



ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ & ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**« Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ
ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΔΙΑΦΑΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ »**

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΛΥΡΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ - ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Δρ. ΑΛΕΞΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Ε.ΔΙ.Π. Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
Κεφάλαιο 1 ^ο - Οι μέθοδοι επεξεργασίας και η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων.....	6
1.1 Εισαγωγή.....	6
1.2 Επεξεργασία υγρών αστικών αποβλήτων.....	7
1.3 Ορισμοί εννοιών και η αναγκαιότητα της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων.....	10
1.4 Κίνδυνοι από την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων.....	13
1.4.1 Αποδοχή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης από τους πολίτες.....	14
1.5 Ιστορική Αναδρομή.....	16
Κεφάλαιο 2 ^ο - Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αστικών αποβλήτων.....	19
2.1 Άρδευση αγροτικών περιοχών.....	19
2.2 Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων, που δεν χρησιμοποιούνται για Ύδρευση.....	21
2.3 Επαναχρησιμοποίηση για σκοπούς ύδρευσης.....	22
2.3.1 Άμεση πόσιμη επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων.....	23
2.3.2 Έμμεση πόσιμη επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων.....	23
2.4 Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία.....	24
2.5 Αστική επαναχρησιμοποίηση.....	24
2.6 Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής.....	26
Κεφάλαιο 3 ^ο - Νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων.....	27
3.1 Νομοθεσία στην Ελλάδα.....	27

3.1.1 ΚΥΑ 145116/2011 (Φ.Ε.Κ. 354/Β/8.3.2011)	27
3.1.2 ΚΥΑ 191002/2013 (ΦΕΚ 2220/Β/9-9-2013)	33
3.2 Νομοθεσία στον ευρωπαϊκό χώρο	35
3.3 Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.)	36
3.4 Κανονισμός Πολιτείας Καλιφόρνια.....	38
Κεφάλαιο 4 ^ο - Παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης σε διάφορες χώρες.....	40
4.1 Γενικά.....	40
4.2 Τρέχουσα κατάσταση στην επαναχρησιμοποίηση του νερού στην Ε.Ε.	40
4.3 Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση στον κόσμο	46
4.4 Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για χρήση ως πόσιμο νερό.....	51
Κεφάλαιο 5 ^ο - Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων στην Ελλάδα.....	53
5.1 Οι υδατικοί πόροι της Ελλάδας.....	53
5.2 Γενικά στοιχεία για Ε.Ε.Λ. στην Ελλάδα	55
5.2.1 Στοιχεία για τις μεγαλύτερες Ε.Ε.Λ. στην ελληνική επικράτεια	57
5.3 Γενικά στοιχεία για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ελλάδα.....	59
5.4 Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση στον ελλαδικό χώρο	62
5.4.1 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη Χαλκίδα	65
5.4.2 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη Θεσσαλονίκη	69
5.4.3 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη Θεσσαλία	71
5.5 Επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων	73
5.6 Μελλοντικά έργα και χρηματοδότηση.....	74
Κεφάλαιο 6 ^ο - Συμπεράσματα - Προτάσεις	76
6.1 Συμπεράσματα	76
6.2 Προτάσεις επαναχρησιμοποίησης.....	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81
ΔΙΑΔΥΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	84

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιάσει τις μεθόδους επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων που εφαρμόζονται στην Ελλάδα τη σημερινή εποχή και ταυτόχρονα να προτείνει μελλοντικά έργα και δράσεις επαναχρησιμοποίησης υγρών αστικών αποβλήτων.

Για το σκοπό αυτό παρουσιάστηκαν οι μέθοδοι επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών αποβλήτων καθώς και το εθνικό αλλά και ευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο, η οδηγία του Π.Ο.Υ. και ο Κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνια που ισχύουν για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Ταυτόχρονα, αφού η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων εφαρμόζεται επιτυχώς πολλά χρόνια σε διάφορες χώρες του κόσμου, παρουσιάστηκαν εκτενώς παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης και η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε. Στη συνέχεια καταγράφηκαν στοιχεία που αφορούν τις υπάρχουσες Ε.Ε.Λ. της Ελλάδας, δίνοντας έμφαση στις μεγαλύτερες, στοιχεία για τους εθνικούς υδατικούς πόρους, αλλά και υφιστάμενες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης ή μελλοντικά έργα που θα μπορούσαν να υλοποιηθούν σε διάφορες περιοχές και πόλεις της χώρας.

Η επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων στην Ελλάδα βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, αν και θα μπορούσαν να έχουν υλοποιηθεί περισσότερα έργα επαναχρησιμοποίησης σε διάφορες Ε.Ε.Λ. της χώρας. Οι αιτίες είναι κυρίως η καθυστέρηση στην κατασκευή Ε.Ε.Λ. στους μικρούς οικισμούς, η έλλειψη χρηματοδότησης καθώς και η απουσία πολιτικής βούλησης στις πιθανές αντιδράσεις των τοπικών κοινωνιών. Τέλος, είναι σημαντικό γεγονός η άρνηση αποδοχής των έργων επαναχρησιμοποίησης από τους πολίτες, είτε ως χρήστες ή καταναλωτές, που οφείλεται στην ελλιπή ενημέρωση και στην ανεπαρκή καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης.

ABSTRACT

This postgraduate thesis aims to present the methods of reusing waste water which are applied in Greece nowadays while proposing future projects and urban waste water reuse activities.

For this purpose presented methods of reuse urban waste water, the national and European legal framework, the WHO guidelines and Regulation of State California applicable to wastewater reuse. Simultaneously, as the reuse of urban waste was successfully applied for many years in various countries, detailed examples of reuse were given as well as the applied technology. Moreover, data of the existing WWTP in Greece is presented, national data on water resources and water reuse existing applications or future projects, which could be implemented in different regions and cities.

The reuse of urban waste in Greece is in an early stage, although they could have been more reuse projects in different WWTP of the country. Among the possible causes is the delay in the construction WWTP in small settlements, the lack of funding as well as the lack of political will on the possible reactions of the local communities. Finally, an important cause is the rejection of reuse projects by citizens, either as users or consumers, due to lack of information and insufficient culture of environmental awareness.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απόρριψη των υγρών αστικών αποβλήτων στο περιβάλλον προκαλεί την ποιοτική υποβάθμιση των υδατικών πόρων και επιβάλλει την λήψη δραστικών μέτρων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων. Επιπλέον, η ρύπανση των υδατικών πόρων, η συνεχόμενη αύξηση του πληθυσμού, οι περιοδικές ξηρασίες αλλά και η κλιματική αλλαγή έχουν αναγκάσει τα κράτη να αναζητήσουν νέες πηγές υδατικών αποθεμάτων.

Σε όλα τα προαναφερθέντα προβλήματα η χρήση των κατάλληλα επεξεργασμένων εκροών των αστικών λυμάτων φαίνεται να δίνει βιώσιμες λύσεις και να ανοίγει νέα πεδία έρευνας. Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων βοηθά στη διατήρηση των αποθεμάτων ύδατος και είναι ποικίλες οι χρήσεις κατά την εφαρμογή τους. Αρκετές χώρες αναγκάστηκαν να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν συστήματα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων, αφού η λύση αυτή ήταν μονόδρομος.

Κεφάλαιο 1^ο - Οι μέθοδοι επεξεργασίας και η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων

1.1 Εισαγωγή

«Τα αστικά λύματα είναι τα οικιακά λύματα ή το μείγμα οικιακών με βιομηχανικά λύματα(μικρό ποσοστό) ή/και όμβρια ύδατα», σύμφωνα με την οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Τα λύματα αυτά προέρχονται από τις κατοικίες και διάφορες άλλες δραστηριότητες (σχολεία και πανεπιστήμια, δημόσιες επιχειρήσεις, χώροι εργασίας, τουριστικές μονάδες, βιοτεχνίες και άλλα). Τα οικιακά λύματα είναι τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που προέρχονται κυρίως από τον ανθρώπινο μεταβολισμό και τις εμπορικές δραστηριότητες. Τα βιομηχανικά λύματα δεν είναι οικιακά λύματα, αλλά είναι οποιαδήποτε λύματα που απορρίπτονται από χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε βιομηχανική δραστηριότητα (DG- Environment, 2001).

Η επεξεργασία λυμάτων είναι η διαδικασία που διαχωρίζει τις επικίνδυνες ουσίες από το νερό στα λύματα, ώστε το νερό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πάλι στο περιβάλλον. Τα λύματα μεταφέρονται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού μέσω του αποχετευτικού δικτύου και κάποιες φορές με τη χρήση ειδικών βυτιοφόρων οχημάτων.

Γενικά, οι υπάρχουσες μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, εφαρμόζονται στην πράξη, είτε καθεμιά ξεχωριστά, είτε συνήθως σε κατάλληλο συνδυασμό, ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, τον τελικό αποδέκτη, τις επιθυμητές χρήσεις και τα διαθέσιμα τεχνικά και οικονομικά μέσα. Απαραίτητα γενικά στοιχεία για κάθε μελέτη επεξεργασίας είναι μεταξύ άλλων η γνώση της παραγωγικής διαδικασίας, ο καθορισμός των σημείων και του τρόπου δημιουργίας υγρών αποβλήτων, τα βασικά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά τους και οι δυνατότητες τελικής διάθεσης, καθώς και η δυνατότητα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης τους.

Η συλλογή και επεξεργασία των αστικών λυμάτων είναι αναγκαία αφού αποφεύγεται η περιβαλλοντική υποβάθμιση, προστατεύονται τα υπόγεια νερά, οι παράκτιες περιοχές, οι θάλασσες, οι λίμνες και τα ποτάμια, η υποβάθμιση της ποιότητας ζωής και κυρίως προστατεύεται η δημόσια υγεία.

1.2 Επεξεργασία υγρών αστικών αποβλήτων

Οι διάφορες μέθοδοι καθαρισμού των λυμάτων γίνονται σε ελεγχόμενες ευνοϊκές συνθήκες και αποτελούν απομίμηση των διαφόρων διεργασιών που γίνονται στη φύση, όταν διατεθούν υγρά απόβλητα. *«Για τον καθαρισμό των λυμάτων χρησιμοποιείται συνήθως ένας συνδυασμός φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών με στόχο την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος»* (Νταρακάς, 2010).

Η απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων γίνεται με συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Οι διεργασίες αυτές σκοπεύουν να δεσμεύσουν και να αφαιρέσουν τους ρύπους από τη μάζα του νερού. Το σύνολο των διεργασιών αυτών είναι η διαδικασία επεξεργασίας και η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, στην οποία διαχωρίζονται με βιοτεχνολογικές διεργασίες οι ρύποι από το νερό, ονομάζεται βιολογικός καθαρισμός (Αραβώσης, 2003). Η βασική αρχή, στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών, είναι ο μετασχηματισμός των διαλυμένων οργανικών και ανόργανων ενώσεων, που αποτελούν τους ρύπους του νερού, με μεταβολικές διαδικασίες σε κύτταρα και εξωκυτταρικές ουσίες, που έχουν την τάση να συνενώνονται. Οι μάζες των οργανικών και ανόργανων ενώσεων που δημιουργούνται, δεσμεύουν με προσρόφηση και απορρόφηση τους αιωρούμενους ρύπους. Με τον τρόπο αυτό το μείγμα των λυμάτων μετατρέπεται σε ενώσεις κυτταρικής βιομάζας και νερό και μπορεί να διαχωρίζεται ο διαλύτης (νερό) από τις εναιωρούμενες ουσίες (βιομάζα) με τεχνικές διάλυσης.

Για την πρακτική εφαρμογή των διαφόρων διαδικασιών και μεθόδων καθαρισμού έχουν αναπτυχθεί ειδικές εγκαταστάσεις με κατάλληλη διαμόρφωση και εξοπλισμό, ώστε να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή απόδοση με ελεγχόμενες και ρυθμιζόμενες συνθήκες. Έτσι, έχουν διαμορφωθεί τα ακόλουθα στάδια επεξεργασίας

και καθαρισμού, που εκφράζουν το βαθμό της καθαρότητας της τελικής απορροής (Μαρκαντωνάτος, 1990, Στάμου, 1995) :

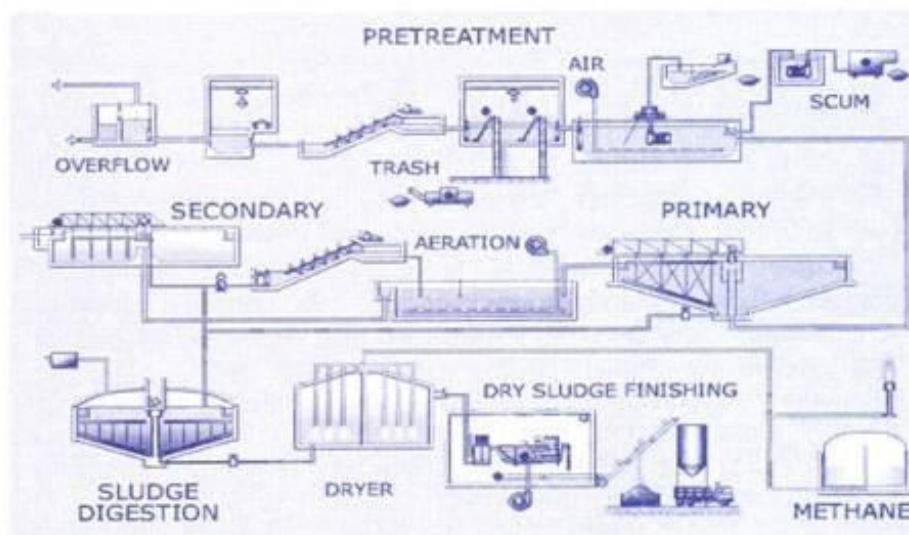
- **Προεπεξεργασία**, κατά την οποία απομακρύνονται υλικά όπως χαλίκια, άμμος, μικρά τεμάχια ξύλου και πλαστικού, λάδια, λίπος κ.λπ. τα οποία συνήθως προκαλούν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και προβλήματα στη λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.)
- **Πρωτοβάθμια επεξεργασία**, κατά την οποία απομακρύνεται ένα μέρος των αιωρούμενων στερεών και ένα μέρος των οργανικών ουσιών και αυτό επιτυγχάνεται με το φυσικό φαινόμενο της καθίζησης.
- **Δευτεροβάθμια επεξεργασία**, κατά την οποία απομακρύνονται οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες και τα αιωρούμενα στερεά με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών.
- **Τριτοβάθμια επεξεργασία**, κατά την οποία απομακρύνονται οι εναπομείνουσες από την δευτεροβάθμια επεξεργασία αιωρούμενες ουσίες, κυρίως με τη χρήση μέσου διήθησης. Κύριος σκοπός είναι η αφαίρεση του φωσφόρου και του αζώτου. Το άζωτο μπορεί να βρίσκεται στο νερό με την μορφή αμμωνίας, η οποία είναι τοξική για τα ψάρια. Οι ενώσεις του φωσφόρου (άλατα) μπορούν να προκαλέσουν ευτροφισμό στους ποταμούς ή στη θάλασσα.
- **Προχωρημένη επεξεργασία - απολύμανση**, για την απομάκρυνση των αιωρούμενων αλλά και των διαλυμένων ουσιών που παραμένουν στα απόβλητα μετά τη βιολογική επεξεργασία, όταν αυτή απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών (χρήση χημικών ουσιών π.χ. χλώριο, όζον) και περιλαμβάνει τεχνολογίες όπως χρήση μεμβρανών, διήθηση, αντίστροφη ώσμωση, προσρόφιση σε ενεργό άνθρακα, ιοντοεναλλαγή κ.ά.

Η τελική διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων μπορεί να γίνει σε κάποιο υδάτινο φορέα ή στο έδαφος και πέρα από την απλή απόρριψη τους στο περιβάλλον συνήθως αποβλέπει στην επαναχρησιμοποίησή τους (π.χ. άρδευση). Η αξιοπιστία

μιας μονάδας ανάκτησης υγρών αποβλήτων μπορεί να εκτιμηθεί σε σχέση με την ικανότητα της να παράγει σταθερά αποδεκτή εκροή, που ανακτάται από υγρά απόβλητα. Τα προβλήματα που επηρεάζουν την εκτέλεση και αξιοπιστία μιας μονάδας ανάκτησης υγρών αποβλήτων είναι δύο κατηγοριών:

α) προβλήματα υγρών αποβλήτων, που οφείλονται σε ατέλειες στο σχεδιασμό και σε λειτουργικές ελλείψεις και μηχανικές ζημιές και

β) προβλήματα που προξενούνται εξαιτίας της μεταβλητότητας της εισροής του υγρού αποβλήτου, ακόμα και όταν η μονάδα ανάκτησης είναι σχεδιασμένη, λειτουργεί και συντηρείται, με υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές.



Εικόνα 1 : Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. (Πηγή: www.yourarticlelibrary.com)

Τα κύρια πλεονεκτήματα της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων είναι τα ακόλουθα:

- Προστασία της δημόσιας υγείας
- Προστασία των υδάτινων πόρων και του περιβάλλοντος γενικά
- Αξιοποίηση του τριτοβάθμιου επεξεργασμένου νερού που διατίθεται για άρδευση στη γεωργία και σε χώρους πρασίνου, και συνεπώς εξοικονόμηση του πόσιμου νερού

- Αξιοποίηση της παραγόμενης λάσπης ως εδαφοβελτιωτικό προϊόν στη γεωργία
- Αξιοποίηση του βιοαερίου ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με την παράγωγη ηλεκτρισμού.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων είναι τα στερεά που περιέχουν, η θερμοκρασία, το χρώμα, η οσμή, η πυκνότητα, και η θολότητα.

Τα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι πολύ πιο σημαντικά από τα φυσικά τους χαρακτηριστικά και δίνουν μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα του γενικού τους χαρακτήρα (Κούγκολος, 2005).

Οι κατηγορίες των χημικών χαρακτηριστικών διακρίνονται σε:

- Οργανικά συστατικά
- Ανόργανα συστατικά
- Αέρια

Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν τα αστικά λύματα είναι οι εξής:

- ΒΑΟ: Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (biochemical oxygen demand, BOD₅)
- ΧΑΟ: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (chemical oxygen demand, COD)
- Αιωρούμενα Στερεά (suspended solids, SS)

1.3 Ορισμοί εννοιών και η αναγκαιότητα της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων

Είναι σημαντικό να αναφερθούν κάποιιοι όροι οι οποίοι αφορούν το πεδίο της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων και θα συμβάλλουν στην πληρέστερη κατανόηση της διαδικασίας της επαναχρησιμοποίησης (Metcalf and Eddy, 2007).

Ανάκτηση νερού: Επεξεργασία ή διαχείριση των υγρών αποβλήτων που τα καθιστούν επαναχρησιμοποιούμενα. Χρησιμοποιείται και αφορά τη διανομή του νερού στο χώρο χρήσης και τον ακριβή προσδιορισμό της χρήσης του.

Ανακτημένο νερό: Νερό το οποίο είναι αποτέλεσμα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και είναι κατάλληλο για άμεση ωφέλιμη χρήση ή για ελεγχόμενη χρήση.

Επαναχρησιμοποίηση νερού: Η χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για ωφέλιμο σκοπό, όπως γεωργική άρδευση, βιομηχανική ψύξη, κ.α.

Άμεση επαναχρησιμοποίηση: Η χρήση του ανακτημένου νερού το οποίο μεταφέρεται από τη μονάδα επεξεργασίας και ανάκτησης λυμάτων στο χώρο επαναχρησιμοποίησης, χωρίς να μεσολαβήσει εκροή του ανακτημένου νερού σε φυσική λεκάνη απορροής. Τέτοιες χρήσεις περιλαμβάνουν την άρδευση γεωργικών εκτάσεων και χώρων πρασίνου.

Έμμεση επαναχρησιμοποίηση: Έμμεση χρήση του ανακτημένου νερού μέσω τροφοδοσίας του σ' ένα φυσικό υδάτινο σύστημα ή χρήση υπόγειου νερού το οποίο έχει εμπλουτιστεί με ανακτημένο νερό.

Η αναγκαιότητα της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων στη σημερινή εποχή είναι δεδομένη και επιτακτική. Έτσι, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης καθώς και σε συνδυασμό με τις υφιστάμενες δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων συμπεραίνουμε ότι οι υπάρχουσες τεχνικές καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις της βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Πιο αναλυτικά (Παρανυχιανάκης κ.α., 2009):

1) Προστασία του περιβάλλοντος και των οικοσυστημάτων.

Με την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων μειώνεται ο όγκος των εκροών που καταλήγει στους υδάτινους αποδέκτες. Επομένως περιορίζεται η περιβαλλοντική υποβάθμιση παράκτιων περιοχών καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα.

2) Αρχή της βιωσιμότητας.

Η αρχή της βιωσιμότητας απαγορεύει τη μείωση ή την υποβάθμιση των φυσικών πόρων. Χρησιμοποιώντας τα επεξεργασμένα λύματα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων. Αποφεύγεται η υπεράντληση υπόγειων αποθεμάτων, η οποία οδηγεί σε φαινόμενα ερημοποίησης και υποβάθμισης του εδάφους.

3) Εξοικονόμηση ενέργειας.

Μειώνοντας τις απαιτούμενες αντλήσεις μειώνεται ταυτόχρονα και η απαραίτητη ενέργεια για τη λειτουργία των αντλιών, με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται φυσικοί πόροι απαραίτητοι για την παραγωγή ενέργειας.

4) Οικονομικά οφέλη.

Μειώνεται το ενεργειακό κόστος που χρειάζεται για τη λειτουργία των αντλιών και των γεωτρήσεων, με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος που επιβαρύνει τον καταναλωτή / αγρότη σε κάποιες περιπτώσεις.

5) Μείωση της ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα.

Μεγάλο μέρος της ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα προκαλείται από νιτρικά, τα οποία είναι αγροτικής προέλευσης. Η χρήση των νιτρικών μπορεί να περιορισθεί με την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση, εάν αξιολογηθεί και η θρεπτική αξία των λυμάτων και η έμμεση χρήση τους ως λίπασμα.

6) Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να θεωρηθούν μια αστείρευτη υδατική πηγή, αφού όπου υπάρχει κατανάλωση υπάρχει και παραγωγή νερού κατάλληλου για συγκεκριμένες χρήσεις.



Εικόνα 2 : Ε.Ε.Λ. Ψυττάλειας (Πηγή : www.ypeka.gr)

1.4 Κίνδυνοι από την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων

Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων παρουσιάζει, εκτός από περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη, πιθανούς κινδύνους. Προκειμένου να διασφαλιστεί το περιβάλλον αλλά και η δημόσια υγεία, οι κίνδυνοι από την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων θα πρέπει να αντιμετωπιστούν. Οι κίνδυνοι αυτοί αναφέρονται παρακάτω (Common Implementation Strategy Guidelines, 2016).

