



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διπλωματική Εργασία:

**«ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΘΕΣΜΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΠΟΥ ΔΙΕΠΕΙ ΤΗΝ
ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΕ ΕΘΝΙΚΟ,
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ»**

Σπουδαστής: Σωκράτης Μπέκος – Ρόκος

Επιβλέπων Καθηγητής: Συμεών Μαλαμής

ΑΘΗΝΑ 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ εκ βάθους καρδίας,

Τον επιβλέποντα καθηγητή, κύριο Μαλαμή, που μου εμπιστεύτηκε την εκπόνηση Διπλωματικής Εργασίας σε ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα, όπως και για την αμέριστη και ουσιώδη υποστήριξη του σε όλα τα επίπεδα και στάδια.

Τον καθηγητή Κωνσταντίνο Νουτσόπουλο, για τη συνεισφορά του στην επιλογή και την ανάληψη της Διπλωματικής Εργασίας και για τη συμμετοχή του στη διαδικασία βελτίωσης του περιεχομένου.

Τον καθηγητή Δανιήλ Μαμάη, του οποίου το ακαδημαϊκό και επιστημονικό έργο αποτέλεσε αναπόσπαστο θεμέλιο για την παρούσα εργασία, αλλά και για τις εύστοχες παρατηρήσεις του, οι οποίες συνέβαλαν στη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος.

Τη διδάκτορα Ελένη Κουμάκη, για τη συνεχή επιστημονική και πρακτική υποστήριξη κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Την οικογένεια μου, για τη διαχρονική και ουσιαστική υποστήριξη που μου παρείχαν, χωρίς την οποία, δε θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής και των σπουδών μου στη σχολή πολιτικών μηχανικών του Ε.Μ.Π..

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Ιστορικό Πλαίσιο	10
1.2 Αντικείμενο και Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	15
2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	17
2.1 Ορισμός της επαναχρησιμοποίησης.....	17
2.2 Παράγοντες Συνδιαμόρφωσης των Κανονιστικών και Νομοθετικών Πλαισίων.....	18
2.3 Ζήτηση – Ανάγκη για Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων	21
2.4 Προέλευση και Σύσταση των Λυμάτων	24
2.5 Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης.....	33
2.6 Τεχνολογία και Υποδομή Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων	44
3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΟΠΩΣ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΔΙΕΘΝΕΙΣ, ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑΚΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ	57
3.1 Κριτήρια Επιλογής των Εξεταζόμενων Πλαισίων	57
3.2 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, Π.Ο.Υ. (World Health Organization, W.H.O.).....	59
3.2.1 Γενικά Στοιχεία.....	59
3.2.2 Επαναχρησιμοποίηση σε αγροτικές καλλιέργειες	61
3.2.3 Επαναχρησιμοποίηση σε υδατικές καλλιέργειες.....	67
3.2.4 Επαναχρησιμοποίηση σε συστήματα ύδρευσης.....	69
3.2.5 Λοιπές Εφαρμογές Επαναχρησιμοποίησης.....	69
3.2.6 Απαιτήσεις Ελέγχου και Παρακολούθησης	70
3.2.7 Συμπεράσματα.....	70
3.3 Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος Η.Π.Α. (United States Environmental Protection Agency, USEPA)	72
3.3.1 Γενικά Στοιχεία.....	72
3.3.2 Δικαιοδοσία και Εφαρμοστική Ισχύς.....	73
3.3.3 Κανονιστικό Πλαίσιο	75
3.3.4 Συμπεράσματα.....	81
3.4 Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση Αυστραλίας – Υπουργικό Συμβούλιο Διαχείρισης Φυσικών Πόρων (Natural Resource Management Ministerial Council, NRMCC)	82
3.4.1 Γενικά Στοιχεία.....	82
3.4.2 Κανονιστικό Πλαίσιο	84

3.4.3 Απαιτήσεις Ελέγχου και Παρακολούθησης	94
3.4.4 Συμπεράσματα.....	97
3.5 Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ε.ε. (European Commission, e.c.)	98
3.5.1 Γενικά Στοιχεία.....	98
3.5.2 Προτεινόμενο Κανονιστικό Πλαίσιο.....	103
3.5.3 Άρδευση	104
3.5.4 Εμπλουτισμός υδροφόρων οριζόντων.....	107
3.5.5 Συμπεράσματα.....	108
4. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΕΙΩΝ.....	110
4.1 Κριτήρια Επιλογής των Εξεταζόμενων Πλαισίων	110
4.2 Ελλάδα	113
4.2.1 Γενικά Στοιχεία.....	113
4.2.2 Νομοθετικό Πλαίσιο.....	114
4.2.3 Συμπεράσματα.....	127
4.3 Κράτη – Μέλη της Ε.Ε. με Νομοθετικό Πλαίσιο Επαναχρησιμοποίησης	128
4.3.1.1 Κύπρος (Κυπριακή Δημοκρατία).....	128
4.3.1.2 Γαλλία	130
4.3.1.3 Ισπανία	133
4.3.1.4 Ιταλία	136
4.3.1.5 Πορτογαλία.....	138
4.3.1.6 Νομοθετικά Πλαίσια	139
4.3.1.7 Συμπεράσματα	147
4.4 Ιορδανία	148
4.4.1 Γενικά Στοιχεία.....	148
4.4.2 Νομοθετικό Πλαίσιο.....	150
4.4.3 Συμπεράσματα.....	153
4.5 Ισραήλ	153
4.5.1 Νομοθετικό Πλαίσιο.....	155
5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	160
5.1 Μέθοδος Αξιολόγησης	160
5.2 Συγκριτική Αξιολόγηση ως προς την Επιτρεπόμενη Προέλευση.....	161
5.3 Συγκριτική Αξιολόγηση ως προς τις Κατηγορίες Επαναχρησιμοποίησης.....	163

5.4 Συγκριτική Αξιολόγηση ως προς τις Μεθόδους Επεξεργασίας	166
5.5 Συγκριτική Αξιολόγηση ως προς τις Παραμέτρους Ποιότητας	168
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	173
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	175

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι υδατικοί πόροι είναι αδιαμφισβήτητης αξίας για την ανθρωπότητα. Με την αύξηση των αναγκών και άρα της ζήτησης για όλο και περισσότερους διαθέσιμους υδατικούς πόρους, η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων έχει αποδείξει ότι μπορεί και πρέπει να αποτελεί βασικό πυλώνα της διαχείρισης υδατικών πόρων.

Για να επιτυγχάνονται οι προοπτικές της επαναχρησιμοποίησης πρέπει να κατοχυρώνεται η ασφάλεια κατά τη χρήση και η εκμετάλλευση των μέγιστων δυνατών ποσοτήτων ανακτημένου νερού. Οι δύο αυτοί παράγοντες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα κανονιστικά και νομοθετικά πλαίσια που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση. Τα πλαίσια αυτά είναι που καθορίζουν ποια και άρα πόσα λύματα είναι διαθέσιμα προς επαναχρησιμοποίηση, ποιες διεργασίες απαιτούνται για να επιτευχθεί η ανάκτηση νερού αλλά και πού μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ανακτημένο νερό.

Το περιεχόμενο των πλαισίων επηρεάζεται από πληθώρα παραγόντων που είναι όμως δυνατό να αντιστοιχηθούν σε τέσσερα ζητήματα: α) το είδος και το μέγεθος της ζήτησης για υδατικούς πόρους, β) την ποιότητα και ποσότητα των διαθέσιμων λυμάτων, γ) τις εν δυνάμει χρήσεις του ανακτημένου νερού και δ) τη διαθέσιμη τεχνολογία και υποδομή. Επειδή οι διαστάσεις των τεσσάρων αυτών ζητημάτων μεταβάλλονται χωρικά, αντίστοιχα μεταβάλλονται και τα περιεχόμενα των κανονιστικών και νομοθετικών πλαισίων.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση και η συγκριτική μελέτη χαρακτηριστικών πλαισίων επαναχρησιμοποίησης σε διεθνές επίπεδο, δίνοντας όμως μεγαλύτερη έμφαση στον ευρωπαϊκό και μεσογειακό χώρο. Σκοπός της εργασίας είναι η αξιολόγηση των εξεταζόμενων πλαισίων ως προς το αποτέλεσμα που επιφέρουν οι διατάξεις τους στην ασφάλεια και την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Μέσα από αυτή την αξιολόγηση διερευνάται και η δυνατότητα ενοποίησης των πλαισίων επαναχρησιμοποίησης σε ευρωπαϊκό και μεσογειακό επίπεδο, με αφορμή την πρόσφατη νομοθετική πρόταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων.

Το γενικό συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι σχετικά μικρές διαφοροποιήσεις στο τετράπτυχο ζήτηση-προέλευση-χρήση-τεχνολογία/υποδομή οδηγούν σε μεγάλες διαφοροποιήσεις στο περιεχόμενο των πλαισίων. Οι τοπικές ιδιαιτερότητες δηλαδή επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις κανονιστικές διατάξεις και κατά συνέπεια επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το βαθμό ασφαλείας και πρακτικότητας της επαναχρησιμοποίησης που εξασφαλίζεται.

Η ενοποίηση πλαισίων προϋποθέτει οι διατάξεις τους να διαφέρουν χωρίς κανένα λόγο που να αντιστοιχεί στις τοπικές συνθήκες. Τέτοιου είδους διαφοροποιήσεις προκύπτουν όταν ένα πλαίσιο είναι παρωχημένο και όταν ακολουθούνται διαφορετικές προσεγγίσεις στην κατάρτιση των πλαισίων. Σε

αντίθετη περίπτωση, η ενοποίηση πλαισίων μπορεί να οδηγήσει σε επισφαλή ή/και λιγότερο αποδοτική επαναχρησιμοποίηση. Σε μεσογειακό επίπεδο αποδεικνύεται ότι θα ήταν σφάλμα μία τέτοια ενοποίηση να επιχειρηθεί. Η ενοποίηση ή έστω εναρμόνιση πλαισίων επαναχρησιμοποίησης στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι δύσκολο να διερευνηθεί καθώς η συντριπτική πλειοψηφία των κρατών – μελών δε διαθέτουν νομοθετικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης. Στη νότια Ευρώπη υπάρχουν προοπτικές ενοποίησης, γιατί οι διαφοροποιήσεις των εκεί πλαισίων είτε είναι μικρές, είτε οφείλονται σε απαρχαιωμένες διατάξεις, είτε προκύπτουν από διαφορετικές στρατηγικές κατάρτισης πλαισίων επαναχρησιμοποίησης.

ABSTRACT

Water resources are extremely valuable to humanity. The increasing needs and therefore the increasing demand for more and more available water resources has proven that wastewater reuse can and must be an essential element of water resource management.

To fulfill the potential of wastewater reuse, safety and the exploitation of the biggest possible quantities of reclaimed water must be achieved. These two factors are highly dependable upon the regulatory frameworks of wastewater reuse. Frameworks define the type and the quantity of available wastewater, what methods are demanded to achieve water reclamation, and the possible applications of wastewater reuse.

The content of the regulatory frameworks is influenced by an abundance of factors that can however be matched in four issues: a) the type and volume of demand for water, b) the quality and quantity of available wastewater, c) the potential uses of reclaimed water and d) the available technology and infrastructure. The dimensions of these issues alter from place to place and that leads to the alteration of the regulatory frameworks from place to place.

The subject of this dissertation is the examination and the comparative study of distinctive frameworks at the international level, focusing however more on the european and the mediterranean front. The objective of this dissertation is the evaluation of the examined frameworks based on the degree of safety and promotion of wastewater reuse they achieve. Through that evaluation, the possibility of unification of the european and mediterranean frameworks is investigated, given that the European Union is bringing forward its own legislative proposal for wastewater reuse.

The general conclusion is that relatively small differentiations in the four issues of demand-origin-application-technology/infrastructure lead to big differentiations in the content of the frameworks. That means that local factors affect in a major way the regulatory provisions and as a result affect in a major way the degree of safety and practicability of wastewater reuse that is achieved.

The unification of frameworks requires their provisions to differentiate for reasons that have nothing to do with local conditions. Such differentiations arise when a framework is obsolete and when different approaches are adopted in the formulation of the frameworks. In any other case, the unification of frameworks can lead to insecure and/or less effective wastewater reuse. At the mediterranean level it is proven that it would be an error such a unification to be attempted. The unification or even harmonization of regulatory frameworks within the EU is difficult to be investigated because the overwhelming majority of the member – states have not formulated regulatory frameworks for wastewater reuse. In south Europe there is some potential for unification, because the

differentiations of the frameworks are either small, or exist because of obsolete provisions, or arise from different strategies of formulating a wastewater reuse framework.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορικό Πλαίσιο

Η λέξη πόρος ορίζεται ως το μέσο επίτευξης σκοπών και γενικότερα οφέλους. Οι πλέον σημαντικοί πόροι που είναι διαθέσιμοι στην ανθρωπότητα είναι οι υδατικοί πόροι. Το νερό είναι το θεμέλιο της ζωής, ενώ αποτελεί και αναπόσπαστο κομμάτι των βασικότερων ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, η ενεργειακή παραγωγή, η βιομηχανική και βιοτεχνική δραστηριότητα και η εξασφάλιση της υγιεινής.

Η αξία των διάφορων πόρων εξαρτάται από τη χρησιμότητα αλλά και τη διαθεσιμότητα τους. Σε ολόκληρη την ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού, η συνολική, παγκόσμια ζήτηση για υδατικούς πόρους, ήταν μικρότερη από την παγκόσμια διαθεσιμότητα τους στο φυσικό περιβάλλον. Έτσι, παρόλο που η χρησιμότητα των υδατικών πόρων, για την ανθρωπότητα είναι αδιαμφισβήτητη και αυταπόδεικτη, λόγω της αίσθησης της απεριόριστης διαθεσιμότητας τους, η αξία τους δεν είχε υπόσταση, σε αντίθεση για παράδειγμα με τους ορυκτούς πόρους ή τους πόρους σε ανθρώπινο δυναμικό. (Döll et al., 2009)

Η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων και συνεπώς η αξία τους, μετατράπηκε σε ζήτημα πρόσβασης σε αυτούς και όχι επάρκειας τους. Σε τοπικό επίπεδο, μεγάλες συγκεντρώσεις πληθυσμών ή πληθυσμοί σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση σε υδατικούς πόρους, με ταυτόχρονη αύξηση των δραστηριοτήτων που απαιτούν υδατικούς πόρους, λόγω βελτίωσης του επιπέδου διαβίωσης και ανάπτυξης της τεχνολογίας, δημιούργησαν ζήτηση που έφτασε και ξεπέρασε την τοπική διαθεσιμότητα. Λόγω αυτής της ανισορροπίας, δημιουργήθηκε η ανάγκη για ανθρώπινες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον, όπως φράγματα, υδραγωγεία, γεωτρήσεις, αρδευτικά κανάλια, με σκοπό την πρόσβαση σε μεγαλύτερα υδατικά αποθέματα.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται ελάχιστα μόνο παραδείγματα ανθρώπινων παρεμβάσεων, μέσω τεχνικών έργων, με σκοπό την εκμετάλλευση και πρόσβαση σε συνεχώς μεγαλύτερα αποθέματα φρέσκου νερού.

Στην Εικόνα 1.1 φαίνεται η υδροδοτική σήραγγα της Σάμου, μήκους 1036 μέτρων, γνωστή και ως Ευπαλίνειο Όρυγμα, που κατασκευάστηκε κατά τον 6ο αιώνα π.Χ.. Οι σχεδιαστικές και κατασκευαστικές δυσκολίες που έπρεπε να υπερκεραστούν για την ολοκλήρωση του, καταδεικνύουν την τεράστια αξία των υδατικών πόρων για τον ανθρώπινο πολιτισμό, ακόμα και κατά την αρχαιότητα. (Kienast, 2005)

Στην Εικόνα 1.2 φαίνεται το κεντρικό τμήμα του αρδευτικού συστήματος Dujiangyan στην επαρχία Σετσουάν της Κίνας, όπως είναι διαμορφωμένο σήμερα. Πρόκειται για ένα έργο του οποίου η κατασκευή ξεκίνησε το 256 π.Χ. και

το οποίο λειτουργεί μέχρι σήμερα, συνεισφέροντας στην άρδευση 5300 τετραγωνικών χιλιομέτρων. (The Press of South China University of Technology, 2006)

Η εικόνα 1.3 δείχνει τμήμα του υδραγωγείου Saint-Clement που βρίσκεται στο Μονπελιέ της Γαλλίας. Κατασκευάστηκε τον 18ο αιώνα και μετέφερε φρέσκο νερό στην πόλη, από πηγή σε απόσταση 14 χιλιομέτρων. (Encyclopedia Britannica, 2008)

Στην εικόνα 1.4 αποτυπώνεται ένας χάρτης του Μεγάλου-Τεχνητού-Ποταμού στη Λιβύη. Πρόκειται για ένα τεράστιο υδροδοτικό δίκτυο που αποτελείται από 1300 γεωτρήσεις και υπόγειο δίκτυο σωληνώσεων συνολικού μήκους 2820 χιλιομέτρων, μέσω του οποίου τεράστια αποθέματα υπόγειου νερού μεταφέρονται προς αστικά κέντρα, στα βόρεια, για ύδρευση και προς συγκεκριμένες εκτάσεις στη Σαχάρα κυρίως για άρδευση. (V. Gonnelli, C. Peruzzi, 2015)

Η εικόνα 1.5 είναι μία Αεροφωτογραφία του φράγματος του Ασουάν που είναι φράγμα του ποταμού Νείλου, κοντά στην πόλη Ασουάν της Αιγύπτου. Κατασκευάστηκε το 1970, για να εξυπηρετήσει ανάγκες υδροδότησης, άρδευσης, αντιπλημμυρικής προστασίας και ενέργειας. Ο ταμιευτήρας του είναι χωρητικότητας 132 κυβικών χιλιομέτρων και είναι στην ουσία μία τεράστια τεχνητή λίμνη με ακτογραμμή 550 χιλιομέτρων. Το φράγμα αυτό είναι το μεγαλύτερο φράγμα του ποταμού Νείλου και ένα από τα σπουδαιότερα του κόσμου. (NASA Earth Observatory, 2015)



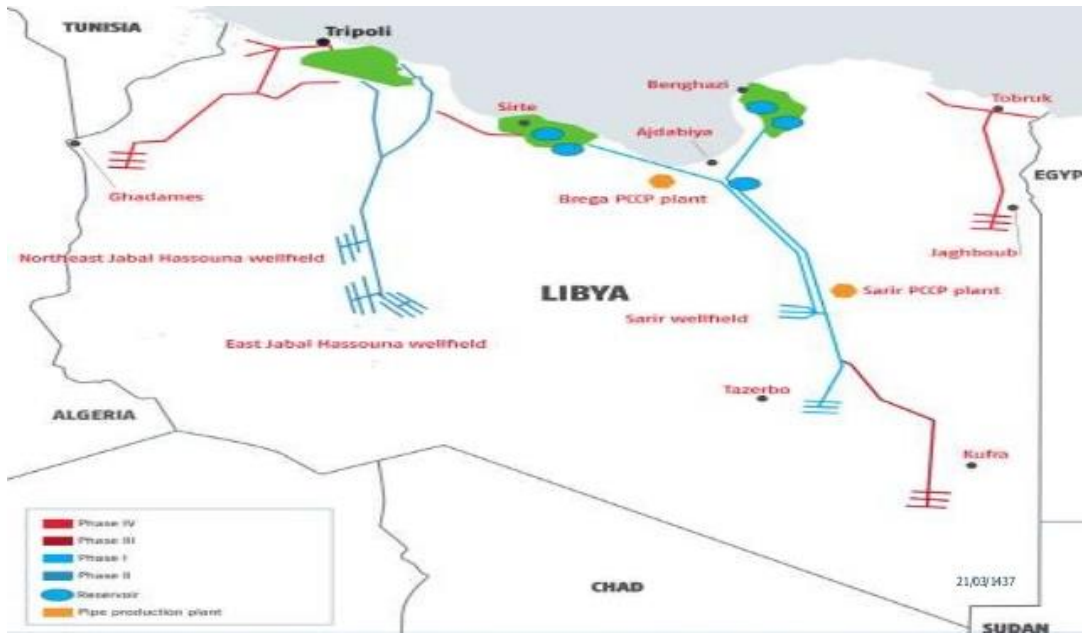
Εικόνα 1.1: Θέα μέσα από την υδροδοτική σήραγγα της Σάμου. (Πηγή: Kienast, 2005)



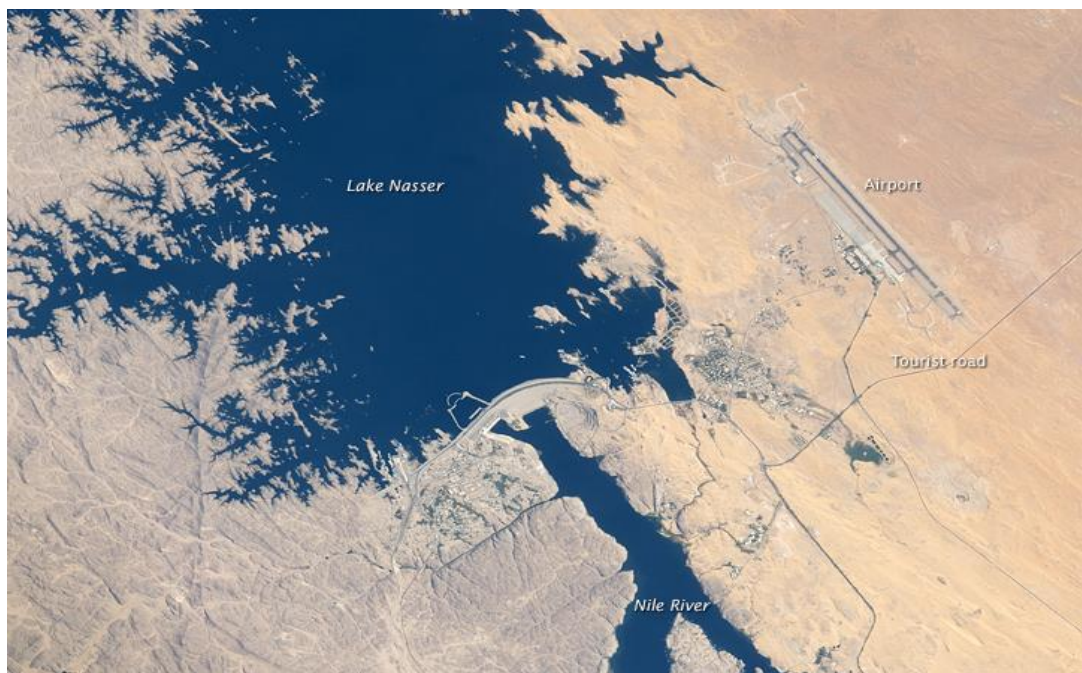
Εικόνα 1.2: Το κεντρικό τμήμα του αρδευτικού συστήματος Dujiangyan. (Πηγή: Cao et al., 2006)



Εικόνα 1.3: Τμήμα του υδραγωγείου Saint-Clement, Μονπελιέ, Γαλλία. (Πηγή: Encyclopedia Britannica, 2018α)



Εικόνα 1.4: Χάρτης βασικών στοιχείων του Μεγάλου-Τεχνητού-Ποταμού στη Λιβύη. (Πηγή: V. Gonnelli, C. Peruzzi, 2015)

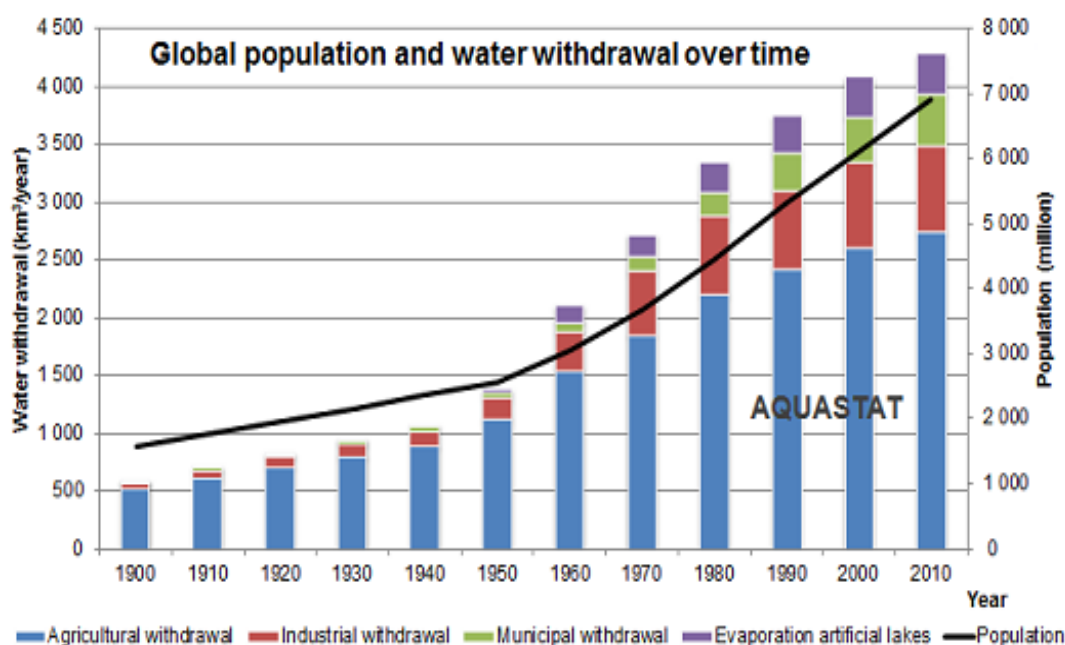


Εικόνα 1.5: Αεροφωτογραφία του φράγματος του Ασουάν. (Πηγή: NASA Earth Observatory, 2015)

Οι διάφορες παρεμβάσεις που περιγράφηκαν παραπάνω, αύξησαν κατακόρυφα τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων και σε συνδυασμό με την ραγδαία ανάπτυξη υδρευτικών δικτύων, σταδιακά σε παγκόσμιο επίπεδο, γέννησαν την αντίληψη ότι η πρόσβαση σε επαρκείς υδατικούς πόρους πρέπει να θεωρείται δεδομένη.

Η αντίληψη της δεδομένης πρόσβασης σε επαρκείς υδατικούς πόρους ωστόσο αποδεικνύεται ως εσφαλμένη στην πράξη. Ο φρενήρης ρυθμός αύξησης του πληθυσμού κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες και αντίστοιχα η κολοσσιαία κλιμάκωση των απαιτήσεων σε υδατικούς πόρους της βιομηχανίας και της αγροτικής παραγωγής παγκοσμίως, έφεραν στην επιφάνεια την περατότητα της δυνατότητας για απρόσκοπτη πρόσβαση σε νέους, μέχρι πρότινος ανεκμετάλλετους υδατικούς πόρους. (P. F. Cooper, 2001)

Στην Εικόνα 1.6 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη από το 1900 έως το 2010 της ετήσιας κατανάλωσης νερού ανά αιτία σε κυβικά χιλιόμετρα, σε συνδυασμό με τη χρονική μεταβολή την ίδια χρονική περίοδο του παγκόσμιου ανθρώπινου πληθυσμού σε εκατομμύρια. (Aquastat - FAO, 2016)



Εικόνα 1.6: Γράφημα της χρονικής εξέλιξης της κατανάλωσης νερού ανά τομέα και του ανθρώπινου πληθυσμού. (Πηγή: Aquastat - FAO, 2016)

Ακόμα όμως και αν τα συνολικά υδατικά αποθέματα του πλανήτη ήταν άπειρα, το οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος που απαιτείται για την υλοποίηση της υποδομής που προσφέρει πρόσβαση σε αυτά, αυξάνεται συναρτήσει της ζήτησης εκθετικά και ως εκ τούτου προκύπτει ένα ανώτατο όριο στην προσφορά υδατικών πόρων που μπορεί να προκύψει από την ανάπτυξη και βελτίωση της υδροτεχνικής υποδομής.

Συνεπώς από τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη για βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων. Το ζήτημα της αειφορίας του συστήματος ζήτησης – προσφοράς υδατικών πόρων, τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε τοπικό επίπεδο, είναι πολυπαραγοντικό. Η ζήτηση και η χρονική της εξέλιξη έχει ευρύτατες πολιτικές, κοινωνικές και τεχνολογικές διαστάσεις και ως εκ τούτου αποτελεί

ζήτημα αν όχι ανεπίλυτο, τότε σίγουρα δισεπίλυτο, κατ' ελάχιστον βραχυπρόθεσμα. Γεννήθηκε έτσι, η ανάγκη για μία ρηξικέλευθη προσέγγιση στο ζήτημα της προσφοράς υδατικών πόρων, η ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων.

Η ανάκτηση υδατικών πόρων μέσω της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων δεν είναι κάτι καινούριο. Αστικά απόβλητα χρησιμοποιούνταν για αρδευτικούς σκοπούς από πολιτισμούς της εποχής του χαλκού (π.χ. Μεσοποταμία, κοιλάδα του Ινδού ποταμού, Μοχένιο-Ντάρο, Μινωική Κρήτη), μετέπειτα από ελληνιστικούς και ρωμαϊκούς πολιτισμούς κυρίως σε εκτάσεις γύρω από μεγάλες πόλεις και στην πιο πρόσφατη ιστορία με τη δημιουργία περιαστικών «αγροκτημάτων ιλύος» (π.χ. Εδιμβούργο 1650, Παρίσι 1872, Μελβούρνη 1897). Οι εφαρμογές αυτές, είχαν ως κύριο στόχο την ασφαλή διάθεση των μεγάλων ποσοτήτων υγρών αποβλήτων που παρήγαγαν τα αστικά κέντρα, με παράλληλη εκμετάλλευση των θρεπτικών συστατικών τους για αρδευτικούς σκοπούς. Υπάρχουν παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης αστικών λυμάτων στην αγροτική παραγωγή ήδη από τον 17^ο αιώνα. (Angelakis et al., 2018). Το αίτιο της ανάπτυξης αυτών των υποδομών σχετίζονταν πολύ περισσότερο με την ασφαλή απομάκρυνση και απόθεση των υγρών αποβλήτων και λιγότερο με την έλλειψη υδατικών πόρων. (Cech, 2009)

Από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων άρχισε να τίθεται σε νέα βάση. Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για υδατικούς πόρους, η συνεχώς αυξανόμενη διάθεση υγρών αποβλήτων μέσω οργανωμένων και ενιαίων αποχετευτικών δικτύων, η ανάπτυξη της τεχνολογίας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και η διεύρυνση των πιθανών χρήσεων τους, έθεσαν ως βασικότατο θεμέλιο της βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων, την εκτεταμένη και συγκροτημένη επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Εκτεταμένη και συγκροτημένη επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε επίπεδο υποδομών, πρακτικών και κανονισμών.

1.2 Αντικείμενο και Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Η αύξηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων μέσω της επαναχρησιμοποίησής τους, δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τις διαθέσιμες υποδομές ή τη διαθέσιμη τεχνογνωσία για την υλοποίηση υποδομών. Το παρόν και το μέλλον της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, βασίζεται σε πέντε πυλώνες: α) το μέγεθος της ζήτησης, β) το είδος της ζήτησης, γ) τη διαθέσιμη τεχνολογία επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, δ) τα κοινωνικά αποδεκτά όρια και ε) τα πολιτικά αποδεκτά όρια. Οι πέντε αυτοί πυλώνες είναι αλληλοεξαρτώμενοι και διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό από τόπο σε τόπο και από χρόνο σε χρόνο. Βάσει των παραπάνω, το τι επιτρέπεται και το ποιοι στόχοι τίθενται για την επαναχρησιμοποίηση, μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά.

Πρέπει συνεπώς να δοθεί βαρύτητα όχι μόνο στο τι είναι δυνατόν από επιστημονική και τεχνολογική πλευρά να πραγματοποιηθεί στο πεδίο της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, αλλά και τι αποτελεί ή μπορεί να αποτελέσει νόμιμη και κοινωνικά αποδεκτή πρακτική.

Στο πλαίσιο αυτό, αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παράθεση και ανάλυση της νομοθεσίας και των κανονισμών που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Επίσης, η συγκριτική τους αξιολόγηση, βάσει συγκεκριμένων μέτρων σύγκρισης που θα παρουσιαστούν στα παρακάτω κεφάλαια.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, τα οποία θα προκύψουν από τη συγκριτική αξιολόγηση αυτή. Επίσης, θα αξιολογηθεί η πρακτικότητα που παρέχεται, ο βαθμός ασφάλειας που εξασφαλίζεται και η ανάπτυξη του πεδίου της επαναχρησιμοποίησης, για διαφορετικές περιπτώσεις που θα εξεταστούν.

Αναλυτικότερα, στο κεφάλαιο 2 παρατίθενται οι απαραίτητες έννοιες που άπτονται του ζητήματος της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται το κανονιστικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων όπως ορίζεται από διεθνείς, ομοσπονδιακούς και διακρατικούς οργανισμούς, στο κεφάλαιο 4 το νομοθετικό πλαίσιο κρατών και πολιτειών, στο κεφάλαιο 5 πραγματοποιείται η συγκριτική αξιολόγηση των περιπτώσεων που θα εξεταστούν και στο κεφάλαιο 6 γίνεται η ανάλυση των κυριότερων συμπερασμάτων.

2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

2.1 Ορισμός της επαναχρησιμοποίησης

Τα λύματα που παράγουν οι διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, αν δεν επεξεργαστούν κατάλληλα πριν την διάθεσή τους στο φυσικό περιβάλλον και εν συνεχεία στο φυσικό κύκλο νερού, δύναται να επιφέρουν σημαντικές υγειονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μέσω της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων. «Ως ρύπανση ορίζεται η ανθρωπογενής άμεση ή έμμεση εισαγωγή στον αέρα, το νερό ή και το έδαφος, ουσιών ή θερμότητας που ενδέχεται να είναι επιζήμια για την υγεία του ανθρώπου ή για την ποιότητα των υδατικών οικοσυστημάτων ή των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται άμεσα από αυτά, και συντελούν στην φθορά της υλικής ιδιοκτησίας ή επηρεάζουν δυσμενώς ή παρεμβαίνουν σε λειτουργίες αναψυχής ή και σε λοιπές νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος». (Ευρωπαϊκή Κοινοτική Οδηγία 2000/60/ΕΚ)

Για αυτό το λόγο, η διάθεση υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον επιβάλλεται να πραγματοποιείται υπό συγκεκριμένους όρους και με συγκεκριμένους τρόπους, έτσι ώστε οι επιπτώσεις αυτές να περιοριστούν σε αποδεκτά επίπεδα.

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, ορίζεται ως η αξιοποίηση λυμάτων σε ωφέλιμη χρήση. Πιο αναλυτικά, ως ωφέλιμη χρήση ορίζεται κάθε δυνατή εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων. Εξ ορισμού είναι μία διαδικασία πολλαπλάσιας πολυπλοκότητας συγκριτικά με την «απλή» ασφαλή απόρριψη λυμάτων στο φυσικό περιβάλλον, διότι έχει ως σκοπό την ωφέλιμη χρήση σε δεύτερο βαθμό των ίδιων υγρών αποβλήτων που προήλθαν από την ωφέλιμη χρήση υδατικών πόρων σε πρώτο βαθμό.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ανακύκλωση λυμάτων αποτελεί μια ειδική περίπτωση επαναχρησιμοποίησης, και συνεπώς οι δύο έννοιες δεν είναι ταυτόσημες (Ανδρεαδάκης, 2015). Η ανακύκλωση λυμάτων αφορά μία μόνο χρήση και έναν παραγωγό/χρήστη και συνήθως σχετίζεται με την επί τόπου ανακύκλωση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων.

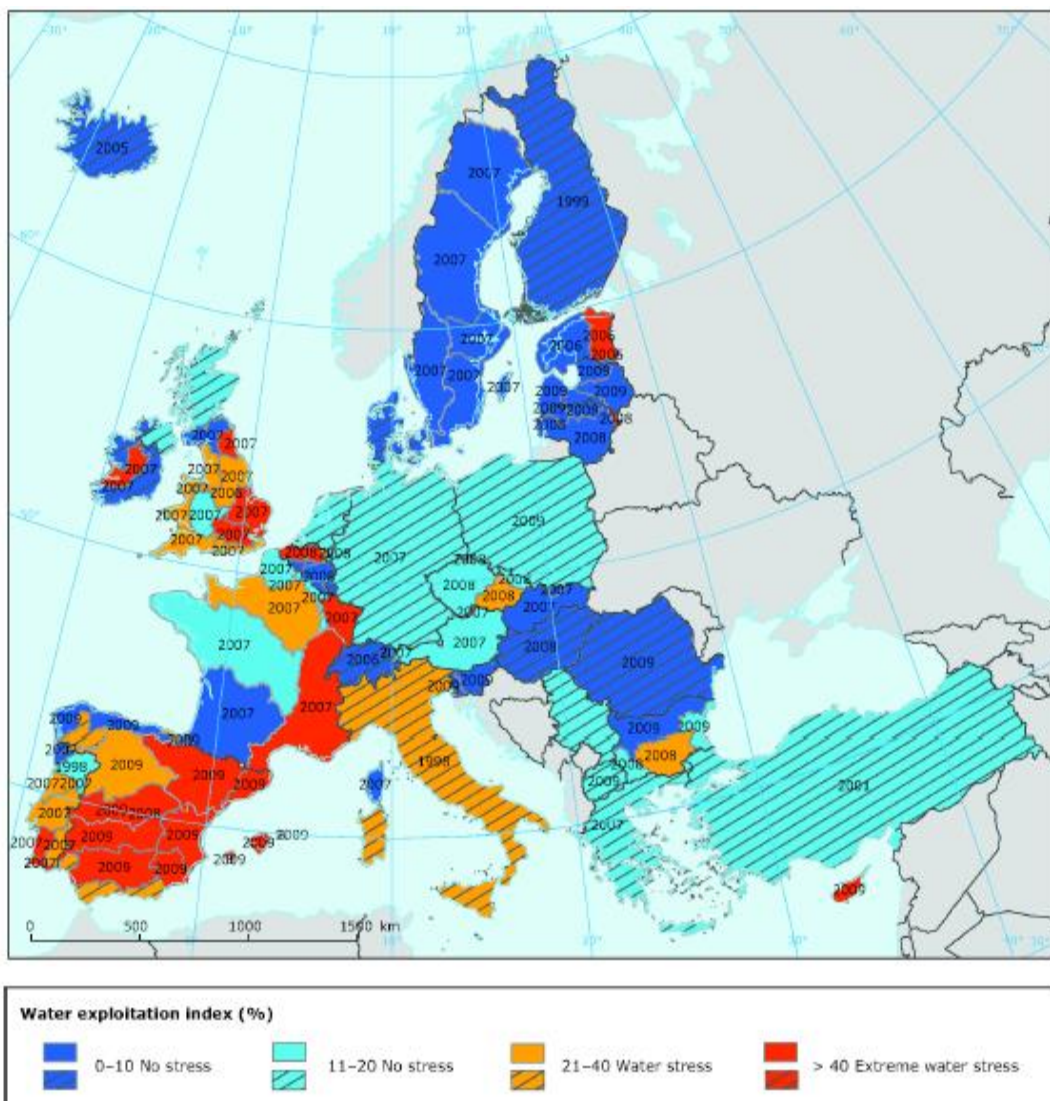
Αν και η ασφαλής διάθεση και η επαναχρησιμοποίηση αποτελούν τα δύο μέρη του ζητήματος της διαχείρισης λυμάτων, είναι ωστόσο δύο διακριτές έννοιες λόγω διαφορετικού τελικού σκοπού, με τη διακριτότητα αυτή να αποτυπώνεται στις διεργασίες που τις αποτελούν και στα κανονιστικά πλαίσια που διέπουν την εφαρμογή τους.

2.2 Παράγοντες Συνδιαμόρφωσης των Κανονιστικών και Νομοθετικών Πλαισίων

Η διαχείριση λυμάτων όταν γίνεται συντεταγμένα, διέπεται από κανονιστικά ή νομοθετικά πλαίσια. Τα διάφορα πλαίσια καθορίζουν τι μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτό αποτέλεσμα της διαδικασίας της διαχείρισης λυμάτων. Τα κριτήρια που πρέπει να πληροί το αποτέλεσμα της διαχείρισης λυμάτων, καθορίζονται από παράγοντες αμιγώς επιστημονικούς αλλά και από παράγοντες κοινωνικούς, πολιτικούς και οικονομικούς. Οι επιστημονικοί παράγοντες είναι αντικειμενικοί και ενιαίοι ενώ οι κοινωνικο-πολιτικο-οικονομικές συνθήκες διαφέρουν από χώρα σε χώρα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των κανονιστικών πλαισίων, όπως θα παρουσιασθεί εκτενώς στα παρακάτω κεφάλαια.

Συγκεκριμένα για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, μπορούμε να προσδιορίσουμε τέσσερα (4) ζητήματα στα οποία υπεισέρχεται η υποκειμενικότητα, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των κανονιστικών και νομοθετικών πλαισίων που είναι και το βασικό αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας. Αυτά είναι τα εξής:

- 1) Ζήτηση – Ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση. Η ζήτηση για επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων εξαρτάται από την τοπική ζήτηση συνολικά για υδατικούς πόρους, την τοπική διαθεσιμότητα αποθεμάτων φρέσκου νερού αλλά και τη βούληση για επένδυση στην επαναχρησιμοποίηση. Είναι προφανές ότι τα παραπάνω μεταβάλλονται σε σημαντικό βαθμό από περιοχή σε περιοχή και από κράτος σε κράτος. Στις περιοχές όπου παρουσιάζεται αρνητικό ισοζύγιο ζήτησης και διαθεσιμότητας υδατικών πόρων, είναι πιο πιθανό το κανονιστικό πλαίσιο να είναι λιγότερο περιοριστικό. Επίσης, αν βάσει πολιτικού σχεδιασμού, επιδιώκεται η αφομοίωση της κουλτούρας της επαναχρησιμοποίησης ως βασικός πυλώνας των συστημάτων διαχείρισης λυμάτων, ενδέχεται να τίθενται όροι από τη νομοθεσία που να καθιστούν την επαναχρησιμοποίηση πιο ελκυστική. Στην Εικόνα 2.1 δίνονται δεδομένα που αφορούν στο ευρωπαϊκό ισοζύγιο ζήτησης-διαθεσιμότητας νερού ανά χώρα ή περιοχή. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014)



Εικόνα 2.1: Ισοζύγιο ζήτησης-διαθεσιμότητας νερού ανά περιοχή της Ευρώπης, με αναγραφόμενη τη χρονολογία εξαγωγής των δεδομένων. (Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014)

- 2) Προέλευση των υγρών αποβλήτων. Η προέλευση των υγρών αποβλήτων καθορίζει: α) τη σύστασή τους και άρα το είδος και το μέγεθος του ρυπαντικού φορτίου, β) το ποια ήταν η πρωτοβάθμια χρήση αλλά και γ) τον τρόπο με τον οποίο τα υγρά απόβλητα παρέχονται προς επαναχρησιμοποίηση. Οι συνθήκες διαβίωσης, ο τρόπος ζωής, οι καταναλωτικές συνήθειες, η πληθυσμιακή πυκνότητα, η σύνθεση της παραγωγής και οι περιβαλλοντικοί όροι που διέπουν την παραγωγική διαδικασία μεταβάλλονται χωρικά και αυτό μεταβάλλει ακολούθως το μέγεθος και το είδος του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων. Η μεταβλητότητα αυτή επιφέρει αλλαγές στα κανονιστικά πλαίσια. Ένα απλό παράδειγμα είναι ότι στις οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας υπάρχει πρόβλεψη για παράσιτα στο ανακτημένο νερό, ενώ στους κανονισμούς της

Καλιφόρνια, της USEPA και της Αυστραλίας δεν αναφέρεται κάτι ανάλογο, καθώς τα παράσιτα είναι πολύ σπάνια στις ανεπτυγμένες χώρες.

Το ποια ήταν η πρωτοβάθμια χρήση ενδέχεται να προκαλέσει κοινωνικά αντανάκλαστικά, στα οποία η νομοθεσία αναγκάζεται να προσαρμοστεί, με την Ιορδανία να αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα. Η Ιορδανία έχει πολύ περιορισμένους υδατικούς πόρους και επαναχρησιμοποιεί λύματα για άρδευση εδώ και 40 χρόνια. Αυτό εν μέρει το κατάφερε κερδίζοντας την εμπιστοσύνη των αγροτών στην επαναχρησιμοποίηση, η οποία επετεύχθη έπειτα από εναρμόνιση των πρακτικών με τους περιορισμούς που επιβάλλει η μουσουλμανική θρησκεία και παράδοση (Abu-Madi, 2004).

Σημαντικό στοιχείο, που επηρεάζει θεμελιωδώς τα κανονιστικά πλαίσια, είναι ο τρόπος συλλογής των υγρών αποβλήτων. Η παρουσία ή μη ολοκληρωμένου δικτύου αποχέτευσης αλλά και το είδος του δικτύου (παντορροϊκό ή διαχωρισμένο) επιδρούν καταλυτικά στον τρόπο που δομούνται τα κανονιστικά πλαίσια. Επομένως, κανονιστικά πλαίσια που εφαρμόζονται σε πλήρως διαχωρισμένα δίκτυα προβλέπουν πολύ υψηλότερες αποδεκτές συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων συγκριτικά με τα αντίστοιχα των παντορροϊκών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μέσω των παντορροϊκών δικτύων παροχετεύονται λύματα που στο συντριπτικό τους ποσοστό προέρχονται από απορροή υδάτων και συνεπώς το ρυπαντικό φορτίο τους είναι μικρό σε ποσοστό αλλά όχι και σε ποσότητα. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που κάποια κανονιστικά πλαίσια ορίζουν το αποδεκτό όριο όχι βάσει τελικών συγκεντρώσεων ρυπαντικού φορτίου αλλά βάσει λογαριθμικής μείωσής του κατά την επεξεργασία. (Shi et al., 2013)

- 3) Πιθανές Χρήσεις. Οι δυνατότητες της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων ως προς την τελική χρήση είναι πολλές και θα παρατεθούν αναλυτικά στη συνέχεια του κεφαλαίου. Τα πεδία εφαρμογής της επαναχρησιμοποίησης επηρεάζουν άμεσα τις προβλέψεις των κανονιστικών πλαισίων, καθώς τις περισσότερες φορές υπάρχει αντιστοιχία ένα προς ένα της πιθανής χρήσης και των όρων των κανονισμών. Ένα προφανές παράδειγμα είναι πως τίθενται διαφορετικοί όροι για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων με σκοπό την ύδρευση και τελείως διαφορετικοί με σκοπό την άρδευση. Λόγω αυτού, νομοθεσίες κρατών που δεν παρουσιάζουν δραστηριότητα σε ένα συγκεκριμένο πεδίο ενδέχεται να μην προβλέπουν καν όρους για τη δραστηριότητα αυτή, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την Κύπρο της οποίας η νομοθεσία απαγορεύει πλήρως τη χρήση ανακτημένου νερού στη βιομηχανία. Στον αντίποδα, η Ιταλία επιτρέπει τη χρήση αυτή, με τον περιορισμό της μη επαφής του ανακτημένου νερού με τροφές, φαρμακευτικά προϊόντα και καλλυντικά και μάλιστα αφήνει τα όρια και τις προϋποθέσεις να οριστούν από τα εμπλεκόμενα μέρη, με μοναδικό περιορισμό ότι πρέπει αυτά κατ' ελάχιστον να συμφωνούν με τα όρια που τίθενται για την διάθεση λυμάτων σε επιφανειακά νερά. Πρέπει να επισημανθεί ότι η Κύπρος έχει μεγαλύτερη ανάγκη για υδατικούς πόρους από την Ιταλία,

όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 2.1 και όμως το κανονιστικό της πλαίσιο είναι πολύ πιο περιοριστικό από αυτό της Ιταλίας για τη συγκεκριμένη χρήση.

- 4) Διαθέσιμη Τεχνολογία και Υποδομή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα λύματα για να επαναχρησιμοποιηθούν πρέπει να υποστούν επεξεργασία. Η επεξεργασία αυτή απαιτεί την πρόσβαση σε κατάλληλη τεχνολογία και τεχνογνωσία αλλά και την ύπαρξη δικτύου υποδομών (εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, δίκτυα συλλογής και δίκτυα διανομής). Το ότι η πρόσβαση σε τεχνολογία και η ύπαρξη σε υποδομές είναι διαφορετική από κράτος σε κράτος, διαφοροποιεί αντίστοιχα και τις κρατικές νομοθεσίες. Κάποια κράτη έχουν τη δυνατότητα να επιτύχουν μέσω της επεξεργασίας κατάλληλο αποτέλεσμα για πολλαπλές χρήσεις και το οποίο πληροί αυστηρότερους περιορισμούς ενώ κάποια άλλα όχι. Έτσι κράτη με λιγότερο ανεπτυγμένη τεχνολογία και υποδομή τείνουν να μην προβλέπουν επαναχρησιμοποίηση σε περισσότερα πεδία εφαρμογής ενώ παράλληλα ενδέχεται να είναι λιγότερο περιοριστικά στα πεδία που προβλέπουν επαναχρησιμοποίηση διότι δεν έχουν τη δυνατότητα να επιτύχουν τα ίδια πρότυπα ασφαλείας με κράτη που διαθέτουν περισσότερο ανεπτυγμένη τεχνολογία και υποδομή.

Ο στόχος των κανονιστικών πλαισίων είναι να προκύπτει από τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων ένα αποδεκτό αποτέλεσμα, δηλαδή ένα αποτέλεσμα ασφαλές και ταυτόχρονα ωφέλιμο. Το τι είναι ωφέλιμο αλλά ακόμα και το τι ορίζεται ως ασφαλές δεν είναι ούτε αντικειμενικό ούτε παγκόσμια ενιαίο, αλλά εξαρτάται από πλήθος παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί δε, είναι αλληλοεξαρτώμενοι σε σημαντικό βαθμό. Για παράδειγμα, ο πληθυσμός μιας χώρας επηρεάζει το ισοζύγιο ζήτησης-διαθεσιμότητας, τον τρόπο ζωής των κατοίκων και άρα το ρυπαντικό φορτίο, τις παραγωγικές δραστηριότητες, την οικονομική δυνατότητα για ανάπτυξη υποδομών κ.α.. Έτσι, το περιεχόμενο και οι όροι των κανονιστικών πλαισίων είναι αποτέλεσμα μιας συνάρτησης όχι απλώς πολλών μεταβλητών αλλά αποτέλεσμα μίας συνάρτησης πολλών εξαρτημένων μεταβλητών.

Με σκοπό την απλούστευση της ανάλυσης και της σύγκρισης των κανονισμών που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, επιλέγεται ομαδοποίηση των μεταβλητών στα τέσσερα ζητήματα που παρατέθηκαν παραπάνω: Ζήτηση - Προέλευση - Χρήση - Τεχνολογία. Το τετράπτυχο αυτό θα αποτελέσει τη βάση της συγκριτικής μελέτης όλων των κανονιστικών πλαισίων που θα εξεταστούν από την παρούσα εργασία.

2.3 Ζήτηση – Ανάγκη για Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων

Η ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων προκύπτει, κατά κύριο λόγο, από την αύξηση του κλάσματος ζήτησης/διαθεσιμότητας νερού. Το 1995, 31 χώρες

χαρακτηριζόταν ως υδατικά ελλειμματικές (water – scarce) και εκτιμάται ότι 48 και 54 χώρες θα μπορούν να χαρακτηριστούν υδατικά ελλειμματικές το 2025 και το 2050 αντίστοιχα. Η επιδείνωση αυτή είναι αποτέλεσμα υπερπληθυσμιακών τάσεων, αύξησης των απαιτήσεων της αγροτικής και κτηνοτροφικής παραγωγής για υδατικούς πόρους, βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και άρα αύξηση των απαιτούμενων παροχών υδροδότησης αλλά και της κλιματικής αλλαγής. Πιο απλά, η αυξανόμενη ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων οφείλεται κυρίως στην παγκόσμια αυξητική τάση της λειψυδρίας. (Helmer, Hespanhol, 1997)

Μία χώρα ακόμα και αν έχει μικρότερη ολική ζήτηση από ολική διαθεσιμότητα υδατικών πόρων, δηλαδή δεν στοιχειοθετείται να χαρακτηριστεί υδατικά ελλειμματική, μπορεί να υποφέρει από εποχική ή και τοπική λειψυδρία. Εποχική λειψυδρία παρουσιάζεται όταν μέρος του έτους η ζήτηση ξεπερνά τη διαθεσιμότητα, για παράδειγμα λόγω του τοπικού κλίματος ή λόγω της αύξησης του εξυπηρετούμενου πληθυσμού εξαιτίας του τουρισμού ή λόγω εποχικών διακυμάνσεων στις απαιτήσεις της αγροτικής παραγωγής. Τοπική λειψυδρία προκύπτει όταν οι συνολικά διαθέσιμοι υδατικοί πόροι είναι επαρκείς αλλά δεν διανέμονται επαρκώς, με αποτέλεσμα συγκεκριμένες περιοχές να είναι υδατικά ελλειμματικές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στην Εικόνα 2.2 δίνεται ο χάρτης της τοπικής λειψυδρίας σε περιοχές των Η.Π.Α.. Με ροζ απεικονίζονται οι περιοχές που δεν παρουσιάζουν λειψυδρία, με πορτοκαλί οι περιοχές που παρουσιάζουν περιορισμένη λειψυδρία και με κόκκινο οι περιοχές που παρουσιάζουν πολύ μεγάλη λειψυδρία.



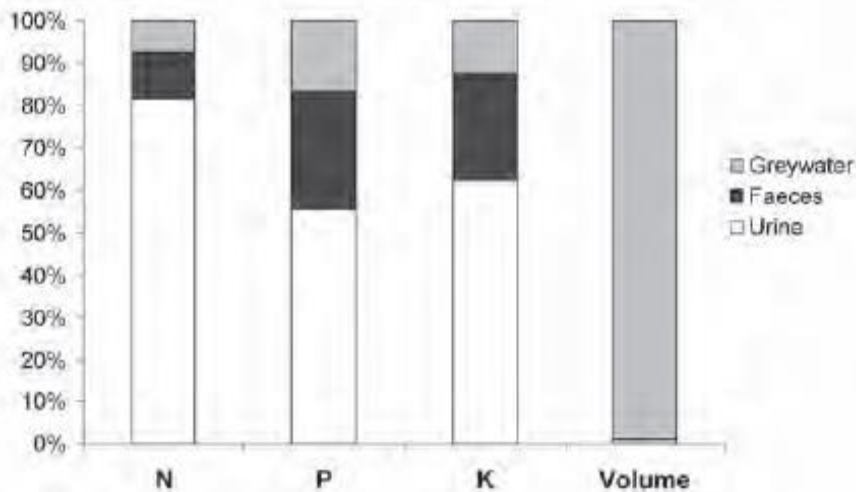
Εικόνα 2.2: Χάρτης της τοπικής λειψυδρίας των Η.Π.Α.. (Πηγή: Columbia Water Center, 2013)

Η τοπική και εποχική λειψυδρία επίσης συνεισφέρουν στη ζήτηση για εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων. Ζήτηση για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων έχουμε και όταν η ανάκτηση νερού από λύματα προκύπτει ως η λιγότερο κοστοβόρα επιλογή. Δηλαδή, ακόμα και αν υπάρχουν μέχρι πρότινος ανεκμετάλλευτοι υδατικοί πόροι διαθέσιμοι στο περιβάλλον, ενδέχεται η πρόσβαση σε αυτούς, μέσω τεχνικών έργων, να επιφέρει μεγαλύτερο κόστος, οικονομικό και οικολογικό, από τις επιλογές που προσφέρει η επαναχρησιμοποίηση. Ένας άλλος παράγοντας που καθιστά την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων πιο ελκυστική κυρίως από οικονομικής απόψεως, είναι η καθιερυμένη πλέον υποχρέωση να μην απορρίπτονται στη φύση λύματα επιβλαβή για το περιβάλλον. Ειδικά η καθιέρωση και αφομοίωση της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» σχεδόν παγκοσμίως, έχει συμβάλλει τα μέγιστα προς αυτή την κατεύθυνση. Για να αποφευχθεί η απόρριψη επιβλαβών λυμάτων, τις περισσότερες φορές, απαιτείται επεξεργασία τους. Αν και η επεξεργασία αυτή είναι κοστοβόρα, στις περιπτώσεις που το παραγόμενο αποτέλεσμα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και άρα να αποκτήσει αξία, η συνολική ζημία μειώνεται και έτσι προκύπτει μεγαλύτερη ζήτηση για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων.

Αποδοχή και προώθηση της επαναχρησιμοποίησης μπορεί να απορρέει και από πολιτικές σε κρατικό επίπεδο που ως στόχο έχουν την επένδυση σε πιο

αποτελεσματικά και λειτουργικά συστήματα διαχείρισης λυμάτων. Τέτοιες επενδύσεις όχι μόνο εξασφαλίζουν κάλυψη έναντι μελλοντικών αναγκών αλλά και συνεισφέρουν στην αλλαγή κουλτούρας στην κατανάλωση νερού σε δύο βασικά στοιχεία. Πρώτον ότι το νερό αν και δεν είναι εμπόρευμα έχει τεράστια αξία σαν πόρος και δεύτερον ότι η εσασεί διαθεσιμότητα του κάθε άλλο παρά δεδομένη πρέπει να θεωρείται.

Τέλος, ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να τονιστεί είναι ότι η αξία των λυμάτων δεν προκύπτει μόνο από την αξία τους ως εν δυνάμει υδατικοί πόροι αλλά και από τα συστατικά που περιέχουν, κάποια εκ των οποίων έχουν τη δική τους αξία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα θρεπτικά συστατικά που υπάρχουν στα αστικά λύματα, κυρίως άζωτο, φώσφορο και κάλιο, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη γεωργία και στις υδατοκαλλιέργειες, ως συστατικά λιπασμάτων. Ενδεικτικά παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.3 η ποσοστιαία περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά των αστικών λυμάτων της Σουηδίας, όπου ο μέσος όρος απέκκρισης ανά άτομο ανά ημέρα είναι 13 g άζωτο (N), 1,5 g φώσφορος (P), 4 g κάλιο σε συνολικό όγκο 150-200 λίτρα, συμπεριλαμβανομένου του γκρίζου νερού. (Helmer, Hespanhol, 1997)



Εικόνα 2.3: Ποσοστιαία περιεκτικότητα σε βασικά θρεπτικά συστατικά στα αστικά λύματα της Σουηδίας. (Helmer, Hespanhol, 1997)

2.4 Προέλευση και Σύσταση των Λυμάτων

Ποιότητα

Η προέλευση των υγρών αποβλήτων καθορίζει τη σύστασή τους και άρα το είδος και τη συγκέντρωση του ρυπαντικού φορτίου. Ως ρυπαντικό φορτίο ορίζεται το μέγεθος της πίεσης που δέχεται το οικοσύστημα από ανθρωπογενείς ή φυσικούς παράγοντες.

Οι κύριες ρυπαντικές ουσίες των λυμάτων που καθορίζουν το ρυπαντικό τους φορτίο, είναι τα ογκώδη στερεά, τα οργανικά και ανόργανα αιωρούμενα και κολλοειδή στερεά, οι διαλυμένες οργανικές ενώσεις, τα θρεπτικά συστατικά (άζωτο και φώσφορος), και οι τοξικές ουσίες (βαρέα μέταλλα, οργανικές συνθετικές ενώσεις, ανόργανα άλατα). (Ανδρεαδάκης, 2015)

Η σύσταση των υγρών αποβλήτων είναι διαφορετική ανά περίπτωση καθώς εξαρτάται από την πρωτοβάθμια χρήση, δηλαδή την προέλευση των λυμάτων. Η σύσταση αυτή είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς κάθε ρυπαντική ουσία έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και επιφέρει διαφορετικές επιπτώσεις. Επίσης, κάθε ρυπαντική ουσία απαιτεί συγκεκριμένες διεργασίες ανά στάδιο επεξεργασίας ώστε να αφαιρεθεί σε ικανοποιητικό βαθμό από τα λύματα.

Είναι λοιπόν απαραίτητο για κάθε κύρια ρυπαντική ουσία, να προσδιοριστεί η συσχέτιση με την προέλευση της και την επιβλαβή επίδραση της (Πίνακας 2.1):

- Τα ογκώδη, αιωρούμενα και κολλοειδή στερεά, δύναται να προέλθουν από ένα ευρύ φάσμα πρωτοβάθμιων χρήσεων. Συναντώνται κυρίως στα αστικά λύματα, στα όμβρια ύδατα, στα ύδατα επιφανειακής απορροής και κατά περίπτωση στα βιομηχανικά απόβλητα. Δημιουργούν ιζήματα και επιπλέοντα, αυξάνουν τη θολότητα και επιβαρύνουν το αισθητικό αποτέλεσμα.
- Η οργανική ύλη, συνιστά έναν από τους σημαντικότερους και συχνότερους ρύπους. Βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα βιομηχανικά απόβλητα και στα στερεά απόβλητα. Οι οργανικές ενώσεις, λόγω της αποικοδόμησής τους από τους οργανισμούς του νερού, προκαλούν την κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Ως εκ τούτου προκαλείται ασφυξία στους αερόβιους οργανισμούς που υπάρχουν στο νερό, ενώ αναπτύσσονται αναερόβιοι οργανισμοί, ο μεταβολισμός των οποίων παράγει ανεπιθύμητα αέρια, όπως υδρόθειο και μεθάνιο. (Μαμάης, 2006)
- Τα θρεπτικά συστατικά, κυρίως άζωτο και φώσφορος, προέρχονται κυρίως από την αγροτική παραγωγή και την επεξεργασία αγροτικών προϊόντων με γενεσιουργό αίτιο τα λιπάσματα. Σημαντική πηγή θρεπτικών συστατικών στο περιβάλλον αποτελούν και τα ανεπαρκώς επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Τα θρεπτικά αυτά συστατικά δύναται να αποσταθεροποιήσουν τη βιοτική ισορροπία οικοσυστημάτων μέσω του φαινομένου του ευτροφισμού¹. (Χαραλάμπους, 2006)

¹ Ευτροφισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών σε ένα σώμα νερού, οδηγούν σε εκρηκτική πληθυσμιακή αύξηση των φωτοσυνθετικών αλγών που παράγουν οξυγόνο, που όμως συνεπάγεται την εκρηκτική πληθυσμιακή αύξηση των καταναλωτών οξυγόνου και την αντίστοιχη αύξηση των αποικοδομητών των καταναλωτών οξυγόνου των οποίων οι διεργασίες καταναλώνουν ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες οξυγόνου, μέχρι το σημείο που το σώμα νερού αποξυγονώνεται εντελώς. (Χαραλάμπους, 2006)

- Οι τοξικές ουσίες, αποτελούν ένα ευρύ φάσμα ουσιών, με κοινό χαρακτηριστικό την οξεία ή χρόνια τοξικότητα, δηλαδή την ικανότητα βλάβης των έμβιων οργανισμών. Οι βασικές τοξικές ουσίες που υπάρχουν στα λύματα είναι τα βαρέα μέταλλα (χαλκός, μόλυβδος, υδράργυρος, κάδμιο, αρσενικό, μαγγάνιο, χρώμιο, κοβάλτιο, νικέλιο, ψευδάργυρος κ.α.) που προέρχονται κυρίως από τη βιομηχανική παραγωγή, οι οργανικές συνθετικές ενώσεις (σύνθετες οργανικές ενώσεις όπως πετρέλαιο, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, οργανοφωσφορικές ενώσεις, τριαλογονωμένα μεθάνια), η τοξικότητα των οποίων οφείλεται στο φαινόμενο της συσσώρευσης², που παρουσιάζονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε απόβλητα βιομηχανικής, αγροτικής και κτηνοτροφικής παραγωγής, τα αμμωνιακά ιόντα που περιέχονται κυρίως στις γεωργικές απορροές, στα αστικά λύματα (περιπτώματα και απορρυπαντικά) και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα και τα νιτρικά ιόντα που προέρχονται από αστικά λύματα, την αγροτική και κτηνοτροφική παραγωγή.
- Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί ευθύνονται για την ύπαρξη και διάδοση διαφόρων παθήσεων και ασθενειών (όπως ο τύφος), για την αλλοίωση της γεύσης και της οσμής του νερού, για την διάβρωση πετρωμάτων, μετάλλων και σκυροδέματος, ενώ δύνανται με την πληθυσμιακή τους αύξηση να συντελέσουν στο φαινόμενο του ευτροφισμού. (Μανασσής, 2001) Τέτοιοι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι τα βακτήρια, τα πρωτόζωα, τα παράσιτα και οι ιοί. Κύρια πηγή μικροβιολογικού ρυπαντικού φορτίου είναι τα περιπτώματα ζώων και ανθρώπων, άρα οι παθογόνοι μικροοργανισμοί προέρχονται κυρίως από αστικά λύματα και από απόβλητα αγροτοκτηνοτροφικής παραγωγής.

