

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ & ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ

ΛΥΚΟΥ ΣΟΦΙΑ

Τσάνης Ιωάννης (επιβλέπων)

Χανιά 2011

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών αλλά και της αλόγιστης χρήσης φυσικών πόρων το θέμα της ορθολογικής και αειφόρου διαχείρισης των υδατικών πόρων έχει μετατραπεί σε θέμα μείζονος κοινωνικής σημασίας. Ιδιαίτερα στην Κρήτη η σταδιακή μείωση των βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με την αύξηση της κατανάλωσης έχουν οδηγήσει σε φαινόμενα λειψυδρίας και εξάντλησης των υδατικών αποθεμάτων με δυσάρεστες συνέπειες τόσο στον περιβαλλοντικό όσο και στον οικονομικό και κοινωνικό τομέα.

Στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης βασικό μέλημα είναι η εξεύρεση εναλλακτικών υδατικών πηγών οι οποίες θα μειώνουν το περιβαλλοντικό κόστος και θα βοηθούν στην εξοικονόμηση των πολύτιμων φυσικών πόρων. Έναν τέτοιο εναλλακτικό υδατικό πόρο μπορούν να αποτελέσουν τα αστικά λύματα. Η ανάκτηση και η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων αποτελεί αρκετά συνηθισμένη πρακτική σε πολλές περιοχές του κόσμου. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση καλλιεργειών και χώρων αστικού πρασίνου, για βιομηχανική χρήση αλλά ακόμα και για έμμεση πόσιμη χρήση.

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιασθεί το θέμα της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών λυμάτων ως εναλλακτικού υδατικού πόρου για την κάλυψη μέρους των αρδευτικών αναγκών. Ιδιαίτερα θα εξετασθεί η περίπτωση των επεξεργασμένων λυμάτων του βιολογικού καθαρισμού της πόλης των Χανίων και η δυνατότητα χρήσης τους για την άρδευση της περιοχής του Πολυτεχνείου και του ευρύτερου Δήμου Ακρωτηρίου.

Αρχικά θα παρουσιασθεί μια ανασκόπηση του διεθνούς αλλά και εθνικού θεσμικού πλαισίου που διέπει την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. Έπειτα θα παρουσιασθούν στοιχεία που αφορούν τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων, τις κλιματικές συνθήκες στην Κρήτη καθώς και τις καταναλώσεις ανά χρήση στους τέσσερις νομούς. Στη συνέχεια θα αναφερθούν στοιχεία που αφορούν τις υφιστάμενες αλλά και τις

υπό κατασκευή και προγραμματισμένες υποδομές του νησιού οι οποίες στοχεύουν στην αντιμετώπιση των υδατικών αναγκών. Θα παρατεθούν στοιχεία που αφορούν τη δυναμικότητα φραγμάτων, λιμνοδεξαμενών (λειτουργικών, προγραμματισμένων) καθώς και ο διαθέσιμος όγκος νερού για άρδευση, που προκύπτει από τις παραπάνω υποδομές. Αντίστοιχα, στοιχεία που αφορούν τη δυναμικότητα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων του νησιού και ο όγκος εκροών των εγκαταστάσεων.

Στη συνέχεια, θα γίνει προσπάθεια σύγκρισης της αποτελεσματικότητας των «συμβατικών» υποδομών με την εναλλακτική της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων αστικών εκροών. Η παρούσα εργασία συνεχίζει με την παρουσίαση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων της πόλης των Χανίων αλλά και των αναγκαίων υποδομών ώστε να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των εκροών της εγκατάστασης για άρδευση. Επιχειρείται η χωροθέτηση, προμέτρηση και κοστολόγηση ενός δικτύου σωληνώσεων, το οποίο θα μεταφέρει τα επεξεργασμένα λύματα από την Ε.Ε.Λ. Χανίων σε κατάλληλη δεξαμενή εξισορρόπησης στους χώρους του Πολυτεχνείου. Θα δίδεται έτσι η δυνατότητα άρδευσης των εκτάσεων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Τέλος με τη δυνατότητα μελλοντικής σύνδεσης της δεξαμενής εξισορρόπησης με το δίκτυο του Ο.Α.ΔΥ.Κ. θα είναι δυνατή η άρδευση εκτάσεων της ευρύτερης Δημοτικής Ενότητας Ακρωτηρίου.

Συμπερασματικά η τεχνική αξιοποίησης των λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς μπορεί να προσφέρει στην Κρήτη περιβαλλοντικά, κοινωνικά αλλά και οικονομικά οφέλη. Το περιβαλλοντικό αλλά και οικονομικό κόστος της συγκεκριμένης πρακτικής είναι αρκετά μικρότερο από αυτό των συνήθων υποδομών αξιοποίησης υδατικών πόρων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ	7
2.1 Εναλλακτικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων.....	7
2.2 Ανασκόπηση διεθνούς θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων.....	10
2.2.1 Οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.)	11
2.2.2 Οι Οδηγίες του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών	17
2.2.3 Κανονισμοί της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA).....	18
2.3 Ευρωπαϊκές Οδηγίες.....	22
2.3.1 Ιταλία	22
2.3.2 Κύπρος.....	24
2.3.3 Ελλάδα	25
3. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ	31
3.1 Εισαγωγή	31
3.2 Κλιματικές συνθήκες.....	32
3.3 Χρήσεις νερού	32
3.4 Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων.....	33
3.4.1 Φράγματα-λιμνοδεξαμενές-ταμιευτήρες.....	33
3.4.2 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.....	36
3.5 Ε.Ε.Λ. Χανίων	43
4. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	48
4.1 Περιγραφή	48
4.2 Προμέτρηση-Κοστολόγηση	50
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	56

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας η αύξηση του πληθυσμού σε συνδυασμό με την άνοδο του βιοτικού επιπέδου έχουν οδηγήσει στη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση νερού για οικιακή, βιομηχανική και γεωργική χρήση. Παράλληλα με την αύξηση της ζήτησης παρατηρείται κακοδιαχείριση και αλόγιστη χρήση των υδατικών αποθεμάτων. Τα αξιοποιήσιμα υδάτινα αποθέματα μειώνονται σταδιακά καθώς γίνεται υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων με αποτέλεσμα την υποβάθμιση τόσο του υδατικού πόρου όσο και του εδάφους. Τα φαινόμενα αυτά σε συνδυασμό με τη χρονική και χωρική ανισοκατανομή του νερού οδηγούν σε όλο και συχνότερες συνθήκες λειψυδρίας.

Ο τομέας της γεωργίας αποτελεί τον κύριο καταναλωτή νερού σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς το νερό για άρδευση αποτελεί το 70% και σε κάποιες περιοχές το 80% του συνολικού νερού που καταναλώνεται. Στην Κρήτη το 85% του νερού καταναλώνεται από τη γεωργία ενώ ο οικιακός και βιομηχανικός τομέας καλύπτουν αντίστοιχα 13% και 2% (μελέτη «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης»). Για την κάλυψη των αναγκών χρησιμοποιούνται κυρίως οι υπόγειοι υδροφορείς και λιγότερα τα επιφανειακά ύδατα. Σε αρκετές περιοχές της Ανατολικής Κρήτης η υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων οδήγησε στην υφαλμύρωσή τους με δυσάρεστες συνέπειες τόσο για την ποιότητα του νερού αλλά και του εδάφους.

Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, η χρονική και χωρική ανισοκατανομή του νερού δυσχεραίνουν την ικανοποίηση των αναγκών. Τους θερινούς μήνες οι βροχοπτώσεις περιορίζονται σημαντικά ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση για νερό αυξάνεται, λόγω των αγροτικών δραστηριοτήτων και του τουρισμού, κυρίως στο βόρειο άξονα του νησιού.

Στα πλαίσια ενός ορθολογικού σχεδιασμού διαχείρισης των υδατικών πόρων του νησιού αλλά και μιας βιώσιμης αναπτυξιακής πολιτικής τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα μπορούν να αποτελέσουν έναν ανεξάντλητο και ανανεώσιμο υδατικό πόρο ικανό να καλύψει μέρος των αρδευτικών αναγκών της περιοχής.

Εκτός από την κάλυψη αναγκών σε νερό που προκύπτει από τη χρήση των επεξεργασμένων εκροών προκύπτουν και μια σειρά από περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Αποφεύγεται η υπεράντληση υπόγειων αποθεμάτων, η οποία οδηγεί σε φαινόμενα ερημοποίησης και υποβάθμισης του εδάφους, αλλά και περιορίζεται η περιβαλλοντική υποβάθμιση παράκτιων περιοχών καθώς μειώνεται ο όγκος των εκροών που καταλήγει στους υδάτινους αποδέκτες. Επίσης με τη χρήση επεξεργασμένων εκροών εκτός από την εξοικονόμηση υδατικών αποθεμάτων, υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας (μείωση αντλήσεων) και κατ' επέκταση μείωση του ενεργειακού κόστους. Τέλος οι τεχνικές επαναχρησιμοποίησης συνεισφέρουν στη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης προστασία των υδάτων, στην επάρκεια των αποθεμάτων τους και στη διατήρηση της ποιότητάς τους.

2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ

2.1 Εναλλακτικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων αποτελεί καθιερωμένη τακτική πολλών ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Σε πολλές περιοχές του κόσμου ανάλογα με τις υδατικές ανάγκες αλλά και τα διαθέσιμα λύματα επιλέγεται η κατάλληλη μορφή επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων.

Οι τύποι επαναχρησιμοποίησης μπορούν να διακριθούν σε δύο κύριες κατηγορίες: την επαναχρησιμοποίηση για μη πόσιμους σκοπούς και την επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό των δικτύων ύδρευσης. Η κάθε κατηγορία περιλαμβάνει επιμέρους υποπεριπτώσεις όπως:

Μη-πόσιμη επαναχρησιμοποίηση:

- Αγροτική
- Φόρτιση υπόγειων υδροφορέων
- Βιομηχανική
- Αστική

Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση:

- Άμεση και έμμεση (μέσω εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων)

Στη συνέχεια γίνεται μία σύντομη παρουσίαση των παραπάνω εφαρμογών.

- **Αγροτική χρήση:** Το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για γεωργικές εφαρμογές αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης νερού. Στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό υπερβαίνει το 80% ενώ παγκοσμίως ανέρχεται σε 70%. Σε περίπτωση που οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για τις αγροτικές εφαρμογές, μπορεί να εμπλουτιστούν με κατάλληλα επεξεργασμένα απόβλητα. Αυτό, εκτός από την προφανή εξοικονόμηση υδάτινων πόρων, σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να

έχει θετικές επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή, καθώς το νερό που προέρχεται από επεξεργασμένα απόβλητα μπορεί να είναι εμπλουτισμένο με θρεπτικά συστατικά για τις καλλιέργειες, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η παραγωγικότητα.

Στις μέρες μας η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για αγροτική άρδευση αποτελεί ευρέως διαδεδομένη τεχνική. Για παράδειγμα, το 90% των λυμάτων της Πόλης του Μεξικού χρησιμοποιείται μετά από σχετική επεξεργασία για άρδευση των παρακείμενων περιοχών. Παρόμοια παραδείγματα συναντώνται τόσο στις ΗΠΑ όσο και σε περιοχές της Μέσης Ανατολής.

- **Φόρτιση υπόγειων υδροφορέων:** Είναι πλέον συνήθης πρακτική η χρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με σκοπό είτε την παρεμπόδιση διείσδυσης θαλασσίου ύδατος στους υδροφορείς, είτε την ανύψωση της στάθμης υφισταμένων υδροφορέων, είτε την αποθήκευση νερού για σκοπούς άρδευσης ή ακόμη και ύδρευσης.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αποθήκευσης των αποβλήτων σε υπόγειους υδροφορείς είναι το μικρότερο κόστος από το αντίστοιχο κόστος επιφανειακών ταμιευτήρων, ενώ αποφεύγονται διάφορες δυσάρεστες συνέπειες των επιφανειακών εγκαταστάσεων όπως η εξάτμιση, η ρύπανση, ο ευτροφισμός οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού με την δημιουργία δυσάρεστων οσμών και γεύσεων και την παραγωγή τοξικών ουσιών. Η επεξεργασία που επιτυγχάνεται στο έδαφος μέσω της διήθησης και κατείσδυσης δια μέσω του εδαφικού υλικού, μπορεί να μειώσει το κόστος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας των αποβλήτων, ανάλογα με την μέθοδο επαναπλήρωσης, τις υδρογεωλογικές συνθήκες, τις ποιοτικές απαιτήσεις της επόμενης χρήσης κ.α.

Μειονεκτήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σχετίζονται με το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας των απαιτούμενων γεωτρήσεων και της προχωρημένης επεξεργασίας. Επίσης η πιθανή αύξηση του κινδύνου ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα εάν τα απόβλητα δεν έχουν υποστεί τον απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας. Τις περισσότερες δυσκολίες αντιμετωπίζει η εφαρμογή για σκοπούς ύδρευσης, η οποία πέρα από τα πρακτικά ζητήματα αντιμετωπίζεται με ιδιαίτερο σκεπτικισμό από τους καταναλωτές.

Στην πολιτεία της Καλιφόρνια χρησιμοποιούνται απόβλητα επεξεργασμένα σε ποιότητα πόσιμου ύδατος για την φόρτιση του υπόγειου υδροφορέα που χρησιμοποιείται για ύδρευση, με σκοπό την παρεμπόδιση εισβολής θαλασσίου ύδατος.

- **Βιομηχανική χρήση:** Τα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες οι οποίες χρησιμοποιούν νερό κατά την παραγωγική διαδικασία το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου νερού. Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανακυκλωμένα λύματα είναι το νερό τροφοδοσίας λεβήτων, το νερό κατεργασίας και κυρίως το νερό ψύξης.

Στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυτάλειας, όπου βρίσκεται εγκατεστημένη η μονάδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων του λεκανοπεδίου Αθηνών, ανακυκλώνονται περίπου 30.000 m³/d αποβλήτων, αφού επεξεργαστούν σε αυτόματους ηθμούς. Τα 2/3 του ανακυκλωμένου νερού χρησιμοποιείται ως νερό ψύξης των συμπιεστών αέρα, ενώ το υπολειπόμενο 1/3 απολυμαίνεται με εφαρμογή ακτινοβολίας UV, και χρησιμοποιείται για άρδευση του πρασίνου και ως νερό πλύσης διαφόρων εξαρτημάτων.

- **Αστική χρήση:** Όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται ανακυκλωμένα λύματα, τις περισσότερες φορές σε συνδυασμό με όμβρια ύδατα για αστική χρήση, όπως είναι το πότισμα κήπων σε οικίες, την άρδευση δημοτικών πάρκων, την χρήση τους σε παράλληλο κύκλωμα ύδρευσης για την τροφοδοσία στα καζανάκια των τουαλετών, την δημιουργία τεχνητών λιμνών αναψυχής, ακόμη και της αποθήκευσης ύδατος για σκοπούς πυρόσβεσης. Για παράδειγμα στο χώρο όπου φιλοξενήθηκαν οι Ολυμπιακοί Αγώνες του 2000, στο Sydney της Αυστραλίας, περίπου 7.000 m³/d ανακυκλωμένων λυμάτων χρησιμοποιούνται στις αθλητικές εγκαταστάσεις για την έκπλυση των τουαλετών και για άρδευση του πρασίνου. Η πλεονάζουσα ποσότητα των ανακυκλωμένων λυμάτων παροχετεύεται σε παρακείμενες οικίες και χρησιμοποιείται για τους ίδιους σκοπούς.

