

Μεταπτυχιακή εργασία
Τμήματος: Μηχανικών Περιβάλλοντος

Περιβαλλοντική Μηχανική– Βιώσιμη Ενέργεια – Κλιματική Αλλαγή

“ Επαναχρησιμοποίηση νερού και η Κοινωνική
αποδοχή του”

Μελανθία Λιαντράκη
Μηχανικός Ορυκτών Πόρων

Χανιά, Ιούνιος 2019

<u>Περίληψη</u>	<u>5</u>
<u>Κεφάλαιο 1: Το νερό και η χρησιμότητά του.....</u>	<u>7</u>
1.1 Εισαγωγικά στοιχεία για το νερό.....	7
1.2 Χρησιμότητα νερού	7
1.3 Κατηγορίες υγρών αποβλήτων.....	7
1.4 Παράμετροι και χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	9
1.5 Στάδια επεξεργασίας αστικών αποβλήτων με τις μονάδες επεξεργασίας.....	10
1.6 Υγρά βιομηχανικά λύματα και η επεξεργασία τους	14
1.6.1 Παραγωγή αποβλήτων από τις βιομηχανίες.....	17
1.7 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αστικών λυμάτων.....	19
<u>Κεφάλαιο 2: Επαναχρησιμοποίηση νερού.....</u>	<u>23</u>
2.1 Εισαγωγή	23
2.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού.....	25
2.3 Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης.....	26
2.4 Αγροτική Επαναχρησιμοποίηση – Άρδευση.....	27
2.5 Εμπλουτισμός υπόγειων υδάτων.....	32
2.6 Επαναχρησιμοποίηση στη Βιομηχανία.....	36
2.7 Αστική επαναχρησιμοποίηση.....	37
2.8 Αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής.....	37
2.9 Επαναχρησιμοποίηση για ύδρευση.....	38
2.10 Κριτήρια επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων.....	39
2.11 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων στην Ελλάδα.....	43
2.12 Έργα επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα.....	45
2.13 Επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων στην Ελλάδα.....	48
2.14 Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων – Περιπτώσεις ανά τον κόσμο.....	49
2.15 Επαναχρησιμοποίηση στον κόσμο.....	50
2.15.1 ΗΠΑ.....	51
2.15.2 Ευρωπαϊκή Ένωση.....	53
2.15.3 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε χώρες Μεσογείου.....	57
2.15.4 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε άλλες χώρες.....	59

2.16 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για χρήση ως πόσιμο νερό.....	60
2.17 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και βιώσιμη ανάπτυξη.....	62
2.18 Κοινωνική αποδοχή στην Ελλάδα και σε όλο τον κόσμο.....	63
2.19 Οφέλη επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων.....	64
2.20 Κίνδυνοι από την επαναχρησιμοποίηση νερού.....	64
<u>Κεφάλαιο 3: Νομοθεσία – θεσμικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης.....</u>	65
3.1 Νομοθεσία στην Ελλάδα.....	67
3.2 Ευρωπαϊκές Οδηγίες.....	77
3.3 Νομοθεσία στον Ευρωπαϊκό χώρο.....	80
3.4 Διεθνείς Οργανισμοί.....	81
3.5 Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού.....	81
3.6 Καλιφόρνια.....	83
<u>Κεφάλαιο 4: Κοινωνική αποδοχή επαναχρησιμοποίησης</u>	84
4.1 Προβλήματα από την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.....	85
4.1.1 Προβλήματα σχετικά με την υγεία των καταναλωτών.....	85
4.1.2 Προβλήματα για το περιβάλλον.....	86
4.1.3 Προβλήματα από την επαναχρησιμοποίηση στις καλλιέργειες.....	86
4.1.4 Προσφορά και ζήτηση για χρήση επεξεργασμένων αποβλήτων.....	87
4.1.5 Η μεταφορά τους.....	88
4.1.6 Προβλήματα από την συνεπεξεργασία αστικών και βιομηχανικών.....	88
4.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την αποδοχή του κοινού.....	88
4.3 Φόβος ασθένειας από παθογόνους μικροοργανισμούς.....	89
4.4 Άλλα συναισθήματα κινδύνου.....	91
4.5 Κόστος.....	93
4.6 Έρευνες σχετικά με την αποδοχή της επαναχρησιμοποίησης νερού.....	95
4.7 Η εμπιστοσύνη στις Αρχές.....	101
4.8 Πώς και αν επηρεάζουν οι κοινωνικοί και δημογραφικοί παράγοντες.....	101
4.8.1 Πηγή προέλευσης επαναχρησιμοποιούμενου νερού.....	102
4.8.2 Χρήση για την οποία προορίζεται.....	102
4.9 Κοινωνική αποδοχή επαναχρησιμοποίησης νερού από διάφορες ομάδες.....	102
4.9.1 Κάτοικοι.....	102

4.9.2 Αγρότες.....	104
4.9.3 Ξενοδοχειακές μονάδες και τουρισμός.....	105
4.10 Αποδοχή από το κοινό για επαναχρησιμοποίηση νερού για έμμεση ή άμεση πόση.....	109
4.11 Ο ρόλος της ενημέρωσης και εκπαίδευσης στο κοινό.....	111
4.12 Ο ρόλος της Πολιτείας.....	112
<u>Κεφάλαιο 5: Αντιδράσεις επαναχρησιμοποίησης νερού.....</u>	114
5.1 Αντιδράσεις στο Toowoomba της Αυστραλίας.....	114
5.2 Αντιδράσεις στο πρόγραμμα επαναφόρτισης υπόγειων υδροφορέων στο San Gabriel Valley.....	115
5.3 Αντιδράσεις στο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων στο San Diego.....	115
5.4 Αντιδράσεις στο Windhoek στη Namibia της Αφρικής	116
5.5 Αντιδράσεις στη πόλη Denver στο Colorado	116
5.6 Το διεθνές αναγνωρισμένο έργο επαναχρησιμοποίησης στη Σιγκαπούρη – NEWater	117
5.7 Έρευνα στην Αυστραλία σχετικά με την αποδοχή του κοινού..	117
5.8 Αντιδράσεις στην πόλη Shiraz στο Ιράν	119
5.9 Δημόσια αντίληψη επαναχρησιμοποίησης νερού στο σταθμό επεξεργασίας λυμάτων Sulaibiya στο Κουβέιτ.....	120
<u>Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και προτάσεις</u>	121
 <u>Βιβλιογραφία.....</u>	123
Αγγλική.....	123
Ελληνική.....	128
Παραρτήματα – Παρατηρήσεις Ελληνικού Θεσμικού πλαισίου – Υπουργική Διάταξη 2011.....	130

Περίληψη

Η λειψυδρία είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της Γης τα τελευταία έτη. Η διασφάλιση των υπαρχόντων αποθεμάτων νερού δυστυχώς, τα τελευταία χρόνια, δεν αποτελεί λύση στο πρόβλημα καθώς τα αποθέματα όλο και λιγοστεύουν λόγω της υπερκατανάλωσης νερού σε συνδυασμό με τις κλιματικές αλλαγές. Η λύση στο πρόβλημα είναι η εξεύρεση νέων αποθεμάτων. Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι μία πρακτική που θα έδινε λύση στο πρόβλημα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται όχι μόνο τα προβλήματα αλλά και τα οφέλη που προκύπτουν από την επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού. Επίσης, διερευνώνται οι παράμετροι που επηρεάζουν την αποδοχή του κοινού στην επαναχρησιμοποίηση νερού και τον τρόπο με τον οποίο αποδέχεται το κοινό την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Ένας από τους αρκετά σημαντικούς παράγοντες για να επιτύχει οποιοδήποτε πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης νερού, είναι η αποδοχή του νερού της τοπικής κοινωνίας, η οποία θα το επαναχρησιμοποιεί. Επίσης, στην παρούσα εργασία υπάρχουν πολλά παραδείγματα εφαρμογών της επαναχρησιμοποίησης που αναφέρονται στην παρούσα εργασία. Οι αρνητικές αντιδράσεις της κοινότητας να χρησιμοποιήσει ανακτώμενο νερό παρουσιάζονται σε περιπτώσεις με άμεσες ή έμμεσες πόσιμες εφαρμογές και στις περιπτώσεις που προσμένεται η τιμή του να είναι αισθητά χαμηλότερη από το νερό ύδρευσης. Επίσης, σημαντικό ρόλο, για την αποδοχή επαναχρησιμοποίησης νερού από το κοινό, παίζει και το επίπεδο μόρφωσης της κοινωνίας καθώς και το πόσο καλά έχει ενημερωθεί το κοινό. Άλλοι παράμετροι που επηρεάζουν την αποδοχή του κοινού είναι ο φόβος της ασθένειας από παθογόνους μικροοργανισμούς, αίσθηση κινδύνου και αηδίας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται διάφορες περιπτώσεις σχετικά με την αντίδραση της κοινωνίας σε προγράμματα επαναχρησιμοποίησης. Τέλος προσδιορίζεται πόσο σημαντικός είναι ο ρόλος της πολιτείας, των αρχών καθώς και της εκπαίδευσης στην εγκόλπωση πρακτικών επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού.

Σε γενικές γραμμές το κοινό αποδέχεται την επαναχρησιμοποίηση έχοντας τη σωστή αντίληψη για την προστασία του περιβάλλοντος. Η αποδοχή όμως τους μειώνεται όταν πρόκειται για οικιακή χρήση ή για πόση.

Ένα εξειδικευμένο ρυθμιστικό πλαίσιο θα ήταν καθοριστικό καθώς στο μέλλον προβλέπονται πολλά έργα επαναχρησιμοποίησης νερού. Η πολιτεία οφείλει να συμβάλλει στην προετοιμασία των κατοίκων ώστε να δεχτούν την πρακτική επαναχρησιμοποίησης σαν κάτι φυσικό, όχι σαν κάτι πιεστικό, αγχωτικό και αποτρεπτικό.

Abstract

The lack of water is one of the biggest problems of the Earth in recent years. Securing of existing water reserves, unfortunately, in recent years is not a solution of the problem as stocks are shorter because of the over-consumption of water combined with climate change. The solution is finding new stocks. Re-use of treated wastewater is a practice that would solve the problem.

In this search presents the problems and benefits of re-use of recovered water. It is investigated the parameters that affect public acceptance in water reuse and the way which it is accepted by the public to reuse water. A major factor in achieving any water reuse program is to accept the local community that will use it. There are many examples of reuse applications mentioned in this paper. Most cases of community mistreatment to use recovered water meet in cases involving direct or indirect oral applications. And where it expects the price to be significantly lower than water supply. Also, an important role in accepting water reuse by the public also plays the role of educating society as well as how well the public is well informed. Other parameters that affect public acceptance are the fear of disease from pathogenic microorganisms, a sense of danger and disaffection.

Various cases of reactions to reuse programs are being considered. Finally, it is presented how important is the role of the state, authorities and education in adopting practices of re-use of recovered water.

General, the public accepts re-use water with the right idea of protecting the environment. However, their acceptance is reduced when it comes to household or drinking.

A common law would be crucial as many water re-use projects are planned in the future. The state should prepare residents to accept the practice of re-use as something natural without causing stress or pressure on ordinary citizens.

Κεφάλαιο 1: Το νερό και η χρησιμότητά του

1.1 Εισαγωγικά στοιχεία για το νερό

Το νερό ή οξειδάνιο κατά χημική ονοματολογία, είναι η πιο διαδεδομένη ανόργανη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης. Το νερό στη Γη έχει συνεχόμενη ροή καθώς και μια φυσική ανακύκλωση μέσω του «κύκλου του νερού». Επίσης σχετίζεται με την εξάτμιση (κυρίως των θαλασσών), τη μεταφορά της υγρασίας, τη συμπύκνωση, την κατακρήμνιση (με βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.ά.) καθώς και την αποστράγγιση, σε αυτή την περίπτωση το μεγαλύτερο ποσοστό επιστρέφει στις θάλασσες. Η εξάτμιση και η μεταφορά υγρασίας συντελούν στις κατακρημνίσεις πάνω από την ξηρά. Το πόσιμο νερό είναι ζωτικής σημασίας για τους ανθρώπους και τις άλλες μορφές ζωής όπως ζώα κτλ. Τις τελευταίες δεκαετίες έχει βελτιωθεί η πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό σχεδόν σε ολόκληρο τον κόσμο. Δυστυχώς όμως 1.000.000.000 άνθρωποι ακόμη δεν έχουν πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό, επίσης πάνω από 2.500.000.000 έχουν ανεπαρκή πρόσβαση σε αποχέτευση. Σημαντικό είναι το γεγονός πως υπάρχει μια καθαρή σχέση μεταξύ της πρόσβασης σε ασφαλές πόσιμο νερό και στο ΑΕΠ ανά κάτοικο της κάθε περιοχής.

Κάποιοι ερευνητές εκτίμησαν πως ως το 2025 ένα μεγάλο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού θα αντιμετωπίσει σοβαρά προβλήματα, τα οποία θα είναι αιτία να γίνουν ευάλωτοι λόγω χαμηλής ποιότητας του πόσιμου νερού στο οποίο θα έχουν πρόσβαση (Κουφογιαννάκη, 2003).

Μια άλλη έρευνα υποστηρίζει ότι μέχρι το 2030 η ζήτηση νερού θα ξεπεράσει την προσφορά κατά 50% σε κάποιες περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου (Λυρά, 2017).

Το νερό αποτελεί σημαντικός παράγοντας στην παγκόσμια οικονομία. Μία από τις πολύ σημαντικές λειτουργίες του είναι ως ένας διαλύτης για μια ευρεία ποικιλία χημικών ουσιών, αλλά και στις εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξης και για στις μεταφορές άλλων ουσιών. Στην αγροτική παραγωγή καταλήγει το 70% του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους (Νταρακάς, 2010). Η σημασία του για κάθε οικονομία δεν μπορεί να αντικατασταθεί εξαιτίας της ζωτικής του φύσης. Επειδή υπάρχει μια μεγάλη ανισότητα στην κατανομή του νερού πάνω στη Γη, αποτελεί η διαχείρισή του μεγάλο ζήτημα με ισχυρές γεωπολιτικές, γεωοικονομικές και γεωστρατηγικές προεκτάσεις.

Επίσης, είναι γνωστό πως το 72% της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από νερό, όμως λιγότερο από 3% είναι κατάλληλο για χρήσεις όπως η πόση και η άρδευση. Η λειψυδρία και η ξηρασία έχουν αυξηθεί δραματικά τις τελευταίες δεκαετίες και είναι πιθανό το πρόβλημα αυτό να συνεχιστεί στο μέλλον. Η λειψυδρία πλήττει ένα μεγάλο ποσοστό σε ολόκληρο τον κόσμο.

1.2 Χρησιμότητα του νερού

Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης νερού παγκοσμίως και ιδιαίτερα στη περιοχή της Μεσογείου, καθώς επίσης και άλλων παραγόντων όπως τη συνεχής αύξηση του πληθυσμού, την αύξηση της κατανάλωσης ανά άτομο, τις περιοδικές ξηρασίες, την ανομοιόμορφη κατανομή χωρικά και χρονικά των βροχοπτώσεων, έχουν ως αποτέλεσμα την ελάχιστη ανάπτυξη και χρήση των συμβατικών υδατικών πόρων. Δηλαδή η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων θα πρέπει να γίνονται πιο εντατικά. Σημαντικό είναι να γίνει, αρχικά, αναφορά στη χρησιμότητα νερού.

Η χρησιμότητα του νερού είναι:

- **Οικιακή χρήση.** Ως νερό οικιακής χρήσης αναφερόμαστε στο πόσιμο νερό, στο νερό μαγειρέματος και στο νερό καθαρισμού σπιτιών και καταστημάτων γενικότερα.
- **Κοινοτική χρήση.** Ως νερό κοινοτικής χρήσης αναφερόμαστε στην τοπική διανομή νερού για σκοπούς πυρόσβεσης, στο νερό ποτίσματος των δημόσιων χώρων κλπ.

- **Βιομηχανική χρήση.** Ως νερό βιομηχανικής χρήσης αναφερόμαστε σε κάθε βιομηχανία χημική ή μη (όπως και οι υδρολογικοί σταθμοί παραγωγής ρεύματος), η οποία χρησιμοποιεί νερό είτε σαν πρώτη ύλη στην παραγωγή (π.χ. φάρμακα, καλλυντικά, αναψυκτικά κλπ.) είτε σαν μέσο λειτουργίας βοηθητικού εξοπλισμού (θέρμανση, ψύξη κλπ.).
- **Γεωργική χρήση.** Ως νερό γεωργικής χρήσης αναφερόμαστε στην κτηνοτροφία, στη γεωργία και στην αλιεία. Δηλαδή σε τομείς όπου η ποιότητα του νερού παίζει σημαντικό ρόλο.

Όμως, η ποιότητα του νερού επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως διάφορα βαρέα μέταλλα, τα οποία μπορούν να καταστήσουν το νερό ως κατάλληλο ή μη για τις διάφορες χρήσεις του.

Επομένως, η επαναχρησιμοποίηση νερού είναι η χρήση νερού που προέρχεται από τα λύματα (υγρά αστικά και βιομηχανικά απόβλητα) ή οποιοδήποτε άλλη δευτερογενή πηγή και που έχει υποστεί επεξεργασία σε τέτοιο βαθμό, που να το καθιστά κατάλληλο για την χρήση που αυτό προορίζεται.

1.3 Κατηγορίες υγρών αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα συμπεριλαμβάνουν όλες τις ποσότητες υδάτων που μπορεί να προκύψουν από οικιακές δραστηριότητες, όπως τουαλέτα και απόνερα οικιακής χρήσης, από βιομηχανικές δραστηριότητες και από διάφορες άλλες ανθρωπογενής δραστηριότητες. Όλα αυτά συλλέγονται στο σύστημα αποχέτευσης της κάθε πόλης και οδηγούνται στο χώρο επεξεργασίας τους. Επίσης ανάλογα με την πηγή προέλευσης, τα υγρά απόβλητα αποτελούν το σύνολο των υγρών απορροών ή των ρύπων, τα οποία μεταφέρονται από την υγρή φάση και απομακρύνονται από κατοικίες, εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, και ιδρύματα μαζί με τα υπόγεια ύδατα, επιφανειακά νερά και όμβρια ύδατα που υπάρχουν στην κάθε περιοχή περιοχής.

Πιο συγκεκριμένα οι κατηγορίες υγρών αποβλήτων είναι:

- Υγρά αστικά απόβλητα, προέρχονται από τις διάφορες ατομικές δραστηριότητες όπως είναι το μπάνιο και τα απόνερα σε οικιακό, ξενοδοχειακό καθώς και εμπορικό επίπεδο, όπως για παράδειγμα υγρά απόβλητα αεροδρομίων και εμπορικών καταστημάτων.
- Υγρά βιομηχανικά απόβλητα, προέρχονται από διάφορες βιομηχανίες, όπως είναι οι μεταλλουργικές, ηλεκτροπαραγωγικές ή κλωστοϋφαντουργικές.
- Υγρά γεωργικά απόβλητα, προέρχονται από κάθε γεωργική δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα οι εντατικές κτηνοτροφικές μονάδες.
- Νερά διήθησης και εισροής, Τα ύδατα που ρέουν στο αποχετευτικό δίκτυο όχι μόνο με έμμεσους αλλά και άμεσους τρόπους. Τα νερά διήθησης αφορούν ύδατα εξωτερικής προέλευσης, όπου ρέουν στο αποχετευτικό δίκτυο διαμέσου διαρροών των συνδέσεων, ρωγμών και ανοιγμάτων ή πορωδών τοιχιών. Τα νερά εισροής είναι όμβρια ύδατα, όπου καταλήγουν στο αποχετευτικό δίκτυο από τα φρεάτια συλλογής όμβριων, τις υδρορροές, τα στραγγιστικά υπογείων και θεμελίων ή διαμέσου των ανθρωποθυρίδων.
- Όμβρια ύδατα, είναι οι απορροές, όπου προέρχονται από βροχοπτώσεις και λιώσιμο των πάγων.

Ένας από τους τρόπους, με τον οποίο θα μπορούσε να καταπολεμηθεί το πρόβλημα της λειψυδρίας είναι να γίνει επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, η επεξεργασία υγρών αποβλήτων αποτελεί ένα σύνολο διεργασιών που σκοπεύουν στην μείωση της βλαπτικής επίδρασης των υγρών αποβλήτων στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Τα έργα αποχέτευσης και επεξεργασίας των αποβλήτων επίσης σκοπεύουν στην γρηγορότερη και οικονομικότερη απομάκρυνση των νερών που έχουν χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους (απόβλητα), και είναι πια ακάθαρτα και βλαβερά για το περιβάλλον, και την κατάλληλη επεξεργασία (καθαρισμό) τους, με σκοπό να τα

διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον. Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες όπως φυσικά, χημικά και βιολογικά.

1.4 Παράμετροι και χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Οι κατηγορίες χαρακτηριστικών υγρών αποβλήτων είναι:

1. Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων :

- **Θερμοκρασία :** κυμαίνεται περίπου στους 10-21 °C ανάλογα με την γεωγραφική θέση. Είναι πιο υψηλή από την θερμοκρασία του πόσιμου νερού δικτύου ύδρευσης επειδή ένα μέρος του νερού μπορεί να θερμανθεί μέσω των διάφορων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας στα υγρά απόβλητα είναι σημαντικός διότι η θερμοκρασία επηρεάζει σημαντικά τις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις, την υδρόβια ζωή και την καταλληλότητα του νερού για διάφορες χρήσεις.
- **Χρώμα :** έχει σχέση με το χρόνο παραγωγής των υγρών αποβλήτων. Αυτό σημαίνει πως τα φρέσκα απόβλητα εμφανίζουν καφέ-γκρίζο χρώμα που αλλάζει σταδιακά σε σκούρο γκρι και τέλος σε μαύρο όσο παραμένουν στο δίκτυο λόγω της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών (σηπτικό απόβλητο).
- **Οσμές:** οφείλονται από εκλυόμενα αέρια στην αποσύνθεση οργανικών ουσιών ή ουσιών που προστίθενται στο απόβλητο. Με οργανοληπτικές μεθόδους ή με ενόργανη ανάλυση μπορεί να μετρηθεί η οσμή.
- **Ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά :** είναι το στερεό υλικό που μένει μετά από εξάτμιση σε θερμοκρασία 103-105 °C και η κατηγοριοποίησή του αρχικά είναι διηθήσιμο (Filterable Solids-FS) μετά αιωρούμενο (Suspended Solids-SS) και τέλος στερεό.
- **Πυκνότητα:** είναι μια σημαντική παράμετρος των αποβλήτων. Η πυκνότητα μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία της καθίζησης όταν αυτά φτάνουν σε σταθμούς επεξεργασίας (Κούγκολος, 2005). Επίσης η πυκνότητα των αστικών λυμάτων που δεν περιέχουν σημαντικές ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων είναι σχεδόν ίδια με αυτή του νερού στην ίδια θερμοκρασία.
- **Θολότητα :** είναι μέτρο διαύγειας του νερού, επίσης χρησιμοποιείται και ως μέτρο ποιότητας των αποβλήτων που καταλήγουν σε φυσικούς αποδέκτες, κυρίως για τον περιορισμό κολλοειδών και υπολειμματικών αιρουμένων σωματιδίων.

2. Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων :

- **Βαρέα μέταλλα:** Τα βαρέα μέταλλα έχουν φυσική καθώς και γεωλογική προέλευση. Επίσης μπορεί να είναι αποτέλεσμα βιομηχανικής δραστηριότητας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Υπάρχουν στοιχεία, όπως πχ ο χαλκός, το νικέλιο και ο υδράργυρος που αντιδρούν με τα μικροβιακά ένζυμα, αναστέλλοντας ή επιβραδύνοντας το μεταβολισμό τους. Έτσι σε υψηλές συγκεντρώσεις πρέπει να απομακρύνονται από τα απόβλητα διότι γίνονται τοξικά και προκαλούν τερατογενέσεις.
- **Πρωτεΐνες :** είναι μακρομόρια που προέρχονται από τροφές κυρίως φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Εξαιτίας της ύπαρξης του θείου στα μόρια τους, όταν βρίσκονται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις κατά την αποσύνθεσή τους εκλύουν πολύ δυνατές οσμές.
- **Υδατάνθρακες :** αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Είναι βιοδιασπάσιμες (άμυλο, σάκχαρα, κυτταρίνη).
- **Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) :** είναι ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος έλεγχος με σκοπό τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης οργανικής ύλης σε δείγματα νερών. Ως ολικό BOD (BOD_u) μιας ποσότητας νερού, ονομάζεται η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιούν οι

μικροοργανισμοί για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών υλών. Πιο συγκεκριμένα ο BOD μετρά άμεσα το κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα της οργανικής ύλης, δηλαδή την κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου που πραγματοποιούν οι μικροοργανισμοί κατά την οξείδωσή της. Ο έλεγχος που πραγματοποιείται βασίζεται στο γεγονός ότι, εάν υπάρχει επάρκεια οξυγόνου, η αεροβική βιολογική διάσπαση (δηλαδή η σταθεροποίηση των οργανικών αποβλήτων) θα συνεχιστεί έως ότου καταναλωθεί το σύνολο των αποβλήτων. Η ολοκλήρωση του πειράματος BOD απαιτεί αρκετό χρόνο. Απαιτούνται 20 ημέρες για να ικανοποιηθούν τα 95-99% του BOD_u και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συνήθως το BOD_5 όπου είναι το BOD που ικανοποιείται κατά τις 5 πρώτες μέρες του πειράματος σε θερμοκρασία 20°C. Ο έλεγχος BOD_5 βασίζεται στην ακριβή μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου στην αρχή και στο τέλος της περιόδου των πέντε ημερών, όταν το δείγμα φυλάσσεται σε σκοτεινό σημείο σε συνθήκες επώασης 20°C. Η διαφορά στη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου μετά από πέντε μέρες αντιπροσωπεύει στην απαιτούμενη ποσότητα του οξυγόνου με σκοπό την αναπνοή των αερόβιων βιολογικών μικροοργανισμών του δείγματος.

- **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) :** Ως χημικά απαιτούμενο οξυγόνο ορίζεται η ποσότητα οξυγόνου (mg/l) που απαιτείται για χημική οξείδωση των οργανικών στοιχείων ενός υγρού αποβλήτου. Επίσης, χρησιμοποιείται συνήθως για την έμμεση μέτρηση της ποσότητας των οργανικών ενώσεων στο νερό.
- **Ολικός Οργανικός άνθρακας :** είναι το ποσό του άνθρακα που δεσμεύεται σε μια οργανική ένωση και χρησιμοποιείται συχνά ως ένας μη ειδικός δείκτης της ποιότητας του νερού. Τέλος εκφράζει το συνολικό οργανικό φορτίο σε ένα δείγμα ύδατος (mg C/l ύδατος).
- **Λίπη και έλαια :** είναι για ουσίες διαλυτές σε οργανικούς διαλύτες, αλλά αδιάλυτες στο νερό.

3. Βιολογικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων :

Πιο σημαντικές κατηγορίες είναι οι μύκητες, τα βακτήρια και οι ιοί. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνονται εντερικά παράσιτα, όπως είναι οι αμοιβάδες ή αβγά σκουληκιών. Δυστυχώς Πολλοί από αυτούς τους μικροοργανισμούς είναι παθογόνοι. Σημαντικό είναι να σημειωθεί πως μέσω του νερού μπορεί να μεταφέρουν ασθένειες όπως χολέρα, δυσεντερία και ηπατίτιδα. Δείκτες ρύπανσης χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της μικροβιακής καταλληλότητας των υγρών αποβλήτων.

Ένα σημαντικό βήμα με σκοπό τη σωστή διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί η αποτελεσματική προεπεξεργασία των λυμάτων. Επίσης σημαντικό είναι το γεγονός πως τα υγρά απόβλητα που συλλέγονται από τους δήμους, τους οικισμούς ή τις βιομηχανίες πρέπει τελικά να επιστρέψουν στους υδάτινους αποδέκτες από όπου παρελήφθησαν αρχικά ή στο έδαφος ή ακόμα καλύτερα να επαναχρησιμοποιηθούν.

1.5 Στάδια επεξεργασίας αστικών αποβλήτων με τις μονάδες επεξεργασίας

Όπως έχει αναφερθεί, η βασικός σκοπός της επεξεργασίας λυμάτων είναι η απομάκρυνση όσο περισσότερων αιωρούμενων στερεών, πριν τα λύματα διοχετευθούν ξανά στο περιβάλλον. Τα στερεά υλικά διασπώνται με την βοήθεια του οξυγόνου. Το διαλυμένο οξυγόνο όπου βρίσκεται σε μικρές ποσότητες χρησιμοποιείται από όλη τη υδρόβια ζωή με σκοπό την επιβίωση της. Στην πρακτική εφαρμογή, για την μεγαλύτερη δυνατή απόδοση έχουν δημιουργηθεί συγκεκριμένα στάδια επεξεργασίας καθαρισμού. Οι μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων αποτελούνται από τα ακόλουθα στάδια:

- Προκαταρκτική επεξεργασία ή προεπεξεργασία
- Πρωτοβάθμια ή πρωτογενή επεξεργασία
- Δευτεροβάθμια ή δευτερογενή επεξεργασία
- Τριτοβάθμια τριτογενή επεξεργασία
- Απολύμανση

Οι γραμμές επεξεργασίας στις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (ΜΕΥΑ) αποτελούνται από δύο στάδια. Το πρώτο ασχολείται με την επεξεργασία των αποβλήτων, δηλαδή την απομάκρυνση ουσιών, των επιβλαβών για το τελικό αποδέκτη από την υγρή μάζα των αποβλήτων. Το δεύτερο ασχολείται με την επεξεργασία της λάσπης. Πιο συγκεκριμένα την επεξεργασία των επιβλαβών ουσιών που απομακρύνθηκαν στην πρώτη γραμμή και στην τελική τους διάθεση στο περιβάλλον. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση του κάθε σταδίου επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Κούγκολος 2005).

Τα βασικά στάδια επεξεργασίας λυμάτων, όπως έχουν αναφερθεί είναι:

Προκαταρκτικό στάδιο

Στοχος είναι στην αφαίρεση αιωρούμενου υλικού, δηλαδή η αφαίρεση σωμάτων του επιπλέουν στα λύματα και μπορεί να υπάρξει κίνδυνος έμφραξης των αγωγών καθώς και δυσλειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας που ακολουθούν. Στο πιο αρχικό στάδιο γίνεται απομάκρυνση κάποιων υλικών όπως λίπη, έλαια και άμμος, όπου εφαρμόζεται η μηχανική μέθοδος. Στη συνέχεια αφαιρούνται τα μεγάλα αντικείμενα όπως ξύλα, χαλίκια δηλαδή τα αντικείμενα όπου προκαλούν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό καθώς και προβλήματα στη λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Και στη συνέχεια γίνεται η ιζηματοποίηση. Στην προεπεξεργασία συνήθως περιλαμβάνονται και οι παρακάτω διεργασίες:

- **Εσχάρωση (screening).** Στοχεύει στην απομάκρυνση ογκωδών αντικειμένων (όπως κομμάτια ξύλων, πλαστικά, κλαδιά, κουρέλια κ.λπ), τα οποία μπορούν να φράξουν και να καταστρέψουν τις αντλίες καθώς και τον υπόλοιπο μηχανολογικό εξοπλισμό της μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων. Οι σχάρες, λοιπόν, συγκρατάνε τα ογκώδη αντικείμενα που περνάνε, κατά τη διέλευση των αποβλήτων μέσα από αυτές.
- **Αμμοσυλλογή.** Στοχεύει στην απομάκρυνση των βαριών αδρανών υλικών όπως χαλίκια, άμμος, σπόροι, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων σωματιδίων γεωλογικής ή άλλης υφής, όπου έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά, επίσης έχουν ταχύτητες καθίζησης μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. Η παρουσία των σωματιδίων δημιουργεί προβλήματα στη μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων, όπως είναι η εναπόθεση φερτών υλών στο πυθμένα των αγωγών, φράξιμο σωληνώσεων, φθορά του μηχανολογικού εξοπλισμού (αντλίες κ.λπ) και μείωση της απόδοσης στα διάφορα στάδια καθαρισμού. Γι αυτό το λόγο, λοιπόν, η απομάκρυνσή τους είναι απαραίτητη. Η εξάμμωση γίνεται σε ειδικές δεξαμενές, τους λεγόμενους εξαμμητές (grit chambers) με τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών ροής όπου απομακρύνουν την άμμο και άλλα ανόργανα σωματίδια.
- **Άλεση ή πολτοποίηση.** Αυτή η διεργασία δεν συνηθίζεται πολύ στην Ελλάδα. Ουσιαστικά λειτουργεί συμπληρωματικά προς την εσχάρωση με σκοπό την απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων. Σε αυτό το σημείο χρησιμοποιείται πολτοποιητής. Αυτό που κάνει είναι να πολτοποιεί τα χοντρά στέρεα υλικά που περιέχονται τα λύματα χωρίς να είναι απαραίτητο πρώτα να αφαιρεθούν από την υγρή φάση και να δημιουργηθούν τα γνωστά προβλήματα πχ των βαριών αδρανών υλικών όπως χαλίκια, άμμος, σπόροι.
- **Λιποσυλλογή-ξάφρισμα.** Στοχεύει στην απομάκρυνση υλικών που επιπλέουν όπως είναι τα λίπη και τα λάδια. Αυτό πρέπει να πραγματοποιηθεί ώστε να αποφευχθούν προβλήματα στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας. Σύμφωνα με το νόμο της βαρύτητας, τα ελεύθερα και επιπλέοντα λιπαρά υλικά διαχωρίζονται. Επειδή τα λιπαρά συστατικά έχουν ειδικό βάρος μικρότερο από του νερού, μπορούν να επιπλέουν στην επιφάνεια του διαχωριστή και να ξαφρίζονται για μία επιπλέον επεξεργασία.

Πρώτο στάδιο

Στοχεύει στην απομάκρυνση αιωρούμενου υλικού (οργανικού και ανόργανου, ένα μέρος του BOD επίσης και ένα μέρος των θρεπτικών συστατικών αζώτου και φωσφόρου) με την βοήθεια του φυσικού φαινομένου της καθίζησης. Με την βοήθεια των δεξαμενών προετοιμάζεται το ρυπαντικό φορτίο για τα επόμενα στάδια. Στην πρωτοβάθμια επεξεργασία αφαιρείται περίπου το 60 % των αιωρούμενων στερεών από τα λύματα. Σε αυτή την επεξεργασία περιλαμβάνεται επίσης ο αερισμός (αναμόχλευση) των λυμάτων, δηλαδή η επαφή των λυμάτων με οξυγόνο. Τα παραπροϊόντα της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, που δημιουργούνται είναι μία πρωτογενή λάσπη, η οποία είναι αναγκαίο να παχυνθεί, να σταθεροποιηθεί και να αξιοποιηθεί ενεργειακά με διεργασίες αναερόβιας ή αερόβιας χώνευσης (βιοαέριο). Τέλος, να διατεθεί αν δεν είναι τοξική σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Περιλαμβάνει την:

- Τη καθίζηση ή επίπλευση. Σκοπός αυτής της καθίζησης (primary sedimentation) είναι να απομακρυνθούν τα; αιωρούμεν; στερεά, οργανικά και ανόργανα. Ουσιαστικά σκοπεύει στη μείωση του ρυπαντικού φορτίου τους (SS και BOD) όπου προορίζεται για τις επόμενες μονάδες βιολογικής επεξεργασίας.
- Χημική επεξεργασία (κροκίδωση) με καθίζηση. Σκοπεύει στην απομάκρυνση των αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν απομακρύνονται με την απλή καθίζηση. Επομένως με αυτή την διεργασία πρέπει να μειωθούν τα ολικά στερεά (TS), να βελτιωθεί η απόδοση της πρωτοβάθμιας καθίζησης καθώς και να απομακρυνθεί το φώσφορο (Κούγκολος, 2005).

Δεύτερο στάδιο

Με βιολογικές και χημικές διεργασίες απομακρύνονται οι οργανικές ουσίες και τα αιωρούμενα στερεά. Επίσης γίνεται απομάκρυνση βιολογικών αποβλήτων όπως ανθρώπινα απόβλητα ή απορρυπαντικά. Ένα μεγάλο μέρος των βιολογικών εγκαταστάσεων χρησιμοποιεί αερόβια αποικοδόμηση. Οι οργανισμοί που εκτελούν την αποικοδόμηση χρειάζονται οξυγόνο και ένα υπόστρωμα για να ζήσουν, ώστε να είναι αποτελεσματική η μέθοδος. Σε όλες τις μεθόδους τα βακτήρια και τα πρωτόζωα καταναλώνουν υλικά όπως ζάχαρη.

Στην Δευτεροβάθμια επεξεργασία απομακρύνονται περισσότερο από το 90 % των αιωρούμενων στερεών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- Αερισμός για οξείδωση των οργανικών ουσιών,
- Νιτροποίηση-απονιτροποίηση,
- Καθίζηση,
- Φιλτράρισμα

Πρακτικά εφαρμόζεται περισσότερο η αερόβια βιοαποδόμηση. Αυτό που συμβαίνει είναι να ελευθερώνεται σημαντική ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα υποστρώματος από τη μετατροπή του οργανικού άνθρακα, έχοντας ως αποτέλεσμα να προωθείται η σύνθεση κυτταρικού υλικού και η ανάπτυξη πολυάριθμων μικροοργανισμών που επιταχύνουν το ρυθμό της.

Με καθίζηση ή κάποια άλλη διαδικασία απομακρύνονται οι παραγόμενοι μικροοργανισμοί από τα απόβλητα. Αυτό που στην πραγματικότητα γίνεται στη βιολογική επεξεργασία είναι ότι ο άνθρωπος υποβοηθά το έργο της φύσης δίνοντας στους μικροοργανισμούς το οξυγόνο και τις άλλες κατάλληλες συνθήκες ώστε να διασπάσουν το οργανικό φορτίο (BOD) των αποβλήτων. Η δευτεροβάθμια ή βιολογική επεξεργασία είναι η καρδιά μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και είναι αυτή που έδωσε στις μονάδες το όνομα που είναι γνωστές στο κοινό, βιολογικός καθαρισμός (Κούγκολος 2005).

Τρίτο στάδιο

Στοχεύει στην απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών, οι οποίες δεν απομακρύνονται στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας. Κύριος στόχος, πιο συγκεκριμένα είναι η αφαίρεση βαρέων μετάλλων και τοξικών συστατικών με χημικές διεργασίες. Αυτό το στάδιο είναι απαραίτητο όταν τα λύματα είναι βιομηχανικά και στοχεύουν στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Η τριτοβάθμια επεξεργασία δεν είναι απαραίτητη στις περισσότερες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Επίσης είναι γνωστή και ως προχωρημένη επεξεργασία των αποβλήτων (advanced wastewater treatment).

Η πρωτοβάθμια και η δευτεροβάθμια επεξεργασία πραγματοποιούν έναν βαθμό καθαρισμού του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών της τάξης του 85- 90%. Η τριτοβάθμια επεξεργασία γίνεται ακόμη για την απομάκρυνση του αζώτου (με απονιτροποίηση), φωσφόρου, ή άλλων ανεπιθύμητων συστατικών των υγρών αποβλήτων. Το άζωτο μπορεί να βρίσκεται στο νερό με την μορφή αμμωνίας, η οποία είναι τοξική για τα ψάρια. Ευτροφισμό μπορούν να προκαλέσουν οι ενώσεις φωσφόρου στις λίμνες ή στη θάλασσα. Η απομάκρυνση αυτή έχει ως στόχο την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από ορισμένες ουσίες ή ακόμη και την προετοιμασία των αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση (Μαρκαντωνάτος 1990, Metcalf&Eddy 2003, Κούγκολος 2005).

Οι επεξεργασίες που περιλαμβάνονται είναι:

- ιζηματοποίηση,
- διύλιση,
- προσρόφηση από ενεργό άνθρακα και
- διεργασίες με μεμβράνες.

Η απομάκρυνση γίνεται κυρίως με διήθηση και αφαιρεί σχεδόν όλο το ποσοστό των παθογόνων ουσιών με χημικές διεργασίες. Ανόργανες λάσπες και παραγωγή βιομάζας είναι τα προϊόντα της τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά, ενώ οι λάσπες αν δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα μπορούν να διατεθούν στους χώρους απόθεσης των αστικών απορριμμάτων.

Απολύμανση

Στοχεύει στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών με σκοπό να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών με τα νερά του αποδέκτη, στα οποία διοχετεύονται τα απόβλητα. Αποκλειστικός σκοπός είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, αν και η μερική απομάκρυνση τους γίνεται και σε άλλα στάδια επεξεργασίας. Η απολύμανση είναι το μοναδικό στάδιο στην επεξεργασία των αποβλήτων που έχει τον προαναφερόμενο σκοπό. (Στάμου 1995).

Η διαφορά μεταξύ της απολύμανσης και της αποστείρωσης οι οποίες είναι δυο έννοιες που συγχέονται συχνά είναι άξιο επισήμανσης. Η αποστείρωση προκαλεί καταστροφή σε κάθε μορφής ζωής (Μαρκαντωνάτου 1990). Με την απολύμανση πραγματοποιείται η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών αλλά όχι των ανθεκτικών τους μορφών (π.χ. σπόροι, κύστεις) με χημικές ουσίες (π.χ. αλκοόλη) ή φυσικές μεθόδους (π.χ. υψηλή θερμοκρασία) σε αντικείμενα, εργαλεία και επιφάνειες.

Η πιο διαδεδομένη και δοκιμασμένη μέθοδος απολύμανσης είναι η χλωρίωση με υποχλωριώδες νάτριο. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι πολλά. Το βασικότερο μειονέκτημα όμως που έχει αυτή η μέθοδος είναι η δυσμενής επίδραση του χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον που διοχετεύονται τα χλωριωμένα απόβλητα. Την επίδραση αυτή την βλέπουμε άμεσα στις διάφορες μορφές ζωής (πχ ψάρια) λόγω της τοξικότητας του χλωρίου καθώς και έμμεσα από τις ενώσεις που δημιουργούνται από την αντίδραση του χλωρίου με τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων που πιθανολογείται ότι είναι καρκινογόνες. Προφανές είναι το γεγονός ότι δεν πρέπει στο υδάτινο περιβάλλον να διοχετεύονται μεγάλες ποσότητες

χλωρίου. Σήμερα γίνονται διάφορες προσπάθειες για τη βελτίωση της απόδοσης της χλωρίωσης, ώστε να αποφευχθεί η ανεξέλεγκτη χρήση του χλωρίου. Αυτό το βασικό μειονέκτημα της χλωρίωσης που αναφέραμε έχει οδηγήσει σε προσπάθειες αντικατάστασης της από άλλες μεθόδους απολύμανσης που είναι εξίσου δραστικές χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης, η απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία (UV) κερδίζει συνεχώς έδαφος.

Μέθοδοι απολύμανσης:

- Χλωρίωση (Cl_2 , ClO_2 , $NaOCl$, $NaOCl_2$)
- Οζόνωση (O_3)
- Έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV)

Απολύμανση με ακτινοβολία UV: Η υπεριώδης ακτινοβολία διαπερνά τη κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών και γίνεται απορρόφηση μέσω των κυτταρικών συστατικών τους (DNA & RNA). Με αυτόν τον τρόπο τα εξοντώνει ή τα καθιστά ανίκανα να πολλαπλασιαστούν. Η ακτινοβολία UV είναι ένας φυσικός τρόπος απολύμανσης χωρίς να αναμένονται περιβαλλοντικές επιπτώσεις εφόσον δεν λαμβάνουν χώρα χημικές αντιδράσεις. Η μέθοδος αυτή βρίσκεται στα αρχικά βήματα της εφαρμογής της καθώς είναι δύσκολο να αναφερθούν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου. Για την επιτυχή απόδοση της ακτινοβολίας UV θα πρέπει να έχουν αφαιρεθεί σε υψηλά ποσοστά από τα απόβλητα τα αιωρούμενα στερεά, ώστε να μην παρεμβάλλονται μεταξύ της πηγής της ακτινοβολίας και των μικροοργανισμών και να λειτουργούν έτσι ως «ασπίδες των μικροοργανισμών».

1.6 Υγρά βιομηχανικά λύματα και η επεξεργασία τους

Λέγοντας υγρά βιομηχανικά απόβλητα εννοούμε τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ 21.05.1991).

Πιο συγκεκριμένα είναι τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία (κατανάλωση νερού σε πολυάριθμες υγρές διεργασίες) όπως π.χ. από βιομηχανίες μετάλλου, χημικών προϊόντων, συνθετικών υλών, κονσερβοποιείων, βαφείων, γαλακτοβιομηχανιών κ.λ.π και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται. Για κάθε βιομηχανία η ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων είναι διαφορετική, ακόμα και ανάμεσα σε ομοειδείς βιομηχανίες. Το γεγονός αυτό αποτελεί συνάρτηση της δυναμικότητας του εργοστασίου και οφείλεται στον τρόπο παραγωγικής διαδικασίας, στην ποιότητα της πρώτης ύλης και στο είδος του τελικού προϊόντος.

Τα υγρά απόβλητα που απορρίπτονται σε μία τυπική μονάδα επιφανειακής κατεργασίας μετάλλου ή επιμετάλλωσης είναι συνήθως όξινα ή βασικά υδατικά διαλύματα και προέρχονται κυρίως από:

- (α) τα εξαντλημένα (spent) χημικά διαλύματα των λουτρών της διαδικασίας,
- (β) το νερό των δοχείων πλύσης μεταξύ διαδοχικών λουτρών και
- (γ) τα υγρά τυχαιών απορρίψεων ή/και ατυχημάτων.

Τα υγρά αυτά απόβλητα περιέχουν αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων ή και τοξικών μετάλλων (Ni, Cu, Zn, Cr, Pb, Sn, Cd, Al και Fe), επικίνδυνων ανιόντων (CN^- , SO_4^{2-} και Cl^-) και επιβλαβών οργανικών ενώσεων (παράγωγα υδρογονανθράκων). Η χημική σύνθεση των υγρών αποβλήτων, τα παράγονται στις μονάδες επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων και επιμετάλλωσης, ποικίλει και εξαρτάται από το είδος της παραγωγικής διαδικασίας, τη χημική σύνθεση των διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται, τη χωρητικότητα των λουτρών και των δοχείων πλύσης και τον τρόπο με τον οποίο συνδυάζονται τα επί μέρους ρεύματα των αποβλήτων της μονάδας.

Η ΚΥΑ Ε1β. 221/65 (ΦΕΚ 138Β/24-2-65) είναι η υγειονομική διάταξη που αναφέρεται στη διάθεση λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων. Ενώ στην στην ΚΥΑ 19396/1546/97 (ΦΕΚ

604B/18-7-97) αναφέρονται τα μέτρα και οι όροι για την επεξεργασία των επικίνδυνων αποβλήτων αναφέρονται.

Η απόρριψη ζεστού νερού που χρησιμοποιείται σε διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που δημιουργούν οι βιομηχανίες στο περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα το νερό που χρησιμοποιείται στην βιομηχανία σε διεργασίες θέρμανσης – ψύξης μεταδίδει θερμότητα και γίνεται αιτία βιολογικής ρύπανσης στους διάφορους αποδέκτες του που είναι συνεχώς οικοσυστήματα όπως θάλασσες, ποτάμια και λίμνες.

Η διάθεση των βιομηχανικά ρυπασμένων νερών σε θάλασσες, λίμνες και ποτάμια μέχρι πριν αρκετά χρόνια δεν δημιουργούσε προβλήματα γιατί το κινούμενο νερό έχει μηχανισμούς αυτοκαθαρισμού. Όμως η δυνατότητα αυτή είναι περιορισμένη και αφορά συγκεκριμένο βαθμό απόρριψης λυμάτων ή απόνερων δηλαδή η δυνατότητα αυτοκαθαρισμού συνδέεται με συγκεκριμένη χωρητικότητα.

Διαμέσου βαθέων γεωτρήσεων έκχυσης (injection wells) γίνεται η απόρριψη των βιομηχανικών αποβλήτων και οδηγούνται σε βαθύτερους μη αξιοποιήσιμους υδροφόρους ορίζοντες. Οι γεωτρήσεις αυτές έχουν βάθος 300-4.000 m και ο ρυθμός απόρριψης κυμαίνεται από 500-1400 L/min (Καλλέργης, 2000). Περιβαλλοντικά η μέθοδος αυτή είναι αποδεκτή με την προϋπόθεση ότι, για να αποφευχθεί ο κίνδυνος μόλυνσης των υπόγειων υδροφόρων, πριν την έκχυση απαιτείται υδρογεωλογική έρευνα της ευρύτερης περιοχής.

Σημαντική ενέργεια σήμερα είναι η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων βιομηχανικών αποβλήτων, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ανακύκλωσή τους. Στις βιομηχανικές περιοχές δημιουργούνται μονάδες επεξεργασίας όλων των διαφορετικών αποβλήτων των βιομηχανιών.

Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την διαχείριση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, χωρίς όμως να έχουν καταλήξει σε μια αποδεκτή λύση. Στην Κρήτη, Κορινθία κ.ά εφαρμόζεται η μέθοδος της εδαφικής διάθεσης σε λυματοστάσια ή χωματοδεξαμενές (lagooning) όπου το πρόβλημα είναι οξύτατο. Η ηλιοφάνεια που υπάρχει στις περιοχές αυτές προκαλεί εξάτμιση με αποτέλεσμα να μειωθούν τα υγρά απόβλητα. Γι αυτό το λόγο είναι ίσως η πιο διαδεδομένη μέθοδος οικονομικά, διότι υπάρχουν κατάλληλοι στεγανοί γεωλογικοί σχηματισμοί με μικρή ρυπαντική επιδεκτικότητα (μάργες, αργιλικά εδάφη κ.λπ.) και ξηροθερμικό κλίμα για γρήγορη εξάτμιση (Βουδούρης, 2006). Οι απώλειες απορρόφησης και εξάτμισης, για τα ψυχρά κλίματα, υπολογίζονται σε 0,6-1,0 m ετησίως, ενώ στα θερμά κλίματα σε 3 m ετησίως. Επίσης, από την εξάτμιση των αποβλήτων προκύπτει ξηρό υπόλειμμα όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λίπανση διάφορων καλλιεργειών.

Τα λυματοστάσια κατασκευάζονται συνήθως μακριά από κατοικημένες περιοχές, επειδή δημιουργούνται αντιαισθητικές καταστάσεις, όπως δυσοσμία κ.λπ. και επίσης περιμετρικά δεν πρέπει να υπάρχουν σημεία ύδατος (γεωτρήσεις, πηγάδια, πηγές). Σε συνεργασία με τους φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης θα πρέπει να γίνεται η εξεύρεση κατάλληλου χώρου διάθεσης των αποβλήτων ώστε να γίνει απορρόφηση των κοινωνικών αντιδράσεων που κατά κανόνα εγείρονται σε αυτές τις περιπτώσεις. Στη συνέχεια αναφέρονται τα στοιχεία που πρέπει να εξετάζονται ώστε να εγκατασταθεί το λυματοστάσιο είναι:

- Η γεωλογική-υδρογεωλογική μελέτη εκτός από τη στρωματογραφία
- Η υφιστάμενη κατάσταση υδροφορίας στην περιοχή
- Οι τεκτονικές συνθήκες της περιοχής (ύπαρξη ρηγμάτων, κλίσεις στρωμάτων, συνθήκες αποστράγγισης κ.λπ)
- Τα κλιματικά στοιχεία (διεύθυνση ανέμου, ηλιοφάνεια κ.ά).

Στόχος είναι η αποφυγή ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα. Επίσης σημαντικές διεργασίες του λυματοστασίου είναι:

- Ο πυθμένας να έχει κλίση εδάφους 0-1% και πρέπει να επιστρώνονται με στρώμα αργίλου

- Ελαφριά κλίση (1%) της ελεύθερης επιφάνειας των λυμάτων με κατεύθυνση αντίθετη από αυτήν του μορφολογικού ανάγλυφου.

Μπορούν να εφαρμοστούν αρκετές μέθοδοι για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που προκύπτουν κατά τις διάφορες διεργασίες των παραγωγικών δραστηριοτήτων της επιφανειακής κατεργασίας μετάλλων και της επιμετάλλωσης. Η πιο συχνή μέθοδος στοχεύει στην ανάμειξη όλων των υγρών αποβλήτων της μονάδας (χημικά διαλύματα και νερό πλύσεων) και στη συνέχεια στην εξουδετέρωση των αποβλήτων, στην ρύθμιση του pH κοντά στην τιμή 7, στην κροκίδωση με προσθήκη πολυηλεκτρολύτη, στην καθίζηση των σχηματιζόμενων χημικών κροκίδων και διαχωρισμό των στερεών από τα υγρά με υπερχειλίση.

Τα στερεά απόβλητα (ιλύες) που προκύπτουν συμπυκνώνονται ενώ τα υγρά που παράγονται με αυτό τον τρόπο οδηγούνται προς απόρριψη ή ανακυκλώνονται, και εφόσον δεν περιέχουν βαρέα ή/και τοξικά μέταλλα αποτίθενται με υγειονομική ταφή, σε χώρους ασφαλείς και κατάλληλα διαμορφωμένους. Σε περιπτώσεις όπου περιέχουν βαρέα ή/και τοξικά μέταλλα, τα στερεά απόβλητα αποθηκεύονται προσωρινά, υπό συγκεκριμένες συνθήκες με σκοπό την αποφυγή της ρύπανσης των υπογείων υδάτων, καθώς και τη μελλοντική μεταφορά τους σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας τοξικών αποβλήτων.

Σημαντικά πλεονεκτήματα παρουσιάζει αυτή η εφαρμογή της μεθόδου έναντι άλλων μεθόδων επεξεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, όπως ευκολία εφαρμογής, μη απαίτηση ιδιαίτερου εξοπλισμού ή ρυθμίσεων, συμβατότητα με τα περισσότερα απόβλητα, μεγάλη απόδοση και χαμηλό συνολικό κόστος. Όμως μεταθέτει ουσιαστικά το πρόβλημα των επικίνδυνων αποβλήτων από την υγρή στη στερεά μορφή, ενώ παραβλέπει και τα οικονομικά οφέλη που μπορούν να προκύψουν από την εκμετάλλευση των μεταλλικών αξιών που περιέχονται σε αυτά. Οι μέθοδοι αυτοί μπορεί να κρίνονται σε αρκετές περιπτώσεις αντικοινωνικές, παρόλο που οδηγούν σε καθαρά προϊόντα, διότι παρουσιάζουν υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, αυστηρές απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησης και συνήθως ιδιαίτερα υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Υπάρχουν, επίσης περιπτώσεις όπου οι μέθοδοι αυτοί δημιουργούν πρόσθετα περιβαλλοντικά προβλήματα με την παραγωγή νέων, επικίνδυνων υγρών ή στερεών αποβλήτων.

Έχουν αναπτυχθεί αρκετές εναλλακτικές μέθοδοι, τις τελευταίες δεκαετίες, με σκοπό την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με μεταλλικό φορτίο. Αυτές ανταποκρίνονται εν γένει στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις που έχουν τεθεί από τη σχετικές Νομοθεσίες. Παράλληλα λαμβάνουν υπ' όψιν και τα οικονομικά οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τα ανακτημένα μέταλλα, τέλος και από την ανακύκλωση του νερού στην παραγωγική διαδικασία. Οι κυριότερες μέθοδοι είναι:

- η αντίστροφη ώσμωση (reverse osmosis),
- η ιοντοεναλλαγή (ion exchange), η ηλεκτρανάκτηση (electrorecovery),
- η ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis),
- η ρόφηση σε ενεργό άνθρακα (activated carbon adsorption),
- η βιορόφηση (bioadsorption),
- και η εξαγωγή με οργανικό διαλύτη (solvent extraction).

Ο σχεδιασμός των μονάδων επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων γίνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι για κάθε μία βιομηχανική μονάδα μεμονωμένα και ο δεύτερος σε συνδυασμό με μονάδες επεξεργασίας αστικών αποβλήτων απαιτεί λεπτομερή ανάλυση παραμέτρων, όπως:

- Τα διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας
- Τα σημεία και τρόπος παραγωγής ρύπων κατά των λειτουργία της μονάδας
- Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και οι ποσότητες των παραγομένων αποβλήτων
- Ο τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων αποβλήτων
- Τα διαθέσιμα οικονομικά μέσα

Η κατανάλωση ποιοτική και ποσοτική ρύπανση του νερού, εκφρασμένη σε B.O.D καθώς και το είδος, ποσότητα και ο βαθμός τοξικότητας τυχόν υπαρχόντων τοξικών ρύπων στα απόβλητα είναι η βασική κατάταξη μιας βιομηχανίας σε ρυπαντικότητα,

Η (Ν. 1650/86, ΚΥΑ 19396/1546/97, ΚΥΑ 55648/2210/91, ΚΥΑ 15519/83, Π.Δ. 179182/656/79, κλπ.) είναι οι νομοθεσίες, εκτός από την θέσπιση αυστηρότερων μέτρων και όρων για τη διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων στο περιβάλλον και τον καθορισμό χαμηλότερων τιμών για τα ανώτερα επιτρεπτά όρια επικίνδυνων ουσιών στα απόβλητα.

Επίσης οι νομοθεσίες (Ν. 2965/2001, Ν. 2516/97, ΚΥΑ 69269/5387/90, ΚΥΑ 47943/88, κλπ.) καθορίζουν και το καθεστώς ίδρυσης και λειτουργίας διαφόρων εγκαταστάσεων, μεταξύ αυτών και των μονάδων επιφανειακής κατεργασίας μετάλλων και επιμετάλλωσης

1.6.1 Παραγωγή αποβλήτων από τις βιομηχανίες

1. Ελαιοτριβεία – ελαιουργία

Τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων είναι ισχυρά βιομηχανικά απόβλητα. Επίσης, αποτελούν μια σοβαρή πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος στη χώρα μας. Περιέχουν ανόργανα συστατικά (1-2%) με πυκνότητα $1,024 \text{ gr/cm}^3$, νερό (83-91%), οργανικά συστατικά (4-12%) και αγωγιμότητα 8.000-15.000 $\mu\text{S/cm}$ και pH 3,0-4,5. Τα ποσοστά των φυτοφαρμάκων, λιπαρών υλών είναι αρκετά μεγάλα. Επίσης μεγάλο είναι και το οργανικό φορτίο, οι ποσότητες αιωρούμενων στερεών, οι τιμές οξύτητας και τέλος οι τιμές B.O.D₅. Στην ελαιοκομική περίοδο Νοεμβρίου-Φεβρουαρίου εκβάλλεται το ρυπαντικό φορτίο στους ποταμοχειμάρρους χωρίς καμία επεξεργασία. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν ορισμένα ανόργανα συστατικά όπως το K, P, Mg γιατί συνιστούν πολύτιμα λιπαντικά στοιχεία.

Σε πέντε παράγοντες εντοπίζεται το είδος της ρύπανσης (Τσώνης, 1996):

1. η οξύτητα (pH=3,0-4,5),
2. η θερμοκρασία που κυμαίνεται από 25-33 ο C,
3. τα αιωρούμενα στερεά,
4. οι χρωστικές ουσίες, οι οποίες διαλύονται εύκολα, αλλά πολύ δύσκολα βιοαποικοδομούνται
5. το οργανικό φορτίο με τη μορφή απλών σακχάρων,

Εξουδετέρωση με προσθήκη ασβεστίου σε συνδυασμό με προσθήκη κροκιδωτικών σε δεξαμενές καθίζησης καθώς και διεργασίες επίπλευσης για την απομάκρυνση των λιπαρών ουσιών περιλαμβάνει η κατεργασία των αποβλήτων ελαιουργείων. Στον τελικό αποδέκτη απευθείας ή μετά την χώνευση και ξήρανση διατίθεται αυτή η παραγόμενη λάσπη. Ο βιολογικός καθαρισμός με τη μέθοδο ευγενούς ιλύος είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος κατεργασίας των αποβλήτων αυτών, πρέπει όμως να προηγηθεί χημική κατεργασία για την απομάκρυνση των τοξικών ουσιών και την ρύθμιση του pH, διεργασίες επίπλευσης για την απομάκρυνση των επιπλεόντων λιπαρών υλών και διεργασίες καθίζησης για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία μειώνει το B.O.D₅ κατά 80%.

2. Βιομηχανίες τροφίμων και ποτών

Μεγάλες είναι οι απαιτήσεις που έχουν αυτές οι βιομηχανίες σε νερό. Τα απόβλητα τους είναι πλούσια σε οργανική ύλη και έχουν υψηλές τιμές B.O.D, καθώς επίσης περιέχουν και μεγάλα ποσοστά αιωρούμενων στερεών και αρκετές ποσότητες χημικών σε κάποιες περιπτώσεις. Η εκπομπή αέριων ρύπων είναι πιο περιορισμένη και προέρχονται κυρίως από βιο-αποικοδόμηση και από καύση.

3. Βιομηχανίες γάλακτος

Τα απόβλητα τους περιέχουν B.O.D, φώσφορα, άζωτο και χλώριο. Οι μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων είναι κοσκίνηση, επίπλευση για την απομάκρυνση λιπών και ελαίων, καθίζηση και επίπλευση με διαλυμένο αέρα για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, χημική

κατακρήμνιση για απομάκρυνση φωσφορικών κτλ ιόντων και μέθοδοι ενεργού ιλύος για την αντιμετώπιση της οργανικής ύλης.

4. Βιομηχανίες κρέατος – Σφαγεία

Η ρύπανση του περιβάλλοντος από τις βιομηχανίες αυτές προέρχονται από προϊόντα όπως αίμα, λίπη, ζωικοί ιστοί κτλ. Τα απόβλητα αυτά περιέχουν κυρίως ιόντα χλωρίου φωσφορικά, αζωτούχες ενώσεις και αιωρούμενα στερεά με B.O.D₅ ίσο με 500 έως 1500. Σημαντικό ρόλο της ρύπανσης αυτής παίζει ο προσεκτικός σχεδιασμός και έλεγχος των διαφόρων σταδίων παραγωγής έτσι ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν μικρότερη παραγωγή υποπροϊόντων. Διεργασίες επίπλευσης με πλέγματα για την απομάκρυνση των λιπών χρησιμοποιούνται ώστε καθαριστούν αυτά τα απόβλητα. Σε αναερόβιες δεξαμενές χώνευσης οδηγούνται τα απόβλητα, όπου μειώνει το B.O.D έως και 95%. Με χημική κατακρήμνιση πραγματοποιείται απομάκρυνση ανεπιθύμητων ιόντων. Τα φωσφορικά απομακρύνονται με προσθήκη διοξειδίου του ασβεστίου και αλάτων τρισθενών ιόντων σιδήρου και αργιλίου. Με μεθόδους απονιτροποίησης επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των αζωτούχων ενώσεων

5. Βιομηχανίες κονσερβοποίησης φρούτων και λαχανικών

Η λειτουργία των βιομηχανιών αυτών απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού για την έκπλυση των φρούτων και λαχανικών. Τα πόσιμα περιέχουν ποσά φυτοφαρμάκων, τα οποία είναι υπολογίσιμα. Απόβλητα με μεγάλα ποσοστά αιρούμενων και διαλυμένων στερεών που απομακρύνονται με πρωτοβάθμιες διαδικασίες καθαρισμού παράγονται κατά την διαδικασία παραγωγής, όπως για παράδειγμα εσχάριση και κατακάθιση με προσθήκη αλάτων αργιλίου ή σιδήρου. Τα λύματα υπόκεινται σε δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία για την μείωση του B.O.D₅ κατά 9%.

6. Βιομηχανίες ποτών

Αυτά τα απόβλητα περιέχουν μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων στερεών, οργανικής ύλης, διαλυμένων στερεών και χαρακτηρίζονται από μεγάλες τιμές B.O.D₅. Μία από τις διεργασίες επεξεργασίας των απόβλητων περιλαμβάνουν είναι η διήθηση για την απομάκρυνση των αιωρούμενων και μία άλλη είναι η βδευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία με σκοπό την μείωση του B.O.D που πραγματοποιείται συνήθως με τη μέθοδο ενεργού ιλύος σε αεριζόμενες δεξαμενές.

7. Βιομηχανίες χαρτομάζας και χαρτιού

Αυτές οι βιομηχανίες έχουν θεωρηθεί ως πηγές τοξικής ρύπανσης λόγω των δραστικών χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της παραγωγής. Τα απόβλητα αυτών των βιομηχανιών περιέχουν υπολείμματα κατεργασίας του ξύλου, όπως κυτταρίνη, τανίνες κτλ καθώς και χημικές ενώσεις για την κατεργασία της πρώτης ύλης. Αυτά τα αντιδραστήρια είναι ανόργανα θειικά άλατα όπως θειικό ασβέστιο, θειικό νάτριο, θειικό μαγνήσιο, θειικό αμμώνιο ή ενώσεις του νατρίου όπως καυστικό νάτριο και θειούχο νάτριο. Οι πιο σύγχρονες μονάδες διαθέτουν συστήματα επεξεργασίας των αποβλήτων, όπως είναι οι δεξαμενές καθίζησης των αιωρούμενων στερεών και δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας, για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των χημικών ουσιών.

8. Διυλιστήρια πετρελαίου και πετροχημική βιομηχανία

Μολύνηση του διυλιστηρίου πετρελαίου υπάρχει σε όλα τα επίπεδα και είναι μεγάλη προς το περιβάλλον. Μερικές από τις μολύνσεις είναι ρύπανση στο υπέδαφος και τα επιφανειακά και υπόγεια νερά, ρύπανση στην ατμόσφαιρα κατά τις διεργασίες άντλησης κλασματικής απόσταξης καταλυτικής διασποράς και μετασχηματισμού καθώς και κατά τις διεργασίες ραφινάρισματος του πετρελαίου. Επίσης σοβαρά προβλήματα στο υπέδαφος και το υδάτινο περιβάλλον λόγω διαρροών δημιουργεί η αποθήκευση και μεταφορά του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του. Κυρίως οι υδαάνθρακες και τα καυστικά που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια κατεργασίας είναι υπεύθυνα για την υγρή ρύπανση. Μεγάλες ποσότητες πτητικών και αιωρούμενων στερεών όπου έχουν μεγάλες τιμές pH και B.O.D₅ περιέχουν τα

απόνερα. Η κατεργασία τους περιλαμβάνει διεργασίες καθίζησης και καταβύθισης με πολυηλεκτρολύτες για τα αιωρούμενα στερεά διεργασίες διαχωρισμού επίπλευσης και προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα για τους υδρογονάνθρακες. Φωτοχημικό νέφος με τοξικές ουσίες σημειουργείται κατά την αέρια ρύπανση. Οι αέριοι ρύποι είναι αιωρούμενα σωματίδια, αιθάλη, πτητικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, πτητικά αλκάνια και αλκένια, οξείδια του άνθρακα του αζώτου και του θείου.

9. Χαλυβουργίες

Οι υψικάμινοι είναι μονάδες παραγωγής σιδήρου από σιδηρομετάλλευμα ή σιδηρά υλικά που είναι προϊόντα ανακύκλωσης τα οποία συντήκονται με κωκ ή ασβεστόλιθο. Μεγάλη είναι η περιβαλλοντική ρύπανση αυτών των βιομηχανιών. Επίσης χωρίζεται σε κατηγορίες όπως στερεά, υγρά και αέρια υπολείμματα.

Τα στερεά υπολείμματα είναι συνήθως παραπροϊόντα και προέρχονται από τέφρα και διατίθενται μετά από ανακύκλωση, στον τελικό αποδέκτη που είναι το υπέδαφος.

Τα υγρά απόβλητα έχουν φαιόλες, φουράνια, ιόντα κυανίου σιδήρου ψευδαργύρου χλωρίου, εξ ασθενούς χρωμίου και αιωρούμενα στερεά. Οι τιμές pH και B.O.D₅ είναι σχετικά μικρές. Διεργασίες διήθησης και χημικές κατακρήμνισης με πολυσθενή ιόντα ηλεκτρολυτών για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων, κατεργασία με διοξείδιο του ασβεστίου για την αναγωγή εξ ασθενών χρωμικών ιόντων και την μείωση της οξύτητας, διαδικασίες εκχύλισης για την απομάκρυνση των ιδιαίτερα τοξικών φαινολών, διοξινών, φουρανίων και διεργασίες χλωρίωσης, μετά από ρύθμιση του pH προς αλκαλικές τιμές για την απομάκρυνση των ιόντων κυανίου απαιτούνται για την επεξεργασία των λυμάτων.

Οι αέριοι ρύποι που παράγονται στην υψικάμινο δεσμεύονται συνήθως με υγρά φίλτρα, τα νερά των οποίων διοχετεύονται στις μονάδες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων για περαιτέρω επεξεργασία.

10. Βιομηχανίες παραγωγής αλουμινίου

Το ορυκτό που αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή αλουμινίου με ηλεκτρόλυση είναι ο βωξίτης που είναι οξείδιο του αργιλίου. Η λάσπη που παραμένει στις μονάδες ηλεκτρόλυσης από τελεί μίγμα οξειδίων, σιδήρου, πυριτίου, νατρίου, ασβεστίου, αργιλίου και τιτανίου. Τα υγρά απόβλητα της βιομηχανίας αλουμινίου περιέχουν μεγάλα ποσοστά ιόντων φθορίου τα οποία καταβυθίζονται με υδροξείδιο του ασβεστίου σε δεξαμενές καθίζησης.

1.7 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αστικών λυμάτων

Από την πυκνότητα των κατοίκων μιας περιοχής καθορίζεται η παροχή των υγρών αστικών αποβλήτων της. Στην Ελλάδα η μέση ημερήσια παροχή των λυμάτων κυμαίνεται από 150-350 L/άτομο (Καλαβρουζιώτης, 2004).

Για την άριστη επιλογή κατάλληλων εκτάσεων των υγρών αστικών λυμάτων πρέπει να ληφθούν γεωτεχνικά στοιχεία των λυμάτων αυτών. Τα γεωλογικά και υδρολογικά δεδομένα, όπως είναι το υψόμετρο, ανάγλυφο, κλίση, πέτρωμα, διαπερατότητα, θέσεις συγκέντρωσης επιφανειακού νερού, επίσης τα κλιματικά και μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, όπως είναι το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, η θερμοκρασία, ο αριθμός, η διάρκεια και η ένταση των βροχοπτώσεων, οι τιμές της εξάτμισης και διαπνοής, καθώς και τα δεδομένα για τις ιδιότητες του εδάφους, όπως είναι η μηχανική σύσταση του εδάφους, η αγωγιμότητα, στοιχεία δομής, υγρασίας και πορώδους του εδάφους, η εναλλακτική ικανότητα των κατιόντων, η περιεχόμενη σε αυτό οργανική ουσία, το pH και οι συνολικές ποσότητες N και P αποτελούν τα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη (Καλαβρουζιώτης, 2004).

Σήμερα στην περιοχή της Μεσογείου αρδεύεται το 30 %, επομένως η ανάγκη για νερό άρδευσης είναι πάρα πολύ μεγάλη.. Η χρήση των υγρών αστικών λυμάτων μπορεί να συμπληρώσει σε κάποιο ποσοστό τη λίπανση των καλλιεργειών, να αυξήσει τη διαθέσιμη

ποσότητα του ύδατος που διατίθεται στη γεωργία και τέλος μπορεί να εξαλείψει τη δαπανηρή τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων.

Με τα συστήματα εδάφους-υδροφόρου (Soil-Aquifer-Treatment, SAT) μπορεί να γίνει η επεξεργασία των μερικώς επεξεργασμένων αστικών λυμάτων στο υπέδαφος. Η επιλογή της κατάλληλης υδρογεωλογικής θέσης με βάση την υδροπερατότητα, το πάχος της ακόρεστης ζώνης, την κοκκομετρία κ.λπ αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την επιφανειακή επεξεργασία των μεταχειρισμένων νερών, όπου εφαρμόζεται και στην περίπτωση των βιομηχανικών και γεωργο-κτηνοτροφικών αποβλήτων. Έτσι γίνεται κίνηση των αποβλήτων στο έδαφος και σε ένα τμήμα του υδροφορέα με σκοπό την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, των μικροοργανισμών και του άνθρακα, καθώς και σημαντικό μέρος των φωσφορικών και των βαρέων μετάλλων.

Σε λεκάνες καθίζησης (επεξεργασία με Ca και Mg) και διαύγασης για την απομάκρυνση της αμμωνίας και τη μείωση του pH γίνεται συνήθως η προεπεξεργασία των λυμάτων. Στη συνέχεια ακολουθεί μια σειρά από λεκάνες εμπλουτισμού, που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Με γεωτρήσεις (βαθύς υδροφόροι), με υπόγεια στραγγιστήρια (ρηχοί υδροφόροι ορίζοντες) ή από γειτονικά υδρορεύματα μπορεί να γίνει η ανάκτηση του αναγεννημένου νερού. Σε πρόσφατες λεπτοκλαστικές αποθέσεις πρέπει να τοποθετούνται τα συστήματα SAT, ενώ αν τα υλικά είναι χονδρόκοκκα ο χρόνος παραμονής είναι μεγαλύτερος. Ο υδροφόρος ορίζοντας θα πρέπει να είναι ελεύθερος και με σημαντική μεταβατικότητα. Επίσης, οι ποσότητες των νερών που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να είναι δυνατή η ανάκτησή τους. Τέλος σημαντικό είναι το γεγονός πως το ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αρδευτικών και βιομηχανικών αναγκών, αναψυχή και τεχνητό εμπλουτισμό.

Οι μέθοδοι διαχωρισμού γίνονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες και μία σειρά διαφόρων διεργασιών στη φύση. Ο καθορισμός σημείων και τρόπου δημιουργίας υγρών αποβλήτων, η παραγωγική τους διαδικασία, βασικά τους χαρακτηριστικά ποιοτικά και ποσοτικά, δυνατότητα τελικής διάθεσης, δυνατότητα ανάκτησής τους και η επαναχρησιμοποίησή τους αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για κάθε μελέτη επεξεργασίας. "Για τον διαχωρισμό των λυμάτων χρησιμοποιούνται φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες όπου στοχεύουν στην επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος." (Νταρακάς, 2010).

Οι διεργασίες που περιλαμβάνουν οι μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων (wastewater treatment plants) είναι φυσικές, χημικές ή βιολογικές. Με το σύστημα αποχέτευσης συλλέγονται τα υγρά απόβλητα μιας πόλης, στο οποίο εκτός από τα απόβλητα που προκύπτουν από τις οικιακές δραστηριότητες μπορεί να δέχεται όμβρια ύδατα, εισροές από υπόγεια ή επιφανειακά νερά. Ακόμα και σήμερα ένα ποσοστό του πληθυσμού δεν έχει πρόσβαση σε κάποιο δίκτυο αποχέτευσης και εξυπηρετείται με σηπτικούς κυρίως βόθρους, και υπό προϋποθέσεις κάποιες κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων τα οποία όμως έχουν οπωσδήποτε υποστεί κάποιου είδους προεπεξεργασία.

Πιο συγκεκριμένα, η επεξεργασία των αστικών λυμάτων γίνεται:

1. Συμβατικά με τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (βιολογικοί καθαρισμοί)

Τα υγρά αστικά απόβλητα μετά την επεξεργασία τους έχουν τη δυνατότητα ή να καταλήξουν σε κάποιον αποδέκτη (θάλασσα, λίμνες, ποταμούς) ή να επαναχρησιμοποιούνται (άρδευση, τεχνητός εμπλουτισμός). Νομοθετικά ρυθμίζεται η διάθεση των αποβλήτων στους υδάτινους αποδέκτες, σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΚΥΑ 5673/400/97, ΦΕΚ 192Β/14-3-1997). Η νομοθεσία, δηλαδή ακολουθεί ένα σύνολο αξιολόγησης παραμέτρων, όπως: χωροταξικές, γεωλογικές, υδρολογικές, κλιματολογικές, τεχνικές και περιβαλλοντικές.