Πίνακας 2.1: Αντιστοίχιση των βασικών ειδών ρύπων των λυμάτων με την πιθανή προέλευση τους και τις αρνητικές επιπτώσεις που δύναται να επιφέρει η παρουσία τους. (Ανδρεαδάκης, 2015)

Είδη Ρύπων	Προέλευση	Επίδραση
Στερεά Σωματίδια: Ογκώδη Αιωρούμενα (Suspended Solids , SS) Ολικά Στερεά (Total Solids, TS)	Ενδέχεται να περιέχονται σε όλα τα είδη λυμάτων	Δημιουργία Ιζημάτων και Επιπλεόντων Θολότητα
Οργανική Ύλη	Αστικά Λύματα Βιομηχανικά Λύματα	Αποξυγόνωση

² Συσσώρευση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο χημικές ενώσεις συσσωρεύονται στα μέλη μίας τροφικής αλυσίδας, που αδυνατούν να τις αποβάλλουν ή να τις μεταβολίσουν, σε ολοένα αυξανόμενες συγκεντρώσεις. Η αδυναμία αυτή προκύπτει από το ότι εξελικτικά οι έμβιοι οργανισμοί προσαρμόστηκαν στην παρουσία φυσικών οργανικών ενώσεων αλλά όχι συνθετικών. (Χαραλάμπους, 2006)

Θρεπτικά Συστατικά	Αστικά Λύματα Απόβλητα Αγροτικής Παραγωγής	Ευτροφισμός
Βαρέα Μέταλλα	Βιομηχανικά Λύματα	Άμεση και μακροπρόθεσμη τοξική επίδραση σε υδρόβιους οργανισμούς και στον άνθρωπο Ορισμένα από αυτά είναι καρκινογόνες ουσίες
Οργανικές Συνθετικές Ενώσεις	Απόβλητα Βιομηχανικής, Αγροτικής και Κτηνοτροφικής Παραγωγής	Έχουν μακροπρόθεσμη σωρευτική τοξική επίδραση Αρκετές από αυτές τις ενώσεις είναι ύποπτες ως καρκινογόνες
Αμμωνιακά Ιόντα (NH ₃)	Απόβλητα Αγροτικής Παραγωγής Αστικά Λύματα	Τοξικότητα Αποξυγόνωση
Νιτρικά Ιόντα (NO ₃ -N)	Αστικά Λύματα Απόβλητα Αγροτικής και Κτηνοτροφικής Παραγωγής	Τοξικότητα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 50 mg/lit
Παθογόνοι Μικροοργανισμοί	Αστικά Λύματα Απόβλητα Αγροτικής και Κτηνοτροφικής Παραγωγής	Διάδοση Ασθενειών Διάβρωση Ευτροφισμός

Υπάρχουν και άλλα είδη ρύπων, όπως η θερμότητα ή τα ραδιενεργά στοιχεία, στα οποία όμως δεν γίνεται αναφορά στην παρούσα εργασία, αφού δεν αφορούν τη διαχείριση λυμάτων μέσω επαναχρησιμοποίησης και ως εκ τούτου απουσιάζουν προβλέψεις για αυτά στα κανονιστικά πλαίσια που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση.

Ποσότητα

Εκτός από την ποιότητα των λυμάτων, η προέλευση τους καθορίζει και τις διαθέσιμες ποσότητες προς επαναχρησιμοποίηση, κάτι που μπορεί να

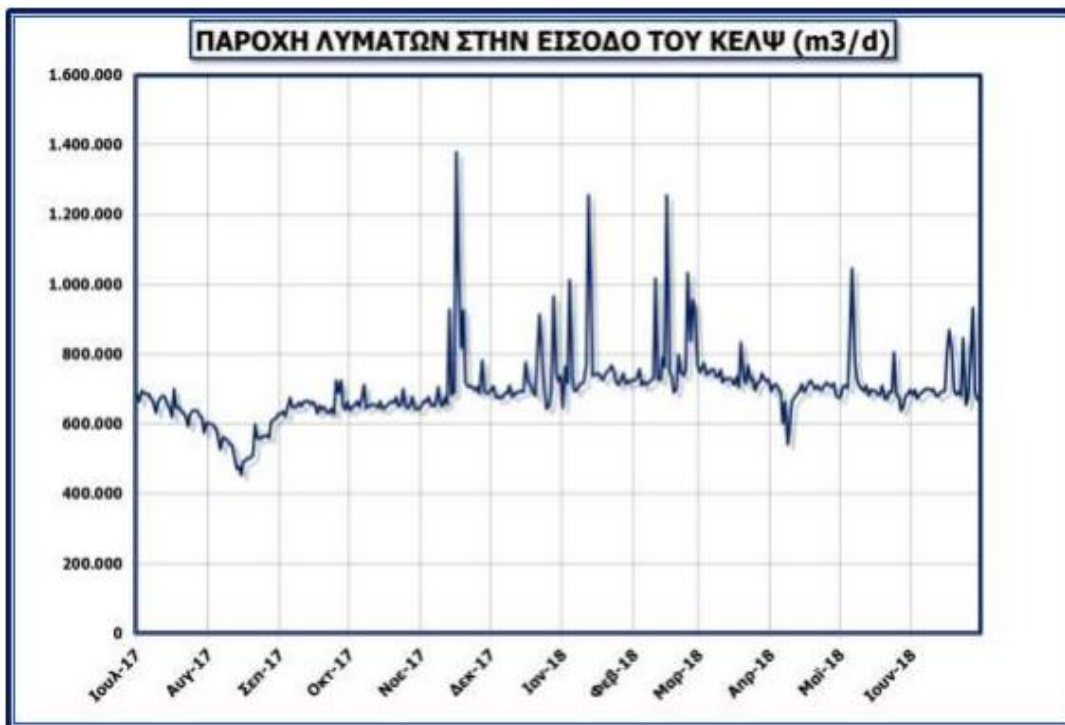
αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα της βιωσιμότητας εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης. Σε γενικές γραμμές, όσο μεγαλύτερες είναι οι διαθέσιμες ποσότητες υγρών αποβλήτων, τόσο πιο βιώσιμη, οικονομικά και περιβαλλοντικά, είναι η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων. (Camp Dresser & McKee, Inc., 2012)

Η έννοια της διαθέσιμης ποσότητας συντίθεται από τρία στοιχεία: α) το συνολικό όγκο των λυμάτων, β) τη χρονική μεταβολή της παροχής λυμάτων και γ) τον τρόπο συγκέντρωσης και παροχής των λυμάτων. Μέσω της μελέτης και του καθορισμού των στοιχείων αυτών προκύπτει η παροχή σχεδιασμού για τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων αλλά και η παροχή σχεδιασμού για τις διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησής τους. Ως εκ τούτου, η δυνατότητα και η βιωσιμότητα εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης, εξαρτάται άμεσα από την προέλευση των λυμάτων.

Το μέγεθος του συνολικού όγκου λυμάτων εξαρτάται, όπως είναι προφανές, από την πρωτοβάθμια χρήση των υδατικών πόρων. Μία αστική περιοχή παράγει όχι μόνο διαφορετικής σύστασης λύματα αλλά και διαφορετικές ποσότητες λυμάτων συγκριτικά με μία βιομηχανική ζώνη. Ακόμα όμως και για το ίδιο είδος προέλευσης ενδέχεται οι συνολικοί όγκοι λυμάτων να διαφέρουν σημαντικά. Για παράδειγμα, οι ποσότητες των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων ποικίλουν πολύ όχι μόνο μεταξύ βιομηχανιών που παράγουν διαφορετικά είδη αλλά ακόμα και μεταξύ βιομηχανιών που παράγουν τα ίδια είδη, επειδή οι διαδικασίες παραγωγής ενδέχεται να διαφέρουν. (Ανδρεαδάκης, 2015)

Η χρονική μεταβολή της παροχής λυμάτων είναι σημαντική για δύο λόγους. Πρώτον, διότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, τα συστήματα επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης, σχεδιάζονται βάσει της μέσης ετήσιας παροχής λυμάτων και δεν είναι ως εκ τούτου σε θέση να διαχειριστούν και να εκμεταλλευτούν πλήρως παροχές ακραίων τιμών (πλημμυρικές παροχές). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, σε περιπτώσεις που το εύρος τιμών της παροχής λυμάτων είναι μεγάλο, οι διαθέσιμες ποσότητες προς επαναχρησιμοποίηση να είναι αρκετά μικρότερες των συνολικών ποσοτήτων που απορρίπτονται ως υγρά απόβλητα. Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο η χρονική μεταβολή της παροχής λυμάτων είναι σημαντική, έχει να κάνει με τη χρονική αντιστοίχιση της ζήτησης για ανακτημένο νερό και της παροχής λυμάτων. Ένα παράδειγμα αναντιστοιχίας είναι μία οικιστική περιοχή που παρέχει αυξημένες ποσότητες αστικών λυμάτων τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω τουριστικών δραστηριοτήτων, οι οποίες όμως ποσότητες ενδέχεται να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση μήνες αργότερα. Σε περιπτώσεις τέτοιων αναντιστοιχιών, υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης επεξεργασμένων λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση, σε δεξαμενές, υπό προϋποθέσεις σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και άλλα φυσικά σώματα νερού, όπως θα εξηγηθεί στο επόμενο υποκεφάλαιο.

Στην Εικόνα 2.4 φαίνεται η χρονική μεταβολή της παροχής λυμάτων στην είσοδο του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας, από τον Ιούλιο του 2017 έως τον Ιούνιο του 2018. Παρατηρούνται μεγάλες παροχές αιχμής που αυξάνουν σημαντικά το εύρος τιμών. (ΕΥΔΑΠ, 2019)



Εικόνα 2.4: Χρονική μεταβολή της παροχής λυμάτων στην είσοδο του ΚΕΛΨ.

Ο τρόπος συγκέντρωσης και παροχής των λυμάτων είναι βασικός παράγοντας καθορισμού των διαθέσιμων ποσοτήτων υγρών αποβλήτων προς επαναχρησιμοποίηση. Το πώς συγκεντρώνονται και παρέχονται τα λύματα εξαρτάται από το αν υπάρχει ενιαίο αποχετευτικό δίκτυο³, από το εύρος του δικτύου αυτού και από το αν το δίκτυο αυτό είναι χωριστικό ή παντοροϊκό.

Το αποχετευτικό δίκτυο που συλλέγει αδιακρίτως και τα όμβρια και τα ακάθαρτα, ονομάζεται παντοροϊκό δίκτυο, ενώ το σύστημα που τα συλλέγει σε ξεχωριστά δίκτυα ακαθάρτων και δίκτυα ομβρίων ονομάζεται χωριστικό σύστημα. Σε μερικές περιπτώσεις είναι δυνατό να έχουμε συνύπαρξη παντοροϊκού δικτύου σε ένα τμήμα μιας πόλης (συνήθως το παλιότερο) και χωριστικών δικτύων στο υπόλοιπο τμήμα. Σε γενικές γραμμές, τα παλαιότερα δίκτυα ή τα δίκτυα αναπτυσσόμενων χωρών είναι παντοροϊκά (Ανδρεαδάκης, 2015).

Η ύπαρξη ή μη αποχετευτικού δικτύου καθορίζεται από τη χωρική πυκνότητα των εστιών δημιουργίας λυμάτων όμοιας σύστασης. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα είναι εκ του νόμου υποχρεωτική η κατασκευή δικτύου αποχέτευσης για πόλεις ή

³ Με τον όρο δίκτυο αποχέτευσης νοούνται τα έργα συλλογής και μεταφοράς των λυμάτων και των όμβριων νερών μιας περιοχής μέχρι το σημείο διάθεσής τους. (Ανδρεαδάκης, 2015)

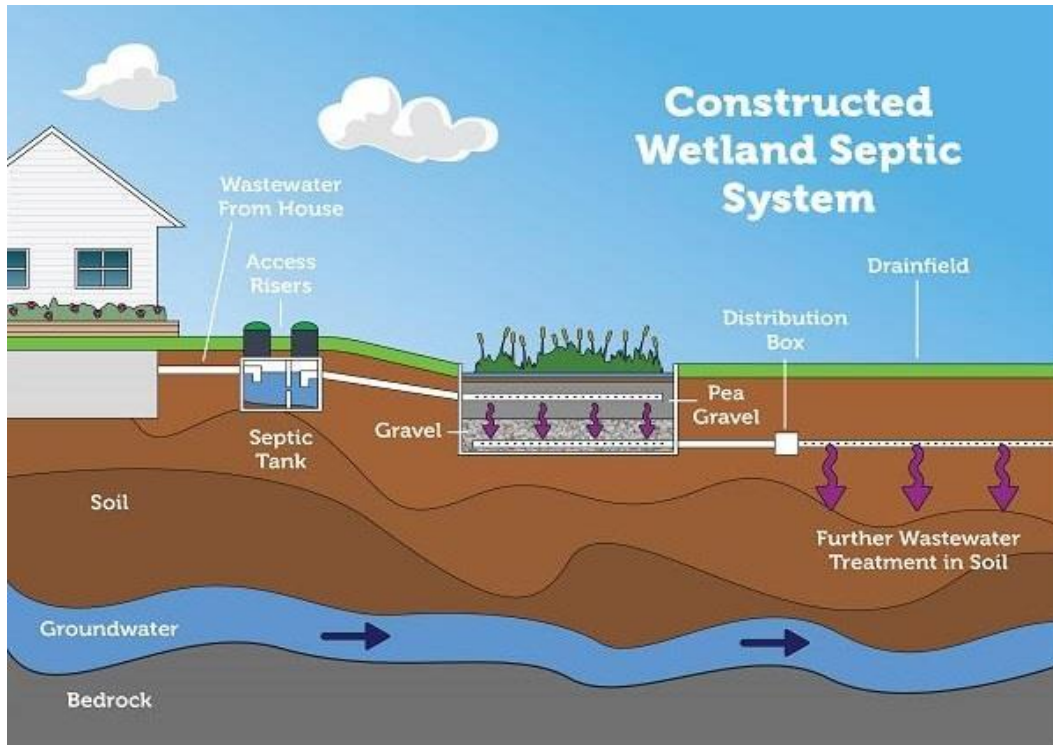
οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 2000, αλλά πρακτικά μπορεί να είναι σκόπιμη και για τις περιπτώσεις μικρότερων οικισμών ή πυρηνών οικισμών με υψηλούς συντελεστές δόμησης (Ανδρεαδάκης, 2015).

Η απαίτηση όμοιας σύστασης λυμάτων, προκύπτει από την ανάγκη για ασφαλή απόρριψη ή επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, που προϋποθέτει την επαρκή μείωση του ρυπαντικού φορτίου τους. Όπως όμως αποτυπώνεται και στον Πίνακα 2.1, υπάρχει αντιστοιχία για κάθε είδος ρύπου με συγκεκριμένες πρωτοβάθμιες χρήσεις υδατικών πόρων. Επίσης, κάθε ρύπος απαιτεί συγκεκριμένη διαχείριση για επαρκή μείωση της αρνητικής επίδρασής του. Έτσι, όμοια πρωτοβάθμια χρήση συνεπάγεται όμοια σύσταση αποβλήτων η οποία απαιτεί όμοιες διαδικασίες επεξεργασίας και εν γένει διαχείρισης. Η ομοιότητα των διεργασιών αυτών προσφέρει σχετική ευκολία στην κατασκευή και λειτουργία συστημάτων επεξεργασίας και διαχείρισης υγρών αποβλήτων. Συνεπώς, αποφεύγεται να καταλήγουν στο ίδιο δίκτυο αποχέτευσης, υγρά απόβλητα ανόμοιας σύστασης, όπως για παράδειγμα αστικά λύματα και απόβλητα κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων.

Η ύπαρξη δικτύου αποχέτευσης προσφέρει:

- τη δυνατότητα εκμετάλλευσης, μέσω επαναχρησιμοποίησης, μεγάλων ποσοτήτων υδατικών πόρων
- τη δυνατότητα συγκροτημένης και στοχευμένης επεξεργασίας
- τον περιορισμό του κόστους διαχείρισης λυμάτων
- τον περιορισμό της, δυνητικά, περιβαλλοντικά επιζήμιας, μεμονωμένης διαχείρισης λυμάτων

Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει δίκτυο αποχέτευσης υπάρχουν σημειακά συστήματα επεξεργασίας – απόρριψης ή επεξεργασίας - επαναχρησιμοποίησης. Το εύρος των ειδών τέτοιων συστημάτων είναι πολύ μεγάλο, καθώς τείνει να διαφοροποιείται ανά πρωτοβάθμια χρήση και ανά τελικό αποδέκτη. Για παράδειγμα, διαφορετικό σύστημα θα εφαρμόζει ένα ελαιοτριβείο και διαφορετικό ένα βυρσοδεψείο και συνήθως υπό διαφορετικό κανονιστικό πλαίσιο. Τα πιο απλά και συνήθη είναι τα συστήματα που εφαρμόζονται σε οικίες, τα απόβλητα των οποίων δεν καταλήγουν σε αποχετευτικό δίκτυο. Στα συστήματα αυτά τα υγρά απόβλητα περνούν από μία σηπτική δεξαμενή (βόθρο), στον οποίο συντελούνται κάποιες απλές φυσικοχημικές, και σε ορισμένες περιπτώσεις, βιολογικές διεργασίες επεξεργασίας και στη συνέχεια αποτίθενται στο έδαφος μέσω καναλιών, συνεισφέροντας ενίοτε στην άρδευση μικρών εκτάσεων. Στην Εικόνα 2.5 παρουσιάζεται μία απλουστευμένη διάταξη σημειακού αποχετευτικού συστήματος οικίας, στο οποίο υγρά τα υγρά απόβλητα περνούν από μία σηπτική δεξαμενή και στη συνέχεια αποτίθενται στο έδαφος μέσω καναλιών. (USEPA, 2019)



Εικόνα 2.5: Παράδειγμα οικιακής σημειακής αποχέτευσης. (Πηγή: EPA, 2019)

Τα σημειακά συστήματα δεν προσφέρουν τα ίδια οφέλη με τα δίκτυα αποχέτευσης, αλλά δεν καθιστούν απαγορευτικές τις προοπτικές επαναχρησιμοποίησης. Περιορίζουν όμως την επαναχρησιμοποίηση σε εφαρμογές που λαμβάνουν χώρα σε σχετικά κοντινή απόσταση από την πρωτοβάθμια χρήση, ενώ το κόστος και οι διαδικασίες διαχείρισης των εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης καλύπτονται και επιτελούνται από τον κάθε χρήστη ξεχωριστά και όχι από μία κεντρική διαχειριστική αρχή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την περιορισμένη υλοποίηση εξειδικευμένων, καινοτόμων και ωφέλιμων εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει τον κίνδυνο περιβαλλοντικής μόλυνσης σε περιπτώσεις εφαρμογών που δεν τηρούν τους όρους και τις προϋποθέσεις των κανονιστικών πλαισίων. (Tilley et al., 2014)

Σημαντική παράμετρος είναι επίσης το κατά πόσο τα δίκτυα αποχέτευσης είναι ενιαία και όχι κατακερματισμένα και ασύνδετα σε μία περιοχή παροχής υγρών αποβλήτων. Στη δεύτερη περίπτωση, ο σχεδιασμός ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης λυμάτων δυσχεραίνεται, καθώς αυξάνεται το κόστος επεξεργασίας και διάθεσης προς επαναχρησιμοποίηση της συνολικής αποχετευτικής παροχής.

Τα αποχετευτικά δίκτυα δέχονται τρία είδη υδάτων: τα υγρά απόβλητα που προέρχονται απευθείας από την όποια πρότερη χρήση (ακάθαρτα), τα ύδατα που προέρχονται από απορροή μετά από κάποια βροχόπτωση (όμβρια), και τέλος τα νερά που εισρέουν στο αποχετευτικό δίκτυο από το έδαφος (διηθήσεις).

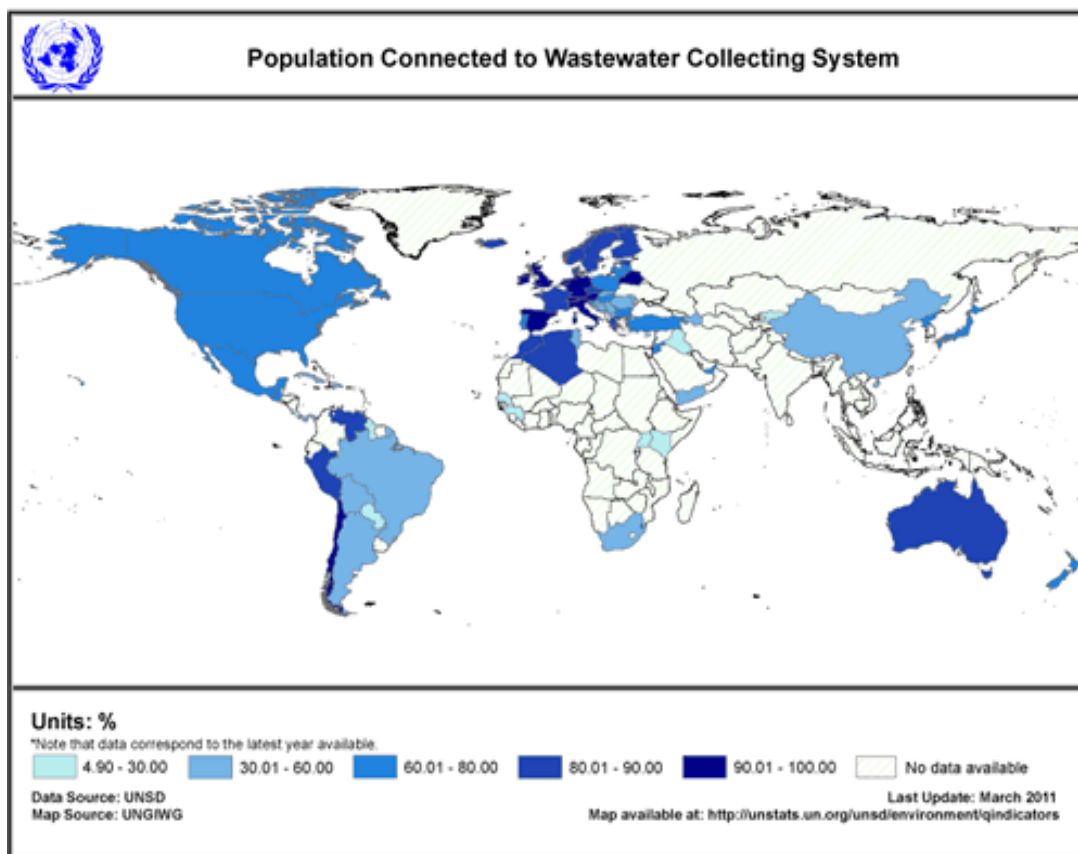
Στο πεδίο της διαχείρισης λυμάτων, τα παντοροϊκά δίκτυα φέρουν διάφορα μειονεκτήματα και ως εκ τούτου η κατασκευή τους έχει εγκαταλειφθεί, με σχεδόν όλα τα σύγχρονα δίκτυα να είναι χωριστικά. Συγκεκριμένα στο πεδίο της επαναχρησιμοποίησης, τα βασικά μειονεκτήματα του παντοροϊκού δικτύου αποχέτευσης είναι δύο.

Πρώτον, δεν επιτρέπει ο τελικός αποδέκτης να είναι διαφορετικός για τα όμβρια ύδατα και διαφορετικός για τα ακάθαρτα, που φέρουν πολύ μεγαλύτερο ρυπαντικό φορτίο και άρα έχουν πολύ περιορισμένες δυνητικά δευτεροβάθμιες χρήσεις ή απαιτούν μεγαλύτερο βαθμό και ένταση επεξεργασίας. Στην ουσία, επιτρέπει στους ρύπους των ακάθαρτων υδάτων να μολύνουν τα σαφώς υψηλότερης ποιότητας όμβρια ύδατα.

Δεύτερον, λόγω του ότι οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων από παντοροϊκά δίκτυα σχεδιάζονται κατά κανόνα με δυναμικότητα που ουσιαστικά αντιστοιχεί στην παροχή ξηράς περιόδου και όχι την πλημμυρική παροχή, ενδέχεται η αθροιστική παροχή λυμάτων και ομβρίων να υπερβεί ένα καθορισμένο ανώτατο όριο. Σε μία τέτοια περίπτωση, επιτρέπεται η υπερχειλίση προς επιφανειακούς υδροφορείς χωρίς επεξεργασία, με μη καλά διερευνημένες ακόμα περιβαλλοντικές επιπτώσεις και παράλληλη απώλεια σημαντικών ποσοτήτων υδατικών πόρων.

Τα παντοροϊκά δίκτυα αποχέτευσης, παρόλο που θεωρούνται απαρχαιωμένα, συνεχίζουν να είναι πραγματικότητα για χιλιάδες πόλεις ανά τον κόσμο. Στις ΗΠΑ για παράδειγμα, που αποτελεί παράδειγμα ανεπτυγμένου κράτους, υπάρχουν τουλάχιστον 772 πόλεις, που εξυπηρετούνται από παντοροϊκό δίκτυο αποχέτευσης. (EPA, 2013) Στον αναπτυσσόμενο κόσμο δε, τα παντοροϊκά δίκτυα είναι τα επικρατέστερα. (WWAP, 2017)

Συμπερασματικά, ο τρόπος συγκέντρωσης και παροχής των λυμάτων επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το λειτουργικό πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης και όπως έχει αναφερθεί στο υποκεφάλαιο 2.1, επηρεάζει και τις προϋποθέσεις των κανονιστικών πλαισίων για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων. Όπως είναι εύκολα κατανοητό, η απουσία πρόσβασης σε συστήματα αποχέτευσης καθιστά την επαναχρησιμοποίηση απαγορευτική. Δυστυχώς, ακόμα και σήμερα, ένα μεγάλο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού, δεν έχει πρόσβαση σε οργανωμένη και ελεγχόμενη συλλογή υγρών αποβλήτων. Στην Εικόνα 2.6 παρουσιάζεται ο παγκόσμιος χάρτης στον οποίο αποτυπώνεται ανά περιοχή το ποσοστό του πληθυσμού που έχει πρόσβαση σε συστήματα συλλογής υγρών αποβλήτων. Με λευκό χρώμα είναι οι περιοχές για τις οποίες δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα. (United Nations Statistics Division, 2011)



Εικόνα 2.6: Παγκόσμιος χάρτης πρόσβασης σε συστήματα συλλογής υγρών αποβλήτων. (United Nations Statistics Division, 2011)

2.5 Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης

Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων ήταν ιστορικά λιγιστές λόγω περιορισμών στην διαθέσιμη τεχνολογία επεξεργασίας υγρών αποβλήτων αλλά και περιορισμών στη ζήτηση για υδατικούς πόρους. Με το πέρασμα του χρόνου οι περιορισμοί αυτοί άρθηκαν με αποτέλεσμα σήμερα οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης τόσο θεωρητικά αλλά και πρακτικά να καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα.

Άρδευση

Η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων στην άρδευση είναι με διαφορά η πλέον σημαντική, λόγω του ότι η άρδευση αποτελεί την πιο μαζική χρήση νερού. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ η άρδευση αντιπροσωπεύει το 35-40 % της συνολικής χρήσης νερού, στις πολιτείες της Καλιφόρνια και της Αριζόνα το 80-85 %, στο Ισραήλ το 73,1 % και στην Ελλάδα περίπου το 85 %. Παγκοσμίως, η αγροτική άρδευση αποτελεί το 70% της συνολικής χρήσης νερού και υπερβαίνει κατά πολύ κάθε άλλη χρήση νερού. (Ανδρεαδάκης, 2015)

Ειδικά οι σύγχρονες αγροτικές πρακτικές, οι οποίες επιτρέπουν την καλλιέργεια καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και προωθούν την εκτεταμένη καλλιέργεια εξαιρετικά υδροβόρων ποικιλιών ακόμα και σε ξηρές περιοχές, θέτουν επιπρόσθετες απαιτήσεις για υδατικούς πόρους στις ούτως ή άλλως διαχρονικά τεράστιες απαιτήσεις με σκοπό την άρδευση.

Επιπρόσθετα, η άρδευση είναι ευνοϊκό πεδίο για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, διότι η ποιότητα των υδατικών πόρων που απαιτεί ενδέχεται να μην είναι τόσο περιοριστική. Το είδος της άρδευσης κατηγοριοποιείται με βάση το είδος της καλλιέργειας τα οποία είναι:

- Καλλιέργειες των οποίων τα παράγωγα προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, ωμά και χωρίς προηγούμενη επεξεργασία
- Καλλιέργειες των οποίων τα παράγωγα προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, μετά από επεξεργασία
- Καλλιέργειες των οποίων τα παράγωγα δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, για παράδειγμα ζωοτροφές, καρποί, παραγωγή ενέργειας κ.α. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017)

Από τα παραπάνω προκύπτει μία προφανής ευελιξία στα κριτήρια ποιότητας που πρέπει να πληρούν τα επαναχρησιμοποιούμενα υγρά απόβλητα, όταν προορίζονται για άρδευση καλλιεργειών των δύο τελευταίων κατηγοριών.

Αντίστοιχα, μία κάποια ευελιξία μπορεί να προκύψει και από τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η άρδευση. Αν η άρδευση γίνεται με τρόπο τέτοιο που το νερό δεν έρχεται σε επαφή με τον καρπό ή/και το φύλλωμα, τότε οι απαιτήσεις ποιότητας του περιορίζονται σημαντικά. Ως εκ τούτου, όπως θα φανεί και από την ανάλυση των κανονιστικών πλαισίων, οι περιορισμοί της άρδευσης είναι διαφορετικοί για την άρδευση με καταιονισμό⁴, για την πλημμυρική άρδευση⁵ και για την υπόγεια άρδευση⁶. Στην Εικόνα 2.7 φαίνονται εκτάσεις καλλιεργειών που αρδεύονται με ανακτημένα τριτοβάθμια επεξεργασμένα υγρά λύματα στην Καλιφόρνια.

Παράλληλα, τα λύματα ενδέχεται να περιέχουν σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών, τα οποία θρεπτικά συστατικά αν και αποτελούν ρύπους με επιβλαβή δράση σε άλλες περιπτώσεις, στην περίπτωση της άρδευσης είναι πολύτιμα για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Οι βιοχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα

⁴ Καταιονισμός είναι ο τύπος άρδευσης κατά τον οποίο το νερό διοχετεύεται υπό τη μορφή σταγονιδίων και φτάνει στο έδαφος προσεγγιστικά με τον ίδιο τρόπο που φτάνει το νερό της βροχής. (WHO, UNEP, 1997)

⁵ Πλημμυρική Άρδευση είναι ο τύπος άρδευσης κατά τον οποίο το νερό διατίθεται ως στρώμα νερού πάνω από το έδαφος, συνήθως σε μεγάλες εκτάσεις, και απορροφάται από το έδαφος σταδιακά. (WHO, UNEP, 1997)

⁶ Υπόγεια άρδευση είναι ο τύπος άρδευσης κατά τον οποίο το νερό διατίθεται κάτω από το ριζικό σύστημα της βλάστησης. (WHO, UNEP, 1997)

κατά την ανάπτυξη των καλλιεργειών, περιορίζουν το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων.

Όπως αναφέρθηκε και στο 1^ο κεφάλαιο, οι ιστορικά πρώτες εφαρμογές συστημάτων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων, είχαν ως κύριο στόχο την ασφαλή απομάκρυνση και απόρριψη των αστικών λυμάτων και ως δευτερεύοντα στόχο την εξασφάλιση των απαιτούμενων υδατικών πόρων προς άρδευση. Η επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την άρδευση αποτελεί βιώσιμη λύση για την ασφαλή απόρριψη κυρίως αστικών λυμάτων.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, σήμερα είναι σε λειτουργία πολλά συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για αγροτική άρδευση. Στις ΗΠΑ μόνο, υπάρχουν 3000 τέτοιες περιπτώσεις. Στον αναπτυσσόμενο κόσμο δε, αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών λυμάτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών. Για παράδειγμα, στην Κίνα $1,33 \times 10^6$ εκτάρια αγροτικής γης αρδεύονται με ανεπεξέργαστα ή μερικώς επεξεργασμένα αστικά λύματα, ενώ στο Μεξικό πάνω από 70000 εκτάρια αρδεύονται με απόβλητα. (Ανδρεαδάκης, 2015)



Εικόνα 2.7: Καλλιέργειες που αρδεύονται με ανακτημένο νερό τριτοβάθμιας επεξεργασίας στην πολιτεία της Καλιφόρνια των ΗΠΑ. (Πηγή: Camp Dresser & McKee, Inc., 2012)

Η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων στην άρδευση είναι τόσο σημαντική, που σε όλα τα κανονιστικά και νομοθετικά πλαίσια που

αναλύονται από την παρούσα εργασία, υπάρχουν προβλέψεις για αυτή και δίνεται ιδιαίτερο βάρος στους όρους και τις διαδικασίες που τη διέπουν.

Υδατοκαλλιέργειες

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε υδατικές καλλιέργειες⁷ είναι μία πρακτική με μακρά ιστορία, κυρίως στην νοτιοανατολική Ασία. Κάποιες από τις ουσίες που περιέχονται στα υγρά απόβλητα, είναι για διάφορους υδρόβιους οργανισμούς θρεπτικά συστατικά και ως εκ τούτου η εισαγωγή υγρών αποβλήτων στις υδατικές καλλιέργειες δύναται να προκαλέσει αύξηση της παραγωγής. Αυτό οδήγησε στην εφαρμογή αυτού του είδους επαναχρησιμοποίησης, από τις τοπικές κοινωνίες των υδατοκαλλιεργειών.

Το είδος αυτό της επαναχρησιμοποίησης γινόταν στο παρελθόν στις περισσότερες περιπτώσεις άναρχα, χωρίς έλεγχο ή επεξεργασία των εισαγόμενων στις καλλιέργειες υγρών αποβλήτων. Η πρώτη συσχέτιση οργανωμένων συστημάτων επαναχρησιμοποίησης με τις υδατοκαλλιέργειες, έγινε με σκοπό την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, καθώς οι υδατικές καλλιέργειες μπορούν να συνεισφέρουν στην επεξεργασία και ποιοτική αναβάθμιση των υγρών αποβλήτων, μέσω των βιολογικών τους διεργασιών.

Από τη δεκαετία του 1930 στην Ινδία, και αργότερα στην Κίνα και το Βιετνάμ, άρχισαν να υλοποιούνται οργανωμένα συστήματα επαναχρησιμοποίησης, με σκοπό την αύξηση της παραγωγής των καλλιεργειών. Σήμερα, διάφορες μέθοδοι αυτού του είδους της επαναχρησιμοποίησης εφαρμόζονται σε παγκόσμιο επίπεδο, αν και η πρακτική δεν έχει υιοθετηθεί από τους εμπορικούς παραγωγούς προϊόντων υδατοκαλλιεργειών. (WHO, 2006)

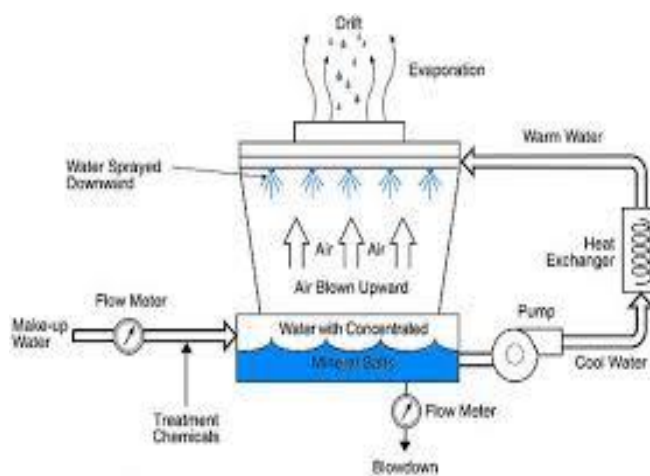
Βιομηχανική Χρήση

Η βιομηχανία είναι ένα ακόμα ευνοϊκό πεδίο για επαναχρησιμοποίηση, διότι πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούν νερό που απαιτείται να έχει ποιότητα πολύ χαμηλότερη από αυτή του πόσιμου. Συγκεκριμένα, οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των λυμάτων είναι το νερό ψύξης, το νερό τροφοδοσίας λεβήτων και το νερό διεργασιών ή αλλιώς και παραγωγικό νερό. Η χρήση που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις ποσοτικά αφορά το νερό ψύξης.

Το νερό ψύξης στη βιομηχανική παραγωγή χρησιμοποιείται σε συστήματα ανακυκλοφορίας και σε συστήματα απλής ροής. Στο πρώτο, η ψύξη γίνεται μέσω πύργων ψύξης, στους οποίους το νερό εξατμίζεται και στη συνέχεια συμπυκνώνεται, αποβάλλει θερμότητα άρα ψύχεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ψυκτικό μέσο. Κατά τη διαδικασία αυτή, όμως μέρος του νερού χάνεται και έτσι απαιτείται αναπλήρωση. Στην Εικόνα 2.8 δίνεται σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας ενός πύργου ψύξης. Η εξάτμιση

⁷ Υδατικές Καλλιέργειες (Aquaclture): Το σύνολο των διαδικασιών καλλιέργειας υδάτινων φυτικών οργανισμών (φύκια, άλγες κτλ) και εκτροφής υδάτινων ζωικών οργανισμών (ψάρια, οστρακοειδή κτλ). (FAO, 2019)

(evaporation) δημιουργεί απώλειες νερού στο σύστημα που χρειάζονται να αναπληρωθούν και παράλληλα αυξάνει τις συγκεντρώσεις των ρύπων μέσω της ποσοστιαίας μείωσης του καθαρού νερού. Υπό κανονικές συνθήκες, το σύστημα αυτό είναι κλειστό και απομονωμένο από την παραγωγική διαδικασία, άρα οι απαιτήσεις του νερού αναπλήρωσης είναι τελείως ανεξάρτητες από τη συγκεκριμένη βιομηχανική παραγωγή που εξυπηρετείται. Υπάρχουν όμως απαιτήσεις που αφορούν την απόδοση και λειτουργικότητα του συστήματος ψύξης, λόγω των φαινομένων επικαθίσεων και διάβρωσης στον πύργο ψύξης. Στα συστήματα ψύξης απλής ροής, το νερό απορροφά τη θερμότητα και στη συνέχεια απορρίπτεται χωρίς να ανακυκλοφορείται. Στην περίπτωση αυτή, οι απαιτήσεις ποιότητας είναι ακόμη λιγότερες και αφορούν κυρίως τα ενδεχόμενα απόθεσης λάσπης από μικροοργανισμούς και απόθεσης αιωρούμενων συστατικών. (Ανδρεαδάκης, 2015)



Εικόνα 2.8: Βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός πύργου ψύξης. (Πηγή: Venkatesh, 2015)

Για το νερό τροφοδοσίας συστημάτων παραγωγής ατμού (λέβητες) απαιτείται ποιότητα ανάλογη της πίεσης λειτουργίας του λέβητα. Λέβητες με πολύ υψηλή πίεση λειτουργίας απαιτούν ποιότητα αποσταγμένου νερού. Άρα, οι όροι που πρέπει να πληρούν τα προς επαναχρησιμοποίηση λύματα για το συγκεκριμένο σκοπό, εξαρτώνται από το λέβητα και δεν είναι ενιαίοι. Σε κάθε περίπτωση όμως, το νερό που χρησιμοποιείται από λέβητες πρέπει να έχει περιορισμένη σκληρότητα⁸, περιορισμένη αλκαλικότητα και περιορισμένη παρουσία όξινων ανθρακικών. Η μεγάλη βαθμού απαιτούμενη επεξεργασία και οι σχετικά μικρές απαιτούμενες παροχές νερού καθιστούν τη συγκεκριμένη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης σε μειονεκτική θέση έναντι άλλων βιομηχανικών χρήσεων και ιδιαίτερα της ψύξης.

⁸ Η σκληρότητα του νερού αποτελεί την παράμετρο προσδιορισμού της συγκέντρωσης κυρίως των αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου. Ένας βαθμός σκληρότητας αντιστοιχεί σε 10 mg CaO ή CaCO ανά λίτρο νερού. (Χαραλάμπους, 2006)

Το νερό παραγωγικής διαδικασίας έρχεται σε άμεση ή έμμεση επαφή με το παραγόμενο προϊόν. Άρα, οι προδιαγραφές ποιότητας του νερού είναι απόλυτα εξαρτώμενες από τη φύση της βιομηχανικής διεργασίας. Για παράδειγμα, η βιομηχανία ηλεκτρονικών απαιτεί ποιότητα σχεδόν αποσταγμένου νερού για την πλήση των κυκλωμάτων ενώ η βυρσοδεψία και τα διυλιστήρια μπορούν να χρησιμοποιήσουν νερό χαμηλής σχετικά ποιότητας. Οι απαιτήσεις ποιότητας νερού για την κλωστοϋφαντουργία, τη χαρτοβιομηχανία και τη βασική μεταλλουργία είναι ενδιάμεσες των δύο παραπάνω ακραίων περιπτώσεων. (Ανδρεαδάκης 2015)

Περιβαλλοντική Ανάπλαση

Η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης στην περιβαλλοντική ανάπλαση περιλαμβάνει τη χρήση ανακτημένου νερού με σκοπό την τροφοδοσία υδροβιότοπων, την ενίσχυση παροχών ρευμάτων και ποταμών και τη δημιουργία χώρων αναψυχής.

Οι υδροβιότοποι παγκοσμίως, καταστρέφονται και περιορίζονται για μία σειρά από λόγους, όπως επέκταση των πόλεων, επέκταση των αγροτικών περιοχών, δραστηριότητες εξόρυξης και μόλυνση των υδάτων τους. Οι υδροβιότοποι επιτελούν πολλές σημαντικές λειτουργίες, καθώς υποστηρίζουν τη βιοποικιλότητα, είναι πηγές τροφής και αναπόσπαστα μέρη συγκεκριμένων σημαντικών τροφικών αλυσίδων, τροφοδοτούν υδροφόρους ορίζοντες, βελτιώνουν την ποιότητα του νερού, μέσα από φυσικές διεργασίες, προσφέρουν αντιπλημμυρική προστασία και συνεισφέρουν στην τοπική υδρολογική ισορροπία. Επίσης, η παρουσία τους είναι ελκυστική σε μη αστικές περιοχές, ιδιαίτερα των αναπτυσσόμενων χωρών, για λόγους αναψυχής.

Γίνεται λοιπόν κατανοητό, πως με σκοπό τη συντήρηση και τον εμπλουτισμό των υδροβιότοπων, η τροφοδοσία τους με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, είναι μία ιδιαίτερα χρήσιμη δυνατότητα. Η δυνατότητα αυτή όμως προϋποθέτει τον αυστηρό έλεγχο της σύστασης και της ποσότητας του ανακτημένου νερού που προορίζεται για αυτή τη χρήση, καθώς οι υδροβιότοποι είναι εν γένει ιδιαίτερα ευαίσθητα συστήματα.

Η ενίσχυση παροχών ρευμάτων και ποταμών συνεισφέρει στη διατήρηση της τοπικής υδρολογικής ισορροπίας, η οποία μπορεί να δέχεται πιέσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες και την κλιματική αλλαγή, ιδιαίτερα σε περιόδους ξηρασίας. Οι όροι και οι προϋποθέσεις που διέπουν αυτή τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, εξαρτώνται άμεσα από το αν τα ρεύματα και οι ποταμοί αυτοί συνεισφέρουν άμεσα ή έμμεσα σε συστήματα ύδρευσης. Σε μία τέτοια περίπτωση όπως είναι εύκολα κατανοητό, οι όροι αυτοί γίνονται ιδιαίτερα περιοριστικοί.

Αντίστοιχα, η δημιουργία χώρων αναψυχής, όπως μικρές τεχνητές λίμνες σε πάρκα, είναι μία εύκολη και εφικτή δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης

ανακτημένου νερού, με την προϋπόθεση όμως του περιορισμού επαφής του ανακτημένου νερού, άμεσα ή έμμεσα, με τον άνθρωπο. (Camp Dresser & McKee, Inc., 2012)

Εμπλουτισμός Υπόγειων Υδροφορέων, που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση

Ο τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων με ανακτημένο νερό μπορεί να συνεισφέρει στην αποθήκευση νερού για μελλοντική χρήση, στην περιβαλλοντική προστασία και στην αναβάθμιση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων.

Η αποθήκευση ανακτημένου νερού για μελλοντική χρήση σε υπόγειους υδροφορείς συνεισφέρει στην αντιμετώπιση της εποχικής λειψυδρίας, η οποία κατά κύριο λόγο οφείλεται στις ανάγκες της άρδευσης που είναι συνήθως εποχικές. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αποθήκευσης των αποβλήτων σε υπόγειους υδροφορείς είναι το μικρότερο κόστος σε αντιστοίχιση με το κόστος των επιφανειακών ταμιευτήρων και η αποφυγή διάφορων δυσάρεστων συνεπειών των επιφανειακών εγκαταστάσεων, όπως η εξάτμιση, η ρύπανση και ο ευτροφισμός οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού με τη δημιουργία δυσάρεστων οσμών και γεύσεων και την παραγωγή τοξικών ουσιών.

Η περιβαλλοντική προστασία της χρήσης αυτής προκύπτει από τη δυνατότητα δημιουργίας υδραυλικού φράγματος που παρεμποδίζει τη διείσδυση και ανάμιξη του θαλασσινού νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων. Επίσης, μέσω της ανύψωσης της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσης του και επειδή η φυσική ανανέωση συμβαίνει με πολύ αργό ρυθμό. Τέλος, ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων συνεισφέρει στον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους.

Η αναβάθμιση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται για τον τεχνητό εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων προκύπτει από την επεξεργασία που επιτυγχάνεται στο έδαφος μέσω της διήθησης και κατείδυσης δια μέσω του εδαφικού υλικού. Η αναβάθμιση αυτή μπορεί να μειώσει το κόστος της επεξεργασίας των αποβλήτων, ανάλογα με τη μέθοδο επαναπλήρωσης, τις υδρογεωλογικές συνθήκες, τις ποιοτικές απαιτήσεις της επόμενης χρήσης κ.α..

Υπάρχουν όμως και μειονεκτήματα στη χρήση αυτή, που επηρεάζουν την ευκολία εφαρμογής της και τις προβλέψεις των κανονιστικών πλαισίων. Αυτά τα μειονεκτήματα σχετίζονται με το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας των απαιτούμενων γεωτρήσεων και της προχωρημένης επεξεργασίας που απαιτείται και την πιθανή αύξηση του κινδύνου ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα, η μετέπειτα εξυγίανση του οποίου, είναι μία δύσκολη, δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία. Εξαιρετικά σημαντικό μειονέκτημα είναι επίσης, η δυσκολία διασφάλισης της μη χρήσης του υδροφορέα για σκοπούς ύδρευσης. (Ανδρεαδάκης 2015)

Αστική Χρήση

Εξαιρώντας την άμεση ή έμμεση ύδρευση, υπάρχει μία πληθώρα εφαρμογών για επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού σε αστικές περιοχές. Μερικές από αυτές είναι το πότισμα δημόσιων πάρκων και κέντρων αναψυχής, αθλητικών γηπέδων, σχολικών αυλών, νησίδων και κρασπέδων αυτοκινητοδρόμων, κήπων δημοσίων κτιρίων και εγκαταστάσεων, κήπων κατοικιών, γενικό πλύσιμο, πυρόσβεση και εμπορικές χρήσεις, όπως εγκαταστάσεις πλυσίματος οχημάτων, ανάμιξη νερού για ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και υγρά λιπάσματα. (Ανδρεαδάκης 2015)

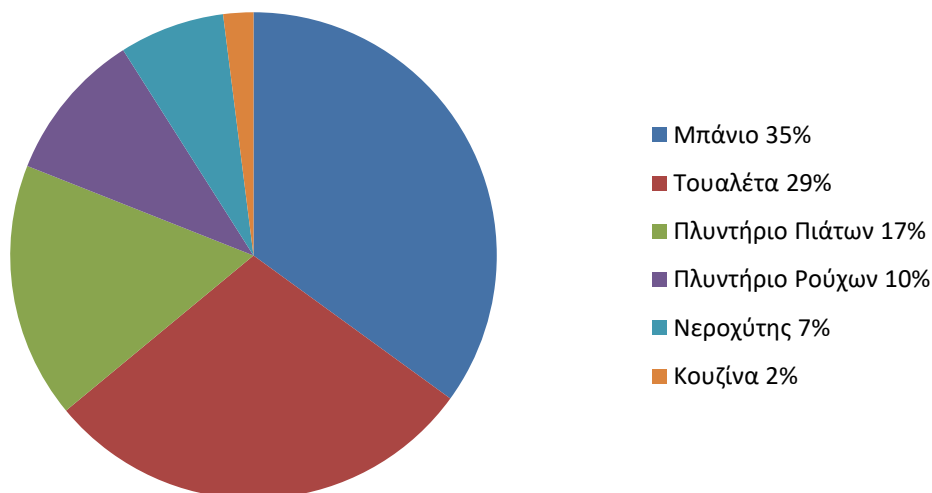
Οι εφαρμογές αστικής επαναχρησιμοποίησης στις οποίες δίνεται σήμερα η μεγαλύτερη βαρύτητα είναι το πότισμα γηπέδων γκολφ και τα συστήματα «γκρίζου νερού»⁹. Το πότισμα γηπέδων γκολφ ξεχωρίζει διότι, συνδυαστικά, απαιτεί τεράστιες ποσότητες νερού και μικρό βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων, υπό προϋποθέσεις. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθεί ότι έρευνα του Τμήματος Περιβαλλοντικής Προστασίας της πολιτείας της Φλόριντα των ΗΠΑ το 2010, δείχνει 525 εγκαταστάσεις γκολφ να χρησιμοποιούν 5170 λίτρα ανακτημένου νερού ανά δευτερόλεπτο, το οποίο αντιστοιχεί σε 17,9% της ολικής επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για την πολιτεία. (Camp Dresser & McKee, Inc., 2012)

Τα συστήματα γκρίζου νερού από την άλλη, δίνουν τη δυνατότητα δευτεροβάθμιας χρήσης μεγάλου ποσοστού των αστικών λυμάτων, με σχετικά μικρό κόστος και καθόλου επεξεργασία. Αυτό πραγματοποιείται με τη χρήση του γκρίζου νερού που προέρχεται από μία οικία ή ένα σύμπλεγμα κατοικιών, σε δραστηριότητες που δεν απαιτούν νερό πόσιμης ποιότητας, όπως το πότισμα κήπων ή την τροφοδότηση δεξαμενής τουαλέτας. Στην Εικόνα 2.9 δίνεται η ποσοστιαία διάκριση των χρήσεων της τυπικής κατανάλωσης νερού σε επίπεδο οικίας, εκ των οποίων το 71% θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως γκρίζο νερό. (Πηγή: impEE Project, 2006)

Τα κανονιστικά πλαίσια σε ότι αφορά τις παραπάνω χρήσεις, προσπαθούν να εξισορροπήσουν μεταξύ της προώθησης της εφαρμογής τους και την προστασία της δημόσιας υγείας.

⁹ Γκρι ή ημιακάθαρτο νερό (greywater) ονομάζουμε το νερό που είναι αρκετά πιο αραιό σε σύγκριση με το σύνολο των λυμάτων μιας κατοικίας. Το νερό αυτό προέρχεται από οικιακές δραστηριότητες και σημεία υδατικής χρήσης, όπως το μπάνιο, το πλύσιμο των πιάτων και γενικότερα το νερό της κουζίνας, το πλύσιμο των ρούχων, δεν περιλαμβάνει όμως τα λύματα που προκύπτουν από τον καθαρισμό της τουαλέτας, τα οποία ονομάζονται και «μαύρο νερό» (blackwater). (Christova-Boal et al., 1996)

Τυπική Κατανάλωση Νερού 208 L/ημέρα/άτομο



Εικόνα 2.9: Ποσοστιαία Διάκριση των χρήσεων της τυπικής κατανάλωσης νερού. Από τις χρήσεις αυτές ως γκρίζο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί το 71% της πρωτοβάθμιας χρήσης. (Πηγή: impEE Project, 2006)

Επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την ύδρευση

Η ύδρευση με ανακτημένο νερό χωρίζεται σε δύο διακριτές κατηγορίες, την άμεση ύδρευση και την έμμεση ύδρευση. Άμεση ύδρευση έχουμε όταν τα επεξεργασμένα λύματα αποτελούν μέρος ή το όλον της υδρευτικής παροχής μιας περιοχής, εισερχόμενα κατευθείαν στο υδρευτικό δίκτυο. Έμμεση ύδρευση έχουμε όταν τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν σε συλλέκτες νερού από τους οποίους παρέχεται το νερό προς ύδρευση. Διαχωρισμός επίσης προκύπτει και ως προς το αν η συμμετοχή στην ύδρευση ανακτημένου νερού γίνεται βάσει σχεδιασμού ή όχι, με τη δεύτερη περίπτωση να είναι προφανώς μη θεμιτή και δυνητικά εξαιρετικά επικίνδυνη για τη δημόσια υγεία.

Η έμμεση ύδρευση, κατά κύριο λόγο, υλοποιείται με την τροφοδοσία, με επεξεργασμένα λύματα, υπόγειων υδροφορέων αλλά και γενικότερα με την τροφοδοσία σωμάτων νερού (λίμνες, ποτάμια, υδροβιότοποι), στα οποία φυσικές και βιοχημικές διεργασίες αναβαθμίζουν την ποιότητα του ανακτημένου νερού. Στη συνέχεια, το δίκτυο ύδρευσης αντλεί νερό από το σώμα νερού, το οποίο πλέον είναι σε θέση να παρέχει μεγαλύτερες ποσότητες. Έλεγχοι ποιότητας πραγματοποιούνται πριν την είσοδο των επεξεργασμένων λυμάτων στο σώμα νερού και κατά την άντληση νερού από αυτό, κατά τους οποίους ελέγχους όμως πρέπει να πληρούνται διαφορετικά κριτήρια.

Η άμεση ύδρευση δεν παρέχει δυνατότητα ποιοτικής αναβάθμισης των λυμάτων μέσω της διαδρομής τους, στο φυσικό κύκλο νερού. Ως εκ τούτου, η επεξεργασία που πρέπει να υποστούν τα λύματα για να επαναχρησιμοποιηθούν για άμεση ύδρευση είναι εξαντλητική και κοστοβόρα. Παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης

λυμάτων με σκοπό την άμεση ύδρευση είναι το σύστημα που εφαρμόζεται στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (Camp Dresser & McKee, Inc., 2004), το σύστημα που εφαρμόζεται στο Βίντχουκ, πρωτεύουσα της Ναμίμπιας και το σύστημα της Σιγκαπούρης. (WHO, 2017)

Και στις δύο περιπτώσεις όμως, η εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για ύδρευση είναι περιορισμένη και συμβαίνει μόνο αν:

- i. υπάρχουν περιορισμένες εναλλακτικές ύδρευσης
- ii. οι εναλλακτικές ύδρευσης είναι εξαιρετικά κοστοβόρες
- iii. υπάρχει, συνειδητή ή μη, κοινωνική αποδοχή
- iv. υπάρχει εμπιστοσύνη και πρόσβαση σε εξαιρετικά ανεπτυγμένες διαδικασίες επεξεργασίας τόσο του ανακτημένου νερού όσο και του νερού προς ύδρευση (Camp Dresser & McKee, Inc., 2012)

Τα παραπάνω ισχύουν, διότι προφανώς η δημόσια υγεία είναι η ύψιστη προτεραιότητα και η πρόσβαση σε καθαρό νερό, ανθρώπινο δικαίωμα. Λόγω αυτού, το τελικό αποτέλεσμα της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πρέπει να είναι τέτοιας ποιότητας που καθιστά την επεξεργασία τους κοστοβόρα, μη πρακτική και χωρίς τις κατάλληλες υποδομές και τεχνολογίες, πρακτικά αδύνατη.

Ακόμα όμως και αν πραγματοποιείται μία τέτοια επεξεργασία, υπάρχει προβληματισμός που σχετίζεται με πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από ενδεχόμενη αντίδραση και ανάμειξη ανόργανων και οργανικών συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη εκροή, ακόμα και υπό συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας. Επίσης, οι απαιτήσεις ποιότητας δεν είναι καλά προσδιορισμένες, καθώς έχει εκτιμηθεί ότι μόνο το 10% κατά βάρος των οργανικών ενώσεων του νερού έχουν αναγνωρισθεί, ενώ για λίγες από αυτές έχουν εξακριβωθεί οι επιδράσεις τους στην υγεία. Παράλληλα, σημαντική ασάφεια παρατηρείται στον προσδιορισμό της επίδρασης στην υγεία της συνεργατικής δράσης διάφορων συνθετικών ενώσεων που περιέχονται στα λύματα. Οι έρευνες δε, σχετικά με τις επιδράσεις στην υγεία κατά την επαναχρησιμοποίηση για πόση είναι εφαρμόσιμες μόνο για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς οι επιδράσεις εξαρτώνται από το μείγμα των ρύπων το οποίο μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά. (Ανδρεαδάκης, 2015)

Το νερό προς πόση, δεν αρκεί να είναι κατάλληλο, αλλά πρέπει να είναι και αποδεκτό. Πρέπει δηλαδή, να διασφαλίζεται και η απαίτηση των καταναλωτών για ποιοτικό νερό ως προς για παράδειγμα τη θολότητα ή τη γεύση. Η αποδοχή αυτή είναι η λεγόμενη κοινωνική αποδοχή και ενδέχεται να μην εξασφαλίζεται ακόμα και όταν όλα τα κριτήρια ποιότητας και καταλληλότητας πληρούνται. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013)

Όλοι οι παραπάνω περιορισμοί και οι προκλήσεις επιδρούν αρνητικά στην προσπάθεια ανάπτυξης πλήρων και συνολικών ποιοτικών κριτηρίων για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για πόση, κάτι το οποίο αντανάκλαται και στα

κανονιστικά και νομοθετικά πλαίσια που εξετάζονται από την παρούσα εργασία. Η πρόοδος όμως της τεχνολογίας της επεξεργασίας λυμάτων, συνδυαστικά με την αυξανόμενη ζήτηση για υδατικούς πόρους, τα τελευταία χρόνια, προωθούν όλο και περισσότερο, τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για άμεση ή έμμεση ύδρευση που κάποτε ήταν απαγορευτική. (Camp Dresser & McKee, Inc., 2012)

Συνοψίζοντας, στον Πίνακα 2.2 παρατίθενται οι κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και οι κυριότεροι πιθανοί περιορισμοί ως προς την επαναχρησιμοποίησή τους.

Πίνακας 2.2: Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και πιθανοί περιορισμοί. (Ανδρεαδάκης 2015)

Κατηγορία χρήσης	Πιθανοί περιοριστικοί παράγοντες
1. Άρδευση γεωργικών Εκτάσεων α) φυτικές καλλιέργειες β) εμπορικά φυτώρια	-Επιπτώσεις λόγω της ποιότητας του νερού (κυρίως ως προς την παθογένεια και την επίδραση αλάτων στο έδαφος και τα φυτά) -Περιορισμοί ανάλογα με το σύστημα άρδευσης -Εμπορευσιμότητα και δημόσια αποδοχή των παραγόμενων προϊόντων
2. Άρδευση κοινοχρήστων χώρων αναψυχής α) Πάρκα β) Σχολικοί χώροι γ) Εθνικοί δρόμοι δ) Γήπεδα golf ε) Νεκροταφεία ζ) Ελεύθεροι κοινοτικοί χώροι η) Αστικές ζώνες πρασίνου	-Προστασία δημόσιας υγείας κυρίως σε σχέση με παθογόνα (όπως παράσιτα βακτήρια και ιοί). -Μόλυνση επιφανειακών και υπόγειων νερών όταν δεν υφίσταται κατάλληλο σύστημα διαχείρισης.
3. Βιομηχανική χρήση α) Ψύξη β) Τροφοδοσία λεβήτων γ) Βαριές κατασκευές	-Συστατικά του νερού που ανακτάται μπορούν να προξενήσουν διάβρωση, αποθέσεις, βιολογική ανάπτυξη προβλήματα έμφραξης. -Επιπτώσεις στη Δημόσια υγεία (ιδιαίτερα σε σχέση με τη μετάδοση οργανικών ή παθογόνων μέσω aerosols).

<p>4. Εμπλουτισμός υπόγειων Υδάτων</p> <p>α) Αναπλήρωση υπόγειων υδάτων</p> <p>β) Παρεμπόδιση υπαλμύρωσης</p>	<p>-Ίχνη μικροοργανικών και ενδεχόμενη τοξικότητα .</p> <p>-Ολικά διαλυμένα στερεά, μέταλλα και παθογόνα στο ανακτώμενο νερό</p>
<p>5. Αναψυχή και άλλες περιβαλλοντικές χρήσεις</p> <p>α) Λίμνες και δεξαμενές</p> <p>β) Αποκατάσταση ελωδών περιοχών</p> <p>γ) Ενίσχυση παροχής υδατορευμάτων</p> <p>δ) Ιχθυοκαλλιέργειες</p> <p>ε) Δημιουργία τεχνητού χιονιού</p>	<p>-Προστασία δημόσιας υγείας από βακτήρια και ιούς.</p> <p>-Ευτροφισμός οφειλόμενος στο άζωτο και φώσφορο</p> <p>-Αισθητικές οχλήσεις συμπεριλαμβανομένων των οσμών</p>
<p>6. Μη πόσιμες αστικές χρήσεις (γκρίζο νερό)</p> <p>α) Πυροπροστασία β) Κλιματισμός</p> <p>γ) Καθαρισμός WC δ) Άρδευση κήπων</p>	<p>-Προστασία δημόσιας υγείας από τη μεταφορά παθογόνων με aerosols</p> <p>-Επίδραση της ποιότητας του νερού με την δημιουργία αποθέσεων, διάβρωσης, βιολογικής ανάπτυξης έμφραξης.</p> <p>-Προβλήματα λόγω του κινδύνου διακλαδώσεων με το σύστημα υδροδότησης</p>
<p>7. Πόσιμες χρήσεις</p> <p>α) Ανάμιξη με το νερό υδροδότησης</p> <p>β) Απ' ευθείας χρήση</p>	<p>-Ίχνη μικρο-οργανικών και πιθανή τοξικότητα.</p> <p>-Δημόσια αποδοχή.</p> <p>-Προστασία δημόσιας υγείας σε σχέση με τους κινδύνους παθογόνων και κυρίως ιών.</p>

2.6 Τεχνολογία και Υποδομή Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Οι δυνατότητες ασφαλούς επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων θα ήταν ιδιαίτερα περιορισμένες, αν δεν υπήρχε η δυνατότητα επεξεργασίας τους. Ως επεξεργασία υγρών αποβλήτων μπορεί να θεωρηθεί κάθε διαδικασία που βελτιώνει την ποιότητά τους, με σκοπό την ασφαλή διάθεσή τους στο περιβάλλον

ή την επαναχρησιμοποίηση. Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι κυριότερες μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Φυσικές μέθοδοι

Αρχικά, οι διαθέσιμες μέθοδοι επεξεργασίας παρείχαν μικρή βελτίωση ποιότητας και μπορούσαν να διαχειριστούν μικρές σχετικά παροχές. Τέτοιες μέθοδοι ήταν, για παράδειγμα, η χαμηλού ρυθμού απόθεση υγρών αποβλήτων στο έδαφος αγροτικών καλλιεργειών και η προσωρινή αποθήκευση. Αυτού του είδους η επεξεργασία, συντελείται εκτεταμένα ακόμα και σήμερα σε συστήματα σημειακής αποχέτευσης μεμονωμένων οικιών ή μικρών οικισμών και σε αναπτυσσόμενες χώρες. (Angelakis et al., 2018)

Ωστόσο, τα μειονεκτήματα της φυσικής, χαμηλού ρυθμού, βιολογικής επεξεργασίας είναι ότι α) μπορεί να διαχειριστεί, με ασφάλεια, μικρές παροχές, β) επιτυγχάνει μικρό βαθμό αναβάθμισης, γ) συνήθως απαιτεί μεγάλες εκτάσεις ανά μονάδα όγκου λυμάτων στις οποίες συντελείται η επεξεργασία και δ) καθιστά δύσκολο τον έλεγχο λειτουργίας από τις εποπτικές αρχές. Προσφέρει όμως και συγκεκριμένα πλεονεκτήματα τα οποία ακόμα και σήμερα την καθιστούν τη βέλτιστη επιλογή για συγκεκριμένες περιπτώσεις διαχείρισης λυμάτων. Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι α) το χαμηλό κόστος, β) η απλότητα των διαδικασιών λειτουργίας και συντήρησης και γ) η μη απαίτηση για ύπαρξη εκτεταμένου δικτύου αποχέτευσης.

Οι βασικότερες μέθοδοι φυσικής βιολογικής επεξεργασίας είναι η αποθήκευση σε δεξαμενές σταθεροποίησης (stabilization ponds), η αποθήκευση σε δεξαμενές μακρόφυτων¹⁰ (macrophyte ponds) και η διάθεση σε εκτάσεις αγροτικών καλλιεργειών είτε πλημμυρικά είτε μέσω διήθησης. Οι μέθοδοι αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και συνδυαστικά.

Η επεξεργασία στις δεξαμενές σταθεροποίησης, γίνεται μέσω διάφορων διατάξεων δεξαμενών αναερόβιας επεξεργασίας, αερόβιας επεξεργασίας και επεξεργασίας ωρίμανσης. Οι δεξαμενές αυτές επιτυγχάνουν σημαντική μείωση του βιοδιασπάσιμου οργανικού φορτίου των λυμάτων BOD¹¹, απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών και ικανοποιητική απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Στην Εικόνα 2.10 παρουσιάζονται οι πιθανές διατάξεις δεξαμενών σταθεροποίησης.