Κίνδυνοι για την υγεία και το περιβάλλον

- ❖ Τα ανεπεξέργαστα λύματα περιέχουν ρυπαντικές ουσίες και οργανισμούς που μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τόσο την ανθρώπινη υγεία, όσο και το περιβάλλον. Η παρουσία αυτών των ουσιών και των οργανισμών μειώνεται μέσω της επεξεργασίας, κυρίως της δευτεροβάθμιας, αλλά η επιπρόσθετη επεξεργασία μπορεί να είναι αναγκαία για την παροχή νερού, το οποίο είναι ασφαλές για επαναχρησιμοποίηση. Ορισμένες από τις ουσίες ρυθμίζονται ήδη από τη νομοθεσία της Ε.Ε., και είναι σημαντικό ότι το νερό που χρησιμοποιείται για επαναχρησιμοποίηση εφαρμόζεται αυτή η νομοθεσία.
- ❖ Εάν το νερό δεν έχει υποβληθεί σε κατάλληλη επεξεργασία πριν από την επαναχρησιμοποίηση, τόσο το περιβάλλον όσο και οι άνθρωποι μπορούν να εκτεθούν στις παθογόνες ουσίες μέσω ψεκασμού κατά τη διάρκεια της άρδευσης, την άμεση επαφή με το νερό ή την κατανάλωση άπλυτων, άψητων τροφών. Μέσα στο χρόνο, οι ουσίες που μπορούν να συσσωρευτούν στα εδάφη ή στα υπόγεια ύδατα και επομένως συμβάλλουν στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος.
- ❖ Προκειμένου να ελεγχθούν οι κίνδυνοι που τίθενται από την επαναχρησιμοποίηση του νερού, και εκτός από την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων, παράγοντες όπως η ποιότητα των υδάτων υποδοχής, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα και η ζώνη των υδάτων διηθήσεως (για υδροφορέα) και την αποστράγγιση του εδάφους (για άρδευση) πρέπει να ληφθούν υπόψη.
- ❖ Η τοποθεσία που το αναγεννημένο νερό απολυμαίνεται με χλώριο, αποτελεί μια πιθανή αρνητική επίδραση στην επαναχρησιμοποίηση νερού και αυτό

είναι η απόρριψη των υπολειμμάτων από την επεξεργασία του χλωρίου στο περιβάλλον, η οποία μπορεί να βλάψει τα υδατικά συστήματα.

Οικονομικοί κίνδυνοι

- ❖ Η επαναχρησιμοποίηση του νερού θεωρείται ως μια δαπανηρή επιλογή με χαμηλές αποδόσεις των επενδύσεων, ιδίως σε σύγκριση με την άντληση από τα υδάτινα σώματα. Πολλά συστήματα έχουν ωφεληθεί από την άμεση ή έμμεση επιδότηση για τη στήριξη της προσφοράς και της ζήτησης της επαναχρησιμοποίησης του νερού, η οποία μπορεί να χρειάζεται περαιτέρω εξέταση, ιδίως κατά την εξέταση της ανάγκης για την ανάκτηση του κόστους και της οικονομικής βιωσιμότητας στον τομέα των υδάτων. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το κόστος των συμβατικών υδατικών πόρων συχνά επίσης επιδοτείται ή διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα (κυρίως για άρδευση) και
- ❖ Το κόστος της υποδομής για ένα σύστημα επαναχρησιμοποίησης, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, τα συστήματα διανομής νερού και τα συστήματα άρδευσης μπορεί να χρειαστούν χρηματοδότηση και η οικονομική βιωσιμότητα των έργων αυτών θα εξαρτηθεί από την υπάρχουσα κατάσταση.

Κοινωνικός κίνδυνος

Σε ορισμένες χώρες, η δημόσια αντίληψη της επαναχρησιμοποίησης του νερού μπορεί να είναι αρνητική και μπορεί να υπάρχει μια δυσπιστία ως προς τις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης νερού. Αυτός ο κίνδυνος είναι ο σημαντικότερος και ελλοχεύει σε όλα σχεδόν τα έργα στην Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένων και των έργων επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης λυμάτων.

1.4.1 Αποδοχή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης από τους πολίτες

Τα έργα επαναχρησιμοποίησης του νερού, ανεξάρτητα από το πόσο τεχνικά άρτια και επιστημονικά αιτιολογημένα είναι, μπορεί να αποτύχουν λόγω μη αποδοχής τους από το κοινό. Επομένως, ο σημαντικότερος παράγοντας για να επιτύχει οποιοδήποτε

πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης νερού, είναι να φέρει της αποδοχής της τοπικής κοινωνίας που θα το χρησιμοποιεί. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα εφαρμογών της επαναχρησιμοποίησης που με την κατάλληλη ενημέρωση του κόσμου και της τοπικής κοινωνίας στέφθηκαν με απόλυτη επιτυχία, αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που η τοπική κοινωνία αρνήθηκε να αποδεχτεί αυτές τις εφαρμογές και οι προσπάθειες εγκαταλείφθηκαν.

Από τη δεκαετία του 1970, πολλές μελέτες έχουν ασχοληθεί με την κοινωνική στάση απέναντι στην επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού σε διάφορες χώρες του κόσμου. Οι μελέτες αυτές έχουν υποδείξει ότι είναι ισχυρή και ευρεία η υποστήριξη για τη χρήση ανακτημένου νερού για την άρδευση πάρκων, γηπέδων γκολφ, κήπους και λιβάδια από σανό, καθώς επίσης και για άρδευση βοσκοτόπων, τα βρώσιμα φυτά, συμπεριλαμβανομένων των αμπελώνων και των λαχανικών. Ωστόσο, η κοινωνική στήριξη για έργα επαναχρησιμοποίησης του νερού μειώνεται καθώς αυξάνεται ο βαθμός και η πιθανότητα να έρθουν τα άτομα σε στενή προσωπική επαφή με το νερό. Για παράδειγμα, ορισμένες οικιακές χρήσεις (π.χ. χρήση τουαλέτας και πλύσιμο των ρούχων) έχουν υψηλά ποσοστά αποδοχής, ενώ χρήσεις με στενότερη επαφή (π.χ. κολύμβηση) έχουν μόνο μέτρια υποστήριξη. Τα χαμηλότερα επίπεδα αποδοχής αναφερθεί όσον αφορά βασικές, ζωτικής σημασίας, χρήσης, όπως η πόση και το μαγείρεμα. Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στις περιπτώσεις που η κοινωνία αποδεχθεί τη χρήση του αναγεννημένου νερού, η τιμή διάθεσής του είναι αισθητά χαμηλότερη από το νερό ύδρευσης (EU-level instruments on water reuse, 2016).

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την αρνητική στάση των πολιτών στη χρήση του ανακτώμενου νερού είναι (Australian Guidelines, 2004):

- Η ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης. Με την ανάπτυξη της περιβαλλοντικής συνείδησης οι πολίτες και οι κοινωνικές ομάδες μπορεί να παρακινηθούν και να αποδεχθούν τη χρήση του ανακτημένου νερού, εφόσον φυσικά πεισθούν ότι τηρούνται όλοι οι κανόνες ασφαλείας.
- Το αίσθημα «αηδίας», το οποίο οφείλεται σε καθαρά ψυχολογικούς λόγους και έχει να κάνει με την αίσθηση ότι κάτι που έχει έρθει κάποτε σε επαφή με κάτι βρώμικο είναι δυνητικά επιβλαβές και μολυσματικό.

- Το κόστος του ανακτημένου νερού. Οι καταναλωτές θα προτιμήσουν την χρήση ανακτημένου νερού, εφόσον αυτό προσφέρεται σε τιμή σημαντικά πιο χαμηλή από αυτή του νερού ύδρευσης.
- Η εμπιστοσύνη στις αρχές και στην επιστημονική γνώση και εμπειρία. Η εμπιστοσύνη του κοινού στις αρχές που λειτουργούν την εγκατάσταση ανάκτησης νερού και διενεργούν τους ελέγχους ποιότητας, είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την αποδοχή χρήσης ανακτημένου νερού.
- Το αίσθημα κοινωνικής δικαιοσύνης. Είναι ο λόγος που αναβλήθηκε το έργο ανάκτησης νερού στο San Diego της Καλιφόρνια, όταν ένας πολιτικός της περιοχής υποστήριξε ότι το επαναχρησιμοποιούμενο νερό θα προορίζεται για χρήση στις πιο υποβαθμισμένες συνοικίες της περιοχής, με χαμηλά εισοδήματα.

1.5 Ιστορική Αναδρομή

Από την αρχαιότητα ήταν γνωστές η ύδρευση και η αποχέτευση, και οι πρώτες αναφορές γίνονται την εποχή που άκμαζε ο Μινωικός πολιτισμός. Όμως, ο καθαρισμός όμως των υγρών αποβλήτων με τη σημερινή έννοια δεν έχει κανένα ιστορικό παρελθόν, διότι η εξέλιξη του είναι πολύ πιο πρόσφατη. Βέβαια σε πολλές αρχαιολογικές ανασκαφές υπήρχαν ευρήματα που δίνουν ενδείξεις για κάποια μορφή επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων όπως π.χ. αρχαίες εγκαταστάσεις με χαλικόφιλτρα. Η εξέλιξη της επεξεργασίας των αποβλήτων στην αρχαιότητα δεν είναι σε καμία περίπτωση εφάμιλλη εκείνης με άλλους τομείς της υδραυλικής των οικισμών (αποχέτευση, όμβρια). Μέχρι το 19^ο αιώνα δεν έγινε καμία σημαντική αλλαγή στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων (Metcalf and Eddy, 1991).

Έτσι, από το 1900, ήταν γνωστές πολυάριθμες γεωργικές εκμεταλλεύσεις κυρίως στην Αμερική, αλλά και στην Ευρώπη. Παρ' όλο, που σ' αυτές τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις ο κύριος σκοπός ήταν η διάθεση των αποβλήτων, η συμπτωματική χρήση τους στην άρδευση για φυτική παραγωγή και άλλες ευεργετικές χρήσεις ήταν μια πραγματικότητα. Πρόσφατα ένας μεγάλος αριθμός έργων ανάκτησης - επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων έχουν κατασκευασθεί σε διάφορα μέρη του κόσμου. Το 1904 στη Γερμανία επινοήθηκε η πρώτη σηπτική δεξαμενή Imhoff. Το

1926 στο Grand Canyon Park στην Arizona, χρησιμοποιήθηκαν αρχικά επεξεργασμένα υγρά απόβλητα σε διπλό σύστημα υδροδότησης για τον καθαρισμό τουαλετών και μετά για άρδευση χορτοταπήτων, ψύξη και παραγωγή ατμού. Το 1929 στην πόλη Pomona της California, άρχισε ένα έργο χρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για άρδευση καλλωπιστικών κήπων και άλλων χώρων πρασίνου (Ongerth and Ongerth 1982). Επίσης, το 1912, χρησιμοποιήθηκαν υγρά απόβλητα (αρχικά ανεπεξέργαστα και μετά επεξεργασμένα σε σηπτικές δεξαμενές) στο Golden Gate Park στο San Francisco, για τη διαβροχή χορτοταπήτων και υδατοτροφοδοσία λιμνοδεξαμενών αναψυχής. Μια συμβατική μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κατασκευάστηκε στην ευρύτερη περιοχή αυτού του πάρκου το 1932 και η επαναχρησιμοποίηση της εκροής της συνεχίστηκε μέχρι το 1985 (Metcalf and Eddy, 1991).

Η εταιρία Bethlehem Steel, στην Baltimore του Maryland, χρησιμοποιεί από το 1942 χλωριωμένη δευτεροβάθμια εκροή υγρών αποβλήτων. Ένα διπλό σύστημα υδροδότησης υλοποιήθηκε το 1960 στην πόλη Springs του Colorado. Στην πολιτεία αυτή των ΗΠΑ επαναχρησιμοποιούνται υγρά απόβλητα μετά από ανάκτησή τους, κυρίως για άρδευση κοινόχρηστων εκτάσεων, όπως είναι golfs, πάρκα, νεκροταφεία και πρανή δρόμων (Water Pol. Control Feder., 1989). Ένα από τα πιο σημαντικά έργα εμπλουτισμού υπογείων υδροφορέων με ανακτώμενα υγρά απόβλητα άρχισε το 1962 στην επαρχία Whittier Narrows στο Los Angeles της California. Μετά από εκτεταμένη και μακροχρόνια έρευνα εκτίμησης πιθανών επιδράσεων στη δημόσια υγεία, επί 20 συνεχή έτη, το τελικό συμπέρασμά της είναι ότι δεν παρατηρήθηκε καμία ανεπιθύμητη επίδραση στον υδροφορέα και στον πληθυσμό της περιοχής, που να οφείλεται στην ανάκτηση και χρήση εκροών υγρών αποβλήτων (Asano, 1985 και Nellor et al., 1985).

Στις ΗΠΑ, το 1975, υπήρχαν σε λειτουργία 536 τέτοια έργα. Η εκτιμώμενη συνολική ποσότητα ανακτόμενων υγρών αποβλήτων, που χρησιμοποιούνταν σ'αυτά τα έργα ήταν 2,571 εκατ. m³/d. Τα πιο σημαντικά από αυτά ευρίσκονται σε ξηρικές και ημιξηρικές περιοχές των ΗΠΑ, όπως στη Florida και τη Νότια Carolina, με σκοπό τον περιορισμό της ρύπανσης και τον εφοδιασμό με νερό αστικών περιοχών. Με δεδομένο το ενδιαφέρον για προστασία της δημόσιας υγείας και της γενικότερης ασφάλειας, οι μη πόσιμες χρήσεις, όπως είναι η άρδευση γεωργικών και άλλων

κοινόχρηστων εκτάσεων και χώρων αναψυχής, έχουν καταστεί μια σταθερή και αποδεκτή πρακτική στη μελέτη και το σχεδιασμό έργων ανάκτησης – επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων (Crook and Okun, 1987). Σε μερικές, όμως πόλεις, έχουν αναπτυχθεί σχέδια και για πόσιμη χρήση, όπου δεν υπάρχουν δυνατότητες πρόσφορης ανάπτυξης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων (Lauer, 1991 Lauer et al., 1985 κ.α.).

Τα τελευταία χρόνια έχει ευρέως αναγνωρισθεί η αναγκαιότητα και τα οφέλη της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων σε πολλά κράτη. Σήμερα η τεχνολογία της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι ικανή για την απόδοση νερού οποιασδήποτε σχεδόν επιθυμητής ποιότητας.

Κεφάλαιο 2^ο - Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αστικών αποβλήτων

Οι τύποι επαναχρησιμοποίησης καθορίζουν την απαιτούμενη επεξεργασία των λυμάτων καθώς και το βαθμό της αξιοπιστίας των μεθόδων επεξεργασίας. Οι τύποι επαναχρησιμοποίησης μπορούν να διακριθούν σε δύο κύριες κατηγορίες (Asano, 1992):

Μη-πόσιμη επαναχρησιμοποίηση

- Γεωργική
- Επαναφόρτιση υπόγειων υδροφόρων οριζόντων
- Βιομηχανική
- Δημιουργία χώρων αναψυχής
- Αστική

Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση

- Άμεση
- Έμμεση

Παρακάτω γίνεται παρουσίαση των κυριότερων χαρακτηριστικών των παραπάνω εφαρμογών.

2.1 Άρδευση αγροτικών περιοχών

Η άρδευση αποτελεί την πιο μαζική χρήση νερού κυρίως στις ξηρές περιοχές αλλά και στις υγρές περιοχές, η άρδευση εφαρμόζεται συμπληρωτικά των βροχοπτώσεων. Παγκοσμίως η αγροτική άρδευση αποτελεί το 70% της συνολικής χρήσης νερού και υπερβαίνει κάθε άλλη χρήση κατά τουλάχιστον 1000%. Χαρακτηριστικά, στις ΗΠΑ η άρδευση αντιπροσωπεύει το 34% - 40% της συνολικής χρήσης νερού, ενώ στο Ισραήλ αποτελεί το 73,1% και στην Ελλάδα το 83,7% (Αγγελάκης,2000). Όταν οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της ζήτησης (αστικής και γεωργικής), τότε επιλέγεται το διαθέσιμο νερό να χρησιμοποιηθεί δύο

φορές: αρχικά για αστική χρήση και μετά το επεξεργασμένο απόβλητο να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, αφού πρώτα υποστεί την απαραίτητη επεξεργασία.

Έτσι σήμερα λειτουργούν αρκετά συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για αγροτική άρδευση. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η εφαρμογή λυμάτων στο έδαφος αποτελούσε πάντα και συνεχίζει να αποτελεί τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών λυμάτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών.

Όμως, απαιτείται διαχωρισμός περιορισμένης και απεριόριστης άρδευσης βάσει των αρδευόμενων καλλιεργειών και του τρόπου εφαρμογής του νερού, έτσι ώστε να εξαλειφθούν οι κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία. Η περιορισμένη άρδευση αφορά σε καλλιέργειες όπως δάση, εκτάσεις όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωση τους τουλάχιστον. Ως προς τους τρόπους εφαρμογής του νερού, η μέθοδος καταιονισμού δεν επιτρέπεται. Η ελάχιστη επεξεργασία λυμάτων που απαιτείται για την περιορισμένη άρδευση είναι η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία. Σε περιπτώσεις μεγάλων χρονικών διαστημάτων αποθήκευσης των λυμάτων, σε επιφανειακούς ταμιευτήρες, απαιτείται προχωρημένη επεξεργασία για την απομάκρυνση του αζώτου και του φώσφορου (Ανδρεαδάκης κ.α.,2005).

Η απεριόριστη άρδευση, αφορά όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών, όπως λαχανικά, αμπέλια και γενικά καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά. Κατά την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι εφαρμογής του νερού, συμπεριλαμβανομένου και του καταιονισμού. Η ελάχιστη επεξεργασία λυμάτων που απαιτείται για απεριόριστη άρδευση είναι η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, που ακολουθείται από τριτοβάθμια και απολύμανση. Οι απαιτήσεις ως προς την απομάκρυνση του αζώτου και του φώσφορου, είναι κοινές με τις αντίστοιχες στην περίπτωση της περιορισμένης άρδευσης (Ανδρεαδάκης κ.α.,2005).

2.2 Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων, που δεν χρησιμοποιούνται για Ύδρευση

Ο εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα με επεξεργασμένα λύματα μπορεί να επιτραπεί στις περιπτώσεις όπου αποδεδειγμένα ο υδροφορέας δεν χρησιμοποιείται για σκοπούς ύδρευσης. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων μετά τον εμπλουτισμό του υδροφορέα με λύματα θα πρέπει να είναι κατ'ελάχιστον ισοδύναμη με την ποιότητα που απαιτείται για απεριόριστη αρδευτική ή αστική χρήση. Ωστόσο, με δεδομένη την αβεβαιότητα ως προς μελλοντικές πιθανές χρήσεις του υδροφορέα, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή συσσώρευσης οργανικών στα υπόγεια ύδατα. Επομένως, απαιτείται επαρκής βαθμός επεξεργασίας, εκτός από δευτεροβάθμια βιολογική και τριτοβάθμια επεξεργασία, προχωρημένες μεθόδους κατάλληλες για την απομάκρυνση διαλυτού οργανικού φορτίου. Ανεξάρτητα, όμως, από τον ελάχιστο βαθμό επεξεργασίας είναι απαραίτητη η εκτέλεση ειδικών υδρογεωλογικών μελετών, που θα αναφέρονται στην εκάστοτε περιοχή, ώστε να είναι δυνατή, η με ασφάλεια αποφυγή διείσδυσης λυμάτων σε υπόγειους υδροφορείς που χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού.

Ο τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα αστικά απόβλητα μπορεί να έχει τους εξής σκοπούς:

- ✚ Την δημιουργία υδραυλικού φράγματος που θα εμποδίζει την διείσδυση και ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων.
- ✚ Την αποθήκευση επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης π.χ. για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή.
- ✚ Την ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσης του, επειδή η φυσική ανανέωση συμβαίνει με πολύ αργό ρυθμό.
- ✚ Τον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους.
- ✚ Την περαιτέρω επεξεργασία των αστικών αποβλήτων ώστε να είναι δυνατή η μελλοντική χρησιμοποίησή τους.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων (Bouwer,1996) :

- η επιφανειακή διάχυση ή διήθηση (χρησιμοποιούνται λάκκοι, ορύγματα, τάφροι, τροποποιημένες κοίτες υδατορεύματος, φράγματα ανάσχεσης της χειμαρρικής ροής, πλημμυριζόμενες κοίτες και λεκάνες) και
- η άμεση έκχυση των λυμάτων (χρησιμοποιούνται γεωτρήσεις και πηγάδια).

Η επιφανειακή διάχυση αφορά στην διάθεση των λυμάτων μέσα στο έδαφος σε ρηχές επιφάνειες και η μετέπειτα διήθηση των επεξεργασμένων λυμάτων προς τον υπόγειο υδροφόρο. Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε εδάφη που έχουν μέτρια έως μεγάλη διαπερατότητα (αμμώδη ή μίγμα αργίλου με άμμο) και βασίζεται στην πρόσθετη επεξεργασία που υφίστανται τα λύματα καθώς διηθούνται μέσα απ την εδαφική μάζα. Με τη μέθοδο της άμεσης έκχυσης των λυμάτων, τα λύματα φορτίζουν άμεσα τον υπόγειο υδροφόρο μέσα από γεωτρήσεις έκχυσης. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν ο υπόγειος υδροφόρος βρίσκεται σε μεγάλο βάθος και όταν οι υδρογεωλογικές δεν ευνοούν την εφαρμογή της επιφανειακής διάχυσης (π.χ. παρουσία εδαφών με μικρή διαπερατότητα, με ανώμαλη τοπογραφία). Η ειδοποιός διαφορά αυτών των δύο μεθόδων αφορά στην περαιτέρω επεξεργασία που πραγματοποιείται μέσα στο έδαφος κατά την επιφανειακή διάχυση, κάτω από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των εδαφών, όπως για παράδειγμα εδάφη με μικρή διαπερατότητα (Metcalf and Eddy, 1991) .

2.3 Επαναχρησιμοποίηση για σκοπούς ύδρευσης

Η εφαρμογή των έργων επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για άμεση ή έμμεση ύδρευση είναι πολύ περιορισμένη και συμβαίνει μόνο σε κάποιες κοινότητες όπου δεν είναι δυνατή ή είναι ιδιαίτερα δύσκολη η αξιοποίησης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Γενικά προϋπήρξε και υπάρχει ακόμα και σήμερα σοβαρός προβληματισμός ως προς την άμεση ή έμμεση επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για πόση. Ο κύριος προβληματισμός στα έργα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για υδρευτικούς σκοπούς, αφορά πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από πιθανή αντίδραση και

ανάμιξη ανόργανων και οργανικών συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη εκροή, ακόμα και υπό συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας (WHO, 1980 και US-EPA,1992). Αναμένεται ότι τα ποιοτικά κριτήρια για το πόσιμο νερό στο μέλλον θα γίνονται όλο και πιο αυστηρά και επομένως θα απαιτείται όλο και μεγαλύτερη επεξεργασία για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για πόση.

2.3.1 Άμεση πόσιμη επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων

Στην άμεση επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για ύδρευση περιλαμβάνονται τα έργα εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων, όπως το έργο του Whittier Narrows Groundwater Recharge στην περιοχή του Los Angeles της California κι αυτό του El Paso του Texas (Asano, 1985).

2.3.2 Έμμεση πόσιμη επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων

Στην έμμεση πόσιμη επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων το πιο γνωστό γεγονός συνέβη στο Chanute του Kansas των ΗΠΑ, την υδρευτική περίοδο 1956-57, κατά τη διάρκεια της παρατεταμένης ξηρασίας 1952-57 (Metzler et al.,1958). Σ' αυτήν την περίπτωση, η εκροή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας μετά από χλωρίωσή της συγκεντρώνονταν επί πέντε μήνες στον ταμιευτήρα Neosho River και στη συνέχεια χρησιμοποιούνταν για υδροδότηση της πόλης. Ολόκληρη την περίοδο ανατροφοδότησης με πόσιμο νερό, η εκροή τηρούσε τα ισχύοντα ποιοτικά κριτήρια. Έτσι, θεωρήθηκε ότι το περιθώριο ασφάλειας για υδροδότηση κοινοτήτων με νερό ανακτώμενο από υγρά απόβλητα, δεν ήταν και τόσο περιοριστικό. Όμως, το πιο σοβαρό πρόβλημα ήταν η δημόσια αποδοχή και συγκεκριμένα η δημόσια αντίδραση, οφειλόμενη στον ωχρό κίτρινο χρωματισμό, στην όχι ευχάριστη γεύση και οσμή και στη αφρώδη εμφάνιση του χρησιμοποιούμενου νερού (Metzler et al.,1958).