Το δίκτυο του συστήματος αποχέτευσης συνεισφέρει σε έναν Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (Κ.Α.Α.). Αυτός ο αγωγός καταλήγει σε μια Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) όπου τα λύματα επεξεργάζονται έχοντας ως στόχο τη δέσμευση και την εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων συστατικών τους. Το ευρύ κοινό στον ελλαδικό χώρο αναφέρεται στις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων με το γενικό όρο βιολογικός καθαρισμός. Ο όρος αυτός δεν είναι

σωστός καθώς η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων δεν είναι παρά ένα από τα στάδια τα οποία πραγματοποιούνται σε μια μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων,
- για την άρδευση εκτάσεων αι χώρων αναψυχής,
- για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα,
- για βιομηχανικές δραστηριότητες (ψύξη μηχανών, τροφοδοσία λεβήτων)
- για την προστασία, ανάπλαση συγκεκριμένων προβληματικών περιοχών,
- για μη πόσιμες αστικές χρήσεις (πυροπροστασία στα αστικά κέντρα, καθαρισμός χώρων, κλιματισμός, καθαρισμό τουαλετών σε εμπορικά και βιομηχανικά κτήρια, διακόσμηση κήπων)
- για αποκατάσταση απερημωμένων περιοχών

Η επεξεργασία της λάσπης με την αναερόβια χώνευση είναι μια βιολογική διαδικασία σε ένα κλειστό χώρο χωρίς αέρα. Σκοπός της είναι να κάνει μια σημαντική εξουδετέρωση των οργανικών υλικών διαμέσου μιας βακτηριακής ζύμωσης που παρέχει μεθάνιο. Το μεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύσιμο υλικό, επίσης μπορεί να συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και την παραγωγή θερμοηλεκτρικής ενέργειας.

2. Φυσικά συστήματα (διάθεση στο έδαφος ή υπέδαφος)

Η αποτελεσματικότητα στην απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών, η δυνατότητα δημιουργίας τεχνητών υγροτόπων και η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση νερού αποτελούν βασικά πλεονεκτήματα. Τα φυσικά συστήματα δεν προϋποθέτουν ενέργεια για τη λειτουργία τους (εκτός αυτής που απαιτείται για τη μεταφορά τους στις επιλεγμένες θέσεις). Αντίθετα τα συμβατικά απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας και συνεπώς μεγάλο κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Η ανάγκη ύπαρξης μεγάλων επιφανειών γης αποτελεί μεγάλο μειονέκτημα. Η τεχνική της διάθεσης στο έδαφος οφείλει να εφαρμόζεται, αφού όμως πρώτα γίνει υδρογεωλογική έρευνα και αναλυθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι τεχνικές που εφαρμόζονται για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων στο έδαφος είναι οι εξής :

➤ Άρδευση

Ως λίπασμα χρησιμοποιούνται τα θρεπτικά συστατικά των λυμάτων (φωσφόρος, άζωτο). Η μέθοδος λειτουργεί σαν τριτοβάθμια επεξεργασία, αλλά αυξάνει το σύνολο διαλυμένων αλάτων του νερού που κατεισδύει στον υδροφόρο ορίζοντα.

➤ Κατείσδυση-Διήθηση (συστήματα βραδείας εφαρμογής)

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε υδροπερατά εδάφη (άμμοι, αμμούχοι πηλοί), όπου τα απόβλητα διοχετεύονται σε μικρές λεκάνες (διαστάσεων 10 m x 10 m), βάθους 20-50 cm, που διαχωρίζονται με χαμηλά αναχώματα και αφήνονται για αρκετές ημέρες για να γίνει η εξάτμιση και η διήθηση. Βασικός περιορισμός για την εφαρμογή της μεθόδου είναι ότι το πάχος της ακόρεστης ζώνης, στην οποία τα απόβλητα υφίστανται φυσικοχημική και βιολογική αναγέννηση πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 5-6 m. Οι επιφανειακές απορροές συλλέγονται και επαναχρησιμοποιούνται στο σύστημα. Επίσης, η φυτοκάλυψη του εδάφους κατακρατά μεγάλο μέρος των αιωρούμενων στερεών και οργανικών υλικών (Παρανυχιανάκης, 2006).

➤ Συστήματα επιφανειακής απορροής

Σε στεγανά εδάφη εφαρμόζονται τα συστήματα επιφανειακής ροής, όπου τα προ-επεξεργασμένα απόβλητα οδηγούνται σε αναβαθμούς με κλίση (2-8%) και με φυτοκάλυψη (γρassίδι) και αφήνονται να κινηθούν μέχρι να συλλεχθούν από μια τάφρο. Τα λύματα αναγεννούνται καθώς κινούνται αργά και υφίστανται βακτηριακή αποσύνθεση.

➤ **Χρήση φυσικών ή τεχνητών υγροτόπων**

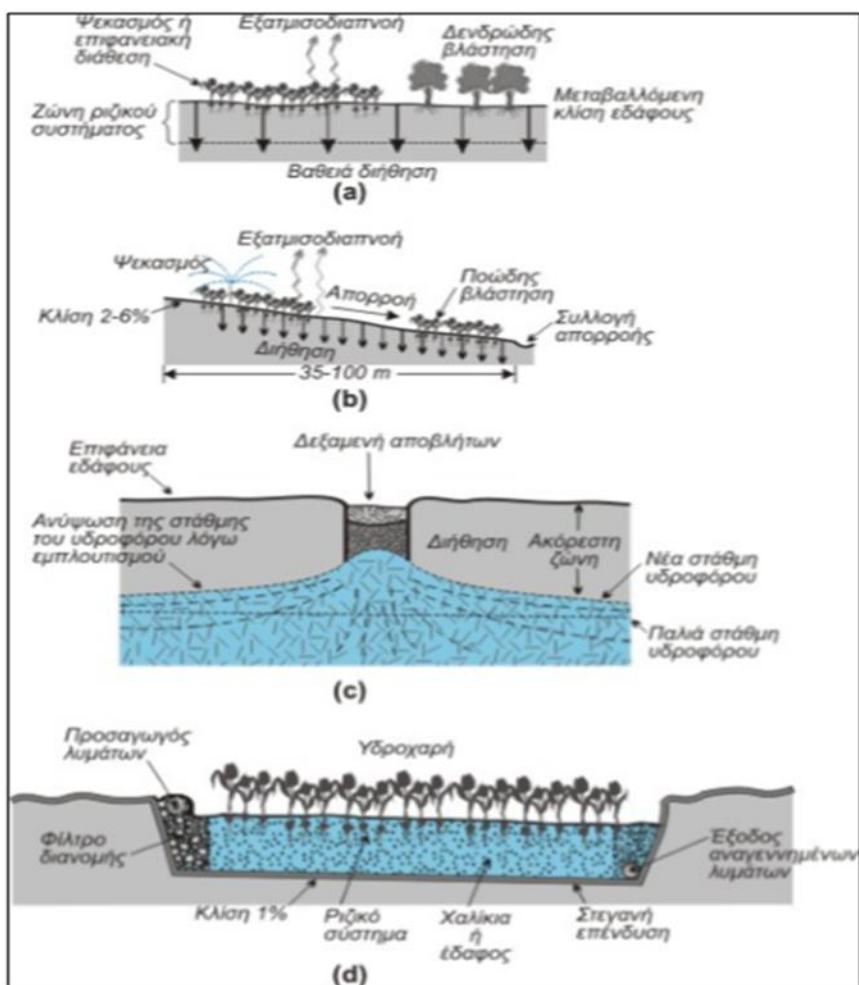
Οι τεχνητοί υγρότοποι (wetlands) ή στρώμακαλαμιών (reed bed system) αποτελούν μια διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Οι υγρότοποι έχουν μικρό βάθος (μέχρι 60 cm) επίσης είναι φυσικοί ή τεχνητοί, όπου υπάρχει πυκνή βλάστηση από υδρόβια φυτά. Αυτή η χρήση βασίζεται στην ικανότητα που έχουν τα φυτά να προσλαμβάνουν και να αποθηκεύουν στους ιστούς τους διάφορα στοιχεία, καθώς επίσης και στη μικροβιακή πανίδα που αναπτύσσεται στο χώρο των ριζών και έχει ευθύνη για τη διάσπαση ανόργανων και την αποικοδόμηση οργανικών ουσιών. Τέλος, τα αιωρούμενα στερεά αποσυντίθενται στην επιφάνεια του εδάφους.

➤ **Λίμνες σταθεροποίησης**

Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν διαδοχικές λίμνες (Γκράτζιου κ.ά, 2006). Ο πυθμένας μπορεί να μονωθεί με αργιλικό υλικό ή γεωύφασμα ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Οι εκροές τους καταλήγουν σε υδάτινους αποδέκτες ή για άρδευση. Ένα μειονέκτημά της χρήσης των λιμνών αποτελεί το γεγονός ότι υπάρχουν απαιτήσεις σε γη καθώς και ορθολογική διαχείριση της λάσπης. Τέλος για την επεξεργασία λυμάτων μικρών οικισμών χρησιμοποιούνται τα φίλτρα υφάσματος, που η λειτουργία τους βασίζεται στην ανάπτυξη βιομάζας πάνω σε ένα πορώδες ύφασμά.

Ακολουθεί εικόνα που περιέχει μεθόδους επεξεργασίας στο έδαφος Εικόνα 1.1.

Εικόνα 1.1: Μέθοδοι επεξεργασίας στο έδαφος (Tchobanoglous-Burton, 1991, Καλλέργης, 2000): (a) μέθοδος άρδευσης, (b) μέθοδος επιφανειακής απορροής, (c) μέθοδος κατείσδυσης-διήθησης, (d) υπεδάφιος υγροβιότοπος.



Συγκεντρωτικά, οι επιδιώξεις από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων είναι:

1. Η διάθεση λυμάτων σε τακτική και αξιόπιστη βάση
2. Η ανακύκλωση και η ανάκτηση των πολύτιμων συστατικών των λυμάτων
3. Η συμμόρφωση με τις νομικές προδιαγραφές που επιβάλλονται για την απόρριψη λυμάτων
4. Η προστασία της δημόσιας υγείας

Κεφάλαιο 2: Επαναχρησιμοποίηση νερού

Η ζήτηση νερού στην Ελλάδα έχει αυξηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια. Συχνά διαπιστώνεται πως υπάρχει έλλειψη ισορροπίας στο υδατικό ισοζύγιο. Οι λόγοι μπορεί να είναι οι χρονικές και τοπικές διακυμάνσεις που παρατηρούνται όσον αφορά τη βροχόπτωση, η αυξημένη ζήτηση για νερό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και η δυσκολία μεταφοράς νερού εξαιτίας του ορεινού ανάγλυφου. Γι αυτό τον λόγο, λοιπόν, οι επιστήμονες ερευνάνε το ενδεχόμενο επαναχρησιμοποίησης νερού.

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα είναι ένταξη της επεξεργασίας λυμάτων στα προγράμματα διαχείρισης των υδατικών πόρων. Σήμερα, το 90% των νοικοκυριών της Ελληνικής Επικράτειας έχει πρόσβαση σε πάνω από 300 σταθμούς επεξεργασίας υγρών λυμάτων, έχοντας συνολική χωρητικότητα πάνω από 1.450.000 m^3 /ημέρα (Ανδρέου, 2012). Η πλειοψηφία των επεξεργασμένων λυμάτων παράγονται σε περιοχές με ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο, άρα η επαναχρησιμοποίηση σε αυτές τις περιοχές θα μπορούσε να ικανοποιήσει την υπάρχουσα ζήτηση σε νερό.

Στο παρελθόν έλαβαν χώρα σημαντικά έργα ανάκτησης καθώς και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων, όπου παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1 με χρονολογική σειρά για την διάρθρωση της πρόσφατης ιστορίας.

Πίνακας 2.1: Σημαντικά έργα επαναχρησιμοποίησης (Asano et al., 2007)

Έτος	Τοποθεσία	Δυναμικότητα (m^3/d)	Είδος έργου
1912 – 1985	Golden Gate Park, San Francisco, California, USA		Άρδευση χώρων πρασίνου και ανάπτυξη λιμνών αναψυχής.
1926	Grand Canyon National Park, Arizona, USA		Άρδευση WC, ψύξη και θέρμανση νερού.
1929	City of Pomona, California, USA		Άρδευση κήπων και χώρων πρασίνου.
1942	City of Baltimore, Maryland, USA		Ψύξη σε βιομηχανίες μετάλλου και επεξεργασία χάλυβα στη Bethlehem Steel Company.
1960	City of Colorado springs, Colorado, USA		Άρδευση γηπέδων γκολφ, πάρκων, νεκροταφείων και διαδρόμων περιπάτου.
1961	Irvine Ranch Water District, California, USA	60000	Άρδευση, βιομηχανική και αστική χρήση και καθαρισμός WC σε υψηλά κτίρια.

1962	La Soukra, Tunisia		Άρδευση εσπεριδοειδών με ανακυκλωμένο νερό και χρήση για τη μείωση της υφαλμύρωσης των υπόγειων υδροφορέων.
1968	City of Windhoek, Namibia	21000	Σύστημα απευθείας ανακύκλωσης υγρών αποβλήτων για αύξηση αποθεμάτων πόσιμων παροχών νερού μετά από ανάμειξη.
1969	City of WaggaWagga, Australia	10000	Άρδευση κοινόχρηστων χώρων και καθαρισμό WC.
1970	Sappi Pulp and Paper group, Enstra, South Africa		Χρήση ανακτώμενων αστικών υγρών αποβλήτων στη βιομηχανία χαρτιού.
1975	Κοιλάδα Ποταμού Salt, Peonix, Arizona, USA	10000	Εμπλουτισμός υπογείου υδροφορέα με εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας
1976	Orange County Water District, California, USA	200000	Εμπλουτισμός υπογείου υδροφορέα με απευθείας έγχυση στους υδροφορείς στο Water Factory 21.
1977	Dan Region Project, Tel-Aviv, Israel	500000	Εμπλουτισμός υπογείου υδροφορέα με λεκάνες διήθησης. Τα υπόγεια νερά μεταφέρονται στο νότιο μέρος της χώρας για άρδευση καλλιεργειών.
1977	City of St. Petersburg, Florida, USA	100000-150000	Άρδευση πάρκων, γηπέδων γκολφ, σχολικών κήπων, άλλων χώρων πρασίνου και ψύξης νερού.
1984	Tokyo Metropolitan Government, Japan		Έργο ανακύκλωσης νερού στο Shinjuku District στο Τόκιο με τη προμήθεια ανακτώμενου νερού για καθαρισμό WC σε 19 ουρανοξύστες σε πυκνοκατοικημένη περιοχή.
1985	City of El Paso, Texas, USA	38000	Εμπλουτισμός υπογείου υδροφορέα με απευθείας εφαρμογή με γεωτρήσεις του Hueco Bolson και ψύξη νερού σε μονάδα παραγωγής ενέργειας.
1987	Monterey Regional Water Pollution Control Agency Monterey Wastewater Reclamation Study for Agriculture, California, USA	5500	Άρδευση γεωργικών καλλιεργειών (συμπεριλαμβανομένων αγκινάρας, σέλινου κτλ.)

1989	Shoalhaven Heads, Australia	120000	Άρδευση κήπων και χρήση για καθαρισμό WC σε ιδιωτικές κατοικίες.
1989	Consorei de la Costa Brava, Girona, Spain		Άρδευση κυρίως γηπέδων

Η αξία των λυμάτων γίνεται όλο και πιο κατανοητή ανοίγοντας τον δρόμο για τις εναλλακτικές χρήσεις των υγρών αποβλήτων ως βασικό άξονα σύγχρονης βιώσιμης στρατηγικής.

2.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού

Με τον όρο, λοιπόν, επαναχρησιμοποίηση νερού εννοούμε την χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για επωφελή σκοπό, όπως γεωργική άρδευση, βιομηχανική ψύξη κ.α.

Με αφορμή την όλο και περισσότερη έλλειψη νερού στο περιβάλλον τα τελευταία χρόνια, ακολουθούμε ένα σύνολο διαδικασιών, των οποίων αναλαμβάνουν πλήρως τις απαιτήσεις τις βιώσιμης διαχείρισης των υδάτινων πόρων με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Αυτές οι διαδικασίες είναι:

- Αρχή βιωσιμότητας: με την οποία αποφεύγεται η υπεράντληση υπόγειων αποθεμάτων για την αποφυγή υποβάθμισης εδάφους. Με τα επεξεργασμένα λύματα εξοικονομούνται οι υπόγειοι υδάτινοι πόροι.
- Εξοικονόμηση ενέργειας: Καθώς μειώνονται οι αντλήσεις νερού από το περιβάλλον μειώνεται και απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας για την λειτουργία αντλιών. Έτσι εξοικονομούνται οι φυσικοί πόροι.
- Προστασία περιβάλλοντος: Η επαναχρησιμοποίηση νερού οδηγεί στη μείωση όγκου των εκροών που καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες. Έτσι περιορίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα.
- Μείωση ρύπανσης υπόγειου υδροφόρου: Κύρια ρύπανση της αγροτικής δραστηριότητας αποτελούν τα νιτρικά, τα οποία τα χρησιμοποιούν ως λίπασμα. Αυτό μπορεί να τα αντικαταστήσει η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση με την αξιολόγηση της θρεπτικής αξίας των λυμάτων.
- Οικονομικά οφέλη: Με την μείωση του ενεργειακού κόστους που απαιτείται για την λειτουργία των αντλιών και γεωτρήσεων

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων σε εδάφη και δασικά είδη έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν (Καβρουζιώτης, 2004):

- α) για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων,
- β) για την άρδευση τοπίων και χώρων αναψυχής,
- γ) για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα,
- δ) για βιομηχανικές δραστηριότητες,
- ε) για την προστασία, ανάπλαση συγκεκριμένων προβληματικών περιοχών,
- ζ) για πυροπροστασία στα αστικά κέντρα
- η) για εφαρμογές εντός των αστικών συγκροτημάτων.

Μια άριστη επιλογή των κατάλληλων εκτάσεων προϋποθέτει την αξιοποίησή των υγρών αστικών λυμάτων με κατοχύρωση κατάλληλων γεωτεχνικών κριτηρίων. Στα κριτήρια συμπεριλαμβάνονται τα παρακάτω στοιχεία:

- Κλιματικά και μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, όπως είναι ο αριθμός, το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, η διάρκεια και η ένταση των βροχοπτώσεων, η θερμοκρασία και οι τιμές της εξάτμισης και διαπνοής.

- Γεωλογικά και υδρολογικά δεδομένα, όπως κλίση, υψόμετρο, πέτρωμα, ανάγλυφο, διαπερατότητα και θέσεις συγκέντρωσης επιφανειακού νερού.
- Δεδομένα για τις ιδιότητες του εδάφους, όπως: η εναλλακτική ικανότητα των κατιόντων, υγρασίας και πορώδους του εδάφους, η μηχανική σύσταση του εδάφους, η αγωγιμότητα, στοιχεία δομής, η περιεχόμενη σε αυτό οργανική ουσία, το pH και οι συνολικές ποσότητες N και P (Καβρουζιώτης, 2004).

Η σημασία της ποιότητας των υγρών λυμάτων έχει πλέον παγκοσμίως αποδεχτεί, όμως, η χρήση τους είναι διαφορετική ανάλογα με την υποδομή και τις τοπικές συνθήκες, που επικρατούν από χώρα σε χώρα. Ένας σημαντικός αριθμός χωρών ερευνούν τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των αστικών υγρών λυμάτων. Στην περιοχή της Μεσογείου σήμερα είναι πολύ μεγάλη η ανάγκη για νερό άρδευσης, με γνωστό επίσης ότι το 30 % αυτής αρδεύεται (Ανδρέου, 2012).

Η χρήση των υγρών αστικών λυμάτων μπορεί να προσφέρει πολλές θετικές δραστηριότητες, όπως να συμπληρώνει σε κάποιο ποσοστό τη λίπανση των καλλιεργειών, να αυξάνει τη διαθέσιμη ποσότητα του ύδατος που διατίθεται στη γεωργία και τέλος μπορεί να εξαλείψει τη δαπανηρή τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων. Μια σημαντική πρακτική είναι η χρησιμοποίηση των υγρών αστικών λυμάτων για άρδευση. Επίσης, όχι μόνο σε χώρες που παρουσιάζουν έλλειμμα ύδατος, όπως είναι οι χώρες της Μεσογείου, της Μέσης Ανατολής και της Λατινικής Αμερικής, αλλά και σε χώρες που βρίσκονται σε πιο εύκρατα κλίματα, όπως είναι η Ιαπωνία, Αυστραλία, Καναδάς, Βόρεια Κίνα, Βέλγιο, Αγγλία και Γερμανία. Οι Μεσογειακές Χώρες εφαρμόζουν την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών λυμάτων, λόγω της σημαντικής έλλειψης καθαρού ύδατος που εμφανίζουν, για άρδευση δασικών κυρίως εκτάσεων, φυτειών δένδρων, τοπίων, γηπέδων γκόλφ, πάρκων και χώρων ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και πρασίνου.

2.3 Κατηγορίες Επαναχρησιμοποίησης

Οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης νερού καθορίζουν κατά πόσο αξιόπιστες είναι οι μέθοδοι επεξεργασίας καθώς και την απαιτούμενη επεξεργασία των λυμάτων. Σε δύο μεγάλες κατηγορίες με ομαδοποιημένη την σειρά χρήσης τους, μπορούν να χωριστούν οι τύποι επαναχρησιμοποίησης νερού (Asano, 1992):

- **Αγροτική - Άρδευση**
- **Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων οριζόντων**
- **Βιομηχανική**
- **Αποκατάσταση φυσικού Περιβάλλοντος - Δημιουργία χώρων αναψυχής**
- **Αστική**

Για ύδρευση:

- **Άμεση Πόση**
- **Έμμεση Πόση**

Οι δυνατοί τύποι επαναχρησιμοποίησης σε συνάρτηση με την πηγή παραγωγής των υγρών αποβλήτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Δυνατοί τύποι επαναχρησιμοποίησης ανάλογα με την πηγή των υγρών αποβλήτων (Asano, 1992).

<u>Πηγή/Τύπος υγρών αποβλήτων</u>	<u>Δυνατοί τύποι επαναχρησιμοποίησης</u>
Οικιακά ή αστικά λύματα ή βιομηχανικά λύματα που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ 5673/400/1997, ασχέτους μεγέθους εγκατάστασης	1. Άρδευση 2. Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων 3. Αστική και περιαστική χρήση 4. Βιομηχανική χρήση

Υγρά βιομηχανικά απόβλητα που προέρχονται από άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ασχέτους μεγέθους, που είναι μη επικίνδυνα, ή έχουν καταστεί μη επικίνδυνα μετά από προβλεπόμενη επεξεργασία	1.Βιομηχανική χρήση 2. Περιορισμένη άρδευση μέσω υπεδάφιου συστήματος άρδευσης 3. Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007 και μόνο μέσω διήθησης
--	---

2.4 Αγροτική Επαναχρησιμοποίηση - Άρδευση

Η άρδευση αγροτικών καλλιεργειών είναι η παλαιότερη αλλά και μία από τις πιο κοινές κατηγορίες χρήσεως των επεξεργασμένων εκροών. Η αγροτική άρδευση ανέρχεται σε ποσοστό περίπου 70% της συνολικής χρήσης του νερού και αποτελεί μια μαζική χρήση νερού κυρίως στις ξηρές περιοχές και όχι μόνο. Οι υδατικοί πόροι πολλές φορές δεν είναι αρκετά για να καλύψουν τις ανάγκες κάποιας περιοχής οπότε και η άρδευση καλείται να επιτευχθεί από επαναχρησιμοποιημένο νερό επεξεργασμένων εκροών. Επίσης με τον τρόπο αυτό το ποιοτικό νερό περιορίζεται για άμεση πόση.

Η εφαρμογή λυμάτων στο έδαφος, αποτελεί τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών λυμάτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών σε πολλές χώρες. Κατηγοριοποιούνται δύο τύποι επαναχρησιμοποίησης στην περίπτωση της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα:

- **Περιορισμένη άρδευση**, που αφορά μόνο καλλιέργειες στις οποίες τα προϊόντα καταναλώνονται ως εξής: μετά από θερμική ή άλλου είδους επεξεργασία, δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, οι καρποί τους δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος κατά τη διαδικασία συλλογής τους. Κάποια παραδείγματα των καλλιεργειών αυτών είναι καλλιέργειες ζωοτροφών, λιβάδια, βιομηχανικές καλλιέργειες, δέντρα (εκτός των οπωροφόρων), καλλιέργειες σπόρων κ.α.. Στην περιορισμένη άρδευση δεν επιτρέπεται η εφαρμογή του καταιονισμού ως μεθόδου άρδευσης. Η πρόσβαση του κοινού στην αρδευόμενη έκταση πρέπει να απαγορεύεται (Ανδρεαδάκης, 2005).
- **Απεριορίστη άρδευση**, που αφορά σε είδη καλλιεργειών των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, π.χ. λαχανικά, αμπέλια, οπωροφόρα δέντρα κ.α., ενώ αφορά επίσης και ανθοκομικές καλλιέργειες. Στις περιπτώσεις αυτές επιτρέπονται διάφοροι τύποι άρδευσης, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού, ενώ δεν υπάρχουν περιορισμοί στην πρόσβαση του κοινού (Ανδρεαδάκης, 2005).

Η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση των επεξεργασμένων λυμάτων, ανεξάρτητα αν προέρχονται από βιολογικούς καθαρισμούς ή από φυσικά συστήματα είναι ασφαλής αν γίνει κάτω από προϋποθέσεις. Η άρδευση αποτελεί τον καλύτερο τρόπο επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων. Ο λόγος είναι πως αποφεύγεται η υποβάθμιση της ποιότητας των αποδεκτών και γίνεται εξοικονόμηση νερού, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου οι υδατικοί πόροι είναι σε ανεπάρκεια. Επίσης πραγματοποιείται μια φυσική προσθήκη θρεπτικών συστατικών στο έδαφος, όπως άζωτο, φωσφόρος, κάλιο, ψευδάργυρος, βόριο και θείο, που βοηθούν την ανάπτυξη των φυτών. Μία τυπική περιεκτικότητα των επεξεργασμένων λυμάτων σε θρεπτικά συστατικά είναι: άζωτο 50 mg/L, φωσφόρος 10 mg/L. Αν θεωρήσουμε πως η απαιτούμενη ποσότητα άρδευσης είναι 400-600 m³/στρέμμα, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας, συμπεραίνουμε ότι, αρδεύοντας τις καλλιέργειες με επεξεργασμένα αστικά λύματα προσφέρεται ετησίως: άζωτο 20-30 kg/στρέμμα και φωσφόρος 4-6 Kg/στρέμμα. Έτσι οι απαιτούμενες ποσότητες σε θρεπτικά συστατικά μπορούν να προσφερθούν από τα επεξεργασμένα λύματα (Πανώρας & Ηλίας, 1999).

Τα κριτήρια επιλογής μεθόδου άρδευσης είναι πολύ σημαντική διεργασία. Η πιο σωστή χρήση του νερού άρδευσης είναι το ζήτημα στη γεωργία. Σε περίπτωση που γίνει χρήση των αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς, ο τρόπος εφαρμογής τους στον αγρό έχει ακόμη μεγαλύτερη σημασία, καθώς εντάσσεται άμεσα με πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στο

περιβάλλον. Όσο μικρότερος είναι ο βαθμός της αρδευτικής αποδοτικότητας, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος ρύπανσης ή μόλυνσης εδάφους και νερών. Η επιλογή της πιο σωστής μεθόδου άρδευσης αν περίπτωση, μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική χρήση των αποβλήτων προς άρδευση (Αγγελάκης, 2001).

Η άρδευση με κατάκλιση λωρίδες προϋποθέτει την πλήρη κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα. Αυτή η διεργασία άρδευσης μολύνει τμήμα της φυλλικής επιφάνειας των λαχανικών που έρχεται σε επαφή με τα απόβλητα καθώς και τη συγκομιζόμενη ρίζα. Επίσης, αναπτύσσονται σε σημαντικό βαθμό τους καλλιεργητές στα απόβλητα.

Κατά την άρδευση με αυλάκια δεν διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του εδάφους. Αυτή η διεργασία μειώνει τους κινδύνους μόλυνσης των φυτών τα οποία αναπτύσσονται στον αυχένα των αυλακίων. Η μόλυνση όμως των αγροτών, παρολο αυτά είναι αρκετά υψηλή.

Η μέθοδος άρδευσης με καταιονισμό είναι αποδοτικότερη σε περιπτώσεις που σχετίζονται με τη χρήση του νερού, επειδή μπορεί να γίνει ομοιομορφία στην εφαρμογή του. Αυτή η μέθοδος άρδευσης μπορεί να μολύνει τις καλλιέργειες και τους αγρότες. Επίσης, παθογόνοι μικροοργανισμοί που βρίσκονται σε καταιονιζόμενα απόβλητα μπορεί να μεταφερθούν με τον άνεμο και να δημιουργήσουν κίνδυνο για την υγεία των κατοίκων στις πιο κοντινές περιοχές. Με σκοπό την απομάκρυνση των μεγάλων απώλειων και την επιτευξη της ομοιόμορφης κατανομής του νερού στον αγρό, είναι καλό να γίνεται μια πρόχειρη ισοπέδωση του εδάφους (Χατζηγιαννάκης και Θεοδώρου 1991, Πανώρας κ.α 1993). Τα συστήματα καταιονισμού μπορούν να επηρεαστούν περισσότερο από την ποιότητα του νερού σε σχέση με τα επιφανειακά συστήματα άρδευσης, κυρίως λόγω της έμφραξης των ακροφυσίων των καταιονιστήρων, των ενδεχομένων ζημιών των φύλλων και της φυτοτοξικότητας, όταν το νερό είναι αλατούχο και περιέχει περίσσεια τοξικών ουσιών. Υπάρχει, επίσης μία πιθανότητα συσσώρευσης ιζήματος στους σωλήνες, τις βάνες, τους αυτοματισμούς και στο σύστημα διανομής του νερού. Γενικά, στα αστικά απόβλητα που έχει πραγματοποιηθεί δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι κατάλληλα για διανομή από εκτοξευτήρες, αρκεί να μην περιέχουν πολλά άλατα. Συχνά εφαρμόζονται πρόσθετα μέτρα πρόληψης, όπως επεξεργασία με χαλκικό φίλτρα ή φίλτρα σίτας και αύξηση της διαμέτρου των ακροφυσίων (μεγαλύτερα από 5 mm).

Η χρήση αποβλήτων στην άρδευση με σταγόνες προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλων φίλτρων στην αρχή του συστήματος (Gilbert et al. 1979). Η άρδευση των καλλιεργειών με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα μέσω συστήματος σταγόνων, απαιτεί την ταυτόχρονη χρήση χαλκικού φίλτρου, φίλτρου σίτας και έγχυσης χλωρίου στο σύστημα άρδευσης, για την αποφυγή εμφράξεων. Η χλωρίωση των αποβλήτων είναι απαραίτητη με σκοπό την αποφυγή ανάπτυξης βακτηριακής μάζας και φυκιών στο σύστημα διανομής τους. Η έγχυση μπορεί να ολοκληρωθεί είτε συνεχώς κατά τη διάρκεια της άρδευσης (0,4 mg/L ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο), είτε κατά τη διάρκεια της τελευταίας ώρας της άρδευσης (2 mg/L ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο) (Adin and Sacks, 1991). Οι Massoud et al. (1995) απέδειξαν ότι άρδευση των καλλιεργειών με επεξεργασμένα αστικά απόβλητα μέσω συστήματος σταγόνων απαιτεί την ταυτόχρονη χρήση χαλκικού φίλτρου, φίλτρου σίτας και έγχυσης χλωρίου στο σύστημα άρδευσης για αποφυγή εμφράξεων. Η περιεκτικότητα του Ca στα απόβλητα είναι συνήθως υψηλή. Γι αυτό το λόγο πρέπει να υπολογίζεται δείκτης LSI (Nakayama and Bucks 1985, Πανώρας κ.α. 1992), που ορίζει τον πιθανό κίνδυνο έμφραξης των σταλακτιτών από την καθίζηση του Ca.

Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται οι 4 μέθοδοι άρδευσης για χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με σκοπό να γίνει εκτίμηση της πιο κατάλληλης.

Πίνακας 2.3: Εκτίμηση της πιο κατάλληλης μεθόδου άρδευσης με σκοπό την χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

Μέθοδος άρδευσης				
Παράμετροι που εκτιμώνται	Αυλάκια	Λωρίδες	Καταιονισμός	Σταγόνες
Βρέξιμο φύλλων και ζημιές αυτών με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής	Δεν παρατηρούνται ζημιές στα φύλλα επειδή τα φυτά βρίσκονται στον αυχένα των αυλακιών και δεν έρχονται σε επαφή με το νερό	Μερικά από τα κάτω φύλλα μπορεί να βραχούν, αλλά η ζημιά είναι μικρή για να προκαλέσει μείωση της παραγωγής	Μπορεί να προκληθούν μεγάλες ζημιές στα φύλλα με αποτέλεσμα σημαντική μείωση της παραγωγής	Δε συμβαίνει καμία ζημιά στα φύλλα
Συσσωρευση αλάτων στο ριζόστρωμα, με τις επαναλαμβανόμενες αρδεύσεις	Συσσωρευση αλάτων στον αυχένα των αυλακιών με πιθανή πρόκληση ζημιών στα φυτά	Τα άλατα κινούνται κατακόρυφα προς τα κάτω και δεν συγκεντρώνονται στο ριζόστρωμα	Τα άλατα κινούνται κατακόρυφα προς τα κάτω και δεν συγκεντρώνονται στο ριζόστρωμα	Η συγκέντρωση των αλάτων γίνεται περιφερειακά, Άλατα συσσωρεύονται μεταξύ των σημείων ενστάλαξης.
Δυνατότητα διατήρησης της εδαφικής υγρασίας σε υψηλή διαθεσιμότητα για τα φυτά.	Τα φυτά μπορούν να υποστούν stress από την έλλειψη νερού μεταξύ των αρδεύσεων	Τα φυτά μπορούν να υποστούν stress από την έλλειψη νερού μεταξύ των αρδεύσεων	Δεν μπορεί να εξασφαλίσει υψηλή διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας σε όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου	Μπορεί να εξασφαλίσει υψηλή διαθεσιμότητα νερού σε όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και να μειώσει την επίδραση της αλατότητας
Καταλληλότητα για χρησιμοποίηση υφάλμυρων αποβλήτων, χωρίς σημαντική μείωση της παραγωγής	Καλή έως μέτρια. Με καλή διαχείριση του νερού και στράγγιση μπορεί να επιτευχθούν ανεκτές αποδόσεις	Καλή έως μέτρια. Με καλή διαχείριση του νερού και στράγγιση μπορεί να επιτευχθούν ανεκτές αποδόσεις	Μέτρια έως ανεπαρκής. Οι περισσότερες καλλιέργειες υποφέρουν από ζημιές στη φυλλική τους επιφάνεια με συνέπεια μειωμένη παραγωγή	Εξαιρετική έως καλή. Σχεδόν όλες οι καλλιέργειες μπορούν να αναπτυχθούν με πολύ μικρή μείωση της παραγωγής.

Οι μέθοδοι τοπικής άρδευσης (κυρίως Στάγδην άρδευση) είναι ιδανικές για χρήση με απόβλητα για τρεις κυρίως λόγους, επειδή δηλαδή : 1) αποτελούν κλειστά συστήματα και δεν εκθέτουν σε κίνδυνο τους αγρότες, 2) δε δημιουργούν απορροή αποβλήτων προς γειτονικές περιοχές όπως συμβαίνει με τις επιφανειακές μεθόδους και 3) δεν προκαλούν διασπορά των αποβλήτων με τον άνεμο, όπως υπάρχει πιθανότητα να συμβεί με τον καταιονισμό.

Οι Bordas και Mathien το 1930-31 υιοθέτησαν την μέθοδο Korneff και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχει αύξηση της παραγωγής και σημαντική εξοικονόμηση νερού και λιπάσματος (Phene et al. 1983, 1993). Παρ' όλα αυτά μερικά προβλήματα μείωσαν την διάδοση της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης.

Οι Devitt and Miller (1988) εξέτασαν τα αποτελέσματα της διαφορετικής διάταξης των υπόγειων σταλακτηφόρων αγωγών (61, 91 και 122 εκ.) για άρδευση του είδους *Cynodondactylon* με αλατούχο νερό (EC = 2.2 dS/m) σε δύο εδάφη (αμμωπηλώδες και αργιλώδες). Εξεταζόταν η αντίδραση του φυτού (σχετική απόδοση, πυκνότητα ριζικού συστήματος και θερμοκρασία της φυτοκόμης) κατά την εφαρμογή του νερού ανάμεσα στους σταλακτηφόρους σωλήνες ανά 15 ημέρες. Τα συμπεράσματα ήταν ότι η αλατότητα ήταν ο κύριος περιοριστικός παράγοντας για την παραγωγικότητα του χλοοτάπητα στο αμμωπηλώδες έδαφος, ενώ στο αργιλώδες έδαφος ο περιοριστικός παράγοντας ήταν η διαθεσιμότητα της εδαφικής υγρασίας. Επίσης βρέθηκαν γραμμικές σχέσεις ανάμεσα στην αυξημένη αλατότητα στη ζώνη του ριζοστρώματος και τη μειωμένη περιεκτικότητα σε εδαφική υγρασία ανάλογα με την απόσταση από τους σταλακτηφόρους σωλήνες. Η θερμοκρασία της φυτοκόμης αυξήθηκε με την απόσταση από τους σταλακτηφόρους σωλήνες. Αυτές οι αποδόσεις περιγράφονταν καλύτερα από μια παράμετρο που συμπεριελάμβανε την αλατότητα και την εδαφική υγρασία. Οι αποδόσεις εξακολουθούσαν να ήταν υψηλές έως ότου δημιουργηθεί ένα κατώφλι στη σχέση αλατότητας και εδαφικής υγρασίας, μετά οι αποδόσεις μειώνονταν. Σε αυτό το πείραμα, μόνο η ισαποχή 61 εκ. των σταλακτηφόρων κατέληξε σε μια αποδεκτή κατανομή νερού, αλάτων και μια αντίδραση του χλοοτάπητα, σε σύγκριση με το μάρτυρα που αρδευόταν επιφανειακά. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνεται πως δεν μπορεί να μεγιστοποιηθεί η ισαποχή των σταλακτηφόρων για μείωση της επένδυσης από τους σταλακτηφόρους, όταν χρησιμοποιείται η Υπόγεια Στάγδην Άρδευση και αλατούχο νερό. Σύμφωνα με μία άλλη δραστηριότητα, θα πρέπει οι σταλακτηφόροι σωλήνες να τοποθετούνται σε μια απόσταση, όπου η έκπλυση να διατηρεί την ομοιομορφία της εδαφικής υγρασίας και τη μη συσσώρευση των αλάτων στο ενεργό ριζόστρωμα.

Ο Solomon (1993) υποστηρίζει ότι με την Υπόγεια Στάγδην Άρδευση το νερό άρδευσης και τα εκχυόμενα χημικά, όπως τα λιπάσματα, κατευθύνονται απευθείας στο ριζόστρωμα των φυτών. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα για θρεπτικά στοιχεία με χαμηλή κινητικότητα στο έδαφος. Στην Υπόγεια Στάγδην Άρδευση τα επιφανειακά 15-20 cm του εδάφους έχουν χαμηλότερη υγρασία στην περίπτωση που οι σταλακτηφόροι σωλήνες βρίσκονται σε βάθος 45 cm, και αυτό είχε ως αποτέλεσμα η εξάτμιση του νερού από το έδαφος να περιορίζεται. Σε ένα σχετικά ξηρό επιφανειακά χωράφι επιτρέπεται η διέλευση των μηχανημάτων καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο και αποτρέπεται η ανάπτυξη των ζιζανίων. Άλλες δραστηριότητες που περιορίζονται είναι οι σηψιρριζίες και άλλες ασθένειες του εδάφους που προσβάλλουν τα φυτά ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κρούστας στο έδαφος, η οποία εμποδίζει τον αερισμό του εδάφους και την διείσδυση του νερού της βροχής, προκαλώντας επιφανειακή απορροή. Επίσης, το υπόγειο αρδευτικό σύστημα δεν βρίσκεται στον ήλιο και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται να έρχεται σε επαφή με τις ακραίες καιρικές συνθήκες, με αποτέλεσμα να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Το πιο βασικό βασικότερο πλεονέκτημα είναι η μείωση των εργατικών χεριών. Άρα έχει μεγαλύτερο κέρδος, αφού το κόστος είναι αρκετά μεγάλο ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες.

Οι Zoldoske et al. (1995) είχαν μια εμπειρία σχετικά με την Υπόγεια Στάγδην Άρδευση σε χλοοτάπητα. Η εφαρμογή της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης σε χλοοτάπητα προϋποθέτει την τοποθέτηση των σταλακτηφόρων και των σταλακτηφόρων αγωγών σε στενή απόσταση, με σκοπό να διατηρείται υγρό το ριζόστρωμα του χλοοτάπητα καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Οι έρευνες στο Center of Irrigation Technology (California, Η.Π.Α.) κατέληξαν

στο συμπέρασμα ότι ο χλοοτάπητας μπορεί να παραμείνει υγιής χρησιμοποιώντας την Υπόγεια Στάγδην Άρδευση. Οι τύποι των αρδευτικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, είχαν ανθεκτικούς σωλήνες άρδευσης, σταλακτηφόρους τύπου ταινίας και πορώδεις σωλήνες. Μερικά από τα προϊόντα, παρουσίασαν έμφραξη από τις ρίζες τις πρώτες 60 ημέρες. Οι πορώδεις σωλήνες δεν είχαν πρόβλημα έμφραξης, αλλά παρατηρήθηκε απόκλιση από την ομοιομορφία κατανομής του νερού, ύστερα από αρκετά χρόνια λειτουργίας, εξαιτίας της συσσώρευσης λεπτών σωματιδίων στις διόδους του νερού. Το σύστημα της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης εφαρμόστηκε πριν από την εγκατάσταση του χλοοτάπητα, σε ένα βάθος 10 εκ. Οι σταλακτηφόροι έβαλαν σε αποστάσεις 25 έως 60 εκ. Ο προγραμματισμός της άρδευσης σχεδιάστηκε με σκοπό να αντικαταστήσει το 150 % της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, εξαιτίας 50 % απωλειών σε διάφορα συστήματα καταιονισμού.

Οι Shani et al. (1996) σε πειράματα που έκαναν στο Ισραήλ κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η παροχή του σταλάκτη στην υπόγεια άρδευση εξαρτάται από την τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους.

Οι Hanson et al. (1997) σε πείραμα σύγκρισης επιφανειακής στάγδην άρδευσης, Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης και άρδευσης με αυλάκια σε καλλιέργεια μαρουλιού, συμπέραναν παρόμοια απόδοση της καλλιέργειας όσον αφορά την Υπόγεια Στάγδην Άρδευση και τα αυλάκια, ενώ η επιφανειακή στάγδην άρδευση είχε μικρότερη απόδοση. Η ποσότητα του αυτού του νερού για τις μεταχειρίσεις της στάγδην άρδευσης κυμάνθηκε από 43 % έως 74 % της ποσότητας που χορηγήθηκε με τη μέθοδο των αυλακιών. Η παραλλακτικότητα στη μάζα των φυτών ήταν ανάλογη της παραλλακτικότητας της εκροής του σταλακτήρα για τις μεταχειρίσεις της στάγδην, ενώ η παραλλακτικότητα της μάζας στη μέθοδο με αυλάκια δεν είχε κάποιες αλλαγές σχετικά με τον τύπο του εδάφους και την υγρασία του. Η μικρότερη παραλλακτικότητα στη μάζα των φυτών ήταν στις μεταχειρίσεις της στάγδην άρδευσης.

Ο Ruskin (2000) πίστευε ότι οι δυνάμεις που ελέγχουν την κίνηση του νερού στο έδαφος είναι κυρίως οι τριχοειδείς και η βαρύτητα. Οι τριχοειδείς δυνάμεις μειώνονται όσο πιο υγρό είναι το έδαφος, ενώ σε ξηρό έδαφος είναι πιο μεγαλύτερες από αυτές της βαρύτητας. Η απλή και βασική αυτή έννοια καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η Υπόγεια Στάγδην Άρδευση οφείλει να εφαρμόζεται με μικρές διακοπόμενες δόσεις, οπότε η κίνηση του νερού στο έδαφος πραγματοποιείται κυρίως από τις τριχοειδείς δυνάμεις. Με αυτό τον τρόπο, σε εφαρμογή ίσης ποσότητας νερού παρουσιάζεται διαβροχή εδάφους με την Υπόγεια Στάγδην Άρδευση 46% μεγαλύτερη από αυτή της επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Οι Σακελλαρίου κ.α. (2000) σε πείραμα άρδευσης καλλιέργειας ζαχαροτεύτλων κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κατά την υπόγεια άρδευση με σταλακτηφόρους σωλήνες οι τιμές της υγρασίας είναι μεγαλύτερες όσο αυξάνει το βάθος του εδάφους, σε σχέση με τις αντίστοιχες κατά την επιφανειακή στάγδην άρδευση. Αυτό έχει όφελος στην μεγαλύτερη πρόσληψη νερού από το ριζικό σύστημα. Από τα αποτελέσματα, στα οποία έγιναν στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι εφαρμόζοντας το 80 % της δόσης άρδευσης μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση νερού χωρίς ουσιαστική μείωση της παραγωγής στην υπόγεια άρδευση.

Οι Sakellariou et al. (2001) σε πείραμα σύγκρισης επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε 2 επίπεδα δόσης άρδευσης, σε ζαχαρότευτλα διαπίστωσαν ότι η παραλλακτικότητα της απόδοσης σε βάρος ριζών ήταν μικρή στα τεμάχια της Υ.Σ.Α. αλλά η περιεκτικότητα των ριζών σε ζαχαρικό τίτλο είχε σημαντικές διαφορές. Στα τεμάχια της επιφανειακής άρδευσης, ο ζαχαρικός τίτλος δεν είχε διαφορές σχετικά με την στατιστική ανάλυση εντός των τεμαχίων και η απόδοση σε βάρος ριζών διέφερε σημαντικά. Ακόμη, τα ζαχαρότευτλα απέδιδαν περισσότερο σε ζαχαρικό τίτλο όταν αρδεύονταν με το 100 % της δόσης άρδευσης και σε βάρος ριζών όταν αρδεύονταν με το 80 % της δόσης άρδευσης.

Οι Σακελλαρίου κ.α. (2003) εφαρμόζαν την Υ.Σ.Α. για άρδευση χλοοτάπητα με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της πόλεως του Βόλου. Επιλέχθηκε η Υ.Σ.Α. γιατί δεν υπήρχε όριο μικροβιολογικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων για άρδευση με χρησιμοποίηση της υπόγειας σταγόνας.

Οι Sakellariou et al. (2003a,b) σε πείραμα άρδευσης καλλωπιστικών κωνοφόρων δένδρων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα και με μέθοδο την Υ.Σ.Α. συμπέραναν την καλή διύγρυνση του ριζοστρώματος κατά τη διάρκεια των αρδεύσεων με τη μέθοδο T.D.R. Η μεγαλύτερη αύξηση της εδαφικής υγρασίας σημειώθηκε στα βάθη 15-30 και 30-45 cm. όπου τα φυτά αναπτύσσουν τον κύριο όγκο ριζών.

Οι Friedel et al. (2000) έκαναν έρευνα για την επίδραση της μακροχρόνιας άρδευσης με απόβλητα στις εδαφικές λειτουργίες, 2 τύπων εδαφών. Οι εδαφικές λειτουργίες δεν επηρεάστηκαν, λόγω της μικρής περιεκτικότητας των αποβλήτων σε βαρέα μέταλλα. Επίσης, οι Γαλάνης κ.α. (2000) είδαν μια βελτίωση της κίνησης και κατανομής νερού και εδαφικού διαλύματος, σε έδαφος που αρδεύτηκε με επεξεργασμένα αστικά λύματα.

Τα πλεονεκτήματα επαναχρησιμοποίησης νερού για άρδευση είναι :

- Προστασία υδάτινων αποδεκτών (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια)
- Εξοικονόμηση χημικών λιπασμάτων, λόγω των θρεπτικών στοιχείων που περιέχουν
- Εξοικονόμηση φρέσκου νερού

Με τα κριτήρια αυτά αξιολογείται η καταλληλότητα των νερών άρδευσης για χρήση στη γεωργία με βάση τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά. Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (Ε.Υ.Α.Α) έχουν γενικά μεγαλύτερες τιμές αλατότητας από τα νερά των συμβατικών νερών, με αποτέλεσμα να υπάρχει αυξημένη πιθανότητα δημιουργίας προβλημάτων στο έδαφος και στις καλλιέργειες από τη χρήση τους. Τα προβλήματα αυτά σχετίζονται τόσο με την ποσότητα, όσο και με το είδος των αλάτων και πιθανώς με την ύπαρξη κάποιου τοξικού στοιχείου, το οποίο βρίσκεται σε περίσσεια (Ayers and Westcot, 1985).

2.5 Εμπλουτισμός υπόγειων υδάτων

Ο εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα με επεξεργασμένα λύματα μπορεί να γίνει μόνο σε περιπτώσεις όπου ο υδροφορέας δεν χρησιμοποιείται για σκοπούς ύδρευσης. Σκοπός του εμπλουτισμού είναι ποιότητα των υπόγειων υδάτων να γίνει σχεδόν ισοδύναμη με την ποιότητα που απαιτείται για απεριόριστη αρδευτική ή αστική χρήση. Επίσης, σημαντική είναι η αποφυγή συσσώρευσης οργανικών στα υπόγεια ύδατα. Απαραίτητη είναι η σωστή επεξεργασία με κατάλληλες μέθοδος για την αποφυγή διαλυτού οργανικού φορτίου. Τέλος, απαραίτητη είναι και η εκτέλεση ειδικών υδρογεωλογικών μελετών της κάθε περιοχής, με σκοπό την αποφυγή διείσδυσης λυμάτων σε υπόγειους υδροφορείς που χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού.

Στις Η.Π.Α. ιδιαίτερα στην Καλιφόρνια, αλλά και σε άλλες Πολιτείες, πριν το 1978, ανέρχεται σε 770.106 m³ η ετήσια ποσότητα των νερών τεχνητού εμπλουτισμού. Ενώ το 1978 ήταν 4000.106 m³ και σήμερα είναι πολύ μεγαλύτερη. Στη Γερμανία το 1982 τέθηκαν σε εφαρμογή 51 έργα τεχνητού εμπλουτισμού με συνολικό ετήσιο όγκο εμπλουτισμού 474.106 m³. Στην Ολλανδία το 1990 σημειώθηκε ετήσιο όγκο τεχνητού εμπλουτισμού 156.106 m³. Στο Ισραήλ το 1968 ο όγκος του νερού εμπλουτισμού έφτασε ως 104.106 m³ ετήσια, σήμερα δε είναι πολύ μεγαλύτερο.

Το νερό της επιφανειακής απορροής μπορεί να αξιοποιηθεί ως εξής:

- Με άμεση άντληση από την κοίτη του υδρογραφικού δικτύου, ενόσω ρέει, προτού καταλήξει στη θάλασσα. Όμως μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο ένα μικρό ποσοστό του επιφανειακού νερού. Στην Ελλάδα αυτό δεν είναι λύση, διότι η ζήτηση του νερού είναι μέγιστη όταν η παροχή του υδρογραφικού δικτύου είναι ελάχιστη ή σχεδόν μηδενική.
- Με κατασκευή φραγμάτων στην τεχνητή λίμνη, όπου αποθηκεύεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της θέσης κατασκευής του φράγματος εξαρτάται και η λύση που μπορεί να συμφέρει περισσότερο ή λιγότερο ή και να είναι αρκετά έως παντελώς ασύμφορη, αλλά είναι όμως αναγκαία για κοινωνικούς λόγους, όταν δεν υπάρχει άλλη λύση. Αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στην Ελλάδα.

- Με τη χρησιμοποίησή του για τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι η μοναδική λύση ή αλλιώς μπορεί να είναι η πιο οικονομικά συμφέρουσα λύση.

Ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων μπορεί να επιτευχθεί με φυσικό και τεχνητό τρόπο. **Ο φυσικός εμπλουτισμός** μπορεί να γίνει με απευθείας κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, διήθηση από τα επιφανειακά νερά και Υπόγεια τροφοδοσία από γειτονική λεκάνη. Η περιοχή εμπλουτισμού μπορεί να καλύπτει όλη την περιοχή στους ελεύθερους υδροφόρους ορίζοντες. Στους υπό πίεση οι περιοχές εμπλουτισμού είναι περιορισμένοι εκεί όπου ο υδροφόρος παρουσιάζεται στην επιφάνεια, εκτός αν έχουν υδραυλική επικοινωνία με άλλους υδροφόρους ή υδρορεύματα. Επίσης η ποσότητα εμπλουτισμού δεν παραμένει σταθερή, αλλά μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή. Επομένως σημειώνει μεταβολή με τον χρόνο.

Ο άνθρωπος όμως έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την ποσότητα αυτή του νερού, ώστε να προκαλέσει έναν **«τεχνητό εμπλουτισμό»**. Επομένως ως τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων χαρακτηρίζουμε την αύξηση των ποσοτήτων μετεωρικού νερού που εισβάλλει στα υδροφόρα στρώματα με χρήση διαδικασιών, τεχνικών, εγκαταστάσεων-διατάξεων από τον άνθρωπο.

Ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφόρων πραγματοποιείται με σκοπό (Todd, 1980):

- την ελάττωση της πτώσης στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα,
- την προστασία του υπόγειου νερού σε παράκτιους υδροφορείς από τη διείσδυση και την ανάμειξη του με θαλασσινό νερό (φαινόμενο υφαλμύρωσης) και
- την αποθήκευση νερού, που ανακτάται από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ή άλλων επιφανειακών νερών, για μελλοντική του χρήση.

Οι μέθοδοι εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων είναι τρεις:

1. Με επιφανειακή διάχυση ή διήθηση (χρησιμοποιούνται λάκκοι, ρύγματα, τάφροι, φράγματα, λεκάνες κ.α).

Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να τεθεί ως εφαρμογή σε εδάφη που έχουν μέτρια έως μεγάλη διαπερατότητα (άργιλο με άμμο ή άμμο) και στηρίζεται στη πρόσθετη επεξεργασία που υφίστανται τα λύματα καθώς διηθούνται μέσα από την εδαφική μάζα. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων ύδατος είναι η φύλαξή του στους υπόγειους υδροφορείς. Για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων, είναι αναγκαίο τα επεξεργασμένα απόβλητα να περάσουν από τα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με χρήση λεκανών διήθησης, είτε με γεωτρήσεις εισαγωγής, αν και η τελευταία μέθοδος έχει αυξημένο κόστος. Κατά την διήθηση των επεξεργασμένων λυμάτων από το έδαφος πραγματοποιείται η απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών, οργανικού και μικροβιακού φορτίου, αζώτου και φωσφόρου. Ανάλογα με την επεξεργασία η οποία λαμβάνει, τα λύματα είναι δυνατό μετά την εφαρμογή ταχείας διήθησης να χρησιμοποιηθεί ο υδροφορέας ακόμη και για άντληση πόσιμου ύδατος (Bouwer 1996. Το νερό εμπλουτισμού πραγματοποιείται σε λεκάνες διήθησης και κατεισδύει δια μέσου της ακόρεστης εδαφικής ζώνης σε βαθύτερους σχηματισμούς με την επιφανειακή κατάκλιση. Οι λεκάνες διήθησης, ως μέθοδος εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων είναι ευρύτατα διαδεδομένες, λόγω της υψηλής αποδοτικότητας τους και του σχετικά χαμηλού κόστους κατασκευής και συντήρησής τους. Η τεχνική με λεκάνες διήθησης, είναι γνωστή με το όνομα SAT και θεωρείται πιο φθηνή, επειδή δεν απαιτεί προωθημένη προεπεξεργασία. Κατά την εφαρμογή αυτής της μέθοδος, τα επεξεργασμένα λύματα κινούνται κατακόρυφα στην ακόρεστη ζώνη προς το σύστημα συλλογής (τάφρος, γεωτρήσεις άντλησης, αγωγούς υπόγειας ροής κλπ). Ο μέσος ρυθμός διήθησης έχει τιμές από $0,5-1 \times 10^6 \text{ m}^3$ ανά έτος για κάθε εκτάριο λεκάνης διήθησης.

2. Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων με άρδευση.

Η μέθοδος της άρδευσης (ή βραδείας εφαρμογής) με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, αποτελεί την επικρατέστερη μορφή της εδαφικής επεξεργασίας των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων. Η τεχνολογία στη μέθοδο αυτή είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται στα συμβατικά αγροτικά συστήματα άρδευσης και οι ρυθμοί φόρτισης μικρότεροι από τις μεθόδους εδαφικής επεξεργασίας. Πάντως η μέθοδος βραδείας εφαρμογής περιλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος αποδεκτών τύπων εδάφους. Η διαπερατότητα των εδαφών μπορεί να ποικίλει, όταν όμως αναφερόμαστε σε άρδευση με υγρά απόβλητα εφαρμοζόμενη σε περιοχές με διαπερατά εδάφη τότε επιτυγχάνεται, ταυτόχρονα με το οικονομικό όφελος και την επαναχρησιμοποίηση του νερού, εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων (Todd, 1980).

3. Με άμεση έκχυση λυμάτων (γεωτρήσεις, πηγάδια).

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν ο υπόγειος υδροφορέας βρίσκεται σε μεγάλο βάθος και όταν οι υδρογεωλογικές συνθήκες δεν πλεονεκτούν την εφαρμογή της επιφανειακής διάχυσης. Αυτή η μέθοδος έχει εφαρμοστεί πολύ αποτελεσματικά σε έργα δημιουργίας υδραυλικών φραχτών σε παράκτιους υδροφορείς για την παρεμπόδιση διείσδυσης και ανάμειξης του θαλάσσιου νερού με γλυκό ή για απλή διάθεση εκρών δευτεροβάθμιας επεξεργασίας σε υδροφορείς που δεν χρησιμοποιούνται. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτά τα συστήματα είναι όμοιες με εκείνες που εφαρμόζονται στις συμβατικές μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, όπως καθίζηση, φιλτράρισμα, μεταφορά αερίων, προσρόφηση, ιοντική εναλλαγή, χημική κατακρήμνιση, χημική οξείδωση/αναγωγή, βιολογική μετατροπή και αποδόμηση, καθώς και ορισμένες που είναι μοναδικές σε αυτά, όπως η φωτοσύνθεση, η φυτοοξείδωση και η φυτική πρόσληψη (Τολίκας, 1997).

Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, μπορούν να χωρισθούν σε δύο γενικές κατηγορίες : τα γήινα και τα υδατικά συστήματα. Τα γήινα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την μέθοδο και τον ρυθμό εφαρμογής των υγρών αποβλήτων, με αποτέλεσμα την ύπαρξη των υποεπιφανειακών (π.χ. σπηττικοί βόθροι), καθώς και εκείνα, στα οποία έχουμε επιφανειακή εφαρμογή των υγρών αποβλήτων και ορίζονται ως εδαφικά. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν τις διεργασίες της βραδείας εφαρμογής (BE), της επιφανειακής ροής (EP) και της ταχείας διήθησης (ΤΔ). Οι μέθοδοι της βραδείας εφαρμογής (ή άρδευσης) και της επιφανειακής ροής απαιτούν την παρουσία βλάστησης ως κύριου παράγοντα επεξεργασίας. Η διεργασία της βραδείας εφαρμογής μπορεί να χρησιμοποιήσει μια μεγάλη ποικιλία βλάστησης ενώ η διεργασία της επιφανειακής ροής εξαρτάται από την παρουσία πολυετούς γρασιδιού για να εξασφαλιστεί συνεχής φυτική κάλυψη στην επιφάνεια του εδάφους. Και οι τρεις μέθοδοι μπορούν να παράγουν υψηλής ποιότητας επεξεργασμένα απόβλητα ενώ η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού είναι δυνατή. Ο σχεδιασμός όλων των διεργασιών εδαφικής επεξεργασίας, όπως και των συμβατικών μονάδων, βασίζεται στην έννοια του Περιοριστικού Παράγοντα Σχεδιασμού (Π.Π.Σ.). Η προσέγγιση του Περιοριστικού Παράγοντα Σχεδιασμού βασίζεται στο γεγονός ότι τα φυσικά συστήματα έχουν ορισμένη ικανότητα αφομοίωσης οργανικών και ανόργανων συστατικών, η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνεται. Είναι απαραίτητο, με τη συγκεκριμένη προσέγγιση, να προσδιορισθεί ο κρίσιμος παράγοντας ή η παράμετρος που περιορίζει και ελέγχει τον σχεδιασμό ολόκληρου του συστήματος. Με τον τρόπο αυτό, σχεδιάζοντας βάση του Περιοριστικού Παράγοντα Σχεδιασμού, εξασφαλίζεται επιτυχής λειτουργία, μιας και οι υπόλοιποι παράμετροι θα βρίσκονται υπό έλεγχο. Για διάθεση αστικών υγρών αποβλήτων, τα συστήματα εδαφικής επεξεργασίας με σημαντική κατείσδυσή τους (ΤΔ, BE), έχουν ως Περιοριστικό Παράγοντα Σχεδιασμού είτε τα νιτρικά είτε την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Υπάρχουν όμως και κάποιες προϋποθέσεις εφαρμογής του τεχνητού εμπλουτισμού που πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψιν μας. Αρχικά, πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες (επιφάνειες και υπέδαφος με μεγάλη περατότητα, να υπάρχει επιφανειακό νερό σε αρκετή ποσότητα, υδροφόρα στρώματα σε αλληλουχία και σε υδραυλική διασύνδεση κλπ), να υπάρχουν περιοχές κατάλληλες γεωμορφολογικά, να συμφέρει το

κατασκευαστικό και το λειτουργικό κόστος και τέλος η ποιότητα του επιφανειακού νερού όφειλε να είναι κατάλληλη και χημικά συμβατή με αυτήν του υπόγειου.

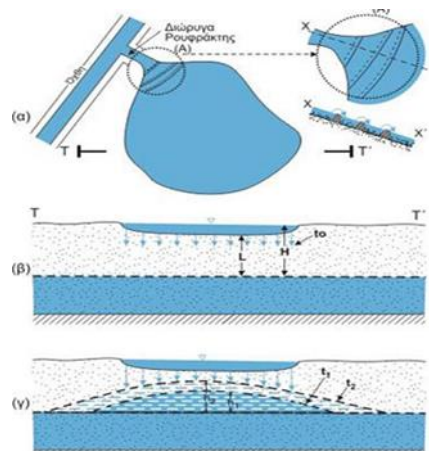
Τέλος, πρέπει να επισημάνουμε πως εκτός από πλεονεκτήματα της χρήσης τεχνητού εμπλουτισμού, υπάρχουν και μειονεκτήματα που πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψιν μας. Τα πλεονεκτήματα είναι:

- Περιβαλλοντικά έχει σε γενικές γραμμές θετικές επιπτώσεις: προστασία της ύπαρξης και της λειτουργίας πηγών και υδροτόπων, βελτίωση της ποιότητας του υπόγειου νερού, αποφυγή συνίζησης και άρα ποσοτικής υποβάθμισης υδροφορέων, αποφυγή ή αναχαίτιση διείσδυσης θαλασσινού νερού στα παράκτια υδροφόρα στρώματα.
- Οι υπόγειοι ταμιευτήρες δεν απολετούν τους κινδύνους στις φυσικές καταστροφές των επιφανειακών ταμιευτήρων (κατολισθήσεις, πλημμύρες, άμεσες μολύνσεις κλπ) αφού έχουν τα δυνατότητα να προσφέρουν και τελική διανομή του αποθηκευμένου νερού.
- Δεν αχρηστεύετε λόγω υπεράντλησης τυχόν υπάρχουσα υποδομή από γεωτρήσεις, αγωγούς κλπ.
- Οι απώλειες νερού μειώνονται από τις εξατμίσεις και το νερό δεν ρυπαίνεται.
- Το κόστος της αποθήκευσης νερού σε υπόγειους υδροφορείς. Το κόστος μπορεί να είναι συνήθως μικρότερο από το αντίστοιχο της αποθήκευσης σε επιφανειακούς ταμιευτήρες,
- Στο νερό που αποθηκεύεται σε επιφανειακές εγκαταστάσεις, μπορεί να υποστεί εξάτμιση και ρύπανση, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα γεύσης και οσμών, τα οποία οφείλονται στην ανάπτυξη αλγών και άλλων υδροχαρών φυτών
- Αναγκαία είναι η συνεχής και επιμελής παρακολούθηση των συστημάτων τεχνητού εμπλουτισμού.
- Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί μολυσμένο-ρυπασμένο νερό υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης-ρύπανσης υπόγειου νερού.
- Δεν υφίσταται συχνά στη φύση κατάλληλες συνθήκες υπό οικονομικά συμφέροντες όρους για εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού.

Μέθοδοι εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού από επιφάνειες

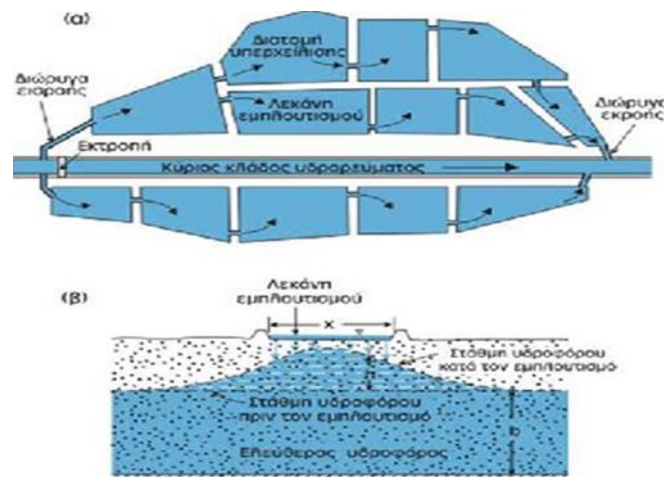
1. Τεχνητός εμπλουτισμός με πλημμυρισμό επιφανειών

Εικόνα 2.1: Τεχνητός εμπλουτισμός με πλημμυρισμό επιφανειών (α): κάτοψη, (β): τομή ΤΤ' κατά την έναρξη του εμπλουτισμού (χρόνος t_0), (γ): Τομή ΤΤ για διαφορετικούς χρόνους t_1 και t_2 ($t_2 > t_1$) από την έναρξη του εμπλουτισμού. Στο (Α) και στην τομή χχ' έχουμε λεκάνες καθίζησης (Καλλέργη, 2001).



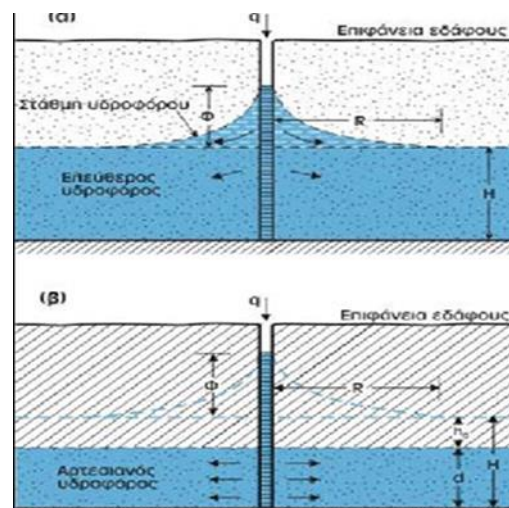
2. Τεχνητός εμπλουτισμός με κατάκλιση λεκανών

Εικόνα 2.2: Τεχνητός εμπλουτισμός με κατάκλιση λεκανών. (α): κάτοψη, (β): τομή κάτω από μία λεκάνη πλάτους x (από Καλλέργη 2001 κατά Todd 1980).



3. Τεχνητός εμπλουτισμός από γεώτρηση

Εικόνα 2.3: Τεχνητός εμπλουτισμός από γεώτρηση (α): ελεύθερο υδροφόρο στρώμα, (β): υπό πίεση υδροφόρο στρώμα (κατά Todd C., 1980, από τον Καλλέργη Γ., 2001, με επανασχεδίαση από το συγγραφέα).



2.6 Επαναχρησιμοποίηση στη Βιομηχανία

Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα μπορούν να είναι πιο ιδανικά για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό, διότι σε αυτή την περίπτωση δεν απαιτείται να έχει την ποιότητα του πόσιμου. Η κατανάλωση φυσικού νερού είναι υψηλή αφού αποτελεί το 94% της συνολικής κατανάλωσης νερού για ενεργειακή παραγωγή. Όλοι οι υπόλοιποι τύποι ενεργειακής παραγωγής αποτελούν το 6% της συνολικής κατανάλωσης φυσικού νερού. Αυτοί οι τύποι είναι άντληση, επεξεργασία και χρησιμοποίηση πετρελαίου και φυσικού αερίου, εξόρυξη, επεξεργασία και χρησιμοποίηση λιγνίτη και άλλων μεταλλευμάτων. Η βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να υφίσταται σε βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων είναι (Ανδρεαδάκης, 2009):

- Το νερό ψύξης

Ο λειτουργία του συστήματος αυτού είναι το νερό να απορροφά τη θερμότητα που σαν αποτέλεσμα έχει να αυξάνεται η θερμοκρασία του και να απορρίπτεται χωρίς να ανακυκλοφορείται. Οι συγκεντρώσεις των συστατικών του νερού παραμένουν αμετάβλητες μιας και δεν εφαρμόζεται κανενός είδους συμπύκνωση. Η ποιότητα του νερού που απαιτείται δεν είναι υψηλή και το συνηθέστερο πρόβλημα που προκύπτει είναι οι αποθέσεις σε λάσπη από τους μικροοργανισμούς.

- Το νερό τροφοδοσίας λεβήτων

Στην περίπτωση των συστημάτων παραγωγής ατμού, το ανακτημένο νερό που χρησιμοποιείται χρήζει καλύτερης ποιότητας άμεσα εξαρτώμενης από την πίεση λειτουργίας του λέβητα. Λέβητες υψηλότερης πίεσης απαιτούν αναλογικά και καλύτερης ποιότητας και επεξεργασίας νερό. Βασικοί αρνητικοί παράγοντες του συστήματος αυτού είναι η σκληρότητα προς αποφυγή σχηματισμού επικαθίσεων και αποθέσεων και η αλκαλικότητα που οδηγεί σε αφρισμό και κατ'επέκταση αποθέσεις στους θερμαντές. Είναι σαφές λοιπόν πως η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε συστήματα λεβήτων είναι σε μειονεκτική θέση έναντι άλλων συστημάτων.

- Το νερό κατεργασίας η βιομηχανικό νερό

Υπάρχει μία σειρά νομοθετημάτων ή υπουργικών αποφάσεων που εφαρμόζονται και σχετίζονται με την ποιότητα του νερού που προορίζεται για διάφορες χρήσεις. Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης έχει ορίσει προδιαγραφές για τα χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού. Αναφορά στις νομοθεσίες γίνεται σε επόμενο κεφάλαιο.

2.7 Αστική επαναχρησιμοποίηση

Στην κατηγορία αστικής επαναχρησιμοποίησης εντάσσονται οι εφαρμογές οποιασδήποτε χρήσης εκτός της πόσης σε αστικές περιοχές. Τα τελευταία χρόνια με το φαινόμενο της αστικοποίησης, οι ανάγκες σε υδατικούς πόρους έχουν αυξηθεί σημαντικά. Οι σημαντικότερες αστικές χρήσεις του ανακτημένου νερού που λαμβάνουν χώρα είναι αρχικά η άρδευση δημοσίων πάρκων, κέντρων αναψυχής, νεκροταφείων, αθλητικών χώρων, νησιδών και κράσπεδων αυτοκινητοδρόμων καθώς και χώρων πρασίνου γύρω από δημόσια κτίρια και εγκαταστάσεις. Επίσης εμπορικές χρήσεις όπως πλυντήρια οχημάτων, καθαρισμός υαλοπινάκων, πλύσιμο παραθύρων, νερό ανάμιξης για ζιζανιοκτόνα και υγρά λιπάσματα. Πυροπροστασία, έλεγχος σκόνης σε οικοδομικές κατασκευές, παρασκευή σκυροδέματος, έκπλυση ουρητηρίων, οδών και πεζοδρομίων και τελειώνοντας σε σιντριβάνια και πλήθος ακόμα χρήσεων. Οι παράγοντες που είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για αστική χρήση, είναι η η προστασία της δημόσιας υγείας καθώς και η αξιοπιστία εξυπηρέτησης.

2.8 Αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής

Μία από τις πιο σημαντικές δραστηριότητες του ανθρώπου μετά την ολοκλήρωση του έργου είναι αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος ή η δημιουργία τεχνητών υδροβιότοπων, η δημιουργία χώρων αναψυχής και η αύξηση παροχής επιφανειακών ρευμάτων. Σκοπεύει στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος, στο οποίο θα μπορεί να αναπτυχθεί η ζωή στο φυσικό περιβάλλον και η ανάπτυξη αισθητικής αξίας της περιοχής. Πολύ σημαντικές εφαρμογές αυτής της κατηγορίας είναι υδροβιότοποι αναψυχής, η ενίσχυση χείμαρρων και η διατήρηση ροής των υδατορευμάτων, ο εμπλουτισμός υδροβιότοπων και οικοσυστήματος. Όσον αφορά τις ψυχαγωγικές χρήσεις, αυτές σχεδιάζονται και εφαρμόζονται με ιδιαίτερη προσοχή. Επίσης απευθύνονται κυρίως σε πιλοτικά έργα στα οποία επιτυγχάνεται εξοικείωση με την διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης. Το ανακτημένο νερό που θα χρησιμοποιηθεί για τις παραπάνω εφαρμογές και η συλλογή του, μπορούν να ενσωματωθούν στο χωροταξικό σχεδιασμό των περιοχών, ενώ ο εφοδιασμός του γίνεται μέσω τεχνητών λιμνών, λεκανών αποθήκευσης και επιφανειακών ταμιευτήρων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης εκροών για ψυχαγωγικές χρήσεις είναι του Santee της Καλιφόρνια και του Lubbock στο Τέξας.

Συνοψίζοντας, ο κύριος στόχος είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος, το οποίο θα αποφέρει ανάπτυξη με υψηλά επίπεδα αισθητικής αξίας.

2.9 Επαναχρησιμοποίηση για ύδρευση

Η περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης με σκοπό την ύδρευση περιέχει την μεγαλύτερη πολυπλοκότητα από τις παραπάνω χρήσεις και το μεγαλύτερο βάρος ευθύνης. Η εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης για ύδρευση χρησιμοποιείται μόνο σε κάποιες κοινότητες, στις οποίες είναι δύσκολη η αξιοποίηση άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων. Αυτή η εφαρμογή μπορεί να γίνει είτε με άμεση είτε με έμμεση ύδρευση.

