα του 1960 και έως το 2005 διατηρούν χαμηλό ρυθμό εμφάνισης. Στα χρόνια που ακολούθησαν ο ρυθμός εμφάνισης κρουσμάτων αυξήθηκε αισθητά και υπήρξαν ενδείξεις για την συσχέτιση των ασθενειών με το νερό από χώρους αναψυχής καθώς επίσης και σε συστήματα ύδρευσης, όχι όμως δημόσια. Παράλληλα με της καταγραφές για τις λοιμώξεις από *Giardia* έγιναν καταγραφές και για την ασθένεια της Κρυπτοσποριδίου η οποία περιλάμβανε 432 κρούσματα το αντίστοιχο χρονικό διάστημα τα οποία αντιπροσωπεύουν 577.242 περιπτώσεις (Efstratiou et al., 2017).

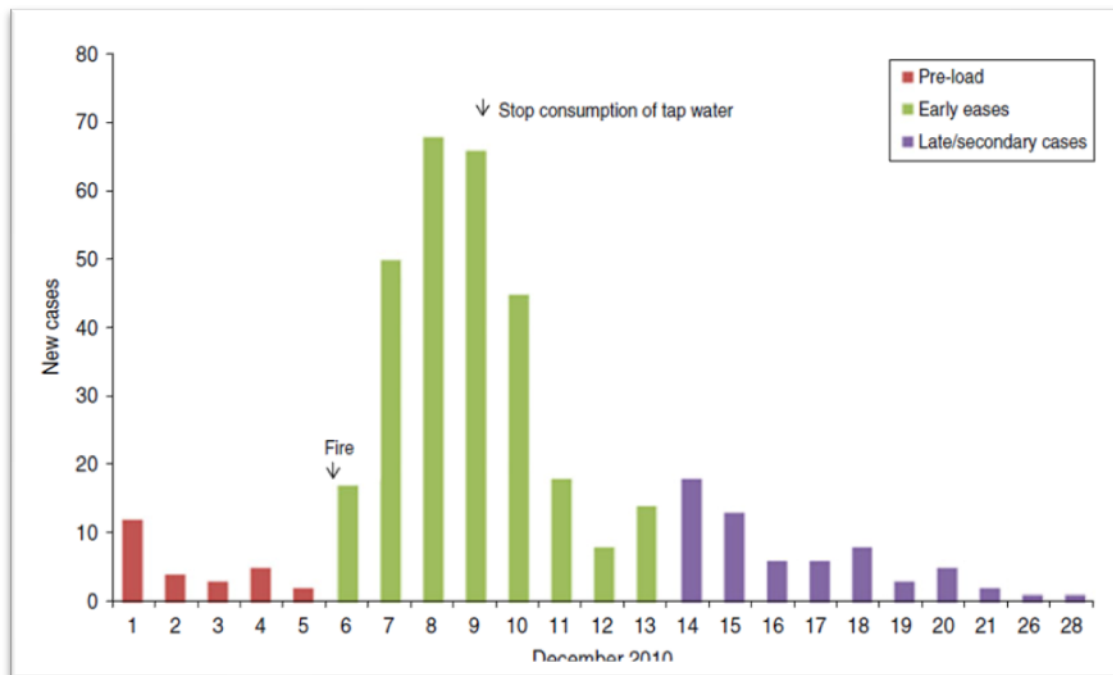
Εικόνα 17: Γράφημα απεικόνισης των κρουσμάτων κρυπτοσπορίωσης και Giardia από το έτος 1954 έως το 2014



Πηγή: Efstratiou et al., 2017.

Επιπλέον μελέτες έχουν υποδείξει μια συσχέτιση της έξαρσης των κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας, με την κατανάλωση μολυσμένου νερού. Τον Δεκέμβριο του 2010 στο Hemiksem, μελετήθηκε η εμφάνιση των νέων κρουσμάτων από την αρχή του μήνα έως το τέλος του μήνα αυτού, έπειτα από την κατανάλωση νερού βρύσης. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με στόχο την διασαφήνιση της σχέσης των εμφανιζόμενων κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας με την κατανάλωση μολυσμένου νερού. Ο μήνα Δεκέμβριος επιλέχθηκε για την μελέτη αυτή καθώς την 6^η του μηνός ξέσπασε φωτιά σε ένα υφαντουργείο στο κέντρο του Hemiksem. Την 8^η του μηνός παρατηρήθηκαν πολλά κρούσματα γαστρεντερίτιδας και οι τοπικές αρχές παρότρυναν τους κατοίκους να μην χρησιμοποιήσουν το νερό βρύσης. Από τις καταγραφές της παρούσας μελέτης λοιπόν παρατηρήθηκε ότι τις πρώτες μέρες του μήνα δεν καταγράφηκαν νέα κρούσματα υδατογενών λοιμώξεων. Η εικόνα αυτή άρχισε να μεταβάλλεται από την 6^η του μηνός όπου θεωρείται η μέρα όπου ξεκινά η αυξανόμενη εμφάνιση νέων κρουσμάτων έπειτα από την κατανάλωση νερού βρύσης και η μέρα όπου ξέσπασε η φωτιά. Τα κρούσματα αυτά έφτασαν τον μέγιστο αριθμό τους κατά την 8^η μέρα του μήνα και τα οποία πλησίαζαν σε αριθμό τα 70 νέα κρούσματα γαστρεντερίτιδας. Από την 9^η μέρα και έπειτα, όπου θεωρείται και η μέρα κατά την οποία διακόπηκε η κατανάλωση νερού βρύσης, ο αριθμός των νέων κρουσμάτων άρχισε να μειώνεται σταδιακά (Εικόνα 18). Από την 14^η μέρα και έπειτα, ο αριθμός των κρουσμάτων μειώνεται αισθητά, με τις τελευταίες μέρες του μήνα τα κρούσματα που εμφανίζονται να είναι ελάχιστα, λιγότερα σε αριθμό και από εκείνα που σημειώθηκαν στις πρώτες μέρες του μήνα, όπου πραγματοποιούνταν κατανάλωση νερού βρύσης. Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει μια ισχυρή συσχέτιση της εμφάνισης των κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας με την κατανάλωση νερού βρύσης (Braeye et al, 2015).

Εικόνα 18: Γραφική απεικόνιση των εμφανιζόμενων κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας έπειτα από κατανάλωση νερού βρύσης



Πηγή: Braeye et al., 2015.

Η επιδημιολογική ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων οδήγησε στα εξής αποτελέσματα:

- Η κατανάλωση μολυσμένου νερού συνδέεται με την εμφάνιση κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας σε ποσοστό 95% (Εικόνα 19).
- Σημαντικό ρόλο φαίνεται να έχει η απόσταση του σπιτιού από το σημείο της φωτιάς.
- Άλλοι παράγοντες όπως το φύλο των ερωτηθέντων, η ηλικία και η παρουσία μικρών παιδιών στο νοικοκυριό, φαίνεται να είναι παράγοντες που δεν έχουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση των νέων κρουσμάτων (Εικόνα 20).

Εικόνα 19: Συγκεντρωτικός πίνακας κρισιμότητας των κρουσμάτων ανά περίπτωση, έπειτα από την κατανάλωση νερού βρύσης

		Non-cases	Secondary and late cases	Cases	Total
Tapwater					
No	N	549	95	74	718
	%	73·69	55·23	33·03	
Yes	N	196	77	148	421
	%	26·31	44·77	66·97	
Total	N	745	172	222	1139

Πηγή: Braeye et al., 2015.

Εικόνα 20: Συγκεντρωτικός πίνακας ανάλυσης των κινδύνων ανά περίπτωση, έπειτα από την κατανάλωση νερού βρύσης

Variable	RR	95% CI	P value
Tap water	3·67	2·86–4·70	0·001
Gender (male/female)	0·8	0·6–1·1	0·08
Distance to fire site (unit: 750 m)	0·89	0·82–0·97	0·04
Young children (<12 years)	0·9	0·7–1·2	0·6
Household size	Linear trend	–	0·43
Age	Linear trend	–	0·52

Πηγή: Braeye et al., 2015.

2.5 ΚΡΟΥΣΜΑΤΑ ΥΔΑΤΟΓΕΝΩΝ ΛΟΙΜΩΞΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ποιά είναι όμως η συχνότητα εμφάνισης των υδατογενών λοιμώξεων στην Ελλάδα; Ορισμένες καταγραφές υπάρχουν για την εμφάνιση υδατογενών λοιμώξεων στην χώρα μας από το 2004 έως το 2010. Οι πληροφορίες που ακολουθούν προκύπτουν από το Σύστημα Υποχρεωτικής Δήλωσης Νοσημάτων, στο οποίο καταγράφονται επιδημικές εξάρσεις κρουσμάτων έπειτα από κατανάλωση νερού. Στο σύστημα αυτό καταγραφής, για το χρονικό διάστημα 2004 – 2010 δηλώθηκαν 12 κρούσματα υδατογενών επιδημιών. Από αυτές οι έξι έχουν αιτιολογία βακτηριακή επιμόλυνση, εκ των οποίων οι τέσσερις οφείλονται στο βακτήριο *Salmonella* spp, μια στο βακτήριο *Shigella flexneri* και μία στο βακτήριο *Campylobacter jejuni*. Πιο αναλυτικά στην περιοχή της Δυτικής Ελλάδας σημειώθηκαν κατά το έτος 2004, 526 κρούσματα μόλυνσης από *Salmonella* spp, με 13 άτομα να νοσηλευτούν. Στην Αττική αντίστοιχος αριθμός κρουσμάτων για το ίδιο έτος είναι μόλις 2 (Εικόνα 21). Μεγάλος ήταν ο αριθμός των κρουσμάτων και στην Κρήτη και την Θεσσαλία, όπου στην Κρήτη δηλώθηκαν 37 κρούσματα με αιτιολογία την επιμόλυνση από το βακτήριο *S. typhimurium*, ενώ στην Θεσσαλία ο αριθμός των κρουσμάτων έφτασε τα 125, με 43 εκ των οποίων να νοσηλευτούν σε νοσοκομείο. Αιτιολογία των κρουσμάτων στην Θεσσαλία αποτελεί το βακτήριο *Shigella flexneri*. Τα παραπάνω κρούσματα αυτά καταγράφηκαν το έτος 2004. Το έτος 2009, οι αντίστοιχες καταγραφές στην Κρήτη αφορούσαν 54 κρούσματα με αιτιολογία το βακτήριο *C. Jejuni* (Εικόνα 22) (Εθνικός Οργανισμός Υγείας, 2019). Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως σύμφωνα με τα δεδομένα του Ευρωπαϊκού Κέντρου Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων (European Centre for Diseases Control and Prevention, ECDC), η εκτίμηση της πραγματικής πιθανότητας εμφάνισης των υδατογενών λοιμώξεων είναι ιδιαίτερα δύσκολη λόγω του μεγάλου αριθμού των υδατογενών επιδημιών. Για τον λόγο αυτό η συχνότητα εμφάνισης των υδατογενών λοιμώξεων συχνά υποεκτιμάται.

Εικόνα 21: Συγκεντρωτικός πίνακας των καταγεγραμμένων υδατογενών λοιμώξεων με άμεση αιτιολογία την μόλυνση από κάποιο βακτήριο για την Ελλάδα

Έτος	Περιφέρεια	Αριθμός ασθενών	Αριθμός νοσηλευόμενων	Αριθμός θανάτων	Αιτιολογικός παράγοντας
2004	Δ. Ελλάδα	526	13	0	Salmonella spp.
2004	Αττική	2	2	0	Salmonella spp.
2004	Κρήτη	37	0	0	S. typhimurium
2004	Θεσσαλία	125	43	0	Shigella flexneri
2009	Πελ/νησος	3	1	0	Salmonella spp.
2009	Κρήτη	54	14	0	C. jejuni

Πηγή: Εθνικός Οργανισμός Υγείας, 2019.

Κρούσματα υδατογενών επιδημιών με ιογενή αιτιολογία καταγράφηκαν επίσης και στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα το έτος 2005 στην Ανατολική Μακεδονία και την Θράκη καταγράφηκαν 702 κρούσματα έπειτα από μόλυνση με τον ιό Norovirus. Το έτος 2006 οι αντίστοιχες καταγραφές των κρουσμάτων κατέδειξαν 721 κρούσματα (Εικόνα 22). Σε μία επιδημία, με μεγάλο μέγεθος, όπως είναι αυτή με τα 721 καταγεγραμμένα κρούσματα το 2006, στην Ξάνθη, απομονώθηκε Norovirus σε 33 δείγματα κοπράνων. Στην επιδημία αυτή ο μεγαλύτερος αριθμός των κρουσμάτων είχε ήπια συμπτώματα συμβατά με γαστρεντερίτιδα ιογενούς αιτιολογίας (κυρίως εμετούς και διάρροιες μικρής διάρκειας). Ο εργαστηριακός έλεγχος του νερού έδειξε μόλυνση με E. coli αλλά δεν ανιχνεύτηκαν ιοί (Parasidis et al., 2013).

Παρομοίως, στην τελευταία δηλωθείσα επιδημία από Norovirus στη Ρόδο το 2010, μεταξύ των ενοίκων ξενοδοχείου του νησιού, πέντε δείγματα κοπράνων ήταν θετικά για Norovirus σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ιολογικού ελέγχου που πραγματοποιήθηκε από το Μικροβιολογικό Εργαστήριο της Ιατρικής Σχολής Αθηνών. Στο μικροβιολογικό έλεγχο δειγμάτων νερού, στον οποίο προέβη η Διεύθυνση Υγείας και διεξήχθη από τη Χημική Υπηρεσία Ρόδου βρέθηκε E. coli σε

δείγμα νερού από το παρασκευαστήριο του εστιατορίου και ψευδομονάδα στα δείγματα νερού από την υδροφόρα του δήμου και τη δεξαμενή του ξενοδοχείου. Ιολογικός έλεγχος του νερού δεν πραγματοποιήθηκε. Η υπόθεση υδατογενούς προέλευσης της επιδημίας βασίστηκε στα συλλεχθέντα περιγραφικά επιδημιολογικά δεδομένα. Οι επιδημίες αυτές χαρακτηρίζονται ως υδατογενείς επιδημίες τάξης III (Εθνικός Οργανισμός Υγείας, 2019).

Εικόνα 22: Συγκεντρωτικός πίνακας των καταγεγραμμένων υδατογενών λοιμώξεων με άμεση αιτιολογία την μόλυνση από κάποιο ιό στην Ελλάδα

Έτος	Περιφέρεια	Αριθμός κρουσμάτων	Αριθμός νοσ/μενων	Αριθμός θανάτων	Αιτιολογικός παράγοντας
2004	Στερεά Ελλάδα	22	7	0	Άγνωστος
2005	Αν. Μακεδονία/Θράκη	365	0	0	Άγνωστος
2005	Αν. Μακεδονία/Θράκη	702	0	0	Norovirus
2006	Στερεά Ελλάδα	43	9	0	Άγνωστος
2006	Αν. Μακεδονία/Θράκη	721	0	0	Norovirus
2010	Ν. Αιγαίου	166	37	0	Norovirus

Πηγή: Εθνικός Οργανισμός Υγείας, 2019.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι βασικό στοιχείο για τη διατήρηση ζωής στον πλανήτη μας. Τόσο το υπόγειο όσο και το επιφανειακό νερό (λίμνες, ποτάμια) χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση. Το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να είναι από κάθε άποψη αβλαβές για την υγεία των ανθρώπων, οργανοληπτικά άμεμπτο και απολύτως καθαρό, απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και οποιεσδήποτε ουσίες, σε αριθμούς και συγκεντρώσεις που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Το φυσικό νερό περιέχει έναν μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών, που αποτελούν μέρος της φυσιολογικής μικροβιακής του χλωρίδας, αλλά και μικροοργανισμούς που χαρακτηρίζονται ως αλλόχθονες και εισέρχονται σε αυτό μέσω των φυσικών φαινομένων (π.χ. βροχή) ή με την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. λύματα). Στην περίπτωση κατά την οποία η μικροβιολογική επιβάρυνση με αυτούς τους μικροοργανισμούς απορυθμίζει την ικανότητα αποκαθαρισμού του φυσικού νερού (αραίωση, κατακρήμνιση, διήθηση, βιοχημικοί κύκλοι κ.τ.λ.), αυτό προοδευτικά καθίσταται μολυσμένο. Οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορεί είτε να αποικίσουν τον άνθρωπο και να αποτελέσουν μέρος της φυσιολογικής μικροβιακής χλωρίδας του, είτε να προκαλέσουν νόσο σε όλο τον πληθυσμό που εκτέθηκε (παθογόνα μικρόβια), ή μόνο σε ορισμένες ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού (δυσνητικά, ευκαιριακά παθογόνα μικρόβια).

Ο μεγαλύτερος κίνδυνος μόλυνσης του ανθρώπου από το πόσιμο νερό προέρχεται από την άμεση ή έμμεση κοπρανώδη επιμόλυνση του. Η μικροβιολογική εξέταση του νερού είναι πρωταρχικής σημασίας και για το λόγο αυτό επιβάλλεται συστηματικός έλεγχος των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών του. Η μικροβιολογική εξέταση για την εκτίμηση της καταλληλότητας του εξεταζόμενου πόσιμου νερού περιλαμβάνει 3 στάδια, α) με τη σωστή δειγματοληψία, β) με τη σωστή και έγκαιρη μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο και γ) με την ανίχνευση και ποσοτικοποίηση των μικροβιολογικών δεικτών. Οι μικροβιολογικοί δείκτες είναι αλλόχθονοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι περνούν παροδικά στο υδάτινο οικοσύστημα,

προερχόμενοι κυρίως από τα κόπρανα του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Ο ιδανικός δείκτης κοπρανώδους μόλυνσης του νερού πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις, όπως να είναι συνεχώς παρόν στα κόπρανα, να μην πολλαπλασιάζεται εκτός του γαστρεντερικού σωλήνα, όταν δηλαδή διοχετευτεί στην υδάτινη συλλογή, να είναι τόσο ανθεκτικός στις συνθήκες περιβάλλοντος όσο και τα εντεροπαθογόνα, να μην καταστρέφεται δηλαδή γρηγορότερα από αυτά, να συσχετίζεται ισχυρά με την παρουσία παθογόνων, ώστε η ανίχνευσή του να ειδοποιεί έγκυρα για την παρουσία των παθογόνων και να ελέγχεται με φθηνές και απλές τεχνικές.