- **Επαναχρησιμοποίηση για σκοπούς ύδρευσης:** Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για πόσιμη χρήση μπορεί να γίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω εμπλουτισμού υδροφορέων. Παρά το γεγονός ότι η διαθέσιμη τεχνολογία μπορεί να επιτύχει καθαρισμό λυμάτων σε ποιότητα πόσιμου ύδατος, το θέμα επαναχρησιμοποίησής τους για πόση αντιμετωπίζεται με σοβαρό προβληματισμό. Ο κύριος προβληματισμός στα έργα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για υδρευτικούς σκοπούς, αφορά πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από πιθανή αντίδραση και ανάμειξη ανόργανων και οργανικών συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη εκροή, ακόμα και υπό συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας. Είναι ευρύτατα παραδεκτό ότι τα συνήθη ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού επαρκούν μόνο στην περίπτωση που η υδροληψία γίνεται από πηγές που δεν έχουν ακόμα υποστεί ρύπανση και όχι από ανακτημένα λύματα. Στην περίπτωση των λυμάτων οι απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες και όχι καλά προσδιορισμένες. Έχει εκτιμηθεί ότι μόνο το 10% κατά βάρος των οργανικών ενώσεων του πόσιμου νερού έχουν αναγνωρισθεί, ενώ για λίγες από αυτές έχουν εξακριβωθεί οι επιδράσεις τους στην υγεία (National Research Council, 1980).

Επίσης σημαντική ασάφεια παρατηρείται στον προσδιορισμό της επίδρασης στη δημόσια υγεία της συνεργιστικής δράσης διαφόρων συνθετικών ενώσεων που περιέχονται στα λύματα. Οι έρευνες οι σχετικές με τις επιδράσεις στην υγεία κατά την επαναχρησιμοποίηση για πόση είναι εφαρμόσιμες μόνο για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς το μείγμα των ρύπων διαφέρει από πόλη σε πόλη. Ακόμα και για την ίδια πόλη είναι πιθανό τα επικίνδυνα συστατικά των λυμάτων να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Αυτός ο περιορισμός επιδρά αρνητικά στην προσπάθεια ανάπτυξης ολοκληρωμένων ποιοτικών κριτηρίων για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για πόση.

2.2 Ανασκόπηση διεθνούς θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων

Η θέσπιση και η ανάπτυξη κανονισμών και/ή οδηγιών που να διέπουν την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, κρίνεται απαραίτητη για τη

διασφάλιση της δημόσιας υγείας καθώς και για την αποτελεσματικότητα της λειτουργίας του ίδιου του προγράμματος επαναχρησιμοποίησης.

Τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί πολυάριθμες έρευνες πιλοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, ώστε να καθορισθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθώς και οι καλύτερες τεχνικές που μπορούν να εφαρμοσθούν. Επίσης μέσα από τη διεξαγωγή επιδημιολογικών μελετών γίνεται η προσπάθεια καθορισμού των τυχόν επιπτώσεων επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων στη δημόσια υγεία.

Κύριος στόχος όλων αυτών των ερευνών είναι ο καθορισμός της καλύτερης τεχνικής καθώς και των κατάλληλων ποιοτικών χαρακτηριστικών για μια οικονομικά συμφέρουσα επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων. Σε κάθε περίπτωση προκύπτει η ανάγκη προσαρμογής των κανονισμών στην εκάστοτε τοπική πραγματικότητα. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως οι κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες, η διαθεσιμότητα των πόρων, το κλίμα, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, το είδος των καλλιεργειών κ.α.

Η κοινή βάση όλων των κανονισμών που υφίστανται στις διάφορες χώρες, αποτελείται κυρίως από τις παρακάτω οδηγίες:

1. Οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO).
2. Οδηγίες του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) για την ποιότητα του νερού άρδευσης.
3. Κανονισμοί της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA)
4. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271

2.2.1 Οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.)

Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 σε ορισμένες περιοχές της Νότιας Αμερικής παρατηρήθηκε αυξημένος αριθμός ασθενειών μεταδιδόμενων με το νερό. Στις περιοχές αυτές η χρήση αστικών αποβλήτων στην παρασκευή τροφίμων ήταν ευρέως διαδεδομένη. Έπειτα από αυτό ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) εξέδωσε τέσσερις βασικές κατηγορίες μέτρων για τη μείωση ή την εξάλειψη των κινδύνων μετάδοσης ασθενειών κατά την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων:

- Επεξεργασία των λυμάτων

- Περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών
- Επιλογή μεθόδου άρδευσης
- Έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους οργανισμούς των λυμάτων, του εδάφους ή των αγροτικών προϊόντων.

Για την ικανοποίηση των πιο πάνω μέτρων ο Π.Ο.Υ. κατέληξε στα εξής:

- α) Η άρδευση με ακατέργαστα λύματα και χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων εγκυμονεί υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών.
- β) Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των λυμάτων ή η λήψη μέτρων για την αποφυγή ανθρώπινης επαφής με τους παθογόνους μ/ο μειώνει τον κίνδυνο ο οποίος όμως, αν και χαμηλός, εξακολουθεί να υφίσταται.
- γ) Αποτελεσματικό μέτρο, τουλάχιστον για τους καταναλωτές, αποτελεί η εφαρμογή της άρδευσης σε περιορισμένους τύπους καλλιεργειών και κυρίως σε καλλιέργειες που δεν παράγουν προϊόντα που τρώγονται ωμά(περιορισμένη άρδευση).
- δ) Αποτελεσματικό μέτρο είναι η επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής των λυμάτων και συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στο υπέδαφος.
- ε) Η πλήρης επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί το αποτελεσματικότερο εργαλείο για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών, χωρίς στην περίπτωση αυτή να είναι αναγκαίος ο περιορισμός των καλλιεργειών (απεριόριστη άρδευση).

Στην περίπτωση περιορισμένης άρδευσης, η οποία αφορά καλλιέργειες προϊόντων που δεν καταναλώνονται ωμά, δεν τίθενται μικροβιολογικά κριτήρια. Συνιστάται όμως η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας η οποία μπορεί να αποτελείται από πρωτοβάθμια επεξεργασία ή από επεξεργασία σε λίμνες σταθεροποίησης με χρόνο παραμονής 8-10 ημέρες (Πίνακας 1). Επισημαίνεται επίσης η αποφυγή άμεσης επαφής των καρπών με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μέσω επιλογής κατάλληλης μεθόδου άρδευσης (επιφανειακή και όχι με καταιονισμό) καθώς και η αποφυγή συλλογής των καρπών από το έδαφος. Ακόμα ως πρόσθετο μέτρο ασφαλείας συνιστάται η διακοπή της άρδευσης 14 ημέρες πριν από τη συλλογή των καρπών.

Στην περίπτωση απεριόριστης άρδευσης, η οποία αφορά όλα τα είδη καλλιέργειας καθώς και το πότισμα γηπέδων και πάρκων, συνιστάται η τήρηση μικροβιολογικών κριτηρίων τόσο ως προς τους εντερικούς νηματώδεις οργανισμούς (< 1 αυγό /λίτρο) όσο και ως προς τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια FC (<1000FC/100 ml). Σε περιπτώσεις περιοχών άμεσης πρόσβασης τα κριτήρια είναι αυστηρότερα (<200FC/100 ml).

Πίνακας 1 : Πρότυπα Engelberg (WHO 1989).

Κατηγορία	Είδος επαναχρησιμοποίησης	Εκτιθέμενη ομάδα πληθυσμού	Εντερικοί νηματώδεις (β)(μέση αριθμητική τιμή αυγών/λίτρο) (γ)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια, FC (μέση γεωμετρική τιμή /100 ml) (γ)	Επεξεργασία της εκροής
A	Άρδευση καλλιεργειών με τρόφιμα που προορίζονται για ωμή κατανάλωση, άρδευση γηπέδων, πάρκων	Εργαζόμενοι, καταναλωτές, κοινό	≤1	≤1000 δ	Δευτεροβάθμια προηγμένη επεξεργασία με σειρά λεκανών σταθεροποίησης
(A1)	Άρδευση καλλιεργειών με τρόφιμα που προορίζονται για ωμή κατανάλωση, άρδευση γηπέδων, πάρκων, ξενοδοχεία και περιοχές άμεσης πρόσβασης	Εργαζόμενοι, καταναλωτές, κοινό	≤1	≤200	Δευτεροβάθμια προηγμένη επεξεργασία με σειρά λεκανών σταθεροποίησης
B	Δημητριακά, καλλιέργειες που προορίζονται για βιομηχανική επεξεργασία, βοσκότοποι, οπωροφόρα δέντρα (δ)	Εργαζόμενοι	≤1	Δεν τίθενται όρια	Παραμονή σε δεξαμενές σταθεροπ. για 8-10 ημέρες, ή ισοδύναμη απομάκρυνση αυγών σκωλήκων και περιττωματικών κολοβακτηριδίων
C	Τοπική άρδευση καλλιεργειών της κατηγορίας B χωρίς να υπάρχει έκθεση εργαζομένων και κοινού	Καμία	Δεν τίθενται όρια	Δεν τίθενται όρια	Επεξεργασία ανάλογη του συστήματος άρδευσης αλλά όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια

(β) Ascaris, Trichuris και Anchilostoma

(γ) Κατά την αρδευτική περίοδο

(δ) Για τα οπωροφόρα δέντρα η άρδευση θα πρέπει να σταματά 14 ημέρες πριν τη συλλογή των φρούτων και κανένα φρούτο δε θα πρέπει να συλλέγεται από το έδαφος. Δεν επιτρέπεται άρδευση με ψεκασμό ή καταιονισμό.

Στον πίνακα 1 εμφανίζονται τα προαναφερθέντα προτεινόμενα ποιοτικά κριτήρια σχετικά με τη χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων ως υδατικού πόρου. Τα κριτήρια αυτά είχαν το σκοπό παροχής οδηγιών για ασφαλή και σωστή διαχείριση των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων και κυρίως τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας.

Μετά τη δημοσίευση των προτύπων Engelberg διεξήχθησαν επιπλέον επιδημιολογικές μελέτες λοιμώξεων, που συνδέονταν με την κατανάλωση τροφίμων κατά την παραγωγή των οποίων είχε γίνει χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. Οι μελέτες διενεργήθηκαν κυρίως στο Μεξικό και τη Χιλή, χώρες στις οποίες η επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων είναι ευρέως διαδεδομένη τόσο σε καλλιέργειες μικρής όσο και μεγάλης κλίμακας.

Συγκεκριμένα σε μικρές κοινότητες χρησιμοποιούσαν τα λύματα στις καλλιέργειες χωρίς καμία επεξεργασία. Οι καλλιέργειες ραντίζονταν με τα λύματα αυτά κάθε αυτά ή έπειτα από μικρή παραμονή τους σε λίμνες. Έπειτα από αυτές τις μελέτες ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας δημοσίευσε το 2000 πιο αυστηρά και λεπτομερή πρότυπα από τα προηγούμενα, τα πρότυπα Blumenthal (Πίνακας 2).

Στη συνέχεια ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εξέδωσε το 2006 ακόμα μία σειρά οδηγιών που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για αγροτικούς σκοπούς. Οι κύριοι στόχοι των οδηγιών είναι η προστασία της υγείας των αγροτών 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.

Επομένως 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. Επιπλέον ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εκτός από τα όρια που προτείνει για τα διάφορα παθογόνα που μπορεί να περιέχονται στα λύματα, προτείνει και επιτρεπτές συγκεντρώσεις χημικών στο έδαφος (Πίνακας 3)

Πίνακας 2 : Πρότυπα Blumenthal (WHO 2000)

Κατηγορία	Είδος επαναχρησιμοποίησης	Εκτιθέμενη ομάδα πληθυσμού	Μέθοδος άρδευσης	Εντερικοί νηματώδεις (β) (μέση αριθμητική τιμή αυγών/λίτρο)(γ)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια, FC (μέση γεωμετρική τιμή /100 ml) (γ)	Επεξεργασία της εκροής
A1 μη περιοριστική	Άρδευση καλλιεργειών με τρόφιμα που προορίζονται για ωμή κατανάλωση, άρδευση γηπέδων, πάρκων	Εργαζόμενοι, καταναλωτές, κοινό	Όλες	$\leq 0,1$	$\leq 1000 \delta$	Δευτεροβάθμια προηγμένη επεξεργασία με σειρά λεκανών σταθεροποίησης
(A2)	Άρδευση καλλιεργειών με τρόφιμα που προορίζονται για ωμή κατανάλωση, άρδευση γηπέδων, πάρκων, ξενοδοχεία και περιοχές άμεσης πρόσβασης	Εργαζόμενοι, καταναλωτές, κοινό	Όλες	$\leq 0,1$	≤ 200	Δευτεροβάθμια προηγμένη επεξεργασία με σειρά λεκανών σταθεροποίησης
(A3)	Όπως Α και Α1 αλλά σε περιοχές με ξηρό και θερμό κλίμα και/ή όπου έχει εφαρμοσθεί χημική θεραπεία κατά της ελμιντίαςης	Εργαζόμενοι, καταναλωτές, κοινό	Όλες	$\leq 0,1$	≤ 1000 (Α1) ≤ 200 (Α2)	Δευτεροβάθμια προηγμένη επεξεργασία με σειρά λεκανών σταθεροποίησης
B1	Δημητριακά, καλλιέργειες που προορίζονται για βιομηχανική επεξεργασία, βοσκότοποι, οπωροφόρα δέντρα (δ)	Εργαζόμενοι εκτός από ανήλικους κάτω των 15 ετών και γειτονικές κοινότητες	Ψεκάσμος ή καταιονισμός	≤ 1	≤ 100000	Παραμονή σε δεξαμενές σταθεροποίησης συμπεριλαμβανομένης δεξαμενής ωρίμανσης ή ισοδύναμη επεξεργασία (ε)
B2	Δημητριακά, καλλιέργειες που προορίζονται για βιομηχανική επεξεργασία, βοσκότοποι, οπωροφόρα δέντρα (δ)	Όπως Β1	Ροή ή βύθιση	≤ 1	≤ 1000	Παραμονή σε δεξαμενές σταθεροποίησης συμπεριλαμβανομένης δεξαμενής ωρίμανσης ή ισοδύναμη επεξεργασία (ε)
B3	Δημητριακά, καλλιέργειες που προορίζονται για βιομηχανική επεξεργασία, βοσκότοποι, οπωροφόρα δέντρα (δ)	Εργαζόμενοι συμπεριλαμβανομένων ανηλίκων κάτω των 15 ετών και γειτονικών κοινοτήτων	Όλες	$\leq 0,1$	≤ 1000	Παραμονή σε δεξαμενές σταθεροποίησης συμπεριλαμβανομένης δεξαμενής ωρίμανσης ή ισοδύναμη επεξεργασία (ε)
C	Τοπική άρδευση καλλιεργειών της κατηγορίας Β χωρίς να υπάρχει έκθεση εργαζομένων και κοινού	Καμία	Μικρο-άρδευση	Δεν τίθενται όρια	Δεν τίθενται όρια	Επεξεργασία ανάλογη του συστήματος άρδευσης αλλά όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια

(β) Ascaris, Trichuris και Anchiostoma, οι οδηγίες έχουν συνταχθεί και για τον κίνδυνο μόλυνσης από πρωτόζωα

(γ) Κατά την αρδευτική περίοδο (εάν τα επεξεργασμένα λύματα προέρχονται από εγκαταστάσεις σχεδιασμένες για την επίτευξη καθορισμένων ορίων δεν είναι απαραίτητη η καταγραφή και παρακολούθηση)

(δ) Για τα οπωροφόρα δέντρα η άρδευση θα πρέπει να σταματά 14 ημέρες πριν τη συλλογή των φρούτων και κανένα φρούτο δε θα πρέπει να συλλέγεται από το έδαφος. Δεν επιτρέπεται άρδευση με ψεκάσμο ή καταιονισμό.

