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

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

"ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΡΟΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ"

ΕΥΑΝΘΙΑ ΑΓΡΑΦΙΩΤΗ

Τριμελής επιτροπή
Ευάγγελος Διαμαντόπουλος (επιβλέπων)
Γεώργιος Καρατζάς
Ηρακλής Μπουλουκάκης

Χανιά, 2010

στην αδερφή μου,

που είναι πάντα ‘δίπλα’ μου σε κάθε μου βήμα….

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία στρατηγική μελέτη σχετική με τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών σε επίπεδο Κρήτης. Δεδομένης της σημαντικής γεωργικής ανάπτυξης του νησιού αλλά και της λειψυδρίας που παρουσιάζεται κυρίως τους θερινούς μήνες, η πρακτική της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα ωφέλιμη για την Κρήτη. Οι καλλιέργειες που εξετάστηκαν είναι οι ελιές, τα αμπέλια και το μαρούλι καθώς οι δύο πρώτες είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς στο νησί και η τρίτη απαιτεί μεγάλη προσοχή κατά την άρδευση της με ανακτημένα απόβλητα.

Αρχικά επιχειρήθηκε μια εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση γύρω από τις οδηγίες και τους κανονισμούς που ισχύουν σε παγκόσμιο επίπεδο σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Με βάση τις οδηγίες αυτές και δεδομένης της απουσίας ενός ‘ρεαλιστικού’ νομοθετήματος στην Ελλάδα, προτάθηκε μια σειρά κριτηρίων που αφορούν στην άρδευση των τριών υπό μελέτη καλλιεργειών. Έπειτα, συλλέχθηκαν στοιχεία σχετικά με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής από 15 Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) σε όλη την Κρήτη. Συγκρίνοντας τα στοιχεία αυτά με τα προτεινόμενα κριτήρια προέκυψε ότι η πλειοψηφία των ΕΕΛ (σε ποσοστό 87% περίπου) διαθέτει εκροές που κρίνονται κατάλληλες για άρδευση ελαιώνων και αμπελώνων, ενώ με πρόσθετη τριτοβάθμια επεξεργασία (διήθηση και απολύμανση) μπορεί να πραγματοποιηθεί και άρδευση των κηπευτικών.

Σε δεύτερη φάση με τη χρήση του ArcGIS, βρέθηκε η βέλτιστη θέση για τις δεξαμενές που θα συγκεντρώνουν τα επεξεργασμένα απόβλητα και θα τα διαθέτουν στο αρδευτικό δίκτυο. Ακολούθησε ο υπολογισμός του όγκου τους καθώς και η διαστασιολόγηση του αγωγού που θα μεταφέρει τα λύματα από την ΕΕΛ στη δεξαμενή. Τέλος, στην προσπάθεια να εκτιμηθεί η έκταση της καλλιεργήσιμης γης που μπορεί να αρδευτεί, ήταν απαραίτητο να υπολογιστούν οι ανάγκες σε νερό των τριών καλλιεργειών. Για το σκοπό αυτό, συλλέχθηκαν τα απαραίτητα κλιματολογικά στοιχεία από 6 μετεωρολογικούς σταθμούς σε όλη την Κρήτη και εισήχθησαν στο πρόγραμμα CROPWAT το οποίο υπολογίζει την τιμή της εξατμισοδιαπνοής (ETc). Υπολογίστηκε έτσι η έκταση της αρδευόμενης γης και απεικονίστηκε στο ArcGIS μέσω της βάσης δεδομένων CORINE 2000.

Όπως προκύπτει από τη συγκεκριμένη εργασία, η αξιοποίηση των λυμάτων και η διάθεσή τους για αρδευτικούς σκοπούς είναι μια πρακτική που μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες στην Κρήτη. Είναι σε θέση να συνεισφέρει στην εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων νερού και να αποτελέσει χείρα βοηθείας σε καταστάσεις λειψυδρίας που προκαλούνται από τη χρονική ανισοκατανομή του νερού στη φύση και των αναγκών σε νερό.

Abstract

This work presents a strategic plan for the feasibility of reusing treated municipal wastewater for agricultural irrigation on Crete. Taking into account the significant agricultural development of the island and the intense water shortage that takes place especially in summer, it's evident that wastewater reuse would be very beneficial for Crete. Three types of crops were investigated, namely olive trees, vineyards and lettuce (as representative of vegetables eaten raw). The first two were chosen due to their popularity on the region, and the latter because of its reclaimed wastewater irrigation challenges.