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι δείκτες για το πόσιμο νερό δικτύου ύδρευσης που προσεγγίζουν όσο το δυνατόν περισσότερο τα παραπάνω κριτήρια, χωρίς να τα ικανοποιούν πλήρως, είναι το κολοβακτηρίδιο (*Escherichia coli*), οι εντερόκοκκοι, τα ολικά κολοβακτηριοειδή, το κλωστηρίδιο το διαθλαστικό (*Clostridium perfringens*), η ψευδομονάδα η πυοκυανική (*Pseudomonas aeruginosa*) και οι κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί. Σύμφωνα με τη Νέα Οδηγία, που εφαρμόζεται στην Ευρωπαϊκή ένωση, για τον έλεγχο της μικροβιολογικής ποιότητας του νερού οι παράμετροι διακρίνονται στις υποχρεωτικές, που περιλαμβάνουν μικρόβια που επισημαίνουν την παρουσία παθογόνων και στις ενδεικτικές παραμέτρους, που περιλαμβάνουν μικρόβια που παρέχουν ενδείξεις ότι έχει μεταβληθεί η μικροβιολογική ποιότητα του νερού.

Οι υποχρεωτικές παράμετροι για το πόσιμο νερό δικτύου ύδρευσης είναι το κολοβακτηρίδιο και οι εντερόκοκκοι και οι ενδεικτικές παράμετροι είναι οι κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί στους 37°C και στους 22°C, τα ολικά κολοβακτηριοειδή και το κλωστηρίδιο το διαθλαστικό (*Clostridium perfringens*). Επιπρόσθετα η καταλληλότητα του νερού προσδιορίζεται με μία σειρά από χημικές αναλύσεις που συνήθως είναι: Το pH, η αγωγιμότητα, η σκληρότητα, τα χλωριόντα, τα θειικά ιόντα, τα ανθρακικά ιόντα, τα υδρογονοανθρακικά ιόντα, τα νιτρώδη, το αμμώνιο, τα κατιόντα νατρίου, τα κατιόντα καλίου, τα κατιόντα ασβεστίου, τα κατιόντα μαγνησίου και τα κατιόντα σιδήρου.

Σύμφωνα με τη σχετική Ελληνική Νομοθεσία που είναι εναρμονισμένη με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπάρχουν περί τις πενήντα (50) χημικές παράμετροι που κατατάσσονται σε απλές χημικές παράμετροι όπως π.χ. Ασβέστιο, Μαγνήσιο κλπ., σε ανεπιθύμητες χημικές παράμετροι όπως π.χ. αμμωνία, νιτρώδη,

νιτρικά και σε τοξικές χημικές παράμετροι όπως π.χ. Βαρέα μέταλλα. Η σύνδεση μικροβιολογικών και χημικών παραμέτρων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Σύνδεση μικροβιολογικών και χημικών παραμέτρων.

↓ Υπολειμματικό χλώριο → ↑ μικροοργανισμοί
↓ pH → ↓ μικροοργανισμοί
Βαρέα μέταλλα → ↑ μικροοργανισμοί

3.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας ήταν η διερεύνηση όλων των δεδομένων αναφορικά με τις μικροβιολογικές και φυσικοχημικές ιδιότητες των υδάτων του δικτύου της Περιφερειακής Ενότητας Ηλείου και των εμφιαλωμένων νερών των Ηπειρωτικών Βιομηχανιών Εμφιαλώσεως εταιρεία 1 και εταιρεία 2 μεταξύ των ετών 2013-2018. Η μελέτη επεξεργάστηκε δεδομένα μέσα από τα αρχεία της Μονάδας Υγιεινής Νερών και Τροφίμων του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

3.2 Μεθοδολογία

Η καταγραφή των μικροβιολογικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υδάτων του δικτύου της Περιφερειακής Ενότητας Ηλείου, καθώς και των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών των νερών εταιρειών εμφιάλωσης, στη διάρκεια των ετών 2013-2018.

3.3 Δείγμα μελέτης

Στη μελέτη συμπεριλήφθησαν μικροβιολογικά και φυσικοχημικά δεδομένα των υδάτων του δικτύου της Περιφερειακής Ενότητας Ηλείας, καθώς και μικροβιολογικών δεδομένων των εμφιαλωμένων νερών Ηπειρωτικών Βιομηχανιών Εμφιαλώσεως εταιρεία 1 και εταιρεία 2 για το χρονικό διάστημα μεταξύ των ετών 2013-2018. Πρόκειται για αναδρομική μελέτη μέσα από τα αρχεία της Μονάδας Υγιεινής Νερών και Τροφίμων του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Τηρήθηκε η προστασία και η εμπιστευτικότητα των δεδομένων που συμπεριλήφθησαν στη μελέτη.

3.4 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 25 (statistical package for social sciences). Υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές και οι σταθερές αποκλίσεις ή οι διάμεσες τιμές. Οι μέσες τιμές, οι τυπικές αποκλίσεις, οι διάμεσοι και τα ενδοτεταρτημοριακά εύρη χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή των ποσοτικών μεταβλητών. Οι απόλυτες (n) και οι σχετικές (%) συχνότητες χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή των ποιοτικών μεταβλητών. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δύο στατιστικές μέθοδοι: η Ανάλυση Διακύμανσης ή Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) και το t-test.

3.5 Αποτελέσματα

Η πλειοψηφία του δείγματος αφορούσε σε δεδομένα καταγραφής των μικροβιολογικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υδάτων του δικτύου ύδρευσης της Περιφερειακής Ενότητας Ηλείας.

Από την καταγραφή των δεδομένων φάνηκε ότι για τα Κοινά αερόβια, όπως και για τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή στους OMX 22°C & OMX 37°C ήταν αυξημένος ο

αριθμός των προς έλεγχο δειγμάτων κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου (n: 43) έναντι της χειμερινής (n: 31).

Από το σύνολο των δεδομένων για το *E. coli* καταγράφηκε η μεγαλύτερη τιμή τη θερινή περίοδο: Μέσος 4,5816cfu/100 mL, Τυπική Απόκλιση (TA) 5,55596, όπως και για τους *Enterococci*: Μέσος 2,4513cfu/100 mL, TA 3,17493, $p=0,022$. Σχετικά με την *Pseudomonas aeruginosa* φάνηκαν αυξημένα αποτελέσματα: Μέσος 11,9667cfu/100 mL, TA 63,85246 κατά τη χειμερινή περίοδο, σε αντίθεση με το *Clostridium Perfringens*, το οποίο παρουσιάζεται αυξημένο κατά τη θερινή περίοδο Μέσος 0,1429cfu/100 mL, TA 0,37796. Η *Legionella* spp: 1000cfu/1L, πόσιμο νερό: 0cfu/1L, περιορίζεται σε μηδενικά αποτελέσματα τη χειμερινή περίοδο δειγματοληψίας (n: 25) από το δίκτυο ύδρευσης Νοσοκομείου της Περιφερειακής Ενότητας Ηλείου. Τα δείγματα νερού που αναλύθηκαν από καταυλισμούς προσφύγων της ίδιας Περιφερειακής Ενότητας κατά τα έτη 2013-2018 ήταν συνολικά n: 90.

Η συγκριτική ανάλυση ανά έτος των αποτελεσμάτων των νερών του δικτύου ύδρευσης για την πενταετία 2013-2017 κατέδειξε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα για τρεις μικροοργανισμούς: Ολικά Κολοβακτηριοειδή ($p=0,001$), *E. coli* ($p=0,021$), Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι ($p=0,001$). Όσων αφορά στους προσφυγικούς καταυλισμούς πραγματοποιήθηκε αντίστοιχη ανάλυση για την τριετία 2016-2018 χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των παθογόνων ανά έτη, Ολικά Κολοβακτηριοειδή, OMX 22°C, OMX 37°C, Στρεπτόκοκκοι Κοπράνων, *E. coli*, Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι ($p=0,847$, vs $p=0,904$, vs $p=0,813$, vs $p=0,760$, vs $p=0,802$, vs $p=0,883$).

Τα έτη καταγραφής 2013-2016 συγκεντρώθηκαν τα εξής δείγματα αντίστοιχα n: 321, n: 442, n: 560, n: 586 των εμφιαλωμένων νερών που αναλύονται στη Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων, με προοδευτική αύξηση του αριθμού των δειγμάτων στην ανά έτος ανάλυση. Επιπρόσθετα σχετικά με τα λύματα της εταιρείας 1 το σύνολο της καταγραφής μας περιείχε n: 42 δείγματα κατά την τριετία 2015- 2017.

Σχετικά με το Χλώριο (Cl^-) στο δίκτυο ύδρευσης, παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού των δειγμάτων κατά την θερινή περίοδο n: 43 έναντι της χειμερινής n: 31, αλλά και της συγκέντρωσής του, Μέσος 0.0340mg/L TA 0,03092 και Μέσος 0,0520mg/L TA 0,11057 αντίστοιχα.

Τη Χειμερινή περίοδο η αμμωνία στο δίκτυο ύδρευσης και τους προσφυγικούς καταυλισμούς φάνηκε αυξημένη Μέσος 0,2250mg/L, ΤΑ 0,22540 και Μέσος 0,2140mg, ΤΑ 0,55340 αντίστοιχα, ακολούθως τα νιτρικά και τα νιτρώδη συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων και των δύο κατηγοριών βρέθηκαν αυξημένα Μέσος 5,0000mg/L, ΤΑ 0,00000 και Μέσος 0,0078mg/L, ΤΑ 0,00795.

3.5.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις

Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 1, διάγραμμα 1).

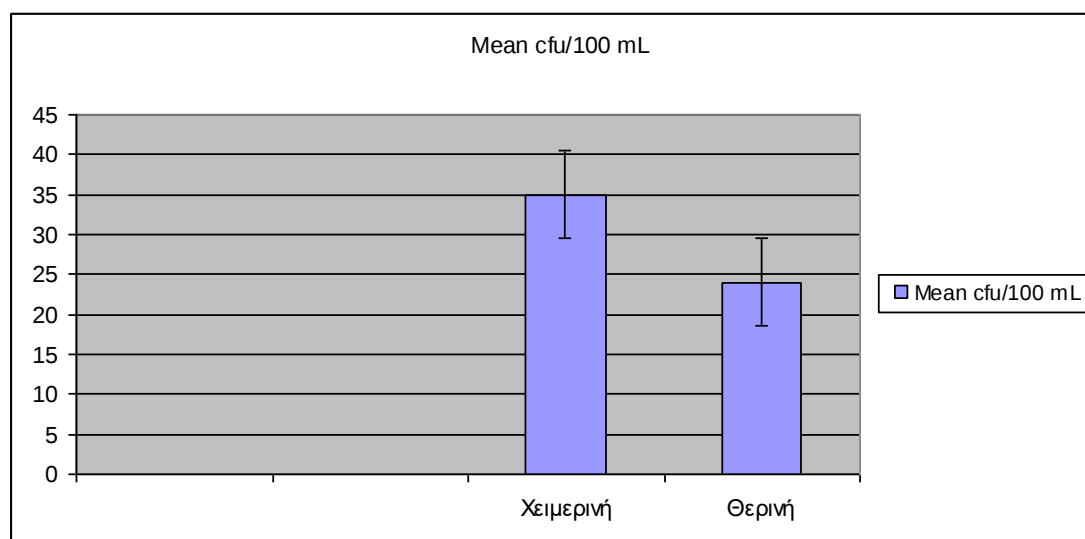
Πίνακας 1. Ολικά Κολοβακτηριοειδή

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	31	34,9794	39,46279	13,15426	0,555
Θερινή	43	24,0663	37,29603	12,43201	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Όριο: 0 cfu/100 ML

Διάγραμμα 1. Ολικά Κολοβακτηριοειδή



Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με τους κοινούς αερόβιους μικροοργανισμούς OMX στους 22°C, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 2, διάγραμμα 2**).

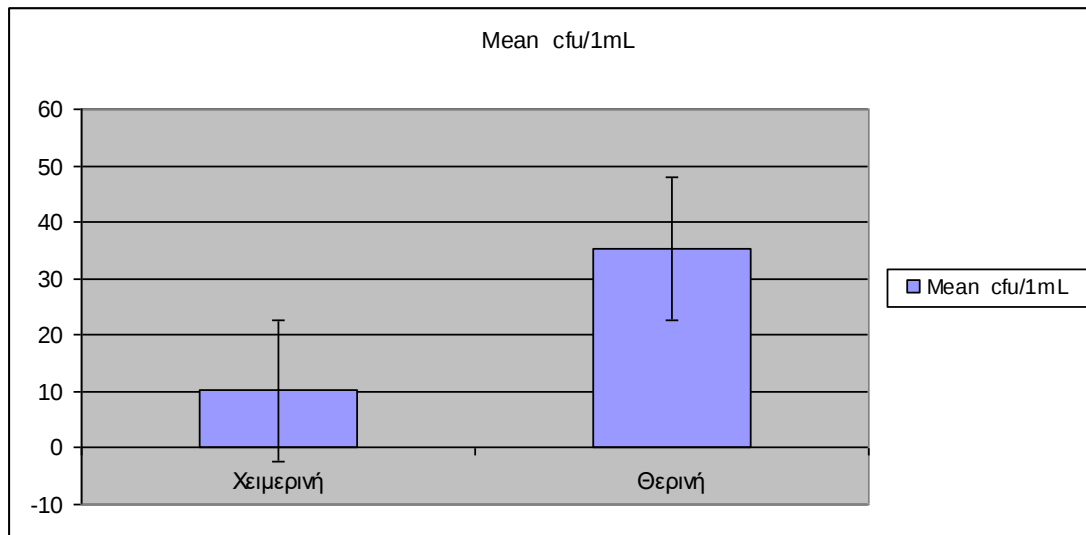
Πίνακας 2. Κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί OMX στους 22° C

Εποχή	N	Mean cfu/1mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	31	10,1667	20,74489	3,78748	0,030
Θερινή	43	35,3167	50,28588	15,90179	

Μονάδα μέτρησης: cfu/1mL

Όριο: άνευ ασυνήθους μεταβολής

Διάγραμμα 2. Κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί OMX στους 22°C



Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με τους κοινούς αερόβιους μικροοργανισμούς OMX στους 37°C, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 3, διάγραμμα 3**).

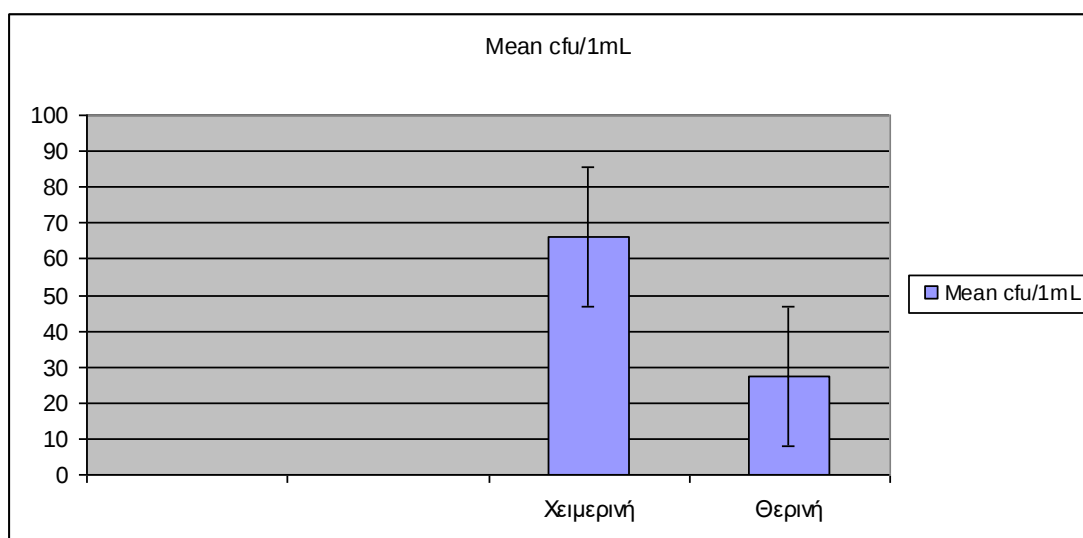
Πίνακας 3. Κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί OMX στους 37° C

Εποχή	N	Mean cfu/1mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	31	66,2333	190,51956	34,78395	0.528
Θερινή	43	27,2667	36,94893	11,68428	

Μονάδα μέτρησης: cfu/1mL

Όριο: άνευ ασυνήθους μεταβολής

Διάγραμμα 3. Κοινοί αερόβιοι μικροοργανισμοί OMX στους 37°C



Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με την Ψευδομονάδα Αεριογόνος, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 4, διάγραμμα 4).