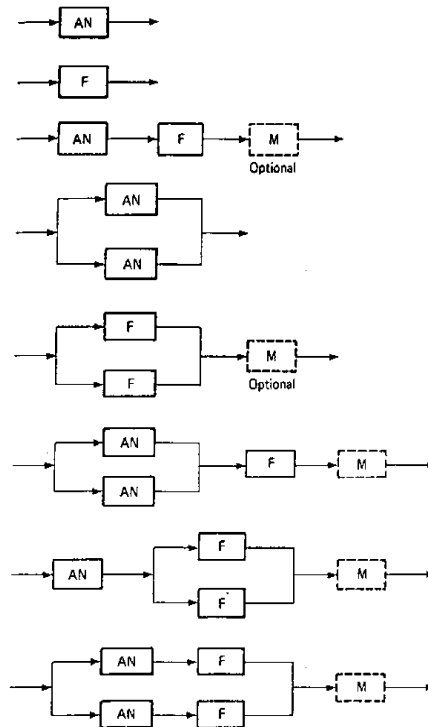
Οι δεξαμενές μακρόφυτων είναι σώματα νερού στα οποία διαβιούν διάφορα είδη φυτών. Τα φυτά αυτά καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ανόργανων θρεπτικών συστατικών (ειδικά άζωτο και φώσφορο) και βαρέων μετάλλων (όπως κάδμιο,

¹⁰ Μακρόφυτα είναι τα υδρόβια μακροσκοπικά φυτά που είναι μερικώς βυθισμένα, τελείως βυθισμένα ή επιπλέουν στο αλμυρό ή φρέσκο νερό. (IWA, 1997)

¹¹ Το BOD αντιπροσωπεύει το συνολικό οξυγόνο που απαιτείται για την πλήρη βιοχημική οξειδωση του οργανικού υλικού. Το COD αντιπροσωπεύει το συνολικό οξυγόνο που απαιτείται για την πλήρη χημική οξειδωση του οργανικού υλικού (τόσο του βιοδιασπάσιμου όσο και του μη βιοδιασπάσιμου). (Ανδρεαδάκης, 2015)

χαλκό, υδράργυρο και ψευδάργυρο) ενώ ταυτόχρονα μειώνουν τις συγκεντρώσεις αλγών στο νερό. Οι υδατικές καλλιέργειες είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων δεξαμενών, στις οποίες αναβαθμίζεται η ποιότητα των υγρών αποβλήτων και παράλληλα, λόγω των θρεπτικών συστατικών που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα, αυξάνεται η παραγωγή των καλλιεργειών.

Η παλαιότερη και πλέον διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας είναι η χερσαία διάθεση υγρών αποβλήτων σε περιοχές που υπάρχουν αγροτικές καλλιέργειες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η υπάρχουσα βλάστηση παρέχει τη δυνατότητα απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών και συγκράτησης των συγκεντρώσεων αλγών μέσω της παρεμπόδισης της ηλιοφάνειας, ενώ το ριζικό σύστημα λειτουργεί σα ζωντανό φίλτρο. Η ίδια αρχή λειτουργίας μπορεί να εφαρμοστεί και σε περιοχές που δεν υπάρχουν αγροτικές καλλιέργειες αλλά υπάρχει έντονη βλάστηση. (Pescod, 1992)



Εικόνα 2.10: Πιθανές διατάξεις δεξαμενών σταθεροποίησης (AN= δεξαμενή αναερόβιας επεξεργασίας, F= δεξαμενή πρόσθετης αερόβιας και M= δεξαμενή ωρίμανσης). (Πηγή: Pescod, 1992)

Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις, αποτελούν μεθόδους επεξεργασίας και ταυτόχρονης επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Το γεγονός αυτό καθιστά τέτοιου είδους εφαρμογές, ιδιαίτερα επωφελείς και άρα ελκυστικές. Ταυτόχρονα όμως, φέρουν πιθανούς κινδύνους για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, ειδικά αν τα υγρά απόβλητα δεν έχουν υποστεί κάποια προεπεξεργασία. (WWAP, 2017)

Σύγχρονες μέθοδοι

Η πληθυσμιακή αύξηση και η αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας, δημιούργησαν την ανάγκη για πιο συγκροτημένες μεθόδους επεξεργασίας υγρών αποβλήτων οι οποίες θα παρείχαν τη δυνατότητα ασφαλούς διαχείρισης μεγάλων παροχών. Έτσι, από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, ξεκίνησε η κατασκευή και λειτουργία συγκεντρωτικών μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο και στη Γερμανία. Έκτοτε, η διαθέσιμη τεχνολογία επεξεργασίας έχει εξελιχθεί σημαντικά, ενώ παράλληλα έχει σημειωθεί κατακόρυφη αύξηση της λειτουργίας εγκαταστάσεων επεξεργασίας που μπορούν να διαχειριστούν μεγάλες παροχές υγρών αποβλήτων. Η επεξεργασία υγρών αποβλήτων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας έχει πλέον διαδοθεί ευρέως, με τα περισσότερα αστικά κέντρα παγκοσμίως να διαθέτουν τέτοιες μονάδες. (Angelakis et al., 2018)

Στις εγκαταστάσεις αυτές, σύγχρονες μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούν συνδυασμούς φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών και μηχανισμών με σκοπό την απομάκρυνση στερεών, οργανικής ύλης και ενίοτε θρεπτικών συστατικών από το νερό. Οι γενικοί όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα στάδια της επεξεργασίας των λυμάτων, βάσει του βαθμού επεξεργασίας που επιτυγχάνεται, είναι προκαταρκτική (προεπεξεργασία), πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία. Σε αρκετές περιπτώσεις, το τελευταίο στάδιο είναι η απολύμανση που έχει ως σκοπό την απομάκρυνση παθογενών μικροοργανισμών (Pescod, 1992).

- Προκαταρκτική Επεξεργασία (προεπεξεργασία)

Ο στόχος της προκαταρκτικής επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των ογκωδών σωμάτων που συχνά βρίσκονται στα υγρά απόβλητα, τα οποία μπορούν να δυσχεραίνουν τη λειτουργία των μετέπειτα διαδικασιών. Ένα τυπικό σύστημα αποτελείται από την εσχάρωση, την εξάμμωση-απολίπανση και τη μέτρηση παροχής. (Ανδρεαδάκης, 2015)

- Πρωτοβάθμια Επεξεργασία

Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία, επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των ιζηματικών οργανικών και ανόργανων στερεών μέσω καθίζησης και η απομάκρυνση των υλικών που επιπλέουν. Περίπου το 25 – 50% του εισερχόμενου οργανικού φορτίου, το 50 – 70% των ολικών αιωρούμενων στερεών και το 65% των ελαίων και των λιπών απομακρύνονται κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία. Μέρος του οργανικού αζώτου, οργανικού φωσφόρου και βαρέων μετάλλων που σχετίζονται με τα στερεά, επίσης απομακρύνεται αλλά τα κολλοειδή και τα διαλυμένα συστατικά δεν επηρεάζονται. (Pescod, 1992)

- Δευτεροβάθμια Επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έπεται της πρωτοβάθμιας και στοχεύει στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών, ενώ στοχεύει και στη μείωση των φορτίων αζώτου και φωσφόρου που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Καθώς το ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι κατά 70% οργανικής σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και απομάκρυνση της διαλυτής και σωματιδιακής οργανικής ύλης .

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία διακρίνεται, ανάλογα με τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στην αποικοδόμηση των ρυπαντικών ουσιών, σε αερόβια (κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς), αναερόβια (κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς) και αερόβια-αναερόβια (κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση και από τα τρία είδη των οργανισμών δηλαδή αερόβιοι, αναερόβιοι και επαμφοτερίζοντες). (Νταρακάς, 2011)

Συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υψηλής απόδοσης, που η χρήση τους είναι διαδεδομένη, είναι το σύστημα ενεργούς ιλύος, ο βιο-αντιδραστήρας μεμβράνης (Membrane Bio-Reactor, MBR) και το σύστημα περιστρεφόμενων βιολογικών δίσκων (Rotating Biological Contactors, RBC).

Κατά την λειτουργία ενός συστήματος ενεργού ιλύος, χρησιμοποιείται μια δεξαμενή αερισμού στην οποία τα εισερχόμενα λύματα αναμιγνύονται και αερίζονται μέσω της παροχής του απαιτούμενου οξυγόνου. Τα λύματα έρχονται σε επαφή με ένα μίγμα μικροοργανισμών (σε μορφή αιωρούμενων συσσωματωμάτων), στο οποίο προσροφώνται τα αιωρούμενα και κολλοειδή στερεά. Τα οργανικά στερεά διασπώνται μέσω υδρολυτικών ενζύμων σε απλούστερες οργανικές ενώσεις και μαζί με τις προϋπάρχουσες οργανικές ενώσεις των λυμάτων διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών και καταναλώνονται. Κατά τον αερόβιο μεταβολισμό, μέρος των οργανικών ενώσεων διασπάται σε ανόργανες ενώσεις και εκλύεται ενέργεια που χρησιμεύει στους οργανισμούς για τις βιολογικές ανάγκες τους, ιδίως για την σύνθεση νέων κυττάρων. Στη συνέχεια, μέσω μιας δεξαμενής καθίζησης διαχωρίζονται οι μικροοργανισμοί και τα προσροφημένα στερεά (βιοκροκίδες) από την μη χρησιμοποιηθείσα τροφή μέσω καθίζησης και το αποτέλεσμα είναι η εκροή της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. (Ανδρεαδάκης, 2015)

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων MBR συνίσταται στην χρησιμοποίηση ενός βιολογικού αντιδραστήρα και της διήθησης μέσω ειδικών μεμβρανών, για την δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Στα συστήματα MBR πραγματοποιούνται οι κατάλληλες βιολογικές διεργασίες και ακολουθεί ο διαχωρισμός της τελικής εκροής από τα στερεά, με διήθηση των υγρών αποβλήτων μέσω των μεμβρανών. Η μεμβράνη (membrane) αποτελεί ένα

φυσικό εμπόδιο στα αιωρούμενα στερεά της ροής (solids), και συγκρατεί τους μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα η τελική εκροή (effluent) να είναι πολύ υψηλής ποιότητας, συγκρίσιμη με τα επιφανειακά ύδατα. Στα εν λόγω συστήματα εξαλείφεται η ανάγκη ύπαρξης της δεξαμενής τελικής καθίζησης (settler).

Το σύστημα MBR επιτυγχάνει τέτοια ποιότητα εκροής, που είναι ανώτερη όλων των συμβατικών συστημάτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και είναι συγκρίσιμη ή ανώτερη των συστημάτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Επιπλέον, οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις επέφεραν την μείωση του κόστους των μεμβρανών, με αποτέλεσμα η τεχνολογία MBR να είναι κυρίαρχη και ταυτοχρόνως οικονομικά ελκυστική επιλογή στην επεξεργασία των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, ενώ προβλέπεται αύξηση της συνολικής αγοράς στο μεσοπρόθεσμο μέλλον. Το γεγονός αυτό αυξάνει τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων (άρδευση, αστική χρήση πλην πόσης, εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα κλπ), και είναι πολύ σημαντικό για περιοχές με περιορισμένα υδατικά αποθέματα και βροχοπτώσεις, όπως είναι η Ελλάδα και οι Μεσογειακές χώρες, η Βόρειος Αφρική, η Μέση Ανατολή. (Ζαχαρίας, 2005)

Στον Πίνακα 2.3 που ακολουθεί, παρουσιάζονται κάποια βασικά συγκριτικά στοιχεία του συστήματος ενεργού ιλύος και του συστήματος MBR.

Πίνακας 2.3: Σύγκριση των λειτουργικών παραμέτρων και του βαθμού απόδοσης της μεθόδου της ενεργού ιλύος και των συστημάτων MBR. (Πηγή: Kraume et al., 2005)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ MBR
SRT (Solid Retention Times)	Ημέρες (d)	10-25	<30
HRT (Hydraulic Retention Times)	Ώρες (h)	4-8	6-8
MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids)	(kg/m ³)	5	12-16
Απομάκρυνση BOD ₅	%	85-95	98-99
Απομάκρυνση COD	%	94,5	99
Απομάκρυνση TSS (Total Suspended Solids)	%	60,9	99,9
Απομάκρυνση NH ₄ ⁺ (Αμμωνιακά Ιόντα)	%	98,9	99,2
Απομάκρυνση P _{total} (Ολικός Φώσφορος)	%	88,5	96,6

Οι Περιστρεφόμενοι Βιολογικοί Δίσκοι (Rotating Biological Contactors) αποτελούν ένα σύστημα βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων που βρίσκει εφαρμογή στον καθαρισμό αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος είναι η σχετικά μικρή απαιτούμενη ενέργεια κατά την λειτουργία του.

Η βασική μονάδα των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων με περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους είναι οι κυκλικοί δίσκοι μεγάλης διαμέτρου. Ένας οριζόντιος άξονας περιστρέφεται αργά, ενώ περίπου το 40-45% της επιφάνειας του πλαστικού υλικού βρίσκεται βυθισμένο στα λύματα. Με την περιστροφή γίνεται αλληπάλληλη βύθιση διαδοχικών τμημάτων της επιφάνειας των δίσκων μέσα στα διερχόμενα από την λεκάνη ροής λύματα και μετέπειτα ανάδυση και έκθεση στον ατμοσφαιρικό αέρα. Κατά την περιστροφή, οι δίσκοι αναδύονται παρασέρνοντας ένα λεπτό στρώμα λυμάτων στον αέρα έτσι ώστε το ατμοσφαιρικό οξυγόνο να διαλύεται στο λεπτό υγρό στρώμα. Στην συνέχεια, οι μικροοργανισμοί της επιφάνειας προσλαμβάνουν το διαλυμένο οξυγόνο καθώς και τις οργανικές ουσίες του στρώματος των λυμάτων και με τον τρόπο αυτό επιτελούν την διαδικασία της σύνθεσης νέου πρωτοπλάσματος. Με την διαδικασία αυτή

επιτυγχάνονται υψηλοί βαθμοί απομάκρυνσης οργανικής τροφής από την υγρή φάση, περίπου 90 έως 95% ως προς το απομακρυνόμενο BOD.

Η απομάκρυνση των μικροοργανισμών προκαλείται από τις διατμητικές δυνάμεις που ασκούνται στο μικροβιακό στρώμα κατά την περιστροφή των δίσκων. Ο μηχανισμός αποκόλλησης της βιομάζας διαφέρει από τον αντίστοιχο μηχανισμό που είναι υπεύθυνος για την αποκόλληση της βιομάζας στα βιολογικά φίλτρα και αποτελεί λειτουργικό πλεονέκτημα στους περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Η βιομάζα που αποκολλάται από την επιφάνεια των δίσκων εισέρχεται στα λύματα της δεξαμενής και παραμένει σε αιώρηση λόγω της ανάμιξης που προκαλείται από την περιστροφή των δίσκων. Έτσι οι μικροοργανισμοί αυτοί έρχονται σε επαφή με τις οργανικές ουσίες των λυμάτων και υπό αερόβιες συνθήκες αναμένεται ότι οι βιολογικές διεργασίες συνεχίζονται στο ανάμικτο υγρό και επομένως επιτελείται περαιτέρω απομάκρυνση οργανικών ουσιών. Λόγω της παρουσίας των αιωρούμενων μικροοργανισμών στην υγρή φάση, γίνεται αναγκαία η παρεμβολή δεξαμενών τελικής καθίζησης πριν από την τελική διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων. (Ανδρεαδάκης, 2015)

Τριτοβάθμια Επεξεργασία

Η τριτοβάθμια επεξεργασία εφαρμόζεται όταν συγκεκριμένα συστατικά των υγρών αποβλήτων, τα οποία δεν μπορούν να αφαιρεθούν από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία, πρέπει να αφαιρεθούν. Ξεχωριστές διαδικασίες επεξεργασίας είναι απαραίτητες για να απομακρύνουν το άζωτο, το φώσφορο, τα εναπομείναντα αιωρούμενα στερεά, τα πυρίμαχα οργανικά, κάποια από τα βαρέα μέταλλα και τα διαλυμένα στερεά. Σε αρκετές περιπτώσεις, προχωρημένες διαδικασίες επεξεργασίας, συνδυάζονται με διαδικασίες πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, χωρίς να αποτελούν ξεχωριστό στάδιο. (Pescod, 1992)

Αντίθετα, η απολύμανση των λυμάτων, όταν πραγματοποιείται, χαρακτηρίζεται πάντα ως διαδικασία τριτοβάθμιας ή προχωρημένης επεξεργασίας. Ο στόχος της απολύμανσης των λυμάτων είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών σε ικανοποιητικά επίπεδα. Η απολύμανση είναι απαραίτητη όταν υπάρχει κίνδυνος για τη δημόσια υγεία λόγω των παθογόνων μικροοργανισμών που βρίσκονται στο ανακτημένο νερό. Συνεπώς, η απολύμανση είναι απαραίτητη στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων. (Ανδρεαδάκης, Μαμάης, 2005)

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, που ενδέχεται να βρίσκονται στο ανακτημένο νερό, είναι τα πρωτόζωα, τα βακτηρίδια, οι ιοί και τα παράσιτα. Οι μικροοργανισμοί αυτοί παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στα βιολογικά τους χαρακτηριστικά (δομή, μορφή, κύκλος ζωής, βιωσιμότητα, παθογένεια κ.α.). Παρόλα αυτά, έχουν σήμερα αναπτυχθεί κατάλληλες μέθοδοι και διαδικασίες απολύμανσης, που μπορούν να επιφέρουν την εξόντωση ή απενεργοποίηση σε ικανοποιητικά επίπεδα, του συνόλου των παθογόνων μικροοργανισμών που ενδέχεται να βρίσκονται στα υγρά απόβλητα. (Amin et al., 2013)

Το ενδεικτικό μέγεθος της δυνητικής παθογένειας των λυμάτων, βάσει του οποίου συνηθίζεται να αξιολογείται η καταλληλότητα τους, είναι ο αριθμός των περιπρωματικών κολοβακτηριδίων¹². Σε αρκετές περιπτώσεις, για λόγους ευκολίας των μετρήσεων, το ενδεικτικό μέγεθος είναι ο αριθμός των βακτηριδίων *Escherichia coli* (*E. coli*), που είναι ένα από τα γένη των περιπρωματικών κολοβακτηριδίων. (EPA, 2008)

Η χρησιμοποίηση των περιπρωματικών κολοβακτηριδίων ως δεικτών παθογένειας στηρίζεται στο σκεπτικό ότι, καθώς προέρχονται από το πεπτικό σύστημα ανθρώπων και ζώων, υποδηλώνουν την παρουσία περιπρωμάτων και κατά συνέπεια την πολύ πιθανή παρουσία παθογόνων οργανισμών και μάλιστα σε αριθμούς ανάλογους με το πλήθος των κολοβακτηριδίων. Επιπρόσθετα, θεωρείται ότι οι τυχόν μέθοδοι απολύμανσης καταστρέφουν με την ίδια αποτελεσματικότητα τόσο τα περιπρωματικά κολοβακτηρίδια όσο και τους παθογόνους οργανισμούς. Οι υποθέσεις αυτές, ιδίως η δεύτερη έχουν υποστεί συχνά έντονη αμφισβήτηση. Παρά ταύτα, τα περιπρωματικά κολοβακτηρίδια εξακολουθούν να διατηρούνται ως δείκτης της παθογένειας τόσο των λυμάτων όσο και του νερού σε όλες τις σχετικές νομοθετικές ρυθμίσεις, κυρίως επειδή, λόγω της ευκολίας προσδιορισμού των, αποτελούν μέχρι στιγμής τη μόνη πρακτικά εφαρμόσιμη μέθοδο συστηματικής παρακολούθησης. (Ανδρεαδάκης, 2015)

Σημαντική μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών επιτελείται στις διαδικασίες πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας που περιγράφηκαν παραπάνω. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως η μείωση αυτή δεν επαρκεί και για αυτό το λόγο απαιτείται η εφαρμογή εξειδικευμένων μεθόδων με σκοπό την απολύμανση. Οι τρεις συνηθέστερα εφαρμοζόμενες μέθοδοι απολύμανσης των λυμάτων, είναι:

- i. η χλωρίωση
- ii. η οζόνωση
- iii. η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας.

Χλωρίωση

Η απολύμανση των λυμάτων με χλώριο επιτελείται συνήθως με αέριο χλώριο (Cl_2), διοξείδιο του χλωρίου (ClO_2) ή με τη μορφή διαλυμάτων υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl) και υποχλωριώδους ασβεστίου (Ca(OCl)_2). Η μικροβιοκτόνα δράση του ελεύθερου χλωρίου συνίσταται κυρίως στην αναχαίτιση και καταστροφή ενζύμων σημαντικών για τις βιολογικές λειτουργίες των μικροοργανισμών.

¹² Τα περιπρωματικά κολοβακτηρίδια (fecal coliform, FC) είναι οικογένεια βακτηριδίων που προέρχονται από το εντερικό σύστημα ομοιόθερμων ζώων. Μπορούν να επιβιώσουν τόσο σε αερόβιες όσο και σε αναερόβιες συνθήκες. (EPA, 2008)

Κατά τη διαδικασία της χλωρίωσης, η απολύμανση επιτυγχάνεται, μέσω μίας ακολουθίας χημικών αντιδράσεων. Ο βαθμός της απολύμανσης που επιτυγχάνεται, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αρχική σύσταση των λυμάτων, τη μορφή και την ποσότητα του εισαγόμενου χλωρίου, το χρόνο επαφής και από τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και pH που επηρεάζουν την επικρατούσα μορφή και κατ' επέκταση τη μικροβιοκτόνα δράση του χλωρίου.

Καθίσταται δυνατό να επιτευχθεί μεγάλος βαθμός απολύμανσης με τη διαδικασία της χλωρίωσης, αλλά όχι χωρίς συνέπειες στην τελική ποιότητα, καθώς με το πέρας της διαδικασίας της χλωρίωσης, ενδέχεται να υπάρχει στα επεξεργασμένα απόβλητα σημαντική ποσότητα υπολειμματικού χλωρίου, το οποίο αποτελεί τοξική ουσία για πολλούς οργανισμούς. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει επίσης έντονος προβληματισμός σχετικά με τους κινδύνους χλωρίωσης του νερού και των λυμάτων λόγω του σχηματισμού παραπροϊόντων χλωρίωσης και της μακροπρόθεσμης τοξικότητάς τους. Τέτοια παραπροϊόντα είναι τα τριαλογονομένα παράγωγα του μεθανίου (thihalomethanes, THM) τα οποία δημιουργούνται κατά την αντίδραση του αερίου χλωρίου με οργανικές ουσίες που περιέχονται στο νερό ή στα λύματα (π.χ. πρωτεΐνες, αλκοόλες, χουμικά οξέα, φαινόλες, κ.α.). Τα τριαλογονομένα παράγωγα του μεθανίου θεωρούνται πιθανά καρκινογόνα. Για την απομάκρυνση του υπολειμματικού χλωρίου πριν τη διάθεση στο τελικό αποδέκτη συνήθως προστίθεται διοξείδιο του θείου.

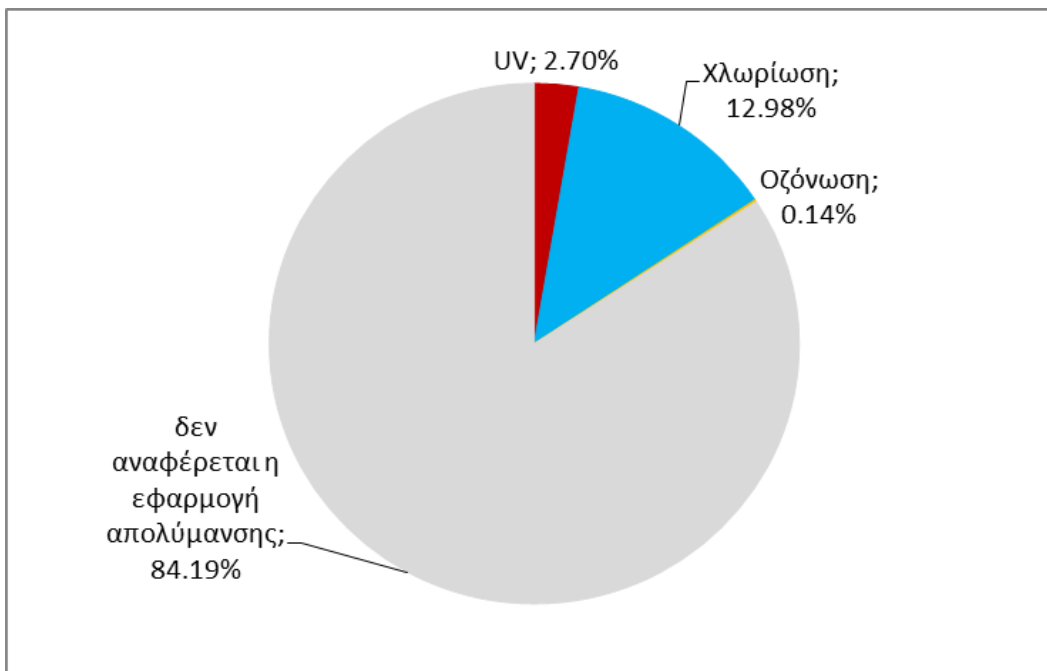
Απολύμανση με όζον

Το όζον είναι ένα ασταθές αέριο αποτελούμενο από τρία άτομα οξυγόνου και είναι ιδιαίτερα ισχυρό οξειδωτικό, αρκετά ισχυρότερο από το ελεύθερο χλώριο, κατάλληλο για απολύμανση του νερού και λυμάτων. Στα πλεονεκτήματά του περιλαμβάνεται η οξείδωση οργανικών ενώσεων, η μείωση του χρώματος της γεύσης και της οσμής καθώς και η ισχυρή απολυμαντική δράση. Η εξουδετέρωση των μικροοργανισμών συνίσταται στην απευθείας καταστροφή της κυτταρικής μεμβράνης. Επιπρόσθετα, η οζόνωση γίνεται γενικώς ευκολότερα αποδεκτή σε σύγκριση με το χλώριο λόγω των μειωμένων παραπροϊόντων που δημιουργούνται κατά την αντίδρασή του όζοντος με οργανικές ενώσεις.

Μειονεκτήματα της μεθόδου αποτελούν η αστάθεια του όζοντος, η αδυναμία διατήρησης υπολειμματικής απολυμαντικής δράσης, η αναγκαιότητα επί τόπου παραγωγής του και η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση που την χαρακτηρίζει. Γενικά, τα συστήματα απολύμανσης με όζον είναι πιο πολύπλοκα στη λειτουργία τους από τα αντίστοιχα συστήματα χλωρίωσης. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι το όζον είναι ιδιαίτερα οξειδωτικό και επικίνδυνο για την υγεία. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 20 ppm στον αέρα μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στους πνεύμονες ακόμη και θάνατο. Σε κάθε περίπτωση όμως, ο κίνδυνος για την δημόσια υγεία μετριάζεται καθώς η παρουσία του όζοντος γίνεται εύκολα

αντιληπτή ακόμη και σε συγκεντρώσεις που δεν προκαλούν προβλήματα στην υγεία. (Ανδρεαδάκης, Μαμάης, 2005)

Ο καθοριστικός παράγοντας που περιορίζει την επιλογή αυτής της μεθόδου απολύμανσης είναι το υψηλό οικονομικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας. Ο εξοπλισμός παραγωγής όζοντος συγκεκριμένα είναι ιδιαίτερα κοστοβόρος, αλλά και τα λειτουργικά έξοδα, κυρίως αυτά που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας, είναι πολύ υψηλά (Casey et al., 1998). Στην Εικόνα 2.11 αποτυπώνεται το πόσο περιορισμένη είναι η χρήση αυτής της μεθόδου απολύμανσης, σε ευρωπαϊκό επίπεδο.



Εικόνα 2.11: Εφαρμογή απολύμανσης στις ΕΕΛ σε επίπεδο ΕΕ. (Πηγή: Ευρωπαϊκή Κοινοτική Οδηγία 91/271/ΕΚ)

Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία

Η χρήση υπεριώδους (ultraviolet, UV) ακτινοβολίας είναι μία φυσική μέθοδος απολύμανσης που δεν παράγει παραπροϊόντα και υπολειμματικές συγκεντρώσεις όπως η χλωρίωση. Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει τη δυνατότητα βλάβης του δεσοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA) και του ριβονουκλεϊκού οξέος (RNA) που αποτελούν αναπόσπαστα μέρη του γενετικού κώδικα των οργανισμών και της δυνατότητας παραγωγής πρωτεϊνών.

Η μέθοδος απολύμανσης αυτή, προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την ασφάλεια και το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας των συστημάτων της, συγκριτικά με τη χλωρίωση και την απολύμανση με όζον. Επίσης, η μέθοδος αυτή δε δημιουργεί τοξικά παραπροϊόντα ή τοξικά υπολείμματα στα επεξεργασμένα απόβλητα, σε αντίθεση με τη χλωρίωση.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα όμως της μεθόδου είναι ότι υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, ενδέχεται η αποτελεσματικότητα της να περιορισθεί αισθητά. Αρχικά, αρκετοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα να θεραπεύουν οι ίδιοι τις βλαβερές επιδράσεις που προκαλούνται από την επίδραση διαφόρων απολυμαντικών παραγόντων. Η θεραπευτική διαδικασία που λαμβάνει χώρα στην περίπτωση της απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία είναι γνωστή ως φωτοεπιδιόρθωση. Η φωτοεπιδιόρθωση απαιτεί την έκθεση του κατεστραμμένου κυττάρου στην ηλιακή ακτινοβολία και συγκεκριμένα σε ακτινοβολία με μήκος κύματος από 310 έως 490nm και μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των κολοβακτηριδίων μέχρι 10 φορές. Επίσης, διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων επηρεάζουν την απόδοση της απολύμανσης με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας. Τα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνουν:

- τη διαπερατότητα του νερού στην υπεριώδη ακτινοβολία,
- τη θολότητα και τα αιωρούμενα στερεά,
- το μέγεθος των σωματιδίων,
- τη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών και τη σκληρότητα,
- τη συγκέντρωση σιδήρου και
- τη θερμοκρασία

(Ανδρεαδάκης, Μαμάης, 2005)

Στον Πίνακα 2.4 γίνεται μία σύγκριση των τριών βασικών μεθόδων απολύμανσης βάσει συγκεκριμένων παραμέτρων.

Πίνακας 2.4: Σύγκριση εναλλακτικών μεθόδων απολύμανσης. (Πηγή: Ανδρεαδάκης, Μαμάης, 2005)

Παράμετρος	Υπεριώδης Ακτινοβολία	Οζόνωση	Χλωρίωση
Εφαρμογή σε ΕΕΛ	Ανεξάρτητα μεγέθους	Μέσου και μεγάλου μεγέθους	Ανεξάρτητα μεγέθους
Επεξεργασία λυμάτων πριν την απολύμανση	Δεν απαιτείται	Δευτεροβάθμια	Δευτεροβάθμια
Τοξικά αέρια	Κανένα	Πιθανή Διαρροή O ₃	Πιθανή Διαρροή τοξικών αερίων στην περίπτωση χρήσης αερίου χλωρίου
Παραπροϊόντα απολύμανσης	Κανένα	Ναι, λιγότερα όμως από τη χλωρίωση	Τριαλογωμένα παράγωγα μεθανίου, THM
Επανάπτυξη βακτηρίων	Σημαντική πιθανότητα	Σημαντική πιθανότητα	Ελάχιστη πιθανότητα
Απαιτούμενη έκταση	Μικρή	Μέση	Μεγάλη
Υπολειμματική δράση απολυμαντικού	Μηδενική	Μηδενική	Σημαντική
Βαθμός απομάκρυνσης κολοβακτηριδίων	Υψηλός	Υψηλός	Υψηλός
Βαθμός απομάκρυνσης ιών	Υψηλός	Υψηλός	Χαμηλός
Βαθμός απομάκρυνσης παρασίτων, κύστεων	Υψηλός	Υψηλός	Χαμηλός
Προβλήματα μικροβιολογικής επικάλυψης	Σημαντικά	Περιορισμένα	Περιορισμένα
Κατασκευαστικό κόστος	Χαμηλό/μέσο ⁽¹⁾	Υψηλό	Χαμηλό/μέσο ⁽¹⁾
Λειτουργικό κόστος	Χαμηλό/μέσο ⁽¹⁾	Υψηλό	Χαμηλό/μέσο ⁽¹⁾

Υποσημείωση Πίνακα 2.4: (1) Οι δύο μέθοδοι από άποψη κόστους είναι συγκρίσιμες. Η συσχέτιση των δύο μεθόδων απολύμανσης ως προς το κατασκευαστικό και λειτουργικό τους κόστος πρέπει να γίνεται κατά περίπτωση, γιατί εξαρτάται από το μέγεθος της εγκατάστασης και τα χαρακτηριστικά των λυμάτων. Συνήθως, σε μικρές εγκαταστάσεις (<4000 m³/ημέρα) το κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος του συστήματος απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία είναι χαμηλότερο της χλωρίωσης. Σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους εγκαταστάσεις το κόστος εξαρτάται σημαντικά από τα χαρακτηριστικά των λυμάτων. Σε περιπτώσεις δευτεροβάθμιων εκροών ικανοποιητικής ποιότητας με χαμηλή θολότητα η υπεριώδης ακτινοβολία είναι συνήθως οικονομικότερη ενώ σε περιπτώσεις δευτεροβάθμιων εκροών με υψηλές συγκεντρώσεις στερεών και χαμηλή διαπερατότητα υπερτερεί η χλωρίωση.

3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΟΠΩΣ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΔΙΕΘΝΕΙΣ, ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑΚΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

3.1 Κριτήρια Επιλογής των Εξεταζόμενων Πλαισίων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παράθεση και ανάλυση της νομοθεσίας και των κανονισμών που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Η παράθεση και ανάλυση αυτή εξυπηρετεί τον τελικό σκοπό της εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων, μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης των πλαισίων. Στο κεφάλαιο αυτό, εξετάζονται τα κανονιστικά πλαίσια των εξής οργανισμών:

- Ηνωμένα Έθνη - Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, Π.Ο.Υ. (World Health Organization, W.H.O.)
- Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση Η.Π.Α. - Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος Η.Π.Α. (United States Environmental Protection Agency, E.P.A.)
- Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση Αυστραλίας – Υπουργικό Συμβούλιο Διαχείρισης Φυσικών Πόρων (Natural Resource Management Ministerial Council)
- Ευρωπαϊκή Ένωση – Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Committee, E.C.)

Οι παραπάνω οργανισμοί έχουν διαφορές στην ιστορική τους προέλευση, στο περιεχόμενο της αποστολής τους, στη διοικητική τους δομή και στη νομοθετική τους δικαιοδοσία και εφαρμοστική ισχύ. Όμως, επιλέγονται προς εξέταση σε αυτό το κεφάλαιο, διότι έχουν συγκεκριμένα κοινά στοιχεία, τα οποία αφορούν το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης και είναι εξαιρετικά χρήσιμα για την εκπλήρωση του σκοπού της εργασίας. Αυτά είναι:

- 1) Η περιοχή ευθύνης τους, παρουσιάζει σημαντική ποικιλομορφία ως προς του παράγοντες που συνδιαμορφώνουν το κανονιστικό πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης και ως εκ τούτου καλούνται να συμπεριλάβουν και να αντιμετωπίσουν την ποικιλομορφία αυτή στους όρους και στις προβλέψεις τους. Το γεγονός αυτό προσφέρει την ευκαιρία να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα κατά τη σύγκριση των πλαισίων αυτών με νομοθεσίες σε εθνικό επίπεδο που κατά κανόνα αντιμετωπίζουν την πρόκληση αυτή σε μικρότερο βαθμό.
- 2) Οι οργανισμοί αυτοί έχουν πρόσβαση σε υπερεπαρκείς πόρους, τεχνολογία και εμπειρία στη διαχείριση υδατικών πόρων, με παράλληλη πρόσβαση στο πλέον καταρτισμένο επιστημονικό προσωπικό. Αυτό έχει

ως αποτέλεσμα, το περιεχόμενο των πλαισίων που εξετάζονται στο κεφάλαιο αυτό, να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.

- 3) Ο σκοπός των οργανισμών που εξετάζονται, παρόλο που η εφαρμοστική τους ισχύς ποικίλει, είναι είτε να αντικαταστήσουν επιμέρους τοπικής εμβέλειας νομοθετικά πλαίσια, είτε να αποτελέσουν τη βάση τέτοιων πλαισίων, προσφέροντας μία εμπειριστατωμένη, αυτόνομη και ολοκληρωμένη πρόταση κανονισμών, ορίων και προϋποθέσεων.
- 4) Οι οργανισμοί αυτοί θέτουν την επαναχρησιμοποίηση ως βασικό πυλώνα της γενικότερης διαχείρισης των λυμάτων, καθώς στις περιοχές ευθύνης τους γίνεται εκτεταμένη εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης, ενώ παράλληλα επιχειρούν να προωθήσουν την περαιτέρω υλοποίηση εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης.

Ο τρόπος με τον οποίο οι εξεταζόμενοι οργανισμοί πληρούν τα στοιχεία αυτά, παρατίθεται στα αντίστοιχα υποκεφάλαια που ακολουθούν. Ακριβώς επειδή πληρούν τα στοιχεία αυτά, είναι αναγκαία η εξέταση, στο πλαίσιο αυτής της εργασίας, των κανονιστικών τους προβλέψεων για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων.

Το ότι είναι επαρκές να εξεταστούν οι τέσσερις αυτοί οργανισμοί, για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, προκύπτει από το ότι οι κανονιστικές τους προβλέψεις είναι τα πλέον χαρακτηριστικά παραδείγματα των παγκόσμιων κανονιστικών τάσεων της επαναχρησιμοποίησης και από το ότι οι κανονιστικές τους προβλέψεις επηρεάζουν πολλά άλλα κανονιστικά πλαίσια άμεσα ή έμμεσα, όπως αποδεικνύεται και από τη βιβλιογραφία.

Υπάρχει φυσικά πληθώρα διακρατικών και ομοσπονδιακών οργανισμών, τα κανονιστικά πλαίσια των οποίων, θα μπορούσαν να εξεταστούν. Όμως, δεν πληρούν το σύνολο των κριτηρίων που αναφέρθηκαν και ως εκ τούτου η εξέταση τους δε θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη. Για παράδειγμα, το Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Υδρολογικής Επιστήμης και Τεχνολογίας (EAWAG) πληροί τα κριτήρια 2,3,4 αλλά επειδή η περιοχή μελέτης του είναι περιορισμένη εντός των ελβετικών συνόρων δεν πληροί το κριτήριο 1. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η περίπτωση του Παγκόσμιου Συνεταιρισμού Νερού (IWA) που πληροί τα κριτήρια 1,2,4 αλλά όχι το 3 καθώς η αποστολή του δεν είναι διοικητικής φύσεως και άρα δεν προτείνει ολοκληρωμένο κανονιστικό πλαίσιο. Παρόλα αυτά, η επιστημονική βιβλιογραφία διάφορων οργανισμών που δε θα εξεταστούν, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας και γι' αυτό γίνονται αναφορές σε αυτή.

3.2 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, Π.Ο.Υ. (World Health Organization, W.H.O.)

3.2.1 Γενικά Στοιχεία

Τα Ηνωμένα Έθνη (United Nations, UN) είναι διεθνής οργανισμός που ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1945. Είναι ο μεγαλύτερος και ο πιο ισχυρός διεθνής, διακρατικός οργανισμός, αριθμώντας σήμερα 193 κράτη-μέλη. Η δραστηριότητα του είναι πολύπλευρη και εξελισσόμενη, κάποιος όμως από τους βασικούς του στόχους είναι η εξασφάλιση της παγκόσμιας υγείας, η πρόσβαση σε επαρκείς υδατικούς πόρους και η εξάλειψη της πείνας για όλη την ανθρωπότητα, ως βασικά και αναφαίρετα ανθρώπινα δικαιώματα. Επίσης, ειδικά από τα τέλη του 20^{ου} αιώνα, στόχος του οργανισμού είναι και η προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο. (UN, 2019α)(UN, 2019β)

Βασικό συστατικό για την επίτευξη των παραπάνω στόχων είναι η ασφαλής επαναχρησιμοποίηση υδατικών πόρων.¹³ Η προώθηση της επαναχρησιμοποίησης αλλά και της ασφαλούς εφαρμογής της, προϋποθέτουν την ύπαρξη οδηγιών, κανόνων και περιορισμών. Προς αυτή την κατεύθυνση, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, Π.Ο.Υ. (World Health Organization, W.H.O.), που είναι ένας εξειδικευμένος οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών, έχει αναλάβει, την κατάρτιση κανονιστικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση. (UN-Water, 2015)

Η προσπάθεια αυτή του Π.Ο.Υ. ξεκίνησε το 1973 με την πρώτη έκδοση οδηγιών με τίτλο «Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων: Μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και μέτρα διασφάλισης της δημόσιας υγείας» (Reuse of effluents: Methods of wastewater treatment and public health safeguards). Το εγχειρίδιο αυτό ήταν ως επί το πλείστον τεχνικής φύσεως. Ακολούθησε το 1989 η δεύτερη έκδοση οδηγιών με τίτλο «Υγειονομικές οδηγίες για τη χρήση υγρών αποβλήτων σε αγροτικές και υδατικές καλλιέργειες» (Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture). Η δεύτερη αυτή έκδοση επηρέασε, σε μεγάλο βαθμό, τις πολιτικές και πρακτικές επαναχρησιμοποίησης ανά τον κόσμο. Στη συνέχεια, το 2006 ο Π.Ο.Υ., χρησιμοποιώντας επικαιροποιημένα επιστημονικά στοιχεία και με σκοπό τη μεγαλύτερη εξειδίκευση των προτάσεών του, προχώρησε στην τρίτη έκδοση οδηγιών με τίτλο «Οδηγίες για την ασφαλή χρήση υγρών αποβλήτων, απεκκριμάτων και γκρίζου νερού» (Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and wastewater). Η τρίτη αυτή έκδοση αποτελείται από 4 τόμους, με τον κάθε ένα εξ αυτών να εξειδικεύεται σε επιμέρους ζητήματα. Ο διαχωρισμός γίνεται για πρακτικούς λόγους,

¹³ Η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών υιοθέτησε το Σεπτέμβριο του 2000, 8 στόχους του οργανισμού για τη χιλιετία (Millenium Development Goals, MDGs). Σύμφωνα με την ανάλυση του ΠΟΥ, 7 από τους 8 αυτούς στόχους συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με την προώθηση της ασφαλούς επαναχρησιμοποίησης υδατικών πόρων. (WHO, 2006α)

διευκολύνοντας το χρήστη που ενδιαφέρεται για ένα συγκεκριμένο ζήτημα. Οι τόμοι αυτοί είναι (WHO, 2006α):

- Τόμος 1: Ζητήματα κανονισμών και πολιτικών (Volume 1: Policy and regulatory aspects)
- Τόμος 2: Χρήση υγρών αποβλήτων στις αγροτικές καλλιέργειες (Volume 2: Wastewater use in agriculture)
- Τόμος 3: Χρήση υγρών αποβλήτων και απεκκριμάτων στις υδατικές καλλιέργειες (Volume 3: Wastewater and excreta use in aquaculture)
- Τόμος 4: Χρήση απεκκριμάτων και γκριζού νερού στις αγροτικές καλλιέργειες (Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture)

Ο Π.Ο.Υ. παρέχει επίσης, ισχύουσες οδηγίες και για τις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης με σκοπό την άμεση ή έμμεση, ασφαλή ύδρευση. Οι οδηγίες αυτές περιέχονται στο εγχειρίδιο με τίτλο «Επαναχρησιμοποίηση προς πόση: Οδηγίες για την παραγωγή ασφαλούς πόσιμου νερού» (Potable reuse: Guidelines for producing safe drinking-water) και στο εγχειρίδιο με τίτλο «Οδηγίες για την ποιότητα πόσιμου νερού» (Guidelines for drinking-water quality). (WHO, 2017)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι στόχοι των Ηνωμένων Εθνών και κατ' επέκταση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας σε ότι αφορά τους υδατικούς πόρους είναι συγκεκριμένοι: 1) η εξασφάλιση της παγκόσμιας υγείας, 2) η πρόσβαση σε επαρκείς υδατικούς πόρους, 3) η εξάλειψη της πείνας και 4) η προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Για αυτό το λόγο, οι οδηγίες και οι κανονισμοί που παρέχονται για το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης, επικεντρώνονται στις πιθανές εφαρμογές που άπτονται των στόχων αυτών, δηλαδή στην επαναχρησιμοποίηση στις αγροτικές και υδατικές καλλιέργειες και στην επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την εξασφάλιση πόσιμου νερού.

Επίσης, η περιοχή ευθύνης και αρμοδιότητάς τους είναι όλος ο πλανήτης και ως εκ τούτου καλούνται να αντιμετωπίσουν τη μέγιστη δυνατή διαφοροποίηση στις οικονομικές, κοινωνικές, πολιτικές, γεωγραφικές και κλιματολογικές συνθήκες. Με αυτό ως δεδομένο, ο Π.Ο.Υ. δεν παρέχει ένα άκαμπτο και απόλυτο κανονιστικό πλαίσιο. Παρέχει όμως, ολοκληρωμένες προτάσεις, οδηγίες και κατευθύνσεις που προορίζονται να προσαρμοστούν στους εκάστοτε τοπικούς κοινωνικοπολιτικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. (WHO, 2006α)

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι οδηγίες του Π.Ο.Υ. για την επαναχρησιμοποίηση καλύπτουν όλο το φάσμα του ζητήματος, με προτάσεις για το σχεδιασμό, την εφαρμογή, τον έλεγχο και την προώθηση συστημάτων, διαδικασιών και πολιτικών επαναχρησιμοποίησης. Αυτές οι προτάσεις αν και ιδιαίτερα χρήσιμες, δεν επαφίενται του αντικειμένου της παρούσας εργασίας, η οποία επικεντρώνεται στους προτεινόμενους κανόνες που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση.

3.2.2 Επαναχρησιμοποίηση σε αγροτικές καλλιέργειες

Ο Π.Ο.Υ. για την επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση προτείνει υγειονομικούς στόχους που πρέπει να επιτυγχάνονται. Οι στόχοι αυτοί προκύπτουν από τον προσδιορισμό του ανεκτού επιπέδου υγειονομικού κινδύνου. Το επίπεδο αυτό προσδιορίζεται, από τον Π.Ο.Υ. στο ανώτατο όριο των 10^{-6} DALY pppyr¹⁴. Η τιμή των 10^{-6} DALY pppyr είναι ιδιαίτερα χαμηλή και είναι ίδια με την τιμή που τίθεται ως υγειονομικός στόχος για το πόσιμο νερό. (WHO, 2006β, WHO, 2017β)

Η προσέγγιση αυτή που ακολουθείται ονομάζεται αποτίμηση τελικού αποτελέσματος (end-result assessment). Η μόνη προϋπόθεση που τίθεται, είναι το τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας της επαναχρησιμοποίησης να πληροί το ανώτατο όριο 10^{-6} DALY pppyr. Ως εκ τούτου, καμία αρχική προέλευση υγρών αποβλήτων, καμία μέθοδος επεξεργασίας τους και καμία εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης δε θεωρείται αξιωματικά απαγορευτική, σύμφωνα με τις οδηγίες του Π.Ο.Υ..

Για να επιτευχθεί το όριο αυτό, σύμφωνα με τις οδηγίες του Π.Ο.Υ., πρέπει αρχικά να προσδιοριστούν οι παράγοντες αυτοί που ενδέχεται να έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στην υγεία. Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψιν μπορούν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Παθογόνοι Μικροοργανισμοί
- Παράσιτα
- Χημικά και Μέταλλα

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί περιλαμβάνουν τα βακτήρια, τους ιούς και τα πρωτόζωα. Για τους παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οδηγίες του Π.Ο.Υ. προτείνουν την επίτευξη του απαιτούμενου ορίου μέσω της λογαριθμικής μείωσης τους. Το μέγεθος της λογαριθμικής μείωσης που απαιτείται, εξαρτάται από τον τρόπο επαναχρησιμοποίησης.

Για τα παράσιτα, προτείνεται σε εξάρτηση με τον τρόπο επαναχρησιμοποίησης, να υπάρχει στο τελικό αποτέλεσμα, ένα ανώτατο όριο παρασιτικών αυγών¹⁵, το οποίο όριο όμως, σε κάθε περίπτωση, σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ., είναι το 1 παρασιτικό αυγό ανά ένα λίτρο ανακτημένου νερού. Επειδή έχει αποδειχθεί, ότι ακόμα και όταν το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση, πληροί το κριτήριο

¹⁴ **DALY pppyr**: Disability Adjusted Life Years per person per year (Προσαρμοσμένα Έτη Ζωής σε Αναπηρία ανά άτομο ανά έτος). Μονάδα μέτρησης του επιβαλλόμενου βάρους στην υγεία του πληθυσμού από την επίδραση ενός επιβλαβούς παράγοντα. Η τιμή της μονάδας προκύπτει από το χρόνο ζωής που χάνεται, είτε λόγω θανάτου είτε λόγω αδυναμίας, σε σχέση με τον ολικό χρόνο ζωής αν απουσίαζε ο επιβλαβής παράγοντας. Το πλεονέκτημα της χρήσης της μονάδας μέτρησης αυτής είναι ότι παρέχεται η δυνατότητα να ποσοτικοποιείται η επίδραση πολλών διαφορετικών παραγόντων, σε ένα μέγεθος. (WHO, 2006β)

¹⁵ Τα **παρασιτικά αυγά (helminth eggs)** είναι οι μολυσματικοί παράγοντες των παρασιτικών ασθενειών. Τα αυγά αυτά είναι μικροσκοπικά, περιέχονται σε διάφορες ποσότητες στα λύματα και η απομάκρυνση τους απαιτεί συγκεκριμένες διεργασίες. (Karaniš et al., 2019)

αυτό, παιδιά κάτω των 15 ετών είναι ευάλωτα σε παρασιτική μόλυνση, προτείνονται από τις οδηγίες κάποια στοχευμένα μέτρα ατομικής προστασίας, όπως η πλύση των αγροτικών προϊόντων σε αραιό διάλυμα απορρυπαντικού.

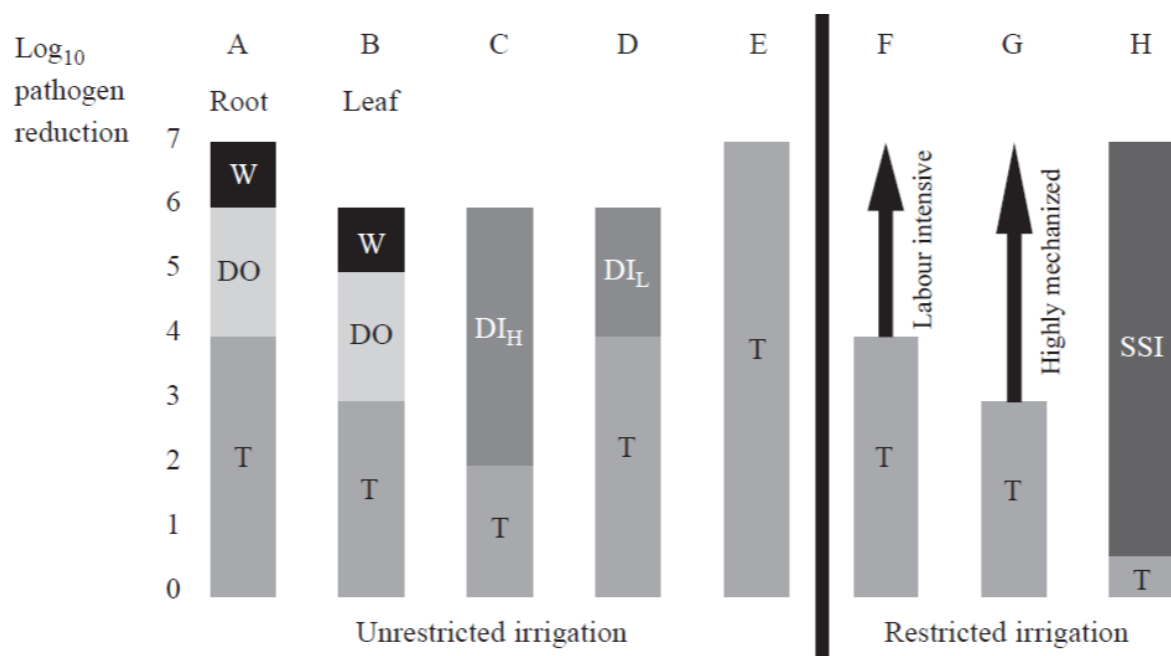
Πίνακας 3.1: Υγειονομικοί στόχοι για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στις αγροτικές καλλιέργειες. (Πηγή: WHO, 2006β)

Τύπος Άρδευσης	Υγειονομικός Στόχος (DALY pppγ)	Απαιτούμενη Λογαριθμική (Log ₁₀) Μείωση Παθογόνων Μικροοργανισμών	Παρασιτικά Αυγά ανά Λίτρο Νερού
Απεριόριστη Άρδευση	≤10 ⁻⁶		
Φυλλωματικές Καλλιέργειες		6	≤1
Ριζικές Καλλιέργειες		7	≤1
Περιορισμένη Άρδευση	≤10 ⁻⁶		
Μηχανοποιημένη		3	≤1
Εντατική Ανθρώπινη Εργασία		4	≤1
Σημειακή Άρδευση	≤10 ⁻⁶		
Δεν υπάρχει επαφή προϊόντος με το νερό		2	Δεν απαιτείται όριο
Υπάρχει επαφή προϊόντος με το νερό		4	≤1

Για να καλύπτονται οι υγειονομικοί στόχοι των οδηγιών, προτείνονται παράλληλα τα πιθανά μέτρα και οι συνδυασμοί αυτών, που μπορούν να εφαρμοστούν. Για τους παθογόνους μικροοργανισμούς οι προτάσεις των οδηγιών του Π.Ο.Υ. παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2, ενώ στην Εικόνα 3.1 αποτυπώνεται πώς διαφορετικοί συνδυασμοί μέτρων προστασίας μπορούν να φέρουν το τελικό επιθυμητό αποτέλεσμα.

Πίνακας 3.2: Επίδραση διάφορων διαδικασιών στη λογαριθμική μείωση παθογόνων μικροοργανισμών. (Πηγή: WHO, 2006β)

Μέτρο Μείωσης Παθογόνων Μικροοργανισμών	Λογαριθμική (Log ₁₀) Μείωση Παθογόνων Μικροοργανισμών	Σχόλια
Επεξεργασία	1-6	Το αποτέλεσμα εξαρτάται από το βαθμό και τις διεργασίες της επεξεργασίας
Σημειακή Άρδευση (επαφή προϊόντος με το νερό)	2	
Σημειακή Άρδευση (όχι επαφή προϊόντος με το νερό)	4	
Ελεγχόμενος Καταιονισμός	1	
Βιολογική Απομείωση (Die-off)	0,5-2 την ημέρα	Η τιμή της λογαριθμικής μείωσης εξαρτάται από το κλίμα, το χρόνο από την άρδευση έως την κατανάλωση, το είδος της καλλιέργειας κτλ.
Ξέπλυμα φυτικού προϊόντος με νερό	1	
Απορρύπανση φυτικού προϊόντος	2	Εισαγωγή προϊόντος προς κατανάλωση σε αραιό απορρυπαντικό διάλυμα και ξέπλυμα με νερό
Ξεφλούδισμα φυτικού προϊόντος	2	
Μαγείρεμα φυτικού προϊόντος	6-7	Εισαγωγή προϊόντος σε νερό σε θερμοκρασία βρασμού



Εικόνα 3.1: Παραδείγματα επιλογών για τη μείωση των παθογόνων οργανισμών μέσω διαφορετικών συνδυασμών μέτρων υγιεινομικής προστασίας που επιτυγχάνουν τον υγιεινομικό στόχο των $\leq 10^{-6}$ DALY prpy (T= επεξεργασία, DO= Βιολογική Απομείωση (Die-off)¹⁶, W= Ξέπλυμα προϊόντος με νερό, DI_H= Σημειακή Άρδευση χωρίς επαφή προϊόντος-νερού, DI_L= Σημειακή Άρδευση με επαφή προϊόντος-νερού, SSI= Υπόγεια Άρδευση). (Πηγή: WHO, 2006β)

¹⁶ **Βιολογική Απομείωση (Die-off):** Η μείωση του μικροβιακού πληθυσμού όταν αυτός βρεθεί σε περιβάλλον ακατάλληλο για τις βιολογικές διεργασίες που επιτελεί. (WHO, 2006^β)

Επισημαίνεται ότι η λογαριθμική μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών και το ανώτατο όριο των παράσιτων που απαιτείται από τις οδηγίες, δεν αφορά το σημείο χρήσης του νερού για άρδευση. Αφορά το σημείο στο οποίο το ανακτημένο νερό δύναται να επιδράσει στην ανθρώπινη υγεία. Για αυτό το λόγο, δίνονται διαφορετικά όρια για την προστασία της ανθρώπινης υγείας κατά την εργασία, διαφορετικά για την κατανάλωση των αγροτικών προϊόντων και φυσικά διαφορετικά όρια ανάλογα με τον τρόπο της άρδευσης.

Αναφορικά με τα παράσιτα, οι οδηγίες του Π.Ο.Υ., προτείνουν με σκοπό τη μείωση τους στο αποδεκτό τελικό όριο του ≤ 1 παρασιτικού αυγού ανά λίτρο νερού, την απολυμαντική επεξεργασία του ανακτημένου νερού και συμπληρωματικά το ξέπλυμα του φυτικού προϊόντος πριν την κατανάλωση, σε αραιό απορρυπαντικό διάλυμα. Η απαιτούμενη λογαριθμική μείωση των παρασιτικών αυγών, μέσω της απολυμαντικής επεξεργασίας, εξαρτάται από τον αριθμό των παρασιτικών αυγών ανά λίτρο αρχικού, μη επεξεργασμένου νερού. Οι προτάσεις αυτές του Π.Ο.Υ. παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Προτάσεις μείωσης, εντός αποδεκτών ορίων, των παρασιτικών αυγών ανά λίτρο ανακτημένου νερού. (Πηγή: WHO, 2006β)

Μέτρο Μείωσης Παρασιτικών Αυγών	Αρχικός Αριθμός Παρασιτικών Αυγών ανά Λίτρο Νερού	Απαιτούμενη Λογαριθμική Μείωση Παρασιτικών Αυγών ανά Λίτρο Νερού	Σχόλια
Απολυμαντική Επεξεργασία	10^3	3	Πρέπει να αποδεικνύεται ότι η απολυμαντική επεξεργασία επιτυγχάνει την απαιτούμενη μείωση, μέσω διαδικασιών παρακολούθησης και ελέγχου
	10^2	2	
	10	1	
	≤ 1	0	
Απολυμαντική Επεξεργασία και Ξέπλυμα Προϊόντος	10^3	2	Η συμπληρωματική μείωση λόγω ξεπλύματος σε αραιό απορρυπαντικό διάλυμα πρέπει να προβλέπεται μόνο σε περιπτώσεις που η πρακτική είναι ευρέως εφαρμόσιμη
	10^2	1	
	10	0	
	≤ 1	0	

Για τις τοξικές ουσίες (χημικά και μέταλλα) που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα και μέσω της επαναχρησιμοποίησης τους στην άρδευση μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στον ανθρώπινο οργανισμό, ο Π.Ο.Υ. προτείνει ανώτατα όρια συγκέντρωσης των ουσιών αυτών στο έδαφος. Τα όρια αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4. (WHO, 2006β)

Επισημαίνεται ότι τα όρια αυτά αφορούν την προστασία της δημόσιας υγείας και όχι την προστασία της αγροτικής παραγωγής, για την οποία παρέχονται διαφορετικά κανονιστικά όρια από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization, FAO). Τα κανονιστικά όρια του FAO αφορούν την ποιότητα του αρδευτικού νερού ανεξαρτήτου προέλευσης και ως εκ τούτου δεν αποτελούν αντικείμενο εξέτασης της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 3.4: Μέγιστες ανεκτές εδαφικές συγκεντρώσεις διάφορων τοξικών ουσιών, με βάση την προστασία της ανθρώπινης υγείας. (Πηγή: WHO, 2006β)

ΤΟΞΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ (mg/kg)
Αντιμόνιο	36
Αρσενικό	8
Βάριο	302
Βηρύλλιο	0,2
Βόριο	1,7
Κάδμιο	4
Φθόριο	635
Μόλυβδος	84
Υδράργυρος	7
Μολυβδαίνιο	0,6
Νικέλιο	107
Σελήνιο	6
Άργυρος	3
Θάλλιο	0,3
Βανάδιο	47
Αλδρίνη	0,48
Βενζένιο	0,14
Χλωρδάνιο	3
Χλωροβενζένιο	211
Χλωροφόρμιο	0,47
2,4-D	0,25
DDT	1,54
Διχλωροβενζένιο	15
Διαλδρίνη	0,17
Διοξίνες	0,00012
Επταχλώριο	0,18
Εξαχλωροβενζένιο	1,40
Lindane	12
Methoxychlor	4,27
PAHs	16
PCBs	0,89
Πενταχλωροφαινόλη	14
Phthalate	13,733
Pyrene	41
Styrene	0,68
2,4,5-T	3,82
Τετραχλωροαιθάνιο	1,25
Τετραχλωροαιθυλένιο	0,54
Τολουίνη	12
Τοξαφαίνιο	0,0013
Τριχλωροαιθάνιο	0,68

Πρέπει να επισημανθεί, ότι οι οδηγίες του Π.Ο.Υ. λαμβάνουν υπόψιν τους, όχι μόνο την πιθανή βλάβη που μπορεί να επιφέρει η κατανάλωση των αγροτικών

προϊόντων για τα οποία χρησιμοποιήθηκε ανακτημένο νερό, αλλά και τη βλάβη που μπορεί να επέλθει από την επαφή με το νερό αυτό κατά τη διάρκεια της αγροτικής παραγωγής, δηλαδή τη βλάβη που ενδέχεται να υποστούν οι αγρότες και οι κάτοικοι αγροτικών περιοχών.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι από τη στιγμή που οι κανονιστικές προβλέψεις του Π.Ο.Υ. για την επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση, γίνονται με βάση την εξασφάλιση της υγείας του ανθρώπου, ταυτόχρονα εξασφαλίζεται και η υγεία των ζώων για τα οποία ενδέχεται να προορίζεται η αγροτική παραγωγή, με την προϋπόθεση της ελεγχόμενης πρόσβασης σε αυτή.

3.2.3 Επαναχρησιμοποίηση σε υδατικές καλλιέργειες

Ο Π.Ο.Υ. επικεντρώνεται στο ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης σε υδατικές καλλιέργειες, γιατί αφενός αυτές παρέχουν τη δυνατότητα αναβάθμισης της ποιότητας των υγρών αποβλήτων μέσω βιολογικών διεργασιών και αφετέρου τα υγρά απόβλητα περιέχουν χρήσιμα για τις υδατικές καλλιέργειες θρεπτικά συστατικά. Για αυτούς τους λόγους, μία μεγάλη ποικιλία συστημάτων επαναχρησιμοποίησης σε υδατικές καλλιέργειες βρίσκεται σήμερα σε λειτουργία παγκοσμίως και ειδικά στη νοτιοανατολική Ασία. Με στόχο τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας, ο Π.Ο.Υ. έχει καταρτίσει κανονιστικές οδηγίες συγκεκριμένα για το ζήτημα αυτό.

Τα όρια και οι κανονισμοί του Π.Ο.Υ. για την επαναχρησιμοποίηση σε υδατικές καλλιέργειες, προκύπτουν από τον προσδιορισμό του ανεκτού επιπέδου υγειονομικού κινδύνου, το οποίο ο Π.Ο.Υ. θέτει στο ανώτατο όριο των 10^{-6} DALY rrry. Για την επίτευξη του ορίου αυτού, οι οδηγίες στοιχειοθετούν τους παράγοντες κινδύνου, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Παθογόνοι Μικροοργανισμοί
- Παράσιτα
- Χημικά και Μέταλλα

Για τους παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οδηγίες του Π.Ο.Υ. σε αυτή την περίπτωση, προτείνουν ανώτατα όρια πληθυσμού βακτηριδίων E.coli. Το μέγεθος του πληθυσμού βακτηριδίων E.coli στα υγρά απόβλητα, είναι ενδεικτικό των πληθυσμιακών μεγεθών όλων των μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των παθογόνων, στα απόβλητα αυτά.

Για τα παράσιτα, οι οδηγίες προτείνουν να αποδεικνύεται ότι στα υγρά απόβλητα προς επαναχρησιμοποίηση, ο αριθμός των ανιχνεύσιμων παρασιτικών αυγών δεν ξεπερνά ένα συγκεκριμένο ανώτατο όριο. Ειδική αναφορά γίνεται όμως στα τρηματώδη παράσιτα (trematodes), τα οποία αποτελούν κατηγορία παράσιτων που είναι υδρόβια και μπορούν να μολύνουν τον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της κατανάλωσης ωμών ή μερικώς μαγειρεμένων ψαριών και φυτών. Είναι

ιδιαίτερα επικίνδυνα για τον άνθρωπο και μπορούν να προκαλέσουν μέχρι και το θάνατο, ειδικά στα παιδιά. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα επιβίωσης στον ξηριστή για πολλά χρόνια. (WHO, 1995)

Λόγω των παραπάνω, οι οδηγίες του Π.Ο.Υ. προτείνουν στο ανακτημένο νερό που χρησιμοποιείται στις υδατικές καλλιέργειες, να μην είναι ανιχνεύσιμα βιώσιμα τρηματώδη αυγά, σε όλες τις περιπτώσεις.

Στον Πίνακα 3.5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι όροι των οδηγιών του Π.Ο.Υ. για επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε υδατικές καλλιέργειες. Προβλέπονται ξεχωριστά όρια για την προστασία των καταναλωτών των προϊόντων και ξεχωριστά για την προστασία των εργαζομένων και των τοπικών κοινωνιών.