The study starts with a literature review on international regulations and guidelines concerning wastewater recycling. Based on these guidelines and given the absence of realistic regulations in Greece, a set of wastewater recycling criteria were proposed and used to guide the irrigation of the above mentioned types of crops. Following that, qualitative and quantitative data regarding plant effluents were collected from 15 wastewater treatment plants (WWTPs) located throughout Crete. Analysis of the collected data indicated that the majority of WWTPs (87% approximately) met the proposed criteria for the irrigation of olive trees and vineyards, yet the irrigation of vegetables requires advanced treatment (filtration and disinfection).

With the use of ArcGIS, the optimal position of water storage tanks supplying the irrigation network was estimated. In addition, dimensioning of the network transferring the reclaimed water from WWTPs to the tanks was estimated. Finally, in order to estimate the area of the irrigated land, a thorough analysis of the water requirements of each crop was necessary. To address this issue, climatic information obtained from 6 weather stations throughout Crete served as input to the CROPWAT software, which approximated the respective evapotranspiration for each crop (ETc). The estimated irrigated area was visualized and demonstrated using the CORINE 2000 database in ArcGIS.

The study provided a baseline for the development of a complete wastewater reuse scheme on the island of Crete for the purpose of agricultural irrigation. This alternative water source can effectively provide a balance between the high demand and the inadequate water supplies, particularly under climate change conditions.

Πρόλογος

Στις μέρες μας, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα είναι το φαινόμενο της λειψυδρίας και των συνεπαγόμενων υδατικών πιέσεων. Η αλόγιστη χρήση του νερού σε συνδυασμό με τα έντονα φαινόμενα ξηρασίας που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια, έχουν οδηγήσει στην σταδιακή εξάντληση των υδάτινων αποθεμάτων. Πέρα από το τεράστιο περιβαλλοντικό κόστος, η κατάσταση αυτή ενέχει δυσάρεστες συνέπειες για τον οικονομικό και κοινωνικό τομέα.

Στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης, βασικό μέλημα της διεθνούς κοινότητας είναι η εξεύρεση εναλλακτικών υδατικών πηγών. Προς την κατεύθυνση αυτή, η πρακτική της ανάκτησης και της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων κερδίζει διαρκώς έδαφος τα τελευταία χρόνια. Με τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων είναι δυνατόν να εξοικονομηθούν σημαντικές ποσότητες νερού. Η άρδευση καλλιεργειών και χώρων αστικού πρασίνου, η βιομηχανική χρήση και η χρήση σε χώρους αναψυχής, αλλά ακόμα και η έμμεση πόσιμη χρήση είναι ορισμένες από τις κατηγορίες εφαρμογής των επεξεργασμένων αποβλήτων που έχουν ήδη κερδίσει την παγκόσμια αποδοχή.

Στην Ελλάδα η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων βρίσκεται σε αρκετά πρώιμο στάδιο και αφορά κυρίως στην άρδευση καλλιεργειών. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε έναυσμα για την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, που στόχο έχει την διενέργεια ενός στρατηγικού σχεδιασμού για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών σε επίπεδο Κρήτης. Με άλλα λόγια, αφορμή της εργασίας είναι η μελέτη της δυνατότητας εξεύρεσης εναλλακτικών υδατικών πόρων για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του νησιού.

Πριν κλείσω, νιώθω έντονη την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ε. Διαμαντόπουλο καθώς η άψογη συνεργασία μαζί του και η διαρκής στήριξη που μου παρείχε ήταν καθοριστικές για την ομαλή έκβαση της μεταπτυχιακής μου διατριβής. Πρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής μου κ. Γ. Καρατζά και κ. Η. Μπουλουκάκη, καθώς και τον λέκτορα κ. Ν. Παρανυχιανάκη του οποίου η συμβολή στην εργασία μου ήταν καθοριστική. Τέλος, να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους υπεύθυνους των Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης – Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) για την συνεργασία μαζί τους και για όλα τα δεδομένα που μου παρείχαν, καθώς χωρίς αυτά θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση της διατριβής μου.