(ε) π.χ. δευτεροβάθμια ακολουθούμενη από καθίζηση ή φιλτράρισμα

Πίνακας 3 :Μέγιστες επιτρεπτές συγκεντρώσεις στο έδαφος διαφόρων τοξικών χημικών βασισμένα στην προστασία της ανθρώπινης υγείας (WHO 2006)

Χημικό στοιχείο	Συγκέντρωση στο έδαφος (mg/kg)
Αντιμόνιο	36
Αρσενικό	8
Βάριο*	302
Βηρύλλιο*	0,2
Βόριο*	1,7
Κάδμιο	4
Φθόριο	635
Μόλυβδος	84
Υδράργυρος	7
Μολυβδένιο*	0,6
Νικέλιο	107
Σελήνιο	6
Άργυρος	3
Θάλλιο*	0,3
Βανάδιο*	47

* Τα όρια για αυτά τα στοιχεία βρίσκονται μέσα στις τυπικές τιμές των εδαφών

Οργανικές ενώσεις	Συγκέντρωση στο έδαφος (mg/kg)
Aldrin	0,48
Βενζένιο	0,14
Chlordane	3
Χλωροβενζένιο	211
Χλωροφόρμιο	0,47
2,4-D	0,25
DDT	1,54
Διχλοροβενζένιο	15
Dieldrin	0,17
Διοξίνες	0,00012
Επταχλωρίδιο	0,18
Εξαχλωροβενζένιο	1,40
Λιντάνιο	12
Methoxychlor	4,27
PAHs (βενζοπυρένιο)	16
PCBs	0,89
Πενταχλωροφαινόλη	14
Πυρένιο	41
Στυρένιο	0,68
2,4,5-T	3,82
Τετραχλωροαιθάνιο	1,25
Τετραχλωροαιθυλένιο	0,54
Τολουένιο	12
Toxarphen	0,0013
Τριχλωροαιθάνιο	0,68

2.2.2 Οι Οδηγίες του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών

Οι οδηγίες για την ποιότητα του νερού άρδευσης της FAO ξεκίνησαν με στόχο να προτείνουν λύσεις και περιορισμούς στη χρήση των υδατικών πόρων για αρδευτικούς σκοπούς, σε συνδυασμό με την προστασία των εδαφών και των καλλιεργειών. Επίσης στοχεύουν στον περιορισμό των επιπτώσεων από την αλατότητα και την περιεκτικότητα σε νάτριο των υδάτων.

Σύμφωνα με το ID29 της FAO το νερό για άρδευση κατατάσσεται σε κατηγορίες προκειμένου οι ενδιαφερόμενοι να μπορούν να αναγνωρίσουν τα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση του. Εξετάζονται :

1. *Η διαπερατότητα*: Υψηλά επίπεδα νατρίου ή χαμηλά επίπεδα ασβεστίου στο έδαφος ή στο νερό μειώνουν το ρυθμό διήθησης με αποτέλεσμα μη επαρκή τροφοδότηση των καλλιεργειών με νερό μεταξύ των αρδεύσεων.
2. *Η αλατότητα*: Τα άλατα στο έδαφος ή στο νερό μπορούν να μειώσουν τη διαθέσιμη για τις καλλιέργειες ποσότητα νερού με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η απόδοσή τους.
3. *Η τοξικότητα*: Συγκεντρώσεις ιόντων (νατρίου, χλωρίου, βορίου) που βρίσκονται στο έδαφος ή στο νερό μπορούν να καταστρέψουν ή να μειώσουν την παραγωγή.
4. *Άλλοι κίνδυνοι*: Υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών όπως π.χ. νιτρικών, μειώνουν την ποιότητα των καλλιεργειών. Υψηλές περιεκτικότητες του νερού σε σίδηρο ή γύψο συνδέονται με ασυνήθιστες τιμές του pH. Αιωρούμενα οργανικά ή ανόργανα στερεά προκαλούν διάβρωση του εξοπλισμού γεγονός το οποίο αυξάνει τις ανάγκες συντήρησης και επιδιόρθωσης.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4), ξεκινάμε από το ενδεχόμενο πρόβλημα (διαπερατότητα, αλατότητα, τοξικότητα και pH), στη συνέχεια καθορίζεται το διάστημα τιμών της πρώτης παραμέτρου και έπειτα προσδιορίζεται η τιμή αναφοράς της δεύτερης παραμέτρου, στη στήλη με την κατηγοριοποίηση του επιπέδου κινδύνου.

Πίνακας 4 : Οδηγίες FAO για την ποιότητα του νερού άρδευσης (FAO 1985)

Ενδεχόμενο πρόβλημα				Κανένα	Μέτριο	Σοβαρό
				Επιπτώσεις στο έδαφος		
Διαπερατότητα	SAR=	0-3,0 3,0-6,0 6,0-12,0 12,0-20,0 20,0-40,0	E ECw=	>0,7 >1,2 >1,9 >2,9 >5,0	0,7-0,2 1,2-0,3 1,9-0,5 2,9-1,3 5,0-2,9	<0,2 <0,3 <0,5 <1,3 <2,9
				Επιπτώσεις στις καλλιέργειες		
Αλατότητα			ECw (dS/m) TDS (mg/l)	<0,7 <450	0,7-3,0 450-2000	>3,0 >2000
Ειδική Τοξικότητα Ιόντων		Νάτριο Χλώριο Βόριο	SAR meq/l mg/l	<3,0 >4,0 <0,7	3,0-9,0 4,0-10,0 0,7-3,0	>9,0 >10,0 >3,0
NO3-N		Βέλτιστο διάστημα τιμών	mg/l	<5	5-30	>30
HCO3			meq/l	<1,5	1,5-8,5	>8,5
pH				6,5-8,4		

Για παράδειγμα για το ενδεχόμενο πρόβλημα διήθησης, θεωρώντας το SAR (βαθμός απορρόφησης νατρίου) του νερού 6-12, θα παρουσιασθούν περιορισμένες επιπτώσεις διήθησης του νερού στο έδαφος εάν η αντίστοιχη ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι 1,9-5 dS/m. Οι οδηγίες του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών είναι κατάλληλες για την αποτίμηση των ανακτημένων λυμάτων ως προς τα χημικά συστατικά τους όπως η περιεκτικότητά τους σε νάτριο, τα τοξικά ιόντα κ.α.

2.2.3 Κανονισμοί της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA)

Οι οδηγίες της USEPA όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων για άρδευση, περιοχές πρασίνου και αναψυχής προβλέπουν οκτώ κατηγορίες πιθανής χρήσης σε κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχούν

καθορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ανακτημένων λυμάτων. Οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης είναι οι παρακάτω:

1. Αστική χρήση
2. Αστική χρήση σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση
3. Αγροτική χρήση- βρώσιμες καλλιέργειες
4. Αγροτική χρήση- βρώσιμες καλλιέργειες οπωροφόρα δέντρα, αμπελώνες
5. Αγροτική χρήση-μη βρώσιμες καλλιέργειες
6. Τεχνητές λίμνες αναψυχής
7. Τεχνητές λίμνες διακοσμητικού χαρακτήρα
8. Περιβαλλοντική χρήση

Συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά των οδηγιών αυτών είναι τα εξής:

- Καθορίζεται το απαιτούμενο ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας με τον ορισμό ελάχιστων επιπέδων αποτελεσματικότητας.
- Προβλέπονται έλεγχοι παρακολούθησης και η συχνότητά τους.
- Καθορίζονται αποστάσεις ασφαλείας από περιοχές διέλευσης και ελεύθερης εισόδου σε συνάρτηση με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εκροών.
- Οι μικροβιολογικές παράμετροι (περιττωματικά κολοβακτηρίδια) έχουν καθορισθεί σε πολύ αυστηρό επίπεδο, (από 0 έως ≤ 200), επίπεδο που αντιστοιχεί στα πρότυπα Blumenthal της WHO.
- Η τιμή του BOD5 κυμαίνεται από ≥ 10 έως ≤ 30 παράλληλα με το επιτρεπόμενο μικροβιολογικό φορτίο.
- Το pH έχει τιμές μεγαλύτερες κατά 0,5 logH τόσο στις ελάχιστες όσο και στις μέγιστες τιμές, σε σύγκριση με τα προτεινόμενα όρια από τη FAO.
- Οι τιμές για τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), όπου καθορίζονται, είναι καθορισμένοι για να μην προκαλέσουν προβλήματα στις αρδευτικές εγκαταστάσεις καθώς και στις διηθητικές ικανότητες των εδαφών.
- Για ορισμένες χρήσεις τα ανακτημένα λύματα πρέπει να παρουσιάζονται διαυγή (θολότητα $< 2,0$ NTU).

- Τα όρια των χημικών παραμέτρων είναι τα προτεινόμενα από την FAO.

Αναλυτικότερα ο κανονισμός της USEPA συστήνει ένα ελάχιστο επίπεδο απολύμανσης ανεξάρτητα από τη χρήση των ανακτημένων λυμάτων. Για εφαρμογές όπου δεν αναμένεται άμεση ανθρώπινη επαφή με το νερό το επίπεδο της απολύμανσης θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων να μην υπερβαίνει τα 200/100ml. Για εφαρμογές όπου αναμένεται άμεση ή έμμεση ανθρώπινη επαφή συνίσταται επίπεδο απολύμανσης τέτοιο ώστε τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια να είναι μη ανιχνεύσιμα στα 100ml. Όσον αφορά τη θολότητα καθορίζεται μικρότερη των 2 NTU, γεγονός που σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης ενάντια στους ιούς και τα βακτήρια.

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στον *κανονισμό της Πολιτείας της Καλιφόρνια*, η οποία και θεσμοθέτησε το 1918 τον πρώτο κανονισμό σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Ο κανονισμός αυτός αναθεωρήθηκε πολλές φορές και τα κριτήριά του συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5).

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 5 , 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. Στις περιπτώσεις αυτές τα μικροβιολογικά όρια, εκφρασμένα σε όρους διάμεσων τιμών ολικών κολοβακτηριδίων, κυμαίνονται από 2.2/100 ml έως 23/100 ml και οι προτεινόμενες επεξεργασίες βασίζονται στη βιολογική επεξεργασία με λιγότερο ή περισσότερο έντονη απολύμανση (συνήθως με χλώριο). Στην περίπτωση της απεριόριστης επαναχρησιμοποίησης ο κανονισμός προβλέπει ότι τα λύματα που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς (2,2 TC/100ml ως διάμεση τιμή με απόλυτη μέγιστη τα 23 TC/100ml).

Πίνακας 5 : Μικροβιολογικά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνια για χρήση λυμάτων στη γεωργία (State of California Title 22 Water Recycling Criteria, 2000)

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

(1) Για τους οπωρώνες και τους αμπελώνες τίθεται ως προϋπόθεση ότι οι καρποί δεν έχουν έρθει σε επαφή με το νερό άρδευσης ή το έδαφος

(2) Λίμνες για αισθητική απόλαυση, χωρίς το κοινό να έρχεται σε επαφή με το νερό.

(2α) Λίμνες για αλιεία, ιστιοπολία και άλλες ψυχαγωγικές χρήσεις που δεν προϋποθέτουν επαφή του νερού με το ανθρώπινο σώμα.

(2β) Λίμνες για χρήσεις χωρίς περιορισμό επαφής του νερού με το ανθρώπινο σώμα.

(3) Εξαιρέσεις μπορούν να γίνουν σε βρώσιμες καλλιέργειες που υφίστανται επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους.

(4) Η θολερότητα του διυλισμένου νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2 μονάδες θολερότητας κατά την διάρκεια του 24ώρου.

(5) Η διάμεση τιμή προκύπτει από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων αναλύσεων των 7 ημερών που αυτές πραγματοποιήθηκαν.

(6) Η μέγιστη τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνεται σε περισσότερα του ενός δείγματα για οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών.

Εκ πρώτης όψεως τα όρια αυτά δεν φαίνεται να διαφέρουν ουσιαστικά από αυτά που τίθενται για την αμέσως προηγούμενη κατηγορία (2,2 TC/100ml ως διάμεση τιμή). Στην πραγματικότητα όμως η ποιότητα του παραγόμενου νερού είναι σημαντικά βελτιωμένη, καθώς το προτεινόμενο σχήμα επεξεργασίας, το οποίο εκτός της βιολογικής επεξεργασίας περιλαμβάνει πλήρη τριτοβάθμια επεξεργασία με κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση υποδηλώνει σαφώς πιο προχωρημένη επεξεργασία η οποία στοχεύει στην απομάκρυνση και όλων σχεδόν των ιών. Επιπλέον, στην περίπτωση πιθανής άμεσης επαφής των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων με τον άνθρωπο, τίθεται και όριο θολερότητας, η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 NTU. Η αυξημένη θολότητα σχετίζεται με αυξημένο αριθμό σωματιδίων τα οποία λειτουργούν ως προστατευτικό κάλυμμα των

μικροοργανισμών κατά τις διεργασίες απολύμανσης και κατά συνέπεια μειώνεται η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης και δεν μπορεί να διασφαλισθεί η μικροβιολογική ποιότητα του νερού.

2.3 Ευρωπαϊκές Οδηγίες

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία στερείται νομοθετικών ρυθμίσεων σχετικά με την απαιτούμενη ποιότητα των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλουν να ακολουθούν την οδηγία 91/271/EC η οποία αναφέρει ότι: « τα επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται όποτε είναι σκόπιμο ». Πολλές Ευρωπαϊκές χώρες έχουν θεσπίσει τα δικά τους κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στηριζόμενες κυρίως στις Οδηγίες του Π.Ο.Υ. και της Πολιτείας της Καλιφόρνια. Παρακάτω θα παρουσιασθούν συνοπτικά κάποια από τα κριτήρια που έχουν θεσπισθεί σε διάφορες χώρες της Ε.Ε. και της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου, καθώς οι συνθήκες που επικρατούν σε αυτές εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες με αυτές της Ελλάδας.

2.3.1 Ιταλία

Στην Ιταλία η επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων ρυθμίζεται σε εθνικό επίπεδο με τον κανονισμό « D.M. 12 giugno 2003, n.185». Επίσης, κάθε περιφέρεια έχει το δικαίωμα να θεσπίσει δικούς της κανόνες οι οποίοι όμως θα σέβονται τα ελάχιστα ποιοτικά όρια που καθορίζονται σε εθνικό επίπεδο. Σύμφωνα με την ιταλική νομοθεσία οι επιτρεπόμενες χρήσεις των επεξεργασμένων λυμάτων είναι: αρδευτική, αστική και βιομηχανική. Η αρδευτική χρήση αναφέρεται σε άρδευση καλλιεργειών που προορίζονται για ανθρώπινη ή ζωική κατανάλωση καθώς και άρδευση περιοχών αστικού πρασίνου. Η αστική χρήση αναφέρεται σε τροφοδοσία συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, πλύσιμο δρόμων, παράλληλο δίκτυο ύδρευσης για τροφοδοσία σε καζανάκια τουαλετών κ.α. Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα στη βιομηχανική χρήση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λόγους πυρόσβεσης, σαν νερό ψύξης στη διαδικασία παραγωγής με εξαίρεση χρήσεις που τα

ανακτημένα λύματα έρχονται σε άμεση επαφή με τρόφιμα, φάρμακα ή καλλυντικά.

Όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση για άρδευση θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η εξοικονόμηση υδατικών πόρων και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να ξεπεράσει τις ανάγκες σε άρδευση της περιοχής. Η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση υπόκειται στους νόμους περί καλής εξάσκησης της γεωργίας. Ειδικότερα το άζωτο που προέρχεται από τα ανακτημένα λύματα θα πρέπει να βρίσκεται μέσα σε συγκεκριμένα όρια, ανάλογα με την καλλιέργεια, ώστε να μην ξεπερασθούν τα μέγιστα επιτρεπόμενα φορτία αζώτου.

Τα ποιοτικά κριτήρια που παρουσιάζονται είναι ιδιαίτερα αυστηρά καθώς σε πολλές παραμέτρους οι τιμές ταυτίζονται με αυτές του πόσιμου νερού. Επίσης, ο αριθμός των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη είναι αρκετά μεγάλος (περίπου 55). Καθορίζονται τιμές για χημικές, φυσικές και μικροβιολογικές παραμέτρους όπως παρουσιάζονται ορισμένες από αυτές στον πίνακα 6.

Πίνακας 6 : Ιταλικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων (D.M. 185/2003)

Παράμετρος	Όριο
pH	6-9,5
SAR	10
TSS	10 mg/l
BOD5	20 mgO ₂ /l
COD	100 mgO ₂ /l
Ολικός Φώσφορος	2 mgP/l
Ολικό Άζωτο	15 mgN/l
Αμμωνιακό άζωτο	2 mgNH ₄ /l
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	3000iS/cm
Αλουμίνιο	1 mg/l
Αρσενικό	0,02 mg/l
Βάριο	10 mg/l
Βηρύλλιο	0,1 mg/l
Βόριο	1 mg/l
Κάδμιο	0,005 mg/l
Κοβάλτιο	0,05 mg/l
Ολικό χρώμιο	0,1 mg/l
Εξασθενές χρώμιο	0,005 mg/l
Σίδηρος	2 mg/l
Μαγγάνιο	0,2 mg/l
Υδράργυρος	0,001 mg/l
Νικέλιο	0,2 mg/l
Μόλυβδος	0,1 mg/l
Χαλκός	1 mg/l

(Συνέχεια Πίνακα 6)

Παράμετρος	Οριο
Θάλλιο	0,001 mg/l
Βανάδιο	0,1 mg/l
Ψευδάργυρος	0,5 mg/l
Ολικά κυανίδια (CN)	0,05 mg/l
Σουλφίδια	0,5 mgH ₂ S/l
Θειώδη	0,5 mgSO ₃ /l
Θειικά	500 mgSO ₄ /l
Χλωριούχα	250 mgCl/l
Φθοριούχα	1,5 mgF/l
Έλαια και λίπη φυτικά/ ζωικά	10 mg/l
Ολικές φαινόλες	0,1 mg/l
Τριαλομεθάνια	0,03 mg/l
Οργανικοί αρωματικοί διαλύτες	0,01 mg/l
Βενζένιο	0,001 mg/l
Βενζοπυρένιο	0,00001 mg/l
Χλωριομένα βιοκτόνα	0,0001 mg/l
Φωσφοριομένα βιοκτόνα	0,0001 mg/l
Άλλα βιοκτόνα ολικά	0,05 mg/l
E. Coli	100 UFC/100ml
Σαλμονέλα	Απουσία UFC/100ml

1) Για όλες τις χημικές και φυσικές παραμέτρους οι οριακές τιμές αναφέρονται σε μέσες ετήσιες τιμές. Η επαναχρησιμοποίηση διακόπτεται εάν η σημειακή τιμή οποιασδήποτε παραμέτρου υπερβεί το 100% της οριακής τιμής.

2) Η τιμή της παραμέτρου E.Coli του πίνακα αναφέρεται στο 80% των δειγμάτων με μέγιστη τιμή τα 100 UFC/100ml. Η επαναχρησιμοποίηση διακόπτεται εάν κατά τους ελέγχους η σημειακή τιμή της παραμέτρου υπερβεί τα 100 UFC/100ml.

3) Για την παράμετρο σαλμονέλα η τιμή του πίνακα αναφέρεται στο 100% των δειγμάτων. Η επαναχρησιμοποίηση διακόπτεται εάν κατά τους ελέγχους ανιχνευθεί σαλμονέλα.

4) Η επαναχρησιμοποίηση μπορεί να συνεχισθεί μόνο εάν η σημειακή τιμή της παραμέτρου, εξαιτίας της οποίας έγινε η διακοπή, επανέλθει στα επιτρεπτά όρια έπειτα από τρεις συνεχής και επαναλαμβανόμενους ελέγχους.

2.3.2 Κύπρος

Στην Κύπρο έχουν θεσπισθεί αρκετά αυστηρές οδηγίες σχετικά με τη διασφάλιση ορίων ποιότητας των ανακτημένων λυμάτων. Ορίζονται μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις κάποιων στοιχείων καθώς και όρια μικροβιολογικών παραμέτρων με στόχο τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7) παρουσιάζονται ορισμένα από τα κριτήρια που ισχύουν για ανακτημένα λύματα για αρδευτική χρήση. Παρατηρούμε ότι στα ποιοτικά κριτήρια περιλαμβάνονται όρια για το BOD₅ και τα SS. Χαμηλές τιμές των συγκεκριμένων παραμέτρων στην εκροή εξασφαλίζουν αποτελεσματικότερη απολύμανση και κατά συνέπεια μεγαλύτερη προστασία κατά των μικροοργανισμών.

Πίνακας 7 : Κριτήρια Κύπρου για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση

Άρδευση	BOD5 mg/l	SS mg/l	FC/100ml	Εντερικοί σκώληκες/l	Απαιτούμενη επεξεργασία
Απεριόριστη άρδευση (α)	(A) 10*	10*	5* 15**	Μηδέν	Δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια απολύμανση
Χώροι αναψυχής ελεύθερης πρόσβασης- Άρδευση καλλιέργειών που τρώγονται μαγειρεμένες ή μετά από επεξεργασία (β)	(A) 10* 15**	10* 15**	50* 100**	Μηδέν	
Περιορισμένη άρδευση-χώροι αναψυχής περιορισμένης πρόσβασης	(A) 20* 30**	30* 45**	200* 1000**	Μηδέν	Δευτεροβάθμια και αποθήκευση για πάνω από 7 ημέρες και απολύμανση, ή τριτοβάθμια απολύμανση
Καλλιέργειες για ζωοτροφές	(A) 20* 30**	30* 45**	1000* 5000**	Μηδέν	Δευτεροβάθμια και αποθήκευση για πάνω από 7 ημέρες και απολύμανση, ή τριτοβάθμια απολύμανση
Βιομηχανικές καλλιέργειες	(A) 50* 70**	-	3000* 10000**	-	Δευτεροβάθμια και απολύμανση

A: Κλασσικές μέθοδοι επεξεργασίας

*: Τιμές που δεν επιτρέπεται να τις υπερβεί πλέον του 80% των δειγμάτων ανά μήνα, με ελάχιστο αριθμό 5 δειγμάτων ανά μήνα.

** : Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή

α: Εξαιρούνται φυλλώδη λαχανικά που τρώγονται ωμά

β: πατάτες, ζαχαρότευτλα και ομοειδή

2.3.3 Ελλάδα

Γενικά στην Ελλάδα η διαχείριση των αστικών υγρών αποβλήτων διέπεται από την ευρωπαϊκή οδηγία 91/271/EEC με την οποία η ελληνική νομοθεσία εναρμονίστηκε με την Κ.Υ.Α 5673/400/14.3.97«Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων ». Μέχρι σήμερα όμως υπήρχε έλλειψη ενός ξεκάθਾਰου θεσμικού πλαισίου το οποίο να ρυθμίζει και να καθορίζει την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων.

Με την Κ.Υ.Α 145116/2011 (Φ.Ε.Κ. 354Β/8-3-2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις», γίνεται η πρώτη προσπάθεια θεσμικής ρύθμισης των όρων και των διαδικασιών με τις οποίες θα μπορούν να επαναχρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα λύματα.

Σκοπός της συγκεκριμένης απόφασης είναι η προώθηση της αξιοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και η μέσω αυτής εξοικονόμηση υδατικών πόρων καθώς και η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου μέσω της τροφοδότησης των υπόγειων υδροφορέων. Όπως αναφέρεται στην

Κ.Υ.Α. απαραίτητη προϋπόθεση για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η διασφάλιση της Δημόσιας Υγείας. Οι επιτρεπόμενες χρήσεις που καθορίζονται είναι οι εξής:

1. Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση: Διακρίνονται δύο τύποι άρδευσης με βάση το είδος των καλλιεργειών, το σύστημα άρδευσης και την προσβασιμότητα του κοινού στις αρδευόμενες περιοχές.

α) περιορισμένη άρδευση η οποία αφορά μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Ως προς το σύστημα άρδευσης, δεν επιτρέπεται η μέθοδος του καταιονισμού. Η πρόσβαση του κοινού στην αρδευόμενη περιοχή δεν επιτρέπεται και σε περίπτωση που υπάρχει προσβασιμότητα, πλην των χρηστών, θα πρέπει να λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα.

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

Για την επαναχρησιμοποίηση για άρδευση (περιορισμένη και απεριόριστη) απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και την περιοχή. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει:

α) το υδατικό ισοζύγιο σε συνάρτηση και με τις αρδευόμενες καλλιέργειες και το ισοζύγιο οργανικού φορτίου και θρεπτικών καθώς και κρίσιμων ιχνοστοιχείων, προκειμένου να προσδιορισθεί η ανά μονάδα αρδευόμενης επιφάνειας επιτρεπόμενη φόρτιση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,

β) τον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης εδαφικής έκτασης,

γ) τα προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση, τα απαιτούμενα προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των αρδευόμενων καλλιεργειών,

δ) τα τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα και όρια για την συγκεκριμένη εφαρμογή (ενδεχόμενη περίφραξη της αρδευόμενης έκτασης, τρόπος άρδευσης, κλπ), καθώς και

ε) τα απαιτούμενα μέτρα ενημέρωσης και προστασίας για τους χρήστες και τους καταναλωτές, που πρέπει να λαμβάνονται, με ευθύνη του φορέα υλοποίησης της άρδευσης, ο οποίος μπορεί να είναι ο φορέας διαχείρισης ή ο άμεσος χρήστης του ανακτημένου νερού. Μεταξύ των μέτρων αυτών μπορεί να υιοθετούνται αυτόματα ή ημιαυτόματα αρδευτικά συστήματα για ελαχιστοποίηση της επαφής των χειριστών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,

στ) τον προσδιορισμό των τυχόν ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής από υφιστάμενες ή μελλοντικές υδροληψίες ή άλλες χρήσεις.

2. Τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων: Στις περιπτώσεις άμεσου εμπλουτισμού μέσω γεωτρήσεων υπό πίεση ή με βαρύτητα απαιτείται επαρκής βαθμός επεξεργασίας για την απομάκρυνση των οργανικών ουσιών. Η επεξεργασία αυτή 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.

Στις περιπτώσεις εμπλουτισμού με μέθοδο διήθησης δια μέσου στρώματος εδάφους με κατάλληλα χαρακτηριστικά και επαρκές βάθος μπορεί να αποφευχθεί πρόσθετη επεξεργασία εάν τεκμηριώνεται επαρκής κατακράτηση οργανικών από το έδαφος.

Επίσης απαιτείται και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις η εκπόνηση ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης, η οποία θα εξετάζει το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, την ύπαρξη ή μη πολλαπλών γεωλογικών στρωμάτων καθώς και το βάθος που θα πραγματοποιείται ο εμπλουτισμός. Παράλληλα με την υδρογεωλογική μελέτη απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του εμπλουτισμού, η οποία θα εξετάζει την ποιότητα και την ποσότητα του ανακτημένου ύδατος καθώς και την κατάσταση του υπόγειου υδροφορέα. Θα περιγράφεται το προγράμματα παρακολούθησης των

ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και των χαρακτηριστικών των υπογείων υδάτων.

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα αποβλέπει κυρίως:

α) στη δημιουργία υδραυλικού φράγματος που θα παρεμποδίζει τη διείσδυση και ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων,

β) στην αποθήκευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης όπως για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή,

γ) στην ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσης και επειδή η φυσική ανανέωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό,

δ) στον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους.

3. Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση: Η επαναχρησιμοποίηση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες αναφέρεται 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. Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν κυρίως 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. Επίσης αφορούν νερό για την κατάσβεση πυρκαϊών, για τη συμπύκνωση εδαφών, για διακοσμητικά σιντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υδροβιότοπων, για την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων.

4. Επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση: Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στη βιομηχανία περιλαμβάνει εφαρμογές όπως χρήση νερών ψύξης, αναπλήρωση νερών λεβήτων και αξιοποίηση για τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Η συγκεκριμένη επαναχρησιμοποίηση δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Στην Κ.Υ.Α. παρατίθενται πίνακες που αναφέρουν τα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και την κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων ανάλογα με το είδος επαναχρησιμοποίησης. Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι όροι που αφορούν την περιορισμένη και την απεριόριστη άρδευση.

Πίνακας 8 : Απαιτήσεις ποιότητας σύμφωνα με την Κ.Υ.Α.145116/2011

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Escherichia coli (EC/100ml)	BOD5(mg/l)	SS(mg/l)	Θολότητα(NTU)	Απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών
Περιορισμένη άρδευση	≤ 200 διάμεση τιμή	≤ 10	≤ 10	-	Δευτεροβάθμια βιολογική(α), Απολύμανση(β)	EC: μία ανά εβδομάδα Υπολειματικό χλώριο: συνεχώς(εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση BOD: μία ανά εβδομάδα SS: μία ανά τρεις ημέρες
Απεριόριστη άρδευση	≤ 5 για 80% των δειγμάτων	≤ 10 για 80% των δειγμάτων	≤ 10 για 80% των δειγμάτων	≤ 2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική, ακολουθούμενη από Τριτοβάθμια επεξεργασία(γ) και Απολύμανση(δ)	EC: (ε) Υπολειματικό χλώριο: συνεχώς(εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση BOD: μία ανά εβδομάδα SS: μία ανά τρεις ημέρες Θολότητα και διαπερατότητα(ζ)

α) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να διατηρούνται χαμηλότερα από 45 mg/l, με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των υγρών αποβλήτων σε ταμιευτήρες, γίνεται άρδευση ευπρόσβλητων στη νιτρορρύπανση ζωνών ή γίνεται εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα. Στις περιπτώσεις αυτές οι μέσες συγκεντρώσεις αζώτου πρέπει να μην υπερβαίνουν τα 15 mg/l.