2.4 Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία

Η βιομηχανία προβλέπεται να αποτελέσει μελλοντικά σημαντικό χρήστη των ανακτημένων αστικών λυμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες (στις Η.Π.Α., αντιπροσωπεύει περίπου το 8% της συνολικής κατανάλωσης νερού). Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό, το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου. Η κατανάλωση φυσικού νερού είναι ακόμα υψηλή, αφού αποτελεί το 94% της συνολικής κατανάλωσης νερού για ενεργειακή παραγωγή. Όλοι οι υπόλοιποι τύποι ενεργειακής παραγωγής (άντληση, επεξεργασία και χρησιμοποίηση πετρελαίου και φυσικού αερίου, εξόρυξη, επεξεργασία και χρησιμοποίηση λιγνίτη και άλλων μεταλλευμάτων) αποτελούν το υπόλοιπο 6% της συνολικής κατανάλωσης φυσικού νερού. Στη μεταλλευτική βιομηχανία το νερό χρησιμοποιείται στην εξόρυξη μετάλλων, μη μετάλλων και καυσίμων υλών. Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων είναι (Ανδρεαδάκης, 2009) :

- 1) το νερό ψύξης.
- 2) το νερό τροφοδοσίας λεβήτων.
- 3) το νερό κατεργασίας ή βιομηχανικό νερό.

Η χρήση όμως που παρουσιάζει την μεγαλύτερη ζήτηση είναι το νερό ψύξης.

2.5 Αστική επαναχρησιμοποίηση

Τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για αστική χρήση παρέχουν ανακτημένο νερό για οποιαδήποτε χρήση, πλην της πόσης. Αν και οι ποσότητες ανακτημένων υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι πολύ περιορισμένες και προβλέπεται ότι θα παραμείνουν σε χαμηλά επίπεδα και στο προσεχές μέλλον, οι τεχνολογικές επιτεύξεις στον τομέα αυτό έχουν μεγάλο επιστημονικό και κοινωνικό ενδιαφέρον.

Σε κάποιες μικρές κοινότητες λόγω της δυσκολίας ανάπτυξης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων αναπτύσσουν και υλοποιούν μελέτες για τέτοια συστήματα. Έτσι,

το ενδιαφέρον για τη δημόσια υγεία επιβάλλει την ανάπτυξη σχετικής τεχνογνωσίας. Μερικές από τις αστικές χρήσεις είναι οι ακόλουθες (Sakellariou-Makrantonaki et al., 2004):

- 1) Πότισμα δημόσιων πάρκων και κέντρων αναψυχής, αθλητικών γηπέδων, σχολικών αυλών, νησίδων και κρασπέδων αυτοκινητοδρόμων, νεκροταφείων και κήπων που περιβάλλουν δημόσια κτίρια και εγκαταστάσεις.
- 2) Πότισμα κήπων που περιβάλλουν εμπορικά κέντρα, γραφεία και βιομηχανικά κτίρια.
- 3) Πότισμα κήπων μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, γενικό πλύσιμο και άλλες εργασίες συντήρησης.
- 4) Έλεγχο σκόνης και παραγωγή σκυροδέματος σε δομικά έργα.
- 5) Εμπορικές χρήσεις, όπως οι εγκαταστάσεις πλυσίματος οχημάτων, το πλύσιμο παραθύρων το νερό ανάμιξης για ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και υγρά λιπάσματα.
- 6) Διακόσμηση κήπων με διακοσμητικά σιντριβάνια, πισίνες και καταρράκτες.
- 7) Πυροπροστασία.
- 8) Καθαρισμό τουαλετών σε εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια.

Τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για αστική χρήση προϋποθέτουν την ύπαρξη συστημάτων διπλής διανομής στην αστική περιοχή. Το σύστημα διανομής του ανακτημένου νερού είναι παράλληλο με το κύριο σύστημα διανομής πόσιμου νερού. Στις οικιστικά διαμορφωμένες αστικές περιοχές η εκ των υστέρων εγκατάσταση δεύτερου δικτύου για διανομή ανακτημένου νερού και εσωτερικών υδραυλικών εγκαταστάσεων έχει συνήθως υψηλό κόστος που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι απαγορευτικό. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις τα οφέλη που προκύπτουν από τη διατήρηση αποθεμάτων πόσιμου νερού μπορούν να δικαιολογήσουν το κόστος, π.χ. σε περιπτώσεις που το πόσιμο νερό μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις, ή όταν οι τοπικοί υδροφορείς έχουν τόσο κακή ποιότητα ώστε να απαιτείται μεγάλος βαθμός επεξεργασίας. Στις αναπτυσσόμενες όμως αστικές περιοχές η εγκατάσταση διπλού συστήματος διανομής από την αρχή εξασφαλίζει σημαντικά κέρδη.

«Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετές εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για αστική χρήση, οι περισσότερες από τις οποίες αναφέρονται στο πότισμα κήπων, και εξωτερικών χώρων μεγάλων ξενοδοχειακών μονάδων ιδιαίτερα σε περιοχές με σημαντική έλλειψη νερού» (Ανδρεαδάκης, 2002).

2.6 Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής

Η χρήση ανακτημένων λυμάτων για αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής περιλαμβάνει(Ανδρεαδάκης,2009):

- 1) τη διατήρηση φυσικών ή τη δημιουργία τεχνητών υδροβιότοπων.
- 2) τη δημιουργία χώρων αναψυχής.
- 3) την αύξηση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων.

Σκοπός τους είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος στο οποίο θα μπορεί να αναπτυχθεί η ζωή στο φυσικό περιβάλλον και η ανάπτυξη μιας περιοχής με αυξημένη αισθητική αξία. Στην Καλιφόρνια το 1987, περίπου το 7% της ολικής επαναχρησιμοποίησης σχετιζόταν με την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και τη δημιουργία χώρων αναψυχής. Για τον ίδιο λόγο στη Φλόριντα η περιβαλλοντική χρήση αποτελούσε το 9% της ολικής επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού.

Κεφάλαιο 3^ο - Νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων

3.1 Νομοθεσία στην Ελλάδα

Η διαχείριση των υγρών αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα, όπως και στα υπόλοιπα κράτη-μέλη της Ε.Ε. διέπεται από την οδηγία 91/271/ ΕΟΚ. Στην Ελλάδα το νομοθετικό πλαίσιο των υδατικών πόρων χαρακτηρίζεται από πολυνομία και αντιφατικότητα, όπως και έκδοση ΚΥΑ σε κάθε οδηγία της Ε.Ε. προκειμένου να εναρμονιστεί σε αυτές. Οι ΚΥΑ που καθορίζουν την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η ΚΥΑ 145116/2011 και η τροποποίηση αυτής είναι η ΚΥΑ 191002/2013, οι οποίες θα αναφερθούν παρακάτω.

3.1.1 ΚΥΑ 145116/2011 (Φ.Ε.Κ. 354/Β/8.3.2011)

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 145116/2011 (Φ.Ε.Κ. 354/Β/8.3.2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις» επιφέρει σημαντικές τροποποιήσεις στη διαχείριση αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, έτσι ώστε να μπορούν να ανακτηθούν ως νερό με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους. Διευκρινίσεις για την εφαρμογή της Κ.Υ.Α. παρέχονται στην υπ' αριθμόν 145447/23.6.2011 εγκύκλιο του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.ΚΑ).

Βάσει του άρθρου 3, θεσπίζονται τέσσερις βασικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων:

- (α) άρδευση,
- (β) βιομηχανική χρήση,
- (γ) τροφοδότηση/ εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων και
- (δ) αστική και περιιαστική επαναχρησιμοποίηση.

Επιπρόσθετα, στο άρθρο 4§5, αναφέρεται ότι στους πίνακες 1 και 2 του Παραρτήματος Ι, στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος ΙΙ, στον Πίνακα 5 του Παραρτήματος ΙΙΙ και στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος ΙV που παρατίθενται στην εν λόγω ΚΥΑ, θέτονται όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους για τις διάφορες μεθόδους επαναχρησιμοποίησης, καθώς και ο αντίστοιχος βαθμός της κατ' ελάχιστον απαιτούμενης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από απολύμανση) και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών(άρθρα 16,17).

Επίσης, με τη ΚΥΑ 145116/2011 καταργείται η μελέτη επεξεργασίας και διάθεσης των υγρών αποβλήτων που προβλέπεται στην ΚΥΑ Ε1β/221/1965, κατά το μέρος που καλύπτεται από το πεδίο εφαρμογής της νέας ΚΥΑ. Εισάγεται η μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής του προτεινόμενου συστήματος επαναχρησιμοποίησης, που θα κατατίθεται προς έγκριση και έκδοση της άδειας επαναχρησιμοποίησης στην Διεύθυνση Υδάτων της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης (άρθρο 5§9). Η διάρκεια ισχύος της άδειας επαναχρησιμοποίησης δεν μπορεί να υπερβαίνει κατά μέγιστο τα 8 έτη από την ημερομηνία έκδοσής της (άρθρο 11§2).

Πεδίο εφαρμογής – άρθρο 3

Η ΚΥΑ (άρθρο 3) εφαρμόζεται για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων:

- υγρών οικιακών ή αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών λυμάτων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ 5673/400/1997, ασχέτως μεγέθους εγκατάστασης, και
- υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που προέρχονται από άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ασχέτως μεγέθους, που είναι μη επικίνδυνα, ή έχουν καταστεί μη επικίνδυνα μετά από προβλεπόμενη επεξεργασία.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ 5673/400/1997, είναι οι εξής:

- Επεξεργασία του γάλακτος.
- Παραγωγή οπωροκηπευτικών προϊόντων.

- Παραγωγή και εμφιάλωση μη αλκοολούχων ποτών.
- Μεταποίηση γεώμηλων.
- Βιομηχανία κρέατος
- Ζυθοποιία.
- Παραγωγή αλκοόλης και αλκοολούχων ποτών.
- Παραγωγή ζωοτροφών από φυτικά προϊόντα.
- Παραγωγή ζελατίνας και κόλλας από δέρματα και οστά ζώων.
- Μονάδες παραγωγής βύνης.
- Μεταποιητική βιομηχανία ιχθύων.

Τύποι επαναχρησιμοποίησης – άρθρα 4,5,6,7,8

Στην ΚΥΑ 145116/2011 , στα άρθρα 4,5,6,7 και 8, ορίζονται οι εξής δυνατότητες για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων:

1. Άρδευση, που διακρίνεται σε:

α) Περιορισμένη

β) Απεριόριστη

2. Βιομηχανική χρήση, που διακρίνεται σε:

α) Επαναχρησιμοποίηση ως νερό ψύξης μιας χρήσης

β) Άλλες βιομηχανικές χρήσεις, όπως επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών, κ.α.

3. Τροφοδότηση/ Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων, που διακρίνεται σε:

α) Τροφοδότηση με διήθηση διαμέσω εδαφικού στρώματος

β) Τροφοδότηση με γεωτρήσεις

4. Αστική και Περιαστική επαναχρησιμοποίηση

Οι προαναφερόμενοι τύποι επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων δεν είναι επιτρεπτοί για το σύνολο του πεδίου εφαρμογής της ΚΥΑ. Οι επιτρεπόμενες

μορφές επαναχρησιμοποίησης σε συνάρτηση με την πηγή παραγωγής των υγρών αποβλήτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Δυνατοί τύποι επαναχρησιμοποίησης ανάλογα με την πηγή των υγρών αποβλήτων

Πηγή/ Τύπος υγρών αποβλήτων	Δυνατοί τύποι επαναχρησιμοποίησης
Οικιακά ή αστικά λύματα ή βιομηχανικά λύματα που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ 5673/400/1997, ασχέτως μεγέθους εγκατάστασης	<ol style="list-style-type: none"> 1. Άρδευση 2. Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων 3. Αστική και περιαστική χρήση 4. Βιομηχανική χρήση
Υγρά βιομηχανικά απόβλητα που προέρχονται από άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ασχέτως μεγέθους, που είναι μη επικίνδυνα, ή έχουν καταστεί μη επικίνδυνα μετά από προβλεπόμενη επεξεργασία	<ol style="list-style-type: none"> 1. Βιομηχανική χρήση 2. Περιορισμένη άρδευση μέσω υπεδάφιου συστήματος άρδευσης 3. Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του Π.Δ. 51/2007 και μόνο μέσω διήθησης.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ΚΥΑ δεν βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση διάθεσης σε υδάτινους αποδέκτες (άρθρο 3§3).

Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση- άρθρο 4

Σύμφωνα με το άρθρο 4§1, υπάρχουν δύο τύποι επαναχρησιμοποίησης στην περίπτωση της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα:

«α. Την άρδευση με περιορισμούς (περιορισμένη), η οποία αφορά μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται μετά από θερμική ή άλλη επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, όπως καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων». Στην

περιορισμένη άρδευση δεν επιτρέπεται η εφαρμογή του καταιονισμού ως μεθόδου άρδευσης. Η πρόσβαση του κοινού στην αρδευόμενη έκταση απαγορεύεται.

«β. Η άρδευση χωρίς περιορισμούς (απεριόριστη), η οποία μεταξύ άλλων, αφορά σε όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά. Κατά την απεριορίστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι χρήσης του ανακτημένου νερού, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού και δεν απαιτούνται περιορισμοί στην πρόσβαση».

Τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων – άρθρο 5

Στο άρθρο 5§2, αναφέρονται δύο βασικές μέθοδοι τροφοδότησης των υπόγειων υδροφορέων και *«για την αποφυγή συσσώρευσης οργανικών στα υπόγεια ύδατα[...]απαιτείται»:*

«α) Στις περιπτώσεις άμεσου εμπλουτισμού μέσω γεωτρήσεων υπό πίεση ή με βαρύτητα σε επιλεγμένες θέσεις γεωτρήσεων, επαρκής βαθμός επεξεργασίας για την απομάκρυνση οργανικών που περιλαμβάνει, εκτός από δευτεροβάθμια βιολογική και ενδεχόμενη τριτοβάθμια επεξεργασία, προχωρημένες μεθόδους κατάλληλες για την απομάκρυνση διαλυτού οργανικού υλικού, όπως μέσω μεμβρανών τουλάχιστον υπερδιήθησης ή ισοδύναμης αποτελεσματικότητας εναλλακτικής μεθόδου προχωρημένης επεξεργασίας.

β) Στις περιπτώσεις εμπλουτισμού με μέθοδο διήθησης δια μέσου στρώματος εδάφους με κατάλληλα χαρακτηριστικά και επαρκές βάθος, η αποφυγή των πρόσθετων προχωρημένων μεθόδων επεξεργασίας στο βαθμό που τεκμηριώνεται ότι επιτυγχάνεται επαρκής κατακράτηση οργανικών από το έδαφος».

Με ορισμένες εξαιρέσεις, ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων επιτρέπεται μόνο στις περιπτώσεις κατά τις οποίες τα υπόγεια νερά δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του Π.Δ. 51/2007 (το άρθρο 7 προσδιορίζει τα υδατικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την απόληψη πόσιμου ύδατος, τα οποία είναι: α) όλα τα υδατικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την απόληψη ύδατος με σκοπό την ανθρώπινη κατανάλωση και παρέχουν κατά μέσον όρο άνω των 10 m³ ημερησίως ή εξυπηρετούν περισσότερα από 50 άτομα, και β) τα υδατικά συστήματα που προορίζονται για τέτοια χρήση μελλοντικά).

Στην τροφοδότηση των υπόγειων υδροφορέων εντάσσονται τόσο η υπεδάφια όσο και η επιφανειακή διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, συμπεριλαμβανόμενης και της τελικής διάθεσης σε απορροφητικό βόθρο.

Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση – άρθρο 6

Ο συγκεκριμένος τύπος επαναχρησιμοποίησης αναφέρεται σε αστικές και περιαστικές δραστηριότητες, «κυρίως στο αστικό και περιαστικό πράσινο, τις δασικές εκτάσεις, την αναψυχή, την αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος, την πυρόσβεση, τον καθαρισμό οδών, εκτός των χρήσεων για πόση, την κολύμβηση και τις οικιακές δραστηριότητες»(άρθρο 6§1). Στην παράγραφο 2 του συγκεκριμένου άρθρου αναφέρονται οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης, οι οποίες περιλαμβάνουν: «το πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου, όπως δάση, άλση, νεκροταφεία, πρανή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές οικιών, ελεύθερος χώρος ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων αναψυχής, νερό για την κατάσβεση πυρκαϊών, για τη συμπύκνωση εδαφών, για τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, για διακοσμητικά σιντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υγροβιότοπων, για την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων».

Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση – άρθρο 7

Στην παράγραφο 1 του άρθρου 7, αναφέρεται ότι «η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στη βιομηχανία περιλαμβάνει εφαρμογές όπως χρήση νερών ψύξης, αναπλήρωση νερών λεβήτων και αξιοποίηση για τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες». Η βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Μεταβατικές διατάξεις – άρθρο 15

Η νέα ΚΥΑ αφήνει χρονικό περιθώριο 2 ετών για τη συμμόρφωση όσων εγκαταστάσεων ή δραστηριοτήτων επαναχρησιμοποιούν επεξεργασμένα υγρά απόβλητα και δεν καλύπτονται από τους όρους και τους περιορισμούς της ΚΥΑ.

3.1.2 ΚΥΑ 191002/2013 (ΦΕΚ 2220/Β/9-9-2013)

Με την ΚΥΑ 191002/2013 (ΦΕΚ Β'2220/9-9-2013) τροποποιήθηκε η υπ' αριθμόν 145116/2011 ΚΥΑ , που αφορά την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Οι κυριότερες αλλαγές, αναφέρονται παρακάτω.

- 1) Το πεδίο εφαρμογής επεκτείνεται πλέον και στην επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση και περιορισμένη άρδευση χωρίς κατεισδύσεις στον υπόγειο υδροφορέα επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από βιομηχανικές δραστηριότητες ασχέτως μεγέθους, εκτός αυτών που υπάγονται στο πεδίο εφαρμογής της υπ' αριθμόν 5673/400/1997 ΚΥΑ, τα οποία είναι ή έχουν καταστεί μη επικίνδυνα, σε περιπτώσεις υπόγειων υδατικών συστημάτων που εντάσσονται στο μητρώο των προστατευόμενων περιοχών του άρθρου 6 του ΠΔ 51/2007, κάτι που μέχρι σήμερα απαγορευόταν βάσει της παραγράφου 3 του άρθρου 8 της ΚΥΑ 145116/2011. Προϋπόθεση αποτελεί η υποβολή και έγκριση από την αρμόδια Υπηρεσία κατάλληλης υδρογεωλογικής μελέτης όπου τεκμηριωμένα θα αποδεικνύεται ότι δεν επηρεάζονται οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες που εμπίπτουν στο άρθρο 7 του ΠΔ 51/2007 όπως ορίζεται στο εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του αντίστοιχου Υδατικού Διαμερίσματος, πέραν των απαιτήσεων του άρθρου 8 της ΚΥΑ 145116/2011.
- 2) Διευκρινίζεται ότι στην περίπτωση κατά την οποία βιομηχανικά υγρά απόβλητα τα οποία δεν εξέρχονται από την παραγωγική διαδικασία για άλλες χρήσεις ούτε και διατίθενται στο έδαφος καθιονδδήποτε τρόπο αλλά ανακτώνται εσωτερικά στην ίδια εγκατάσταση και ανακυκλώνονται στην παραγωγική διαδικασία τότε δεν βρίσκουν εφαρμογή οι διατάξεις περί επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Η ανακύκλωση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων απαγορεύεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εξαιρουμένων χρήσεων εκτός της κύριας παραγωγικής διαδικασίας, π.χ. νερά ψύξης, και εφόσον διασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση η μη επαφή των υγρών αποβλήτων με το προϊόν.
- 3) Επιτρέπεται πλέον η άρδευση με καταιονισμό σε περιπτώσεις αστικής επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε εκτάσεις όπου

είναι τεχνικά δύσκολη η εφαρμογή οποιουδήποτε άλλου συστήματος άρδευσης.

- 4) Σε ορισμένες περιπτώσεις η άδεια επαναχρησιμοποίησης αντικαθίσταται από την Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) ή τις Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ). Ειδικότερα:

Όταν ο φορέας παροχής ανακτημένου νερού είναι και ο τελικός χρήσης ή φορέας διαχείρισης του ανακτημένου νερού και το έργο/ δραστηριότητα όπου παράγονται τα υγρά απόβλητα κατατάσσεται στην Α κατηγορία περιβαλλοντικής αδειοδότησης, η άδεια επαναχρησιμοποίησης αντικαθίσταται από την ΑΕΠΟ του έργου. Η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου/ δραστηριότητας θα πρέπει να συμπεριλάβει τα σχετικά προβλεπόμενα των μελετών σχεδιασμού και εφαρμογής που προβλέπονται από την ΚΥΑ 145116/2011.

Σε περίπτωση που το έργο/δραστηριότητα όπου παράγονται τα υγρά απόβλητα κατατάσσεται στη Β κατηγορία περιβαλλοντικής αδειοδότησης η άδεια επαναχρησιμοποίησης αντικαθίσταται από τις ΠΠΔ στις οποίες πρέπει να συμπεριλαμβάνονται και όροι τήρησης των απαιτήσεων της νομοθεσίας περί επαναχρησιμοποίησης ανάλογα με τη χρήση του ανακτημένου νερού και να εξασφαλίζεται η συμβατότητα του προτεινόμενου τρόπου επαναχρησιμοποίησης με το εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του αντίστοιχου Υδατικού Διαμερίσματος καθώς και με το μητρώο προστατευόμενων περιοχών του άρθρου 6 του ΠΔ 51/2007. «Σε περιπτώσεις που για το χρήστη ή φορέα διαχείρισης του ανακτημένου νερού προβλέπεται από τις κείμενες διατάξεις περιβαλλοντική αδειοδότηση, η άδεια επαναχρησιμοποίησης αντικαθίσταται από την ΑΕΠΟ ή τις ΠΠΔ., κατ' αναλογία των παραγράφων 3 και 4 του παρόντος άρθρου (άρθρο 1 §8§6)».

- 5) «Για τις παρακάτω εγκαταστάσεις, οι οποίες έχουν δυναμικότητα μέχρι 50 Μ.Ι.Π. (μονάδα ισοδύναμου πληθυσμού (Μ.Ι.Π), κατά το άρθρο 2 της κοινής υπουργικής απόφασης 5673/400/1997): α. μικρών ιδιωτικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μεμονωμένων κατοικιών ή πολυκατοικιών, β. ξενοδοχειακών καταλυμάτων (με την επιφύλαξη των περιπτώσεων που εμπίπτουν στην παρ. Ζ1 του άρθρου 8 του από 6.10.1978 Π.Δ/τος (ΦΕΚ 538Δ)

όπως αυτό έχει τροποποιηθεί και ισχύει), γ. επεξεργασίας λυμάτων αμιγώς οικιακού χαρακτήρα και σαφώς διαχωρισμένων του προσωπικού των βιομηχανικών και άλλων δραστηριοτήτων δεν απαιτείται άδεια επαναχρησιμοποίησης στις περιπτώσεις: α) περιορισμένης άρδευσης μέσω υπεδάφιου συστήματος και β) τροφοδότησης υπόγειων υδροφορέων, οι οποίοι δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του Π.Δ. 51/2007, μόνο μέσω διήθησης και όχι μέσω γεώτρησης, αλλά θα λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις διάθεσης λυμάτων που περιλαμβάνονται στην οικοδομική άδεια των ανωτέρω εγκαταστάσεων (άρθρο 1 §8§7)».