Πίνακας 3.5: Ανώτατα όρια μικροβιακού φορτίου για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε υδατικές καλλιέργειες. (Πηγή: WHO, 2006γ)

	Βιώσιμα Τρηματώδη Αυγά ανά 100 ml νερού	Πληθυσμός E.coli (αριθμητικός μέσος όρος ανά 100 ml νερού)	Παρασιτικά Αυγά ανά Λίτρο Νερού
Καταναλωτές Προϊόντων			
Τελικό Νερό	Μη ανιχνεύσιμα	$\leq 10^4$	≤ 1
Υγρά Απόβλητα	Μη ανιχνεύσιμα	$\leq 10^5$	≤ 1
Εργαζόμενοι και Κάτοικοι			
Τελικό Νερό	Μη ανιχνεύσιμα	$\leq 10^3$	≤ 1
Υγρά Απόβλητα	Μη ανιχνεύσιμα	$\leq 10^4$	≤ 1

Αναφορικά με τα χημικά και τα βαρέα μέταλλα ο Π.Ο.Υ. δεν παραθέτει όρια που πρέπει να πληροί το νερό προς επαναχρησιμοποίηση πριν αυτό εισέλθει στις υδατικές καλλιέργειες. Παραθέτει όμως κάποια ανεκτά ανώτατα όρια συγκέντρωσης στο τελικό προϊόν των υδατικών καλλιεργειών, δηλαδή στα προϊόντα προς κατανάλωση. Τα όρια αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6: Ανώτατα όρια χημικών και μετάλλων στα τελικά προϊόντα των υδατικών καλλιεργειών. (Πηγή: WHO, 2006γ)

Χημικά και Βαρέα Μέταλλα	Ψάρια και Παράγωγα (mg/kg)	Φυτά (mg/kg)
Αρσενικό	-	0,2
Κάδμιο	0,05-1	0,2
Μόλυβδος	0,2	0,2
Μεθυλικός Υδράργυρος	0,5-1	-
Διοξίνες	0,000004	-
DDT, TDE	5,0	-
PCBs	2,0	-

3.2.4 Επαναχρησιμοποίηση σε συστήματα ύδρευσης

Ο Π.Ο.Υ. στις ισχύουσες οδηγίες του, όχι μόνο δεν απαγορεύει αλλά ενθαρρύνει την εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης με σκοπό την άμεση ή έμμεση ύδρευση. Οι περιορισμοί που θέτει, είναι το τελικό αποτέλεσμα, να πληροί τα ποιοτικά πρότυπα που έχει θέσει για το πόσιμο νερό, ανεξαρτήτου προέλευσης. (WHO, 2017α)

Τα πρότυπα αυτά, παρουσιάζονται στην 4^η έκδοση του εγχειριδίου με τίτλο «Οδηγίες για την ποιότητα πόσιμου νερού», με έτος έκδοσης το 2017. Οι κανονιστικές του οδηγίες για την ποιότητα του πόσιμου νερού είναι ενδεδειγμένες και καλύπτουν όλο το φάσμα των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων. (WHO, 2017β)

Ταυτόχρονα όμως, οι οδηγίες αυτές αφορούν το ζήτημα του τι μπορεί να θεωρηθεί πόσιμο νερό, ως τελικό προϊόν της όποιας προέλευσης και της όποιας επεξεργασίας. Συγκεκριμένα για το ζήτημα της ύδρευσης μέσω επαναχρησιμοποίησης, ο Π.Ο.Υ εξέδωσε το 2017 ένα εγχειρίδιο με τίτλο «Επαναχρησιμοποίηση προς πόση: Οδηγίες για την παραγωγή ασφαλούς πόσιμου νερού». Στο εγχειρίδιο αυτό, παρέχονται πληροφορίες για την ποιότητα του νερού και για την αποτελεσματική διαχείριση και λειτουργία συστημάτων επαναχρησιμοποίησης με σκοπό την ύδρευση. Δεν παρέχονται όμως, κανονιστικές οδηγίες ή πρότυπα που αφορούν το ζήτημα. (WHO, 2017α)

Συμπερασματικά, ο Π.Ο.Υ. για αυτό το είδος επαναχρησιμοποίησης παρέχει οδηγίες, συμβουλές και κατευθύνσεις για τους διαθέσιμους τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθούν οι όροι που θέτονται από το κανονιστικό πλαίσιο της ποιότητας του πόσιμου νερού, αλλά δεν παρέχει κανονιστικό πλαίσιο που διέπει την επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την ύδρευση συγκεκριμένα. Για παράδειγμα, δεν προβλέπονται ποιοτικά όρια υγρών αποβλήτων που εισάγονται σε υδροφορέα (ποτάμι, λίμνη κλπ) ο οποίος χρησιμοποιείται για υδρευτικούς σκοπούς, παρά μόνο προβλέπονται όρια για το νερό που θα εξαχθεί από τον υδροφορέα αυτό.

3.2.5 Λοιπές Εφαρμογές Επαναχρησιμοποίησης

Ο Ο.Η.Ε. και κατά επέκταση ο Π.Ο.Υ. δεν έχουν προχωρήσει σε κανονιστικές προβλέψεις που αφορούν άλλες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης όπως στη βιομηχανία ή στην περιβαλλοντική ανάπτυξη. (UN-Water, 2015)

Η αποστολή του Π.Ο.Υ. είναι πρωτίστως η προστασία της δημόσιας υγείας και η προώθηση της επαναχρησιμοποίησης με σκοπό την εξασφάλιση των ανθρωπίνων δικαιωμάτων. Έτσι, ζητήματα που δεν εμπίπτουν στο πεδίο

ευθύνης του, όπως η βελτιστοποίηση συστημάτων βιομηχανικής ψύξης, δεν εξετάζονται.

Υπάρχουν όμως και κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης που αφορούν την προστασία της δημόσιας υγείας, όπως η αστική επαναχρησιμοποίηση και η επαναχρησιμοποίηση στην κτηνοτροφική παραγωγή, για τις οποίες δε γίνονται προβλέψεις από το κανονιστικό πλαίσιο του Π.Ο.Υ..

3.2.6 Απαιτήσεις Ελέγχου και Παρακολούθησης

Το κανονιστικό πλαίσιο του Π.Ο.Υ. δεν ορίζει συγκεκριμένες απαιτούμενες διαδικασίες ελέγχου και παρακολούθησης της ασφάλειας των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης. Αντ' αυτού περιγράφει τις μεθόδους σχεδίασης και εφαρμογής συστημάτων ελέγχου και συγκεκριμένα προτείνει ο έλεγχος να πραγματοποιείται σε τρία στάδια.

Σε πρώτη φάση, πριν ένα νέο σύστημα επαναχρησιμοποίησης ξεκινήσει τη λειτουργία του, ο Π.Ο.Υ. προτείνει να γίνονται οι απαραίτητες διαδικασίες έτσι ώστε να επιβεβαιωθεί ότι το σύστημα μπορεί να εκπληρώσει τα απαιτούμενα όρια ασφαλείας (validation). Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος, προτείνει να εξετάζεται και να ελέγχεται, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ότι το σύστημα λειτουργεί όπως αναμένεται από τις προδιαγραφές (operational monitoring). Τέλος, προτείνει να ελέγχεται το τελικό προϊόν της διαδικασίας έτσι ώστε να επαληθευτεί ότι τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά πληρούν τα απαιτούμενα ποιοτικά πρότυπα (verification).

3.2.7 Συμπεράσματα

Ο Π.Ο.Υ. ακολουθεί την προσέγγιση που προτείνεται από το πλαίσιο της Στοκχόλμης (Stockholm Framework), για την κατάρτιση του θεσμικού πλαισίου της επαναχρησιμοποίησης (WHO, 2006^α). Το πλαίσιο της Στοκχόλμης προσεγγίζει το ζήτημα της ασφάλειας μέσω των εννοιών της αξιολόγησης επικινδυνότητας (risk assessment) και της διαχείρισης επικινδυνότητας (risk management). Η αξιολόγηση επικινδυνότητας επιτυγχάνεται μέσω του προσδιορισμού των δυνητικά επικίνδυνων και επιβλαβών παραγόντων και η διαχείριση επικινδυνότητας επιτυγχάνεται από την τήρηση των κανόνων και οδηγιών που προτείνονται. (Carr, Bartram, 2004)

Ο Π.Ο.Υ. προτείνει ένα εξαιρετικά ευέλικτο κανονιστικό πλαίσιο για συγκεκριμένες δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης. Αρχικά θέτει ως υγειονομικό στόχο τα 10^{-6} DALY ppy, αλλά δεν θέτει κανέναν απολύτως περιορισμό ως προς τον τρόπο που μπορεί να επιτευχθεί αυτός ο τελικός στόχος.

Το σκεπτικό των οδηγιών του μπορεί να συνοψιστεί στα εξής βήματα, τα οποία αποτελούν την προσέγγιση που προτείνεται από το πλαίσιο της Στοκχόλμης (WHO, 2006α):

- 1) Ανίχνευση των δυνητικά επιβλαβών παραγόντων
- 2) Ποσοτικοποίηση της δυνητικά επιβλαβούς επίδρασης των παραγόντων αυτών
- 3) Παράθεση μεθόδων μείωσης της πιθανής βλάβης
- 4) Ποσοτικοποίηση της προβλεπόμενης μείωσης της πιθανής βλάβης για κάθε προτεινόμενη μέθοδο
- 5) Παράθεση υγειονομικών ορίων και στόχων
- 6) Παρουσίαση προτάσεων για επίτευξη των ορίων και των στόχων

Από τα παραπάνω φαίνεται η ευελιξία των οδηγιών του Π.Ο.Υ., καθώς α) δεν απαγορεύει ρητά καμία εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης (πχ την άμεση ύδρευση), β) δεν επιβάλλει συγκεκριμένη μέθοδο επεξεργασίας για καμία εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης (πχ επιβολή χλωρίωσης ως προϋπόθεση της απεριόριστης άρδευσης), γ) δεν θεωρεί καμία μέθοδο μείωσης του κινδύνου απαγορευτική (πχ το ξεφλούδισμα φυτικών προϊόντων) και δ) δεν αποκλείει καμία πηγή προέλευσης υγρών αποβλήτων (πχ τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα).

Επίσης, οι κανονιστικές οδηγίες του Π.Ο.Υ. δεν θέτουν σαφείς περιοριστικούς όρους για μία σειρά από παραμέτρους της ποιότητας του ανακτημένου νερού, όπως για το pH ή τη θολότητα, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα πλαίσια που θα εξεταστούν από την παρούσα εργασία.

Η προσέγγιση αυτή, πηγάζει από το ότι οι οδηγίες του Π.Ο.Υ. απευθύνονται κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες δεν έχουν επαρκή θεσμοθετημένα κανονιστικά πλαίσια, δεν έχουν διαθέσιμη την κατάλληλη υποδομή και τεχνολογία επεξεργασίας και στις οποίες η ανεξέλεγκτη και εκτεταμένη επαναχρησιμοποίηση είναι δεδομένη. (Bahri et al., 2008)

Τέλος, οι οδηγίες του Π.Ο.Υ. δεν εξετάζουν όλες τις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης, παρά μόνο αυτές που αφορούν άμεσα την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας. Για άλλα κανονιστικά ζητήματα της επαναχρησιμοποίησης, όπως για παράδειγμα το ζήτημα των ορίων που πρέπει να πληροί το ανακτημένο νερό έτσι ώστε να μην επηρεάζεται αρνητικά η απόδοση της αγροτικής παραγωγής, ο Π.Ο.Υ. είτε παραπέμπει σε οδηγίες, συμβουλευτικού χαρακτήρα, άλλων οργανισμών του Ο.Η.Ε. είτε δεν αναφέρεται καθόλου σε αυτά. (WHO, 2006α)

3.3 Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος Η.Π.Α. (United States Environmental Protection Agency, USEPA)

3.3.1 Γενικά Στοιχεία

Η USEPA είναι οργανισμός της ομοσπονδιακής¹⁷ κυβέρνησης των Η.Π.Α., η αποστολή του οποίου, είναι η προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. Μέρος των καθηκόντων της, είναι να αναπτύσσει και να επιβάλλει κανονισμούς που βασίζονται της ομοσπονδιακούς περιβαλλοντικούς νόμους των Η.Π.Α.. Ως εκ τούτου, οι κανονιστικές οδηγίες της USEPA έχουν εφαρμοστική ισχύ, σε αντίθεση με αυτές του Π.Ο.Υ.. Η ισχύς της αυτή περιορίζεται από το ομοσπονδιακό νομοθετικό περιεχόμενο. Για ζητήματα και πεδία εφαρμογών στα οποία δεν γίνεται αναφορά από της ομοσπονδιακούς νόμους, η USEPA έχει τη δυνατότητα να προτείνει αλλά όχι να επιβάλλει της κανονιστικές της οδηγίες. (USEPA, 2019α)

Η USEPA είναι της τεράστιος οργανισμός, έχοντας εγκεκριμένο προϋπολογισμό \$8,849,488,000 για το 2019 και 14.172 εργαζόμενους, εκ των οποίων τουλάχιστον οι μισοί είναι μηχανικοί, επιστήμονες και ειδικοί στην προστασία του περιβάλλοντος (USEPA, 2019β). Επίσης, το επιστημονικό και διαχειριστικό της έργο, ασκεί σημαντική παγκόσμια επιρροή, κάτι που αποδεικνύεται από τις αναφορές στη βιβλιογραφία που χρησιμοποιείται από την παρούσα εργασία.

Η περιοχή ευθύνης και εποπτείας της USEPA είναι οι Η.Π.Α., μία χώρα συνολικής έκτασης 9,525,067 τετραγωνικών χιλιομέτρων (km²), η οποία απαρτίζεται από 50 πολιτείες. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από σημαντική περιβαλλοντική, κλιματολογική και γεωγραφική ποικιλομορφία. Στην περιοχή αυτή παρουσιάζεται μεγάλη διακύμανση πληθυσμιακής πυκνότητας και πληθώρα εθνοτήτων, συστημάτων διακυβέρνησης τοπικών κοινωνιών και προστατευόμενων περιοχών. (Encyclopedia Britannica, 2018β) Όλα τα παραπάνω στοιχεία της περιοχής ευθύνης της USEPA, συμβάλουν στην έντονη ποικιλομορφία των παραγόντων που συνδιαμορφώνουν το κανονιστικό πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης και καθιστούν την εξέταση των κανονιστικών οδηγιών της USEPA, ιδιαίτερα χρήσιμη για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.

Το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και οι ευκαιρίες που αυτή προσφέρει, έχουν απασχολήσει εκτενώς την USEPA, κατά την περίοδο λειτουργίας της, που ξεκίνησε το 1970. Σήμερα, η USEPA θεωρεί ότι η εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης μπορεί να αποτελέσει βιώσιμη

¹⁷ Το ομοσπονδιακό πολιτειακό σύστημα των Η.Π.Α. προβλέπει τη διανομή των εκτελεστικών, νομοθετικών και δικαστικών εξουσιών, σε τοπικό και κεντρικό επίπεδο. Η κεντρική εξουσία υπερισχύει της τοπικής, σε όλα τα ζητήματα που υπάρχει αλληλοκάλυψη, αλλά το πεδίο αρμοδιοτήτων και άσκησης εξουσίας της είναι είτε συνταγματικά, είτε λόγω πολιτικής παράδοσης οριοθετημένο. (Goelzhauser, Konisky, 2019)

λύση για αρκετές δραστηριότητες που δημιουργούν ζήτηση για υδατικούς πόρους. Για αυτό το λόγο, στοχεύει στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης ως σημαντικό μέρος του ζητήματος της διαχείρισης υδατικών πόρων. Η επίτευξη του στόχου αυτού, έχει αναπτύξει πλούσιο ερευνητικό, κανονιστικό και επιμορφωτικό έργο, ενώ παράλληλα επιχειρεί τον συντονισμό της δράσης των διάφορων οργανισμών, τοπικών κοινωνιών, εκτελεστικών και νομοθετικών αρχών. (USEPA, 2019^v)

3.3.2 Δικαιοδοσία και Εφαρμοστική Ισχύς

Συγκεκριμένα για το ζήτημα της θέσπισης θεσμικού πλαισίου που διέπει την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, η USEPA έχει εκδώσει τέσσερα κανονιστικά εγχειρίδια. Η πρώτη έκδοση έγινε το 1980 και στη συνέχεια επικαιροποιήθηκε με επακόλουθες εκδόσεις το 1992, το 2004 και το 2012. Οι κανονιστικές οδηγίες του 2012 είναι οι πλέον πρόσφατες και ως εκ τούτου αυτές που βρίσκονται σήμερα εν ισχύ.

Οι κανονιστικές οδηγίες αυτές έχουν συμβουλευτικό χαρακτήρα και απευθύνονται στα νομοθετικά και διοικητικά όργανα των τοπικών εξουσιών, με σκοπό την παροχή πλούσιου και αξιόπιστου επιστημονικού υπόβαθρου για την κατάρτιση ή βελτίωση τοπικών κανονιστικών πλαισίων της επαναχρησιμοποίησης. Υπάρχουν δύο εξαιρέσεις στον παραπάνω ορισμό. (USEPA, 2012) Πρώτον, υπάρχουν συγκεκριμένες περιοχές των Η.Π.Α. που ανήκουν αποκλειστικά στη δικαιοδοσία της ομοσπονδιακής κυβέρνησης. Κάποια μόνο παραδείγματα τέτοιων περιοχών είναι τα εθνικά πάρκα, οι αποκλειστικές περιοχές αυτόχθονων κατοίκων (indian reservations) και η περιφέρεια της Κολούμπια (District of Columbia). Σε αυτές τις περιοχές, οι κανονιστικές οδηγίες της USEPA έχουν απόλυτη και αποκλειστική ισχύ. (USIC, 1956) Δεύτερον, υπάρχουν σήμερα εν ισχύ, δύο ομοσπονδιακοί νόμοι που παρέχουν δικαιοδοσία στην USEPA να εφαρμόσει και να επιβάλλει κανονισμούς που άπτονται του περιεχομένου των νόμων αυτών. Ο πρώτος νόμος, που εκδόθηκε το 1972, έχει τίτλο «Νομοθεσία ελέγχου της μόλυνσης του ομοσπονδιακού νερού» (Federal Water Pollution Control Act), γνωστότερος με την ονομασία «Νομοθεσία καθαρού νερού» (Clean Water Act, CWA). Ο νόμος επιβάλλει όλα τα επιφανειακά ύδατα να είναι κατάλληλα για πρόσβαση από τον άνθρωπο και για ανάπτυξη της υδρόβιας χλωρίδας και πανίδας. Τα απαραίτητα μέτρα και ελάχιστα απαιτούμενα όρια για την επίτευξη του σκοπού αυτού, τίθενται από την USEPA. Ο δεύτερος νόμος, η τελευταία αναθεώρηση του οποίου εκδόθηκε το 1996, έχει τίτλο «Νομοθεσία ασφάλειας του πόσιμου νερού» (Safe Drinking Water Act, SDWA) και επιβάλλει ποιοτικά πρότυπα για το πόσιμο νερό. Και σε αυτή την περίπτωση, οι παράμετροι της ποιότητας του πόσιμου νερού, πρέπει κατ'ελάχιστον να πληρούν της κανονιστικές οδηγίες της USEPA.

Συμπερασματικά, οι κανονιστικές οδηγίες της USEPA διαθέτουν κάποιο βαθμό εφαρμοστικής ισχύος, επιπρόσθετα της επιρροής που ασκούν, ως επιστημονικό

και εμπειρικό υπόβαθρο διεθνώς αναγνωρισμένου οργανισμού. Ο κύριος ρόλος της είναι συμβουλευτικός και όχι δεσμευτικός, κάτι που αποτυπώνεται και από το ότι μέχρι και σήμερα οι κανονιστικές προβλέψεις για την επαναχρησιμοποίηση, των επιμέρους πολιτειών, διαφέρουν σημαντικά. Αυτό αποτυπώνεται και στον Πίνακα 3.7 που ακολουθεί όπου παρουσιάζονται οι πιθανές εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης που επιτρέπονται ανά τοπική αρχή των Η.Π.Α. (Camp Dresser & McKee, Inc., 2012).

Πίνακας 3.7: Αριθμός τοπικών αρχών ανά επιτρεπόμενη κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. (Πηγή: Camp Dresser & McKee, Inc., 2012)

Κατηγορία Επαναχρησιμοποίησης		Περιγραφή	Αριθμός τοπικών αρχών που προβλέπουν την κατηγορία επαναχρησιμοποίησης
Αστική Επαναχρησιμοποίηση	Απεριόριστη	Μη υδρευτική χρήση ανακτημένου νερού σε αστικό περιβάλλον με απεριόριστη δημόσια πρόσβαση	32
	Περιορισμένη	Μη υδρευτική χρήση ανακτημένου νερού σε αστικό περιβάλλον με περιορισμένη και ελεγχόμενη δημόσια πρόσβαση	40
Άρδευση	Ανεπεξέργαστα τρόφιμα	Άρδευση αγροτικών προϊόντων που καταναλώνονται ωμά	27
	Επεξεργασμένα τρόφιμα και ζωικές τροφές	Άρδευση αγροτικών προϊόντων που θα υποστούν επεξεργασία πριν την κατανάλωση ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση	43
Εμπλουτισμός Κλειστών Υδάτινων Σωμάτων	Απεριόριστη	Χρήση ανακτημένου νερού σε κλειστό σώμα νερού χωρίς περιορισμούς ως της τη σωματική επαφή με το νερό	13
	Περιορισμένη	Χρήση ανακτημένου νερού σε κλειστό σώμα νερού όπου απαγορεύεται η σωματική επαφή με το νερό	17

Περιβαλλοντική Ανάπλαση		Επαναχρησιμοποίηση με σκοπό τη δημιουργία, βελτίωση, εμπλουτισμό και συντήρηση υδροβιοτόπων, υδατικών οικοσυστημάτων και άλλων υδάτινων σωμάτων	17
Βιομηχανική Επαναχρησιμοποίηση		Επαναχρησιμοποίηση σε βιομηχανικές εφαρμογές, ενεργειακές εφαρμογές και σε εγκαταστάσεις ορυκτών καυσίμων	31
Εμπλουτισμός Υπόγειων Υδροφορέων – που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση		Επαναχρησιμοποίηση με σκοπό τον εμπλουτισμό υδροφορέων που δεν αποτελούν πηγή πόσιμου νερού	16
Ύδρευση	Έμμεση	Συμπλήρωση της πηγής πόσιμου νερού με ανακτημένο νερό που ακολουθείται από περιβαλλοντικό ρυθμιστή και τυπική επεξεργασία του νερού της πόση	9
	Άμεση	Εισαγωγή ανακτημένου νερού απευθείας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας του νερού της πόση	0

3.3.3 Κανονιστικό Πλαίσιο

Πρωταρχικός στόχος των κανονιστικών οδηγιών που παρέχει η USEPA είναι η προστασία της δημόσιας υγείας, με δευτερεύοντα στόχο την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης ως βιώσιμη λύση σε τωρινές και μελλοντικές προκλήσεις της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Καλύπτουν την ανάγκη για ύπαρξη κανονιστικού πλαισίου στις περιοχές αποκλειστικής αρμοδιότητας της ομοσπονδιακής κυβέρνησης, αλλά ταυτόχρονα απευθύνονται συγκεκριμένα σε φορείς τοπικής εξουσίας που δεν έχουν αναπτύξει κανονιστικά πλαίσια για την επαναχρησιμοποίηση εν γένει ή για συγκεκριμένες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης (Camp Dresser & McKee, Inc., 2012).

Στον Πίνακα 3.8 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κανονιστικές οδηγίες της USEPA για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων.

Πίνακας 3.8: Κανονιστικές οδηγίες της USEPA για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων. (Πηγή: Camp Dresser & McKee, Inc., 2012)

Κατηγορία Επαναχρησιμοποίησης	Απαιτούμενη Επεξεργασία	Απαιτούμενα Ποιοτικά Όρια Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾	Απαίτηση Ελέγχου και Παρακολούθησης	Ελάχιστες Αποστάσεις ⁽²⁾
Αστική Επαναχρησιμοποίηση				
Απεριόριστη	Δευτεροβάθμια Φιλτράρισμα ⁽³⁾ Απολύμανση	Ph = 6.0-9.0 ≤ 10 mg/l BOD ≤ 2 NTU ⁽⁴⁾ 1 mg/l υπολειμ- ματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ Μη ανιχνεύσιμα FC /100 ml ⁽⁶⁾	Ph – εβδομαδιαία BOD – εβδομαδιαία Θολότητα ⁽⁵⁾ – συνεχώς FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς	15 m από πηγές πόσιμου νερού 30 m αν το περιβάλλον έδαφος είναι πορώδες
Περιορισμένη	Δευτεροβάθμια Απολύμανση	Ph = 6.0-9.0 ≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS 1 mg/l υπολειμ- ματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ ≤ 200 FC/100 ml ⁽⁸⁾	Ph – εβδομαδιαία BOD – εβδομαδιαία TSS – καθημερινά FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς	90 m από πηγές πόσιμου νερού 30 m από περιοχές με δημόσια πρόσβαση
ΑΡΔΕΥΣΗ				
Ανεπεξέργαστα τρόφιμα ⁽⁹⁾	Δευτεροβάθμια Φιλτράρισμα ⁽³⁾ Απολύμανση	Ph = 6.0-9.0 ≤ 10 mg/l BOD ≤ 2 NTU ⁽⁴⁾ 1 mg/l υπολειμ- ματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ Μη ανιχνεύσιμα FC /100 ml ⁽⁶⁾	Ph – εβδομαδιαία BOD – εβδομαδιαία Θολότητα ⁽⁵⁾ – συνεχώς FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς	15 m από πηγές πόσιμου νερού 30 m αν το περιβάλλον έδαφος είναι πορώδες
Επεξεργασμένα τρόφιμα ⁽⁹⁾ και ζωικές τροφές	Δευτεροβάθμια Απολύμανση	Ph = 6.0-9.0 ≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS 1 mg/l υπολειμ- ματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ ≤ 200 FC/100 ml ⁽⁸⁾	Ph – εβδομαδιαία BOD – εβδομαδιαία TSS – καθημερινά FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς	90 m από πηγές πόσιμου νερού 30 m από περιοχές με δημόσια πρόσβαση

Κατηγορία Επαναχρησιμοποίησης	Απαιτούμενη Επεξεργασία	Απαιτούμενα Ποιοτικά Όρια Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾	Απαίτηση Ελέγχου και Παρακολούθησης	Ελάχιστες Αποστάσεις ⁽²⁾
Εμπλουτισμός Κλειστών Υδάτινων Σωμάτων				
Απεριόριστη	Δευτεροβάθμια Φιλτράρισμα ⁽³⁾ Απολύμανση	Ph = 6.0-9.0 ≤ 10 mg/l BOD ≤ 2 NTU ⁽⁴⁾ 1 mg/l υπολειμματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ Μη ανιχνεύσιμα FC /100 ml ⁽⁶⁾	Ph – εβδομαδιαία BOD – εβδομαδιαία Θολότητα ⁽⁵⁾ – συνεχώς FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς	150 m από πηγές πόσιμου νερού αν ο βυθός δεν είναι μονωμένος
Περιορισμένη	Δευτεροβάθμια Απολύμανση	≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS 1 mg/l υπολειμματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ ≤ 200 FC/100 ml ⁽⁸⁾	Ph – εβδομαδιαία TSS – καθημερινά FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς	150 m από πηγές πόσιμου νερού αν ο βυθός δεν είναι μονωμένος
Περιβαλλοντική Ανάπλαση	Δευτεροβάθμια Απολύμανση	≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS 1 mg/l υπολειμματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ ≤ 200 FC/100 ml ⁽⁸⁾	BOD – εβδομαδιαία SS- καθημερινά FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς	-
Βιομηχανική Επαναχρησιμοποίηση				
Ψύξη απλής ροής	Δευτεροβάθμια	Ph = 6.0-9.0 ≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS 1 mg/l υπολειμματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ ≤ 200 FC/100 ml ⁽⁸⁾	Ph – εβδομαδιαία BOD – εβδομαδιαία TSS – εβδομαδιαία FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς	90 m από περιοχές με δημόσια πρόσβαση
Πύργοι ψύξης επανακυκλοφορίας νερού	Δευτεροβάθμια Απολύμανση	Ph = 6.0-9.0 ≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS 1 mg/l υπολειμματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ ≤ 200 FC/100 ml ⁽⁸⁾		
Εμπλουτισμός Υπόγειων Υδροφορέων – που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση	Πρωτοβάθμια για διήθηση Δευτεροβάθμια για έγχυση	Τα όρια καθορίζονται από το δέκτη και τη μετέπειτα χρήση του υδροφορέα	Εξαρτάται από την επεξεργασία του ανακτημένου νερού και τη μετέπειτα χρήση του υδροφορέα	Εξαρτάται από το δέκτη

Κατηγορία Επαναχρησιμοποίησης	Απαιτούμενη Επεξεργασία	Απαιτούμενα Ποιοτικά Όρια Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾	Απαίτηση Ελέγχου και Παρακολούθησης	Ελάχιστες Αποστάσεις ⁽²⁾
Έμμεση Ύδρευση				
Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων μέσω διήθησης, που χρησιμοποιούνται για ύδρευση	Δευτεροβάθμια Φιλτράρισμα ⁽³⁾ Απολύμανση Περιβαλλοντική επεξεργασία	Απαιτείται αλλά δεν περιορίζεται στα εξής: Μη ανιχνεύσιμα FC /100 ml ⁽⁶⁾ 1 mg/l υπολειμματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ Ph = 6.5-8.5 ≤ 2 NTU ≤ 2 mg/l TOC ⁽¹⁰⁾ Να πληροί τα ποιοτικά πρότυπα του πόσιμου νερού	Απαιτείται αλλά δεν περιορίζεται στα εξής: Ph – καθημερινά Θολότητα ⁽⁵⁾ – συνεχώς BOD – εβδομαδιαία TSS – καθημερινά FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς TOC – εβδομαδιαία Ποιοτικά πρότυπα πόσιμου νερού – τριμηνιαία	Επαρκή απόσταση από την πλησιέστερη γεώτρηση πόσιμου νερού που παρέχει κατ' ελάχιστον 2 μήνες υπόγεια κατακράτηση
Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων μέσω έγχυσης, που χρησιμοποιούνται για ύδρευση	Δευτεροβάθμια Φιλτράρισμα ⁽³⁾ Απολύμανση Τριτοβάθμια	Απαιτείται αλλά δεν περιορίζεται στα εξής: Μη ανιχνεύσιμα FC /100 ml ⁽⁶⁾ 1 mg/l υπολειμματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ Ph = 6.5-8.5 ≤ 2 NTU ⁽⁴⁾ ≤ 2 mg/l TOC ⁽¹⁰⁾ Να πληροί τα ποιοτικά πρότυπα του πόσιμου νερού	Απαιτείται αλλά δεν περιορίζεται στα εξής: Ph – καθημερινά Θολότητα ⁽⁵⁾ – συνεχώς	Επαρκή απόσταση από την πλησιέστερη γεώτρηση πόσιμου νερού που παρέχει κατ' ελάχιστον 2 μήνες υπόγεια κατακράτηση
Συμπλήρωση αποθεμάτων δεξαμενών Επιφανειακών υδάτων	Δευτεροβάθμια Φιλτράρισμα ⁽³⁾ Απολύμανση Τριτοβάθμια	Απαιτείται αλλά δεν περιορίζεται στα εξής: Μη ανιχνεύσιμα FC /100 ml ⁽⁶⁾ 1 mg/l υπολειμματικού Cl ₂ ⁽⁷⁾ Ph = 6.5-8.5 ≤ 2 NTU ⁽⁴⁾ ≤ 2 mg/l TOC ⁽¹⁰⁾ Να πληροί τα ποιοτικά πρότυπα του πόσιμου νερού	BOD – εβδομαδιαία TSS – καθημερινά FC – καθημερινά Cl ₂ – συνεχώς TOC – εβδομαδιαία Ποιοτικά πρότυπα πόσιμου νερού – τριμηνιαία	Εξαρτάται από το είδος του δέκτη-βασισμένη στο να παρέχει 2 μήνες κατάκρησης μεταξύ της εισαγωγής του ανακτημένου νερού και της απόσυρσης του πόσιμου

Υποσημειώσεις Πίνακα 3.8:

(1): Τα απαιτούμενα ποιοτικά όρια που παρατίθενται αφορούν το νερό εκροής των εγκαταστάσεων επεξεργασίας

(2): Οι ελάχιστες αποστάσεις που προτείνονται στοχεύουν στην προστασία πηγών πόσιμου νερού από τη μόλυνση και της δημόσιας υγείας από της επιβλαβείς παράγοντες του ανακτημένου νερού.

(3): Ως φιλτράρισμα ορίζεται η εισαγωγή και η διαπέραση των υγρών αποβλήτων από φυσικά εδαφικά στρώματα ή φίλτρα άμμου ή/και ανθρακίτη ή μικροφίλτρα ή ειδικές μεμβράνες.

(4): Για τη θολότητα του νερού χρησιμοποιείται, ως μονάδα μέτρησης, το NTU (Nephelometer Turbidity Unit: Μονάδα Θολότητας Νεφελόμετρου). Οι μετρήσεις της θολότητας πρέπει να γίνονται βάσει συγκεκριμένων προδιαγραφών που ορίζει η USEPA. (USEPA, 1993)

(5): Η προτεινόμενη θολότητα πρέπει να επιτυγχάνεται πριν την απολύμανση. Ανά πάσα στιγμή η θολότητα δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 5 NTU. Αν δεν μετράται η θολότητα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας αλλά τα αιωρούμενα στερεά (Suspended Solids, SS), τότε πρέπει ο μέσος όρος $SS \leq 5 \text{ mg/l}$. Αν κατά την επεξεργασία χρησιμοποιούνται μεμβράνες, τότε πρέπει η θολότητα να μην ξεπερνάει τα 0.2 NTU και ο μέσος όρος $SS \leq 0.5 \text{ mg/l}$.

(6): Κατά το μικροβιολογικό έλεγχο, ο ολικός αριθμός FC, δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 14/100 ml σε κανένα δείγμα.

(7): Το όριο αυτό αφορά της περιπτώσεις που ως βασική μέθοδος απολύμανσης χρησιμοποιείται η χλωρίωση. Η ανάμειξη κατά τη χλωρίωση πρέπει να διαρκεί το λιγότερο 90 λεπτά, εκτός αν μπορεί να αποδειχθεί ότι οι απολυμαντικοί στόχοι επιτυγχάνονται σε μικρότερη διάρκεια. Σε κάθε περίπτωση της η ανάμειξη πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 30 λεπτά.

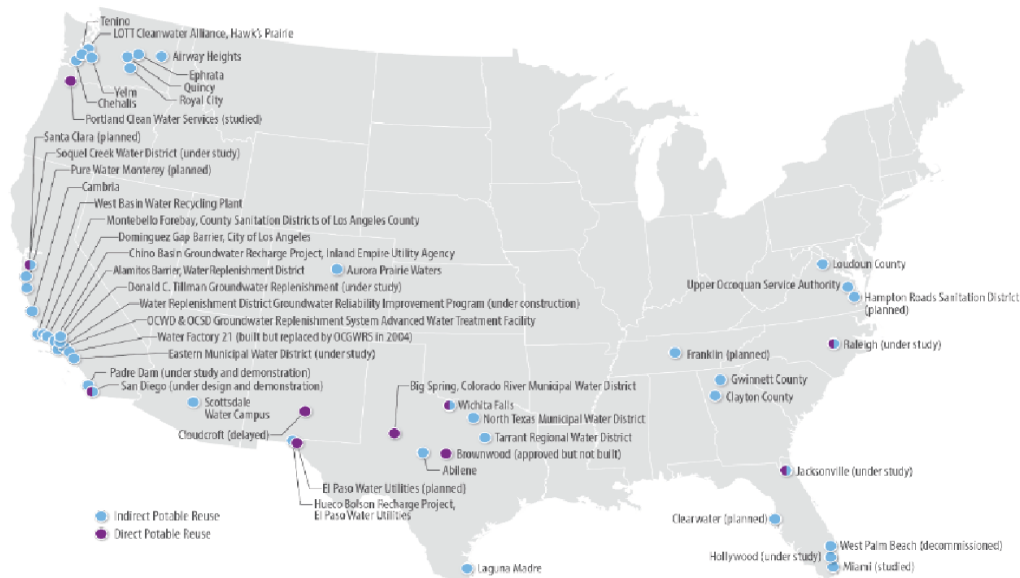
(8): Κατά το μικροβιολογικό έλεγχο, ο ολικός αριθμός FC, δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 800/100 ml σε κανένα δείγμα. Σημειώνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό το μικροβιακό επίπεδο μπορεί να επιτευχθεί από δεξαμενές σταθεροποίησης, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω απολύμανσης.

(9): Ως επεξεργασμένα τρόφιμα ορίζονται αυτά που πριν τη διάθεση της στον καταναλωτή, έχουν υποστεί χημικές ή φυσικές επεξεργασίες ικανές να καταστρέψουν μικροοργανισμούς.

(10): Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon – TOC) είναι παράμετρος άμεσης μέτρησης του συνολικού οργανικού άνθρακα που περιέχεται στα ύδατα και τα απόβλητα, ανεξάρτητα από το είδος των ενώσεων της οποίες περιέχεται και από της βαθμίδες οξειδωσής της. Είναι ένα μέτρο κατάλληλο για

μετρήσεις μικρών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα την παραγωγή πόσιμου νερού (Κουϊμτζής et al., 2004)

Η απουσία κανονιστικών οδηγιών για την επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την άμεση ύδρευση σημαίνει ότι η USEPA δεν προβλέπει την εφαρμογή αυτή στις ισχύουσες οδηγίες της. Η επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την άμεση ύδρευση δεν απαγορεύεται ρητά, καθώς συστήματα αυτού του είδους της επαναχρησιμοποίησης μπορούν να εφαρμοστούν, υπό την προϋπόθεση ότι το τελικό αποτέλεσμα πληροί τα απαιτούμενα ποιοτικά πρότυπα του πόσιμου νερού, όπως αυτά ορίζονται από την ομοσπονδιακή και τοπική νομοθεσία. Αυτό αποτυπώνεται στην Εικόνα 3.2 όπου παρουσιάζονται τα υφιστάμενα και προς υλοποίηση συστήματα επαναχρησιμοποίησης άμεσης ύδρευσης με σκούρο μπλε και έμμεσης ύδρευσης με γαλάζιο χρώμα.



Εικόνα 3.2: Συστήματα επαναχρησιμοποίησης άμεσης και έμμεσης ύδρευσης στις Η.Π.Α. το 2017. (Πηγή: Camp Dresser & McKee, Inc., 2017)

Η USEPA αναγνωρίζοντας ότι η επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την ύδρευση, έμμεση και άμεση, μπορεί να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην κάλυψη μελλοντικών αναγκών, εξέδωσε το 2017 εγχειρίδιο στο οποίο παρουσιάζει βασικές επιστημονικές, τεχνολογικές και σχεδιαστικές αρχές που αφορούν αυτή την κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Σκοπός της προσπάθειάς της είναι η παροχή του κατάλληλου πληροφοριακού υποβάθρου στους μελετητές και τις εκτελεστικές και νομοθετικές αρχές που ασχολούνται με το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης στην ύδρευση. Το εγχειρίδιο αυτό συμπληρώνει το περιεχόμενο των κανονιστικών οδηγιών που εκδόθηκαν από την USEPA το 2012 αλλά δε συμπληρώνει το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο, καθώς δεν παρέχει

συμπληρωματικά όρια, πρότυπα, προϋποθέσεις ή περιορισμούς για το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης. (Camp Dresser & McKee, Inc., 2017)

Πρέπει να επισημανθεί ότι η USEPA δεν απαγορεύει στις κανονιστικές της οδηγίες, καμία προέλευση υγρών αποβλήτων προς επαναχρησιμοποίηση. Για συγκεκριμένες περιπτώσεις προέλευσης, όπως τα απόβλητα βιομηχανιών, συμβουλεύει την εφαρμογή διαδικασιών επεξεργασίας, πριν τα απόβλητα εισέλθουν στο βασικό αποχετευτικό δίκτυο έτσι ώστε να μην επιβαρύνεται η λειτουργία των συστημάτων επεξεργασίας.

Οι κανονιστικές οδηγίες της USEPA δεν ορίζουν ποσοτικές απαιτήσεις του ανακτημένου νερού ως προς τις παραμέτρους ποιότητάς του. Για παράδειγμα, δεν ορίζονται ποσοτικές απαιτήσεις για το ανόργανο φορτίο και τα βαρέα μέταλλα. Ορίζονται απαιτήσεις ως προς τις μεθόδους επεξεργασίας που αναμένεται εξ ορισμού να απαλείψουν κάθε κίνδυνο για τη δημόσια υγεία από τέτοιου είδους παραμέτρους.

Τέλος, για τα ποιοτικά όρια που πρέπει να πληροί το ανακτημένο νερό για την προστασία της αγροτικής, κτηνοτροφικής και βιομηχανικής παραγωγής αλλά και για την προστασία του περιβάλλοντος, η USEPA παραπέμπει σε ομοσπονδιακά και τοπικά νομοθετικά πλαίσια που διέπουν την ποιότητα του νερού ανεξαρτήτου προελεύσεως. (Camp Dresser & McKee, Inc., 2012) Οι προβλέψεις των πλαισίων αυτών δεν εξετάζονται καθώς δεν αφορούν το αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

3.3.4 Συμπεράσματα

Το κανονιστικό πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης που παρέχει η USEPA μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για τη μελέτη και εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης, μπορεί να αποτελέσει και υπόβαθρο για κατάρτιση τοπικών κανονιστικών πλαισίων που καλύπτουν εξειδικευμένες ανάγκες, προϋποθέσεις και περιορισμούς.

Στις κανονιστικές οδηγίες της USEPA περιέχονται σαφείς κανόνες για τις κατάλληλες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης, την απαραίτητη επεξεργασία, την απαιτούμενη ποιότητα ανακτημένου νερού, τον απαιτούμενο έλεγχο των διαδικασιών και τα αναγκαία μέτρα για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος από τους επικίνδυνους παράγοντες του ανακτημένου νερού. Δεν τίθενται συγκεκριμένοι περιορισμοί για την προέλευση των υγρών αποβλήτων. Επίσης, δεν εξετάζεται από το κανονιστικό πλαίσιο το ζήτημα της άμεσης ύδρευσης μέσω επαναχρησιμοποίησης, αν και η USEPA καταβάλλει σημαντικές προσπάθειες επιστημονικής και τεχνικής μελέτης του ζητήματος τα τελευταία χρόνια.

Σε γενικές γραμμές, οι κανονιστικές οδηγίες της USEPA προσπαθούν να ισορροπήσουν μεταξύ της ασφάλειας και της προώθησης των εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης. Οι δύο έννοιες είναι στην περίπτωση των Η.Π.Α. αλληλένδετες, καθώς η κοινωνική αποδοχή αποτελεί βασικό παράγοντα της προώθησης της επαναχρησιμοποίησης, ενώ παράλληλα η κοινωνική αποδοχή αυξάνεται μέσω της αυστηροποίησης του κανονιστικού πλαισίου. Οι Η.Π.Α. είναι μία από τις πλέον ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου και ως εκ τούτου έχει την οικονομική και τεχνολογική δυνατότητα να επιτυγχάνει μεγάλο βαθμό επεξεργασίας και αναβάθμισης της ποιότητας του ανακτημένου νερού. Τα παραπάνω αντικατοπτρίζονται στις κανονιστικές οδηγίες της USEPA των οποίων οι απαιτήσεις επεξεργασίας και περιορισμού των επιβλαβών για την υγεία παραγόντων είναι ιδιαίτερας υψηλές.

Στις υπόλοιπες πτυχές των απαιτήσεων, οι κανονισμοί δεν είναι ιδιαίτερα περιοριστικοί καθώς επιτρέπουν μεγάλο εύρος χρήσεων, δεν περιορίζουν την προέλευση των υγρών αποβλήτων και δε θέτουν διαφορετικούς κανόνες για το ανακτημένο και μη νερό σε ζητήματα που αφορούν την προστασία της αγροτικής, κτηνοτροφικής και βιομηχανικής παραγωγής αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος.

3.4 Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση Αυστραλίας – Υπουργικό Συμβούλιο Διαχείρισης Φυσικών Πόρων (Natural Resource Management Ministerial Council, NRMMC)

3.4.1 Γενικά Στοιχεία

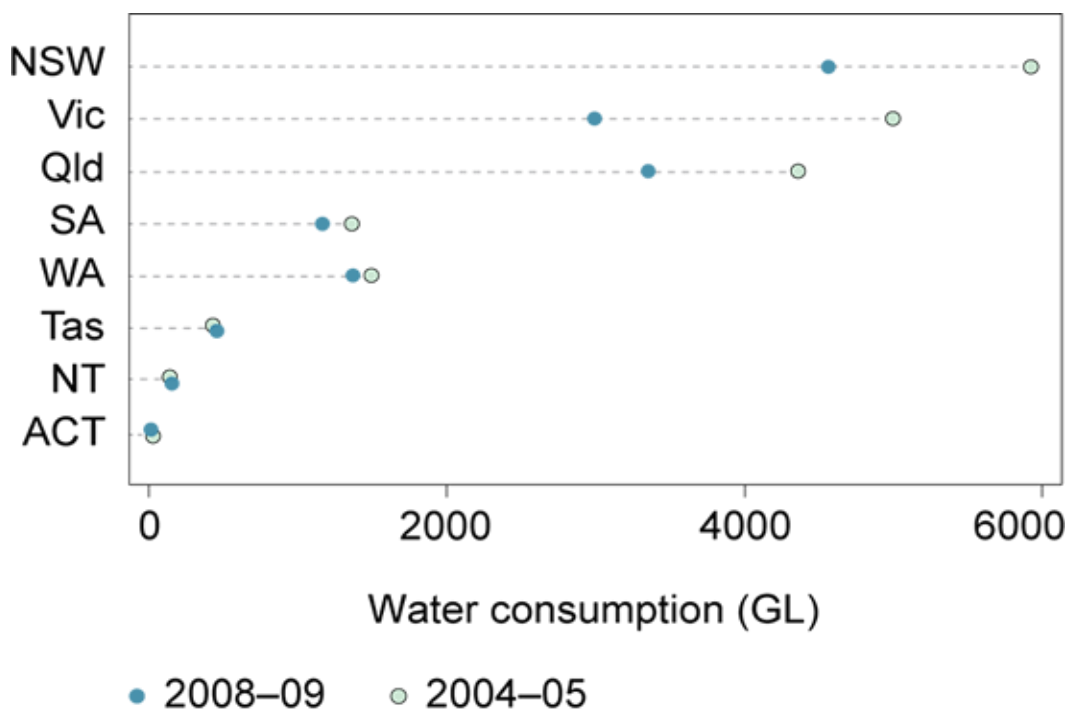
Η ομοσπονδιακή κυβέρνηση της Αυστραλίας είναι ο ανώτατος φορέας εκτελεστικής εξουσίας της κοινοπολιτείας της Αυστραλίας, που αποτελείται από το νησί της Αυστραλίας, το νησί της Τασμανίας και αναρίθμητα μικρότερα νησιά. Η συνολική έκταση της περιοχής ευθύνης της είναι 7,692 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, ενώ συγκεκριμένα το νησί της Αυστραλίας έχει έκταση 7,618 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, περικλείοντας περίπου το 99% της συνολικής έκτασης. Με εξαίρεση την Ανταρκτική, η Αυστραλία είναι η πιο ξηρή ήπειρος της Γης, ενώ περίπου 20% της χερσαίας έκτασής της είναι έρημος. Παράλληλα όμως, διαθέτει τρομακτική κλιματολογική, μορφολογική και βιολογική ποικιλομορφία αλλά και μοναδικότητα. (Australian Government, 2019α)

Η βροχόπτωση στην Αυστραλία είναι ιδιαίτερα χαμηλή και παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους. Η συντριπτική πλειοψηφία του συνολικού πληθυσμού των 25,5 εκατομμυρίων είναι συγκεντρωμένη σε μεγάλα παράκτια αστικά κέντρα, κυρίως στην ανατολική Αυστραλία. Επειδή οι περισσότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κατασκευάστηκαν δίπλα στις πόλεις και άρα δίπλα στη θάλασσα, ο σχεδιασμός τους αρχικά προέβλεπε την τελική διάθεση των λυμάτων στη θάλασσα, καθώς εφαρμογές

επαναχρησιμοποίησης θα ήταν προβληματικές λόγω της απαίτησης για κατασκευή δικτύου διανομής. Η επαναχρησιμοποίηση διαχρονικά δεν αποτελούσε προτεραιότητα.

Οι προτεραιότητες της διαχείρισης υδατικών πόρων άρχισαν να αλλάζουν ευνοώντας την επαναχρησιμοποίηση στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού¹⁸ και βασικότερα διότι η Αυστραλία επλήγη από μία σφοδρότατη και μακρά περίοδο ξηρασίας. Οι συνθήκες αυτές δημιούργησαν τεράστια ελλείμματα διαθεσιμότητας υδατικών πόρων που οδήγησαν σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης νερού, κατά κύριο λόγο στη γεωργία. (Apostolidis et al., 2011)

Η μείωση αυτή αποτυπώνεται στην Εικόνα 3.3, όπου συγκρίνεται η κατανάλωση νερού ανά περιοχή και με χρονική διαφορά από το 2004-2005 έως το 2008-2009.



Εικόνα 3.3: Χρονική και τοπική σύγκριση της κατανάλωσης νερού στην Αυστραλία. (Πηγή: Australian Government, 2019γ)

Οι τρομακτικές πιέσεις στο σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων που δημιουργήθηκαν, είχαν ως αποτέλεσμα την πολιτική αποδοχή της αξίας του ανακτημένου νερού και την εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης. Με σκοπό την εξασφάλιση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης, η εφαρμογή των οποίων αυξανόταν ραγδαία, η Αυστραλία πρωτοπόρησε στην κατάρτιση κανονιστικών οδηγιών της επαναχρησιμοποίησης. (ATSE, 2015)

¹⁸ Ο πληθυσμός της κοινοπολιτείας της Αυστραλίας ήταν 18,769,249 το 2001 και 23,401,892 το 2016 σημειώνοντας αύξηση 24,68% σε 15 χρόνια. (Australian Bureau of Statistics, 2019)

Η κοινοπολιτεία της Αυστραλίας απαρτίζεται από έξι πολιτείες: New South Wales (NSW), Queensland (QLD), South Australia (SA), Tasmania (TAS), Victoria (VIC), Western Australia (WA) με σημαντικό βαθμό αυτονομίας σε δικαστικά, εκτελεστικά και νομοθετικά θέματα και από δύο περιοχές: Australian Capital Territory (ACT) και Northern Territory (NT), με περιορισμένη αυτονομία (Australian Government, 2019β). Τα ζητήματα της διαχείρισης υδατικών πόρων και διαχείρισης λυμάτων ανήκουν αποκλειστικά στη νομοθετική και εκτελεστική δικαιοδοσία των τοπικών εξουσιών. (CAC-Section 51).

Η ομοσπονδιακή κυβέρνηση της Αυστραλίας, σε αυτά τα ζητήματα, έχει συμβουλευτικό ρόλο, αν και έχει τη δυνατότητα να χρηματοδοτεί έρευνα, εφαρμογές και συστήματα διαχείρισης, με σκοπό την έμμεση επιρροή των τοπικών νομοθετικών πλαισίων. Στο πλαίσιο αυτό, προχώρησε στην κατάρτιση εθνικών κανονιστικών οδηγιών για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, οι οποίες είναι αυτές που εξετάζονται στο υποκεφάλαιο αυτό.

3.4.2 Κανονιστικό Πλαίσιο

Οι κανονιστικές προβλέψεις της Αυστραλίας σε εθνικό επίπεδο, περιέχονται στο εγχειρίδιο με τίτλο «Εθνικές Κανονιστικές Οδηγίες για την Επαναχρησιμοποίηση Νερού: Διαχείριση Υγειονομικών και Περιβαλλοντικών Κινδύνων» (National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks). Το εγχειρίδιο αυτό εκδόθηκε το 2006 υπό την αιγίδα του Υπουργικού Συμβουλίου Διαχείρισης Φυσικών Πόρων (Natural Resource Management Ministerial Council, NRMMC) σε συνεργασία με άλλους κυβερνητικούς και επιστημονικούς φορείς. Οι κανονιστικές οδηγίες αποτελούν την πρώτη ολοκληρωμένη και ενιαία προσέγγιση σε εθνικό επίπεδο στην Αυστραλία.

Ο σκοπός των οδηγιών είναι η εξασφάλιση της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, επιβαρύνοντας κατά το δυνατόν λιγότερο την αποδοτικότητα και το οικονομικό κόστος των εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης. Οι οδηγίες είναι χρήσιμες για τη μελέτη και διαχείριση συστημάτων επαναχρησιμοποίησης, ως υπόβαθρο για την κατάρτιση νομοθετικών πλαισίων από τις τοπικές αρχές. (NRMMC, 2006)

Στον Πίνακα 3.9 παρουσιάζονται οι διάφορες απαιτήσεις που ορίζει το κανονιστικό πλαίσιο του NRMMC για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων.

Πίνακας 3.9: Κανονιστικές οδηγίες του NRMMC για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων. (NRMMC, 2006)

Απαιτούμενη Λογαριθμική Μείωση: • Ιών • Πρωτόζωων • Βακτηρίων	Ενδεικτικές Μέθοδοι Επεξεργασίας	Εφικτή Λογαριθμική Μείωση λόγω Επεξεργασίας: • Ιών • Πρωτόζωων • Βακτηρίων	Μέτρα Προστασίας στο Σημείο Χρήσης	Μείωση της Έκθεσης σε Επιβλαβή Παράγοντα	Στόχοι Ποιοτικών Ορίων Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾
Οικιστικό διπλό δίκτυο γκρίζου νερού: νερό τουαλέτας, νερό πλυντηρίων, νερό ποτίσματος κήπων					
6,5	• Δευτεροβάθμια, πήξη, φιλτράρισμα, απολύμανση • Δευτεροβάθμια, μεμβράνες, υπεριώδης ακτινοβολία	6,5	-	-	• E. coli <1 ανά 100 mL • Καθορισμός ορίων ανά περίπτωση
5,0		5,0	-		
5,0		5,0	-		
Οικιστικό διπλό δίκτυο γκρίζου νερού: αποκλειστικά εξωτερική ή αποκλειστικά εσωτερική χρήση					
6,0	• Δευτεροβάθμια, πήξη, φιλτράρισμα, απολύμανση • Δευτεροβάθμια, μεμβράνες, υπεριώδης ακτινοβολία	6,0	-	-	• E. coli <1 ανά 100 mL • Καθορισμός ορίων ανά περίπτωση
4,5		4,5	-		
5,0		5,0	-		
Απεριόριστη Αστική Χρήση					
5,0	• Δευτεροβάθμια, πήξη, φιλτράρισμα, απολύμανση • Δευτεροβάθμια, μεμβράνες, υπεριώδης ακτινοβολία	5,0	-	-	• E. coli <1 ανά 100 mL • Καθορισμός ορίων ανά περίπτωση
3,5		3,5	-		
4,0		4,0	-		
Μερικώς Περιορισμένη Αστική Χρήση					
Απουσία απαιτούμενης μείωσης παθογόνων μικρο-οργανισμών	• Δευτεροβάθμια, απολύμανση	2,0-3,0	Περιορισμός πρόσβασης κατά το πότισμα και ένα από τα εξής:	2,0	• BOD <20 mg/L • SS <30 mg/L • E. coli <100 cfu ⁽²⁾ /100 mL • Καθορισμός ορίων ανά περίπτωση
		1,0	Περιορισμός πρόσβασης μέχρι την απορρόφηση του νερού (1-4 ώρες)	1,0	
		>6,0	Ελάχιστη απόσταση 25-30 από το πλησιέστερο σημείο δημόσιας πρόσβασης	1,0	
			Περιορισμός καταιονισμού	1,0	

Απαιτούμενη Λογαριθμική Μείωση: • Ιών • Πρωτόζωων • Βακτηρίων	Ενδεικτικές Μέθοδοι Επεξεργασίας	Εφικτή Λογαριθμική Μείωση λόγω Επεξεργασίας: • Ιών • Πρωτόζωων • Βακτηρίων	Μέτρα Προστασίας στο Σημείο Χρήσης	Μείωση της Έκθεσης σε Επιβλαβή Παράγοντα	Στόχοι Ποιοτικών Ορίων Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾
Απολύτως Περιορισμένη Αστική Χρήση					
Απουσία απαιτούμενης μείωσης παθογόνων μικρο-οργανισμών	• Δευτεροβάθμια με >25 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα • Πρωτοβάθμια με >50 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα	1,0-3,0	Περιορισμός πρόσβασης κατά το πότισμα και συνδυασμοί των εξής:	2,0	• BOD <20 mg/L • SS <30 mg/L • E. coli <1000 cfu ⁽²⁾ /100 mL
		1,0-3,0	Περιορισμός πρόσβασης μέχρι την απορρόφηση του νερού (1-4 ώρες)	1,0	
		3,0-4,0			
	• Δευτεροβάθμια	0,5-2,0	Ελάχιστη απόσταση 25-30 από το πλησιέστερο σημείο δημόσιας πρόσβασης	1,0	
		0,5-1,0			
		1,0-3,0	Περιορισμός καταιονισμού	1,0	
	Πότισμα μη αγροτικών εκτάσεων (πχ δημόσιοι κήποι)				
5,0	Δευτεροβάθμια ή πρωτοβάθμια με αποθήκευση σε λιμνοθάλασσα	0,5-2,0	Συνδυασμοί των εξής:	-	• BOD <20 mg/L • SS <30 mg/L • E. coli <1000 cfu ⁽²⁾ /100 mL
3,5		0,5-2,0	Περιορισμός καταιονισμού με χρήση microspray	2.0	
4,0		1,0-3,0	Σημειακό Πότισμα	4.0	
			Περιορισμός δημόσιας πρόσβασης	3.0	
Άρδευση καλλιεργειών ανεπεξεργαστων τροφίμων					
6,0	Προχωρημένη επεξεργασία με σκοπό την πλήρη εξάλειψη των παθογόνων	6,0	-	-	• E. coli <1 ανά 100 mL • Καθορισμός ορίων ανά περίπτωση
5,0		5,0	-		
5,0		5,0	-		

Απαιτούμενη Λογαριθμική Μείωση:	Ενδεικτικές Μέθοδοι Επεξεργασίας	Εφικτή Λογαριθμική Μείωση λόγω Επεξεργασίας:	Μέτρα Προστασίας στο Σημείο Χρήσης	Μείωση της Έκθεσης σε Επιβλαβή Παράγοντα	Στόχοι Ποιοτικών Ορίων Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾
Άρδευση καλλιεργειών επεξεργασμένων τροφίμων					
6,0	Δευτεροβάθμια ή πρωτοβάθμια με αποθήκευση >25 ημερών σε λιμνοθάλασσα	3,0-4,0	Κατανάλωση:		<ul style="list-style-type: none"> • BOD <20 mg/L • SS <30 mg/L • E. coli <1000 cfu⁽²⁾/100 mL
5,0		2,0-4,0	Μη επαφή προϊόντος με το έδαφος και σημειακή άρδευση	3,0	
5,0		>6,0	Επαφή προϊόντος με το έδαφος και ξεφλούδισμα	3,0-4,0	
			Μείωση παθογόνων μεταξύ συγκομιδής και πώλησης	0,5/ημέρα (ιοί και βακτήρια)	
			Περιοχή άρδευσης:		
Περιορισμός πρόσβασης και σημειακή ή υπόγεια άρδευση		6,0			
Περιορισμός πρόσβασης κατά την άρδευση και για τον καταιονισμό ελάχιστη απόσταση 25-30m		4,0			

Απαιτούμενη Λογαριθμική Μείωση: • Ιών • Πρωτόζωων • Βακτηρίων	Ενδεικτικές Μέθοδοι Επεξεργασίας	Εφικτή Λογαριθμική Μείωση λόγω Επεξεργασίας: • Ιών • Πρωτόζωων • Βακτηρίων	Μέτρα Προστασίας στο Σημείο Χρήσης	Μείωση της Έκθεσης σε Επιβλαβή Παράγοντα	Στόχοι Ποιοτικών Ορίων Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾
6,0	Δευτεροβάθμια, απολύμανση	2.0-3.0	Κατανάλωση:		<ul style="list-style-type: none"> • BOD <20 mg/L • SS <30 mg/L • E. coli <1000 cfu⁽²⁾/100 mL
5,0		1.0	Μη επαφή προϊόντος με το έδαφος και υπόγεια άρδευση	4,0	
5,0		>6.0		Μη επαφή προϊόντος με το έδαφος και ξεφλούδισμα	
	Μείωση παθογόνων μεταξύ συγκομιδής και πώλησης	0,5/ημέρα (ιοί και βακτήρια)			
	Περιοχή άρδευσης ⁽³⁾ :				
	Περιορισμός πρόσβασης και σημειακή ή υπόγεια άρδευση	6,0			
			Περιορισμός πρόσβασης κατά την άρδευση και για τον καταιονισμό ελάχιστη απόσταση 25-30m	4,0	

Απαιτούμενη Λογαριθμική Μείωση:	Ενδεικτικές Μέθοδοι Επεξεργασίας	Εφικτή Λογαριθμική Μείωση λόγω Επεξεργασίας:	Μέτρα Προστασίας στο Σημείο Χρήσης	Μείωση της Έκθεσης σε Επιβλαβή Παράγοντα	Στόχοι Ποιοτικών Ορίων Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾
6,0	Δευτεροβάθμια ή πρωτοβάθμια με αποθήκευση σε λιμνοθάλασσα	0,5-1,0	Κατανάλωση:		<ul style="list-style-type: none"> BOD <20 mg/L SS <30 mg/L E. coli <1000 cfu⁽²⁾/100 mL
5,0		0,5-2,0	Μη επαφή προϊόντος με το έδαφος και εκτεταμένη επεξεργασία (πχ κρασί)	5,0-6,0	
5,0		1,0-3,0		Προϊόντα που μαγειρεύονται (πχ πατάτες)	
	Μη επαφή προϊόντος με το έδαφος και σημειακή άρδευση και μη συγκομιδή βρεγμένων η πεσμένων προϊόντων			5,0	
	Μη επαφή προϊόντος με το έδαφος και ξεφλούδισμα και μη καταιονισμός και μη συγκομιδή βρεγμένων η πεσμένων προϊόντων			6,0	
	Μείωση παθογόνων μεταξύ συγκομιδής και πώλησης			0,5/ημέρα (ιοί και βακτήρια)	
	Περιοχή άρδευσης:				
	Περιορισμός πρόσβασης και σημειακή άρδευση			6,0	
Περιορισμός πρόσβασης κατά την άρδευση και για τον καταιονισμό ελάχιστη απόσταση 25-30m Ή Ελάχιστη απόσταση 50m	5,0				

Απαιτούμενη Λογαριθμική Μείωση: • Ιών • Πρωτόζωων • Βακτηρίων	Ενδεικτικές Μέθοδοι Επεξεργασίας	Εφικτή Λογαριθμική Μείωση λόγω Επεξεργασίας: • Ιών • Πρωτόζωων • Βακτηρίων	Μέτρα Προστασίας στο Σημείο Χρήσης	Μείωση της Έκθεσης σε Επιβλαβή Παράγοντα	Στόχοι Ποιοτικών Ορίων Ανακτημένου Νερού ⁽¹⁾
Άρδευση καλλιεργειών που δεν παράγουν τρόφιμα (πχ λουλούδια)					
5,0	Δευτεροβάθμια ή πρωτοβάθμια με αποθήκευση σε λιμνοθάλασσα	0,5-1,0	Περιοχή άρδευσης:		• E. coli <10000 cfu ⁽²⁾ /100 mL
3,5		0,5-2,0	Περιορισμός πρόσβασης και σημειακή άρδευση	6,0	
4,0		1,0-3,0	Περιορισμός πρόσβασης κατά την άρδευση και για τον καταιονισμό ελάχιστη απόσταση 25-30m Ή Ελάχιστη απόσταση 50m	5,0	

Υποσημειώσεις Πίνακα 3.9:

(1): Οι οδηγίες του NRMMC αποφεύγουν να προσδιορίσουν σαφώς απαιτούμενες μεθόδους επεξεργασίας ανά κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Γι' αυτό το λόγο, ποιοτικά όρια που πρέπει να έχει το τελικό ανακτημένο νερό, που όμως εξαρτώνται από τη μέθοδο επεξεργασίας, όπως υπολειμματικό χλώριο, δεν ορίζονται ποσοτικά από τις οδηγίες.

(2): Το cfu: colony-forming unit είναι μονάδα μέτρησης του εκτιμώμενου αριθμού βιώσιμων βακτηριακών και μυκητιακών κυττάρων σε ένα δείγμα. Η βιωσιμότητα ορίζεται ως η ικανότητα πολλαπλασιασμού των κυττάρων.

(3): Οι λογαριθμικές μειώσεις των παθογόνων μικροοργανισμών για την προστασία της υγείας στην περιοχή άρδευσης καλλιεργειών επεξεργασμένων τροφίμων, πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσες με τις απαιτούμενες στην αστική χρήση.

Εκτός από τα κανονιστικά όρια και πρότυπα που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 3.9, το NRMMC προτείνει ως απαραίτητους και κάποιους λειτουργικούς περιορισμούς, όπως την επιμόρφωση χρηστών συστημάτων γκρίζου νερού, την χρήση κατάλληλου προστατευτικού εξοπλισμού κατά την άρδευση, το να μεσολαβούν τουλάχιστον 2 ημέρες μεταξύ καταιονισμού και συγκομιδής και άλλα.

Στο κανονιστικό πλαίσιο του NRMMC δε γίνονται προβλέψεις για τα παράσιτα. Ο λόγος είναι ότι πολλά από τα συνήθη παράσιτα που είναι δυνητικά επικίνδυνα στο ανακτημένο νερό δεν είναι ενδημικά της Αυστραλίας. Επίσης, το NRMMC υποστηρίζει ότι οι απαιτήσεις επεξεργασίας που ορίζει για τη απαραίτητη μείωση των άλλων παθογόνων μικροοργανισμών, μειώνουν σε μεγαλύτερο βαθμό τα παράσιτα στο ανακτημένο νερό.