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

γ) Κατάλληλο σύστημα που να επιτυγχάνει τα αναφερόμενα στον Πίνακα όρια για το BOD₅, τα SS και τη θολότητα. Ενδεικτικά, κατ' ελάχιστον προσθήκη κατάλληλου κροκιδωτικού (π.χ.θειικού αργιλίου) σε δόση μεγαλύτερη από 10 mg/l και απευθείας διύλιση σε διυλιστήριο άμμου με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: βάθος διυλιστικού μέσου (L) ≥ 1,40 m, ενεργή διάμετρο κόκκων άμμου (De) ≈ 1 mm, συντελεστή ομοιομορφίας κόκκων άμμου (u) 1,45–1,60 και επιφανειακή φόρτιση ≤ 8 m³/m²/hr για κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

δ) Όπως (β) εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση Escherichia coli για το 80% των δειγμάτων, συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg, ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%.

ε) Για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας ισοδύναμου πληθυσμού ≥ 50000 κατοίκων τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις

ζ) Όπως ε)

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ορισμένων μετάλλων και στοιχείων. Στην Κ.Υ.Α. συμπεριλαμβάνονται και επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αντιστοιχούν στα πρότυπα για την ποιότητα του νερού άρδευσης του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών.

Πίνακας 9 : Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων, στοιχείων, ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας (Κ.Υ.Α.145116/2011)

Παράμετρος	Μέγιστη Συγκέντρωση
Αργίλιο	5 mg/l
Αρσενικό	0,1mg/l
Βηρύλλιο	0,1 mg/l
Κάδμιο	0,01 mg/l
Κοβάλτιο	0,05 mg/l
Ολικό χρώμιο	0,1 mg/l
Χαλκός	0,2 mg/l
Σίδηρος	3mg/l
Μαγγάνιο	0,2 mg/l
Υδράργυρος	0,002 mg/l
Νικέλιο	0,2 mg/l
Μόλυβδος	0,1 mg/l
Ψευδάργυρος	2 mg/l
Βενζόλιο	5 µg/l
Ανθρακένιο	1 µg/l
Isodrin	0,01 µg/l
1,2 Διχλωροαιθάνιο	20 µg/l
Διχλωρομεθάνιο	50 µg/l
Πενταχλωροφαινόλη	1 µg/l
Βενζο(α)πυρένιο	0,1 µg/l

3. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

3.1 Εισαγωγή

Η Κρήτη χαρακτηρίζεται από το έντονο ανάγλυφο αλλά και από το μεγάλο ποσοστό του ορεινού όγκου. Τα ιδιαίτερα γεωγραφικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής έχουν ουσιαστικά καθορίσει τη χωροταξική και οικιστική οργάνωση αλλά και την ανάπτυξη της Περιφέρειας. Η έκταση της νήσου ανέρχεται σε 8.335,9 χλμ² με ποσοστά κατανομής του εδάφους σε πεδινές, ημιορεινές και ορεινές περιοχές σύμφωνα με την ΕΣΥΕ, είναι 22,7%, 27,9% και 49,4% αντιστοίχως.

Κύριο χαρακτηριστικό της κατανομής του πληθυσμού της Περιφέρειας είναι η συγκέντρωση του στις παράκτιες ζώνες, και ειδικότερα σε αυτές του βόρειου άξονα. Ο δείκτης μεταβολής του πληθυσμού εμφανίζεται μεγαλύτερος του αντίστοιχου της χώρας τόσο κατά την εικοσαετία 1971-1991, όσο και κατά την δεκαετία 1981-1991. Αναλυτικότερα ο δείκτης μεταβολής του πληθυσμού της Κρήτης κατά την εικοσαετία 1971-1991 ανέρχεται σε 1,02%, έναντι αυτού της Χώρας, που φτάνει στο 0,79%. Επίσης κατά τη δεκαετία 1981-1991 ο αντίστοιχος δείκτης μεταβολής πληθυσμού του νησιού υπολογίζεται σε 1,04%, έναντι του 0,52% της Χώρας (μελέτη «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης»)

Σύμφωνα με τα δεδομένα της απογραφής του 2001 οι κάτοικοι του νησιού ανέρχονται σε 601.131 κατοίκους. Αναλυτικότερα:

Πίνακας 10: Πληθυσμιακή κατανομή και διοικητικός διαχωρισμός Κρήτης (Πηγή: ΕΣΥΕ, 2001)

ΝΟΜΟΣ	ΔΗΜΟΙ-ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
Χανίων	23 δήμοι, 2 κοινότητες	150.387
Ρεθύμνης	11 δήμοι	81.936
Ηρακλείου	26 δήμοι	292.489
Λασηθίου	8 δήμοι	76.319
ΣΥΝΟΛΟ	68 δήμοι, 2 κοινότητες	601.131

3.2 Κλιματικές συνθήκες

Όσον αφορά τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά, η Κρήτη ανήκει στο μεσογειακό-ξηρόθερμο κλίμα. Εμφανίζει ιδιαίτερα ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες, οι οποίες παρέχουν σημαντικές δυνατότητες ανάπτυξης του πρωτογενή τομέα παραγωγής και ιδιαίτερα της γεωργίας.

Παρουσιάζονται υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων (800, 1000 και 1200χιλ.) με άνιση όμως κατανομή ανάμεσα στην Ανατολική και τη Δυτική πλευρά (Πίνακας 11 και 12). Εκτός από χωρική παρατηρείται και άνιση εποχιακή κατανομή των βροχοπτώσεων καθώς οι περίοδοι βροχόπτωσης ακολουθούνται από περιόδους μεγάλης ξηρασίας.

Πίνακας 11: Βροχόπτωση σε χιλιοστά (Πηγή: Κριτσωτάκης Μαρίνος, Περιφέρεια Κρήτης, Τμήμα Υδάτων)

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΡΗΤΗΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	ΔΥΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
Υγρό υδρολογικό έτος	1244	1108	1395
Κανονικό υδρολογικό έτος	927	816	1051
Ξηρό υδρολογικό έτος	611	525	707

Πίνακας 12: Βροχόπτωση σε όγκο νερού (Πηγή: Κριτσωτάκης Μαρίνος)

	Υγρό Υδρολ. Έτος	Κανονικό Υδρολ. Έτος	Ξηρό Υδρολ. Έτος
Έκταση (km ²)	8300		
Κατακρύμνηση (Mm ³)	10.330	7.690	5.070
Εξατμισοδιαπνοή(Mm ³)	7.230	5.380	3.550
Κατείσδυση(Mm ³)	1.980	1.470	970
Επιφανειακή απορροή(Mm ³)	1.120	830	550

3.3 Χρήσεις νερού

Οι χρήσεις με τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό είναι η ύδρευση και κυρίως η άρδευση, ακολουθούμενες από την κτηνοτροφία και τη βιομηχανία. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στην πληθυσμιακή αύξηση αλλά κυρίως στη μεγάλη ανάπτυξη της γεωργίας, η οποία αποτελεί έναν εξαιρετικά δυναμικό

κλάδο της οικονομίας και της απασχόλησης του νησιού. Το νερό που καταναλώνεται για γεωργικούς λόγους αποτελεί το 85% του συνολικού νερού που καταναλώνεται. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού καταναλώνεται στο Νομό Ηρακλείου (46%) και έπεται ο Νομός Χανίων (25%), ο Νομός Λασιθίου (20%) και ο Νομός Ρεθύμνης (9%). Ακολουθούν οι υδρευτικές ανάγκες που αποτελούν το 13% των συνολικών αναγκών σε νερό και έπειτα η κτηνοτροφία (1,20%) και οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές χρήσεις (0,8%).

Πίνακας 13: Ανάγκες σε νερό ανά νομό και χρήση (Πηγή: μελέτη «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης»)

ΝΟΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ Mm ³ /yr	ΑΡΔΕΥΣΗ Mm ³ /yr	ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ Mm ³ /yr	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ Mm ³ /yr	ΣΥΝΟΛΟ Mm ³ /yr
Χανίων	17,47	108,90	1,71	1,69	129,77
Ρεθύμνης	8,43	39,14	1,84	0,41	49,82
Ηρακλείου	30,15	202,91	1,92	1,75	236,73
Λασιθίου	9,29	88,66	0,70	0,26	98,91
Σύνολο	65,34	439,61	6,17	4,11	515,23

Πίνακας 14: Υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες νομών (Πηγή: μελέτη «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης»)

ΝΟΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ Mm ³ /yr	ΑΡΔΕΥΣΗ Mm ³ /yr
Χανίων	17,47	108,90
Ρεθύμνης	8,43	39,14
Ηρακλείου	30,15	202,91
Λασιθίου	9,29	88,66
ΣΥΝΟΛΟ	65,34	439,61

3.4 Έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων

3.4.1 Φράγματα-λιμνοδεξαμενές-ταμιευτήρες

Οι ανάγκες σε νερό της Περιφέρειας καλύπτονται από την εκμετάλλευση επιφανειακών και υπόγειων υδατικών αποθεμάτων. Η χρήση γεωτρήσεων είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στο νησί με αποτέλεσμα σε κάποιες περιοχές να παρατηρείται πτώση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα και την είσοδο σε αυτόν θαλάσσιου νερού. Η αλόγιστη άντληση και η κακή διαχείριση του υπόγειου νερού οδηγεί συχνά σε φαινόμενα υποβάθμισης της ποιότητας τόσο του νερού όσο και του εδάφους.

Reservoirs & Dams

- Under_Construction
- ▲ Operational
- Planned

Η δυναμικότητα αλλά και ο διαθέσιμος όγκος νερού από τα φράγματα και τις λιμνοδεξαμενές της Περιφέρειας συνοψίζεται στον Πίνακα 15. Το σύνολο των φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών που βρίσκονται αυτή τη στιγμή σε λειτουργία στους τέσσερις νομούς έχουν διαθέσιμο όγκο νερού που ανέρχεται σε 52,43 Mm³ το χρόνο, όγκος που αντιστοιχεί στο 12% των αρδευτικών αναγκών. Επίσης βρίσκονται υπό κατασκευή αντίστοιχες υποδομές οι οποίες μετά την ολοκλήρωσή τους θα παρέχουν διαθέσιμο όγκο νερού 13,78 Mm³ το χρόνο. Τέλος αρκετές λιμνοδεξαμενές και φράγματα βρίσκονται υπό σχεδιασμό και έχουν μελετηθεί για να παρέχουν διαθέσιμο όγκο νερού 33,50 Mm³ το χρόνο.

Χωρητικότητα Φραγμάτων-Λιμνοδεξαμενών (Mm ³)				Διαθέσιμος όγκος νερού (Mm ³ /year)			
Νομός				Νομός	Φράγματα-Λιμνοδεξαμενές		
	Λειτουργικά	Υπό Κατασκευή	Σχεδιασμό		Λειτουργικά	Υπό Κατασκευή	Σχεδιασμός
Χανίων	0,5	5,0	21,30	Χανίων	4,00	5,00	21,30
Ρεθύμνης	23,0			Ρεθύμνης	15,26	0,00	0,00
Ηρακλείου	23,07	47,60	12,20	Ηρακλείου	14,07	8,50	12,20
Λασηθίου	19,1	0,28		Λασηθίου	19,10	0,28	0,00
Σύνολο	65,67	52,88	33,50	Σύνολο	52,43	13,78	33,50

34

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 16, ο διαθέσιμος όγκος νερού για ύδρευση από τα φράγματα και τους ταμιευτήρες που λειτουργούν ανέρχεται σε 5 Mm³/έτος, ενώ ο διαθέσιμος όγκος νερού για άρδευση ανέρχεται σε 52,43 Mm³/έτος.

Πίνακας 16: Διαθέσιμος όγκος νερού για ύδρευση και άρδευση από φράγματα-ταμιευτήρες

Όγκος διαθέσιμου νερού για ύδρευση (Mm ³)				Όγκος διαθέσιμου νερού για άρδευση (Mm ³)			
Νομός				Νομός	Φράγματα-Λιμνοδεξαμενές		
	Λειτουργικά	Υπό Κατασκευή	Σχεδιασμό		Λειτουργικά	Υπό Κατασκευή	Σχεδιασμός
Χανίων	0,00	0,00	0,00	Χανίων	4,00	5,00	21,27
Ρεθύμνης	5,00	0,00	0,00	Ρεθύμνης	15,26	0,00	0,00
Ηρακλείου	0,00	12,00	0,00	Ηρακλείου	14,07	8,50	12,19
Λασηθίου	0,00	0,00	0,00	Λασηθίου	19,10	0,28	0,00
Σύνολο	5,00	12,00	0,00	Σύνολο	52,43	13,78	33,46

Από τα υπό κατασκευή και υπό σχεδιασμό φράγματα και ταμιευτήρες θα προκύψουν 12 Mm³/έτος για υδρευτικές ανάγκες και 47,24 Mm³/έτος για αρδευτικές ανάγκες.

Πίνακας 17: Ανάγκες και διαθέσιμος όγκος νερού για άρδευση από φράγματα-ταμιευτήρες

		Διαθέσιμος όγκος νερού για άρδευση (Mm ³ /yr)		
Νομός	Αρδευτικές ανάγκες (Mm ³ /yr)	Φράγματα-ταμιευτήρες σε λειτουργία	Φράγματα-ταμιευτήρες υπό κατασκευή	Φράγματα-ταμιευτήρες σε σχεδιασμό
Χανίων	108,90	4,00	5,00	21,27
Ρεθύμνης	39,14	15,26		
Ηρακλείου	202,91	14,07	8,50	12,19
Λασηθίου	88,66	19,10	0,28	
Σύνολο	439,61	52,43	13,78	33,46

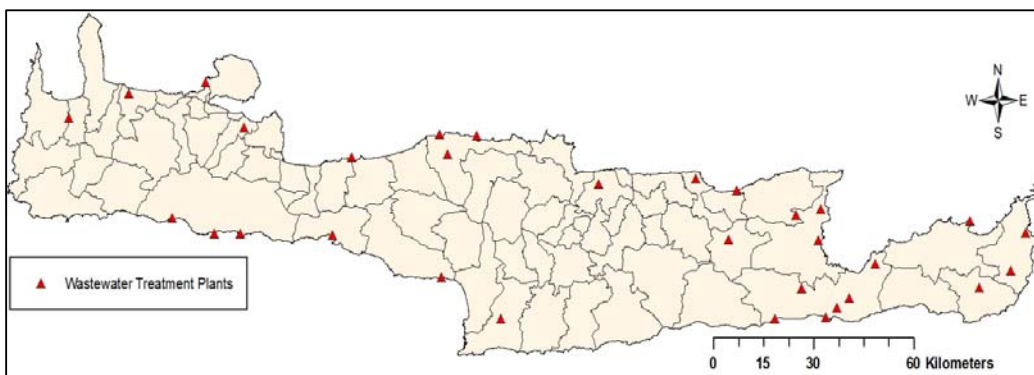
Όπως συμπεραίνουμε από τον παραπάνω πίνακα ο διαθέσιμος όγκος νερού για άρδευση από φράγματα και ταμιευτήρες ανέρχεται σε ποσοστό 11,92% των συνολικών αρδευτικών αναγκών. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένες υποδομές έχουν πολύ υψηλό οικονομικό κόστος αλλά και μεγάλο χρονοδιάγραμμα κατασκευής. Για παράδειγμα το φράγμα Βαλσαμιώτη του οποίου η κατασκευή ξεκίνησε το 2004 δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί. Επίσης το συνολικό κόστος του παραπάνω έργου υπολογίζεται σε 48

εκατομμύρια ευρώ και ο διαθέσιμος όγκος νερού που θα παρέχει ανέρχεται σε 5 Mm³.