- 6) «Κατά τη διαδικασία αλλά και μετά την περιβαλλοντική αδειοδότηση της δραστηριότητας/έργου που περιλαμβάνει επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, η Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης καθώς και οι κατά περίπτωση αρμόδιες υπηρεσίες που αναφέρονται στα άρθρα 4, 5, 6, 7 και 8 διενεργούν σχετικό έλεγχο προκειμένου να διαπιστωθεί ότι η οργάνωση, κατασκευή και λειτουργία της εγκατάστασης συμφωνούν με την υποβληθείσα σχετική μελέτη (άρθρο 1 §8§10)».
- 7) Παρατείνεται η προθεσμία συμμόρφωσης με τις σχετικές διατάξεις περί επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων έως τις 31/12/2014 (άρθρο 1 §8§12).

3.2 Νομοθεσία στον ευρωπαϊκό χώρο

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία στερείται νομοθετικών ρυθμίσεων σχετικά με την απαιτούμενη ποιότητα των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Μια γενική αναφορά στο θέμα γίνεται στην Οδηγία 91/271 της Ε.Ε. «...περί της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων», όπου αναφέρεται (άρθρο 12§1) ότι: «Τα επεξεργασμένα λύματα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται, όποτε είναι σκόπιμο». Επιπλέον, υπάρχει η οδηγία 86/278/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12^{ης} Ιουνίου 1986, η οποία αφορά την προστασία του περιβάλλοντος και κυρίως του εδάφους, κατά τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία

Πολλές από τις αιτίες για τη δυσκολία θέσπισης ενός ενιαίου Νομοθετικού πλαισίου έχουν ήδη αναφερθεί κατά την παρουσίαση και συναξιολόγηση της Οδηγίας του Π.Ο.Υ. και του κανονισμού της Καλιφόρνιας. Ειδικότερα, για τον χώρο της

Ευρώπης σημαντική παράμετρος για την έλλειψη ενιαίας θεώρησης είναι η ανισοκατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Στο πλαίσιο αυτό η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων εμφανίζεται ως λύση στη Νότια Ευρώπη κυρίως, αλλά και στη Γαλλία και τη Μεγάλη Βρετανία. Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση εφαρμόζεται σε αρκετά εκτεταμένη κλίμακα στην Ισπανία, τη Γαλλία και την Κύπρο, ενώ αυξανόμενο ενδιαφέρον παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στην Ιταλία, την Πορτογαλία και την Ελλάδα.

Οι χώρες που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα προβαίνουν στη θέσπιση κριτηρίων, συνήθως με τη μορφή οδηγιών, όπως η Γαλλία, η Ιταλία, η Κύπρος, η Ισπανία και η Ελλάδα (EU-level instruments on water reuse, 2016).

3.3 Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.)

Το 1989, κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης των ισχυρυσών οδηγιών επαναχρησιμοποίησης λυμάτων διερευνήθηκαν, από τον Π.Ο.Υ. με την υποστήριξη της Παγκόσμιας Τράπεζας και άλλων διεθνών οργανισμών, οι ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες μέτρων για τη μείωση ή εξάλειψη των κινδύνων μετάδοσης ασθενειών κατά την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση.

Οι τέσσερις αυτές κατηγορίες είναι οι εξής:

- Επεξεργασία των λυμάτων,
- Περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών,
- Επιλογή μεθόδου άρδευσης και
- Έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους μικροοργανισμούς των λυμάτων του εδάφους ή των καλλιεργειών.

Δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή του τύπου των αρδευόμενων καλλιεργειών, με απότοκο το διαχωρισμό της άρδευσης σε δύο κατηγορίες. Την «περιορισμένη» άρδευση, η οποία αφορά καλλιέργειες με προϊόντα που δεν καταναλώνονται ωμά και την «απεριόριστη», η οποία μπορεί να εφαρμοσθεί σε κάθε τύπο καλλιέργειας αλλά και για πότισμα γηπέδων, χώρων πρασίνου, κλπ. Είναι

γεγονός ότι η οδηγία του Π.Ο.Υ. βασίζεται κυρίως στα δεδομένα των επιδημιολογικών ερευνών, σε συνδυασμό με μία εμφανή προσπάθεια ρεαλιστικής αντιμετώπισης των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες, και θέτει όχι ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά, όμως έχουν υποστεί και εξακολουθούν να υφίστανται έντονη κριτική στις αναπτυγμένες χώρες (W.H.O., 1989).

Ο Π.Ο.Υ. το 2000, μετά την εκπόνηση συγκεκριμένων μελετών, δημοσίευσε πιο αυστηρά και λεπτομερή πρότυπα από τα προηγούμενα, τα πρότυπα Blumenthal. Οι μελέτες που διεξήχθησαν ήταν επιδημιολογικές μελέτες λοιμώξεων, που συνδέονταν με την κατανάλωση τροφίμων κατά την παραγωγή των οποίων είχε γίνει χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. Οι μελέτες πραγματοποιήθηκαν κυρίως στο Μεξικό και τη Χιλή, χώρες στις οποίες η επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων είναι ευρέως διαδεδομένη σε καλλιέργειες μικρής και μεγάλης κλίμακας. Οι μελέτες υλοποιήθηκαν σε μικρές κοινότητες χρησιμοποιώντας τα λύματα στις καλλιέργειες, χωρίς καμία επεξεργασία. Οι καλλιέργειες ραντίζονταν απευθείας με τα λύματα ή έπειτα από μικρή παραμονή τους σε λίμνες (Blumenthal U.,2000).

Μια νέα σειρά οδηγιών εκδόθηκε το 2006 όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για αγροτικούς σκοπούς. Οι κύριοι στόχοι των οδηγιών ήταν η προστασία της υγείας των αγροτών αλλά και των καταναλωτών. Ο Π.Ο.Υ. ορίζει ένα γενικώς αποδεκτό επίπεδο προστασίας της δημόσιας υγείας ανάλογα με το βαθμό έκθεσης. Έπειτα από τον καθορισμό του αποδεκτού επιπέδου προστασίας ορίζεται μία σειρά από μέτρα τα οποία εάν ακολουθούνται, μπορεί να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο προστασίας της δημόσιας υγείας. Ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και την κατανάλωση προτείνονται τρόποι και μέθοδοι άρδευσης και επεξεργασίας των λυμάτων, καθώς και τα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εκροών. Εν κατακλείδι, ο Π.Ο.Υ. εκτός από τα όρια που προτείνει για τους διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς που ενδεχομένως να περιέχονται στα λύματα, προτείνει επιπρόσθετα και επιτρεπτές συγκεντρώσεις χημικών ενώσεων στο έδαφος (W.H.O.,2006).

3.4 Κανονισμός Πολιτείας Καλιφόρνια

Η πολιτεία της Καλιφόρνιας έχει μεγάλη ιστορία στον τομέα της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και το 1918 θεσμοθέτησε τον πρώτο κανονισμό. Ο κανονισμός αυτός έχει υποστεί αναθεωρήσεις και επεκτάσεις και με τη σημερινή του μορφή- όπως διαμορφώθηκε το 1978- αποτελεί τη βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης όχι μόνο στην Καλιφόρνια, αλλά και σε άλλες χώρες του κόσμου.

Στον κανονισμό της Καλιφόρνιας, για την κατηγορία της περιορισμένης άρδευσης, γίνονται περαιτέρω διαφοροποιήσεις που αφορούν βοσκοτόπους, επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών, πότισμα γηπέδων, γκολφ, νεκροταφείων κλπ., καθώς και ορισμένες κατηγορίες τεχνητών λιμνών, όπου αναγνωρίζεται μία έστω και σχετικά περιορισμένη πιθανότητα επαφής με παθογόνους μικροοργανισμούς (California State, 1990).

Οι προτεινόμενες προσθήκες στα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν τις ακόλουθες απαιτήσεις αποστάσεων ασφαλείας:

- 1) δεν επιτρέπεται η άρδευση με ανακτημένα υγρά απόβλητα, που δεν έχουν υποστεί απολύμανση σε απόσταση 50 m, από οποιοδήποτε γεώτρηση πόσιμου νερού
- 2) για εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας που έχουν δεχτεί απολύμανση η απόσταση είναι 30 m
- 3) για εκροές τριτοβάθμιας επεξεργασίας (δευτεροβάθμια, φίλτρανση και απολύμανση) η απόσταση πρέπει να είναι 15 m και
- 4) δεν επιτρέπεται η αποθήκευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που έχουν υποστεί τριτοβάθμια επεξεργασία σε απόσταση μικρότερη από 30 m από κατοικίες ή μέρη όπου είναι ιδιαίτερα αυξημένος ο κίνδυνος να συμβεί τυχαία έκθεση (State of California, 2003).

Τέλος, στην περίπτωση της απεριόριστης επαναχρησιμοποίησης (η οποία περιλαμβάνει και την απεριόριστη άρδευση) στην οποία αναγνωρίζεται μεγάλη πιθανότητα άμεσης επαφής με το επαναχρησιμοποιούμενο νερό (είτε μέσω κολύμβησης είτε μέσω κατανάλωσης προϊόντων που έχουν έρθει σε επαφή με το νερό

άρδευσης), ο κανονισμός απαιτεί λύματα τα οποία είναι απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς. Εάν τα λύματα έχουν μικροοργανισμούς, τότε είναι υποχρεωτική η τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων, όπως: "Ανακυκλωμένο νερό - Δεν πίνεται" κ.α.

Κεφάλαιο 4^ο - Παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης σε διάφορες χώρες

4.1 Γενικά

Το 2011, 7km³ 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) εκτίμησε 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% (26 km³ ανά έτος) 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. Αυτό ακολουθείται από τους χώρους πρασίνου για άρδευση (20%) και τις βιομηχανικές χρήσεις (19%). Η ανατροφοδότηση των υπόγειων υδάτων είναι μία από τις λιγότερο αναπτυγμένες παγκόσμιες χρήσεις με το 2% του αναγεννημένου νερού, να χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό (EU-level instruments on water reuse,2016).

4.2 Τρέχουσα κατάσταση στην επαναχρησιμοποίηση του νερού στην Ε.Ε.

Το 2006, ο συνολικός όγκος των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στην Ε.Ε. ανήλθαν σε 964 εκατομμύρια m³/έτος, αντιπροσωπεύοντας το 2,4% των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων (περίπου 1 δισεκατομμύριο κυβικά μέτρα) ή λιγότερο από το 0,5% της ετήσιας άντλησης γλυκού νερού της Ε.Ε (EU-level instruments on water reuse,2016) .

Το 2006, η Ισπανία και η Ιταλία αντιπροσωπεύουν, από κοινού, περίπου το 60% του συνολικού όγκου των αστικών υγρών λυμάτων που αντιμετωπίζονται στην Ε.Ε. για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Οι άλλες χώρες επαναχρησιμοποιούν τα λύματα πολύ λιγότερο, και τα στοιχεία της επαναχρησιμοποίησης σε γενικές γραμμές

μειώνονται όσο βορειότερα πάει κανείς. Σε σχετικούς όρους (δηλαδή σε σύγκριση με τη δημιουργία του όγκου των λυμάτων που παράγονται σε καθένα από τα κράτη μέλη), η επαναχρησιμοποίηση θεωρήθηκε σημαντική στην Κύπρο και στη Μάλτα, όπου το 89% και περίπου 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 μεταξύ 5% και 12% του συνόλου των επεξεργασμένων λυμάτων από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (EU-level instruments on water reuse,2016).

Το έτος 2016 , μόνο περίπου 1.100 εκατομμύρια m³ / 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 m³ / έτος μέχρι το 2025 μπορεί να είναι εφικτός, στην περίπτωση των χωρών της Ε.Ε. με ρυθμιστικά και οικονομικά κίνητρα.

Ορισμένες χώρες έχουν ήδη χρησιμοποιήσει στην άρδευση κυρίως επεξεργασμένα λύματα. Για παράδειγμα, στην Κύπρο μεταξύ του 2004 και του 2013, το 89% των επεξεργασμένων λυμάτων είχε επαναχρησιμοποιηθεί και ένα σημαντικό μέρος αυτού (75,5% το 2013) χρησιμοποιήθηκε για τη γεωργική άρδευση. Ως εκ τούτου, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων που απορρίπτονται από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων με τη στήριξη της γεωργικής άρδευσης, έχει σημαντικές δυνατότητες ώστε να μειωθεί η ζήτηση για άντληση στις πηγές γλυκού νερού που είναι για πόσιμη χρήση (EU-level instruments on water reuse,2016).

Πίνακας 2: Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων(ΤΥΡΡΑ,2013)

<u>Χώρα</u>	<u>Όγκος, εκατομμύρια m³ ετησίως</u>
Ε.Ε.	964
Ισπανία	347
Ιταλία	233
Γερμανία	42
Ελλάδα	23

Παραδείγματα έργων γεωργικής άρδευσης που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση του νερού έχουν εντοπιστεί σε πολλά κράτη μέλη, κυρίως :

- Στη Γαλλία, ένα τοπικό σχέδιο επαναχρησιμοποίησης έχει αναπτυχθεί στην περιοχή του Clermont Ferrand. Ο στόχος είναι η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων από εργοστάσιο επεξεργασίας ζάχαρης, προκειμένου να ποτίσει 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 200 ha θα μπορούσαν να αρδεύονται. Κατά τη 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 καλλιεργειών. Στο μεταξύ αυτών των δύο εποχών, το νερό αποθηκεύεται μέσα σε μια λιμνοθάλασσα. Μια ανάλυση μεταξύ κόστους και οφέλους από αυτό το καθεστώς, διαπίστωσε ότι συνολικά ήταν επωφελής για τη βιομηχανία και τους αγρότες, αλλά και για τις τοπικές αρχές (ONEMA -Irstea Centre, 2013).
- Στην Ιταλία, στο Μιλάνο, ιδρύθηκε το 2000 η E.E.A. Nosedo. Η E.E.A. είναι η μεγαλύτερη της περιοχής και επεξεργάζεται κατά προσέγγιση 150 εκατομμύρια m³/έτος λυμάτων. Η E.E.A. βρίσκεται σε μια μεγάλη αγροτική περιοχή που καλλιεργούν καλαμπόκι, ρύζι, σιτηρά και έχει εκτάσεις με γρασίδι. Το 2014, 157.400.000 m³ λύματα επεξεργάστηκαν και διατέθηκαν για αρδευτικούς σκοπούς. Το επεξεργασμένο νερό απελευθερώνεται στο ρεύμα Vettabbia. Οι αγρότες της περιοχής κατέβαλλαν τέλος παραχώρησης 1827 € 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 E.E.A. 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 (Mazzini, 2016).

- Στη βόρεια Ισπανία βρίσκεται ένα από τα πιο εντυπωσιακά προγράμματα άρδευσης καλλιεργειών με επεξεργασμένα λύματα, στην περιοχή Vitoria, όπου 95.000 στρέμματα καλλιεργειών αρδεύονται κατά την καλοκαιρινή περίοδο με επεξεργασμένα λύματα, σύμφωνα με τα αυστηρά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας (U.S. EPA, 2004).
- Από το 2014 μια ιδιωτική εταιρία στην Ολλανδία έχει λειτουργήσει τη μονάδα επεξεργασίας νερού «AquaReUse», η οποία συλλέγει τα λύματα από δέκα εταιρείες φυτοκομίας και τα επεξεργάζεται με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση 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 τη χρήση του επεξεργασμένου νερού για άρδευση και υδροφόρο ορίζοντα αποθήκευσης-επαναφόρτιση. Κατά μέσο όρο, η εγκατάσταση παρέχει 123,000m³ νερού στα θερμοκήπια. Τα πλεονάσματα εγχέονται στο έδαφος για να χρησιμοποιηθούν ως αποθεματικό (Cuijpers, Dutch Regional Water Authority, 2015).

Στη Γερμανία έχει, επίσης αποκτηθεί αρκετή εμπειρία και αναπτυχθεί αξιόλογη τεχνογνωσία στην επαναχρησιμοποίηση των αστικών υγρών αποβλήτων για γεωργικούς σκοπούς. Παρ' όλο που μόνο για το 8% της καλλιεργούμενης έκτασης απαιτείται συμπληρωτική άρδευση, περίπου 3% της συνολικής συλλεγόμενης παροχής των υγρών αποβλήτων σε συστήματα αποχέτευσης εφαρμόζεται στο έδαφος για άρδευση διαφόρων εκτάσεων. Σε περιπτώσεις εφαρμογής ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων στο έδαφος οι αρμόδιες γερμανικές αρχές έχουν θεσπίσει ειδικούς κανονισμούς προστασίας των κατοικημένων περιοχών που γειτνιάζουν με τέτοιες εκτάσεις. Στην περιοχή της πρώην Ανατολικής Γερμανίας επιτεύχθηκαν αυξημένες αποδόσεις σιτηρών, σακχαρότευτλων, πατάτας και διάφορων κτηνοτροφικών φυτών, αρδευόμενες με εκροές υγρών αποβλήτων χαμηλού επιπέδου προεπεξεργασίας (Αγγελάκης, 1989). Στη Γαλλία ενθαρρύνεται από τις αρμόδιες υπηρεσίες η επαναχρησιμοποίηση υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων, κυρίως σε μικρές

κοινότητες με τουριστικό ενδιαφέρον. Το ίδιο ισχύει και σε άλλες γειτονικές χώρες, όπως η Ιταλία, η Πορτογαλία και η Ισπανία, όπου έχει αρχίσει η εφαρμογή προγραμμάτων και πιλοτικών έργων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με φυσικά συστήματα και παράλληλη ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των εκροών τους.

Η Κύπρος θεωρείται μια πρωτοποριακή χώρα στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων και γι' αυτό αποτελεί ξεχωριστό παράδειγμα προς μίμηση στα υπόλοιπα κράτη – μέλη της Ε.Ε. Το ξηρό αλλά και ταυτόχρονα θερμό κλίμα, το μικρό σχετικά ύψος, η άνιση κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων σε συνδυασμό με την έντονη τουριστική ανάπτυξη, όλα αυτά δημιουργούν άριστες προϋποθέσεις για έργα ανάκτησης – επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων. Η επικράτηση αρχικά τεχνητών δεξαμενών σταθεροποίησης υποχωρεί, ιδιαίτερα στις τουριστικές – παραλιακές περιοχές, όπου το κόστος της γης είναι υψηλό και επεκτείνεται η δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια βιολογική επεξεργασία με φιλτράρισμα και απολύμανση (U.S. EPA, 1992). Πιο συγκεκριμένα, στην Κύπρο 180.000.000 m³/έτος υγρών λυμάτων, που αντιπροσωπεύουν το 75% του μέσου ετήσιου διαθέσιμου ποσού, επαναχρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς στην γεωργία. Το υπόλοιπο 25% επαναχρησιμοποιείται στην εγχώρια βιομηχανία και σε άλλους σκοπούς. Τα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στην γεωργία είναι αυστηρότερα από αυτά που έχει προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Καλαβρουζιώτης, 2010). Εκτός των πολυάριθμων μικρών μονάδων επαναχρησιμοποίησης των εκροών των υγρών αποβλήτων για ανάπτυξη χώρων πρασίνου και άρδευση γεωργικών εκτάσεων, προγραμματίζεται η εκτέλεση σύγχρονων έργων ανάκτησης – επαναχρησιμοποίησης.

Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν επίσης να επαναχρησιμοποιηθούν για περιβαλλοντικούς σκοπούς, όπως η επαναφόρτιση υδροφορέων με σκοπό την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη διείσδυση αλατούχου νερού ή για την αποθήκευση επεξεργασμένου νερού κατά τους χειμερινούς μήνες, ως ρυθμιστικό απόθεμα, προκειμένου να αντιμετωπιστεί καλύτερα η ζήτηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Δεδομένου ότι ο υδροφόρας έχει πολλά πλεονεκτήματα (αμελητέα εξάτμιση, λίγη δευτεροβάθμια μόλυνση από τα ζώα και σε ορισμένες περιπτώσεις δεν υπάρχει ανάγκη για την κατασκευή του αγωγού), είναι μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση στη συμβατική αποθήκευση επιφανειακών υδάτων. Ωστόσο, φέρει

επίσης περιβαλλοντικούς κινδύνους που πρέπει να εξεταστούν. Οι απαιτήσεις επεξεργασίας πρέπει να είναι αυστηρές για την εξασφάλιση της μη υποβάθμισης των υδατικών συστημάτων.

Υπάρχουν παραδείγματα έργων τεχνητού εμπλουτισμού του υδροφορέα στα κράτη- μέλη, τα οποία είναι:

- Ένα σύστημα επαναφόρτισης υπάρχει 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 λιμνών. Αυτό το νερό, μετά από φυσικό καθαρισμό, αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα με σκοπό την άρδευση. 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).
- Στο Βέλγιο, ενώ δεν υπάρχει καμία νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση του νερού για επαναφόρτιση υδροφορέα, το εργοστάσιο νερού Torseele 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 αντίστροφη όσμωση (DOW, Water & Process Solutions, 2002).

Από τα κράτη μέλη όπου η επαναχρησιμοποίηση του νερού που είχε χρησιμοποιηθεί, έχουν αναπτυχθεί πρότυπα από 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, συμπεριλαμβανομένων για αρδευτική χρήση. Τέλος, η επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι μια αναδύομενη παγκόσμια αγορά και η Ε.Ε. θα προάγει τη σημασία αυτών των τεχνολογιών και των δεξιοτήτων των εταιρειών της Ε.Ε. έναντι των δυνητικών πελατών σε τρίτες χώρες.

4.3 Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση στον κόσμο

Σε παγκόσμιο επίπεδο το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται στην γεωργία υπερβαίνει το 70% της συνολικής κατανάλωσης. 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.

Στις χώρες 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, τη 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 εμφανίζεται (μαζί με τη λογική χρήση των υδάτινων πόρων) ως ένας επιπλέον 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 αναπτυγμένα, 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 et al., 2007).

Περίπου το ένα τέταρτο (25%) της γεωργίας του Κουβέιτ αρδεύεται με επαναχρησιμοποιημένα λύματα και στο Ιράν περίπου 70.000.000 m³/έτος επεξεργασμένων λυμάτων χρησιμοποιούνται για την άρδευση διαφόρων καλλιεργειών. Στο Ομάν (παρόλο που επεξεργάζεται το 50% των αστικών λυμάτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων) το 90% από τα λύματα που εκρέουν από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας χρησιμοποιούνται για άρδευση κυρίως δενδροκομικών καλλιεργειών (Hamilton et al, 2007).

Η Σαουδική Αραβία 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 και φυσικά και την γεωργία. Όμως, η αφαλάτωση είναι μια εξαιρετικά ενεργοβόρα βιομηχανική διαδικασία, την οποία η Σαουδική Αραβία μπορεί και υποστηρίζει 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 m³/ημέρα, εκ των οποίων το 45% περίπου κατευθυνόταν για χρήση στην γεωργία (US-EPA, 2004).

Στην Ιορδανία περίπου το 80% των επεξεργασμένων υγρών λυμάτων της, προερχόμενα κυρίως από τον βιολογικό καθαρισμό της περιοχής Samara, αποθηκεύονται στον ταμιευτήρα του King Talal, αφού πρώτα αναμιχθούν με νερά 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).