Χανιά, Φεβρουάριος 2010

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1
Εισαγωγή

Η άνευ προηγουμένου δημογραφική έκρηξη που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, σε συνδυασμό με τη άνοδο του βιοτικού επιπέδου και την ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη έχουν οδηγήσει στην ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση του νερού τόσο για οικιακή όσο και για βιομηχανική και γεωργική χρήση. Στον αντίποδα τα οικοσυστήματα, τα οποία διαμορφώνουν την ποιότητα και καθορίζουν την ποσότητα των υδατικών αποθεμάτων, δέχονται αλλεπάλληλες πιέσεις. Τα ανανεώσιμα και ταυτόχρονα αξιοποιήσιμα υδάτινα αποθέματα μειώνονται σταδιακά, οδηγώντας σε συνθήκες λειψυδρίας, λόγω υποβάθμισης και υπεράντλησης των υπόγειων υδροφορέων και αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Το φαινόμενο επιτείνεται ακόμα περισσότερο λόγω της χρονικής και χωρικής ανισοκατανομής όχι μόνο του νερού στη φύση αλλά και των αναγκών για νερό. Οι περισσότερες μεσογειακές χώρες χαρακτηρίζονται από μεγάλης διάρκειας καλοκαίρια και μικρής διάρκειας χειμώνες, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο ποσοστό των κατακρημνίσεων να λαμβάνει χώρα σε σύντομα χρονικά διαστήματα.

Από όλες τις χρήσεις, η αρδευόμενη γεωργία αποτελεί το μεγαλύτερο καταναλωτή καλής ποιότητας νερού σε παγκόσμιο επίπεδο. Έπεται ο τομέας της βιομηχανίας και στο τέλος αυτός της ύδρευσης. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το αρδευτικό νερό αποτελεί περίπου το 70% του καταναλισκόμενου νερού, ενώ στις Μεσογειακές χώρες ανέρχεται στο 80% (τα νούμερα ίσως φαντάζουν υπερβολικά, αλλά ωστόσο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ένα μεγάλο μέρος από το νερό χάνεται κατά τη μεταφορά και την εφαρμογή, και λόγω της τακτικής της υπέρ-άρδευσης που εφαρμόζεται σε πολλές περιπτώσεις). Στην Ελλάδα, η οποία συγκαταλέγεται στις κατεξοχήν αγροτικές χώρες, το ποσοστό είναι εξίσου υψηλό καθώς σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας αρδεύεται περίπου το 38,3% των καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Στη νήσο Κρήτη οι γεωργικές εκτάσεις καλύπτουν περίπου το 40% της συνολικής έκτασής της. Από τις εκτάσεις αυτές αρδεύεται περίπου το 35%. Σύμφωνα με στοιχεία του 2002 το 86,7% του νερού καταναλώνεται από τη γεωργία ενώ ο οικιακός και βιομηχανικός τομέας καταναλώνουν το υπόλοιπο 13,3 % (Borboudaki *et al.*, 2005). Για την κάλυψη των αναγκών για νερό χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο τα υπόγεια νερά των υδροφορέων (με ποσοστό περίπου 87%) και λιγότερο τα επιφανειακά νερά.

Όσον αφορά στους υπόγειους υδροφορείς, στην Ανατολική Κρήτη οι πηγές των κυριότερων καρστικών συστημάτων είναι υφάλμυρες ενώ ταυτόχρονα η υπερεκμετάλλευση των παράκτιων υδροφορέων έχει οδηγήσει στην υφαλμύρωσή τους . Σε αντίθεση, στη Δυτική Κρήτη τα νερά των υδροφορέων είναι περισσότερο γλυκά (Βασιλάκη, 2008). Επιπρόσθετα, η χρονική ανισοκατανομή του νερού στη φύση και των αναγκών σε νερό δυσχεραίνουν την ικανοποίηση των αναγκών. Τους θερινούς μήνες οι βροχοπτώσεις περιορίζονται σημαντικά ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση για νερό παρουσιάζει κατακόρυφη αύξηση λόγω των αγροτικών δραστηριοτήτων και του τουρισμού. Επίσης η χωρική ανισοκατανομή του νερού στο νησί καθιστά έντονο το φαινόμενο της λειψυδρίας σε συγκεκριμένες περιοχές. Σύμφωνα με σχετική έρευνα η μεγαλύτερη ζήτηση για αρδευτικό νερό παρατηρείται στην περιοχή της Ιεράπετρας (Νότια Κρήτη) ενώ η μικρότερη στην περιοχή γύρω από το Ρέθυμνο (Βορειοδυτική Κρήτη) (Tsanis and Naoum, 2003). Συνεπώς, κυρίως το καλοκαίρι και ιδιαίτερα στις περιοχές που λόγω κλιματικών συνθηκών παρουσιάζουν έντονη ζήτηση, οι αρδευτικές ανάγκες για νερό είναι πολύ δύσκολο να ικανοποιηθούν.