Συνεκτιμώντας το οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος των κλασσικών υποδομών διαχείρισης υδατικών πόρων (φράγματα, ταμιευτήρες κ.α.) αλλά και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής είναι απαραίτητη η αναζήτηση νέων στρατηγικών διαχείρισης των υδατικών πόρων, οι οποίες θα σέβονται την αρχή της αειφορίας και της βιώσιμης ανάπτυξης. Μία από αυτές τις στρατηγικές λύσεις, η οποία αποτελεί πλέον κανόνα σε αρκετές χώρες του εξωτερικού, είναι η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων.

3.4.2 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων

Στην περιφέρεια υπάρχουν αρκετές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων που καλύπτουν το σύνολο σχεδόν των μεγάλων δήμων της. Επίσης σε πολλές περιοχές με περισσότερους από 10.000 κατοίκους έργα επεξεργασίας λυμάτων βρίσκονται είτε υπό κατασκευή είτε είναι ενταγμένα στο ταμείο συνοχής και πρόκειται να δημοπρατηθούν (Εικόνα 2). Οι ετήσιες εκροές και ο ισοδύναμος πληθυσμός των κυριότερων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων του νησιού παρουσιάζονται στον πίνακα 18.



Εικόνα 2: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στη θάλασσα, σε ρέματα και στο έδαφος επιβαρύνοντας έτσι υδάτινα οικοσυστήματα που αποτελούν τους τελικούς αποδέκτες. Στον πίνακα 19 παρουσιάζεται ο ετήσιος όγκος των εκροών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων των τεσσάρων νομών ο οποίος ανέρχεται σε 32,42 Mm³

Όπως συμπεραίνουμε με την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων των υφιστάμενων βιολογικών καθαρισμών του

νησιού θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν 32,42 Mm³ το χρόνο. Το νερό αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία με αποτέλεσμα τη μείωση της επιβάρυνσης του υπόγειου υδροφορέα αλλά και την εξοικονόμηση πόσιμου νερού.

Πίνακας 18: Ετήσιες εκροές και ισοδύναμος πληθυσμός Ε.Ε.Λ.

ΔΗΜΟΣ	Εκροές Ε.Ε.Λ. (Mm ³ /yr)	Ισοδύναμος Πληθυσμός
Χανίων	6,77	117.500
Κολυμβαρίου	1,73	30.000
Κισάμου	0,58	10.000
Σφακίων	0,38	6.600
Αρμένων	0,28	5.000
Ρεθύμνου	3,46	60.000
Γεροποτάμου	0,81	14.000
Λάμπης	0,29	5.000
Φοίνικα	0,14	2.500
Ηρακλείου	9,45	164.000
Χερσονήσου	2,3	40.000
Μαλλίων	1,15	20.000
Μοιρών	0,07	1.200
Ιεράπετρας	1,84	32.000
Αγίου Νικολάου	1,66	28.000
Σητείας	1,15	20.000
Ιτάνου	0,18	3.100
Λεύκης	0,09	1.700
Οροπεδίου Λασιθίου	0,08	1.500
Σύνολο	32,42	522.100

Πίνακας 19: Όγκος εκροών Ε.Ε.Λ. ανά νομό

ΝΟΜΟΣ	ΕΚΡΟΕΣ (Mm ³ /yr)
Χανίων	9,74
Ρεθύμνης	4,69
Ηρακλείου	12,97
Λασιθίου	5,02
ΣΥΝΟΛΟ	32,42

Επιπλέον, εάν λάβουμε υπ' όψη τις ευρωπαϊκές οδηγίες, η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί πλέον στόχο και γνώμονα στις στρατηγικές και αναπτυξιακές πολιτικές των χωρών. Προσπατούμενο για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η ορθολογική χρήση και η προστασία των φυσικών πόρων. Μέσα στα ευρύτερα πλαίσια της αειφορίας η Ευρωπαϊκή Ένωση με την Οδηγία πλαίσιο για τα νερά (2000/60/ΕΚ), η οποία υιοθετήθηκε από την ελληνική κυβέρνηση στοχεύει στην ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων. Η προστασία και η διαχείρισή τους οφείλει να γίνεται με τρόπο που να διασφαλίζει αφενός μεν τις κεφαλαιώδους σημασίας οικολογικές τους λειτουργίες, και αφετέρου την αειφόρο παροχή των ποικίλων αγαθών και υπηρεσιών τους στον άνθρωπο, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις ανάγκες και το όφελος του κοινωνικού συνόλου.

Προβλέπεται βάσει του νόμου ότι κάθε χρήση υδάτων θα αποβλέπει στη βιώσιμη και ισόρροπη ικανοποίηση των αναπτυξιακών αναγκών και θα διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη προστασία των υδάτων, την επάρκεια των αποθεμάτων τους και τη διατήρηση της ποιότητάς τους.

Επομένως λαμβάνοντας υπ' όψη τις αρχές της αειφορίας σε συνδυασμό με τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων αποβλήτων συμπεραίνουμε ότι οι συγκεκριμένες τεχνικές καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις της βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Αναλυτικότερα:

α) 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.

β) Αρχή της βιωσιμότητας, η οποία 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.

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

δ) 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 (αγρότης).

ε) Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να θεωρηθούν μια αστέρευτη υδατική πηγή, καθώς όπου υπάρχει κατανάλωση υπάρχει και παραγωγή νερού κατάλληλου για συγκεκριμένες χρήσεις.

στ) Μείωση της ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα. Μεγάλο μέρος της ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα οφείλεται σε νιτρικά 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.

Όπως παρατηρούμε στους παρακάτω πίνακες (Πίνακες 20-23) σε πολλούς δήμους του νησιού ο όγκος των επεξεργασμένων εκροών των Ε.Ε.Λ. τους θα μπορούσε να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες των περιοχών. Επίσης παρατηρούμε ότι ο ετήσιος όγκος των εκροών των βιολογικών καθαρισμών είναι σε πολλές περιπτώσεις συγκρίσιμος με το διαθέσιμο όγκο νερού που παρέχεται από φράγματα ή λιμνοδεξαμενές. Για παράδειγμα ο ετήσιος διαθέσιμος όγκος νερού από φράγματα και λιμνοδεξαμενές στο Νομό Χανίων ανέρχεται σε 4 Mm^3 ενώ ο ετήσιος όγκος των εκροών των βιολογικών καθαρισμών του νομού ανέρχεται σε $9,74 \text{ Mm}^3$

Πίνακας 20: Χρήσεις, διαθέσιμος όγκος νερού από φράγματα/λιμνοδεξαμενές και όγκος εκροών Ε.Ε.Λ. των Δήμων του Νομού Χανίων

ΔΗΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ (Mm ³ /yr)	ΑΡΔΕΥΣΗ (Mm ³ /yr)	Όγκος Φράγματα – λιμν/μες (Mm ³ /yr)	Εκροές ΕΕΛ (Mm ³ /yr)
Ακρωτηρίου	0,87	4,58		
Ανατολικού Σελίνου	0,17	1,02		
Αρμένων	0,37	4,31		0,28
Βάμου	0,23	1,67		
Βουκολιών	0,24	7,59		
Γεωργιουπόλεως	0,34	4,65	2,5	
Ελευθερίου Βενιζέλου	0,85	6,23		
Θερίσου	0,63	8,66		
Ινναχωρίου	0,13	3,01	0,50	
Καντάνου	0,12	3,14		
Κεραμιών	0,15	0,45		
Κισσάμου	0,6	7,55		0,58
Κολυμπαρίου	0,53	8,57		1,73
Κρυονερίδας	0,14	1,46		
Μουσούρων	0,35	11,11		
Μυθήμνης	0,25	9,51		
Νέας Κυδωνίας	1,76	4,38	1,00	
Πελεκάνου	0,51	2,15		
Πλατανιά	0,8	14,52		
Σούδας	0,89	1,18		
Σφακίων	0,24	2,69		0,38
Φρε	0,09	0,31		
Χανίων	7,15	0,10		6,77
Κ.Ασή Γωνιάς	0,04	0,004		
Κ.Γαύδου	0,008	0,038		
ΣΥΝΟΛΟ	17,47	108,90	4,00	9,74

Πίνακας 21: Χρήσεις, διαθέσιμος όγκος νερού από φράγματα/λιμνοδεξαμενές και όγκος εκροών Ε.Ε.Λ. ων Δήμων του Νομού Ρεθύμνης

ΔΗΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ (Mm ³ /yr)	ΑΡΔΕΥΣΗ (Mm ³ /yr)	Ογκος Φράγματα – λιμν/μες (Mm ³ /yr)	Εκροές ΕΕΛ (Mm ³ /yr)
Ανωγείων	0,32	0,13	0,75	
Αρκαδίου	0,9	4,92		
Γεροποτάμου	0,88	10,94		0,81
Κουλούκωνα	0,43	4,06		
Κουρητών	0,19	1,62	0,50	
Λάμπης	0,74	3,70		0,29
Λαππαιών	0,37	3,50		
Νικηφόρου Φωκά	0,47	2,63		
Ρεθύμνης	3,37	1,50		3,46
Συβρίτου	0,26	1,48	14,00	
Φοίνικα	0,5	4,67		0,14
ΣΥΝΟΛΟ	8,43	39,14	15,25	4,69

Πίνακας 22: Χρήσεις, διαθέσιμος όγκος νερού από φράγματα/λιμνοδεξαμενές και όγκος εκροών Ε.Ε.Λ. ων Δήμων του Νομού Λασιθίου

ΔΗΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ (Mm ³ /yr)	ΑΡΔΕΥΣΗ (Mm ³ /yr)	Ογκος Φράγματα – λιμν/μες (Mm ³ /yr)	Εκροές ΕΕΛ (Mm ³ /yr)
Αγίου Νικολάου	3,30	7,06		1,66
Ιεράπετρας	2,40	35,42	16,00	1,84
Ιτάνου	0,26	7,31		0,18
Λεύκης	0,22	5,07		0,09
Μακρύ Γιαλού	0,73	7,75		
Νεάπολης	0,77	4,43	0,8	
Οροπεδίου Λασιθίου	0,3	8,68	2,3	0,08
Σητείας	1,30	12,95		1,15
ΣΥΝΟΛΟ	9,29	88,66	19,10	5,02

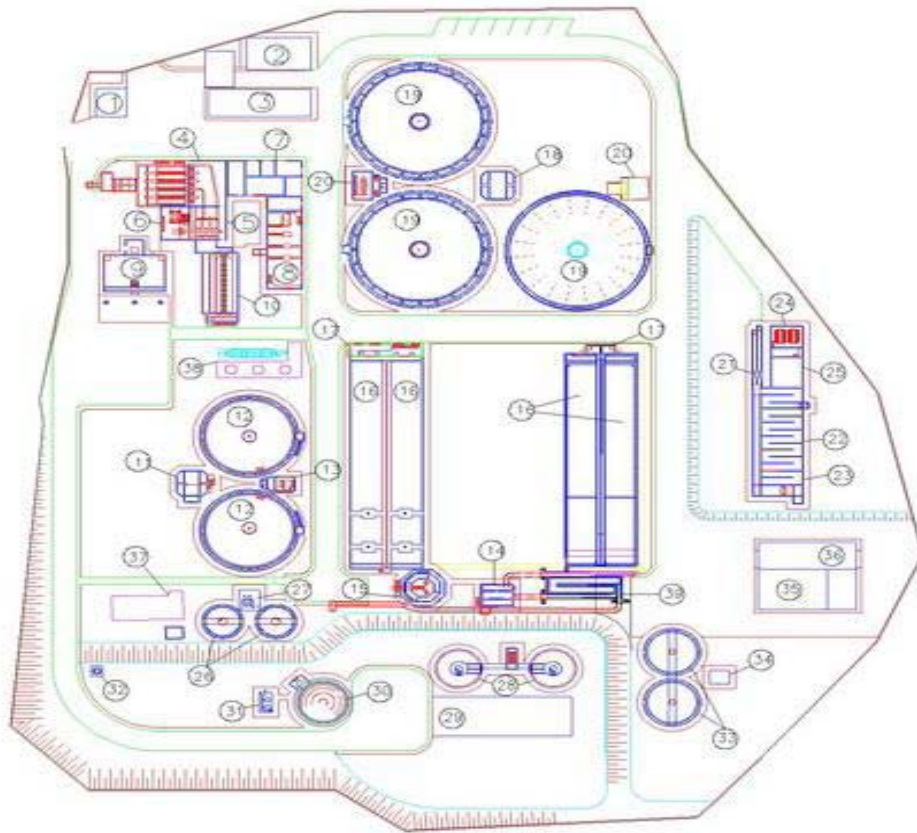
Πίνακας 23: Χρήσεις, διαθέσιμος όγκος νερού από φράγματα/λιμνοδεξαμενές και όγκος εκροών Ε.Ε.Λ. ων Δήμων του Νομού Ηρακλείου

ΔΗΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ (Mm ³ /yr)	ΑΡΔΕΥΣΗ (Mm ³ /yr)	Ογκος Φράγματα – λιμν/μες (Mm ³ /yr)	Εκροές ΕΕΛ (Mm ³ /yr)
Αγίας Βαρβάρας	0,37	2,66		
Αρκαλοχωρίου	1,1	12,24	4,85	
Αρχανών	0,36	2,17		
Αστερουσιών	0,65	21,86		
Βιάννου	0,69	17,75		
Γαζίου	1,28	4,13		
Γοργοαίνη	0,22	4,22		
Γόρτυνας	0,57	18,42		
Γουβών	0,9	5,62		
Επισκοπής	0,25	5,93		
Ζαρού	0,33	5,24		
Ηρακλείου	13,34	9,12		9,45
Θραψανού	0,17	2,86		
Καστελλίου	0,56	5,28		
Κόφινα	0,51	14,82		
Κρουσώνα	0,39	2,85		
Μαλλίων	1,16	1,89		1,15
Μοιρών	0,82	25,72		0,07
Νέας Αλικαρνασσού	1,03	0,70		
Νίκου Καζαντζάκη	0,54	2,84		
Ρούβα	0,2	3,99	0,22	
Τεμένους	0,23	7,68		
Τετραχωρίου	0,15	1,60		
Τυλίσου	0,37	2,70		
Τυμπακίου	1,18	18,62	9,00	
Χερσονήσου	2,79	2,02		2,3
ΣΥΝΟΛΟ	30,15	202,91	14,07	12,97

Αρκετές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων του νησιού διαθέτουν ετήσιες εκροές μικρότερες του 1 Mm³ και για αυτές η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων εκροών δεν έχει οικονομικό ενδιαφέρον. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο για τις μεγάλες εγκαταστάσεις όπου ο όγκος των εκροών θα μπορούσε να καλύψει αρδευτικές ανάγκες των ευρύτερων περιοχών. Παρακάτω θα εξετάσουμε την περίπτωση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της πόλης των Χανίων.