Από το 2010, το Ισραήλ οδηγεί τον κόσμο στην αναλογία του νερού που ανακυκλώνει και σε αυτό συνέβαλε το γεγονός ότι πρόκειται για μια χώρα με μεγάλη ανάπτυξη και τεχνογνωσία στον τομέα της γεωργίας. Το Ισραήλ επεξεργάζεται το 80% των λυμάτων της (400 δισεκατομμύρια λίτρα το χρόνο), και 100% των λυμάτων από τη μητροπολιτική περιοχή του Τελ Αβίβ επεξεργάζεται και να επαναχρησιμοποιείται όπως το νερό άρδευσης για τη γεωργία και τα δημόσια έργα. Το υπόλοιπο της ύλης αντλείται μέσα στη Μεσόγειο, ωστόσο ισχύει ένα νέο νομοσχέδιο που ύστερα από την απαραίτητη επεξεργασία, μετατρέπεται και χρησιμοποιείται η ίλυς σε λίπασμα. Μόνο το 20% του επεξεργασμένου νερού χάνεται, λόγω της εξάτμισης, διαρροές και υπερχειλίσσεις. Το ανακυκλωμένο νερό επιτρέπει στους γεωργούς να προγραμματίσουν 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 φιλτραρίσματος, 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 παλιότερο και μεγαλύτερο πρόγραμμα είναι αυτό της περιοχής Dan, κοντά στην πόλη του Tel Aviv. Σε αυτό το πρόγραμμα περίπου 130.000.000 m³/έτος λυμάτων της πόλης του Tel Aviv διατίθενται μετά από επεξεργασία για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και στην συνέχεια αντλούνται για την άρδευση 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€/m³. Το επόμενο μεγαλύτερο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης είναι αυτό του Kishon, όπου έχει κατασκευαστεί ένας ταμιευτήρας χωρητικότητας 12.000.000 m³, 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).

Η Τυνησία είναι ένας ακόμα πρωτοπόρος της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για άρδευση από τις 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 m³ επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση 69.970 στρεμμάτων γης. Ο σχεδιασμός της εν λόγω χώρας είναι μέχρι το 2020 με τη χρήση

επεξεργασμένων λυμάτων να αρδεύονται περί τα 300.000 στρέμματα (Hamilton et al., 2007, Jimenez and Asano, 2008).

Η Αίγυπτος και το Μαρόκο αποτελούν επίσης χώρες όπου προγράμματα επαναχρησιμοποίησης βρίσκονται σε εξέλιξη. Συγκεκριμένα, η Αίγυπτος αρδεύει περίπου 420.000 στρέμματα καλλιεργειών (εκτός από λαχανικά τα οποία τρώγονται ωμά). Στο Μαρόκο γίνεται επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε μια έκταση 80.000 στρεμμάτων γεωργικής γης (US-EPA, 2004).

Στην κεντρική Αφρική δεν υπάρχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικές με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων. Όμως υπάρχουν διάφορες αναφορές ότι τα υγρά απόβλητα επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση που γειτνιάζουν με πόλεις που διαθέτουν κεντρικά συστήματα αποχέτευσης και σταθμούς επεξεργασίας αποβλήτων. Επιπρόσθετα, γίνεται αναφορά σε περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων χωρίς ουσιαστική προεπεξεργασία τους. Μόνο λίγες πόλεις στην υποσαχάρια 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 υποσαχάρια Αφρική βασίζονται στις εγκαταστάσεις υγιεινής και σε συστήματα χωρίς υπόνομους, όπως σηπτικές δεξαμενές και βόθροι, ενώ εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και διαχείρισης ύλους σε αυτές τις πόλεις είναι πραγματικά μια τεράστια πρόκληση.

Στην Ινδία πάνω από 730.000 στρέμματα γεωργικής γης αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα, ενώ στο Πακιστάν 325.000 στρέμματα αρδεύονται με λύματα, τα οποία όμως δεν έχουν υποστεί ικανοποιητικό βαθμό επεξεργασίας (Strauss and Blumenthal, 1990).

Στις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε γεωργικές εκτάσεις, κυρίως για άρδευση, βρίσκεται σε ανοδική πορεία. Η Κυβέρνηση της Ρωσίας έχει θεσπίσει ειδικούς κανονισμούς για το επίπεδο προεπεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, που εφαρμόζονται στο έδαφος σε συνδυασμό με τα είδη των αρδευόμενων γεωργικών καλλιεργειών. Στην Ουκρανία υπολογίζεται ότι 15-20% των αρδευτικών αναγκών καλύπτονται με αυτό τον τρόπο.

Η Ιαπωνία είναι ακόμα μία χώρα, στην οποία η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για άρδευση χρησιμοποιείται ευρύτατα. Κυρίως τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται για την άρδευση αστικού πρασίνου, ενώ το ποσοστό των επεξεργασμένων λυμάτων που χρησιμοποιούνται στην γεωργία είναι περίπου 20.000.000 m³, που αντιστοιχούν στο 13% της συνολικής επαναχρησιμοποίησης ύδατος στην χώρα (Jimenez and Asano, 2008).

Οι Πολιτείες της Καλιφόρνια (παγκόσμιος ηγέτης στην επαναχρησιμοποίηση για άρδευση και όχι μόνο) και Φλόριντα στις Η.Π.Α. αποτελούν και αυτές 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 m³/ έτος. Το 2003 ο αντίστοιχος όγκος επεξεργασμένων λυμάτων, για άρδευση ήταν 730.000.000 m³/ έτος. Από τον συνολικό όγκο λυμάτων που επαναχρησιμοποιούνται στην Καλιφόρνια, το 48% προορίζεται για την γεωργία και το 20% για την άρδευση αστικού πρασίνου, το υπόλοιπο 32% αφορά την επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων και χρήσεις ανακτημένου νερού στην βιομηχανία (Recycled Water Taskforce, 2003). Τα αντίστοιχα ποσοστά για την Πολιτεία της Φλόριντα έχουν ως εξής: 19% για χρήση στην γεωργία, 44% για 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 μια από τις αυστηρότερες σε σύγκριση με τα κριτήρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Από πολλές δε χώρες του κόσμου τα κριτήρια της Καλιφόρνιας έχουν υιοθετηθεί στα δικά τους προγράμματα επαναχρησιμοποίησης (USEPA, 2004; Jimenez and Asano, 2008).

Στο Μεξικό μια έκταση της τάξης των 3.500.000 στρεμμάτων αρδεύεται 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 παρακείμενη κοιλάδα Mezquidal, με μια παροχή που ανέρχεται στα 4,5 m³/ στρέμμα (Van der Hoek, 2004).

Η Αυστραλία αποτελεί μία χώρα, όπου εκπονούνται αρκετά προγράμματα επαναχρησιμοποίησης τόσο για την 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 m³/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 m³/έτος εξέρχεται από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Bolivar και χρησιμοποιείται για την άρδευση αγροτικών εκτάσεων που παράγουν λαχανικά (Radcliffe, 2004).

4.4 Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για χρήση ως πόσιμο νερό

Μια μικρή νησιωτική χώρα η οποία «αναγκάστηκε» να υιοθετήσει μεθόδους, ώστε να μετατρέψει τα λύματα σε πόσιμο νερό είναι η Σιγκαπούρη. Η Σιγκαπούρη, ανέκαθεν αναζητούσε καινοτόμες μεθόδους αντιμετώπισης των εγγενών της προβλημάτων, όπως την έλλειψη γης στη μικρή νησιωτική χώρα και το ελάχιστο πόσιμο νερό, επινόησε έναν ακόμη τρόπο εξοικονόμησης φυσικών πόρων: τη μετατροπή των λυμάτων σε πόσιμο νερό.

Σε δέκα μόλις μήνες μετά τα εγκαίνια των υπερσύγχρονων εγκαταστάσεων το 2003, το κέντρο «NEWater», όπως ονομάζεται το πρόγραμμα, είχε δεχθεί 100.000 επισκέψεις πολιτών και τουριστών. Η ανακύκλωση των λυμάτων και η χρήση τους ως πόσιμο νερό, επέτρεψε στη Σιγκαπούρη να περιορίσει την εξάρτησή της από τη Μαλαισία, αφού παλαιότερα εισήγαγε από αυτήν ποσότητες πόσιμου νερού για να καλύψει τις ανάγκες της. Η τιμή του εισαγόμενου νερού από τη Μαλαισία αποτελούσε συνεχή πηγή διπλωματικών τριβών μεταξύ των δύο κρατών (PUB, 2016).

Η ανακύκλωση των λυμάτων επιτυγχάνεται χάρη στο τετραπλό σύστημα καθαρισμού. Το πρώτο στάδιο στηρίζεται στην κλασική μέθοδο βιολογικού καθαρισμού. Το δεύτερο στάδιο χρησιμοποιεί μικρό-φίλτρα για τη δέσμευση αιωρούμενων ακαθαρσιών, επικίνδυνων βακτηρίων, ορισμένων ιών και διάφορων πρωτόζωων. Το φιλτραρισμένο νερό, που περιέχει πια μόνο λιωμένα άλατα και οργανικές ενώσεις, διοχετεύεται αμέσως μετά μέσω σειράς μεμβρανών. Το τρίτο στάδιο καθαρισμού χρησιμοποιεί τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης, όπου ημιστεγανές μεμβράνες (φίλτρα) 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 αυτό είναι εντελώς απαλλαγμένο από ιούς και βακτήρια, ενώ διαθέτει ελάχιστες ποσότητες αλάτων και οργανικής ύλης. Σ' αυτό το στάδιο το νερό θεωρείται πόσιμο.

Στο τέταρτο και τελικό στάδιο της μεθόδου «NEWater», το νερό υποβάλλεται σε απολύμανση μέσω υπεριωδών ακτινών, που εγγυάται την απενεργοποίηση κάθε ζωντανού οργανισμού μέσα σε αυτό. Μετά την πρόσμειξη ορισμένων αλκαλικών ενώσεων, για την εξισορρόπηση του pH, το νερό είναι έτοιμο προς πόση.

Τα τρία εργοστάσια καθαρισμού και παραγωγής νερού «NEWater» της Σιγκαπούρης παράγουν σήμερα περίπου 75.000 κυβικά μέτρα την ημέρα. Ποσοστό 18% του νερού αυτού χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση, συμπεριλαμβανομένης και της πόσης, ενώ το υπόλοιπο αξιοποιείται από τον βιομηχανικό τομέα. Σύμφωνα με εργαστηριακές εξετάσεις της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας, το νερό του συστήματος «NEWater» της Σιγκαπούρης είναι πιο καθαρό και καταλληλότερο για κατανάλωση από τον άνθρωπο, απ' ό,τι το νερό που προέρχεται από άλλες πηγές ύδατος της νήσου.

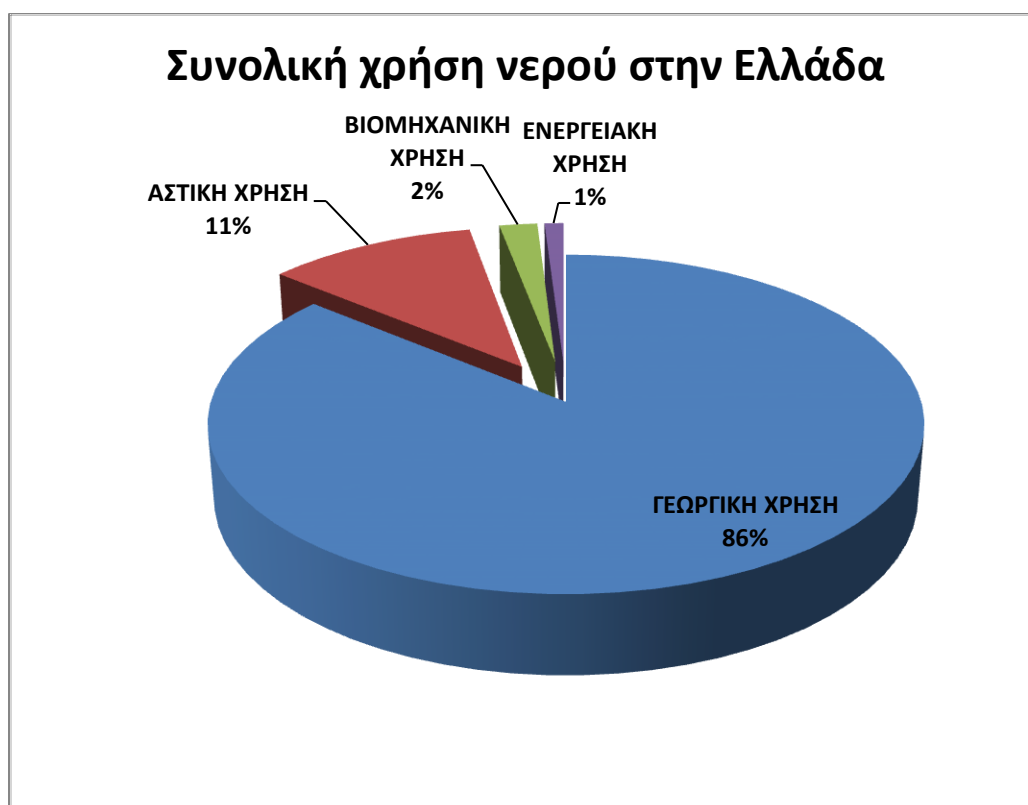
Η Σιγκαπούρη πειραματίζεται σήμερα με νέα μέθοδο αφαλάτωσης, που αποδεικνύεται πολύ λιγότερο ενεργοβόρα από τη μέχρι σήμερα γνωστή μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης. Η μέθοδος της «πολλαπλής διύλισης σε μεμβράνη» οδηγεί σε σημαντική οικονομία ενέργειας, καθώς το θαλασσινό νερό βράζει σε κενό αέρος και άρα σε θερμοκρασία 50 με 80 βαθμών Κελσίου, αντί των 100 βαθμών που απαιτούνται κανονικά (PUB, 2016).

Κεφάλαιο 5^ο - Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων στην Ελλάδα

5.1 Οι υδατικοί πόροι της Ελλάδας

Το 86% της χρήσης του νερού στην Ελλάδα καταναλώνεται από τον τομέα της γεωργίας, ενώ το υπόλοιπο καταναλώνεται για αστική, βιομηχανική και ενεργειακή χρήση. Η ποσότητα του νερού που θα καταναλωθεί για γεωργική χρήση καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως:

- το είδος της καλλιέργειας
- την ποιότητα του εδάφους
- την ποιότητα του δικτύου άρδευσης, ακόμη και
- την τιμολογιακή πολιτική του νερού.



Διάγραμμα 1 : Συνολική χρήση νερού στην Ελλάδα (στοιχεία από Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας, NDBHMI,2016)

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ., από τα πρόσφατα σχέδια διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών της χώρας, οι περιοχές της Θεσσαλίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Θράκης και Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας εμφανίζουν τις υψηλότερες ανάγκες νερού για άρδευση. Επίσης, στη Δυτική Στερεά Ελλάδα η μεγαλύτερη ανάγκη νερού προορίζεται για τον τομέα της ύδρευσης, αφού ο μεγαλύτερος όγκος νερού μεταφέρεται για να καλύψει τις υδρευτικές ανάγκες του λεκανοπεδίου Αττικής (ΕΛΣΤΑΤ, 2011).

Όσον αφορά τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους της χώρας, η μέση ετήσια παροχή των ποταμών είναι 35 δις m³ και υπάρχουν 41 φυσικές λίμνες που καλύπτουν το 0,5% της συνολικής έκτασης της Ελλάδας. Επίσης, υπάρχουν 14 τεχνητές λίμνες, οι 10 εκ των οποίων έχουν έκταση μεγαλύτερη από 5 km² η καθεμία, καθώς και περίπου 400 υγροβιότοποι.

Με βάση τις μετρήσεις των τοξικών στοιχείων που έχουν γίνει στους επιφανειακούς υδατικούς πόρους της χώρας η κατάσταση είναι ικανοποιητική. Αυτό οφείλεται στον περιορισμένο ρυθμό ανάπτυξης των τομέων της βιομηχανίας, αλλά και στο γεγονός ότι οι βιομηχανικοί τομείς παράγουν συμβατικά και όχι τοξικά ρυπαντικά φορτία. Ωστόσο, υπάρχουν τοπικά προβλήματα ρύπανσης, όπως για παράδειγμα στον ποταμό Ασωπό, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης βιομηχανιών.

Σημαντικά όμως προβλήματα ποσοτικής και ποιοτικής υποβάθμισης έχουν παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια στους υπόγειους υδροφορείς, εξαιτίας των υπεραντλήσεων. Η ταπείνωση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων έχει προκαλέσει την αύξηση του κόστους άντλησης, καθώς και καθιζήσεις εδαφών. Ταυτόχρονα, η υπεράντληση παράκτιων υπόγειων υδροφορέων έχει οδηγήσει στην υφαλμύρισή τους, λόγω διείσδυσης του θαλασσινού νερού. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί η ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων από υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και αζώτου, που εντοπίζεται στις περιοχές που υπάρχουν γεωργικές δραστηριότητες (EU-level instruments on water reuse,2016).

5.2 Γενικά στοιχεία για Ε.Ε.Α. στην Ελλάδα

Η Ελλάδα σημείωσε μεγάλη καθυστέρηση στη δημιουργία σύγχρονων υποδομών για την επεξεργασία των αστικών υγρών λυμάτων. Στις αρχές της δεκαετίας του '90, σε αντίθεση με τις άλλες χώρες της Ε.Ε., είχε ελάχιστες εγκαταστάσεις. Μέχρι το τέλος του 1997 είχαν καταγραφεί 241 εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών. Ένα έτος μετά, το 1998, καταγράφηκαν περίπου 270 και μέχρι σήμερα έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν πάνω από 300 μονάδες επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων σε όλη τη χώρα. Το ποσοστό εξυπηρετούμενου πληθυσμού από αυτές τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι κάτι παραπάνω από το 90% του συνόλου του ελληνικού πληθυσμού. Με την ολοκλήρωση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Ψυτάλλειας, το ποσοστό του συνολικά εξυπηρετούμενου, από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, πληθυσμού ξεπέρασε το 75% (Τσαγκαράκος κ.α., 2009). Για τον υπόλοιπο πληθυσμό εκτιμάται ότι απαιτούνται περίπου 2000 μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (>2000 ι.κ.), καθώς και 3300 μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (<2000 ι.κ.), που θα εξυπηρετούν το υπόλοιπο του συνολικού πληθυσμού της χώρας (Ανδρεαδάκης, 2012).

Η Ελλάδα είναι σχεδόν 100% συμβατή με τα άρθρα 3, (συλλογή), 4 (δευτεροβάθμια επεξεργασία) και 5 (αυστηρότερη επεξεργασία) της οδηγίας περί αστικών λυμάτων της Ε.Ε. Συνολικά, η Ελλάδα έχει αναφέρει 492 οικισμούς ≥ 2.000 ι.κ. και η πλειοψηφία των οικισμών συνδέονται με συστήματα συλλογής λυμάτων. Το υπόλοιπο καλύπτεται από ατομικά και κατάλληλα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων ή πραγματοποιούνται μεταφορές των λυμάτων με φορτηγά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Το φορτίο των λυμάτων που λαμβάνουν αυστηρότερη επεξεργασία είναι 6.535.070 ι.κ. Τα στοιχεία δείχνουν ότι 121 εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων λειτουργούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας Ε.Ε. περί αστικών λυμάτων που αφορούν τη δευτεροβάθμια επεξεργασία (96,4% του λόγω φορτίο) και 15 εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων που συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις για αυστηρότερη επεξεργασία (99,6% του λόγω του φορτίου). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η δευτεροβάθμια επεξεργασία δεν είναι υποχρεωτική για πολύ μικρούς οικισμούς (δηλαδή κάτω από 2.000 ι.κ.) αν οι απορρίψεις είναι σε γλυκά ύδατα, ενώ για μεγαλύτερα πολεοδομικά συγκροτήματα (δηλαδή 2.000-10.000) εάν η απόρριψη πραγματοποιείται σε παράκτια ύδατα.

Σε τουριστικές περιοχές βρίσκεται ο μεγαλύτερος αριθμός μονάδων, καθώς η ανάγκη για καθαρότερο περιβάλλον ήταν και είναι πιο άμεση. Έτσι οι νομοί Κυκλάδων και Χαλκιδικής έχουν τις περισσότερες εγκαταστάσεις σε σχέση με τους υπόλοιπους νομούς της χώρας. Οι νομοί των περιφερειών Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας υπολείπονται σαφώς σε εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών. Συνήθως η κατάταξη των εγκαταστάσεων σχετικά με τη δυναμικότητά τους ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων χωρών. Στην Ελλάδα δεν ακολουθείται μια καθορισμένη κατάταξη, έτσι υπάρχει μια εμπειρική κατάταξη της δυναμικότητάς τους ανάλογα με το μέγεθος των εξυπηρετούμενων οικισμών.

Σε ποσοστό 92% των Ε.Ε.Λ. λειτουργούν σχάρες, από τις οποίες το 67% βρίσκονται σε κλειστό χώρο στο 84% των οποίων υπάρχει εγκατάσταση απόσμησης. Εξαμμοτές έχει δηλωθεί ότι διαθέτει το 84% των εγκαταστάσεων, το 40% των οποίων βρίσκονται σε κλειστούς χώρους, οι οποίοι διαθέτουν στο σύνολό τους εγκατάσταση απόσμησης. Ο τύπος των εξαμμοτών που χρησιμοποιείται συχνότερα είναι ο «αεριζόμενος» (78% των Ε.Ε.Λ.), και σπανιότερα ο εξαμμοτής «βαρύτητας» (15% των Ε.Ε.Λ.). Στις λοιπές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται διάφοροι άλλου τύπου εξαμμοτές .

Στο 38% των εγκαταστάσεων λειτουργεί πρωτοβάθμια καθίζηση, στο 90% δευτεροβάθμια επεξεργασία και στο 51% τριτοβάθμια επεξεργασία. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία γίνεται στο 93% με ενεργό ίλη, στο 4% με αεριζόμενες λίμνες, ενώ σε αποσπασματικές περιπτώσεις γίνεται με βιολογικά φίλτρα και βιοδίσκους. Η τριτοβάθμια επεξεργασία γίνεται στο 52% των εγκαταστάσεων με αφαίρεση αζώτου, στο 35% με αφαίρεση φωσφόρου και στο 14% με αφαίρεση στερεών. Απολύμανση γίνεται στο 87% των εγκαταστάσεων και γίνεται κατά κύριο λόγο με υπερχλωριώδες νάτριο (84%).

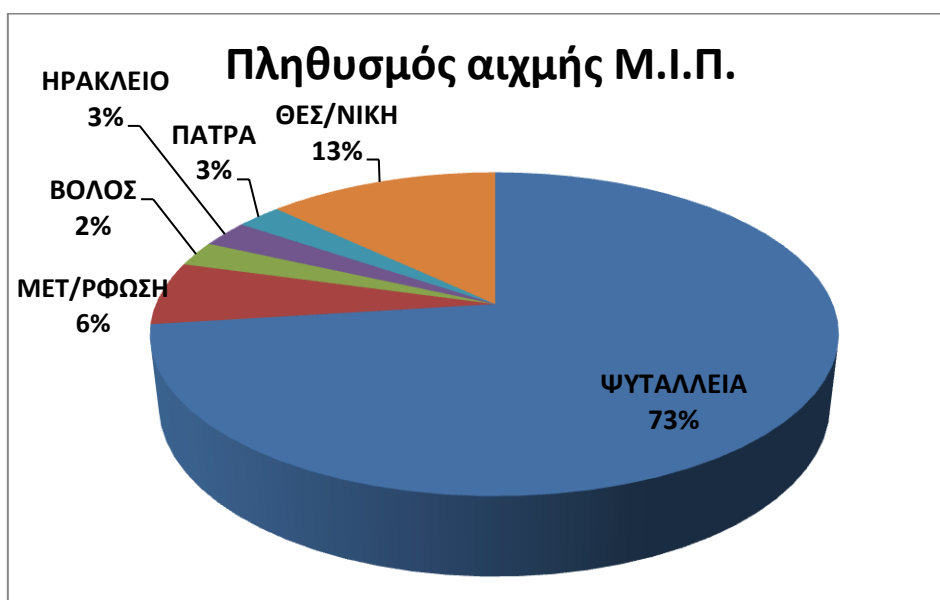
Πάχυνση ιλύος γίνεται στο 92% των βιολογικών καθαρισμών. Στο 59% εφαρμόζεται παχυντής βαρύτητας και στο υπόλοιπο 41% μηχανικός παχυντής. Στο 44% των εγκαταστάσεων εφαρμόζεται αερόβια χώνευση ιλύος και στο 13% αναερόβια χώνευση ιλύος. Αφυδάτωση ιλύος εφαρμόζεται στο 86% των Ε.Ε.Λ. κυρίως με ταινιοφιλτρόπρεςσες (71%).