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων γίνεται για πόσιμους σκοπούς, και η χρήση είναι :

- έμμεση ή
- άμεση πόση

Στην έμμεση πόση τροφοδοτούνται ποτάμια ή υπόγειοι υδροφορείς από τους οποίους γίνεται στην πορεία λήψη νερού για πόσιμους σκοπούς. Στην Σιγκαπούρη, τα τελευταία 15 χρόνια η έμμεση πόση επεξεργασμένων λυμάτων έχει γίνει υποχρεωτική. Στη Σιγκαπούρη υπάρχουν σοβαρά προβλήματα στην έλλειψη νερού. Για το σκοπό αυτό έχουν χρηματοδοτηθεί αρκετά εργοστάσια επεξεργασίας υγρών λυμάτων, με σκοπό να παράγουν μεγάλες ποσότητες επεξεργασμένου νερού. Έχουν κατασκευαστεί δύο μεγάλες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων στο Bedok και Kranji οι οποίες αρχικά ξεκίνησαν με 72.000 m^3 επεξεργασμένων λυμάτων ημερησίως με στόχο να φτάσουν τα 168.000 m^3 τη μέρα. Το νερό αρχικά χρησιμοποιήθηκε μόνο στη βιομηχανία, ενώ από το 2003 και μετά εισάγεται σε δεξαμενές με πόσιμο μη επεξεργασμένο νερό, με σκοπό την έμμεση πόση. Αρχικά τα επεξεργασμένα λύματα κάλυπταν το 1% του πόσιμου νερού με στόχο το 2011 να αυξηθεί η χρήση τους στο 2,5% του πόσιμου και το 2012 να καλύπτουν το 15% των αναγκών χρήσης νερού στο νησί (Gikas and Tchobanoglous, 2008). Σήμερα με τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων καλύπτεται το 30% των αναγκών χρήσης νερού του έθνους. Εθνικός στόχος είναι μέχρι το 2060, να καλύπτονται το 55% των εθνικών αναγκών νερού από τα επεξεργασμένα λύματα (Lefebvre, 2018). Η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού για έμμεση πόση, γίνεται και σε άλλες χώρες του πλανήτη, οι οποίες αντιμετωπίζουν και αυτές μεγάλα προβλήματα λειψυδρίας. Κάποιες από τις χώρες που έχουν σοβαρά προβλήματα νερού και εφαρμόζουν τις πρακτικές επαναχρησιμοποίησής του είναι οι Ενωμένες Πολιτείες Αμερικής, Σαουδική Αραβία, το Κατάρ, Ισραήλ, Κουβέιτ, η Λιβύη, Ιορδανία και το Σουδάν (Lefebvre, 2018, Lyu et al, 2016). Επίσης, η Κίνα είναι επίσης μία από τις χώρες που υποφέρει από έλλειψη νερού. Εκεί υπάρχει μεγάλο πρόβλημα αστικοποίησης και έτσι εξαντλούνται οι φυσικοί πόροι νερού με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων. Έτσι αναγκαστικά η πολιτική της χώρας έχει στραφεί σε νέες τεχνολογίες για τον καθαρισμό και την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Η Αυστραλία έχει μικρά αποθέματα νερού και ήδη έχει περάσει στην κουλτούρα των ανθρώπων η αποτελεσματική χρήση των υδάτινων πόρων τους και η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων για τις ανάγκες τους. Με τις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης που ακολουθούν έχουν φτάσει σε σημείο να επεξεργάζονται το 92% των αποβλήτων τους, αυτό αντιστοιχεί περίπου σε 2 δισεκατομμύρια m^3 νερού ετησίως. Ενώ το 21% των υγρών οικιακών τους αποβλήτων επαναχρησιμοποιούνται (Lyu et al, 2016). Και στις μεσογειακές χώρες τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων. Στη Μεσόγειο υπάρχουν ακόμα αρκετά αποθέματα νερού, οπότε δεν έχουν προβληματιστεί ιδιαίτερα οι άνθρωποι και τα κράτη γύρω από το πρόβλημα της λειψυδρίας. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τις κλιματικές αλλαγές οι περίοδοι ξηρασίας θα αυξηθούν στα επόμενα 30 χρόνια (Perez-Blanco et al, 2015). Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για πόση είναι διεργασία που απαιτεί λιγότερη κατανάλωση ενέργειας από την αφαλάτωση, αλλά τυγχάνει μικρότερης αποδοχής από το κοινό (Bell, 2015). Ένας από τους στόχους που έχει τεθεί από την κυβέρνηση της Σιγκαπούρης είναι η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άμεση πόση. Παρόλο που εφαρμόζονται περισσότερα από 10 χρόνια

πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού, οι δυσκολίες συνεχίζουν να υπάρχουν ιδιαίτερα για την άμεση πόση των επεξεργασμένων αποβλήτων (Lefebvre, 2018). Πρακτικές άμεσης πόσης επεξεργασμένων λυμάτων έχουν εφαρμοστεί τελευταία στις Ηνωμένες Πολιτείες. Μετά την επεξεργασία τους τα λύματα διανέμονται στο δίκτυο ύδρευσης χωρίς να αναμειχθούν με άλλη ποσότητα νερού (Bell, 2015). Επίσης, στο Βίντχουκ την πρωτεύουσα της Ναμίμπια, εφαρμόζονται πρακτικές άμεσης πόσης νερού. Η Ναμίμπια αποτελείται κατά 80% από ερήμους. Η πρωτεύουσά της είναι αρκετά μακριά από θάλασσα (300 km) ή από ποτάμια (750 km). Οι σοβαρές ελλείψεις νερού οδήγησαν το δημοτικό συμβούλιο του Βίντχουκ στη λήψη μέτρων ενάντια στη λειψυδρία. Είναι από τις πρωτοπόρους στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων και την άμεση διοχέτευσή τους στο δίκτυο της πόλης για ύδρευση (Lahnsteiner and Lempert, 2007). Σε κάθε πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης νερού για άμεση πόση, θα πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση στους παθογόνους μικροοργανισμούς και στους έμμονους ρύπους. Οι παραπάνω μετρήσεις εγκυμονούν κίνδυνο στο να αυξηθεί ιδιαίτερα το κόστος του νερού. Ένας άλλος κίνδυνος που μπορεί να υπάρξει είναι να γίνουν υπερβολικές μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του επεξεργασμένου νερού έναντι αυτών του πόσιμου νερού. Για την άμεση πόση των επεξεργασμένων αποβλήτων θα πρέπει να γίνουν κάποιες διεργασίες όπως η αξιολόγηση των κινδύνων, η συχνότητα που παρατηρούνται και οι διορθωτικές ή προληπτικές ενέργειες ώστε να μην ξανασυμβούν καθώς και να οριστούν οι πιθανοί κίνδυνοι.

2.10. Κριτήρια επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για να είναι εφικτή, πρέπει να λάβει υπόψη συγκεκριμένους παραμέτρους ποιότητας ακόμα και τα κατάλληλα κριτήρια. Αναλυτικότερα οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη είναι :

- Προστασία της δημόσιας υγείας
- Προστασία τους περιβάλλοντος
- Προστασία των καλλιεργειών
- Κοινωνική αποδοχή
- Ταύτιση κοινωνικοπολιτικών συνιστωσών

Ο συνυπολογισμός των παραπάνω παραγόντων σε σημαντικό βαθμό είναι αυτός που θα συμβάλει στην επίτευξη του στόχου της επαναχρησιμοποίησης και θα διασφαλίσει την ορθολογική λειτουργία της. Όμως τα επιμέρους κριτήρια που πρέπει να καλυφθούν παρουσιάζουν την πρόκληση της επαναχρησιμοποίησης ως σύγχρονη κατεύθυνση. Αναλυτικότερα παρουσιάζονται γενικά κριτήρια που κυρίως δίνουν περισσότερη βάση σε παραμέτρους που εμμέσως ή αμέσως συνδέονται με την δημόσια υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος.

Παθογόνα – Μικροβιολογικά κριτήρια

Το κύριο μέλημα στο σχεδιασμό έργων που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση είναι η αποφυγή μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών στον πληθυσμό που εκτίθεται στο ανακτημένο νερό. Η αξιολόγηση της μικροβιολογικής ποιότητας των επεξεργασμένων εκροών στηρίζεται στην παρακολούθηση δεικτών όπως ολικά και περιπτωματικά κολοβακτηρίδια, E.Coli καθώς και streptococci. Από έρευνες έχει διαπιστωθεί πως ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών λόγω επαναχρησιμοποίησης είναι μικρός και αναφέρεται μόνο σε περιπτώσεις όπου τα λύματα είναι ανεπεξέργαστα (Eriksson et al., 2001).

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο

Τα όρια του BOD καθορίζονται από την εκάστοτε προοριζόμενη χρήση. Χαρακτηριστικά οι τυπικές τιμές του BOD για άρδευση χωρίς περιορισμούς δεν υπερβαίνουν τα 10 mg/l σε αντίθεση με την άρδευση με περιορισμούς που είναι υψηλότερες. Πιθανή υψηλή συγκέντρωση οργανικού υλικού έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της αποδοτικότητας των διεργασιών απολύμανσης και αποτελεί υπόστρωμα ανάπτυξης μικροοργανισμών.

Ολικά αιωρούμενα στερεά

Όπως και στην περίπτωση του BOD η παρουσία των ολικών αιωρούμενων στερεών επηρεάζει την αποδοτικότητα της απολύμανσης με πιθανή αντίδραση των απολυμαντών με το οργανικό υλικό μειώνοντας έτσι την δράση τους. Επίσης έχει διαπιστωθεί πως σημαντικό ποσοστό τοξικών ενώσεων και μετάλλων προσροφάτε στα αιωρούμενα στερεά.

Οργανικές ουσίες

Στην περίπτωση της άρδευσης η ταχύτητα εφαρμογής των λυμάτων ιφείλει να μην ξεπερνά εκείνη που αντιστοιχεί στη μέγιστη οργανική φόρτιση, την οποία μπορεί να δεχτεί το έδαφος. Η ικανότητα του εδάφους να δέχεται και να αφομοιώνει οργανική φόρτιση δεν εκτιμάτε επαρκώς και εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων.

Θρεπτικά στοιχεία

Τα θρεπτικά στοιχεία που αξίζει να χρησιμοποιηθούν ως κριτήρια για εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αποβλήτων είναι το άζωτο (N) και ο φωσφόρος (P). Υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων είναι πιθανό να επηρεάσουν αρνητικά την παραγωγή των αρδεύμενων καλλιεργειών όχι μόνο σε επίπεδο ποσότητας αλλά και σε επίπεδο ποιότητας.

Αναλυτικότερα το άζωτο θα πρέπει να απομακρυνθεί κατά την εδαφική διάθεση ώστε να απομονωθεί το ενδεχόμενο να περιέλθει στα υπόγεια ύδατα. Γι' αυτό το λόγο η ταχύτητα διάθεσης των λυμάτων καθορίζεται από την ταχύτητα απομάκρυνσης του αζώτου. Η παραπάνω απομάκρυνση συντελείται από τα φυτά και αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα διάθεσης.

Σχετικά με τον φωσφόρο παρατηρείται συσσώρευση στο έδαφος και τα υπόγεια νερά όταν ο καθοριστικός παράγοντας της αφομοίωσης των φυτών ξεπεραστεί.

Η υψηλή συγκέντρωση σε επιφανειακούς αποδέκτες πλεονεκτεί όχι μόνο στην συμβολή του φωσφόρου στον ευτροφισμό καθώς και στην υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων αλλά και στην ανάπτυξη κυανοβακτηρίων με μία σειρά από δυσμενείς επιπτώσεις

Οι Hayes et al. (1990) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα σε καλλιέργεια χλοοτάπητα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των NO_3 και P του στο έδαφος.

Οι Mujeriego et al. (1996) έδειξαν ότι υπήρξε σποραδικές κηλίδες χλώρωσης σε γήπεδα γκολφ, τα οποία αρδεύονταν με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα που είχαν μικρές ποσότητες σιδήρου. Επίσης, σημειώθηκε μια εξοικονόμηση λιπασμάτων από τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία που περιείχαν στα απόβλητα.

Οι Vasquez-Montiel et al. (1996) έκαναν πείραμα άρδευσης καλαμποκιού με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Τα απόβλητα είχαν υψηλές ποσότητες N με νιτρική μορφή και P. Δεν σημειώθηκε συσσώρευση P στο έδαφος, ενώ προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου σημειώθηκε συσσώρευση νιτρικών στο έδαφος.

Οι Maloura et al. (1999) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υδρολίπανση με θρεπτικά στοιχεία έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από την υδρολίπανση φυτών τομάτας και ζερμπερας με απόβλητα.

Οι Γαλάνης κ.α. (2000) δεν διαπίστωσαν σημαντική διαφορά στην αποθήκευση των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος που αρδεύτηκε με απόβλητα, συγκριτικά με το έδαφος που αρδεύτηκε με καθαρό νερό.

Οι Friedel et al. (2000) μελέτησαν ότι ολικός οργανικός άνθρακας είχε κάποια αύξηση σε εδάφη που αρδεύονταν με επεξεργασμένα απόβλητα για 25, 65 και 80 χρόνια.

Επίσης, οι Panoras et al. (2001) σε πείραμα άρδευσης βαμβακιού με επεξεργασμένα απόβλητα, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η απόδοση του βαμβακιού σημείωσε αύξηση κατά την άρδευση με τα απόβλητα σε σχέση με το καθαρό νερό.

Οι Βακάλης και Τσαντήλας (2002) έκαναν έρευνες σχετικά με την άρδευση καλαμποκιού και βαμβακιού με απόβλητα και καθαρό νερό. Σχετικά με το καλαμπόκι, άρδευση με απόβλητα και χορήγηση πλήρους ανόργανης λίπανσης σημείωσε αύξηση στην απόδοση σε σχέση με την άρδευση με καθαρό νερό και ανόργανη λίπανση.

Οι Σακελλαρίου κ.α. (2003) σε πείραμα άρδευσης χλοοτάπητα με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα που προέρχονταν από τριτοβάθμιο σύστημα επεξεργασίας και με καθαρό νερό, βρήκαν ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων ήταν χαμηλές (κυρίως και P). Η απόδοση του χλοοτάπητα δεν είχε αλλάξει στατιστικά και για τις 2 μεταχειρίσεις, όπως και περιεκτικότητα της χλωροφύλλης στους ιστούς των φύλλων.

Οι Panoras et al. (2001) σε μελέτη άρδευσης καλαμποκιού με απόβλητα και καθαρό νερό, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων στα φυτά και το έδαφος ήταν χαμηλή. Παρ' όλα αυτά, οι αποδόσεις των φυτών δεν σμείωναν σημαντική διαφορά.

Αλατότητα

Οι χρήσεις του φυσικού νερού αυξάνουν την συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο ανακτημένο νερό με αποτέλεσμα να επιδρούν αρνητικά στην αύξηση και παραγωγή των αρδευόμενων καλλιεργειών. (Paranychianakis et al., 2004; Miyamoto, 2003). Ποιο συγκεκριμένα δυσχεραίνεται η πρόσληψη νερού από το ριζικό σύστημα με αποτέλεσμα να αποτρέπεται η ανάπτυξη. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα ολικά διαλυμένα στερεά εκφράζουν την συγκέντρωση των αλάτων ώστε να καθορίζονται οι οριακές τιμές στην θέσπιση κριτηρίων.

Οι Yoon et al. (2001) διαπίστωσαν μια μικρή συσσώρευση αλάτων σε ορυζώνα που αρδεύτηκε με απόβλητα, χωρίς να υπάρξει αρνητική επίπτωση στην απόδοση της καλλιέργειας. Σε πείραμα άρδευσης ζαχαροτεύλων (Πανώρας κ.α. 1998, 1999), δεν σημειώθηκε κάποια σημαντική μεταβολή στην αλατότητα του εδάφους. Επίσης, σε πείραμα άρδευσης βαμβακιού (Panoras et al., 2001) δεν διαπιστώθηκε επιβάρυνση του εδάφους σχετικά με την αλατότητα από την άρδευση με απόβλητα.

Διαπερατότητα

Η διαπερατότητα χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του κινδύνου εμφράξεως του εδάφους και εκφράζεται μέσω του μεγέθους SAR (soil Adsorption Ratio).

Το SAR εκφράζεται:

Na

$$SAR = (Ca + Mg)^{0.5} \quad \text{Εξίσωση 2.1}$$

Σύμφωνα με την τιμή που παίρνει ο δείκτης SAR εξασφαλίζεται η αποφυγή μείωσης της διαπερατότητας.

Ο τύπος αυτός (εξίσωση 2.1) μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή διαδικασία υπολογισμού για τα περισσότερα συμβατικά νερά άρδευσης που χρησιμοποιούνται στη γεωργία (Ayers and Westcot 1985). Όμως για τα υγρά αστικά απόβλητα πρέπει να υπολογίζεται το προσαρμοσμένο ποσοστό προσρόφησης νατρίου adjusted SAR (Εξίσωση 2.2) επειδή πιθανόν να υπόκεινται ιζηματοποίηση ή διαλυτότητα του ασβεστίου που οφείλεται στην επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα, των όξινων ανθρακικών και της ολικής αλατότητας του νερού άρδευσης.

Na

adjSAR =

εξίσωση 2.2

$$(Cax + Mg)^{0.5}$$

Σε γενικές γραμμές είναι γνωστό πως τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα έχουν πολλά άλατα και άφθονο ασβέστιο. Επίσης, μπορεί να είναι πλούσια και σε νάτριο. Σε αυτήν την περίπτωση, μία πιθανή υψηλή τιμή του SAR είναι αναγκαίο να εξετάζεται σε περίπτωση που γίνει επαναχρησιμοποίηση τους. Υπάρχουν ειδικές πρακτικές διαχείρισης του συστήματος έδαφος - νερό άρδευσης με σκοπό την αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργεί η μικρή εδαφική διαπερατότητα και την επιτυχή χρησιμοποίηση νερών με αυξημένο SAR, με την προϋπόθεση όμως ότι οι συγκεκριμένες πρακτικές να εφαρμόζονται συνεχώς ώστε να μην προκληθεί καταστροφή της εδαφικής δομής.

Συγκέντρωση ιχνοστοιχείων και βαρέων μετάλλων

Με πρωταρχικό στόχο την διασφάλιση της δημόσιας υγείας κρίνεται απαραίτητο να συμπεριληφθούν στα κριτήρια τα βαρέα μέταλλα. Κυριότερα από αυτά είναι τα Zn, Pb, Cu, Ni, Cd και Mo ενώ ενδιαφέρει πως κάποια από αυτά είναι ικανά να επιδράσουν αρνητικά στον άνθρωπο σε συγκεντρώσεις που είναι μη τοξικές για τις καλλιέργειες. Τα βαρέα μέταλλα είναι τοξικά για τα φυτά και συσσωρεύονται στο έδαφος, με αυτόν τον τρόπο γίνονται εν δυνάμει τοξικά για τους καταναλωτικούς οργανισμούς.

Σύμφωνα με διαθέσιμα στοιχεία, η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στις εκροές που έχει γίνει δευτεροβάθμια επεξεργασία δεν αποτελούν σοβαροί κίνδυνοι για την δημόσια υγεία με απαραίτητα προϋπόθεση την διασφάλιση πως δεν εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο βιομηχανικές εκροές. Τέλος ως αποφασιστική παράμετρος ορίζεται η ικανότητα του εδάφους για ανταλλαγή κατιόντων, CEC (Cation Exchange Capacity).

Τοξικότητα ιόντων – οργανικών ενώσεων

Οι τοξικές οργανικές ενώσεις είναι ένα σημαντικό κομμάτι ενασχόλησης με το ανακτημένο νερό καθώς σε περιπτώσεις εμπλουτισμού υπογείων υδροφορέων πόσιμης χρήσης ή διάθεσης εκροών σε επιφανειακούς αποδέκτες παρουσιάζεται τοξικότητα στην υδρόβια ζωή. Στην περίπτωση όμως που το ανακτημένο νερό εφαρμόζεται στο έδαφος οι τοξικές επιδράσεις των ενώσεων αυτών περιορίζονται σε μεγάλο βαθμό λόγω της επίδρασης διεργασιών όπως η προσρόφηση, ο βιομετασχηματισμός και η βιοαποδόμηση των ενώσεων αυτών (Paranychianakis et al., 2006).

Στα παραπάνω έρχεται να προστεθεί η τοξικότητα από συγκεκριμένα ιόντα κυρίως τα χλωροϊόντα, βόριο και νάτριο. Η φυτοτοξικότητα αυτή είναι εντονότερη όταν η άρδευση λαμβάνει χώρα με την μέθοδο του καταιονισμού. Στην περίπτωση του νατρίου παρατηρείται αντίστοιχη φυτοτοξικότητα αλλά μόνο στην περίπτωση της άρδευσης με καταιονισμό χωρίς να υπερβαίνονται τα 70mg/l. Τελευταία αλλά σημαντική η φυτοτοξικότητα λόγω παρουσίας βορίου συνίσταται σε πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις (Paranychianakis et al., 2006).

Σε πείραμα άρδευσης ζαχαρότευτλων με απόβλητα των Πανώρα κ.α. (1998) δεν διαπιστώθηκε κάποια επιβάρυνση του εδάφους και των φυτικών ιστών από τα διάφορα ιχνοστοιχεία.

Επίσης, οι Πανώρας κ.α. (1999) έκαναν μελέτη για να ερευνήσουν την καταλληλότητα για άρδευση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων. Κατέληξαν, λοιπόν στο συμπέρασμα πως υπάρχει κίνδυνος τοξικότητας από τα στοιχεία Na, Cl, B.

Ο Βουρδουμπάς (2000), δεν πίστευε ότι υπάρχει επιβάρυνση του εδάφους με βαρέα μέταλλα κατά την άρδευση φυτών Ευκαλύπτου, Λεύκας και Πλατάνου με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Οι Friedel et al. (2000) παρατήρησαν ότι τα βαρέα μέταλλα που βρίσκονταν στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα υπήρχαν σε μικρές ποσότητες και δεν επηρέασαν τις εδαφικές λειτουργίες.

Οι Vedry et al. (2001) διαπίστωσαν ότι λαχανικά που καλλιεργούνταν με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα περιείχαν βαρέα μέταλλα, και η συγκέντρωσή τους ήταν κάτω του επιτρεπόμενου ορίου. Κάποια είδη λαχανικών είχαν ένα συγκεκριμένο είδος μετάλλου.

Οι Yoon et al. (2001) παρατήρησαν την άρδευση ρυζιού με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα στο Πανεπιστήμιο Konkuk της Σεούλ. Τα διάφορα ιχνοστοιχεία δεν ήταν ανασχετικός παράγοντας της ανάπτυξης του φυτού, ακόμα και με συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων ίση με 160 mg l⁻¹.

Οι Luo et al. (2003) εξέτασαν την άρδευση ρυζιού με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα που είχαν σημαντικές ποσότητες χαλκού. Η τοξικότητα του χαλκού επηρέαζε σε μεγάλο βαθμό την απόδοση των φυτών.

Οι Σακελλαρίου κ.α. (2003) σε πείραμα άρδευσης χλοοτάπητα με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα της πόλεως του Βόλου, παρατήρησαν ότι η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου ήταν αρκετά υψηλή (1460 mg/L) στα απόβλητα. Η απόδοση του χλοοτάπητα δεν είχε στατιστικές διαφορές σε σχέση με τα τεμάχια που αρδεύονταν με καθαρό νερό. Οι τιμές των υπόλοιπων ιχνοστοιχείων συμφωνούσαν με τα επιτρεπόμενα ορια.

Οι Sakellariou et al. (2003 a,b) σε πείραμα άρδευσης κωνοφόρων ειδών της οικογένειας Cupressaceae με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα και καθαρό νερό διαπίστωσαν ότι δεν υπήρξε συσσώρευση τοξικών στοιχείων στο έδαφος και τα φυτά. Τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν όπως ύψος, διάμετρος φυτοκόμης, δεν σημείωναν στατιστικές διαφορές στις 2 μεταχειρίσεις.

Υδραυλικό ισοζύγιο

Ένα από τα κυριότερα κριτήρια αφορά το υδραυλικό ισοζύγιο. Με την μελέτη του υδατικού ισοζυγίου προκύπτει η ταχύτητα εφαρμογής των λυμάτων στο έδαφος. Έτσι διασφαλίζεται η αποφυγή υδραυλικής υπερφόρτισης του εδάφους και κατ' επέκταση των επιφανειακών απορροών και της ανάπτυξη μικροοργανισμών που σαν αποτέλεσμα έχει την συσσώρευση οργανικής ύλης στο έδαφος και την απώτερη δημιουργία δυσμενών καταστάσεων.

$q = E + \Delta - K$ εξίσωση 2.3

Όπου, q = μέγιστη δυνατή ταχύτητα διάθεσης λυμάτων E = ταχύτητα εξατμισοδιαπνοής Δ = ταχύτητα βαθιάς διηθήσεως K = ταχύτητα ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (βροχοπτώσεων)

Από την μέχρι τώρα Ελληνική εμπειρία διαπιστώνεται ότι η νομοθετική θέσπιση μέτρων και κριτηρίων για την επαναχρησιμοποίηση εκρών αστικών υγρών αποβλήτων οφείλει να γίνει με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) μεταξύ των Υπουργείων Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Σκοπός μιας τέτοιας απόφασης θα είναι:

Η αξιοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων καταλήγει στη σωστή αντιμετώπιση των επιπτώσεων από:

- Την λειψυδρία που ήδη υπάρχει σε μεγάλο βαθμό καθώς και την ξηρασία στην ΕΕ και ειδικότερα στην περιοχή της Μεσογείου, καθώς και την αναμενόμενη επιδείνωση του προβλήματος λόγω της κλιματικής αλλαγής.
- Την έντονη ταπείνωση ή υπαλμύρυνση υπόγειων υδροφορέων ορισμένων περιοχών της χώρας από την υπεράντληση, την λειψυδρία και την είσοδο του θαλασσίου μετώπου σε παράκτιες περιοχές.

Και, τέλος η αξιοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων οδηγεί στην βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου μεταξύ της άντλησης και της ανατροφοδότησης των υπόγειων υδροφορέων.

Η επαναχρησιμοποίηση νερού εφαρμόζεται σε διάφορες περιοχές του κόσμου και πραγματοποιείται με ελεγχόμενο τρόπο, καθώς εφαρμόζονται αυστηρά κριτήρια ποιότητας. Τα κριτήρια ποιότητας επαναχρησιμοποίησης νερού της Νότιας Ευρώπης προέρχονται είτε από τις κατευθυντήριες γραμμές της Καλιφόρνια (π.χ., Ελλάδα, Κύπρος και Ιταλία) ή από τις κατευθυντήριες γραμμές της Αυστραλίας (π.χ. Γαλλία) ή από ένα συνδυασμό (π.χ. Ισπανία και Πορτογαλία). Η επαναχρησιμοποίηση του νερού αποτελεί πλέον κρίσιμο στοιχείο για την

ανάπτυξη βιώσιμων στρατηγικών για το νερό διαχείρισης πόρων. Η Σιγκαπούρη, η Καλιφόρνια και το Ισραήλ, έχουν εφαρμόσει σημαντικά προγράμματα επεξεργασίας των λυμάτων και την επαναχρησιμοποίηση τους, καθώς χρησιμοποιούν υψηλές τεχνολογικές διαδικασίες για την παραγωγή επαναχρησιμοποιούμενου νερού υψηλής ποιότητας. Η εξοικονόμηση έως και 30% της συνολικής χρήσης του νερού μπορεί να επιτευχθεί με τη σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων, συμπεριλαμβανομένης υψηλής ποιότητας νερού στην παραγωγή από την WWTP, για επαναχρησιμοποίηση (Angelakis and P. Gikas, 2014).

Η μελέτη των τεχνολογιών και πρακτικών που αναπτύχθηκαν από τους αρχαίους Έλληνες μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη και εφαρμογή των σύγχρονων σχεδίων διαχείρισης των υδάτων. Η σημασία της βιωσιμότητας στη σύγχρονη εποχή θα πρέπει να επανεκτιμηθεί υπό το πρίσμα των αρχαίων δημόσιων έργων και των πρακτικών διαχείρισης. Επίσης, η διαχείριση των υδατικών πόρων θα πρέπει να βασίζεται σε αξιόπιστα δεδομένα (P.Gikas, A. N. Angelakis, 2009).

2.11 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων στην Ελλάδα

Ακολουθούν αναφορές και μελέτες επαναχρησιμοποίησης σε αναδασώσεις στην Ελλάδα:

1. Ο (Τζανακάκης, 2002) αναφέρουν την επίδραση των υγρών αστικών λυμάτων σε διάφορα δασικά είδη με την πραγματοποίηση έρευνας στο Σκαλάκι Ηρακλείου. Στην έρευνα αυτή μελετήθηκαν μονοετή φυτά *Eucalyptus camandulensis*, *Acacia cyanophylus* και *Populus nigra*, τα οποία μεταφυτεύτηκαν τον Οκτώβριο του 2000. Επίσης, φυτά *Arundo donax* φυτεύτηκαν τον Φεβρουάριο του 2001. Η άρδευση των φυτών με υγρά αστικά επεξεργασμένα λύματα άρχισε τον Ιούνιο. Διαπιστώθηκε ότι τα δένδρα της *Populus nigra* είχαν τη μεγαλύτερη αύξηση όσον αφορά το ύψος, ενώ αυτά της *Acacia cyanophylus* τη μεγαλύτερη αύξηση της διαμέτρου. Τη μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας σημείωσαν τα δένδρα της ακακίας, ακολουθούμενα από αυτά του *Arundo donax*, ενώ τη μικρότερη είχαν ο *Eucalyptus* spp. και η *Populus nigra*.

2. Οι (Μαυρογιαννόπουλος και Κυρίτσης, 1995) αναφέρουν την πραγματοποίηση μιας έρευνας στην περιοχή της Μεταμόρφωσης Αττικής, όπου χρησιμοποιούσαν υγρά αστικά λύματα για την άρδευση δασικών δένδρων με σκοπό τη μελέτη των χαρακτηριστικών των δένδρων και τις αντιδράσεις τους κάτω από την επίδραση τέτοιων επεμβάσεων, καθώς και τη δημιουργία νέων συνθηκών, για την εύρεση ειδών ανθεκτικών στις πυρκαγιές. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε 20 Km βόρεια από το κέντρο της Αθήνας σε δύο περιοχές. Στην πρώτη φυτεύτηκαν 600 φυτάρια *Eucalyptus* sp. Τα μισά ανήκαν στο είδος *E. Camaldulensis* και τα άλλα μισά στο είδος *E. tereticornis*. Στη δεύτερη τοποθεσία φυτεύτηκαν 120 φυτά *Pittosporum tobira*, 120 φυτά *Nerium oleander*, 120 φυτά *Forsythia* sp., 120 φυτά *Buddleia variabilis* και 120 φυτά *Medicago arborea*. Το πείραμα αποτελούνταν από τρεις επεμβάσεις. Η 1η αφορούσε την καλλιέργεια των φυτών χωρίς άρδευση μετά την εγκατάστασή τους, η 2η αφορούσε άρδευση με κανονικό νερό και η 3η άρδευση με υγρό αστικό λύμα που είχε γίνει όμως επεξεργασία καθαρισμού. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι μέχρι τον Σεπτέμβριο δεν σημειώθηκε καμιά διαφορά στη βιομάζα του *Eucalyptus* spp. μεταξύ των διαφόρων επεμβάσεων. Τα φυτά τα οποία αρδεύονταν με υγρά αστικά λύματα σημείωσαν τη μεγαλύτερη αύξηση καθ' ύψος. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην αύξηση και των άλλων φυτών. Τα φυτά που αρδεύονταν με τα υγρά αστικά λύματα σημείωσαν τη μεγαλύτερη αύξηση διαμέτρου. Για τη *Buddleia variabilis* σημαντική διαφορά στην αύξηση διαμέτρου παρατηρήθηκε μεταξύ των φυτών που αρδεύονταν και αυτών που δεν αρδεύονταν, καθώς και μεταξύ αυτών που αρδεύονταν με κανονικό νερό και με αστικά λύματα. Για την *Forsythia* sp. δεν είχαν σημαντικές διαφορές στην αύξηση μεταξύ των φυτών των διαφορετικών χειρισμών. Για τα φυτά *Medicago arborea* και *Nerium oleander* διαφορές σημειώθηκαν μεταξύ των φυτών που αρδεύονταν με τα υγρά αστικά λύματα και στα μη αρδευόμενα και όχι με τα αρδευόμενα με το κανονικό νερό. Τα ποτελέσματα έδειξαν πως η αύξηση των φυτών που αρδεύονταν με τα υγρά αστικά λύματα ήταν μεγαλύτερη, εξαιτίας ίσως των ωφέλιμων για τα φυτά θρεπτικών στοιχείων, που περιέχονται στα λύματα (Μαυρογιαννόπουλος και Κυρίτσης, 1995).

3. Οι (Καλαβρουζιώτης και Δρακάτος, 2004) μελέτησαν τη συμπεριφορά των *Eucalyptus* spp, *Pinus maritima*, *Pinus Pinea*, *Nerium oleander*, που αρδεύονταν με επεξεργασμένα υγρά αστικά λύματα σε εκτάσεις πλησίον του βιολογικού σταθμού Κέρκυρας. Ο σκοπός της έρευνας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας εγκατάστασης δασικών ειδών σε περιοχές πλησίον του βιολογικού σταθμού Κέρκυρας, ώστε οι εκτάσεις να αποκατασταθούν περιβαλλοντικά και να αρδευτούν με επαναχρησιμοποιούμενα υγρά λύματα, με την ταυτόχρονη εξασφάλιση περιβαλλοντικής προστασίας της θαλάσσιας περιοχής της Κέρκυρας.

4. Στο Αγρίνιο και σε δασικό φυτώριο μελετήθηκε σε πειραματικό με επαναλήψεις η συμπεριφορά αύξησης και θνησιμότητας των *Pinus pinea* L. and *Pinus halepensis* Mill (Καλαβρουζιώτης, 2006). Ύστερα από άρδευση με υγρά επεξεργασμένα λύματα από το βιολογικό σταθμό Αγρινίου. Επίσης, μελετήθηκε η γεωχημική συμπεριφορά των CuZn στο έδαφος, ρίζες και ιστούς (Πανταζής, 2007).

Επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων στη γεωργία στην Ελλάδα:

1. Στην Ελλάδα ερευνήθηκε η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών λυμάτων στην πεδιάδα Αγρινίου (Καλαβρουζιώτης, 2005), Πάτρας (Καλαβρουζιώτης, 2006b) και στην αμπελουργική περιοχή Μεταμόρφωσης Αττικής (Σακελαρίου, 2006). Έγινε σχεδιασμός επαναχρησιμοποίησης για τη Δυτική Ελλάδα, σε καλλιεργούμενες εκτάσεις (Λουκόπουλος και Καλαβρουζιώτης 2008). Οι υδατικές απαιτήσεις για τις καλλιέργειες των αναφερομένων περιοχών υπολογίστηκαν και διερεύνησαν τις δυνατές ποσότητες εκροών που δύνανται να επαναχρησιμοποιηθούν με την αξιοποίηση των βιολογικών καθαρισμών στη Δυτική Ελλάδα.

2. Επίσης, εξετάστηκε η αντιμετώπιση του αρδευτικού προβλήματος σε Αργολίδα και Λακωνία με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων βιολογικών καθαρισμών των δύο νομών και έγινε ανάλυση της μεθόδου εφαρμογής σε καλλιέργειες (Καλαβρουζιώτης, 2007). Επίσης έγινε έρευνα που αφορούσε στη μελέτη της επίδρασης της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων του Σταθμού Βιολογικής Επεξεργασίας Αστικών λυμάτων του Αγρινίου (ΣΒΕ), στη συσσώρευση των μακρο και μικροθρεπτικών και βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στα φυτά *Alium cerna* (κρεμίδι) και *Lactuca sativus* (Μαρούλι), βρέθηκαν τα εξής Καλαβρουζιώτης, 2005):

α) Συσσωρεύτηκαν στο έδαφος σημαντικές ποσότητες διαθέσιμου P και Mn, και των δύο καλλιεργειών που μελετήθηκαν.

β) Ο Cu συσσώρευτηκε στα φύλλα ενώ ο Zn, στο σπόρο, του μαρουλιού.

γ) Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα του ΣΒΕ Αγρινίου θα είχαν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση των λαχανικών υπό τις εξής βασικές προϋποθέσεις:

- Το συνεχές έλεγχο εργαστασίου των υγρών αποβλήτων, και του εδάφους για την παρουσία τυχόν υψηλών συγκεντρώσεων μετάλλων και λοιπών θρεπτικών.
- Λήψη καταλλήλων μέτρων κατά την επεξεργασία των λυμάτων με σκοπό την μείωση του μικροβιακού φορτίου σε επιτρεπτά επίπεδα ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλή χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.
- Έλεγχος των φυσικών και χημικών συνθηκών του εδάφους (στράγγιση, αερισμός, pH του εδάφους και οργανική ουσία).

3. Επιπλέον, (Καλαβρουζιώτης, 2007) εξετάστηκε πως επιδρούν τα επεξεργασμένα υγρά αποβλήτα του Σταθμού Βιολογικής Επεξεργασίας Μεσολογίου:

α) στη συμπεριφορά των θρεπτικών στοιχείων (P,K,Ca, Mg) βαρέων μετάλλων (Pb,Ni,Co, Cd) και των ιδιοτήτων του εδάφους (pH, CaCO_3 , Οργανική ουσία, και ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.),

β) στη συσσώρευση των ανωτέρω θρεπτικών στοιχείων και μετάλλων στα διάφορα μέρη των λαχανικών (ρίζες, φύλλα και εδώδιμο τμήμα): (i) *Brassica oleracea* var. *Italica* (Μπρόκολα), και (ii) *Brassica oleracea* var. *Gemmifera*. (Λαχανάκια Βρυξελλών),

γ) στο πως αλληλεπιδρούν τα ανωτέρω θρεπτικά στοιχεία μαζί με τα βαρέα μέταλλα και των ιδιοτήτων του εδάφους.

Η έρευνα αυτή στόχευε (Καλαβρουζιώτης, 2007) στη δυνατότητα της επαναχρησιμοποίησης των υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων στην άρδευση των λαχανικών. Τα συμπεράσματα ήταν:

- Ο Zn, Cd και ο P συσσωρεύτηκαν στο έδαφος που καλλιεργήθηκε με το Μπρόκολο, σε τιμές που είναι εντός των επιτρεπόμενων κρίσιμων ορίων.
- Η στατιστικά σημαντική συσσώρευση του Pb και του Cd στις κεφαλές (εδώδιμο τμήμα του φυτού) και του Fe στις ρίζες, σε συνδυασμό με το υψηλό μικροβιολογικό φορτίο των υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων που μελετήθηκαν, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο, για την επι του παρόντος χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, για την άρδευση των υπόψη λαχανικών ή και γενικότερα όλων των λαχανικών.
- Γενικά, η συσσώρευση στις ρίζες των φυτών των θρεπτικών στοιχείων Mn, Fe, Cu, και B, καθώς και των βαρέων μετάλλων Ni και Pb, ήταν υψηλότερες από ότι στα φύλλα και χαμηλότερες στα εδώδιμα μέρη.
- Η επίδραση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανωτέρω θρεπτικών στοιχείων και βαρέων μετάλλων στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είχε στατιστικές διαφορές σχετικά με την αντίστοιχη του κανονικού νερού άρδευσης και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθούν χωρίς προβλήματα, τα μελετηθέντα υγρα απόβλητα, για την άρδευση των λαχανικών.
- Οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ ορισμένων βαρέων μετάλλων και Π.Χ. του Pb, Cu, Mn, Ni έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιηθούν στην πράξη για την αντιμετώπιση προβλημάτων ρύπανσης του εδάφους με τα υπόψη βαρέα μέταλλα.
- Διαπιστώνεται ότι η σπουδαιότητα περιβαλλοντικά των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των προαναφερθέντων θρεπτικών στοιχείων, βαρέων μετάλλων και ιδιοτήτων του εδάφους, είναι σημαντική και εξετάζεται συνεχώς.

2.12 Έργα επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα

Η Ευρωπαϊκή ένωση είναι γεγονός πως υπολείπεται σημαντικά στα θέματα επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων συγκριτικά με χώρες παραδοσιακά κορυφαίες σε αυτήν την κατεύθυνση όπως η ΗΠΑ και η Ιαπωνία.

Η Ελλάδα με την σειρά της υστερεί σημαντικά στα έργα επαναχρησιμοποίησης όπως και γενικότερα σε ζητήματα επεξεργασίας λυμάτων. Παρακολουθώντας κανείς τις εξελίξεις και τις προσπάθειες εκσυγχρονισμού της χώρας μας θα διαπίστωνε πως γίνονται πολλές κινήσεις προς την σωστή κατεύθυνση. Καίριας σημασίας εξέλιξη είναι η δημιουργία θεσμικού πλαισίου και η κατανόηση της αξίας των λυμάτων ως προς την διαφύλαξη των υδατικών πόρων. Αναλυτικότερα η κατάσταση της Ελλάδας σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση παρουσιάζει τα εξής στοιχεία:

Η συνολική επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση 50.000 στρεμμάτων γεωργικής γης αγγίζει τα 198.250 m^3/d εκρών. Επίσης για επαναχρησιμοποίηση διατίθενται 10.250 m^3/d εκροές για 1.500 στρέμματα χώρων πρασίνου. Τέλος διατίθενται έμμεσα στους φυσικούς αποδέκτες 108.000 m^3 /d για άρδευση γεωργικών καλλιεργειών. Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας 2.4 συνοπτικών αναφορών, έργων επαναχρησιμοποίησης.

Πίνακας 2.4: Έργα επαναχρησιμοποίησης ανά την Ελλάδα (Παρανυχιανάκης, 2009).

Έργο	Περιφέρεια	Δυναμικότητα (m ³ /d)	Έκταση (στρεμ.)	Αρδευόμενα είδη
Θεσσαλονίκη	Κ. Μακεδονία	175000	25000	Αραβόσιτος, τεύτλα, ρύζι κ.α.
Λιβαδειά	Στ. Ελλάδα	3500		Ελιές, αραβόσιτος
Αμφισσα	Στ. Ελλάδα	400		Ελιές, Βαμβάκι, κ.α.
Νέα Καλικράτεια	Κ. Μακεδονία	800	1500	Αραβόσιτος, ελιές, κ.α.
Χερσόνησος	Κρήτη	4500	1000	Ελιές, κ.α.
Αρχάνες	Κρήτη	550	14500	Ελιές, αμπέλια, κ.α.
Κως	Β. Αιγαίο	3500	5000	Εσπεριδοειδή, ελιές, κ.α.
Άλλα		10000		
	Αρδευση	άλλων	εκτάσεων	
Χαλκίδα	Στ. Ελλάδα	4000	500	
Χερσόνησος	Κρήτη	500	80	
Α. Κωνσταντίνος	Β. Αιγαίο	200	100	
Κένταρχος	Β. Αιγαίο	100	50	
Κως	Β. Αιγαίο	500	100	
Κάρυστος	Ν. Αιγαίο	1450	300	
Ιερισσό	Ν. Αιγαίο	1500	250	
Άλλα		2000		
Έμμεσης	επαναχρησιμοποίησης			
Λάρισα	Θεσσαλία	25000		Αραβόσιτος, Βαμβάκι, κ.α.
Καρδίτσα	Θεσσαλία	15000		Αραβόσιτος, Βαμβάκι κ.α
Λαμία	Στ. Ελλάδα	15000		Ελιές, αραβόσιτος, βαμβάκι, κ.α.
Τρίπολη	Πελοπόννησος	18000		Μηλοειδή, πατάτες, κ.α.

Παρακάτω αναφέρονται κάποια από τα σημαντικότερα έργα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων που βρίσκονται σε λειτουργία :

Δήμος Χαλκίδας

Στο Δήμο Χαλκίδας εφαρμόζεται ένα από τα μεγαλύτερα έργα επαναχρησιμοποίησης της ελληνικής επικράτειας. Πιο συγκεκριμένα το έργο ασχολείται με την αναβάθμιση και επέκταση των εγκαταστάσεων του Κέντρου Λυμάτων Χαλκίδας με την προσθήκη τριτοβάθμιας επεξεργασίας, την μεταφορά του επεξεργασμένου ύδατος από την νησίδα Πασά προς την πόλη της Χαλκίδας και την Βοιωτική ακτή και την δημιουργία και υποστήριξη χώρων πράσινου στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας. Η μεταφορά αυτή, των επεξεργασμένων εκροών που διατίθεται για άρδευση χώρων πρασίνου σε γειτονικές περιοχές της Εύβοιας πραγματοποιείται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού.

Ο προϋπολογισμός του έργου επαναχρησιμοποίησης του Δήμου Χαλκίδας είχε εκτιμηθεί 700.000.000 δρχ (2054292 ευρώ) το οποίο είχε χρηματοδοτηθεί σε ένα μεγάλο ποσοστό. (Καλικοιάρης, 2012).

Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης (Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε.)

Η εταιρία ύδρευσης και αποχέτευσης Θεσσαλονίκης (Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε.) δεν έχει μείνει αμέτοχη στην κατεύθυνση της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων. Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων που βρίσκεται στην Σίνδο τροφοδοτεί με τις επεξεργασμένες εκροές της την άρδευση καλλιεργειών στην πεδιάδα Αξιού. Η επαναχρησιμοποίηση αυτή οδηγεί

άμεσα σε μείωση των λιπασμάτων στην περιοχή και επομένως σε μείωση των φορτίων θρεπτικών αλάτων που καταλήγουν στον Θερμαϊκό κόλπο μέσω των επιφανειακών απορροών των γεωργικών εκτάσεων.

Ψυτάλεια

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η αναφορά στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Ψυτάλλειας όπου λαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό λυμάτων της ευρύτερης Αττικής, σημειώνοντας μέση παροχή εισερχομένων λυμάτων της τάξης των $730.000 m^3$ ημερησίως. Θίγοντας το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης των εκροών θα ήταν παράληψη να μην αναφερθούμε στην Ψυτάλεια και τον προσανατολισμό της σε αυτήν την κατεύθυνση. Στο παρελθόν είχαν ασχοληθεί σε μεγάλο βαθμό οι ερευνητές με σκοπό να επιτύχουν η χρήση της μονάδας για περεταίρω επεξεργασία των εκροών για εναλλακτική χρησιμοποίηση. Πλέον αξιοποιούν τα χιλιάδες κυβικά νερού που κατέληγαν στην θάλασσα. Αναλυτικότερα υπογράφηκε η προγραμματική σύμβαση της Περιφέρειας Αττικής με την ΕΥΔΑΠ που αναλαμβάνει εξολοκλήρου τη δαπάνη για την μελέτη και την κατασκευή του έργου.

Ο προϋπολογισμός του έργου εκτιμάται σε 37.900.000 ευρώ και οι βασικοί στόχοι που έχουν είναι η επαναχρησιμοποίηση των εκροών για :

Α) αναδάσωση του περιαστικού πρασίνου της Δυτικής Αττικής (όρος Αιγάλεω – Ποικίλον όρος), καλυπτόμενης επιφάνειας περίπου 73.000 στρεμμάτων

Β) άρδευση χώρων πρασίνου των Δήμων του ευρύτερου Πειραιά αλλά και της παραλιακής ζώνης από τον Πειραιά έως το Ελληνικό για τους ελεύθερους χώρους, μαρίνες κλπ

Γ) πλύσιμο των δρόμων πεζοδρομίων, πλατειών των Δήμων και των διαφόρων εγκαταστάσεων τους

Δ) πυρόσβεση

Ε) κάλυψη αναγκών υδροβόρων βιομηχανιών και βιοτεχνιών καθώς και του Οργανισμού Λιμένα Πειραιώς (ΟΛΠ) με εξοικονόμηση 5.000.000 κυβικών μέτρων νερού της ΕΥΔΑΠ ΣΤ) εμπλουτισμό των ποταμών Κηφισού και Ιλισού, με σκοπό να επιτευχθεί η αποκατάσταση της ισορροπίας του οικοσυστήματος

Ζ) οικιακή χρήση στο μέλλον με την κατασκευή διπλών δικτύων, όχι για πόσιμο νερό

Αρχικά, οι χρήσεις αυτές θα καλυφθούν από 270.000 κυβικά ημερησίως. Επίσης θα γίνει η απαραίτητη επεξεργασία των εκροών με πρόβλεψη για διπλασιασμό στο μέλλον. Σε πρώτη φάση λοιπόν, οι εγκαταστάσεις επαναχρησιμοποίησης των εκροών της Ψυτάλλειας θα καλύψουν δίκτυα ανακτημένου νερού προς τη Σαλαμίνα, Παραλιακό μέτωπο και Σχιστό για αστική και περιαστική χρήση.

Αυτές ήταν οι τελευταίες εξελίξεις όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση των εκροών της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυτάλεια. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν κάποια στοιχεία από μελέτες που αφορούν το δυναμικό της μονάδας ως προς την κάλυψη των αναγκών της Αττικής που μπορεί να επιτευχθεί από την επαναχρησιμοποίηση.

Σχετικά με την άρδευση αστικού και περιαστικού πρασίνου και καλλιεργειών, η πλήρης αξιοποίηση των λυμάτων της Ψυτάλλειας απαιτεί περίπου 200.000 στρέμματα αρδευόμενης έκτασης.

Πιο συγκεκριμένα για την περίπτωση του αστικού πρασίνου οι ανάγκες που εν δυνάμει αντιστοιχούν στο λεκανοπέδιο της Αττικής είναι της τάξης του 13% της διαθέσιμης ποσότητας. Βέλτιστη λύση θα ήταν να συμβάλουν σε αυτό και οι υπόλοιπες μονάδες της Αττικής κυρίως λόγω ιδιάζουσας μορφολογίας.

Τα συμπεράσματα από τις διάφορες μελέτες συνέπιπταν στο ότι το κόστος των υποθαλάσσιων αγωγών από την Ψυτάλεια δεν θα ξεπερνούσε το 8 – 10% του συνολικού κόστους επαναχρησιμοποίησης. Η διαπίστωση αυτή έρχεται να υποστηρίξει την άποψη πως

η χωροθέτηση του ΚΕΛ της Ψυττάλειας αν και παρουσιάζει δυσκολίες δεν είναι ανασταλτικός παράγοντας ενός τέτοιου εγχειρήματος.

2.13 Επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα των υπόγειων υδάτων για άντληση είναι περίπου 3.550 εκατομμύρια m^3 /έτος. Τα πραγματικά αποθέματα των υπόγειων υδάτινων πόρων αντιπροσωπεύουν το 38% της συνολικής υδροληψίας στην Ελλάδα. Τα υπόγεια ύδατα είναι μια κύρια πηγή νερού στις αγροτικές περιοχές αλλά και για χρήση στο βιομηχανικό τομέα. Σχεδόν το 80% των Ελληνικών συστημάτων υπόγειων υδάτων είναι σε καλή κατάσταση, ενώ το 18% από αυτούς είναι σε κακή ποσοτική κατάσταση (Eurostat, 2014).

Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών λυμάτων για εμπλουτισμό υδροφορέα ανάλογα με τον τύπο του υδροφορέα (πόσιμο ή μη πόσιμο νερό) και της εφαρμοζόμενης μεθόδου (άμεση έγχυση σε γεωτρήσεις και πηγάδια ή επιφανειακή εξάπλωση και διείσδυση). Επιπλέον, απαιτείται μια μελέτη των υδρογεωλογικών συνθηκών σε όλες τις περιπτώσεις (Ανδρεαδάκης, 2005).

Δεν υπάρχουν επίσης στοιχεία στην Ελλάδα σχετικά με εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, καθώς η βιβλιογραφία έδειξε μόνο δυο περιπτώσεις. Και οι δυο είχαν διεξαχθεί στο πλαίσιο ερευνητικών προγραμμάτων, καθώς επίσης είναι ενδιαφέρον ότι και οι δυο από αυτούς είναι πραγματικά έργα επαναχρησιμοποίησης. Κατά την διάρκεια του έργου Marsol (2013-2016) ο εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα πραγματοποιήθηκε σε έναν πράκτιο, προσχωματικό και καρστικοποιημένο υδροφορέα στην περιοχή του Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου. Ο υδροφορέας χρησιμοποιείται για μη πόσιμο νερό και έχει υποστεί υφαλμύριση λόγω της υπέρ-άντλησης για αρδευτικούς σκοπούς. Το αναγεννημένο έργο από την Ε.Ε.Λ ΚΕΛΜ (Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Μεταμόρφωσης) μεταφέρεται με οχήματα εμπλουτίζει το υδροφόρο στρώμα, χρησιμοποιώντας λεκάνες διήθησης στην επιφάνεια.

Οι Παπαδόπουλος κ.ά. έκαναν προταση, το 1995 τα αστικά λύματα της Θεσσαλονίκης, μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία στη ΜΒΚ να χρησιμοποιηθούν για τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής Καλοχωρίου με σκοπό να αντιμετωπισθεί η ευρεία σε έκταση εδαφική καθίζηση των 2-3 m, η οποία άρχισε το 1964 και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εντατική άντληση του υδροφορέα τα τελευταία 30 χρόνια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον υποβιβασμό της στάθμης των υπόγειων νερών κατά 30-35 m (Ανδρονόπουλος, κ.ά., 1991). Τέλος, έγινε πρόταση για εφαρμογή της μεθόδου "Soil Aquifer Treatment" υπό προϋποθέσεις.

2.14 Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων – Περιπτώσεις ανά τον κόσμο

Στις ΗΠΑ και συγκεκριμένα στο Orlando της Florida εφαρμόζεται από το 1987 το μεγαλύτερο σύστημα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων για άρδευση και εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα με λεκάνες διήθησης (Cross and Jackson, 1993). Υπάρχουν δύο εγκαταστάσεις όπου επεξεργάζονται συνολικά 95.000 m^3 νερού την ημέρα. Με αγωγό μεταφέρεται σε απόσταση 34 km, όπου διατίθεται ένα τμήμα του για άρδευση 40.000 στεμμάτων γης, μετά από χλωρίωση και το υπόλοιπο χρησιμοποιείται για τεχνητό εμπλουτισμό μέσω λεκανών διήθησης (Παρασκευάς, 1995).

Στον υδροφορέα Montebello του Los Angeles της Καλιφόρνιας για περισσότερα από 30 χρόνια γίνεται εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού με νερά αστικών λυμάτων μετά από βιολογικό καθαρισμό δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Ένα ερευνητικό πρόγραμμα έκανε έρευνα σχετικά με την επίδραση του εμπλουτισμού με τέτοια νερά για τυχόν ρύπανση του υδροφορέα και κατ' επέκταση στην υγεία των κατοίκων που χρησιμοποιούσαν τον υδροφορέα αυτόν για τις ανάγκες τους (Nellor et al., 1989).

Η έρευνα ήταν διάρκειας 5 χρόνων. Αυτή η έρευνα, λοιπόν ασχολήθηκε με χημικές, μικροβιολογικές και τοξικολογικές εξετάσεις του νερού εμπλουτισμού αλλά και των υπόγειων νερών, καθώς επίσης και επιδημιολογική μελέτη στους κατοίκους της εξεταζόμενης περιοχής.

Ο ετήσιος όγκος νερού του βιολογικού καθαρισμού είναι της τάξης των 33 εκατομμυρίων m^3 . Αυτό αντιστοιχεί στο 16% της τροφοδοσίας του υδροφορέα. Η μέθοδος των λεκανών χρησιμοποιήθηκε για τον εμπλουτισμό. Επίσης εκτός από τα νερά του βιολογικού καθαρισμού χρησιμοποιούνταν και νερά της απορροής του ποταμού Κολοράντο (Παρασκευάς, 1995).

Τα αποτελέσματα σε γενικές γραμμές ήταν αρκετά θετικά. Απέδειξαν, λοιπόν ότι το χρονικό διάστημα που γινόταν ο τεχνητός εμπλουτισμός με νερά του βιολογικού καθαρισμού δεν σημειώθηκε δυσμενής επίδραση στην ποιότητα των υπόγειων νερών ή στην υγεία των κατοίκων. Με αυτό το θετικό αποτέλεσμα αύξησε η πολιτεία της Καλιφόρνιας κατά 50% τη χρήση τέτοιων νερών για τον τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων δεδομένου ότι η χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων για τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων είναι σημαντικός υδατικός πόρος για την Πολιτεία της Καλιφόρνιας.

Πιο συγκεκριμένα προέκυψαν τα εξής:

- Τα δείγματα των υπόγειων νερών της περιοχής που ελέγχθηκαν διαπιστώθηκε πως ανταποκρίνονται σε όλα τα κριτήρια ποιότητας που ισχύουν για το πόσιμο νερό (ανόργανα και μικροοργανισμοί).
- Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία και νομοθεσία συντάχθηκε πίνακας για τα οργανικά εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων τα οποία θα μπορούσαν να δράσουν με τοξικό τρόπο στον άνθρωπο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε έρευνα ανίχνευσης των ενώσεων αυτών στα υπόγεια νερά της περιοχής. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι για όριο το 0.01 $\mu g/l$ δεν εντοπίστηκε καμία οργανική τοξική ουσία, όμως τόσο στα νερά εμπλουτισμού όσο και του ποταμού Κολοράντο εντοπίστηκαν κάποιες ουσίες που ήταν παραπάνω από το ανωτέρω όριο σε κάποιες περιπτώσεις (περιστασιακή ανίχνευση μιας ουσίας που δε θεωρήθηκε αντιπροσωπευτική).
- Η επιδημιολογική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον πληθυσμό δεν άφηγε σημάδια ανησυχίας.
- Οι χημικές εξετάσεις προσδιόρισαν: σκληρότητα νερού, TDS, NO_2 , NO_3 , αμμωνία και οργανικό άνθρακα. Επίσης στα δείγματα των υπόγειων νερών όλες οι συγκεντρώσεις βρέθηκαν μέσα στα επιτρεπτά όρια για το πόσιμο νερό.

Οι Rekaya και Bedmar (1989) έκαναν έρευνα πραγματοποιώντας ένα πιλοτικό τεχνητού εμπλουτισμού με αστικά λύματα το 1986, και έγινε στην παραθαλάσσια περιοχή Oued Souhil, ΝΑ της Τύνιδας.

Το τοπικό υδροφόρο στρώμα το συναντάμε σε αλλουβιακές αποθέσεις που συνίστανται βασικά από άμμους (πάχους 15-20 m) και έχουν ως υπόβαθρο ένα αργιλικό στρώμα πλειστόκαινής ηλικίας. Η στάθμη του υπόγειου νερού βρίσκεται σε βάθη μεταξύ 10 και 12 m, ενώ συνεχίστηκε εντατική εκμετάλλευση του υδροφορέα για την άρδευση 3.000 στρεμμάτων εσπεριδοειδών (Παρασκευάς, 1995).

Το πρόγραμμα στόχευε στην δυνατότητα χρησιμοποίησης αστικών λυμάτων από τρεις γειτονικές πόλεις με πληθυσμό 200.000 κατοίκων, μετά από βιολογικό καθαρισμό με τη μέθοδο των λεκανών. Αυτός ο πιλοτικός σταθμός έχει 4 λεκάνες, με διαστάσεις 20 m x 20 m x 1,7 m η κάθε μια και είχε η κάθε μία 3 πηγάδια και 18 πιεζομετρικές γεωτρήσεις (Παρασκευάς, 1995).

Σε δύο ζεύγη λεκανών εναλλάξ συνολικά πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα τεχνητού εμπλουτισμού. Επίσης έγιναν για 69 ημέρες και απορροφήθηκε όγκος νερού 7.500 m^3 ή 833 m^3 /ημέρα. Το ύψος του νερού στις λεκάνες ήταν 1 m.

Ένα από τα πιο βασικά συμπεράσματα ήταν ότι μειωνόταν σχετικά γρήγορα η απορροφητικότητα του νερού λόγω "clogging" του πυθμένα από τα αιωρούμενα στερεά και τις ουσίες που είχε το νερό εμπλουτισμού. Αυτό σημαίνει πως ήταν αναγκαίο να εναλλάσσονται γρήγορα οι υγροί και οι ξηροί κύκλοι στις λεκάνες για να αναμοχλεύεται ο πυθμένας τους.

2.15 Επαναχρησιμοποίηση στον κόσμο

Το 2011, 7km^3 ετησίως ξαναχρησιμοποιήθηκαν από τα δημοτικά επεξεργασμένα λύματα σε όλο τον κόσμο και αυτό αντιπροσώπευε το 0,59% της συνολικής χρήσης νερού. Η Global Water Intelligence (GWI) εκίμησε ότι η αγορά για επαναχρησιμοποίηση νερού ήταν σε παγκόσμιο επίπεδο στα πρόθυρα της επέκτασης και αναμένεται να ξεπεράσει το ενδιαφέρον της αφαλάτωσης στο μέλλον. Προβλέπεται ότι μέχρι το 2030 η επαναχρησιμοποίηση του νερού θα αντιπροσωπεύει το 1,66% της συνολικής χρήσης νερού. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η γεωργική άρδευση είναι η κύρια κατηγορία για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, με το 32% του αναγεννημένου νερού να χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό, με 20% σε χώρους πρασίνου για άρδευση και 19% για βιομηχανικές χρήσεις. Η ανατροφοδότηση των υπόγειων υδάτων είναι μία από τις λιγότερες αναπτυγμένες παγκόσμιες χρήσεις με το 2% του αναγεννημένου νερού, να χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό (EU-level instruments on water reuse, 2016).

Το 2006, ο συνολικός όγκος των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στην Ε.Ε ανήλθαν σε 964 εκατομμύρια m^3 / έτος, αντιπροσωπεύοντας το 2,4% των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων ή λιγότερο από 0,5% της ετήσιας άντλησης του γλυκού νερού στην Ε.Ε (EU-level instruments on water reuse, 2016).

Επίσης το 2006, η Ισπανία και η Ιταλία σημείωσαν, από κοινού, σε ποσοστό περίπου το 60% του συνολικού όγκου των αστικών υγρών λυμάτων που αντιμετωπίζονται στην Ε.Ε., όπου έκαναν επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Οι άλλες χώρες επαναχρησιμοποιούν τα λύματα πολύ λιγότερο. Τα στοιχεία της επαναχρησιμοποίησης σε γενικές γραμμές μειώνονται όσο βορειότερα πάει κανείς. Σε σύγκριση με τη δημιουργία του όγκου των λυμάτων που παράγονται σε κάθε ένα από τα κράτη μέλη, η επαναχρησιμοποίηση θεωρήθηκε πολύ σημαντική στη Κύπρο και στη Μάλτα, όπου το 89% και περίπου το 60% των επεξεργασμένων λυμάτων από μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, τα οποία επαναχρησιμοποιούνται αντίστοιχα. Σε άλλες χώρες όπως η Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων αποτελεί το 5% και 12% του συνόλου των επεξεργασμένων λυμάτων από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (EU-level instruments on water reuse, 2016).

Πίνακας 2.5: Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ετησίως (TYP SA, 2013).

Χώρα	Όγκος εκατομμύρια m^3 ετησίως
ΕΕ	964
Ισπανία	347
Ιταλία	233
Γερμανία	42
Ελλάδα	23

Το 2016, μόνο περίπου το 1.100 εκατομμύρια m^3 / έτος των επεξεργασμένων λυμάτων εκτιμάται ότι θα επαναχρησιμοποιηθούν στην Ε.Ε., ενώ το δυναμικό της Ε.Ε για την επαναχρησιμοποίηση του νερού θεωρείται ότι είναι πολύ μεγαλύτερο: ένας όγκος της τάξης των 6.000 εκατομμύρια m^3 / έτος μέχρι το 2025 μπορεί να είναι εφικτός, στην περίπτωση των χωρών της Ε.Ε με ρυθμιστικά και οικονομικά κίνητρα (Λυρά, 2017).

Από τα κράτη μέλη όπου η επαναχρησιμοποίηση νερού που είχε χρησιμοποιηθεί, αναπτύχθηκαν πρότυπα από την Κύπρο, Γαλλία, Ελλάδα, Ιταλία, Πορτογαλία και Ισπανία. Σε όλες τις χώρες εκτός από την Πορτογαλία τα πρότυπα αυτά είναι νομικά δεσμευτικά. Στην παγκόσμια αγορά επαναχρησιμοποίησης, μια κίνηση προς την κατεύθυνση της τυποποίησης έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια. Οι Π.Ο.Υ και ISO έχουν εκδώσει κατευθυντήριες

γραμμές σχετικά με την ασφαλή χρήση των υγρών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένου για αρδευτική χρήση. Τέλος, η επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι μια αναδυόμενη παγκόσμια αγορά και η Ε.Ε θα προάγει τη σημασία αυτών των τεχνολογιών και των δεξιοτήτων των εταιριών της Ε.Ε έναντι των δυνητικών πελετών σε τρίτες χώρες (Λυρά, 2017).

Το ποσοστό του νερού, σε παγκόσμιο επίπεδο, που χρησιμοποιείται στη γεωργία υπερβαίνει το 70% της συνολικής κατανάλωσης (Λυρά, 2017). Σε περίπτωση που οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για αγροτικές εφαρμογές, μπορεί η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων να συμβάλει καθοριστικά στην κάλυψη του υδατικού ισοζυγίου μιας περιοχής (Λυρά, 2017).

Στις περιοχές της Μέσης ανατολής και της Μεσογείου η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών αποτελεί μια πρακτική, που με την πάροδο του χρόνου αποτελεί αναγκαιότητα. Αυτό οφείλεται στο ξηρό και ημίξηρο κλίμα, την ανάγκη άρδευσης των καλλιεργειών την περίοδο του καλοκαιριού, τη μεγάλη έλλειψη υδατικών πόρων, την μεγάλη αύξηση του πληθυσμού και την ανάγκη εξοικονόμησης νερού από την γεωργία για χρήση σε άλλες δραστηριότητες, όπως τουρισμό, βιομηχανία και βελτίωση του επιπέδου ζωής. Έτσι η επαναχρησιμοποίηση εφαρμόζεται ως ένας πλέον φυσικός πόρος νερού για χρήση από τις τοπικές κοινωνίες. Η χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση έχει σταδιακά υιοθετηθεί από αρκετές Μεσογειακές χώρες και χώρες της Μέσης ανατολής. Από την άλλη πλευρά στις χώρες της βόρειας και κεντρικής Ευρώπης τα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης δεν είναι τόσο ανεπτυγμένα, διότι οι εν λόγω χώρες δεν αντιμετωπίζουν προς το παρόν προβλήματα επάρκειας ύδατος, όπως συμβαίνει στις χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου. Τα περισσότερα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης που υπάρχουν αφορούν εφαρμογές στον τομέα του αστικού πρασίνου και χρήση στη βιομηχανία (Hamilton, 2007).

Πιο συγκεκριμένα ακολουθεί αναλυτική περιγραφή επαναχρησιμοποίησης σε κάθε μία χώρα από όλο τον κόσμο ξεχωριστά.

2.15.1 Η.Π.Α

Οι περισσότερες περιοχές όπου θέτουν σε εφαρμογή την επαναχρησιμοποίηση του νερού βρίσκονται στις άνωδρες και ημιάνυδρες δυτικές και βορειοδυτικές πολιτείες, όπως η Αριζόνα, η Καλιφόρνια, το Κολοράντο, η Νεβάδα, το Τέξας και η Γιούτα. Και στις υγρές περιοχές των Η.Π.Α. όπως η Φλόριντα, το Μέριλαντ και το Μισούρι πραγματοποιείται ένας αυξανόμενος αριθμός εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης. Στόχος των εφαρμογών αυτών είναι η μείωση της ρύπανσης του νερού καθώς και η ενίσχυση των υδάτινων αποθεμάτων. Οι εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού έχουν περιοριστεί κυρίως σε μη πόσιμες χρήσεις εξαιτίας του κόστους επεξεργασίας και των θεμάτων υγείας και ασφάλειας. (Metcalf and Eddy, 2007).

Στην πόλη St. Petersburg, οι τέσσερις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και ανάκτησης παραλαμβάνουν πάνω από 40 εκατομμύρια γαλόνια υγρών αποβλήτων την ημέρα. Στη πόλη Χονολουλού, στη Χαβάη τέθηκε σε εφαρμογή το 2000 για πρώτη φορά η επεξεργασία υγρών αποβλήτων με δυνατότητα παραγωγής 13.000.000 γαλονιών την ημέρα. Σκοπός ήταν η διατήρηση των αποθεμάτων του πόσιμου νερού και η μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που διατίθενται στο Ειρηνικό Ωκεανό. Στη Φλόριντα επαναχρησιμοποιούνται 3.000.000 m^3 υγρών αποβλήτων την ημέρα για ωφέλιμες χρήσεις. (USEPA, 2004, Jimenez and Asano, 2008).

Σε πολλές πολιτείες της Αμερικής απαγορεύεται η χρήση ανακτημένου νερού για άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών. Ενώ σε άλλες επιτρέπεται μόνο αν γίνει επεξεργασία των αγροτικών προϊόντων ή δεν καταναλωθούν ωμά. Αν το προϊόν που θα καταναλωθεί δεν έρθει σε άμεση επαφή κατά τη διαδικασία άρδευσης με το ανακτημένο νερό τότε υπάρχουν περιπτώσεις που η δευτεροβάθμια επεξεργασία με απολύμανση είναι αρκετή.

Στην Καλιφόρνια περισσότερο από το 70% των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς (USEPA, 2004, Jimenez and Asano, 2008).

Ιδιαίτερα οι πολιτείες της Καλιφόρνια και Φλόριντα αποτελούν πρωτοπόρες στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για άρδευση τόσο αστικού περιβάλλοντος όσο και αγροτικών εκτάσεων. Η πολιτεία της Καλιφόρνια έχει ξεκινήσει προγράμματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για άρδευση εκτάσεων από το 1890, ενώ το 1970 ο όγκος επεξεργασμένων λυμάτων που χρησιμοποιούνται για άρδευση γεωργικών εκτάσεων είχε φτάσει στο ποσό των 216.000.000 m^3 / έτος. Το 2003 ο αντίστοιχος όγκος επεξεργασμένων λυμάτων, για άρδευση ήταν 730.000.000 m^3 / έτος. Από τον συνολικό όγκο λυμάτων που επαναχρησιμοποιούνται στην Καλιφόρνια, το 48% προορίζεται για την γεωργία, το 20% για την άρδευση αστικού πρασίνου, το υπόλοιπο 32% αφορά την επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων και χρήσεις ανακτημένου νερού στη βιομηχανία (Recycled Water Taskforce, 2003). Τα αντίστοιχα ποσοστά για την Πολιτεία της Φλόριντα έχουν ως εξής: 19% για την χρήση στη γεωργία, 44% για την χρήση στην άρδευση αστικών χώρων και το υπόλοιπο 37% για υπόλοιπες χρήσεις. Η τεχνογνωσία που έχει αναπτυχθεί στην Πολιτεία της Καλιφόρνιας είναι από τις υψηλότερες σε ολόκληρο τον κόσμο, ενώ η νομοθεσία που υπάρχει είναι μία από τις αυστηρότερες σε σύγκριση με τα κριτήρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Από πολλές χώρες στον κόσμο τα κριτήρια της Καλιφόρνιας έχουν υιοθετηθεί στα δικά τους προγράμματα επαναχρησιμοποίησης (USEPA, 2004, Jimenez and Asano, 2008).

2.15.2 Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Μεσόγειος είναι μια ιδιαίτερα ευαίσθητη περιοχή από άποψη υδατικού ισοζυγίου. Θα επιδράσουν αρνητικά στα μεγέθη που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδατικών πόρων, οι αναμενόμενες από τους διεθνείς οργανισμούς αλλαγές στο κλίμα. Εκτιμάται ότι θα υπάρξει μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης, άνοδος της μέσης θερμοκρασίας, και χρονική μετατόπιση ξηρών και υγρών περιόδων (Τσακίρης, 2001).

Στις άνυδρες περιοχές της Μεσογείου είναι αισθητό το πρόβλημα της διαχείρισης των υδάτινων πόρων και προέρχεται από την έλλειψη σε αποθέματα νερού. Με αυτόν τον τρόπο σημειώνονται φραγμοί στην άρδευση των καλλιεργειών και στη γενικότερη οικονομική ανάπτυξη των συγκεκριμένων περιοχών, καθώς και από την όξυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων λόγω της αυξημένης παραγωγής αποβλήτων στα μεγάλα αστικά κέντρα.

Σε έρευνα που έγινε (Kellis M, Kalavrouziotis I.K, Gikas P, 2012) με σκοπό να εξετάσουν τους κανονισμούς επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων, τις πρακτικές και τις εφαρμογές των χωρών της περιοχής της Μεσογείου, με ιδιαίτερη έμφαση στις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης για αστικές και βιομηχανικές χρήσεις. Η λειψυδρία και η ανάγκη ύδατος εγκαθιδρύονται στις μεσογειακές χώρες χρησιμοποιώντας διεθνείς δείκτες για τη διασυννοριακή σύγκριση της διαθεσιμότητας νερού ειδικά για την παροχή γλυκού νερού για δημοτικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Χρησιμοποιούνται κριτήρια επαναχρησιμοποίησης λυμάτων με βάση την απαραίτητη, συγκεκριμένη εφαρμογή, ποιότητα παραγωγής επεξεργασίας. Τα δεδομένα για κάθε χώρα εξετάζονται και συνοψίζονται οι κανονισμοί που διέπουν κάθε χώρα γύρω από την επαναχρησιμοποίηση και τις εφαρμογές, εστιάζοντας, κατά περίπτωση, στην παραγωγή και χρήση αποχετευτικών αποβλήτων για δημοτικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Επίσης παρουσιάζεται μια κριτική επισκόπηση των οδηγιών και των κανονισμών που διέπουν αυτές τις χώρες. Αφού εξετάσουμε τις πολλαπλές παραμέτρους που συνδέονται με την υιοθέτηση της επαναχρησιμοποίησης των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, όπως η υδροδότηση και η έλλειψη νερού, οι εθνικές και περιφερειακές παράμετροι, καθώς και οι πιθανές εφαρμογές, επισημαίνουμε ότι η υιοθέτηση επιταχύνεται σε χώρες που έχουν ισχυρότερες οικονομίες και υψηλότερες ανάγκες σε νερό. Η εξέλιξη αυτή τροφοδοτείται από ευνοϊκές κατευθυντήριες γραμμές και κανονισμούς. Αντίθετα παρεμποδίζεται από απαγορευτικές οδηγίες και κανονισμούς. Η επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων για τις δημοτικές και βιομηχανικές εφαρμογές παραμένει μέχρι στιγμής ένα διακριτικό παιχνίδι του πολιτισμού, της αντίληψης, της θρησκείας, της διαθέσιμης τεχνολογίας και της πολιτικής. Μία αυξανόμενη τάση στην κατασκευή και τον προγραμματισμό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων παρατηρείται σε όλες σχεδόν τις χώρες της περιοχής της Μεσογείου. Επιπλέον, τα πρότυπα επαναχρησιμοποίησης ύδατος βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης με τρόπο που να λαμβάνει σαφώς υπόψη τις τοπικές συνθήκες, ενώ παράλληλα διασφαλίζει

εύλογα τη δημόσια υγεία. Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για δημοτικές και βιομηχανικές εφαρμογές στις μεσογειακές χώρες παραμένει στα αρχικά στάδια της υιοθέτησης και οι δυνατότητες βελτίωσης είναι ανοικτές (Kellis M, Kalavrouziotis I.K, Gikas P, 2012).

Στην Ε.Ε. αρκετές χώρες της Μεσογείου σημείωναν συχνά σοβαρά προβλήματα λόγω της αυξημένης ζήτησης για νερό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι λόγοι ήταν στις μειωμένες κατακρημνίσεις, στην αυξημένη εξάτμιση του νερού αλλά και στις όλο αυξανόμενες απαιτήσεις στη γεωργία και στον τουρισμό. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως η έλλειψη σε αποθέματα νερού έχει αρχίσει να επηρεάζει και χώρες που δεν είχαν ανάλογα προβλήματα. Χώρες όπως η Γαλλία, η Αγγλία, η Ιταλία, το Βέλγιο έχουν σοβαρό πρόβλημα απο ξηρασίες τα τελευταία δέκα χρόνια.

Τα στοιχεία των Ηνωμένων Εθνών έχουν δείξει πως τέσσερις μεσογειακές χώρες έχουν λιγότερο, από τα ελάχιστα απαιτούμενα αποθέματα νερού με σκοπό την διατήρηση της δικής τους παραγωγής (750 nr/inh yr). Οχτώ χώρες που βρίσκονται στην νότια περιοχή της Μεσογείου έχει προβλεφθεί ότι μέχρι το 2025, θα αντιμετωπίσουν το ίδιο πρόβλημα. Σήμερα στη Μάλτα το νερό για οικιακή χρήση ξεπερνάει κατά 50 % τα διαθέσιμα αποθέματα (Angelakis et al., 1999).