3.5 Ε.Ε.Λ. Χανίων

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της πόλης των Χανίων, είναι δευτεροβάθμια εγκατάσταση καθαρισμού λυμάτων (βιολογικός καθαρισμός) με δυνατότητα αφαίρεσης αζώτου και βρίσκεται σε λειτουργία από το 1995. Έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί 117.500 ισοδύναμους κατοίκους με παροχή σχεδιασμού 26.000 m³ /d. Προβλέπει την επεξεργασία αστικών λυμάτων που αντιστοιχούν σε 105.500 κατοίκους, βιομηχανικά απόβλητα που αντιστοιχούν σε 5.000 ισοδύναμους κατοίκους και βοθρολύματα που αντιστοιχούν σε 7.000 ισοδύναμους κατοίκους.



Εικόνα 3: Γενική διάταξη ΕΕΛ Χανίων (Πηγή: ΔΕΥΑΧ)

Τα βασικότερα τμήματα της εγκατάστασης είναι:

- Αντλιοστάσιο εισόδου εγκατάστασης
- Εγκατάσταση υποδοχής βοθρολυμάτων
- Εσχάρωση
- Εξάμμωση

- Πρωτοβάθμια Καθίζηση
- Δεξαμενές Αερισμού
- Δεξαμενές Δευτεροβάθμιας Καθίζησης
- Δεξαμενή Χλωρίωσης
- Μηχανική πάχυνση της λάσπης
- Προπάχυνση
- Αναερόβιοι χωνευτές
- Μεταπάχυνση
- Αφυδάτωση

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η ποσότητα που διέρχεται ημερησίως από την ΕΕΛ ανέρχεται σε 26.000 m³. Η σύνθεση των λυμάτων είναι 95% αστικά λύματα και 5% βοθρολύματα. Επίσης η ΕΕΛ δέχεται (κατ εκτίμηση) περί τα 2015 m³ /d βιομηχανικών λυμάτων τα οποία αποχετεύονται στο δίκτυο της πόλης των Χανίων. Τα βοθρολύματα προέρχονται από όλο το νομό Χανίων. Η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος και η επεξεργασία της λάσπης με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης με παράλληλη αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Δ.Ε.Υ.Α.Χ. (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Χανίων) για το έτος 2009 η εγκατάσταση επεξεργάστηκε κατά μέσο όρο 19.043 m³ /d . Οι χρόνοι καθίζησης της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας δεξαμενής είναι 2,96 και 4,7hr αντίστοιχα. Η φόρτιση μικροοργανισμών ανέρχεται σε 0,24 kg BOD/day/kg MLSS ενώ ο χρόνος παραμονής στη δευτεροβάθμια καθίζηση είναι 10,1 hr. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού των λυμάτων στην είσοδο της ΕΕΛ είναι 338 mg/l BOD και 357 mg/l TSS. Όσον αφορά την ποιότητα εκροής της εγκατάστασης, τηρεί πλήρως τους περιβαλλοντικούς όρους, με μέσα ποσοστά απομάκρυνσης για το οργανικό φορτίο (BOD5) 98%, για τα στερεά 97,7% και για την αμμωνία 97,5%. (Πίνακας 25-26). Μετά την απολύμανση η μικροβιολογική ποιότητα της εκροής αντιστοιχεί σε επίπεδα πόσιμων επιφανειακών νερών (<100 αποικίες κολοβακτηριδίων/100 ml νερού).

Πίνακας 24: Παροχές επεξεργασμένων λυμάτων και αφυδατωμένης ιλύος (Πηγή:ΔΕΥΑΧ)

Παροχή λυμάτων	Παροχή λυμάτων (m ³ /d)	Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος (kg/μήνα)
Ιανουάριος	18.960	546.350
Φεβρουάριος	20.784	455.840
Μάρτιος	20.634	364.730
Απρίλιος	18.607	308.040
Μάιος	18.522	382.920
Ιούνιος	18.046	508.650
Ιούλιος	18.983	625.300
Αύγουστος	19.240	740.120
Σεπτέμβριος	18.815	510.160
Οκτώβριος	19.708	814.400
Νοέμβριος	17.466	731.800
Δεκέμβριος	18.751	592.160
Μέσοι μηνιαίοι όροι	19.043	549.206
Σύνολο	m³ λυμάτων/έτος	kg ιλύος/έτος
2009	6.833.476	6.590.470

Πίνακας 25: Βαθμός απομάκρυνσης ρυπαντικού φορτίου στην ΕΕΛ Χανίων για το έτος 2009 (Πηγή:ΔΕΥΑΧ)

Παράμετρος	Είσοδος ΕΕΛ	Έξοδος ΕΕΛ	Βαθμός απομάκρυνσης
BOD (mg/l)	323,0	6,00	98,1%
COD (mg/l)	549,0	25,00	95,4%
TSS (mg/l)	356,0	8,00	97,7%
N-NH ₄ (mg/l)	31,5	0,80	97,5%
NTK (mg/l)	42,2	2,40	94,3%
P (mg/l)	13,0	6,30	51,5%

Η εκροή της ΕΕΛ γίνεται στη θάλασσα μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 123 m, σε βάθος περί τα 18 m.

Για την παροχέτευση των λυμάτων προς την ΕΕΛ χρησιμοποιούνται εννέα αντλιοστάσια λυμάτων σε διάφορα σημεία της πόλης τα οποία χειρίζονται το 60% περίπου της συνολικής ποσότητας. Το υπόλοιπο 40% οδηγείται προς την ΕΕΛ με βαρύτητα. Ο αγωγός προσαγωγής των λυμάτων προς την ΕΕΛ έχει μήκος περί τα 5 km. Η παροχή σχεδιασμού στον κεντρικό αποχετευτικό αγωγό ανέρχεται σε 7.500 μ³/ημέρα.

Πίνακας 26: Μέσες μηνιαίες τιμές παραμέτρων εκροής του έτους 2009 (Πηγή: ΔΕΥΑΧ)

Μήνας	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	N-NH ₄ (mg/l)	NTK (mg/l)	N-NO ₃ (mg/l)	P _{tot} (mg/l)
Ιανουάριος	10	8	21	2,55	4,5	4,6	6,9
Φεβρουάριος	17	7	30	1,42	3,2	3,6	6,3
Μάρτιος	4	4	25	0,46	1,6	4,0	5,2
Απρίλιος	4	5	27	1,40	2,8	3,2	6,4
Μάιος	14	10	33	1,04	3,0	5,8	6,5
Ιούνιος	11	8	30	1,47	2,6	4,9	7,0
Ιούλιος	9	7	28	0,42	2,9	5,5	6,9
Αύγουστος	7	5	18	0,32	2,1	2,6	5,1
Σεπτέμβριος	3	4	18	0,24	1,3	4,9	6,6
Οκτώβριος	3	5	21	0,27	1,4	6,0	6,8
Νοέμβριος	6	4	20	0,29	2,1	7,3	6,5
Δεκέμβριος	6	5	25	0,23	1,5	6,2	5,3
Μέση τιμή έτους	8	6	25	0,8	2,4	4,9	6,3
Έγκριση περιβαλλοντικών όρων (οριακές τιμές στο 95% των δειγμάτων)	<35	<25	<125	<2	Δεν τίθεται όριο	Δεν τίθεται όριο	Δεν τίθεται όριο

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 27) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μηνιαίες εκροές της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Χανίων καθώς και οι αρδευτικές ανάγκες των Δήμων Χανίων, Ακρωτηρίου και Σούδας.

Όπως παρατηρούμε ο όγκος των εκροών της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων των Χανίων αρκεί για να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες του Δήμου Ακρωτηρίου. Το καλοκαίρι του 2010 ο Δήμος Ακρωτηρίου αντιμετώπισε έντονα προβλήματα παροχής αρδευτικού νερού καθώς αρδεύεται από τα αντλιοστάσια του Ο.Α.ΔΥ.Κ. τα οποία παίρνουν νερό είτε από τις πηγές της Αγιάς είτε από τις πηγές του Ζούρμπου. Το καλοκαίρι του 2010 εξαιτίας της γενικευμένης λειψυδρίας υπήρχαν διακοπές στην παροχή αρδευτικού νερού στο Δήμο Ακρωτηρίου διάρκειας ακόμα και κάποιων ημερών.

Πίνακας 27:Μηνιαίες εκροές ΕΕΛ Χανίων και αρδευτικές ανάγκες Δήμων Χανίων, Σούδας, Ακρωτηρίου

ΜΗΝΑΣ	ΕΚΡΟΕΣ ΕΕΛ ΧΑΝΙΩΝ	ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΔΗΜΟΥ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΔΗΜΟΥ ΣΟΥΔΑΣ	ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΔΗΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ
	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³
Ιανουάριος	0,54	0,01	0	0
Φεβρουάριος	0,59	0,01	0	0
Μάρτιος	0,55	0,01	0	0
Απρίλιος	0,56	0,41	0,09	0,01
Μάιος	0,58	0,53	0,14	0,01
Ιούνιος	0,58	0,66	0,18	0,01
Ιούλιος	0,60	0,82	0,23	0,02
Αύγουστος	0,59	0,81	0,23	0,02
Σεπτέμβριος	0,55	0,62	0,16	0,01
Οκτώβριος	0,52	0,52	0,13	0,01
Νοέμβριος	0,51	0,18	0,01	0,00
Δεκέμβριος	0,55	0,01	0	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	6,69	4,58	1,18	0,10

Με αφορμή τα παραπάνω στο επόμενο κεφάλαιο θα περιγραφούν και θα κοστολογηθούν συνοπτικά οι απαραίτητες υποδομές που θα χρειασθεί να κατασκευασθούν ώστε να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων των Χανίων για την άρδευση της έκτασης του Πολυτεχνείου Κρήτης και της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Ακρωτηρίου.

4. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ

4.1 Περιγραφή

Για να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων εκροών της ΕΕΛ Χανίων για αρδευτικούς σκοπούς θα χρειασθεί τα λύματα να υποστούν τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση. Στο χώρο των εγκαταστάσεων θα χρειασθεί να γίνουν οι απαραίτητες εγκαταστάσεις τριτοβάθμιας επεξεργασίας και απολύμανσης. Η τριτοβάθμια επεξεργασία είναι μια επιπρόσθετη διεργασία επεξεργασίας με σκοπό τον περαιτέρω καθαρισμό των επεξεργασμένων λυμάτων από αυτόν που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Κάποιες από τις διατάξεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι:

- *Διήθηση σε πολλαπλή κλίνη*: Αποσκοπεί κυρίως στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, τα οποία διαφεύγουν από τις δεξαμενές καθίζησης. Οι συνήθεις διατάξεις βασίζονται στη διήθηση των επεξεργασμένων αποβλήτων, με βαρύτητα ή υπό πίεση, σε κλίνες αποτελούμενες από αλλητάλληλα στρώματα άμμου και ανθρακίτη.

- *Προσρόφηση ρύπων από ενεργό άνθρακα*: Η προσρόφηση των ρύπων που περιέχουν τα επεξεργασμένα απόβλητα από ενεργό άνθρακα εξασφαλίζει την αφαίρεση διαλυτών οργανικών και ανόργανων ενώσεων καθώς και τον αποχρωματισμό τους. Η προσρόφηση των ρύπων εξασφαλίζεται σε κλίνες οι οποίες περιέχουν ενεργό άνθρακα σε κοκκώδη μορφή.

- *Αντίστροφη όσμωση*: Τα απόβλητα διαβιβάζονται σε συνθήκες υπερπίεσης σε ημιπερατή μεμβράνη, οπότε τα μόρια του νερού και μικρό μέρος των διαλυτών ενώσεων διέρχονται από τη μεμβράνη ενώ το μεγαλύτερο μέρος των διαλυτών ενώσεων δε διέρχεται και συμπυκνώνεται.

Στη συνέχεια τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα θα πρέπει να περάσουν από το στάδιο της απολύμανσης, όπου επιτυγχάνεται η καταστροφή ή «αδρανοποίηση» των παθογόνων μικροοργανισμών των λυμάτων ώστε η επαναχρησιμοποίησή τους να μη δημιουργεί κινδύνους στη

δημόσια υγεία. Συνήθεις μέθοδοι απολύμανσης είναι η χλωρίωση, η οζόνωση και η εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας (UV).



Εικόνα 4: Δεξαμενή χλωρίωσης και απολύμανση υγρών αποβλήτων με UV

Στη συνέχεια ο όγκος των επεξεργασμένων εκροών θα μεταφέρεται (δίκτυο σωληνώσεων, αντλίες) από τους χώρους της ΕΕΛ σε μία δεξαμενή εξισορρόπησης χωρητικότητας $5.000\mu^3$ η οποία θα κατασκευασθεί στους χώρους ιδιοκτησίας του Πολυτεχνείου Κρήτης, δυτικά των εγκαταστάσεων του κλειστού Κολυμβητηρίου Κουνουπιδιανών. Για να επιτευχθεί η μικρότερη οπτική όχληση η δεξαμενή εξισορρόπησης θα είναι υπόγεια με καθαρό βάθος 5μ. Σε κάτοψη θα είναι κυκλική με καθαρή εσωτερική διάμετρο 35,70μ.

Το δίκτυο των σωληνώσεων, όπως προαναφέρθηκε θα ξεκινάει από τους χώρους της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και θα διασχίζει τους χώρους του Πολυτεχνείου δυτικά του δρόμου που βρίσκεται ανάμεσα στην ιδιοκτησία του Πολυτεχνείου και τους τάφους των Βενιζέλων. Αρχικά η κλίση του εδάφους είναι αρκετά υψηλή και εξομαλύνεται στην πορεία για να καταλήξει σχεδόν μηδενική στους χώρους που βρίσκονται οι κτιριακές εγκαταστάσεις του Πολυτεχνείου. Το μήκος του δικτύου υπολογίζεται περίπου 3.500 μέτρα. Η διατομή του αγωγού από PVC που θα χρησιμοποιηθεί είναι $\Phi 500$. Τα επεξεργασμένα λύματα θα συλλέγονται στη δεξαμενή εξισορρόπησης και από εκεί θα διοχετεύονται στο αρδευτικό δίκτυο των εγκαταστάσεων του Πολυτεχνείου. Μελλοντικά μπορεί να γίνει η σύνδεση της δεξαμενής εξισορρόπησης με τις δεξαμενές και τα αντλιοστάσια του Ο.Α.ΔΥ.Κ. ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα επεξεργασμένα

απόβλητα για την άρδευση εκτάσεων της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Ακρωτηρίου.



Εικόνα 5: Χωροθέτηση δεξαμενής εξισορρόπησης και δικτύου σωληνώσεων

4.2 Προμέτρηση- Κοστολόγηση

Για την κατασκευή της δεξαμενής εξισορρόπησης 5.000 m^3 απαιτείται η εκσκαφή του χώρου με την απαιτούμενη αντιστήριξη των πρανών και τη μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής, η κατασκευή και τοποθέτηση του ξυλότυπου και του σιδηρού οπλισμού και τέλος η σκυροδέτησή της. Το δίκτυο σωληνώσεων θα κατασκευασθεί λαμβάνοντας υπ' όψη τις τυπικές διατομές εκσκαφών ανάλογα με τη διάμετρο της σωλήνας. Απαιτείται η εκσκαφή, η τοποθέτηση των σωληνώσεων, ο εγκιβωτισμός τους με άμμο και η τελική επίχωση. Για να είναι λειτουργικό το δίκτυο απαιτείται η διάνοιξη αγροτικής οδού δίπλα στο δίκτυο για να εξασφαλίζεται η πρόσβαση καθώς και οι απαραίτητες συνδέσεις και φρεάτια ελέγχου. Αρχικά μπορούν να αρδευτούν οι εκτάσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης και μελλοντικά μπορεί να γίνει η σύνδεση με κατάλληλα διαμορφωμένο δίκτυο του Ο.Α.ΔΥ.Κ. ώστε να αρδευτούν και περιοχές του Δήμου Ακρωτηρίου. Οι τιμές εφαρμογής των εργασιών έχουν ληφθεί από τα αναλυτικά τιμολόγια εργασιών Δημοσίων Έργων του αρμόδιου

Υπουργείου. Το κόστος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας προκύπτει από δεδομένα λειτουργίας υφιστάμενων εγκαταστάσεων και το κόστος των συνδέσεων και φρεατίων υπολογίστηκε προσεγγιστικά. Το κόστος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας 3 Μμ³/έτος καθώς και η κατασκευή και τοποθέτηση των αντλιοστασίων και των κατάλληλων αντλιών ανέρχεται σε 1.150.000 €.