5.2.1 Στοιχεία για τις μεγαλύτερες Ε.Ε.Λ. στην ελληνική επικράτεια

Οι μεγαλύτερες Ε.Ε.Λ. στην ελληνική επικράτεια είναι οι Ε.Ε.Λ. Ψυτάλλειας, Θεσσαλονίκης, Μεταμόρφωσης, Ηρακλείου, Πάτρας και Βόλου. Είναι εύλογο να βρίσκονται σε πόλεις που έχουν μεγάλο πληθυσμό, άρα και μεγάλο όγκο αστικών λυμάτων. Στον πίνακα 3 φαίνονται τα κύρια στοιχεία της κάθε εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και στο διάγραμμα 2 φαίνονται συγκριτικά τα μεγέθη του ισοδύναμου πληθυσμού αιχμής που εξυπηρετούν οι Ε.Ε.Λ.

Πίνακας 3: Στοιχεία για μεγαλύτερες Ε.Ε.Λ. Ελλάδας (στοιχεία Ε.Ε.Λ., astikalimata.ypeka.gr, 2016)

	Ε.Ε.Λ.	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΑΙΧΜΗΣ Μ.Ι.Π.	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΤΥΠΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ
1	ΨΥΤΑΛΛΕΙΑ	5.200.000	1/11/1994	ΜΙΚΤΟ
2	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	923.523	1/5/2000	ΜΙΚΤΟ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣΤΙΚΟ
3	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ	450.000	31/12/1984	ΜΙΚΤΟ
4	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	191.500	22/4/1996	ΜΙΚΤΟ
5	ΠΑΤΡΑ	180.000	15/10/2001	ΜΙΚΤΟ
6	ΒΟΛΟΣ	178.880	1/9/1987	ΧΩΡΙΣΤΙΚΟ



Διάγραμμα 2 : Πληθυσμός αιχμής Μ.Ι.Π.(στοιχεία Ε.Ε.Λ. από astikalimata.ypeka.gr,2016)

Όλες οι Ε.Ε.Λ. επεξεργάζονται αστικά λύματα, εκτός από την Ε.Ε.Λ. του Βόλου που επεξεργάζεται και βιομηχανικά λύματα, σύμφωνα με την οδηγία 91/271, παράρτημα ΙΙΙ, ΚΥΑ 5673/400/1997(αφορά λύματα από βιομηχανίες παραγωγής και επεξεργασίας τροφίμων και ποτών). Ακόμη, όσον αφορά τα στάδια επεξεργασίας λυμάτων στις Ε.Ε.Λ., εκτός από τα βασικά, δηλαδή προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια, επιπρόσθετα εφαρμόζονται (στοιχεία Ε.Ε.Λ., astikalimata.ypeka.gr, 2016):

- στη Ψυτάλλεια : προχωρημένη δευτεροβάθμια επεξεργασία και απομάκρυνση αζώτου
- στη Θεσσαλονίκη : απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου, καθώς και βιολογική απολύμανση
- στη Μεταμόρφωση : απολύμανση και χλωρίωση
- στο Ηράκλειο : απομάκρυνση αζώτου, απολύμανση και χλωρίωση
- στην Πάτρα : απομάκρυνση αζώτου, βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου, απολύμανση και χλωρίωση, φίλτρα άμμου και τέλος,
- στο Βόλο : απομάκρυνση αζώτου, βιολογική και χημική απομάκρυνση φωσφόρου, απολύμανση και χλωρίωση.

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται οι εκροές των Ε.Ε.Λ. ανά ημέρα και εάν γίνεται επαναχρησιμοποίηση, η ποσότητα και η κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Από την σύγκριση των ημερήσιων εκροών των Ε.Ε.Λ. και την ποσότητα των επεξεργασμένων λυμάτων που επαναχρησιμοποιούνται ανά έτος, συμπεραίνεται ότι η ποσότητες της επαναχρησιμοποίησης είναι πολύ μικρές. Επιπλέον, οι εκροές των Ε.Ε.Λ. αποτίθενται στη θάλασσα, εκτός από την Ε.Ε.Λ. Μεταμόρφωσης που αποτίθενται στο ρέμα Πύρνας, και έχουν χαρακτηριστεί σαν κατηγορία ευαίσθητου αποδέκτη ο έσω Σαρωνικός κόλπος (Ψυτάλλεια) και ο κόλπος Θεσσαλονίκης (στοιχεία Ε.Ε.Λ. από astikalimata.ypeka.gr, 2016).

Πίνακας 4 : Ποσότητες εκροών και επαναχρησιμοποίησης (στοιχεία Ε.Ε.Λ. από astikalimata.ypeka.gr,2016)

	Ε.Ε.Λ.	ΕΚΡΟΕΣ m ³ / d	ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ m ³ /y	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΠΑΝ/ΣΗΣ
1	ΨΥΤΑΛΛΕΙΑ	730.000	----	----
2	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	160.000	1.000.000	ΑΡΔΕΥΣΗ
3	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ	44.000	150.000	ΔΕΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΤΑΙ
4	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	33.000	----	-----
5	ΠΑΤΡΑ	37.800	250.000	ΑΡΔΕΥΣΗ(200.000)+ ΒΙΟΜ/ΝΙΑ(50.000)
6	ΒΟΛΟΣ	32.000	----	-----

5.3 Γενικά στοιχεία για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών αστικών υγρών αποβλήτων ευρίσκεται σε προκαταρκτικό στάδιο . Η επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων αφορά κατά κύριο λόγο γενικά την άρδευση, σε πολύ μικρότερο βαθμό τη πυρόσβεση και τον εμπλουτισμό υδροφορέων, ενώ είναι ανύπαρκτη η επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την πόση. Τα πιο γνωστά σε ερευνητικό πεδίο έργα είναι:

1. άρδευση με εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υπό ελεγχόμενες συνθήκες πειραματικού αμπελώνα στο Ινστιτούτο ΕΛ.Γ.Ο «ΔΗΜΗΤΡΑ» Ηρακλείου και
2. άρδευση πειραματικών θερμοκηπιακών καλλιεργειών με εκροές επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (με φυσικά συστήματα) της ΜΕΑΥΑ της ΕΥΑ Θεσσαλονίκης.

Άλλα έργα σε πιλοτικό και/ή εφαρμογής στάδιο είναι (Πιας Α., Panoras Α., and Angelakis Α., 2014):

- 1) στη Λειβαδιά χρησιμοποιούνται περίπου 3.500 m³/d εκροών για άρδευση καλλιεργειών βαμβακιού,

- 2) στην Άμφισσα χρησιμοποιούνται 400 m³/d εκροών για άρδευση καλλιεργειών ελιάς,
- 3) στο Παλαιόκαστρο Κρήτης χρησιμοποιούνται 280 m³/d εκροών για άρδευση καλλιεργειών ελιάς,
- 4) στην Κω σχεδιάζεται η άρδευση γεωργικών εκτάσεων με τη χρήση 4.000 m³/d εκροών,
- 5) στη Χαλκίδα είναι σε ολοκλήρωση έργο άρδευσης δασικών εκτάσεων 300 στρεμμάτων περίπου με τη χρήση 4.000 m³/d εκροών της ΜΕΑΥΑ,
- 6) τέλος, μικρότερα έργα ευρίσκονται στο Πευκοχώρι, Χανιώτη και Καλλιθέα Χαλκιδικής και στον Κολινδρό Πιερίας (Αγγελάκης et al, 1999).

Οι περισσότερες Δ.Ε.Υ.Α. της χώρας έχουν σχεδόν στο σύνολο τους εκτελέσει και λειτουργούν επιτυχώς ή έχουν προωθήσει σχεδιασμούς, μελέτες και άλλες διαδικασίες εκτέλεσης έργων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων. Οι εκροές τους σήμερα διατίθενται σε φυσικούς αποδέκτες (θάλασσα 45%, ποταμούς 12%, χείμαρρους 32%, έδαφος 7%, άλλους 4%). Σημειώνεται ότι το κόστος αυτών των εγκαταστάσεων είναι σε πολλές περιπτώσεις πολλαπλάσιο αυτού που απαιτείται για την ανάκτηση (τριτοβάθμια επεξεργασία) της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας εκροών. Ακόμα, υπολογίζεται πως με περαιτέρω επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση εκροών υγρών αποβλήτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των μονάδων που βρίσκονται σε περιοχές ελλειμματικές ως προς τους υδατικούς πόρους, θα ήταν δυνατό να αρδευτούν 1,4 εκατομμύρια στρέμματα γεωργικής γης μέσα σε δύο χρόνια. Σε επίπεδο χώρας, υπολογίστηκε ότι μπορούν να εξοικονομηθούν 3,2% του συνόλου του χρησιμοποιούμενου αρδευτικού νερού. (Αγγελάκης et al, 1999).

Η μέση ημερήσια επαναχρησιμοποίηση λυμάτων υπολογίζεται σε 28.000 m³ / ημέρα (ή 10,2 Mm³ / έτος. Στο μέλλον οι δυνατότητες για την επαναχρησιμοποίηση του νερού στην Ελλάδα (2025) υπολογίζεται ότι μπορούν να ανέλθουν σε 57 Mm³ / έτος. Σε κάθε περίπτωση, η τρέχουσα επαναχρησιμοποίηση του νερού που γίνεται στην Ελλάδα φαίνεται να είναι πολύ χαμηλή, σε σύγκριση με τη συνολική χρήση νερού στη χώρα (κάτω του 1%). Επιπλέον, το ποσοστό των ανακτημένων λυμάτων, σε σύγκριση με τη συνολική ποσότητα των επεξεργασμένων λυμάτων, είναι επίσης εξαιρετικά χαμηλή (κάτω από 5%). Μια ανάλυση υδατικού ισοζυγίου αποκάλυψε ότι πάνω από το 83% των επεξεργασμένων λυμάτων παράγεται σε περιοχές με έλλειμμα

νερού. Επιπλέον, πάνω από το 88% των αποβλήτων που προέρχονται από Ε.Ε.Λ. απορρίπτονται σε λιγότερη από πέντε χιλιόμετρα απόσταση στα διαθέσιμα χωράφια, πράγμα που σημαίνει ότι το πρόσθετο κόστος για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στην άρδευση θα μπορούσε ενδεχομένως να είναι τεχνικά και οικονομικά προσιτό.

Οι βασικοί λόγοι για τους οποίους η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων θα μπορούσε να αυξηθεί στην Ελλάδα είναι (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005) :

- εύρεση εναλλακτικών υδάτινων πόρων, με σκοπό την αντιμετώπιση της λειψυδρίας και της ξηρασίας, ιδίως στην ανατολική και νότια Ελλάδα
- προσαρμογή στις μελλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους υδάτινους πόρους
- αύξηση της αποτελεσματικότητας του νερού στην αρδευόμενη γεωργία, με ταυτόχρονη μείωση στην εξαιρετικά υψηλή χρήση του γλυκού νερού και
- βελτίωση της ποσοτικής κατάστασης των προβληματικών συστημάτων των υπόγειων υδάτων.

Λαμβάνοντας υπόψη την πολύ υψηλή συμμόρφωση με την ευρωπαϊκή οδηγία και από την άποψη της συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων, την εξαιρετικά υψηλή διαθεσιμότητα των επεξεργασμένων λυμάτων που λαμβάνουν αυστηρότερη επεξεργασία, την εξαιρετικά χαμηλή απορρόφηση των τεχνολογιών για επαναχρησιμοποίηση, καθώς και το γεγονός ότι η Ελλάδα είναι μια από τις λίγες ευρωπαϊκές χώρες που έχουν ήδη το δικό τους νομικό πλαίσιο για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, είναι εύλογη η υπόθεση ότι υπάρχει αρκετός χώρος για να βελτιώσει τις ποσότητες ανακτημένου νερού στο μέλλον.

Προηγούμενες μελέτες έχουν εντοπίσει την πολυπλοκότητα και τη γραφειοκρατία που επικρατεί στην εφαρμογή των ελληνικών προτύπων επαναχρησιμοποίησης και αυτά εμποδίζουν την αύξηση της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στην Ελλάδα. Για παράδειγμα, στα ελληνικά πρότυπα εφαρμόζονται αυστηρά όρια για βιοχημικές ανάγκες σε οξυγόνο (BOD₅) και τα ολικά αιωρούμενα στερεά για αστικές χρήσεις, κάποιες βιομηχανικές χρήσεις, απεριόριστη άρδευση και εμπλουτισμού υδροφορέα από πηγάδια. Μερικά από αυτά τα κριτήρια είναι βάσει του Οργανισμού Τροφίμων

και Γεωργίας (FAO) σχετικά με την ποιότητα του νερού για άρδευση, με ορισμένες τροποποιήσεις. Τα ελληνικά πρότυπα έχουν επίσης αυστηρές οριακές τιμές όσον αφορά το E. Coli, αν και θεωρούν διαφορετικές αριθμητικές τιμές για ορισμένες χρήσεις. Επιπλέον, η Ελλάδα για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους μπλοκάρει την περαιτέρω απορρόφηση της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων. Για παράδειγμα, οι Ε.Ε.Α. της Ψυττάλειας, που εξυπηρετούν την ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας της Αττικής (35% του ελληνικού πληθυσμού) θα μπορούσε ενδεχομένως να συμβάλει 20.000 m³ / ημέρα επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση πράσινου τοπίου και βιομηχανική χρήση, αλλά το εκτιμώμενο κόστος (0,40 € / m³) δεν βρέθηκε αποδοτικό σύμφωνα με το κοινωνικό και οικονομικό πλαίσιο.

Σε γενικές γραμμές, δεδομένου ότι η Ελλάδα είναι ήδη αρκετά συμβατή με την Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων στην Ε.Ε., υπάρχει άμεσα η ανάγκη να επικεντρωθεί στην αύξηση της ποσότητας του αναγεννημένου νερού στη χώρα (EU-level instruments on water reuse, 2016).

ΚΟΣΤΟΣ

Το κόστος του αναγεννημένου νερού υπερβαίνει το κόστος του πόσιμου νερού. Το κόστος περιλαμβάνει το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των μονάδων προχωρημένης επεξεργασίας και απολύμανσης, το κόστος αποθήκευσης του ανακτημένου λύματος και το κόστος διανομής αυτού. Σε γενικές γραμμές από την πρακτική εφαρμογή διαφόρων έργων ανάκτησης λυμάτων για άρδευση παγκοσμίως, προκύπτει ότι το μέσο κόστος τέτοιων έργων κυμαίνεται από 0,15 έως 0,70 €/m³ (Morris et al., 2004, Sipala et al., 2003, Fine et al., 2006). Στην περίπτωση της Ελλάδας είναι περίπου 0,10-0,20 €/m³ [για μονάδα απλής προχωρημένης επεξεργασίας (διήθηση) και απολύμανσης] (Tzimas et al., 2006, Borboudaki et al., 2005, Μπακοπούλου, 2009).

5.4 Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση στον ελλαδικό χώρο

Στην Ελλάδα, η ζήτηση για νερό έχει αυξηθεί πάρα πολύ τα τελευταία 50 χρόνια. Παρά το ικανοποιητικό μέσο ύψος βροχοπτώσεων, συχνά παρατηρείται έλλειψη

ισορροπίας στο υδατικό ισοζύγιο, λόγω των χρονικών και τοπικών διακυμάνσεων που παρατηρούνται όσον αφορά στη βροχόπτωση, της αυξημένης ζήτησης για νερό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και της δυσκολίας στη μεταφορά νερού εξαιτίας του ορεινού ανάγλυφου. Επιπλέον, σε πολλές περιοχές της νοτιοδυτικής Ελλάδας υπάρχει έντονη πίεση για εξεύρεση πηγών γλυκού νερού, γεγονός που οφείλεται στην ιδιαίτερα υψηλή ζήτηση για νερό με στόχο την κάλυψη των αναγκών για άρδευση και στις περιοχές με τουρισμό. Επομένως, η ένταξη της επεξεργασίας λυμάτων στα προγράμματα διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα.

Σήμερα, το 90% των νοικοκυριών της Ελληνικής Επικράτειας συνδέεται με πάνω από 300 σταθμούς επεξεργασίας υγρών λυμάτων, με συνολική χωρητικότητα πάνω από 1.450.000 m³/ημέρα. Η συντριπτική πλειοψηφία των επεξεργασμένων λυμάτων παράγονται σε περιοχές με ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο. Επομένως, η επαναχρησιμοποίηση σε αυτές τις περιοχές θα ικανοποιούσε την υπάρχουσα ζήτηση σε νερό. Στην Ελλάδα αρκετοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών. Καλλιέργειες όπως βαμβάκι, αραβόσιτος, ρύζι, ζαχαρότευτλα, λαχανικά, αμπελώνες, θερμοκηπιακές καλλιέργειες, ανθοκομικά φυτά, όπως η ζέρμπερα, καθώς και διάφορα δασικά και καλλωπιστικά φυτά έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας για την δυνατότητα επιτυχούς άρδευσής τους με επεξεργασμένα λύματα με πολύ καλά αποτελέσματα που ενισχύουν την χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων στην γεωργία.

Η επικρατούσα κατάσταση στην Ελλάδα από άποψη έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών λυμάτων παρουσιάζεται συνοπτικά στον πίνακα 5. Από τον πίνακα συμπεραίνεται ότι επαναχρησιμοποιούνται 198.250 m³/d εκροές την θερινή περίοδο και αρδεύονται περίπου 50.000 στρ. γεωργικής γης, καθώς επίσης 10.250 m³ /d εκροές και αρδεύονται 1.500 στρ. χώροι πρασίνου. Τέλος, υπολογίζεται ότι επαναχρησιμοποιούνται έμμεσα από τους φυσικούς αποδέκτες, κυρίως ποταμούς μέσω της διάθεσης εκροών 108.000 m³/d για άρδευση γεωργικών καλλιεργειών.

Πίνακας 5: Σημαντικότερα έργα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα (Παρανυχιανάκης, 2009).

Έργο	Περιφέρεια	Δυναμικότητα m ³ /d	Έκταση Στρεμ.	Αρδευόμενα είδη
Άρδευση γεωργικών εκτάσεων				
Θεσσαλονίκη	Κ. Μακεδονία	175.000	25.000	Αραβόσιτος, τεύτλα, ρύζι κ.ά.
Λιβαδειά	Στ. Ελλάδα	3.500		Ελιές, αραβόσιτος
Άμφισσα	Στ. Ελλάδα	400		Ελιές, βαμβάκι, κ.ά.
Νέα Καλικράτεια	Κ. Μακεδονία	800	1.500	Αραβόσιτος, ελιές, κ.ά.
Χερσόνησος	Κρήτη	4.500	1.000	Ελιές, κ.ά.
Αρχάνες	Κρήτη	550	14.500	Ελιές, αμπέλια, κ.ά.
Κως	Ν. Αιγαίο	3.500	5.000	Εσπεριδοειδή, ελιές, κ.ά.
Άλλα		10.000		
Άρδευση άλλων εκτάσεων				
Χαλκίδα	Στ. Ελλάδα	4.000	500	
Χερσόνησος	Κρήτη	500	80	
Άγ. Κωνσταντίνος	Β. Αιγαίο	200	100	
Κένταρχος	Β. Αιγαίο	100	50	
Κως	Ν. Αιγαίο	500	100	
Κάρυστος	Ν. Αιγαίο	1.450	300	
Ιερισσός	Ν. Αιγαίο	1.500	250	
Άλλα		2.000		
Έμμεση επαναχρησιμοποίηση				
Λάρισα	Θεσσαλία	25.000		Αραβόσιτος, βαμβάκι, κ.ά.
Καρδίτσα	Θεσσαλία	15.000		Αραβόσιτος, βαμβάκι, κ.ά.
Λαμία	Στ. Ελλάδα	15.000		Ελιές, αραβόσιτος, βαμβάκι, κ.ά.
Τρίπολη	Πελοπ/σος	18.000		Μηλοειδή, πατάτες, κ.ά.

Άλλα	35.000
Σύνολο	316.500

5.4.1 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη Χαλκίδα



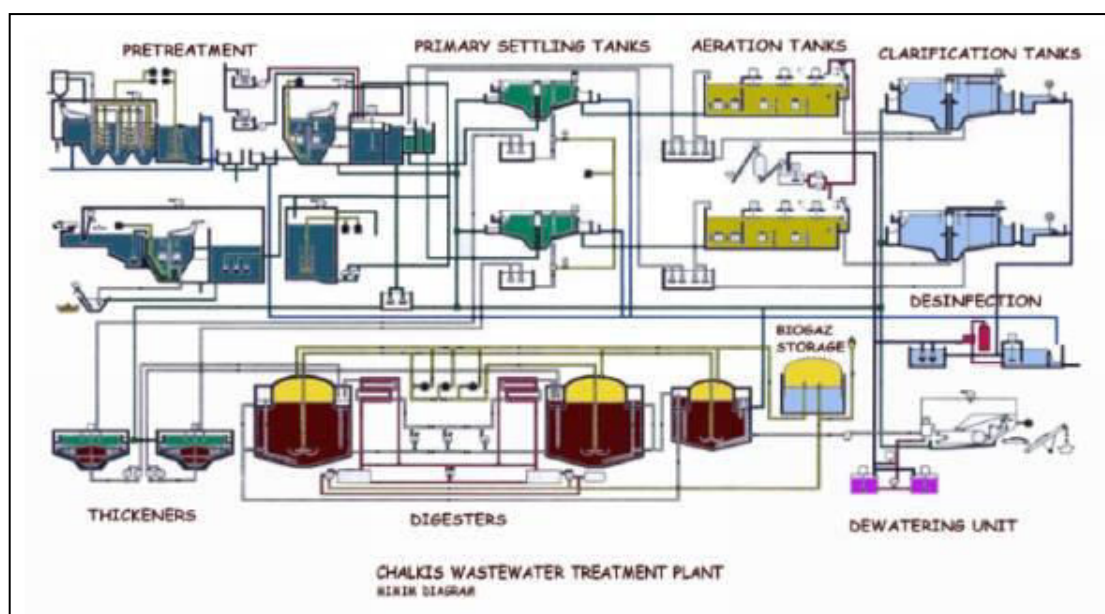
Εικόνα 3 : Ε.Ε.Λ. Χαλκίδας – Νήσος Πασά, 2015 (Φωτογραφία dipphotos)

Η Δ.Ε.Υ.Α. Χαλκίδας ήταν πρωτοπόρος στην Ελλάδα όταν κατασκεύασε μια μονάδα Τριτοβάθμιας Επεξεργασίας λύματος. Το έργο εντάχθηκε και χρηματοδοτήθηκε από το «ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ» (ΕΠΠΕΡ 1994-99, Υποπρόγραμμα Διαχείριση ανθρωπογενούς περιβάλλοντος) με προϋπολογισμό 500.000.000 δρχ. και συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

Χρηματοδοτήθηκαν οι εξής εργολαβίες:

1. Έργα τριτοβάθμιας επεξεργασίας.
2. Υποθαλάσσιοι αγωγοί μεταφοράς επεξεργασμένων λυμάτων Χαλκίδας.
3. Έργα αναδάσωσης ζώνης εργατικών κατοικιών(περιοχή Υψηλής Γέφυρας)