Το ζήτημα της κατανάλωσης ανακτημένου νερού στην κτηνοτροφική παραγωγή, εξετάζεται ξεχωριστά από το κανονιστικό πλαίσιο του NRMMC, καθώς στην περίπτωση αυτή, η επικινδυνότητα των παρασιτικών μικροοργανισμών παίζει σημαντικό ρόλο. Οι κανονιστικές του οδηγίες για το ζήτημα αυτό παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.10. (NRMMC, 2006)

Πίνακας 3.10: Κανονιστικές οδηγίες του NRMMC για τη χρήση ανακτημένου νερού στην κτηνοτροφία. (Πηγή: NRMMC, 2006)

Κατηγορία Επαναχρησιμοποίησης	Ενδεικτικές Μέθοδοι Επεξεργασίας	Μέτρα Προστασίας στο Σημείο Χρήσης	Στόχοι Ποιοτικών Ορίων Ανακτημένου Νερού
Πόση νερού από εκτρεφόμενα ζώα	<ul style="list-style-type: none"> Δευτεροβάθμια, απολύμανση και ένα από τα εξής: >25 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα ή αντίστοιχου αποτελέσματος φιλτράρισμα Πρωτοβάθμια, απολύμανση και >50 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα 	Να μην καταναλώνεται το ανακτημένο νερό από ζώα μικρότερα του ενός έτους αν το νερό περιείχε ζωικά απόβλητα	<ul style="list-style-type: none"> Διαλυμένο BOD₅ <20 mg/L SS < 30mg/L E. coli <100 ανά 100 mL
Διαδικασίες πλύσης	<ul style="list-style-type: none"> Δευτεροβάθμια, απολύμανση και ένα από τα εξής: >25 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα ή αντίστοιχου αποτελέσματος φιλτράρισμα Πρωτοβάθμια, απολύμανση και >50 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα 	Να μη χρησιμοποιείται το ανακτημένο νερό για πλύση μηχανημάτων που έρχονται σε επαφή με το ζωικό γάλα	<ul style="list-style-type: none"> Διαλυμένο BOD₅ <20 mg/L SS < 30mg/L E. coli <100 ανά 100 mL
Άρδευση καλλιεργειών που καταναλώνονται άμεσα και ανεπεξέργαστες ως ζωικές τροφές	<ul style="list-style-type: none"> Δευτεροβάθμια, απολύμανση και ένα από τα εξής: >25 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα ή αντίστοιχου αποτελέσματος φιλτράρισμα Πρωτοβάθμια, απολύμανση και >50 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα 	<p>Να μην καταναλώνεται η τροφή πριν αποξηραθεί από ζώα που παράγουν γάλα</p> <p>Περιορισμός δημόσιας πρόσβασης κατά την άρδευση, ελάχιστες αποστάσεις 25-30m</p> <p>Περιοριστικά μέτρα του καταιονισμού</p>	<ul style="list-style-type: none"> Διαλυμένο BOD₅ <20 mg/L SS < 30mg/L E. coli <100 ανά 100 mL
Άρδευση καλλιεργειών που καταναλώνονται με χρονική καθυστέρηση και ανεπεξέργαστες ως ζωικές τροφές	<ul style="list-style-type: none"> Δευτεροβάθμια, απολύμανση και ένα από τα εξής: >25 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα ή αντίστοιχου αποτελέσματος φιλτράρισμα Πρωτοβάθμια, απολύμανση και >50 ημέρες αποθήκευσης σε λιμνοθάλασσα 	<p>Καθυστέρηση πέντε ημερών μεταξύ άρδευσης και κατανάλωσης</p> <p>Περιορισμός δημόσιας πρόσβασης κατά την άρδευση, ελάχιστες αποστάσεις 25-30m</p> <p>Περιοριστικά μέτρα του καταιονισμού</p>	<ul style="list-style-type: none"> Διαλυμένο BOD₅ <20 mg/L SS < 30mg/L E. coli <1000 ανά 100 mL

Αναφορικά με τα διάφορα οργανικά και ανόργανα χημικά και τα βαρέα μέταλλα, το NRMMC αναγνωρίζει την επικινδυνότητά τους, αλλά όπως και η USEPA, δεν παρέχει απαιτούμενα όρια συγκέντρωσης τους στο ανακτημένο νερό. Αυτό συμβαίνει διότι, το NRMMC ορίζει τέτοιες ελάχιστες απαιτούμενες μεθόδους επεξεργασίας για τους σκοπούς επαναχρησιμοποίησης του Πίνακα 3.9, οι οποίες έτσι κι αλλιώς επιτυγχάνουν εξάλειψη των κινδύνων των χημικών και βαρέων μετάλλων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι με την επεξεργασία που απαιτείται και

με δεδομένο ότι το ανακτημένο νερό δεν προορίζεται για πόση, η επικινδυνότητα για τη δημόσια υγεία, των χημικών στο ανακτημένο νερό, είναι πολύ μικρότερη από αυτή που ορίζεται ως μέγιστη αποδεκτή από τις κανονιστικές οδηγίες για το πόσιμο νερό.

Στις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης στο περιβάλλον, όπως ο εμπλουτισμός υδροβιότοπων, τα χημικά και τα βαρέα μέταλλα είναι ο βασικός παράγοντας επικινδυνότητας. Το κανονιστικό πλαίσιο του NRMMC επιτρέπει και προβλέπει την περιβαλλοντική επαναχρησιμοποίηση, αλλά δεν παρέχει ακριβή όρια και πρότυπα για το ανακτημένο νερό και την απαιτούμενη επεξεργασία του, για συγκεκριμένες περιβαλλοντικές εφαρμογές. Αντίθετα, προσεγγίζει το ζήτημα μέσω των εννοιών της αξιολόγησης επικινδυνότητας (risk assessment) και της διαχείρισης επικινδυνότητας (risk management). Αυτή την προσέγγιση την ακολουθεί εξάλλου συνολικά στις κανονιστικές του οδηγίες, αλλά για την περιβαλλοντική επαναχρησιμοποίηση, δεν τη συνοδεύει με συγκεκριμένα όρια, πρότυπα και προϋποθέσεις. Αντ' αυτού ακολουθεί και προτείνει την εξής διαδικασία μελέτης του ζητήματος:

- 1) Ανίχνευση των δυνητικά επιβλαβών οργανικών και ανόργανων χημικών για το περιβάλλον
- 2) Ανίχνευση της δυνητικά επιβλαβούς επίδρασης των χημικών αυτών για κάθε πιθανό δέκτη (πχ λίμνη, υδροβιότοπο κτλ)
- 3) Ποσοτικοποίηση της πιθανότητας επιβλαβούς επίδρασης βάσει της προέλευσης και της διαδρομής του ανακτημένου νερού
- 4) Κατηγοριοποίηση ανά βαθμό κινδύνου της επιβλαβούς επίδρασης σε κάθε πιθανό δέκτη (χαμηλό-μέτριο-υψηλό)
- 5) Υλοποίηση μέτρων για περιορισμό της επιβλαβούς δράσης σε αποδεκτά επίπεδα επικινδυνότητας

Οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης που εξετάζονται είναι αναλυτικά διαχωρισμένες σε μία προσπάθεια εξειδίκευσης των προτεινόμενων διαδικασιών για την εξασφάλιση της ασφάλειας. Ταυτόχρονα όμως, δεν εξετάζεται η επαναχρησιμοποίηση σε βιομηχανικές δραστηριότητες και η επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την άμεση ή έμμεση ύδρευση. (NRMMC, 2006)

Η απουσία κανονιστικών οδηγιών για τη βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση οφείλεται στο ότι, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι αστικές και κατ' επέκταση οι βιομηχανικές δραστηριότητες της Αυστραλίας είναι συγκεντρωμένες κοντά στο παράκτιο μέτωπο, όπου το θαλασσινό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο εύκολα για ψύξη, θέρμανση, πλύση ή παραγωγή ενέργειας. Αυτό δε συνεπάγεται ότι η βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση απαγορεύεται ρητά ή δεν εφαρμόζεται στην Αυστραλία, αλλά ότι δεν υπάρχουν έως σήμερα κανονιστικές οδηγίες για αυτή σε ομοσπονδιακό επίπεδο. (ATSE, 2015)

Η απουσία κανονιστικών οδηγιών για την άμεση ή έμμεση ύδρευση οφείλεται στο ότι δεν υπάρχει η απαιτούμενη κοινωνική αποδοχή για επαναχρησιμοποίηση με

σκοπό την άμεση ή έμμεση ύδρευση. (NRMMC, 2008) Μάλιστα, όταν το 2005 η δημοτική αρχή της πόλης Toowoomba, στην πολιτεία Queensland, εν μέσω σφοδρής ξηρασίας και επιβολής περιορισμών στην κατανάλωση νερού, πρότεινε μέρος των υδρευτικών αναγκών της πόλης να καλύπτονται από επαναχρησιμοποίηση, η τοπική κοινωνία αντιστάθηκε έντονα. Σε δημοψήφισμα που διεξήχθη στις 29 Ιουλίου του 2006 το 62% των συμμετεχόντων απέρριψε την πρόταση της δημοτικής αρχής. Η Toowoomba δεν ήθελε να γίνει η πρώτη και η μόνη πόλη της Αυστραλίας που θα πίνει ανακτημένο νερό. (WHO, 2017β)

Στόχος της ομοσπονδιακής κυβέρνησης είναι να επιτευχθεί η κοινωνική αποδοχή στα συστήματα ύδρευσης με ανακτημένο νερό. Προς αυτή την κατεύθυνση, το NRMMC προχώρησε στην έκδοση εγχειριδίων με επιστημονικό αντικείμενο τον εμπλουτισμό με ανακτημένο νερό των αποθεμάτων πόσιμου νερού και τον εμπλουτισμό υδροφόρων οριζόντων από τους οποίους προέρχεται πόσιμο νερό. Τα εγχειρίδια αυτά, δεν περιέχουν κανονιστικά πλαίσια. Εξετάζουν αναλυτικά και διεξοδικά όλες τις παραμέτρους των κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης αυτών, παρέχοντας το επιστημονικό και τεχνολογικό υπόβαθρο που απαιτείται για την προώθηση τους και για τη μελλοντική κατάρτιση κανονιστικών πλαισίων σε ομοσπονδιακό ή τοπικό επίπεδο. (NRMMC, 2008) (NRMMC, 2009)

3.4.3 Απαιτήσεις Ελέγχου και Παρακολούθησης

Οι κανονιστικές οδηγίες του NRMMC δίνουν ιδιαίτερο βάρος στον έλεγχο και την παρακολούθηση των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης. Προτείνονται τέσσερις φάσεις ελέγχου, οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 3.11, σκοπός των οποίων συνολικά είναι να εξασφαλιστεί: α) η ασφάλεια της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος που απαιτείται από τα όρια, β) η αίσθηση της ασφάλειας από τους χρήστες ανακτημένου νερού, γ) η απρόσκοπτη λειτουργία των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης και δ) η προβλεπόμενη αποδοτικότητα τους.

Πίνακας 3.11: Στάδια ελέγχου των εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης που προτείνονται από το NRMMC. (Πηγή: (NRMMC, 2006)

Τύπος Ελέγχου	Λειτουργία Ελέγχου
Βασικός (Baseline)	Συλλογή απαραίτητων πληροφοριών πριν την υλοποίηση και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος οι οποίες είναι απαραίτητες για τη διαδικασία της αξιολόγησης επικινδυνότητας (risk assessment)
Επιβεβαίωσης (Validation)	Συλλογή αποδεικτικών στοιχείων του ότι οι παράμετροι σχεδιασμού θα επιτύχουν τους προβλεπόμενους στόχους
Λειτουργικός (Operational)	Αξιολόγηση των προστατευτικών μέτρων που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια λειτουργίας ως προς τη μείωση των επιβλαβών παραγόντων που απαιτούνται να επιτυγχάνουν, με μετρήσεις και παρατηρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα
Επαλήθευσης (Verification)	Εξέταση του τελικού αποτελέσματος ως προς το αν πληροί τις απαιτήσεις των προδιαγραφών, ανά τακτά χρονικά διαστήματα

Ο βασικός έλεγχος και ο έλεγχος επιβεβαίωσης περικλείουν μεγάλο αριθμό απαιτούμενων επιμέρους διαδικασιών, που ουσιαστικά στοχεύουν στο να διερευνήσουν αν το προτεινόμενο σύστημα επαναχρησιμοποίησης θα λειτουργήσει όπως προβλέπεται.

Ο λειτουργικός έλεγχος γίνεται για να εξασφαλίζεται ότι το σύστημα λειτουργεί όπως σχεδιάστηκε. Προβλέπει έλεγχο λειτουργίας και αποδοτικότητας των εγκαταστάσεων, μηχανημάτων και διαδικασιών επεξεργασίας, τον έλεγχο των διαδικασιών διάθεσης του ανακτημένου νερού και τον έλεγχο του βαθμού εφαρμογής των προστατευτικών μέτρων.

Ο έλεγχος επαλήθευσης προβλέπει ποσοτικές μετρήσεις των παραμέτρων του τελικού ανακτημένου νερού, και σύγκρισή τους με τα επιτρεπόμενα όρια των κανονισμών.

Για το λειτουργικό έλεγχο και τον έλεγχο επαλήθευσης το NRMMC προτείνει συγκεκριμένες διαδικασίες ελέγχου. Βασίζονται στο διαχωρισμό της ευαισθησίας του τελικού αποδέκτη σε χαμηλή (X), μεσαία (M) και υψηλή (Y), η οποία προκύπτει από τη διαδικασία αξιολόγησης επικινδυνότητας (risk assessment). Οι διαδικασίες αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.12.

Πίνακας 3.12: Απαιτήσεις ελέγχου των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης που προτείνονται από το NRMMC. (Πηγή: (NRMMC, 2006)

Τυπική Παράμετρος	Δειγματοληπτική Συχνότητα					
	Συνεχώς	Καθημερινά	Εβδομαδιαία	Μηνιαία	Εξαμηνιαία	Ετήσια
Αποδοτικότητα συστήματος απολύμανσης (X)		√				
Αποδοτικότητα συστήματος απολύμανσης (M), (Y)	√					
Αποδοτικότητα συστήματος φιλτραρίσματος (X)		√				
Αποδοτικότητα συστήματος φιλτραρίσματος (M), (Y)	√					
Αποδοτικότητα συστήματος καθίζησης (X)			√			
Αποδοτικότητα συστήματος καθίζησης (M)		√				
Αποδοτικότητα συστήματος καθίζησης (Y)	√					
Θολότητα ή αιωρούμενα στερεά (X)			√			
Θολότητα ή αιωρούμενα στερεά (M)		√				
Θολότητα ή αιωρούμενα στερεά (Y)	√					
BOD ₅ (X), (M)				√		
BOD ₅ (Y)			√			
Παροχή (X)			√			
Παροχή (M)		√				
Παροχή (Y)	√					
Περιορισμοί διάθεσης						√
Περιορισμοί τελικής χρήσης (X)					√	
Περιορισμοί τελικής χρήσης (M)				√		
Περιορισμοί τελικής χρήσης (Y)			√			
Υδραυλικά Συστήματα (X)		√				
Υδραυλικά Συστήματα (M), (Y)	√					
Συστήματα Αγωγών						√
Έλεγχος Επαλήθευσης	Συνεχώς	Καθημερινά	Εβδομαδιαία	Μηνιαία	Εξαμηνιαία	Ετήσια
<i>E. coli</i> (X)				√		
<i>E. coli</i> (M), (Y)			√			
Βακτηριοφάγοι (Y)			√			
Σπόροι Clostridial (Y)			√			
Αδενοϊοί (Y)				√		
Κύστες <i>Cryptosporidium</i> (X), (M), (Y)				√		
Ρυθμίσεις Συστήματος				√		
Διαδικασίες Συντήρησης						√
Διαδικασίες Λειτουργικού Ελέγχου				√		

Πρότυπα ελέγχου παρέχονται επίσης και για παραμέτρους, όπως pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα, οι οποίες αφορούν την περιβαλλοντική προστασία. Τα πρότυπα ελέγχου αυτά όμως δεν αφορούν το ανακτημένο νερό, αλλά γενικότερα τα λύματα και τη διάθεση τους μετά από επεξεργασία στο περιβάλλον. Ως εκ τούτου δεν εξετάζονται από την παρούσα εργασία.

3.4.4 Συμπεράσματα

Το εθνικό κανονιστικό πλαίσιο της Αυστραλίας, έχει ως στόχο να λειτουργήσει ως πρότυπο για την κατάρτιση τοπικών, εξειδικευμένων νομοθετικών πλαισίων και ως πολύτιμο εγχειρίδιο για τη μελέτη, υλοποίηση και λειτουργία ασφλών και αποδοτικών συστημάτων επαναχρησιμοποίησης. Καταρτίστηκε σε μία περίοδο που η Αυστραλία πλήττονταν από εκτεταμένη και σφοδρή ξηρασία, με αποτέλεσμα το σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων της, να δέχεται τεράστιες πιέσεις. Την ίδια στιγμή όμως, η Αυστραλία είναι μία χώρα με πολύ υψηλό βιοτικό επίπεδο και περιορισμούς στην αποδοχή της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Το εθνικό κανονιστικό πλαίσιο της Αυστραλίας προσπαθεί να ισορροπήσει μεταξύ της ανάγκης για άμεση και μεγάλη προώθηση της επαναχρησιμοποίησης και της ανάγκης για διασφάλιση της ασφάλειας και της κοινωνικής αποδοχής. Γι' αυτό το λόγο, φέρει ομοιότητες και με το κανονιστικό πλαίσιο του Π.Ο.Υ. και με αυτό της USEPA, κάτι το οποίο θα αποτυπωθεί πιο ξεκάθαρα στο κεφάλαιο 5.

Οι κανονιστικές οδηγίες του NRMMC δεν περιορίζουν την επαναχρησιμοποίηση ως προς την προέλευση των λυμάτων. Παρόλα αυτά, ορίζουν τέτοιες απαιτούμενες μεθόδους επεξεργασίας, που δύσκολα επιτυγχάνονται εκτός συγκροτημένων και μεγάλων εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Συνεπώς, έμμεση απαίτηση στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η διάθεση των προς επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων να γίνεται μέσω του ενιαίου αποχετευτικού δικτύου των αστικών κέντρων.

Οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης που εξετάζονται από τις οδηγίες, δεν καλύπτουν όλο το φάσμα των δυνατών εφαρμογών. Ιδιαίτερο βάρος δίνεται στην αρδευτική επαναχρησιμοποίηση, που είναι το ευνοϊκότερο πεδίο για χρήση ανακτημένου νερού. Η επαναχρησιμοποίηση στο περιβάλλον εξετάζεται και προβλέπεται από τις οδηγίες, αλλά δεν παρέχεται για αυτή συγκεκριμένο κανονιστικό πλαίσιο, παρά μόνο προτείνονται μέθοδοι διαχείρισης επικινδυνότητας. Για την επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία, δεν παρέχονται κανονισμοί, κυρίως λόγω της χαμηλής ζήτησης από τη βιομηχανία για ανακτημένο νερό. Τέλος, η άμεση και έμμεση ύδρευση με ανακτημένο νερό δεν πλαισιώνεται από κανονιστικές διατάξεις, επειδή οι συνθήκες στην Αυστραλία δεν είναι ώριμες για εφαρμογή τέτοιων συστημάτων, αν και η ομοσπονδιακή κυβέρνηση πιέζει προς την κατεύθυνση αυτή, παρέχοντας το τεχνολογικό και επιστημονικό γνωστικό υπόβαθρο για τέτοιες εφαρμογές.

Τα όρια και τα πρότυπα του ανακτημένου νερού, που τίθενται από το NRMMC, είναι ευέλικτα και προσαρμόσιμα στην εκάστοτε εφαρμογή. Συγκεκριμένες παράμετροι, όπως οι μικροβιολογικές, ποσοτικοποιούνται ως ανώτατα όρια, αλλά κάποιες άλλες, όπως η θολότητα και το pH, όχι. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν προβλέπεται σε καμία περίπτωση η επαναχρησιμοποίηση ανεπεξεργαστων αποβλήτων και στο ότι εκτός του σημαντικού βαθμού επεξεργασίας που απαιτείται, κατά περίπτωση απαιτείται και μία σειρά από προστατευτικά μέτρα κατά την επαναχρησιμοποίηση.

Οι κανονισμοί επιχειρούν να καταστήσουν και τις απαιτούμενες μεθόδους επεξεργασίας σχετικά ευέλικτες, προτείνοντας για κάθε περίπτωση εναλλακτικές και μη αποκλείοντας φυσικές μεθόδους επεξεργασίας. Παρόλα αυτά, για τις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται σημαντικός βαθμός επεξεργασίας και σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις απολύμανση.

Το πεδίο που το κανονιστικό πλαίσιο της Αυστραλίας, δεν είναι ιδιαίτερα ευέλικτο είναι αυτό του ελέγχου και παρακολούθησης των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης. Από τους κανονισμούς ορίζονται απαραίτητες διαδικασίες, απαιτούμενοι έλεγχοι για κάθε παράμετρο λειτουργίας και συγκεκριμένη συχνότητα πραγματοποίησης των ελέγχων.

3.5 Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ε.ε. (European Commission, e.c.)

3.5.1 Γενικά Στοιχεία

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) είναι μια πρωτόγνωρη και ξεχωριστή πολιτική και οικονομική «ένωση» 28 κυρίαρχων ευρωπαϊκών κρατών. Αποτελεί μετεξέλιξη τις Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας (Ε.Ο.Κ.) και καθιερώθηκε με τη σημερινή τις οργανωτική μορφή, όταν ήρθε σε ισχύ η συνθήκη του Μάαστριχτ την 1^η Νοεμβρίου του 1993.

Η ιδιομορφία της ένωσης οφείλεται στο ότι τα χαρακτηριστικά της ισορροπούν μεταξύ αυτών του διακρατικού οργανισμού και αυτών του ομοσπονδιακού κράτους. Τα κράτη που δέχονται να είναι μέλη της ένωσης, αυτόματα εκχωρούν νομοθετική, εκτελεστική και δικαστική επικυριαρχία στα αντίστοιχα όργανα της ένωσης. Από την άλλη η παραμονή εντός της ένωσης είναι προαιρετική και σε αρκετές περιπτώσεις απαιτείται ομοφωνία για τη λήψη αποφάσεων. Επίσης, οι

περισσότερες νομοθετικές πράξεις της ένωσης είναι υπό τη μορφή οδηγιών¹⁹ και όχι κανονισμών²⁰. (Cini, Borragán, 2016)



Εικόνα 3.4: Χάρτης κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019^β)

Η περιοχή ευθύνης και δικαιοδοσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι το άθροισμα των χωρών που την απαρτίζουν. Η έκταση της περιοχής της είναι 4,475,757 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο πληθυσμός της ανέρχεται σύμφωνα με στοιχεία του 2018 σε 512,4 εκατομμύρια. Τα κράτη – μέλη της ένωσης αν και παρουσιάζουν

¹⁹ Οι οδηγίες είναι νομοθετικές πράξεις που ορίζουν έναν στόχο τον οποίο πρέπει να επιτύχουν όλες οι χώρες της Ε.Ε.. Ωστόσο, ανατίθεται σε κάθε χώρα να θεσπίσει τους δικούς της νόμους για την επίτευξη των στόχων αυτών. (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019α)

²⁰ Οι κανονισμοί είναι δεσμευτικές νομοθετικές πράξεις. Η εφαρμογή τους σε όλες τις χώρες της ΕΕ είναι υποχρεωτική. (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019α)

σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, ανήκουν στο σύνολο τους, στην κατηγορία των αναπτυγμένων κρατών, με τους πολίτες της να απολαμβάνουν υψηλό προσδόκιμο ζωής, υψηλό μορφωτικό επίπεδο και υψηλό κατά κεφαλήν ετήσιο εισόδημα. (Eurostat, 2019)

Η ευρωπαϊκή επιτροπή (ε.ε.) είναι το εκτελεστικό όργανο της ένωσης. Είναι το μόνο αρμόδιο όργανο για την κατάρτιση προτάσεων για νέα ευρωπαϊκή νομοθεσία, και είναι υπεύθυνο για την εφαρμογή της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Για να στοιχειοθετήσει και να υποστηρίξει τις προτάσεις της, μεταξύ άλλων, προωθεί και υποστηρίζει την επιστημονική και τεχνολογική έρευνα και καταρτίζει επιστημονικές μελέτες των εκάστοτε ζητημάτων των προτάσεων. (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019^γ)

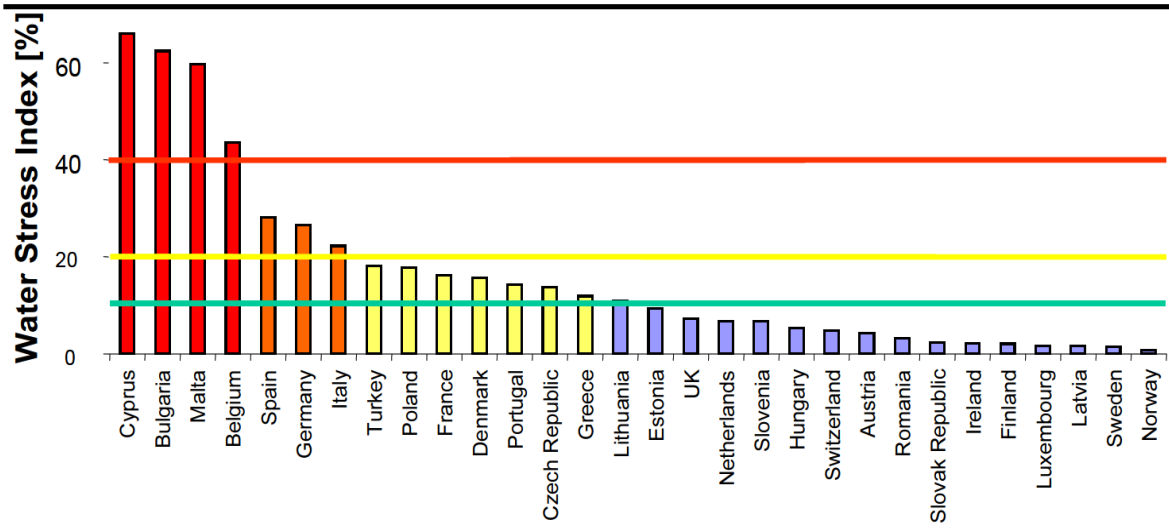
Το νομοθετικό πλέγμα της Ε.Ε., που αφορά το ζήτημα διαχείρισης των υδατικών πόρων, έχει ως αφετηρία το έτος 1975, με την θέσπιση της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ «Περί της απαιτούμενης ποιότητας των επιφανειακών υδάτων που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος» τις 25 Ιουλίου του 1975. Ακολούθησαν και άλλες Οδηγίες, η Οδηγία 76/464/ΕΟΚ «περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον», η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ «Για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων», η Οδηγία 98/83/ΕΕ «σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», η Οδηγία 2000/60/ΕΚ «Για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα τις πολιτικής των υδάτων» και η Οδηγία 2008/105/ΕΚ «Σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα τις πολιτικής των υδάτων». Οι παραπάνω οδηγίες, αντιμετωπίζουν τα ζητήματα διαχείρισης υδατικών πόρων και διαχείρισης λυμάτων. Δεν εξετάζουν το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, αν και αποτελούν υπόβαθρο για αυτό.

Αναφορά στην επαναχρησιμοποίηση υπήρξε στην Οδηγία 2000/60/ΕΚ, ως μέτρο ορθής διαχείρισης των υδατικών πόρων και στην Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, στην οποία προτείνεται τα επεξεργασμένα λύματα να επαναχρησιμοποιούνται όπου αυτό είναι δυνατό. Οι υγειονομικοί και περιβαλλοντικοί όροι που πρέπει να τηρούνται για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων δεν έχουν οριστεί σαφώς σε νομοθετικό επίπεδο από την Ε.Ε.. Δεν υπάρχει έως σήμερα νομοθετικό περιεχόμενο για την απαιτούμενη ποιότητα του ανακτημένου νερού σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. (Alcalde-Sanz, Gawlik, 2017)

Σήμερα ασκούνται σημαντικές πιέσεις στη διαθεσιμότητα φρέσκου νερού από την κλιματική αλλαγή, την αύξηση του πληθυσμού και την αστική ανάπτυξη, που οδηγούν όλο και περισσότερο στην υποβάθμιση της ποιότητας και της ποσότητας των υδατικών πόρων. Η εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης είναι σε θέση να μειώσει τις πιέσεις αυτές. (ΕΕΑ, 2012)

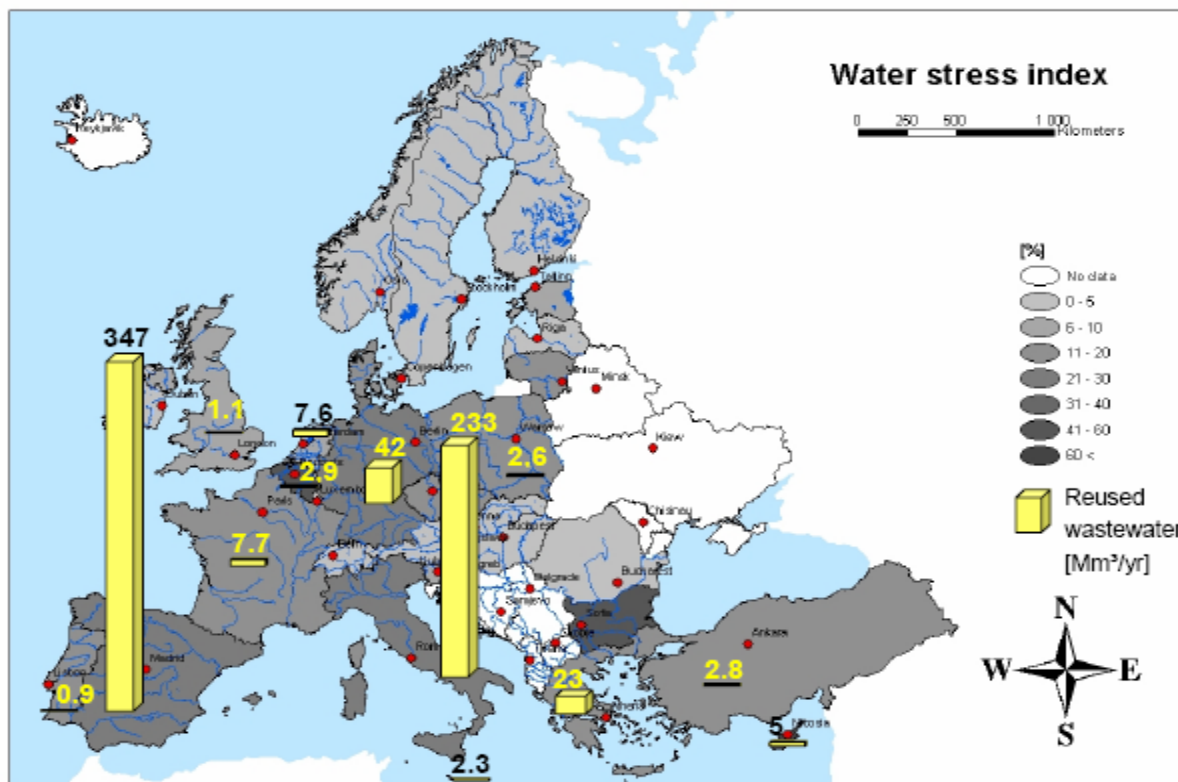
Πολλά κράτη – μέλη της Ε.Ε που αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας (Εικόνα 3.5), όπως η Ελλάδα, η Κύπρος, η Ιταλία και η Ισπανία, εφαρμόζουν συστήματα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και έχουν καταρτίσει

κανονιστικά και νομοθετικά πλαίσια για την επαναχρησιμοποίηση. Παρόλα αυτά, μόνο ένα μικρό μέρος του ανακτημένου νερού επαναχρησιμοποιείται σήμερα στην Ε.Ε., ακόμα και σε αυτές τις χώρες. (Hochstrat et al., 2005)



Εικόνα 3.5: Κλάσμα ζήτησης προς διαθεσιμότητα υδατικών πόρων στις χώρες της Ευρώπης. (Πηγή: AQUAREC, 2006)

Στην Εικόνα 3.6 που ακολουθεί αποτυπώνεται η μεγάλη διαφοροποίηση στην εκμετάλλευση του ανακτημένου νερού στα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς και η προοπτική για προώθηση συστημάτων επαναχρησιμοποίησης.



Εικόνα 3.6: Κλάσμα ζήτησης προς διαθεσιμότητα υδατικών πόρων και ετήσιος όγκος υγρών λυμάτων που επαναχρησιμοποιούνται στα κράτη – μέλη της Ε.Ε. (Πηγή: AQUAREC, 2006)

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και πρέπει και μπορεί να εφαρμοστεί σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ευρωπαϊκή επιτροπή θεωρεί πως για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται εναρμόνιση στο κανονιστικό πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η εναρμόνιση αυτή θα εξασφαλίσει μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στην επαναχρησιμοποίηση και άρα μεγαλύτερη κοινωνική αποδοχή, θα διευκολύνει το εμπόριο αγροτικών προϊόντων στα οποία χρησιμοποιήθηκε ανακτημένο νερό και θα επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση στα κράτη – μέλη που δεν διαθέτουν νομοθετικό πλαίσιο ή το νομοθετικό τους πλαίσιο είναι ασύμφορα περιοριστικό και πολύπλοκο. (Alcalde-Sanz, Gawlik, 2017)

Προς αυτή την κατεύθυνση, ήδη από τον Απρίλιο του 2016, η ευρωπαϊκή επιτροπή ξεκίνησε επίσημα να διερευνά την κατάρτιση ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση. Για να υποστηρίξει αυτή την πρωτοβουλία, απευθύνθηκε στην ευρωπαϊκή υπηρεσία επιστημονικής έρευνας (Joint Research Center, JRC), με στόχο να σχηματίσει μία τεχνική πρόταση για «τα ελάχιστα απαιτούμενα ποιοτικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση και στον εμπλουτισμό υδροφόρων οριζόντων». Η πρόταση αυτή παρουσιάστηκε το 2017 και το 2018 αποτέλεσε τη βάση της νομοθετικής

πρότασης της ευρωπαϊκής επιτροπής προς το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο. Στις 12 Φεβρουαρίου του 2019, το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο υιοθέτησε επί της αρχής την πρόταση της επιτροπής, προωθώντας περαιτέρω διαβουλεύσεις εντός της Ε.Ε., με απώτερο σκοπό την κατάρτιση ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την επαναχρησιμοποίηση.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα εξεταστεί το περιεχόμενο και οι προβλέψεις της νομοθετικής πρότασης, η οποία βρίσκεται στο τελικό στάδιο υιοθέτησης από τα αρμόδια όργανα ώστε να αποτελέσει το πρώτο νομοθετικό πλαίσιο της Ε.Ε. για την επαναχρησιμοποίηση.

3.5.2 Προτεινόμενο Κανονιστικό Πλαίσιο

Η πρόταση της ευρωπαϊκής επιτροπής αφορά αποκλειστικά την επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση και στον εμπλουτισμό υδροφόρων οριζόντων. Τα δύο αυτά πεδία θεωρούνται τα πλέον ευνοϊκά για την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης και τη θέσπιση κοινών ευρωπαϊκών κανόνων εφαρμογής της. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτό δε συνεπάγεται απαγόρευση όλων των υπόλοιπων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης. Σε ότι αφορά τα δύο είδη επαναχρησιμοποίησης που εξετάζονται, οι προβλέψεις της νομοθετικής πρότασης αποτελούν αναγκαία και ικανή συνθήκη. Δηλαδή, οι απαιτήσεις της ευρωπαϊκής νομοθετικής πρότασης πρέπει να τηρούνται και αν τηρούνται αυτό αρκεί, ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις των εθνικών νομοθεσιών.

Το μόνο είδος υγρών αποβλήτων που εξετάζεται είναι τα επεξεργασμένα αστικά λύματα, όπως αυτά ορίζονται από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. Στην οδηγία αυτή, τα αστικά λύματα ορίζονται ως οικιακά υγρά απόβλητα ή μίξη αυτών με βιομηχανικά απόβλητα ή/και όμβρια ύδατα. Τα βιομηχανικά απόβλητα που επιτρέπονται είναι αυτά που προέρχονται από τις εξής δραστηριότητες:

- Επεξεργασία γάλακτος
- Παραγωγή προϊόντων φρούτων και λαχανικών
- Παραγωγή μπουκαλιών αναψυκτικών
- Επεξεργασία πατάτας
- Βιομηχανία κρέατος
- Παραγωγή ζύθου
- Παραγωγή αλκοόλ και αλκοολούχων ποτών
- Παραγωγή ζωικών τροφών από φυτικά προϊόντα
- Παραγωγή ζελατίνης και κόλλας από προβιές, δέρματα και οστά
- Παραγωγή βύνης
- Επεξεργασία ψαριών

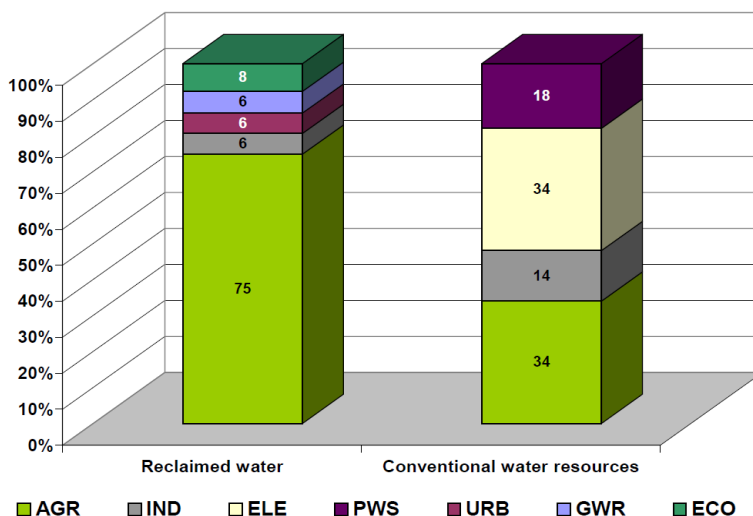
Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα όπως ορίζονται από την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ είναι αυτά που εξέρχονται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) και

άρα πληρούν κατ' ελάχιστον τα κριτήρια που ορίζει η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για τη διάθεση λυμάτων στο περιβάλλον. Αυτό αποτελεί πολύ σημαντικό στοιχείο της νομοθετικής πρότασης, καθώς περιορίζει σημαντικά την πιθανή προέλευση των λυμάτων. Επίσης, δεσμεύει τις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης στην απαίτηση της επεξεργασίας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) και άρα αποκλείει το ενδεχόμενο περιβαλλοντικής επεξεργασίας και το ενδεχόμενο της σημειακής επεξεργασίας. Δηλαδή, ακόμα και αν το ανακτημένο νερό πληροί τα πιο αυστηρά ποιοτικά κριτήρια, δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του, αν δεν έχει προέλθει από αστικά λύματα και αν δεν έχει γίνει η επεξεργασία του σε εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων.

3.5.3 Άρδευση

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς, αποτελεί την πιο συνήθη, διαδεδομένη και ωφέλιμη κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Η άρδευση απαιτεί τεράστιες ποσότητες νερού και δημιουργεί τρομερές πιέσεις στα συστήματα διαχείρισης υδατικών πόρων, ενώ ταυτόχρονα δεν απαιτεί η ποιότητα του αρδευτικού νερού να είναι ισάξια με αυτή του φρέσκου νερού. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η θέσπιση κανόνων για την επαναχρησιμοποίηση είναι αναγκασμένη να εξετάσει την κατηγορία επαναχρησιμοποίησης αυτή. (MWRWG, 2007)

Στην Εικόνα 3.7 που ακολουθεί παρουσιάζεται η επαναχρησιμοποίηση (αριστερή στήλη) και η πρωτοβάθμια χρήση (δεξιά στήλη) υδατικών πόρων στις ευρωπαϊκές χώρες, ανά κατηγορία εφαρμογής. Αποδεικνύεται ότι η άρδευση είναι εξαιρετικά ευνοϊκό πεδίο για εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης.



Εικόνα 3.7: Επαναχρησιμοποίηση (αριστερή στήλη) και πρωτοβάθμια χρήση (δεξιά στήλη) ανά εφαρμογή τις ευρωπαϊκές χώρες (AGR=Άρδευση, IND=Βιομηχανία, ELE=Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, PWS= Ύδρευση, URB= Αστική χρήση, GWR= Εμπλουτισμός υδροφόρων οριζόντων, ECO= Περιβαλλοντική Ανάπλαση). (Πηγή: AQUAREC, 2006)

Αρχικά, οι κανονισμοί προβλέπουν την ποιοτική κατάταξη του ανακτημένου νερού σε τέσσερις κατηγορίες (classes). Για να εμπίπτει το ανακτημένο νερό σε κάθε κατηγορία, πρέπει να έχει υποστεί συγκεκριμένη επεξεργασία και να πληροί συγκεκριμένα κριτήρια. Τα κανονιστικά πρότυπα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.13 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.13: Ποιοτικά κριτήρια ανακτημένου νερού για αρδευτικούς σκοπούς, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθετική πρόταση.

Ποιοτική Κατάταξη Ανακτημένου Νερού	Ενδεικτική Μέθοδος Επεξεργασίας	E. coli (cfu/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Επιπρόσθετα Κριτήρια
Κατηγορία Α	Δευτεροβάθμια, Φιλτράρισμα, Απολύμανση	≤10	≤10	≤10	≤5	<ul style="list-style-type: none"> Legionella spp.: ≤1,000 cfu/l όταν υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης Παρασιτικά αυγά ≤1/l για άρδευση βοσκής
Κατηγορία Β	Δευτεροβάθμια και Απολύμανση	≤100	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	-	
Κατηγορία Γ	Δευτεροβάθμια και Απολύμανση	≤1000	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	-	
Κατηγορία Δ	Δευτεροβάθμια και Απολύμανση	≤10000	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	-	

Τα ποιοτικά κριτήρια του ανακτημένου νερού θεωρούνται ότι πληρούνται αν οι τιμές των E. Coli, Legionella και νηματώδων παράσιτων βρίσκονται εντός των ορίων στο 90% των δειγμάτων. Τα δείγματα δεν επιτρέπεται να αποκλίνουν περισσότερο της μίας λογαριθμικής μονάδας από τα ενδεδειγμένα όρια για E. Coli και Legionella, ενώ δεν πρέπει να αποκλίνουν καθόλου από το ενδεδειγμένο όριο για τα νηματώδη παράσιτα.

Τα ποιοτικά κριτήρια για τα BOD₅, TSS και για τη θολότητα στην Κατηγορία Α πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων στο 90% των δειγμάτων. Τα δείγματα δεν επιτρέπεται να αποκλίνουν περισσότερο από το διπλάσιο του ενδεδειγμένου ορίου.

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 3.14, παρουσιάζονται για κάθε κατηγορία ανακτημένου νερού, οι επιτρεπόμενες μέθοδοι άρδευσης και τα είδη καλλιεργειών στα οποία επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί.

Πίνακας 3.14: Επιτρεπόμενη κατηγορία καλλιέργειας και μέθοδος άρδευσης ανά κατηγορία ανακτημένου νερού, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθετική πρόταση.

Επιτρεπόμενη Κατηγορία Καλλιέργειας	Ελάχιστη Ποιοτική Κατηγορία Νερού	Επιτρεπόμενη Μέθοδος Επεξεργασίας
Όλες	Κατηγορία Α	Όλες
Ανεπεξέργαστα τρόφιμα, που δεν έχουν έρθει σε επαφή με το νερό	Κατηγορία Β	Όλες
	Κατηγορία Γ	Σημειακή άρδευση μόνο
Επεξεργασμένα τρόφιμα	Κατηγορία Β	Όλες
	Κατηγορία Γ	Σημειακή άρδευση μόνο
Τρόφιμα που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση	Κατηγορία Β	Όλες
	Κατηγορία Γ	Σημειακή άρδευση μόνο
Καλλιέργειες που σχετίζονται με βιομηχανικές και ενεργειακές τις ή με παραγωγή καρπών	Κατηγορία Δ	Όλες

Τέλος, καθορίζονται οι απαιτούμενες συχνότητες ελέγχου και παρακολούθησης της επαναχρησιμοποίησης στην άρδευση, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.15 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.15: Απαιτούμενες συχνότητες ελέγχου και παρακολούθησης τις επαναχρησιμοποίησης στην άρδευση

Ποιοτική Κατηγορία Νερού	E. coli	BOD ₅	TSS	Θολότητα	Legionella spp	Εντερικά Νηματώδη Παράσιτα
Κατηγορία Α	Εβδομαδιαία	Εβδομαδιαία	Εβδομαδιαία	Συνεχώς	Εβδομαδιαία	Δύο φορές το μήνα ή να καθορίζεται η συχνότητα από τον αριθμό των παρασιτικών αυγών στα λύματα
Κατηγορία Β	Εβδομαδιαία	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	-		
Κατηγορία Γ	Δύο φορές το μήνα	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	-		
Κατηγορία Δ	Δύο φορές το μήνα	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	-		

Επιπρόσθετα των παραπάνω κανονισμών, επιβάλλονται ανά ποιοτική κατηγορία ανακτημένου νερού, συγκεκριμένα προστατευτικά μέτρα για την πλήρη εξασφάλιση από τις δυνητικά επιβλαβείς παράγοντες. Τα προστατευτικά αυτά μέτρα, παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 3.16.

Πίνακας 3.16: Απαιτούμενα επιπρόσθετα προστατευτικά μέτρα

Ποιοτική Κατηγορία Νερού	Προστατευτικά Μέτρα
Κατηγορία Α	Οι χοίροι δεν πρέπει να τρέφονται με αγροτικά προϊόντα που αρδεύτηκαν με ανακτημένο νερό, εκτός και αν κατά περίπτωση μπορεί ο κίνδυνος να περιοριστεί επαρκώς.
Κατηγορία Β	Απαγόρευση συγκομιδής πεισμένων στο έδαφος ή βρεγμένων αγροτικών προϊόντων Απαγόρευση βόσκησης σε γαλακτοπαραγωγά ζώα αν η βοσκή δεν είναι ξηρή Η ζωοτροφή πρέπει να είναι αποξηραμένη ή σιλαρωμένη πριν την συσκευασία Οι χοίροι δεν πρέπει να τρέφονται με αγροτικά προϊόντα που αρδεύτηκαν με ανακτημένο νερό, εκτός και αν κατά περίπτωση μπορεί ο κίνδυνος να περιοριστεί επαρκώς.
Κατηγορία Γ	Απαγόρευση συγκομιδής πεισμένων στο έδαφος ή βρεγμένων αγροτικών προϊόντων Απαγόρευση βόσκησης σε όλα τα ζώα για πέντε ημέρες μετά την άρδευση Η ζωοτροφή πρέπει να είναι αποξηραμένη ή σιλαρωμένη πριν την συσκευασία Οι χοίροι δεν πρέπει να τρέφονται με αγροτικά προϊόντα που αρδεύτηκαν με ανακτημένο νερό, εκτός και αν κατά περίπτωση μπορεί ο κίνδυνος να περιοριστεί επαρκώς.
Κατηγορία Δ	Απαγόρευση συγκομιδής πεισμένων στο έδαφος ή βρεγμένων αγροτικών προϊόντων

Για τα διάφορα χημικά, τα οποία ενδέχεται να υπάρχουν στο ανακτημένο νερό και να αποτελούν επιβλαβείς παράγοντες, η ευρωπαϊκή νομοθεσία δεν παραθέτει ανώτατα όρια συγκέντρωσης. Αυτό συμβαίνει για διάφορους λόγους. Πρώτον, οι αρχικές συγκεντρώσεις, λόγω των περιορισμών στην πιθανή προέλευση των λυμάτων, είναι με τη σειρά τους περιορισμένες. Δεύτερον, οι απαιτούμενες μέθοδοι επεξεργασίας μειώνουν εξ ορισμού τις συγκεντρώσεις αυτές σε χαμηλά επίπεδα. Τρίτον, οι παράμετροι BOD₅, TSS και Θολότητας, για τις οποίες παρέχονται ποσοτικά κριτήρια, είναι ενδεικτικές των συγκεντρώσεων χημικών με τοξική επίδραση. Τέταρτον, με την τήρηση των προτεινόμενων μέτρων προστασίας κατά την άρδευση, περιορίζεται περαιτέρω η πιθανότητα να επιδράσουν αρνητικά στη δημόσια υγεία οι όποιες τοξικές ουσίες υπήρχαν αρχικά στα λύματα. Κανονιστικές οδηγίες, για τις συγκεντρώσεις οργανικών και ανόργανων χημικών στο ανακτημένο νερό συγκεκριμένα, που πρέπει να επιτυγχάνονται στα πλαίσια καλών αγροτικών πρακτικών (αγρονομικά πρότυπα), δεν παρέχονται από την ευρωπαϊκή νομοθεσία. (Alcalde-Sanz, Gawlik, 2017)

3.5.4 Εμπλουτισμός υδροφόρων οριζόντων

Στη νομοθετική πρόταση της ευρωπαϊκής επιτροπής ο εμπλουτισμός υδροφόρων οριζόντων, αναφέρεται αποκλειστικά στον εμπλουτισμό βάσει σχεδίου (managed aquifer recharge). Ως τέτοιος ορίζεται ο εκ προθέσεως εμπλουτισμός υδροφόρου οριζόντα με απώτερο σκοπό την ανάκτηση υδατικών πόρων ή το περιβαλλοντικό κέρδος.

Οι σκοποί που εξυπηρετούνται από τον εμπλουτισμό αυτό και εξετάζονται από την ευρωπαϊκή νομοθετική πρόταση είναι οι εξής:

- Εγκατάσταση υδραυλικού φράγματος για προστασία παράκτιων υδροφόρων οριζόντων από το θαλασσινό νερό
- Υποστήριξη οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από το υπόγειο νερό
- Αραίωση αλατούχων ή μολυσμένων υδροφόρων οριζόντων
- Παρεμπόδιση υποβάθμισης του εδάφους
- Αποθήκευση ανακτημένου νερού για μετέπειτα ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση

Είναι εξαιρετικά σημαντικό να σημειωθεί ότι τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα που αποθηκεύονται σε υδροφόρο ορίζοντα και στη συνέχεια ανακτώνται, επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς ύδρευσης. Δηλαδή, η ευρωπαϊκή νομοθετική πρόταση, επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την έμμεση ύδρευση.

Επίσης, κανένα είδος υδροφόρου ορίζοντα δεν αποκλείεται, ακόμα και αν επικοινωνεί με παραπλήσιους λόγω καρστικού υπεδάφους, ούτε απαγορεύεται οποιαδήποτε μέθοδος εμπλουτισμού, όπως για παράδειγμα εμπλουτισμός μέσω έγχυσης.

Η πρόταση της ευρωπαϊκής επιτροπής δεν παραθέτει συγκεκριμένα κανονιστικά πρότυπα για τον εμπλουτισμό υδροφόρων οριζόντων, καθώς θεωρείται ότι η κάθε περίπτωση πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά. Προτείνεται τα κράτη – μέλη να εφαρμόζουν στοιχεία διαχείρισης κινδύνου (risk management), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η διασφάλιση της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. Κατ' ελάχιστον, πρέπει να τηρούνται οι διατάξεις της Οδηγίας 2006/118/ΕΚ «σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση» όπως αυτή τροποποιήθηκε από την Οδηγία 2014/80/ΕΕ και οι διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ «Για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων».

Η ευρωπαϊκή νομοθετική πρόταση, προτείνει ο έλεγχος και η διασφάλιση ποιότητας, βάσει των όποιων όρων τεθούν από τις νομοθεσίες των κρατών – μελών για τον εμπλουτισμό υδροφόρων οριζόντων, να γίνεται πριν την εισαγωγή του ανακτημένου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα, κατά τη διάρκεια αποθήκευσης σε αυτόν και μετά την πιθανή απόσυρση νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα. (Alcalde-Sanz, Gawlik, 2017)

3.5.5 Συμπεράσματα

Η Ευρωπαϊκή Ένωση βρίσκεται πολύ κοντά στην κατάρτιση κανονισμού για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, με δεσμευτική ισχύ, για όλα τα κράτη – μέλη. Το επιστημονικό υπόβαθρο του κανονισμού αυτού, έχει επηρεαστεί σε

σημαντικό βαθμό από τα κανονιστικά πλαίσια του Π.Ο.Υ., της USEPA, της Αυστραλίας αλλά και των νομοθεσιών των κρατών – μελών, κυρίως των νότιων ευρωπαϊκών χωρών, στις οποίες η επαναχρησιμοποίηση αποτελεί σημαντικό κομμάτι της διαχείρισης υδατικών πόρων.

Οι πολιτικές και οργανωτικές ιδιομορφίες της ένωσης, παράγουν ένα αποτέλεσμα πολύ διαφορετικό από αυτά που προτείνουν ο Π.Ο.Υ., η USEPA και το NRMMC της Αυστραλίας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση επιλέγει να καταρτίσει νομοθετικό πλαίσιο, με δεσμευτική ισχύ και όχι να παράσχει στα κράτη – μέλη ένα κανονιστικό πλαίσιο που μπορεί να αποτελέσει πρότυπο για τη σύνταξη νομοθετικών πλαισίων σε εθνικό επίπεδο. Ταυτόχρονα όμως η νομοθετική της πρόταση αδυνατεί να είναι ολοκληρωμένη λόγω του ότι πρέπει να συγκεράσει την κοινωνική αποδοχή, τις πρακτικές και τις νομοθεσίες επαναχρησιμοποίησης των κρατών – μελών της που διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό.

Τα βασικότερα σημεία της ευρωπαϊκής νομοθετικής πρότασης, μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Εξετάζονται μόνο δύο κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης, η άρδευση και ο εμπλουτισμός υδροφόρων οριζόντων.
- Περιορίζεται σημαντικά η πιθανή προέλευση των υγρών αποβλήτων, καθώς επιτρέπεται να επαναχρησιμοποιηθούν μόνο τα αστικά λύματα
- Απαιτείται η επεξεργασία των λυμάτων να γίνεται αποκλειστικά σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ουσιαστικά απαγορεύοντας την περιβαλλοντική επεξεργασία και τη σημειακή επεξεργασία
- Τα ποιοτικά πρότυπα που πρέπει να πληροί το ανακτημένο νερό πρέπει να είναι σε αυτές τις περιπτώσεις αυτά που προβλέπει η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για τη διάθεση λυμάτων στο περιβάλλον, επιτάσσοντας την αφαίρεση από το ανακτημένο νερό θρεπτικών συστατικών που θα δημιουργούσαν ευτροφισμό σε έναν υδάτινο αποδέκτη αλλά είναι εξαιρετικά χρήσιμα στην άρδευση
- Παρέχει συγκεκριμένα απαιτούμενα ποιοτικά πρότυπα και απαιτούμενες διαδικασίες για την επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση
- Δεν παρέχει συγκεκριμένα απαιτούμενα ποιοτικά πρότυπα και απαιτούμενες διαδικασίες για τον εμπλουτισμό υδροφόρων οριζόντων με ανακτημένο νερό
- Επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την έμμεση ύδρευση, μέσω τροφοδοτημένων με ανακτημένο νερό υδροφόρων οριζόντων αλλά δεν παρέχει κανονιστικές οδηγίες για τη διαδικασία αυτή

4. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΕΙΩΝ

4.1 Κριτήρια Επιλογής των Εξεταζόμενων Πλαισίων

Αφού εξετάστηκαν τα κανονιστικά πλαίσια διακρατικών οργανισμών, στο παρόν κεφάλαιο θα εξεταστούν τα νομοθετικά πλαίσια συγκεκριμένων κρατών και πολιτειών. Τα κανονιστικά πλαίσια που μελετήθηκαν, έχουν κυμαινόμενη εφαρμοστική ισχύ και κατά κύριο λόγο απευθύνονται σε τοπικές νομοθετικές αρχές με στόχο την υποστήριξη στην προσπάθεια κατάρτισης νομοθετικών πλαισίων. Τα νομοθετικά πλαίσια κρατών και πολιτειών έχουν απόλυτη εφαρμοστική ισχύ και απευθύνονται στους φορείς μελέτης και υλοποίησης.

Σημαντική διαφορά μεταξύ κανονιστικών και νομοθετικών πλαισίων είναι ότι στα νομοθετικά πλαίσια ορίζονται σαφώς όλες οι πτυχές του ζητήματος. Εκτός από τα αποδεκτά όρια, τα ποιοτικά πρότυπα και οι απαιτήσεις ελέγχων, ορίζονται επιπλέον οι διοικητικές διαδικασίες, οι διαδικασίες αδειοδότησης, οι προβλεπόμενες κυρώσεις και διάφορα άλλα θέματα μη επιστημονικού περιεχομένου. Τα ζητήματα αυτά ασκούν μεγάλη επιρροή στην προώθηση της ασφαλούς επαναχρησιμοποίησης. Για παράδειγμα, ο βαθμός δυσκολίας στην έκδοση άδειας λειτουργίας συστήματος επαναχρησιμοποίησης λόγω γραφειοκρατίας μπορεί να αποτρέψει την εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης. Αντίστοιχα, αν οι προβλεπόμενες κυρώσεις είναι αμελητέες, για τη μη τήρηση των νομοθετικών διατάξεων, τότε η ανασφαλής επαναχρησιμοποίηση μπορεί να λάβει μεγάλες διαστάσεις. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, τα νομοθετικά πλαίσια θα εξεταστούν ως προς το περιεχόμενο των απαιτήσεων που προβάλλουν για το ανακτημένο νερό. Δε θα γίνει ενδελεχής εξέταση της νομικής, διοικητικής και οικονομικής διάστασής τους.

Τα νομοθετικά πλαίσια αν και παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στη μορφή, στη δομή και στο περιεχόμενο με τα κανονιστικά πλαίσια των διάφορων οργανισμών, διαμορφώνονται από τους ίδιους παράγοντες, όπως αυτοί περιγράφονται στο υποκεφάλαιο 2.2. Οι νομοθετικές τους διατάξεις βασίζονται στις τοπικές ανάγκες, προκλήσεις, αντιλήψεις, ευκαιρίες, στην επάρκεια σε υποδομή και τεχνολογία, ενώ επηρεάζονται από τις διακρατικές τους υποχρεώσεις και τα διεθνή παραδείγματα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν τα νομοθετικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης κρατών και πολιτειών που έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τους σκοπούς αυτής της εργασίας. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- 1) Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων είναι αναπόσπαστο μέρος των συστημάτων διαχείρισης υδατικών πόρων
- 2) Υπάρχει σαφής πρόθεση και σχεδιασμός για προώθηση της επαναχρησιμοποίησης
- 3) Αντιμετωπίζουν προκλήσεις λόγω ολικής, τοπικής ή/και εποχικής λειψυδρίας
- 4) Παρέχουν ολοκληρωμένα νομοθετικά πλαίσια που καλύπτουν σημαντικό μέρος των ζητημάτων που αφορούν τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης
- 5) Αποτελούν πρότυπα εξέτασης από τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων²¹

Τα νομοθετικά πλαίσια των κρατών και πολιτειών που έχουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, με την εξέταση και την ανάλυση τους, δύναται να προσφέρουν ιδιαίτερα χρήσιμες πληροφορίες για την πρακτικότητα που παρέχεται, το βαθμό ασφάλειας που εξασφαλίζεται και την ανάπτυξη του πεδίου της επαναχρησιμοποίησης που επιτυγχάνεται.

Θεωρώντας τα χαρακτηριστικά που παρατέθηκαν, ως ικανά και αναγκαία κριτήρια επιλογής των εξεταζόμενων νομοθετικών πλαισίων, καταλήγουμε στις εξής περιπτώσεις κρατών και πολιτειών τα νομοθετικά πλαίσια των οποίων θα μελετηθούν στο κεφάλαιο αυτό:

- 1) Ελλάδα
- 2) Κύπρος
- 3) Γαλλία
- 4) Ισπανία
- 5) Ιταλία
- 6) Πορτογαλία
- 7) Ισραήλ
- 8) Ιορδανία

Οι ευρωπαϊκές χώρες τα νομοθετικά πλαίσια των οποίων θα εξεταστούν, είναι οι μόνες που πληρούν τα κριτήρια που παρατέθηκαν. Είναι όπως φαίνεται χώρες με μεσογειακό κλίμα και αντιμετωπίζουν προκλήσεις λειψυδρίας. Για αυτό το λόγο εφαρμόζουν επαναχρησιμοποίηση, στοχεύουν στην περαιτέρω προώθηση της και παρέχουν ολοκληρωμένα νομοθετικά πλαίσια που τη διέπουν. Στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται απαραίτητα στοιχεία εφαρμογής και νομοθεσίας επαναχρησιμοποίησης για όλα τα κράτη – μέλη της Ε.Ε..

²¹ Το κριτήριο αυτό εξασφαλίζει τη χρησιμότητα μελέτης καθώς οι νομοθετικές προβλέψεις που δεν εμφανίζονται στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία είναι πολύ πιθανό να μην είναι ιδιαίτερα χρήσιμες προς εξέταση. Ταυτόχρονα θα ήταν αδύνατη η άμεση εξέταση πολλών νομοθετικών πλαισίων, από την παρούσα εργασία, λόγω γλωσσικών περιορισμών.

Πίνακας 4.1: Σύγκριση των κρατών – μελών της Ε.Ε. βάσει των πρακτικών και των προτύπων επαναχρησιμοποίησης. (Πηγή: Deloitte, 2015)

Κράτος – Μέλος	Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων είναι κοινή πρακτική	Έχουν καταρτίσει νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση	Σχόλια
Αυστρία			
Βέλγιο	√		Η κύρια εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης είναι στη βιομηχανία
Βουλγαρία			
Γαλλία	√	√	
Γερμανία			
Δανία		υπό κατάρτιση	Η κύρια εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης που εξετάζεται είναι στη βιομηχανία τροφίμων
Ελλάδα	√	√	
Εσθονία			
Ηνωμένο Βασίλειο			
Ιρλανδία			
Ισπανία	√	√	
Ιταλία	√	√	
Κάτω Χώρες			
Κροατία			
Κύπρος	√	√	
Λετονία			
Λιθουανία			
Λουξεμβούργο			
Μάλτα	√	υπό κατάρτιση	
Ουγγαρία			
Πολωνία			
Πορτογαλία	√	√	
Ρουμανία			
Σλοβακία			
Σλοβενία			
Σουηδία			
Τσεχία			
Φινλανδία			

Οι περιπτώσεις του Ισραήλ και της Ιορδανίας εξετάζονται διότι πληρούν τα κριτήρια που αναφέρθηκαν και επειδή αποτελούν παραδείγματα μεσογειακών χωρών που δεν ανήκουν στη Ε.Ε. και ως εκ τούτου παρουσιάζει ενδιαφέρον η εξέταση του τρόπου με τον οποίο τα νομοθετικά τους πλαίσια αντιμετωπίζουν την επαναχρησιμοποίηση.

Για επιμέρους και συγκεκριμένα ζητήματα της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, θα ήταν ίσως χρήσιμο να εξεταστούν οι νομοθετικές προτάσεις και άλλων κρατών ή πολιτειών. Παραδείγματος χάριν, για το ζήτημα της άμεσης

ύδρευσης με ανακτημένο νερό, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της Ναμίμπια, για την εξέταση των επιπτώσεων αναντιστοιχίας νομοθεσίας και πρακτικής, χρήσιμη για μελέτη θα ήταν η περίπτωση της Αιγύπτου και για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στη συντήρηση γηπέδων γκολφ σημαντικά συμπεράσματα θα μπορούσαν να εξαχθούν από τη νομοθεσία της πολιτείας της Φλόριντα των Η.Π.Α..

Οι περιπτώσεις που θα εξεταστούν στο κεφάλαιο αυτό, προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για όλο το φάσμα του ζητήματος της επαναχρησιμοποίησης και ως εκ τούτου επιτρέπουν τη συγκριτική της αξιολόγηση, η οποία θα γίνει στο κεφάλαιο 5 της παρούσας εργασίας.

4.2 Ελλάδα

Η ελληνική νομοθεσία θα εξεταστεί ξεχωριστά σε αυτό το υποκεφάλαιο, με σκοπό την πλήρη αποτύπωση της νομικής διάστασης της επαναχρησιμοποίησης στη χώρα. Επίσης, επειδή η ελληνική νομοθεσία μπορεί να μελετηθεί άμεσα μέσω των νομοθετικών κειμένων και όχι έμμεσα μέσω βιβλιογραφίας, δίνεται η δυνατότητα για ενδελεχή αποτύπωση των κανονιστικών προβλέψεων.

4.2.1 Γενικά Στοιχεία

Η Ελλάδα είναι χώρα της νοτιοανατολικής Ευρώπης, αποτελώντας το νότιο άκρο της βαλκανικής χερσονήσου. Το κλίμα της Ελλάδας είναι εύκρατο μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από ήπιους αλλά υγρούς χειμώνες και ξερά, ζεστά καλοκαίρια. Η Ελλάδα έχει τη μεγαλύτερη ακτογραμμή (13,676 χιλιόμετρα) από τις χώρες που βρέχονται από τη Μεσόγειο Θάλασσα, έχει περισσότερα από 2,000 νησιά και το 80% της ηπειρωτικής χώρας καλύπτεται από βουνά. (Encyclopedia Britannica, 2019α) Ως εκ τούτου, σχεδόν όλα τα αστικά κέντρα της Ελλάδας βρίσκονται κοντά ή πλησίον της ακτογραμμής.

Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, καθώς οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας βρίσκονται σχετικά κοντά στα αστικά κέντρα και συνεπώς κοντά στη θάλασσα. Αντίστοιχα με την περίπτωση της Αυστραλίας, ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, αρχικά προέβλεπε την τελική διάθεση των λυμάτων στη θάλασσα, καθώς εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης θα ήταν προβληματικές λόγω της απαίτησης για κατασκευή δικτύου διανομής. Για παράδειγμα, η ΕΕΛ στο νησί της Ψυττάλειας που δέχεται τα αστικά απόβλητα της Αθήνας, είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία του 35% των συνολικών λυμάτων της Ελλάδας και δε θα ήταν οικονομικά συμφέρουσα η μεταφορά των λυμάτων, μετά την επεξεργασία, στην ενδοχώρα για επαναχρησιμοποίηση. Με την ανάπτυξη και προώθηση της επαναχρησιμοποίησης τα τελευταία χρόνια οι νέες εγκαταστάσεις εντάσσουν στο σχεδιασμό τους τη διάθεση των υγρών αποβλήτων σε εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης. (Ilias et al., 2014)

Ο πληθυσμός της Ελλάδας εκτιμάται ότι το 2017 ήταν 10.7 εκατομμύρια (Eurostat, 2019). Το 2009 εκτιμήθηκε ότι περισσότερο από το 75% του πληθυσμού ήταν συνδεδεμένο με εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, με συνολική παροχή 1.5 εκατομμύρια m³/ημέρα (Deloitte, 2015).