Στον Πίνακα 28 υπολογίστηκε το κόστος κατασκευής της δεξαμενής εξισορρόπησης χωρητικότητας 5.000 μ³. Το κόστος κατασκευής της ανέρχεται σε περίπου 311.000 € , δεν έχει έξοδα απαλλοτρίωσης καθώς θα κατασκευασθεί σε χώρους του Πολυτεχνείου και ο χρόνος κατασκευής της υπολογίζεται σε 1-2 μήνες.

Πίνακας 28: Προμέτρηση κόστους κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης

α/α	Ενδειξη Εργασιών	μμ	Ποσότητες	Τιμή μονάδας	ΔΑΠΑΝΕΣ (€)
	Δεξαμενή Εξισορρόπησης				
1	Γενικές εκσκαφές γαιώδεις για δημιουργία υπόγειων χώρων χωρίς την καθαρή μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής	M ³	5.800	4,10	23.780,00
2	Προσαύξηση τιμών εκσκαφών βάθους μεγαλύτερου των 2,00μ	M ³	4.600	0,70	3.220,00
3	Φορτοεκφόρτωση προϊόντων εκσκαφών με μηχανικά μέσα	M ³	5.800	1,40	8.120,00
4	Καθαρή μεταφορά προϊόντων εκσκαφών και κατεδαφίσεων με αυτοκίνητο	M ³ _{χλμ}	87.000	0,50	43.500,00
5	Προμήθεια,μεταφορά επί τόπου, διάστρωση και συμπίκνωση σκυροδέματος με τη χρήση αντλίας ή πυργογερανού. Κατηγορίας C16/20	M ³	470	113,00	53.110,00
6	Προμήθεια,μεταφορά επί τόπου, διάστρωση και συμπίκνωση σκυροδέματος με τη χρήση αντλίας ή πυργογερανού. Κατηγορίας C12/15	M ³	100	99,30	9.930,00
7	Χαλύβδινοι οπλισμοί σκυροδέματος κατηγορίας B500C (S500s)	Χλγ	56.400	1,20	67.680,00
8	Ξυλότυποι χυτών τοίχων	M ²	1.200	13,40	16.080,00
9	Ικρίωματα σιδηρά σωληνωτά	M ²	600	6,70	4.020,00
	Σύνολο Εργασιών				229.440,00
	Προστίθεται ΓΕ&ΟΕ 18%				41.299,20
	Σύνολο				270.739,20
	Απρόβλεπτα 15%				40.610,88
	Σύνολο				311.355,08

Στον Πίνακα 29 υπολογίστηκε το κόστος κατασκευής του δικτύου σωληνώσεων μήκους περίπου 3.500 μέτρων. Το κόστος κατασκευής του ανέρχεται σε περίπου 1.175.000 € και ο χρόνος κατασκευής του υπολογίζεται σε 6-8 μήνες.

Πίνακας 29: Προμέτρηση κόστους κατασκευής δικτύου σωληνώσεων και απαραίτητων τεχνικών για σύνδεση ΕΕΛ-Πολυτεχνείου

α/α	Ενδειξη Εργασιών	μμ	Ποσότητες	Τιμή μονάδας	ΔΑΠΑΝΕΣ (€)
	ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ-ΔΙΚΤΥΑ				
1	Εκσκαφή ορυγμάτων υπόγειων δικτύων σε έδαφος γαιώδες ή ημιβραχώδες. Με πλάτος πυθμένα έως 3,00μ με την πλευρική απόθεση των προϊόντων εκσκαφής για βάθος ορύγματος έως 4,00μ	M ³	7.700	6,30	48.510
2	Προσαύξηση τιμών εκσκαφών ορυγμάτων υπόγειων δικτύων για την αντιμετώπιση πρόσθετων δυσχερειών από διερχόμενα κατά μήκος δίκτυα ΟΚΩ	M ³	200	4,90	980,00
3	Φορτοεκφόρτωση προϊόντων εκσκαφών με μηχανικά μέσα	M ³	2500	1,40	3.500,00
4	Καθαρή μεταφορά προϊόντων εκσκαφών και κατεδαφίσεων με αυτοκίνητο	M ³ χλμ	37500	0,50	18.750,00
5	Επιχώσεις ορυγμάτων με προϊόντα εκσκαφών χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις συμπίκνωσης	M ³	5200	0,45	2.340,00
6	Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο λατομείου	M ³	2500	12,20	30.500,00
7	Πλαστικοί σωλήνες από σκληρό PVC ονομαστικής πίεσης 10at, ονομαστικής διαμέτρου D500mm	Mμ	3500	109,00	381.500,00
8	Συνδέσεις-τεχνικά έργα	Τεμ	1	150.000,00	150.000,00
9	Διάνοξη αγροτικής οδού	Mμ	2000	90,00	180.000,00
10	Απολύμανση UV	Τεμ	1	50.000,00	50.000,00
	Σύνολο Εργασιών				866.080,00
	Προστίθεται ΓΕ&ΟΕ 18%				155.894,40
	Σύνολο				1.021.974,40
	Απρόβλεπτα 15%				153.296,16
	Σύνολο				1.175.270,56

Η άρδευση εκτάσεων της περιοχής του Ακρωτηρίου με επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων μπορεί να γίνει με την κατασκευή αρδευτικού δικτύου που θα συνδέει τη δεξαμενή εξισορρόπησης με τις καλλιέργειες. Το δίκτυο αυτό θα έχει κεντρικό αγωγό παράλληλο με τον υφιστάμενο του Ο.Α.ΔΥ.Κ. και μήκος περίπου 12χλμ. Το κόστος κατασκευής του ανέρχεται σε περίπου 3.000.000 € και ο χρόνος κατασκευής του υπολογίζεται σε 30-36 μήνες.

Πίνακας 30: Προμέτρηση κόστους κατασκευής αρδευτικού δικτύου Πολυτεχνείου- Ο.Α.ΔΥ.Κ.

α/α	Ενδειξη Εργασιών	μμ	Ποσότητες	Τιμή μονάδας	ΔΑΠΑΝΕΣ (€)
	ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ-ΔΙΚΤΥΑ				
1	Εκσκαφή ορυγμάτων υπόγειων δικτύων σε έδαφος γαιώδες ή ημιβραχώδες. Με πλάτος πυθμένα έως 3,00μ με την πλευρική απόθεση των προϊόντων εκσκαφής για βάθος ορύγματος έως 4,00μ	M ³	26.400	6,30	166.320,00
2	Προσαύξηση τιμών εκσκαφών ορυγμάτων υπόγειων δικτύων για την αντιμετώπιση πρόσθετων δυσχερειών από διερχόμενα κατά μήκος δίκτυα ΟΚΩ	M ³	4.000	4,90	19.600,00
3	Φορτοεκφόρτωση προϊόντων εκσκαφών με μηχανικά μέσα	M ³	8.600	1,40	12.040,00
4	Καθαρή μεταφορά προϊόντων εκσκαφών και κατεδαφίσεων με αυτοκίνητο	M ³ χλμ	129.000	0,50	64.500,00
5	Επιχώσεις ορυγμάτων με προϊόντα εκσκαφών χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις συμπύκνωσης	M ³	17.800	0,45	8.010,00
6	Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο λατομείου	M ³	8.600	12,20	104.920,00
7	Πλαστικοί σωλήνες από σκληρό PVC ονομαστικής πίεσης 10at, ονομαστικής διαμέτρου D500mm	Mμ	12.000	109,00	1.308.000,00
8	Συνδέσεις-τεχνικά έργα	Τεμ	1	500.000,00	500.000,00
	Σύνολο Εργασιών				2.183.390,00
	Προστίθεται ΓΕ&ΟΕ 18%				393.010,20
	Σύνολο				2.576.400,20
	Απρόβλεπτα 15%				386.460,03
	Σύνολο				2.962.860,23

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα κόστη κατασκευής των υποδομών που περιγράφηκαν παραπάνω ανά υπεύθυνο φορέα.

Πίνακας 31: Κόστος κατασκευής υποδομών ανά φορέα

Φορέας	Είδος Εργασιών	Κόστος (€)
ΔΕΥΑΧ	Τριτοβάθμια επεξεργασία(Mm ³ /year), αντλιοστάσια, αντλίες κ.α	1.150.000
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	Αγωγός μεταφοράς επεξεργασμένων λυμάτων (3,5Km), συνδέσεις, τεχνικά έργα, δεξαμενή εξισορρόπησης, απολύμανση, απρόβλεπτα	1.500.000
ΟΑΔΥΚ	Ξεχωριστό αρδευτικό δίκτυο (12km), κάθετες συνδέσεις, τεχνικά έργα, απρόβλεπτα	3.000.000
Σύνολο		5.650.000

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων αποτελεί, όπως είδαμε, καθιερωμένη τακτική σε πολλές περιοχές του κόσμου. Αποτελεί έναν εναλλακτικό υδατικό πόρο ο οποίος μπορεί να συνεισφέρει στην αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας και να βοηθήσει στην εξοικονόμηση των πολύτιμων φυσικών υδατικών πόρων.

Εξετάζοντας τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της Κρήτης αλλά και τις υφιστάμενες υποδομές εκμετάλλευσης και αξιοποίησής τους αποτελεί επιτακτική ανάγκη η εξεύρεση εναλλακτικών πόρων. Η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων του νησιού μπορεί να καλύψει μεγάλο τμήμα των αρδευτικών αναγκών του.

Όπως είδαμε το κόστος αλλά και ο χρόνος κατασκευής των απαραίτητων υποδομών για την επαναχρησιμοποίηση των αστικών εκροών είναι κατά πολύ μικρότερο από το κόστος των συμβατικών υποδομών όπως για παράδειγμα τα φράγματα. Το κόστος κατασκευής της προτεινόμενης υποδομής στους χώρους του Πολυτεχνείου Κρήτης ανέρχεται σε 2.650.000 € και σε 5.650.000 € εάν κατασκευασθεί το αρδευτικό δίκτυο του Ο.Α.ΔΥ.Κ. Ο διαθέσιμος όγκος νερού για άρδευση υπολογίζεται σε 6,69 Mm³ ετησίως με αυξητικές τάσεις καθώς προβλέπεται η αύξηση της δυναμικότητας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων της πόλης των Χανίων.

Το αντίστοιχο κόστος κατασκευής του φράγματος Βαλσαμιώτη ανέρχεται σε 48.000.000 € και ο διαθέσιμος όγκος νερού για άρδευση υπολογίζεται σε 5 Mm³ ετησίως ο οποίος είναι εξαρτώμενος από τις συνθήκες βροχόπτωσης.

Επίσης η χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση συνεισφέρει στην προστασία του περιβάλλοντος καθώς επιτυγχάνεται εξοικονόμηση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων και αποφεύγονται οι υπεραντλήσεις των υπόγειων αποθεμάτων γεγονός που οδηγεί σε φαινόμενα ερημοποίησης και υποβάθμισης του εδάφους. Ακόμα περιορίζεται η περιβαλλοντική υποβάθμιση παράκτιων περιοχών και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα καθώς οι εκροές των βιολογικών καθαρισμών παύουν να καταλήγουν σε αυτά.

Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να θεωρηθούν μια αστείρευτη υδατική πηγή, καθώς όπου υπάρχει κατανάλωση υπάρχει και παραγωγή νερού κατάλληλου για συγκεκριμένες χρήσεις. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό εάν ληφθούν υπ' όψη οι κλιματικές αλλαγές και τα συνεχώς αυξανόμενα φαινόμενα λειψυδρίας της περιοχής.

Ακόμα στις μέρες μας, η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί πλέον στόχο και γνώμονα στις στρατηγικές και αναπτυξιακές πολιτικές των χωρών. Προσπατούμενο για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η ορθολογική χρήση και η προστασία των φυσικών πόρων. Η προστασία και η διαχείριση των υδατικών πόρων οφείλει να γίνεται με τρόπο που να διασφαλίζει αφενός μεν τις κεφαλαιώδους σημασίας οικολογικές λειτουργίες, και αφετέρου την αειφόρο παροχή των ποικίλων αγαθών και υπηρεσιών τους στον άνθρωπο, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις ανάγκες και το όφελος του κοινωνικού συνόλου. Μέσα σε αυτά τα πλαίσια κάθε χρήση υδάτων θα αποβλέπει στη βιώσιμη και ισόρροπη ικανοποίηση των αναπτυξιακών αναγκών και θα διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη προστασία των υδάτων, την επάρκεια των αποθεμάτων τους και τη διατήρηση της ποιότητάς τους.

Επομένως τα επεξεργασμένα απόβλητα αποτελούν ένα πολύ σημαντικό μη συμβατικό υδατικό πόρο, ο οποίος δεν πρέπει να παραμείνει ανεκμετάλλευτος, καθώς μπορεί να συνεισφέρει καθοριστικά στην κάλυψη των υδατικών αναγκών της περιοχής και να αποτελέσει τη βάση στην ορθολογική και βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. WHO (1989), Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture: Report of a WHO Scientific Group, WHO Technical Report Series 778, WHO Genevre
2. Regione Emilia-Romagna, Assessorato Agricoltura, Ambiente e Sviluppo Sostenibile: Studio finalizzato all' introduzione di norme e misure volte a favorire il riutilizzo delle acque reflue depurate. Arpa, Bologna 2004
3. Blumenthal U.J., Mara D.D., Peasey A., Riuz-Palacios G., and R. Stoot (2000), Approaches to establishing microbiological quality guidelines for treated wastewater use in agriculture: recommendations for the revision of the current WHO guidelines, WHO Bulletin, Genevre
4. WHO (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume I : Policy and regulatory aspects. WHO Genevre
5. Ayers R.S., Westcot D.W. (1985), Water quality for agriculture, FAOID29, FAO Rome
6. US-EPA (1992), Guidelines for water reuse, EPA manual 625/R-92/004
7. Decreto Ministeriale 12 giugno 2003, n.185 «Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152».
8. Ν. Παρανυχιανάκης, Ο. Κοτσελίδου, Ε. Βαρδάκου, Α. Αγγελάκης, Οδηγίες ανακύκλωσης επεξεργασμένων εκροών αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα. Κεντρική ένωση Δήμων και Κοινοτήτων ένωση δημοτικών επιχειρήσεων ύδρευσης και αποχέτευσης, Λάρισα 2009
9. Μελέτη «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης», 2001
10. www.ellinikietaireia.gr/media/pdf/Gkikas.pdf
11. www.hydro.ntua.gr/labs/sanitary/postgraduate/reclamation.pdf
12. www.deyax.org.gr
13. www.ypeka.gr
14. www.hydro.ntua.gr