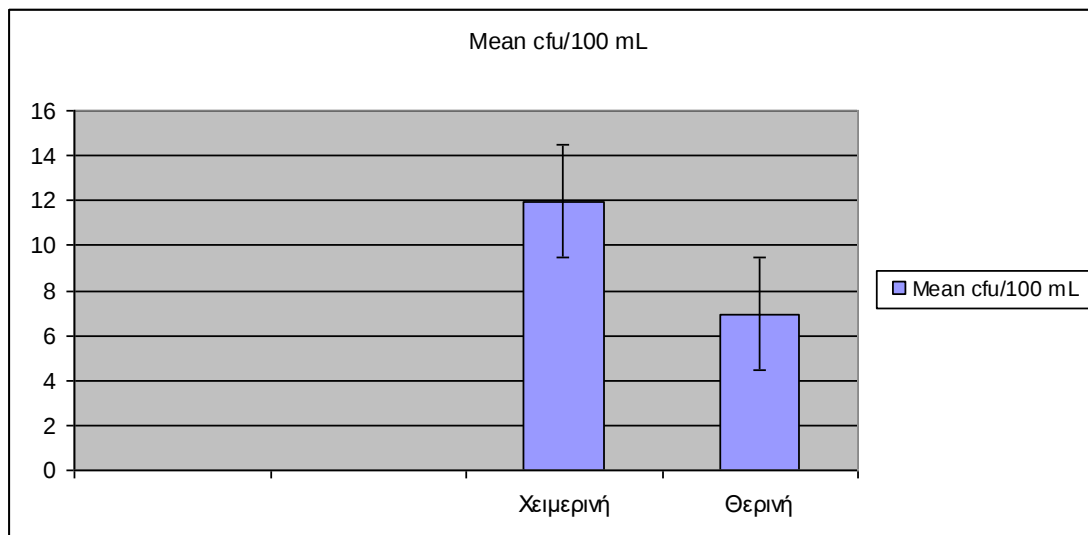
Πίνακας 4. Ψευδομονάδα Αεριογόνος

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	16	11,9667	63,85246	11,65781	0.863
Θερινή	21	6,9365	5,96748	2,66874	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Όριο: 0 cfu/100 mL

Διάγραμμα 4. Ψευδομονάδα Αεριογόνος



Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με το *Clostridium Perfringens*, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 5, διάγραμμα 5).

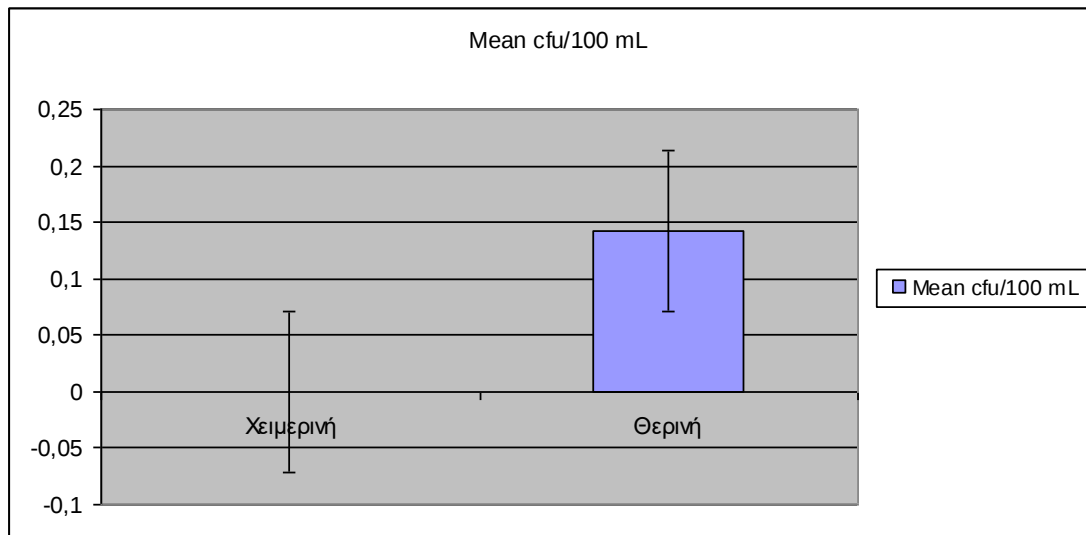
Πίνακας 5. *Clostridium Perfringens*

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	11	,0000	,00000	,00000	0.424
Θερινή	19	,1429	,37796	,14286	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Όριο: 0 cfu/100 mL

Διάγραμμα 5. *Clostridium Perfringens*



Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με το *E. coli*, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 6, διάγραμμα 6).

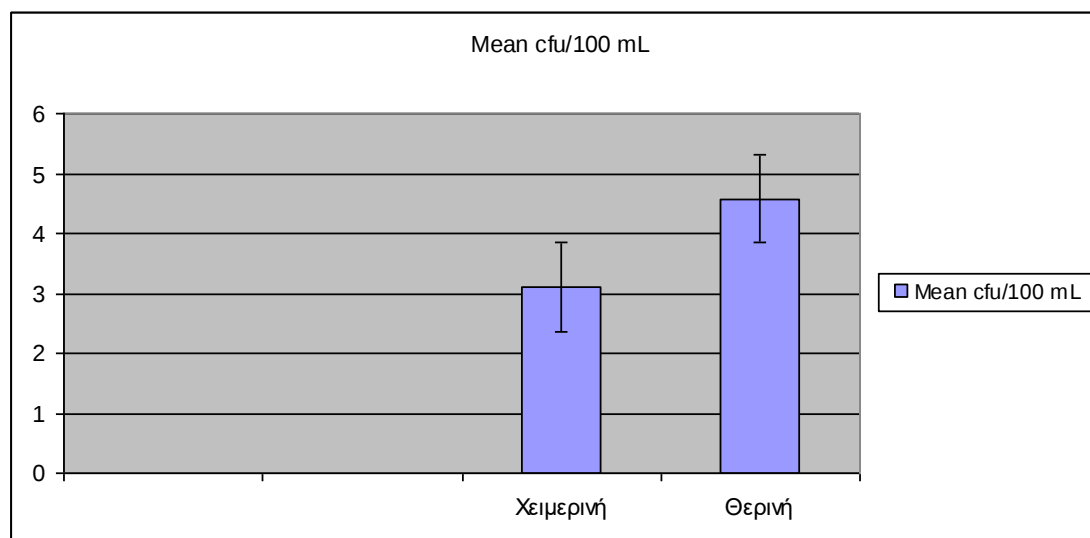
Πίνακας 6. *E. coli*

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	31	3,1000	4,66905	2,08806	0,606
Θερινή	43	4,5816	5,55596	1,54095	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Όριο: 0 cfu/100 mL

Διάγραμμα 6. *E. coli*



Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με τους Κοπρανώδεις Εντερόκοκκους, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 7, διάγραμμα 7).

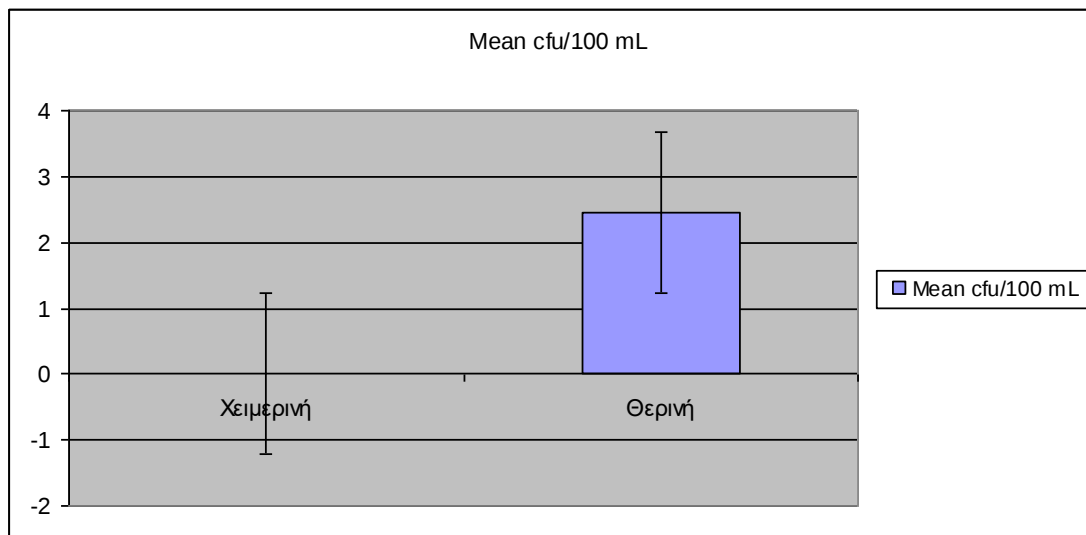
Πίνακας 7. Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	31	,0000	,00000	,00000	0,022
Θερινή	43	2,4513	3,17493	,70994	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Όριο: 0 cfu/100 mL

Διάγραμμα 7. Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι



Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης του Νοσοκομείου Περιφερειακής Ενότητας Ηπείρου σχετικά με την *Legionella* spp, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 8, διάγραμμα 8).

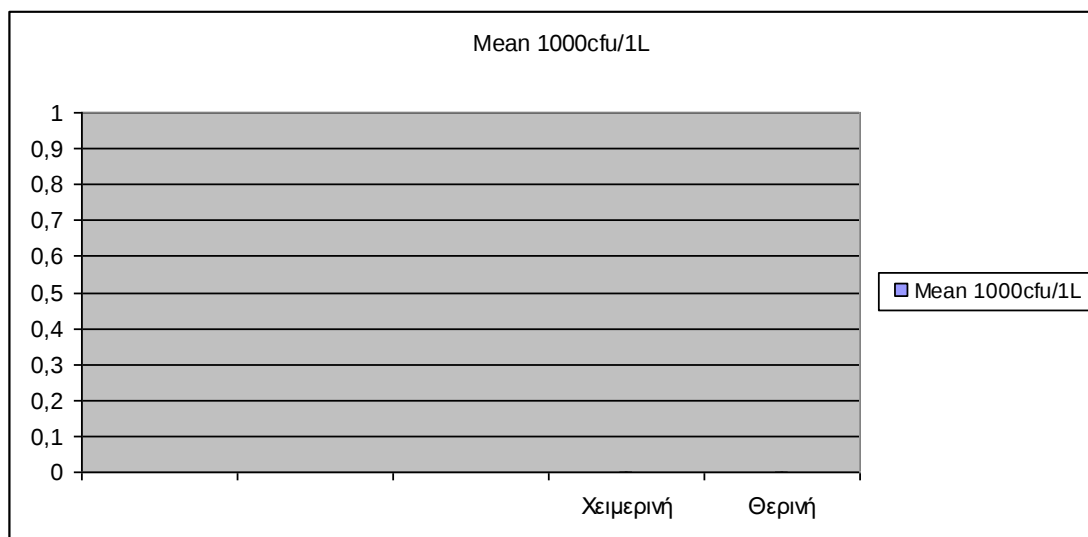
Πίνακας 8. *Legionella* spp

	N	Mean 1000cfu/1L	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	25	,0000	,00000 ^a	,00000	-
Θερινή	0	,0000	,00000 ^a	,00000	

Μονάδα μέτρησης: 1000 cfu/1L

Όριο: 1000cfu/1L, πόσιμο νερό:0cfu/1L

Διάγραμμα 8. *Legionella* spp



Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα νερού Καταυλισμών Προσφύγων σχετικά με τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 9**).

Πίνακας 9. Ολικά Κολοβακτηριοειδή

Εποχή	N	Mean Cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	33	28,7351	37,65991	11,90911	0,645
Θερινή	57	20,0993	20,84647	9,32283	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Όριο: 0 cfu/100 mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα νερού Καταυλισμών Προσφύγων σχετικά με τα OMX 22°C, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 10**).

Πίνακας 10. OMX 22°C

Εποχή	N	Mean cfu/1mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	33	11,1722	25,53438	10,42437	0,850
Θερινή	57	8,0000	13,85641	8,00000	

Μονάδα μέτρησης: cfu/1mL

Όριο: άνευ ασυνήθους μεταβολής

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα νερού Καταυλισμών Προσφύγων σχετικά με τα OMX 37°C, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 11**).

Πίνακας 11. OMX 37°C

Εποχή	N	Mean cfu/1mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	33	25,1056	58,68447	23,95783	0,678
Θερινή	57	9,6667	16,74316	9,66667	

Μονάδα μέτρησης: cfu/1mL

Όριο: άνευ ασυνήθους μεταβολής

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα νερού Καταυλισμών Προσφύγων σχετικά με τους Στρεπτόκοκκους Κοπράνων, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 12**).

Πίνακας 12. Στρεπτόκοκκοι Κοπράνων

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	33	7,2362	16,60523	5,87083	0,495
Θερινή	57	1,8654	2,87469	1,28560	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Όριο: 0 cfu/100 mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα νερού Καταυλισμών Προσφύγων σχετικά με το *E.coli*, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 13**).

Πίνακας 13. *E.coli*

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	33	5,8223	9,41233	2,83792	0,775
Θερινή	57	4,5052	4,82997	2,16003	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Παραμετρική τιμή πόσιμου νερού: 0 cfu/100 mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα νερού Καταυλισμών Προσφύγων σχετικά με τους Κοπρανώδεις Εντερόκοκκους, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 14**).

Πίνακας 14. *E.coli*

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	33	5,9061	14,91412	4,71626	0,566
Θερινή	57	1,8654	2,87469	1,28560	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL

Όριο: 0 cfu/100 mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα εμφιαλωμένου νερού των εταιρειών 1 και 2 σχετικά με τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 15**).

Πίνακας 15. Ολικά Κολοβακτηριοειδή

Εποχή	N	Mean cfu/250 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	836	,05179	,283960	,037946	0,245
Θερινή	1.073	,00408	,028571	,004082	

Μονάδα μέτρησης: cfu/250 mL

Όριο: 0 cfu/250 mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα εμφιαλωμένου νερού των εταιρειών 1 και 2 σχετικά με τα OMX 22°C , ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 16**).

Πίνακας 16. OMX 22°C

Εποχή	N	Mean cfu/1mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	836	1,69941	6,350765	,856337	0,096
Θερινή	1.073	,18095	,767869	,108593	

Μονάδα μέτρησης: cfu/1mL

Όριο: άνευ ασυνήθους μεταβολής

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα εμφιαλωμένου νερού των εταιρειών 1 και 2 σχετικά με τα OMX 37°C, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 17**).

Πίνακας 17. OMX 37°C

Εποχή	N	Mean cfu/1mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	836	1,39133	5,453782	,728792	0,092
Θερινή	1.073	,06308	,232933	,033276	

Μονάδα μέτρησης: cfu/1mL

Όριο: άνευ ασυνήθους μεταβολής

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα εμφιαλωμένου νερού των εταιρειών 1 και 2 σχετικά με την Ψευδομονάδα Αεριογόνος, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 18**).

Πίνακας 18. Ψευδομονάδα Αεριογόνος

Εποχή	N	Mean cfu/250mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	836	,01017	,057158	,007707	0,552
Θερινή	1.073	,00478	,028883	,004126	

Μονάδα μέτρησης: cfu/250mL

Όριο: 0 cfu/250mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα εμφιαλωμένου νερού των εταιρειών 1 και 2 σχετικά με το *Clostridium Perfringens*, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 19**).

Πίνακας 19. *Clostridium Perfringens*

Εποχή	N	Mean cfu/250mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	836	,00969	,055853	,007464	0,527
Θερινή	1.073	,00408	,028571	,004082	

Μονάδα μέτρησης: cfu/250mL

Όριο: 0 cfu/250mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα εμφιαλωμένου νερού των εταιρειών 1 και 2 σχετικά με το *E.Coli*, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 20**).

Πίνακας 20. *E.Coli*

Εποχή	N	Mean cfu/250mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	836	,39673	2,669258	,385274	0,306
Θερινή	1.073	,00408	,028571	,004082	

Μονάδα μέτρησης: cfu/250mL

Όριο: 0 cfu/250mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα εμφιαλωμένου νερού των εταιρειών 1 και 2 σχετικά με τους Κοπρανώδεις Εντερόκοκκους, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 21).

Πίνακας 21. Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι

Εποχή	N	Mean cfu/250mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	836	,01200	,064461	,007299	0,557
Θερινή	1.073	,00686	,036009	,004304	

Μονάδα μέτρησης: cfu/250mL
Όριο: 0 cfu/250mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα λυμάτων της εταιρείας 1 σχετικά με τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 22).

Πίνακας 22. Ολικά Κολοβακτηριοειδή

Εποχή	N	Mean cfu/100 mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	23	,0000	.	.	-
Θερινή	19	250,0000	353,55339	250,00000	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100 mL
Άνευ νομοθετικού πλαισίου

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα λυμάτων της εταιρείας 1 σχετικά με το E.coli, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 23**).

Πίνακας 23. E.coli

Εποχή	N	Mean cfu/100mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	23	30,35294	42,925541	30,352941	0.904
Θερινή	19	25,00000	35,355339	25,000000	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100mL

Όριο: ≤ 200 cfu/100mL

Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα λυμάτων της εταιρείας 1 σχετικά με τους Κοπρανώδεις Εντερόκοκκους, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 24**).