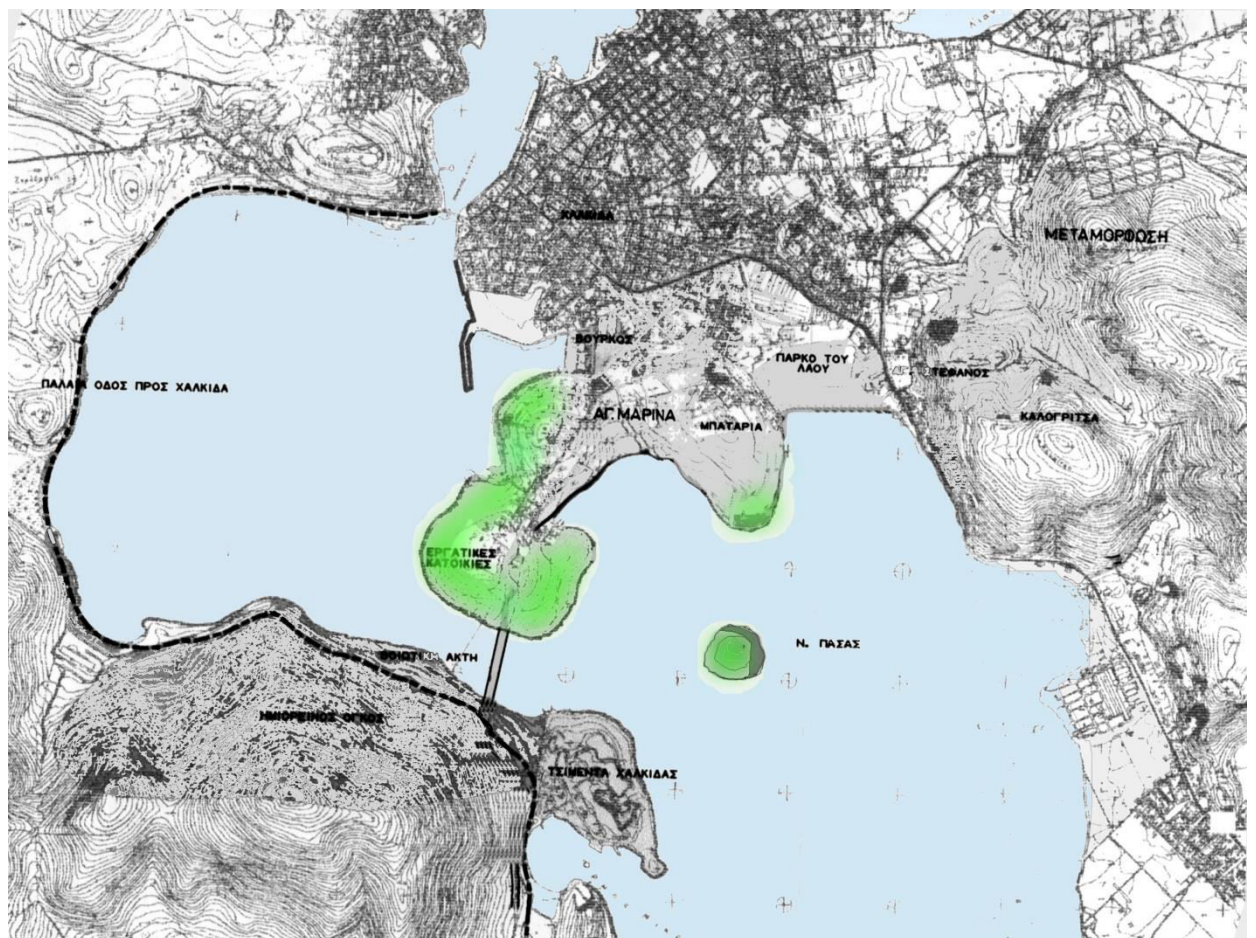
Η διαδικασία της τριτοβάθμιας επεξεργασίας στο Κ.Λ.Χ. περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω. Το επεξεργασμένο λύμα, μετά από την Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης, περνάει από φίλτρα όπου απομακρύνονται όλα τα σωματίδια που μπορεί να έχει και απολυμαίνεται με την χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Η ακτινοβολία αυτή καταστρέφει τον πυρήνα (DNA) των μικροοργανισμών και δεν επιτρέπει τον πολλαπλασιασμό τους. Για μεγαλύτερη ασφάλεια προστίθεται χλώριο και το νερό που παράγεται είναι κατάλληλο για πότισμα (επαναχρησιμοποίηση) και ικανοποιεί τους αυστηρότερους διεθνείς κανονισμούς ποιότητας επεξεργασμένου λύματος. Το Κ.Λ.Χ. έχει ικανότητα παραγωγής 14.000 m³/ημέρα εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, από τα οποία 4.000 m³ ημερησίως τριτοβάθμιου επεξεργασμένου λύματος και με υποθαλάσσιους αγωγούς μπορεί να διοχετευτεί στις ακτές (Ευβοϊκή και Βοιωτική), για άρδευση και βιομηχανική χρήση.



Εικόνα 4 : Διάγραμμα επεξεργασίας Ε.Ε.Λ. Χαλκίδας (Πηγή: Δ.Ε.Υ.Α.Χ.)

Η προσπάθεια για επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου λύματος, ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 1995 στο νησί Πασά, με ικανότητα τότε 9.000 m³/ημέρα εκροών. Το έργο της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση νέων και παλιών περιαστικών πάρκων και για βιομηχανική χρήση, αξιοποίησε ανεκμετάλλετους υδατικούς πόρους και ταυτόχρονα αναβάθμισε την ποιότητα ζωής των πολιτών της Χαλκίδας. Το νησί Πασά επιλέχθηκε για την πρώτη εφαρμογή, καθώς το έδαφος ήταν παρόμοιας συστάσεως και μορφής με αυτό των περιαστικών

λόφων, και επειδή εκεί βρίσκεται το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων δεν χρειάστηκαν πολλά έξοδα για την κατασκευή του δικτύου άρδευσης αλλά και για τη φύτευση, γιατί την ανέλαβε το προσωπικό του κέντρου. Ο χώρος ήταν απολύτως ελεγχόμενος και δεν υπήρχε δυνατότητα πρόσβασης του κοινού. Φυτεύτηκαν διάφορες ποικιλίες δένδρων και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν ήταν πολύτιμα τόσο για την αντοχή τους αλλά και για τις ιδιαιτερότητες του μέσου άρδευσης, στο συγκεκριμένο τύπο εδάφους. Τα δασικά φυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να αρδευτούν με χαμηλής ποιότητας εκροή. Η υψηλή περιεκτικότητα των επεξεργασμένων υγρών σε θρεπτικά συστατικά βοηθά στη γρήγορη ανάπτυξη των δένδρων. Έχουν ήδη φυτευτεί 12.000 δέντρα και θάμνοι στην περιοχή κάτω από την Υψηλή Γέφυρα (περίπου 500 στρέμματα) και πρόκειται να φυτευτούν ακόμα δένδρα στους περιαστικούς λόφους.



Εικόνα 5 : Χάρτης περιοχής Ε.Ε.Α. Χαλκίδας – Ν. Ευβοϊκός (Πηγή: Δ.Ε.Υ.Α.Χ.)

Ταυτόχρονα κατασκευάστηκε υποθαλάσσιος αγωγός μεταφοράς επεξεργασμένων λυμάτων από το Κ.Λ.Χ. προς τη βιομηχανία «ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΚΙΔΑΣ», στη Βοιωτική ακτή. Το επεξεργασμένο νερό χρησιμοποιήθηκε κυρίως, έως το 2013 όπου σταμάτησε τη λειτουργία του το εργοστάσιο, για βιομηχανική χρήση – ψύξη υψικαμίνων και άρδευση παρτεριών και χώρων πρασίνου του εργοστασίου.



Εικόνα 6 : Αεροφωτογραφία περιοχής Βιολογικού Καθαρισμού, πριν την έναρξη του έργου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων, 1994 (Πηγή: Δ.Ε.Υ.Α.Χ.)

Όλο αυτό το έργο έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα για την πόλη της Χαλκίδας ειδικά σε περιόδους ανομβρίας, καθώς η άρδευση γίνεται με επεξεργασμένο νερό και επιτυγχάνεται εξοικονόμηση πόσιμου ύδατος για την ύδρευση. Τέλος, για το έργο της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, ο Δήμος Χαλκιδέων έλαβε το Μάρτιο του 2001 το πρώτο βραβείο της ΕΥΔΑΠ στον Πανελλήνιο διαγωνισμό για την «Καλύτερη πρωτοβουλία για την ορθολογική διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων και του περιβάλλοντος για το 2000».

5.4.2 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη Θεσσαλονίκη

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έχουν υλοποιηθεί τουλάχιστον 9 έργα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για άρδευση των καλλιεργειών με την ΕΥΑΘ στη Θεσσαλονίκη. Το πιο σημαντικό έργο είναι η άρδευση 25.000 στρεμμάτων με καλαμπόκι, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα και ρύζι.

Σ' αυτή την περίπτωση άρδευσης, τα επεξεργασμένα λύματα με τη χρήση ενεργού ιλύος και χλωρίωση, αναμιγνύονται με γλυκό νερό από τον ποταμό Αξιό σε αναλογία 1:5, για να κρατήσουν την ποιότητα όπως ορίζουν τα ελληνικά πρότυπα. Η ανάμειξη είναι απαραίτητη, διότι στην εκροή έχει αυξηθεί η αλατότητα, λόγω της υφαλμύρινσης στο αποχετευτικό σύστημα (Πίπας Α., Πανώρας Α., and Angelakis Α., 2014).

Η πειραματική χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση των γεωργικών εκτάσεων στη γειτονική περιοχή της ΕΥΑΘ, Χαλάστρας-Καλοχωρίου, που χρησιμοποιούν τα συστήματα επιφανειακών και στάγδην άρδευση έχει παράσχει σημαντικά στοιχεία σχετικά με τους συναφείς κινδύνους και τις επιπτώσεις. Συνολικά, η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ασφάλεια για άρδευση, χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο τα εδάφη, τις καλλιέργειες, τα συστήματα άρδευσης και την ανθρώπινη υγεία, με την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι συνιστώμενες πρακτικές που ακολουθούνται. Ωστόσο, μόνο η ορθολογική χρήση της εκροής και συστηματική παρακολούθηση του συστήματος διασφαλίζει τη βιωσιμότητα και τη μακροπρόθεσμη ασφάλεια (Panoras et al 2010).

Το πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στη Θεσσαλονίκη κατάφερε να πετύχει μείωση στη χρήση λιπασμάτων, λόγω της περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά των επεξεργασμένων λυμάτων. Αυτή η πειραματική χρήση απέδειξε ότι δεν ήταν απαραίτητη η χρήση λιπασμάτων για να επιτευχθούν υψηλότερες ποσότητες παραγωγής των καλλιεργειών.

Η χρήση αναγεννημένου νερού μείωσε την ανάγκη για λίπανση με άζωτο (N) και εξάλειψε την ανάγκη για λίπανση με φώσφορο (P). Ωστόσο, μπορεί να έχει εφαρμοστεί υπερβολικά φορτία, κυρίως φώσφορου. Αυτό μπορεί να έχει ως

αποτέλεσμα τη διήθηση νιτρικών στα υπόγεια ύδατα και την απορροή του φώσφορου και του αζώτου σε επιφανειακά υδάτινα σώματα. Σε γενικές γραμμές, η άρδευση με ανακτημένο νερό απαιτεί πολύ προσεκτικό σχεδιασμό και παρακολούθηση. Η μεταφορά των θρεπτικών συστατικών στα υδάτινα σώματα μπορεί να (Panoras et al 2010) :

- υποβαθμίσει την ποιότητα των υδάτων
- να μειωθεί η βιοποικιλότητα
- προκληθεί ευτροφισμός και
- να προκαλέσει κινδύνους για την υγεία, αν αυτοί οι υδάτινοι πόροι είναι πόσιμοι.

Επιπλέον, η αυξημένη συγκέντρωση των θρεπτικών ουσιών, και ειδικότερα αζώτου, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ανάπτυξη και την ποιότητα των αρδευόμενων καλλιεργειών. Μπορεί να προκαλέσει υπερβολική βλαστική ανάπτυξη σε βάρος της απόδοσης των καλλιεργειών και κάτω συσσώρευση των υδατανθράκων σε ζαχαρότευτλα και φρούτα.

Ο όγκος του αναγεννημένου νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση στη Θεσσαλονίκη έχει αναφερθεί ότι κυμαίνεται μεταξύ 1,6 έως 5,0 εκατομμύρια m³ / έτος, η οποία είναι 2.8 - 8.7% του μέσου όγκου των επεξεργασμένων λυμάτων. Η ΕΥΑΘ, είναι ελεγχόμενη από το κράτος και λειτουργεί τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, δε χρεώνει κανένα τιμολόγιο στους αγρότες για το αναγεννημένο νερό που τους τροφοδοτεί. Επίσης, δεν υπάρχει καμία σύμβαση γι' αυτή τη συναλλαγή και αυτό πραγματοποιείται με βάση την ετήσια έγκριση της Γενικής Συνέλευσης του Συλλόγου των τοπικών αγροτών. Τα κύρια εμπόδια που αντιμετωπίστηκαν κατά τη διάρκεια του έργου σχετίζονται με τη διοικητική γραφειοκρατία, την απροθυμία των αγροτών και την έλλειψη ευαισθητοποίησης του κοινού. Η ίδρυση των ελληνικών προτύπων το 2011 και η απλοποίηση της αδειοδότησης το 2013 έχει λύσει εν μέρει τη διοικητική γραφειοκρατία. Το δεύτερο θέμα που εξετάστηκε στην πράξη, όπως η εμπιστοσύνη, η αξιοπιστία και η αποδοχή χτίστηκαν σταδιακά μεταξύ της εταιρείας και των τοπικών αγροτών. Πρέπει να τονιστεί, όμως, ότι το οικονομικό όφελος (δωρεάν αναγεννημένο νερό, δεν υπάρχει, δυνητικά υψηλότερες αποδόσεις) φέρεται να είναι το βασικό κίνητρο για τους αγρότες να συνεργαστούν. Το τρίτο θέμα ήταν εν

μέρει να αντιμετωπιστεί μέσω εκστρατειών επιμόρφωσης του κοινού. Η αποδοχή από το κοινό και η συμμετοχή αναδεικνύεται ως μείζον θέμα για κάθε παρόμοιο έργο.

5.4.3 Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη Θεσσαλία

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού αποτελεί τη βασική γεωργική έκταση στην περιοχή της Θεσσαλίας και αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα με τη λειψυδρία και επίσης έχει χαρακτηριστεί ως ζώνη ευπρόσβλητη στη ρύπανση του νιτρικού άλατος. Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων μελετήθηκε κατά τη διάρκεια του προγράμματος “i- adapt”, το οποίο ήταν ένα από τα project της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την ανάσχεση της απερίημωσης στην Ευρώπη. Έγινε ειδική μελέτη (case study) που επικεντρώθηκε στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων των τριών μεγαλύτερων πόλεων (δηλαδή Λάρισας, Καρδίτσας και Τρικάλων), καθώς και για ακόμη πέντε Ε.Ε.Λ. στην ευρύτερη περιοχή (EU-level instruments on water reuse,2016). Επίσης, το 75% του νερού που επαναχρησιμοποιείται στη Θεσσαλία είναι αποκλειστικά για άρδευση (ΕΛΣΤΑΤ, 2011).

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι επαναχρησιμοποιώντας υψηλότερο όγκο λυμάτων θα χρειαστεί να κατασκευαστούν κατάλληλες δεξαμενές αποθήκευσης για τα λύματα κατά τους χειμερινούς μήνες κι αυτό θα αυξήσει το κόστος του συστήματος της επαναχρησιμοποίησης. Δεδομένου ότι το βαμβάκι αντιπροσωπεύει το ήμισυ της αρδευόμενης έκτασης στην περιοχή και, ως καλλιέργεια μη εδώδιμων προϊόντων, θα μπορούσε να είναι ευκολότερη η αποδοχή από το κοινό για το έργο, τα σενάρια λοιπόν που εξετάστηκαν επικεντρώθηκαν μόνο στην άρδευση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων βαμβακιού στην περιοχή των Ε.Ε.Λ. Το δυναμικό για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων υπολογίζεται σε 25 Mm³ / έτος (23 Mm³ / έτος για τις 3 μεγάλες πόλεις) ή 2-3% του συνολικού ετήσιου όγκου για άντληση νερού άρδευσης. Η συνολική έκταση που θα μπορούσε να αρδευτεί είναι 61.210 εκτάρια (EU-level instruments on water reuse,2016).

Για περιορισμένη άρδευση του βαμβακιού, η αναβάθμιση των υφιστάμενων Ε.Ε.Λ. θα απαιτούσε κόστος 0,003 - 0,019 €/ m³. Υποθέτοντας ότι για τους τομείς του βαμβακιού θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της στάγδην άρδευσης, αυτό θα απαιτούσε

την κατασκευή κλειστών αγωγών. Η εγκατάσταση των συστημάτων στάγδην άρδευσης κοστίζει 0,045 - 0,118 € / m³ και η κατασκευή των δεξαμενών αποθήκευσης κοστίζει 0,008 - 0,185 € / m³. Το συνολικό κόστος του προγράμματος θα κυμανθεί μεταξύ 0,123 και 0,304 € / m³. Οι πιο οικονομικά αποδοτικές περιπτώσεις είναι οι 3 μεγάλες πόλεις: Καρδίτσα (0,123 € / m³), Λάρισα (0,195 € / m³) και Τρίκαλα (0,232 € / m³). Αν το συνολικό κόστος δεν προέρχεται από κάποια χρηματοδότηση, τότε το αναγεννημένο νερό θα πρέπει να παρέχεται στους αγρότες στις παραπάνω τιμές. Πρέπει να τονιστεί όμως, ότι μια πιο ακριβή και ολοκληρωμένη προσέγγιση πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη της τα δυνητικά οικονομικά οφέλη για τους αγρότες, όταν χρησιμοποιούν το αναγεννημένο νερό, όπως είναι η μείωση του κόστους των λιπασμάτων (1,3 € / kg) και οι αυξημένες αποδόσεις βαμβακιού (0,540 € / kg), (Panagorouλος κ.α., 2014).

Λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη μέση τιμή του γλυκού νερού άρδευσης στη λεκάνη του ποταμού Πηνειού (0,03 € / m³), καμία από τις παραπάνω περιπτώσεις δε φαίνεται να παρέχει αναγεννημένο νερό στους αγρότες σε ανταγωνιστικές τιμές. Είναι ενδιαφέρον, ωστόσο, ότι το συνολικό κόστος του γλυκού νερού άρδευσης (συμπεριλαμβανομένων των πόρων και του περιβαλλοντικού κόστους) φτάνει 0,339 € / m³, το οποίο είναι σημαντικά υψηλότερο από το κόστος του αναγεννημένο νερού για άρδευση. Συμπεραίνεται ότι είναι ακατόρθωτο να αυξηθεί η τιμή του γλυκού νερού άρδευσης, με σκοπό να επιτευχθεί η πλήρης ανάκτηση του κόστους. Πιθανότατα οι αγρότες θα αντιτεθούν και επομένως θα εμποδίσουν κατά πάσα πιθανότητα μια τέτοια προσέγγιση (Panagorouλος κ.α.,2014).

Ολοκληρωμένο πιλοτικό έργο που πραγματοποιήθηκε για την λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού δείχνει ότι η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για την άρδευση του βαμβακιού μπορεί να είναι η βέλτιστη επιλογή για επαναχρησιμοποίηση 14 Mm³/ έτος των επεξεργασμένων λυμάτων. Επίσης, έχει υπολογιστεί ότι υπάρχει ένα καθαρό όφελος για τους αγρότες (0,26 € / m³), κατά τον υπολογισμό του συνολικού υπόλοιπου κόστους, καθώς και τα οφέλη σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης (Panagorouλος κ.α.,2014).

5.5 Επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων

Στην Ελλάδα, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα των υπόγειων υδάτων για άντληση είναι περίπου 3.550 εκατομμύρια m³/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 (το 84% από τη συνολική χρήση του νερού χρησιμοποιείται για γεωργική άρδευση) αλλά και για χρήση στο βιομηχανικό τομέα. Σχεδόν το 80% των ελληνικών συστημάτων υπόγειων υδάτων είναι σε καλή κατάσταση, ενώ το 17% από αυτούς είναι σε κακή ποσοτική κατάσταση (Eurostat data,2014).

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για εμπλουτισμό υδροφορέα διαφοροποιείται 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). Θα πρέπει να τονιστεί ότι η άμεση έγχυση αναγεννημένου νερού δεν επιτρέπεται για υδροφορείς με πόσιμο νερό. Επιπλέον, απαιτείται μια μελέτη των υδρογεωλογικών συνθηκών σε όλες τις περιπτώσεις (Ανδρεαδάκης κ.α.,2005).

Δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία στην Ελλάδα σχετικά με εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, ωστόσο ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε μόνο δύο περιπτώσεις. Και οι δύο είχαν / έχουν διεξαχθεί στο πλαίσιο ερευνητικών προγραμμάτων, καθώς επίσης είναι ενδιαφέρον ότι και οι δύο από αυτούς είναι πραγματικά έργα επαναχρησιμοποίησης.

Κατά τη διάρκεια του έργου Marsol (2013-2016), ο εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα πραγματοποιήθηκε σε έναν παράκτιο, προσχωματικό και καρστικοποιημένο υδροφορέα στην περιοχή του Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου, το οποίο είναι κοντά στην Αθήνα. Ο υδροφορέας χρησιμοποιείται για μη πόσιμο νερό και έχει υποστεί υφαλμύριση λόγω της υπέρ-άντλησης για αρδευτικούς σκοπούς. Το αναγεννημένο νερό από την Ε.Ε.Λ. ΚΕΛΜ(Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Μεταμόρφωσης) μεταφέρεται με οχήματα εμπλουτίζει το υδροφόρο στρώμα, χρησιμοποιώντας λεκάνες διήθησης στην επιφάνεια. Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα κόστους για αυτή την εφαρμογή.

ΚΟΣΤΟΣ

Υπολογίζεται ότι για μια Ε.Ε.Λ. με εκροές 4.000 m³/ημέρα το εκτιμώμενο κόστος για επαναφόρτιση υπόγειου υδροφορέα είναι τουλάχιστον από 0,17 €/ m³ έως 2,12 €/ m³. Κατά τη χρήση της μεθόδου με διήθηση ή αντίστροφη όσμωση, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούσε να είναι 0,15 €/ m³. Από την άλλη πλευρά, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για γεωργική άρδευση θα μπορούσε να κοστίζει περίπου 0,44 €/ m³. Τέλος, υπάρχει έλλειψη από συγκεκριμένα οικονομικά δεδομένα, αλλά θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επαναχρησιμοποίηση για γεωργική άρδευση στην Ελλάδα είναι περισσότερο αποδεκτή, απ' ότι ένα έργο επαναφόρτισης υδροφορέα που φαίνεται να είναι λιγότερο ώριμο και ανταγωνιστικό (ΕΕΑ, 2015).

5.6 Μελλοντικά έργα και χρηματοδότηση

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια γίνονται πολύ περισσότερα έργα κατασκευής Ε.Ε.Λ., ικανοποιώντας την οδηγία 91/271, παρά έργα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων, τα οποία εντάσσονται στο ΕΠΠΕΡΑΑ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» - ΕΠΠΕΡΑΑ), με συγχρηματοδότηση ΕΣΠΑ 2014-2020. Πρέπει να σημειωθεί ότι έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στην κατασκευή υποδομών διαχείρισης των αστικών λυμάτων, αλλά ακόμη υπάρχουν αρκετές ελλείψεις στην κάλυψη των οικισμών Γ προτεραιότητας (2.000 έως 15.000 ι.π.) και συνεχίζονται να κατασκευάζονται πανελλαδικώς τέτοια έργα.

Ολοκληρώθηκαν 34 έργα, στο πλαίσιο του ΕΠΠΕΡΑΑ 2007-2013, που περιλαμβάνουν τη συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, έργα που αφορούν 132.000 ισοδύναμους κατοίκους.