Για τις περιοχές ελλειμματικού υδατικού ισοζυγίου αλλά και γενικότερα στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης και ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων, η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων αποτελεί μία ταχύτατα αυξανόμενη πρακτική (Angelakis *et al.*, 1999; Oron, 2003). Ο όρος 'ανάκτηση' (reclamation) αναφέρεται σε κάθε είδους επεξεργασία που καθιστά τα λύματα κατάλληλα για χρήση, ενώ ο όρος 'επαναχρησιμοποίηση' αναφέρεται στην εφαρμογή και στη χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για την κάλυψη υδατικών αναγκών. Έρευνα που διεξήχθη το 2003, έδειξε ότι ο αριθμός των έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης λυμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο ανέρχεται σε 3300 και αναμένεται να αυξηθεί πολύ μέσα στα επόμενα χρόνια. Πρωτοπόρα στον τομέα αυτό θεωρείται η Ιαπωνία η οποία διαθέτει πάνω από 1800 μονάδες επεξεργασίας ενώ αξιόλογα έργα έχουν πραγματοποιηθεί σε Αυστραλία και Η.Π.Α (AQUAREC, 2004).

Η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους τομείς, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες κάθε περιοχής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις χώρες της Μεσογείου και στη Λατινική Αμερική τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την άρδευση καλλιεργειών, ενώ αντίθετα στην Ιαπωνία προορίζονται για αστική χρήση. Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται οι βασικότερες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων (USEPA, 2004).

Στην Ελλάδα η πλειοψηφία των βιολογικών καθαρισμών διαθέτει τα επεξεργασμένα απόβλητα σε φυσικούς αποδέκτες όπως θάλασσες, ποταμούς, χείμαρρους και εδάφη. Κατασκευάζονται δαπανηρά έργα με υποθαλάσσιους αγωγούς διάθεσης των αποβλήτων στη θάλασσα, ενώ η οικονομικά εφικτή λύση της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης βρίσκεται σε πρωταρχικό στάδιο. Η απουσία ενός εθνικού νομικού πλαισίου γύρω από θέματα ανακύκλωσης υγρών αποβλήτων και η δυσπιστία των πολιτών γύρω από το θέμα αυτό, δυσχεραίνει σημαντικά κάθε πρακτική επαναχρησιμοποίησης. Παρόλα αυτά έργα διάθεσης ανακτημένων αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς, μικρής έκτασης, έχουν πραγματοποιηθεί σε μερικές ελληνικές πόλεις όπως είναι η Θεσσαλονίκη, η Χαλκίδα και η Χερσόνησος.

Όσον αφορά στην Κρήτη, η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό βήμα για την προστασία και τη σωστή διαχείριση των υδατικών αποθεμάτων του νησιού. Η διάθεση λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς μπορεί να συνεισφέρει όχι μόνο στην εξοικονόμηση νερού, αλλά και στην πλήρη κάλυψη των οικιακών και τουριστικών αναγκών σε περιόδους αιχμής. Το έργο επαναχρησιμοποίησης στη Χερσόνησο αποτελεί αναμφισβήτητα ένα πολύ σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση αυτή, αλλά η ευρύτερη επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων σε επίπεδο Κρήτης θα είναι σίγουρα ακόμα πιο ευεργετική για το νησί.

Σκοπός Μεταπτυχιακής Διατριβής:

Η πραγματοποίηση ενός στρατηγικού σχεδιασμού γύρω από την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών σε επίπεδο Κρήτης. Αρχικά μελετήθηκε η ποιότητα της εκροής από 15 Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων σε όλο το νησί καθώς και η καταλληλότητά της για άρδευση συγκεκριμένων καλλιεργειών. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε διαστασιολόγηση του έργου για τη συγκέντρωση των λυμάτων πριν τη διάθεσή τους στο αρδευτικό δίκτυο. Ο απώτερος στόχος ήταν η διερεύνηση της πιθανότητας επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στο νησί και της συνεπαγόμενης εξοικονόμησης υδάτινων πόρων προς κάλυψη άλλων αναγκών σε νερό.