Πίνακας 24. Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι

Εποχή	N	Mean cfu/100mL	Std. Deviation	Std. Error Mean	<i>P value</i>
Χειμερινή	23	,0000	,00000 ^a	,00000	-
Θερινή	19	,0000	,00000 ^a	,00000	

Μονάδα μέτρησης: cfu/100mL

Όριο: 0 cfu/100mL

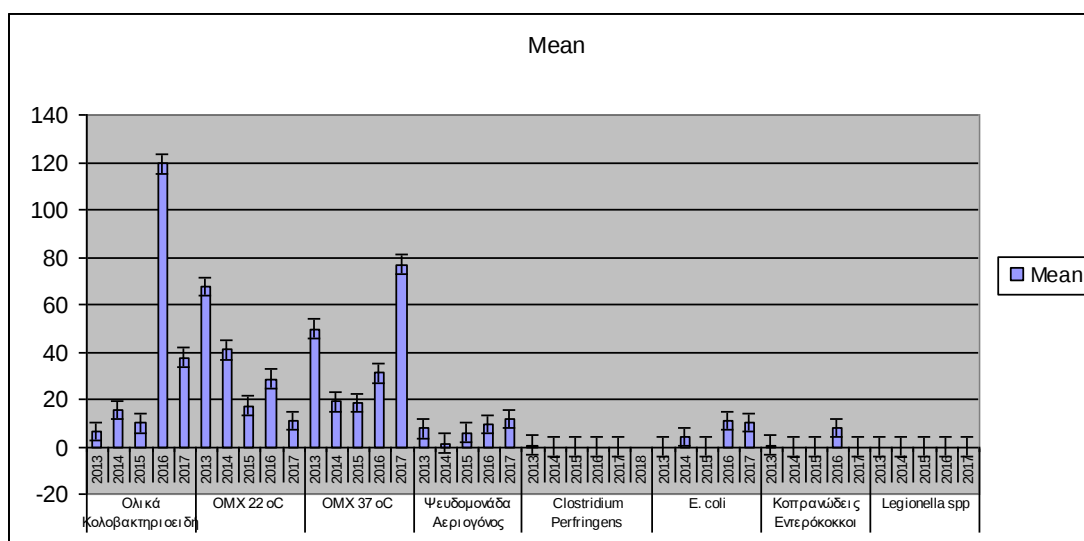
Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα του Δικτύου Ύδρευσης σχετικά με τους Μικροβιολογικούς Δείκτες, μεταξύ των ετών 2013-2017 (πίνακας 25, διάγραμμα 9).

Πίνακας 25. Μικροβιολογικοί Δείκτες

		N	Mean	Std. Deviation	P value
Ολικά Κολοβακτηριοειδή	2013	2	6,2500	8,77354	0.001
	2014	20	15,3333	17,73885	
	2015	4	10,0000	20,19901	
	2016	11	119,4400	63,69213	
	2017	37	37,6250	38,93076	
OMX 22 °C	2013	2	67,5000	104,78072	0.057
	2014	20	40,8333	42,90688	
	2015	4	17,2000	32,17452	
	2016	11	28,6667	39,71566	
	2017	37	11,0000	22,06898	
OMX 37 °C	2013	2	49,7000	63,12844	0.920
	2014	20	18,9167	14,63728	
	2015	4	18,6000	37,28002	
	2016	11	31,0000	46,93613	
	2017	37	76,8462	203,24993	
Ψευδομονάδα Αεριογόνος	2013	3	7,6667	8,45380	0.997
	2014	12	1,3333	1,63299	
	2015	4	6,0000	10,39230	
	2016	8	9,3667	5,75461	
	2017	10	11,7333	63,88942	
Clostridium Perfringens	2013	2	,6000	1,34164	0.678
	2014	11	,0000	,00000	
	2015	3	,0000	,00000	
	2016	6	,0000	,00000	
	2017	8	,0000	.	
	2018	0			
E. coli	2013	2	,0000	,00000	0.021
	2014	20	4,0000	5,22813	
	2015	4	,0000	,00000	
	2016	11	10,9733	7,26248	
	2017	37	10,1000	11,25361	

Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι	2013	2	,6364	1,02691	0.001
	2014	20	,0000	,00000	
	2015	4	,0000	,00000	
	2016	11	7,9815	5,86313	
	2017	37	,0000	,00000	
Legionella spp	2013	0	,0000	,00000	-
	2014	0	,0000	,00000	
	2015	0	,0000	,00000	
	2016	0	,0000	,00000	
	2017	25	,0000	,00000	

Διάγραμμα 9. Μικροβιολογικοί Δείκτες

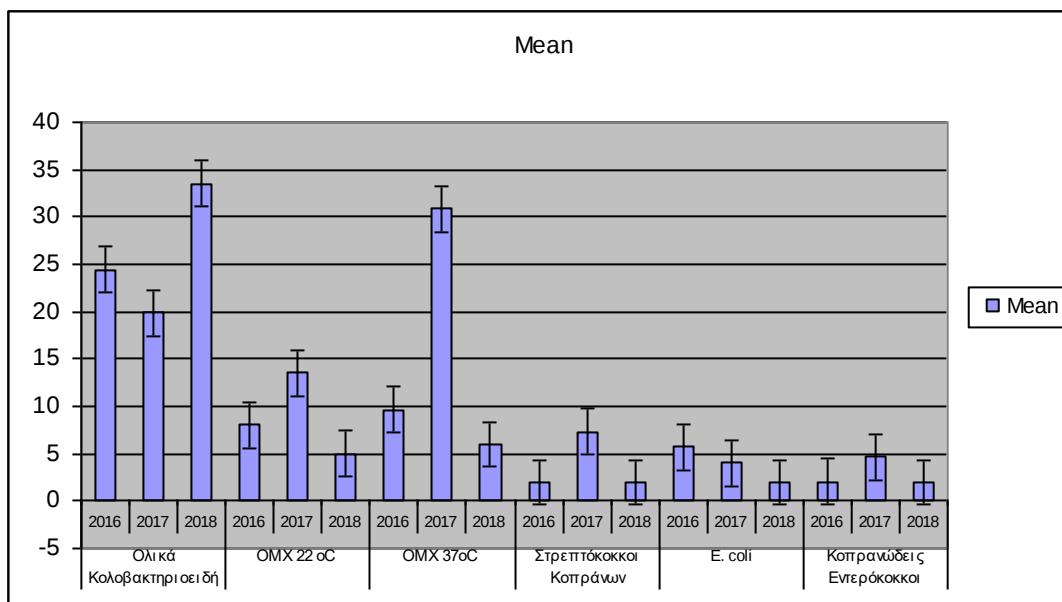


Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα νερών του Καταυλισμών Προσφύγων σχετικά με τους Μικροβιολογικούς Δείκτες, μεταξύ των ετών 2016-2018 (πίνακας 26, διάγραμμα 10).

Πίνακας 26. Μικροβιολογικοί Δείκτες

		N	Mean	Std. Deviation	P value
Ολικά Κολοβακτηριοειδή	2016	43	24,4402	17,24243	0,847
	2017	45	19,8889	34,61628	
	2018	2	33,5000	47,37615	
OMX 22 °C	2016	43	8,0000	13,85641	0,904
	2017	45	13,5167	30,91022	
	2018	2	5,0000	7,07107	
OMX 37°C	2016	43	9,6667	16,74316	0,813
	2017	45	30,8333	72,15100	
	2018	2	6,0000	8,48528	
Στρεπτόκοκκοι Κοπράνων	2016	43	1,9955	2,33674	0,760
	2017	45	7,3571	17,96922	
	2018	2	2,0000	2,82843	
E. coli	2016	43	5,7005	4,30101	0,802
	2017	45	3,9792	8,83066	
	2018	2	2,0000	2,82843	
Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι	2016	43	2,0089	2,11742	0,883
	2017	45	4,6818	14,40533	
	2018	2	2,0000	2,82843	

Διάγραμμα 10. Μικροβιολογικοί Δείκτες

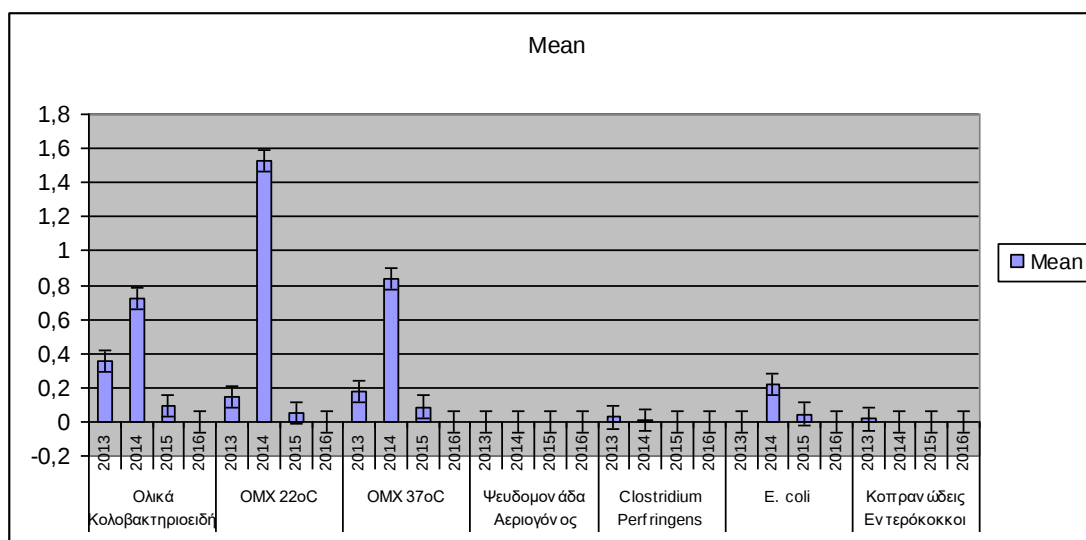


Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα εμφιαλωμένων νερών των εταιρειών 1 και 2 σχετικά με τους Μικροβιολογικούς Δείκτες, μεταξύ των ετών 2013-2016 (πίνακας 27, διάγραμμα 11).

Πίνακας 27. Μικροβιολογικοί Δείκτες

		N	Mean	Std. Deviation	P value
Ολικά Κολοβακτηριοειδή	2013	321	,3571	1,33631	0.565
	2014	442	,7222	2,20575	
	2015	560	,0917	,24191	
	2016	586	,0000	,00000	
OMX 22°C	2013	321	,1429	,53452	0.196
	2014	442	1,5287	4,04104	
	2015	560	,0491	,18374	
	2016	586	,0000	,00000	
OMX 37°C	2013	321	,1742	,48120	0.153
	2014	442	,8391	2,06274	
	2015	560	,0868	,22695	
	2016	586	,0000	,00000	
Ψευδομονάδα Αεριογόνος	2013	321	,0000	,00000	-
	2014	442	,0000	,00000	
	2015	560	,0000	,00000	
	2016	586	,0000	,00000	
Clostridium Perfringens	2013	321	,0263	,08057	0.248
	2014	442	,0096	,03242	
	2015	560	,0000	,00000	
	2016	586	,0000	,00000	
E. coli	2013	321	,0000	,00000	0.444
	2014	442	,2222	,76980	
	2015	560	,0458	,17751	
	2016	586	,0000	,00000	
Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι	2013	321	,0153	,04135	0.155
	2014	442	,0000	,00000	
	2015	560	,0000	,00000	
	2016	586	,0000	,00000	

Διάγραμμα 11. Μικροβιολογικοί Δείκτες

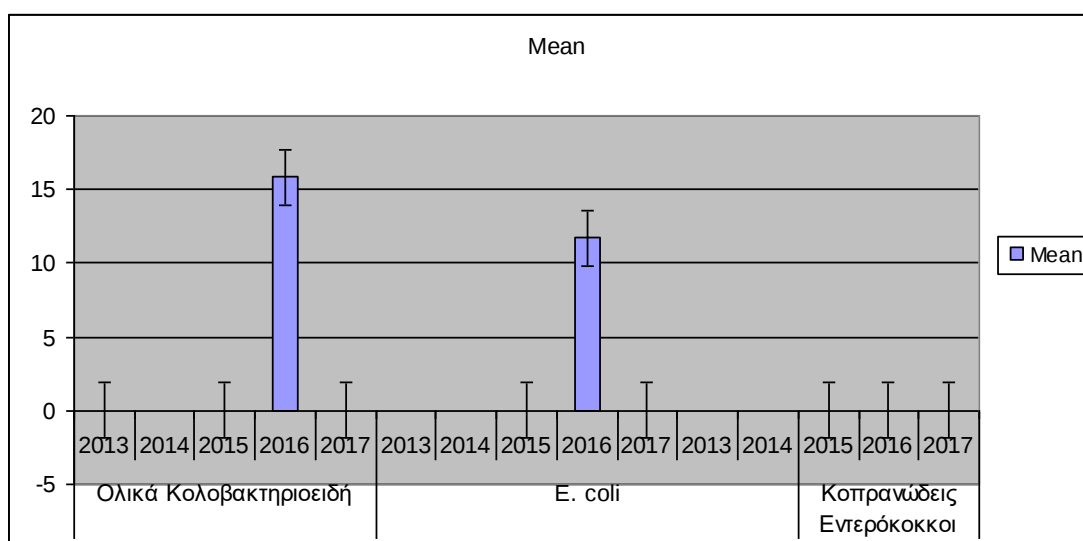


Μελετήθηκαν δεδομένα από τα δείγματα λυμάτων της εταιρείας 1 σχετικά με τους Μικροβιολογικούς Δείκτες, μεταξύ των ετών 2013-2017 (πίνακας 28, διάγραμμα 12).

Πίνακας 28. Μικροβιολογικοί Δείκτες

		N	Mean	Std. Deviation	P value
Ολικά Κολοβακτηριοειδή	2013	0	0	.	-
	2014	0			
	2015	21	0	.	
	2016	10	15,8344		
	2017	11	0		
E. coli	2013	0		.	-
	2014	0		.	
	2015	21	0	.	
	2016	10	11,7143	.	
	2017	11	0	.	-
Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι	2013	0			
	2014	0			
	2015	21	0	0	
	2016	10	0		
	2017	11	0		

Διάγραμμα 12. Μικροβιολογικοί Δείκτες



3.5.2 Φυσικοχημικές αναλύσεις

Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με το Cl^- , ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 1, διάγραμμα 1).

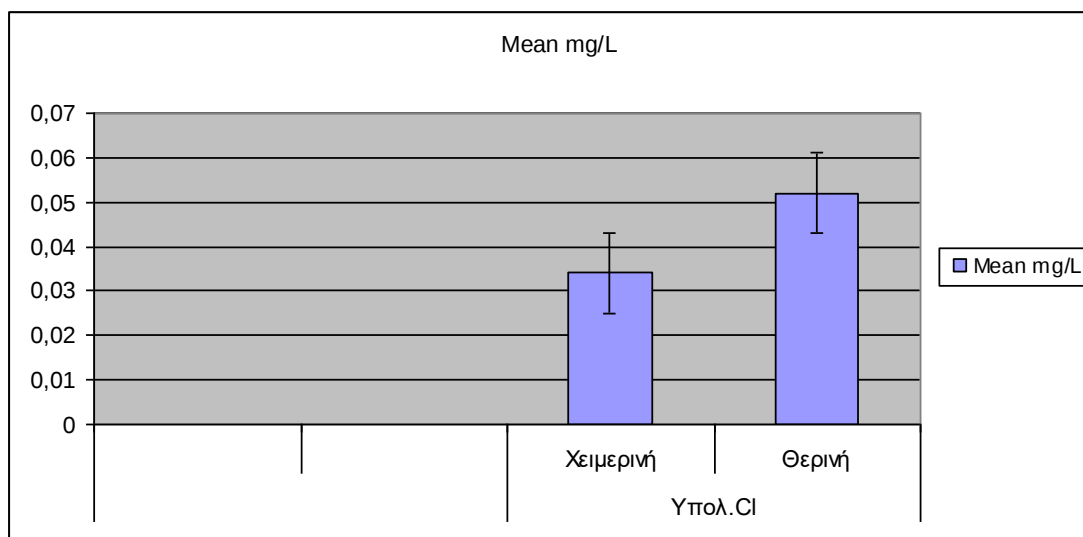
Πίνακας 1. Cl^-

	Περίοδος	N	Mean mg/L	Std. Deviation	Std. Error Mean	P value
Υπολ. Cl^-	Χειμερινή	31	,0340	,03092	,00538	0,397
	Θερινή	43	,0520	,11057	,03496	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Όριο: 0,2 mg/L (επιθυμητό στον καταναλωτή)

Διάγραμμα 1. Cl^-



Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με την Αμμωνία, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 2, διάγραμμα 2).

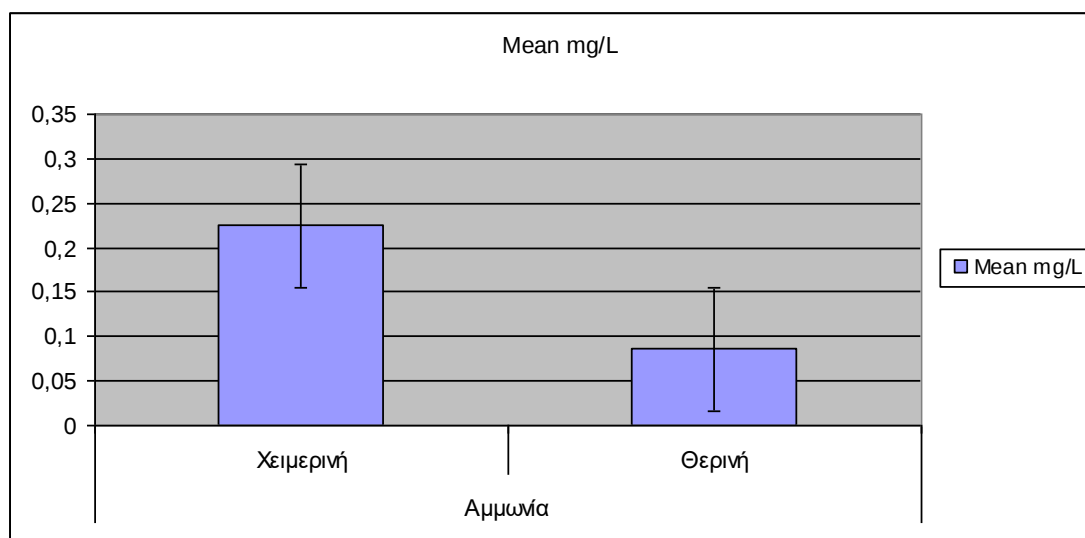
Πίνακας 2. Αμμωνία

	Περίοδος	N	Mean mg/L	Std. Deviation	Std. Error Mean	P value
Αμμωνία	Χειμερινή	26	,2250	,22540	,18447	0,441
	Θερινή	32	,0863	,08639	,02144	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Όριο: 0,50 mg/L

Διάγραμμα 2. Αμμωνία



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων σχετικά με το Cl^- , ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 3, διάγραμμα 3).