Στις μεσογειακές περιοχές απαιτείται η κατασκευή δαπανηρών χώρων αποθήκευσης του νερού καθώς και υψηλά επίπεδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων εξαιτίας της ανομοιόμορφης κατανομής των βροχοπτώσεων. Το βασικό πρόβλημα, στις περισσότερες μεσογειακές χώρες, δεν είναι η έλλειψη νερού αλλά το υψηλό κόστος παραγωγής κατάλληλου νερού στις περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη κατά την απαιτούμενη χρονική περίοδο (Angelakis et al., 1999).

Στα νησιά του Αιγαίου, (Gikas P and Tchobanoglous G, 2009) οι απαιτήσεις νερού αυξήθηκαν σταθερά κατά την τελευταία δεκαετία ως αποτέλεσμα της οικοδομικής έκρηξης νέων κατοικιών, ξενοδοχείων και θέρετρων. Η αύξηση της ζήτησης ύδατος είχε ως αποτέλεσμα τη διάλυση των πρακτικών διαχείρισης βιώσιμων υδατικών πόρων. Προς το παρόν, οι περισσότερες ανάγκες σε γλυκά ύδατα πραγματοποιούνται μέσω της χρήσης περιορισμένων υπόγειων υδάτων, αφαλατωμένου θαλασσινού νερού και εισαγωγής γλυκού νερού. Η αποκατάσταση των λυμάτων, που δεν χρησιμοποιείται εκτεταμένα, μπορεί να χρησιμεύσει ως εναλλακτική πηγή νερού, για μια ποικιλία εφαρμογών που εξυπηρετούνται τώρα με αφαλατωμένο και εισαγόμενο νερό. Τρεις εναλλακτικές διεργασίες: η αφαλάτωση, η εισαγωγή και η αποκατάσταση των υδάτων συγκρίνονται σε σχέση με το κόστος, τις ενεργειακές απαιτήσεις και τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα. Με βάση τις συγκρίσεις που έγιναν, η αποκατάσταση και η επαναχρησιμοποίηση των υδάτων θα πρέπει να αποτελούν συνιστώσα κάθε μακροπρόθεσμης στρατηγικής διαχείρισης των υδατινών πόρων. Η μακροπρόθεσμη καταστολή και επαναχρησιμοποίηση των υδάτων πρέπει να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη βιώσιμων στρατηγικών διαχείρισης των υδάτων για τις νησιωτικές περιοχές του Αιγαίου και, ενδεχομένως, για άλλες απομονωμένες περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου (Gikas P and Tchobanoglous G, 2009).

Στην Ευρώπη μέχρι στιγμής έχει τεθεί σε εφαρμογή μόνο ένα σχέδιο επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για παραγωγή πόσιμου ύδατος. Το πρόγραμμα αυτό έγινε στο Βέλγιο και στοχεύει στη μείωση της εκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφορέων και στη συγκράτηση της υπαλμύρωσης στις φλαμανδικές ακτές (Bixio et al., 2006). Στις μεγαλύτερες ευρωπαϊκές πόλεις έχει γίνει έμμεση η μη σχεδιασμένη επαναχρησιμοποίηση για παραγωγή πόσιμου νερού. Στην Ευρώπη υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για την τεχνητή επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων με σκοπό την προστασία τους από την διήθηση του θαλάσσιου νερού σε αυτούς. Δυο μεγάλα προγράμματα που έχουν εφαρμοστεί στον συγκεκριμένο τομέα, είναι αυτό της Βαρκελώνης και του βόρειου Λονδίνου αλλά και πολλά ακόμη μικρότερα, σε μέγεθος, σε διάφορες χώρες (Bixio et al., 2006).

ΙΣΠΑΝΙΑ, Ένα τα προγράμματα άρδευσης που έχει εφαρμοστεί ασχολείται με 95.000 στρεμμάτων καλλιεργειών στη βόρεια Ισπανία. Η νομοθεσία της συνδυάζει αυστηρή εθνική νομοθεσία και λιγότερο αυστηρούς τοπικούς κανονισμούς (Καταλονία, Ανδαλουσία – στο

πνεύμα της Οδηγίας του Π.Ο.Υ.). Το 2006, η Ισπανία μαζί με την Ιταλία αντιπροσωπεύουν το 60% του συνολικού όγκου των αστικών υγρών λυμάτων που αντιπροσωπεύονται στην Ε.Ε για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Στη βόρεια Ισπανία βρίσκεται ένα από τα πιο εντυπωσιακά προγράμματα άρδευσης καλλιεργείων με επεξεργασμένα λύματα, στην περιοχή Vitoria όπου 95.000 στρέμματα καλλιεργείων αρδεύονται κατά την καλοκαιρινή περίοδο με επεξεργασμένα λύματα, σύμφωνα με τα αυστηρά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας (U.S.EPA, 2004). Στην Ισπανία σχεδιάστηκε ένα εθνικό υδρολογικό σχέδιο εύπορο ως προς την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για άρδευση. Επίσης η χρήση ανακτημένου νερού εφαρμόζεται ήδη σε διάφορες ισπανικές περιοχές με τέσσερις κύριες εφαρμογές, άρδευση γηπέδων γκολφ, γεωργική άρδευση, επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων (ειδικότερα για να σταματήσει η υφαλμύρωση των υπόγειων υδροφορέων) και τέλος για την αύξηση της ροής των ποταμών. Τρεις αυτόνομες επαρχίες (Ανδαλουσία, Καταλανία και Βαλεαρίδες Νήσοι) έχουν θεσπίσει κανονισμούς και οδηγίες σχετικά με το ανακυκλωμένο νερό (Angelakis et al., 2003). Οι κανονισμοί αυτοί ακολουθούν περισσότερο τις οδηγίες του W.H.O. Επίσης ένα άλλο υδρολογικό σχέδιο που έγινε στα Κανάρια Νησιά, λαμβάνει υπόψη την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων (Angelakis et al., 1999).

ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ Στην Πορτογαλία, το ανακυκλωμένο νερό είναι πολύτιμος πόρος για άρδευση των καλλιεργείων και υπολογίζεται ότι η ποσότητα των επεξεργασμένων λυμάτων φτάνει στα 580 Mm³/yr. Σε περίπτωση που δεν κάνουν αποθήκευση η ποσότητα αυτή είναι αρκετή για να καλύψει περίπου το 10 % των αναγκών για άρδευση σε μια περίοδο ξηρασίας. Η χρήση του ανακυκλωμένου νερού παίζει σημαντικό αναπτυξιακό ρόλο στον τομέα τις γεωργίας σε περιοχές με προβλήματα ξηρασίας (Beja, Evora, Setubal, Lisboa and Santarem). Θα μπορούσαν να αρδευτούν από 35.000 έως και 100.000 ha γης ανάλογα με την ικανότητα αποθήκευσης του ανακυκλωμένου νερού. Επίσης ενδιαφέρον σημειώνει και για άλλες εφαρμογές όπως η άρδευση γηπέδων γκολφ. Στο νότιο τμήμα της χώρας εντοπίζονται κάποιες περιπτώσεις άρδευσης με ανακυκλωμένο νερό σε οπωρώνες, αμπέλια και γήπεδα γκολφ. Η προετοιμασία των πορτογαλικών οδηγιών σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των αστικών αποβλήτων βρίσκεται σε εξέλιξη μέχρι και σήμερα (Angelakis et al., 2003).

ΓΑΛΛΙΑ, 20 έως 30 σταθμοί επεξεργασίας υγρών λυμάτων, καλύπτουν περισσότερα από 30.000 στρέμματα αρδεύομενης γης. Η νομοθεσία στη Γαλλία στηρίζεται στα κριτήρια του Π.Ο.Υ. που αφορούν αυστηρούς κανόνες σχετικά με την προστασία των υπόγειων και επιφανειακών νερών. Αναλυτική αναφορά στο κεφάλαιο 6. Επίσης, ένα τοπικό σχέδιο επαναχρησιμοποίησης έχει αναπτυχθεί στην περιοχή του Clermont Ferrand, όπου στόχος είναι η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων στο εργοστάσιο επεξεργασίας ζάχαρης, προκειμένου να ποτιστεί 1.400 ha γειτονικής φάρμας. Η αδυναμία της εξόρυξης περαιτέρω νερό από το τοπικό κανάλι οδηγούσε στον περιορισμό της γεωργικής παραγωγής και από τα 1.400 ha μόνο τα 200 ha θα μπορούσαν να αρδεύονται. Κατά την διάρκεια του χειμώνα τα λύματα από το εργοστάσιο της ζάχαρης απλώνονται σε γεωργικές εκτάσεις προκειμένου να παρέχουν θρεπτικά συστατικά και περιεκτικότητα σε οργανική ύλη και το καλοκαίρι τα λύματα χρησιμοποιούνται για την άρδευση των καλλιεργείων. Στο μεταξύ αυτών των δύο εποχών, το νερό αποθηκεύεται μέσα σε μια λιμνοθάλασσα, όπου διαπιστώθηκε πως ήταν επωφελής για τη βιομηχανία και τους αγρότες αλλά και για τις τοπικές αρχές (ONEMA-Irstea Centre, 2013). Η επαναχρησιμοποίηση υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων ενθαρρύνεται από τις αρμόδιες υπηρεσίες κυρίως σε μικρές κοινότητες με τουριστικό ενδιαφέρον. Εξαιτίας του αυξημένου κόστους της τριτοβάθμιας επεξεργασίας έχουν παραγματοποιηθεί λίγα σχέδια επαναχρησιμοποίησης στη Γαλλία. Τα έργα επαναχρησιμοποίησης που έχουν εφαρμοστεί καλύπτουν τις ανάγκες για άρδευση 3.000 ha με αρκετά μεγάλη ποικιλία εφαρμογών όπως κηπουρικά φυτά, οπωρολαχανικά, δημητριακά, καλλιέργειες με δέντρα, δάση, λιβάδια, κήπους και γήπεδα γκολφ (Angelakis and Bontoux, 2001).

ΙΤΑΛΙΑ, χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σε περίπου 40.000 στρέμματα. Η Ιταλία έχει ένα αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών Τοπικός χαρακτήρας και διαφοροποίηση κριτηρίων ανά περιοχή. Στο Μιλάνο ιδρύθηκε το 2000 η Ε.Ε.Λ Nosedo. Η Ε.Ε.Λ είναι η μεγαλύτερη της περιοχή και επεξεργάζεται περίπου

150 εκατομμύρια m^3 / έτος λυμάτων. Επίσης βρίσκεται σε μία μεγάλη αγροτική περιοχή που καλλιεργούν καλαμπόκι, ρύζι, σιτηρά και έχει εκτάσεις με γρασίδι. Το 2014 157.400.000 m^3 λύματα επεξεργάστηκαν και διατέθηκαν για αρδευτικούς σκοπούς. Στον ποταμό Vettabia εφαρμόστηκε μια από τις παλαιότερες περιπτώσεις άρδευσης με απόβλητα. Ο ποταμός αυτός λαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των βιομηχανικών και αστικών απόβλητων. Το ανακυκλωμένο νερό καλύπτει τις ανάγκες περίπου 4.000 ha. Οι αγρότες της περιοχής κατέβαλαν τέλος παραχώρησης 1827 ευρώ για να τους επιτραπεί η χρήση νερού από το ρεύμα Vettabbia. Η αμοιβή που καταβάλλεται από τους αγρότες δεν είναι ανάλογη με τον όγκο του νερού που αντλείται. Επιπλέον, η Ε.Ε.Λ παρέχει ανάκτηση ειδικότερα της ποσότητας του φωσφόρου που δεν είναι ανανεώσιμη και η οποία θεωρείται ότι παρέχει επιπλέον θρεπτικά συστατικά για τους αγρότες καθώς, και να μειώσουν τις ανάγκες τους για τα λιπάσματα. Τέλος, οργανώνονται ανοικτές ημέρες παρουσιάσεων των δραστηριοτήτων της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στο ευρύ κοινό και στους αγρότες, προκειμένου να ενημερωθούν αλλά κυρίως να ενθαρρυνθεί η αποδοχή (Mazizni, 2016). Ένα από τα μεγαλύτερα προγράμματα που τέθηκε σε εφαρμογή ήταν στην Emilia Romagna, σε αυτή την περίπτωση πάνω από 450.000 nr / yr επεξεργασμένου νερού χρησιμοποιούνται για την άρδευση περισσότερων από 250 ha. Επίσης ολοκληρώθηκαν και άλλα προγράμματα στη Σικελία και στη Σαρδηνία όπου χρησιμοποίησαν νέα συστήματα επαναχρησιμοποίησης υγρών απόβλητων για γεωργική Χρήση.

ΚΥΠΡΟΣ, 180.000.000 m^3 λυμάτων/έτος, είναι το 75% του μέσου ετήσιου διαθέσιμου ποσού, και επαναχρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς στη γεωργία. Στην Κύπρο υπάρχουν Κυπριακά Κριτήρια Ποιότητας με τον συνδυασμό της Οδηγίας Π.Ο.Υ. και Κανονισμού Καλιφόρνιας με τις ιδιαίτερες συνθήκες του νησιού. Το 2006, επαναχρησιμοποιήθηκε στην Κύπρο το 89% των επεξεργασμένων λυμάτων από μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων. Επίσης, η Κύπρος θεωρείται μια πρωτοποριακή χώρα στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων και γ αυτό αποτελεί ξεχωριστό παράδειγμα προς μίμηση στα υπόλοιπα κράτη της Ε.Ε. Το ξηρό αλλά ταυτόχρονα και θερμό κλίμα, η άνιση κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων σε συνδυασμό με την έντονη τουριστική ανάπτυξη, το μικρό σχετικά ύψος δημιουργούν άριστες προϋποθέσεις για έργα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων. Αρχικά η επικράτηση τεχνητών δεξαμενών σταθεροποίησης υποχωρεί. Ιδιαίτερα στις τουριστικές παραλιακές περιοχές, όπου το κόστος της γης είναι υψηλό και επεκτείνεται η δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια βιολογική επεξεργασία φιλτράρισμα και απολύμανση (U.S.EPA, 1992). Στην Κύπρο 180.000.000 m^3 / έτος υγρών λυμάτων αντιπροσωπεύει το 75% του μέσου ετήσιου διαθέσιμου ποσού και επαναχρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς στην γεωργία. Το υπόλοιπο 25% επαναχρησιμοποιείται στην εγχώρια βιομηχανία και σε άλλους σκοπούς. Τα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην γεωργία είναι αυστηρότερα από αυτά που έχει προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Καλαβρουζιώτης, 2010). Τέλος, προγραμματίζεται και μια σύγχρονη εκτέλεση έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης. Ένα παράδειγμα έργου τεχνητού υδροφορέα στη Κύπρο αποτελεί το σύστημα επαναφόρτισης για τον υδροφορέα Έζουσας στην Κύπρο, όπου το επεξεργασμένο νερό αναμιγνύεται με νερό από το φράγμα Ασπρόκρεμμου πριν επαναφορτιστεί στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω των ειδικά κατασκευασμένων ρηχών νερών. Αυτό το νερό μετά από φυσικό καθαρισμό, αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα με σκοπό την άδρευση. Η άντληση πραγματοποιείται στρατηγικά, έτσι ώστε ο χρόνος διατήρησης του νερού στον υδροφόρο ορίζοντα να μεγιστοποιείται (Water Scarcity in Cyprus Sofroniou A. And Bishop S, 2014). Η Κύπρος μπορεί να θεωρηθεί μία πρωτοποριακή χώρα όσο αφορά την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Άριστες προϋποθέσεις για έργα ανάκτησης-επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων δημιουργούν το ξηρό και θερμό κλίμα, η άνιση κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων σε συσχετισμό με την έντονη τουριστική ανάπτυξη (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995). Στη Λεμεσό, το καλοκαίρι του 1995, λειτούργησε ο πρώτος μεγάλος κεντρικός σταθμός επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Μέχρι σήμερα λειτουργούν σταθμοί επεξεργασίας με συνολική δυναμικότητα 20 Mm^3 / yr . Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα χρησιμοποιούνται για την άρδευση ποδοσφαιρικών γηπέδων, πάρκων, κήπων ξενοδοχείων και για την άρδευση μόνιμων καλλιεργείων. Τα κριτήρια που έχουν θεσπιστεί και έχουν να κάνουν με την

επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση είναι πιο αυστηρά από τις οδηγίες του W.H.O., αλλά είναι και εκτός της φιλοσοφίας του κανονισμού της Καλιφόρνια. Πιο συγκεκριμένα λαμβάνουν υπόψη τις ειδικές συνθήκες που ισχύουν στην Κύπρο και ακολουθούν ένα κώδικα που εξασφαλίζει την καλύτερη ποιότητα του αρδεύσιμου νερού (Angelakis et al., 1999).

ΜΑΛΤΑ, το 2006 επαναχρησιμοποιήθηκε το 60% των επεξεργασμένων λυμάτων της.

ΟΛΛΑΝΔΙΑ, από το 2014 μια ιδιωτική εταιρία στην Ολλανδία έχει λειτουργήσει την μονάδα επεξεργασίας νερού "AquaReUse", η οποία συλλέγει τα λύματα από δέκα εταιρείες φυτοκομίας και τα επεξεργάζεται με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους ως αρδευτικό νερό, ενώ ταυτόχρονα ικανοποιεί τις σχετικές απαιτήσεις των αγροτών με την ποιότητα του νερού, η οποία είναι κατάλληλη για χρήση στην κηπουρική. Η εγκατάσταση χρησιμοποιεί έναν τεχνητό υδροβιότοπο, φίλτρα και αντίστροφη ώσμωση πριν από την χρήση του επεξεργασμένου νερού για άρδευση και υδροφόρο ορίζοντα αποθήκευσης επαναφόρτιση. Κατά μέσο όρο, η εγκατάσταση παρέχει 123.000 m^3 νερό στα θερμοκήπια. Τα πλεονάσματα εγχέονται στο έδαφος για να χρησιμοποιηθούν ως αποθεματικό (Cuijpers, Dutch Regional Water Authority, 2015).

ΓΕΡΜΑΝΙΑ, έχει αρκετή εμπειρία με θέματα που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση και πλέον έχει αξιόλογη τεχνογνωσία στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων για γεωργικούς σκοπούς. Επίσης, για το 8% της καλλιεργούμενης έκτασης απαιτείται συμπληρωματική άρδευση και το 3% της συνολικής συλλεγόμενης παροχής των υγρών αποβλήτων σε συστήματα αποχέτευσης εφαρμόζεται στο έδαφος για άρδευση διαφόρων εκτάσεων. Οι αρμόδιες γερμανικές αρχές έχουν θεσπίσει ειδικούς κανονισμούς προστασίας των κατοικημένων περιοχών που γειτνιάζουν με τέτοιες εκτάσεις σε περιπτώσεις εφαρμογής ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων στο έδαφος. Στην περιοχή της πρώην Ανατολικής Γερμανίας πραγματοποιήθηκαν αυξημένες αποδόσεις σιτηρών, σακχαρότευτλων, πατάτας και διαφόρων κτηνοτροφικών φυτών, αρδεύόμενες με εκροές υγρών αποβλήτων χαμηλού επιπέδου προεπεξεργασίας (Αγγελάκης, 1989).

ΒΕΛΓΙΟ, ενώ δεν υπάρχει καμία νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση του νερού για επαναφόρτιση του υδροφορέα, το εργοστάσιο νερού Torreele έχει χρησιμοποιήσει το επεξεργασμένο νερό από τα λύματα του δήμου, για την διήθηση του νερού, με σκοπό τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδάτων. Ο υδροφορέας χρησιμοποιείται για την άντληση πόσιμου νερού και τέθηκαν συγκεκριμένα πρότυπα αλλά και τεχνολογικές απαιτήσεις για διήθηση και αντίθετη ώσμωση (DOW, Water & Process Solutions, 2002). Το Βέλγιο έχει ένα από τα χαμηλότερα ποσοστά σε διαθέσιμους πόρους ύδατος μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. Ένα μικρό ποσοστό των λυμάτων υφίστανται επεξεργασία Angelakis and Bontoux, 2001). Η ποσότητα των λυμάτων που επαναχρησιμοποιούνται είναι χαμηλή. Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων θα μπορούσε να γίνει περισσότερο ελκυστική σε τομείς όπως η βιομηχανία σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, για επεξεργασία τροφίμων, καθώς και σε άλλες βιομηχανίες δραστηριότητες με υψηλά ποσοστά χρησιμοποίησης του νερού. Πραγματοποιούνται διάφορα βιομηχανικά προγράμματα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων στην περιοχή της Φλαμανδίας και εφαρμόζονται σε τομείς όπως παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, επεξεργασία τροφίμων, κατασκευή χάλυβα και στην κλωστοϋφαντουργία. Η εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης που έχει καθιερωθεί είναι η χρήση του ανακυκλωμένου νερού για άρδευση σε θερινές καλλιέργειες (Angelakis et al., 2003).

ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ Η Αγγλία είναι η πρώτη χώρα της Ευρώπης όπου εγκρίθηκε σε νομοθετικό πλαίσιο η ελεγχόμενη εφαρμογή υγρών αποβλήτων με επαναχρησιμοποίηση τους στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς (Aggelakis και Tchobanoglous, 1995). Λόγω της μέχρι πρόσφατα κάλυψης των απαιτούμενων αναγκών με τα υπάρχοντα αποθέματα νερού έχουν εφαρμοστεί λίγα σχέδια επαναχρησιμοποίησης. Αναμένονται περισσότερες εφαρμογές μετά από τις ξηρασίες των τελευταίων ετών με σκοπό να αυξηθούν σημαντικά κατόπιν της κοινωνικής, πολιτικής και κλιματολογικής πίεσης (Angelakis et al., 2003). Στο Essex πραγματοποιήθηκε ένα από τα μεγαλύτερα σχέδια εφαρμογής επαναχρησιμοποίησης για έμμεση πόση. Για την αύξηση της ροής του ποταμού Chelmer

χρησιμοποιούνται πάνω από 40.000 nr/d υγρών αποβλήτων μετά από τριτογενή επεξεργασία. Επίσης, στη συνέχεια το νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενή μέχρι την τελική του διανομή για γεωργική χρήση (Angelakis et al., 2003).

ΑΥΣΤΡΙΑ Στην Αυστρία η έλλειψη νερού σημειώνεται κυρίως σε μερικές περιοχές στα ανατολικά και νότια της χώρας. Μόνο για την αποφυγή της ρύπανσης ή για τη μείωση του κόστους επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιείται το ανακτημένο νερό. Η Αυστρία έχει μια πολύ ισχυρή προληπτική αρχή σχετικά με την προστασία του εδάφους και των επιφανειακών υδάτων, έτσι η υπάρχουσα νομοθεσία περιορίζει την κατανάλωση νερού σε αρκετές βιομηχανίες και τους επιβάλλει να χρησιμοποιούν ανακυκλωμένο νερό (Angelakis et al., 2003).

2.15.3 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε χώρες Μεσογείου (Εκτός ΕΕ)

ΙΣΡΑΗΛ, Περισσότερο από το 80% των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων του Ισραήλ χρησιμοποιείται στη γεωργία. Το 70% περίπου του νερού που χρησιμοποιείται στη γεωργία είναι ανακτημένα λύματα. Από το 2010, το Ισραήλ οδηγεί τον κόσμο στην αναλογία του νερού που ανακυκλώνεται και σε αυτό συνέβαλε το γεγονός ότι πρόκειται για μια χώρα με μεγάλη ανάπτυξη και τεχνολογία στον τομέα της γεωργίας. Το Ισραήλ επεξεργάζεται το 80% των λυμάτων της και το 100% των λυμάτων από τη μητροπολιτική περιοχή Τελ Αβίβ επεξεργάζεται και να επαναχρησιμοποιεί όπως το νερό άρδευσης για τη γεωργία και τα δημόσια έργα. Το υπόλοιπο της ιλύος αντλείται μέσα στη Μεσόγειο, ωστόσο ισχύει ένα νέο νομοσχέδιο που ύστερα από την απαραίτητη επεξεργασία, μετατρέπεται και χρησιμοποιείται η ίλη σε λίπασμα. Μόνο το 20% του επεξεργασμένου νερού χάνεται, λόγω της εξάτμισης, διαρροές και υπερχειλίσσεις. Το ανακυκλωμένο νερό επιτρέπει στους γεωργούς να προγραμματίζουν το μέλλον και να μην περιορίζονται από την έλλειψη νερού. Υπάρχουν πολλά επίπεδα της επεξεργασίας και πολλοί διαφορετικοί τρόποι επεξεργασίας του νερού, το οποίο οδηγεί σε μια μεγάλη διαφορά στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η καλύτερη ποιότητα αναγεννημένου νερού προέρχεται από την προσθήκη μια βαρυτικού φίλτραρίσματος, μετά το χημικό και βιολογικό καθαρισμό. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μικρές λίμνες στις οποίες το νερό διαρρέει μέσα από την άμμο μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα σε περίπου 400 ημέρες και έπειτα αντλείται έξω ως διαυγές καθαρισμένο νερό. Αυτή είναι σχεδόν η ίδια διαδικασία που χρησιμοποιείται στο σύστημα ανακύκλωσης του νερού σε διαστημικό σταθμό, η οποία γυρίζει ούρα και κόπρανα σε καθαρισμένο πόσιμο νερό οξυγόνο και κοπριά. Στο Ισραήλ υπάρχουν πέντε μεγάλα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για γεωργικές χρήσεις. Το παλαιότερο και μεγαλύτερο πρόγραμμα είναι αυτό της περιοχής Dan κοντά στην πόλη του Τελ Αβίβ. Σε αυτό το πρόγραμμα περίπου 130.000.000 m^3 / έτος λυμάτων της πόλης Τελ Αβίβ διατίθεται μετά από επεξεργασία για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και στη συνέχεια αντλούνται για την αρδευτική των αγροτικών εκτάσεων στην έρημο Negev. Μια μέση γεωργική έκταση 16.000 εκταρίων αρδεύεται με αυτό το ανακτημένο νερό. Η τιμή του νερού είναι 0,36 ευρώ/ m^3 . Το επόμενο μεγαλύτερο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης είναι αυτό του Kishon, όπου έχει κατασκευαστεί ένας ταμιευτήρας χρηστικότητας 12.000.000 m^3 , 30 χιλιόμετρα ανατολικά της πόλης της Haifa, στον οποίο καταλήγουν τα επεξεργασμένα λύματα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της πόλης της Haifa. Από τον ταμιευτήρα αυτό στην συνέχεια αρδεύεται μια έκταση της τάξης των 150.000 στρεμμάτων με κύρια καλλιέργεια το βαμβάκι (US EPA, 2004).

ΜΑΡΟΚΟ, τα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης βρίσκονται σε εξέλιξη. Στο Μαρόκο γίνεται επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε μια έκταση 80.000 στρεμμάτων γεωργικής Γης. Στο Μαρόκο παράγονται περίπου 500 Mm^3 /d αστικών λυμάτων, από αυτή την ποσότητα μόνο το 8% υφίσταται επεξεργασία. Στη χώρα λειτουργούν 29 σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων. Το 70 Min ' d επαναχρησιμοποιούνται για σκοπούς άρδευσης, χωρίς όμως να γίνεται κάποια επεξεργασία και χωρίς να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα ασφάλειας για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας (US EPA, 2004).

ΛΙΒΑΝΟΣ Στο Λίβανο, υπάρχουν 15 σταθμοί επεξεργασίας αστικών λυμάτων με συνολική ημερήσια δυναμικότητα 692.000 ηγ. Οι πιο πολλοί από αυτούς δεν είναι σε λειτουργία με αποτέλεσμα να παράγονται μόνο 16.000 m^3 /d επεξεργασμένα λύματα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την διαχείριση των αποβλήτων και των λυμάτων στο Λίβανο δεν αποτελεί προτεραιότητα, και είναι αποτέλεσμα της ασταθούς πολιτικής κατάστασης που επικρατούσε στη χώρα. Αναμένεται μέχρι το 2020 ότι θα έχουν κατασκευαστεί και νέοι κεντρικοί σταθμοί επεξεργασίας και ότι η συνολική ποσότητα επεξεργασμένων λυμάτων που θα παράγεται θα φθάνει το 1 Mm³/d. Μία μεγάλη ποσότητα των επεξεργασμένων αλλά και των μη επεξεργασμένων λυμάτων χρησιμοποιείται για άρδευση (US EPA, 2004).

Στις χώρες της βόρειας Αφρικής, το πρώτο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης για άρδευση αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1960 και αφορούσε στην άρδευση 12.000 στρεμμάτων, κυρίως εσπεριδοειδών, με επεξεργασμένα λύματα από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της πόλης Charguia. Μετά από αυτό το πρωτοπόρο πρόγραμμα της δεκαετίας του 1960 υπήρξε μια περίοδος στασιμότητας σε ότι αφορά τα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης στην Τυνησία. Το ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίηση αναζωπυρώθηκε από την δεκαετία του 1990 ως αποτέλεσμα έντονων περιόδων ξηρασίας που πέρασε η χώρα και της τεράστιας πίεσης που δέχτηκε στο υδατικό της ισοζύγιο. Έτσι το 1998 χρησιμοποιήθηκαν 8.740.000 m^3 επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση 69.970 στρεμμάτων γης. Ο σχεδιασμός της εν λόγω χώρας είναι μέχρι το 2020 με την χρήση επεξεργασμένων λυμάτων να αρδεύονται περί τα 300.000 στρέμματα (Hamilton, 2007, Jimenez and Asano, 2008).

2.15.4 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε άλλες χώρες

ΜΕΞΙΚΟ, μια έκταση της τάξης των 3.500.000 στρεμμάτων αρδύεται με επεξεργασμένα λύματα, ενώ το πιο παλιό πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης βρίσκεται κοντά στην πόλη του Μεξικού, όπου το 90% των λυμάτων της πόλης χρησιμοποιείται μετά από σχετική επεξεργασία για την άρδευση 900.000 στρεμμάτων στην κοιλάδα Mezquidal, με μια παροχή που ανέρχεται στα 4,5 m^3 /έτος (VanderHoek, 2004).

ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ, αποτελεί μία χώρα, όπου εκτονούνται πολλά προγράμματα επαναχρησιμοποίησης τόσο για τη βιομηχανία και τον αστικό χώρο, όσο και για την γεωργία. Έχει αναπτυχθεί αξιόλογη τεχνογνωσία, ενώ η διοίκηση έχει καταρτίσει όρους και κριτήρια για την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Στην Αυστραλία περίπου το 10% των λυμάτων της επαναχρησιμοποιούνται, ποσό που αντιστοιχεί σε όγκο 166.500.000 m^3 /έτος. Υπάρχουν περίπου 584 προγράμματα επαναχρησιμοποίησης στην χώρα αυτή, από τα οποία 79 αφορούν χρήσεις στην βιομηχανία 229 αστικές χρήσεις με κυριότερη την άρδευση γηπέδων γκολφ και 270 αφορούν εφαρμογές της επαναχρησιμοποίησης στον αγροτικό τομέα, 54% του όγκου των επεξεργασμένων λυμάτων. Ένα από τα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης για άρδευση στην Αυστραλία, το οποίο είναι και από τα μεγαλύτερα, είναι αυτό στην επαρχία Virginia. Στην περιοχή αυτή μια ποσότητα επεξεργασμένων λυμάτων της τάξης των 30.000.000 m^3 /έτος εξέρχεται από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Bolivar και χρησιμοποιείται για την άρδευση αγροτικών εκτάσεων που παράγουν λαχανικά (Radcliffe, 2004). Κάποιες εκτιμήσεις δείχνουν ότι στην περιοχή του Σίδνεϊ υπόκεινται επεξεργασία περίπου 1,3 Mm³/d από τα οποία 0,031 Mm³/d επαναχρησιμοποιούνται. Στην Μελβούρνη οι αντίστοιχες ποσότητες είναι 0,8 Mm³/d και 0,017 Mm³/d. Παρατηρούνται αυξητικές τάσεις επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων τόσο στην περιοχή του Σίδνεϊ όσο και στην Μελβούρνη (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

ΙΣΡΑΗΛ, Περισσότερο από το 80% των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων του Ισραήλ αξιοποιείται στη γεωργία. Το 70% περίπου του νερού που χρησιμοποιείται στη γεωργία είναι ανακτημένα λύματα.

ΙΑΠΩΝΙΑ, Στην Ιαπωνία η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων αρχικά έδωσε βάση στο βιομηχανικό τομέα και δεν προβλέπεται άμεσα μία σημαντική επέκταση της χρήσης τους στο γεωργικό τομέα. Σημαντικές παροχές υγρών αποβλήτων διατίθενται στους ποταμούς και

στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για άρδευση γεωργικών καλλιεργειών, όπως συμβαίνει στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη. Η κύρια τάση στοχεύει στη μείωση της ζήτησης του νερού με την επαναχρησιμοποίηση του ανακτώμενου νερού για καθαρισμό τουαλετών, εμπορική), στη χρήση και τις ανάγκες σχολικών κτιρίων. Από το 1986 τέθηκε σε εφαρμογή το δυαδικό σύστημα υδροδότησης πολυκατοικιών και εμπορικών χώρων ενώ στο Τόκιο είναι υποχρεωτική η χρήση ανακτώμενου νερού σε όλα τα κτίρια με επιφάνεια άνω των 30,000 nr. Η Ιαπωνία αποτελεί πρότυπο για αρκετές αστικές πόλεις αναπτυσσόμενων χωρών, αφού η αστική χρήση νερού είναι βασική και πρώτης προτεραιότητας ανάγκη σε σχέση με άλλες χρήσεις, όπως η γεωργική (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

ΚΟΥΒΕΤ, περίπου το ένα τέταρτο της γεωργίας αρδεύεται με επαναχρησιμοποιημένα λύματα.

ΙΡΑΝ, περίπου το 70.000.000 m^3 / έτος επεξεργασμένων λυμάτων χρησιμοποιούνται για την άρδευση διαφόρων καλλιεργειών.

ΣΑΟΥΔΙΚΗ ΑΡΑΒΙΑ, είναι μια χώρα με τεράστιο πρόβλημα υδατικών πόρων, που αυτή την στιγμή χρησιμοποιεί σε μεγάλο βαθμό την τεχνολογία της αφαλάτωσης, προκειμένου να έχει την κατάλληλη ποιότητα νερού για διάφορες χρήσεις αλλά και την γεωργία. Όμως, η αφαλάτωση είναι μια εξαιρετικά ενεργοβόρα βιομηχανική διαδικασία, την οποία η Σαουδική Αραβία μπορεί να υποστηρίξει προς το παρόν λόγω των αποθεμάτων που διαθέτει πετρελαίου. Επειδή τα αποθέματα πετρελαίου μειώνονται, εξετάζεται η επαναχρησιμοποίηση για την επίλυση του προβλήματος των υδατικών τους πόρων. Το 2000 στην περιοχή Riyadh ξεκίνησε ένα πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων συνολικού όγκου 415.000 m^3 / έτος, εκ των οποίων το 45% περίπου κατευθυνόταν για χρήση στη γεωργία (US-EPA, 2004).

ΙΟΡΔΑΝΙΑ, περίπου το 80% των επεξεργασμένων υγρών λυμάτων της, προερχόμενα κυρίως από τον βιολογικό καθαρισμό της περιοχής Samara, αποθηκεύονται στον ταμιευτήρα King Talal, αφού πρώτα αναμιχθούν με νερό από τον ποταμό Wadi Zarqua. Από εκεί με κατάλληλες αρδευτικές διώρυγες το νερό κατευθύνεται προς άρδευση καλλιεργειών στην νοτιότερη πεδιάδα της Ιορδανίας (Jimenez and Asano, 2008).

ΤΥΝΗΣΙΑ, είναι ένας ακόμη πρωτοπόρος της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για άρδευση.

ΑΙΓΥΠΤΟΣ, αποτελεί χώρα όπου προγράμματα επαναχρησιμοποίησης βρίσκονται σε εξέλιξη. Επίσης, αρδεύει περίπου 420.000 στρέμματα καλλιεργειών, εκτός από λάχανα τα οποία τρώγονται ωμά.

ΑΦΡΙΚΗ, στην κεντρική Αφρική δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες σχετικές με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων. Όμως υπάρχουν διάφορες αναφορές ότι τα υγρά απόβλητα επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση που συνορεύει με πόλεις όπου διαθέτουν κεντρικά συστήματα αποχέτευσης και σταθμούς επεξεργασίας αποβλήτων. Επίσης, γίνεται αναφορά σε περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων χωρίς ουσιαστική επεξεργασία τους. Μόνο λίγες πόλεις στην υποσαχάρα Αφρική διαθέτουν συστήματα αποχέτευσης με υπόνομους, πόσο μάλλον μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, η εξαίρεση είναι η Νότια Αφρική και η Ζιμπάμπουε. Οι περισσότεροι κάτοικοι των αστικών κέντρων στην υποσαχάρα Αφρική βασίζονται στις εγκαταστάσεις υγιεινής και σε συστήματα χωρίς υπόνομους, όπως σηπτικές δεξαμενές και βόθροι, ενώ εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και διαχείρισης ιλύος σε αυτές τις πόλεις είναι πραγματικά μία τεράστια πρόκληση.

ΙΝΔΙΑ, πάνω από 730.000 στρέμματα γεωργικής Γης αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα.

ΠΑΚΙΣΤΑΝ, 3250.000 στρέμματα αρδεύονται με λύματα, τα οποία δεν έχουν υποστεί ικανοποιητικό βαθμό επεξεργασίας.

ΡΩΣΙΑ, υπάρχει ειδικός κανόνας για το επίπεδο προεπεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, που εφαρμόζονται στο έδαφος σε συνδυασμό με τα είδη των αρδευτικών γεωργικών καλλιεργειών.

ΙΑΠΩΝΙΑ, είναι ακόμα μια χώρα στην οποία η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για άρδευση χρησιμοποιείται ευρύτατα. Κυρίως τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται για την άρδευση πρασίνου, ενώ το ποσοστό των επεξεργασμένων λυμάτων που χρησιμοποιούνται στην γεωργία είναι περίπου 20.000.000 m^3 που αντιστοιχεί στο 13% της συνολικής επαναχρησιμοποίησης ύδατος στην χώρα (Jimenez and Asano, 2008).

2.16 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για χρήση ως πόσιμο νερό

Η Σιγκαπούρη αποτελεί μια νησιώτικη χώρα όπου αναγκάστηκε να εφαρμόσει μεθόδους, ώστε να μετατρέψει τα λύματα ως πόσιμο νερό. Η Σιγκαπούρη πάντα αναζητούσε καινοτόμες μεθόδους για την αντιμετώπιση των εγγενών της προβλημάτων, όπως η έλλειψη της Γης στη μικρή νησιώτικη χώρα και το ελάχιστο πόσιμο νερό. Έτσι εφάρμοσε μία ακόμη πρακτική εξοικονόμησης φυσικών πόρων, όπως την μετατροπή των λιπασμάτων σε πόσιμο νερό. Μετά από τα εγκαίνια των υπερσύγχρονων εγκαταστάσεων το 2003, εφαρμόστηκε το γνωστό πρόγραμμα NEWater. Η ανακύκλωση των λυμάτων και η χρήση τους ως πόσιμο νερό, βοήθησε τη Σιγκαπούρη να περιορίσει την εξάρτησή που είχε από τη Μαλαισία, φού εισήγαγε από αυτήν ποσότητες νερού για να καλύψει τις ανάγκες της. Η τιμή του εισαγόμενου νερού από τη Μαλαισία ήταν ένας από τους λόγους που είχαν διπλωματικές τριβές (PUB, 2016).

Χάρη στο τετραπλό σύστημα καθαρισμού επιτυγχάνεται η ανακύκλωση των λυμάτων. Το πρώτο στάδιο βασίζεται στην κλασική μέθοδο βιολογικού καθαρισμού. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται δέσμευση αιωρούμενων ακαθαρσιών, επικίνδυνων βακτηρίων, ορισμένων ιών και διάφορων πρωτόζωων και την βοήθεια μικρό-φίλτρων. Το φιλτραρισμένο νερό, που έχει πλέον μόνο λιωμένα άλατα και οργανικές ενώσεις, διοχετεύεται αμέσως μετά μέσω μίας σειράς μεμβρανών. Το τρίτο στάδιο καθαρισμού εφαρμόζει τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης, όπου ημιστεγανές μεμβράνες εγκλωβίζουν ρυπογόνους παράγοντες, όπως βακτήρια, ιούς, βαρέα μέταλλα, ενώσεις του αζώτου, του χλωρίου, υποπροϊόντα απολύμανσης και ίχνη φυτοφαρμάκων. Το νερό που παράγεται από το στάδιο δεν έχει ιούς και βακτήρια, αλλά έχει ελάχιστες ποσότητες αλάτων και οργανικής ίλης. Έτσι σε αυτό το στάδιο το νερό μπορεί να θεωρηθεί πόσιμο. Στο τέταρτο και τελικό στάδιο της μεθόδου NEWater, στο νερό γίνεται απολύμανση μέσω υπεριωδών ακτινών, όπου σκοτώνει κάθε ζωντανό οργανισμό μέσα σε αυτό. Το νερό είναι έτοιμο προς πόση μετά την πρόσμειξη ορισμένων αλκαλικών ενώσεων, για την εξισορρόπηση του pH.

Τα τρία εργοστάσια καθαρισμού και παραγωγής νερού NEWater της Σιγκαπούρης παράγουν σήμερα περίπου 75.000 κυβικά μέτρα την μέρα. Το 18% του νερού το χρησιμοποιούν για οικιακή χρήση, συμπεριλαμβανομένης και της πόσης. Ενώ το υπόλοιπο χρησιμοποιείται από τον βιομηχανικό τομέα. Το νερό του συστήματος NEWater της Σιγκαπούρης είναι πιο καθαρό και καταλληλότερο για κατανάλωση από τον άνθρωπο, από ότι το νερό που προέρχεται από άλλες πηγές ύδατος του νησιού, σύμφωνα με τις εργαστηριακές μελέτες της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας,

Η Σιγκαπούρη αποτελεί πρωτοπόρος στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για έμμεση πόση. Οι διαθέσιμοι πόροι νερού (110 m^3 νερού ανά κάτοικο) είναι ελάχιστοι. Έτσι, αναγκάστηκε να βρει λύσεις με σκοπό την εξασφάλιση της παροχής νερού. Επεξεργάζεται τα υγρά απόβλητα και τα επαναχρησιμοποιεί έμμεσα, εδώ και 15 χρόνια, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο ποσοστό 30% των αναγκών νερού του έθνους και το 2,5% των αναγκών για εξασφάλιση πόσιμου νερού (Cain et al, 2011). Η πολιτεία, μέσω εκθέσεων, κοινοτικών εκδηλώσεων καθώς και προβολή σε διαφημιστικά φυλλάδια και αφίσες, περνά μήνυμα στο κοινό πως η επαναχρησιμοποίηση για πόση έχει εφαρμογή σε όλο τον κόσμο. Τονίζει το γεγονός πως δεν είναι κάτι καινούριο. Επίσης με την έμμεση πόση διασφαλίζονται τα αποθέματα νερού. Η επιστήμη έχει διασφαλίσει την παραγωγή ποιοτικού προϊόντος επομένως δεν κινδυνεύει η υγεία των καταναλωτών.

Η Σιγκαπούρη έχει κάνει πειράματα με τη μέθοδο αφαλάτωσης, που αποδεικνύεται πολύ λιγότερο ενεργοβόρα από την μέχρι σήμερα γνωστή μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης. Η μέθοδος της πολλαπλής διύλισης σε μεμβράνη οδηγεί σε σημαντική οικονομία ενέργειας,

καθώς το θαλασσινό νερό βράζει σε κενό αέρος και άρα σε θερμοκρασία 50 με 80 βαθμών Κελσίου, αντί των 100 βαθμών που απαιτούνται κανονικά (PUB, 2016).

Στο Βίντχουκ (Windhoek) στην πρωτεύουσα της Ναμίμπια λειτουργεί βιομηχανία επεξεργασίας αστικών λυμάτων, και οι εκροές τις τροφοδοτούν άμεσα το δίκτυο της πόλης για άμεση πόση. Αποτελεί ένα από τα άνωδρα σημεία του πλανήτη επομένως τα προβλήματα προμήθειας νερού στην περιοχή είναι ιδιαίτερα. Ποτάμια δεν υπάρχουν παρά μόνο χείμαρροι που γεμίζουν μετά από βροχόπτωση. Τα φράγματα που είχαν κατασκευάσει γέμιζαν μόνο όταν έβρεχε και το περισσότερο νερό εξατμιζόταν πριν το χρησιμοποιήσουν. Έτσι έθεσαν σε λειτουργία από το 1969, της μονάδας Goreangab για την επεξεργασία αστικών λυμάτων. Μετά το 2002, η μονάδα αυτή αναβαθμίστηκε και έχρισαν καινούρια εγκατάσταση δίπλα στην παλαιά, η οποία παρέχει πόσιμο νερό από επεξεργασμένα αστικά λύματα, σε ποσότητες που καλύπτουν το 35%-50% των αναγκών της πόλης ανάλογα με την εποχική ζήτηση. Το ανακτημένο νερό, οδηγείται απευθείας στο δίκτυο της πόλης για χρήση ως πόσιμο. Το νερό καλύπτει τις προδιαγραφές που είχε θέσει η πόλη με την συμβουλή των προδιαγραφών του WHO, της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Αμερικάνικου Οργανισμού Προστασίας Περιβάλλοντος. Το κόστος παραγωγής του ανακτημένου νερού δεν μπορεί να μετρηθεί μόνο με οικονομικούς όρους καθώς αυτό αποτελεί τον ασφαλέστερο πόρο παροχής πόσιμου νερού στην πόλη.

Το Βίντχουκ απέδειξε πως υπάρχει μια τεχνολογία που παρέχει ένα ασφαλές πόσιμο νερό (Pisani, 2006). Όλα τα χρόνια λειτουργίας της μονάδας Goreangab μέχρι και σήμερα, δεν έχουν καταγραφεί ασθένειες στους χρήστες. Καθοριστικό ρόλο για την συνέχιση της λειτουργίας έπαιξε η εμπιστοσύνη του κοινού. Οι άνθρωποι σε γενικές γραμμές, δείχνουν να το συνήθισαν από τις πρώτες μέρες λειτουργίας του αφού δεν αντιμετώπισαν κάποια προβλήματα. Μέσα στο 2019 η λειτουργία της μονάδας θα κλείσει περίπου 50 χρόνια. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σχετικά με τη συμπεριφορά των κατοίκων γύρω από τη χρήση νερού, έδειξε πως το 93% πίνουν νερό από τη βρύση. Το 90% υποστηρίζουν ότι το νερό είναι ασφαλές για κατανάλωση. Όμως οι περισσότεροι δεν γνωρίζουν πως ένα μέρος από το πόσιμο νερό της πόλης προέρχεται από επεξεργασμένα αστικά λύματα. Το 40% δήλωσε πως γνωρίζει την προέλευση του νερού. Η πόλη με σκοπό να εξασφαλίσει την εξοικειώση των κατοίκων με το πρόγραμμα άμεσης επαναχρησιμοποίησης του νερού, έδωσε βάση σε προγράμματα εκπαίδευσης των μαθητών και φοιτητών. Τα προγράμματα αυτά περιλαμβάνουν και περιηγήσεις στους χώρους της μονάδας στο Goreangab. Στόχος είναι τα παιδιά να μεταφέρουν τη γνώση αλλά κυρίως την εμπειρία τους στην οικογένεια ώστε να γίνει γνωστό σε όλους τους κατοίκους. Οι κάτοικοι έχουν δεχθεί τη χρήση για άμεση πόση του ανακτημένου νερού και η αποδοχή του κοινού αυξάνεται όταν υπάρχει επικοινωνία και δημόσιος διάλογος όπου γίνεται συζήτηση για τις διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθούνται, τους πιθανούς κινδύνους, τους ελέγχους που διενεργούνται.

Σύμφωνα με τους Lahnsteiner et al (2017) τα βασικά προβλήματα σε ένα πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων για άμεση πόση είναι:

- Η αποδοχή του κοινού
- Η καταλληλότητα των τεχνικών επεξεργασίας που ακολουθούνται
- Η τιμολόγηση του νερού
- Το κυριότερο όμως θέμα είναι η διαχείριση των θεμάτων υγείας και των κινδύνων που προκύπτουν ώστε το τελικό προϊόν να είναι αποδεκτό από το κοινοτικά και νομικά θέματα όπως πχ έλλειψη κοινής παγκόσμιας νομοθεσίας

Στο Ντένβερ του Κολοράντο, προγραμματίστηκε ένα ακόμα πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης (2011) ανακτημένου νερού για άμεση πόση. Μία πιλοτική λειτουργία εργοστασίου επεξεργασίας λυμάτων εφαρμόστηκε με σκοπό την άμεση πόση λόγω των προβλημάτων έλλειψης νερού. Η πιλοτική φάση λοιπόν εφαρμόστηκε για μία πενταετία με σκοπό την διασφάλιση της καλής λειτουργίας της εγκατάστασης και την διερεύνηση όλων των παραμέτρων που θα διασφάλιζαν την ποιότητα του νερού. Επίσης ήθελαν να χρησιμοποιούν τα υγρά λύματα από τον κεντρικό αποχετευτικό αγωγό και μετά από επεξεργασία να τα διαθέτουν για απευθείας χρήση στο δίκτυο της πόλης. Σύμφωνα με μία έρευνα που

πραγματοποιήθηκε, κατέληξε στο συμπέρασμα πως το 84% των κατοίκων του Ντένβερ δέχονταν την χρήση για άμεση πόση. Το μόνο θέμα που εξετάστηκε περισσότερο ήταν το νερό να έχει την ίδια ή και καλύτερη ποιότητα σχετικά με αυτή του πόσιμου νερού και να διασφαλίζεται η υγεία του καταναλωτή (Cain et al, 2011). Το πρόγραμμα τελικά δεν εφαρμόστηκε λόγω πολιτικών διαφορών.

Σημαντικό αποτελεί, λοιπόν, το γεγονός η χρήση κατά την οποία προορίζεται το επαναχρησιμοποιημένο νερό. Μεγαλύτερης αποδοχής είναι η επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού σε δημόσιους χώρους, όπως για άρδευση δασών ή πάρκων, ενώ μικρότερη είναι για χρήση σε οικίες όπως πότισμα κήπων. Επίσης αν προορίζεται για παράδειγμα το επαναχρησιμοποιούμενο νερό για χώρους που έρχονται σε επαφή μικρά παιδιά, τότε το κοινό φαίνεται να μην είναι θερμό. Οι γονείς είναι διστακτικοί στην επίσκεψη πάρκων που αρδεύονται με ανακτημένο νερό (Po et al, 2004). Λόγω της αντίληψης του κινδύνου, η αποδοχή του κοινού μειώνεται κυρίως για προσωπικές χρήσεις, ή για χρήση ως πόσιμο νερό (Menegaki et al, 2009). Σε έρευνα των Adewuni et al (2010), ο βαθμός έκθεσης του κοινού δείχνει ότι επηρεάζει την αποδοχή του. Αν υπάρχει πιθανότητα φυσικής επαφής με τα επεξεργασμένα λύματα, τότε μειώνεται η προθυμία χρήσης του.

2.17 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και βιώσιμη ανάπτυξη

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων συνδέεται απόλυτα με την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης. Η ουσία και ο ορισμός της βιώσιμης ανάπτυξης όπως αυτός ορίστηκε στην έκθεση της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (WCED,1987) είναι η ανάπτυξη, που ανταποκρίνεται στις ανάγκες της παρούσας γενιάς, χωρίς να υποθηκεύεται η δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες.

Η διάσταση που εξετάζει κανείς τα εκάστοτε ζητήματα ώστε να καλύψει την βιώσιμη ανάπτυξη, συνδυάζει τόσο τα επιστημονικά ζητήματα όσο τα οικονομικά και τα κοινωνικά. Με την προϋπόθεση αυτή, η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων είναι ταυτόσημη με την βιώσιμη ανάπτυξη. Η ποσοτικοποίηση και η εκτίμηση της βιωσιμότητας όμως είναι μία σύγχρονη πρόκληση. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα ασαφές και πολύπλοκο ζήτημα, ένα πολυστοχικό πρόβλημα που διαφοροποιείται σε κάθε μελέτη περίπτωσης. Τα κριτήρια που πρέπει να ερευνώνται ανά περίπτωση είναι (WHO,2006).

2.18 Κοινωνική αποδοχή στην Ελλάδα και σε όλο τον κόσμο

Η κοινωνική αποδοχή των επεξεργασμένων εκροών είναι ένα ζήτημα μεγάλης σημασίας. Ένα από τα κύρια κοινωνικά θέματα είναι η δημόσια αντίληψη. Ο πολίτης έχει άγνοια της ποιότητας των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων και γενικότερα της φιλοσοφίας της επαναχρησιμοποίησης χωρίς να γνωρίζει τις χρήσεις και τα οφέλη της. Η άγνοια που προαναφέρθηκε και η πιθανότατα κακή εμπειρία του πολίτη ως προς τους εκάστοτε υπεύθυνους οργανισμούς έχει ως αποτέλεσμα την απουσία της δημόσιας εμπιστοσύνης. Η δυσπιστία αυτή κάνει με την σειρά της μη αποδεκτή την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων από το κοινό και προστάζει την επιτακτική ανάγκη της αποκατάστασής της. Έτσι καταλήγουμε πως ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη του εγχειρήματος της επαναχρησιμοποίησης των εκροών για την χώρα μας είναι η κοινωνική αποδοχή όπου με εργαλεία τις οδηγίες, την ενημέρωση και τέλος τα πιλοτικά προγράμματα θα αναδειχτούν τα σχετικά πλεονεκτήματα, και θα εξοικειωθεί το κοινό με την ιδέα αυτής της φιλοσοφίας (Menegaki et al., 2007).

Στα πλαίσια κατανόησης του επιπέδου της κοινωνικής αποδοχής μία από τις μεθόδους που έχει χρησιμοποιηθεί είναι η συμπλήρωση ειδικά διαμορφωμένων ερωτηματολογίων και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Μέσω αυτών παρέχονται πληροφορίες για το αν πράγματι ένα έργο έχει δημοτικότητα στους χρήστες και αν πράγματι θα υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός πολιτών που θα το υποστηρίξει, ώστε να δικαιολογείται ο σχεδιασμός και η υλοποίησή του.

Στο κεφάλαιο 4 ακολουθεί περισσότερη ανάλυση σχετικά με την κοινωνική αποδοχή σε όλο τον κόσμο.

2.19 Οφέλη επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων

Τα οφέλη για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων είναι κυρίως προστασία του περιβάλλοντος και οικονομικά οφέλη. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι (Χρυσανθοπούλου, 2018):

- Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων συνεισφέρει στην αειφόρο και ορθολογιστική διαχείριση των υδατικών πόρων. Επίσης είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης.
- Καλύτερη προσαρμογή στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής καθώς αυξάνονται τα συνολικά αποθέματα πόσιμου νερού.
- Μείωση ενεργειακού κόστους σε σχέση με την άντληση υπογείου νερού, την εισαγωγή και την αφαλάτωση.
- Διαθέτει χρήσιμα θρεπτικά συστατικά για τη γεωργία όπως για παράδειγμα άζωτο και φώσφορο. Αυτό συνεπάγεται στη μείωση της χρήσης λιπασμάτων αν και έχει αποδειχτεί πως η συνεισφορά σε αυτό είναι μικρή.
- Το ανακτημένο νερό είναι ζωτικής σημασίας για τη γεωργία καθώς αποτελεί μόνιμη οικονομική πηγή νερού και δεν επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες
- Αύξηση της ποσότητας στερεών αποβλήτων από της μονάδες επεξεργασίας με αποτέλεσμα την δημιουργία πολύτιμων παραγώγων όπως βελτιωτικά εδάφους και βιοκαύσιμα.
- Το κόστος τριτοβάθμιας επεξεργασίας για σκοπούς επαναχρησιμοποίησης εκροών είναι χαμηλότερο από εναλλακτικές πηγές αρδεύσιμου νερού.
- Σε εφαρμογές όπως η άντληση από βαθιά υπόγεια ύδατα, η κατασκευή φραγμάτων και η αφαλάτωση θαλασσινού νερού υπολογίζονται πιο πλούσιες από την επαναχρησιμοποίηση των εκροών.
- Ιδιαίτερα σημαντική συμβολή στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και της ευημερίας καθώς ενισχύει το αστικό περιβάλλον μέσω άρδευσης πάρκων κ.τ.λ.
- Μέσω της επαναχρησιμοποίησης ελέγχεται η υπεράντληση υπογείων και επιφανειακών νερών.
- Συμβάλει στην πιο σωστή κατανομή των πόρων γλυκού νερού σε περιοχές με λειψυδρία.
- Βελτίωση της ποιότητας και ποσότητας των επιφανειακών και υπογείων υδάτων.
- Μείωση της συνολικής απόρριψης όπως της απόρριψης θρεπτικών ουσιών στο περιβάλλον και της απώλειας γλυκού νερού στη θάλασσα και τους ευαίσθητους αποδέκτες.
- Αποφεύγεται η διάβρωση του εδάφους σε άνυδρες περιοχές από τον άνεμο καθώς προκύπτει αύξηση της υδρόβιας ζωής και των ζωνών πρασίνου.
- Ενδυναμώνεται το οικοσύστημα με την συμβολή στη δημιουργία ρευμάτων υγροτόπων και λιμνών.

2.20 Κίνδυνοι από την επαναχρησιμοποίηση νερού

Οι κίνδυνοι από τους παθογόνους μικροοργανισμούς και τα χημικά που προκαλούν ανησυχία, διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του ανακυκλωμένου νερού, τον τύπο του παθογόνου ή χημικού παράγοντα και τον αριθμό ή τη συγκέντρωσή τους καθώς και την επεξεργασία νερού που χρησιμοποιήθηκε. Επιπλέον, οι κίνδυνοι που συνδέονται με αυτούς τους ρύπους εξαρτώνται από την ικανότητά τους να προκαλούν ασθένεια σε ευπαθή μέλη της κοινότητας (Toze, 2005).

Σαφώς υπάρχουν και κάποιοι κίνδυνοι κατά την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, οι οποίοι όμως πρέπει να αντιμετωπιστούν λόγω της δημόσιας υγείας. Αυτοί οι κίνδυνοι είναι (Common Implementation Strategy Guidelines, 2016):

- **Κίνδυνοι για την υγεία και το περιβάλλον**

Τα ανεπεξεργαστα λύματα περιέχουν βλαβερές ουσίες για το περιβάλλον και συνεπώς για την δημόσια υγεία. Επίσης ορισμένα απόβλητα είναι και τοξικά. Με την πρωτοβάθμια καθώς και δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων καταλήγουμε σε ένα πιο ασφαλές επεξεργασμένο νερό για το περιβάλλον. Η νομοθεσία της ΕΕ ορίζει τις επιτρεπόμενες τιμές των βαρέων μετάλλων, άλλων παθογόνων μικροοργανισμών κ.α, που βρίσκονται στα υγρά λύματα, ώστε να είναι το νερό πιο ασφαλές για άρδευση και γενικά για επαναχρησιμοποίηση. Σημαντικό επίσης είναι πριν υποστεί επεξεργασία το νερό να εξεταστούν κάποιοι παράγοντες, όπως: η ποιότητα των υδάτων υποδοχής, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, η ζώνη των υδάτων διήθησης για τον υδροφορέα και αποστράγγιση του εδάφους για άρδευση. Τέλος, πρέπει να ελαττώσουμε την απολύμανση του νερού με χλώριο διότι το χλώριο βλάπτει τα υδατικά συστήματα. Κάποιοι σημαντικοί κίνδυνοι που μπορούν να προκαλέσουν στο περιβάλλον και στην υγεία είναι (Χρυσανθοπούλου, 2018):

- Ρύπανση των επιφανειακών νερών εάν δεν γίνει σωστή διαχείριση.
- Πιθανή ρύπανση του υπόγειου υδροφορέα που χρησιμοποιείται ως πηγή πόσιμου νερού.
- Επίδραση της ποιότητας του νερού, ιδιαίτερα των αλάτων, στο έδαφος και στα φυτά.
- Απειλή για τη δημόσια υγεία καθώς και τη ρύπανση του περιβάλλοντος που απορρέουν από τη μη ασφαλή πρακτική επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, λόγω έλλειψης σαφών οδηγιών και της τυπικής εφαρμογής τους.
- Θέματα δημόσιας υγείας από ασθένειες που μεταδίδονται με το νερό και σχετίζονται με παθογόνους οργανισμούς.
- Αρνητική άποψη και κοινωνική αποστροφή από την κατεύθυνση της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων καθώς και προσβολή της κοινής αισθητικής.
- Οργανικές ουσίες στα ανακτημένα νερά με τοξική δράση.
- Αέρια που παράγονται κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας μπορεί να οδηγήσουν σε χρόνια προβλήματα υγείας.

➤ **Οικονομικοί κίνδυνοι**

Κάποιοι σημαντικοί οικονομικοί κίνδυνοι από την επαναχρησιμοποίηση νερού είναι:

- Υψηλού κόστους διανομή και αποθήκευση, απόσταση μεταξύ περιοχών προσφοράς-ζήτησης.
- Ίσως η επαναχρησιμοποίηση των εκροών να μην είναι οικονομικά εφικτή, λόγω απαίτησης για επιπλέον σύστημα διανομής.
- Τα έσοδα από την παροχή νερού και τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας λυμάτων θα μειωθούν διότι η ζήτηση του πόσιμου νερού για μη πόσιμες χρήσεις και η απόρριψη των υγρών αποβλήτων ελαττώνεται.

➤ **Κοινωνικός κίνδυνος**

Σε κάποιες χώρες υπάρχει μια δυσπιστία ως προς τις διεργασίες επαναχρησιμοποίησης λόγω της αρνητικής αντίληψης των πολιτών. Σε αυτό στο σημείο κάθε χώρα πρέπει να λαμβάνει τις σωστές ενημερώσεις και σεμινάρια με σκοπό την ευαισθητοποίηση των κατοίκων της. Πιο συγκεκριμένα ο κοινωνικός κίνδυνος περιλαμβάνει (Καλικονιάρης, 2012):

- Αρνητική άποψη και κοινωνική αποστροφή από την κατεύθυνση της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων καθώς και προσβολή της κοινής αισθητικής.
- Εμπορευσιμότητα καλλιεργειών και αποδοχή από το ευρύ κοινό.

Στο κεφάλαιο 4 ακολουθεί αναλυτική περιγραφή σχετικά με τον κοινωνικό κίνδυνο.

Κεφάλαιο 3: Νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση νερού

Η αύξηση πληθυσμού παγκοσμίως όλο και μεγαλώνει, γι αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η ύπαρξη κατάλληλης τεχνολογίας ακόμα και για παραγωγή πόσιμου νερού από μη πόσιμα νερά. Ο κάθε τύπος επεξεργασίας είναι αναγκαίο να έχει τις δικές του προδιαγραφές. Οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν αυστηρές προδιαγραφές σχετικά με την ποιότητα του νερού με υπηρεσίες, όπως το Συμβούλιο Νερού του Ισραήλ και το τοπικό Υπουργείο Υγείας της Καλιφόρνιας. Επίσης έχουν ορίσει αυστηρούς κανονισμούς με σκοπό την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση. Ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες, όπου έχουν μεγάλη έλλειψη νερού, εφαρμόζουν ποιοτικά κριτήρια προστασίας της δημόσιας υγείας από ανακτώμενα υγρά απόβλητα που ακολουθούν τις λιγότερο αυστηρές οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization, WHO) με σκοπό την διασφάλιση της υγείας. Επίσης εφαρμόζεται ένα σύνολο κανονισμών για την πρόληψη της δημιουργίας προβλημάτων για την δημόσια υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος. Αυτοί οι κανονισμοί οφείλουν να περιλαμβάνουν:

1. Ένα σύστημα όπου θα χορηγεί άδειες με σκοπό την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθώς και τεχνικούς ελέγχους.
2. Συγκεκριμένες προδιαγραφές σχετικά με την ποιότητα του νερού που ανακτάται και προορίζεται για διάφορες χρήσεις.
3. Ελέγχους για την μείωση των κινδύνων για τον ανθρώπινο οργανισμό που προέρχονται από το ανακτώμενο νερό και περιορισμούς στις διάφορες χρήσεις του.
4. Ελέγχους σχετικά με την πρόσβαση στο σύστημα συλλογής των υγρών αποβλήτων καθώς και προληπτικούς ελέγχους όσον αφορά την σύνδεση μεταξύ του δικτύου ύδρευσης και του δικτύου ανακτώμενου και επαναχρησιμοποιούμενου νερού.
5. Μηχανισμούς που θα είναι υποχρεωτικοί και θα δίνουν ανταγωνιστική ισχύ σε όλους τους παραπάνω κανονισμούς. Καθώς θα ορίζουν και αρμοδιότητες για διενέργεια ελέγχων και επιβολή ποινών στις περιπτώσεις παραβιάσεων.

Υπάρχει μία σειρά νομοθετημάτων και υπουργικών αποφάσεων που εφαρμόζονται και αφορούν την ποιότητα του νερού που προορίζεται για διάφορες χρήσεις. Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης έχει ορίσει επίσης προδιαγραφές όπου αφορούν τα χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού. Η Ελλάδα, ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, έχει την υποχρέωση εφαρμόζει αναγκαίες νομοθετικές ρυθμίσεις ώστε να είναι σε συμφωνία και να θέτει σε ισχύ τα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος, όπου υπάρχουν και οι οδηγίες για την ποιότητα του νερού. Οι οδηγίες αυτές θα πρέπει να τίθενται σε εφαρμογή κάθε φορά που γίνεται θέμα διάθεσης επεξεργασμένων ή ανεπεξέργαστων αποβλήτων.

3.1 Νομοθεσία στην Ελλάδα

Ένα θεσμοθετημένο, από την πολιτεία, κανονισμό με σαφή όρια και κριτήρια θα ήταν απαραίτητο, στη χώρα μας, ώστε να αυξηθούν οι διεργασίες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων.

Ένας βασικός νόμος που είχε εκδοθεί στο παρελθόν ήταν ο Ν.1739/87 (Υπουργείο ανάπτυξης, 1987) και αφορούσε τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Στόχευε στην διαμόρφωση ενός θεσμικού πλαισίου και αναγκαίων μηχανισμών για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα. Ο Ν.3199/03 (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2003) ήταν ο νόμος που υπερίσχυσε και αφορούσε την προσπάθεια να εναρμονίσει την Ελληνική νομοθεσία με αυτήν της Ευρωπαϊκής Ένωσης (οδηγία 60/2000/EC) χωρίς κάποια αναφορά στην κατεύθυνση της επαναχρησιμοποίησης (Καλικονιάρης, 2012).

Όσον αφορά την χρησιμοποίηση νερού για αστικές και περιιαστικές εφαρμογές καθορίστηκαν και εφαρμόστηκαν ποιοτικά κριτήρια παρόμοια με αυτά που ίσχυαν με την προηγούμενη νομοθεσία (ΦΕΚ Β', 2089, 2008), με κάποιες όμως βασικές διαφορές όπως:

- η σημαντική μείωση της επιτρεπόμενης συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών από 10 mg/L σε 2 mg/L,
- η αύξηση της επιτρεπόμενης συγκέντρωσης ολικών κολοβακτηριδίων (αφού η απαίτηση των 2 TC/100mL έγινε απαιτητή για το 80% και όχι για το 90% των δειγμάτων, χωρίς ωστόσο να αποσαφηνίζεται το χρονικό διάστημα στο οποίο υπολογίζονται τα ποσοστά των δειγμάτων),
- η απαγόρευση της χρήσης της μεθόδου του κανονισμού για άρδευση
- η θέσπιση κριτηρίου θολότητας.

Με αυτήν την νομοθεσία δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση νερού για έκπλυση τουαλετών και ουρητήρων, ή αυτοκινήτων, ανεξάρτητα από τον βαθμό επεξεργασίας του ανακτημένου νερού (Καλικοιάρης, 2012).

Το Φ.Ε.Κ. Β' 354/2011, τον Μαρτίου του 2011, ανοίγει τον δρόμο για επαναχρησιμοποίηση. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει την Κοινή Υπουργική Απόφαση Κ.Υ.Α.145116/2011 με θέμα 'Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις'.

Όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων και υγρών αποβλήτων από συμβατικές βιομηχανικές δραστηριότητες, το πεδίο εφαρμογής συμπεριλαμβάνει την :

- Γεωργική χρήση (άρδευση)
- Τροφοδότηση υπογείων υδροφορέων
- Αστική και περιαστική χρήση,
- Βιομηχανική χρήση

Επίσης στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων βιομηχανικών υγρών αποβλήτων που προέρχονται από μη συμβατικές βιομηχανικές δραστηριότητες, έχουν καταστεί μη επικίνδυνα μόνο για :

- Περιορισμένη άρδευση μέσω υπεδάφιου συστήματος άρδευσης
- Τροφοδότηση υπογείων υδροφορέων
- Βιομηχανική χρήση

Στα πλαίσια της Κοινής Υπουργικής Απόφασης αυτής δεν υπάγονται τα εξής:

- Η ανακύκλωση βιομηχανικών αποβλήτων
- Η άμεση ή έμμεση επαναχρησιμοποίηση για πόση (με ορισμένες εξαιρέσεις)
- Η επαναχρησιμοποίηση για χρήσεις κολύμβησης (πισίνες)
- Η επαναχρησιμοποίηση για οικιακές χρήσεις

Επαναχρησιμοποίηση για Άρδευση

Σύμφωνα με την οδηγία διακρίνουμε δύο τύπους άρδευσης με βάση , το σύστημα άρδευσης, το είδος των καλλιεργειών και την προσβασιμότητα του κοινού στην αρδευόμενη περιοχή.

Ο πρώτος διαχωρισμός είναι η περιορισμένη άρδευση, η οποία αφορά μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται μετά από θερμική ή άλλη επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Σε αυτήν την περίπτωση η μέθοδος του καταιονισμού είναι απαγορευμένη και απαιτούνται πρόσθετα μέτρα ως προς την προσβασιμότητα της περιοχής.

Στην περίπτωση της απεριορίστης άρδευσης ως τύπο διαχωρισμού συμπεριλαμβάνονται όλα τα είδη των καλλιεργειών όπου τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά. Ο καταιονισμός, λοιπόν σε αυτήν την περίπτωση, μπορεί να εφαρμοστεί και δεν απαιτείται περαιτέρω μέτρα απαγόρευσης της πρόσβασης στην περιοχή.

Για την περιορισμένη ή απεριορίστη άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι απαραίτητη η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης

ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος της καλλιέργειας και τη συγκεκριμένη περιοχή. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει:

- α) τον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης εδαφικής έκτασης,
- β) το υδατικό ισοζύγιο, σε συνάρτηση και με τις αρδευόμενες καλλιέργειες και το ισοζύγιο οργανικού φορτίου και θρεπτικών καθώς και κρίσιμων ιχνοστοιχείων, προκειμένου να προσδιορισθεί η ανά μονάδα αρδευόμενης επιφάνειας επιτρεπόμενη φόρτιση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,
- γ) τα απαιτούμενα μέτρα ενημέρωσης και προστασίας για τους χρήστες και τους καταναλωτές, που πρέπει να λαμβάνονται, με ευθύνη του φορέα υλοποίησης της άρδευσης, ο οποίος μπορεί να είναι ο φορέας διαχείρισης ή ο άμεσος χρήστης του ανακτημένου νερού. Μεταξύ των μέτρων αυτών μπορεί να υιοθετούνται αυτόματα ή ημιαυτόματα αρδευτικά συστήματα για ελαχιστοποίηση της επαφής των χειριστών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,
- δ) τα τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα και όρια για την συγκεκριμένη εφαρμογή (ενδεχόμενη περίφραξη της αρδευόμενης έκτασης, τρόπος άρδευσης, κλπ), καθώς και
- ε) τα προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση, τα απαιτούμενα προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των αρδευόμενων καλλιεργειών,
- στ) τον προσδιορισμό των τυχόν ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής από υφιστάμενες ή μελλοντικές υδροληψίες ή άλλες χρήσεις.

Κατά την επιφανειακή ή υπεδάφια άρδευση μέρος των υγρών αποβλήτων μπορεί να καταλήγει στον υπόγειο υδροφόρο. Έτσι η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων εξετάζεται στο πλαίσιο εφαρμογής του παρόντος άρθρου, διότι υπάρχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της άρδευσης και στο βαθμό που τεκμηριώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων προσλαμβάνεται από τα φυτά ή εξατμίζεται.

«Για το περιεχόμενο της μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος άρδευσης γνωμοδοτούν οι αρμόδιες Διευθύνσεις Αγροτικής Οικονομίας, οι αρμόδιες Υπηρεσίες Περιβαλλοντικής Υγιεινής των Περιφερειακών Ενοτήτων και τα αρμόδια Τμήματα Περιβάλλοντος και Υδροοικονομίας των οικείων Περιφερειών ή/και Περιφερειακών Ενοτήτων στο πλαίσιο της διαδικασίας έκδοσης της άδειας επαναχρησιμοποίησης που προβλέπεται στο άρθρο 9».

*** Η παράγραφος 6 αντικαταστάθηκε ως άνω με το άρθρο 1 παρ. 2 της ΚΥΑ με αριθ. οικ. 191002 (ΦΕΚ Β 2220/9.9.2013).

Επαναχρησιμοποίηση για αστική περιιαστική επαναχρησιμοποίηση

Σε αυτήν την περίπτωση η επαναχρησιμοποίηση αφορά το αστικά και περιιαστικό πράσινο, τις δασικές εκτάσεις, την αναψυχή, την αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος, την πυρόσβεση και τον καθαρισμό οδών.

Για αστική και περιιαστική χρήση είναι αναγκαίο να γίνει μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής της δραστηριότητας που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη χρήση για τυχόν πρόσθετα μέτρα κατά περίπτωση.

Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν κυρίως το πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου, όπως δάση, άλση, νεκροταφεία, πρανή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές οικιών, νερό για την κατάσβεση πυρκαγιών, ελεύθερος χώρος ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων αναψυχής, για τη συμπύκνωση εδαφών, για διακοσμητικά σιντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών

λιμνών ή υδροβιότοπων, για τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, για την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων.

Απαγορεύεται η αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση με υγρά βιομηχανικά απόβλητα που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις της υπ. αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ.

Για το περιεχόμενο της μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής της επαναχρησιμοποίησης για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες, γνωμοδοτούν «τα αρμόδια τμήματα Περιβάλλοντος και Υδροοικονομίας της οικείας Περιφέρειας ή/και Περιφερειακής Ενότητας και οι αρμόδιες Διευθύνσεις Αγροτικής Οικονομίας των Περιφερειών», η αρμόδια Διεύθυνση Υγείας της Περιφέρειας και στις περιπτώσεις δασικών εκτάσεων η αρμόδια Διεύθυνση Δασών της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, στο πλαίσιο της διαδικασίας έκδοσης της άδειας επαναχρησιμοποίησης που προβλέπεται στο άρθρο 9.

*** Η παράγραφος 5 τροποποιήθηκε ως άνω με το άρθρο 1 παρ. 4 της ΚΥΑ με αριθ. οικ. 191002 (ΦΕΚ Β 2220/9.9.2013), με την αντικατάσταση της μέσα σε "" φράσης.

*** ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Με το άρθρο 2 της ΚΥΑ με αριθ. οικ. 191002 (ΦΕΚ Β 2220/9.9.2013). ορίζονται τα ακόλουθα: "Αιτήματα για έκδοση άδειας επαναχρησιμοποίησης που έχουν υποβληθεί στις Διευθύνσεις Υδάτων πριν από την έναρξη ισχύος της παρούσας, ολοκληρώνονται ως προς την αξιολόγηση και έγκριση τους, σύμφωνα με τις προϊσχύουσες διατάξεις, εκτός αν ο φορέας του έργου/ δραστηριότητας ζητήσει την υπαγωγή του στις διατάξεις της παρούσας απόφασης".

Επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στη βιομηχανία περιλαμβάνει εφαρμογές όπως αναπλήρωση νερών λεβήτων, χρήση νερών ψύξης και αξιοποίηση για τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Η ως άνω επαναχρησιμοποίηση δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. «Η περίπτωση της εσωτερικής ανάκτησης των υγρών αποβλήτων στην ίδια εγκατάσταση και η ανακύκλωση 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 κλπ. και εφόσον σε κάθε περίπτωση εξασφαλίζεται η μη επαφή τους με το προϊόν.».

Για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση είναι αναγκαίο να γίνει μελέτη εφαρμογής με την οποία τεκμηριώνεται η συγκεκριμένη χρήση. Η μελέτη αυτή εξετάζει επιπλέον και την τελική διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων μετά την επαναχρησιμοποίησή τους, η οποία υπόκειται στις απαιτήσεις της υπ. αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ.

Για το περιεχόμενο της μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής της βιομηχανικής χρήσης γνωμοδοτούν «τα αρμόδια τμήματα Περιβάλλοντος και Υδροοικονομίας της οικείας Περιφέρειας ή/και Περιφερειακής Ενότητας» και οι αρμόδιες Διευθύνσεις Υγείας και Ανάπτυξης της Περιφέρειας, στο πλαίσιο της διαδικασίας έκδοσης της άδειας επαναχρησιμοποίησης που προβλέπεται στο άρθρο 9.

*** Η παράγραφος 5 τροποποιήθηκε ως άνω με το άρθρο 1 παρ. 5 της ΚΥΑ με αριθ. οικ. 191002 (ΦΕΚ Β 2220/9.9.2013), με την αντικατάσταση της μέσα σε "" φράσης. Επίσης, με την παρ. 6 του άρθρου 1 προστέθηκε το παραπάνω εδάφιο στο τέλος της παρ. 1.

*** ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Με το άρθρο 2 της ΚΥΑ με αριθ. οικ. 191002 (ΦΕΚ Β 2220/9.9.2013). ορίζονται τα ακόλουθα: "Αιτήματα για έκδοση άδειας επαναχρησιμοποίησης που έχουν υποβληθεί στις Διευθύνσεις Υδάτων πριν από την έναρξη ισχύος της παρούσας, ολοκληρώνονται ως προς την αξιολόγηση και έγκριση τους, σύμφωνα με τις προϊσχύουσες

διατάξεις, εκτός αν ο φορέας του έργου/ δραστηριότητας ζητήσει την υπαγωγή του στις διατάξεις της παρούσας απόφασης".

Τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων.

Η τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα επιτρέπεται, με την επιφύλαξη του άρθρου 8, μόνο στις περιπτώσεις όπου τα υπόγεια νερά δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3- 2007 και εφόσον τηρούνται οι απαιτήσεις της υπ. αριθ. 39626/2208/2009 ΚΥΑ.

Με σκοπό την αποφυγή συσσώρευσης των οργανικών στα υπόγεια ύδατα στην περίπτωση του άμεσου εμπλουτισμού θα πρέπει να έχει προηγηθεί επαρκής βαθμός επεξεργασίας που περιλαμβάνει κατάλληλες προχωρημένες μεθόδους με σκοπό την απομάκρυνση διαλυτού οργανικού υλικού, όπως μεμβράνες υπερδιήθησης ή ισοδύναμης αποτελεσματικότητας εναλλακτικής μεθόδου επεξεργασίας. Όταν ο εμπλουτισμός γίνεται με τη μέθοδο της διήθησης και το εδαφικό βάθος είναι επαρκές, επιτυγχάνεται σημαντική κατακράτηση οργανικών χωρίς περεταίρω προχωρημένες μεθόδους επεξεργασίας. Θα πρέπει να τονιστεί ωστόσο η ανάγκη εκπόνησης ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης ώστε να αποκτηθούν τα στοιχεία που θα φροντίσουν με ασφάλεια την αποφυγή διείσδυσης λυμάτων σε υπόγειους υδροφορείς που χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού.

Σε κάποιες περιπτώσεις, ανεξάρτητα από τον ελάχιστο απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας, είναι αναγκαία η εκπόνηση ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης, στην οποία διασφαλίζεται η αποφυγή της διείσδυσης υγρών αποβλήτων σε υπόγειους υδροφορείς, όπου τα ύδατα χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού. Με την υδρογεωλογική μελέτη, ερευνάται: α) το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, β) η ύπαρξη ή μη πολλαπλών γεωλογικών στρωμάτων και η υδραυλική αγωγιμότητα εκάστου στρώματος, γ) το βάθος που θα πραγματοποιείται ο εμπλουτισμός.

Για τον εμπλουτισμό (τροφοδότηση) υπόγειου υδροφορέα με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, είναι απαραίτητη η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του εμπλουτισμού, στην οποία θα προσαρτάται ως αναπόσπαστο παράρτημα η προαναφερόμενη υδρογεωλογική μελέτη. Η μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής περιλαμβάνει: α) εξειδίκευση των προβλεπόμενων στην ανωτέρω ΚΥΑ μέτρων και περιορισμών ανάλογα με την ποιότητα των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, τη μέθοδο εφαρμογής του εμπλουτισμού και την κατάσταση του υπόγειου υδροφορέα, β) εξέταση των συγκεντρώσεων των ουσιών στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, όπου περιλαμβάνονται στην υπ. αριθ. 39626/2208/2009 ΚΥΑ (Β' 2075), γ) προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών των υπογείων υδάτων, προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση τα απαιτούμενα από την υπ. αριθ. 39626/2208/2009 ΚΥΑ, δ) περιγραφή της ποσότητας και ποιότητας του εισαγόμενου ανακτημένου ύδατος, ε) την αραιώση με τα ύδατα του υπόγειου υδροφορέα.

Η τροφοδότηση (εμπλουτισμός) υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα έχει ως στόχο: α) την αποθήκευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης όπως για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή, β) την δημιουργία υδραυλικού φράγματος που θα παρεμποδίζει τη διείσδυση και την ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων, γ) τον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους, δ) την ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσης και επειδή η φυσική ανανέωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό.

Στην ειδική περίπτωση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2000 κατοίκους (Μονάδες Ισοδύναμου Πληθυσμού), καθώς και στις περιπτώσεις ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μεμονωμένων κατοικιών ή ομάδων κατοικιών ή ξενοδοχειακών μονάδων, η εφαρμογή υπεδάφιας διοχέτευσης των επεξεργασμένων λυμάτων, μέσω διήθησης, δια μέσου εδαφικού στρώματος σε υπόγειο υδροφορέα, μπορεί να γίνει εφισκτική μόνον εφόσον: και α) υποβληθεί μελέτη σχεδιασμού

και εφαρμογής, στην οποία μεταξύ άλλων, γίνεται περιγραφή του εδαφικού στρώματος διήθησης, προσδιορίζεται η στάθμη των υπόγειων νερών και τεκμηριώνεται η αποφυγή διείσδυσης των λυμάτων σε υπόγειους υδροφορείς τα ύδατα των οποίων χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού και β) εφαρμόζονται τα κατάλληλα συστήματα επεξεργασίας, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που προβλέπονται στην υπ. αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ, όπως ισχύει

Για το περιεχόμενο της μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του εμπλουτισμού γνωμοδοτούν τα αρμόδια Τμήματα Περιβάλλοντος και Υδροοικονομίας των οικείων Περιφερειών ή/και Περιφερειακών Ενοτήτων καθώς και οι κατά περίπτωση αρμόδιες Υπηρεσίες Περιβαλλοντικής Υγιεινής των Περιφερειακών Ενοτήτων ή/και Διευθύνσεις Αγροτικής Οικονομίας των Περιφερειών, στο πλαίσιο της διαδικασίας έκδοσης της άδειας επαναχρησιμοποίησης που προβλέπεται στο άρθρο 9».

*** Η παράγραφος 9 αντικαταστάθηκε ως άνω με το άρθρο 1 παρ. 3 της ΚΥΑ με αριθ. οικ. 191002 (ΦΕΚ Β 2220/9.9.2013).

Επαναχρησιμοποίηση στα υδατικά συστήματα του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007

Με την επιφύλαξη τυχόν ειδικών περιοριστικών ή απαγορευτικών μέτρων σε εφαρμογή του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007, η άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, όπως ορίζονται στην παράγραφο 1 (εδ. γ) του άρθρου 2, καθώς και η διοχέτευση τους με υπεδάφια διάθεση μέσω διήθησης δια μέσου εδαφικού στρώματος προς υπόγειο υδατικό σύστημα που υπάγεται στις ρυθμίσεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007, επιτρέπεται με τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

α. Στην περίπτωση ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μεμονωμένων κατοικιών, εκτός των απαιτήσεων των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5, στην προβλεπόμενη υδρογεωλογική αναγνωριστική μελέτη πρέπει: α.1) να παρουσιάζονται και οι αποστάσεις από τυχόν σημεία υδροληψίας νερού ύδρευσης καθώς και η ενδεχόμενη επίδραση σε αυτά, α.2) να τεκμηριώνεται ότι δεν θίγεται η χρήση υδατικών συστημάτων που αξιοποιούνται ή πρόκειται να αξιοποιηθούν για ύδρευση, α.3) να αποδεικνύεται ότι η υπεδάφια διάθεση είναι η μόνη τεχνικοοικονομικά αποδεκτή λύση διάθεσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

β. Στην περίπτωση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων οικισμών ή υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, τα υγρά απόβλητα εκτός της βιολογικής, υφίστανται προχωρημένη επεξεργασία με μέθοδο μεμβρανών, τουλάχιστον υπερδιήθησης ή άλλη ισοδύναμης αποτελεσματικότητας μέθοδο επεξεργασίας, στην προβλεπόμενη ειδική υδρογεωλογική μελέτη πρέπει: β.1) να διερευνώνται και να εξετάζονται: αα) η ποσότητα και ποιότητα του εισαγόμενου ύδατος, ββ) η επιτυγχανόμενη αραίωση, βγ) το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, βδ) η ύπαρξη ή μη πολλαπλών γεωλογικών στρωμάτων και η υδραυλική αγωγιμότητα εκάστου στρώματος, αε) το βάθος που θα λαμβάνει χώρα ο εμπλουτισμός και αστ) η τυχόν αντλητική δραστηριότητα στην περιοχή εμπλουτισμού και η ενδεχόμενη επίδραση του εμπλουτισμού σε αυτήν, β.2) να τεκμηριώνεται ότι δεν υπάρχει κίνδυνος υποβάθμισης της ποιότητας των υδατικών συστημάτων που αξιοποιούνται ή πρόκειται να αξιοποιηθούν για ύδρευση, β.3) να αποδεικνύεται ότι ο τεχνητός εμπλουτισμός είναι η μόνη τεχνικοοικονομικά αποδεκτή λύση διάθεσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

γ. Στις περιπτώσεις τουριστικών εγκαταστάσεων, εκτός σχεδίου, ισχύουν τα προβλεπόμενα στις διατάξεις της κείμενης σχετικής νομοθεσίας.

Οι απαιτούμενες ειδικές υδρογεωλογικές μελέτες και οι υδρογεωλογικές αναγνωριστικές μελέτες, τις οποίες υποχρεούνται επιπλέον να υποβάλλουν οι εγκαταστάσεις σύμφωνα με το παρόν άρθρο, πρέπει να περιλαμβάνουν τα στοιχεία που προβλέπονται αντίστοιχα, στα ανωτέρω εδάφια (β1, β2, β3), για δυναμικότητα της μονάδας μεγαλύτερη ή ίση των 300 ατόμων και (α1, α2, α3) για δυναμικότητα μικρότερη των 300 ατόμων.

Για το περιεχόμενο των μελετών σχεδιασμού και εφαρμογής που προβλέπονται στα άρθρα 4 και 5 γνωμοδοτεί επιπλέον και ο φορέας διαχείρισης του υδατικού συστήματος, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να προτείνει πρόσθετους όρους ή απαγορευτικές ρυθμίσεις, καθώς και η

Διεύθυνση Υγείας της Περιφέρειας, ως αρμόδια για την παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού, στο πλαίσιο της διασφάλισης της Δημόσιας Υγείας.

*** Η παράγραφος 3 συμπληρώθηκε ως άνω με το άρθρο 1 παρ. 7 της ΚΥΑ με αριθ. οικ. 191002 (ΦΕΚ Β 2220/9.9.2013).

Ανώτατα όρια για τις διάφορες εφαρμογές της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων εκροών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται πίνακες στους οποίους καθορίζονται τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια και περιορισμοί για τις διάφορες εφαρμογές της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων εκροών.

Πίνακας 3.1: Όρια επαναχρησιμοποίησης για βιομηχανική χρήση και περιορισμένη άρδευση Τύπος (Κ.Υ.Α.145116/2011, 2011).

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Escherichia coli (EC/100ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
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 δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωση τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται.	≤200 Διάμεση Τιμή	Σύμφω να με την ΚΥΑ 5673/400/1997	Σύμφω να με την ΚΥΑ 5673/400/1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία (α), (β) Απολύμανση (γ)	BOD5, SS, N, P - Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 ΦΕΚ 192/Β/14.3.97 EC : μία ανά εβδομάδα
Βιομηχανική χρήση : Νερό ψύξης μίας χρήσης						Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)
Τροφοδότηση υπογείων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007, (με την επιφύλαξη των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5 της παρούσας), με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά. (δ)						

Για τον παραπάνω πίνακα:

α) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αναφέρονται σε διάφορους τύπους του συστήματος βιολογικά φίλτρα, ενεργούς ιλύος και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Δεν περιορίζονται όμως εναλλακτικά συστήματα που τεκμηριώνουν επαρκώς της ισοδύναμη ποιότητα της εκροής.

β) Σε ότι αφορά τις κοινοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2000 ισοδύναμους κατοίκους, όπως και στην περίπτωση των οικιακών

ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας, επιτρέπονται οι τύποι επαναχρησιμοποίησης του Πίνακα 3.1 μετά από εφαρμογή μεθόδων επεξεργασίας, που δεν συμφωνούν με τα BOD5/SS τα όρια της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97). Εξασφαλίζοντας πρώτα την μη επαφή κοινού και γεωργών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Η μέγιστη διάμεση τιμή Ecoli για τις περιπτώσεις των κοινοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας ορίζεται τα 1000 EC/100ml.

γ) Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της νομοθεσίας αφορά την απολύμανση. Αυτή επιτυγχάνεται με χλωρίωση, οζόνωση, υπεριώδης ακτινοβολία (UV), όπως επίσης και με οποιοδήποτε εναλλακτική μέθοδο καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων εξασφαλίζει εκροή με την απαιτούμενη συγκέντρωση Ecoli.

Χλωρίωση

Το γινόμενο υπολειμματικού χλωρίου επί το χρόνο επαφής που ορίζεται από τη νομοθεσία είναι:

$$C \cdot t \geq 30 \text{ mg} \cdot \text{min} / \text{lt} \quad \text{εξίσωση 3.1}$$

Το γινόμενο αυτό αφορά την ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης. Η ροή θα είναι εμβολοειδής (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ο ελάχιστος χρόνος επαφής $t=30\text{min}$.

Υπεριώδης ακτινοβολία UV

Η ελάχιστη δόση που πρέπει να εξασφαλίζεται για την υπεριώδη ακτινοβολία, στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων, ορίζεται από την νομοθεσία 70 mWsec/cm^2 .

Η διαπερατότητα σε αυτήν την περίπτωση δεν θα ξεπερνά το 50%.

Με κατάλληλη μελέτη σχετικά με την μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής θα πρέπει να τεκμηριώνεται η αποτελεσματικότητα, η επάρκεια και η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

δ) Αναγκαίο κρίνεται να συνταχτεί μελέτη που να τεκμηριώνει την επάρκεια του εδαφικού συστήματος να συγκρατεί οργανικά.

Πίνακας 3.2: Όρια επαναχρησιμοποίησης για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλυν νερού ψύξης (Κ.Υ.Α.145116/2011, 2011).

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Escherichia coli (EC/100ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
Απεριορισμένη άρδευση Όλες οι καλλιέργειες όπως λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοληπία. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού. Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μίας χρήσης Επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ. (η)	≤5 για το 80% των δειγμάτων και ≤50 για το 95% των δειγμάτων	10 για το 80% των δειγμάτων	≤10 για το 80% των δειγμάτων	≤2 Διάμεση Τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία (ε), Ακολουθούμενη από τριτοβάθμια επεξεργασία (στ) και απολύμανση (ζ)	BOD5, SS, N, P : Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 ΦΕΚ 192/Β/14.3.97) Θολότητα και διαπερατότητα : για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις EC : για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις.
						Κατ' εξαίρεση για νησιώτικες περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής μία ανά εβδομάδα. Υπολειμματικό Cl2 συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται

ε) Αναγκαία είναι η απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης – απονιτροποίησης στην περίπτωση άρδευσης σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητες λόγω νιτρορύπανσης. Με σκοπό οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/l και 15 mg/l αντίστοιχα.

στ) Ενδεικτικά, ένα σύστημα που μπορεί να φτάσει τα αναφερόμενα όρια είναι η προσθήκη κροκιδωτικού (π.χ. θειικού αργιλίου) σε δόση μεγαλύτερη από 10 mg/l.

Απευθείας διύλιση σε διυλιστήριο άμμου με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά άμμου διυλιστηρίου. (Καλικονιάρης, 2012)

Βάθος διυλιστικού μέσου	(L) ≥ 1.40 m
Ενεργή διάμετρος κόκκων άμμου	(De) ≈ 1 mm
Συντελεστής ομοιομορφίας κόκκων άμμο	(u) = 1.45 – 1.60
Επιφανειακή φόρτιση	≤ 8 m ³ / m ² / hr

ζ) Η μέθοδος που εφαρμόζεται είναι η χλωρίωση, η οζόνωση, η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, με σκοπό να εξασφαλίζουν την απαιτούμενη συγκέντρωση E.coli για το 80 % των δειγμάτων κατά την εκροή.

Χλωρίωση

Η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου ορίζεται από τη νομοθεσία : Κυττολ. ≥ 2 mg/l.

Η ροή θα είναι εμβολοειδής (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ο ελάχιστος χρόνος επαφής :

t=60min

C*t ≥ 120 mg*min/l

εξίσωση 3.2

Το γινόμενο αυτό αφορά την ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης. Η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση.

Υπεριώδης ακτινοβολία UV

Η ελάχιστη δόση που πρέπει να εξασφαλίζεται για την υπεριώδη ακτινοβολία, στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων, ορίζεται από την νομοθεσία 50 mWsec/cm².

Η διαπερατότητα σε αυτήν την περίπτωση δεν θα ξεπερνά το 70%.

Απαραίτητα συμπεριλαμβάνεται η τεκμηρίωση της επάρκειας, της αποτελεσματικότητας και κυρίως η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

η) Υπεύθυνη για το νερό βιομηχανιών διεργασιών είναι η ενδιαφερόμενη βιομηχανία ώστε να εφαρμόσει τα απαιτούμενα πρόσθετα προχωρημένα συστήματα επεξεργασίας με σκοπό την απομάκρυνση ιόντων και άλλων διαλυμένων ενώσεων και στοιχείων.

Πίνακας 3.4: Όρια επαναχρησιμοποίησης για αστική χρήση, εμπλουτισμό και περιαστικό πράσινο (Κ.Υ.Α.145116/2011, 2011).

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Αστική χρήση:</p> <p>Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις πυρκαγιών, συμπύκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρομίων, διακοσμητικά σιντριβάνια. Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται. Εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ 54Α/83-2007), με γεωτρήσεις. Περιστατικό πράσινο Συμπεριλαμβανομένων των αλσών και δασών (λ).</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 (θ), Ακολουθούμενη από τριτοβάθμια επεξεργασία (ι) και απολύμανση (κ)</p>	<p>BOD5, SS, N, P : Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 ΦΕΚ 192/Β/14.3.97) Θολότητα και διαπερατότητα : για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. TC : για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Κατ' εξαίρεση για νησιώτικες περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα. Υπολειμματικό Cl2 συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται</p>

θ) Αναγκαία είναι η απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης – απονιτροποίησης, με σκοπό οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/l και 15 mg/l αντίστοιχα.

ι) Για να επιτυγχάνονται τα προτεινόμενα όρια απαιτείται κατάλληλο σύστημα μεμβρανών (τουλάχιστον υπερδιήθηση) ή ισοδύναμο σύστημα. Συγχώνευση της δευτεροβάθμιας με την τριτοβάθμια επεξεργασία λαμβάνει χώρα σε περίπτωση χρήσης βιολογικών αντιδραστήρων μεμβράνης.

κ) Η μέθοδος που εφαρμόζεται είναι η χλωρίωση, η οζόνωση, η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, με σκοπό να εξασφαλίζουν την απαιτούμενη συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων για το 80 % των δειγμάτων κατά την εκροή.

Χλωρίωση

Η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου ορίζεται από τη νομοθεσία Κυπτολ. $\geq 2 \text{ mg/l}$.

Η ροή θα είναι εμβολοειδής (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ο ελάχιστος χρόνος επαφής :

$t=60\text{min}$

$C \cdot t \geq 120 \text{ mg} \cdot \text{min/l}$ **εξίσωση 3.3**

Το γινόμενο αυτό αφορά την ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης. Η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση.

Υπεριώδης ακτινοβολία UV

Η ελάχιστη δόση που πρέπει να εξασφαλίζεται για την υπεριώδη ακτινοβολία, στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων, ορίζεται από την νομοθεσία 40 mWsec/cm^2 .

Η διαπερατότητα σε αυτήν την περίπτωση δεν θα ξεπερνά το 70 %.

Απαραίτητα συμπεριλαμβάνεται η τεκμηρίωση της επάρκειας, της αποτελεσματικότητας και κυρίως η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

Για τις παραπάνω παραμέτρους, η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων ανάγεται σε :

- 12 ανά έτος για ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 200.000 κατοίκους
- 4 ανά έτος για ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 50.000 - 200.000 κατοίκων
- ανά έτος για ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10.000 - 50.000 κατοίκων
- 1 ανά έτος για ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2.000 - 10.000 κατοίκων
- καμία για ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο από 2.000 κατοίκων και ιδιωτικά συστήματα

Περιεχόμενο άδειας επαναχρησιμοποίησης

Οι άδειες επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία: 1) τη χορηγούμενη ποσότητα των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με καθορισμό ανωτάτων ορίων ανάλογα με τη συγκεκριμένη χρήση, 2) τους όρους και τις προϋποθέσεις επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ανάλογα με τη συγκεκριμένη χρήση (άρδευση, εμπλουτισμός κλπ), 3) τη χρονική περίοδο επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στις περιπτώσεις των χρήσεων των άρθρων 4, 5, 6 και 8, 4) το Φορέα Παροχής ανακτημένου νερού 5) τις προϋποθέσεις ανάκλησης, τροποποίησης, κατάρνησης ή ανανέωσης της άδειας 6) τις υποχρεώσεις του χρήστη και 7) τη διάρκεια ισχύος της άδειας.

Η διάρκεια ισχύος των αδειών επαναχρησιμοποίησης δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 8 χρόνια από την ημερομηνία έκδοσης της, καθώς επίσης και τη διάρκεια ισχύος της απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, εφόσον αυτή απαιτείται.

Ελεγχοι

Η Διεύθυνση Υδάτων της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης σε συνεργασία με τις αρμόδιες υπηρεσίες κάνει τακτικούς και έκτακτους ελέγχους, με σκοπό την διαπίστωση της τήρησης των όρων και των απαιτήσεων που προβλέπονται στην άδεια επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της παρούσας απόφασης.

3.2 Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Ευρωπαϊκή Κοινότητα εδώ και πολλά χρόνια απασχολείται με τα δεδομένα που πρέπει να ακολουθούν τα υγρά αστικά απόβλητα κατά την έξοδό τους από τα Κέντρα Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων. Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία δεν περιέχει πολλές νομοθετικές ρυθμίσεις που αφορούν την απαιτούμενη ποιότητα των λυμάτων προς επαναχρησιμοποίηση. Μία γενική αναφορά στο θέμα γίνεται στην Οδηγία 91/271 της ΕΕ (άρθρο 12, §1), όπου αναφέρεται ότι:

«Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται, όποτε είναι σκόπιμο...».

Η οδηγία 91/271/ΕΟΚ ασχολείται με την επεξεργασία, τη συλλογή και τη διάθεση αστικών λυμάτων καθώς και την επεξεργασία και τη διάθεση βιομηχανικών λυμάτων από ορισμένους

βιομηχανικούς τομείς. Σκοπός της οδηγίας αυτής είναι να προστατέψει το περιβάλλον από τις αρνητικές επιπτώσεις της διάθεσης τόσο των αστικών όσο και των βιομηχανικών λυμάτων.

Η ανισοκατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων είναι μία σημαντική παράμετρος για την έλλειψη μιας ενιαίας θεώρησης για το χώρο της Ευρώπης.

Η επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού σημειώνεται ως ελκυστική λύση στη Νότια Ευρώπη αλλά και στη Γαλλία και τη Μεγάλη Βρετανία. Η επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού για άρδευση λαμβάνει χώρα περισσότερο σε χώρες όπως Ισπανία, Γαλλία και Κύπρο καθώς ενδιαφέρον σημειώνεται στην Ελλάδα, την Ιταλία και την Πορτογαλία.

Οι χώρες που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα θέτουν σε εφαρμογή κριτήρια, κυρίως με τη μορφή των κατευθυντήριων Οδηγιών, όπως η Γαλλία, η Ιταλία, η Κύπρος, η Ισπανία και η Ελλάδα (σύμφωνα με το "EUREAU", Water Recycling and Reuse Working Group). EUREAU είναι η Ένωση των Εθνικών Συνδέσμων των Εταιρειών Ύδρευσης και Αποχέτευσης των χωρών της ΕΥ, και της ΕFΤΑ. Ενώ οι χώρες με κατευθυντήριες Οδηγίες υπό θεώρηση είναι το Βέλγιο, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Μάλτα και η Πορτογαλία.

Στις 28 Μαΐου του 2018 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανέφερε νέους κανόνες όπου στόχευε στην τόνωση και στη διευκόλυνση της επαναχρησιμοποίησης του νερού στην ΕΕ, για γεωργική άρδευση. Οι νέοι κανόνες είχαν σκοπό να δείξουν πιο πολύ εύνοια στους γεωργούς ώστε να κάνουν την καλύτερη δυνατή χρήση των λυμάτων, με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαν να διασφαλίσουν την ανακούφιση περιοχών με λειψυδρία και θα μπορούσαν να προστατέψουν παράλληλα το περιβάλλον και τους καταναλωτές.

Ο κ. Βέλα, επίτροπος Περιβάλλοντος, Θαλάσσιας Πολιτικής και Αλιείας έκανε την εξής δήλωση: «Η παρούσα πρόταση θα δημιουργήσει μόνο νικητές — οι γεωργοί μας θα έχουν πρόσβαση σε βιώσιμη προμήθεια νερού για άρδευση, οι καταναλωτές θα γνωρίζουν ότι τα προϊόντα που καταναλώνουν είναι ασφαλή και οι επιχειρήσεις μας θα ανακαλύψουν νέες ευκαιρίες. Ο μεγαλύτερος νικητής θα είναι το περιβάλλον, καθώς η πρόταση συμβάλλει στο να διαχειριστούμε καλύτερα τον πλέον πολυτιμότερο πόρο μας- το νερό.» (Ε.Ε, 2018).

Η επιτροπή προτείνει (Ε.Ε, 2018):

- Μικρές απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων από σταθμούς που επεξεργάζονται αστικά λυμάτα. Οι απαιτήσεις αυτές περιλαμβάνουν μικροβιολογικά στοιχεία (για παράδειγμα όσον αφορά τα επίπεδα *E. coli*) και απαιτήσεις παρακολούθησης για τακτικούς και ποιοτικούς ελέγχους. Σκοπός να διασφαλιστεί πως το ανακτηθέν νερό θα είναι τελικά ασφαλές για άρδευση, κατά το οποίο παράγεται σύμφωνα με τους νέους κανόνες.
- Διαχείριση και η σωστή αντιμετώπιση του κινδύνου ώστε να είναι ασφαλής η επαναχρησιμοποίηση του νερού.
- Αυξημένη διαφάνεια. Το κοινό θα έχει πρόσβαση σε πληροφορίες στο διαδίκτυο σχετικά με τις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού στα οικεία κράτη μέλη.

Η δυναμική της επαναχρησιμοποίησης του νερού, στην ΕΕ σήμερα, δεν αξιοποιείται πλήρως παρ' όλο που ο περιβαλλοντικός της αντίκτυπος είναι μικρότερος συγκριτικά με την πολύ περισσότερη ενέργεια που απαιτείται για την άντληση και τη μεταφορά γλυκού νερού. Το ένα τρίτο της έκτασης της ΕΕ αντιμετωπίζει δυσκολίες σχετικά με τους υδατικούς πόρους καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η λειψυδρία επίσης συνεχίζει να αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για πολλά κράτη μέλη της ΕΕ. Επίσης, είναι πιθανό να έχουν αρνητικές συνέπειες τόσο για την ποσότητα όσο και την ποιότητα των πόρων γλυκού νερού παράγοντες όπως τα όλο και πιο απρόβλεπτα καιρικά φαινόμενα και οι σοβαρές ξηρασίες. Οι νέοι κανόνες στοχεύουν σε μια αξιόπιστη εναλλακτική πηγή υδροδότησης καθώς και στην εξοικονόμηση των οικονομικών και περιβαλλοντικών δαπανών που σχετίζονται με τη δημιουργία νέων αποθεμάτων νερού (Ε.Ε, 2018).

Ο κανονισμός που έκανε πρότασ ηΕπιτροπή έχει ως στόχο την άμβλυνση της λειψυδρίας σε ολόκληρη την ΕΕ, στο πλαίσιο της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, ιδίως μέσω της αύξησης της επαναχρησιμοποίησης των υδάτων, στον τομέα της γεωργικής άρδευσης, όπου είναι σκόπιμο και οικονομικά αποδοτικό, διασφαλίζοντας παράλληλα τη διατήρηση υψηλού επιπέδου στους τομείς της δημόσιας υγείας και της προστασίας του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, η θέσπιση ενός ευνοϊκού πλαισίου μέσω μιας κοινής προσέγγισης όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων στη γεωργική άρδευση σε ολόκληρη την ΕΕ μπορεί να διευκολύνει την αποτελεσματικότερη διαχείριση των περιορισμένων υδάτινων πόρων. Ο καθορισμός κοινών ελάχιστων απαιτήσεων αναμένεται να επιτύχει υψηλό επίπεδο προστασίας των καταναλωτών, των εργαζομένων και άλλων, όπως επίσης του περιβάλλοντος και ειδικότερα των υδάτινων πόρων και των εξαρτώμενων οικοσυστημάτων και εδαφών· πιο έμμεσα, αναμένεται να έχει θετικό αντίκτυπο στην αντίληψη του κοινού. Επίσης προστατεύει τους πολίτες και το περιβάλλον εξασφαλίζοντας την ασφάλεια των επεξεργασμένων λυμάτων που προορίζονται για γεωργική άρδευση (Ε.Ε, 2018).

Τα κράτη μέλη της ΕΕ μοιράζονται το 60 % των λεκανών απορροής ποταμών της ΕΕ, γεγονός που καθιστά αναγκαία την ανάληψη δράσης σε επίπεδο ΕΕ για την αντιμετώπιση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων και της ρύπανσης. Για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, εάν τα κράτη μέλη δρουν μεμονωμένα, τα τεχνικά εμπόδια και τα συναφή έξοδα είναι υπερβολικά υψηλά, ακόμη και για τους προμηθευτές τεχνολογιών που είναι εταιρείες σε κλίμακα ΕΕ. Η δράση της ΕΕ για τη γεωργική άρδευση είναι επίσης δικαιολογημένη, ώστε οι διαφορετικές εθνικές απαιτήσεις να μην επηρεάζουν αρνητικά τους ίδιους όρους ανταγωνισμού, προκαλώντας εμπόδια στην εσωτερική αγορά για τα γεωργικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακυκλωμένο νερό. Η ανάγκη για δράση της ΕΕ επιβεβαιώθηκε από τις εκτενείς διαβουλεύσεις με το κοινό και τα ενδιαφερόμενα μέρη. Όσον αφορά τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα, η ρυθμιστική δράση της ΕΕ δεν είναι αναλογική, λόγω της ισχυρής τοπικής διάστασης του θέματος. (Ε.Ε, 2018).

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος και την επίτευξη των στόχων, εξετάστηκαν οι ακόλουθες επιλογές πολιτικής για τη γεωργική άρδευση: 1) ένα νομικό μέσο που θα εξασφαλίζει την ασφάλεια των γεωργικών προϊόντων με μια προσέγγιση «ενιαίας αντιμετώπισης» της προστασίας της τοπικής δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, καθώς και 2) ένα νομικό μέσο που θα εξασφαλίζει την ασφάλεια των γεωργικών προϊόντων με μια προσέγγιση «κατάλληλη για τον επιδιωκόμενο σκοπό», καθώς και την προστασία της τοπικής δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος και 3) ένα έγγραφο καθοδήγησης σχετικά με την ασφάλεια των γεωργικών προϊόντων και την προστασία της τοπικής δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. Από την ανάλυση και τη σύγκριση των επιλογών συνάγεται το συμπέρασμα ότι η προτιμώμενη επιλογή για τη γεωργική άρδευση είναι η 2), δεδομένου ότι είναι σε θέση να παρέχει υψηλότερο όγκο επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με χαμηλότερο κόστος από ό, τι οι άλλες επιλογές, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό το βέλτιστο αποτέλεσμα για την επίτευξη του συνολικού στόχου. Όσον αφορά την επιλογή του νομικού μέσου, εξετάστηκαν οι δυνατότητες μιας οδηγίας ή ενός κανονισμού και κρίθηκαν κατάλληλες και οι δύο λύσεις, έχοντας η κάθε μία ορισμένα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Ενώ ο κανονισμός θα εξυπηρετήσει καλύτερα τον χαρακτήρα της πρωτοβουλίας, η οδηγία θα επιτρέψει μεγαλύτερη ευελιξία όσον αφορά τον καθορισμό πιο αυστηρών εθνικών απαιτήσεων (ενώ ταυτόχρονα θα μεταφέρει τον φόρτο σε όλα τα κράτη μέλη, συμπεριλαμβανομένων εκείνων όπου η επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι άνευ αντικειμένου στην παρούσα στιγμή) (Ε.Ε, 2018).

Όσον αφορά τη γεωργική άρδευση, μια νομοθετική πράξη της ΕΕ με προσέγγιση «κατάλληλη για τον σκοπό» και τη διαχείριση του κινδύνου θα απέφερε περισσότερα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης της διαχείρισης των υδάτων και της προσαρμογής στην αλλαγή του κλίματος, η παροχή νερού για τους αγρότες θα είναι ασφαλέστερη, ακόμη και σε περιόδους ξηρασίας, όταν ενδεχομένως δεν είναι διαθέσιμες άλλες αρδευτικές πηγές. Συγκεκριμένα, θα συμβάλει στην άμβλυνση της καταπόνησης των υδάτων μέσω της αυξημένης αξιοποίησης της επαναχρησιμοποίησης των υδάτων σε οικονομικά προσιτές τιμές, που θα μπορούσε να φθάσει τα 6,6 δισεκατομμύρια m³ ετησίως, σε σύγκριση με τη γραμμή βάσης του 1,7 δισεκατομμυρίου m³. Επιπλέον θα

δημιουργήσει ισότιμους όρους ανταγωνισμού για τους επενδυτές και θα παρέχει ασφάλεια όσον αφορά τη διανομή των συναφών προϊόντων στην εσωτερική αγορά, συμβάλλοντας επίσης με τον τρόπο αυτό στην αύξηση της δημόσιας εμπιστοσύνης στην επαναχρησιμοποίηση των υδάτων για άρδευση (Ε.Ε, 2018).

Επίσης, ένας κανονισμός της ΕΕ με προσέγγιση «κατάλληλη για τον επιδιωκόμενο σκοπό» αναμένεται να απαιτήσει επενδύσεις ύψους 38 EUR / m^3 /ημέρα για την επεξεργασία των διαθέσιμων όγκων υδάτων, ενώ στην προσέγγιση «ενιαίας αντιμετώπισης» οι εν λόγω δαπάνες αυξάνονται, φτάνοντας τα 271 EUR / m^3 /ημέρα. Μια επένδυση ύψους μικρότερου των 700 εκατ. EUR θα επιτρέψει την επεξεργασία πάνω από 6,6 δισεκατομμυρίων m^3 ετησίως, κάτω από το ίδιο όριο κόστους με την «κατάλληλη για τον επιδιωκόμενο σκοπό» προσέγγιση, σε σύγκριση με μια επένδυση ύψους περίπου 600 εκατ. EUR μόνο για 800 εκατ. m^3 ετησίως βάσει της προσέγγισης «ενιαίας αντιμετώπισης», και στις δύο περιπτώσεις με συνολικό κόστος κάτω από 0,5 EUR/ m^3 νερού από ανάκτηση (Ε.Ε, 2018).

Η πρωτοβουλία αναμένεται να έχει αντίκτυπο τόσο στις επιχειρήσεις παροχής τεχνολογίας όσο και στις γεωργικές επιχειρήσεις, που αμφότερες περιλαμβάνουν ΜΜΕ. Θα δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες για τις ΜΜΕ που προσανατολίζονται στην επαναχρησιμοποίηση των υδάτων, όπως η δημιουργία θέσεων εργασίας και η ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων σε τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης των υδάτων, καινοτόμα συστήματα παρακολούθησης και αναλυτικές τεχνικές συμμόρφωσης με τις νέες απαιτήσεις. Οι γεωργικές επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένων των ΜΜΕ, που είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής γλυκού νερού στα κράτη μέλη, θα επωφεληθούν από την ασφαλή πρόσβαση σε υδάτινους πόρους. Οι κεφαλαιουχικές επενδύσεις για τη δημιουργία αρδευτικών υποδομών μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό κόστος. Οι πολύ μικρές, οι μικρές και οι μεσαίες γεωργικές επιχειρήσεις δεν θα επηρεαστούν δυσανάλογα. Η πρόσθετη διοικητική επιβάρυνση θα είναι ελάχιστη. Θα χρησιμοποιηθούν κυρίως οι υφιστάμενες διαδικασίες υποβολής εκθέσεων που ισχύουν δυνάμει της οδηγίας-πλαίσου για τα ύδατα και της οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, και θα εισαχθούν μόνο περιορισμένες πρόσθετες απαιτήσεις παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων. Τα κράτη μέλη θα πρέπει να θεσπίσουν τις αναγκαίες διαδικασίες αδειοδότησης. Με τις απαιτήσεις παρακολούθησης σχετικά με την ποιότητα του νερού από ανάκτηση θα επιφορτιστούν οι φορείς εκμετάλλευσης. Η πρωτοβουλία θα συμβάλει στη μετάβαση στην κυκλική οικονομία και στην επίτευξη του στόχου βιώσιμης ανάπτυξης αριθ. 6 για τα καθαρά ύδατα και την αποχέτευση. Επιπλέον, θα συμπληρώσει τον υπό εξέλιξη εκσυγχρονισμό και την απλούστευση της Κοινής Γεωργικής Πολιτικής (Ε.Ε, 2018).

3.3 Νομοθεσία στον Ευρωπαϊκό Χώρο

Αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες έχουν ορίσει τα δικά τους κριτήρια με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού.

Στην Ιταλία, η νομοθεσία που υπάρχει σε εθνικό επίπεδο, αφορά την επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού για άρδευση. Επίσης παρέχει ένα αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο όσον αφορά την βακτηριολογική άποψη. Σχετικά με την απεριόριστη άρδευση ορίζεται τα εξής: δευτεροβάθμια επεξεργασία, απολύμανση και ολικά κολοβακτηρίδια 2/100 ml. Σχετικά με την άρδευση βοσκοτόπων (περιορισμένη άρδευση) ορίζεται ολικά κολοβακτηρίδια 20/100 ml (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2013).

Η Κύπρος έχει επίσης ορίσει αυστηρά όρια με επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις περιττωματικών κολοβακτηριδίων μεταξύ 5-15 /100 ml σχετικά με την απεριόριστη άρδευση (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2013).

Η Γαλλική νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού για άρδευση, έχει ως βάση τα κριτήρια του ΠΟΥ. Τα κριτήρια αυτά συμπεριλαμβάνουν αυστηρούς κανόνες, που αφορούν σε περιορισμούς κατά την επαναχρησιμοποίηση ανάλογα με την ποιότητα του ανακτημένου νερού, στην προστασία υπόγειων και επιφανειακών νερών, στα χημικά χαρακτηριστικά της εκροής στο δίκτυο αγωγών, κλπ (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2013).

Η περίπτωση της Ισπανίας δεν διαφέρει με αυτή της Ιταλίας. Η κατευθυντήρια οδηγία της σε εθνικό επίπεδο όσον αφορά τα μικροβιολογικά κριτήρια αναφέρεται σε ολικά κολοβακτηρίδια 2-20/100ml. Σε μερικές περιοχές με ορισμένο βαθμό θεσμικής αυτονομίας ισχύουν λιγότερο αυστηροί κανονισμοί, σε γενικές γραμμές όμως βρίσκονται στο πνεύμα της Οδηγίας ΠΟΥ, τέτοιες περιοχές είναι η Καταλονία και η Ανδαλουσία (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2013).

Σχετικά με τα μικροβιολογικά κριτήρια της απεριόριστης άρδευσης, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τείνουν να θεσπίσουν πιο αυστηρότερα κριτήρια από αυτά που καθορίζει ο ΠΟΥ (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2013).

3.4 Διεθνείς Οργανισμοί

Ο πρώτος κανονισμός, σε παγκόσμιο επίπεδο, για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων στη γεωργία εφαρμόστηκε το 1918 από την πολιτεία της Καλιφόρνιας, Η.Π.Α. Ο κανονισμός αυτός μέχρι το 1978 αναθεωρήθηκε αρκετές φορές. Σήμερα αποτελεί τη βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης και σε άλλες πολιτείες των Η.Π.Α. αλλά και σε πολλές χώρες του κόσμου.

- Τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO/UN) με τον τίτλο “Water quality for agriculture” (<http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E00.HTM>).
- Τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, WHO) με τον τίτλο: “Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water” (http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en/index.html),

3.5 Κατευθυντήρια Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού

ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΓΕΙΑΣ (WHO, 2006). ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ, ΓΚΡΙ ΝΕΡΩΝ, ΑΝΘΡΩΠΙΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) με σκοπό την ενίσχυση της προστασίας της ανθρώπινης υγείας, κατά την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, θεσπίζει κατευθυντήριες οδηγίες που ορίζουν μικροβιολογικά, χημικά και επιδημιολογικά κριτήρια. Επίσης αναφέρει ως απαραίτητο για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, να έχει γίνει μελέτη εκτίμησης του κινδύνου που προέρχεται από παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να ζήσουν για αρκετό χρονικό διάστημα και να μετακινηθούν από τα λύματα, στις καλλιέργειες, στο έδαφος και τελικά στον άνθρωπο. Ο WHO χωρίζει την αναβαθμισμένη κατευθυντήρια οδηγία του (Lyu et al, 2016) στα παρακάτω σημεία:

- Στοχεύει στην επιδίωξη και μέτρηση ως λογαριθμικές μειώσεις της συγκέντρωσης των παθογόνων.
- Ορίζει δείκτες ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων, οι οποίοι έχουν σχέση με τις συγκεντρώσεις των εντερικών νηματοειδών ή των E. Coli.
- Στοχεύει στην υγεία και αναφέρει απώλεια χρόνου ζωής ή επιβάρυνση της υγείας των ανθρώπων.

Επίσης κάνει αναφορά στις ασθένειες που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων σε καλλιέργειες ή υδατοκαλλιέργειες, λόγω παρουσίας παθογόνων βακτηρίων σε αυτά. Δίνει βάση στα παθογόνα βακτήρια (κυρίως έλμινθες), τους ιούς και τα πρωτόζωα τα οποία μπορεί να προκαλέσουν στον άνθρωπο χολέρα, τυφοειδή πυρετό, ή συγγέλωση. Επίσης δίνει έμφαση σε συγκεκριμένες κατηγορίες ανθρώπων που έχουν αυξημένη πιθανότητα έκθεσης σε ασθένειες που προκύπτουν από την επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων (πχ αγρότες, τις οικογένειές τους, καταναλωτές ή και ανθρώπους που ζουν κοντά σε καλλιέργειες που αρδεύονται με απόβλητα).

Ο Κανονισμός που ορίζεται αρχικά από τον WHO (1989) θέτει τα όρια για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων σε καλλιέργειες, υδατοκαλλιέργειες και σε

αστικές χρήσεις. Το 2006 όπου ορίζεται και η τρίτη έκδοση, ο WHO έχει αναβαθμίσει την οδηγία και προσδιορίζει τις κατώτερες συγκεντρώσεις για τα E. coli που απαιτούνται ώστε το νερό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περιορισμένη ή απεριόριστη άρδευση. Επίσης κάνει αναφορά στα όρια σχετικά με τη συγκέντρωση E.Coli, στις επεξεργασμένες εκροές των λυμάτων, μικρότερες του 104 ανά 100 ml λυμάτων για απεριόριστη άρδευση και 105 για περιορισμένη άρδευση. Επίσης αναφέρει, για κάθε κίνδυνο, ένα επίπεδο πάνω από το οποίο υπάρχει μία επιβάρυνση ασθένειας για τους ανθρώπους (ορίζει τη μονάδα 10-6 DALYs για τη μέτρηση του επιπέδου ασθένειας που μπορεί να προκληθεί ανά άτομο ετησίως). Για την προσβολή ελμίνθων θέτει σε εφαρμογή επιδημιολογικές μελέτες. Υποστηρίζει πως δεν υπάρχει προσβολή αν η συγκέντρωση των ελμίνθων είναι μικρότερη ή ίση του 1 αυγού ελμίνθων ανά λίτρο επεξεργασμένων λυμάτων που χρησιμοποιούνται για άρδευση. Τα επίπεδα σε έλμινθες πραγματοποιούνται με επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, πλύσιμο των ωμών λαχανικών πριν την κατανάλωσή τους, χρήση προστατευτικού εξοπλισμού για τους εργάτες στις καλλιέργειες. Στον πίνακα 3.6 φαίνονται οι μέγιστες επιτρεπτές συγκεντρώσεις στο έδαφος, για διάφορα τοξικά στοιχεία και οργανικές ενώσεις, με σκοπό να διασφαλίζεται η υγεία.

Πίνακας 3.5: Μέγιστες συγκεντρώσεις για διάφορα χημικά στοιχεία και οργανικές ενώσεις, στο έδαφος, αναφορικά με την ανθρώπινη υγεία (WHO, 2006).

Χημικά στοιχεία	Συγκεντρώσεις στο έδαφος (mg/kg)	Χημικά στοιχεία	Συγκεντρ ώσεις στο έδαφος (mg/kg)	Οργανικές ενώσεις	Συγκεντρώσε ις στο έδαφος (mg/kg)
Sb	36	Hg	7	Aldrin	0,48
As	8	Pb	0,6	Βενζόλιο	0,14
Ba	302	Ni	107	Chlordane	3
B	1,7	Se	6	Χλωροβενζ όλιο	211
Cd	4	Ag	3	DDT	1.54
F	635	TI	0,3	Διχλωροβεν ζόλιο	15
Fe	84	V	47	Dieldrin	0.17

Τα μέτρα που προτείνονται σχετικά με την προστασία της υγείας είναι η θερμική επεξεργασία των τροφίμων πριν την κατανάλωση καθώς και η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πριν τη χρήση τους για άρδευση και ορίζονται περιορισμοί στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Αναγκαίο είναι η τήρηση διαδικασιών υγιεινής κατά την παραγωγή των τροφίμων και επίσης πρέπει να εφαρμόζονται πρακτικές όπως πλύσιμο, απολύμανση, θερμική επεξεργασία των τροφίμων.

3.6 Καλιφόρνια

Ο πρώτος κανονισμός επαναχρησιμοποίησης που θεσπίστηκε σε παγκόσμιο επίπεδο ήταν αυτός της Καλιφόρνια το 1918. Στη συνέχεια όμως κρίθηκαν απαραίτητες αναθεωρήσεις και επεκτάσεις το 1978 σχηματίζοντας έτσι την μορφή του όπως τον γνωρίζουμε σήμερα. Εκτός από τον πρώτο κανονισμό, αποτελεί και την βάση για θέσπιση κριτηρίων ολοκλήρου του κόσμου.

Σε αντίθεση με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας που θα ακολουθήσει παρακάτω, τα μικροβιολογικά κριτήρια αναφέρονται σε μία προσπάθεια ελαχιστοποίησης των θεωρητικών κινδύνων από την επαναχρησιμοποίηση των εκρών και όχι σε επιδημιολογικές έρευνες.

Πίνακας 3.6: Μικροβιολογικά κριτήρια – Καλιφόρνια. (Καλικονιάρης, 2012)

Είδος χρήσης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC) ανά 100ml (5)	Απαιτούμενη επεξεργασία
Ζωοτροφές, μη βρώσιμες καλλιέργειες, άρδευση οπωρώνων, αμπελώνων (1)	Δεν τίθενται όρια	Δευτεροβάθμια
Βοσκότοποι για γαλακτοπαραγωγή ζώα, τεχνητές λίμνες αναψυχής (2), πότισμα γηπέδων γκολφ, νεκροταφείων κ.λ.π.	<23 (διάμεση τιμή)	Οξείδωση και απολύμανση
Επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιιεργειών (3), τεχνητές λίμνες αναψυχής (2α)	<2,2 (διάμεση τιμή)	Οξείδωση και απολύμανση
Άρδευση βρώσιμων καλλιιεργειών με καταιονισμό, πάρκων, παιδικών χαρών, τεχνητές λίμνες αναψυχής (2β)	<2,2 (διάμεση τιμή, με απόλυτο μέγιστο τα 23) (6)	Οξείδωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση

- Λίμνες για αισθητική απόλαυση, χωρίς το κοινό να έρχεται σε επαφή με το νερό.
- Λίμνες για αλιεία, ιστιοπλοΐα και άλλες ψυχαγωγικές χρήσεις που δεν προϋποθέτουν επαφή του νερού με το ανθρώπινο σώμα.
- Λίμνες για χρήσεις χωρίς περιορισμό επαφής του νερού με το ανθρώπινο σώμα.
- Για τους οπωρώνες και τους αμπελώνες ορίζεται ως προϋπόθεση ότι οι καρποί δεν έχουν έρθει σε επαφή με το νερό άρδευσης ή το έδαφος.
- Εξαιρέσεις γίνονται σε περιπτώσεις όπως βρώσιμες καλλιέργειες που υφίστανται επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους.
- Η διάμεση τιμή προκύπτει από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων αναλύσεων εντός 7 ημερών όπου αυτές πραγματοποιήθηκαν.
- Η μέγιστη τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνεται σε περισσότερα του ενός δείγματα για οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών.
- Η θολρότητα του διυλισμένου νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2 μονάδες θολρότητας κατά την διάρκεια του 24ώρου.

Η πιο βασική παράμετρος θεωρείται η πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης στα λύματα και σύμφωνα με αυτό καθορίζεται το μέγεθος του κινδύνου.

Τα όρια που συναντάμε στον Κανονισμό της Πολιτείας της Καλιφόρνιας (Crook and Surampalli, 1996) είναι:

- Παθογόνοι μικροοργανισμοί
- Θολότητα
- Απαιτήσεις επεξεργασίας

Αξιοπιστία επεξεργασίας

Παρατηρούμε πως περιλαμβάνονται καινούργιες προδιαγραφές σχετικά με την αξιοπιστία της εκάστοτε επεξεργασίας αναφερόμενες σε εφεδρικά συστήματα ενέργειας και ασφάλειας, πολλαπλές ή εφεδρικές μονάδες, σε αποθήκευση και διάθεση μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων σε περίπτωση ανάγκης και κυρίως σε μηχανισμούς παρακολούθησης. Επίσης μέσω αυτοματοποιημένης λειτουργίας επιτυγχάνεται πιο ευέλικτη επεξεργασία.

Η διάκριση που προκύπτει από την οδηγία είναι η περιορισμένη και απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση. Αναλυτικότερα κατά την περιορισμένη επαναχρησιμοποίηση για άρδευση μη βρώσιμων καλλιεργειών και υπό όρους άλλων, δεν τίθενται μικροβιολογικά όρια. Για τα υπόλοιπα γίνεται ένας σαφής διαχωρισμός που αφορά βοσκότοπους, επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών, πότισμα γηπέδων κ.λ.π. όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα.

Σχετικά με την απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση τα όρια δεν φαίνεται να διαφέρουν με αυτά της περιορισμένης στην πραγματικότητα όμως το προτεινόμενο σχήμα επεξεργασίας περιλαμβάνει πλήρη τριτοβάθμια επεξεργασία με κροκίδωση, καθίζηση διύλιση και απολύμανση. Με τον τρόπο αυτό δηλώνεται σαφώς πιο προχωρημένη επεξεργασία η οποία έχει ως στόχο την πλήρη απομάκρυνση των ιών.

Κεφάλαιο 4: Κοινωνική αποδοχή επαναχρησιμοποίησης

Οι καταναλωτές αντιμετωπίζουν διάφορα προβλήματα από το νερό το οποίο έχει προκύψει από λύματα. Ο σημαντικότερος παράγοντας με σκοπό την επιτυχία οποιουδήποτε προγράμματος επαναχρησιμοποίησης νερού, είναι να φέρει της αποδοχής της κοινωνίας, η οποία και θα το χρησιμοποιήσει. Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις εφαρμογών της επαναχρησιμοποίησης, όπου με σωστή και πλήρη ενημέρωση του κόσμου και της τοπικής κοινωνίας είχαν θετικά αποτελέσματα. Όμως υπάρχουν και περιπτώσεις που η τοπική κοινωνία αρνήθηκε να αποδεχτεί κάποιες περιπτώσεις εφαρμογών, συνεπώς οι προσπάθειες δεν συνεχίστηκαν (D'Angelo Report, 1998). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η προσπάθεια επαναχρησιμοποίησης του νερού για πόσιμους σκοπούς στο San Diego της Καλιφόρνιας των Ηνωμένων Πολιτειών. Η τοπική κοινωνία αρχικά είχε υιοθετήσει την προσπάθεια επαναχρησιμοποίησης, (WegnerGwidt, 1998), όμως στη συνέχεια αυτή η προσπάθεια δεν συνεχίστηκε (US Bureau of Reclamation, 2000). Μία άλλη πολύ γνωστή περίπτωση είναι στο San Gabriel Valley της Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών, όπου σκοπός ήταν η προσπάθεια φόρτισης του πόσιμου υδροφορέα. Μετά από έντονη δυσφημιστική εκστρατεία οργανωμένων ομάδων πολιτών εγλαταλείφθηκε (Stenekes, 2001).

Η σωστή ενημέρωση της τοπικής κοινωνίας, υπεύθυνα και αμερόληπτα θα παίξει σημαντικό ρόλο για την τελική απόφαση εφαρμογής ενός έργου. Επίσης αυτό μπορεί να δημιουργήσει μία σαφή και αντικειμενική άποψη για τα θετικά της εφαρμογής της επαναχρησιμοποίησης, με σκοπό να αποδειχθεί η σωστή τήρηση όλων των κανόνων ασφαλείας που διέπουν τις εγκαταστάσεις αυτές. Επίσης σημαντικός παράγοντας είναι και η υπευθυνότητα της διαχείρισης της ενημέρωσης του κόσμου σε θέματα επαναχρησιμοποίησης. Καθώς η εμπειρία έχει δείξει πως στις τοπικές κοινωνίες, η επαναχρησιμοποίηση είναι ένα θέμα, που επιδιώκουν κάποιοι να εμπλέξουν σε πολιτικές διαμάχες (Gibson and Apostolidis, 2001).

Σε περιπτώσεις με άμεσες ή έμμεσες πόσιμες εφαρμογές συναντάμε αρνητική διάθεση της κοινότητας να χρησιμοποιήσει ανακτώμενο νερό. Καθώς και σε περιπτώσεις που αναμένει η τιμή του να είναι αισθητά χαμηλότερη από το νερό ύδρευσης.

4.1 Προβλήματα από την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα, όπως έχει αναφερθεί, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν είτε άμεσα είτε έμμεσα μετά από την επεξεργασία τους. Η αποδοχή του κοινού είναι το σημαντικότερο πρόβλημα διότι από αυτήν εξαρτάται αν ένα πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης θα εφαρμοστεί ή όχι. Όμως υπάρχουν και άλλα προβλήματα που είναι σημαντικά και μπορεί να παίξουν κάποιο ρόλο σχετικά με την επένδυση των επενδυτών. Θέματα σχετικά με την υγεία των καταναλωτών, προβλήματα σχετικά με την αποθήκευσή τους και τη μεταφορά τους, τους πιθανούς κινδύνους που προκύπτουν για το περιβάλλον αλλά και προβλήματα από τη χρήση τους στις καλλιέργειες είναι ορισμένα από τα ζητήματα που προκύπτουν από την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων (Χρυσανθοπούλου, 2018).

4.1.1 Προβλήματα σχετικά με την υγεία των καταναλωτών

Η υγεία των καταναλωτών είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα τα οποία δημιουργούνται από την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Αν δεν έχουν τηρηθεί όλες οι προδιαγραφές καθώς και τα όρια που θεσπίζονται από την νομοθεσία κατά την ανάκτηση του νερού τότε προκύπτουν οι κίνδυνοι, οι οποίοι είναι ανακαίο ως ένα βαθμό να αντιμετωπιστούν. Πρέπει, λοιπόν να ελεγχθεί η παρουσία ρυπαντών ή παθογόνων μικροοργανισμών ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος διάδοσης ασθενειών σε όσους χρησιμοποιούν το ανακυκλωμένο νερό. Ένας άλλος κίνδυνος δημιουργείται για τους αγρότες που χρησιμοποιούν επεξεργασμένα λύματα για την άρδευση των καλλιεργειών τους. Αφού οι αγρότες έρχονται σε άμεση επαφή με τους αγρούς και τα φυτά που αρδεύονται (Σταθάτου, 2017). Επίσης στις υδατοκαλλιέργειες όπου χρησιμοποιούνται νερά από επεξεργασμένα λύματα υπάρχει σοβαρός κίνδυνος για τους καταναλωτές που καταναλώνουν ψάρια αν δεν έχει γίνει ο απαραίτητος ποιοτικός έλεγχος στο νερό. Διότι αυτό που υπάρχει πιθανότητα να συμβεί είναι πως από το μολυσμένο νερό μπορούν να μεταφερθούν στους ιστούς των ψαριών βαρέα μέταλλα και παθογόνους μικροοργανισμούς, όπου αυτά μπορεί να περάσουν στους καταναλωτές. Επίσης επικίνδυνα γίνονται ακόμα και τα εντόσθια των ψαριών όπου συγκεντρώνονται μεγαλύτερες ποσότητες ρυπαντών σε αυτά. Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και σε θάνατο για τον ανθρώπινο οργανισμό. Οι νεαρές ηλικίες μπορούν να γίνουν περισσότερο ευάλωτοι καθώς και οι μεγαλύτεροι άνθρωποι. Ο κίνδυνος για αυτές τις κατηγορίες ανθρώπων αυξάνεται αν έρθουν σε επαφή με προϊόντα που έχουν μολυνθεί με ιούς, βακτήρια, πρωτόζωα, έλμυνθες ή άλλα παράσιτα που εντοπίζονται στα λύματα (Hanjara et al, 2012).

4.1.2 Προβλήματα για το περιβάλλον

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς μπορεί να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων θρεπτικών δημιουργεί κίνδυνο αύξησης της συγκέντρωσής τους στο έδαφος της καλλιέργειας. Δημιουργείται ανισορροπία ανάμεσα στο ισοζύγιο των θρεπτικών συστατικών που διατίθενται στο έδαφος και αυτών που απαιτούνται για την ανάπτυξη των φυτών. Τα θρεπτικά συστατικά διαφεύγουν στον υδροφόρο ορίζοντα και ρυπαίνουν τις ποσότητες νερού που υπάρχουν. Προκαλούνται προβλήματα ευτροφισμού των λιμνών ή θαλασσών, αυξάνονται το φυτοπλακτόν και τα μακροφύκη, οι τοξίνες, μειώνεται ο πληθυσμός των ψαριών, ενώ παρουσιάζονται προβλήματα οσμής και γεύσης στα ψάρια που ζουν σε ευτροφικό περιβάλλον (Badruzzaman et al, 2012). Βαρέα μέταλλα όπως είναι ο Zn, Pb, Cd, Fe συγκεντρώνονται στο έδαφος και από εκεί περνούν στις ρίζες των φυτών, στη συνέχεια στους βλαστούς και τέλος στα φύλλα τους, δημιουργώντας έτσι προβλήματα στην ανάπτυξή τους (Pedrero et al, 2010). Επομένως η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων με μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση στις καλλιέργειες αλλά και στο έδαφος το οποίο αρδεύεται μαζί με τα λύματα. Ως παράδειγμα αναφέρεται η μέτρηση διαφορετικών

ποσοτήτων βαρέων μετάλλων σε καλλιέργεια μαρουλιού σε σύγκριση με καλλιέργεια κρεμμυδιού, κατά την άρδευσή τους με επεξεργασμένα αστικά απόβλητα της ίδιας ποιότητας (Barbosa et al, 2015). Ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας, είναι πιθανό να μεταφερθούν στα εδάφη μέρη του φυτού μεγαλύτερες ποσότητες βαρέων μετάλλων (Hanjara et al, 2012).

Επίσης, η μεγάλη συγκέντρωση ολικών στερεών και αλάτων στα λύματα επιφέρει αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον. Οι υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους επηρεάζονται από την συγκέντρωση των ολικών στερεών. Τα άλατα μπορούν να βοηθήσουν στο να φράξουν οι πόροι του εδάφους, να μην αερίζεται σωστά, μειώνεται η διαπερατότητά του και καταστρέφεται η δομή του. Άρα το έδαφος δεν στραγγίζει καλά και δημιουργεί με αυτόν τον τρόπο προβλήματα τόσο στις καλλιέργειες αλλά και στο ρυθμό φόρτισης των υπόγειων δεξαμενών νερού. Η μεγάλη διάρκεια χρήση λυμάτων ως νερό άρδευσης αυξάνει την αλατότητα του εδάφους, υποβαθμίζει την ποιότητά του εδάφους και μειώνει την παραγωγή (Muyen et al, 2011). Ένα άλλος τρόπος με τον οποίο μπορούν να μεταφερθούν παθογόνοι μικροοργανισμοί, ιοί και βακτήρια στους υπόγειους υδροφορείς είναι από την ανεξέλεγκτη χρήση λυμάτων για άρδευση. Ένας ακόμα ρυπαντής που η αυξημένη παρουσία του στα λύματα δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον είναι οι οργανικές ενώσεις. Εντοπίζονται στα λύματα ως διαλυμένα μακρομόρια, μακροσκοπικά σωματίδια ή κolloειδή. Η παράμετρος που σχετίζεται με την οργανική ύλη καθορίζεται από τον συνολικό οργανικό άνθρακα (TOC: Total Organic Carbon). Ο TOC που παραμένει στα επεξεργασμένα λύματα ενεργοποιεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών, οι οποίοι δρουν αρνητικά στην υγεία ανθρώπων και ζώων. Ο διαλυμένος οργανικός άνθρακας στα λύματα μπορεί να δημιουργήσει διάφορα σύμπλοκα τα οποία απορροφούν ηλιακή ενέργεια μειώνοντας την αλκαλικότητα του νερού. Ο TOC μειώνει τη διαφάνεια του νερού, βοηθώντας την αναερόβια αναπνοή από την οποία παράγονται CO_2 και CH_4 αέρια του θερμοκηπίου, που επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα. Τέλος η αυξημένη ποσότητα TOC στα λύματα δρα αρνητικά για τη φωτοσύνθεση μειώνοντας την παραγωγή (Pal et al, 2017).

Από τη σύσταση των λυμάτων επηρεάζεται και το pH του νερού. Όταν τα λύματα είναι όξινα, μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα οξίνισης στα υπόγεια νερά, τις λίμνες και θάλασσες καταστρέφοντας με αυτόν τον τρόπο κάθε μορφή ζωής σε αυτές, κατά τη μεταφορά τους στους φυσικούς υδατικούς αποδέκτες. Επιπροσθέτως προκύπτουν και θέματα για το περιβάλλον σχετικά με την αισθητική υποβάθμιση, την έντονη παρουσία εντόμων, παρουσία οσμών ή άλλων παρασιτικών οργανισμών.

4.1.3 Προβλήματα από την επαναχρησιμοποίηση στις καλλιέργειες

Προβλήματα μπορούν να προκύψουν με την παρουσία οργανικών ενώσεων, παθογόνων μικροοργανισμών, μεγάλων συγκεντρώσεων ιόντων Na, Cl και θρεπτικών στοιχείων σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στις καλλιέργειες. Τα κύρια θρεπτικά στοιχεία που πρέπει να έχουν τα φυτά είναι P, K, N. Η συγκέντρωση του P στα επεξεργασμένα λύματα κυμαίνεται από 3mg/L (Muyen et al, 2011) μέχρι και 10 mg/L (Hanjara et al, 2012 , ανάλογα με την προέλευση των λυμάτων και το βαθμό επεξεργασίας τους. Το K έχει συνήθως μικρότερες συγκεντρώσεις ενώ το N μεταξύ 10-50 mg/l (Muyen et al, 2011; Hanjara et al, 2012). Η αυξανόμενη χρήση του N θα μπορέσει να βοηθήσει τα φυτά ώστε να αναπτυχθούν αρκετά γρήγορα, όμως δεν θα ωριμάσουν σωστά, θα υπάρχουν δηλαδή μεγάλες απώλειες στην σοδειά (Hanjara et al, 2012). Σε μείωση της σοδειάς οδηγεί η μεγαλύτερη συγκέντρωση P και K. Ενώ από τις ποσότητες N που υπάρχουν στα υγρά λύματα μπορεί να μεταβληθούν η δομή και η διαπερατότητα του εδάφους. Έτσι δημιουργούνται προβλήματα στον αερισμό του εδάφους και στην ταχύτητα φιλτραρίσματος του νερού. Σε αυτή την περίπτωση τα φυτά είτε θα σαπίσουν από την παρουσία στάσιμου νερού είτε δεν θα ποτίζονται ικανοποιητικά και θα ξεραθούν. Υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας ανισορροπίας μεταξύ της τροφοδοσίας των εδαφών σε θρεπτικά και της κατανάλωσής τους από τα φυτά. Στην περίπτωση που κατά την άρδευση το νερό περιέχει περισσότερα θρεπτικά από αυτά που χρειάζονται τα φυτά, τότε δεν θα τα προσλαμβάνουν όλα και η περίσσεια θρεπτικών θα παραμένει στο έδαφος. Επίσης υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να γίνει αύξηση της αλατότητας του εδάφους όταν πραγματοποιείται λίπανση με επεξεργασμένο νερό ή να γίνει συσσώρευση βαρέων

μετάλλων. Σε γενικές γραμμές, κίνδυνος στις καλλιέργειες υπάρχει κατά την παρουσία παθογόνων, φυτοφαρμάκων, μικροοργανισμών και διαφόρων υπολειμμάτων από προϊόντα προσωπικής φροντίδας. Στην περίπτωση της άρδευσης με νερό που έχει νηματοειδείς όπου περιέχονται στα λύματα τότε αυτοί θα μεταφερθούν στο έδαφος. Έτσι απαιτείται μεγάλες ποσότητες φυτοφαρμάκων για να ανακάμψει μια καλλιέργεια από τη βλάβη που θα δημιουργηθεί από τους νηματοειδείς. Τα φυτοφάρμακα περνούν στα φυτά, μετά πάνε στην τροφική αλυσίδα και τέλος θα μεταφερθούν στον άνθρωπο. Επίσης, θα επηρεαστεί το pH του εδάφους αν η άρδευση γίνει με όξινα λύματα. Σε όξινες συνθήκες τα φυτοφάρμακα και εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες απενεργοποιούνται, έτσι υπάρχει κίνδυνος οι αγρότες να χρησιμοποιήσουν μεγάλες ποσότητες ώστε να μην καταστραφεί η παραγωγή τους από έντομα. Οπότε επηρεάζουν αρνητικά τις καλλιέργειες, και στις δύο περιπτώσεις της παρουσίας νηματοειδών ή όξινου Ph στα λύματα που χρησιμοποιούνται για άρδευση. Πρόβλημα επίσης αποτελεί η απόφραξη των σωληνώσεων, όπου δημιουργείται κατά τη χρήση λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών. Αν υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση οργανικών, στερεών σωματιδίων και αλάτων μπορεί να δημιουργηθεί «πουρί» στις σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται για την άρδευση. Οπότε μπορούν να αποφράξουν οι σωληνώσεις και σε αυτή την περίπτωση να μην μπορεί να γίνει σωστά η άρδευση (Garcia and Pargament, 2015).

4.1.4 Προσφορά και ζήτηση για χρήση επεξεργασμένων αποβλήτων

Η σχέση προσφοράς και ζήτησης αποτελεί θέμα μέγιστης σημασίας από την επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων. Αδιάθετες θα παραμένουν οι ποσότητες που παράγονται και επεξεργάζονται αν δεν υπάρχει ανάγκη για την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων. Στην Κίνα, σε διάφορες πόλεις όπως στο Πεκίνο και την Ταινζίν υπάρχουν κάποια παραδείγματα αδιάθετων ποσοτήτων επεξεργασμένων αποβλήτων. Σε αυτές τις πόλεις λειτουργούν βιομηχανίες επεξεργασίας λυμάτων. Έτσι όλα τα αστικά λύματα μπορούν να οδηγούνται προς επεξεργασία. Η τοπική κοινωνία ζήτησε να επαναχρησιμοποιήσει τα μισά επεξεργασμένα λύματα από αυτά που είχε δυνατότητα να παράγει το εργοστάσιο επεξεργασίας (Yi et al, 2011). Αυτό σημαίνει πως η ζήτησή τους από την τοπική αγορά δεν ήταν η αναμενόμενη και αρκετές ποσότητες επεξεργασμένων λυμάτων παραμένουν αδιάθετες. Η βιομηχανία όμως έχει ξοδέψει κάποιο κεφάλαιο για την επεξεργασία των αποβλήτων. Επομένως θα χάσει κέρδη αν τα απορρίψει σε φυσικούς αποδέκτες. Επειδή δεν την συμφέρει, θα πρέπει να γίνει επένδυση για κατασκευή δεξαμενών αποθήκευσης των επεξεργασμένων εκροών μέχρι την τελική τους διάθεση. Άρα δεν απαιτείται μόνο μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο αλλά και μεγαλύτερο οικόπεδο για την κατασκευή των δεξαμενών αποθήκευσης. Ο χρόνος φύλαξης των επεξεργασμένων αποβλήτων, πριν την επαναχρησιμοποίησή τους, βοηθά στον περαιτέρω καθαρισμό τους βελτιώνοντας την ποιότητά τους. Αυτό μπορεί να είναι ένα θετικό που προκύπτει, αλλά δεν μπορεί να προστεθεί στα θετικά για τη βιομηχανία επεξεργασίας λυμάτων, διότι η παραμονή των επεξεργασμένων αποβλήτων στις δεξαμενές αυξάνει το λειτουργικό της κόστος. Αυτή η αύξηση κόστους στη συνέχεια θα περάσει στον τελικό χρήστη και θα μειώσει έτσι ακόμα πιο πολύ την διάθεσή του να χρησιμοποιήσει αυτό το νερό (Χρυσανθοπούλου, 2018).

4.1.5 Η μεταφορά τους

Ένα άλλο θέμα που προκύπτει είναι η μεταφορά και διανομή των επαναχρησιμοποιημένων αποβλήτων. Οι βιομηχανίες επεξεργασίας αποβλήτων θα μπορούσαν να παράγουν μεγάλες ποσότητες ανακυκλωμένου νερού, ανάλογα με τη δυναμική που διαθέτουν. Όμως αν οι τελικοί χρήστες είναι διασπαρμένοι στην ευρύτερη περιοχή, δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο προβλήματα στη διανομή. Ένα διπλό σύστημα σωληνώσεων θα διευκολύνει την μεταφορά στους τελικούς χρήστες. Το ένα δίκτυο σωλήνων σχετίζεται με την μεταφορά καθαρού νερού, που θα χρησιμοποιείται για πόσιμους σκοπούς. Το δεύτερο δίκτυο σχετίζεται με την μεταφορά των επεξεργασμένων αποβλήτων που θα χρησιμοποιούνται για τους υπόλοιπους σκοπούς (πχ άρδευση, πλύσιμο αυλών, πλυντήρια ρούχων κλπ). Υπάρχουν πολλές πόλεις που δεν έχουν προβλέψει να κατασκευάσουν διπλό δίκτυο για τη διανομή του νερού. Αυτό βέβαια δυσκολεύει την ανακατασκευή του δικτύου. Επίσης, δημιουργεί αρκετά

προβλήματα τόσο οικονομικά όσο και κατασκευαστικά. Συνήθως δεν υπάρχει ο απαραίτητος χώρος για να τοποθετηθούν διπλές σωλήνες (Yi et al, 2011). Οι κατασκευές αυξάνουν το κόστος της αρχικής επένδυσης, το οποίο θα επηρεάσει τον τελικό καταναλωτή, άρα υπάρχει κίνδυνος να μειωθεί η ζήτηση των καταναλωτών για επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων, αφού από τους ίδιους θα ζητηθεί επιπλέον χρήματα. Αν όμως οι βιομηχανίες επεξεργασίας λειτουργούν κοντά στους χώρους παραγωγής αποβλήτων και στους χώρους κατανάλωσης τότε το πρόβλημα αυτό μπορεί να μειωθεί. Οπότε το ποσοστό επιβάρυνσης θα μειωθεί από το σημείο παραγωγής στο σημείο κατανάλωσης. Επίσης σημαντικό είναι η παραγωγή των αποβλήτων να γίνεται την περίοδο που υπάρχει αυξημένη ανάγκη για επαναχρησιμοποίησή τους, με σκοπό την μείωση αυτής της δραστηριότητας σε περιόδους που χρειάζεται να αποθηκευτούν τα επεξεργασμένα απόβλητα πριν τη διάθεσή τους. Με αυτόν τον τρόπο θα μειώνεται το κόστος αποθήκευσής τους. Αυτή η διεργασία μπορεί να εφαρμοστεί στις μεσογειακές περιοχές κυρίως τους θερινούς μήνες, διότι είναι γνωστό πως οι περιοχές γύρω από την Μεσόγειο, υποφέρουν από ξηρασίες κατά τους θερινούς μήνες. Επίσης ο τουρισμός μπορεί να επηρεάσει ακόμα περισσότερο το πρόβλημα. Διότι αυξάνονται οι ποσότητες λυμάτων, τα οποία αν επεξεργάζονταν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν άμεσα στις καλλιέργειες. Τέλος, εφαρμογή μπορεί να βρει και στα νησιά του Αιγαίου που υποφέρουν επίσης από λειψυδρία (Χρυσανθοπούλου, 2018).

4.1.6 Προβλήματα από την συνεπεξεργασία αστικών και βιομηχανικών

Ο συνδυασμός αστικών αποβλήτων με βιομηχανικά απόβλητα αποτελεί πρόβλημα. Τα βιομηχανικά απόβλητα συνήθως έχουν διάφορους τοξικούς ρύπους, εντομοκτόνα, βαρέα μέταλλα κλπ. Αν τα βιομηχανικά λύματα διαχωρίζονταν από τα αστικά και επαναχρησιμοποιούνταν για διαφορετικούς σκοπούς, ίσως το πρόβλημα αυτό δε θα υπήρχε σε τόσο μεγάλο βαθμό.