Η κύρια χρήση υδατικών πόρων στην Ελλάδα γίνεται σε εφαρμογές άρδευσης. Συγκεκριμένα, το 84% της συνολικής χρήσης νερού αφορά την άρδευση, το 14% την οικιακή χρήση, το 2% τη βιομηχανική χρήση, το 1% την κτηνοτροφική παραγωγή και το 1% την παραγωγή ενέργειας. (Κουτσογιάννης et al., 2008)

Η ζήτηση για υδατικούς πόρους στην Ελλάδα έχει αυξηθεί κατακόρυφα τις τελευταίες δεκαετίες. Παρόλο που η βροχόπτωση συνολικά είναι επαρκής, παρουσιάζονται προβλήματα τοπικής και εποχικής λειψυδρίας, λόγω δυσκολίας στη μεταφορά νερού, πολύ χαμηλών βροχοπτώσεων τους θερινούς μήνες, της αύξησης της ζήτησης λόγω τουρισμού και της έντονης χωρικής συγκέντρωσης της αγροτικής παραγωγής. (Angelakis et al., 2007)

Παρόλα αυτά, η επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού αποτελεί μόνο το 1% της συνολικής χρήσης νερού. Επίσης, από το συνολικό όγκο λυμάτων που επεξεργάζεται σε ΕΕΛ, μόνο το 5% επαναχρησιμοποιείται. Με δεδομένο δε ότι το 83% των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων παράγεται σε περιοχές υδατικά ελλειμματικές, καταλήγουμε εύκολα στο συμπέρασμα ότι η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ελλάδα έχει πολύ καλές προοπτικές για ανάπτυξη. (ΤΥΡΡΑ, 2012)

4.2.2 Νομοθετικό Πλαίσιο

Η Ελλάδα είναι κράτος – μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και έχει εναρμονίσει τη νομοθεσία που διέπει εν γένει τη διαχείριση υδατικών πόρων με τις κοινοτικές Οδηγίες. Η νομοθεσία αυτή παρατίθεται συνοπτικά παρακάτω:

- Ο Νόμος 3199/2003 «για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ελλάδας» και οι κανονιστικές του πράξεις εναρμονίζουν την εθνική της νομοθεσία με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ
- το Προεδρικό Διάταγμα 51/2007, το οποίο εναρμονίζει περαιτέρω τα σημαντικά θέματα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ
- Η ΚΥΑ Η.Π. 8600/416/Ε103/2009 «Ποιότητα και μέτρα διαχείρισης των υδάτων κολύμβησης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2006/7/ΕΚ "σχετικά με την διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης και την κατάργηση της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ", του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 15^{ης} Φεβρουαρίου 2006»
- Η Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ' αριθμόν 2/2.1.2001, εναρμόνισε την Ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 76/464/ΕΟΚ, σχετικά με την ρύπανση που προκαλείται από επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον

- Η Υπουργική Απόφαση και Έγκριση ΟΙΚ. 5673/400/1997, εναρμόνισε την Ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, σχετικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων.
- Η Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001 “Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», η οποία δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, αριθμός φύλλου 892, 11 Ιουλίου 2001 (διορθώθηκε στο φύλλο 1082, 14 Αυγούστου 2001), εναρμόνισε την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 98/83/ΕΚ σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης
- Η Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ’ αριθμόν 20488 “Καθορισμός Περιβαλλοντικών προτύπων στον ποταμό Ασωπό και οριακών τιμών εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στην λεκάνη απορροής του Ασωπού”, εναρμόνισε την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2008/105/ΕΚ, σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Τροποποιήθηκε βάσει της Υ.Α. οικ. 100079/2015

Οι παραπάνω νομοθετικές διατάξεις αφορούν διάφορα ζητήματα που επηρεάζουν άμεσα το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης. Η ελληνική νομοθεσία επαναχρησιμοποίησης λαμβάνει ως δεδομένες τις απαιτήσεις που ορίζονται από τις διατάξεις αυτές και κάθε της πρόβλεψη εφαρμόζεται με την επιφύλαξη της μη αντίθεσης με τις διατάξεις αυτές.

Όταν η νομοθετική πρόταση για την επαναχρησιμοποίηση της ευρωπαϊκής επιτροπής γίνει επίσημη Οδηγία ή Κανονισμός της ευρωπαϊκής ένωσης, η ελληνική νομοθεσία, όπως και κάθε εθνική νομοθεσία κράτους – μέλους, θα χρειαστεί να εναρμονιστεί και συγκεκριμένα στο πεδίο της επαναχρησιμοποίησης. Προς το παρόν, η ελληνική νομοθεσία που διέπει τη επαναχρησιμοποίηση περιέχεται στα εξής (Υ.ΠΕΡ.Ε., ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2019):

- Η Υπουργική Απόφαση ΟΙΚ. 145116/2011 – Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και τις διατάξεις
- Η Υπουργική Απόφαση ΟΙΚ. 191002/2013, (ΦΕΚ 2220/Β/9.9.2013) «Τροποποίηση της υπ’ αριθ. 145116/2011 κοινής υπουργικής απόφασης «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (354/Β) και συναφείς διατάξεις»»
- Η Υπουργική Απόφαση ΟΙΚ. 100079/2015, (ΦΕΚ 135/Β/22.1.2015) «Τροποποίηση της υπ’ αριθμ. 20488/2010 κοινής υπουργικής απόφασης «Καθορισμός Ποιοτικών Περιβαλλοντικών Προτύπων στον ποταμό Ασωπό και Οριακών Τιμών Εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού (749/Β)» και συναφείς διατάξεις»

Η ελληνική νομοθεσία έχει ως στόχο την προώθηση της αξιοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η διασφάλιση της δημόσιας υγείας.

Τα λύματα που επιτρέπεται να επαναχρησιμοποιηθούν είναι τα οικιακά ή αστικά λύματα καθώς και τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα, που αναφέρονται στην υπ. Αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ (Β´192), ανεξαρτήτως μεγέθους βιομηχανικής εγκατάστασης. Πιο απλά, τα λύματα που επιτρέπεται να επαναχρησιμοποιηθούν είναι τα λύματα που επιτρέπεται να διατεθούν σε ενιαία δίκτυα αποχέτευσης. Οι περιορισμοί για τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα είναι να έχει γίνει, πριν τη διάθεση στο δίκτυο, προκαταρκτική επεξεργασία και τα απόβλητα αυτά να προέρχονται από συγκεκριμένες πρωτοβάθμιες χρήσεις. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι πρωτοβάθμιες χρήσεις αυτές είναι ακριβώς οι ίδιες με τις προβλεπόμενες από την ευρωπαϊκή νομοθετική πρόταση.

Επιτρέπεται επίσης, η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων βιομηχανικών υγρών αποβλήτων που προέρχονται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες, τα οποία είναι μη επικίνδυνα απόβλητα ή έχουν καταστεί μη επικίνδυνα μετά από επεξεργασία, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων. Για αυτό το είδος υγρών αποβλήτων, η επαναχρησιμοποίηση επιτρέπεται μόνο για βιομηχανική χρήση, για περιορισμένη άρδευση μέσω υπεδάφιου συστήματος άρδευσης και τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007 και μόνο μέσω διήθησης, απαγορευόμενων των γεωτρήσεων.²²

Οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης που επιτρέπονται από την ελληνική νομοθεσία είναι οι εξής:

- 1) Γεωργική χρήση (άρδευση)
- 2) Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων
- 3) Αστική και περιαστική χρήση
- 4) Βιομηχανική Χρήση²³

²² Σε ειδικές περιπτώσεις υπογείων υδατικών συστημάτων που εντάσσονται στο μητρώο προστατευόμενων περιοχών του άρθρου 6 του Π.Δ. 51/2007 επιτρέπεται κατ' εξαίρεση η επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση και περιορισμένη άρδευση, χωρίς κατεισδύσεις στον υπόγειο υδροφορέα και μόνο σε συγκεκριμένες θέσεις. Τεκμηριωμένα πρέπει να αποδεικνύεται ότι δεν επηρεάζονται οι υδροφόροι ορίζοντες που χρησιμοποιούνται για την απόληψη πόσιμου ύδατος. (ΚΥΑ 191002/2013)

²³ Η περίπτωση της εσωτερικής ανάκτησης των υγρών αποβλήτων στην ίδια εγκατάσταση και η ανακύκλωσή τους στην παραγωγική διαδικασία δεν αποτελεί επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση αλλά ανακύκλωση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, εφόσον αυτά δεν εξέρχονται από αυτήν για άλλες χρήσεις, ούτε διατίθενται στο έδαφος καθ' οιονδήποτε τρόπο. Η ανακύκλωση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων στην παραγωγική διαδικασία δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εξαιρουμένων χρήσεων εκτός της κύριας παραγωγικής διαδικασίας, όπως π.χ. νερά ψύξης κ.λπ. και εφόσον σε κάθε περίπτωση εξασφαλίζεται η μη επαφή τους με το προϊόν. (ΚΥΑ 191002/2013)

- 5) Τροφοδότηση υδατικών συστημάτων που δεν χρησιμοποιούνται άμεσα για την απόληψη πόσιμου ύδατος. Υπό όρους, η έμμεση ύδρευση επιτρέπεται²⁴

Η επιτρεπόμενη επαναχρησιμοποίηση αυτών των κατηγοριών συνοδεύεται από μία σειρά περιορισμών στον τρόπο που χρησιμοποιείται το ανακτημένο νερό. Ο ρόλος αυτών των περιορισμών είναι να λειτουργήσουν ως επιπρόσθετα προστατευτικά μέτρα από τους δυνητικά επιβλαβείς παράγοντες του ανακτημένου νερού.

Για τις πιθανές χρήσεις, προϋπόθεση είναι η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων σε συγκροτημένη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ). Ως εκ τούτου, η περιβαλλοντική επεξεργασία και η σημειακή επαναχρησιμοποίηση δεν επιτρέπονται από την ελληνική νομοθεσία. Σε κάθε περίπτωση, η ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία είναι δευτέρου βαθμού σε συνδυασμό με απολύμανση. Ορίζονται επίσης, συγκεκριμένες διαδικασίες ελέγχου και αναλύσεων του νερού προς επαναχρησιμοποίηση. Τα επιτρεπόμενα όρια για μικροβιολογικές, χημικές και συμβατικές παραμέτρους αφορούν το νερό εκροής από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Το ανακτημένο νερό πρέπει κατ' ελάχιστον να πληροί τα κριτήρια που θέτει η ΚΥΑ 5673/400/1997 για τις εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Στην ΚΥΑ αυτή ορίζονται κανονικοί και ευαίσθητοι αποδέκτες λυμάτων βάσει συγκεκριμένων οδηγιών. Ο ορισμός του αποδέκτη αφορά και τις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Στον Πίνακα 4.2 που ακολουθεί αποτυπώνονται τα ελάχιστα απαιτούμενα όρια για το ανακτημένο νερό βάσει της ΚΥΑ 5673/400/1997.

²⁴ Η τροφοδότηση υδατικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται έμμεσα για ύδρευση επιτρέπεται, αν τα υδατικά συστήματα αυτά παρέχουν κατά μέσον όρο κάτω των 10 m³ ημερησίως ή εξυπηρετούν λιγότερα από 50 άτομα. (ΠΔ 51/2007, ΚΥΑ 145116/2011)

Πίνακας 4.1: Απαιτήσεις για απορρίψεις από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων. (Πηγή: ΚΥΑ 5673/400/1997)

Παράμετρος Ρύπανσης	Μέγιστο Επιτρεπόμενο Όριο	Ελάχιστη Απαιτούμενη Ποσοστιαία Μείωση
Κανονικοί Αποδέκτες		
BOD ₅ στους 20°C (χωρίς νιτροποίηση)	25 mg/L	70-90%
COD	125 mg/L	75%
SS (για οικισμούς με Ι.Π. άνω των 10.000)	35 mg/L	90%
SS (για οικισμούς με Ι.Π. μεταξύ 2.000 και 10.000)	60 mg/L	70%
Ευαίσθητοι Αποδέκτες (ισχύουν τα ανωτέρω όρια και επιπλέον τα ακόλουθα)		
P _{total} (για οικισμούς με Ι.Π. μεταξύ 10.000 και 100.000)	2 mg/L	80%
P _{total} (για οικισμούς με Ι.Π. άνω των 100.000)	1 mg/L	80%
N _{total} (για οικισμούς με Ι.Π. μεταξύ 10.000 και 100.000)	15 mg/L	70-80%
N _{total} (για οικισμούς με Ι.Π. άνω των 100.000)	10 mg/L	70-80%

Η ελληνική νομοθεσία ομαδοποιεί τους τύπους επαναχρησιμοποίησης έτσι ώστε συγκεκριμένες απαιτήσεις για την ποιότητα του ανακτημένου νερού να ορίζονται ανά ομάδα κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης. Αυτό συνεισφέρει στην απλούστευση του σχεδιασμού συστημάτων επεξεργασίας, τα επεξεργασμένα απόβλητα των οποίων προορίζονται να επαναχρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους.

Στον Πίνακα 4.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα επιτρεπόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης και εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, που δεν χρησιμοποιείται για πόση και με διήθηση διαμέσου κατάλληλου εδαφικού στρώματος, κατά την ελληνική νομοθεσία.

Πίνακας 4.2: Απαιτήσεις για επαναχρησιμοποίηση σε περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης και εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, που δεν χρησιμοποιείται για πόση. (Πηγή: ΚΥΑ 145116/2011)

Τύπος Επαναχρησιμοποίησης	Escherichia Coli (EC/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού της επαναχρησιμοποίησης
<p>Περιορισμένη άρδευση Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δε βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωση της. <u>Άρδευση με καταιονισμό δε θα εφαρμόζεται.</u></p> <p>Βιομηχανική χρήση Νερό ψύξης μιας χρήσης</p> <p>Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν χρησιμοποιούνται άμεσα για την απόληψη πόσιμου ύδατος, με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά</p>	≤ 200 διάμεση τιμή	Σύμφωνα με της επιταγές τις ΚΥΑ 5673/400 /1997	Σύμφωνα με της επιταγές τις ΚΥΑ 5673/400 /1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ^{(α),(β)} και Απολύμανση ^(γ)	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>EC: μία ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Υποσημειώσεις Πίνακα 4.2:

(α) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Άλλα συστήματα που παράγουν εκροή με ισοδύναμη ποιότητα (BOD₅/SS σε συμφωνία με της απαιτήσεις της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97) είναι αποδεκτά, κατόπιν επαρκούς τεκμηρίωσης. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να διατηρούνται

χαμηλότερα από 45 mg/l, με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των υγρών αποβλήτων σε ταμειυτήρες, γίνεται άρδευση ευπρόσβλητων στη νιτρορρύπανση ζωνών ή γίνεται εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα. Στις περιπτώσεις αυτές, οι μέσες συγκεντρώσεις αζώτου πρέπει να μην υπερβαίνουν τα 15 mg/l.

(β) Στην περίπτωση κοινοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2000 ισοδύναμους κατοίκους²⁵ και οικιακών ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας, επιτρέπονται οι τύποι επαναχρησιμοποίησης του Πίνακα 4.1 μετά από εφαρμογή μεθόδων επεξεργασίας, που δεν επιτυγχάνουν για τα BOD5/SS τα όρια της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97, με την προϋπόθεση ότι τεκμηριωμένα εξασφαλίζεται η μη επαφή κοινού και γεωργών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Στις περιπτώσεις των κοινοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας ως μέγιστη διάμεση τιμή *Escherichia coli* τίθενται τα 1000 EC/ 100ml.

(γ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδοι καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη διάμεση συγκέντρωση *Escherichia coli*. Σε κάθε περίπτωση και στο βαθμό που η επεξεργασία συνίσταται στην ελάχιστη απαιτούμενη κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται γινόμενο υπολειμματικού χλωρίου επί χρόνο επαφής (C·t) μεγαλύτερο ή ίσο από 30 mg·min/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 30 min, ενώ για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 70 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 50%.

Στον Πίνακα 4.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα επιτρεπόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους, καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης, κατά την ελληνική νομοθεσία.

²⁵ Μία μονάδα ισοδύναμου πληθυσμού αναλογεί σε διοχέτευση λυμάτων στο αποχετευτικό δίκτυο ίση με 125-150 λίτρα ανά ημέρα. (ΚΥΑ 5673/400/1997)

Πίνακας 4.3: Απαιτήσεις για επαναχρησιμοποίηση σε απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης της. (Πηγή: ΚΥΑ 145116/2011)

Τύπος Επαναχρησιμοποίησης	Escherichia Coli (EC/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού της επαναχρησιμοποίησης
<p>Απεριόριστη άρδευση <i>Συμπεριλαμβάνονται οι καλλιέργειες με οπωροφόρα δένδρα, λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά. <u>Επιτρέπονται όλοι οι μέθοδοι άρδευσης.</u></i></p>	<p>≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤50 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία^(α) και Τριτοβάθμια επεξεργασία και Απολύμανση^(β)</p>	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από ΕΕΛ με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο των 50000 κατοίκων τέσσερις ανά βδομάδα και για ανακτημένο νερό από ΕΕΛ με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 50000 κατοίκων δύο ανά βδομάδα</p> <p>EC: για ανακτημένο νερό από ΕΕΛ με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο των 50000 κατοίκων τέσσερις ανά βδομάδα και για ανακτημένο νερό από ΕΕΛ με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 50000 κατοίκων δύο ανά βδομάδα. Εβδομαδιαία για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένους περιορισμούς σε κατάλληλη εργαστηριακή υποδομή</p> <p>Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>
<p>Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης της χρήσης <i>Επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ</i></p>						

Υποσημειώσεις Πίνακα 4.3:

(α) Ισχύει η σημείωση (α) του Πίνακα 4.2. Στην περίπτωση άρδευσης σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητες λόγω νιτρορρύπανσης

απαιτείται οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/l και 15 mg/l αντίστοιχα.

(β) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση *Escherichia coli* για το 80% των δειγμάτων. Σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%.

Στον Πίνακα 4.4 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα επιτρεπόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις, κατά την ελληνική νομοθεσία.

Πίνακας 4.4: Απαιτήσεις για επαναχρησιμοποίηση για αστική και περιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις. (Πηγή: ΚΥΑ 145116/2011, ΚΥΑ 191002/2013)

Τύπος Επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού της επαναχρησιμοποίησης
<p>Αστική χρήση Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαγιών, συμπύκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά σιντριβάνια. <u>Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται αν υπάρχει διαθέσιμη εναλλακτική.</u></p> <p>Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν χρησιμοποιούνται άμεσα για την απόληψη πόσιμου ύδατος, με γεωτρήσεις.</p> <p>Περιαστικό πράσινο Συμπεριλαμβανομένων των αλσών και των δασών⁽²⁾</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤20 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία^(α) και Προχωρημένη επεξεργασία^(β) και Απολύμανση^(γ)</p>	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από ΕΕΛ με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο των 50000 κατοίκων τέσσερις ανά βδομάδα και για ανακτημένο νερό από ΕΕΛ με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 50000 κατοίκων δύο ανά βδομάδα</p> <p>TC: για ανακτημένο νερό από ΕΕΛ με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο των 50000 κατοίκων επτά ανά βδομάδα και για ανακτημένο νερό από ΕΕΛ με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 50000 κατοίκων τρεις ανά βδομάδα. Δύο ανά βδομάδα για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένους περιορισμούς σε κατάλληλη εργαστηριακή υποδομή</p> <p>Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Υποσημειώσεις Πίνακα 4.4:

(α) Ισχύει η υποσημείωση (α) του Πίνακα 4.2 με την πρόσθετη απαίτηση να επιτυγχάνεται απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης-απονιτροποίησης,

ώστε οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/l και 15 mg/l αντίστοιχα

(β) Κατάλληλο σύστημα μεμβρανών (συνιστάται τουλάχιστον υπερδιήθηση) ή ισοδύναμο σύστημα επεξεργασίας που να επιτυγχάνει τα αναφερόμενα στον Πίνακα 4.4 όρια για το BOD5, τα SS και τη θολότητα. Στην περίπτωση χρήσης βιολογικών αντιδραστήρων μεμβράνης (MBR) είναι δυνατή η συγχώνευση της δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας.

(γ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων για το 80% των δειγμάτων. Σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%. Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη, που συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής να τεκμηριώνεται η επάρκεια, η αποτελεσματικότητα και κυρίως, η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

(δ) Στις περιπτώσεις δασών είναι δυνατή η κατά περίπτωση, μετά από τεκμηρίωση, εφαρμογή των απαιτήσεων του Πίνακα 4.3 ή του Πίνακα 4.2.

Πρέπει να επισημανθεί ότι οι απαιτήσεις μεθόδων επεξεργασίας των Πινάκων 4.2, 4.3 και 4.4 μπορούν να τροποποιηθούν, σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και υπό αυστηρές προϋποθέσεις, κατά την κρίση πάντοτε της αδειοδοτούσας αρχής. (ΚΥΑ 191002/2013)

Ανεξάρτητα από την κατηγορία επαναχρησιμοποίησης, η ελληνική νομοθεσία προσδιορίζει μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων στο ανακτημένο νερό, οι οποίες παρατίθενται στον Πίνακα 4.5 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.5: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων (Πηγή: ΚΥΑ 145116/2011)

Μέταλλο	Μέγιστη Συγκέντρωση (mg/l)
Al (αργίλιο)	5
As (αρσενικό)	0.1
Be (βηρύλλιο)	0.1
Cd (κάδμιο)	0.01
Co (κοβάλτιο)	0.05
Cr (χρώμιο)	0.1
Cu (χαλκός)	0.2
F (φθόριο)	1
Fe (σίδηρος)	3
Li (λίθιο)	2.5
Mn (μαγγάνιο)	0.2
Mo (μολυβδαίνιο)	0.01
Ni (νικέλιο)	0.2
Pb (μόλυβδος)	0.1
Se (σελήνιο)	0.02
V (βανάδιο)	0.1
Zn (ψευδάργυρος)	2
Hg (υδράργυρος)	0.002
B (Βόριο)	2

Για εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 2,000 και οικιακά ιδιωτικά συστήματα επεξεργασίας δεν απαιτείται έλεγχος για τη διαπίστωση τήρησης των ορίων του Πίνακα 4.5. Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του Πίνακα 4.5, λοιπών εγκαταστάσεων, καθορίζεται σε:

- 12 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 200,000 κατοίκους και υγρά βιομηχανικά απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες που δεν εμπίπτουν στις κατηγορίες (ανεξαρτήτως μεγέθους δραστηριότητας) της ΚΥΑ 5673/400/1997
- 4 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 50,000–200,000 κατοίκων
- 2 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10,000–50,000 κατοίκων και υγρά βιομηχανικά απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες που εμπίπτουν στις κατηγορίες (ανεξαρτήτως μεγέθους δραστηριότητας) της ΚΥΑ 5673/400/1997
- 1 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2,000–10,000 κατοίκων

Η ελληνική νομοθεσία παραθέτει και επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων,

τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6. Τα όρια που παρατίθενται είναι ενδεικτικά και επιθυμητά χωρίς να είναι επιτακτικά και η ισχύς τους θα καθορίζεται κατά περίπτωση σε συνάρτηση με την ενδεχόμενη ανάμιξη των ανακτημένων υγρών αποβλήτων με καθαρά νερά, το είδος της καλλιέργειας, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες, τον εξοπλισμό άρδευσης και άλλα στοιχεία της μελέτης άρδευσης. Η προτεινόμενη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του Πίνακα 4.6 καθορίζεται σε 2 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 10,000 κατοίκους και σε 1 ανά έτος για τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα προτεινόμενα αγρονομικά όρια δεν είναι περιοριστικά για τα στοιχεία που αποτελούν θρεπτικά συστατικά για τη χλωρίδα.

Πίνακας 4.6: Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, κατά την ελληνική νομοθεσία. (Πηγή: ΚΥΑ 145116/2011)

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την άρδευση		
		Μηδαμινός	Μικρός-Μέτριος	Μεγάλος
Αλατότητα (επηρεάζει τη διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος)				
$E_{cw}^{(a)}$	Ds/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Ή				
TDS (ολικά διαλυμένα στερεά)	mg/l	<450	450-2000	>2000
Διαπερατότητα				
$SAR^{(β)}= 0-3$ και $E_{cw}= 3-6$		>0.7	0.7-0.2	<0.2
6-12		>1.2	1.2-0.3	<0.3
12-20		>1.9	1.9-0.5	<0.5
20-40		>2.9	2.9-1.3	<1.3
		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Ειδική τοξικότητα ιόντων				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση	SAR	<3	3-9	>9
Καταιονισμός	mg/l	≤70	>70	
Χλωρίοντα (Cl)				
Επιφανειακή άρδευση	mg/l	<140	140-350	>350
Καταιονισμός	mg/l	≤100	>100	
Της επιπτώσεις				
Άζωτο (NO_3-N) ^(γ)	mg/l	≤5	5-30	>30
HCO_3 (μόνο για άρδευση με καταιονισμό)	mg/l	<90	90-500	>500
Ph		Τυπικό Διάστημα 6.5-8.5		

Υποσημειώσεις Πίνακα 4.6:

(α): E_{sw} ηλεκτρική αγωγιμότητα σε deciSiemens ανά μέτρο της 25°C

(β): SAR βαθμός απορρόφησης νατρίου

(γ): NO₃-N νιτρικό άζωτο σε όρους αζώτου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα νομοθετικά πλαίσια για την επαναχρησιμοποίηση περιέχουν και προβλέψεις για διάφορα διοικητικά ζητήματα στις αδειοδοτήσεις και κυρώσεις, τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο βαθμό προώθησης της επαναχρησιμοποίησης. Οι προβλέψεις της ελληνικής νομοθεσίας για τα ζητήματα αυτά, είναι ιδιαίτερα αυστηρές και πολύπλοκες. Σε συνδυασμό με τα χρόνια προβλήματα γραφειοκρατίας που αντιμετωπίζει η ελληνική διοίκηση, τίθενται σημαντικά εμπόδια στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα.

Πρέπει να επισημανθεί ότι έως και σήμερα, δεν αντιμετωπίζεται από την ελληνική νομοθεσία η οικονομική διάσταση της επαναχρησιμοποίησης, καθώς δεν καθορίζονται πρόστιμα ή περιορισμοί για τη μη χρήση ανακτημένου νερού, ούτε επιβάλλονται απαγορεύσεις για τη χρήση φρέσκου νερού σε συγκεκριμένες δραστηριότητες, ούτε καθορίζονται χαμηλότερες τιμές για το ανακτημένο νερό συγκριτικά με το φρέσκο από την εθνική νομοθεσία.

4.2.3 Συμπεράσματα

Η Ελλάδα αντιμετωπίζει προκλήσεις τοπικής λειψυδρίας λόγω γεωγραφίας και εποχικής λειψυδρίας λόγω κλίματος και τουρισμού. Οι προκλήσεις αυτές αναμένεται να γίνουν μεγαλύτερες στο μέλλον λόγω κλιματικής αλλαγής και υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφορέων. Παρόλα αυτά, η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη διαχείριση υδατικών πόρων είναι περιορισμένη, παρόλο που το συντριπτικό μέρος των λυμάτων καταλήγει σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Το φαινόμενο αυτό έχει πολλά αίτια, όπως το ότι η νομοθεσία που διέπει την επαναχρησιμοποίηση είναι σχετικά πρόσφατη, το ότι οι ΕΕΛ δε σχεδιάστηκαν να εξυπηρετούν εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης και το ότι η κοινωνική αποδοχή για την επαναχρησιμοποίηση είναι περιορισμένη. Αναλύοντας επίσης το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο, δεν προκύπτει ότι οι απαιτήσεις για την ποιότητα του ανακτημένου νερού αποτελούν ιδιαίτερα περιοριστικό παράγοντα.

Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι α) επιτρέπονται πολλές κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης, ακόμα και η έμμεση ύδρευση υπό προϋποθέσεις, β) οι ποιοτικές απαιτήσεις είναι διαχωρισμένες ανά κατηγορία επαναχρησιμοποίησης, γ) επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση αστικών και βιομηχανικών λυμάτων πολλών κατηγοριών και δ) οι ποιοτικές απαιτήσεις είναι εφικτές από την

υφιστάμενη υποδομή, με εξαίρεση ίσως τις μικροβιολογικές απαιτήσεις. Επίσης, οι νομοθετικές επιταγές δεν είναι απόλυτες και δύσκαμπτες, αναγνωρίζοντας τη δυνατότητα παράκαμψης των ποιοτικών απαιτήσεων σε συγκεκριμένες περιπτώσεις που μπορεί να τεκμηριωθεί ότι δε δημιουργείται κίνδυνος για τη δημόσια υγεία.

Περιοριστικοί παράγοντες για την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης που πηγάζουν από το νομοθετικό πλαίσιο είναι ότι α) είναι ιδιαίτερα απαιτητική και πολύπλοκη η διοικητική διάσταση της επαναχρησιμοποίησης, β) δεν είναι σαφώς ορισμένες οι απαιτούμενες διαδικασίες για σημειακή επαναχρησιμοποίηση και γ) δεν αντιμετωπίζεται η οικονομική διάσταση της επαναχρησιμοποίησης και άρα δεν υπάρχουν σαφώς ορισμένα οικονομικά κίνητρα για εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης.

Χρήσιμα συμπεράσματα για το νομοθετικό πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης της Ελλάδας θα εξαχθούν και στο επόμενο υποκεφάλαιο, όπου θα γίνει μία πρώτη σύγκριση των ευρωπαϊκών νομοθετικών πλαισίων, αλλά και στο Κεφάλαιο 5 όπου θα πραγματοποιηθεί συγκριτική αξιολόγηση όλων των εξεταζόμενων πλαισίων.

4.3 Κράτη – Μέλη της Ε.Ε. με Νομοθετικό Πλαίσιο Επαναχρησιμοποίησης

Τα κράτη – μέλη στην Ε.Ε., στα οποία η επαναχρησιμοποίηση αποτελεί κοινή πρακτική και διέπεται από εθνικές νομοθεσίες, είναι η Ελλάδα, η Κύπρος, η Γαλλία, η Ισπανία, η Ιταλία, και η Πορτογαλία. Το νομοθετικό πλαίσιο της Ελλάδας παρατέθηκε στην προηγούμενη υποενότητα. Σε αυτή την υποενότητα θα μελετηθούν οι νομοθετικές προβλέψεις των υπόλοιπων κρατών – μελών που αναφέρθηκαν, τα οποία όπως παρατηρείται είναι όλα κράτη μεσογειακών χωρών. Η μελέτη αυτή θα γίνει έμμεσα, μέσω μελέτης της διαθέσιμης βιβλιογραφίας που εξετάζει τα νομοθετικά πλαίσια αυτά.

4.3.1 Γενικά Στοιχεία

4.3.1.1 Κύπρος (Κυπριακή Δημοκρατία)

Η Κύπρος είναι νησί της Ανατολικής Μεσογείου και αποτελεί την επικράτεια του κυρίαρχου κράτους της Κυπριακής Δημοκρατίας. Σημαντικό τμήμα της Κύπρου τελεί υπό κατοχή και ως εκ τούτου η δικαιοδοσία της Κυπριακής Δημοκρατίας καλύπτει μόνο *de jure* ολόκληρο το νησί, πλην τεσσάρων μικρών αποσπασμένων τμημάτων τα οποία είναι βρετανικής κυριαρχίας. Η *de facto* δικαιοδοσία της Κυπριακής Δημοκρατίας, καλύπτει περίπου το 59.7% της επιφάνειας της Κύπρου στα δυτικά και νότια. (Ο.Η.Ε. 550/1984)

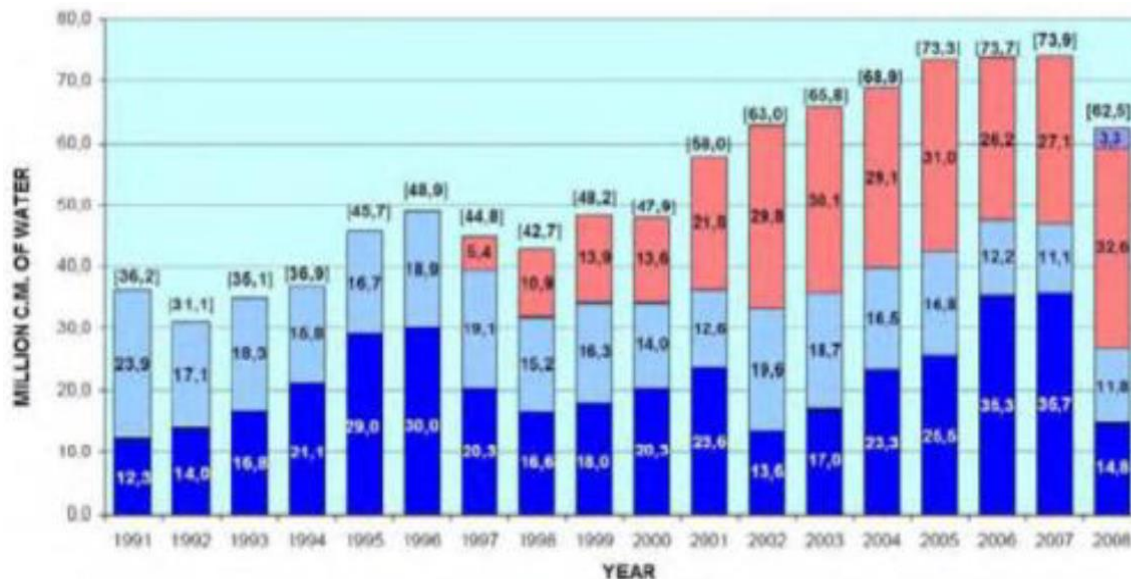
Λόγω κλιματικών, μορφολογικών και γεωλογικών παραγόντων, το νησί της Κύπρου εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη βροχόπτωση για την εξασφάλιση των απαιτούμενων υδατικών πόρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων να είναι και περιορισμένη και εξαιρετικά ευάλωτη σε περιόδους ξηρασίας. Λόγω της γεωγραφικής θέσης του νησιού και της κλιματικής αλλαγής, οι περίοδοι ξηρασίας είναι συχνές και έντονες. (Kirhensteine et al., 2016)

Επίσης, η Κύπρος είναι ένα νησί που υποδέχεται μεγάλες τουριστικές κινήσεις κατά τους θερινούς μήνες, κάτι το οποίο οδηγεί σε εποχική περαιτέρω πίεση στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων. Οι αρδευτικές ανάγκες ακόμα και στην περίπτωση της Κύπρου, είναι οι μεγαλύτερες σε σχέση με όλα τα άλλα είδη ζήτησης νερού. Από το σύνολο των διαθέσιμων υδατικών πόρων, σχεδόν το 80% χρησιμοποιείται σε εφαρμογές άρδευσης. (ΤΥΡΡΑ, 2013)

Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα η Κυπριακή Δημοκρατία να έχει το μεγαλύτερο κλάσμα ζήτησης/διαθεσιμότητας υδατικών πόρων από όλα τα άλλα κράτη – μέλη της Ε.Ε.. (Eurostat, 2016)

Αυτή η δυσμενής πρωτιά οδήγησε την Κυπριακή Δημοκρατία να αναζητήσει νέες προσεγγίσεις στο ζήτημα της διαχείρισης υδατικών πόρων. Συγκεκριμένα εγκαθίδρυσε την εθνική πολιτική «ούτε σταγόνα νερού στη θάλασσα» ενθαρρύνοντας τη μέγιστη εκμετάλλευση της εκροής φραγμάτων και των προοπτικών της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων. (Sofroniou, Bishop, 2014) Ως αποτέλεσμα της πολιτικής αυτής στην Κύπρο περίπου το 90% των επεξεργασμένων λυμάτων επαναχρησιμοποιείται. Το 2011, 12 εκατομμύρια m³ ανακτημένου νερού επαναχρησιμοποιήθηκαν στην άρδευση και 2.2 εκατομμύρια m³ ανακτημένου νερού επαναχρησιμοποιήθηκαν για τον εμπλουτισμό υδροφορέων. (Kirhensteine et al., 2016)

Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζεται η προέλευση των υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται στην Κύπρο ανά έτος και αποδεικνύεται η τεράστια συνεισφορά της επαναχρησιμοποίησης στην αντιμετώπιση των προκλήσεων της λειψυδρίας.



Εικόνα 4.1: Προέλευση υδατικών πόρων της Κύπρου ανά έτος (Μπλε= φρέσκο νερό, Γαλάζιο= γεωτρήσεις, Ροζ= επαναχρησιμοποίηση, Γκρι= μεταφορά νερού από την Ελλάδα). (Πηγή: Deloitte, 2015)

Συμπερασματικά, η Κυπριακή Δημοκρατία λόγω των προκλήσεων λειψυδρίας που αντιμετωπίζει έχει πρωτοπορήσει στην προώθηση και εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης. Λόγω αυτού, η εξέταση του νομοθετικού πλαισίου που διέπει την επαναχρησιμοποίηση στην Κύπρο είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Το νομοθετικό πλαίσιο αυτό διέπει ταυτόχρονα τη διάθεση υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον και την επαναχρησιμοποίηση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στην Κύπρο υπάρχει νομοθεσία που ορίζει την τιμολογιακή πολιτική του νερού και στην οποία τίθενται ιδιαίτερα ελκυστικές τιμές για το ανακτημένο νερό.

4.3.1.2 Γαλλία

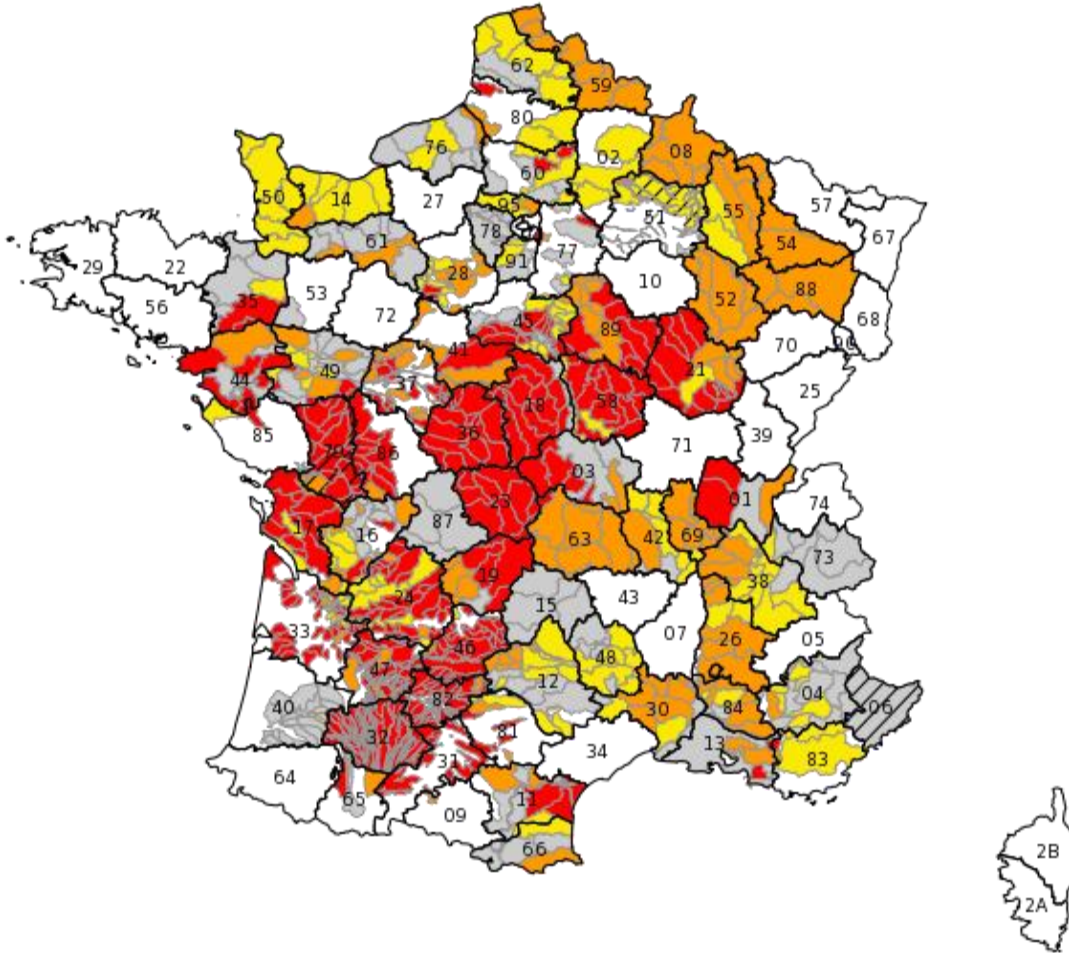
Η Γαλλία είναι χώρα της δυτικής Ευρώπης, που απαρτίζεται από 18 περιοχές τοπικής αυτοδιοίκησης, πέντε από τις οποίες είναι υπερπόντιες. Είναι ένα από τα ιδρυτικά κράτη – μέλη της Ε.Ε., μόνιμο μέλος του Συμβουλίου Ασφαλείας του Ο.Η.Ε., ενώ η αγροτική και βιομηχανική της παραγωγή είναι από τις μεγαλύτερες στον κόσμο. (Encyclopedia Britannica, 2019^β) Ο συνολικός πληθυσμός της Γαλλίας εκτιμάται ότι το 2019 ήταν 67,028,048 (Eurostat, 2019^β), ενώ η οικονομία της είναι η έβδομη μεγαλύτερη στον κόσμο και η Τρίτη μεγαλύτερη εντός της Ε.Ε.. (ΔΝΤ, 2017)

Το κλίμα της Γαλλίας παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δυτικών και βορειοδυτικών περιοχών που βρέχονται από τον Ατλαντικό Ωκεανό, των κεντρικών και ανατολικών ηπειρωτικών περιοχών και των νοτιοανατολικών που βρέχονται από τη Μεσόγειο Θάλασσα. (Kottek et al., 2006)

Τα τελευταία είκοσι χρόνια η Γαλλία πλήττεται από ξηρασία, η οποία παραδόξως πλήττει σε μεγαλύτερο βαθμό τις περιοχές που διαχρονικά δέχονταν τα μεγαλύτερα ύψη βροχής, δηλαδή πολλές περιοχές της δυτικής και βορειοδυτικής Γαλλίας. Το ενδιαφέρον στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης, που ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1990, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην τεράστια ζήτηση για υδατικούς πόρους και όχι στην περιορισμένη διαθεσιμότητα, όπως στην περίπτωση της Κύπρου. Το βασικό αίτιο της υπέρμετρης ζήτησης είναι οι κολοσσιαίες απαιτήσεις υδατικών πόρων από την αγροτική παραγωγή. Οι απαιτήσεις της βιομηχανικής παραγωγής τα τελευταία χρόνια μειώνονται και οι απαιτήσεις οικιστικών χρήσεων έχουν σταθεροποιηθεί. (ΤΥΨΑ, 2013)

Οι αρδευτικές ανάγκες διαφοροποιούνται σημαντικά ανά περιοχή. Εξαρτώνται από την καλλιέργεια, το τοπικό κλίμα, το μοντέλο άρδευσης και την υποδομή άρδευσης. Η μεγαλύτερη ζήτηση για υδατικούς πόρους με σκοπό την άρδευση προκύπτει από τις περιοχές της νοτιοδυτικής Γαλλίας και από τις περιοχές γύρω από το Παρίσι. Το τοπικό κλίμα που στις νότιες περιοχές είναι ιδιαίτερα ξηρό το καλοκαίρι, τα τεράστια αστικά κέντρα, οι τεράστιες αρδευτικές ανάγκες και η περιοδική ξηρασία έχουν οδηγήσει τις γαλλικές αρχές να επιβάλλουν μόνιμους περιορισμούς άρδευσης σε 20 τμήματα της γαλλικής επικράτειας και προσωρινούς περιορισμούς σε πάνω από 60 τμήματα το 2003, το 2005 και το 2011. (Kirhensteine et al., 2016)

Στην Εικόνα 4.2 που ακολουθεί, φαίνονται τα τμήματα της Γαλλίας στα οποία έχει επιβληθεί απόλυτος περιορισμός άρδευσης χωρίς άδεια με κόκκινο χρώμα, ποσοτικός περιορισμός άρδευσης με πορτοκαλί χρώμα και περιορισμός ανά εφαρμογή άρδευσης με κίτρινο χρώμα κατά την 28^η Οκτωβρίου 2019.



Εικόνα 4.2: Περιορισμοί Άρδευσης στη Γαλλία λόγω λειψυδρίας (Πηγή: Propiuvia, 2019)

Οι τεράστιες ποσότητες νερού που καταναλώνονται για την άρδευση επηρεάζουν αρνητικά και την ποιότητα του διαθέσιμου νερού στους υπόγειους υδροφορείς, κυρίως λόγω νιτρικών και εντομοκτόνων. (CGDD, 2014) Αυτό δημιουργεί επιπλέον πίεση στο ισοζύγιο ζήτησης-διαθεσιμότητας υδατικών πόρων καθώς σημαντικές ποσότητες φρέσκου νερού είναι ακατάλληλες για συγκεκριμένες χρήσεις.

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, παρόλο που μπορεί να συνεισφέρει στην αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων, παραμένει σε χαμηλά επίπεδα στη Γαλλία. Τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα για τον όγκο επαναχρησιμοποιούμενου νερού είναι από το 2007 και ανέρχονται σε 19,200 m³/ημέρα. Το 2015 λειτουργούν περίπου 40 συστήματα επαναχρησιμοποίησης στη Γαλλία, τα περισσότερα εκ των οποίων αφορούν την άρδευση. (Deloitte, 2015)

Στη βιομηχανία η επαναχρησιμοποίηση είναι πιο εκτεταμένη, εκμεταλλεύομενη την διαθέσιμη τεχνολογία και υποδομή για επεξεργασία λυμάτων. Οι

βιομηχανικές εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης κατά κύριο λόγο αφορούν τα βιομηχανικά λύματα και δεν εμπλέκονται με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

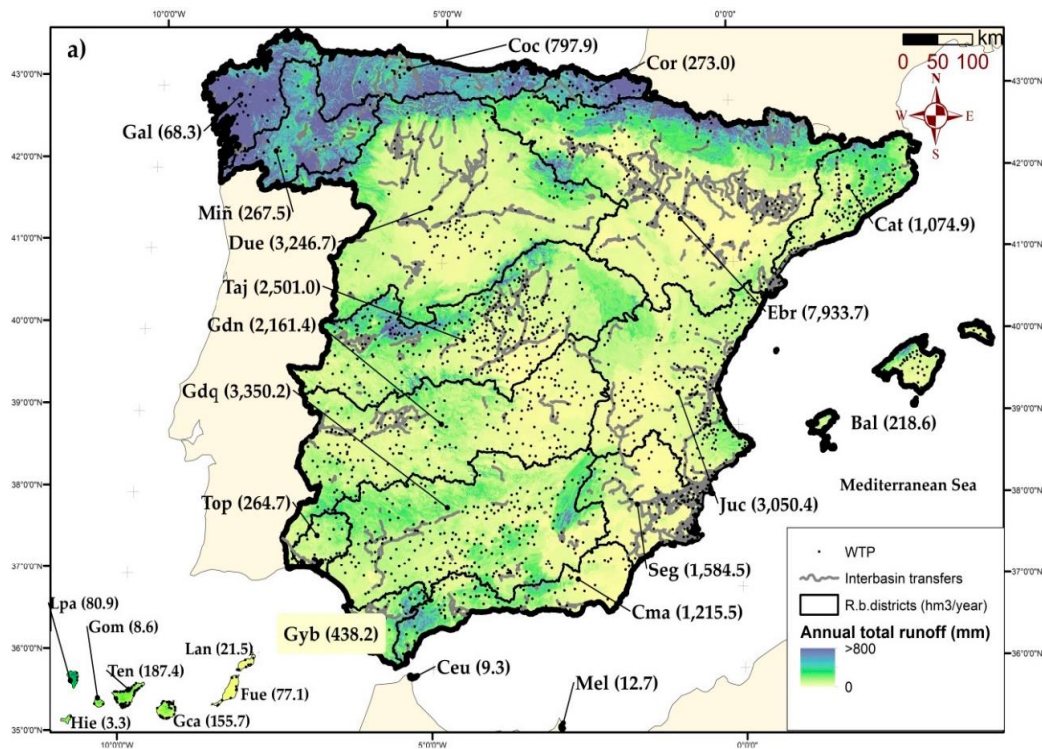
Η υδρευτική, αρδευτική και αποχετευτική υποδομή της Γαλλίας είναι εκτεταμένη και σε πολύ καλή κατάσταση. Επίσης, η επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων είναι κοινή πρακτική, με αποτέλεσμα το συντριπτικό ποσοστό των λυμάτων να επιδέχονται επεξεργασία πριν τη διάθεση τους στο περιβάλλον. Όλα αυτά συνηγορούν στο ότι υπάρχουν τεράστιες παροχές επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων διαθέσιμες προς επαναχρησιμοποίηση. (Angelakis et al., 2007)

Στη Γαλλία η επαναχρησιμοποίηση είναι και αναγκαία και εφικτή, όμως στην πράξη είναι ακόμα και σήμερα περιορισμένη.

4.3.1.3 Ισπανία

Η Ισπανία είναι ευρωπαϊκή χώρα που αποτελείται από το ηπειρωτικό μέρος που βρίσκεται στην ιβηρική χερσόνησο, τα Κανάρια Νησιά που βρίσκονται στον Ατλαντικό Ωκεανό, τις Βαlearίδες Νήσους που βρίσκονται στη Μεσόγειο Θάλασσα και κάποια μικρά αποσπασμένα τμήματα στη Βόρεια Αφρική. Η συνολική έκταση της Ισπανίας είναι 505,990 km², η δεύτερη μεγαλύτερη έκταση χώρας στη Ευρωπαϊκή Ένωση. (CIA, 2019) Ο πληθυσμός ανέρχεται, σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2018 σε 46,733,038, ο πέμπτος μεγαλύτερος πληθυσμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (Eurostat, 2019^γ)

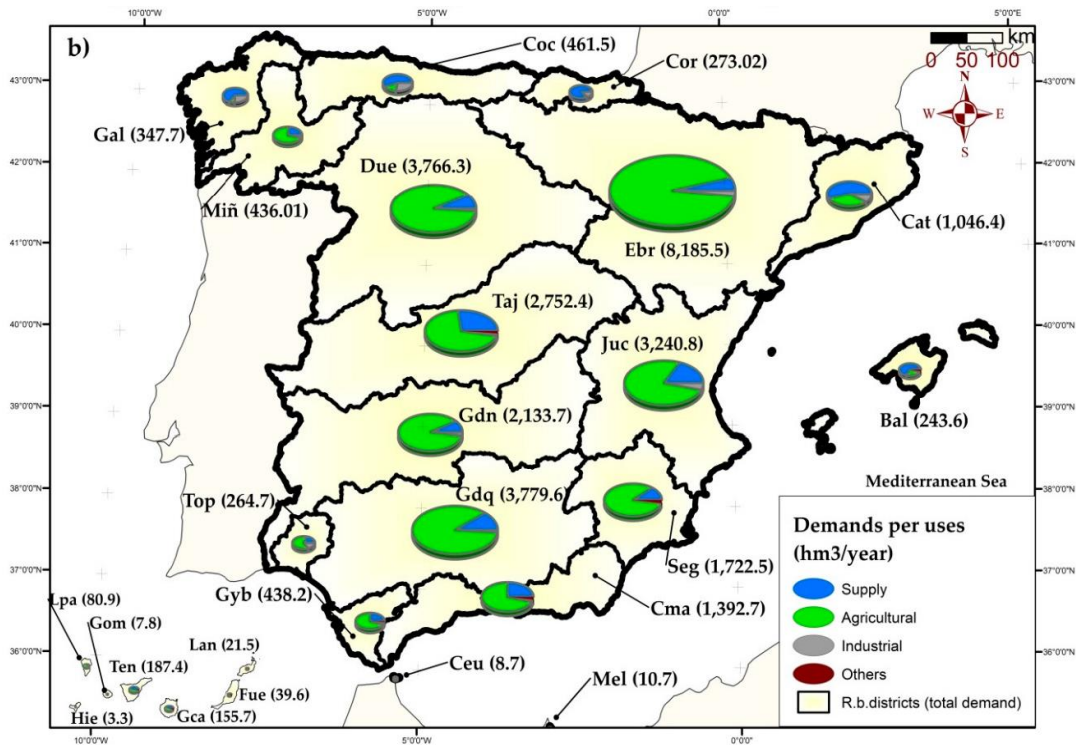
Το κλίμα της Ισπανίας είναι κατά κύριο λόγο μεσογειακό, αν και συγκεκριμένες περιοχές της έχουν ημίξηρο κλίμα με σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά ετήσιας βροχόπτωσης. Στις βόρειες περιοχές που βρέχονται από τον Ατλαντικό Ωκεανό, επικρατεί ωκεάνιο κλίμα. (Kottek et al., 2006) Στην Εικόνα 4.3 παρουσιάζεται χάρτης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης της Ισπανίας και στον οποίο φανερώνονται οι κλιματικές διαφορές που επικρατούν.



Εικόνα 4.3: Χάρτης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης της Ισπανίας. (Πηγή: Jodar-Abellan et al., 2019)

Λόγω των κλιματικών χαρακτηριστικών της νότιας και κεντρικής Ισπανίας, η εισροή φρέσκου νερού από βροχόπτωση είναι περιορισμένη, ειδικά τους θερινούς μήνες. Στη νοτιοανατολική Ισπανία, ως συνέπεια των κλιματικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών, αλλά και λόγω της ανάπτυξης μεγάλων αστικών περιοχών, η ζήτηση για υδατικούς πόρους έχει ξεπεράσει τη διαθεσιμότητα σε φυσικούς υδατικούς πόρους.

Η ζήτηση για υδατικούς πόρους της νότιας και κεντρικής Ισπανίας, απορρέει κατά κύριο λόγο από τις ανάγκες άρδευσης, αλλά και από τις αστικές ανάγκες σε σημαντικό βαθμό. Οι αστικές ανάγκες προκύπτουν από τη συσσώρευση πληθυσμών σε αστικά κέντρα στα παράλια της Μεσογείου, αλλά και από τον τουρισμό που είναι εξαιρετικά ανεπτυγμένος στις περιοχές αυτές. Στην Εικόνα 4.4 που ακολουθεί αποτυπώνονται τα ποσοστά ζήτησης υδατικών πόρων ανά κατηγορία χρήσης για τις περιοχές πολλές Ισπανίας. (Jodar-Abellan et al., 2019)



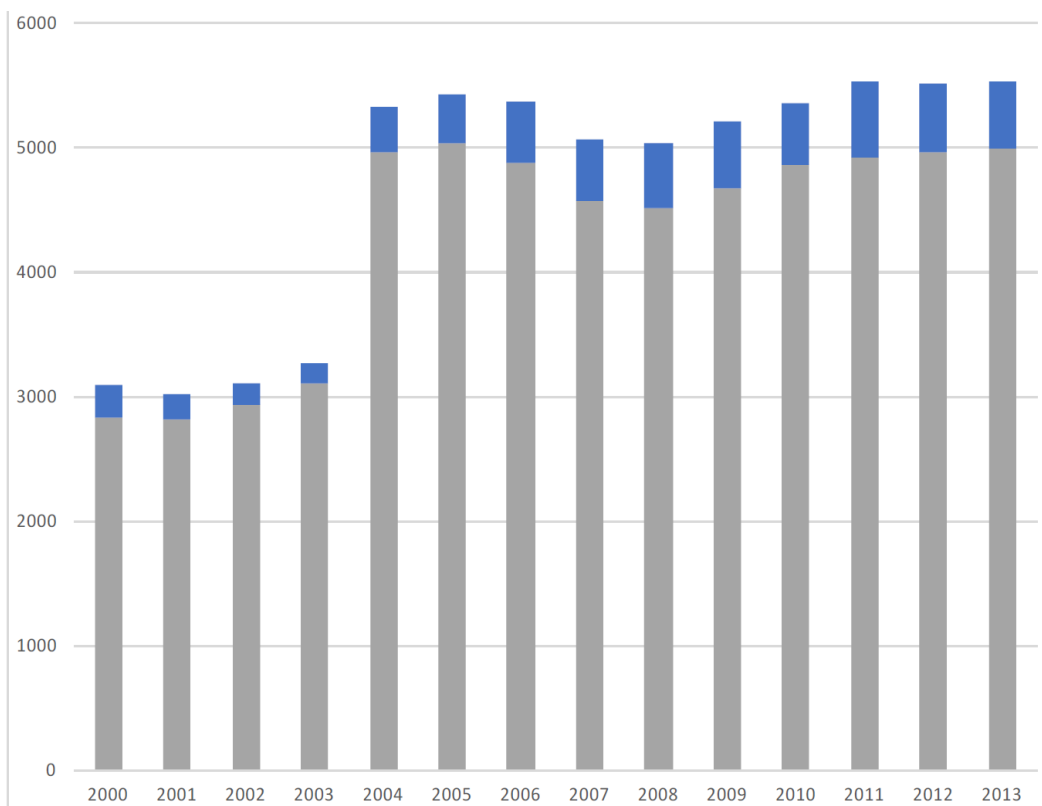
Εικόνα 4.4: Ζήτηση υδατικών πόρων ανά κατηγορία χρήσης σε περιοχές της Ισπανίας. (Πηγή: Jodar-Abellan et al., 2019)

Η Ισπανία στην προσπάθεια εκπλήρωσης των υδατικών της αναγκών, αποσύρει πολύ μεγάλες ποσότητες από υπόγειους υδροφορείς μέσω γεωτρήσεων, μία πρακτική όμως που δεν είναι βιώσιμη. Επίσης, έχει επενδύσει σε εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, οι οποίες όμως είναι εξαιρετικά κοστοβόρες ενεργειακά και μπορούν να παράσχουν υδατικούς πόρους μόνο σε περιοχές κοντά στη θάλασσα. Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, η οποία εφαρμόζεται σε σημαντικό βαθμό στην Ισπανία δείχνει να αποτελεί τη μοναδική βιώσιμη λύση στα προβλήματα λειψυδρίας που αντιμετωπίζει.

Το ανακτημένο νερό χρησιμοποιήθηκε το 2014 στην Ισπανία στην αγροτική παραγωγή (41%), σε αστικές χρήσεις (31%), στη βιομηχανία (12%) και σε διάφορες άλλες εφαρμογές όπως περιβαλλοντική ανάπλαση (16%). (Navarro, 2018)

Η επαναχρησιμοποίηση στην Ισπανία δεν είναι μόνο εξαιρετικά αναγκαία αλλά είναι και εφικτή, καθώς διαθέτει την κατάλληλη υποδομή και τεχνογνωσία για επεξεργασία λυμάτων και διάθεση του ανακτημένου νερού στις κατάλληλες χρήσεις. Παρόλο που η Ισπανία είναι από τις χώρες που έχουν πρωτοπορήσει στο ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης, υπάρχουν ακόμα πολλές ανεκμετάλλευτες προοπτικές. (Kirhensteine et al., 2016)

Στην Εικόνα 4.5 φαίνεται η ποσότητα ανά έτος ($\text{hm}^3/\text{έτος}$) των επεξεργασμένων λυμάτων που δεν επαναχρησιμοποιούνται (γκρι) και η ποσότητα αυτών που επαναχρησιμοποιούνται (μπλε).



Εικόνα 4.5: Ετήσιες ποσότητες επεξεργασμένων λυμάτων που δεν επαναχρησιμοποιούνται και ετήσιες ποσότητες επεξεργασμένων λυμάτων που επαναχρησιμοποιούνται. (Πηγή: INE, 2015)

Προς αυτή την κατεύθυνση η Ισπανία εφαρμόζει πολιτικές και νομοθεσίες που στόχο έχουν την περαιτέρω προώθηση της επαναχρησιμοποίησης. Για παράδειγμα, η ισπανική νομοθεσία απαγορεύει εκ νόμου τη χρήση φρέσκου νερού για πότισμα περιαστικών εκτάσεων αναψυχής στα γήπεδα γκολφ και προσπαθεί εν γένει να δώσει οικονομικά κίνητρα για την προτίμηση του ανακτημένου νερού σε διάφορες εφαρμογές. (Navarro, 2018)

4.3.1.4 Ιταλία

Η Ιταλία είναι χώρα της Μεσογείου, που απαρτίζεται από την ιταλική χερσόνησο, από την περιοχή νότια των Άλπεων και από τα νησιά της Σικελίας και Σαρδηνίας. Η συνολική της έκταση είναι $301,340 \text{ km}^2$ και ο πληθυσμός της, σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2018, είναι 60,359,546. (Encyclopedia Britannica, 2019')

Σήμερα, η Ιταλία θεωρείται ένα από τα πιο ανεπτυγμένα κράτη του κόσμου, με την οικονομία της να είναι η όγδοη μεγαλύτερη στον κόσμο και η τρίτη

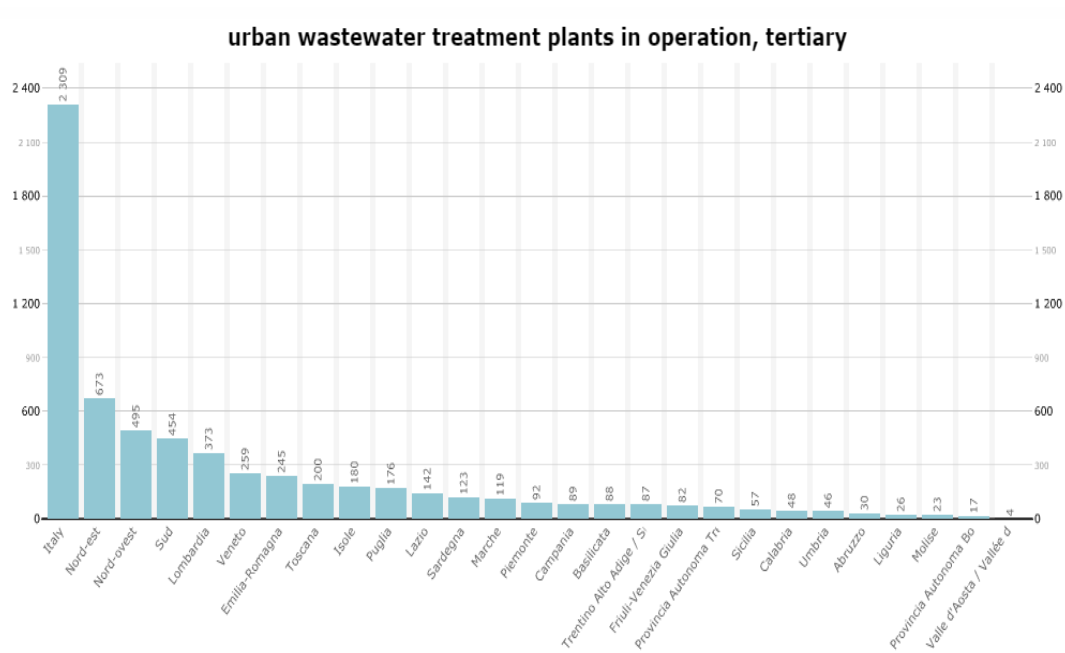
μεγαλύτερη εντός της ευρωζώνης, βάσει κατά κεφαλήν εισοδήματος. (ΔΝΤ, 2017) Οι βασικές οικονομικές δραστηριότητες της Ιταλίας είναι η αγροτική παραγωγή, η βαριά βιομηχανία αυτοκινήτων και μηχανημάτων, η μεταποιητική βιομηχανία και ο τουρισμός. Πρέπει να επισημανθεί ότι υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ βόρειας και νότιας Ιταλίας στην οικονομική ανάπτυξη και στη σύνθεση των παραγωγικών δραστηριοτήτων, με τις περισσότερες βιομηχανίες να είναι συγκεντρωμένες στη βόρεια Ιταλία. Στη νότια Ιταλία, η οικονομία βασίζεται στην αγροτική παραγωγή και στον τουρισμό. (Oliveira, Guerriero, 2018)

Οι διαφοροποιήσεις μεταξύ Βορρά και Νότου επεκτείνονται και στο κλίμα και τη μορφολογία, με αποτέλεσμα από τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της Ιταλίας το 59.1% να είναι στο Βορρά, 18.2% στο κέντρο, 18.2% στο Νότο και 4.5% στα νησιά της Ιταλίας. Η χαμηλή τοπική διαθεσιμότητα δεν οφείλεται μόνο στο κλίμα και τη μορφολογία. Οφείλεται εξίσου στην ελλειμματική υποδομή και τη μικρή χωρητικότητα των υφιστάμενων αποθηκευτικών συστημάτων. Η Ιταλία λοιπόν αντιμετωπίζει σοβαρές προκλήσεις τοπικής λειψυδρίας, οι οποίες στο Νότο έχουν ως αποτέλεσμα συχνές περιόδους ξηρασίας και περιορισμών στη χρήση νερού.