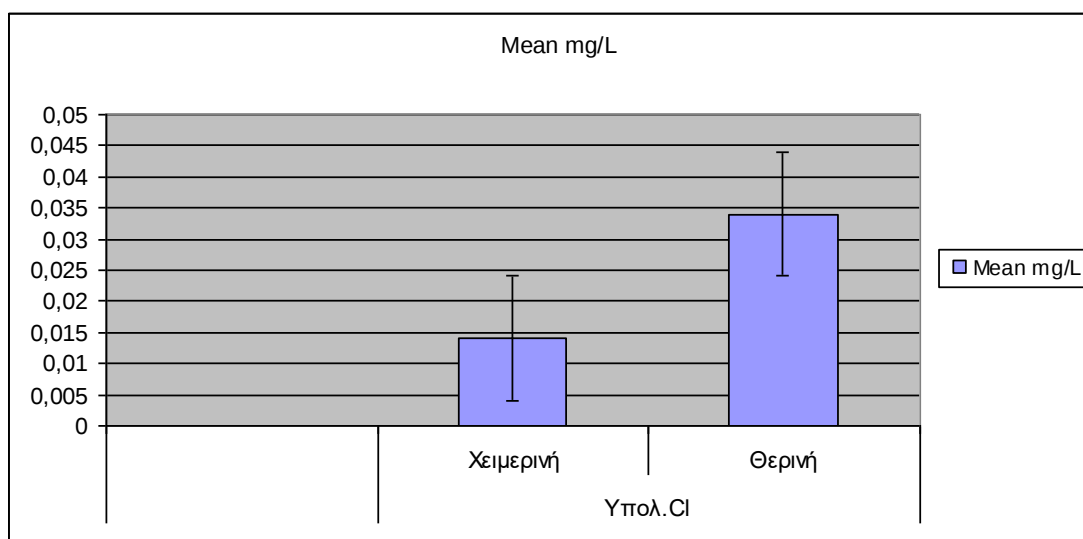
Πίνακας 3. Cl^-

	Περίοδος	N	Mean mg/L	Std. Deviation	Std. Error Mean	P value
Υπολ. Cl^-	Χειμερινή	33	,0140	,03092	,00538	0,397
	Θερινή	57	,0340	,11057	,03496	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Όριο: 0,2 mg/L (επιθυμητό στον καταναλωτή)

Διάγραμμα 3. Cl^-



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων σχετικά με την Αμμωνία, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 4, διάγραμμα 4).

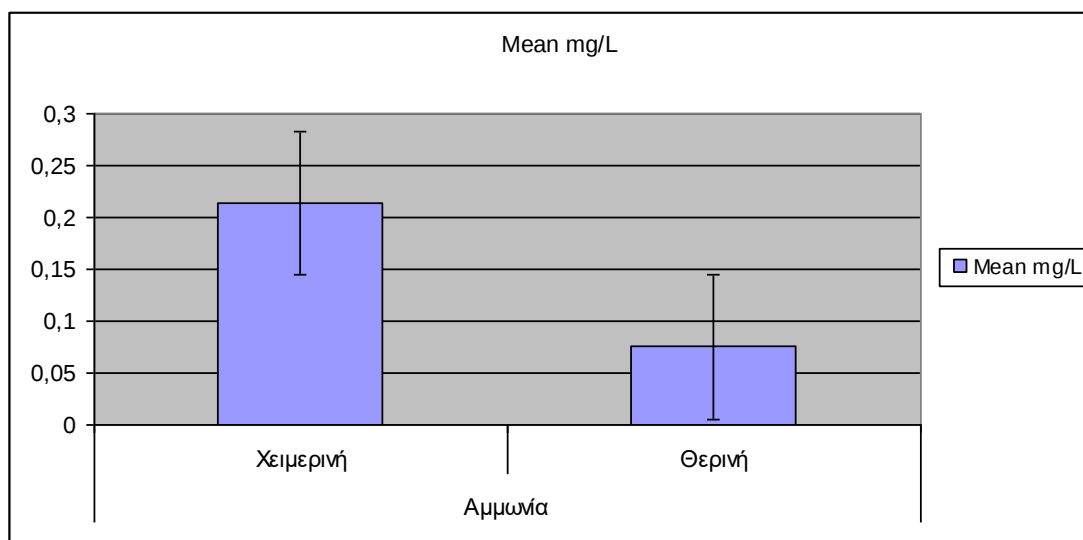
Πίνακας 4. Αμμωνία

	Περίοδος	N	Mean mg/L	Std. Deviation	Std. Error Mean	P value
Αμμωνία	Χειμερινή	22	,2140	,55340	,18447	0,441
	Θερινή	41	,0753	,06779	,02144	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Όριο: 0,50 mg/L

Διάγραμμα 4. Αμμωνία



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων και το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με την Αγωγιμότητα, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (πίνακας 5, διάγραμμα 5).

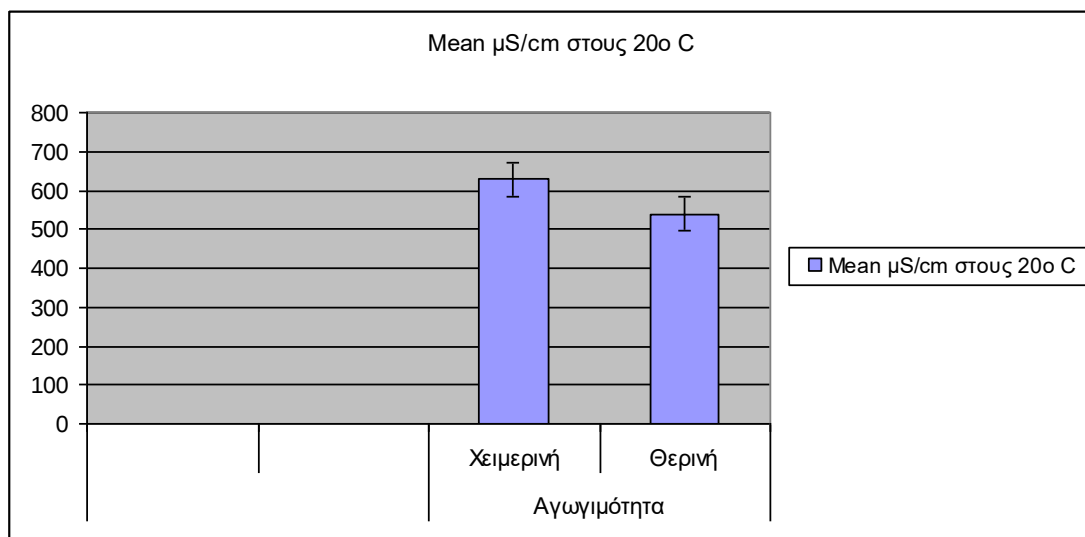
Πίνακας 5. Αγωγιμότητα

	Περίοδος	N	Mean μS/cm στους 20° C	Std. Deviation	Std. Error Mean	P value
Αγωγιμότητα	Χειμερινή	29	628,7549	106,62205	18,28553	0.020
	Θερινή	100	539,9333	85,00836	26,88200	

Μονάδα μέτρησης: μS/cm στους 20° C

Όριο: 2500 μS/cm στους 20° C

Διάγραμμα 5. Αγωγιμότητα



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων και το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με τα Νιτρικά, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 6**).

Πίνακας 6. Νιτρικά

	Περίοδος	N	Mean mg/L	Std. Deviation	Std. Error Mean	P value
Νιτρικά	Χειμερινή	29	5,0000	,00000	,00000	0,100
	Θερινή	100	4,5500	,72457	,22913	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Παραμετρική τιμή πόσιμου νερού : 50 mg/L

Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων και το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με τα Νιτρώδη, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 7**).

Πίνακας 7. Νιτρώδη

	Περίοδος	N	Mean mg/L	Std. Deviation	Std. Error Mean	P value
Νιτρώδη	Χειμερινή	29	,0078	,00795	,00281	0,276
	Θερινή	100	,0050	,00000	,00000	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Παραμετρική τιμή πόσιμου νερού: 0,50

Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων και το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με το pH, ανά Θερινή και Χειμερινή εποχή (**πίνακας 8**).

Πίνακας 8. pH

	Περίοδος	N	Mean μονάδες pH	Std. Deviation	Std. Error Mean	P value
pH	Χειμερινή	29	7,8170	,26118	,04479	0,004
	Θερινή	100	7,5348	,24888	,07870	

Μονάδα μέτρησης: μονάδες pH
Όριο: ≥ 6.5 και ≥ 9.5 μονάδες pH

Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με το Cl⁻, μεταξύ των ετών 2013-2018 (**πίνακας 9**).

Πίνακας 9. Cl⁻

	Mean mg/L	N	Std. Deviation	P value
2013	4,0700	2	5,72756	0.001
2016	,0431	4	,11005	
2017	,0320	30	,05577	
2018	,0488	38	,05817	

Μονάδα μέτρησης: mg/L
Όριο: 0,2 mg/L (επιθυμητό στον καταναλωτή)

Μελετήθηκαν δεδομένα από το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με την Αμμωνία, μεταξύ των ετών 2013-2018 (πίνακας 10, διάγραμμα 6).

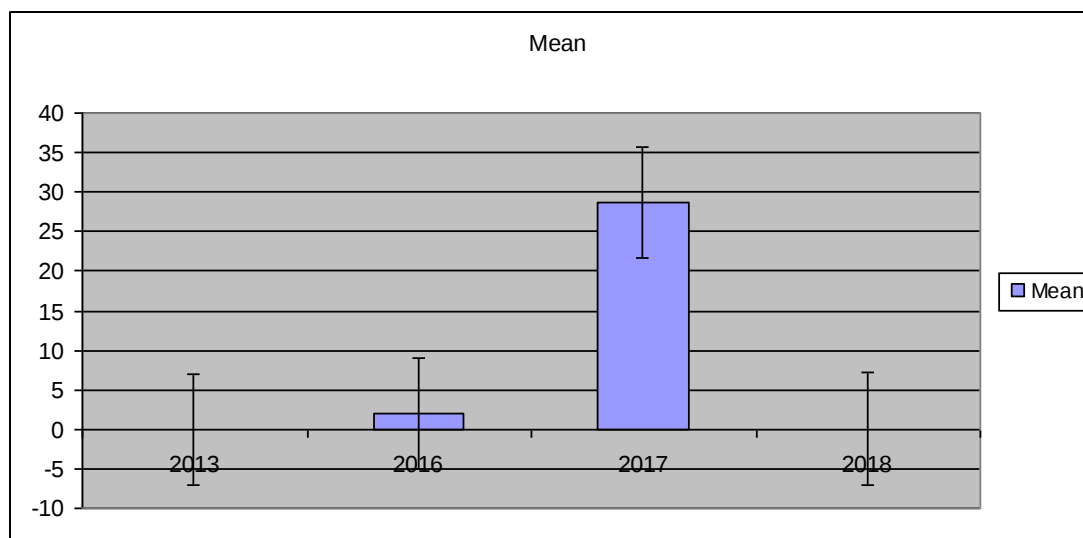
Πίνακας 10. Αμμωνία

	Mean	N	Std. Deviation	P value
2013	,0000	3	.	<i>0.819</i>
2016	1,9644	10	3,85235	
2017	28,7571	22	93,66651	
2018	,0500	23	,00000	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Όριο: 0,50 mg/L

Διάγραμμα 6. Αμμωνία



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Προσφυγικούς Καταυλισμούς σχετικά με το Cl^- , μεταξύ των ετών 2013-2018 (πίνακας 11, διάγραμμα 7).

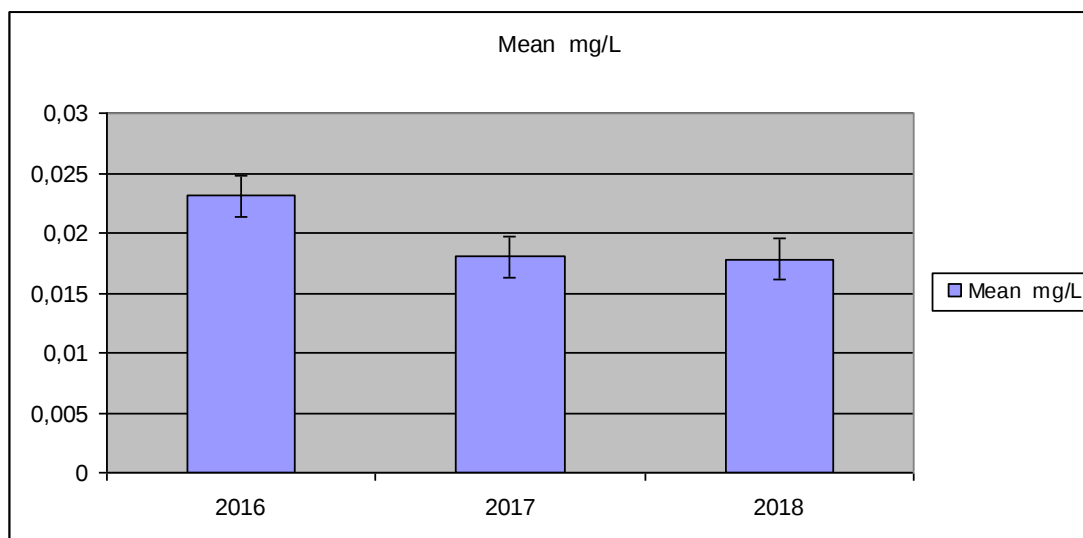
Πίνακας 10. Cl^-

	Mean mg/L	N	Std. Deviation	P value
2016	,0231	18	,06005	
2017	,0180	34	,05577	
2018	,0178	38	,05417	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Όριο: 0,2 mg/L (επιθυμητό στον καταναλωτή)

Διάγραμμα 7. Cl^-



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Προσφυγικούς Καταυλισμούς σχετικά με την Αμμωνία, μεταξύ των ετών 2016-2018 (πίνακας 12, διάγραμμα 8).

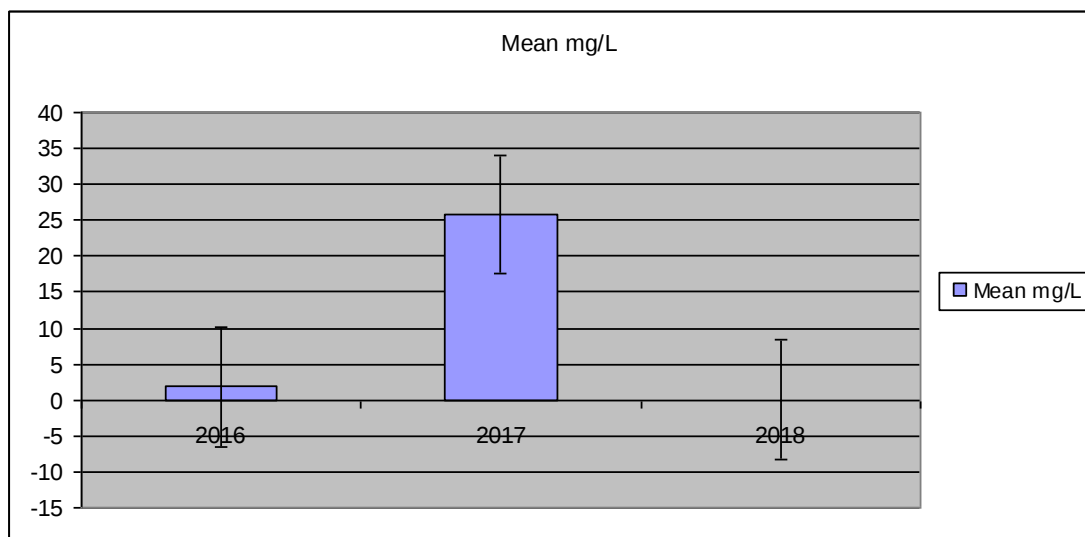
Πίνακας 12. Αμμωνία

	Mean mg/L	N	Std. Deviation	P value
2016	1,8634	9	3,75135	
2017	25,7671	24	90,65650	
2018	,0500	30	,00000	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Όριο: 0,50 mg/L

Διάγραμμα 8. Αμμωνία



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων και το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με την Αγωγιμότητα, μεταξύ των ετών 2013-2018 (πίνακας 13, διάγραμμα 9).

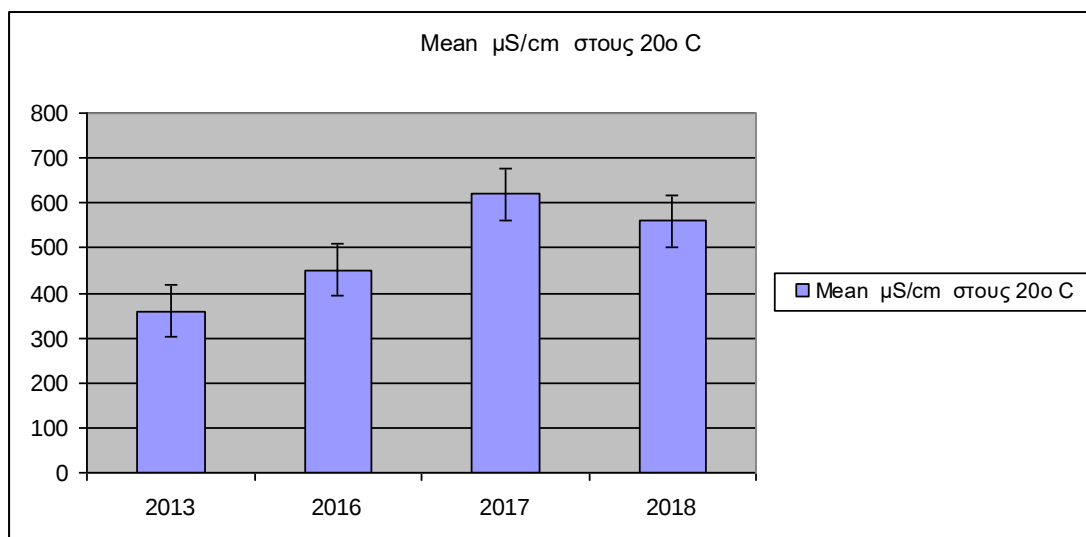
Πίνακας 13. Αγωγιμότητα

	Mean μS/cm στους 20° C	N	Std. Deviation	P value
2013	360,0000	18	.	0.033
2016	451,3125	39	194,31100	
2017	619,9774	57	164,28899	
2018	560,0000	15	66,91573	

Μονάδα μέτρησης: μS/cm στους 20° C

Όριο: 2500 μS/cm στους 20° C

Διάγραμμα 9. Αγωγιμότητα



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων και το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με τα Νιτρικά, μεταξύ των ετών 2013-2018 (πίνακας 14, διάγραμμα 10).