Πίνακας 1.1: Κατηγορίες ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης λυμάτων (Πηγή: USEPA, 2004).

Κατηγορία χρήσης	**Χαρακτηριστικά**
Αστική χρήση	• Άρδευση χώρων που δεν απαγορεύεται η πρόσβαση του κοινού: *πάρκα, σχολικοί χώροι, σιντριβάνια, πυροπροστασία, κλιματισμός, τουαλέτες* • Άρδευση χώρων στους οποίους η πρόσβαση του κοινού ελέγχεται: *γήπεδα γκολφ, νεκροταφεία, νησίδες αυτοκινητόδρομων*
Άρδευση γεωργικών εκτάσεων	• Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών *επιμέρους διαχωρισμός ανάλογα με το αν η τροφή καταναλώνεται ωμή* • Άρδευση μη βρώσιμων καλλιεργειών *κτηνιατρικές καλλιέργειες, βοσκότοποι, εμπορικά φυτώρια, γκαζόν*
Περιβαλλοντική χρήση	*Διατήρηση/αύξηση παροχής υδατορευμάτων, ενίσχυση φυσικών υδροβιότοπων, ιχθυοκαλλιέργειες*
Χώροι αναψυχής	• Απεριόριστη χρήση (δεν υπάρχουν περιορισμοί για τις δραστηριότητες) • Περιορισμένη χρήση (δεν υπάρχει επαφή του κοινού με το νερό) *ψάρεμα, βαρκάδα*
Βιομηχανική χρήση	*ψύξη, τροφοδοσία λέβητα, νερό επεξεργασίας*
Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων	*χρήση λεκανών διήθησης ή πηγαδιών φόρτισης*
Πόσιμη χρήση	• Άμεση • Έμμεση *ανάμιξη με επιφανειακά ή υπόγεια νερά που αποτελούν πηγές πόσιμου νερού*

Κεφάλαιο 2
Κανονισμοί και οδηγίες

2.1 Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη

Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός και η λειτουργία ενός προγράμματος επαναχρησιμοποίησης λυμάτων καθώς επίσης και η ασφαλής εφαρμογή των εκροών υγρών αποβλήτων για κάθε χρήση, προϋποθέτει την ανάπτυξη οδηγιών και/ή κανονισμών. Οι προδιαγραφές ποιότητας που αφορούν σε επεξεργασμένα υγρά απόβλητα τα οποία προορίζονται για επαναχρησιμοποίηση οφείλουν να δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα στους εξής παράγοντες (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005):

- *Προστασία της δημόσιας υγείας*

Τα επεξεργασμένα απόβλητα δε θα πρέπει να ενέχουν κανένα κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Έτσι λοιπόν, στα πλαίσια της ασφάλειας της υγείας των ανθρώπων, σε περιπτώσεις μη πόσιμων χρήσεων, οι κανονισμοί θέτουν όρια για την ποσότητα των παθογόνων μικροοργανισμών που εμπεριέχονται στις επεξεργασμένες εκροές. Στις ειδικές περιπτώσεις πόσιμης χρήσης ή εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων έμφαση θα πρέπει να δίνεται στις διάφορες περιεχόμενες τοξικές ουσίες.
Επίσης ιδιαίτερη μέριμνα θα πρέπει να δίνεται για την προστασία έναντι της μετάδοσης ασθενειών (κυρίως μέσω της άρδευσης και του εμπλουτισμού των υδροφορέων). Για παράδειγμα, η θέσπιση κριτηρίων για την ορθή επιλογή του τύπου των αρδευόμενων καλλιεργειών, ο διαχωρισμός της άρδευσης σε περιορισμένη ή μη, και η καθιέρωση συγκεκριμένων μεθόδων άρδευσης θα μπορούσαν σίγουρα να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο στην κατεύθυνση αυτή.

- *Όρια φυσικών και χημικών παραμέτρων*

Αν και οι περισσότεροι κανονισμοί δε λαμβάνουν υπόψη τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού, ωστόσο αυτά διαδραματίζουν ιδιαίτερο ρόλο κυρίως σε περιπτώσεις βιομηχανικής και αρδευτικής χρήσης.