Η ποιότητα των διαθέσιμων υδατικών πόρων της Ιταλίας είναι επίσης προβληματική. Η βιομηχανική μόλυνση στο Βορρά και η μόλυνση από εντομοκτόνα και λιπάσματα στην αγροτική παραγωγή στο Νότο, σε συνδυασμό με την πρακτικά ανεξέλεγκτη υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων σε όλη τη χώρα, έχουν υποβαθμίσει σημαντικά την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Τα τελευταία χρόνια η υποβάθμιση των επιφανειακών υδάτων έχει περιοριστεί αλλά όχι και των υπόγειων. (Kirhensteine et al., 2016)

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων μπορεί να δώσει λύσεις τόσο στην ποιοτική υποβάθμιση του νερού όσο και στην τοπική λειψυδρία. Ως εκ τούτου, η Ιταλία έχει εκδώσει νομικό πλαίσιο για την επαναχρησιμοποίηση, ήδη από το 1977, το οποίο όμως ήταν ιδιαίτερα περιοριστικό. Το 2003 εξέδωσε νέες νομοθετικές διατάξεις που διέπουν το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης στην αγροτική παραγωγή, στη βιομηχανία και στις αστικές περιοχές. (Deloitte, 2015)

Σήμερα στην Ιταλία, τόσο τα αστικά όσο και τα βιομηχανικά απόβλητα επεξεργάζονται και υπάρχουν πολλές μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, οι οποίες επιδέχονται τρίτοβάθμια επεξεργασία. Στην Εικόνα 4.6 που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο αριθμός εγκαταστάσεων τρίτοβάθμιας επεξεργασίας, στην Ιταλία συνολικά και ανά περιοχή.



Εικόνα 4.6: Αριθμός εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και βαθμός επεξεργασίας που παρέχουν ανά περιοχή και συνολικά στην Ιταλία. (Πηγή: ISTAT, 2019)

Στην Ιταλία το 50% της ζήτησης για υδατικούς πόρους προκύπτει από την αγροτική παραγωγή, το 19% από τις οικιακές χρήσεις και το 17% από τη βιομηχανία. Στη βιομηχανία, ζήτηση για νερό προκύπτει συγκεκριμένα από τον τομέα της παραγωγής ενέργειας κατά 15% της συνολικής ζήτησης νερού. Αυτές οι χρήσεις υδατικών πόρων αποτελούν ευνοϊκά πεδία επαναχρησιμοποίησης. (Kirhensteine et al., 2016)

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι υπάρχουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις για να αποτελέσει η επαναχρησιμοποίηση βασικό πυλώνα του συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων, κάτι που όμως δε συμβαίνει σήμερα στην Ιταλία. Τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην αγροτική παραγωγή, ενώ σε άλλες κατηγορίες η επαναχρησιμοποίηση είναι περιορισμένη. (Kirhensteine et al., 2016)

4.3.1.5 Πορτογαλία

Η Πορτογαλία είναι χώρα της ιβηρικής χερσονήσου, αποτελώντας το πιο δυτικό κράτος της ηπειρωτικής Ευρώπης. Μέρος της Πορτογαλίας είναι επίσης το αρχιπέλαγο των Αζόρων και της Μαδέρα που βρίσκονται στον Ατλαντικό ωκεανό. Η έκταση της Πορτογαλίας είναι 92,212 km² και ο πληθυσμός της, σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2018, είναι 10,276,617. Η οικονομία της Πορτογαλίας βασίζεται στην αγροτική παραγωγή, τον τουρισμό και την ιχθυοπαραγωγή. (Encyclopedia Britannica, 2019^δ)

Στο εσωτερικό της ηπειρωτικής χώρας και κατά μήκος των συνόρων με την Ισπανία η μορφολογία είναι ορεινή – ημιορεινή. Παρόλο που η Πορτογαλία δε βρέχεται από τη Μεσόγειο Θάλασσα, αλλά από τον Ατλαντικό Ωκεανό, το κλίμα της χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, με εξαίρεση τα βόρεια και βορειοδυτικά παράλια που το κλίμα είναι ωκεάνιο. (Kottek et al., 2006) Οι περιοχές με μεσογειακό κλίμα πλήττονται από περιόδους ξηρασίας οι οποίες λόγω κλιματικής αλλαγής αναμένονται να γίνουν πιο έντονες. Τα επιφανειακά ύδατα λόγω χαμηλών βροχοπτώσεων ειδικά κατά τους θερινούς μήνες, δεν επαρκούν για την κάλυψη των υδροδοτικών αναγκών. (Angelakis et al., 2007)

Προς αντιμετώπιση της τοπικής και εποχικής λειψυδρίας, το σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων της Πορτογαλίας βασίζεται στην εκτεταμένη αποθήκευση νερού, ενώ γίνεται προσπάθεια να εκπληρωθούν οι προοπτικές της οργανωμένης και συντεταγμένης επαναχρησιμοποίησης. Οι προοπτικές αυτές είναι ευοίωνες, καθώς σημαντικό μέρος των υγρών αποβλήτων της Πορτογαλίας επεξεργάζονται πριν τη διάθεση τους στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, πάνω από το 90% των λυμάτων επιδέχεται επεξεργασία από ΕΕΛ. Επίσης, οι κύριες απαιτήσεις για υδατικούς πόρους προέρχονται από την αγροτική παραγωγή που αποτελεί ευνοϊκό πεδίο επαναχρησιμοποίησης. (Marecos do Monte, 2010)

Παρόλα αυτά, βάσει στοιχείων του 2011 μόνο 6.1 Mm³ λυμάτων επαναχρησιμοποιήθηκαν. Από την ποσότητα αυτή δε, το 89% επαναχρησιμοποιήθηκε από τις επιχειρήσεις επεξεργασίας λυμάτων για εσωτερικούς σκοπούς και μόνο το 11% παροχετεύτηκε για επαναχρησιμοποίηση σε άλλους δέκτες. (ΤΥΡΡΑ, 2013)

4.3.1.6 Νομοθετικά Πλαίσια

Τα νομοθετικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης των κρατών – μελών της Ε.Ε., έχουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο που διαρθρώνονται, στο εύρος των ζητημάτων που διέπουν αλλά και στις απαιτήσεις που προβάλλουν για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Μέσα από την παρουσίαση και μελέτη των στοιχείων των νομοθεσιών αυτών, θα εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για το κανονιστικό πλαίσιο που διέπει την επαναχρησιμοποίηση στην Ευρώπη. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, θα εξεταστούν κατά κύριο λόγο τα απαιτούμενα πρότυπα του ανακτημένου νερού.

Τα πρότυπα της Ελλάδας, της Κύπρου, της Γαλλίας, της Ισπανίας και της Ιταλίας περιέχονται στα νομοθετικά τους πλαίσια ως απαιτητέα. Στην περίπτωση της Πορτογαλίας τα πρότυπα παρέχονται από το Πορτογαλικό Ινστιτούτο Ποιότητας (Instituto Português da Qualidade, IPQ), με την πορτογαλική νομοθεσία να ορίζει ότι για να αδειοδοτηθεί ένα σύστημα επαναχρησιμοποίησης, πρέπει να πληροί τις οδηγίες του IPQ. Στον Πίνακα 4.7 παρατίθενται κάποια βασικά στοιχεία των ευρωπαϊκών νομοθεσιών. (Deloitte, 2015)

Πίνακας 4.7: Βασικά στοιχεία των ευρωπαϊκών νομοθετικών πλαισίων επαναχρησιμοποίησης. (Πηγή: Deloitte, 2015)

Χώρα	Έτος Έκδοσης Ισχύοντος Νομοθετικού Πλαισίου	Παράμετροι Ποιότητας Ανακτημένου Νερού	Αγρονομικά Όρια	Σημείο Ελέγχου Απαιτούμενης Ποιότητας
Ελλάδα	2011	BOD ₅ ,SS, Θολότητα, E. Coli, TC, 19 χημικοί παράμετροι	Προτεινόμενα	Εκροή από ΕΕΛ
Κύπρος	2002	Για ΕΕΛ > 2000 ισοδύναμων κατοίκων: BOD ₅ ,SS, FC, Παρασιτικά αυγά και 17 φυσικοχημικοί παράμετροι Για ΕΕΛ < 2000 ισοδύναμων κατοίκων: BOD ₅ ,SS, FC, Παρασιτικά αυγά	Απαιτούμενα	Εκροή από ΕΕΛ
Γαλλία	2010	COD, SS, FC, Βακτηριοφάγοι, Σπόροι θειικών αναερόβιων βακτηρίων, E. Coli	Απαιτούμενα	Εκροή από ΕΕΛ και κατά την άρδευση
Ισπανία	2007	Νηματούδη, E. Coli, SS, Θολότητα, legionella, salmonella, taenia saginata, taenia solium, άζωτο και 67 παράμετροι για τοξικές ουσίες	Απαιτούμενα	Εκροή από ΕΕΛ και κατά την άρδευση
Ιταλία	2003	55 παράμετροι όλων των ειδών	Απαιτούμενα	Εκροή από ΕΕΛ
Πορτογαλία	2005	FC, Παρασιτικά αυγά και 23 φυσικοχημικοί παράμετροι	Απαιτούμενα	Κατά τη χρήση

Όλα τα εξεταζόμενα ευρωπαϊκά νομοθετικά πλαίσια απαιτούν η προέλευση των λυμάτων να είναι η αστική ή βιομηχανική χρήση, με εξαίρεση τα πλαίσια της Κύπρου και της Πορτογαλίας που απαιτούν η προέλευση των λυμάτων να είναι αποκλειστικά η αστική χρήση.

Τα πρότυπα που απαιτούνται από τις νομοθεσίες αφορούν την άρδευση, την αστική και βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση.

Αναφορικά με τις προβλεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης, η ισπανική και ελληνική νομοθεσία προβλέπουν τις περισσότερες και μάλιστα τις ορίζουν σαφώς. Η ιταλική νομοθεσία επικεντρώνεται στη βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση, ορίζοντας μάλιστα ότι τα όρια και τα πρότυπα για αυτή μπορούν να καθορίζονται από τους εμπλεκόμενους φορείς, αν κατ' ελάχιστον πληρούν τα πρότυπα για τη διάθεση λυμάτων στο περιβάλλον και δεν έρχονται σε επαφή με τρόφιμα, φάρμακα και προϊόντα κοσμητικής. Στον Πίνακα 4.8 που

ακολουθεί παρουσιάζονται οι προβλεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης των ευρωπαϊκών νομοθεσιών.

Πίνακας 4.8: Προβλεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης των ευρωπαϊκών νομοθεσιών. (Πηγή: Alcalde-Sanz, Gawlik, 2017)

Τύπος Επαναχρησιμοποίησης	Ελλάδα	Κύπρος	Γαλλία	Ισπανία	Ιταλία	Πορτογαλία
Πότισμα ιδιωτικών κήπων				√		
Υγειονομικές εφαρμογές				√	√	
Πότισμα αστικού και περιαστικού πρασίνου	√	√	√	√	√	√
Καθαρισμός δρόμων	√			√	√	
Συμπύκνωση εδάφους	√					
Πυρόσβεση	√			√	√	
Βιομηχανικό πλύσιμο οχημάτων				√	√	
Άρδευση καλλιεργειών τροφίμων που τρώγονται ωμά	√	√	√	√	√	√
Άρδευση καλλιεργειών τροφίμων που δεν τρώγονται ωμά	√	√	√	√	√	√
Άρδευση βοσκής για ζώα που παράγουν γάλα και κρέας	√		√	√	√	√
Υδατοκαλλιέργειες				√		
Άρδευση καλλιεργειών τροφίμων χωρίς επαφή με το ανακτημένο νερό	√	√	√	√	√	√
Πότισμα λουλουδιών χωρίς επαφή με το ανακτημένο νερό	√		√	√	√	
Άρδευση καλλιεργειών που δεν προορίζονται για τροφή χωρίς επεξεργασία	√	√	√	√	√	√
Διαδικασίες πλύσης στη βιομηχανία τροφίμων	√			√	√	
Διαδικασίες πλύσης στη βιομηχανία πλην τροφίμων	√			√	√	
Πύργοι ψύξης	√			√	√	
Τροφοδότηση λιμνών με περιορισμένη πρόσβαση	√					
Εμπλουτισμός υδροφορέων μέσω διήθησης	√	√		√		
Εμπλουτισμός υδροφορέων μέσω έγχυσης	√	√		√		
Πότισμα δασών και πρασίνου με περιορισμένη πρόσβαση	√		√	√	√	√
Δασοπονία				√		
Περιβαλλοντική ανάπλαση				√		

Οι προβλεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης διαφέρουν σημαντικά στις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Κύπρος η οποία παρόλο που χρησιμοποιεί σήμερα σχεδόν το 100% των επεξεργασμένων λυμάτων, δεν επιτρέπει την αστική ή βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση. Περιοριστική ως προς τις επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης είναι και η γαλλική νομοθεσία, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που μόνο η ελληνική, η κυπριακή και ισπανική νομοθεσία προβλέπει τον εμπλουτισμό υδροφορέων, η ευρωπαϊκή νομοθετική πρόταση θα επιτρέψει τον εμπλουτισμό υδροφορέων σε όλα τα κράτη – μέλη της Ε.Ε..

Όλα τα ευρωπαϊκά εθνικά νομικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης απαιτούν κατ' ελάχιστο τη δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση και την απολύμανση τους.

Σημαντικές διαφορές υπάρχουν και στην επιλογή των παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του ανακτημένου νερού. Μικροβιακοί παράμετροι καθορίζονται από όλες τις εξεταζόμενες νομοθεσίες αλλά το ενδεικτικό μέγεθος δεν είναι πάντα το ίδιο. Σε όλες τις περιπτώσεις πλην της πορτογαλικής το ενδεικτικό μέγεθος είναι ο αριθμός E. Coli, που αποτυπώνει καλύτερα τη συμπεριφορά των παθογόνων βακτηρίων στο νερό. Η πορτογαλική νομοθεσία χρησιμοποιεί ως ενδεικτικό μέγεθος τα ολικά περιπωματικά κολοβακτηρίδια για όλες τις χρήσεις. Η ελληνική νομοθεσία χρησιμοποιεί τα ολικά κολοβακτηρίδια, μόνο για τις αστικές χρήσεις και για την τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων, με γεωτρήσεις, που δεν χρησιμοποιούνται άμεσα για την απόληψη πόσιμου ύδατος.

Οι ισπανικές νομοθετικές διατάξεις απαιτούν τον έλεγχο του ανακτημένου νερού για *Legionella* sp., αν υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης κατά τη χρήση και αν ο αριθμός E. Coli σε συγκεκριμένο αριθμό δειγμάτων ξεπερνάει τα αποδεκτά όρια. Οι ιταλικές διατάξεις απαιτούν την απόλυτη απουσία *Legionella* sp. για όλες τις κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης.

Τα παρασιτικά αυγά είναι παράμετρος ποιότητας για τις νομοθεσίες της Ισπανίας, της Κύπρου και της Πορτογαλίας. Μόνο σε πολύ συγκεκριμένες περιπτώσεις γίνεται αναφορά στην παράμετρο αυτή, από τα υπόλοιπα ευρωπαϊκά πλαίσια. Τα παρασιτικά αυγά, είναι μία παράμετρος στην οποία δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα ο Π.Ο.Υ. αλλά όχι το κανονιστικό πλαίσιο της Αυστραλίας και των Η.Π.Α., καθώς τα παράσιτα είναι ενδημικά σε συγκεκριμένες μόνο περιοχές του κόσμου και δύσκολα συναντώνται σε ανεπτυγμένες χώρες.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μικροβιακές προβλέψεις του γαλλικού πλαισίου, καθώς είναι το μόνο που απαιτεί τον έλεγχο και τον περιορισμό παθογόνων ιών και πρωτοζωικών βακτηρίων. Επίσης, χρησιμοποιεί ως συμπληρωματικό ενδεικτικό μέγεθος μικροβιακού κινδύνου τον αριθμό των περιπωματικών εντερόκοκκων, οι οποίοι είναι ιδιαίτερα ανθεκτικοί στην επεξεργασία λυμάτων.

Αναφορικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού, όλες οι νομοθεσίες έχουν εναρμονιστεί με τις κοινοτικές Οδηγίες για την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων (91/271/ΕΟΚ), για τα περιβαλλοντικά ποιοτικά πρότυπα (2008/105/ΕΕ) και για την προστασία των υδάτων από νιτρικά (91/676/ΕΟΚ). Κάποια κράτη – μέλη περιλαμβάνουν επιπλέον παραμέτρους στις προβλέψεις τους και πιο περιοριστικά όρια. Συγκεκριμένα η Ιταλία, η Ισπανία, η Ελλάδα και η Κύπρος απαιτούν ξεχωριστά όρια για τα βαρέα μέταλλα και για κάποιες αγρονομικές παραμέτρους.

Στον Πίνακα 4.9 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα επιτρεπόμενα όρια για τις παραμέτρους ποιότητας που εξετάζονται από τα ευρωπαϊκά νομοθετικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης. Το εύρος των ορίων εξαρτάται από την κατηγορία επαναχρησιμοποίησης και σε ορισμένες περιπτώσεις από την προέλευση των λυμάτων.

Πίνακας 4.9: Επιτρεπόμενα όρια ανά παράμετρο ποιότητας ανακτημένου νερού στις ευρωπαϊκές νομοθεσίες (Πηγή: Alcalde-Sanz, Gawlik, 2017)

Παράμετροι	Ελλάδα	Κύπρος	Γαλλία	Ισπανία	Ιταλία	Πορτογαλία
Μικροβιακές	Εύρος Ορίων					
Escherichia coli (cfu/100ml)	5-200	5-200 και 5-10000 ^(α)	250-100000	0-1000 και 10000 ^(ε)	10	
Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (cfu/100ml)						100-10 ⁴
Ολικά κολοβακτηρίδια (cfu/100ml)	2 ^(β)					
Περιττωματικοί εντερόκοκκοι (λογαριθμική μείωση)			2-4			
Legionella sp. (cfu/l)				0-1000 ^(στ)		
Salmonella sp.				0	0	
Θειοτροφικά βακτήρια (λογαριθμική μείωση)			2-4			
Παρασιτικά αυγά ανά λίτρο		0		0.1		1
Φ – βακτηριοφάγοι (λογαριθμική μείωση)			2-4			

Παράμετροι	Ελλάδα	Κύπρος	Γαλλία	Ισπανία	Ιταλία	Πορτογαλία
Φυσικοχημικές	Εύρος Ορίων					
TSS (mg/l)	2-35	10-35	15	5-35	10	60
Θολότητα (NTU)	2 έως κανένα όριο			1-15		
BOD5 (mg/l)	10-25	10-25 και 10-70 ^(α)			20	
COD (mg/l)		70 για τρόφιμα ή αλλιώς 125	60		100	
Ph	6.5-8.5	6.5-8.5			6.0-9.5	6.5-8.4
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Ds/m)	3	1.7-2.9		3	3	1
TDS (mg/l)	2000					640
SAR	12 ^(γ)			6	10	8
Χλωριούχα (mg/l)	350	300			250	70
Ολικό άζωτο (mg/l)	30	15		10 ^(β)	15	
Ολικός φώσφορος (mg/l)	1-2	2-10 ^(α)		2 ^(β)	2	
HCO3	500					

Υποσημειώσεις Πίνακα 4.9:

(α): Για ΕΕΛ > 2000 ισοδύναμων κατοίκων και για ΕΕΛ < 2000 ισοδύναμων κατοίκων αντίστοιχα.

(β): Απαιτείται η κάλυψη του ορίου αυτού μόνο για αστική επαναχρησιμοποίηση ή εμπλουτισμό υδροφορέων με έγχυση ή για πότισμα περιαστικού πρασίνου χωρίς περιορισμούς στην πρόσβαση.

(γ): εξαρτάται από την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

(δ): Το να πληρούνται τα όρια αυτά απαιτείται μόνο κατά τον εμπλουτισμό υδροφορέων και για χρήση σε χώρους αναψυχής

(ε): Το όριο των 10000 cfu/100ml αφορά αποκλειστικά την άρδευση καλλιεργειών τα προϊόντα των οποίων δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

(στ): Ακόμα μεγαλύτερες τιμές *Legionella* sp. είναι προβλεπόμενες, αν προληφθούν συγκεκριμένα προστατευτικά μέτρα. Για τον εμπλουτισμό υδροφορέων δεν προβλέπονται όρια τιμών *Legionella* sp..

Όπως παρατηρείται, υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς το ποιες παράμετροι χρησιμοποιούνται ως ποιοτικά πρότυπα αλλά και ως προς τα επιτρεπόμενα όρια των παραμέτρων αυτών. Η θολότητα για παράδειγμα, ως παράμετρος εξετάζεται μόνο από το ελληνικό και το ισπανικό πλαίσιο, παρόλο που είναι κρίσιμη παράμετρος για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

Ξεχωρίζει η περίπτωση της Ιταλίας, που θέτει τα ίδια επιτρεπόμενα όρια ανεξαρτήτως κατηγορίας επαναχρησιμοποίησης. Κάποιοι παράμετροι του ανακτημένου νερού απαιτούνται να έχουν τις ίδιες τιμές με το πόσιμο νερό, παρόλο που μπορεί το ανακτημένο νερό να χρησιμοποιηθεί για άρδευση. Ταυτόχρονα όμως, όπως έχει ήδη αναφερθεί η ιταλική νομοθεσία δεν ορίζει σαφώς απαιτήσεις για τη βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση.

Το ισπανικό πλαίσιο περιλαμβάνει συγκεκριμένες παραμέτρους και όρια για κάθε επιμέρους χρήση, προσπαθώντας με αυτόν τον τρόπο να χαρίσει μεγαλύτερη ευελιξία στις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης. Για παράδειγμα απαιτήσεις αζώτου και νιτρικών ορίζει μόνο για τον εμπλουτισμό υδροφορέων και αυστηρότερα όρια TSS μόνο για αστικές, περιαστικές και κάποιες βιομηχανικές χρήσεις.

Η γαλλική νομοθεσία ακολουθεί μία ξεχωριστή προσέγγιση. Αρχικά ορίζει τέσσερις κατηγορίες ποιότητας ανακτημένου νερού (Α, Β, Γ και Δ) βάσει ορίων των ίδιων παραμέτρων. Στη συνέχεια, αντιστοιχεί κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης με κατηγορίες ποιότητας ανακτημένου νερού. Η γαλλική νομοθεσία δεν ορίζει απαιτήσεις για τις περισσότερες φυσικοχημικές παραμέτρους, αλλά παρέχει ένα πιο εξειδικευμένο πλαίσιο για τις μικροβιολογικές παραμέτρους, για τις οποίες μάλιστα απαιτεί όχι τελικά όρια αλλά συγκεκριμένη λογαριθμική μείωση στα πρότυπα του Π.Ο.Υ..

Η κυπριακή νομοθεσία διαχωρίζει τα απαιτούμενα όρια βάσει προέλευσης και συγκεκριμένα θέτει διαφορετικά όρια για λύματα που προέρχονται από ΕΕΛ με παροχή μεγαλύτερη των 2000 ισοδύναμων κατοίκων. Στα βασικά της σημεία η κυπριακή νομοθεσία είναι παρόμοια με την ελληνική, αν και εξετάζει λιγότερες φυσικοχημικές παραμέτρους, ενώ είναι ιδιαίτερα αυστηρή για τα παρασιτικά αυγά στο ανακτημένο νερό απαιτώντας να μην είναι ανιχνεύσιμα σε κανένα δείγμα.

Αναφορικά με πολλές απαιτήσεις ελέγχου και παρακολούθησης, παρόλο που υπάρχουν διαφορές, το ελληνικό και το ισπανικό πλαίσιο είναι τα πιο αυστηρά. Στον αντίποδα, η Ιταλία και η Πορτογαλία δεν ορίζουν συγκεκριμένες διαδικασίες ελέγχου, καθώς θεωρείται ότι αυτές πρέπει να καθορίζονται κατά περίπτωση από το φορέα λειτουργίας και το φορέα εποπτείας. Η γαλλική νομοθεσία δεν ορίζει συχνότητες ελέγχου ανά παράμετρο αλλά ανά κατηγορία ανακτημένου νερού (Α, Β, Γ και Δ) και για αυτό το λόγο οι απαιτήσεις ελέγχου είναι ίδιες για όλες τις παραμέτρους. Οι απαιτούμενες συχνότητες ελέγχου ανά παράμετρο παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.10 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.10: Απαιτούμενες από τα ευρωπαϊκά πλαίσια συχνότητες ελέγχου του ανακτημένου νερού. (Πηγή: Alcalde-Sanz, Gawlik, 2017)

Παράμετροι	Ελλάδα	Κύπρος	Γαλλία	Ισπανία	Ιταλία	Πορτογαλία
	Απαιτούμενη Συχνότητα Ελέγχου					
Escherichia coli	4/εβδομάδα 2/εβδομάδα 1/εβδομάδα	1/15 ημέρες	1/εβδομάδα 2/μήνα 1/μήνα	3/εβδομάδα 2/εβδομάδα 1/εβδομάδα	-	
Περιττωματικά κολοβακτηρίδια						-
Ολικά κολοβακτηρίδια	7/εβδομάδα 3/εβδομάδα					
Περιττωματικοί εντερόκοκκοι			1/εβδομάδα 2/μήνα 1/μήνα			
Legionella sp.				3/εβδομάδα 1/μήνα		
Salmonella sp.				2/μήνα 1/μήνα	-	
Θειοτροφικά βακτήρια			1/εβδομάδα 2/μήνα 1/μήνα			
Παρασιτικά αυγά ανά λίτρο		4/έτος		1/εβδομάδα 2/μήνα		-
Φ – βακτηριοφάγοι			1/εβδομάδα 2/μήνα 1/μήνα			
TSS	24/έτος 12/έτος 4/έτος	1/15 ημέρες	1/εβδομάδα 2/μήνα 1/μήνα	1/ημέρα 1/εβδομάδα	-	-
Θολότητα	4/εβδομάδα 2/εβδομάδα			1/ημέρα 2/εβδομάδα 1/εβδομάδα		
BOD5	24/έτος 12/έτος 4/έτος	1/15 ημέρες			-	
COD		1/15 ημέρες	1/εβδομάδα 2/μήνα 1/μήνα		-	
Χημικά και μέταλλα	12/έτος 4/έτος 2/έτος 1/έτος	2/έτος		2/μήνα 1/μήνα	-	-

Ph	2/έτος 1/έτος	3/εβδομάδα			-	-
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	2/έτος 1/έτος	1/15 ημέρες		2/μήνα 1/μήνα	-	-
TDS	2/έτος 1/έτος					-
SAR	2/έτος 1/έτος			2/μήνα 1/μήνα	-	-
Χλωριούχα	2/έτος 1/έτος	1/μήνα			-	-
Ολικό άζωτο Και Ολικός φώσφορος	24/έτος 12/έτος 4/έτος	1/15 ημέρες		1/εβδομάδα 1/μήνα	-	-

Όλα τα εξεταζόμενα πλαίσια εμπεριέχουν απαιτήσεις για προστατευτικά μέτρα κατά τη χρήση του ανακτημένου νερού. Ο έλεγχος της δημόσιας πρόσβασης, η μέθοδος άρδευσης, οι ελάχιστες αποστάσεις από αποθέματα πόσιμου νερού και οι αποστάσεις μεταξύ αγωγών φρέσκου και ανακτημένου νερού είναι μόνο μερικά από τα απαιτούμενα προστατευτικά μέτρα. Το νομοθετικό πλαίσιο της Ιταλίας είναι το λιγότερο ξεκάθαρο σε αυτό το ζήτημα. Η γαλλική νομοθεσία καθορίζει τις απαιτήσεις της για προστατευτικά μέτρα, βάσει της ποιότητας ανακτημένου νερού που χρησιμοποιείται.

4.3.1.7 Συμπεράσματα

Από τα 28 κράτη – μέλη της Ε.Ε. μόνο έξι από αυτά παρέχουν ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Τα κράτη αυτά αντιμετωπίζουν, κυρίως λόγω μεσογειακού κλίματος, παρόμοιες προκλήσεις λειψυδρίας. Τα νομοθετικά τους πλαίσια προσπαθούν να ισορροπήσουν μεταξύ εξασφάλισης της δημόσιας υγείας και της προώθησης της επαναχρησιμοποίησης.

Όλα τα ευρωπαϊκά πλαίσια αφορούν την επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων και κάποιων ειδών βιομηχανικών λυμάτων, με εξαίρεση τα πλαίσια της Κύπρου και της Πορτογαλίας που αφορούν αποκλειστικά τα αστικά λύματα. Η γενική απαίτηση είναι τα προς επαναχρησιμοποίηση λύματα να είναι τέτοιας αρχικής ποιότητας που να επιτρέπεται η διάθεσή τους στο αποχετευτικό δίκτυο.

Οι επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης διαφέρουν σημαντικά. Η Ελλάδα και η Ισπανία προβλέπουν τα περισσότερα είδη χρήσης, η Ιταλία αν και επιτρέπει σημαντικό αριθμό χρήσεων επικεντρώνεται στη βιομηχανία, ενώ η Κύπρος, η Γαλλία και η Πορτογαλία επιτρέπουν σχεδόν αποκλειστικά αρδευτικές χρήσεις.

Οι απαιτούμενες μέθοδοι επεξεργασίας είναι κατά ελάχιστον η δευτεροβάθμια και η απολύμανση σε όλες τις περιπτώσεις. Περιβαλλοντική επεξεργασία και

γενικότερα επεξεργασία που δεν γίνεται σε συγκροτημένες εγκαταστάσεις δεν προβλέπεται.

Τα ευρωπαϊκά νομοθετικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης αποκλίνουν σε μεγάλο βαθμό στα πρότυπα, βάσει των οποίων αξιολογούν την ποιότητα του ανακτημένου νερού. Αποκλίνουν επίσης και στο απαιτούμενο εύρος τιμών των παραμέτρων αυτών. Αυτό οφείλεται μεταξύ άλλων στην προσέγγιση που υιοθετούν κατά την κατάρτιση των πλαισίων. Για παράδειγμα, η γαλλική νομοθεσία διαχωρίζει το ανακτημένο νερό σε τέσσερις κατηγορίες ποιότητας και βασίζει όλες τις διατάξεις της σε αυτή την κατηγοριοποίηση.

Στο πεδίο του ελέγχου, παρακολούθησης και επίβλεψης των εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης οι διαφορές είναι λιγότερο σημαντικές αν και οφείλονται κατά κύριο λόγο στις ιδιαιτερότητες της διοικητικής δομής των κρατών (διαδικασίες αδειοδότησης) και φυσικά στις παραμέτρους που έχουν επιλεγεί ως χαρακτηριστικές για την ποιότητα του νερού.

Περαιτέρω συμπεράσματα για τα εξεταζόμενα ευρωπαϊκά νομοθετικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης θα εξαχθούν στο επόμενο κεφάλαιο μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης του συνόλου των πλαισίων που εξετάζονται από την παρούσα εργασία.

4.4 Ιορδανία

4.4.1 Γενικά Στοιχεία

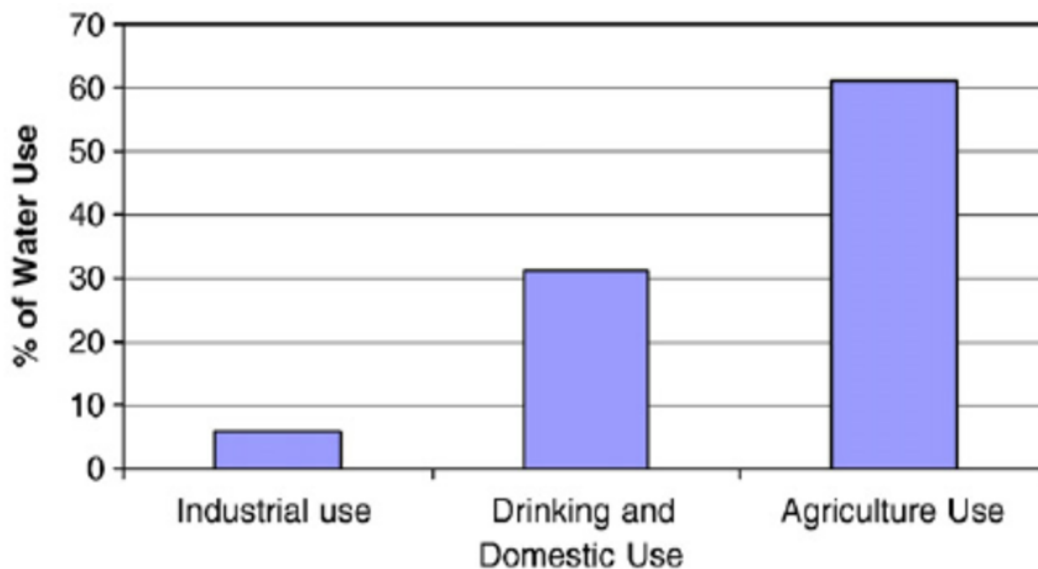
Η Ιορδανία είναι χώρα της Μέσης Ανατολής, με συνολική έκταση 89,342 km² και πληθυσμό περίπου 10,5 εκατομμυρίων, σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2019 (Jordan Department of Statistics, 2019). Θεωρείται σχετικά ανεπτυγμένη χώρα, ειδικά σε θέματα υποδομών και οι βασικές της οικονομικές δραστηριότητες είναι η γεωργία, ο τουρισμός, η εξόρυξη και η βιομηχανία. (Παγκόσμια Τράπεζα, 2019)

Το κλίμα της Ιορδανίας παρουσιάζει μεγάλες διαφορές από περιοχή σε περιοχή. Παρόλο που η Ιορδανία χωρίζεται από τη Μεσόγειο Θάλασσα από το Ισραήλ, το δυτικό μέρος της χώρας έχει χαρακτηριστικό μεσογειακό κλίμα. Αντίθετα, η ανατολική και βορειοανατολική Ιορδανία έχει κλίμα ερήμου. (Kottek et al., 2006)

Οι ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι της Ιορδανίας είναι εξαιρετικά περιορισμένοι, καθώς μόνο 145 κυβικά μέτρα φρέσκου νερού αντιστοιχούν ανά άτομο ανά έτος με αποτέλεσμα η Ιορδανία να θεωρείται μία από τις πιο υδατικά ελλειμματικές χώρες του κόσμου. (Ulimat, 2012) Επίσης, η πίεση στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους συνεχώς αυξάνεται λόγω της κλιματικής αλλαγής, της αστικοποίησης και της αύξησης του πληθυσμού κυρίως λόγω του μεγάλου αριθμού προσφύγων που κατέφυγαν στην Ιορδανία την τελευταία δεκαετία. (Potter et al. 2008)

Προς αντιμετώπιση των τρομερών προκλήσεων λειψυδρίας, η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων μετά από επεξεργασία και περαιτέρω ανάμειξη με φρέσκο νερό, εφαρμόζεται ως αναγνωρισμένη πρακτική στην Ιορδανία, ήδη από τη δεκαετία του 1980. Αναγνωρίζοντας το ανακτημένο νερό ως πολύτιμο πόρο και με σκοπό τον περιορισμό της επαναχρησιμοποίησης ανεπεξεργαστων λυμάτων, η Ιορδανία βρίσκεται στη διαδικασία επέκτασης του δικτύου εγκαταστάσεων επεξεργασίας και του δικτύου συλλογής και διανομής των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Το 2012 ο αριθμός των εν λειτουργία ΕΕΛ στην Ιορδανία ήταν 26, οι οποίες επεξεργάζονται περίπου το 98% των λυμάτων. (Ulimat, 2012)

Η αγροτική παραγωγή, που αποτελεί εξαιρετικά ευνοϊκό πεδίο για την επαναχρησιμοποίηση, προκαλεί και στην περίπτωση της Ιορδανίας τη μεγαλύτερη ζήτηση για υδατικούς πόρους όπως αποτυπώνεται στην Εικόνα 4.7 που ακολουθεί. Η συντεταγμένη επαναχρησιμοποίηση λυμάτων μπορεί επίσης να αντιμετωπίσει προκλήσεις υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφορέων και αλατοποίησης του εδάφους που είναι ιδιαίτερα έντονες στην Ιορδανία. (Carr et al., 2010)



Εικόνα 4.7: Χρήση υδατικών πόρων ανά βασική κατηγορία στην Ιορδανία. (Πηγή: Hadadin et al., 2010)

Το νομοθετικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης της Ιορδανίας στοχεύει στην εξισορρόπηση του ισοζυγίου ζήτησης-διαθεσιμότητας υδατικών πόρων, τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας και την εξασφάλιση της κοινωνικής αποδοχής του ανακτημένου νερού. (Ulimat, 2012) Το ζήτημα της κοινωνικής αποδοχής του ανακτημένου νερού αν και είναι παγκόσμιο, συγκεκριμένα στις αραβικές χώρες, παίρνει ιδιαίτερες διαστάσεις λόγω θρησκευτικών πεποιθήσεων και προκαταλήψεων. (Abu-Madi, 2004)

4.4.2 Νομοθετικό Πλαίσιο

Το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης της Ιορδανίας εκδόθηκε το 2006 και ορίζει τόσο τα πρότυπα που πρέπει να πληροί το ανακτημένο νερό για να διατεθεί σε υδάτινα σώματα, όσο και αυτά που πρέπει να πληροί για να επαναχρησιμοποιηθεί. Η διάθεση του ανακτημένου νερού σε υδάτινα σώματα ορίζεται ως έμμεση επαναχρησιμοποίηση, όταν το σώμα αυτό παρέχει νερό για τις επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης. Αν το σώμα νερού παρέχει νερό για άλλες χρήσεις, για παράδειγμα ύδρευση, η διάθεση ανακτημένου νερού σε αυτό απαγορεύεται. Απαγορεύεται επίσης ρητά η ανάμειξη λυμάτων με φρέσκο νερό με σκοπό την αναβάθμιση της ποιότητάς τους.

Η προέλευση των λυμάτων δεν περιορίζεται, αρκεί να πληρούνται τα υπόλοιπα κριτήρια. Ως εκ τούτου, η περιβαλλοντική επεξεργασία και σημειακή επεξεργασία επιτρέπονται, αλλά δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες καθώς μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού είναι συνδεδεμένο με αποχετευτικά δίκτυα τα οποία καταλήγουν σε ΕΕΛ. Επαναχρησιμοποίηση ανεπεξεργαστων λυμάτων δεν επιτρέπεται.

Οι δύο κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης που επιτρέπονται από την ιορδανική νομοθεσία είναι η περιορισμένη άρδευση και ο εμπλουτισμός υδροφορέων που δεν παρέχουν νερό προς πόση. Απαγορεύεται πλήρως να χρησιμοποιηθεί ανακτημένο νερό σε καλλιέργειες τροφίμων που καταναλώνονται ωμά. Πριν την συγκομιδή φρούτων, η άρδευση πρέπει να έχει σταματήσει για δύο εβδομάδες και κάθε προϊόν που έχει έρθει σε επαφή με το χώμα πρέπει να απορρίπτεται. Απαγορεύεται επίσης ο καταιονισμός, με μοναδική εξαίρεση το πότισμα γηπέδων γκολφ, αλλά και σε αυτή την περίπτωση το πότισμα πρέπει να γίνεται τη νύχτα και υπό πρόσθετες προϋποθέσεις.

Η προσέγγιση της ιορδανικής νομοθεσίας είναι να επιβάλλει επιτρεπόμενα όρια τιμών συγκεκριμένων παραμέτρων ποιότητας του ανακτημένου νερού και να προτείνει κάποια άλλα. Οι παράμετροι για τις οποίες οι τιμές επιβάλλονται αποτελούν την ομάδα Α (Group A) και οι παράμετροι για τις οποίες οι τιμές προτείνονται αποτελούν την ομάδα Β (Group B).

Επίσης, για την επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση, το ανακτημένο νερό χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες ποιότητας (Α,Β,С) στα πρότυπα της γαλλικής νομοθεσίας. Η κατηγορία Α μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα σχεδόν τα είδη των καλλιεργειών, η κατηγορία Β σε καλλιέργειες τροφίμων που θα υποστούν επεξεργασία και η κατηγορία С μόνο σε καλλιέργειες τα προϊόντα των οποίων δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ορίζονται ξεχωριστές απαιτήσεις για την ποιότητα του ανακτημένου νερού που προορίζεται για το πότισμα λουλουδιών (Cut flowers). Στους Πίνακες 4.11 και 4.12 που ακολουθούν παρουσιάζονται αντίστοιχα τα απαιτούμενα και τα προτεινόμενα πρότυπα ποιότητας του ανακτημένου νερού ανά κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. (Ulimat, 2012)

Πίνακας 4.11: Απαιτούμενα πρότυπα ποιότητας ανά κατηγορία επαναχρησιμοποίησης στην Ιορδανία. (Πηγή: Ulimat, 2012)

Παράμετροι	Διάθεση των λυμάτων στο περιβάλλον (έμμεση επαναχρησιμοποίηση)	Εμπλουτισμός υδροφορέων	Άρδευση			
			Λουλούδια	C	B	A
BOD ₅ (mg/l)	60	15	30	300	200	30
COD	150	50	100	500	500	100
Διαλυμένο οξυγόνο (mg/l)	>2	>2	>2	-	-	>2
TSS (mg/l)	60	50	15	300	200	50
Ph	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9
NO ₃ (mg/l)	70	30	45	-	-	-
Ολικό Άζωτο (mg/l)	70	30	70	70	45	45
E. Coli	1000	<1.1	<1.1	-	1000	100
Παρασιτικά Αυγά ανά λίτρο νερού	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Έλαια και Λίπη (mg/l)	8	8	2	8	8	8

Πίνακας 4.12: Προτεινόμενα πρότυπα ποιότητας του ανακτημένου νερού ανά κατηγορία επαναχρησιμοποίησης στην Ιορδανία. (Πηγή: Ulimat, 2012)

Παράμετροι	Διάθεση των λυμάτων στο περιβάλλον	Εμπλουτισμός υδροφορέων	Άρδευση
Phenol	<0.002	<0.002	<0.002
MBAS	25	25	100 (15 για λουλούδια)
TDS	1500	1500	1500
Ολικός Φώσφορος	15	15	30
Cl	350	350	400
SO ₄	300	300	500
HCO ₃	400	400	400
Na	200	200	230
Mg	100	100	100
Ca	200	200	230
SAR	6.0	6.0	9.0
Al	2.0	2.0	5.0
As	0.05	0.05	0.1
Be	0.1	0.1	0.1
Cu	0.2	0.2	0.2
F	1.5	1.5	1.5
Fe	5.0	5.0	5.0
Li	2.5	2.5	2.5 (0.075 για λουλούδια)
Mn	0.2	0.2	0.2
Mo	0.01	0.01	0.01
Ni	0.2	0.2	0.2
Pb	0.2	0.2	5.0
Se	0.05	0.05	0.05
Cd	0.01	0.01	0.01
Zn	5.0	5.0	5.0
Cr	0.02	0.02	0.1
Hg	0.002	0.002	0.002
V	0.1	0.1	0.1
Co	0.05	0.05	0.05
B	1.0	1.0	1.0
CN	0.1	0.1	0.1

Παρατηρούμε ότι η ιορδανική νομοθεσία εξετάζει όλες τις παραμέτρους για όλες τις επιτρεπόμενες χρήσεις. Αυτή η προσέγγιση είναι προβληματική καθώς δεν εξειδικεύονται οι απαιτήσεις του πλαισίου ανά χρήση.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι η απαιτούμενη ποιότητα για διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων σε υδάτινα σώματα, είναι υψηλή, παρόλο που απαγορεύεται η διάθεση σε υδροφορείς που παρέχουν νερό προς πόση. Ο λόγος για αυτό είναι ότι το νερό αυτών των υδροφορέων συνήθως χρησιμοποιείται πολύ σύντομα για αρδευτικούς σκοπούς λόγω της εκτεταμένης και έντονης λειψυδρίας.

Το ενδεικτικό μέγεθος μικροβιακού φορτίου που επιλέγει η ιορδανική νομοθεσία είναι ο αριθμός E. Coli, ενώ ορίζει απαίτηση και για τα παρασιτικά αυγά όπως και

οι κανονιστικές οδηγίες του Π.Ο.Υ.. Οι φυσικοχημικές παράμετροι που εξετάζονται είναι αρκετές, αλλά οι τιμές τους δεν είναι καθόλου περιοριστικές, ακόμα και για την κατηγορία Α του ανακτημένου νερού.

Ο έλεγχος των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης γίνεται από το υπουργείο περιβάλλοντος της Ιορδανίας. Εξετάζεται η ποιότητα και η σύσταση των λυμάτων σε τρία στάδια: α) πριν την επεξεργασία, β) μετά την επεξεργασία και γ) πριν την χρήση. Η συχνότητα των ελέγχων δεν καθορίζεται από το νομοθετικό πλαίσιο αλλά από το φορέα επίβλεψης.

4.4.3 Συμπεράσματα

Τα έντονα προβλήματα ολικής λειψυδρίας που αντιμετωπίζει η Ιορδανία, έχουν φέρει εδώ και δεκαετίες την επαναχρησιμοποίηση στο προσκήνιο. Οι πιέσεις στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της χώρας αυξάνονται συνεχώς. Λόγω της καλής κατάστασης της υποδομής και της τεχνολογίας συλλογής, επεξεργασίας και διάθεσης αποβλήτων, υπάρχουν μεγάλες παροχές επεξεργασμένων λυμάτων διαθέσιμων για επαναχρησιμοποίηση.

Η νομοθεσία της Ιορδανίας έχει παρόμοια προσέγγιση με αυτή των ευρωπαϊκών, ορίζοντας αποδεκτά όρια τιμών συγκεκριμένων παραμέτρων ποιότητας του ανακτημένου νερού. Παρόλα αυτά, είναι πιο περιοριστικό στις προβλεπόμενες χρήσεις λόγω κοινωνικών ιδιαιτεροτήτων.

Από τις διατάξεις του φαίνεται ότι βασική προτεραιότητα αποτελεί η προστασία των διαθέσιμων αποθεμάτων φρέσκου νερού. Η διάθεση επεξεργασμένων λυμάτων σε υδροφορείς, προϋποθέτει αντίστοιχους περιορισμούς με την επαναχρησιμοποίησή τους. Η διασφάλιση της δημόσιας υγείας και η προστασία των εδαφών, από τους δυνητικά επιβλαβείς παράγοντες του ανακτημένου νερού, είναι οι βασικοί στόχοι των ιορδανικών διατάξεων.

Η ανάγκη για εκμετάλλευση μεγάλων ποσοτήτων ανακτημένου νερού, λόγω λειψυδρίας, αποτυπώνεται στα εύρη τιμών των παραμέτρων ποιότητας και στην ευελιξία στις απαιτήσεις ελέγχου. Όπως θα αποδειχθεί και στο επόμενο κεφάλαιο μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης των πλαισίων, οι απαιτούμενες τιμές για πολλές παραμέτρους είναι ιδιαίτερα ανεκτικές.

4.5 Ισραήλ

Το Ισραήλ είναι χώρα τις ανατολικής Μεσογείου, που αποτελεί το δυτικό σύνορο τις Ιορδανίας. Σύμφωνα με τα επίσημα κρατικά στοιχεία, ο πληθυσμός του Ισραήλ σήμερα εκτιμάται σε 9.078 εκατομμύρια και η συνολική έκταση 20,770 km² (CBS, 2019), αν και λόγω τις περίπλοκης πολιτικής κατάστασης που επικρατεί στην περιοχή τα στοιχεία αυτά διαφέρουν ανάλογα με την πηγή.

Συγκεκριμένα για τον πληθυσμό του Ισραήλ πάντως, όλες οι πηγές συμφωνούν ότι έχει αυξηθεί ραγδαία τις τελευταίες δύο δεκαετίες.

Το κλίμα του Ισραήλ είναι μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από μεγάλα, ξερά και ζεστά καλοκαίρια. Περίπου το 70% της βροχόπτωσης γίνεται μεταξύ Νοεμβρίου και Μαρτίου, ενώ μεταξύ Ιουνίου και Αυγούστου η βροχόπτωση είναι μηδαμινή. Η βροχόπτωση επίσης, κατανέμεται ανομοιόμορφα στην επικράτεια του Ισραήλ, με τη νότια χώρα να δέχεται πολύ λιγότερη βροχόπτωση.

Το Ισραήλ αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις ολικής λειψυδρίας, οι οποίες είναι ακόμα πιο έντονες το καλοκαίρι και στα νότια της χώρας λόγω κλιματικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών. Το Ισραήλ καταναλώνει μεγαλύτερες ποσότητες νερού από αυτές που μπορεί να διαθέσει, χωρίς να μειώνονται τα αποθέματα των υδροφορέων, είναι δηλαδή υδατικά ελλειμματικό. (EMWIS, 2005)

Προς αντιμετώπιση των προκλήσεων λειψυδρίας, έχουν διερευνηθεί διάφορες εναλλακτικές εδώ και δεκαετίες όπως η δημιουργία τεχνητής βροχής, η πλήρης εκμετάλλευση των επιφανειακών υδάτων μέσω φραγμάτων και δεξαμενών, η αφαλάτωση και η επαναχρησιμοποίηση. Η δυνατότητα διερεύνησης και εφαρμογής όλων των εναλλακτικών πηγάζει από το ότι το Ισραήλ είναι μία ανεπτυγμένη χώρα με πολυσχιδείς οικονομικές και παραγωγικές δραστηριότητες. Η αφαλάτωση επικεντρώνεται στην παροχή υδατικών πόρων για την κάλυψη των αστικών και βιομηχανικών αναγκών, ενώ η επαναχρησιμοποίηση για την κάλυψη των αναγκών τις αγροτικής παραγωγής. (Israel Water Authority, 2010)

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη βέλτιστη διαχείριση υδατικών πόρων του Ισραήλ, καθώς οι τεράστιες ανάγκες της άρδευσης σε υδατικούς πόρους μπορούν να καλυφθούν από τα επεξεργασμένα λύματα. Το 2009 η συνολική κατανάλωση νερού στο Ισραήλ ήταν 1.811 εκατομμύρια m³, η κατανάλωση από την αγροτική παραγωγή ανήλθε στα 1.016 εκατομμύρια m³, η κατανάλωση από οικιακές χρήσεις στα 685 εκατομμύρια m³ και η κατανάλωση από τη βιομηχανία στα 110 εκατομμύρια m³. Περίπου το 56% των συνολικών υδατικών αναγκών του Ισραήλ προκαλούνται από την αγροτική παραγωγή, κυρίως στο Νότο. (JVL, 2019)

Το Ισραήλ χρησιμοποιεί το ανακτημένο νερό, αποκλειστικά για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού είναι συνδεδεμένο με αποχετευτικά δίκτυα τα οποία συλλέγουν τα λύματα και τα διαθέτουν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Στη συνέχεια τα επεξεργασμένα λύματα διανέμονται μέσω ξεχωριστού δικτύου τις αγροτικές καλλιέργειες. Το Ισραήλ αποτελεί παγκόσμιο πρότυπο στον τομέα της επαναχρησιμοποίησης, καθώς περίπου το 80% του συνόλου των λυμάτων επαναχρησιμοποιούνται, καλύπτοντας ένα σημαντικό τμήμα των αναγκών για υδατικούς πόρους.

4.5.1 Νομοθετικό Πλαίσιο

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στο Ισραήλ διέπεται από μία σειρά νόμων που έχουν ως αντικείμενο εν γένει τη διαχείριση υδατικών πόρων, λυμάτων και ιλύος. Η προσέγγιση του νομοθετικού πλαισίου συγκεκριμένα για το ανακτημένο νερό ξεχωρίζει από την προσέγγιση των περισσότερων εθνικών νομοθεσιών που εξετάστηκαν έως τώρα, αν και έχει αρκετά κοινά στοιχεία με τη φιλοσοφία του Π.Ο.Υ.. Αρχικά διαχωρίζει το ανακτημένο νερό σε τέσσερις ποιοτικές κατηγορίες, βάσει της προέλευσης του και της επεξεργασίας που έχει υποστεί. Η πρώτη κατηγορία αφορά την απεριόριστη άρδευση και ως εκ τούτου είναι η πιο απαιτητική. Ακολουθεί η κατηγορία υψηλής ποιότητας και η κατηγορία μεσαίας ποιότητας. Τέλος σε ξεχωριστή κατηγορία ανήκουν τα λύματα που επιδέχονται περιβαλλοντική επεξεργασία σε λίμνες οξείδωσης²⁶. Για να επαναχρησιμοποιηθούν τα λύματα περιβαλλοντικής επεξεργασίας πρέπει να προέρχονται αυστηρά από οικιακή χρήση. Στον Πίνακα 4.10 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση του ανακτημένου νερού κατά την ισραηλινή νομοθεσία.

Πίνακας 4.10: Κατηγοριοποίηση λυμάτων βάσει προέλευσης και επεξεργασίας στο Ισραήλ. (Πηγή: UNEP, 2005)

Προέλευση και Επεξεργασία	Απεριόριστη Άρδευση	Υψηλή Ποιότητα	Μεσαία Ποιότητα	Περιβαλλοντικής Επεξεργασίας
Πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία και BOD ₅ ≤ 20 mg/l και SS ≤ 30 mg/l	√	√		
Φιλτράρισμα	Απαραίτητο ένα από τα τρία			
Μακροπρόθεσμη αποθήκευση				
Εισαγωγή σε λίμνη η οποία αποτελείται το πολύ από 10% λύματα				
Απολύμανση με τουλάχιστον μισή ώρα επαφής λυμάτων-απολυμαντικού και 1 mg/l υπολειμματικό χλώριο	√			
Τουλάχιστον 15 μέρες αποθήκευση σε λίμνη οξείδωσης		√		
Δευτεροβάθμια επεξεργασία και BOD ₅ ≤ 60 mg/l και SS ≤ 90 mg/l			√	
Τουλάχιστον 10 μέρες αποθήκευση σε λίμνη οξείδωσης	√			√
E. Coli ≤ 10/100 ml	√			

Στη συνέχεια αντιστοιχίζονται σε κάθε κατηγορία επεξεργασμένων λυμάτων επιτρεπόμενες χρήσεις και περιοριστικά μέτρα. Για τα επεξεργασμένα λύματα

²⁶ Η λίμνη οξείδωσης είναι συνώνυμος όρος της δεξαμενής σταθεροποίησης, της λίμνης σταθεροποίησης και της λιμνοθάλασσας, καθώς η επεξεργασία των λυμάτων σε αυτές, βασίζεται στις ίδιες διεργασίες.

πολύ καλής ποιότητας (απεριόριστης άρδευσης) δεν απαιτούνται επιπρόσθετα περιοριστικά μέτρα ούτε περιορίζεται η χρήση τους. Το υψηλής ποιότητας ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση με την απαίτηση δύο περιοριστικών μέτρων. Τα μέτριας ποιότητας επεξεργασμένα λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση πλην λαχανικών, με την απαίτηση τριών περιοριστικών μέτρων.

Τα περιβαλλοντικής επεξεργασίας λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση με την απαίτηση δύο περιοριστικών μέτρων, αν έχουν διατηρηθεί σε λίμνη οξείδωσης περισσότερο από 15 ημέρες και τριών περιοριστικών μέτρων αν έχουν διατηρηθεί σε λίμνη οξείδωσης λιγότερο από 15 ημέρες, αλλά τουλάχιστον 10 ημέρες. Σε περίπτωση που τα εισερχόμενα στη λίμνη οξείδωσης περιέχουν περισσότερο από 400 mg/l BOD₅, τότε απαιτείται μία επιπλέον ημέρα αποθήκευσης για κάθε 50 mg/l BOD₅ πάνω από την τιμή βάσης των 400 mg/l BOD₅. Στον Πίνακα 4.11 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι επιτρεπόμενες τις και τα απαιτούμενα περιοριστικά μέτρα ανά κατηγορία ανακτημένου νερού. Επισημαίνεται ότι τα περιοριστικά μέτρα έχουν συντελεστή βαρύτητας. Για παράδειγμα, η υπόγεια άρδευση έχει συντελεστή βαρύτητας 2 και άρα αρκεί ως μοναδικό περιοριστικό μέτρο για την άρδευση με υψηλής ποιότητας ανακτημένο νερό.

Πίνακας 4.11: Επιτρεπόμενες χρήσεις άρδευσης και απαιτούμενα περιοριστικά μέτρα ανά κατηγορία ανακτημένου νερού

Λύματα Απεριόριστης Άρδευσης	Λύματα Υψηλής Ποιότητας	Λύματα Μεσαίας Ποιότητας	Λύματα Περιβαλλοντικής Επεξεργασίας	Καλλιέργεια	Π1	Π2		Π3	Π4	Π5	Π6	Π7
						Απαίτηση	Πρόταση					
Αριθμός απαιτούμενων περιοριστικών μέτρων												
0	2	-	-	Λαχανικά χωρίς επαφή με το έδαφος που τρώγονται ωμά	+	+			+	++		
0	2	-	-	Λαχανικά με κέλυφος που δεν τρώγονται ωμά	+		+		+	++	+	+
0	2	-	-	Λαχανικά που δεν τρώγονται ωμά αλλά φυτρώνουν στο έδαφος	+		+			++		+
0	2	-	-	Φιστίκια	+		+				+	
0	2	-	-	Λαχανικά που τρώγονται ωμά και φυτρώνουν στο έδαφος	+	+				++		

Λύματα Απεριορίστης Άρδευσης	Λύματα Υψηλής Ποιότητας	Λύματα Μεσαίας Ποιότητας	Λύματα Περιβαλλοντικής Επεξεργασίας	Καλλιέργεια	Π1	Π2	Π3	Π4	Π5	Π6	Π7	Λύματα Απεριορίστης Άρδευσης
0	2	-	-	Φασόλια	+	+			+	++		+
0	2	-	-	Λαχανικά με κέλυφος	+	+			+	++	+	
0	2	2-3	3	Αγκινάρες	+		+	++	+	++		+
0	2	2-3	3	Καλαμπόκι	+		+	++	+	++	+	
0	2	2-3	3	Κίτρο	+		+	++		++	+	
0	2	2-3	3	Κίτρο με περιορισμούς στη μέθοδο άρδευσης	+		+	+			+	
0	2	2-3	3	Κίτρο με βρώσιμο κέλυφος	+		+	++		++		
0	2	2-3	3	Ρόδι και ξηροί καρποί	+		+	++		++	+	
0	2	2-3	3	Φρούτα φυλλοβόλων δένδρων και κεράσια	+		+	++		++		
0	2	2-3	3	Τροπικά φρούτα	+		+	+	+	++	+	
0	2	2-3	3	Τροπικά φρούτα υψηλής βλάστησης	+		+	++	+	++	+	
0	2	2-3	3	Σταφύλια που φυτρώνουν πολύ ψηλά	+		+	++		++		
0	2	2-3	3	Σταφύλια που φυτρώνουν σε κανονικό ύψος	+		+	+	+	++		
0	2	-	-	Σταφύλια που φυτρώνουν χαμηλά	+	+			+	++		
0	2	2-3	3	Κακτοειδή φρούτα	+		+	++	+	++	+	
0	2	2-3	3	Χουριάδες	+		+	+++	+	++		
0	2	2-3	3	Ελιές	+		+	++	+	++		+
0	2	2-3	3	Λουλούδια	+		+	+	+	++	+	
0				Πότισμα αστικού πρασίνου								

Π1: Φιλτράρισμα ή μακροπρόθεσμη αποθήκευση ή εισαγωγή σε λίμνη η οποία αποτελείται το πολύ από 10% λύματα.

Π2: Απολύμανση

Π3: Απόσταση από σημείο άρδευσης

Π4: Κάλυψη του εδάφους με πλαστική επιφάνεια

Π5: Υπόγεια άρδευση

Π6: Ξεφλούδισμα ή απομάκρυνση κελύφους

Π7: Κατανάλωση μετά από βρασμό ή γενικότερα μαγείρεμα

Πάρα πολλοί παράμετροι ποιότητας του ανακτημένου νερού δεν εξετάζονται από το νομοθετικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης του Ισραήλ. Για τις παραμέτρους αυτές, υπάρχουν προβλέψεις και απαιτήσεις σε άλλα νομοθετικά πλαίσια, όπως αυτό που αφορά τη διάθεση των λυμάτων σε υδάτινους αποδέκτες ή την απαιτούμενη ποιότητα νερού γενικά για την προστασία του εδάφους. Δεν ορίζονται ξεχωριστές απαιτήσεις για αυτές τις παραμέτρους του ανακτημένου νερού.

Αξίζει να επισημανθεί ότι δεν περιορίζεται η προέλευση των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, αρκεί να πληρούν τις απαιτήσεις που παρατέθηκαν. Ο έλεγχος των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης πραγματοποιείται σε δύο σημεία. Αρχικά, ελέγχεται αν τα συστήματα επεξεργασίας λειτουργούν κατά τα πρότυπα σχεδιασμού, αν δηλαδή επιτυγχάνουν την προβλεπόμενη ποιότητα ανακτημένου νερού. Η συχνότητα του ελέγχου αυτού καθορίζεται από το φορέα επίβλεψης και το φορέα λειτουργίας κατά περίπτωση. Το δεύτερο σημείο ελέγχου είναι κατά τη χρήση του ανακτημένου νερού έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι χρησιμοποιείται η κατάλληλη κατηγορία ανακτημένου νερού για κατάλληλη χρήση και λαμβάνονται τα απαραίτητα περιοριστικά μέτρα. Ούτε σε αυτή την περίπτωση καθορίζεται από τη νομοθεσία η απαιτούμενη συχνότητα ελέγχου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η επαναχρησιμοποίηση μέσω οικιακών συστημάτων γκρίζου νερού, επιτρέπεται και ενθαρρύνεται στο Ισραήλ. Η νομοθεσία που διέπει αυτό το είδος επαναχρησιμοποίησης, ορίζει τη διαδικασία αδειοδότησης και ελέγχου των συστημάτων γκρίζου νερού. Η βασική προϋπόθεση που τίθεται είναι να μην είναι δυνατόν να έρθει το γκρίζο νερό σε επαφή με τον άνθρωπο, αν και υπό όρους μπορεί να επιτραπεί το πότισμα ιδιωτικών κήπων με γκρίζο νερό. (Oron et al., 2014)

4.5.2 Συμπεράσματα

Το Ισραήλ αντιμετωπίζει τις ίδιες και μεγαλύτερες ίσως προκλήσεις λειψυδρίας με τα υπόλοιπα μεσογειακά κράτη. Παρόλο που έχει επενδύσει σε διάφορες μεθόδους αύξησης των διαθέσιμων υδατικών πόρων του, η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων αποτελεί βασική προτεραιότητα.

Η νομοθεσία επαναχρησιμοποίησης του Ισραήλ, έχει συγκεκριμένες ιδιαιτερότητες που την ξεχωρίζουν από τις περιπτώσεις που μέχρι τώρα εξετάστηκαν. Η νομοθεσία στοχεύει στη μέγιστη αποδοτικότητα των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης, με παράλληλη διασφάλιση τις δημόσιας υγείας. Ακολουθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό το σκεπτικό του Π.Ο.Υ., που δίνει μεγάλο βάρος στα προστατευτικά μέτρα κατά τη χρήση του ανακτημένου νερού και που ενθαρρύνει οι απαιτούμενες διαδικασίες επεξεργασίας και ελέγχου να καθορίζονται ανά περίπτωση. Προσπαθεί με αυτό τον τρόπο να δημιουργήσει

ένα ευέλικτο πλαίσιο, στο οποίο η επαναχρησιμοποίηση είναι πρακτικώς εφαρμόσιμη και οικονομικά συμφέρουσα.

Η προέλευση των λυμάτων δεν περιορίζεται σε μία προσπάθεια να αυξηθεί κατά το δυνατόν η ποσότητα των διαθέσιμων τις επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Ενθαρρύνεται τόσο η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων που εκρέουν από μεγάλες ΕΕΛ, όσο και η σημειακή επαναχρησιμοποίηση, σε μικρούς οικισμούς και βιομηχανικές μονάδες.

Το πλαίσιο απαιτούμενων μεθόδων επεξεργασίας των λυμάτων είναι ιδιαίτερα ευέλικτο. Δεν αποκλείεται η περιβαλλοντική επεξεργασία, στα πρότυπα του Π.Ο.Υ. και των οδηγιών τις Αυστραλίας, ενώ δίνεται η δυνατότητα να επιλεγεί ο κατάλληλος συνδυασμός μεθόδων επεξεργασίας ανά περίπτωση.

Η μοναδική κατηγορία επαναχρησιμοποίησης που εξετάζεται από το πλαίσιο του Ισραήλ είναι η άρδευση. Αυτό οφείλεται στο ότι η άρδευση είναι με διαφορά το πιο ευνοϊκό πεδίο για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων και στο ότι οι απαιτήσεις σε υδατικούς πόρους τις άρδευσης στο Ισραήλ είναι πολύ μεγάλες. Επίσης, οι ανάγκες σε νερό των βιομηχανικών και αστικών χρήσεων καλύπτονται από το θαλασσινό νερό που έχει υποστεί αφαλάτωση, μία διαδικασία στην οποία το Ισραήλ έχει επενδύσει εδώ και δεκαετίες. (The Tower Magazine, 2015)

Βασικό συστατικό τις επαναχρησιμοποίησης στο Ισραήλ είναι τα απαιτούμενα προστατευτικά και περιοριστικά μέτρα κατά τη χρήση του ανακτημένου νερού. Παρόμοια με την απαιτούμενη επεξεργασία λυμάτων, τα προστατευτικά και περιοριστικά μέτρα είναι ιδιαίτερα ευέλικτα και μπορούν να επιλεγούν κατά περίπτωση. Το ίδιο ισχύει και για τις διαδικασίες ελέγχου των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης.

5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΖΟΜΕΝΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

5.1 Μέθοδος Αξιολόγησης

Στα προηγούμενα κεφάλαια εξετάστηκαν και αναλύθηκαν τα περιεχόμενα αλλά και οι παράγοντες συνδιαμόρφωσης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών κανονιστικών και νομοθετικών πλαισίων που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση. Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί η συγκριτική αξιολόγηση των στοιχείων που συνθέτουν τα πλαίσια αυτά.

Η σύγκριση των πλαισίων θα γίνει α) ως προς την επιτρεπόμενη προέλευση των λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση, β) ως προς τις προβλεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης, γ) ως προς τις απαιτούμενες μεθόδους επεξεργασίας και δ) ως προς τις επιτρεπόμενες τιμές συγκεκριμένων χαρακτηριστικών παραμέτρων ποιότητας του ανακτημένου νερού.