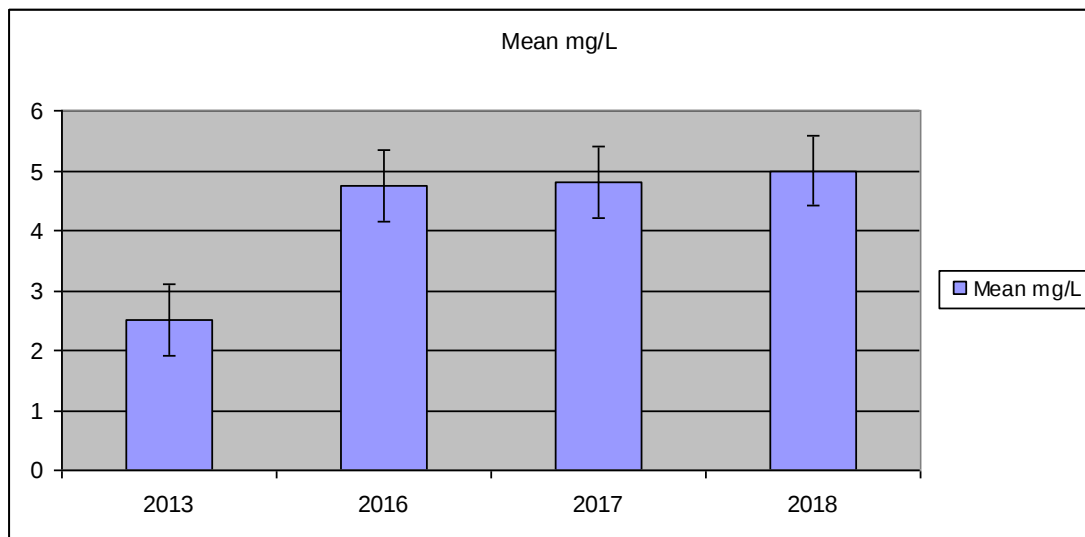
Πίνακας 14. Νιτρικά

	Mean mg/L	N	Std. Deviation	P value
2013	2,5025	18	3,53200	0,499
2016	4,7533	39	1,98141	
2017	4,8025	57	1,86665	
2018	5,0000	15	,00000	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Παραμετρική τιμή πόσιμου νερού : 50 mg/L

Διάγραμμα 10. Νιτρικά



Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων και το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με τα Νιτρώδη, μεταξύ των ετών 2013-2018 (πίνακας 15, διάγραμμα 11).

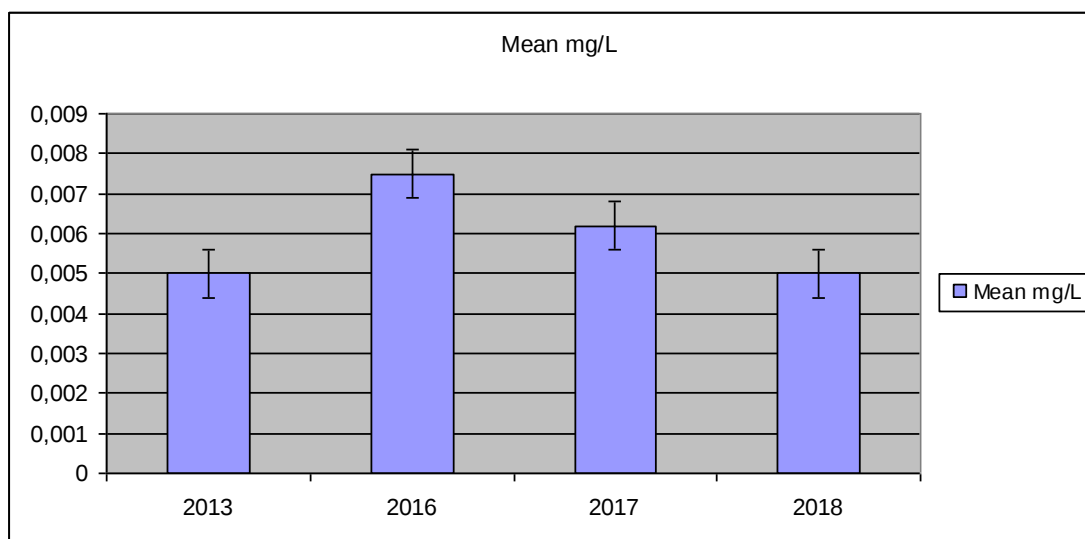
Πίνακας 15. Νιτρώδη

	Mean mg/L	N	Std. Deviation	P value
2013	,0050	18	.	0.963
2016	,0075	39	,00854	
2017	,0062	57	,00454	
2018	,0050	15	,00000	

Μονάδα μέτρησης: mg/L

Παραμετρική τιμή πόσιμου νερού: 0,50

Διάγραμμα 11. Νιτρώδη



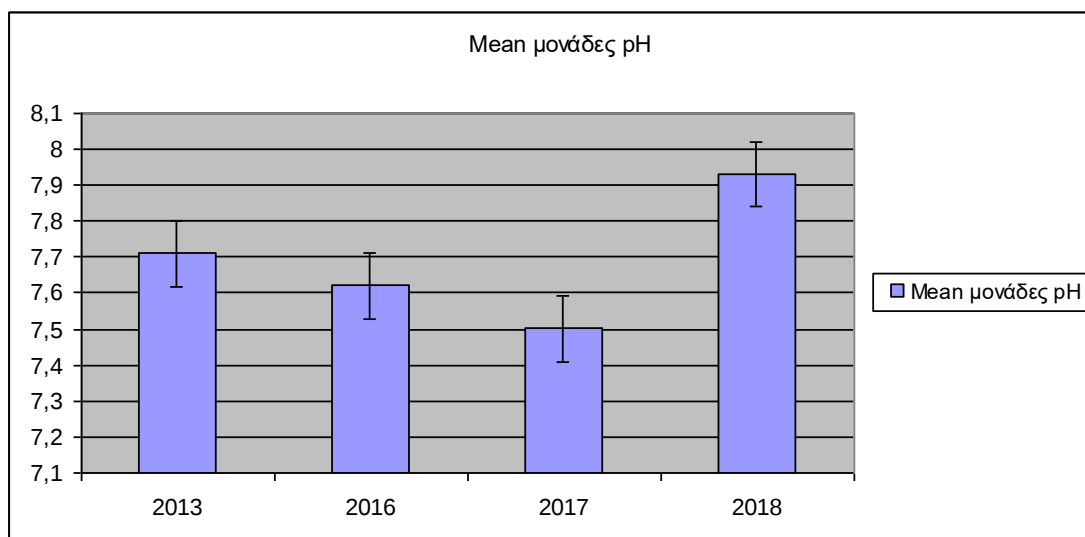
Μελετήθηκαν δεδομένα από τους Καταυλισμούς Προσφύγων και το Δίκτυο Ύδρευσης σχετικά με το pH, μεταξύ των ετών 2013-2018 (πίνακας 16, διάγραμμα 12).

Πίνακας 16. pH

	Mean μονάδες pH	N	Std. Deviation	P value
2013	7,7100	18	,20102	0.491
2016	7,6201	39	,18344	
2017	7,5012	57	,14897	
2018	7,9300	15	,23465	

Μονάδα μέτρησης: μονάδες pH
Όριο: ≥ 6.5 και ≥ 9.5 μονάδες pH

Διάγραμμα 12. pH



3.6 Συζήτηση

Η χρήση του νερού στις ημέρες μας έχει συνδεθεί άρρηκτα με την ποιότητα ζωής χωρίς πολλές φορές να το συνειδητοποιούμε στη ροή της καθημερινότητας. Η δυνατότητα άμεσης και απρόσκοπτης χρήσης νερού άριστης ποιότητας θεωρείται ένα αγαθό απόλυτα απαραίτητο για την καθημερινή διαβίωση. 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. Βασικές ηλεκτρικές συσκευές της καθημερινής μας ευκολίας όπως το πλυντήριο ρούχων και το πλυντήριο πιάτων έχουν σαν βασική και απαραίτητη προϋπόθεση την διαθεσιμότητα τρεχούμενου καθαρού νερού. Το καθημερινό λουτρό έχει γίνει μια καθημερινή, υγιεινή και αναζωογονητική συνήθεια των περισσότερων ανθρώπων.

Το νερό είναι αναμφίβολα ένα φυσικό αγαθό. Όμως το πόσιμο νερό στο κάθε σπίτι είναι ένα αγαθό της οργανωμένης κοινωνίας και της τεχνολογικής της ανάπτυξης και ικανότητας. 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 επιταγή, 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 και λεπτομερή καταγραφή των μικροβιολογικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υδάτων του δικτύου της Περιφερειακής Ενότητας Ηπείρου, καθώς και εμφιαλωμένων νερών των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στην περιοχή, στη διάρκεια των ετών 2013-2018. Αναλύθηκαν δεδομένα από δείγματα υδάτων από το δίκτυο ύδρευσης για τα Μικροβιολογικά κριτήρια, αναφορικά με τα κοινά αερόβια στους 22°C & 37°C: άνευ ασυνήθους μεταβολής cfu/1mL, με τα ολικά κολοβακτηριοειδή: 0 cfu/100mL, με το E.coli: 0 cfu/100mL, με τον Enterococci: 0cfu/250 mL, με την *Pseudomonas aeruginosa*: 0cfu/100 mL, με το *Clostridium perfringens*: 0cfu/100 mL και με τη *Legionella* spp: 1000cfu/1L, πόσιμο νερό:0cfu/1L.

Τα κοινά αερόβια στους 22°C & 37°C: άνευ ασυνήθους μεταβολής cfu/1mL, από τη μελέτη φάνηκε ότι ήταν αυξημένα στα δείγματα προς έλεγχο κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου,

λόγω του ότι η αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί τον πολλαπλασιασμό της πλειοψηφίας των μικροοργανισμών, κάτι που βρέθηκε και στις μελέτες του Allocca και των συνεργατών (2018) και των Karra και Katsivela (2007). Η παρουσία τους υποδεικνύει πιθανή ύπαρξη στάσιμου νερού και την παρουσία βιομεμβράνης. Δεν έχει ενδιαφέρον τόσο η συγκέντρωσή τους (δεν υπάρχει όριο στη νομοθεσία του πόσιμου νερού) αλλά η σταθερότητα της συγκέντρωσης.

Τα ολικά Κολοβακτηριοειδή: (0 cfu/100 mL), σύμφωνα με τη μελέτη, δείχνουν ότι οι μικροοργανισμοί αυτοί αποτελούν δείκτες πρωτίστως παρακολούθησης της ποιότητας υγιεινής των εγκαταστάσεων πόσιμου επεξεργασμένου νερού και όχι για την ανίχνευση κοπρανώδους επιμόλυνσης, όπως αναφέρουν και οι Pachepsky και Shelton (2011). Η ανίχνευσή τους οφείλεται στην ανάπτυξη βιολογικού υμένιου ή μόλυνση από χώμα ή φυτικούς οργανισμούς.

Με την αξιολόγηση του *E.coli*: 0 cfu /100 mL, στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε ότι κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου εμφανίζεται σε αύξηση λόγω της έντονης δραστηριότητας των ζώων, αλλά και της παρουσίας λυμάτων, ενώ υποδεικνύει πρόσφατη μόλυνση από κόπρανα, κάτι που έχουν επισημάνει οι Carroll και Moss (1995) σε ανάλογη μελέτη.

Σχετικά με τον *Enterococci*: 0cfu/250 mL, αποδείχθηκε από τη μελέτη, ότι κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου εμφανίζεται αυξημένος λόγω της έντονης δραστηριότητας των ζώων, αλλά και της παρουσίας λυμάτων ενώ παραπέμπουν σε πρόσφατη μόλυνση από κόπρανα, όπως αναφέρουν και οι Boehm και Sassoubre (2014) και ο Gilmore και συνεργάτες (2014) στις δικές τους μελέτες.

Η μελέτη όσον αφορά την *Pseudomonas aeruginosa*: 0 cfu/100 mL, ανέδειξε αυξημένα αποτελέσματα τη χειμερινή περίοδο, δεν αποτελεί δείκτη κοπρανώδους ρύπανσης και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών, ενώ αλλοιώνει τις οργανοληπτικές ιδιότητες του νερού, με την επισήμανση αυτή συμφωνούν και ο Lefebvre και συνεργάτες (2017), καθώς και ο Wu και συνεργάτες (2016).

Ο Stelma (2018) σε μελέτη που διεξήγε αναφορικά με τα *Clostridium Perfringens*: 0 cfu/100 mL, οι οποίοι είναι αναερόβιοι, σπορογόνοι, εντεροπαθογόνοι βάκιλλοι, επισημάνει ότι χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή στο περιβάλλον και επιβιώνουν στην απολύμανση,

ενώ είναι παθογόνα και προκαλούν τροφικές δηλητηριάσεις. Ευρήματα με τα οποία συμφωνεί και η παρούσα μελέτη, ενώ φαίνεται να παρουσιάζεται αυξημένο τη θερινή περίοδο, πιθανώς λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας και της ανθεκτικότητάς του.

Αναφορικά με τη *Legionella* spp: 1000cfu/1L, πόσιμο νερό:0cfu/1L, οι μετρήσεις περιορίζονται στη χειμερινή περίοδο και προέρχονται από δείγματα του συνόλου του μήκους του δικτύου ύδρευσης από Νοσοκομείο της Περιφερειακής Ενότητας Ηπείρου, με μηδενικά αποτελέσματα όπως δείχνουν διεθνείς μελέτες και η μελέτη του Levin (2009). Η συνεργασία με το Νοσοκομείο συνίστατο στο πλαίσιο της εκπόνησης φοιτητικής διπλωματικής εργασίας. Στο εν λόγω Νοσοκομείο πραγματοποιείται έλεγχος από την Τεχνική Υπηρεσία και τα δείγματα αποστέλλονται για επεξεργασία στο ΠΕΔΥ Θεσσαλίας. Η Λεγιονέλλωση εκδηλώνεται με: Μη πνευμονική νόσο (Pontiac Fever) και Πνευμονία (Νόσος των Λεγεωνάριων-*Legionella pneumophila*), όπως καταγράφεται και από τον Den Boer και τους συνεργάτες (2004).

Επίσης, οι μικροβιολογικές και οι φυσικοχημικές παράμετροι αναλύθηκαν σε δείγματα νερού από καταυλισμούς προσφύγων της Περιφερειακής Ενότητας Ηπείρου κατά τα έτη 2016-2018, με αντίστοιχα αποτελέσματα του δικτύου ύδρευσης της ευρύτερης Περιφέρειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τη μελέτη μας φαίνεται ότι στους καταυλισμούς πραγματοποιούνταν ικανοποιητικοί έλεγχοι της ποιότητας του πόσιμου νερού προς αποφυγή υδατογενών επιδημιών και των σοβαρών επιπτώσεων στον ευάλωτο πληθυσμό των προσφύγων, κάτι που φαίνεται στην μελέτη του Sahlool και των συνεργατών του (2012). Συνεπώς, αποδεικνύεται το ενδιαφέρον και η οργάνωση της πολιτείας για την προάσπιση της υγείας των προσφύγων και της Δημόσιας Υγείας ευρύτερα, όπως έχει γίνει προσπάθεια σύμφωνα και με άλλες μελέτες.

Επιπλέον στη μελέτη μας πραγματοποιήθηκε συγκριτική ανάλυση ανά έτος των μικροβιολογικών παραμέτρων σε αποτελέσματα δειγμάτων νερών του δικτύου ύδρευσης για την πενταετία 2013-2017. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν για τα εξής παθογόνα, Ολικά Κολοβακτηριοειδή, OMX 22°C, OMX 37°C, Ψευδομονάδα Αεριογόνος, *Clostridium Perfringens*, *E. coli*, Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι, *Legionella*, ότι δε βελτιώνεται η κατάσταση του δικτύου ύδρευσης και απαιτούνται επιπλέον διορθωτικές ενέργειες για τη μείωση της συγκέντρωσης των παθογόνων στο δίκτυο, καθώς και μείωση του πολλαπλασιασμού τους, όπως αναφέρουν και ο Bridge και συνεργάτες (2010).

Όσον αφορά στους προσφυγικούς καταυλισμούς πραγματοποιήθηκε αντίστοιχη ανάλυση για την τριετία 2016-2018 χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των παθογόνων ανά έτη. Όμως, λόγω του ότι το δίκτυο ύδρευσης των προσφυγικών καταυλισμών αποτελεί τμήμα του δικτύου ύδρευσης απαιτούνται ανάλογες διορθωτικές ενέργειες, κάτι που επισημαίνουν ο Batterman και οι συνεργάτες του (2009).