4.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την αποδοχή του κοινού

Οι σημαντικότεροι παράγοντες και ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν το κοινό, μελετήθηκαν και καταγράφηκαν ως εξής:

- Η ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης. Μόνο αν πεισθεί το κοινό πως τηρούνται όλοι οι κανόνες ασφαλείας θα μπορέσει να δεχθεί την χρήση ανακτημένου νερού. Πιο δεκτικοί είναι οι άνθρωποι που έχουν εγκαταστήσει στο σπίτι τους συστήματα εξοικονόμησης νερού στην χρήση του ανακτημένου νερού.
- Η αίσθηση του κινδύνου (Lease et al, 2014) από την χρήση ανακτημένου νερού. Κυρίως οφείλεται στην αντίληψη ότι το ανακτημένο νερό μπορεί μέσω κάποιου τυχαίου γεγονότος να καταστεί επικίνδυνο.
- Η αίσθηση αηδίας που νιώθουν οι καταναλωτές, το οποίο αναφέρεται και ως “yuck factor” (Po et al, 2004). Ουσιαστικά οφείλετε σε ψυχολογικούς λόγους και έχει να κάνει με την σκέψη πως κάτι που είχε έρθει κάποτε σε επαφή με κάτι βρώμικο είναι επικίνδυνο και κρύβει τον κίνδυνο της μόλυνσης.
- το κόστος στο οποίο μπορούν να προμηθευτούν τα επεξεργασμένα υγρά λύματα σε σχέση με το φρέσκο νερό (Menegaki et al, 2007: Hartley, 2006). Οι καταναλωτές, το πιο πιθανό να προτιμήσουν την χρήση του ανακτημένου νερού εάν η τιμή του είναι χαμηλότερη από αυτή του νερού ύδρευσης.
- η ορολογία που χρησιμοποιείται για να γίνει περιγραφή των επεξεργασμένων λυμάτων (Menegaki et al, 2009)
- Ο φόβος της ασθένειας από παθογόνους μικροοργανισμούς (Wester et al, 2015)
- η εμπιστοσύνη που δείχνει η κοινωνία στην αρχές του τόπου (Smith et al, 2018: Hartley, 2006). Ένας σημαντικός παράγοντας για την αποδοχή χρήσης ανακτημένου νερού είναι η εμπιστοσύνη του κοινού στις αρχές.
- Κοινωνικοί και δημογραφικοί παράγοντες, όπως το επίπεδο εκπαίδευσης των κατοίκων, η ηλικία τους, το εισόδημά τους καταγράφονται στους σημαντικούς παράγοντες για την χρήση ανακυκλωμένου νερού (Menegaki et al, 2007)

- Εξαρτάται από τη γνώση των ανθρώπων σε θέματα επαναχρησιμοποίησης, από την επιθυμία των ανθρώπων να ενημερωθούν αλλά και την σωστή πληροφόρηση σχετικά με την έλλειψη νερού (Dolnicar et al, 2011; Hartley, 2006). Η γνώση των ανθρώπων σε ότι αφορά θέματα επαναχρησιμοποίησης αλλά και την πληροφόρηση σχετικά με την έλλειψη νερού αποτελεί σημαντικό ζήτημα (Dolnicar et al, 2011; Hartley, 2006).
- Το αίσθημα κοινωνικής δικαιοσύνης. Όταν ένας πολιτικός της περιοχής στο San Diego της Καλιφόρνια υποστήριξε ότι το επαναχρησιμοποιούμενο νερό θα προορίζεται για τις πιο υποβαθμισμένες συνοικίες της περιοχής, με τα χαμηλά εισοδήματα, τότε αναβλήθηκε το έργο ανάκτησης νερού.
- Από την πηγή προέλευσης του νερού δηλαδή εάν προέρχεται από λύματα τουαλέτας ή βρόχινο νερό.

Η αποδοχή του κοινού για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων επηρεάζεται επίσης και από τη χρήση για την οποία προορίζεται, για παράδειγμα αν πρόκειται για προϊόντα που αφορούν παιδιά οι γονείς είναι συνήθως διστακτικοί. Καθώς επίσης από την ευαισθητοποίηση του κοινού σε περιβαλλοντικά θέματα, όπως και την περιβαλλοντική συνείδηση που έχουν λάβει οι πολίτες (Hartley, 2006; Lease et al, 2014). Επίσης, από την πολιτική που ακολουθεί η εκάστοτε κυβέρνηση σχετικά με το περιβάλλον, από το πολιτικό πλαίσιο της χώρας, καθώς και πόσο εμπλέκεται το κοινό σε στρατηγικές που αφορούν περιβαλλοντικά θέματα.

Σύμφωνα με τους Smith et al (2018) υποστηρίζουν ότι η σκέψη καθώς και η γνώση πως έχουμε ξαναχρησιμοποιήσει επεξεργασμένα απόβλητα ή πως οι ενέργειές μας αποβαίνουν θετικές για το περιβάλλον δεν επηρεάζουν την αποδοχή του κοινού. Επίσης σύμφωνα με τους Smith et al (2018) οι απρογραμμάτιστες de facto πρακτικές επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αποβλήτων δίνουν θετικά αποτελέσματα σχετικά με την αποδοχή του κοινού. Σημαντική είναι για κάποιους ερευνητές, η εμπειρία των ανθρώπων σχετικά με πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού (Dolnicar et al, 2011).

4.3 Φόβος ασθένειας από παθογόνους μικροοργανισμούς

Ο φόβος της ασθένειας από παθογόνους μικροοργανισμούς αποτελεί μια σοβαρή παράμετρος για την αποδοχή χρήσης ανακτημένου νερού από επεξεργασμένα λύματα για το κοινό. Τέτοιοι μικροοργανισμοί αποτελούν τα πρωτόζωα, παθογόνα βακτήρια, ιοί, παράσιτα κ.α όπου σημειώνουν σοβαρό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία (Oron et al, 2014; Qadir et al, 2008). Το μεγαλύτερο ποσοστό φόβου το έχει ο γυναικείος πληθυσμός διότι ο φόβος τους πηγάζει κυρίως από την ευαισθησία τους στους παθογόνους μικροοργανισμούς (Wester et al, 2015) ή γιατί το ενδιαφέρον τους για την οικογένεια και τα παιδιά είναι μεγαλύτερο οπότε και ο φόβος τους για την υγεία τους (Bagharour et al, 2017). Φόβος για την υγεία μπορεί να προκύψει και στους αγρότες που χρησιμοποιούν επεξεργασμένα λύματα για άρδευση, στους οποίους έχουν καταγραφεί υψηλότερα ποσοστά ελμίνθων από αυτούς που χρησιμοποιούν καθαρό αρδευτικό νερό (Qadir et al, 2008). Επίσης άτομα χαμηλού μορφωτικού επιπέδου πιστεύουν πως έχουν μεγάλο κίνδυνο να νοσήσουν και συνεπώς φοβούνται την χρήση επεξεργασμένων αποβλήτων (Wester et al, 2015).

Σε έρευνα που έγινε (Wester et al, 2015) στις Ενωμένες Πολιτείες Αμερικής καταγράφηκε ο φόβος των καταναλωτών. Οι ερωτήσεις στους συμμετέχοντες ήταν πόση δυσφορία νιώθουν όταν καταναλώνουν ένα ποτήρι νερού, το οποίο προέρχεται από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Αυτά τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα προέρχονται κυρίως από το ντους ή τους νιπτήρες, πιο συγκεκριμένα είναι τα γκρίζα απόβλητα. Οι πληροφορίες που δίνονταν στους συμμετέχοντες της έρευνας, ήταν πως το νερό αυτό πριν επαναχρησιμοποιηθεί, έχει επεξεργαστεί και έχουν γίνει όλες οι ποιοτικές αναλύσεις που είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθούν ώστε να διασφαλιστεί η καθαρότητά του. Την πιο μεγάλη δυσφορία την είχαν οι γυναίκες και τα άτομα χαμηλού μορφωτικού επιπέδου. Σε μικρότερο βαθμό δυσφορία είχαν τα άτομα που δεν είχαν καμία πληροφορία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Αυτή η ανησυχία του πληθυσμού, οδηγεί σε έναν από

τους παράγοντες που καθορίζουν την τάση για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων. Αν σκεφτούμε πως ο γυναικείος πληθυσμός ασχολείται με τα θέματα του νοικοκυριού, αυτό μπορεί να επηρεάσει την οικογένεια και να την οδηγήσει στην χρήση ή μη, του ανακτημένου νερού. Περισσότερο οι γυναίκες μέσα σε μία οικογένεια ασχολούνται με οικιακές εργασίες που έχουν άμεση σχέση με την κατανάλωση νερού. Άρα έχουν και τον πρώτο λόγο στο είδος του νερού που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα νοικοκυριό καθώς και στο αν θα το αποδεχτούν. Σημαντικό είναι να τονιστεί πως μπορεί να υπάρχει κίνδυνος αυτές να μεταφέρουν άλλα βακτήρια από τα τρόφιμα στην υπόλοιπη οικογένεια σε περίπτωση που δεν τηρούν όλες τις διαδικασίες υγιεινής κατά την επεξεργασία των τροφίμων (Qadir et al, 2008). Έτσι, οι γυναίκες θα μπορούσαν κατά κύριο λόγο να είναι από τις πρώτες ομάδες ατόμων που θα πρέπει να εκπαιδεύονται σε θέματα σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Επίσης, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως οι διαφημιστικές καμπάνιες που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση αν απευθύνονται περισσότερο στον γυναικείο πληθυσμό, πιθανόν να υπάρχει μεγαλύτερη απήχηση σε όλη την οικογένεια.

Σε μεγαλύτερη έρευνα που έγινε στο Σιράζ (Baghapour et al, 2017), πόλη του Ιράν, εκδηλώνουν αυξημένη ανησυχία για την υγεία τους από τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων. Το 80% του πληθυσμού προτάσσει την ανησυχία του σε θέματα υγείας και κρατά αρνητική στάση στην επαναχρησιμοποίηση του νερού, ειδικότερα σε θέματα υγείας κατά τη χρήση ανακτημένου νερού στην τουαλέτα, στο καθάρισμα του σπιτιού, στο πλύσιμο των ρούχων και στο μπάνιο. Επίσης θεωρούν πως όταν η επαφή του ανακτημένου νερού δεν αφορά ποτό ή φαγητό τότε θεωρούν ότι δεν υπάρχει θέμα για την υγεία τους και η ανησυχία τους μειώνεται.

Σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην γεωργία παρουσιάζονται θετικές και αρνητικές επιπτώσεις της χρήσης των λυμάτων στη γεωργία, δίνοντας μεγάλη έμφαση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και επιπτώσεις στο περιβάλλον του εδάφους. Κάποιες πρόσφατες έρευνες (2012-2016) αποκαλύπτουν ότι η γεωργική επαναχρησιμοποίηση επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητες της υφής του εδάφους, προκαλώντας παράλληλα πιθανές αλλοιώσεις της βιομάζας και της μικροβιοτικής. Ο πιο μεγάλος φόβος από τους καταναλωτές για την χρήση αγροτικών προϊόντων με επαναχρησιμοποιούμενο νερό είναι ο φόβος της δημόσιας υγείας. Σε παγκόσμιο επίπεδο, γίνεται μεγάλος αγώνας με σκοπό να κερδίσουν την εμπιστοσύνη από το κοινό και να καταναλώνουν αγροτικά προϊόντα με επαναχρησιμοποιούμενο νερό (María Fernanda Jaramillo I and Inés Restrepo, 2017).

Στην πόλη Windhoek, η οποία είναι μια πολύ ξηρική πόλη της Ν. Αφρικής, ανακτώνται και επαναχρησιμοποιούνται έμμεσα επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα. Η κάλυψη μπορεί να φτάσει μέχρι και 50% των συνολικών αναγκών της πόλης αυτής, κατά την διάρκεια των κρίσιμων και ελλειμματικών περιόδων. Από τις αρχές της 10 ετίας του 1970 και μέχρι σήμερα έχουν δείξει τα αποτελέσματα των μελετών, πως το έργο αυτό λειτουργεί επιτυχώς και δεν δείχνουν δυσμενείς επιδράσεις στη δημόσια υγεία (Κουμαντάς, 2010).

Έργο εμπλουτισμού υπόγειου υδροφορέα λειτουργεί στην επαρχία Clayton της πολιτείας Georgia των ΗΠΑ, από τις αρχές της 10 ετίας του 1980 με εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Οι εκροές εφαρμόζονταν με τη μέθοδο της βραδείας εφαρμογής, σε δασική έκταση (10.000 στρ.) και παροχή 53.500 m^3 /ημερησίως. Για την υδροδότηση της επαρχίας Clayton χρησιμοποιείται ο εμπλουτισμένος υπόγειος υδροφόρας (Pates Creek) (Κουμαντάς, 2010).

Με τη μέθοδο της ταχείας διήθησης (ένα εκατ. m^3 /κάθε χρόνο) εφαρμόζεται χλωριωμένη εκροή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας ενεργού ιλύος, σε συνολική έκταση 160 στρ. και βάθος υδροφόρου ορίζοντα 17m., στην κοιλάδα του ποταμού Salt στο Φοίνικα της πολιτείας της Αριζόνας. Οι ανακτώμενες εκροές πληρούν τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης του σχετικού Νόμου της Καλιφόρνιας (Title 22) (Κουμαντάς, 2010).

Για την αντιμετώπιση του ποσοτικοποιητικού υδρευτικού προβλήματος σχεδίασαν, στο Sydney της Αυστραλίας, την κατασκευή πιλοτικού εργοστασίου (μονάδας) ανάκτησης νερού από επεξεργασμένες εκροές αστικών υγρών αποβλήτων. Η μονάδα κατασκευάστηκε σε

έκταση 10 στρ. στην περιοχή της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του Quakers Hill, το κόστος της ήταν περίπου 2,8 δισεκατ.δρχ. και είχε παροχή $4.000m^3$ ημερησίως (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

4.4 Άλλα συναισθήματα κινδύνου

Τα υπολείμματα χημικών που μπορεί να βρεθούν στο νερό είναι αυτά που επηρεάζουν την αντίληψη του κινδύνου στους ανθρώπους, κατά την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Po et al, 2004). Όσο πιο μεγάλος είναι ο κίνδυνος τόσο πιο μικρή θα είναι η αποδοχή του κοινού για την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Η κοινωνία είναι περισσότερο ήσυχη όταν ξέρει πως το ανακυκλωμένο νερό προέρχεται από μία πηγή που είναι αξιόπιστη και επίσης έχουν γίνει οι σωστές μετρήσεις και έλεγχοι. Οι απλοί πολίτες και οι εμπειρογνώμονες έχουν διαφορετική αντίληψη του κινδύνου. Ένας απλός άνθρωπος νοιώθει φόβο, αβεβαιότητα, έχει την αίσθηση της καταστροφής όταν και αν αντιληφθεί κάποιον κίνδυνο, επίσης για εκείνον δεν υπάρχει αποδεκτός κίνδυνος, ο μόνος αποδεκτός κίνδυνος είναι ο μηδενικός διότι η έστω μικρή πιθανότητα κινδύνου του φέρνει αυτόματα αρνητικές αντιδράσεις. Ενώ αντίθετα ένας εμπειρογνώμονας θα μετρήσει τι πιθανότητες υπάρχουν για να συμβεί ο κίνδυνος και θα κάτσει να εξετάσει μόνο τις πιθανότητες, αν αυτές είναι αρκετά μικρές τότε για εκείνον μπορεί να γίνει αποδεκτό (Po et al, 2004).

Ο συναισθηματικός παράγοντας παίζει καθοριστικό ρόλο για την κρίση του ανθρώπου για την κατανάλωση ή όχι μίας τροφής. Τα συναισθήματα ρυθμίζουν το είδος της τροφής που προτιμά ο άνθρωπος, την ταχύτητα με την οποία τρώει, τη διαδικασία της πέψης και την ποσότητα που καταναλώνει. Επομένως όσον αφορά την κατανάλωση κάποιου τροφίμου, στα συναισθήματα οφείλεται η αντίληψη του κινδύνου. Τα ευχάριστα συναισθήματα που δημιουργούνται στον καταναλωτή από το τρόφιμο που καταναλώνει (λόγω καλής γεύσης) τότε πιστεύει πως είναι λιγότερο επικίνδυνο. Σύμφωνα με τους Po et al (2004) τα συναισθήματα αηδίας (yuck factor) που παράγονται στους ανθρώπους καταλήγουν σε ένα ψυχολογικό εμπόδιο για την χρήση επεξεργασμένων λυμάτων. Ο άνθρωπος συνδυάζει εικόνες σχετικά με τα ακατέργαστα λύματα και με το επεξεργασμένο νερό. Άρα αυτόματα έχει εικόνες στο μυαλό του από σκούρα απόβλητα, ανθρώπινα λύματα, οσμές κλπ οι οποίες οδηγούν συναισθηματικά τον άνθρωπο και τον απομακρύνουν από την χρήση επεξεργασμένων λυμάτων (Χρυσανθοπούλου, 2018).

Στην Αυστραλία λόγω των μεγάλων ξηρασιών το νερό είναι σε έλλειψη, γι αυτό τον λόγο λοιπόν έχει δημιουργηθεί η ανάγκη επαναχρησιμοποίησης του νερού. Σημαντικά είναι τα συναισθήματα του κοινού σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων, διότι αν το κοινό αντιληφθεί έστω ένα μικρό ποσοστό κινδύνου από την χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, τότε δεν θα αγοράσει αυτό το νερό. Μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Lease et al, (2014), στην Αυστραλία το 2014, συμμετείχαν 101 άτομα ηλικίας 25-65 χρονών. Σκοπός τους ήταν η μέτρηση των συναισθημάτων που ένοιωσαν οι άνθρωποι κατά την διάρκεια κατανάλωσης τροφής, η οποία είχε παρασκευαστεί από ανακυκλωμένο νερό. Έτσι παρασκευάστηκαν τέσσερα κεφτεδάκια τα οποία δοκίμαζαν οι συμμετέχοντες και στη συνέχεια δήλωναν τα συναισθήματα που ένοιωθαν. Τα διαφορετικά δείγματα είχαν παρασκευαστεί κάποια με νερό από επεξεργασμένα λύματα, και κάποια με μόνο με νερό που προέρχεται από επεξεργασμένα λύματα. Το δεύτερο δείγμα παρασκευάστηκε σε βιομηχανία που χρησιμοποιούσε επεξεργασμένα λύματα που προέρχονταν από το καθάρισμα των μηχανημάτων. Το τρίτο δείγμα, σε βιομηχανία που χρησιμοποιεί επεξεργασμένα λύματα που προέρχονταν από το καθάρισμα των πατωμάτων και το τέταρτο, σε βιομηχανία που χρησιμοποιεί για όλες τις εργασίες νερού από το δίκτυο. Στόχος της έρευνας αυτής η καταμέτρηση των συναισθημάτων και του βαθμού της απόλαυσης που δημιουργούνται στους καταναλωτές. Όλα τα δείγματα, στην πραγματικότητα, είχαν παρασκευαστεί με χρήση νερού από το δίκτυο, άρα όλα ήταν ίδια. Δεν αποκαλήφθηκε από την αρχή στους συμμετέχοντες αυτή η εξαπάτηση διότι ήθελαν να μετρήσουν την απόλαυση που ένοιωθαν οι καταναλωτές όταν δοκίμαζαν τα παραπάνω δείγματα χωρίς να έχουν κάποια προκατάληψη. Όταν οι καταναλωτές δοκίμασαν, κυριάρχησαν τα θετικά συναισθήματα. Τα συναισθήματα που καταγράφηκαν ήταν

«ικανοποίηση», «απόλαυση», «ευχάριστη έκπληξη», «επιθυμία» από τη δοκιμή και των τεσσάρων δειγμάτων. Ελάχιστες φορές καταγράφηκαν τα αρνητικά συναισθήματα της «αηδίας» και του «φόβου». Η υπόθεση ότι όσο μεγάλη είναι η επαφή του τροφίμου με ανακυκλωμένο νερό, τόσο λιγότερο αρέσει στο κοινό, μετά από αυτή την έρευνα καταρρίφθηκε. Τα δείγματα που έχουν μεγάλη επαφή με το ανακυκλωμένο νερό, προκαλούν αρνητικά συναισθήματα όχι όμως τα άκρως αρνητικά συναισθήματα. Τα συναισθήματα που καταγράφηκαν για τα τρόφιμα που έχουν έρθει σε επαφή με το επεξεργασμένο νερό ήταν «απογοήτευση», «έλλειψη ικανοποίησης», «ανία», «περιφρόνηση». Τα άκρως αρνητικά συναισθήματα όπως «αηδία» «φόβος», «δυσάρεστη έκπληξη» δεν παρατηρήθηκαν. Οι Smith et al (2018) καταλήγουν σε παρόμοια συμπεράσματα. Θεωρούν, λοιπόν, πως η αντίληψη του κινδύνου αποτελεί σοβαρό παράγοντα που ρυθμίζει την αποδοχή του κοινού ως προς την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, αλλά δεν είναι όμως ο καθοριστικός παράγοντας.

Οι Fielding and Roiko (2014), με έρευνα που διεξάγεται στην Αυστραλία, στο νοτιοανατολικό Queensland, προσπάθησαν να κατανοήσουν αν επηρεάζονται θετικά ή αρνητικά τα συναισθήματα των ανθρώπων, ανάλογα με το βαθμό πληροφόρησης που έχουν. Στα συμπεράσματα της έρευνάς τους καταλήγουν πως οι πληροφορίες που δίνονται στο κοινό σχετικά με τις πρακτικές επεξεργασίας των λυμάτων ενισχύει την κοινή γνώμη για χρήση ανακτημένου νερού. Η παροχή πληροφοριών σχετικά με την ασφάλεια του ανακτημένου νερού δίνει περισσότερες θετικές ψήφους στην χρησιμοποίησή του έναντι της μη πληροφόρησης και επηρεάζει θετικά τα συναισθήματα των καταναλωτών οι οποίοι νιώθουν καλύτερα και καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες ανακτημένου νερού. Επίσης, Μειώνεται η αντίληψη του κινδύνου και τα αρνητικά συναισθήματα όταν έχουν πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο των ρύπων στο ανακτημένο νερό. Η παροχή πληροφοριών βοηθά το κοινό να ξεπεράσει τα συναισθήματα και να οδηγηθεί σε θετική συμπεριφορά ως προς την πόση ανακτημένου νερού.

Σύμφωνα με τους de Koster and and Achterberg (2015), η παραδοχή πως η γνώση των κινδύνων αυξάνει την υποστήριξη του κοινού στην πόση ανακτημένου νερού, δεν μπορεί να έχει παγκόσμια εμβέλεια, δηλαδή υποστηρίζουν πως η δεκτικότητα του κοινού εξαρτάται από το πόσο είναι εξοικειωμένο με τις νέες τεχνολογίες. Όσοι είναι δεκτικοί με τις νέες τεχνολογίες μπορούν να δεχτούν θετικότερα την χρήση ανακτημένου νερού ως πόσιμο.

Στην έρευνα (Lease et al, 2014) μετρήθηκαν τα συναισθήματα που νοιώθουν άνθρωποι από διαφορετικούς πολιτισμούς, και δεν εντοπίστηκαν διαφορές. Η ηλικία και το οικογενειακό εισόδημα επηρεάζουν τα συναισθήματα καθώς οι γεροντότεροι και όσοι είχαν χαμηλότερα εισοδήματα ένοιωσαν περισσότερο ευάλωτοι.

Μία άλλη έρευνα, έγινε στην Ιορδανία, το Μάιο του 2011 (GemmaCarr, Robert B.PotterStephenNortcliff, 2011) με σκοπό τις αντιλήψεις για την ποιότητα των υδάτων στους αγρότες με επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση στην Ιορδανία. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ιορδανούς αγρότες με σκοπό να δούν πώς αντιλαμβάνονται την ποιότητα του επαναχρησιμοποιούμενου νερού. Από τους 11 ερωτηθέντες αγρότες οι οποίοι αρδεύουν με επαναχρησιμοποιούμενο νερό απευθείας κοντά σε μονάδες επεξεργασίας, οι 10 ήταν θετικοί ή ουδέτεροι. Αντίθετα, 27 από τους 39 αγρότες που χρησιμοποιούν έμμεσα επαναχρησιμοποιούμενο νερό, αφού πρώτα αναμειχθεί με το φρέσκο νερό, το θεώρησαν αρνητικό, παρόλο που οι 23 από τους αγρότες αναγνώρισαν τα οφέλη των θρεπτικών ουσιών στην έμμεση επαναχρησιμοποίηση. Η αντίληψη των αγροτών όσον αφορά την αποκατάσταση των υδάτων μπορεί να είναι συνάρτηση της ποιότητάς τους, αλλά πρέπει επίσης να εξεταστεί η ικανότητα των γεωργών να αντιμετωπίζουν τις γεωργικές προκλήσεις που σχετίζονται με την ανάκτηση νερού (αλατότητα, βλάβες στο σύστημα άρδευσης, εμπορία προϊόντων), τον έλεγχο του τόπου και του χρόνου όπου χρησιμοποιείται το χρησιμοποιημένο νερό και την ικανότητά του να επηρεάζει την ποιότητα του νερού που παραδίδεται στο αγρόκτημα. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι απαραίτητη στην Ιορδανία. Τα επεξεργασμένα λύματα συμβάλλουν σημαντικά στην περιορισμένη παροχή νερού άρδευσης και εξασφαλίζουν τη συνέχιση της γεωργίας σε περιοχές της χώρας. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού για την

άρδευση πραγματοποιείται ανεξάρτητα από την αντίληψη του αγρότη προς τον πόρο. Ωστόσο, υπάρχουν πτυχές της επαναχρησιμοποίησης που οδηγούν τους αγρότες σε μια πιο θετική ή αρνητική άποψη του αποκατεστημένου νερού, γεγονός που μπορεί να έχει επιπτώσεις στην αποδοχή του πόρου. Οι αντιλήψεις των αγροτών δεν αντανakλούν απαραίτητα την ποιότητα του νερού που παραδίδεται στο αγρόκτημα. Πρόσθετοι παράγοντες επηρεάζουν τις αντιλήψεις των γεωργών, όπως η πραγματική και αντιληπτή ικανότητα του αγρότη να ελέγχει την ποιότητα των υδάτων και η ικανότητα του αγρότη να διαχειρίζεται τις αρνητικές πτυχές των υδάτων που θέτουν σε κίνδυνο την παραγωγική γεωργία. Η μελλοντική έρευνα σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων πρέπει να διερευνά τον τρόπο με τον οποίο οι γεωργοί συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων για την ποιότητα των υδάτων σε συστήματα επαναχρησιμοποίησης υδάτων και πώς μπορεί να ενισχυθεί η συμμετοχή τους. Επιπλέον, απαιτούνται περαιτέρω εργασίες όσον αφορά τόσο τις θετικές όσο και τις αρνητικές πτυχές των αποκατασταθέντων υδάτων και τον τρόπο με τον οποίο τα στοιχεία αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία σε διάφορα γεωργικά συστήματα. Αυτοί οι τομείς έρευνας απαιτούν μια πολυεπιστημονική προσέγγιση που να καλύπτει τόσο κοινωνικές όσο και τεχνικές πτυχές (Gemma Carr, Robert B. Potter, Stephen Nortcliff, 2011).

Μία άλλη έρευνα που έγινε το 2018 στο Μπανγκαλόρ (Chaya Ravishankar, Sunil Nautiyal and Manasi Seshaiiah, 2018), εξετάστηκε η αποδοχή επαναχρησιμοποίησης νερού από την κοινωνία. Η κύρια πηγή νερού στις περιοχές του Μπανγκαλόρ είναι τα υπόγεια ύδατα. Η πρόσβαση στα υπόγεια ύδατα γίνεται μέσω των δεξαμενόπλοιων, των ιδιωτικών διαδρόμων, των κοιλάδων Bruhat Bengaluru MahanagaraPalike και των δημόσιων σταθμών. Το ανακτημένο νερό από σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων (STPs) χρησιμοποιείται από βιομηχανίες και ορισμένες περιφραγμένες κοινότητες και πολυκατοικίες για καθαρισμό τουαλέτας. Τα μεμονωμένα νοικοκυριά στις περιοχές του Μπανγκαλούρ θα μπορούσαν να τροφοδοτούνται από μία πιο φτηνή πρόσθετη πηγή νερού με σκοπό την μείωση της ζήτησης στα υπόγεια ύδατα, τη βελτίωση του συστήματος αποχέτευσης με την παροχή συστημάτων αποχέτευσης και την πρόληψη της μόλυνσης των υπόγειων υδάτων από μαύρο και γκριζό νερό. Έτσι, διερευνήθηκε η προθυμία των κατοίκων στις περιοχές του Μπανγκαλόρ να χρησιμοποιούν επαναχρησιμοποιημένο νερό για μη πόσιμη χρήση. Πρίν πραγματοποιηθεί αυτή η έρευνα, πρώτα έγινε πλήρης ενημέρωση των κατοίκων της περιοχής για το τι είναι ακριβώς αυτό το επαναχρησιμοποιούμενο νερό και στη συνέχεια ερωτήθηκαν αν θα το αγόραζαν. Το 67% των κατοίκων, όπου ήταν ιδιοκτήτες των νοικοκυριών, ήταν πρόθυμοι να αγοράσουν επαναχρησιμοποιημένο νερό διότι θα τους κόστιζε λιγότερο, το 20% ανησυχούσε για την υγιεινή και το 33% των ερωτηθέντων δεν είχε εμπιστοσύνη στον δημόσιο οργανισμό όσον αφορά τα πρότυπα ποιότητας των υδάτων. Έτσι, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ευαισθητοποίηση του κοινού από τους κύριους ενδιαφερόμενους είναι απαραίτητη για την επαναχρησιμοποίηση των αποκατασταθέντων υδάτων. Επίσης, πίστευαν πως η ποιότητα του αποκατασταθέντος νερού θα πρέπει να πληροί τα διεθνή πρότυπα για να κερδίσει την εμπιστοσύνη των ανθρώπων (Chaya Ravishankar, Sunil Nautiyal and Manasi Seshaiiah, 2018).

4.5 Κόστος

Σημαντική παράμετρο σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού, σύμφωνα με τους Feng και Chu (2004), αποτελεί το κόστος στο οποίο θα το προμηθευτούν τα επεξεργασμένα λύματα, σε σχέση με το κόστος που προμηθεύονται το καθαρό νερό. Αρκετοί θεωρούν πως υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί στην χρήση επεξεργασμένων λυμάτων από αυτή του νερού δικτύου ύδρευσης, άρα θα πρέπει να προμηθεύονται τα επεξεργασμένα λύματα σε χαμηλότερη τιμή από αυτή του νερού δικτύου ύδρευσης. Το κόστος επεξεργασίας των λυμάτων αυξάνει ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας που απαιτείται να επιτευχθεί για να ξαναχρησιμοποιηθούν. Η διεργασία καθαρισμού θα είναι πιο ακριβή σε περιπτώσεις που οι ρυπαντές των επεξεργασμένων νερών είναι περισσότεροι. Άρα θα πρέπει να καθοριστεί ο βαθμός αναγέννησης των λυμάτων ώστε να είναι πιο συμφέρουσα η επαναχρησιμοποίησή τους (Feng and Chu, 2004). Σε έρευνα που έγινε στη Νότια Αφρική, όπου οι χρήστες των λυμάτων τα χρησιμοποιούν κυρίως για άρδευση και όχι για ύδρευση, αφορούσε μεγάλους καταναλωτές επεξεργασμένων λυμάτων. Το 71% των χρηστών προτιμά

τα επεξεργασμένα λύματα αν η τιμή τους είναι μικρότερο από την τιμή του πόσιμου νερού. Μόνο το 15% των χρηστών είναι θετικοί σε περίπτωση που είναι ακριβότερα (Adewuni et al, 2010).

Στις αρκετές αγροτικές περιοχές, στην Ελλάδα, χρησιμοποιούν αρδευτικό νερό στις καλλιέργειές τους. Επίσης το νερό αυτό το προμηθεύονται σε πιο συμφέρουσα τιμή σε σχέση με το πόσιμο νερό του δικτύου. Υπάρχουν όμως και αρκετές επιδοτήσεις στην αγορά του νερού, που καθιστά την τελική τιμή του νερού άρδευσης πιο χαμηλή. Σε αυτή την περίπτωση όμως δεν υπάρχει οικονομικό κίνητρο και το ανακτημένο νερό προσελκύει πιο δύσκολα τους χρήστες (Χρυσανθοπούλου, 2018).

Σε μία έρευνα που έγινε στην περιφέρεια της Κρήτης (Menegaki et al, 2007), αφορούσε το κόστος που επιθυμούν οι διάφορες κοινωνικές ομάδες, να πληρώσουν για να χρησιμοποιούν επεξεργασμένα λύματα. Είναι γνωστό πως η Κρήτη είναι αγροτική περιοχή και παράγει μεγάλες ποσότητες λαδιού και λαχανικών. Επίσης διαθέτει μεγάλα αστικά κέντρα όπως είναι η πόλη του Ηρακλείου που είναι από τις μεγάλες πόλεις στην Ελλάδα. Οι αγρότες λοιπόν ρωτήθηκαν σε ποια τιμή θα ήθελαν να αγοράσουν ανακυκλωμένο νερό, ώστε να το χρησιμοποιούν στα χωράφια τους. Στη συνέχεια οι καταναλωτές ρωτήθηκαν, το ποσό που θα ήθελαν να πληρώσουν για να αγοράζουν αγροτικά προϊόντα που αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι αγρότες δείχνουν πως οι πλούσιοι διαλέγουν να χρησιμοποιήσουν καλής ποιότητας νερό διότι τα εισοδήματά τους, τους επιτρέπουν να ξοδέψουν κάτι παραπάνω ώστε να τα διαθέσουν προς όφελος της καλλιέργειάς τους. Αν έχουν όμως να διαλέξουν στην χρήση επεξεργασμένων λυμάτων πρωτοβάθμιας ή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, είναι διατεθειμένοι να δώσουν χρήματα για την επεξεργασία που θα τους δώσει το καλύτερο ποιοτικά νερό. Οι αγρότες ανεξάρτητα από το εισόδημά τους, ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν περίπου $0,15\text{€/m}^3$ για τα επεξεργασμένα λύματα, ένα ποσό που αντιστοιχεί στο 55% της τιμής του καθαρού νερού (Menegaki et al, 2007). Επίσης, οι αγρότες ρωτήθηκαν αν είναι πρόθυμοι, να πληρώσουν ανακυκλωμένο νερό, το οποίο προέρχεται από λύματα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία, για να αρδεύσουν ελαιόδεντρα. Το 76% υποστήριξε πως από την στιγμή που αυτό το νερό δεν έρχεται σε άμεση επαφή με τους καρπούς της ελιάς, θα το χρησιμοποιούσε για άρδευση ελαιοδέντρων. Μόνο αν το κόστος του ήταν μικρότερο από αυτό του καθαρού νερού θα το χρησιμοποιούσαν. Μόνο το 2,0% υποστήριξε πως θα πλήρωνε περισσότερα χρήματα, για να χρησιμοποιήσει ανακυκλωμένο νερό, επειδή αυτό το μικρό ποσοστό υπολόγισε πως θα είχε κέρδος λόγω μειωμένης χρήσης λιπασμάτων στις καλλιέργειές τους. Το συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι υπάρχει μία απροθυμία του αγροτικού πληθυσμού να συμμετέχει σε προγράμματα χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων. Η απροθυμία αυτή δημιουργείται από το γεγονός ότι βρίσκουν με ευκολία καθαρό νερό και σε καλή τιμή. Δεν τους ενδιέφέρει και τόσο να συγκρίνουν τα πιθανά οικονομικά οφέλη που θα είχαν από τη χρήση λιγότερων λιπασμάτων όταν το χρησιμοποιούν για την άρδευση επεξεργασμένα λύματα και μόνο το 2% του αγροτικού πληθυσμού σκέφτηκε το επιπλέον όφελος που δημιουργείται. Γι αυτό και δεν προτιμούν την εύκολη λύση. Οι καταναλωτές, όμως, λόγω ευαισθησίας που δείχνουν σε περιβαλλοντικά θέματα, είναι πρόθυμοι να αγοράσουν προϊόντα που παράγονται με ανακυκλωμένο νερό. Οι περισσότεροι επιθυμούν όμως να πληρώσουν λιγότερο για το προϊόν που αρδεύεται με ανακυκλωμένο νερό, σε σχέση με αυτό που αρδεύεται με καθαρό νερό. Άρα και για τους καταναλωτές η τιμή είναι το κίνητρό τους για την χρήση ή μη ανακυκλωμένου νερού. Το 70% περίπου από τους καταναλωτές που ήταν θετικοί στο να καταναλώνουν προϊόντα που παράγονται με ανακυκλωμένο νερό, προτιμούν να αγοράζουν τα προϊόντα αυτά σε χαμηλότερη τιμή.

Σε χώρες όπως της Μέσης Ανατολής, (Mizyed, 2013) που η έλλειψη νερού είναι μεγάλη, τα δεδομένα είναι διαφορετικά. Οι περιοχές αυτές είναι άνυδρες ή ημιάνυδρες, αφού οι διαθέσιμες ποσότητες νερού είναι μικρότερες από 500 m^3 (μαζί με το νερό άρδευσης) κατά άτομο ανά έτος. Η Δυτική Όχθη που λαμβάνει γύρω στα 5500 km^2 , είναι ένα κομμάτι της Μέσης Ανατολής, που έχει ετήσια κατά κεφαλήν διαθέσιμη ποσότητα νερού γύρω στα 200 m^3 δηλαδή πολύ μικρότερη από το μέσο όρο. Στον τομέα της γεωργίας χρησιμοποιούνται οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Όμως καθώς ο αριθμός του πληθυσμού αυξάνεται, αυτό

απαιτεί περισσότερες ποσότητες νερού για οικιακή χρήση. Έτσι θα πρέπει να στραφούν σε άλλες πηγές νερού άρδευσης, προκειμένου να αυξηθούν οι ποσότητες νερού. Καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό της χώρας απασχολεί η γεωργία. Αφού όσα από τα χωράφια τους αρδεύονται έχουν μεγαλύτερη απόδοση σοδείας από αυτά που δεν αρδεύονται. Σε ορισμένες περιπτώσεις που δεν επαρκεί το νερό που υπάρχει για άρδευση, χρησιμοποιούν το νερό του δικτύου. Αυτό όμως είναι πιο ακριβό, δηλαδή το πληρώνουν σε τετραπλάσια τιμή από αυτή που έχει το νερό άρδευσης. Οι αγρότες της Κρήτης, δεν επιδοτούνται, ούτε μπορούν να βρουν αρκετό και φθηνό αρδευτικό νερό, γεγονός που συνβαίνει το αντίθετο με τους άλλους αγρότες. Μία σωστή λύση λοιπόν είναι η χρήση επεξεργασμένων αποβλήτων. Οι αγρότες, μόνο στην περίπτωση που το κόστος τους είναι χαμηλό, επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν επεξεργασμένα λύματα για άρδευση. Μια προτεινόμενη τιμή από τους αγρότες να το αγοράζουν είναι στο 50% του κόστους του νερού άρδευσης. Άρα η τιμή του νερού ρυθμίζει την επιθυμία τους να πληρώσουν για να χρησιμοποιήσουν για την άρδευση των καλλιεργειών τους, το ανακτημένο νερό. Η οικονομική κατάσταση που έχουν οι άνθρωποι που ζουν στην περιοχή είναι χαμηλή, συνεπώς η τιμή παίζει σημαντικό ρόλο για εκείνους. Η μη άρδευση των καλλιεργειών τους και η μικρή απόδοσή των χωραφιών τους είναι τα αποτελέσματα αυτής της κατάστασης.

Τα παραπάνω παραδείγματα, της Κρήτης και της Δυτικής Όχθης είναι δύο τελείως διαφορετικές περιπτώσεις. Στην Κρήτη οι άνθρωποι θέλουν να χρησιμοποιούν τα επεξεργασμένα απόβλητα, όμως το κόστος των αποβλήτων παίζει σημαντικό ρόλο για την τελική τους απόφαση. Επίσης η τιμή που προτιμάνε για να χρησιμοποιούν τα λύματα είναι πολύ μικρή, επειδή βρίσκουν άνετα αρκετό αρδευτικό νερό σε χαμηλή τιμή. Στη Δυτική Όχθη, δεν μπορούν να διαθέσουν χρήματα, αν και υπάρχει μεγάλη ανάγκη για να χρησιμοποιήσουν τα επεξεργασμένα απόβλητα με σκοπό την αύξηση της σοδείας τους. Επίσης, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως δεν διαθέτουν καν τα κεφάλαια για να πληρώσουν νερό για άρδευση παρά μόνο αν είναι πάρα πολύ φθηνό. Άρα ο παράγοντας που ρυθμίζει τη θέληση των αγροτών για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση και σε αυτή την περίπτωση είναι το κόστος (Χρυσανθοπούλου, 2018).

4.6 Έρευνες σχετικά με την αποδοχή της επαναχρησιμοποίησης νερού

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Κρήτης (Menegaki et al, 2009), αποδείχθηκε ότι οι καταναλωτές είναι περισσότερο πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν το προϊόν που αναφέρεται με τον όρο ως «ανακυκλωμένο νερό» αντί το προϊόν που αναφέρεται με τον όρο ως «επεξεργασμένα λύματα». Η συμμετοχή σε αυτήν την έρευνα ήταν περίπου 1000 άτομα από τις διάφορες περιοχές της Κρήτης, τόσο αγροτικές όσο και αστικές. Οι μισοί από τους συμμετέχοντες ήταν αγρότες και οι υπόλοιποι μισοί ήταν κάτοικοι πόλεων. Οι συμμετέχοντες είχαν λάβει μία λεπτομερή ενημέρωση για το βαθμό επεξεργασίας που γίνεται στα λύματα και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Επίσης έγινε ενημέρωση σχετικά για τα οφέλη καθώς και τους κινδύνους που προκύπτουν από την επαναχρησιμοποίηση του νερού στην άρδευση πάρκων ή και καλλιεργειών. Η έρευνα αυτή στόχευε στο να εντοπίσουν διαφορετικούς όρους, αφού οι διαφορετικοί αυτοί όροι μπορεί να επηρεάσουν τη προθυμία των ανθρώπων για να επαναχρησιμοποιήσουν το νερό. Ο όρος που χρησιμοποιήθηκε στα μισά ερωτηματολόγια ήταν «ανακυκλωμένο νερό» και στα άλλα μισά ο όρος ήταν «επεξεργασμένα λύματα». Οι δύο αυτοί όροι αναφέρονται σε ανακτημένο νερό, στο οποίο έχει πραγματοποιηθεί ο ίδιος βαθμός επεξεργασίας, με ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Στον αγροτικό πληθυσμό τέθηκε το ερώτημα αν επιθυμεί να αρδεύει τις καλλιέργειές του με «ανακυκλωμένο νερό» ή «επεξεργασμένα λύματα» αντίστοιχα. Στη συνέχεια ρωτήθηκαν αν επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας «ανακυκλωμένο νερό» ή «επεξεργασμένα λύματα» για καλλιέργειες φυτών όπως οι ντομάτες καθώς και για το πότισμα ελαιόδεντρων. Στους ανθρώπους των πόλεων, τέθηκε το ερώτημα αν θα επιθυμούσαν να επισκεφτούν πάρκα που έχουν αρδευτεί με δευτεροβάθμιας επεξεργασίας «ανακυκλωμένο νερό» ή με δευτεροβάθμιας επεξεργασίας «επεξεργασμένα λύματα». Στη συνέχεια τέθηκε το ερώτημα αν θα επιθυμούσαν να καταναλώσουν ελαιόλαδο, το οποίο έχει παραχθεί από ελαιόδεντρα που αρδεύονται με δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας «ανακυκλωμένο νερό» ή «επεξεργασμένα

λύματα». Επίσης ερωτήθηκαν αν θα κατανάλωναν ντομάτες που έχουν ποτιστεί με «ανακυκλωμένο νερό» ή «επεξεργασμένα λύματα» τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Θετικές απαντήσεις δίνουν οι αγρότες για χρήση «ανακυκλωμένου νερού» ή «επεξεργασμένων λυμάτων» για την χρήση «ανακυκλωμένου νερού». Ενώ αρνητικές απαντήσεις δίνουν στη χρήση «επεξεργασμένων λυμάτων». Η πλειοψηφία των αγροτών σε ποσοστό 63,4% θα άρδευε με «ανακυκλωμένο νερό» δευτεροβάθμιας επεξεργασίας τα ελαιόδεντρα του. Όταν ερωτήθηκαν στην ίδια ερώτηση αλλά χρησιμοποιήθηκε ο όρος «επεξεργασμένα λύματα», γύρω στο 22,8% θα το χρησιμοποιούσε στα ελαιόδεντρα.

Οι αγρότες έχουν δώσει αρνητικές απαντήσεις στα «επεξεργασμένα λύματα» και θετικές στη χρήση «ανακυκλωμένου νερού» σχετικά με την άρδευση ντομάτας. Πιο συγκεκριμένα το 62,2% των αγροτών θα άρδευε ντομάτες με «ανακυκλωμένο νερό» και μόνο το 21% θα άρδευε με «επεξεργασμένα λύματα» δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Η σημασία των λέξεων παίζει σημαντικό ρόλο σχετικά με την γνώμη των παραγωγών.

Σε όμοια συμπεράσματα καταλήγουν και για τη γνώμη των καταναλωτών. Αυτό σημαίνει πως οι καταναλωτές είναι θετικοί στην κατανάλωση τροφίμων που έχει χρησιμοποιηθεί ο όρος «ανακυκλωμένο νερό» για την άρδυσή τους, σχετικά με της άρδευσης με τον όρο «επεξεργασμένα λύματα». Ένα ποσοστό περίπου 60,7% των καταναλωτών απάντησε πως δεν θα χρησιμοποιούσε λάδι, το οποίο παράγεται από ελαιόδεντρα που έχουν αρδευτεί με «επεξεργασμένα λύματα» τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Άρα περίπου το 40% των καταναλωτών έδωσαν θετικές απαντήσεις για χρήση ελαιόλαδου όταν γίνεται άρδευση με τριτοβάθμιας «επεξεργασίας απόβλητα». Στην περίπτωση που το λάδι παράγεται από ελαιόδεντρα αρδευόμενα με «ανακυκλωμένο νερό», το ποσοστό αυτό περίπου διπλασιάζεται γύρω στο 75,1%. Στη συνέχεια εξετάστηκε και η τάση να καταναλώσουν προϊόντα που έρχονται σε μεγαλύτερη επαφή με το νερό, όπως είναι οι ντομάτες. Σε ποσοστό 82,2% δεν ήθελε να τις κατανάλωνε αν είχαν αρδευτεί με «επεξεργασμένα λύματα». Ενώ σε ποσοστό 64% δεν ήθελε να τις κατανάλωνε αν είχαν αρδευτεί με «ανακυκλωμένο νερό». Τέλος μετρήθηκε και η απόφασή τους να επισκέπτονται πάγκα τα οποία αρδεύονται με «ανακυκλωμένο νερό» ή «επεξεργασμένα λύματα». Κατά 88,5% θα επισκέπτονταν τα πάγκα που αρδεύονται με δευτεροβάθμιας επεξεργασίας νερό αν πρόκειται για χρήση «ανακυκλωμένου νερού». Σε μικρότερο ποσοστό, γύρω στο 72,5%, θα τα επισκέπτονταν αν είχαν αρδευτεί με «επεξεργασμένα λύματα».

Οι λέξεις κατευθύνουν τη γνώμη του κοινού. Από την έρευνα συμπεραίνεται πως ο όρος «ανακύκλωση» έχει μεγαλύτερη αποδοχή από το κοινό. Αφού ο όρος αυτός είναι πιο οικείος για τους καταναλωτές, καθώς κάνουν ανακύκλωση σε συσκευασίες όπως χαρτί, γυαλί κλπ. Έτσι ο όρος «ανακυκλωμένο νερό» να είναι πιο προσπελάσιμος από τον όρο «επεξεργασμένα λύματα».

Σε έρευνα που έγινε το 2006 από τον Hartley σε αμερικανούς πολίτες (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006) ο κυριότερος κοινωνικός παράγοντας που προέκυψε από την επανεξέταση της αποδοχής εναλλακτικού νερού από την κοινότητα ήταν αυτός της αντίληψης κινδύνου. Το το κοινό δέχτηκε ως επί το πλείστον την επαναχρησιμοποίηση του νερού όταν ο βαθμός ανθρώπινης επαφής ήταν ελάχιστος, η δημόσια υγεία προστατεύθηκε και όταν οι άνθρωποι δεν συσχετίζουν τα λύματα ως πηγή το ανακτημένο νερό (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006).

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, οι ερευνητές ανέφεραν την ύπαρξη διακριτικής ευχέρειας «πηγής», όπου οι συμμετέχοντες είχαν επίγνωση του τόπου προέλευσης του ανακυκλωμένου νερού που χρησιμοποιούσαν. Στην περίπτωση αυτή, οι άνθρωποι ήταν πιο πρόθυμοι να χρησιμοποιούν τα δικά τους λύματα από αυτά που προέρχονται από μια κοινοτική πηγή (Jeffrey, 2002).

Ο Marks (2004) επανεξέτασε τη δημόσια αποδοχή του νερού που ανακυκλώνεται από τα λύματα. Έλεγε διάφορες μελέτες έρευνας τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Αυστραλία, σε τοποθεσίες όπου είχε προταθεί η επαναχρησιμοποίηση πόσιμου νερού. Τα σήματα διαπίστωσαν ότι οι διαφορές στα επίπεδα της αποδοχής από την κοινότητα σχετίζονταν με τις

διαφορές στον βαθμό προσωπικής επαφής με το νερό. Ο Marks κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, γενικά, τα νεότερα μέλη της κοινότητας ήταν πιο πρόθυμα να χρησιμοποιούν επαναχρησιμοποιημένο νερό για χρήσεις όχι τόσο πόσιμου νερού, αλλά περισσότερο για κατανάλωση αλκοόλ. Πρότεινε ότι, εάν η κοινότητα είχε εμπιστοσύνη στον έλεγχο των κινδύνων για την δημόσια υγεία και το κοινό πίστευε ότι υπήρχαν οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη στη χρήση επαναχρησιμοποιημένου νερού, θα επηρέαζε θετικά την αποδοχή του κοινού (Marks et al. 2004). Όσον αφορά τα συμπεράσματα για την έρευνα στην Αυστραλία (Marks et al. 2008), διαπιστώθηκε η δημόσια αντιλήψη είναι αρνητική, διότι πιστεύουν πως υπάρχουν αρκετοί κίνδυνοι για πόσιμη χρήση στην δημόσια υγεία. Θεωρίες σχετικά με τα κίνητρα προστασίας (π.χ. Rogers, 1975) έχουν υποστηρίξει από καιρό τον ρόλο της απειλής κατά την κινητοποίηση των ατόμων να υιοθετήσουν «ασφαλέστερες» πρακτικές (π.χ. Martin et al., 2007). Στο πλαίσιο αυτής της θεωρίας, οι αντιλήψεις που συνδέονται με την απειλή (δηλαδή ευπάθεια, σοβαρότητα κινδύνου και αποτελεσματικότητα απόκρισης) θα μπορούσαν όλοι θεωρητικά να επηρεάσουν τη δημόσια αποδοχή των αποκεντρωμένων παροχών νερού. Ωστόσο, εκτός από τις ανησυχίες σχετικά με την έλλειψη νερού, η απειλή σε σχέση με την απειλή που σχετίζεται με την προσωπική ευημερία (π.χ. ανησυχίες σχετικά με την ποιότητα του νερού) και τις απειλές που σχετίζονται με την ισότητα της διανομής νερού (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006).

Ο Radcliffe (2006) περιέγραψε μια σειρά από κοινωνικά ζητήματα που θεωρούσε ότι έπρεπε να αντιμετωπιστούν αν η υιοθέτηση εναλλακτικών πηγών ύδατος επρόκειτο να αυξηθεί στις πόλεις της Αυστραλίας. Ζήτησε τη μετατόπιση της στάσης μεταξύ των κοινοτήτων όσον αφορά τη χρήση του βρόχινου νερού ως συμπληρωματική πηγή νερού και την ευρύτερη χρήση εναλλακτικών υδάτινων πόρων, όπου δεν απαιτείται πόσιμο νερό ποιότητας. Το έγγραφό του υποδηλώνει επείγουσα ανάγκη για αυξημένες εκστρατείες δημόσιας εκπαίδευσης σχετικά με τις διάφορες συγκεντρωτικές και αποκεντρωμένες πηγές ύδρευσης που διατίθενται στο ευρύ κοινό, καθώς και πληροφορίες σχετικά με τις συνιστώμενες εφαρμογές για διαφορετικές ποιότητες / ποιότητα νερού, ώστε να ελαχιστοποιείται η σύγχυση του κοινού. Ο Jeffrey και ο Seaton (2004), βασισμένοι στο προηγούμενο έργο τους στο Ηνωμένο Βασίλειο (π.χ., Jeffrey, 2002), ανέπτυξαν ένα μοντέλο δημόσιας δεκτικότητας που προσαρμόστηκε από τους Gilbert και Cordey-Hayes (1996). Υποστήριξαν ότι για να έχουν την στήριξη του κοινού πρέπει να εξεταστεί πρώτα σε ατομικό και μετά κοινωνικό επίπεδο η αντίληψη του κοινού. Ο Jeffrey και ο Seaton (2004) υπογράμμισαν ότι τα κοινωνικά ζητήματα που προκύπτουν από την τρέχουσα βιβλιογραφία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων, όπως η ισότητα, η διαχείριση της ζήτησης και η ποιότητα των υδάτων, αποτελούν σημαντικές διαστάσεις που παρέχουν πληροφορίες για το πώς οι άνθρωποι σχετίζονται με το νερό τόσο φυσικά όσο και αντιληπτικά. Το μοντέλο εξήγησε ότι η αποδοχή από την κοινότητα εναλλακτικών τεχνολογιών, όπως το ανακυκλωμένο νερό, θα διευκολυνόταν από την τήρηση τεσσάρων επιπέδων μεταφοράς γνώσης (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006):

1. Ευαισθητοποίηση, ικανότητα των ατόμων να αποκτήσουν σχετικές γνώσεις σχετικά με τη νέα τεχνολογία.
2. Σύνδεση, αναγνώριση δυνητικών ωφελειών για το άτομο, την κοινότητα ή / και το περιβάλλον.
3. Απόκτηση, τα μέσα για την υιοθέτηση ενός συγκεκριμένου συστήματος και την εκμάθηση νέας συμπεριφοράς. και
4. Εφαρμογή, η ικανότητα να εφαρμόζει τις γνώσεις και να λαμβάνει ένα όφελος.

Οι Brown και Davies (2007) αξιοποίησαν αυτό το μοντέλο μεταφοράς γνώσης και εξέτασαν την ευαισθησία της κοινότητας όσον αφορά τη χρήση αποκεντρωμένων συστημάτων greywater και βρόχινων υδάτων ως εναλλακτικές πηγές εγχώριων υδάτων. Η έρευνα απορρέει από την αναγνώριση της έλλειψης εκτεταμένης υιοθέτησης της τεχνολογίας επαναχρησιμοποίησης νερού, όπως δεξαμενές ομβρίων υδάτων, συγκομιδή ομβρίων υδάτων και συστήματα δικτυωτού διπλού σωλήνα. Οι συγγραφείς πίστευαν ότι το υψηλό κόστος του εκσυγχρονισμού στα υφιστάμενα αστικά σχέδια, καθώς και η αντιλαμβανόμενη απροθυμία

των πολιτικών για την αλλαγή των κανόνων χρήσης νερού, συνέβαλαν σε αυτή την ανεπάρκεια. Το δείγμα τους περιλάμβανε κατοίκους τεσσάρων προαστίων που αποτελούσαν την περιοχή τοπικής κυβέρνησης Ku-ring-gai στο βόρειο Σίδνεϊ. Οι κάτοικοι δεν χρησιμοποιούσαν επί του παρόντος εναλλακτικές πηγές ύδρευσης, αλλά είχαν εντοπιστεί από την κυβέρνηση ως προς τα μελλοντικά ζητήματα υδροδότησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μεταξύ των κατοίκων Ku-ring-gai, η μεγαλύτερη αποδοτικότητα στη χρήση μιας αποκεντρωμένης ανακυκλωμένης παροχής ύδατος ήταν για εξωτερικές (μη πόσιμου) χρήσεις, η οποία είναι σύμφωνη με προηγούμενες έρευνες που αναφέρθηκαν σε αυτήν την ανασκόπηση. Η στήριξη για την αποκεντρωμένη παροχή ύδατος μειώθηκε με την αυξανόμενη προσωπική επαφή, ιδιαίτερα στην περίπτωση των αβαθών υδάτων, όπου οι κάτοικοι πίστευαν ότι υπήρχαν μεγαλύτεροι κίνδυνοι για την υγεία. Αντίθετα, η πλειοψηφία των κατοίκων ήταν δεκτικοί στη χρήση ομβρίων υδάτων για πολλές οικιακές χρήσεις (π.χ. ντους, πλύσιμο ρούχων, πόση κλπ), αλλά σε διαφορετικά επίπεδα. Ο Brown και ο Davies (2007) συζήτησαν τα βασικά ζητήματα που πίστευαν ότι θα μπορούσαν να βελτιώσουν την αποδοχή αποκεντρωμένου νερού για οικιακές εφαρμογές και διαμορφώνουν την έννοια της δημόσιας δεκτικότητας με τα τέσσερα επίπεδα που πρότειναν οι Jeffrey και Seaton (2004). Συμφώνησαν ότι η επίτευξη αυτών των τεσσάρων βασικών βημάτων ήταν απαραίτητη για την καλύτερη κατανόηση της δεκτικότητας στις κοινότητες που χρησιμοποιούν αποκεντρωμένα συστήματα για να βοηθήσουν τον μελλοντικό κυβερνητικό σχεδιασμό (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006).

Επίσης, σημαντικό είναι το γεγονός πως αν οι αρχές προωθούν την υιοθέτηση εναλλακτικών συστημάτων ύδρευσης όπου αναπτύσουν στρατηγικές για την παροχή εποικοδομητικών πληροφοριών τότε επιτρέπει την αντιμετώπιση της υπάρχουσας κοινοτικής κουλτούρας (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006).

Στη Δυτική Αυστραλία, τη Νέα Νότια Ουαλία και τη Βικτώρια, η τιμή του νερού καθορίζεται με βάση το μακροπρόθεσμο οριακό κόστος αύξησης και παροχής του νερού. Η μακροπρόθεσμη τιμολόγηση του οριακού κόστους υπολογίζει την τιμή του νερού σε σχέση με το κόστος που ενδέχεται να προκύψει για την ανάπτυξη πρόσθετων πηγών νερού, λόγω της μεταβολής της ζήτησης (Οικονομική Αρχή Κανονισμού, 2007, Ανεξάρτητη Τιμολόγηση και Κανονιστικό Δικαστήριο, 2008, Melbourne Water, 2009). Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι η τιμή του νερού δεν είναι η ίδια με την οικονομική αξία του νερού (όπου ενσωματώνεται η κοινωνική αξία). Η αξία με την οποία οι άνθρωποι κοστολογούν το νερό μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερη από την τιμή του, ειδικά όταν υπάρχουν πολύ περιορισμένες ποσότητες νερού. Αυτό σημαίνει πως η έλλειψη νερού μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την προθυμία των ανθρώπων να πληρώσουν για το νερό. Επομένως, κατά την αξιολόγηση των οικονομικών στοιχείων του αποκεντρωμένου νερού, δεν πρέπει μόνο να εξετάσουμε το κόστος αλλά και την αξία του νερού, όπως αντικατοπτρίζεται σε ορισμένους τύπους παροχών, που μερικές φορές είναι δύσκολο να υπολογιστούν (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006).

Ορισμένες μελέτες στην Αυστραλία έχουν προσπαθήσει να μετρήσουν τις προτιμήσεις των νοικοκυριών για τα επεξεργασμένα απόβλητα με τη χρήση τεχνικών δημιουργίας «προθυμίας πληρωμής», όπως η ενδεχόμενη αποτίμηση και η επιλογή μοντέλων. Ωστόσο, αυτές οι παροχές νερού παρέχονταν μέσω ενός κεντρικού συστήματος. Ο Hurlimann (2009) διαπίστωσε ότι οι κάτοικοι της περιφερειακής Βικτώριας ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν \$ 7.66 / kL για το ανακυκλωμένο νερό που παραδίδεται στα σπίτια τους, ενώ ο Tapsuwan et al. (2007) εκτιμά ότι τα οικιακά νοικοκυριά του Perth θα ήταν διατεθειμένα να πληρώσουν κατά μέσο όρο 59% περισσότερα για τους ετήσιους λογαριασμούς κατανάλωσης νερού για την εξασφάλιση της μελλοντικής παροχής νερού από τα επεξεργασμένα λύματα (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006).

Η μελέτη που διεξήχθη από τον Marks et al. (2003), βρήκε σημαντικούς οικονομικούς παράγοντες για την αποδοχή ανακυκλωμένου νερού για οικιακή χρήση. Οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να σχολιάσουν εάν το νερό γενικά θα πρέπει να είναι ακριβότερο για να ενθαρρύνει την ελάχιστη χρήση του. Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων δήλωσε ότι αναμένεται να πληρώσει λιγότερα για τα αποθέματα νερού. Με βάση τις περιορισμένες εφαρμογές για το

νερό, καθώς και το υψηλό κόστος εγκατάστασης, οι κάτοικοι πίστευαν ότι οι χαμηλότερες τιμές για την εναλλακτική πηγή ήταν απαραίτητες για την εξασφάλιση της ευρύτερης υιοθέτησης της προσφοράς (Aditi Mankad and SoradaTapsuwan, 2006).

Μία άλλη έρευνα που έγινε το 2014 στην πολύ Τοowoomba, στο νοτιοανατολικό Κουίνσλαντ της Αυστραλίας, (Victoria L.Ross, Kelly S.Fielding and Winnifred R.Louis, 2014), εξέτασαν ένα σχέδιο επαναχρησιμοποίησης πόσιμου νερού. Οι δημόσιες αντιλήψεις κινδύνου και η εμπιστοσύνη έχουν αποδειχθεί σημαντικοί παράγοντες αποδοχής έργων επαναχρησιμοποίησης πόσιμου νερού, η έρευνα αυτή ανέπτυξε ένα κοινωνικο-ψυχολογικό μοντέλο εμπιστοσύνης, αντιλήψεων κινδύνου και αποδοχής. Οι συμμετέχοντες (N = 380) ερευνήθηκαν λίγες εβδομάδες πριν από τη διεξαγωγή δημοψηφίσματος στο οποίο οι κάτοικοι ψήφισαν κατά του αμφιλεγόμενου σχεδίου. Η έρευνα έδειξε ότι η κοινωνία για να αποδεχτεί την επαναχρησιμοποίηση αρκεί να εμπιστευτεί τις αρχές και να ενημερώνεται κάθε στιγμή για τις δίκαιες διαδικασίες που ακολουθούν. Σύμφωνα με τους (Dolnicar and Hurlimann, 2011, Dolnicar et al., 2011, Dolnicar et al., 2010, Friedler and Lahav, 2006, Nancarrow et al., 2008), οι θετικές αντιλήψεις του κοινού και η αποδοχή της επαναχρησιμοποίησης του νερού αποτελούν πλέον τους βασικούς παράγοντες για την επιτυχή εισαγωγή έργων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων. Ανεξάρτητα από τη δύναμη των επιστημονικών στοιχείων, η δημόσια αντίληψη μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία τα έργα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων σε οποιοδήποτε στάδιο της εφαρμογής τους (Friedler and Lahav, 2006, Uhlmann and Head, 2011). Για παράδειγμα, κατά τη δεκαετία του 1990, τα σχέδια επαναχρησιμοποίησης νερού ως πόσιμο, από το υπουργείο υδάτων στο Σαν Ντιέγκο κατέληξαν σε αρνητικές αντιδράσεις διότι πίστευαν οι πολίτες πως το έργο αυτό θα είχε πολλούς κινδύνους για την υγεία (Po et al. 2003) και παρά τις σημαντικές επενδύσεις που έγιναν, το έργο δε συνεχίστηκε (Hurlimann and McKay, 2004).

Σε μία έρευνα που έγινε στη Βαρκελώνη με σκοπό την δημόσια αποδοχή των τεχνολογιών επαναχρησιμοποίησης των greywater στη περιοχή της Βαρκελώνης το 2010 (LaiaDomènech and DavidSaurí, 2010). Τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης Greywater είναι συνηθισμένα στα νέα πολυώροφα κτίρια της Μητροπολιτικής Περιοχής της Βαρκελώνης και ο λόγος είναι η πρόσφατη έγκριση φιλόδοξων τοπικών κανονισμών που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση νερού και τη χρησιμοποίηση αποκεντρωμένων εναλλακτικών πόρων. Οι χρήστες πρέπει να αναλάβουν νέες ευθύνες στη διαχείριση των υδάτων και οι νέες δυνατότητες πρέπει να αναπτυχθούν σε πολύ μικρό επίπεδο για την επιτυχή εφαρμογή αυτών των κανονισμών. Στην πόλη Sant Cugat del Vallès, στη μητροπολιτική περιοχή της Βαρκελώνης έγινε μία έρευνα από 120 χρήστες της τεχνολογίας greywater. Μετά από έξι χρόνια πείρας του Δήμου, δόθηκε η ευκαιρία να την αξιολόγηση των αντιλήψεων της κοινότητας για κοινωνική και τεχνική αποδοχή του κοινού. Το Sant Cugat ήταν ο πρώτος δήμος στην Ισπανία που επέβαλε την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων σε νέα κτίρια. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η αντίληψη για τους κινδύνους για την υγεία, τα συστήματα λειτουργίας, το αντιληπτό κόστος και η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση αποτελούν, σε διαφορετικούς βαθμούς, σημαντικούς καθοριστικούς παράγοντες της δημόσιας αποδοχής. Αναλύονται επίσης οι κύριες θεσμικές, τεχνικές και οικονομικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά τη διάρκεια της τρέχουσας διαδικασίας κοινωνικής και τεχνικής μετάβασης. Η βελτίωση του επιπέδου γνώσης αυτών των συστημάτων μεταξύ των χρηστών θα μείωνε τον κίνδυνο κοινωνικής άρνησης της νέας τεχνολογίας. Οι δημόσιες αρχές και οι φορείς υλοποίησης πρέπει να ενθαρρύνουν τις διαδικασίες κοινωνικής μάθησης με συγκεκριμένες ενέργειες και να οικοδομήσουν εμπιστοσύνη μεταξύ των κατοίκων στο νέο δίκτυο διακυβέρνησης. Συνεπώς, η αποδοχή του κοινού αναγνωρίστηκε ως μια κρίσιμη δύναμη της διαδικασίας κοινωνικής και τεχνικής μετάβασης. Το Greywater είναι μια εναλλακτική πηγή νερού με συγκεκριμένες απαιτήσεις και ιδιαιτερότητες που πρέπει να γίνουν κατανοητές και αποδεκτές. Οι χρήστες πρέπει να παρακινηθούν και πρέπει να αποδεχθούν τη νέα τεχνολογία για να συμμετάσχουν αποτελεσματικά στη διαδικασία. Διαπιστώθηκαν τουλάχιστον τέσσερις παράγοντες για τον προσδιορισμό του επιπέδου αποδοχής από τον δημόσιο τομέα: αντιληπτός κίνδυνος για την υγεία, αντιληπτό κόστος, συστήματα λειτουργίας και περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση. Όλοι αυτοί οι παράγοντες αλληλοεπιδρούν για να καθορίσουν τη στάση των χρηστών απέναντι στην επαναχρησιμοποίηση των greywater. Τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά

πιθανότατα επηρεάζουν επίσης την αντίληψη του κοινού. Ωστόσο, δεν μπορούσαν να συμπεριληφθούν στη μελέτη αυτή λόγω της χαμηλής κοινωνικοοικονομικής διακύμανσης και του σχετικά χαμηλού μεγέθους του δείγματος. Οι περισσότεροι κάτοικοι ήταν σχετικά νέοι και είχαν ένα αρκετά υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης που πιθανώς είχε θετική επίδραση στο επίπεδο αποδοχής που καταχωρήθηκε. Είναι πράγματι αξιοσημείωτο ότι, παρόλο που τα συστήματα δεν λειτουργούσαν στο βέλτιστο επίπεδο, το επίπεδο αποδοχής ήταν αρκετά υψηλό μεταξύ των χρηστών. Η απόδοση των συστημάτων ήταν κατά καιρούς εντελώς ανεπαρκής και καταγράφηκαν πολλές καταγγελίες για τη δημιουργία δυσάρεστων μυρωδιών. Αυτή η δυσάρεσκη αντισταθμίστηκε συχνά από την ευαισθητοποίηση σχετικά με τις θετικές επιπτώσεις της επαναχρησιμοποίησης του γκρίζου νερού για το περιβάλλον. Η διατήρηση του περιβάλλοντος ήταν πράγματι το πιο εκτιμημένο όφελος που συνδέεται με τη νέα τεχνολογία. Η επαναχρησιμοποίηση του Greywater συμβάλλει επίσης στη δημιουργία μιας «καθαρότερης περιβαλλοντικής συνείδησης» η οποία παραμένει σημαντική πηγή ικανοποίησης στις αναπτυσσόμενες κοινωνίες. Η αντίληψη του κόστους διαπιστώθηκε επίσης ότι επηρέασε το επίπεδο αποδοχής. Οι περισσότεροι χρήστες πίστευαν ότι η επαναχρησιμοποίηση των greywater δεν έχει κανένα οικονομικό όφελος, αλλά ταυτόχρονα δεν γνώριζαν το πραγματικό κόστος του συστήματος. Εξάλλου, διαπιστώθηκε ότι ο σημαντικότερος καθοριστικός παράγοντας του επιπέδου αποδοχής ήταν ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία. Η αντίληψη ενός υψηλού κινδύνου για την υγεία από τη χρήση του νερού συχνά συνδέεται με ένα χαμηλό επίπεδο αποδοχής. Ωστόσο, σε γενικές γραμμές, ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία δεν βρέθηκε να αποτελεί πηγή ανησυχίας για τους χρήστες, πιθανότατα λόγω του χαμηλού επιπέδου ανθρώπινης επαφής με επαναχρησιμοποιούμενο νερό. Το επεξεργασμένο γκρίζο νερό χρησιμοποιείται μόνο για την έκπλυση τουαλέτας στο Sant Cugat del Vallès. Ωστόσο, το επίπεδο αποδοχής μπορεί να μειωθεί σοβαρά εάν οι χρήστες πληροφορηθούν ότι τα επεξεργασμένα γκρίζα ύδατα ενδέχεται να περιέχουν υψηλά επίπεδα *E. Coli*. Στην πραγματικότητα, η πτυχή που έλαβε τη χειρότερη αξιολόγηση από τους ερωτηθέντες ήταν το επίπεδο πληροφόρησης και με τον ίδιο τρόπο, τα αποτελέσματα των ερευνών επιβεβαίωσαν ότι οι γνώσεις των χρηστών σχετικά με το σύστημα ήταν γενικά πολύ περιορισμένες. Η κοινή αντίληψη είναι πολύ ευάλωτη σε οποιαδήποτε αποτυχία που μπορεί να συμβεί. Το επίπεδο ικανοποίησης μετά την εμπειρία του συστήματος διαπιστώθηκε ότι είναι κάπως χαμηλό, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει το επίπεδο αποδοχής του κοινού και την έκταση της «απογοήτευσης» για την ιδέα της επαναχρησιμοποίησης του γκρίζου νερού - που μέχρι σήμερα ήταν αρκετά υψηλό. Οι τεχνολογικές βελτιώσεις, η μεγάλη πείρα και η κατάρτιση των επαγγελματιών και η ενισχυμένη επικοινωνία μεταξύ των ενδιαφερόμενων φορέων του τομέα, ιδίως με τους χρήστες, πρέπει να μειώσουν τον κίνδυνο ενδεχόμενων αποτυχιών. Εν ολίγοις, η ευρεία εγκατάσταση συστημάτων επαναχρησιμοποίησης χοντρών υδάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διακυβέρνηση πόρων μικρού επιπέδου που απαιτεί νέες ευθύνες και ικανότητες σε ιδιώτες και τοπικούς επαγγελματίες. Οι αβεβαιότητες είναι ακόμα υψηλές και αναμένονται πολυάριθμοι μετασχηματισμοί. Όλοι οι ενδιαφερόμενοι φορείς που συμμετέχουν στη διαδικασία εφαρμογής πρέπει να καταβάλουν προσπάθειες για την επιτυχή επέκταση της χρήσης του γκρίζου νερού. Μια περαιτέρω θεσμική ανάλυση των συμφερόντων και των προτιμήσεων των διαφόρων φορέων που εμπλέκονται στη διαχείριση των υδάτων θα συμβάλει στην αύξηση της κατανόησης των πιθανοτήτων επιτυχίας των αποκεντρωμένων εναλλακτικών συστημάτων παροχής ύδατος. Σημαντική οικολογική συνειδητοποίηση και εμπλοκή των πολιτών ζητείται συνήθως με τη μορφή γνώσεων και ικανοτήτων για την αντιμετώπιση ενός σπάνιου πόρου όπως το νερό. Εκτός από την οργάνωση για την εξασφάλιση ορισμένων κοινωτικών υπηρεσιών όπως η καλή λειτουργία του ανελκυστήρα, ο καθαρισμός των κοινόχρηστων χώρων ή η πισίνα, οι πολίτες έχουν επιπλέον ευθύνη. Οι τοπικές κοινότητες καθίστανται τόσο οι ιδιοκτήτες όσο και οι διαχειριστές των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης του νερού. Στην πραγματικότητα όμως, οι προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν εξακολουθούν να είναι πολυάριθμες και ως εκ τούτου ορισμένα συμφέροντα και τα ενδιαφερόμενα μέρη ενδέχεται να μην συμφωνούν με αυτή τη διαδικασία ενίσχυσης των τοπικών κοινοτήτων (LaiàDomènech and DavidSaurí, 2010).

4.7 Η εμπιστοσύνη στις Αρχές

Η εμπιστοσύνη στις αρχές αποτελεί ίσως τον κυριότερο παράγοντα που μπορεί να επηρεάζει την αποδοχή του κοινού για επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Po et al, 2004). Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να καθορίσει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι θα αντιληφθούν τις νέες τεχνολογίες ή τα νέα προϊόντα που τους προσφέρονται για κατανάλωση. Θα αντιληφθούν θετικά το κάθε εγχείρημα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και θα διαμορφώσουν θετική γνώμη στη περίπτωση που δείξουν εμπιστοσύνη στις αρχές. Αρνητική στάση θα τους διαμορφώσει και θα αποστασιοποιηθούν από πρακτικές επαναχρησιμοποίησης αν υπάρχει έλλειψη της εμπιστοσύνης τους στους ελεγκτικούς μηχανισμούς (Smith et al, 2018). Αρκετές έρευνες έχουν αποδείξει πως όταν χάνεται η εμπιστοσύνη του κοινού τότε η αντίληψη του κινδύνου αυξάνεται, επομένως κάθε πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης θα καταλήξει σε αποτυχία. Επίσης με την ποιότητα υπηρεσιών που λαμβάνουν οι πολίτες από τις τοπικές υπηρεσίες ύδρευσης επηρεάζεται η έλλειψη εμπιστοσύνης (Adewuni et al, 2010). Δηλαδή αν οι υπηρεσίες αυτές δεν λειτουργούν σωστά και διακόπτουν συχνά το νερό του δικτύου, με αυτόν τον τρόπο μπορούν να δημιουργήσουν μία ανασφάλεια στους πολίτες.