Τα έργα επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα είναι ελάχιστα, αλλά είναι σημαντικό να γίνει αναφορά στο ότι έχουν εξασφαλισθεί πόροι, από το ΕΠΠΕΡΑΑ, έως το 2020, για την κατασκευή έργων επαναχρησιμοποίησης. Το σημαντικότερο έργο επαναχρησιμοποίησης που πρόκειται να υλοποιηθεί, αφορά τη μεγαλύτερη Ε.Ε.Λ. της χώρας, τη Ψυτάλλεια. Ειδικότερα, για το λεκανοπέδιο της Αττικής, αξιοποιώντας τις μελέτες που κατά καιρούς έχουν εκπονηθεί, το ΥΠΕΝ (Υπουργείο

Περιβάλλοντος και Ενέργειας) έχει θέσει ως μεσοπρόθεσμο στόχο την ανάκτηση και αξιοποίηση για άρδευση, αστικές και βιομηχανικές χρήσεις 80.000-100.000 m³/ημέρα, από τους υφιστάμενους και υπό κατασκευή βιολογικούς καθαρισμούς της περιοχής (ΕΠΠΕΡΑΑ,2014).

Με χρηματοδότηση από κοινοτικούς πόρους του ΕΠΠΕΡΑΑ, προωθείται η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση περίπου 20.000 m³/ημέρα από την Ψυτάλλεια. Η δράση θα περιλαμβάνει, την κατασκευή και λειτουργία μονάδας προχωρημένης επεξεργασίας, μέρους των δευτεροβάθμιων εκροών του βιολογικού καθαρισμού της Ψυτάλλειας και της υποδομής, για τη μεταφορά και διανομή του ανακτημένου νερού στη Σαλαμίνα και το παραλιακό μέτωπο της Αττικής. Σκοπός είναι να καλυφθούν οι ανάγκες σε νερό για άρδευση αστικού πρασίνου, ενώ εξετάζεται και η σκοπιμότητα διοχέτευσης μέρους του ανακτημένου νερού στο Ποικίλο Όρος (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2014).

Επιπλέον, το ΥΠΕΝ έχει δεσμευθεί για χρηματοδότηση ύψους 30.000.000 €, με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων. Οι εγκαταστάσεις επαναχρησιμοποίησης των εκροών της Ψυτάλλειας προορίζονται αρχικά να καλύψουν δίκτυα ανακτημένου νερού προς τη νήσο Σαλαμίνα, Παραλιακό μέτωπο και Σχιστό και θα αφορούν νερό αστικής και περιιαστικής χρήσης.

Κεφάλαιο 6^ο - Συμπεράσματα - Προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού στις σύγχρονες κοινωνίες, ειδικά σήμερα που οι υδατικοί πόροι εξαντλούνται, είναι αναγκαία και επιβάλλεται στις χώρες όπου τα υδατικά αποθέματα είναι περιορισμένα, έως και μηδενικά. Όμως, τα ανακτώμενα νερά θα πρέπει να πληρούν τις απαραίτητες ποιοτικές προδιαγραφές που ορίζει η νομοθεσία, ανάλογα με τις χρήσεις για τις οποίες προορίζονται, ώστε να διασφαλίζεται η δημόσια ασφάλεια και υγιεινή.

Τα οφέλη από την επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι σημαντικά και πολλά, όπως η περιβαλλοντική προστασία, η ορθολογική διαχείριση της λειψυδρίας, η αντιμετώπιση τοπικών διαμαχών για την έλλειψη υδατικών πόρων, η οικονομική ανάπτυξη και η εξασφάλιση των μελλοντικών αναγκών των επόμενων γενιών για νερό. Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων θα συμβάλλει ουσιαστικά στην διαχείριση τους, αλλά και γενικότερα στην διαχείριση των υδατικών πόρων διεθνώς. Εξάλλου, αυτό έχει ήδη αποδειχθεί από τις ήδη επιτυχημένες εφαρμογές προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης νερού που έχουν γίνει στον κόσμο, καθώς και σε πιλοτικές εφαρμογές στην Ελλάδα. Για αυτό το λόγο παρατηρείται τα τελευταία χρόνια συνεχής αύξηση των προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης ύδατος διεθνώς, και βέβαια έχουν περισσότερη χρησιμότητα σε χώρες που πλήττονται από λειψυδρία, χώρες όπως η Σιγκαπούρη, το Ισραήλ και η Κύπρος. Η Ελλάδα δεν πλήττεται από κίνδυνο λειψυδρίας τόσο, όσο οι προαναφερθείσες χώρες, αλλά η κλιματική αλλαγή και οι αυξανόμενες ανάγκες για νερό, ειδικά τη θερινή περίοδο, οδηγούν στην εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης των υγρών λυμάτων, πλην της χρήσης για πόσιμο νερό. Όμως, η τρέχουσα επαναχρησιμοποίηση του νερού που γίνεται στην Ελλάδα, κάτω του 1%, είναι πολύ χαμηλή, σε σύγκριση με τη συνολική χρήση νερού στη χώρα. Επιπρόσθετα, το ποσοστό των ανακτημένων λυμάτων, κάτω από 5%, σε σύγκριση με τη συνολική ποσότητα των επεξεργασμένων λυμάτων, είναι επίσης εξαιρετικά χαμηλή.

Επιπρόσθετα, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε περιοχές όπως η Θεσσαλία ή η Κεντρική Μακεδονία οι ανάγκες για άρδευση είναι συνεχείς. Το 75% του νερού που

επαναχρησιμοποιείται στη Θεσσαλία είναι αποκλειστικά για άρδευση, επομένως η συμβολή της επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα θα μπορούσε να είναι ουσιαστική για τη βελτίωση της διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από τα ήδη επιτυχημένα προγράμματα μικρής έκτασης που γίνονται στη Χαλκίδα, Θεσσαλονίκη, καθώς και σε άλλες περιοχές που προαναφέρθηκαν, αλλά έχουν μικρότερη ακόμη αποδοτικότητα.

Ένα άλλο γεγονός είναι ότι ενώ στην Ελλάδα υπάρχουν γενικά πολλές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων οι οποίες θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην επαναχρησιμοποίηση του νερού, που όμως αυτό δε συμβαίνει στην πλειονότητά τους. Οι Ε.Ε.Λ. της Ελλάδας, στην πλειοψηφία τους έχουν σαν τελικούς αποδέκτες τους φυσικούς υδάτινους αποδέκτες, κυρίως τη θάλασσα και τα ποτάμια, επομένως συνεισφέρουν στην περιβαλλοντική προστασία, αλλά ταυτόχρονα δεν αξιοποιούνται και δεν συμβάλλουν στην ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, μέσω της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων.

Η παραπάνω κατάσταση οδηγεί στο συμπέρασμα πως πρέπει να γίνουν οργανωμένες προσπάθειες ώστε σε όλες τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων να λειτουργούν συστήματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων, ώστε να συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση υδατικών πόρων. Βέβαια, η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια υστερεί ως προς τη χρηματοδότηση και την εύρεση κονδυλίων για να υλοποιηθούν όλα τα απαιτούμενα έργα επαναχρησιμοποίησης των Ε.Ε.Λ. Από πλευράς Ε.Ε. κονδύλια τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν, αλλά απαιτούνται μελέτες και κινητοποίηση των δημοτικών επιχειρήσεων που έχουν στην αρμοδιότητά τους τις Ε.Ε.Λ.

Ωστόσο, παρά το γεγονός της κάλυψης των ποιοτικών προδιαγραφών που απαιτεί η νομοθεσία, απαιτείται η πλήρης ενημέρωση του κοινού που καλείται, είτε ως παραγωγοί είτε ως καταναλωτές, να αποδεχτούν την επαναχρησιμοποίηση νερού που προέρχεται από επεξεργασμένα αστικά λύματα. Το σημείο αυτό, είναι το σημαντικότερο που θα πρέπει να μεριμνήσει μια οργανωμένη πολιτεία να πετύχει, διότι η μη αποδοχή του κοινού για έργο επαναχρησιμοποίησης, σημαίνει αυτόματα και την αποτυχία του. Πριν ξεκινήσει η μελέτη κατασκευής ενός τέτοιου έργου, η πολιτεία οφείλει να καλλιεργήσει και να αναπτύξει την περιβαλλοντική συνείδηση.

Αυτό καλλιεργείται από μικρή ηλικία και επομένως πρέπει να ξεκινήσει από το σχολικό περιβάλλον.

Παράλληλα οφείλει να ζητήσει από τον επιστημονικό κόσμο την πραγματοποίηση ημερίδων ενημέρωσης όπου θα παρουσιαστούν όλα τα ζητήματα που άπτονται της επαναχρησιμοποίησης, έτσι ώστε οι πολίτες να μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένες απαντήσεις στις πολλές φορές δικαιολογημένες ανησυχίες τους από τους αρμόδιους. Ακόμη, οφείλει να πείσει την κοινή γνώμη για τη χρησιμότητα ενός τέτοιου έργου προβάλλοντας τα οφέλη του ανακτημένου νερού για τον καταναλωτή, ώστε να αποφευχθεί μια μελλοντική μείωση στα υδατικά αποθέματα της περιοχής. Τέλος, όπως και σε όλα τα έργα, όλα τα προαναφερθέντα θα πρέπει να γίνουν με απόλυτη διαφάνεια, αφού η απουσία αυτής σε ένα τέτοιο έργο θα το οδηγήσει στην αποτυχία.

6.2 Προτάσεις επαναχρησιμοποίησης

Η κύρια απαίτηση στην Ελλάδα, ειδικά στις αγροτικές περιοχές είναι η κάλυψη των υδατικών αναγκών για γεωργικές δραστηριότητες. Έτσι, αν ληφθούν υπόψη όλα τα μέτρα και οι κανονισμοί, πραγματοποιηθεί σωστά η ενημέρωση και συμμετοχή του κοινού στην διαδικασία λήψης αποφάσεων, το ανακυκλωμένο νερό θα μπορούσε να συνεισφέρει σημαντικά στην άρδευση των αγροτικών περιοχών αλλά και γενικότερα σε όλη τη χώρα (άρδευση χώρων πρασίνου, άρδευση δέντρων κατά μήκος των εθνικών οδών, πυροπροστασία).

Ειδικότερα, για τα διαμερίσματα της Θεσσαλίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Θράκης και Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας προτείνεται η εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων. Μ' αυτό τον τρόπο θα μπορούν να αποθηκευτούν μεγάλες ποσότητες νερού σε φυσικές δεξαμενές, ελαχιστοποιούνται οι απώλειες που προέρχονται από εξατμισοδιαπνοή, ενώ παράλληλα αυξάνονται τα φυσικά αποθέματα (υπόγειοι υδροφορείς).

Στα νησιά του Αιγαίου, σε κάποια από αυτά, τα υδατικά αποθέματα είναι ανεπαρκή (Σαντορίνη, Σύρος, Φολέγανδρος) και η αξιοποίηση των επιφανειακών νερών είναι αναγκαία. Τα επιφανειακά νερά μπορούν να αποθηκευτούν σε φράγματα

λιμνοδεξαμενές και στέρνες, καθώς και με τη μέθοδο του τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων, δίνοντας ταυτόχρονα προτεραιότητα στις περιοχές όπου παρατηρούνται φαινόμενα υφαλμύρισης (ΣΔΛΑΠ ΥΔ Νήσων Αιγαίου,2015).

Στην Κρήτη εφαρμόζεται η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, αφού οι εκροές των Ε.Ε.Λ. είναι κατάλληλες, και έχει τη δυνατότητα να παρέχει νέες και χαμηλού κόστους πηγές ύδατος, ιδιαίτερα στον τομέα της άρδευσης, ελαιώνων και αμπελώνων. Από το 2003 οι Ε.Ε.Λ. Παλαιοκάστρου, Χερσονήσου, Αρχάνες και Ζάκρου εφαρμόζουν μεθόδους ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης αστικών λυμάτων για χρήση κυρίως άρδευσης γεωργικών εκτάσεων και τοπίου, καθώς επίσης και για πυροπροστασία. Παρόλα αυτά οι ποσότητες του αναγεννημένου νερού σε σχέση με αυτό που θα μπορούσε να ανακτηθεί συνολικά είναι ελάχιστες και προτείνεται η αύξηση του ποσοστού του ανακτημένου νερού για τις ήδη υπάρχουσες χρήσεις. (ΣΔΛΑΠ ΥΔ Κρήτης,2015).

Τέλος, στην Αττική σχεδιάζονται έργα επαναχρησιμοποίησης άρδευσης χώρων πρασίνου, ωστόσο στην Ε.Ε.Λ. Θριασίου η πιθανότερη εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης μελλοντικά θα μπορούσε να είναι η διάθεση των παραγόμενων εκροών για βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση από τις μεγάλες υδροβόρες βιομηχανίες της περιοχής. Επιπλέον, στην Ανατολική Αττική η δυνατότητα επέκτασης των αρδεύσεων στην περιοχή μπορεί να υλοποιηθεί με την χρησιμοποίηση των τριτοβάθμια επεξεργασμένων εκροών από τις υπό ανάπτυξη Ε.Ε.Λ. και ιδιαίτερα από τις προγραμματιζόμενες Ε.Ε.Λ. στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της Αν. Αττικής. Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης στην Αν. Αττική είναι η εκπόνηση μιας συνολικής μελέτης άρδευσης για την περιοχή.

Όμως για να υλοποιηθούν όλες οι προαναφερθείσες προτάσεις, θα πρέπει πρωτίστως να γίνει :

- Κεντρικός σχεδιασμός των έργων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων αλλά με λύσεις και δράσεις που θα είναι αποκεντρωμένες και τοπικές. Γι' αυτό είναι επιτακτική η συνεργασία των φορέων σε κεντρικό επίπεδο (υπουργεία) με τους αντίστοιχους φορείς σε τοπικό - περιφερειακό επίπεδο. Ο σχεδιασμός αυτός θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την παραγωγή των αποβλήτων αλλά και τις υφιστάμενες και μελλοντικές ανάγκες σε επαναχρησιμοποίηση, ανάλογα

με το είδος και την έκταση των καλλιεργειών. Επιπλέον, στον υπολογισμό του κόστους των έργων επαναχρησιμοποίησης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το περιβαλλοντικό κόστος του νερού.

- Κατασκευή Ε.Ε.Λ. που θα σχεδιάζονται με γνώμονα την απαιτούμενη ποιότητα των εκροών έτσι ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν άμεσα σε διάφορες εφαρμογές ανάλογα και με όσα προβλέπονται από τον σχεδιασμό.
- Ανάπτυξη μηχανισμών ελέγχου της καλής λειτουργίας των εγκαταστάσεων και της ποιότητας των εκροών, η οποία θα ευνοούσε την ανάπτυξη σχέσεων συνεργασίας και εμπιστοσύνης ανάμεσα στους παραγωγούς αποβλήτων και στους καταναλωτές.
- Άμεση αξιοποίηση των εκροών προς επαναχρησιμοποίηση, όπου είναι εφικτό και υλοποιήσιμο, στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις επεξεργασίας για άρδευση ή για βιομηχανικές χρήσεις.
- Εντατικοποίηση των δράσεων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των καταναλωτών, με θέματα σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Η αποδοχή του κοινού στη χρήση του ανακτημένου νερού θα ήταν μεγαλύτερη, εφόσον θεσπιστεί ευνοϊκή τιμολογιακή πολιτική για τους χρήστες.
- Για την υλοποίηση των έργων διατίθενται συγκεκριμένα εργαλεία από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) ή αναμένεται να συμπεριληφθούν σε πόρους της ΕΕ που σχετίζονται με την κυκλική οικονομία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Asano, T., and Tsobanoglous, G., 1987. “Municipal wastewater treatment and effluent utilization for irrigation. Land and Water Development Division”, F.A.O., Rome 1987.(p.548-585)

Blumenthal U., Mara D.D., Peasy A., Ruiz-Palacios G. and Stott R., 2000. “Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines”. Bulletin of the World Health Organization, 78 (9), 1104-1116, 2000.

California State Water Resources Control Board, Office of Water Recycling, 1990. “California Municipal Wastewater Reclamation in 1987”, Report June 1990.

EU-level instruments on water reuse, “Final report to support the Commission’s Impact Assessment”. Luxembourg 2016.

European Commission, DG Environment, 2001. “Disposal and recycling routes for sewage sludge”. Luxembourg 2001.

Eurostat data, 2014. Water statistics, Agricultural statistics, Crop statistics, Agri-environmental indicators, Agricultural Census in Greece, 2014.

Ilias A., Panoras A., and Angelakis A., 2014. “Wastewater Recycling in Greece: The Case of Thessaloniki”, 2014. (p. 2876-2892)

Johnson O.A., Napiyah M. and Kamaruddin I. ,2014. “Potential uses of Waste Sludge in Construction Industry: A Review”. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 8(4)(2014-07):565-570, July 2014.

Kamizoulis, G., Bahri, A., Brissaud, F. and Angelakis, A. N. 2003. “Wastewater recycling and reuse practices in Mediterranean region: Recommended Guidelines”. Water International (in revision), 2005. (p.62-74)

Metcalf and Eddy, 2007. «Μηχανική Υγρών Αποβλήτων: Επεξεργασία και Επαναχρησιμοποίηση». Εκδόσεις Τζιόλα, Α' Τόμος, Θεσσαλονίκη 2007.(σελ.132-141)

Metzler D.F., 1958. "Emergency use of reclaimed water for potable supply at Chanute, Kansas". New York, NY: McGraw Hill, 1958.

Panagopoulos, Y., Makropoulos, C., Kossida, M., Mimikou, M., 2014. "Optimal Implementation of Irrigation Practices: Cost-Effective Desertification Action Plan for the Pinios Basin". Journal of Water Resources Planning and Management, October 2014 /Volume 140, Issue 10 0733-9496 ISSN (online): 1943-5452.

US-EPA, Guidelines for water reuse. EPA manual 625/R-92/004. Washington D.C. 1992.

W.H.O., 1989. "Health guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture", W.H.O. Technical Report Series 778, Geneva, Switzerland, 1989

W.H.O.,2006. "Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater : Vol.2 Wastewater Use in Agriculture", W.H.O., Geneva, Switzerland, 2006

Αγγελάκης, Α. και Παρανυχιανάκης, Ν., «Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων: Ανάγκη θέσπισης κριτηρίων», στα ΤΕΕ (εκδ.) πρακτικά της διημερίδας Διαχείριση υγρών αποβλήτων με αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας, Νεοχώρι Καρδίτσας 2005.(σελ.31-64)

Ανδρεαδάκης Α., 2000. «Συστήματα Επεξεργασίας Λυμάτων», 1ο κεφάλαιο του Τόμου Τεχνολογία Αντιμετώπισης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Έκδοση Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, Αθήνα 2000.

Ανδρεαδάκης Α., 2009. «Θεσμικό πλαίσιο και απαιτούμενη επεξεργασία για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων», Έκδοση ΕΜΠ , Αθήνα 2009.(σελ.4-16,25)

Αραμπατζής Χ., «Περιβαλλοντικός σχεδιασμός για την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων και ιλύος βιολογικών καθαρισμών του Νομού Αιτωλοακαρνανίας σε εδάφη», Πάτρα 2011.(σελ.36-43)

ΔΠΜΣ σημειώσεις μαθήματος «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» ΕΜΠ, Αθήνα 2002.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων ΥΠΕΚΑ , «Κείμενο κατευθυντήριων γραμμών για τη διαχείριση λυμάτων μικρών οικισμών», Αθήνα 2012.(σελ.5-9,11,56-68,81)

Ηλιοπούλου Δ., «Συστηματοποίηση διαδικασιών επιλογής συστημάτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων», Αθήνα 2008.(σελ.3-24)

Καλαβρουζιώτης Ι., «Αειφορική διαχείριση Εδαφικών Πόρων», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2010 .(σελ.32-41)

Κούγκολος Α., « Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2005.(σελ.104-113)

ΚΥΑ 145116/2011 (Φ.Ε.Κ. 354/Β/8.3.2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις».

ΚΥΑ 191002/2013 (ΦΕΚ Β'2220/9-9-2013) Τροποποίηση της υπ' αριθ. 145116/2011 κοινής υπουργικής απόφασης «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (354/Β) και συναφείς διατάξεις».

Μαρκαντωνάτος Γ., 1990. «Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων». Β' Έκδοση, Αθήνα 1990.(σελ.404-407)

Νταρακάς Ε. « Διεργασίες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων», Θεσσαλονίκη, 2010.(σελ.18-38,33-38,66-70)

Παρανυχιανάκης Ν., Κοτσελίδου Ο., Βαρδάκου Ε., Αγγελάκης Α. «Οδηγίες Ανακύκλωσης Επεξεργασμένων Εκροών Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα», Λάρισα 2009.(σελ.1-12,26-42,48-64)

Στάμου Α., 1995, «Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων». Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1995.(σελ.54-73)

Τσώνης Σ., 2004, «Επεξεργασία λυμάτων», ISBN 960-7530-51-9, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2004.(σελ. 17-26,32-41)

ΥΠ.Ε.Κ.Α. – Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος « Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΠΕΡΑΑ)», Μελέτη Προγράμματος « Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη, ΕΣΠΑ 2014-2020». Αθήνα Ιούλιος 2014.(σελ.79-92, 133-142,298)

ΔΙΑΔΥΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

astikalimata.ypeka.gr, 2016. <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Νοέμβριος 2016

Australian Guidelines, 2004. “WATER RECYCLING IN AUSTRALIA” <https://www.environment.gov.au/system/files/pages/5590fe3c-1a60-4558-9d14-381b98ee80d1/files/hs44radcliffe-water-recycling-australia.pdf>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Νοέμβριος 2016

dipphotos, Εικόνα 3. <http://dipphotos.blogspot.gr/search?updated-max=2015-07-06T23:46:00%2B03:00&max-results=20>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Δεκέμβριος 2016

NDBHMI,2016. <http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/el/applications/greece.html>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Νοέμβριος 2016

PUB, 2016. <https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Νοέμβριος 2016.

W.H.O.”PROTECTING SURFACE WATER FOR HEALTH”,2016. (www.who.int/water_sanitation_health/dwq/iwaforeword.pdf?ua=1), πρόσβαση σε ιστοσελίδα Νοέμβριος 2016.

Watereuse Organization,2004. “Innovative Applications in water reuse : Ten Case Studies”, USA 2004. <https://watereuse.org/wp-content/uploads/2015/10/WRA-101.pdf>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Νοέμβριος 2016

www.yourarticlelibrary.com, Εικόνα 1. http://cdn.yourarticlelibrary.com/wp-content/uploads/2014/02/clip_image002245.jpg, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Οκτώβριος 2016.

Ε.Ε.Λ. Ψυτάλλειας, Εικόνα 2.

<http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR300001011#!prettyPhoto>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Οκτώβριος 2016.

ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.,2016.www.elinyae.gr, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Οκτώβριος 2016

ΕΛΣΤΑΤ, 2011. <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SOP12/->, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Δεκέμβριος 2016

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2016.www.ypeka.gr, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Οκτώβριος 2016

ΥΠΕΝ , ΣΔΛΑΠ ΥΔ Κρήτης,2015.

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=Hr4h%2F%2B2woWY%3D&tabid=924&language=el-GR>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Ιανουάριος 2017.

ΥΠΕΝ , ΣΔΛΑΠ ΥΔ Νήσων Αιγαίου,2015.

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=qhx3pzHtJus%3D&tabid=924&language=el-GR>, πρόσβαση σε ιστοσελίδα Ιανουάριος 2017.

🚩 Η παραχώρηση των φωτογραφιών 4,5,6 έγινε από τον κ. Σμπιλίρη Ν., Προϊστάμενο Τμήματος Η/Μ Εγκαταστάσεων της Δ.Ε.Υ.ΑΧ.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Βασιλική Λίλα, του Ανέστη, φοιτητής του ΠΜΣ Εφαρμοσμένες Πολιτικές & Τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος

του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Διπλωματική Εργασία (Δ.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών


Ημερομηνία
06/03/2017