Επιπρόσθετα αναλύθηκαν δεδομένα από νερά εμφιαλώσεως των δύο εταιρειών 1 και 2, καθώς και δεδομένα από δείγματα λυμάτων της εταιρείας 1 για τα εξής μικροβιολογικά κριτήρια: α) Κοινά αερόβια στους 22°C & 37°C: - ⁽¹⁾ cfu/1mL, β) Ολικά κολοβακτηριοειδή: 0 cfu/250mL, γ) *E.coli*: 0 cfu/250 mL, δ) *Enterococci*: 0cfu/250mL, ε) *Pseudomonas aeruginosa*: 0cfu/250mL και στ) *Clostridium perfringens*: 0cfu/100mL. Οι αναλύσεις για το εμφιαλωμένο νερό υπόκεινται στη σχετική νομοθεσία, αλλά και σε αυστηρά όρια που θεσπίζουν οι ίδιες οι εταιρείες για τη διασφάλιση της ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ανά έτος δείχνουν προοδευτική αύξηση του αριθμού των δειγμάτων που αναλύονται στη Μονάδα Υγιεινής Νερών και Τροφίμων, η οποία υποδηλώνει την αύξηση της παραγωγής των εταιρειών. Η αύξηση αυτή μεταφράζεται στο ότι οι καταναλωτές δεν εμπιστεύονται το δίκτυο ύδρευσης, λόγω εργασιών ή παρουσιάζουν αποστροφή στο χλώριο, όπως αναφέρει και ο Raj (2005).

Στην ανάλυση έχουν συμπεριληφθεί δεδομένα και από τις πηγές άντλησης του νερού και ενώ αναμενόταν μηδενικά αποτελέσματα βρέθηκαν αριθμητικά, κάτι που ταιριάζει με τη μελέτη του da Silva και των συνεργατών του (2008). Επισημαίνεται, ότι χωρίς την έγκριση με το πιστοποιητικό καταλληλότητας δεν επιτρέπεται η κυκλοφορία της παρτίδας των εμφιαλωμένων νερών στην αγορά προς κατανάλωση, παραπέμποντας σε καταστροφή των συγκεκριμένων παρτίδων λόγω ακαταλληλότητας (σύμφωνα με τους όρους της Οδ. 2009/54/EK, πλέον ισχύει: 98/83, τροπ. 1787/2015, ΚΥΑ Υ2/2600/01), όπως τονίζουν ο Onda και οι συνεργάτες (2012).

Επίσης, η εταιρεία 1 επεξεργάζεται τα λύματα ως προϊόντα επεξεργασίας-εμφιάλωσης του νερού, δείχνοντας οικολογική συνείδηση και ακολουθώντας τη σχετική νομοθεσία (Υ.Α. οικ.191002/2013), σύμφωνα με την καταγραφή του Gupta και των συνεργατών του (2012). Το σύνολο της καταγραφής μας περιέχει λιγότερα δείγματα από εκείνα που τελικά δέχτηκε η Μονάδας Υγιεινής Νερών και Τροφίμων κατά την τριετία 2015-2017, ενώ μόλις το έτος

2018 περίπου το 1/3 του συνόλου των δειγμάτων της εταιρείας 1είναι από δείγματα λυμάτων.

Τέλος αναλύθηκαν δεδομένα από δείγματα υδάτων από το δίκτυο ύδρευσης για τα εξής Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού: α) Χλώριο (Cl^-): 0,2mg/L (επιθυμητό στον καταναλωτή), β) Αμμωνία: 0,50mg/L, γ) Νιτρώδη (NO_2^-) – Νιτρικά (NO_3^-): 0,50mg/L, 50mg/L, δ) Οξύτητα (pH): ≥ 6.5 και $\geq$ μονάδες pH και ε) Αγωγιμότητα: 2500 $\mu\text{S/cm}$ στους 20°C.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της μελέτης μας σχετικά με το Χλώριο (Cl^-) στο δίκτυο ύδρευσης, με αύξηση του αριθμού των δειγμάτων κατά την θερινή περίοδο αλλά και της συγκέντρωσής του. Το καλοκαίρι αναμένεται αύξηση του Cl^- , διότι λόγω αύξησης της θερμοκρασίας γίνεται προσπάθεια μείωσης του επιπέδου των μικροοργανισμών και προστασίας από αυτούς. Τον χειμώνα μειώνεται το επίπεδο του Cl^- διότι λόγω του ψύχους εξοντώνονται πολλοί μικροοργανισμοί. Παράγοντες που επηρεάζουν το επιθυμητό όριο του Cl^- στον καταναλωτή είναι: η απόσταση του δικτύου από τη δεξαμενή, η αύξηση της θερμοκρασίας και η επερχόμενη εξάτμισή του, η μεγαλύτερη ανάπτυξη μικροοργανισμών τη θερινή περίοδο κ.α.). Με την πάροδο των ετών παρουσιάζονται αυξομειώσεις στην τιμή του Cl^- διότι εφαρμόζονται πολλές συνδυαστικές παρεμβάσεις (παροχή Δημοτικών κονδυλίων, συντήρηση και ανανέωση δικτύου και σωληνώσεων, καταλληλότερες δεξαμενές κ.α.). Στόχος είναι η εφαρμογή όλων των παρεμβάσεων ταυτόχρονα διότι η χλωρίωση ως μοναδικό μέτρο δεν αρκεί για τον περιορισμό των μικροοργανισμών, αλλά ούτε και η λήψη των λοιπών μέτρων δίχως τη χλωρίωση, με τα ευρήματα της μελέτης συμφωνούν και οι Kumar και Puri (2012).

Επιπρόσθετα έμφαση δόθηκε στην ανάλυση των αποτελεσμάτων των αζωτούχων ενώσεων στο δίκτυο ύδρευσης και τους προσφυγικούς καταυλισμούς, με σημαντικό εκπρόσωπο την αμμωνία, λόγω του ότι η αμμωνία σε ενώσεις της με το χλώριο συνθέτει τις χλωραμίνες, οι οποίες είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία. Τα νιτρικά και η αμμωνία βρέθηκαν αυξημένα τον χειμώνα, διότι ξεπλένεται το έδαφος από τις βροχοπτώσεις, οι οποίες συμπαρασύρουν απόβλητα ζώων και λιπάνσεις με αποτέλεσμα να καταλήγουν στο νερό, γεγονός το οποίο αποδείχτηκε στη μελέτη μας, και καταγράφεται από τη βιβλιογραφία και από τη μελέτη του Ritter και των συνεργατών (2002). Επίσης, τονίζεται ότι η αμμωνία και τα

νιτρικά οφείλονται σε κοπρανώδη μόλυνση, συνεπώς αναμένεται και η ανεύρεση μικροοργανισμών όπως οι εντερόκοκκοι.

3.7 Περιορισμοί και Δυναμικά σημεία της Μελέτης

Η μελέτη μας αποτελεί μια σημαντική προσπάθεια πολύχρονης καταγραφής αναλυτικών στοιχείων δεδομένων των μικροβιολογικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υδάτων μιας μεγάλης υγειονομικής περιφέρειας της χώρας για περίπου 6 έτη. Σίγουρα τα ευρήματα της μελέτης δεν μπορούν να αποδώσουν αποτελέσματα τα οποία θα μπορούν να αναχθούν σε όλη της επικράτεια της Ελλάδας, κάτι που θα ήταν σκόπιμο να γίνει στο μέλλον. Είναι σημαντικό για αυτό το θέμα να διερευνηθούν και άλλα στοιχεία των υδάτων όπως επίπεδα των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού στον ανθρώπινο οργανισμό, επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία. Εν τούτοις το δείγμα των δεδομένων και η πολυετής και συστηματική ανάλυσή τους, κατέστησαν δυνατή την αποτύπωση σημαντικών δεδομένων με επιστημονικό ενδιαφέρον, το οποίο μπορεί να συσχετιστεί και με άλλες διεθνείς μελέτες.

3.8 Συμπεράσματα

Από τους πρώτους που αντιλήφθηκαν τη σημασία της υγιεινής ύδρευσης και αποχέτευσης ήταν οι πολιτισμοί που αναπτύχθηκαν στον Ελληνικό χώρο, με πρωτοπόρους τους κατοίκους της Κνωσού, της Φαιστού και της Ζάκρου, όπου ανακαλύφθηκαν τέλεια συστήματα ύδρευσης που χρονολογούνται από το 1700 π. Χ. Το νερό είναι απόλυτα συνυφασμένο με την ύπαρξη της ζωής σε όλες τις μορφές και για τα θηλαστικά αποτελεί από ποσοτική άποψη το κύριο συστατικό, ίσως εξαιτίας των ιδιαίτερων φυσικοχημικών ιδιοτήτων του, μεταξύ των άλλων είναι άριστος διαλύτης και έχει μεγάλη ειδική θερμότητα. Συνεπώς, σε σχέση με τον άνθρωπο είναι γνωστό ότι στην εμβρυϊκή ηλικία αποτελεί περίπου το 90% και στους ενήλικες το 70 % του σωματικού βάρους. Το νερό ο άνθρωπος το προσλαμβάνει από τα υγρά-ποτά, από τις τροφές, αλλά και από τη δημιουργία ενδογενούς ύδατος από την οξείδωση του υδρογόνου μέσα στο σώμα. Η ημερήσια πρόσληψη σε νερό για τον άνθρωπο κυμαίνεται από 850-2500 ml περίπου ανάλογα με τη θερμοκρασία και τις ανάγκες του. Πέρα από την παραπάνω χρήση για τον άνθρωπο είναι ακόμη σημαντικό να διαθέτει την κατάλληλη ποσότητα νερού για την παρασκευή της τροφής, την ατομική και την οικιακή του καθαριότητα, οπότε οι ανάγκες του τείνουν στα 200 lt νερού την ημέρα.

Το νερό αυτό πρέπει να είναι ακίνδυνο από κάθε πλευρά και επομένως δεν θα πρέπει να είναι μολυσμένο (παθογόνα μικρόβια ή προϊόντα τους) και να μην περιέχει ρύπους (επικίνδυνες χημικές ουσίες). Σύμφωνα με τη νεότερη προσέγγιση από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.) και τη Νέα Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι μικροβιολογικές αναλύσεις από μόνες τους δεν θεωρούνται αρκετές για να θεωρηθεί ότι το πόσιμο νερό δικτύου ύδρευσης είναι μικροβιολογικά ασφαλές, αλλά χρειάζεται επιπρόσθετα να εφαρμόζεται το σύστημα HACCP. Το σύστημα *Ανάλυσης Επικινδυνότητας στα Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου* (HACCP) είναι ουσιαστικά ένα μέτρο για την πρόληψη εμφάνισης πιθανών κινδύνων, το οποίο με συστηματική και διεξοδική προσέγγιση ελέγχει όλα τα στάδια της αλυσίδας, από την πηγή ως την κατανάλωση και παραδίδει αρχεία που πιστοποιούν την υγιεινή και ασφάλεια του προϊόντος.

Η παρούσα μελέτη καταδεικνύει την εναρμόνιση της πολιτείας με την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (κανονισμοί, οδηγίες, αποφάσεις), καθώς και τη διενέργεια ικανοποιητικών ελέγχων για την καταλληλότητα του πόσιμου ύδατος και των εμφιαλωμένων νερών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης μας διαφαίνεται η προσπάθεια διασφάλισης της **ποιότητας** του νερού ύδρευσης και εμφιάλωσης, ενώ ταυτόχρονα τονίζεται η ανάγκη συνεχούς επαγρύπνησης διαμέσου της εφαρμογής των απαιτούμενων ενεργειών στο σύνολό τους. Τέλος επισημαίνεται, ότι οι μηχανισμοί ελέγχου και τα κατάλληλα εργαλεία είναι απαραίτητα για την ανάλυση και τον εντοπισμό των κινδύνων που υπάρχουν στο σύστημα ύδρευσης, ώστε να μπορούν να αντιμετωπιστούν έγκαιρα οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι για τη Δημόσια Υγεία.

Υδατογενείς λοιμώξεις και επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία: αξιολόγηση ποιοτικών ιδιοτήτων των υδάτων, με έμφαση στους δυνητικά παθογόνους μικροοργανισμούς ως δείκτες καταλληλότητας

Καραβασίλη Νικολέττα

Περίληψη

Εισαγωγή: Το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης πρέπει να είναι αβλαβές για την υγεία των ανθρώπων, απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και επικίνδυνες ουσίες. Ο ποιοτικός έλεγχος έχει συμβάλει στην εξάλειψη των υδατογενών λοιμώξεων και την ασφαλέστερη κατανάλωση του νερού.

Σκοπός: Να διερευνηθούν όλα τα δεδομένα μικροβιολογικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υδάτων του δικτύου της Περιφερειακής Ενότητας Ηπείρου και των εμφιαλωμένων νερών των Ηπειρωτικών Βιομηχανιών Εμφιαλώσεως 1 και 2 μεταξύ των ετών 2013-2018.

Μεθοδολογία: Καταγραφή των μικροβιολογικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υδάτων μέσα από το αρχείο της Μονάδος Υγιεινής Νερών και Τροφίμων για τα έτη 2013-2018.

Αποτελέσματα: Από την καταγραφή των δεδομένων φάνηκε ότι για τα Κοινά αερόβια και για τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή στους 22°C & 37°C ήταν αυξημένος ο αριθμός των δειγμάτων στη θερινή περίοδο (n: 43) έναντι της χειμερινής (n: 31). Για το *E. coli* καταγράφηκε η μεγαλύτερη τιμή τη θερινή περίοδο Μέσος 4,5816cfu/100mL, ΤΑ 5,55596 όπως και για τους *Enterococci*: Μέσος 2,4513cfu/100mL, ΤΑ 3,17493, $p=0,022$. Σχετικά με την *Pseudomonas aeruginosa*, φάνηκαν αυξημένα αποτελέσματα Μέσος 11,9667cfu/100mL, ΤΑ 63,85246 τη χειμερινή περίοδο, σε αντίθεση με το *Clostridium Perfringens*, το οποίο παρουσιάζεται αυξημένο τη θερινή περίοδο Μέσος 0,1429cfu/100mL, ΤΑ 0,37796. Η *Legionella spp* περιορίζεται σε μηδενικά αποτελέσματα τη χειμερινή περίοδο δειγματοληψίας (n: 25). Η συγκριτική ανάλυση ανά έτος για το δίκτυο ύδρευσης κατέδειξε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα για τρεις μικροοργανισμούς: Ολικά Κολοβακτηριοειδή ($p=0,001$), *E. coli* ($p=0,021$), Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι ($p=0,001$). Για τους προσφυγικούς καταυλισμούς δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ παθογόνων ανά έτη, Ολικά Κολοβακτηριοειδή, OMX 22° C, OMX 37° C, Στρεπτόκοκκοι Κοπράνων, *E. coli*, Κοπρανώδεις Εντερόκοκκοι ($p=0,847$, vs $p=0,904$, vs $p=0,813$, vs $p=0,760$, vs $p=0,802$, vs $p=0,883$).

Συμπεράσματα: Οι μηχανισμοί ελέγχου και τα κατάλληλα εργαλεία είναι απαραίτητα για την τον εντοπισμό των κινδύνων που υπάρχουν στο σύστημα ύδρευσης, με στόχο την προάσπιση της Δημόσιας Υγείας.

Waterborne infections and Public Health impacts: assessing water quality properties, with emphasis on potential pathogenic microorganisms as indicators of suitability

Karavasili Nicoletta

Abstract

Introduction: Water for human consumption must be harmless to human health, free of pathogenic micro-organisms and dangerous substances. Quality control has helped eliminate waterborne infections and for safer water consumption.

Aim: To investigate all the microbiological and physiochemical properties of the water of the Regional Unit of Epirus and the bottled water of the Bottling Industries of Epirus 1 and 2 between the years 2013-2018.

Methods: Record of the microbiological and physiochemical properties of the water through the records of the Water and Food Hygiene Unit for the years 2013-2018.

Results: From data recording it appeared that for the Common aerobic and Total Coliforms at 22°C and 37°C the number of samples in the summer period (n: 43) was increased, compared to the winter (n: 31). For *E. coli* the highest median of 4.5816cfu/100mL, Std. Deviation (SD) 5,55596 was recorded in summer period, as for Enterococci: Mean 2.4513cfu/100mL, SD 3,17493, $p= 0.022$. Regarding *Pseudomonas aeruginosa*, Mean elevations of 11.9667 cfu/100mL, SD 63,85246 were seen in the winter period, as opposed to *Clostridium Perfringens*, which shows an increased summer period of 0.1479 cfu/100mL, SD 0,37796. *Legionella* spp is limited to zero results in the winter sampling period (n: 25). The comparative analysis per year for the water supply network showed statistically significant results for three microorganisms: Total Coliforms ($p= 0.001$), *E. coli* ($p= 0.021$), Fecal Enterococci ($p= 0.001$). For the refugee camps, there was not a statistically significant difference between pathogens per year, Total coliforms, TMF 22°C, TMF 37°C, Fecal Streptococci, *E. coli*, Fecal Enterococci ($p= 0.847$, vs $p= 0.904$, vs $p= 0,813$, vs $p= 0.760$, vs $p= 0.802$ vs $p= 0.883$).

Conclusions: Control procedures and appropriate action are necessary to identify the hazards in the water supply system in order to protect Public Health.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ahmad, T., Khalid, T., Mushtaq, T., Mirza, M. A., Nadeem, A., Babar, M. E., & Ahmad, G. (2008). Effect of potassium chloride supplementation in drinking water on broiler performance under heat stress conditions. *Poultry science*, 87(7), 1276-1280.

Allocca, V., Celico, F., Petrella, E., Marzullo, G., & Naclerio, G. (2008). The role of land use and environmental factors on microbial pollution of mountainous limestone aquifers. *Environmental geology*, 55(2), 277-283.

Ashbolt, N. J. (2015). Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. *Current environmental health reports*, 2(1), 95-106.

Ball, P. (2017). Water is an active matrix of life for cell and molecular biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(51), 13327-13335.

Batterman, S., Eisenberg, J., Hardin, R., Kruk, M. E., Lemos, M. C., Michalak, A. M., ... & Wilson, M. L. (2009). Sustainable control of water-related infectious diseases: a review and proposal for interdisciplinary health-based systems research. *Environmental health perspectives*, 117(7), 1023-1032.