Στην Αυστραλία, όπου το κράτος λειτουργεί διαφορετικά από το ελληνικό, υπάρχει μεγαλύτερη εμπιστοσύνη των πολιτών στις ελεγκτικές αρχές. Οι Po et al το 2004 ανέφεραν πως το 48% των Αυστραλών δείχνει εμπιστοσύνη στον πάροχο νερού, όπου αυτό το ποσοστό έχει προδιαγραφές να αυξηθεί. Στο Toowoomba (νότιο ανατολικό Queensland στην Αυστραλία) διενεργήθηκε έρευνα μέσα από την οποία προστάθηκαν να συσχετίσουν τη σχέση εμπιστοσύνης- αντίληψης κινδύνου αποδοχής επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού για πόση (Ross et al, 2014). Το κοινό αντιλαμβάνεται πως όσο πιο δίκαιο είναι το τοπικό συμβούλιο της πόλης τους, τόσο περισσότερες δίκαιες διαδικασίες θα εφαρμόσουν. Η εμπιστοσύνη του κοινού αυξάνεται όταν θεωρούν πως οι συμμετέχοντες στο τοπικό συμβούλιο είναι ένας άνθρωπος «από τους ίδιους», ο οποίος μπορεί να μοιραστεί τις ίδιες ανησυχίες και αξίες με τους κατοίκους της πόλης. Σε αυτή την περίπτωση αυξάνεται η εμπιστοσύνη τους στις αρχές και αυτό οδηγεί σε αύξηση της αποδοχής επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού για πόσιμους σκοπούς. Επιπλέον η αντίληψη του κινδύνου μειώνεται όσο αυξάνεται η εμπιστοσύνη τους.

4.8 Κοινωνικοί και δημογραφικοί παράγοντες

Μία από τις πολύ σημαντικές έρευνες όπου πραγματοποιήθηκε στην Αμερική, συμμετείχαν 2800 άτομα (García-Cuerva et al, 2016). Τα άτομα που συμμετείχαν ήταν από διάφορες πολιτείες, με διαφορετική κουλτούρα, ήθη, έθιμα και συνήθειες. Έτσι λοιπόν, η έρευνα αυτή αποτελεί τεράστιο ενδιαφέρον, αφού οι περισσότερες δημοσιευμένες έρευνες έχουν γίνει σε μικρότερο πληθυσμό, περίπου κάτω των 500 ατόμων και σε πιο περιορισμένες περιοχές σεέκταση. Επίσης, έλαβαν πληροφορίες σχετικά με το πως η ηλικία των ανθρώπων, το φύλο τους και το εισόδημά τους μπορούν να επηρεάζουν την αποδοχή τους στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Περισσότερο οι άνδρες ενδιαφέρονται να εφαρμόζουν πρακτικές στην καθημερινότητά τους ώστε να διατηρήσουν το νερό και να μειώσουν την σπατάλη του, συγκριτικά με το ενδιαφέρον των γυναικών. Επομένως και οι άντρες και οι γυναίκες αποδέχονται την επαναχρησιμοποίηση νερού στο ίδιο ποσοστό, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας. Οπότε δεν είναι θέμα φύλλου η αποδοχή για επαναχρησιμοποίηση νερού.

Σε άλλες έρευνες όπου πραγματοποιήθηκαν σε μικρότερη κλίμακα (Wester et al, 2015) συμπεραίνεται πως έχει σημειωθεί μικρότερη αποδοχή από το γυναικείο φύλλο στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων. Αυτό συμβαίνει διότι οι γυναίκες φοβούνται περισσότερο τους παθογόνους μικροοργανισμούς, καθώς θεωρούν πως είναι περισσότερο ευάλωτες σε αυτούς. Όσον αφορά την ηλικία, συμπεραίνεται πως άνθρωποι που είναι άνω των 45 ετών, έχουν μεγαλύτερη ανησυχία σχετικά με την έλλειψη νερού, από τους νεότερους. Τα οικονομικά κίνητρα αποτελούν έναν ακόμα παράγοντα που επηρεάζει την θέληση των ανθρώπων για επαναχρησιμοποίηση του νερού. Το γεγονός ότι προσφέρεται

μειωμένες τιμές στο ανακυκλωμένο νερό, το κάνει περισσότερο ελκυστικό στο κοινό. Όμως η προτίμησή του στρέφεται στο καθαρό νερό στην περίπτωση που μπορεί να εξασφαλίσει καθαρό νερό σε καλή τιμή. Τέλος σημαντικό είναι να αναφερθεί πως το οικογενειακό εισόδημα παίζει σημαντικό ρόλο στην αποδοχή του κοινού για την επαναχρησιμοποίηση του νερού αφού οι άνθρωποι με μεγάλο εισόδημα είναι περισσότερο θετικοί προς την επαναχρησιμοποίηση σε σχέση με ανθρώπους με χαμηλότερα οικογενειακά εισοδήματα.

4.8.1 Πηγή προέλευσης επαναχρησιμοποιούμενου νερού

Ανάλογα με την πηγή προέλευσής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων αυξάνεται η αποδοχή του κοινού για επαναχρησιμοποίηση. Περισσότερο ελκυστικό για τους καταναλωτές το κάνει η προέλευση του επαναχρησιμοποιούμενου νερού από φυσική πηγή. Αν τα υγρά απόβλητα επεξεργαστούν σε βαθμό που απαιτείται και απορριφθούν σε υπόγειους ή υπέργειους υδροφόρους και κατόπι επαναχρησιμοποιηθούν, έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη αποδοχή από το κοινό, από την απευθείας επαναχρησιμοποίησή τους (Miller, 2006; Hartley 2006).

4.8.2 Χρήση για την οποία προορίζεται

Η αποδοχή του κοινού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την χρήση για την οποία προορίζεται το νερό. Όσο πιο στενή είναι η επαφή του ανθρώπου με το νερό, τόσο μειώνεται η αποδοχή του (Hartley's, 2006). Σε δημόσιους χώρους λοιπόν, είναι μεγαλύτερης αποδοχής η επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού, όπως για άρδευση δασών ή πάρκων, ενώ μικρότερης είναι για χρήση σε οικίες όπως πότισμα κήπων. Αν όμως προορίζεται το επαναχρησιμοποιούμενο νερό για χώρους που έρχονται σε επαφή μικρά παιδιά, τότε το κοινό δεν είναι και τόσο θετικό με το γεγονός αυτό. Οι γονείς δηλαδή είναι πιο διστακτικοί στην επίσκεψη πάρκων που αρδεύονται με ανακτημένο νερό (Po et al, 2004). Η αποδοχή του κοινού μειώνεται αρκετά όταν έχει να κάνει με προσωπικές χρήσεις, ή για χρήση ως πόσιμο νερό, λόγω της αντίληψης του κινδύνου (Menegaki et al, 2009).

Ο βαθμός έκθεσης του κοινού, σε έρευνα των Adewuni et al (2010), επηρεάζει αρκετά την αποδοχή του. Η αποδοχή χρήσης του μειώνεται όταν υπάρχει μια μικρή πιθανότητα φυσικής επαφής με τα επεξεργασμένα λύματα. Όμως σε νεότερες έρευνες, ο παράγοντας επαφής του ανθρώπινου σώματος με το ανακτημένο νερό καταρρίπτεται. Αφού μετά από εκτεταμένη περίοδο ξηρασίας στο San Diego, καταγράφηκε σημαντική αύξηση της αποδοχής του κοινού για επαναχρησιμοποίηση του νερού για πόσιμους σκοπούς. Αυτή η περίοδος οδήγησε σε σοβαρή μείωση της στάθμης νερού στον κεντρικό άξονα υδροδότησης της πόλης, επομένως η στροφή του κοινού ήταν λογικό να σημειωθεί στη παρούσα φάση (Smith et al, 2018).

4.9 Κοινωνική αποδοχή επαναχρησιμοποίησης νερού από διάφορες ομάδες

4.9.1 Κάτοικοι

Η συμπεριφορά του κοινού παίζει καθοριστικό ρόλο για τις πρακτικές εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού. Ο Miller (2006) υποστήριζε πως ο στόχος των ανθρώπων για τα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης του νερού, είναι η προστασία του περιβάλλοντος καθώς και η διατήρηση των αποθεμάτων νερού. Επίσης προτιμούν την φυσική ροή του νερού πχ απόρριψη σε κάποιο ποτάμι. Η συμπεριφορά του κοινού επίσης εξαρτάται από την ανάγκη για χρήση νερού.

Σε μία από τις τελευταίες έρευνες (Saliba et al, 2018) καταγράφεται πως η αποδοχή του κοινού εξαρτάται σημαντικά από την ακριβή και πλήρη πληροφόρηση σε όλες τις πτυχές που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Σε περιόδους ξηρασίας σημειώνεται αύξηση της αποδοχής των ανθρώπων για επαναχρησιμοποίηση του νερού (Garcia and Pargament, 2015), έτσι γίνεται συνεχώς ενημέρωση σχετικά με τα προβλήματα έλλειψης νερού, με τις ημερήσιες ανάγκες για νερό, σχετικά με τον τρόπο επεξεργασίας των λυμάτων, τους ποιοτικούς ελέγχους που διενεργούνται. Η σωστή ενημέρωση και επικοινωνία με το κοινό καθορίζει την αποτελεσματικότερη αποδοχή επαναχρησιμοποίησης νερού. Επίσης, ο τρόπος με τον οποίο ενημερώνουν το κοινό παίζει σημαντικό ρόλο, διότι το κοινό συμπεριλαμβάνει

τεράστια γκάμα κατηγοριών ανθρώπων. Η αναφορά στα πλεονεκτήματα της επαναχρησιμοποίησης νερού αυξάνει την αποδοχή για χρήση. Οπότε θα πρέπει να τονιστούν τα οφέλη για το περιβάλλον και τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την επαναχρησιμοποίηση. Ιδιαίτερα ο γυναικείος πληθυσμός πρέπει να έχει μία ποιο απλή και λεπτομερή περιγραφή στα προβλήματα του περιβάλλοντος, καθώς είναι πιο ευαίσθητες σε θέματα περιβαλλοντικά.

Η πόλη Ταιντζίν της βόρειας Κίνας σημειώνει μεγάλη έλλειψη νερού λόγω του ξερού κλίματος, της δυσκολίας υδροδότησης από τα ποτάμια, των ελάχιστων αποθεμάτων καθώς και του υψηλού κόστους αφαλάτωσης νερού. Η κυβέρνηση στρέφεται στην χρήση ανακτημένου νερού ως λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας. Η ετήσια κατανάλωση νερού ανά κάτοικο ανέρχεται στα 153 m^3 έναντι των 455 m^3 όπου είναι ο μέσος όρος κατανάλωσης νερού στη χώρα. Η κυβέρνηση αποφάσισε τη λειτουργία 38 νέων εργοστασίων επεξεργασίας λυμάτων ώστε να βρεθούν οι απαραίτητες ποσότητες νερού. Στο ξεκίνημα των προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού στην πόλη της Ταιντζίν, το κοινό δεν μπορούσε με τίποτα να το αποδεχτεί. Έτσι πραγματοποιήθηκε έρευνα σχετικά με την αποδοχή του κοινού στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων (Gu et al, 2015), και οι συμμετέχοντες ήταν 300 άτομα από όλες τις περιοχές της πόλης, διαφόρων επαγγελματιών, ηλικιών με διαφορετικό εισόδημα και διαφορετικά επίπεδα μόρφωσης. Αρκετοί από τους κατοίκους της Ταιντζίν (78%) γνωρίζουν πως υπάρχει σοβαρή έλλειψη νερού, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας. Το 21,3% των κατοίκων δεν συμφωνούσε στην χρήση ανακτημένου νερού. Ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού μπορεί να αποδεχθεί την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Όμως το ποσοστό που είχε αντίθετη άποψη είναι σχετικά μεγάλο για μία περιοχή με έντονα τα προβλήματα λειψυδρίας. Η αποδοχή του κοινού σε ποσοστό 90-96% περίπου του πληθυσμού της πόλης, αυξάνεται με σκοπό την χρήση του ανακτημένου νερού, για άρδευση γης, σε σιντριβάνια, για το καθάρισμα τουαλετών, για αναπλήρωση των λιμνών και ποταμών, το πλύσιμο αυτοκινήτων, δρόμων, για την πυρόσβεση και ως νερό ψύξης στη βιομηχανία. Η αποδοχή του κοινού σε ότι αφορά την οικιακή χρήση και ιδιαίτερα για πόση ήταν μικρότερη. Το 23% του κοινού δεν συμφωνεί στη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για πόση. Ενώ το ποσοστό του πληθυσμού που αρνείται τη χρήση ανακτημένου νερού για εφοδιασμό των υπόγειων υδροφορέων και για άρδευση καλλιεργειών είναι πιο αυξημένο. Η άρνηση του κοινού αυξάνει με την εγγύτητα στην πόση.

Όσον αφορά την συμπεριφορά του κοινού σχετικά με την πληρωμή ανακτημένου νερού, το (45,3%) δεν συμφωνεί στο να πληρώσουν για την επεξεργασία λυμάτων. Όσον αφορά την μεταρρύθμιση στην τιμή του νερού, οι περισσότεροι δέχονταν να αλλάξει η τιμή του διότι πιστεύουν ότι το νερό βρύσης είναι αρκετά ακριβό. Αρκετοί θεωρούν πως τα επεξεργασμένα υγρά λύματα θα έπρεπε να κοστίζουν κατά 20% λιγότερο από την τιμήν του καθαρού νερού. Τα άτομα με υψηλό μορφωτικό επίπεδο δέχονται να πληρώσουν περισσότερο από τους ανθρώπους των κατώτερων μορφωτικών επιπέδων και δείχνουν δεκτικοί στο να χρησιμοποιήσουν το ανακτημένο νερό, όχι όμως για πόση. Γενικά έχει παρατηρηθεί πως όσο περισσότερο έχει έρθει το κοινό σε επαφή με το ανακτημένο νερό τόσο αυξάνεται η αποδοχή του.

Στην Αυστραλία υπάρχει επίσης σοβαρή έλλειψη νερού οπότε η πολιτεία και το κοινό υποστηρίζουν τις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης. Στην πρώτη θέση κατανάλωσης νερού στην Αυστραλία είναι η γεωργία και στη δεύτερη θέση τα νοικοκυριά. Τα πλυντήρια ρούχων είναι υπεύθυνα για την κατανάλωση του 20% του οικιακού νερού. Γι αυτό το λόγο έκαναν αρκετές έρευνες ώστε να μετρήσουν την διάθεση του κοινού για αποδοχή της επαναχρησιμοποίησης νερού στις οικίες. Το 70% του αστικού πληθυσμού στην Αυστραλία είναι θετικοί στην επαναχρησιμοποίηση νερού σε πλυντήρια ρούχων. Πολύ μικρό είναι το ποσοστό (6%) που θεωρεί πως κινδυνεύει η υγεία του από την επαναχρησιμοποίηση του νερού, ενώ ακόμα λιγότεροι (2%) είναι αυτοί που θεωρούν πως είναι ελάχιστα καθαρό. Ένα μεγάλο ποσοστό περίπου το 90% συμφωνούν ότι το ανακτημένο νερό είναι μία καλή πηγή νερού για διάφορους σκοπούς όχι όμως για πόση. Για χρήσεις που έρχεται σε μεγαλύτερη επαφή με τον άνθρωπο, πχ για κολύμπι ή για μπάνιο, φαίνονται περισσότερο διστακτικοί. Το 6% των κατοίκων που χρησιμοποιούν το ανακτημένο νερό θέτει ως πρωταρχικό σκοπό

λόγους οικονομίας (Mainali et al, 2013). Οι περισσότεροι δέχονται να το χρησιμοποιούν γιατί είναι περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένοι, ενώ γνωρίζουν πως υπάρχει σοβαρή έλλειψη πόσιμου νερού στη χώρα τους.

Στην Τουρκία έχει εκτιμηθεί πως η ετήσια κατά κεφαλήν ποσότητα νερού φτάνει τα $1500m^3$, το ποσοστό αυτό έχει την δυνατότητα να μειωθεί κατά ένα τρίτο μέχρι το 2025 (WHO, 2007). Στη πρώτη θέση κατανάλωσης των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού στην Τουρκία, είναι στην άρδευση σε ποσοστό 72%, στη δεύτερη θέση ως πόσιμο σε ποσοστό 16% και στην τρίτη στη βιομηχανία σε ποσοστό 12%. Ο κόσμος γνωρίζει καλά την έλλειψη νερού και να λαμβάνει κάποια μέτρα εξοικονόμησης νερού στην καθημερινή του ζωή. Η γνώμη του κοινού για την αποδοχή επαναχρησιμοποίησης νερού έχει διαμορφωθεί σημαντικά από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης όπως την τηλεόραση, το ράδιο αλλά και τα έντυπα μέσα όπως είναι οι εφημερίδες ή τα περιοδικά. Αρκετά μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού, πάνω από 60%, αποδέχεται την επαναχρησιμοποίηση του νερού για σκοπούς όπως το καθάρισμα των δρόμων, το καθάρισμα των τουαλετών και στον τομέα των κατασκευών. Επίσης ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό δέχεται την επαναχρησιμοποίηση του νερού για την άρδευση καλλιεργειών, για την άρδευση πάρκων, την άρδευση γηπέδων γκολφ, για πυρόσβεση ή χρήση στη βιομηχανία. Η αποδοχή τους όμως δεν είναι θετική για σκοπούς που έχουν άμεση ή έμμεση επαφή με τον άνθρωπο. Το 41% δέχεται τη χρήση ανακτημένου νερού σε πλυντήρια ρούχων και το 20-25% αν το νερό χρησιμοποιείται σε πισίνες ή για να κάνουν μπάνιο. Το 20% των Τούρκων δέχονται την επαναχρησιμοποίηση του νερού για σκοπούς όπως μαγείρεμα στο σπίτι ενώ ακόμα περισσότεροι έχουν αντίρρηση αν χρησιμοποιείται για μαγείρεμα σε εστιατόρια, ή στην παραγωγή κονσερβοποιημένων λαχανικών. Ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό περίπου 52%, αποδέχεται την επαναχρησιμοποίηση του νερού ως πόσιμο μόνο σε περίπτωση που διασφαλιστεί η ποιότητα του νερού. Όμως ανάλογα με τις ηλικίες του κοινού, το ποσοστό αυτό μεταβάλλεται. Τέλος οι περισσότεροι μορφωμένοι συνήθως έχουν μεγαλύτερη ανησυχία και αποδέχονται λιγότερο την επαναχρησιμοποίηση του νερού ως πόσιμο (Buyukkamaci and Alkan, 2013).

4.9.2 Αγρότες

Στην Ελλάδα παρουσιάζονται προβλήματα λειψυδρίας ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες που η ζήτηση για το νερό αυξάνεται. Ο ελληνικός χώρος έχει ορεινούς όγκους, γι αυτό το λόγο το έδαφος δεν βοηθά καθόλου στην μεταφορά νερού από μία περιοχή στην άλλη. Στη Θεσσαλία οι περισσότερες καλλιέργειες απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού. Έχει υπολογιστεί πως καταναλώνονται περίπου $750 Mm^3$ νερού, ενώ για πλήρη άρδευση καταναλώνονται $1600 Mm^3$, δηλαδή σχεδόν η διπλάσια ποσότητα νερού (Bakoroulou et al, 2010). Στη Θεσσαλία είναι σε λειτουργία αρκετές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, οι οποίες μπορούν να τροφοδοτήσουν με το απαιτούμενο νερό τις καλλιέργειες. Μία έρευνα που έγινε στους αγρότες σχετικά με την θέλησή τους να χρησιμοποιήσουν ανακτημένο νερό. Αφού πρώτα ενημερώθηκαν για την ασφάλεια του ανακτημένου νερού και του κέρδους που θα έχουν από τη μειωμένη χρήση λιπασμάτων στα χωράφια τους. Στους αγρότες ρωτήθηκαν αν υπήρχε πολύ καθαρό και πολύ ανακτημένο νερό, ποιο θα προτιμούσαν για χρήση και σε ποια τιμή. Το 57,9% των αγροτών είναι θετικοί στο να πληρώσουν για να χρησιμοποιήσουν το ανακτημένο νερό, μόνο στην περίπτωση που το κόστος αυτού φτάσει την μισή τιμή του καθαρού. Ένα πολύ μικρό ποσοστό 8,4% διατίθεται να πληρώσει για να χρησιμοποιήσει ανακτημένο νερό σε υψηλή τιμή, που αγγίζει αυτή του καθαρού νερού. Ένα πολύ μικρό ποσοστό 8,4% διατίθεται να πληρώσει για να χρησιμοποιήσει ανακτημένο νερό σε υψηλή τιμή, που αγγίζει αυτή του καθαρού νερού. Ένα πολύ μικρό ποσοστό 8,4% διατίθεται να πληρώσει για να χρησιμοποιήσει ανακτημένο νερό σε υψηλή τιμή, που αγγίζει αυτή του καθαρού νερού. Οι περισσότεροι μορφωμένοι αγρότες αποδέχονται σε μεγαλύτερο ποσοστό τη χρήση ανακτημένου νερού, αλλά το κόστος του κατευθύνει την αποδοχή τους για χρήση. Αν όμως τους ζητηθεί να το πληρώσουν στην ίδια τιμή με το καθαρό νερό, τότε είναι περισσότερο επιφυλακτικοί, παρόλο που υπάρχει κέρδος λόγω μείωσης της χρήσης λιπασμάτων. Επίσης, οι αγρότες με υψηλά εισοδήματα και με μεγάλες εκτάσεις γης, δείχνουν αρνητικοί στο να πληρώσουν το ανακτημένο νερό, σε περιπτώσεις που υπάρχει καθαρό νερό. Οι πλούσιοι αγρότες είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για τη χρήση ανακτημένου

νερού, ακόμα και σε υψηλότερες τιμές από αυτές που πληρώνουν για το καθαρό νερό. Σε περιπτώσεις εύπορων αγροτών τη θέλησή τους την κατευθύνει το μέλλον της καλλιέργειάς τους και όχι η οικολογική τους συνείδηση. Στην έρευνα (Bakoroulou et al, 2010) το κόστος του νερού και η ποσότητα διαθέσιμων πόρων νερού ρυθμίζει την αποδοχή ή μη των αγροτών στη Θεσσαλία.

Παρόμοια έρευνα έγινε στη Cebala, περιοχή κοντά στην πρωτεύουσα της Τυνησίας, λειτουργεί εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων τα οποία επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση των καλλιεργειών. Η κυβέρνηση ήθελε να επενδύσει σε εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας, ώστε οι εκροές να είναι υψηλότερης ποιότητας. Για να προχωρήσει στην επένδυση έπρεπε να γνωρίζει αν οι αγρότες συμφωνούν με την χρήση καλύτερου ποιοτικά νερού. Το 80% των αγροτών, όπου δεν χρησιμοποιούσαν ανακτημένο νερό για άρδευση, έδειξε πρόθυμο να πληρώσει περισσότερο για να έχει καλύτερης ποιότητας νερό για τις καλλιέργειές του. Το ποσοστό των αγροτών που επιθυμεί να πληρώσει περισσότερα, είναι ιδιαίτερα υψηλό. Οι αγρότες με υψηλό εισόδημα δείχνουν μεγαλύτερη επιθυμία να πληρώσουν περισσότερα χρήματα για να βελτιωθεί η ποιότητα του νερού. Όσοι χρησιμοποιούν ανακτημένο νερό, αν αντιληφθούν ότι λόγω της χαμηλής του ποιότητας προκαλεί κάποιες δυσλειτουργίες, όπως φράξιμο στις σωληνώσεις ποτίσματος, είναι περισσότερο πρόθυμοι να πληρώσουν για να έχουν καλύτερης ποιότητας νερό.

Επίσης, μία ακόμα έρευνα που έγινε στην Απουλία της Ιταλίας (Saliba et al, 2018), οι αγρότες δήλωσαν θετικοί στην επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου νερού για άρδευση, όπου το 59% την υποστηρίζει. Η πλειοψηφία των αγροτών δεν χρησιμοποιεί συστηματικά ανακτημένο νερό για άρδευση αλλά είναι διατεθειμένοι να εκμεταλλευτούν περιστασιακά τα οφέλη. Οι αγρότες κρατούν αρνητική στάση μόνο σε ότι έχει σχέση με κινδύνους στην υγεία από χημικές τοξικές ουσίες ή από ασθένειες που θα προκύψουν από τα λύματα. Οι Saliba et al (2018) θεωρούν πως η γνώση των αγροτών γύρω από τη νομοθεσία και τα όρια που θέτει για τους ρυπαντές θα τους βοηθούσε να βελτιώσουν την εικόνα που έχουν για το ανακτημένο νερό.

4.9.3 Ξενοδοχειακές μονάδες και τουρισμός

Ο τουρισμός σε σχέση με τους υπόλοιπους κλάδους όπως γεωργία, έχει μικρότερη ανάγκη για κατανάλωση νερού. Ετησίως ο τομέας του τουρισμού καταναλώνει περίπου το 1% από την παγκόσμια ζήτηση νερού (Gossling et al, 2012). Οι καταναλώσεις νερού στον ξενοδοχειακό τομέα αφορούν χρήσεις σχετικές με τη διαμονή και ψυχαγωγία των τουριστών. Η ημερήσια κατανάλωση σύμφωνα με τους Gossling et al (2012) ανέρχεται από 80-2000L ανά άτομο, με τις μεγαλύτερες καταναλώσεις να αντιστοιχούν στα πολυτελή ξενοδοχεία. Μεγάλες ποσότητες νερού χρησιμοποιούνται για δραστηριότητες όπως τα σιντριβάνια, πισίνες, το πότισμα των κήπων, εξαερισμού και στον καθαρισμό των διάφορων χώρων και τα συστήματα κλιματισμού. Η κατανάλωση νερού που γίνεται στα δωμάτια οφείλεται σε χρήση τουαλέτας, στα ντους καθώς και για το πλύσιμο των πετσετών και των που σεντονιών χρησιμοποιούν οι ενοικιαστές. Συνεχίζεται όμως η προσπάθεια ώστε να μειώσουν τα παραγόμενα λύματα με ρυθμίσεις της ροής του νερού στα ντους, στις τουαλέτες και επίσης να μειώσουν το νερό που καταναλώνεται στους χώρους λειτουργίας μίας ξενοδοχειακής μονάδας όπως και στους χώρους των πλυντηρίων λόγω υψηλού κόστους συντήρησης. Τα ξενοδοχεία θα μπορούσαν να μειώσουν έως και 23% από την συνολική χρήση νερού αν εφαρμόσουν τις παραπάνω πρακτικές (Bruns-Smith et al., 2015). Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων μπορεί να δώσει μεγάλη αξία στον ξενοδοχειακό τομέα αφού αυτό θα λειτουργούσε ως ένα μοντέλο που θα ξεκινούσε από την παραγωγή μέχρι και στην κατανάλωση. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να μειωθεί το κόστος ύδρευσης και αποχέτευσης. Ξενοδοχεία που διαθέτουν κοινόχρηστες ή ιδιωτικές πισίνες, γήπεδα γκολφ, κήπους, γκαζόν έχουν μεγάλες ανάγκες για νερό. Για αλυσίδα ξενοδοχείων όπως τα Scandic η ημερήσια κατανάλωση νερού ανά ένοικο ανέρχεται στα 157-275 λίτρα. Για τα ξενοδοχεία Hilton η μέση ποσότητα νερού ανά ένοικο είναι περίπου στα 182-850 λίτρα νερού. Σε διάφορες χρήσεις σε κοινόχρηστους χώρους οφείλεται η μεγάλη διαφορά στην κατανάλωση τους στις παραπάνω περιπτώσεις όπως άρδευση κήπων, χρήση πισίνας, καθαρισμός κοινόχρηστων χώρων (Hocaoglu, 2017).

Η ποσότητα νερού που καταναλώνεται σε μία ξενοδοχειακή μονάδα εξαρτάται από το μέγεθος αλλά κυρίως από τις ανάγκες της. Επίσης εξαρτάται και από τις πρακτικές που έχει εφαρμόσει ώστε να μην γίνεται άσκοπη χρήση και σπατάλη. Για παράδειγμα σε ξενοδοχεία που διαθέτουν κοινόχρηστες ή ιδιωτικές πισίνες, γήπεδα γκολφ, κήπους, γκαζόν έχουν μεγάλες ανάγκες για νερό. Το ξενοδοχείο Park Hayat στο Ντουμπάι αποτελεί μία από τις μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες και διαχειρίζεται πολύ σωστά τις ποσότητες νερού που χρειάζεται για τη σωστή λειτουργία του. Με σκοπό να μειώσουν την ποσότητα του νερού που καταναλώνει από το δίκτυο της πόλης, χρησιμοποιεί τα υγρά απόβλητά του. Το ξενοδοχείο έχει σύστημα για τον καθαρισμό λυμάτων. Ετησίως επεξεργάζονται περίπου $150,000m^3$ νερού από τα λύματα. περίπου $150,000m^3$ νερού από τα λύματα. Τα μειωμένα τιμολόγια νερού που πληρώνει στο φορέα ύδρευσης της περιοχής βοηθάνε το ξενοδοχείο να επωφεληθεί. Η ενέργεια αυτή είναι μία επιχειρηματική κίνηση που επιφέρει όχι μόνο οικονομικό όφελος αλλά και όφελος και για το περιβάλλον.

Στην Μέση Ανατολή υπάρχει σοβαρή έλλειψη νερού. Έτσι παρόμοιες πρακτικές από διάφορες επιχειρήσεις και ξενοδοχεία θα βοηθούσαν να εξοικονομηθούν ένα ποσοστό πόρων νερού. Σύμφωνα με ένα απολογισμό που έγινε από τη διοίκηση του ξενοδοχείου συμπεραίνεται πως το εγχείρημα αυτό είναι οικονομικά επικερδές. Καθώς αναφέρουν πως η απόσβεση του κόστους της επένδυσης έγινε μέσα σε μικρό χρόνο λειτουργίας του συστήματος (<https://doi.org>).

Η κατασκευή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων, εντός των ξενοδοχείων, απαιτεί ένα αρχικό κεφάλαιο. Μην ξεχνάμε πως υπάρχει και κάποιο κόστος για τη συντήρηση της μονάδας. Οπότε μία εκτίμηση των αναγκών του ξενοδοχείου σχετικά με τη χρήση νερού και του κόστους επένδυσης καθώς και του κόστους συντήρησης θα ήταν αναγκαία. Αυτά τα έξοδα όμως μπορούν να καλυφθούν από τα κέρδη που θα ανακτήσει στο μέλλον ένα ξενοδοχείο. Οι μικρές μονάδες, όπου λειτουργούν εποχικά, δεν μπορούν να διαθέσουν μεγάλους κοινόχρηστους χώρους, ούτε γήπεδα με γκαζόν ή πισίνες, πιθανά να είναι ασύμφορη η εσωτερική διαχείριση και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων τους. Οι μεγάλες τουριστικές μονάδες έχουν όχι μόνο μεγάλη κατανάλωση νερού αλλά και μεγάλη παραγωγή υγρών αποβλήτων. Έτσι θα μπορούσαν να διαχειριστούν με πιο αποτελεσματικό τρόπο τα λύματά τους αποφέροντας οικονομικό όφελος στην επιχείρηση αλλά και όφελος στο περιβάλλον (Hocaoglu, 2017). Η κατασκευή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων, εντός των ξενοδοχείων είναι μία αποτελεσματική λύση αλλά είναι δύσκολο να το εφαρμόσουν όλα τα ξενοδοχεία λόγω κόστους συντήρησης.

Οι ξενοδοχειακές μονάδες κάνουν έρευνες για να γνωρίζουν τους παράγοντες που οδηγούν τους επισκέπτες τους να έχουν συμπεριφορές εξοικονόμησης νερού. Δηλαδή πραγματοποιήθηκε μελέτη σχετικά με την πρόθεσή των επισκεπτών να επιδεικνύουν οικολογικές συμπεριφορές. Τα συμπεράσματα της μελέτης ήταν πως οι καθημερινές συνήθειες των ανθρώπων τους ακολουθούν και όταν αυτοί είναι πελάτες ξενοδοχείων. Επίσης η ηθική του κάθε ανθρώπου επιδρά στην στάση του για οικολογική ή μη συμπεριφορά και όχι μόνο από τις συνήθειες που έχουν αποκτήσει στην καθημερινή τους ζωή. Η σωστή ενημέρωση των πελατών είναι απαραίτητη. Μία λύση θα ήταν να υπάρχουν στα ξενοδοχεία μία ανακοίνωση ή ένα μήνυμα που είναι αναρτημένο σε κάθε δωμάτιο και να ενημερώνει και να ευαισθητοποιεί τους πελάτες σε συμπεριφορές ορθής περιβαλλοντικής διαχείρισης των υδατικών πόρων. Έτσι θα μπορούσαν οι πελάτες αρχικά να ενημερώνονται για την περιβαλλοντική πολιτική του ξενοδοχείου και στη συνέχεια να συμμετέχουν ενεργά σε αυτή. Οι πελάτες επιδεικνύουν οικολογικές συμπεριφορές όταν αισθάνονται ότι και άλλοι άνθρωποι γύρω τους έχουν την ίδια συμπεριφορά, ή όταν πιστεύουν ότι κάποιοι περιμένουν από αυτούς να συμπεριφερθούν ανάλογα, ή όταν νιώθουν ηθικά εξαναγκασμένοι να το κάνουν, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας. Οπότε αν ενημερωθούν από το ξενοδοχείο πως συμμετέχει σε οικολογικά προγράμματα διατήρησης νερού, θα το σεβαστούν, θα το ακολουθήσουν και στο τέλος θα συμμετέχουν στο πρόγραμμα. Σε γενικές γραμμές υπάρχουν πελάτες που νιώθουν υπερηφάνια όταν συμμετέχουν σε ένα οικολογικό πρόγραμμα κατά τη διαμονή τους σε ξενοδοχείο, άλλοι νιώθουν ενοχές αν δεν συμμετέχουν στο πρόγραμμα και είναι περισσότερο πρόθυμοι να εμπλακούν σε προγράμματα επαναχρησιμοποίησης νερού ή

επαναχρησιμοποίησης πχ της πετσέτας μπάνιου. Άσχετα με τις δυσκολίες που μπορεί να τους παρουσιάσουν οι συναισθηματικοί παράγοντες, οι καθημερινές συνήθειες και οι κανονισμοί που ισχύουν σε έναν χώρο ενθαρρύνουν τους πελάτες να συμμετέχουν στα οικολογικά προγράμματα του ξενοδοχείου (Χρυσανθοπούλου, 2018).

Πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης του νερού εφαρμόζεται σε τουριστικό θέρετρο της Ισπανίας. Στο νησί Μαγιόρκα της Ισπανίας υπάρχει μία μεγάλη τουριστική μονάδα 1000 κλινών, η οποία έχει εφαρμόσει πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης νερού στα καζανάκια των τουαλετών. Το ξενοδοχείο έχει μεγάλες ανάγκες χρήσης νερού όχι μόνο στα δωμάτια αλλά και στους κήπους που αποτελούν επιφάνεια 10 στρεμμάτων, αλλά και στις 4 πισίνες που διαθέτει. Επίσης το ξενοδοχείο αυτό λειτουργεί εννιά μήνες. Το νερό του δικτύου είναι αναγκαίο να φιλτράρεται διότι το νερό στην περιοχή έχει αρκετά άλατα. Επομένως φιλτράρεται για να χρησιμοποιηθεί για πόσιμους σκοπούς και για τα πλυντήρια. Αν γινόταν μία απευθείας χρήση του νερού στα πλυντήρια θα μείωνε με αυτό τον τρόπο το χρόνο ζωής τους λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων ασβεστίου και μαγνησίου που έχει το νερό του δικτύου. Η αφαλάτωση γίνεται με τη μέθοδο της ώσμωσης. Σε ειδική δεξαμενή για επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση συγκεντρώνονται οι εκροές από τη διαδικασία της ώσμωσης που δεν χρησιμοποιούνται για τους παραπάνω σκοπούς και επίσης οι εκροές από τη χρήση των νιπτήρων και των μπάνιων. Οι εκροές αυτές περνούν από διπλά φίλτρα και διπλή διαδικασία χλωρίωσης με σκοπό το τελικό προϊόν να είναι αποδεκτό και κατάλληλο για επαναχρησιμοποίηση στα καζανάκια. Απαραίτητο είναι να γίνουν μετρήσεις σε ολικό άνθρακα, ολικά στερεά, βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, παθογόνους μικροοργανισμούς και άζωτο. Η ασφάλεια του τελικού προϊόντος διασφαλίζεται από την επεξεργασία των αποβλήτων και τις συνεχείς μετρήσεις. Η επαναχρησιμοποίηση αυτών των ποσοτήτων νερού εξασφαλίζει 13,500 κυβικά νερού. Λαμβάνοντας υπόψιν τα κόστη της αρχικής εγκατάστασης και τα κόστη συντήρησης και ελέγχων εκτιμούν ότι το κόστος του επαναχρησιμοποιούμενου νερού ανέρχεται στα 1,14 € ανά κυβικό. Ενώ το νερό από το δίκτυο θα το πλήρωναν από 0,87-2,34 € το κυβικό, έχει σχέση με την κατανάλωση. Το νερό του δικτύου, λόγω της μεγάλης κατανάλωσης, θα το πλήρωναν αρκετά ακριβότερο από όσο κοστίζει το επαναχρησιμοποιούμενο. Με τον τρόπο αυτό, η μονάδα συμμετέχει στη διατήρηση της αειφορίας, καθώς και στην προστασία του περιβάλλοντος. Στο μέλλον θα υπάρχει πρόσθετο κέρδος καθώς τείνουν να αυξηθούν οι τιμές του καθαρού νερού. Όλο αυτό το κέρδος που αποφέρει η παραπάνω επένδυση, δεν θα μπορούσε να αξιολογηθεί στην περίπτωση που το κοινό δεν αποδεχόταν τη χρήση ανακυκλωμένου νερού. Το ξενοδοχείο ενδιαφέρθηκε να μαζέψει στοιχεία αναφορικά με την ικανοποίηση των πελατών. Στην έρευνα που έγινε, μοίρασαν ερωτηματολόγια στους πελάτες του. Το ερωτηματολόγιο που συγκεντρώθηκαν ήταν 900. Η διοίκηση του ξενοδοχείου πίστευε πως μέσω των ανώνυμων ερωτηματολογίων θα ήταν πιο εύκολο στους πελάτες να εκφράσουν κάποια δυσαρέσκεια που μπορεί να τους προέκυψε. Επίσης θα εκφράζονταν πιο ελεύθερα αρνητικά σε κάτι που τους ενόχλησε. Μέσω του ερωτηματολογίου ενημέρωναν τους πελάτες σχετικά με το πρόβλημα έλλειψης νερού στην περιοχή καθώς και η σπουδαιότητα της σωστής διαχείρισης των αποθεμάτων νερού. Στη συνέχεια περιγράφονταν το σύστημα επεξεργασίας των αποβλήτων ενημερώνοντας τους πελάτες πως γίνονται οι απαραίτητες ενέργειες ώστε το νερό που προκύπτει να είναι κατάλληλο για τη χρήση που προορίζεται. Ενδιαφέρον παρουσιάζει πως οι περισσότεροι από τους τουρίστες είναι αρκετά ικανοποιημένοι από τη διαμονή τους στο ξενοδοχείο, και είναι θετικοί σχετικά με τη χρήση ανακτημένου νερού στο καζανάκι της τουαλέτας. Η διαμονή τους στο ξενοδοχείο ήταν περίπου δύο εβδομάδες. Το χρονικό αυτό διάστημα ήταν αρκετά μεγάλο για να εντοπίσουν την παρουσία οσμών στην τουαλέτα. Όλοι οι τουρίστες απάντησαν πως βρίσκουν ενδιαφέρον το πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης του νερού που εφαρμόζεται στην ξενοδοχειακή μονάδα. Σε ποσοστό 89,0% των ερωτηθέντων απάντησε ότι σε όλη τη διαμονή του δεν εντόπισε ποτέ ενοχλητικές οσμές. Η πρακτική που ακολουθεί το ξενοδοχείο για την επαναχρησιμοποίηση συγκεκριμένων λυμάτων γίνεται δεκτή από το σύνολο των πελατών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων και τα σχόλια των πελατών (Gual et al, 2008). Επίσης δεν έχουν αναφερθεί στην διοίκηση του ξενοδοχείου καθόλου παράπονα από τους πελάτες μετά από τρία χρόνια λειτουργίας του συστήματος. Η επαναχρησιμοποίηση

νερού σε μη πόσιμους σκοπούς, όπως στα καζανάκια τουαλέτας είναι πρακτική κοινωνικά αποδεκτή, και βοηθά σημαντικά στην εξοικονόμηση των υδατικών πόρων του πλανήτη.

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων μπορεί να συμβάλει στην λύση των προβλημάτων που έχουν σχέση με το νερό στις τουριστικές περιοχές συμβάλλοντας ταυτόχρονα στον αειφόρο τουρισμό. Η δυνατότητα εξοικονόμησης νερού για επαναχρησιμοποίηση θα εξαρτηθεί κυρίως από το μέγεθος του ξενοδοχείου, το μέγεθος της αρδευόμενης διαμορφωμένης περιοχής, το μήκος της περιόδου άρδευσης και το χρόνο εξυπηρέτησης του ξενοδοχείου. Καθώς η κατάλληλότερη λύση είναι γενικά η περίπτωση και απαιτείται μια μακροχρόνια μέτρηση ροής για τις δραστηριότητες κατανάλωσης νερού, ένα μοντέλο για κοινές διαμορφώσεις ξενοδοχείων μπορεί να συμβάλει στη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων στα ξενοδοχεία. Στη μελέτη αυτή (Selda MuratHocaoglu, 2017) ξιολογήθηκαν δεδομένα μακροχρόνιας παρακολούθησης δύο πιλοτικών ξενοδοχείων για την ισορροπία του νερού μεταξύ των δυνητικών πηγών αποχέτευσης και της ζήτησης για διάφορους σκοπούς μεμονωμένης επαναχρησιμοποίησης. Ως αποτέλεσμα, αναπτύσσεται ένα δέντρο απόφασης για μια βελτιστοποιημένη επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για τα ξενοδοχεία της Μεσογείου. Η μελέτη μας δείχνει ότι για την απόκτηση της υψηλότερης εξοικονόμησης νερού, η μικτή επαναχρησιμοποίηση οικιακών αποβλήτων μπορεί να είναι η καλύτερη κατάλληλη εναλλακτική λύση για ξενοδοχεία που διαθέτουν περισσότερα από 250 δωμάτια, μεγάλη αρδευόμενη διαμορφωμένη επιφάνεια μεγαλύτερη των 100 m^2 ανά δωμάτιο και λειτουργούν εποχιακά. Ωστόσο, για τα ξενοδοχεία που λειτουργούν καθόλη τη διάρκεια του έτους, έχοντας περιορισμένη αρδευόμενη διαμορφωμένη περιοχή και υπό σχεδιασμό ή κατασκευή, η επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού μπορεί να είναι η καλύτερη κατάλληλη εναλλακτική λύση για την υψηλότερη εξοικονόμηση νερού (Selda MuratHocaoglu, 2017).

Ένα άλλο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης (Luisa Vera, S. Delgado, Manuel Álvarez Díaz and Luis E. Rodríguez Gómez, 2012) πραγματοποιήθηκε στα Κανάρια νησιά το 2012. Σήμερα, λόγω της υπερεκμετάλλευσης των υδροφορέων, τα περισσότερα από αυτά τα νησιά δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τη ζήτηση νερού τους με τους παραδοσιακούς πόρους, αναγκάζοντας τις αρχές των υδάτων τους να θεσπίσουν μέτρα διατήρησης, συμπεριλαμβανομένης της επαναχρησιμοποίησης του νερού. Αρκετά προγράμματα επαναχρησιμοποίησης ύδατος λειτουργούν σε νησιά με σοβαρή λειψυδρία, με τις κυριότερες εφαρμογές τους να είναι σε αρδευτικό τοπίο και καλλιέργεια. Ωστόσο, τα νησιά με άφθονα υπόγεια ύδατα θεωρούν την επαναχρησιμοποίηση και την προηγμένη επεξεργασία που συνεπάγεται ως μέτρο προστασίας του περιβάλλοντος και όχι ως μέρος μιας στρατηγικής εξοικονόμησης νερού. Η εμπιστοσύνη στη χρήση των αποκατασταθέντων υδάτων και συνεπώς η αποδοχή τους από τα ενδιαφερόμενα μέρη συνδέεται με ένα ευρύ και πολύπλοκο φάσμα κοινωνικοοικονομικών παραγόντων. Ως εκ τούτου, πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην υγειονομική και φυσικοχημική αποκατασταθείσα ποιότητα των υδάτων, την ελαχιστοποίηση του κόστους, την αξιοπιστία του εφοδιασμού και την αποτελεσματικότητα των αρχών ή των εταιρειών που είναι υπεύθυνες για τη διαχείρισή του. Οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν στο βραχυπρόθεσμο χρονικό διάστημα για την επίτευξη της ευρύτερης ανάπτυξης των σχεδίων επαναχρησιμοποίησης νερού στα Καναρίους Νήσους και στη Περιοχή της Μαδέρας, είναι τα εξής: Δημιουργία προγραμμάτων πληροφόρησης σε θέματα όπως οι βασικές διαδικασίες στην αποκατάσταση των υδάτων (αποδεκτή ποιότητα, ποιοτικοί δείκτες και υγειονομικοί κίνδυνοι), ερμηνεία της ανάλυσης της ποιότητας των υδάτων και πρακτικές καλύτερης επαναχρησιμοποίησης (επιλογή καλλιεργειών, τεχνικές άρδευσης, προσαρμογές λίπανσης, και τα λοιπά.) Η εφαρμογή χρηματοδοτικών κινήτρων για τους αγοραστές αποκατασταθέντων υδάτων, προκειμένου να αυξηθεί η αποδοχή και η χρήση τους. Καθώς, οι στόχοι των αρχών να είναι οι εξής: να εξασφαλίσει την τήρηση των κανονισμών που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση των ανακτηθέντων υδάτων, να βελτιώσει την αντίληψη του κοινού για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων και να προτείνει δράσεις για την προώθηση και δημιουργία εμπιστοσύνης μεταξύ των ενδιαφερομένων στην επαναχρησιμοποίηση των ανακτηθέντων υδάτων. Τα μέτρα που συνίσταται όσον αφορά την κατάρτιση εκπαιδευτικών προγραμμάτων και πιθανών γραμμών έρευνας, ανάπτυξης και καινοτομίας είναι: Θέσπιση μέτρων για τον συντονισμό και τη διάρθρωση των ερευνητικών προσπαθειών στον τομέα της

τεχνολογίας ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των υδάτων, η οποία μπορεί να ενσωματώσει τις ανησυχίες και τις ανάγκες όλων των εμπλεκόμενων φορέων στην επαναχρησιμοποίηση των υδάτων. Περιοδική οργάνωση μαθημάτων κατάρτισης για τους επαγγελματίες για την επίτευξη βέλτιστων επιδόσεων στα εργοστάσια που χρησιμοποιούν νέες τεχνολογίες αποκατάστασης νερού. Προώθηση των έργων επίδειξης επαναχρησιμοποίησης, συμπεριλαμβανομένων των διαφόρων τεχνολογιών ανάκτησης και των αιτήσεων επαναχρησιμοποίησης που συμμορφώνονται με τις καθιερωμένες κατευθυντήριες γραμμές ή τους κανονισμούς (Luisa Vera, S. Delgado, Manuel Álvarez Díaz and Luis E. Rodríguez Gómez, 2012).

Σε έρευνα (J.Gmarch, Mguar, Forozco, 2014) που έγινε σε ένα ξενοδοχείο στην Μαγιόρκα στην Ισπανία το 2004 όπου έχει ένα σύστημα εσωτερικής ανακύκλωσης για το ξέπλυμα της τουαλέτας. Το σύστημα βασίζεται σε επεξεργασίες διήθησης, καθίζησης και απολύμανσης χρησιμοποιώντας υποχλωριώδες ως τον απολυμαντικό παράγοντα. Χρησιμοποιήθηκε εκ νέου μια μέση ποσότητα νερού των $5,2 \text{ m}^3 / \text{d}^{-1}$, που αντιπροσωπεύει το 23% της συνολικής κατανάλωσης νερού του ξενοδοχείου. Μία μέτρια δόση υποχλωριώδους (75 mg χλωρίου $1-1$) και ένας ελεγχόμενος χρόνος παραμονής (<48 ώρες) οδήγησε σε μία παραμένουσα συγκέντρωση χλωρίου σε τουαλέτες δεξαμενών υψηλότερες από $1 \text{ mg } 1-1$. Υπό αυτές τις συνθήκες, όλα τα δείγματα ήταν αρνητικά για ολικά κολοβακτηριδιακά βακτήρια. Προτάθηκε ένα πρόγραμμα συντήρησης και αναφέρθηκε επίσης μια οικονομική αξιολόγηση. Η αποδοχή από τον πελάτη ήταν σαφώς ικανοποιητική. Σημαντικό ρόλο παίζει και η κοινωνική αποδοχή, όπου έδειξε να είναι θετικοί σε αυτό το πρόγραμμα (J.Gmarch, Mguar, Forozco, 2014).

4.10 Αποδοχή από το κοινό για επαναχρησιμοποίηση νερού για έμμεση ή άμεση πόση

Η Σιγκαπούρη αποτελεί ένα από τα κράτη που πρωτοπορεί στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για έμμεση πόση. Λόγω των ελάχιστων διαθέσιμων πόρων νερού που έχει (110 m^3 νερού ανά κάτοικο), αναγκάστηκε η Σιγκαπούρη να βρει λύσεις που θα εξασφαλίσουν στο έθνος μια κερδοφόρα παροχή νερού. Πραγματοποιεί διαδικασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, τα τελευταία 15 χρόνια, τα οποία και επαναχρησιμοποιεί έμμεσα. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζει περίπου το 30% των αναγκών νερού του έθνους και το 2,5% των αναγκών για την εξασφάλιση πόσιμου νερού (Cain et al, 2011). Ο στόχος της για το μέλλον είναι η επέκταση της χρήσης του ανακτημένου νερού, το οποίο το ονομάζει NEWater, για άμεση πόση. Διαθέτει τη γνώση και την τεχνολογία για το όλο εγχείρημα λόγω της πολύχρονης εμπειρίας στα συστήματα ποιοτικού ελέγχου του νερού (Lefebvre, 2018). Μέσα από συμμετοχή σε εκθέσεις, κοινοτικές εκδηλώσεις καθώς και προβολή σε διαφημιστικά φυλλάδια και αφίσες έχει εκφραστεί η δέσμευση του κοινού και της πολιτείας για αύξηση της αποδοχής χρήσης του NEWater. Το μήνυμα που θέλει η πολιτεία να περάσει στο κοινό είναι πως η επαναχρησιμοποίηση για πόση εφαρμόζεται σε όλο τον κόσμο. Επομένως δεν είναι κάτι που συναντάμε πρώτη φορά. Επίσης με την έμμεση πόση διασφαλίζονται τα αποθέματα νερού. Και τέλος δεν κινδυνεύει η υγεία των καταναλωτών καθώς η επιστήμη έχει εγγυηθεί την παραγωγή ποιοτικού προϊόντος. Με σκοπό την αντιπαράθεση μεταξύ καταναλωτών και τεχνολογίας προγραμματίζονται περιηγήσεις στα εργοστάσια, εκθέσεις και βιωματικές ημερίδες (<http://www.globalwaterforum.org>).

Επίσης έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί εργοστάσιο επεξεργασίας υγρών λυμάτων με σκοπό την άμεση πόση όπως αυτό στο Βίντχουκ (Windhoek) την πρωτεύουσα της Ναμίμπια. Δηλαδή λειτουργεί βιομηχανία επεξεργασίας αστικών λυμάτων, όπου οι εκροές τροφοδοτούν άμεσα το δίκτυο της πόλης. Τα προβλήματα που υπάρχουν σχετικά με τις προμήθειες νερού στην περιοχή είναι ιδιαίτερα μεγάλα. Ένα από τα προβλήματα είναι πως δεν υπάρχουν ποτάμια αλλά μόνο χείμαρροι που γεμίζουν μετά από βροχόπτωση. Επίσης ένα ακόμα πρόβλημα αποτελεί το γεγονός πως τα φράγματα που είχαν κατασκευάσει γέμιζαν μόνο όταν έβρεχε και το περισσότερο νερό εξατμιζόταν πριν το χρησιμοποιήσουν. Με αφορμή όλων αυτών των προβλημάτων τους οδήγησαν από το 1969 στη λειτουργία της μονάδας Goreangab για την επεξεργασία αστικών λυμάτων. Μετά το 2002, η μονάδα αυτή αναβαθμίστηκε και χτίσανε καινούρια εγκατάσταση δίπλα στην παλαιά, η οποία παρέχει

πόσιμο νερό από επεξεργασμένα αστικά λύματα, σε ποσότητες που καλύπτουν περίπου το 35%-50% των αναγκών της πόλης ανάλογα με την εποχική ζήτηση (<http://legacywater.org>; Pisani, 2006). Το ανακτημένο νερό, διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο της πόλης για χρήση ως πόσιμο. Η πόλη συμβουλευτήκε τις προδιαγραφές του WHO, της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Αμερικάνικου Οργανισμού Προστασίας Περιβάλλοντος επομένως το νερό τις καλύπτει. Το κόστος παραγωγής του ανακτημένου νερού δεν μπορεί να μετρηθεί μόνο με οικονομικούς όρους καθώς αυτό αποτελεί τον ασφαλέστερο πόρο παροχής πόσιμου νερού στην πόλη.

Το Βίντχουκ μπόρεσε να αποδείξει πως υπάρχει η τεχνολογία με σκοπό την παροχή ενός ασφαλές πόσιμου νερού (Pisani, 2006). Δεν έχουν καταγραφεί ασθένειες στους χρήστες όλα τα χρόνια λειτουργίας της μονάδας Goreangab μέχρι σήμερα. Η εμπιστοσύνη του κοινού παίζει για τους υπεύθυνους της μονάδας μια καθοριστική σημασία για την συνέχιση της λειτουργίας. Πιστεύουν πως αν δημιουργηθεί ένα περιστατικό οι αντιδράσεις θα είναι αλλεπάλληλες και θα υπάρξει θέμα για τη συνέχιση της λειτουργίας της μονάδας. Η μονάδα που λειτουργεί στην πόλη, κάνει τους κατοίκους πολύ περήφανους. Οι άνθρωποι δείχνουν πως τους έχει γίνει συνήθεια από τις πρώτες μέρες λειτουργίας του και δεν δημιουργούν προβλήματα. Επομένως δεν υπάρχουν καταγγελίες σχετικά με τις διαδικασίες παραγωγής πόσιμου νερού. Μέσα στο 2019 η μονάδα θα ολοκληρώσει τα 50 χρόνια λειτουργίας. Το ποσοστό 93% των κατοίκων δήλωσαν πως πίνουν νερό από τη βρύση σύμφωνα με έρευνα που έγινε σχετικά με τη συμπεριφορά των κατοίκων γύρω από τη χρήση νερού. Το 90% των ανθρώπων πιστεύουν ότι το νερό είναι ασφαλές για κατανάλωση. Πολύ από αυτούς όμως δεν γνωρίζουν πως ένα μέρος από το πόσιμο νερό της πόλης προέρχεται από επεξεργασμένα αστικά λύματα. Το 40% των ανθρώπων ήξερε την προέλευση του νερού. Οι άνθρωποι δεν εστιάζουν στην επαναχρησιμοποίηση του νερού. Και αυτοί που κατοικούν στην πόλη έχουν άγνοια για την προέλευση του πόσιμου νερού. Η πόλη εστιάστηκε σε προγράμματα εκπαίδευσης των μαθητών και φοιτητών με σκοπό την εξοικείωση των κατοίκων με το πρόγραμμα άμεσης επαναχρησιμοποίησης του νερού. Στόχος τους είναι τα παιδιά να μεταφέρουν τη γνώση αλλά κυρίως την εμπειρία τους στην οικογένεια ώστε να γίνει γνωστό σε όλους τους κατοίκους. Στα προγράμματα αυτά έχουν ενταχθεί και περιηγήσεις στους χώρους της μονάδας στο Goreangab (<https://www.awwa.org>).

Στο Βίντχουκ οι κάτοικοι έχουν αποδεχθεί τη χρήση για άμεση πόση του ανακτημένου νερού. Η αποδοχή του κοινού αυξάνεται όταν υπάρχει επικοινωνία και δημόσιος διάλογος δηλαδή λαμβάνουν χώρα συζητήσεις σχετικά με τις διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθούνται, τους πιθανούς κινδύνους, και τους ελέγχους που διενεργούνται. Η εμπιστοσύνη στις αρχές αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα για την αποδοχή των προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης νερού (Rodriguez et al, 2009).

Τα βασικά προβλήματα σε ένα πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων για άμεση πόση, σύμφωνα με τους Lahnsteiner et al (2017) είναι :

- Πολιτικά και νομικά θέματα όπως πχ έλλειψη κοινής παγκόσμιας νομοθεσίας
- Η αποδοχή του κοινού
- Η καταλληλότητα των τεχνικών επεξεργασίας που ακολουθούνται
- Η τιμολόγηση του νερού
- Το κυριότερο όμως θέμα είναι η διαχείριση των θεμάτων υγείας και των κινδύνων που προκύπτουν ώστε το τελικό προϊόν να είναι αποδεκτό από το κοινό.

Ένα ακόμα πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού για άμεση πόση, έλαβε χώρα στο Ντένβερ του Κολοράντο. Πολλά χρόνια, περίπου από το 1960 αντιμετώπισαν προβλήματα έλλειψης νερού. Λίγα χρόνια αργότερα πήραν την απόφαση οι αρχές του τόπου να γίνει μία πιλοτική λειτουργία εργοστασίου επεξεργασίας λυμάτων, ώστε να γίνει άμεση πόση. Η πιλοτική φάση προγραμματίστηκε για μία πενταετία. Σκοπός ήταν η διασφάλιση της καλής λειτουργίας της εγκατάστασης και την διερεύνηση όλων των παραμέτρων που θα διασφάλιζαν την ποιότητα του νερού. Επίσης είχε σχεδιαστεί να χρησιμοποιηθούν τα υγρά λύματα από τον κεντρικό αποχετευτικό αγωγό και μετά από επεξεργασία θα τα διαθέτονταν για απευθείας χρήση στο δίκτυο της πόλης. Το 84% των κατοίκων του Ντένβερ σύμφωνα με

μία έρευνα που έγινε απάντησε πως θα δεχόταν την χρήση για άμεση πόση. Το θέμα που εξέτασαν περισσότερο ήταν το νερό να έχει την ίδια ή και καλύτερη ποιότητα σχετικά με αυτή του πόσιμου νερού και να διασφαλίζεται η υγεία του καταναλωτή (Cain et al, 2011). Το πρόγραμμα τελικά δεν εφαρμόστηκε λόγω πολιτικών διαφορών.

4.11 Ο ρόλος της ενημέρωσης και εκπαίδευσης στο κοινό

Σύμφωνα με τους Wester et al (2015), η εκπαίδευση του κοινού αποτελεί την μέγιστη σημασία για την αποδοχή τους στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Τα άτομα χαμηλού μορφωτικού επιπέδου έχουν φόβο σχετικά με την χρήση ανακτημένου νερού και πιστεύουν πως δεν είναι αρκετά καθαρό για να το χρησιμοποιήσουν. Η έλλειψη γνώσης είναι ο λόγος για τον οποίο πηγάζει αυτός ο φόβος. Καθώς επίσης και η ανικανότητα να βρουν πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού. Τα άτομα που έχουν έρθει σε μικρή επαφή με επεξεργασμένο νερό είναι αρκετά διστακτικά στο να το χρησιμοποιήσουν. Μία απροθυμία και μία δυσφορία δείχνουν όσοι δεν το έχουν ξαναχρησιμοποιήσει ή δεν γνωρίζουν πως το έχουν χρησιμοποιήσει. Το άγνωστο είναι αυτό που τους προκαλεί δέος στους ανθρώπους με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο, διότι τα όρια της σκέψης τους είναι περιορισμένα. Ενώ άνθρωποι περισσότερο μορφωμένοι έχουν ευρύτερα όρια σκέψης και είναι περισσότερο ανοικτοί θεωρώντας μικρότερο τον κίνδυνο από την χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

Η γνώση και η εμπειρία των ανθρώπων από τη χρήση επεξεργασμένου νερού παίζουν ίσως τον πιο σημαντικό ρόλο στην αποδοχή της χρήσης του. Οι Rice et al (2016) εξέτασαν τη στάση των κατοίκων τριών πόλεων της Αμερικής σχετικά με τη χρήση ανακτημένου νερού στο δίκτυο ύδρευσης των πόλεων τους. Η έρευνα τους έδειξε πως όσοι έχουν μεγαλύτερη γνώση και επαφή με επεξεργασμένα λύματα μπορούν να κατανοήσουν και συνεπώς και ακολουθήσουν τα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης νερού. Αρκετές δραστηριότητες όπως κολύμπι σε πισίνες που χρησιμοποιούν επεξεργασμένα λύματα, ψυχαγωγία σε πάρκα που αρδεύονται με ανακτημένο νερό επηρεάζουν θετικά τους ανθρώπους να σχηματίζουν θετική άποψη για την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Το επίπεδο μόρφωσης των Αμερικανών προφανώς και επηρεάζει τη συμπεριφορά τους ως προς την αποδοχή επαναχρησιμοποίησης νερού. Όσο μεγαλύτερη μόρφωση, τόσο περισσότερο μπορούσαν να καταλάβουν και να δεκτούν την επαναχρησιμοποίηση νερού και αυτό οφείλεται στο γεγονός πως μία από τις βασικές γνώσεις των Αμερικανών είναι ο κύκλος του νερού. Ο μέσος Αμερικανός, σχετικά με τον κύκλο του νερού, έχει καταλάβει πως έμμεσα χρησιμοποιεί επεξεργασμένα λύματα, τα οποία αφού επεξεργαστούν τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφόρους. Οι άνθρωποι με μεγαλύτερη μόρφωση αντιλαμβάνονται περισσότερους κινδύνους σχετικά με την παρουσία τοξικών και μολυσματικών ουσιών, βαρέων μετάλλων, παθογόνων και άλλων ουσιών στο νερό. Τα περισσότερο μορφωμένα άτομα είναι αρκετά ενημερωμένα γύρω από τον τομέα διαχείρισης αποβλήτων σύμφωνα με τους Gu et al (2015).

Η μόρφωση αποτελεί σημαντικό παράγοντα που θα βοηθήσει στην καθιέρωση πρακτικών επαναχρησιμοποίησης νερού. Αυτοί που υποστηρίζουν την επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι περίπου το 55,2% των ατόμων που έχουν κάποιο πτυχίο ανώτερης ή ανώτατης εκπαίδευσης και την δέχονται ως κάτι θετικό και κερδοφόρο για την περιοχή τους. Από τους απόφοιτους της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης όμως, μόλις το 28,9% είναι θετικοί σε δοκιμή πρακτικών επαναχρησιμοποίησης νερού. Η εκπαίδευση του κοινού αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα σχετικά με την αποδοχή για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Wester et al 2015).

Στην Αυστραλία έγινε έρευνα ώστε να μελέτησαν την αποδοχή που μπορεί να δείχνουν οι Αυστραλοί στην επαναχρησιμοποίηση του ανακτημένου νερού (Dolnicar et al 2011). Παλαιότερες έρευνες είχαν δείξει απροθυμία του κοινού να επαναχρησιμοποιήσει επεξεργασμένο νερό σε περίπτωση που η χρήση του έρχεται σε άμεση επαφή με τον άνθρωπο. Στην έρευνα λοιπόν εξετάζεται αν η εκπαίδευση και η πληροφόρηση είναι παράγοντες που ρυθμίζουν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων. Η εκπαίδευση του κοινού σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν είναι από τους παράγοντες που

παίζει τον κύριο ρόλο στην αποδοχή της χρήσης ανακτημένου νερού. Η γνώση όμως του κοινού σχετικά με την ανάκτηση νερού αποτελεί σημαντικό παράγοντα διότι το κοινό που έχει ξαναχρησιμοποιήσει ανακτημένο νερό έχει θετική αντίληψη και στάση στην επαναχρησιμοποίηση. Η ενημέρωση από την τηλεόραση αποτελούσε σημαντικό ρόλο για την κρίση των Αυστραλών, αφού τους ενημέρωνε για τα προβλήματα έλλειψης νερού που αντιμετωπίζει η χώρα τους. Χρησιμοποίησαν εικόνες για να τους τονίσουν το πρόβλημα λειψυδρίας και έδιναν μεγάλη βάση στα θετικά σημεία της επαναχρησιμοποίησης του νερού. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως κυρίως η γνώση και η πληροφόρηση και όχι τόσο η εκπαίδευση, αποτελούν τους κύριους παράγοντες που διαμορφώνουν τη γνώμη του κοινού ως προς εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Προφανώς και η γνώση αυτή μπορεί να γίνει μέσα από προγράμματα και εκπαιδεύσεις όλων των ανθρώπων στη βασική τους εκπαίδευση.

4.12 Ο ρόλος της Πολιτείας

Ο ρόλος της Πολιτείας, όμως είναι αυτός που έχει τον καθοριστικό παράγοντα για την εφαρμογή ενός έργου επαναχρησιμοποίησης. Η αντιπολίτευση έχει καταφέρει αρκετές φορές να ακυρώσει δημοτικά έργα σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού από επεξεργασμένα λύματα, χρησιμοποιώντας διαφημιστικές εκστρατείες που στοχεύουν στη δημιουργία αισθημάτων «αηδίας» στο κοινό.

Αντίθετα στην Κίνα επειδή δεν είχε περιθώρια. Η χώρα κατατάσσεται στις 13 χώρες που έχουν παγκοσμίως τα λιγότερα διαθέσιμα αποθέματα νερού, γι αυτό το λόγο θα πρέπει να δράσει άμεσα. Η πολιτεία έχει πάρει μέτρα για να προωθήσει την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων. Η κυβέρνηση της Κίνας είχε συνειδητοποιήσει πως ήταν αναγκαίο να βελτιώσει τις πρακτικές επεξεργασίας λυμάτων. Στην πενταετία ανάμεσα στα έτη 1985-1990 εφαρμόστηκαν διάφορα προγράμματα με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας του ανακτημένου νερού και ιδρύθηκαν οι δύο πρώτες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Στην οκταετία 2000-2008 αυξάνονται οι επενδύσεις σε υποδομές για τη συλλογή των λυμάτων και την επεξεργασία τους. Το κράτος πήρε σοβαρά μέτρα και συνεργάζεται με διάφορους οργανισμούς και υπουργεία, όπου θέτουν ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση του νερού με σκοπό την ρύθμιση και τον έλεγχο της ασφαλούς χρήσης του και την θέσπιση προτύπων για το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και για την επαναχρησιμοποίηση του νερού σε εθνικό επίπεδο (Yi et al, 2011). Τέλος σημαντικό είναι να αναφερθεί πως επιβάλλουν πρόστιμα στους παραβάτες. Η Κίνα λοιπόν, αποτελεί ένα σημαντικό παράδειγμα αφού η αύξηση της χρήσης ανακτημένου νερού οφείλεται στην αποφασιστικότητα της πολιτείας που εκτός από τη νομοθεσία, τη χρηματοδότηση των προγραμμάτων ανάκτησης νερού, ξεκίνησε ελέγχους και επέβαλε πρόστιμα σε κάθε παράβαση (Lyu et al, 2016).

Η Σιγκαπούρη αποτελεί σημαντικό παράδειγμα αφού η κυβέρνηση ανέλαβε την όλη υποστήριξη για την εφαρμογή χρήσης ανακυκλωμένου νερού. Από τις βροχοπτώσεις και από εισαγωγή νερού από τη γειτονική Μαλαισία εξοικονομούνται τα κύρια αποθέματα νερού. Και αυτό συμβαίνει γιατί, παρόλο τις άφθονες βροχοπτώσεις, η δομή του εδάφους της Σιγκαπούρης δεν επιτρέπει τη δημιουργία υπόγειων δεξαμενών νερού, λιμνών ή ποταμιών, οπότε το νερό της βροχής δεν μπορεί να καλύψει όλες τις ανάγκες. Η κυβέρνηση της Σιγκαπούρης συνειδητοποίησε αρκετά νωρίς τον κίνδυνο και έθεσε χρονικά όρια στην μείωση της ποσότητας νερού που εισάγεται. Έτσι επειδή αυξήθηκε πολύ η τιμή του νερού, αναγκάστηκαν να πάρουν μέτρα για την επαναχρησιμοποίηση νερού από επεξεργασμένα λύματα. Ξεκίνησαν με τη λειτουργία δύο εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, που τροφοδοτούσαν με τις εκροές τους 36 βιομηχανίες του νησιού, όμως η ποιότητα νερού δεν ήταν πολύ καλή. Χρησιμοποίησαν το νερό αυτό σε καζανάκια τουαλέτας, καθώς όμως δημιουργήθηκαν προβλήματα δυσσομίας, αφρισμού και διάβρωσης των σωληνώσεων μεταφοράς του. Τα προβλήματα αυτά δεν τους εμπόδισε να συνεχίσουν τις προσπάθειες επενδύοντας συνεχώς νέα κεφάλαια και έτσι κατάφεραν μέσα στο 1974 να παράγουν νερό ποιοτικά εφάμιλλο με το πόσιμο, το οποίο τηρούσε τις προδιαγραφές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Συνέχισαν τις προσπάθειές τους στέλνοντας διάφορους επιστήμονες

στην Καλιφόρνια και τη Δυτική Βιρτζίνια να αποκτήσουν την τεχνογνωσία γύρω από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση. Έτσι λειτούργησε μία νέα εγκατάσταση, το Μάιο του 2000, με την πιο σύγχρονη τεχνολογία και είχε κόστος 7 εκατομμύρια δολάρια. Η επεξεργασία του νερού γίνεται με διπλά συστήματα μεμβράνης αντίστροφης ώσμωσης και μικρόφιλτρα μεμβράνης ενώ η απολύμανση γίνεται με χρήση UV ακτινοβολίας. Έγιναν 20,000 αναλύσεις για 191 ρυπαντές, ώστε να διασφαλίσει την ποιότητα του παραγόμενου νερού. Δίνουν μεγάλη σημασία στον όρο που χρησιμοποιούν για την ενημέρωση του κοινού με «νέο, βελτιωμένο προϊόν». Ενημερώνουν συνεχώς το κοινό περνώντας το μήνυμα πως αυτό το νερό μπορεί να κάνει τον κύκλο του και να επαναχρησιμοποιηθεί ξανά και ξανά χωρίς κανένα κίνδυνο. Τέλος με σκοπό το κοινό να μπορέσει να έρθει σε επαφή με το νερό αυτό και να μπορέσει να διαπιστώσει πως δεν διαφέρει από το πόσιμο, εμφιαλώνονται 60.000 μπουκάλια νερού και διανέμονται στους κατοίκους της πόλης. Ως αποτέλεσμα όλων αυτών των ενεργειών αποτελεί η παραγωγή 302.000 m^3 ανακτημένου νερού ημερησίως, όπου αντιστοιχεί στο 15% της απαιτούμενης ποσότητας νερού του έθνους. Η εισαγωγή νερού από τη Μαλαισία από 75% έπεσε στο 40% μέσα στο 2016 (Jensen and Wu, 2018).

Στην περίπτωση του Τόκιο, λόγω μεγάλης έλλειψης νερού, η κυβέρνηση επέβαλε στους ιδιοκτήτες ακινήτων (για ακίνητο από 2.000 m^2) να διαθέτουν μονάδες επαναχρησιμοποίησης νερού στα κτίρια τους. Έτσι, υπήρχαν 594 εγκαταστάσεις επαναχρησιμοποίησης νερού από το Μάρτιο του 2003 στο Τόκιο. Οι εγκαταστάσεις αυτές παρείχαν 89.000 m^3 / ημέρα επαναχρησιμοποιούμενου νερού. Επιπλέον, υπήρχαν 906 κτίρια ανακύκλωσης όμβριων υδάτων στο Τόκιο. Όμως, το Waterworks στο Τόκιο διερεύνησε τις εγκαταστάσεις αυτές και διαπίστωσε ορισμένα προβλήματα στη λειτουργία τους. Δηλαδή αντιμετώπιζαν κάποια προβλήματα οι ιδιοκτήτες των ακινήτων όπως ότι το κόστος συντήρησης ήταν δαπανηρό, η παροχή επαναχρησιμοποιούμενου νερού ήταν βραχεία και οι εγκαταστάσεις είχαν κάποια προβλήματα. Το Waterworks στο Τόκιο εκτίμησε το μέσο κόστος κατασκευής και συντήρησης των εγκαταστάσεων επαναχρησιμοποίησης νερού και το σύγκρινε με την τιμή του λογαριασμού του νερού. Το Εργαστήριο Newlab του Τόκιο διερεύνησε τις δυνατότητες των εγκαταστάσεων, την κατάσταση λειτουργίας τους, την κατασκευή και το κόστος συντήρησης. Επίσης ανέλυσε τη σχέση μεταξύ αυτών των στοιχείων και πραγματοποίησε φόρμουλες για τις ακόλουθες περιπτώσεις όπως τα σχολικά κτίρια, τα κτίρια γραφείων, το ξενοδοχείο και το νοσοκομείο. Στα σχολεία, το επαναχρησιμοποιούμενο νερό είναι ακριβότερο και καταναλώνουν με ρυθμό από 5 έως 25 m^3 / ημέρα. Στα γραφεία, η κατανάλωση είναι πάνω από 160 m^3 / ημέρα και το επαναχρησιμοποιούμενο νερό είναι λιγότερο δαπανηρό. Στα ξενοδοχεία και νοσοκομεία και η κατανάλωση είναι πάνω από 170 m^3 / ημέρα, το επαναχρησιμοποιούμενο νερό είναι λιγότερο δαπανηρό (Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government).

Σήμερα, όλη η χώρα χρησιμοποιεί τεχνολογίες εξοικονόμησης νερού όπως η τεχνολογία μεμβράνης, καθώς και τεχνολογίες αντιστάσεως σεισμού και πρόληψης διαρροών με αποτέλεσμα η χώρα να επιτύχει παγκόσμια ηγετική και εξαιρετικά αποτελεσματική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Ο ρυθμός ανάκτησης του βιομηχανικού νερού έχει αυξηθεί σε σχεδόν 80%, ενώ ο ρυθμός διαρροής των αποθεμάτων νερού διατηρείται σε λιγότερο από 10%. Η τεχνολογία και η εμπειρία της Ιαπωνίας αποτελούν αξιοσημείωτη δύναμη και μπορούν να συμβάλουν στον κόσμο επεκτείνοντας τις διεθνείς επιχειρήσεις που σχετίζονται με το νερό. Σήμερα, οι Ιάπωνες κατασκευαστές έχουν περίπου το 60% της παγκόσμιας αγοράς μεμβράνης επεξεργασίας νερού και στην παγκόσμια αγορά προϊόντων μεμβράνης αντίστροφης ώσμωσης, τα οποία είναι ιδιαίτερα ενεργειακά αποδοτικά.

Κεφάλαιο 5: Αντιδράσεις επαναχρησιμοποίησης νερού

Τον καθοριστικό ρόλο με σκοπό την επιτυχία ενός προγράμματος επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού, το έχει το κοινό. Η αποδοχή του κοινού είναι ο καθοριστικός παράγοντας για ένα πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης. Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις, στις οποίες ενώ το κοινό ήταν θετικό για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου νερού, τα προγράμματα τελικά δεν πραγματοποιήθηκαν και ακυρώθηκαν εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, όπου οδήγησαν στην αλλαγή της γνώμης σχετικά με την αποδοχή του κοινού.