- *Περιβαλλοντικό κόστος*

Η εφαρμογή των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων θα πρέπει να γίνεται με απόλυτο σεβασμό προς το φυσικό περιβάλλον. Η προστασία της φυσικής χλωρίδας και πανίδας και η αποφυγή υποβάθμισης των φυσικών αποδεκτών οφείλουν να κατέχουν πρωταρχικό ρόλο σε όλους τους κανονισμούς επαναχρησιμοποίησης.

- *Κοινή γνώμη*

Οι υπεύθυνοι φορείς οφείλουν όχι μόνο να είναι βέβαιοι για την ασφάλεια του επαναχρησιμοποιούμενου νερού αλλά και να είναι σε θέση να ‘μεταδώσουν’ τη βεβαιότητά τους αυτή στο κοινό. Αυτό πολλές φορές ίσως απαιτεί την προσφυγή σε πιο αυστηρά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης.

- *Πολιτικό σκηνικό*

Η θέσπιση κριτηρίων σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των αστικών αποβλήτων, σχετίζεται με την επικρατούσα πολιτική κατάσταση και επηρεάζεται άμεσα από τις υπάρχουσες οικονομικές δυνατότητες. Η εκάστοτε πολιτεία θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορεί να ανταποκριθεί στα υψηλά κατασκευαστικά και λειτουργικά έξοδα που συνεπάγεται ένα έργο επαναχρησιμοποίησης, έτσι ώστε σε καμία περίπτωση να μην υπάρχει κίνδυνος απειλής της δημόσιας υγείας.

- *Αισθητική*

Σε ορισμένες περιπτώσεις, και για λόγους αισθητικούς, τα επαναχρησιμοποιούμενα λύματα οφείλουν να είναι άχρωμα και άοσμα έτσι ώστε η εμφάνισή τους να ταυτίζεται με αυτή του πόσιμου νερού (πχ. άρδευση γηπέδων και πάρκων, χρήσεις για αναψυχή κτλ.).

2.2 Θεσμικό πλαίσιο για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων οργανισμών και χωρών εκτός της Ε.Ε.

Σύμφωνα με αρκετές μελέτες, η επαναχρησιμοποίηση ανεπεξέργαστων ή ανεπαρκώς επεξεργασμένων λυμάτων ενέχει σημαντικούς κινδύνους για τη δημόσια υγεία, λόγω της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών. Για το λόγο αυτό, κατά τη θέσπιση κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης η χρήσης στοιχείων από επιδημιολογικές έρευνες κρίνεται ορθολογική. Παρόλο που η πλειονότητα αυτών των επιδημιολογικών ερευνών καταλήγει στο συμπέρασμα πως ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών είναι ιδιαίτερα μικρός, και αφορά μόνο στις περιπτώσεις χρήσης ιδιαίτερα χαμηλής ποιότητας λυμάτων, ωστόσο η ύπαρξη έστω και θεωρητικών κινδύνων μετάδοσης ασθενειών δεν μπορεί να παραληφθεί.

Οδηγίες που έχουν θεσπιστεί σε αναπτυγμένες χώρες επιβάλουν την απουσία περιττωματικών κολοβακτηριδίων (faecal coliforms, FC) στα λύματα που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν. Αν και μία τέτοια προσέγγιση είναι ιδιαίτερα συντηρητική και συνεπάγεται σημαντικές οικονομικές δαπάνες, μπορεί σίγουρα να δικαιολογηθεί για μία αναπτυγμένη χώρα. Στον αντίποδα, στις λιγότερο αναπτυγμένες και στις αναπτυσσόμενες χώρες η καθιέρωση τόσο αυστηρών κριτηρίων όχι μόνο δεν είναι οικονομικά εφικτή αλλά επίσης μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση της δημόσιας υγείας. Για το λόγο αυτό, τα κριτήρια που έχουν θεσπιστεί στις χώρες αυτές βασίζονται σε πραγματικά στοιχεία από επιδημιολογικές έρευνες και μικροβιολογικές μελέτες με ταυτόχρονη προσπάθεια καθορισμού των επιπέδων του αποδεκτού κινδύνου.