Beer, K. D., Gargano, J. W., Roberts, V. A., Reses, H. E., Hill, V. R., Garrison, L. E., ... & Yoder, J. S. (2015). Outbreaks associated with environmental and undetermined water exposures—United States, 2011–2012. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 64(31), 849.

Benedict, K. M., Reses, H., Vigar, M., Roth, D. M., Roberts, V. A., Mattioli, M., ... & Yoder, J. S. (2017). Surveillance for waterborne disease outbreaks associated with drinking water—United States, 2013–2014. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 66(44), 1216.

Benneouala, M., Bareha, Y., Mengelle, E., Bounouba, M., Sperandio, M., Bessiere, Y., & Paul, E. (2017). Hydrolysis of particulate settleable solids (PSS) in activated sludge is determined by the bacteria initially adsorbed in the sewage. *Water research*, 125, 400-409.

Bichai, F., Payment, P. & Barbeau, B., 2008. Protection of waterborne pathogens by higher organisms in drinking water: a review. *Can J Microbiol.*, 54(7):509-524.

Blatt, M. R., Chaumont, F. & Farquhar, G. (2014). Focus on Water. *Plant Physiol*, 164(4): 1553–1555.

Boehm, A. B., & Sassoubre, L. M. (2014). Enterococci as indicators of environmental fecal contamination. In *Enterococci: From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection [Internet]*. Massachusetts Eye and Ear Infirmary.

Bouزيد, M., 2017. *Examining the Role of Environmental Change on Emerging Infectious Diseases and pandemics*. United States of America: Publications IGI Global

Braeye, T., De Schrijver, K., Wollants, E., Van Ranst, M., & Verhaegen, J. (2015). A large community outbreak of gastroenteritis associated with consumption of drinking water contaminated by river water, Belgium, 2010. *Epidemiology & Infection*, 143(4), 711-719.

Bridge, J. W., Oliver, D. M., Chadwick, D., Godfray, H. C. J., Heathwaite, A. L., Kay, D., ... & Porter, J. (2010). Engaging with the water sector for public health benefits: waterborne pathogens and diseases in developed countries. *Bulletin of the World Health Organization*, 88, 873-875.

Brunkard, J. M., Ailes, E., Roberts, V. A., Hill, V., Hilborn, E. D., Craun, G. F., ... & Carpenter, J. (2011). Surveillance for waterborne disease outbreaks associated with drinking water—United States, 2007–2008. *MMWR Surveill Summ*, 60(12), 38-68.

Butler, C.D., 2016. *Climate Change and Global Health*. London: Publications CABI.

Cabral, J. P. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *International journal of environmental research and public health*, 7(10), 3657-3703.

Cann, K. F., Thomas, D. R., Salmon, R. L., Wyn-Jones, A. P., & Kay, D. (2013). Extreme water-related weather events and waterborne disease. *Epidemiology & Infection*, 141(4), 671-686.

Carroll, M. & Moss, B. (1995). E. coli beta-glucuronidase (GUS) as a marker for recombinant vaccinia viruses. *BioTechniques*, 19(3), 352.

Centers for Disease Control and Prevention, 2015. *Water-related Diseases and Contaminants in Public Water Systems*. Centers for Disease Control and Prevention.

Chard, A. N., Trinies, V., Moss, D. M., Chang, H. H., Doumbia, S., Lammie, P. J., & Freeman, M. C. (2018). The impact of school water, sanitation, and hygiene improvements on infectious disease using serum antibody detection. *PLoS neglected tropical diseases*, 12(4), 1-15.

Chowdhury, S. (2018). Water quality degradation in the sources of drinking water: an assessment based on 18 years of data from 441 water supply systems. *Environmental monitoring and assessment*, 190(7), 379-386.

Cooney, C. M. (2011). Climate change and infectious disease: Is the future here?. *Environmental Health Perspectives*, 119(9): 394–397.

da Silva, M. E. Z., Santana, R. G., Guilhermetti, M., Camargo Filho, I., Endo, E. H., Ueda-Nakamura, T., ... & Dias Filho, B. P. (2008). Comparison of the bacteriological quality of tap water and bottled mineral water. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211(5-6), 504-509.

Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Kirby, R., Deere, D., & Bartram, J. (2004). Water safety plans. *World Health Organisation: Geneva*.

Debenedetti, P. G. & Klein, K.L. (2017). Chemical physics of water. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 114(51), 13325–13326.

Decker, B. K., & Palmore, T. N. (2013). The role of water in healthcare-associated infections. *Current opinion in infectious diseases*, 26(4), 345-351.

Den Boer, J. W., & Yzerman, E. P. F. (2004). Diagnosis of Legionella infection in Legionnaires' disease. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 23(12), 871-878.

Efstratiou, A., Ongerth, J., & Karanis, P. (2017). Evolution of monitoring for Giardia and Cryptosporidium in water. *Water Research*, 123, 96-112.

Felföldi, T., Tarnóczai T. & Homonnay, Z.G., 2010. Presence of potential bacterial pathogens in a municipal drinking water supply system. *Acta Microbiol Immunol Hung.*, 57(3):165-179.

Gilmore, M. S., Clewell, D. B., Ike, Y., & Shankar, N. (2014). Enterococci as Indicators of Environmental Fecal Contamination--Enterococci: From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection.

Grile, E., Gale, I., Veršič, A., Žagar, T., & Sočan, M. (2015). Drinking Water Quality and the Geospatial Distribution of Notified Gastro-Intestinal Infections/Kvaliteta Pitne Vode in Geoprostorska Porazdelitev Prijavljenih Črevesnih Okužb. *Slovenian Journal of Public Health*, 54(3), 194-203.

Gupta, V. K., Ali, I., Saleh, T. A., Nayak, A., & Agarwal, S. (2012). Chemical treatment technologies for waste-water recycling—an overview. *Rsc Advances*, 2(16), 6380-6388.

Halliday, D., Resnick, R. & Krena, K.S., 2009. *Physics*. Μεταφρασμένο από αγγλικά από Α. Ακυλα & Γ. Διαμαντόπουλος. Αθήνα: Εκδόσεις Πνευματικός.

Hamasaki, T., Harada, G., Nakamichi, N., Kabayama, S., Teruya, K., Fugetsu, B., ... & Shirahata, S. (2017). Electrochemically reduced water exerts superior reactive oxygen species scavenging activity in HT1080 cells than the equivalent level of hydrogen-dissolved water. *PloS one*, 12(2), 1-15.

Harrison, E. M., Weinert, L. A., Holden, M. T., Welch, J. J., Wilson, K., Morgan, F. J., ... & Paterson, G. K. (2014). A shared population of epidemic methicillin-resistant Staphylococcus aureus 15 circulates in humans and companion animals. *MBio*, 5(3), 1-10.

Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S., & Samuel, M. D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296(5576), 2158-2162.

- Hosseini, A., Khamnei, S., & Zamanlu, M. (2013). The effect of water temperature and voluntary drinking on the post rehydration sweating. *International journal of clinical and experimental medicine*, 6(8), 683-687.
- Hunter, P. R., Waite, M., & Ronchi, E. (2002). *Drinking water and infectious disease: establishing the links*. CRC Press.
- Jiang, L., He, P., Chen, J., Liu, Y., Liu, D., Qin, G., & Tan, N. (2016). Magnesium levels in drinking water and coronary heart disease mortality risk: a meta-analysis. *Nutrients*, 8(1), 5-12.
- Jin, D. et al., 2018. Bacterial communities and potential waterborne pathogens within the typical urban surface waters. *Scientific Reports*, 8, 1-9.
- Joshi, A., & Amadi, C. (2013). Impact of water, sanitation, and hygiene interventions on improving health outcomes among school children. *Journal of environmental and public health*, 1-10.
- Joshi, Y., Kim, J. H., Kim, H., & Cheong, H. K. (2018). Impact of drinking water quality on the development of enteroviral diseases in Korea. *International journal of environmental research and public health*, 15(11), 2551-2565.
- Karra, S., & Katsivela, E. (2007). Microorganisms in bioaerosol emissions from wastewater treatment plants during summer at a Mediterranean site. *Water research*, 41(6), 1355-1365.
- Kehoe, M. J., Chun, K. P., & Baulch, H. M. (2015). Who smells? Forecasting taste and odor in a drinking water reservoir. *Environmental science & technology*, 49(18), 10984-10992.
- Kouchesfahani, M. M., Alimohammadi, M., Nodehi, R. N., Aslani, H., Rezaie, S., & Asadian, S. (2015). *Pseudomonas aeruginosa* and heterotrophic bacteria count in bottled waters in Iran. *Iranian journal of public health*, 44(11), 1514.
- Kumar, M., & Puri, A. (2012). A review of permissible limits of drinking water. *Indian journal of occupational and environmental medicine*, 16(1), 40-44.
- Lefebvre, A., Bertrand, X., Quantin, C., Vanhems, P., Lucet, J. C., Nuemi, G., ... & Aho-Glélé, L. S. (2017). Association between *Pseudomonas aeruginosa* positive water samples and healthcare-associated cases: nine-year study at one university hospital. *Journal of Hospital Infection*, 96(3), 238-243.
- Leoni, E., 2019. Recreational Water Illnesses. SWITZERLAND. publication MDPI.
- Levin, A. S. (2009). Nosocomial legionellosis: prevention and management. *Expert review of anti-infective therapy*, 7(1), 57-68.

- Levy, K., Woster, A. P., Goldstein, R. S., & Carlton, E. J. (2016). Untangling the impacts of climate change on waterborne diseases: a systematic review of relationships between diarrheal diseases and temperature, rainfall, flooding, and drought. *Environmental science & technology*, 50(10), 4905-4922.
- Lin, W. C., Brondum, K., Monroe, C., & Burns, M. (2017). Multifunctional Water Sensors for pH, ORP, and Conductivity Using Only Microfabricated Platinum Electrodes. *Sensors*, 17(7), 1655-1664.
- Lingireddy, S. (Ed.). (2002). *Control of microorganisms in drinking water*. ASCE Publications.
- Linke, C., & Drusch, S. (2016). Turbidity in oil-in-water-emulsions—Key factors and visual perception. *Food research international*, 89, 202-210.
- Mekonen, S., Argaw, R., Simaneseew, A., Houbraken, M., Senaeve, D., Ambelu, A., & Spanoghe, P. (2016). Pesticide residues in drinking water and associated risk to consumers in Ethiopia. *Chemosphere*, 162, 252-260.
- Mohamed, H., Brown, J., Njee, R. M., Clasen, T., Malebo, H. M., & Mbuligwe, S. (2015). Point-of-use chlorination of turbid water: results from a field study in Tanzania. *Journal of water and health*, 13(2), 544-552.
- Nasrabadi, T., Ruegner, H., Schwientek, M., Bennett, J., Valipour, S. F., & Grathwohl, P. (2018). Bulk metal concentrations versus total suspended solids in rivers: Time-invariant & catchment-specific relationships. *PloS one*, 13(1), 1-15.
- Nivaldo, J.T., 2012. Principals of Chemistry:A Molecular Approach. Μεταφρασμένο από αγγλικά από Σ.Ν. Σπυριδωνίδου και συν. Αθήνα: Εκδόσεις Πασχαλίδη.
- Onda, K., LoBuglio, J., & Bartram, J. (2012). Global access to safe water: accounting for water quality and the resulting impact on MDG progress. *International journal of environmental research and public health*, 9(3), 880-894.
- Pachepsky, Y.A. & Shelton, D.R., 2011. *Escherichia Coli* and Fecal Coliforms in Freshwater and Estuarine Sediments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41(12), 1067-1110.
- Pandey, P. K., Kass, P. H., Soupir, M. L., Biswas, S., & Singh, V. P. (2014). Contamination of water resources by pathogenic bacteria. *AMB Express*, 4(1), 51-67.
- Parasidis, T. A., Alexandropoulou, I. G., Konstantinidis, T. G., Panopoulou, M., & Constantinidis, T. C. (2013). Epidemiological surveillance of enteric viruses in sewage samples in East Macedonia and Thrace region in Greece. *Journal of Applied Virology*, 2(4), 9-18.

Pohorille, A., & Pratt, L. R. (2012). Is water the universal solvent for life?. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 42(5), 405-409.

Quattrini, S., Pampaloni, B., & Brandi, M. L. (2016). Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 13(3), 173-180.

Raj, S. (2005). Bottled Water: How Safe Is It? *Water Environment Research*, 77(7), 3013-3018.

Ramakrishnaiah, C. R., Sadashivaiah, C., & Ranganna, G. (2009). Assessment of water quality index for the groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. *Journal of Chemistry*, 6(2), 523-530.

Ramírez-Castillo, F., Loera-Muro, A., Jacques, M., Garneau, P., Avelar-González, F., Harel, J., & Guerrero-Barrera, A. (2015). Waterborne pathogens: detection methods and challenges. *Pathogens*, 4(2), 307-334.

Richards, C. L., Broadaway, S. C., Eggers, M. J., Doyle, J., Pyle, B. H., Camper, A. K., & Ford, T. E. (2018). Detection of pathogenic and non-pathogenic bacteria in drinking water and associated biofilms on the crow reservation, Montana, USA. *Microbial ecology*, 76(1), 52-63.

Ritter, Keith Solomon, Paul Sibley, Ken Hall, Patricia Keen, Gevan Mattu, Beth Linton, L. (2002). Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 65(1), 1-142.

Russell, S. S., Ballentine, C. J., & Grady, M. M. (2017). The origin, history and role of water in the evolution of the inner Solar System. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.*, 28, 375-378.

Sahlool, Z., Sankri-Tarbichi, A. G., & Kherallah, M. (2012). Evaluation report of health care services at the Syrian refugee camps in Turkey. *Avicenna journal of medicine*, 2(2), 25.

Sajjadi, S. A., Alipour, V., Matlabi, M., & Biglari, H. (2016). Consumer perception and preference of drinking water sources. *Electronic physician*, 8(11), 3228-3233.

Saxena, G., Bharagava, R. N., Kaithwas, G., & Raj, A. (2015). Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. *Journal of water and health*, 13(2), 319-339.

Schenck, K. M., Sivaganesan, M., & Rice, G. E. (2009). Correlations of water quality parameters with mutagenicity of chlorinated drinking water samples. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 72(7), 461-467.

- Sengupta, P. (2013). Potential health impacts of hard water. *International journal of preventive medicine*, 4(8), 866-875.
- Steinmann, P., Keiser, J., Bos, R., Tanner, M., & Utzinger, J. (2006). Schistosomiasis and water resources development: systematic review, meta-analysis, and estimates of people at risk. *The Lancet infectious diseases*, 6(7), 411-425.
- Stelma, G. N. (2018). Use of bacterial spores in monitoring water quality and treatment. *Journal of water and health*, 16(4), 491-500.
- Tarrass, F., & Benjelloun, M. (2012). The effects of water shortages on health and human development. *Perspectives in public health*, 132(5), 240-244.
- Taylor, M., Elliott, H. A., & Navitsky, L. O. (2018). Relationship between total dissolved solids and electrical conductivity in Marcellus hydraulic fracturing fluids. *Water Science and Technology*, 77(8), 1998-2004.
- Theron, J., & Cloete, T. E. (2002). Emerging waterborne infections: contributing factors, agents, and detection tools. *Critical Reviews in Microbiology*, 28(1), 1-26.
- Trumbo, T. A., Schultz, E., Borland, M. G., & Pugh, M. E. (2013). Applied spectrophotometry: analysis of a biochemical mixture. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 41(4), 242-250.
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., & Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water Resources*, 1(3), 34-38.
- United States Environmental Protection Agency-EPA, 2018. *National Primary Drinking Water Regulations*.EPA.
- Van Gemert, L. J. (2003). Odour thresholds. *Compilations of odour threshold values in air, water and other media*. Oliemans, Punter & Partners BV, Utrecht.
- Voutchkova, D., Hansen, B., Ernstsens, V., & Kristiansen, S. (2018). Nationwide drinking water sampling campaign for exposure assessments in Denmark. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 467.
- Watson, S. B. (2004). Aquatic taste and odor: a primary signal of drinking-water integrity. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 67(20-22), 1779-1795.
- Won, G., Gill, A., & LeJeune, J. T. (2013). Microbial quality and bacteria pathogens in private wells used for drinking water in northeastern Ohio. *Journal of water and health*, 11(3), 555-562.
- World Health Organization (2008). *Water and Public Health*.World Health Organization.
- World Health Organization. (2004). *Guidelines for drinking-water quality* (1). World Health Organization.

Wu, Q., Ye, Y., Li, F., Zhang, J., & Guo, W. (2016). Prevalence and genetic characterization of *Pseudomonas aeruginosa* in drinking water in Guangdong Province of China. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 24-31.

Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., & Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment international*, 86, 14-23.

Ziebland, S., Rasmussen, B., MacArtney, J., Hajdarevic, S., & Sand Andersen, R. (2019). How wide is the Goldilocks Zone in your health system?. *Journal of health services research & policy*, 24(1), 52-56.

Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας, 2018. *Μηνιαία δεδομένα επιτήρησης υποχρεωτικώς δηλούμενων νοσημάτων-ΥΔΝ*. Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας.

Μαυρίδου, Α. & Παπαπετροπούλου, Μ., 1995. *Μικροβιολογία Υδάτινου Περιβάλλοντος*. Αθήνα: Εκδόσεις Τραύλος.

Μαυρίδου, Α., Βανταράκης Α., Ευστρατίου, Μ. Α. & Αρβανιτίδου-Βαγιωνά, Μ., 2014. *Μικροβιολογία και Επιδημιολογία Νερού: Θεωρία και Τεχνικές*. Αθήνα: Εκδόσεις Πασχαλίδης.

Σφλώμος, Κ.Σ., 2015. *Χημεία Τροφίμων με Στοιχεία Διατροφής*. Αθήνα.