5.1 Αντιδράσεις στο Toowoomba της Αυστραλίας

Ο τρόπος επικοινωνίας με τους ενδιαφερόμενους παίζει σημαντικό ρόλο για την αποδοχή του προγράμματος. Στην πόλη Toowoomba της Αυστραλίας είχε ανακοινωθεί ένα από τα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αποβλήτων για έμμεση πόση, το οποίο δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η πόλη αυτή ανήκει στο Queensland και έχει περίπου 95,000 κατοίκους. Τρεις λίμνες που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή (Cooby, Perseriverance, Cressbrook) αποτελούν τις κύριες πηγές υδροδότησης της πόλης. Οι λίμνες αυτές γεμίζουν από τις βροχοπτώσεις, οπότε σε περιόδους ξηρασίας η στάθμη μειώνεται αρκετά. Η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού ανά κάτοικο ήταν 240 λίτρα, το 2005 στην πόλη της Toowoomba. Ενώ το 2009 μειώθηκε αυτή η ποσότητα στα 151 λίτρα. Επειδή οι ποσότητες νερού ήταν μικρές, αποφάσισαν να εφαρμόσουν περιοριστικά μέτρα στην χρήση νερού. Η περίοδος των μέτρων αυτών ήταν από το 2003 έως το 2006. Όμως η ισχύ τους δεν έχει σταματήσει ακόμα και σήμερα. Μερικούς από τους περιορισμούς ήταν η απαγόρευση χρήσης νερού για το πότισμα των κήπων, απαγόρευση στη χρήση ιδιωτικών δεξαμενών κολύμβησης, η απαγόρευση στο πλύσιμο αυτοκινήτων. Απαραίτητες, λοιπόν ενέργειες που όρισε η κυβέρνηση στους πολίτες ήταν η λήψη διαφόρων μέτρων που οδηγούν σε μείωση της κατανάλωσης νερού καθώς και η κατασκευή δεξαμενών για συλλογή βρόχινων υδάτων. Επίσης, εφαρμόστηκαν προγράμματα αντικατάστασης πλυντηρίων με νεότερης τεχνολογίας με σκοπό την κατανάλωση λιγότερου νερού και αντικατάστασης της κεφαλής στα ντους για εξοικονόμηση νερού. Το πρόβλημα έλλειψης νερού δε φάνηκε να λύνεται παρόλα τα περιοριστικά μέτρα, καθώς οι βροχοπτώσεις μειώθηκαν, άρα η ξηρασία αυξήθηκε και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να βασίζονται μόνο στη βροχή για την κάλυψη των αναγκών τους. Επίσης και οι δεξαμενές των βρόχινων που κατασκευάστηκαν σε όλα σχεδόν τα σπίτια της πόλης, δεν μπορούσαν να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των νοικοκυριών σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό, καθώς θα έπρεπε να βρέχει σε τακτά χρονικά διαστήματα για να υπάρχει επιθυμητή ποσότητα νερού. Έτσι, τον Ιούνιο του 2005, το συμβούλιο της πόλης υπέβαλε αίτηση, ώστε να χρηματοδοτήσουν εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων για την παραγωγή νερού για έμμεση πόση. Οι CADS, λοιπόν, ήταν μία ομάδα η οποία συστάθηκε 21 ημέρες μετά την αίτηση για χρηματοδότηση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Επίσης η ομάδα αυτή με γρήγορες κινήσεις μάζεψε σε μικρό χρονικό διάστημα 10,000 υπογραφές πολιτών που ήταν αντίθετοι στο έργο. Οι CADS (Citizens Against Drinking Sewage), οι πολίτες που εναντιώθηκαν στην πόση αποβλήτων, αντιμετώπισαν αυτή την χρηματοδότηση αρνητικά. Πιο συγκεκριμένα δυσφήμισαν το έργο μέσα από το διαδίκτυο, από εφημερίδες, video, με τη χρήση φυλλαδίων, με συνεντεύξεις από επιστήμονες και γιατρούς που ήταν επιφυλακτικοί για την ποιότητα του νερού που θα παραγόταν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δυσμενή θέση των αρχών της πόλης και την κυβέρνηση της κοινοπολιτείας του Queensland. Έτσι, αποφασίστηκε τότε από την κυβέρνηση να γίνει δημοψήφισμα για να αποφασίσουν οι πολίτες αν ήθελαν ή όχι τη λειτουργία της εγκατάστασης. Όμως η δημοτική αρχή της Toowoomba δεν συμφωνούσε στο να διεξαχθεί αυτό το δημοψήφισμα, καθώς είχε παρθεί η απόφαση για τη χρηματοδότηση του έργου. Το 62% των κατοίκων δεν ήταν σύμφωνοι στο να γίνει αυτή η κατασκευή του έργου. Η ομάδα που διαφωνούσε επηρέασε τα αισθήματα του κόσμου στο έργο αρνητικά, υποστηρίζοντας πως θα μετατραπεί η πόλη τους σε μία πόλη με αρκετό ποσοστό λυμάτων. Ο ισχυρισμός αυτός ήταν πολύ εύστοχος για να πείσει αρνητικά τους κατοίκους, αφού το Toowoomba είναι αρκετά γνωστό για τους κήπους του, και επίσης διοργανώνει διάφορα φεστιβάλ σχετικά με άνθη που καλλιεργούνται στην πόλη. Οι άνθρωποι, επίσης, δεν θα μπορούσαν να εμπιστευτούν τις αρχές της πόλης καθώς και τους επιστήμονες σχετικά με την ποιότητα του ανακτημένου νερού. Άρα το αποτέλεσμα

του δημοψηφίσματος ήταν ΟΧΙ για το 62% των ψηφοφόρων και το έργο προφανώς και ακυρώθηκε (Hurlimann & Dolnicar, 2010). Δύο χρόνια μετά στην περιοχή του Queensland με τη λειτουργία εννιά εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων εφαρμόστηκε ένα νέο έργο διαχείρισης υγρών αποβλήτων. Σε αυτό το έργο δεν πραγματοποιήθηκε δημοψήφισμα για την αποδοχή ή όχι του νερού από τους πολίτες. Σημαντικό ρόλο έπαιξε πως η ανάγκη για την επαναχρησιμοποίηση ήταν ορατή και δεν υπήρχαν περιθώρια αναβολής του έργου. Τον Ιούλιο του 2008 ανακοινώθηκε και η σύνδεση της πόλης Toowoomba με αγωγό που θα τους τροφοδοτούσε με τα επεξεργασμένα λύματα. Η επεξεργασμένη απορροή από τα εργοστάσια θα τροφοδοτούσε τα φράγματα που υδροδοτούν τις πολιτείες, όταν η στάθμη σε κάθε λίμνη πέφτει κάτω από το 40%, ανακοίνωσε η κυβέρνηση. Όταν οι λίμνες έχουν αρκετό νερό σε περίοδο βροχοπτώσεων, τότε δεν θα εφοδιάζονταν με την επεξεργασμένη απορροή. Σε αυτό το έργο, η κυβέρνηση διαχειρίστηκε διαφορετικά την κατάσταση. Έτσι δεν άφησε περιθώρια σε διάφορες κοινωνικές ή πολιτικές ομάδες να ακυρώσουν τα ζωτικά αυτά έργα. Οι πολίτες ήταν αρκετά ενημερωμένοι για το πρόβλημα της λειψυδρίας. Επίσης εφαρμόζαν όλοι σχεδόν στο σύνολό τους πρακτικές εξοικονόμησης νερού. Επίσης οι πολίτες ήταν διαθέσιμοι να υποστηρίξουν το πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης λόγω της διασφάλισης της πολιτείας για την καλή ποιότητα του ανακτημένου νερού. Ο κύριος άξονας, στις δύο περιπτώσεις, που κατεύθυνε τη γνώμη του κοινού προς την αρνητική ή τη θετική πλευρά ήταν η διαφορετική ενημέρωση και προσέγγιση των πολιτών καθώς και η διαφάνεια στις διεργασίες (Χρυσανθοπούλου, 2018).

5.2 Αντιδράσεις στο πρόγραμμα επαναφόρτισης υπόγειων υδροφορέων στο San Gabriel Valley

Στο San Gabriel, στη νότια Καλιφόρνια, επειδή πέρασε μία περίοδο ξηρασίας, έγιναν διεργασίες ώστε να χρησιμοποιηθούν τα επεξεργασμένα απόβλητα της τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Σκοπός ήταν να εμπλουτίσουν τους τοπικούς υπόγειους υδροφόρους. Αρχικά έγινε διαφήμιση για την υποστήριξη του έργου. Στην πορεία, όμως, μία τοπική βιομηχανία ζυθοποιίας και μία ομάδα πολιτών άρχισαν να έχουν αντιρρήσεις και φόβους για το έργο. Υποστήριξαν πως υπάρχει αυξημένος κίνδυνος για την υγεία των ανθρώπων και για το περιβάλλον, και με αυτό τον τρόπο δυσφήμισαν το έργο. Η δυσφήμιση αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω της τοπικής εφημερίδας και το αποτέλεσμα ήταν να μην προχωρήσει το έργο. Εκτός από τις πολιτείες της Καλιφόρνιας, παρόμοιες περιπτώσεις καταγράφηκαν και στη Φλόριντα όπου λόγω πολιτικών πιέσεων δυσφημίστηκαν προγράμματα τροφοδότησης υδροφόρων με επεξεργασμένα λύματα (Po et al, 2004).

5.3 Αντιδράσεις στο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων στο San Diego

Ένα από τα προγράμματα που αμφισβητήθηκε και τελικά ακυρώθηκε ήταν το πρόγραμμα αποκατάστασης λυμάτων στο San Diego της Καλιφόρνιας. Οι αρχές, το 1997, ήθελαν να εξασφαλίσουν μεγαλύτερα αποθέματα νερού για την πόλη διότι είχε υποστεί μία μεγάλη περίοδο ξηρασίας. Έγινε πρόταση ενός προγράμματος όπου θα χρησιμοποιούνταν τα επεξεργασμένα απόβλητα μαζί με καθαρό νερό. Για ένα έτος θα παρέμεναν οι ποσότητες καθαρού και επεξεργασμένου νερού σε δεξαμενές και έτσι θα τροφοδοτούσαν το δημοτικό δίκτυο ύδρευσης. Αρχικά ήθελαν οι αρχές στον San Diego να συγκεντρώσουν στοιχεία σχετικά με την αποδοχή του προγράμματος από το κοινό. Αυτό το πραγματοποίησαν μέσω διαφόρων ερωτηματολογίων και πήραν πληροφορίες σχετικές με την αποδοχή του κοινού. Στην έρευνα πήραν μέρος όχι μόνο κάτοικοι της πόλης αλλά και τοπικοί παράγοντες. Έτσι το πρόγραμμα αποδείχθηκε άκρως αποδεκτό από το κοινό και η επιτυχία του ήταν εμφανής. Οι αρχές της πόλης εξουσιοδότησαν ανεξάρτητο συμβουλευτικό οργανισμό για την έρευνα αποδοχής ώστε να διασφαλίσουν την αποδοχή του κοινού. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν πρακτικές προσέγγισης του κοινού όπως διαφήμιση στα μέσα μαζικής ενημέρωσης, φυλλάδια διαφημιστικά βίντεο, παρουσιάσεις του προγράμματος επαναχρησιμοποίησης του νερού. Ένας άλλος τρόπος προσέγγισης ήταν η ανοικτή τηλεφωνική γραμμή ώστε να ενημερωθεί το κοινό. Όλα κατέληγαν στο συμπέρασμα πως το πρόγραμμα θα είχε θετικά αποτελέσματα. Επίσης είχε την αποδοχή του κοινού καθώς και διαφόρων τοπικών οργανισμών. Παρόλα

αυτά όμως το πρόγραμμα αμφισβητήθηκε σε μία προεκλογική καμπάνια, από την αντιπολίτευση. Οι πολιτικοί αντίπαλοι της δημοτικής αρχής πληροφόρησαν τον κόσμο πως το σχέδιο ήταν να χρησιμοποιήσουν τα λύματα από τις εύπορες συνοικίες και να τροφοδοτήσουν το δίκτυο ύδρευσης των άπορων περιοχών. Μετά από αυτό οι αρχές κάλεσαν σε ανοικτή διαβούλευση το κοινό. «Από την αποχέτευση στο δίκτυο ύδρευσης» ήταν το σλόγκαν για την δυσφήμιση του έργου. Και μόνο η λεζάντα ανέτρεψε την γνώμη όλων και ακυρώθηκε το έργο (Po et al, 2004). Το ενδιαφέρον όμως της πολιτείας για επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων συνεχίζει να υπάρχει και συνεχίζουν και οι επενδύσεις, οι έρευνες και οι ενημερώσεις του κοινού. Σε έρευνα που έγινε μέσα στο 2012 αποδείχτηκε πως το ενδιαφέρον του κοινού για επαναχρησιμοποίηση του νερού για πόσιμους σκοπούς, ανακάμπτει. Αυτοί που υποστηρίζουν το έργο είναι 73% και το 26% είχαν θετική άποψη για το έργο οκτώ χρόνια πριν. Επόμενη κίνηση είναι να εγκριθεί από το κράτος ένα πρόγραμμα διάρκειας έως και 20 χρόνια, για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου νερού από λύματα. Έτσι τα λύματα μετά την επεξεργασία τους θα αποθηκεύονταν στο υδραγωγείο της πόλης με σκοπό την ενίσχυση των αποθεμάτων νερού (Smith et al, 2018).

5.4 Αντιδράσεις στο Windhoek στη Namibia της Αφρικής

Η περιοχή Windhoek της Ναμίμπια βρίσκεται στην νοτιοδυτική Αφρική, και βιώνει αμείλικτη ξηρασία, κατατάσσεται στην υποσαχάρια Αφρική και τροφοδοτείται από δύο απομακρυσμένους ποταμούς. Επίσης, είναι η μόνη τοποθεσία στον κόσμο που χρησιμοποιεί το DPR. Το εφήμερο ποτάμι που έχει επιφανειακό νερό είναι μια εξαιρετικά αναξιόπιστη πηγή νερού και τα υπόγεια ύδατα είναι αραιά. Ο σταθμός Goreangab Water Reclamation Plant (OGWRP) άνοιξε το 1969 για να χρησιμοποιήσει τα τελικά απόβλητα από την επεξεργασία λυμάτων της πόλης (GWCW) που επεξεργάζονται οικιακά (όχι βιομηχανικά) λύματα. Αρχικά, αναγεννημένο νερό από το GWCW αναμειγνύεται με νερό πεδίου για OGWRP ακατέργαστο νερό πηγής. Στην τελική εκροή από το OGWRP αναμειγνύεται με άλλο πόσιμο νερό. Έτσι δημιουργήθηκε το DPR. Το OGWRP υπέστη πολυάριθμες αναβαθμίσεις αλλά το 2002 το νέο εργοστάσιο ανάκτησης νερού Goreangab (NGWRP) κατασκευάστηκε και τέθηκε σε λειτουργία με πρωτοποριακό εξοπλισμό τεχνολογία, μια προσέγγιση "πολλαπλών φραγμών" για την διαδικασία ανάκτησης νερού. Το NGWRP χρησιμοποιεί σήμερα 90% ανακτημένο νερό ως πηγή ακατέργαστου νερού και παράγει $21.000 \text{ m}^3 / \text{d}$ υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό, παρέχοντας μέχρι και το 25% της πόλης καθημερινά ανάγκες σε πόσιμο νερό. Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν επί του παρόντος συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του πόσιμου νερού το NGWRP χρησιμοποίησε τιμές από πρότυπα πόσιμου νερού, συμπεριλαμβανομένης της ΠΟΥ Κατευθυντήριες γραμμές, Rand Water (Νότια Αφρική), τα κριτήρια ποιότητας πόσιμου νερού και κατευθυντήριες γραμμές. Υπό κανονικές συνθήκες, περίπου το 35% του νερού στο σύστημα διανομής ανακτάται, αλλά μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια σε ένα επίπεδο 50% κατά τις περιόδους βάρους και υψηλής ζήτησης νερού. Αυτή την διαδικασία την κάνει το σύστημα εμποτείας ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (SCADA). Για να διασφαλίσουν την ποιότητα των υδάτων, τα κριτήρια ενδιάμεσης επεξεργασίας και επεξεργασίας νερού συγκρίνονται με το Target και απόλυτες τιμές, οι οποίες, εάν δεν πληρούνται, οδηγούν σε ποινές αποτυχίας απόδοσης, διακοπή λειτουργίας και λειτουργία αναγκαστικής ανακύκλωσης. Οι πολίτες του Windhoek έχουν ξεπεράσει επιτυχώς τις αρνητικές αντιλήψεις τους όσον αφορά το ανακυκλωμένο πόσιμο νερό. Η έλλειψη εναλλακτικών λύσεων προκάλεσε έντονα αυτή την αποδοχή να εκφράζουν την υπερηφάνεια για την αξιοποίηση του νερού από τη μοναδική λειτουργία DPR στον κόσμο. Δεν υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και έχουν αναφερθεί ότι οφείλονται στην κατανάλωση πόσιμου νερού και σε μη εμφάνιση νόσων. Η πόλη διαθέτει ασφαλή, οικονομικά εφικτή και αξιόπιστη πηγή νερού για την περιοχή μέσω DPR (Charla R. Cain, 2011).

5.5 Αντιδράσεις στη πόλη Denver στο Colorado

Στη δεκαετία του 1960 το υπουργείο προστασίας περιβάλλοντος του Ντένβερ συνειδητοποίησε ότι επικρατεί μια μεγάλη κρίση νερού στην περιοχή. Ο πληθυσμός αυξάνεται συνεχώς, και τα ανεπαρκώς επιφανειακά ύδατα δεν αρκούν. Έτσι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι χρειάζεται μια βιώσιμη πηγή νερού. Το Ντένβερ έχει δώσει προτεραιότητα στην έρευνα και

την ανάπτυξη χρησιμοποιώντας αποχετεύσεις εκροής για DPR ως πόσιμο νερό. Έτσι το 1970 κατασκευάστηκε μια πιλοτική μονάδα AWWT για να αντλεί δευτερογενή απόβλητα από το σταθμό Metropolitan Denver Waste Disposal District Number και να ερευνά το σχέδιο επίδειξης πόσιμου νερού στο Ντένβερ του 1985. Συγκεντρώθηκαν δεδομένα έρευνας και μελέτης μέχρι το 1979, μαζί με οικονομικές, νομικές μελέτες και μελέτες με σκοπό να τεστάρουν το έργο με συμμετοχή του Οργανισμού Προστασίας του Περιβάλλοντος. Μια μελέτη της κοινής γνώμης έδειξε ότι το 84% των πελατών του Ντένβερ θα δεχόταν το DPR εάν η ποιότητα του νερού πληρούσε τις προϋποθέσεις του πόσιμου νερού και αν η ασφάλεια ήταν σίγουρη. Σε τακτά χρονικά διαστήματα έπαιρναν μετρήσεις σχετικά με την ποιότητα του νερού και πολλές μελέτες χρόνιας τοξικότητας δεν έδειξαν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Παρόλα αυτά το Το DPR δεν συνεχίστηκε λόγω κατακερματισμένης πολιτικής συναίνεσης (Charla R. Cain, 2011).

5.6. Το διεθνές αναγνωρισμένο έργο επαναχρησιμοποίησης στη Σιγκαπούρη – NEWater

Η Σιγκαπούρη αποτελεί μέχρι σήμερα σπουδαίος ηγέτης επαναχρησιμοποίησης νερού. Το 2011 έκανε συμφωνία υδροδότησης στη Μαλαισία εξαιτίας τις πιέσεις του πληθυσμού. Έτσι από το 1970 το Συμβούλιο Δημόσιων Επιχειρήσεων (PUB) ξεκίνησε έργα αξιοποιώντας τα λύματα της πόλης για σκοπούς πόσιμου νερού. Αυτό το αποκατεστημένο, πολύ επεξεργασμένο νερό, που ονομάζεται NEWater, παράγεται από αμαξώματα επεξεργασίας DPR, εμφιαλωμένο ως πόσιμο νερό, αλλά χρησιμοποιείται επί του παρόντος μέσω IPR για το πόσιμο νερό βρύσης της Σιγκαπούρης. Η μελέτη της Σιγκαπούρης για την αποκατάσταση του νερού το 1998 απέδειξε ότι η NEWater θα μπορούσε να συμπληρώσει την παροχή νερού της χώρας με ασφάλεια ως πρόσθετη πηγή νερού. Από το 2010, πέντε μονάδες NEWater πληρούν το 30% της ζήτησης ύδατος της Σιγκαπούρης και το 2011 2.5% της ζήτησης πόσιμου νερού παράχθηκε μέσω του IPR NEWater. Μέσω της Μελέτης Αποκατάστασης Υδάτων και μιας διεθνούς ομάδας εμπειρογνομόνων, έκαναν περισσότερο από 5.000 αναλύσεις για πάνω από 290 παραμέτρους απέδειξαν ότι η NEWater είναι καθαρότερη από το πόσιμο νερό. Η NEWater συναντά επίσης ή ξεπερνά το πόσιμο ύδωρ USEPA και ΠΟΥ προτύπων σε όλες τις ποιοτικές παραμέτρους. Η NEWater τεχνολογία αποτελείται από μία σειρά επεξεργασίας πολλαπλών φραγμών, και στη διαδικασία αυτή απασχολεί επιστήμονες της Σιγκαπούρης πάνω από 30 χρόνια. Το χρησιμοποιημένο νερό διαβιβάζεται πρώτα μέσω συμβατικής επεξεργασίας λυμάτων όπου επεξεργάζονται σύμφωνα με παγκόσμια πρότυπα και στη συνέχεια επεξεργάζονται με απομόνωση MF, RO και UV. Επίσης, χρησιμοποιείται για άμεσες μη πόσιμους σκοπούς από εμπορικά κτίρια και βιομηχανίες. Η NEWater εμφιαλώνεται για δημόσια κατανάλωση (από την DPR), και η τεχνολογία είναι σε θέση να εισάγει την ασφαλή και αξιόπιστη NEWater άμεσα στην κατανάλωση συστημάτων διανομής νερού μόλις το επιτρέψει η υποδομή και η δημόσια πολιτική. Το 2010, κέρδισαν το διεθνές βραβείο στον τομέα της Υδατοκαλλιέργειας (Charla R. Cain, 2011).

5.7 Έρευνα στην Αυστραλία σχετικά με την αποδοχή του κοινού

Η έρευνα έγινε σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του νερού από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Αυστραλία το έτος 1998/99. Η κύρια χρήση του νερού που έκαναν ήταν για υδροηλεκτρική ενέργεια. Έπρεπε, λοιπόν οι κάτοικοι να συμμορφωθούν με σκοπό την διαχείριση των υδάτινων πόρων (Harris, 2000). Σε πολλούς τομείς, οι τάσεις στην κατανάλωση νερού είναι μη βιώσιμες και απαιτείται προσαρμοστική διαχείριση του νερού για τη διατήρηση της οικονομικής ανάπτυξης (Thomas et al., 1999). Πρώτον, άρχισε να εμφανίζεται η συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών ροών στην πολιτική διαχείρισης των υδάτινων πόρων. Η σημασία του νερού για την υποστήριξη των οικοσυστημάτων αποκάλυψε ένα περιβαλλοντικό κόστος στην εκτροπή του νερού από τις ροές για τους αστικούς καταναλωτές. Δεύτερον, η επιδείνωση της κατάστασης των ποταμών, των παράκτιων υδάτων και των υδάτων των εκβολών ποταμών πλησίον των αστικών κέντρων έχει οδηγήσει στην επιβολή ορίων στις απορρίψεις θρεπτικών ουσιών σε αυτά τα υδάτινα σώματα. Η πρακτική αυτή παρουσιάζει προβλήματα προστασίας του εδάφους (Bond, 1998) και υπόγεια ύδατα (Snow et al., 1998). Μέχρι τη δεκαετία του 1990, καμία από τις μεγαλύτερες αυστραλιανές

πόλεις δεν είχε πλέον προηγμένη επεξεργασία λυμάτων παρά δευτεροβάθμια επεξεργασία και ορισμένες πόλεις εξακολουθούσαν να μεταφέρουν πρωτογενώς επεξεργασμένα απόβλητα σε ακτές υψηλής ενέργειας και στηριζόμενοι στη διασπορά. Η ανίχνευση των υπολειμμάτων λυμάτων και των υψηλών κολοβακτηριδίων στην παραλία Bondi αύξησε την ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με την ανάγκη για βελτιωμένη επεξεργασία πριν από τη διάθεση στη θάλασσα. Ακολουθώντας, το Πρόγραμμα Καθαρών Θαλασσών της Ομοσπονδιακής Κυβέρνησης (για τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων που απορρίπτονται στις ακτές) έφερε ευκαιρίες για πώληση ρευστού νερού βελτιωμένης ποιότητας ως πόρου άρδευσης. Το 1999 το μεγαλύτερο τέτοιο έργο ξεκίνησε στην Αυστραλία. Αυτό είναι το Σχέδιο Αγωγών Βιρτζίνια, όπου 22.000 ML προηγουμένως επεξεργασμένου αποκατασταθέντος νερού έχει ανατεθεί από το Bolivar STP κοντά στην Αδελαΐδα για την άρδευση κήπων στην αγορά στις Βόρειες Αδελαΐδες πεδιάδες. Η μεταρρύθμιση του νερού της COAG, η οποία εισήγαγε ανταγωνισμό στην αυστραλιανή βιομηχανία ύδρευσης και απαίτησε ότι η τιμολόγηση του νερού αντικατοπτρίζει το πραγματικό κόστος διαχείρισης των συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης, έφερε μαζί της ένα κύμα νέων επενδύσεων του ιδιωτικού τομέα στην υποδομή ύδρευσης. Η συμμετοχή διεθνών εταιρειών ύδρευσης διευκόλυνε τα προγράμματα BOO και BOOT και την υιοθέτηση ευρύτερου φάσματος τεχνολογιών στην επεξεργασία των λυμάτων, συμπεριλαμβανομένης της διήθησης διαλυμένου αέρα, της μικροδιήθησης, της διήθησης ενεργού άνθρακα, της αντίστροφης όσμωσης και της απομάκρυνσης βιολογικών θρεπτικών ουσιών. Η συνδυασμένη επίδραση αυτών των παραγόντων έχει οδηγήσει σε μια εκθετική αύξηση της διαθεσιμότητας υψηλής ποιότητας ανακυκλωμένου νερού και ευκαιριών για επαναχρησιμοποίηση νερού. Κατά τα τρία έτη έως το 1998/99, οι ετήσιες επενδύσεις κεφαλαίου στην επεξεργασία λυμάτων τριπλασιάστηκαν σε \$ 195 εκατ. Σε άλλα πρότζεκτ που έγιναν το 1994 σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων από τις μεγάλες επιχειρήσεις παροχής υδάτινων πόρων στην Αυστραλία (Thomas et al., 1997) συμβάλλουν στην απεικόνιση της επιτάχυνσης της επαναχρησιμοποίησης. Κατά την ίδια περίοδο, οι ετήσιοι όγκοι λυμάτων εκτιμάται ότι θα αυξηθούν κατά 800GL (σχεδόν 50%) και η αύξηση της απόρριψης των αποβλήτων στα παράκτια ύδατα κατά 600 GL (50%), θέτοντας πίεση για βελτιωμένη επεξεργασία για τη συγκράτηση επιβαρυντικών φορτίων στο περιβάλλον. Μία εκτίμηση που έγινε (Thomas et al., 1999), κατέληξαν ότι η συνολική χρήση νερού στην Αυστραλία το 2020 θα περιοριστεί στην εκτιμώμενη βιώσιμη απόδοση 27.400 GL και το προβλεπόμενο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν θα διατηρείται με μεταφορές από βιομηχανίες χαμηλότερης σε υψηλότερες τιμές και κέρδη σε νερό με την προβλεπόμενη εξοικονόμηση σε χρήση νερού 5.600 GL (17%). Παρόλο που μόνο το 12% της σημερινής χρήσης νερού στην Αυστραλία βρίσκεται σε αστικές περιοχές, η αύξηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης των αστικών υδάτων μέσω της ανακύκλωσης μπορεί να ξεπεράσει σημαντικά το 17%. Η ανακύκλωση είναι ένας από τους πιο οικονομικούς τρόπους βελτίωσης της αποδοτικότητας της χρήσης των υδάτων σε πόλεις όπου οι υδατικοί πόροι είναι περιορισμένοι. Σύμφωνα με την WSAA (1999), σημειώθηκε αύξηση του ετήσιου όγκου των εκχυλισμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ή ανακυκλώθηκαν κατά ~ 13GL από το 1997/98 έως το 1998/99. Η εθνική επαναχρησιμοποίηση είναι ισοδύναμη με τον όγκο νερού που παρέχεται ετησίως από τον 8ο μεγαλύτερο αυστραλιανό προμηθευτή νερού (City West Water Ltd). Υπήρξε μια ομοιόμορφα σταθερή αύξηση του ποσοστού των λυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τις μεγάλες επιχειρήσεις ύδρευσης στην Αυστραλία, ωστόσο τα σημεία εκκίνησης ήταν πολύ διαφορετικά, με κάποιους σαφείς ηγέτες στον τομέα. Μόνο τρεις από τις μεγαλύτερες 21 επιχειρήσεις ύδρευσης επαναχρησιμοποιούν περισσότερο από το 10% των λυμάτων τους. Η ανακύκλωση αντιπροσωπεύει έναν πολύ σημαντικό «νέο» πόρο άρδευσης ή περιβαλλοντικούς πόρους, που μπορεί να συμβάλει στην υψηλή γεωργία κοντά σε αστικές περιοχές. Το ανακυκλωμένο νερό έχει το πλεονέκτημα ότι ρέει ομοιόμορφα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και είναι σχετικά συνεπής σε ποιότητα, έχοντας βρεθεί μέσω αλυσίδας επεξεργασίας με κάποια διασφάλιση ποιότητας (σε αντίθεση με τις εισροές από ορισμένες λεκάνες απορροής σε αποθήκες αστικών υδάτων) (Dillon, P. 2000).

Αναγνωρίζεται ευρέως ότι τα θέματα δημόσιας αποδοχής είναι από τα πιο σημαντικά για το μέλλον της ανακύκλωσης νερού στην Αυστραλία αλλά και σε όλο τον κόσμο. Σε έρευνα που διεξήχθη στην Αυστραλία μέσω της Αυστραλιανής Ένωσης Νερού σχετικά με τις ερευνητικές

προτεραιότητες, το πρώτο θέμα που τους απασχόλησε ήταν οι «παράγοντες που επηρεάζουν τη δημόσια αποδοχή της επαναχρησιμοποίησης». Αρχικά έδωσαν βάση στην κατανόηση της κοινωνίας για τις ευθύνες που έχει η ίδια η κοινωνία. Ο Hartley κατέληξε σε ένα ευρύ φάσμα ερευνητικών αποτελεσμάτων που δείχνουν ότι η υποστήριξη από το κοινό είναι πιθανό να είναι μεγαλύτερη όταν:

- η επαφή με το νερό είναι ελάχιστη
- η προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι σαφής
- η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί όφελος.
- η προώθηση της διατήρησης των υδάτων αποτελεί όφελος.
- Το κόστος είναι λογικό.
- η αντίληψη των λυμάτων ως πηγής ανακυκλωμένου νερού είναι ελάχιστη.
- Η κοινότητα έχει μεγάλη επίγνωση των προβλημάτων ύδρευσης.
- ο ρόλος του αποκατεστημένου νερού στη συνολική παροχή νερού είναι σαφής.
- η αντίληψη της ποιότητας των αποκατασταθέντων υδάτων είναι υψηλή.
- η εμπιστοσύνη στην τοπική διαχείριση των υπηρεσιών κοινής ωφελείας και των τεχνολογιών είναι υψηλή

Επίσης, τα εκπαιδευτικά και πληροφοριακά υλικά είναι επίσης σημαντικά, όπως και το διαφημιστικό υλικό για τα προγράμματα ανακύκλωσης, τη συμβολή που μπορεί να προσφέρει η ανακύκλωση στους στόχους αυτούς, καθώς και τα άμεσα και έμμεσα οφέλη για τον μεμονωμένο χρήστη. Καθώς και η γνώση της κοινωνίας για το θέμα αποτελεί μεγάλη επιρροή. Θα πρέπει λοιπόν, να γίνει μια προσεκτική μελέτη και μια καλά οργανωμένη διαδικασία διαβούλευσης και εκπαίδευσης ειδικά για κάθε προτεινόμενο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης (S.Russel and G.Hampton, 2005).

5.8 Αντιδράσεις στην πόλη Shiraz στο Ιράν

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην πόλη Shiraz στο Ιράν σε 562 πολίτες. Η έρευνα αποτελείται από ένα ερωτηματολόγιο διάρκειας δύο ημερών, το οποίο σχεδιάστηκε για τη συλλογή δημογραφικών στοιχείων και πληροφοριών σχετικά με την προθυμία των πολιτών να επαναχρησιμοποιήσουν λύματα. Το ερωτηματολόγιο είχε τρία κύρια μέρη: το πρώτο προσδιορίζει τα δημογραφικά δεδομένα των ερωτηθέντων, συμπεριλαμβανομένης της ηλικίας, του φύλου και του επιπέδου εκπαίδευσης. Το δεύτερο μέρος προσδιόρισε το επίπεδο συνειδητοποίησης των ερωτηθέντων σχετικά με περιβαλλοντικά θέματα, συμπεριλαμβανομένης της ευαισθητοποίησης σχετικά με τις διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων, την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων (φυσική, χημική και βιολογική) και την έλλειψη υδάτινων πόρων στο Shiraz. Το τρίτο μέρος προσδιόρισε την προθυμία των πολιτών του Shiraz να χρησιμοποιούν ανακυκλωμένα λύματα για 11 διαφορετικούς σκοπούς: δημόσια κατανάλωση (άρδευση τοπίων και πάρκων, πυρόσβεση), πλύσιμο αυτοκινήτων, καθαρισμός τουαλέτας, κλιματισμός, καθαρισμός σπιτιών, άρδευση ακατέργαστων καλλιεργειών, άρδευση τις καλλιέργειες που μαγειρεύονται, την ιχθυοκαλλιέργεια, το πλύσιμο ρούχων, το μαγείρεμα και το ποτό. Οι ερωτώμενοι που δεν επιθυμούσαν να χρησιμοποιήσουν τα αποκατασταθέντα λύματα για οποιονδήποτε από αυτούς τους σκοπούς, κλήθηκαν να προσδιορίσουν τον λόγο τους επιλέγοντας μία από τις επιλογές: θρησκευτικές, ανησυχίες για την υγεία, αισθητικούς λόγους (χρώμα, οσμή και θολερότητα). Τα ερωτηματολόγια διανεμήθηκαν σε 10 συνοικίες του δήμου Shiraz και ολοκληρώθηκαν με προσωπικές συνεντεύξεις. Ο αριθμός των ερωτηματολογίων που διανεμήθηκαν σε κάθε δημοτική περιφέρεια καθορίστηκε με βάση το μέγεθος του πληθυσμού. Στο πρώτο βήμα, επιλέχθηκαν τυχαία πολλές οδοί σε κάθε περιοχή, κατόπιν επιλέχθηκαν αυθαίρετα τέσσερα σπίτια σε κάθε δρόμο και συμπληρώθηκαν σχεδόν τρία ερωτηματολόγια ανά σπίτι. Οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν από τους κατοίκους ηλικίας 15-70 ετών. Συνολικά 562 ερωτηματολόγια ολοκληρώθηκαν από τους πολίτες Shiraz. Το ποσοστό ανταπόκρισης των συμμετεχόντων ήταν περίπου 75%. Συμμετείχε ελαφρώς υψηλότερο ποσοστό γυναικών απ' ό,τι οι άνδρες. Η ομάδα 20-29 ετών με 208 (37,0%) ερωτηθέντες είχε το μέγιστο ποσοστό ερωτηθέντων. οι ομάδες 40-49 και άνω των 50 ετών με 73 (13,0%) και 72 (12,8%) ερωτηθέντες, αντίστοιχα, είχαν τα ελάχιστα ποσοστά των ερωτηθέντων. Επιπλέον, σχεδόν οι μισοί συμμετέχοντες (σχεδόν 57%) στη μελέτη αυτή είχαν

ακαδημαϊκό τίτλο (Mohammad Ali Baghapour, Mohammad Reza Shooshtarian and Babak Djahed, 2016).

Κατά μέσο όρο, 58,2% των ερωτηθέντων συμφώνησαν με την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων σε διάφορες εφαρμογές, μόνο το 24,1% των ερωτηθέντων διαφώνησε και το 17,7% δεν είχε γνώμη. Το 74,9% των ερωτηθέντων αντιτάχθηκε στη χρήση αποβλήτων για μαγειρική χρήση και πόσιμο και μόνο το 8,9% συμφώνησε με τη χρήση του. Περισσότεροι από τους μισούς ερωτηθέντες συμφώνησαν με τη χρήση ανακτηθέντων λυμάτων στην άρδευση. Το 21,5 και το 14,9% των ανθρώπων αντιτάχθηκαν στη χρήση τους για άρδευση καλλιεργειών που καταναλώνονται ακατέργαστες και άρδευση καλλιεργειών που μαγειρεύονται αντίστοιχα. Τα στοιχεία έδειξαν ότι τα 45,2, 32,0 και 39,3% των πολιτών του Shiraz συμφώνησαν με τη χρήση των αποκατεστημένων λυμάτων στην ιχθυοκαλλιέργεια, το λούσιμο και το πλύσιμο ρούχων. Επίσης, η μέγιστη προθυμία χρήσης ανακτηθέντων λυμάτων αφορούσε την κατανάλωση από το δημόσιο (87,7%), το πλύσιμο αυτοκινήτων (85,8%), τον κλιματισμό (70,1), την αποχέτευση (81,0%) και τον καθαρισμό σπιτιών (68,7%). Έτσι, η αποδοχή των πολιτών του Shiraz για διάφορες εφαρμογές ήταν η εξής: δημόσια κατανάλωση, πλύσιμο αυτοκινήτων, καθαρισμός τουαλέτας, κλιματισμός, καθαρισμός σπιτιών, γεωργική άρδευση (καλλιεργείες που μαγειρεύονται πριν από το φαγητό), γεωργική άρδευση (καλλιεργείες που καταναλώνονται πρώτες), ιχθυοκαλλιέργεια, πλύσιμο ρούχων, κολύμβηση, μαγείρεμα, πόση (Mohammad Ali Baghapour, Mohammad Reza Shooshtarian and Babak Djahed, 2016).

Σε γενικές γραμμές, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι ερωτηθέντες δεν γνώριζαν τίποτα για τη χημική ποιότητα (67,4%) ή για τη μικροβιολογική ποιότητα (81,5%) των αποβλήτων της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Η μέγιστη αποδοχή της επεξεργασμένης χρήσης λυμάτων σχετίζεται με τη δημόσια κατανάλωση (87%), το πλύσιμο αυτοκινήτων (85%) και την δεξαμενή (80%), αντίστοιχα. Η ελάχιστη αποδοχή αφορούσε το μαγείρεμα και το ποτό (8%). Επίσης, παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της προθυμίας των πολιτών να χρησιμοποιήσουν τα αποκατεστημένα λύματα και μεταβλητών όπως το επίπεδο εκπαίδευσης, το φύλο, η ευαισθητοποίηση σχετικά με τη διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων και η ευαισθητοποίηση σχετικά με την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων. Οι πολίτες της πόλης Shiraz, όπως άλλοι άνθρωποι στον κόσμο, ήταν λιγότερο πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν τα αποκατεστημένα λύματα για το μαγείρεμα, το πόσιμο, το πλύσιμο και το λούσιμο, αλλά η προθυμία τους ήταν προφανώς μεγαλύτερη σε εφαρμογές με λιγότερη επαφή με το δέρμα (Mohammad Ali Baghapour, Mohammad Reza Shooshtarian and Babak Djahed, 2016).

5.9 Δημόσια αντιλήψη επαναχρησιμοποίησης νερού στο σταθμό επεξεργασίας λυμάτων Sulaibiya στο Κουβέιτ

Οι κύριες πηγές νερού στο Κουβέιτ είναι η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού και τα υπόγεια ύδατα. Επίσης, τα ανακυκλωμένα απόβλητα λυμάτων θα μπορούσαν να είναι μια πρόσθετη πηγή νερού. Η χρήση του θα μειώσει τον όγκο του ανακυκλωμένου νερού που απορρίπτεται στο περιβάλλον και θα μπορούσε να μειώσει τη ζήτηση για παροχή φρέσκου νερού. Στην έρευνα συμμετείχαν πάνω από 1.500 τυχαία νοικοκυριά που κατοικούν σε 64 συνοικίες στο Μητροπολιτικό Κουβέιτ. Η έρευνα έλαβε υπόψιν την κατανομή της συχνότητας του εκπαιδευτικού επιπέδου, τη γνώση της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, την ηλικία, την εθνικότητα και το φύλο του δείγματος πληθυσμού. Επιπλέον, έλαβαν υπόψιν τις στάσεις των κατοίκων όσον αφορά την προθυμία τους να χρησιμοποιούν επαναχρησιμοποιημένο νερό για διάφορους σκοπούς.

Το Κουβέιτ είναι μια μικρή χώρα με πολύ λίγους πόρους. Ως εκ τούτου, η σπατάλη προηγμένων επεξεργασμένων λυμάτων είναι ακατάλληλη και μη πρακτική, τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική άποψη. Το επαναχρησιμοποιημένο νερό αποτελεί σημαντικό υδατικό πόρο. Η χρήση του στη γεωργία καθίσταται εναλλακτική λύση για την επεξεργασία για τη διάθεση σε ποτάμια. Τα επαναχρησιμοποιημένα λύματα είναι η μόνη πηγή πρόσθετου νερού για άρδευση, βιομηχανία και αστική μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση που

στην πραγματικότητα αυξάνεται σε ποσότητα καθώς αυξάνεται ο πληθυσμός και η κατανάλωση νερού. Τα προηγμένα επεξεργασμένα απόβλητα παράγονται στο Κουβέιτ και μπορούν να απορριφθούν σε τεχνητά κατασκευασμένες υγρές εκτάσεις. Αυτό θα μπορούσε να μειώσει την ανάγκη αποθήκευσης, να δημιουργήσει τους απαιτούμενους υδροτόπους για την αισθητική και την ψυχαγωγική τους αξία, καθώς και να προσφέρει ένα ιερό για μεταναστευτικά πουλιά που χειμώνουν ετησίως στην περιοχή. Ένα καλό σημείο εκκίνησης για μελλοντική επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων για τη βιομηχανία θα μπορούσε να βρίσκεται σε περιοχές κοντά σε σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και προτάσεις

Συνοψίζοντας, στην εργασία αυτή έγινε αναφορά για την συμπεριφορά του κοινού σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση ανακτημένων λυμάτων και εξετάστηκαν οι διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν το κοινό θετικά ή αρνητικά. Ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το κοινό είναι ο φόβος να νοσήσουν από παθογόνους μικροοργανισμούς που έχουν παραμείνει στα λύματα. Οι γυναίκες είναι αυτές που ασχολούνται κατά κύριο λόγο με το νοικοκυριό και έχουν την ευθύνη να μην νοσήσει η οικογένεια από παθογόνα βακτήρια, καθώς και εκπαίδευσή τους θα οδηγούσε σε αύξηση της χρήσης ανακτημένου νερού στους οικιακούς χώρους.

Τα συναισθήματα των ανθρώπων διαφέρουν ανάλογα με το μορφωτικό τους επίπεδο. Οι απλοί άνθρωποι αντιλαμβάνονται τον κίνδυνο ως σοβαρό θέμα ακόμα και όταν η πιθανότητα είναι ελάχιστες. Οι εμπειρογνώμονες αντίθετα, δεν επηρεάζονται αν οι πιθανότητες κινδύνου είναι μικρή. Επίσης, και η αίσθηση της αηδίας αποτρέπει από τη χρήση επαναχρησιμοποιημένου νερού.

Σημαντική, είναι επίσης και η τιμή του νερού. Το νερό επηρεάζεται ανάλογα με την τιμή που θα το αγοράσει. Το κοινό είναι θετικό στην χρήση μόνο όταν το κόστος του επαναχρησιμοποιημένου νερού είναι μικρότερο από αυτό του καθαρού ή αρδευτικού νερού. Οι φτωχότεροι είναι αυτοί που δεν το χρησιμοποιούν γιατί δεν έχουν να αγοράσουν ούτε σε χαμηλότερη τιμή. Αντίθετα, οι πλουσιότεροι προτιμούν καθαρότερα προϊόντα. Επίσης, πρέπει να λάβουν υπόψιν πως η τιμή του επαναχρησιμοποιημένου πρέπει να είναι αρκετά πιο χαμηλή από το καθαρό νερό για να είναι προσιτό από το κοινό. Η πολιτεία θα πρέπει λοιπόν να ρυθμίσει το κόστος του νερού ώστε να είναι αποδεκτό από τους χρήστες. Να κάνει αυστηρότερους ελέγχους της ποιότητας του νερού και να ενδιαφερθεί για τη στενή παρακολούθηση της συμπεριφοράς του κοινού και των επαγγελματιών σε πρακτικές επαναχρησιμοποίησης.

Το κράτος, επίσης οφείλει να σέβεται το κοινό για να κερδίσει την εμπιστοσύνη του. Όταν το κράτος λειτουργεί με αρχές, οι κάτοικοι το εμπιστεύονται και μπορούν να αποδεχθούν τη χρήση νερού ακόμα και για πόση. Επίσης, ο σημαντικότερος παράγοντας για την αποδοχή στην επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι και η ακριβή και πλήρη ενημέρωση του κοινού. Αν το κοινό ενημερωθεί σωστά και κατανοήσει τους λόγους επαναχρησιμοποίησης καθώς επίσης και το ποσοστό επικινδυνότητας τότε θα το αποδεχτεί πιο εύκολα.

Οι αγρότες και οι ξενοδόχοι ασπάζονται πρακτικές που θα δημιουργήσουν όφελος στην επιχείρησή τους. Οι αγρότες κατά κύριο λόγο θέλουν να διασφαλίσουν το μέλλον της επιχείρησής τους και κάνουν τις απαραίτητες ενέργειες για την επίτευξη του σκοπού τους. Δηλαδή δεν προωθούν τόσο πολύ την περιβαλλοντική τους συνείδηση. Τα όρια που θέτει η νομοθεσία είναι αυτά που τους κάνουν να βελτιώνονται όσον αφορά την ανάκτηση νερού.

Σχετικά με την αποδοχή του κοινού για άμεση ή έμμεση πόση του ανακτημένου νερού, υπάρχουν προβλήματα σχετικά με την υγεία των καταναλωτών. Αυτό σημαίνει πως μπορεί να προκύψουν σοβαρά προβλήματα υγείας και η υποψεία αυτή των καταναλωτών τους οδηγεί σε άρνηση. Σε πόλεις που γίνεται άμεση ή έμμεση χρήση για πόση, οι πολίτες δεν προβάλλουν καμία αντίρρηση. Η ενημέρωση και εκπαίδευση των πολιτών αποτελεί βασικό

παράγοντα για την υποστήριξη των προγραμμάτων αυτών. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από εργαστήρια, επισκέψεις στους χώρους επεξεργασίας, εκθέσεις, ημερίδες, διαφημιστικά φυλλάδια κλπ. Η βιωματική εκπαίδευση έχει δώσει καλύτερα δείγματα σε σχέση με την απλή σχολική γνώση. Τον μεγαλύτερο ρόλο στο να κατευθύνουν τη γνώμη του κοινού για την αποδοχή προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης νερού, τον έχουν τόσο η πολιτεία όσο και οι κυβερνήσεις.

Σε γενικές γραμμές, η αποδοχή των ανθρώπων διαφέρει ανάλογα την χώρα που ζουν, τις αντιλήψεις της κοινωνίας, τις πληροφορίες που έχουν για το θέμα και φυσικά την ασφάλεια που νιώθουν από τις αρχές. Επίσης, η αποδοχή τους μειώνεται αισθητά όταν πρόκειται για οικιακή χρήση ή για πόση. Σε χώρες που ήδη γίνεται χρήση ανακτημένου νερού για διάφορους σκοπούς ακόμα και για έμμεση πόση, οι κάτοικοι είναι σε μεγαλύτερο βαθμό θετικοί.

Ένα εξειδικευμένο ρυθμιστικό πλαίσιο θα ήταν καθοριστικό καθώς στο μέλλον προβλέπονται πολλά έργα επαναχρησιμοποίησης νερού. Χρέος της πολιτείας είναι να προετοιμάσει τους κατοίκους για να δεχτούν την πρακτική επαναχρησιμοποίησης ως κάτι φυσικό. Επίσης θα πρέπει να τους ενημερώνει σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να μην προκληθεί άγχος ή πίεση στους απλούς πολίτες.

Η πλήρης και σφαιρική πληροφόρηση του κοινού και των επαγγελματιών είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την αποδοχή στην επαναχρησιμοποίηση του νερού. Θα πρέπει να ενημερώνονται οι ενδιαφερόμενοι για τις απαιτήσεις της νομοθεσίας και να εμπλέκονται περισσότερο στη λήψη αποφάσεων.

Βιβλιογραφία

Αγγλική βιβλιογραφία

1. J.R. Adewuni, A.A. Ilemobade, J.E Van Zyl, 2010, Wastewater reuse in South Africa: Overview, potential and challenges. Resources, Conservation and Recycling, Volume 55, Pages 221-231.
2. A.N Angelakis, L.Bontoux, 2001. Wastewater reclamation and reuse in Eureau Countries, Water Science, Volume 3, Pages 47-59
3. A.N Angelakis, L. Bontoux and V. Lazarova, 2003, Challenges and perspectives for water recycling and reuse in Eli countries. Water Science and Technology: Water Supply, Volume 3, Issue 4, Pages 59-68
4. A. N. Angelakis and P. Gikas, 2014. Water reuse: Overview of current practices and trends in the world with emphasis on EU states, Water Utility, Volume 8, Pages 67-78
5. A.N Angelakis., M.H. F Marecos do Monte, L. Bontoux, T. Asano, 1999. The Status Of Wastewater Reuse Practise in the Mediterranean Basin: Need for Guidelines", Water Research, Volume 33, Pages 2201-2217
6. T. Asano, F. L. Burton, H. L. Leverenz, R. Tsuchihashi and G. Tchobanoglous, 2007. Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications. Metcalf & Eddy, Inc., The Mc-Graw-Hill companies, Volume 3, Issue 1, Pages 36-46
7. M.A. Baghapour, M.R. Shooshtarian, B. Djahed, 2017. A survey of attitudes and acceptance of wastewater reuse in Iran: Shiraz City as a case study. Journal of Water Reuse and Desalination, Volume 7, Issue 4, Pages 511-519,
8. R. W. Baker, 2004. Membrane Technology and Applications. Metcalf and Eddy, McGraw Hill, Volume 8, Issue 2, Pages 552
9. S. Bakopoulou, S. Polyzos., A. Kungolos, 2010. Investigation of farmers' willingness to pay for using recycled water for irrigation in Thessaly region, Greece, Volume 250, Issue 1, Pages 329-334
10. L. Baroni, L. Cenci, M. Tettamanti, M. Berati, 2007. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. European Journal of Clinical Nutrition, Volume 61, Issue 2, Pages 279–286.
11. D. Bixio, C. Thoeye, J. De Koning, D. Joksimovic 2006. Wastewater reuse in Europe. Desalination, Volume 187, Pages 89- 101
12. A. Bruns-Smith, V. Choy, Chong, R, Verma R, 2015. Environmental sustainability in the hospitality industry: Best practices, guest participation, and customer satisfaction. Cornell Hospitality Report, Volume 15, Issue 3, Pages 6-18.
13. Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government, 2003. A Case Study of Water r Re-usage in Tokyo.
14. N. Buyukkamaci, S. H Alkan, 2013. Public acceptance potential for reuse applications in Turkey. Resources, Conservation and Recycling, Volume 80, Pages 32-35.

15. R.C. Cain, J. Agnew, T. Graczyk, 2011. An analysis of direct potable water reuse acceptance in the United States: obstacles and opportunities. Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health.
16. D.A Devitt, W.W. Miller, 1988. Subsurface Drip Irrigation of Bermudagrass with saline water. *Applied Agricultural Research*, Volume 3, Issue 3, Pages 133-143.
17. E. Diamantopoulou, D. Panyas, 2004. Use of industrial minerals for the removal of toxic organic pollutants from the aqueous environment, Volume 1, Pages 1-10.
18. S.Dolcinar, A. Hurlimann, B. Grun, 2011. What affects public acceptance of recycled and desalinated water. *Water research*, Volume 45, Pages 933-943.
19. L. Domènech, D. Saurí, 2010. Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse technologies in the Metropolitan Area of Barcelona, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 55, Pages 53-62
20. D.Baumann, 1983. Social acceptance of water reuse. *Applied Geography* Volume 3, Issue 1, Pages 79-84
21. J. Dziewinski et al., 1998. Developing and testing electrochemical methods for treating metal salts, cyanides and organic compounds in waste streams. *Waste Management*, Volume 18, Pages 257-263.
22. X. Feng, K.H.Chu, 2004. Cost optimization of industrial wastewater reuse systems. *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 82, Pages 249-255
23. M. Fernanda Jaramillo, I. Restrepo, 2017. Wastewater Reuse in Agriculture: A Review about Its Limitations and Benefits, Volume 9, Pages 1734
24. K.S. Fielding, A.H. Roiko, 2014. Providing information promotes greater public support for potable recycled water. *Water Research*, Volume 61, Pages 86-96
25. J.K. Friedel, T. Langer, C. Siebe, K. Stahr, 2000. Effects of long-term wastewater irrigation on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in Central Mexico. *Biology and Fertility of Soils*, Volume 31, Issue 5, Pages 414-421
26. L. Garcia-Cuerva, E.Z Berglund., A.R Binder., 2016. Public perceptions of water shortages, conservation behaviors, and support for water reuse in the U.S. *Resources. Conservation and Recycling*, Volume 113, Pages 106-115.
27. P. Gikas, G. Tchobanoglous, 2009. Sustainable use of water in the Aegean Islands. *Journal of Environmental Management*, Volume 90, Issue 8, Pages 2601-2611
28. J. Gmarch, Mgual, Forozco, 2014. Experiences on greywater re-use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island, Spain). *Desalination*, Volume 164, Issue 3, Pages 241-247
29. S. Gossling, P. Peeters, C.M. Hall, J.P. Ceron, G. Dubois, V. Lehmann, D. Scott, 2012. Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review. *Tourism Management*, Volume 33, Pages 1-15
30. B.R Hanson, L.J Schwankl, K.F Schulbach, G.S Pettygrove, 1997. A comparison of furrow, surface drip and subsurface drip irrigation on lettuce yield and applied water. *Agricultural Water Management*, Volume 33, Pages 139-157
31. T.W Hartley, 2006. Public perception and participation in water reuse. *Desalination* Volume 187, Pages 115-126
32. A.R Hayes, C.F Mancino, I.L Pepper, 1990. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent. : I. Soil and leachate water quality. *Agronomy Journal*, Volume 82, Pages 939-943.

33. S.M Hocaoglu, 2017. Evaluations of on site wastewater reuse alternatives for hotels through water balance. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 122, Pages 43-50.
34. A. Hurlimann, S. Dolnicar, 2010. When Public Opposition Defeats Alternative Water Projects- the Case of Toowoomba Australia. *Water Research*, Volume 44, Pages 287-297.
35. O. Jensen, H. Wu, 2018. Urban water security indicators: Development and pilot. *Environmental Science and Policy*, Volume 83, Pages 33-45.
36. U. Juttner, G. Schmieder, H. Schmieder, 2000. Electrochemical approaches to environmental problems in the process industry. *Electrochimica Acta*, Volume 45, Pages 2575-2594
37. R. Kammel, 1991. Electrorecovery of metals from dilute process solutions in electroplating. *Proc. Int. Conf. Residues and Effluents-Processing and Environmental Considerations*, Volume 8
38. M. Kellis, I.K. Kalavrouziotis, P. Gikas, 2012. Review of Wastewater reuse in the mediterranean countries, focusing on regulation and policies for municipal and FOR industrial applications. *Global NEST Journal*, Volume 15, Pages 333-350
39. W. Koster, P. Achterberg, 2015. Comment on "Providing information promotes greater public support for potable recycled water. *Water Research* Volume 84, Pages 372-374
40. S.N. Kulshreshtha, 1998. A Global Outlook for Water Resources to the Year 2025. *Water Resources Management*, Volume 12, Issue 3, Pages 167-184.
41. J. Lahnsteiner, G. Lempert, 2007. Water management in Windhoek, Namibia. *Water Science and Technologie*, Volume 55, Pages 441-448
42. H.J. Lease, D. H. MacDonald, D.N Cox., 2014. Consumers' acceptance of recycled water in meat products: The influence of tasting, attitudes and values on hedonic and emotional reactions. *Food Quality and Preference*, Volume 37, Pages 35-44.
43. S. Lyu, W. Chen, W. Zhang, F. Yupeng, W. Jiao, 2016. Wastewater reclamation and reuse in China: Opportunities and challenges. *Journal of Environmental Sciences*, Volume 39, Pages 86-96.
44. B. Mainali, T.T.N Pham, H.H. Ngo, W. Guo, C. Miechel, K. O'Halloran, M. Muthukaruppan, A. Listowski, 2013. Vision and perception of community on the use of recycled water for household laundry: A case in Australia. *Science of the Total Environment*, Volume 463-464, Pages 657-666
45. E. Maloupa, K. Traka-Mavrona, A. Papadopoulos, F. Papadopoulos, D. Pateras, 1999. Wastewater Re-use Horticultural Crops Growing in Soil and Soilless media. *Acta Horticulturae*, Volume 481, Pages 603-608
46. A. Mankad and S. Tapsuwan, 2011. Review of socio-economic drivers of community acceptance and adoption of decentralised water systems. *Journal of Environmental Management*, Volume 92, Issue 3, Pages 380-391
47. A.N. Menegaki, N. Hanly, K.P. Tsagarakis, 2007. The social acceptability and valuation of recycled water in Crete: A study of consumers' and farmers' attitudes. *Ecological Economics*, Volume 62, Pages 7-18
48. A.N. Menegaki, R.C. Mellon, A. Vrentzou, G. Koumakis, K.P. Tsagarakis, 2009. What's in a name: Framing treated wastewater as recycled water increases willingness to use and willingness to pay. *Journal of Economics Psychology*, Volume 30, Pages 285-292.

49. A.N.Menegaki, N. Hanley and K.P.Tsagarakis, 2007. The social acceptability and valuation of recycled water in Crete: A study of consumers' and farmers' attitudes. *Ecological Economics*, Volume 62, Issue 1, Pages 7-18
50. W.G. Miller, 2006. Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. *Desalination*, Volume 187, Issue 1, Pages 65-75
51. S. MuratHocaoglu, 2017. Evaluations of on-site wastewater reuse alternatives for hotels through water balance, *Resources. Conservation and Recycling*, Volume 122, Pages 43-50
52. R. Mujeriego, L. Sala L., M. Carbo, J. Turet, 1996. Agronomic and public health assessment of reclaimed water quality for landscape irrigation. *Water Science and Technology*, Volume 33, Pages 335-344
53. Z. Muyen, G.A. Moore, R.J. Wrigley, 2011. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. *Agricultural Water Management*, Volume 99, Pages 33- 41.
54. J. Neufeld, 2001. Water Conservation with Subsurface Drip Irrigation. Drought Symposium. Prepared for the Drought Symposium sponsored by Senator Larry Craig, Pages 1-3
55. G. Oron, M. Adel, V.Agmon, E. Friedler, R. Halperin, E. Leshem, D. Weinberg, 2014, "Greywater use in Israel and worldwide: Standards and prospects" *Water Research* Volume 58, Pages 92-101
56. S. Pal, S. Chakraborty, S. Datta, S. Mukhopadhyay, 2018. Spatio-temporal variations in total carbon content in contaminated surface waters at East Kolkata Wetland Ecosystem, a Ramsar Site. *Ecological Engineering*, Volume 110, Pages 146-157
57. P.L. Pisani, 2006. Direct reclamation of potable water at Windhoek's Goreangab reclamation plant. *Desalination*, Volume 188, Pages 79-88
58. M. Po, J. Karch, B.E Nancarrow, 2004. Literature review of factors influencing public perceptions of water reuse. *Australian Water Conservation and Reuse Research Program*, Pages 1-39
59. M. Qadir, D. Wichelns, L. Raschid-Sally, P.G. McCornick, P. Drechel, A. Bahri, P.S. Minhas, 2008. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management*, Volume 97, Pages 561-568
60. C. Ravishankar, S. Nautiyal, M.Seshaiah, 2018. Social Acceptance for Reclaimed Water Use: A Case Study in Bengaluru. *Water Recovery Recycling and Resilience*, article, Pages 1-12.
61. J. Rice, A. Wutich, D.D. White, P. Westerhoff, 2016. Comparing actual de facto wastewater reuse and its public acceptability: A three city case study. *Sustainable Cities and Society*, Volume 27, Pages 467-474
62. B. Robert, P.S. Nortcliff, 2011. Water reuse for irrigation in Jordan: Perceptions of water quality among farmers'. *Agricultural Water Management*, Volume 98, Issue 5, Pages 847-854
63. V.L. Ross, K.S. Fielding, W.R. Louis, 2014. Social trust, risk perception and public acceptance of recycled water: Testing a social-psychological model. *Journal of Environmental Management*, Volume 137, Pages 61-68
64. M. Sakellariou-Makrantonaki, I. Tentas, A. Koliou, D. Kalfountzos, P. Vyrlas, 2003. Irrigation of Ornamental Shrubs with treated municipal wastewater. *Conference on Environmental Science and Technology*, Pages 3-6

65. R. Saliba, R. Callieris, D. D'Agostino, R. Roma, A. Scardigno, 2018. Stakeholders' attitude towards the reuse of treated wastewater for irrigation in Mediterranean agriculture. *Agricultural Water Management*, Volume 204, Pages 60-68.
66. K. Scott, E.M. Paton, 1992. An analysis of metal recovery by electrodeposition from mixed metal ion solutions – Part II. Electrodeposition of Cadmium from process solutions. *Electrochimica Acta*, Volume 38, Issue 15, Pages 2191-2197
67. U. Shani, S. Xue, R. Gordin-Katz, A. Warrick A., 1996. Soil-limiting from subsurface emitters. I Pressure measurements. *J. of Irrigation and Drainage*. Volume 122, Issue 5
68. H.M. Smith, S. Brouwer, P. Jeffrey, J. Frijns, 2018. Public responses to water reuse- Understanding the evidence. *Journal of Environmental Management*, Volume 207, Pages 43-50.
69. K. Solomon, 1993. Subsurface drip irrigation: Product selection and performance. In *Subsurface drip irrigation: Theory, practices and application*, eds. Jorgensen, G. S. and K. N. Norum. CAT1 Publication, Volume 2000, Pages 363-372
70. O. Vasquez-Montie, N.J. Horan, D.D Mara, 1996, "Management of domestic wastewater for reuse in irrigation", *Water Science and Technology*, Volume 33, Pages 355-362
71. B. Vedry, M. Gousailles, M. Affholder, A. Lefaux, J. Bontoux, 2001. From sewage water treatment to wastewater reuse. One century of Paris sewage farms history. *Water Sci Technol.*, Volume 43, Pages 101-107
72. L. Vera, S. Delgado, M. Álvarez Díaz, L. E. Rodríguez Gómez, 2012. Water reuse in the management of island water resources: The case of the Canary Islands and the Region of Madeira. Volume 61, Page 484
73. L. Victoria, R. Victoria, L.Rossa, W. R.Louis, 2014. Social trust, risk perceptions and public acceptance of recycled water: Testing a social-psychological model. *Journal of Environmental Management*, Volume 137, Pages 61-68
74. J. Wester, K.R. Timpano, D. Cek, D. Lieberman, S.C Fieldstone, K. Broad, 2015. Psychological and social factors associated with wastewater reuse emotional discomfort. *Journal of Environmental Psychology*, Volume 42, Pages 16-23
75. WHO, 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2, Pages 1-222
76. J. Wester, K.R. Timpano, D. Cek, D. Lieberman, S.C Fieldstone, K. Broad, 2015. Psychological and social factors associated with wastewater reuse emotional discomfort. *Journal of Environmental Psychology*, Volume 42, Pages 16-23
77. L. Yi, W. Jiao, X. Chen, W. Chen W., 2011. An overview of reclaimed water reuse in China. *Journal of Environmental Sciences*, Volume 23, Pages 1585-1593.
78. D.F. Zoldoske, S. Genito, G.S. Jorgensen, 1995. Subsurface Drip Irrigation (S.D.I.) on Turfgrass: A University Experience. *Irrigation Notes*.

Ελληνική βιβλιογραφία

79. Β. Ανδρέου, 2012. Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σε Ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο. Υπάρχουσα νομοθεσία στη χώρα μας, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας
80. Π.Σ. Βακάλης, Χ.Δ Τσαντήλας, 2002. Επίδραση άρδευσης βαμβακιού και καλαμποκιού με αστικά απόβλητα στο γεωργικό εισόδημα. *Αγροτική Έρευνα*, τόμος 25, Σελίδες 13-20

81. Ι. Βουρδουμπάς, 2000. Άρδευση Δασικής Φυτείας με επεξεργασμένα αστικά λύματα. Γεωργία-Κτηνοτροφία 6, τόμος 2000. σελίδες 64-68
82. Π. Βαφειάδης, 1995. Τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων'', Επιστημονικό άρθρο
83. Ι. Γιαννοπούλου, Δ. Πάνιας, Ι. Πασπαλιάρης, 2003. Ανάκτηση μετάλλων από τα υγρά απόβλητα μοναδων επιμετάλλωσης με ηλεκτροχημικές μεθόδους. Έκδοση ΤΕΕ
84. Δ.Ε.Υ.Α.Χαλκίδας, 2016. Λειτουργία και συντήρηση κέντρων λυμάτων. Κέντρο Λυμάτων Χαλκίδας
85. Εταιρεία Ύδρευσης - Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης ΕΥΑΘ ΑΕ
86. Θεσμικό πλαίσιο Ελληνικής Υπουργικής Απόφασης 184573/ 13.12.2017, 2011
87. Καλαβρουζιώτης, 2008. Επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων σε εδάφη και άρδευση στη γεωργία. Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
88. Π. Καλικοιάρης Π., 2012. Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση εναλλακτικών συστημάτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας αστικών λυμάτων με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
89. Α. Κουφογιαννάκη Α, 2003. Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης χημικές και φυσικοχημικές παράμετροι σύμφωνα με την οδηγία 98/83/ΕΚ. Τμήμα Περιβάλλοντος του Γενικού Χημείου του Κράτους
90. ΚΥΑ 145116/2011 ΦΕΚ Β35408.03.2011. Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.
91. ΚΥΑ 191002 ΦΕΚ 2220 09.09.2013, Τροποποίηση της υπ. Αριθμ. 145116/2011 κοινή υπουργικής απόφασης. Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Β354) και συναφείς διατάξεις.
92. Οδηγία 91/271 ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία αστικών λυμάτων
93. Β. Λυρά, 2017. Διαχείριση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων και οι διαφαινομένες προοπτικές. Μεταπτυχιακή Εργασία, Ευρωπαϊκό Πανεπιστήμιο
94. Ε. Νταράκας, 2010. Διεργασίες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
95. Α.Γ. Πανώρας, Ι.Γ. Μαυρουδής., Χ.Η. Βαξεβάνη, Σ.Λ. Χατζηγιαννάκης, 1992. Πρόβλεψη του κινδύνου έμφραξης των σταλακτήρων από τη χρήση Πανεπιστήμιο των υπόγειων νερών της Β. Ελλάδας. Υδροτεχνικά, τόμος 2, σελίδες 5-13
96. Α.Γ. Πανώρας, Α.Μ. Χατζηαθανασιάδου, Χ. Γ Τόπης, 1994. Είδος φθορών και κόστος συντήρησης δικτύων άρδευσης με σταγόνες. Γεωπονικά, τόμος 35, σελίδες 35-40.
97. Α.Γ. Πανώρας, Ι.Γ. Μαυρουδής, Στ.Λ. Χατζηγιαννάκης, 1993. Εφαρμογή της ισοπέδωσης με laser στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, τόμος 4, σελίδες 14-19
98. Α.Γ. Πανώρας, Α.Κ. Ηλίας, 1997. Υγρά αστικά απόβλητα: Μια νέα πηγή νερού για τους Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων. Γεωπονικά. τεύχος 369, σελίδες 73-85. Έκδοση Γεωπονικού Συλλόγου Μακεδονίας-Θράκης
99. Α. Πανώρας, Α. Ηλίας, Γ. Σκαράκης, Α. Παπαδόπουλος Α., Φ. Παπαδόπουλος, Γ. Παρισσόπουλος, Δ. Πατέρας, Α. Παπαγιαννοπούλου, Α. Ζδράγκας, Κ. Αναγνωστόπουλος, 1998. Άρδευση Ζαχαροτεύλων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Αποτελέσματα

Ερευνητικού Έργου: Ανάκτηση Αστικών Υγρών Αποβλήτων με χρήση Φυσικών Συστημάτων και Επαναχρησιμοποίησή τους για άρδευση και ανάπλαση Υγροτόπων. κεφάλαιο 4

100. Α. Πανώρας, Α. Ηλίας, 1999. Άρδευση με Επεξεργασμένα Υγρά Αστικά Απόβλητα. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Δ
101. Α. Πανώρας, Δ. Καλαφατέλη, Ε. Ρέρη, 1999. Διερεύνηση της καταλληλότητας για άρδευση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Τόμος 1-Σειρά Ι. Αρ. 1-1999, ΓΕΩΤ.Ε.Ε. Θεσσαλονίκη.
102. Α. Πανώρας, Α. Ηλίας, Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Σκαράκης, Φ. Παπαδόπουλος, Γ. Παρισσόπουλος, Α. Ζδράγκας, Α. Παπαδόπουλος, Σ. Καμπέλη, 2000. Επίδραση του τρόπου άρδευσης και της ποιότητας του νερού στην απόδοση της κρυσταλλικής ζάχαρης των ζαχαροτεύτλων, 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελίδες 477-484.
103. Φ. Πλιακας, Ι. Διαμαντής, 1998. Ο τεχνητός εμπλουτισμός των υπόγειων νερών και εφαρμογές του στην Ελλάδα και το διεθνή χώρο. Έκδοση ΤΕΕ Ι, τεύχος 1
104. Μ. Σακελλαρίου, Ν Μασλάρης, Δ. Καλφούντζος, Χ. Γούλας, Χ., 1998, Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. σελίδες 271-280
105. Γ. Στουρνάρας, 1995. Τεχνητός εμπλουτισμός υδροφόρων οριζόντων. σελίδες 1-13
106. Γ. Τσακίρης, 2001. Διαχείριση Υδάτινων Πόρων για την Ειρήνη και την Ανάπτυξη. Δ.Π.Μ.Σ. Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων
107. Π. Παρασκευάς, Π Βαφειάδης, 1994. Τεχνητός Εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων. Εκδότης: Παπασωτηρίου.
108. Γ. Χατζούλης, Γ . Μελίδης, 2010. Διαχείριση Στερεών και Υγρών Αποβλήτων. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Τεχνολογίας Πετρελαίου & Φυσικού Αερίου
109. Στ. Χατζηγιαννάκης, , Ν. Θεοδώρου, 1991. Η χρήση των ακτινών laser στην ισοπέδωση των χωραφιών. Έκδοση Ι.Ε.Β., σελίδες 13
110. Π. Χρυσανθοπούλου, 2018. Επαναχρησιμοποίηση νερού: Αποδοχή απο το κοινό και από διάφορες κοινωνικές και επαγγελματικές ομάδες. Ανοικτό Πανεπιστήμιο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΘΕΣΜΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ – ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ 2011

ΥΑ οικ//2011 (ΥΑ οικ.145116 ΦΕΚ Β 354 2011): Μέτρα, όροι & διαδικασίες για επαναχρησιμοπο.επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (536949)

Αριθμ. οικ.145116 (ΦΕΚ Β΄ 354/08.03.2011) Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις.

*** ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Με το άρθρο 2 της ΚΥΑ με αριθ. οικ. 191002 (ΦΕΚ Β 2220/9.9.2013). ορίζονται τα ακόλουθα: "Αιτήματα για έκδοση άδειας επαναχρησιμοποίησης που έχουν υποβληθεί στις Διευθύνσεις Υδάτων πριν από την έναρξη ισχύος της παρούσας, ολοκληρώνονται ως προς την αξιολόγηση και έγκριση τους, σύμφωνα με τις προϊσχύουσες διατάξεις, εκτός αν ο φορέας του έργου/ δραστηριότητας ζητήσει την υπαγωγή του στις διατάξεις της παρούσας απόφασης".

***ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:ΒΛ.ΕΓΚΥΚΛΙΟ ΥΠΕΚΑ ΟΙΚ.145447/2011 με ΘΕΜΑ:.. Διευκρινίσεις σχετικά με την ορθή εφαρμογή της ΚΥΑ 45116/02-02-2011 (ΦΕΚ Β΄354/2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις».

ΟΙ ΥΠΟΥΡΓΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ, ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ - ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ, ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ - ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ - ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Εχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις του άρθρου 10 (παρ. 2) του Ν. 1650/1986 "Για την προστασία του περιβάλλοντος" (Α' 160), όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 3010/2002 (Α' 91).

2. Τις διατάξεις των άρθρων 2, 4 (παρ. 1 εδάφια ε και ζ), 5 (παρ. 6), 11, 13 και 14 του Ν. 3199/2003 "Προστασία και διαχείριση των υδάτων - εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000" (Α' 280).

3. Τις διατάξεις των άρθρων 1, 2, 4 (παρ. 1), 9, 11 και 12 (παρ. 4 εδ. στ και ι και παρ. 6) του Π.Δ. 51/2007 "Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/ΕΚ. του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000" (Α' 54).

4. Την υπ. αριθ. 5673/400/1997 ΚΥΑ "Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων" (Β' 192) που εκδόθηκε σε συμμόρφωση με την οδηγία 91/271/ΕΟΚ και τροποποιήθηκε με την υπ. Αριθ. 19661/1982/1999 ΚΥΑ (Β' 1811) και την υπ. Αριθ. 48392/939/2002 ΚΥΑ (Β' 405).

5. Την υπ. αριθ. 39626/2208/2009 ΚΥΑ "Καθορισμός μέτρων για την προστασία των υπόγειων νερών από την ρύπανση και την υποβάθμιση, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2006/118/ΕΚ "σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από την ρύπανση και την υποβάθμιση", του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 2006" (Β' 2075).

6. Την Υγειονομική Διάταξη Ε1β 221/65 "Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων" (Β' 138), όπως ισχύει.

7. Τις διατάξεις του Π.Δ. 148/2009 "Περιβαλλοντική ευθύνη για την πρόληψη και την αποκατάσταση των ζημιών στο περιβάλλον - Εναρμόνιση με την οδηγία 2004/35/ΕΚ κλπ" (Α' 190).

8. Την υπ. αριθ. 2876/2009 Απόφαση του Πρωθυπουργού "Αλλαγή τίτλου Υπουργείων" (Β' 2234).

9. Τις διατάξεις του άρθρου 6 του Π.Δ. 189/2009 "Καθορισμός και ανακατανομή των αρμοδιοτήτων των Υπουργείων" (Α' 221).

10. Τις διατάξεις του άρθρου 2 (παρ. 4) του Π.Δ. 24/2010 "Ανακαθορισμός των αρμοδιοτήτων των Υπουργείων και τροποποίηση του Π.Δ. 189/2009" (Α' 56).

11. Το γεγονός ότι από τις διατάξεις της απόφασης αυτής δεν προκαλείται δαπάνη σε βάρος του Κρατικού Προϋπολογισμού.

12. Την ανάγκη λήψης μέτρων για τη διασφάλιση ισορροπίας μεταξύ της άντλησης και ανατροφοδότησης των υπογείων υδάτων και την αντιμετώπιση των αυξανόμενων επιπτώσεων της λειψυδρίας και της ξηρασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς και την αναμενόμενη επιδείνωση του προβλήματος εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής όπως διατυπώνονται: α. στην ανακοίνωση σχετικά με τη λειψυδρία και την ξηρασία στην Ευρωπαϊκή Ένωση COM(2007) 414 και β. στην έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής προς το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο COM(2008) 875.