Μέσα από αυτή τη σύγκριση και έχοντας πάντα υπ' όψιν τις ιδιαιτερότητες των οργανισμών και των κρατών, τα πλαίσια των οποίων εξετάστηκαν, θα γίνει η αξιολόγηση των πλαισίων ως προς την πρακτικότητα που παρέχεται, το βαθμό ασφάλειας που εξασφαλίζεται και την ανάπτυξη του πεδίου της επαναχρησιμοποίησης που επιτυγχάνεται. Η πρακτικότητα εξαρτάται αποκλειστικά από τις προβλέψεις και απαιτήσεις των κανονισμών. Αντίθετα, το πόσο εφαρμόζεται η επαναχρησιμοποίηση και με πόση ασφάλεια εφαρμόζεται, δεν εξαρτάται μονοσήμαντα από τις νομοθετικές και κανονιστικές διατάξεις. Εξαρτάται επίσης από διάφορους οικονομικούς, κοινωνικούς και πολιτικούς παράγοντες, οι οποίοι μεταβάλλονται ανά περιοχή.

Σκοπός της συγκριτικής αξιολόγησης των πλαισίων, είναι επίσης να ανιχνευθεί σε ποιους λόγους οφείλεται η διαφοροποίησή τους, με αναγωγή στο τετράπτυχο ζήτηση-προσφορά-χρήση-τεχνολογία/υποδομή. Σε περίπτωση που διαφοροποιήσεις δεν μπορούν να εξηγηθούν βάσει του τετράπτυχου αυτού, όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 2, τότε με σχετική ασφάλεια θα είναι δυνατό να ειπωθεί ότι οι διαφοροποιήσεις αυτές δε θα έπρεπε να υπάρχουν ή θα μπορούσαν να μην υπάρχουν. Άρα, θα μπορεί να διερευνηθεί η δυνατότητα ενοποίησης των πλαισίων σε κάποιο τοπικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, θα διερευνηθεί η δυνατότητα ενοποίησης των πλαισίων επαναχρησιμοποίησης σε νότιο ευρωπαϊκό και μεσογειακό επίπεδο. Η ευρωπαϊκή ενοποίηση των πλαισίων δεν μπορεί να εξεταστεί, διότι η πλειοψηφία των κρατών – μελών της ΕΕ δεν έχουν καταρτίσει νομοθετικά πλαίσια για την επαναχρησιμοποίηση. Η ενοποίηση αυτή θα επιτευχθεί μέσω της εναρμόνισης όλων των ευρωπαϊκών εθνικών οδηγιών με τις μελλοντικές Οδηγίες ή κανονισμούς της ΕΕ.

5.2 Συγκριτική Αξιολόγηση ως προς την Επιτρεπόμενη Προέλευση

Η προέλευση των λυμάτων μπορεί να είναι η αστική χρήση, η βιομηχανική χρήση και η αγροτική χρήση. Από την αγροτική χρήση δεν προέρχονται σημαντικές ποσότητες λυμάτων που να μπορούν να συλλεχθούν και άρα να επαναχρησιμοποιηθούν. Στις δύο πρώτες κατηγορίες περιέχεται πληθώρα επιμέρους χρήσεων οι οποίες προσδίδουν στα λύματα διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Αρκετά νομοθετικά πλαίσια είτε απαγορεύουν είτε περιορίζουν τα λύματα προς επαναχρησιμοποίηση να προέρχονται από βιομηχανική χρήση. Επίσης, σε αρκετές περιπτώσεις για να επαναχρησιμοποιηθούν τα λύματα επιτάσσεται να προέρχονται από συγκροτημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Στον Πίνακα 5.1 που ακολουθεί, βάσει των παραπάνω διαχωρισμών, παρουσιάζονται οι επιτρεπόμενες προελεύσεις λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση ανά εξεταζόμενο πλαίσιο.

Πίνακας 5.1: Επιτρεπόμενες προελεύσεις λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση ανά εξεταζόμενο πλαίσιο.

Πλαίσιο	Περιορισμοί Προέλευσης	Περιορισμοί Αστικών Λυμάτων	Περιορισμοί Βιομηχανικών Λυμάτων
Π.Ο.Υ.	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
USEPA	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ ^(β)
Αυστραλία	ΟΧΙ ^(α)	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Ευρωπαϊκή Ένωση	ΝΑΙ	Υποχρεωτική Προέλευση από ΕΕΛ	ΝΑΙ
Ελλάδα	ΝΑΙ	Υποχρεωτική Προέλευση από ΕΕΛ	ΝΑΙ
Κύπρος	ΝΑΙ	Υποχρεωτική Προέλευση από ΕΕΛ	Πλήρης Απαγόρευση
Γαλλία	ΝΑΙ	Υποχρεωτική Προέλευση από ΕΕΛ	ΝΑΙ
Ισπανία	ΝΑΙ	Υποχρεωτική Προέλευση από ΕΕΛ	ΝΑΙ
Ιταλία	ΝΑΙ	Υποχρεωτική Προέλευση από ΕΕΛ	ΝΑΙ
Πορτογαλία	ΝΑΙ	Υποχρεωτική Προέλευση από ΕΕΛ	Πλήρης Απαγόρευση
Ιορδανία	ΟΧΙ ^(α)	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Ισραήλ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ

Υποσημειώσεις Πίνακα 5.1:

(α): Οι διατάξεις της Αυστραλίας και της Ιορδανίας δεν θέτουν ρητά περιορισμούς προέλευσης, αλλά απαιτούν τέτοιες μεθόδους επεξεργασίας που είναι πρακτικά αδύνατο να πραγματοποιηθούν εκτός ΕΕΛ.

(β): Οι οδηγίες της USEPA δεν περιορίζουν την προέλευση των βιομηχανικών λυμάτων, προτείνουν όμως σε κάποιες περιπτώσεις τα βιομηχανικά λύματα να επιδέχονται προκαταρκτική ή πρωτοβάθμια επεξεργασία, πριν τη διάθεσή τους στο αποχετευτικό δίκτυο.

Η προέλευση των λυμάτων διαδραματίζει κομβικό ρόλο στο σκεπτικό συγκεκριμένων νομοθετικών και κανονιστικών πλαισίων. Πρώτον, σε κάποιες περιπτώσεις οι υπόλοιπες απαιτήσεις καθορίζονται από την αναμενόμενη αρχική σύσταση και ποιότητα των λυμάτων. Για παράδειγμα, δεν απαιτείται έλεγχος για παράσιτα, αν απαγορεύεται η διάθεση ανεπεξεργαστων λυμάτων από κτηνοτροφικές μονάδες. Δεύτερον, σε μία προσπάθεια να αυξηθεί η κοινωνική αποδοχή για την επαναχρησιμοποίηση, περιορίζεται η προέλευση των λυμάτων. (Voulvoulis, 2018)

Παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, η ομοιογένεια στις απαιτήσεις προέλευσης των λυμάτων μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μόνο η Κύπρος και η Πορτογαλία διαφοροποιούνται ως προς τα βιομηχανικά λύματα. Αυτό συμβαίνει διότι αυτές οι δύο χώρες δεν έχουν ιδιαίτερα ανεπτυγμένη βιομηχανία, η οποία να μπορεί να παρέχει σημαντικές ποσότητες λυμάτων.

Το ίδιο ισχύει και για την Ιορδανία σε ένα βαθμό, η οποία όμως δεν περιορίζει τα βιομηχανικά λύματα, λόγω των τρομερά έντονων προκλήσεων λειψυδρίας που αντιμετωπίζει. Τα προβλήματα αυτά την αναγκάζουν να «δέχεται» όλων των ειδών τα λύματα σε μία προσπάθεια να εξασφαλίσει όσο το δυνατόν περισσότερους εν δυνάμει υδατικούς πόρους. Το Ισραήλ και διαθέτει μεγάλες παροχές βιομηχανικών λυμάτων και έχει την ανάγκη για εξασφάλιση των μέγιστων δυνατών ποσοτήτων λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση.

Τα κανονιστικά πλαίσια του Π.Ο.Υ., της USEPA και της Αυστραλίας είναι σχεδόν σε όλα τα ζητήματα, όπως και σε αυτό, λιγότερο περιοριστικά, προσπαθώντας να αντιμετωπίσουν την ποικιλομορφία των περιοχών ευθύνης τους.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερα παράλογες διαφοροποιήσεις ως προς την επιτρεπόμενη προέλευση των λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση. Σε νότιο ευρωπαϊκό επίπεδο, οι επιτρεπόμενες προελεύσεις είναι όμοιες, κάτι που θα διευκολύνει την εφαρμογή της νομοθετικής πρότασης της ΕΕ όταν αυτή έρθει σε ισχύ. Σε μεσογειακό επίπεδο, ενοποίηση ως προς τις επιτρεπόμενες προελεύσεις θα μπορούσε θεωρητικά να επιτευχθεί, καθώς δεν είναι απαραίτητο να αποκλείονται ή να περιορίζονται τα βιομηχανικά

απόβλητα ή να απαιτείται όλα τα προς επαναχρησιμοποίηση λύματα να επεξεργάζονται σε ΕΕΛ. Στο μέλλον, αν οι προκλήσεις λειψυδρίας των νότιων ευρωπαϊκών χωρών γίνουν τόσο έντονες όσο του Ισραήλ και της Ιορδανίας, η ενοποίηση αυτή μπορεί να επιτευχθεί.

5.3 Συγκριτική Αξιολόγηση ως προς τις Κατηγορίες Επαναχρησιμοποίησης

Θεωρητικά μπορούν να υπάρξουν τόσες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού, όσες και χρήσεις φρέσκου νερού. Όμως λόγω του κόστους που απαιτείται για να μετατραπούν τα λύματα μέσω επεξεργασίας σε νερό ίδιας ποιότητας με το φρέσκο, αυτό στην πράξη δεν είναι εφαρμόσιμο παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Εξάλλου όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ανακτημένο νερό δεν είναι πολύτιμο μόνο ως υδατικός πόρος αλλά και λόγω συγκεκριμένων συστατικών του που είναι χρήσιμα σε διάφορες εφαρμογές. Η επαναχρησιμοποίηση δηλαδή έχει συγκεκριμένα πεδία εφαρμογής που είναι ιδιαίτερα ευνοϊκά. (Asano et al., 2007)

Με διαφορά το πιο ευνοϊκό πεδίο είναι η άρδευση αγροτικών καλλιεργειών, την οποία προβλέπουν όλα τα νομοθετικά και κανονιστικά πλαίσια, ενίοτε κατά αποκλειστικότητα. Η άρδευση έχει πολλές υποκατηγορίες, με ορισμένα πλαίσια να εξειδικεύουν τις προβλέψεις τους για κάθε υποκατηγορία. Ανεξάρτητα όμως από τις επιμέρους απαιτήσεις, όλα τα εξεταζόμενα πλαίσια επιτρέπουν την άρδευση κάθε είδους καλλιεργειών, με μοναδική εξαίρεση την Κύπρο που δεν προβλέπει την άρδευση στην αγροτική παραγωγή ζωοτροφών που προορίζονται για ζώα που παράγουν γάλα προς ανθρώπινη κατανάλωση.

Οι υπόλοιπες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης έχουν κυμαινόμενο βαθμό χρησιμότητας, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και ιδιαιτερότητες. Ως εκ τούτου, κάποια πλαίσια εξετάζουν μόνο συγκεκριμένες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης και τις υπόλοιπες είτε τις απαγορεύουν είτε τις αγνοούν.

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν οι επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης, με πρώτο κριτήριο το αν η κατηγορία επαναχρησιμοποίησης επιτρέπεται με ή χωρίς περιορισμούς και δεύτερο κριτήριο το αν οι μη προβλεπόμενες κατηγορίες, απαγορεύονται ή απλά δεν περιγράφονται. Στον Πίνακα 5.2 που ακολουθεί, αποτυπώνεται η σύγκριση των εξεταζόμενων πλαισίων βάσει των κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης που προβλέπονται. Οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης που εξετάζονται συμβολίζονται με (✓), οι κατηγορίες που δεν εξετάζονται συμβολίζονται με (-) και οι κατηγορίες που απαγορεύονται συμβολίζονται με (X).

Πίνακας 5.2: Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης ανά εξεταζόμενο πλαίσιο.

Κατηγορία Επαναχρησιμοποίησης	Π.Ο.Υ.	USEPA	Αυστραλία	Ευρωπαϊκή Ένωση	Ελλάδα	Κύπρος	Γαλλία	Ισπανία	Ιταλία	Πορτογαλία	Ιορδανία	Ισραήλ
Απεριόριστη Άρδευση	√	√	√	√	√	X ^(β)	√	√	√	√	√	√
Περιορισμένη Άρδευση	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Απεριόριστη Αστική Χρήση	-	√	√	-	√	X	X	√	√	X	X	-
Περιορισμένη Αστική Χρήση	-	√	√	-	√	X	X	√	√	X	X	-
Εμπλουτισμός Υδροφορέων	-	√	√	√	√	√	X	√	X	X	√	X
Βιομηχανική Χρήση	-	√	-	-	√	X	-	√	√	-	-	-
Κτηνοτροφία	√	-	√	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Υδατικές Καλλιέργειες	√	-	-	-	X	X	X	√	X	X	X	X
Περιβαλλοντική ή Ανάπλαση	-	√	√	-	√	-	-	√	-	-	-	-
Έμμεση Ύδρευση	-	√	-	-	√ ^(α)	X	X	X	X	X	X	X
Άμεση Ύδρευση	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X

Υποσημειώσεις Πίνακα 5.2:

(α): Από την ελληνική νομοθεσία, η τροφοδότηση υδατικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται έμμεσα για ύδρευση επιτρέπεται, αν τα υδατικά συστήματα αυτά παρέχουν κατά μέσον όρο κάτω των 10 m³ ημερησίως ή εξυπηρετούν λιγότερα από 50 άτομα.

(β): η κυπριακή νομοθεσία δεν επιτρέπει την άρδευση στην αγροτική παραγωγή ζωοτροφών που προορίζονται για ζώα που παράγουν γάλα προς ανθρώπινη κατανάλωση.

Υπό το πρίσμα των επιτρεπόμενων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης, παρατηρούμε έντονες διαφοροποιήσεις στα εξεταζόμενα πλαίσια. Ακόμα και σε ευρωπαϊκό επίπεδο οι συγκλίσεις περιορίζονται στην απαγόρευση της ύδρευσης με ανακτημένο νερό και στην πρόβλεψη για άρδευση. Η εφαρμογή της ευρωπαϊκής νομοθετικής πρότασης που προβλέπει εμπλουτισμό υδροφορέων, τη στιγμή που τα περισσότερα κράτη – μέλη την απαγορεύουν θα συναντήσει προκλήσεις.

Το ποια κατηγορία επαναχρησιμοποίησης επιτρέπεται και ποια όχι εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων, οι περισσότεροι εκ των οποίων δεν είναι επιστημονικής φύσεως. Για παράδειγμα, η Αυστραλία εξετάζει ενδελεχώς το

ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης στην κτηνοτροφική παραγωγή, διότι αποτελεί σημαντικό κομμάτι της οικονομίας της. Από την άλλη η Ισπανία επίσης προβλέπει επαναχρησιμοποίηση στην κτηνοτροφία, επειδή η προσέγγιση που ακολουθεί είναι να επιτρέπει σχεδόν όλες τις δυνατές κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης.

Το να επιτρέπονται πολλές κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης δεν προωθεί απαραίτητα τη μεγαλύτερη εκμετάλλευση ανακτημένου νερού. Το Ισραήλ και η Κύπρος επιτρέπουν σχεδόν αποκλειστικά την επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση αλλά ταυτόχρονα επαναχρησιμοποιούν σχεδόν το σύνολο του ανακτημένου νερού. Ούτε όμως και η εξειδίκευση είναι απαραίτητα καθοριστική στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης καθώς στην περίπτωση της Γαλλίας δεν έχει οδηγήσει την επαναχρησιμοποίηση στα επιθυμητά επίπεδα.

Πολλές από τις επιλογές των πλαισίων ως προς τις επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης επηρεάζονται από την κοινωνική αποδοχή και τη στρατηγική περί εξειδίκευσης ή μη. Καθορίζονται όμως και από αντικειμενικούς παράγοντες που άπτονται στις τοπικές ιδιαιτερότητες.

Η κοινωνική αποδοχή και η στρατηγική σχεδιασμού μπορεί να μεταβληθεί και ως εκ τούτου μπορούν να μεταβληθούν και οι επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης που εξαρτώνται από αυτές. Για παράδειγμα, η απαγόρευση της ύδρευσης με ανακτημένο νερό που επιβάλλεται σήμερα σχεδόν από όλα τα εθνικά νομικά πλαίσια, μπορεί στο μέλλον να ανακληθεί καθώς οι κοινωνίες γίνονται πιο φιλικές στο ανακτημένο νερό και οι πιέσεις στους υδατικούς πόρους αυξάνονται.

Οι αντικειμενικοί παράγοντες, που πηγάζουν από τα τοπικά χαρακτηριστικά, όπως το κλίμα και η μορφολογία του εδάφους και ως εκ τούτου συγκεκριμένες επιλογές για τις κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης, δε μεταβάλλονται εύκολα. Η διερεύνηση της ενοποίησης λοιπόν απαιτεί την αντιστοίχιση των επιλογών των πλαισίων με τους παράγοντες συνδιαμόρφωσης, η οποία όμως δεν είναι εύκολη καθώς το ζήτημα είναι πολυπαραγοντικό.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το εγχείρημα ενοποίησης των πλαισίων επαναχρησιμοποίησης σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η νομοθετική πρόταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσπαθεί να ανιχνεύσει ποια πεδία επαναχρησιμοποίησης είναι τα πιο ευνοϊκά και τα πιο απαραίτητα. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η άρδευση και ο εμπλουτισμός υδροφορέων είναι τα καταλληλότερα πεδία σε πρώτη φάση. Για την άρδευση τα ισχύοντα νομοθετικά πλαίσια των κρατών – μελών συμφωνούν αν και υπάρχουν επιμέρους διαφορές. Στον εμπλουτισμό υδροφορέων υπάρχουν πολύ σημαντικές διαφοροποιήσεις τις οποίες η πρόταση της ΕΕ, επιχειρεί να εξαλείψει. Οι διαφοροποιήσεις αυτές δε, είναι μεταξύ των νομοθεσιών που υφίστανται. Υπενθυμίζεται ότι η πλειοψηφία των κρατών μελών της ΕΕ δεν έχουν καταρτίσει νομοθετικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης.

Η ενοποίηση των επιτρεπόμενων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης σε μεσογειακό επίπεδο είναι ακόμα πιο δύσκολη καθώς οι πολιτισμικές, οικονομικές και κοινωνικές διαφορές μεταξύ νότιας Ευρώπης, Μέσης Ανατολής και Βόρειας Αφρικής είναι χαώδεις. Οι διαφορές αυτές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στις επιτρεπόμενες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης.

5.4 Συγκριτική Αξιολόγηση ως προς τις Μεθόδους Επεξεργασίας

Τα λύματα για να μπορέσουν να επαναχρησιμοποιηθούν πρέπει στις περισσότερες περιπτώσεις να υποστούν επεξεργασία. Μόνο ο Π.Ο.Υ. εξετάζει την επαναχρησιμοποίηση ανεπεξέργαστων λυμάτων υπό προϋποθέσεις και μόνο για εξειδικευμένες εφαρμογές. Η απαιτούμενη επεξεργασία καθορίζεται από α) την αρχική σύσταση των λυμάτων, β) την κατηγορία επαναχρησιμοποίησης και γ) τα επιπρόσθετα προστατευτικά μέτρα που προβλέπονται. Ως εκ τούτου είναι πολύ δύσκολη η απευθείας σύγκριση των μεθόδων επεξεργασίας που προτείνουν ή απαιτούν τα εξεταζόμενα πλαίσια, γιατί α) η αρχική σύσταση των λυμάτων είναι διαφορετική ανά περίπτωση²⁷, β) οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης που εξετάζονται και ο τρόπος που περιγράφονται διαφέρουν στα εξεταζόμενα πλαίσια και γ) δίνεται διαφορετική βαρύτητα στα επιπρόσθετα προστατευτικά μέτρα.

Συγκεκριμένα για το τελευταίο, κατά την ανάλυση των πλαισίων, προέκυψαν δύο βασικές στρατηγικές περιορισμού των επιβλαβών παραγόντων του ανακτημένου νερού.

Η πρώτη στρατηγική ορίζει σαφώς για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης, τις απαιτούμενες μεθόδους επεξεργασίας, τις επιτρεπόμενες μεθόδους χρήσης (πχ υπόγεια άρδευση και όχι καταιονισμός) και τα απαιτούμενα περιοριστικά μέτρα (πχ περιορισμοί στη δημόσια πρόσβαση). Αυτή την στρατηγική ακολουθεί η USEPA, η ΕΕ, η Ελλάδα, η Κύπρος, η Γαλλία, η Ισπανία, η Ιταλία, η Πορτογαλία και η Ιορδανία.

Η δεύτερη στρατηγική είναι να αποδίδονται σε κάθε μέθοδο επεξεργασίας, σε κάθε μέθοδο χρήσης και σε κάθε προστατευτικό μέτρο συντελεστές μείωσης των επιβλαβών παραγόντων. Στη συνέχεια, βάσει της αρχικής προέλευσης/σύστασης λυμάτων να δίνεται δυνατότητα επιλογής συνδυασμών επεξεργασίας, χρήσης και προστατευτικών μέτρων που θα μπορούν να επιτύχουν την απαιτούμενη μείωση των επιβλαβών παραγόντων του ανακτημένου νερού. Την στρατηγική αυτή την υιοθετεί ο Π.Ο.Υ., η Αυστραλία και το Ισραήλ.

Η πρώτη προσέγγιση είναι λιγότερο ευέλικτη και βασίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό στην επεξεργασία λυμάτων από ΕΕΛ. Ταυτόχρονα όμως εξασφαλίζει σε μεγαλύτερο βαθμό την ασφάλεια των εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης, καθώς

²⁷ Υπάρχει για παράδειγμα σαφής αντιστοίχιση της έντασης της λειψυδρίας και της ποιότητας των λυμάτων (Tran et al., 2017)

η διαχείριση της επαναχρησιμοποίησης γίνεται συγκεντρωτικά από ένα φορέα και η απαιτούμενη ποιότητα του ανακτημένου νερού έχει ήδη επιτευχθεί πριν αυτό φτάσει στον τελικό χρήστη. Αντίθετα, η δεύτερη προσέγγιση βασίζεται περισσότερο στα μέτρα που πρέπει να λάβει ο τελικός χρήστης και λιγότερο στην επεξεργασία. Χαρίζει έτσι μεγαλύτερη ευελιξία και στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδικασίες που προβλέπει είναι πολύ πιο οικονομικές. Το μειονέκτημα αυτής της στρατηγικής είναι ότι ο έλεγχος των διαδικασιών περιορισμού του κινδύνου είναι πιο δύσκολος. (Kihila et al., 2014)

Το κύριο μέλημα όλων των πλαισίων που εξετάστηκαν είναι ο περιορισμός της επικινδυνότητας των παθογόνων μικροοργανισμών που βρίσκονται στο ανακτημένο νερό. Για αυτό το λόγο, προτείνονται σε όλες τις περιπτώσεις συγκεκριμένες μέθοδοι απολύμανσης. Επίσης, από όλες τις οδηγίες και τις διατάξεις απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία ή ισοδύναμη αυτής.

Τα πλαίσια της USEPA, της ΕΕ, της Ελλάδας, της Κύπρου, της Γαλλίας, της Ισπανίας, της Ιταλίας, της Πορτογαλίας και της Ιορδανίας απαιτούν η επεξεργασία να είναι συμβατική, δηλαδή να πραγματοποιείται σε συγκροτημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Τα πλαίσια του Π.Ο.Υ., της Αυστραλίας και του Ισραήλ ενώ προβλέπουν την συμβατική επεξεργασία, παρέχουν παράλληλα τη δυνατότητα περιβαλλοντικής επεξεργασίας (μέσω διάθεσης σε λίμνες σταθεροποίησης) και τη δυνατότητα σημειακής επεξεργασίας (μέσω σηπτικών δεξαμενών και μηχανικών προκαταρκτικών μεθόδων) για επαναχρησιμοποίηση στο σημείο παραγωγής των λυμάτων, χωρίς αυτά να διατεθούν στο αποχετευτικό δίκτυο.

Και σε αυτή την περίπτωση ο αποκλεισμός ή μη της περιβαλλοντικής και σημειακής επεξεργασίας, βασίζεται στη στρατηγική για την εξασφάλιση του περιορισμού των επιβλαβών παραγόντων του ανακτημένου νερού. Με την απαίτηση η επεξεργασία να είναι αποκλειστικά συμβατική, επιτυγχάνεται μεγαλύτερος βαθμός ασφαλείας τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για το περιβάλλον. Από την άλλη όμως, δεν επιτρέπεται η εκμετάλλευση των ευκαιριών που προσφέρει η μη συμβατική επεξεργασία.

Συμπερασματικά, αναφορικά με τις απαιτούμενες και προβλεπόμενες μεθόδους επεξεργασίας, παρατηρείται ότι υπάρχουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Η διαφορετικότητα των προσεγγίσεων έχει ως αποτέλεσμα η διάρθρωση και το περιεχόμενο των πλαισίων να αποκλίνουν σημαντικά. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η ΕΕ και τα κράτη - μέλη ακολουθούν το ίδιο σκεπτικό και ως εκ τούτου οι μέθοδοι επεξεργασίας που απαιτούν ταυτίζονται. Η ενοποίηση που προσπαθεί να επιβάλλει η νομοθετική πρόταση της ΕΕ, δε θα συναντήσει εμπόδια σε αυτόν τον τομέα.

Το πώς η στρατηγική κατάρτισης των πλαισίων, έχει ως αποτέλεσμα το περιεχόμενο των πλαισίων να διαφέρει σημαντικά, αποτυπώνεται ξεκάθαρα στη σύγκριση των πλαισίων του Ισραήλ και της Ιορδανίας. Δύο χώρες που

συνορεύουν, έχουν περίπου το ίδιο κλίμα, την ίδια έκταση και αντιμετωπίζουν τις ίδιες προκλήσεις λειψυδρίας, υιοθέτησαν διαφορετική προσέγγιση κατάρτισης νομοθετικού πλαισίου επαναχρησιμοποίησης και αυτό είχε ως αποτέλεσμα το τελικό περιεχόμενο των πλαισίων τους να διαφέρει σημαντικά.

5.5 Συγκριτική Αξιολόγηση ως προς τις Παραμέτρους Ποιότητας

Λόγω των σημαντικών διαφορών μεταξύ των πλαισίων που ήδη παρατέθηκαν, η συγκριτική αξιολόγηση του συνόλου των βιολογικών, φυσικών και χημικών παραμέτρων ποιότητας είναι αδύνατη. Είναι όμως σημαντικό, να συγκριθεί και να αξιολογηθεί η επιλογή των βασικών παραμέτρων και το επιτρεπόμενο εύρος τιμών αυτών των παραμέτρων από τα εξεταζόμενα πλαίσια. Στον Πίνακα 5.3 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι παράμετροι που εξετάζονται και το επιτρεπόμενο εύρος τιμών τους.

Πίνακας 5.3: Παράμετροι που εξετάζονται και επιτρεπόμενο εύρος τιμών

Παράμετρος	Π.Ο.Υ.	USEP A	Αυστραλία	Ευρωπαϊκή Ένωση	Ελλάδα	Κύπρος	Γαλλία	Ισπανία	Ιταλία	Πορτογαλία	Ιορδανία	Ισραήλ
Περιττωματικά κολοβακτηρίδια		0-200								100-10 ⁴		
Ολικά κολοβακτηρίδια	2-7 λογ. μείωση				2							
Περιττωματικοί εντερόκοκκοι							2-4 λογ. μείωση					
Legionella sp.				≤1000				0-1000				
Salmonella sp.								0	0			
Θειοτροφικά βακτήρια							2-4 λογ. μείωση					
Παρασιτικά αυγά ανά λίτρο	≤1			≤1		0		≤0.1		≤1	≤1	
Νηματώδη παράσιτα	0											

Παράμετρος	Π.Ο.Υ.	USEP A	Αυστραλία	Ευρωπαϊκή Ένωση	Ελλάδα	Κύπρος	Γαλλία	Ισπανία	Ιταλία	Πορτογαλία	Ιορδανία	Ισραήλ
Φ – βακτηριοφάγοι							2-4 λογ. μείωση					
TSS (mg/l)		≤30	≤30	≤10, ≤35, ≤60	2-35	10-35	15	5-35	10	60	15-300	30-90
Θολότητα (NTU)		≤2		≤5 ή κανένα όριο	2 ή κανένα όριο			1-15				
Escherichia coli (cfu/100ml)	<10 ³ Ανά 100ml		≤1, ≤100, ≤1000, ≤10000 ^(β)	≤1, ≤100, ≤1000, ≤10000	5-200	5-200 και 5-10000	250-100000	0-1000 και 10000	10		≤1.1, ≤100, ≤1000	≤10 ή κανένα όριο
BOD5		10-30	≤20	10-25	10-25	10-25 και 10-70			20		15-300	20-60
COD						70 ή 125	60		100		50-500	
TOC		≤2										
pH		6-9			6.5-8.5	6.5-8.5			6.0-9.5	6.5-8.4	6-9	
Ηλεκτρική αγωγιμότητα					3	1.7-2.9		3	3	1		
TDS					2000					640	1500	
SAR					12			6	10	8	6-9	
Χλωριούχα					350	300			250	70		
Ολικό άζωτο					30	15		10	15		30-70	
Ολικός φώσφορος					1-2	2-10		2	2		15-30	
HCO ₃					500						400	

Συγκεκριμένες παράμετροι ποιότητας, όπως τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) και το βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), εξετάζονται από την πλειοψηφία των πλαισίων. Επίσης, ο αριθμός των βακτηρίων E. Coli χρησιμοποιείται ως το ενδεικτικό μέγεθος μικροβιακού κινδύνου, από τα περισσότερα πλαίσια.

Οι επιλογές όμως των πλαισίων ως προς τις εξεταζόμενες παραμέτρους είναι γενικά πολύ διαφορετικές. Η διαφοροποίηση προκύπτει από τις κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης, από την αρχική σύσταση των λυμάτων, από τις μεθόδους επεξεργασίας και τις μεθόδους ελέγχου που προβλέπουν. Προκύπτει

επίσης από την προσέγγιση που υιοθετούν κατά την κατάρτιση των νομοθετικών και κανονιστικών οδηγιών.

Ο Π.Ο.Υ. επειδή εξετάζει λίγες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης και λόγω του ότι η προσέγγισή του είναι ξεχωριστή, επικεντρώνεται αποκλειστικά στην εξάλειψη του μικροβιακού κινδύνου. Ως ενδεικτικά μεγέθη του κινδύνου αυτού αναγνωρίζει τα ολικά κολοβακτηρίδια και τα παρασιτικά αυγά. Για τα ολικά κολοβακτηρίδια απαιτεί συγκεκριμένη λογαριθμική μείωση και όχι συγκεκριμένη τελική τιμή. Για την ειδική περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης σε υδατικές καλλιέργειες, ορίζει επίσης επιτρεπόμενες τιμές για τον αριθμό E. Coli και για τα νηματώδη παράσιτα. Τις υπόλοιπες παραμέτρους ποιότητας τις αγνοεί, θεωρώντας ότι θα είναι σε ανεκτά επίπεδα κατά την τελική χρήση βάσει των μεθόδων επεξεργασίας και προστασίας που προτείνει. Ο Π.Ο.Υ. εξετάζει και μέγιστες ανεκτές συγκεντρώσεις χημικών και βαρέων μετάλλων στο έδαφος, λόγω του ανακτημένου νερού. Τις συγκεντρώσεις αυτές τις εξετάζει ως προς την προστασία της δημόσιας υγείας και όχι ως προς την προστασία της αγροτικής παραγωγής. Οι τιμές που ορίζει ως ανώτατες είναι αρκετά μεγαλύτερες από αυτές που ορίζει ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας ως ανώτατες στα πλαίσια ορθών αγροτικών πρακτικών.

Η USEPA ακολουθεί μία διαφορετική προσέγγιση. Καθορίζει ποιες παράμετροι ποιότητας είναι ενδεικτικές ως προς το αν οι απαιτούμενες μέθοδοι επεξεργασίας επιτυγχάνουν το αποτέλεσμα που αναμένεται. Για αυτές τις παραμέτρους ορίζει επιτρεπόμενες τιμές ανά κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Η ενδεικτική παράμετρος για το μικροβιακό φορτίο που επιλέγεται είναι τα περιπρωματικά κολοβακτηρίδια. Οι προσεγγίσεις της USEPA και του Π.Ο.Υ. είναι αντιδιαμετρικά αντίθετες και αυτό αποδεικνύεται από το ότι δεν υπάρχει ούτε μία παράμετρος που να εξετάζουν και τα δύο πλαίσια.

Το κανονιστικό πλαίσιο της Αυστραλίας μπορεί να θεωρηθεί ότι ισορροπεί μεταξύ των δύο προηγούμενων προσεγγίσεων. Επιλέγει να εξετάσει τρεις παραμέτρους ποιότητας που είναι ενδεικτικοί της λειτουργίας των μεθόδων επεξεργασίας που απαιτεί, στα πρότυπα της USEPA. Ταυτόχρονα όμως, δεν εξετάζει καμία άλλη παράμετρο θεωρώντας όπως και ο Π.Ο.Υ. ότι αυτές κατά την τελική χρήση θα έχουν ανεκτές τιμές λόγω των μεθόδων επεξεργασίας και προστασίας που προτείνει. Πρέπει να επισημανθεί ότι οι απαιτούμενες τιμές TSS και BOD₅ είναι ίδιες για τα πλαίσια της USEPA και της Αυστραλίας.

Η νομοθετική πρόταση της Ε.Ε. για την επαναχρησιμοποίηση ακολουθεί την προσέγγιση της USEPA και εξετάζει τον ίδιο αριθμό παραμέτρων παρόλο που προβλέπει πολύ λιγότερες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης. Το ευρωπαϊκό πλαίσιο διαφοροποιείται στο ότι εξετάζει τον παρασιτικό κίνδυνο στα πρότυπα του Π.Ο.Υ. και το αριθμό βακτηρίων Legionella. Πολλές από τις υπόλοιπες παραμέτρους, εξετάζονται από άλλα νομικά πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορούν εν γένει τα λύματα και δεν ορίζονται διαφορετικές επιτρεπόμενες

τιμές συγκεκριμένα για το ανακτημένο νερό. Παρατηρείται ότι το απαιτούμενο εύρος τιμών του ευρωπαϊκού πλαισίου για TSS, E. Coli και BOD δε διαφέρει από αυτά της USEPA και της Αυστραλίας. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για τη θολότητα είναι πιο ανεκτική από την απαίτηση της USEPA.

Τα ευρωπαϊκά νομοθετικά πλαίσια τείνουν να εξετάζουν περισσότερες παραμέτρους σε μία προσπάθεια να διασφαλίσουν ότι τα επεξεργασμένα λύματα που διατίθενται από τις ΕΕΛ, είναι κατάλληλης ποιότητας για τις αντίστοιχες χρήσεις. Οι διαφορές μεταξύ των ευρωπαϊκών πλαισίων θεωρητικά θα έπρεπε να είναι αμελητέες ή περιορισμένες, καθώς η προέλευση και η απαιτούμενη επεξεργασία δε διαφέρει σημαντικά. Παρόλα αυτά, τόσο οι εξεταζόμενες παράμετροι όσο και, σε μερικές από αυτές, το επιτρεπόμενο εύρος τιμών είναι διαφορετικό. Ομοιότητες παρατηρούνται στην επιλογή του αριθμού E. Coli ως ενδεικτικού μεγέθους μικροβιακού φορτίου και στην επιλογή της εξέτασης των TSS του ανακτημένου νερού.

Ξεχωρίζει η περίπτωση της Γαλλίας, της οποίας το νομοθετικό πλαίσιο επικεντρώνεται στο μικροβιακό κίνδυνο, εξετάζοντας τέσσερις διαφορετικές μικροβιολογικές παραμέτρους. Η Γαλλία έχει και διαφορετική προσέγγιση καθώς απαιτεί λογαριθμική μείωση των παθογόνων οργανισμών και όχι τελική συγκέντρωση. Επίσης, δεν εξετάζει καμία φυσικοχημική παράμετρο εκτός από το COD.

Το νομοθετικό πλαίσιο της Ιταλίας δε διαχωρίζει τις απαιτούμενες τιμές παραμέτρων ποιότητας ανά κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Αυτό είναι παράλογο περιοριστικό και δε συνεισφέρει καθόλου στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης. Οι ανώτατες επιτρεπόμενες τιμές για διάφορες παραμέτρους είναι επίσης περιοριστικές, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το ολικό άζωτο που επιτρέπεται να υπάρχει στο τελικό ανακτημένο νερό.

Τα νομοθετικά πλαίσια της Ιταλίας και της Γαλλίας θα χρειαστεί να μεταβληθούν σε πολύ μεγάλο βαθμό κατά την εναρμόνιση τους με την ευρωπαϊκή κοινοτική οδηγία. Οι νομοθεσίες των υπόλοιπων ευρωπαϊκών κρατών – μελών που εξετάζονται δε διαφέρουν σημαντικά ούτε μεταξύ τους ούτε σε σχέση με την πρόταση της ΕΕ, πάντα αναφορικά με τις εξεταζόμενες παραμέτρους ποιότητας.

Επιμέρους διαφορές φυσικά υπάρχουν, όπως ότι μόνο η Ελλάδα και η Ισπανία εξετάζουν τη θολότητα στο ανακτημένο νερό ή ότι η Κύπρος απαιτεί να μην ανιχνεύεται σε κανένα δείγμα παρασιτικό αυγό. Σε γενικές γραμμές όμως οι προσεγγίσεις της Ελλάδας, της Κύπρου, της Ισπανίας, της Πορτογαλίας και της ΕΕ είναι ίδιες και η εναρμόνιση ως προς τις εξεταζόμενες παραμέτρους και τις τιμές τους δε θα είναι προβληματική.

Οι περιπτώσεις της Ιορδανίας και του Ισραήλ παρουσιάζουν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το νομοθετικό πλαίσιο της Ιορδανίας έχει καταρτιστεί με πρότυπο τα ευρωπαϊκά πλαίσια. Όντως αυτό φαίνεται ξεκάθαρα

από την επιλογή των εξεταζόμενων παραμέτρων στον Πίνακα 5.3. Παρατηρώντας όμως το επιτρεπόμενο εύρος τιμών που αντιστοιχούν στις παραμέτρους αυτές και συγκρίνοντας το με τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά, αποδεικνύεται η πλήρης συσχέτιση ζήτησης για υδατικούς πόρους και ανεκτικότητας των νομοθετικών πλαισίων. Η Ιορδανία υποφέρει από τρομακτική λειψυδρία και αυτό επηρεάζει το τι θεωρείται αποδεκτό στην ποιότητα του ανακτημένου νερού.

Αντίστοιχα το Ισραήλ, επιλέγει να εξετάσει τις ίδιες ακριβώς παραμέτρους με το κανονιστικό πλαίσιο της Αυστραλίας, κάτι το οποίο δεν είναι τυχαίο καθώς όπως έχει αναφερθεί τα δύο πλαίσια ακολουθούν περίπου την ίδια προσέγγιση του ζητήματος. Σαφείς διαφορές όμως υπάρχουν στα επιτρεπόμενα εύρη τιμών, για τα οποία το Ισραήλ είναι πολύ πιο ανεκτικό, διότι αντιμετωπίζει μεγαλύτερες προκλήσεις ολικής λειψυδρίας και επειδή κατά το πλαίσιο του Ισραήλ διαδραματίζουν μεγαλύτερο ρόλο τα προστατευτικά μέτρα και η εξειδίκευση της χρήσης, παρά η επεξεργασία των λυμάτων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων δύναται να αποτελέσει βασικό πυλώνα της διαχείρισης υδατικών πόρων. Για να εκπληρωθεί η δυναμική της επαναχρησιμοποίησης πρέπει να εξασφαλίζεται η ασφάλεια και η μέγιστη εκμετάλλευση των διαθέσιμων λυμάτων. Τα κανονιστικά και νομοθετικά πλαίσια που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην προστασία της δημόσιας υγείας και την ανάπτυξη του πεδίου της επαναχρησιμοποίησης.

Τα πλαίσια επαναχρησιμοποίησης καθορίζουν:

- την επιτρεπόμενη προέλευση των λυμάτων
- την επιτρεπόμενη κατηγορία επαναχρησιμοποίησης τους
- τις απαιτούμενες μεθόδους επεξεργασίας
- την απαιτούμενη ποιότητα του ανακτημένου νερού
- τους απαιτούμενους περιορισμούς κατά τη χρήση
- τους απαιτούμενους ελέγχους των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης

Ως προς τα παραπάνω εξετάστηκαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κανονιστικά και νομοθετικά πλαίσια επαναχρησιμοποίησης, έτσι ώστε να καλύπτουν τις διαφορετικές προσεγγίσεις του ζητήματος της επαναχρησιμοποίησης. Η πρώτη από τις δύο βασικές προσεγγίσεις είναι αυτή που υιοθετεί ο Π.Ο.Υ., το Ισραήλ και εν μέρει η Αυστραλία, η οποία επικεντρώνεται στην διασφάλιση της δημόσιας υγείας με δεδομένη την εκμετάλλευση των μέγιστων δυνατών παροχών λυμάτων και βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στα περιοριστικά και προστατευτικά μέτρα κατά τη χρήση του ανακτημένου νερού. Η δεύτερη προσέγγιση υιοθετείται από τα πλαίσια της USEPA, της ΕΕ, των ευρωπαϊκών κρατών – μελών και εν μέρει της Ιορδανίας, η οποία ρίχνει μεγαλύτερο βάρος στην ασφάλεια των διαδικασιών επαναχρησιμοποίησης και απαιτεί συγκεκριμένη ποιότητα του ανακτημένου νερού πριν τη χρήση, μέσω επεξεργασίας.

Παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές, ακόμη και μεταξύ πλαισίων που ακολουθούν την ίδια προσέγγιση. Οι διαφοροποιήσεις αυτές προκύπτουν από τις τοπικές ιδιαιτερότητες οι οποίες επηρεάζουν τη ζήτηση για επαναχρησιμοποίηση, τη διαθέσιμη ποσότητα και ποιότητα λυμάτων προς ανάκτηση, τις πιθανές χρήσεις του ανακτημένου νερού και τη διαθέσιμη τεχνολογία και υποδομή. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι μικρές διαφοροποιήσεις στα παραπάνω ζητήματα οδηγούν σε μεγάλες διαφοροποιήσεις στο περιεχόμενο των πλαισίων.

Ιδιαίτερα σημαντικό επίσης, είναι ότι οι διαφοροποιήσεις αυτές δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες διατάξεων όπως για παράδειγμα τα επιτρεπόμενα όρια παραμέτρων ποιότητας. Αντίθετα, εμφανίζονται διαφορές σε όλες τις πτυχές των διατάξεων των πλαισίων.

Προκύπτει λοιπόν ότι η ενοποίηση ή ακόμα και η εναρμόνιση πλαισίων επαναχρησιμοποίησης δεν είναι εύκολη υπόθεση καθώς μπορεί να οδηγήσει σε λιγότερο αποδοτική επαναχρησιμοποίηση και μικρότερο βαθμό διασφάλισης της δημόσιας υγείας, αν τα ισχύοντα επιμέρους τοπικά πλαίσια δεν είναι παρωχημένα. Μία τέτοια περίπτωση πλαισίου αποτελεί το νομοθετικό πλαίσιο της Ιταλίας, το οποίο απαιτεί για όλες τις χρήσεις το ανακτημένο νερό να έχει ποιότητα εφάμιλλη του πόσιμου.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η εναρμόνιση των πλαισίων επαναχρησιμοποίησης προωθείται ήδη από την Ευρωπαϊκή Ένωση, συγκεκριμένα όμως για την επαναχρησιμοποίηση στην άρδευση και στον εμπλουτισμό υδροφορέων. Επειδή η πλειοψηφία των κρατών – μελών της ΕΕ δεν παρέχει νομοθετικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης, η νομοθετική πρόταση της ΕΕ στην ουσία θα κατοχυρώσει το δικαίωμα στην επαναχρησιμοποίηση. Σε μεσογειακό επίπεδο, οι σημαντικές διαφορές ως προς το τετράπτυχο ζήτησης-προέλευσης-χρήσης-τεχνολογίας/υποδομής μεταξύ Μέσης Ανατολής, βόρειας Αφρικής και νότιας Ευρώπης, επιφέρουν τεράστιες διαφορές και στο περιεχόμενο των πλαισίων επαναχρησιμοποίησης. Ως εκ τούτου, μία πιθανή ενοποίηση των πλαισίων θα συνοδευόταν από αύξηση της επικινδυνότητας και μείωση της απόδοσης των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης. Τέλος, σε νότιο ευρωπαϊκό επίπεδο, παρά τις επιφανειακές διαφορές, θα μπορούσε να επιτευχθεί ενοποίηση των πλαισίων. Με αφορμή την ευρωπαϊκή νομοθετική πρόταση, με την οποία σύντομα θα εναρμονιστούν τα ευρωπαϊκά πλαίσια, αξίζει να εξεταστεί το ενδεχόμενο της πλήρους ενοποίησης σε νότιο ευρωπαϊκό επίπεδο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βιβλιογραφία:

- Abu-Madi Maher Omar Rushdi. (2004) *Incentive Systems for Wastewater Treatment and Reuse in Irrigated Agriculture in the MENA Region, Evidence from Jordan and Tunisia*, CRC Press, ISBN: 9789058097026
- Ahmed Ali Ulimat. (2012) *Wastewater Production, Treatment and Use*, Jordan Ministry of Water & Irrigation Water Authority of Jordan
- Alcalde-Sanz L., Gawlik B. M.. (2017) *Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge - Towards a water reuse regulatory instrument at EU level*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 9789279771767, doi10.2760/887727, PUBSY No.109291
- Amin Mohammad, Hashemi Hassan, Mohammadi Amir, Hung Yung. (2013) *A review on wastewater disinfection*. International Journal of Enviromental Health, DOI: 10.4103/2277-9183.113209
- Angelakis A., Bontoux L., Lazarova V.. (2007) *Main Challenges and Prospectives for Water Recycling and Reuse in EU Countries*, Water Science and Technology: Water Supply, DOI: 3. 10.2166/ws.2003.0046
- Angelakis Andreas, Asano Takashi, Bahri Akissa, Jiménez Blanca, Tchobanoglous George. (2018) *Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future*, Frontiers in Environmental Science. 6. 26, DOI: 10.3389/fenvs.2018.00026
- Apostolidis Nick, Hertle Chris, Young Ross. (2011) *Water Recycling in Australia*, Water. 3. 869-881, DOI: 10.3390/w3030869.
- AQUAREC. (2006) *Report on integrated water reuse concepts*, Policy Brief, Deliverable D19
- Asano T., Burton F., Leverenz H., Tsuchihashi R., Tchobanoglous G. (2007) *Water Reuse Issues, Technologies, and Applications*, Metcalf & Eddy/AECOM, ISBN: 9780071459273
- ATSE. (2015) *WASTEWATER – AN UNTAPPED RESOURCE?*, Report of a study by the Australian Academy of Technological Sciences and Engineering, ISBN: 9781921388316
- Bahri Akissa, Drechsel P., Brissaud F.. (2019) *Water reuse in Africa: challenges and opportunities*, Paper presented at the First African Water Week, Accelerating Water Security for Socio-Economic Development of Africa, Tunis, Tunisia, 26-28 March 2008
- Camp Dresser & McKee, Inc.. (2004) *GUIDELINES FOR WATER REUSE*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/625/R-04/108

- Camp Dresser & McKee, Inc.. (2012) *GUIDELINES FOR WATER REUSE*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-12/618
- Camp Dresser & McKee, Inc.. (2017) *Potable Reuse Compendium*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/810/R-17/002
- Cao Shuyou, Liu Xingnian, Er Huang. (2010) *Dujiangyan Irrigation System – a world cultural heritage corresponding to concepts of modern hydraulic science*, Journal of Hydro-environment Research 4. 3-13, DOI: 10.1016/j.jher.2009.09.003.
- Carr Gemma, Nortcliff Stephen, Potter R. (2010) *Water reuse for irrigated agriculture in Jordan: Challenges of soil sustainability and the role of management strategies*, Philosophical transactions, Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences, DOI: 10.1098/rsta.2010.0181
- Carr R., Bartram Jamie. (2004) *The Stockholm Framework for Guidelines for Microbial Contaminants in Water* στο βιβλίο *Zoonoses: Identification, causes and control*, pp.452-459, World Health Organization, IWA Publishing
- Casey Peter, Clement Solomon, Mackne Colleen, Lake Andrew, (1998) *Chlorine Disinfection*, Environmental Technology Initiative
- Cech Thomas V.. (2009) *Principles of Water Resources: History, Development, Management, and Policy*, 3rd Edition, Wiley, ISBN: 9780470136317
- CGDD. (2014) *L'environnement en France*, Edition 2014, Commissariat Général au Développement Durable – Service de l'observation et des statistiques
- Cherrier Victoria, Farmer Andrew, Jarrit Nick, Delacamera Gonzalo, Paoli Gloria de, Kirhensteine Ilona, Psomas Alexander. (2016) *EU-level instruments on water reuse Final report to support the Commission's Impact Assessment*, EU publications, ISBN 9789279626166
- Christova-Boal D., Eden R. E., McFarlane S.. (1996) *An investigation into greywater reuse for urban residential properties: Desalination*, vol. 106, no. 1-3
- Cini Michelle, Nieves Pérez-Solórzano Borragán. (2016) *European union politics*, Oxford University Press, 9780198708933
- Cooper, P. F. (2001) *Chapter 2: "Historical Aspects of Wastewater Treatment"* στο βιβλίο P. Lens, G. Zeeman, and G. Lettinga. *Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation*, IWA Publishing, ISBN: 9781900222471
- Oliveira Guilherme de, Guerriero Carmine. (2014) *Extractive States: The Case of the Italian Unification*, DOI: 10.1016/j.irl.2018.10.001
- Deloitte. (2015) *Optimising water reuse in the EU – Final report prepared for the European Commission*, EU publications, ISBN: 9789279468353
- Doell, Petra, Fiedler K., Zhang J.. (2009). *Global-scale analysis of river flow alterations due to water withdrawals and reservoirs*. Hydrology and Earth System Sciences. DOI: 10.5194/hess-13-2413-2009

- EEA. (2012) *Towards efficient use of water resources in Europe*, EEA report No 1/2012. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- EMWIS. (2005) *Local Water Supply, Sanitation and Sewage Country Report Israel*
- Goelzhauser Greg, Konisky David M. (2019) The State of American Federalism 2018–2019: Litigation, Partisan Polarization and the Administrative Presidency, *The Journal of Federalism*, Volume 49, Issue 3, DOI: 10.1093/publius/pjz014
- Gonnelli V., Peruzzi C.. (2015) *Libya's Water System and The Great Man-Made River*, Università degli Studi di Firenze
- Hadadin Nidal, Qaqish Maher, Akawwi Emad, Bdour Ahmed. (2010) *Water shortage in Jordan — Sustainable solutions*, *Desalination* 250, 197-202, DOI: 10.1016/j.desal.2009.01.026
- Helmer R., Hespanhol I. (1997) *Water pollution control—a guide to the use of water quality management principles*, E & FN Spon, ISBN: 9781780408378
- Henze Mogens, van Loosdrecht Mark C. M., Ekama G. A., Brdjanovic Damir. (2008) *Biological Wastewater Treatment*, IWA Publishing, ISBN: 9781843391883
- Hochstrat, R., Wintgens, T., Melin, T., Jeffrey, P.. (2005) *Wastewater reclamation and reuse in Europe: a model-based potential estimation*, *Water Supply* 5(1), DOI: 10.2166/ws.2005.0009
- Ilias A., Panoras A. and Angelakis A. (2014) *Wastewater Recycling in Greece: The Case ofThessaloniki*. *Sustainability* 2014, 6, 2876-2892
- Jódar-Abellán Antonio, López Ortiz María, Melgarejo Joaquín. (2019) *Wastewater Treatment and Water Reuse in Spain. Current Situation and Perspectives*, *Water*. 11. 1551-1574, DOI: 10.3390/w11081551.
- Karanis Panagiotis, Kourenti Christina, Smith Huw. (2007) *Waterborne transmission of protozoan parasites: A worldwide review of outbreaks and lesson learnt*, *Journal of water and health*. 5. 1-38, DOI: 10.2166/wh.2006.002.
- Kienast Herman J.. (2005) *The Aqueduct of Eupalinos on Samos*, Archaeological Receipts Fund, Directorate of Publications, ISBN: 9789602144244
- Kihila Jacob, Mtei Kelvin, Njau Karoli. (2014) *Development of a cost-benefit analysis approach for water reuse in irrigation*, *International Journal of Environmental Protection and Policy* 2. 179-184.
- Kotteck Markus, Grieser Jürgen, Beck Christoph, Rudolf Bruno, Rubel Franz. (2006) *World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated*. *Meteorologische Zeitschrift* 15. 259-263, DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- Koutsoyiannis, D., Andreadakis, A., Mavrodimou, R., Christofides, A., Mamassis, N., Efstratiadis, A., Koukouvinos, A., Karavokiros, G., Kozanis, S., Mamais, D., and Noutsopoulos, K.. (2008) *National Program for the*

Management and Protection of Water Resources, Support on the compilation of the national programme for water resources management and preservation, doi:10.13140/RG.2.2.25384.62727

- Kraume M., Bracklow U., Vocks M., Drews A., (2005) *Nutrients Removal in MBRs for Municipal Wastewater Treatment*, Water Science & Technology, Issue 51
- Marecos do Monte H., Albuquerque A.. (2010) (in Portuguese) *Wastewater reuse Technical Guide no 14*, Superior Engineering Institute of Lisbon and Water and Waste Agency, Lisbon
- MWRWG. (2007) *Mediterranean Wastewater Reuse Report*, produced by the MEDITERRANEAN WASTEWATER REUSE WORKING GROUP (MED WWR WG)
- Navarro Teresa. (2018). *Water reuse and desalination in Spain – Challenges and opportunities*, Journal of Water Reuse and Desalination 8, jwr2018043, DOI: 10.2166/wrd.2018.043
- Nikolaos Voulvoulis. (2018) *Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach*, Current Opinion in Environmental Science & Health Volume 2
- NRMCC. (2006) *National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks Phase 1*, a publication of the Environment Protection and Heritage Council, the Natural Resource Management Ministerial Council and the Australian Health Ministers Conference, ISBN: 1921173068
- NRMCC. (2008) *AUSTRALIAN GUIDELINES 22 FOR WATER RECYCLING: MANAGING HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS (PHASE 2) Augmentation of Drinking Water Supplies*, a publication of the Environment Protection and Heritage Council, the National Health and Medical Research Council and the Natural Resource Management Ministerial Council, ISBN: 1 92117319
- NRMCC. (2009) *Australian Guidelines for Water Recycling Managed Aquifer Recharge*, a publication of the Environment Protection and Heritage Council, the National Health and Medical Research Council and the Natural Resource Management Ministerial Council, ISBN: 1921173475
- Oron Gideon, Adel Michael, Agmon Vered, Friedler Eran, Halperin Rami, Leshem Ehud, Weinberg Daniel. (2014) *Greywater use in Israel and worldwide: Standards and prospects*, Water research. 58C. 92-101, DOI: 10.1016/j.watres.2014.03.032.
- Pescod M. D.. (1992) *Wastewater treatment and use in agriculture - irrigation and drainage*, paper 47, FAO, ISBN: 9251031355
- Potter R. B., Darmame K., Barham N.& Nortcliff S.. (2008) *Ever-growing Amman, Jordan: urban expansion, social polarisation and contemporary urban planning issues*. Habitat International Issue 33, 81-92, DOI: 10.1016/j.habitatint.2008.05.005

- Sanz Laura & Gawlik Bernd. (2014) *Water Reuse in Europe - Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation*. DOI: 10.2788/29234.
- Shi D., Devineni N., Lall U., Piñero E.. (2013) *America's Water Risk: Water Stress and Climate Variability*, Columbia Water Center White Paper
- Sofroniou Anastasia, Bishop Steven. (2014) *Water Scarcity in Cyprus: A Review and Call for Integrated Policy*. Water. 6. 2898-2928, DOI: 10.3390/w6102898
- Tilley Elizabeth, Ulrich Lukas, Luthi Christoph, Reymond Philippe, Zurbrügg Christian. (2014) *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG), ISBN: 9783906484570
- Tran Quynh K., Jassby David, Schwabe Kurt A.. (2017) *The implications of drought and water conservation on the reuse of municipal wastewater: Recognizing impacts and identifying mitigation possibilities*, Water Research 124. 10.1016/j.watres.2017.07.069
- TYPESA. (2012) *Wastewater reuse in the European Union*, Service contract for the support to the follow-up of the Communication on Water Scarcity and Droughts, European Commission
- TYPESA. (2013) *UPDATED REPORT ON WASTEWATER REUSE IN THE EUROPEAN UNION*, Service contract for the support to the follow-up of the Communication on Water Scarcity and Droughts, European Commission
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008) *Analytical Methods Approved for Drinking Water Compliance Monitoring under the Total Coliform Rule*, Washington, DC
- UNEP. (2005) *Guidelines for municipal water reuse in the Mediterranean region*, UNEP(DEC)/MED/WG.270/Inf.19
- United States Intidepartmental Committee (USIC). (1956) *COMMITTEE REPORT FOR THE STUDY OF JURISDICTION OVER FEDERAL AREAS WITHIN THE STATES*
- UN-WATER, (2015) *Compendium of Water Quality Regulatory Frameworks: Which Water for Which Use?*, UN-WATER
- USEPA. (1993) *METHOD 180.1 DETERMINATION OF TURBIDITY BY NEPHELOMETRY*
- Venkatesh Pranav Yedatore. (2015) *Creating a New Model to Predict Cooling Tower Performance and Determining Energy Saving Opportunities through Economizer Operation*, University of Massachusetts, Amherst
- WHO Study Group on the Control of Foodborne Trematode Infections. (1995) *Control of foodborne trematode infection: report of a WHO study group*. World Health Organization, Manila, Philippines
- WHO. 2006^a *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and wastewater, Volume 1: Policy and regulatory aspects*
- WHO. 2006^b *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and wastewater, Volume 2: Wastewater use in agriculture*

- WHO. 2006^γ *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and wastewater Volume 3: Wastewater and excreta use in aquaculture*
- WHO. 2006^δ *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and wastewater Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture*
- WHO. 2017^α *Potable reuse: Guidelines for producing safe drinking-water*
- WHO. 2017^β *Guidelines for drinking-water quality*
- World Health Organization. (2017) *Potable reuse: guidance for producing safe drinking-water*, World Health Organization, ISBN: 9789241512770
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2017) *The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater, The Untapped Resource*, UNESCO, ISBN: 9789231002014
- Ανδρεαδάκης Α., Μαμάης Δ., (2005) *ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΕΚΡΟΩΝ*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Ανδρεαδάκης Ανδρέας. (2015) *Επεξεργασία και Διαχείριση Λυμάτων και Ιλύος*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Ευρωπαϊκή Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ (Water Framework Directive 2000/60/EC)
- Ζαχαρίας Μ.. (2005) *Νέες Τεχνολογίες Επ Επεξεργασίας Λυμάτων – Η Τεχνολογία M.B.R.*, Ε.Ε.Ε. Υδραυλικών & Υδατικών Πόρων του Τ.Ε.Ε., Αθήνα
- Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Φυτιάνος Κ., Βουτσά Δ., (2004) *Έλεγχος Ρύπανσης Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- ΚΥΑ 145116/2011 *Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων*
- ΚΥΑ 191002/2013 *Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και συναφείς διατάξεις*
- ΚΥΑ 5673/400/1997 *Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων*
- Μαμάης Δανιήλ, (2006) *Τύποι Υδατικών Οικοσυστημάτων*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Μήτρακας Μανασσής, (2001) *Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού*, 2^η Έκδοση, εκδόσεις Τζιόλας, ISBN: 9789608050464
- Νταρακάς Ευθύμιος, (2011) *Στοιχεία Χημείας Περιβάλλοντος*, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- ΠΔ 51/2007 *Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων*
- Χαραλάμπους Αικατερίνη. (2006) *Υδατικό Περιβάλλον*, ΕΜΠ, Αθήνα

Διαδικτυακές Πηγές:

- (Eurostat, 2019^β) *Πληθυσμός Γαλλίας*
<https://ec.europa.eu/CensusHub2/intermediate.do?&method=forwardResult>

- (Eurostat, 2019^γ) *Πληθυσμός Ισπανίας*
<https://ec.europa.eu/CensusHub2/intermediate.do?&method=forwardResult>
- Aquastat – FAO. (2016) *Global Population and Water Withdrawal over Time – Diagram* http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm
- Australian Bureau of Statistics. (2019) *2016 Census QuickStats*
https://quickstats.censusdata.abs.gov.au/census_services/getproduct/census/2016/quickstat/0
- Australian Government. (2019a) *The Australian continent*
<https://www.australia.gov.au/about-australia/our-country/the-australian-continent>
- Australian Government. (2019β) *State and territory government*
<https://www.australia.gov.au/about-government/how-government-works/state-and-territory-government>
- Australian Government. (2019γ) *Water Resources of Australia and their Uses*
<https://soe.environment.gov.au/theme/inland-water/topic/australias-water-resources-and-use>
- Central Bureau of Statistics (CBS). (2019) *Israel Data*
<https://www.cbs.gov.il/EN/pages/default.aspx>
- Central Intelligence Agency (CIA). (2019) *The world factbook-Spain*
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/sp.html>
- Commonwealth Consolidated Acts, (CAC). (2019) *COMMONWEALTH OF AUSTRALIA CONSTITUTION ACT - SECT 51*
http://classic.austlii.edu.au/au/legis/cth/consol_act/coaca430/s51.html
- Encyclopedia Britannica. (2018α) *Aqueducts*
<https://www.britannica.com/technology/aqueduct-engineering>
- Encyclopedia Britannica. (2018β) *United States of America*
<https://www.britannica.com/place/United-States>
- Encyclopedia Britannica. (2019α) *Greece*
<https://www.britannica.com/place/Greece>
- Encyclopedia Britannica. (2019β) *France*
<https://www.britannica.com/place/France>
- Encyclopedia Britannica. (2019γ) *Italy*
- Encyclopedia Britannica. (2019δ) *Portugal*
<https://www.britannica.com/place/Portugal>
- Eurostat. (2019) *Eurostat Database*
<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- FAO. (2019) *Aquaculture* <http://www.fao.org/aquaculture/en/>
<https://www.britannica.com/place/Italy>
- INE. (2015) *Encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua. Indicadores sobre el agua*
<http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t26/p069/p03/serie/I0/&file=01002.px&type=pcaxis>

- Israel Water Authority. (2010) *Sea Water Desalination in Israel: Planning, Coping with Difficulties, and Economic Aspects of Long-term Risks* <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/12-Desalination-in-Israel.pdf>
- ISTAT. (2019) *Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων της Ιταλίας* http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCCV_IMPDEP
- Jewish Virtual Library (JVL). (2019) *The Israel Briefing Book : Israel Overview - Water* <https://www.jewishvirtuallibrary.org/the-israel-briefing-book-water#Water>
- Jordan Department of Statistics. (2019) *Πληθυσμός Ιορδανίας* <http://dosweb.dos.gov.jo/population/population-2/>
- NASA Earth Observatory. (2015) *Aswan High Dam* <https://earthobservatory.nasa.gov/images/85992/aswan-high-dam>
- Propluvia. (2019) *Περιοχές της Μητροπολιτικής Γαλλίας που ισχύουν Περιορισμοί στην Άρδευση* <http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/propluvia/faces/index.jsp>
- The Tower Magazine. (2015) *How Israel Is Solving the Global Water Crisis* <http://www.thetower.org/article/how-israel-is-solving-the-global-water-crisis/>
- UN. (2019α) *Sustainable Development* <https://www.un.org/en/sections/what-we-do/promote-sustainable-development/index.html>
- UN. (2019β) *Human Rights* <https://www.ohchr.org/EN/Issues/Pages/WhatareHumanRights.aspx>
- United Nations Statistics Division. (2011) *Inland Water Resources – Wastewater* <https://unstats.un.org/unsd/environment/wastewater.htm>
- USEPA. (2019b) *USEPA Budget* <https://www.epa.gov/planandbudget/budget>
- USEPA. (2019α) *Types of Septic Systems* <https://www.epa.gov/septic/types-septic-systems>
- USEPA. (2019α) *USEPA Role and Mission* <https://www.epa.gov/aboutepa/our-mission-and-what-we-do>
- USEPA. (2019γ) *NATIONAL WATER REUSE ACTION PLAN DRAFT* <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-09/documents/water-reuse-action-plan-draft-2019.pdf>
- Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (ΔΝΤ). (2017) *GDP current prices* <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOORLD>
- Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.). (2019) *Νομοθεσία Επαναχρησιμοποίησης Λυμάτων* http://www.elinyae.gr/el/item_details.jsp?cat_id=928&item_id=3796
- ΕΥΔΑΠ. (2019) *ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Κ.Ε.Λ.Ψ.* https://www.eydap.gr/userfiles/Attachments/Diagonismoi_Promithion/ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ%2011%20ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ%20ΣΤΟΙΧΕΙΑ%20ΚΕΛΨ.1%20έτος.ΤΕΛΙΚΟ.pdf

- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2019α) *General Framework of EU Water Law*
https://www.era-comm.eu/EU_water_law/part_2/index.html
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2019β) *EU Member - States*
https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_el
- Ευρωπαϊκή Ένωση. (2019γ) *European Commission*
https://ec.europa.eu/info/strategy_en
- Παγκόσμια Τράπεζα. (2019) *Jordan Data*
<https://data.worldbank.org/country/jordan>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Υ.ΠΕΡ.Ε.). (2019) *ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ* <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=251&language=el-GR>