Οι πιο γνωστές οδηγίες και κανονισμοί που απαρτίζουν το διεθνές νομικό πλαίσιο γύρω από την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων είναι αυτή του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization, WHO), και αυτή της Πολιτείας της Καλιφόρνιας. Η φιλοσοφία αυτών των οδηγιών είναι τελείως διαφορετική, ωστόσο και οι δύο βρίσκουν απήχηση στη διεθνή κοινότητα.

Σημείωση: ο όρος 'κανονισμοί (regulations)' αναφέρεται σε πραγματικούς νόμους που έχουν θεσπιστεί και επιβληθεί από διάφορες κυβερνήσεις. Από την άλλη μεριά οι οδηγίες (guidelines) δεν επιβάλλονται από κανέναν αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την ανάπτυξη ενός προγράμματος επαναχρησιμοποίησης.

2.2.1 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO)

Το 1973 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας πρότεινε κριτήρια αλλά και μεθόδους επεξεργασίας για διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης. Τα κριτήρια που προτάθηκαν σχετικά με την άρδευση καλλιεργειών με προϊόντα που καταναλώνονται ωμά ήταν ιδιαίτερα αυστηρά (100 FC/100ml για απεριόριστη άρδευση) και βασίζονταν στη φιλοσοφία του 'μηδενικού ρίσκου'. Επίσης η οδηγία του WHO περιελάμβανε και συστάσεις σχετικά με τις μεθόδους επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα πρότεινε δευτεροβάθμια επεξεργασία (σύστημα ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα ή λίμνες σταθεροποίησης) και έπειτα χλωρίωση ή διήθηση και χλωρίωση (WHO, 1973; UNEP, 2005). Δεδομένου ότι το κόστος αυτών των τεχνολογιών είναι ιδιαίτερα υψηλό, οι οδηγία αύτη δεν βρήκε ιδιαίτερη απήχηση .Το 1985 έγινε μία ανασκόπηση της οδηγίας του WHO και επανεξετάσθηκε η φύση των κινδύνων που σχετίζονται με την άρδευση και τις ιχθυοκαλλιέργειες. Η έρευνα βασίστηκε σε νέα επιδημιολογικά δεδομένα και σε διάφορες μεθόδους αποτίμησης του κινδύνου.

Το 1989 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εξέδωσε μία νέα σειρά κριτηρίων μικροβιολογικής ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση και ιχθυοκαλλιέργειες (πίνακας 2.1). Η οδηγία δίνει ιδιαίτερη έμφαση στο είδος των καλλιεργειών που πρόκειται να αρδευτούν και με βάση αυτό γίνεται διαχωρισμός της άρδευσης σε δύο επιμέρους κατηγορίες:

- Απεριόριστη άρδευση: αφορά σε όλα τα είδη τις καλλιέργειες και πρόσθετα το πότισμα γηπέδων, πάρκων κτλ.
- Περιορισμένη άρδευση: αφορά στην καλλιέργεια προϊόντων που δεν καταναλώνονται ωμά.

Η οδηγία θέτει όριο για την απεριόριστη άρδευση τα 1000FC/100ml και 1 εντερικό νηματοειδές αυγό ανά λίτρο. Πιο αυστηρά όρια (200FC/100ml) τίθενται σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως το πότισμα γκαζόν. Για την περιορισμένη άρδευση το όριο είναι 1 εντερικό νηματοειδές αυγό ανά λίτρο ενώ για τα κολοβακτηρίδια περιττωματικής προέλευσης δεν τίθενται όρια. Παρόλο που στη περίπτωση της περιορισμένης άρδευσης δεν υπάρχουν μικροβιολογικά κριτήρια ωστόσο συνίσταται η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας από πρωτοβάθμια επεξεργασία ή παραμονή σε λίμνες σταθεροποίησης για 8-10 μέρες. Επίσης, βασική προϋπόθεση για την περιορισμένη άρδευση είναι η εφαρμογή επιφανειακής άρδευσης και όχι καταιονισμού προκειμένου να μη υπάρχει πιθανότητα επαφής των καρπών με τους παθογόνους μικροοργανισμούς (για τον ίδιο λόγο θα πρέπει να αποφεύγεται η συλλογή καρπών από το έδαφος). Πρόσθετα, συνίσταται η διακοπή της άρδευσης τουλάχιστον δύο βδομάδες πριν την συλλογή των καρπών. Τέλος, η οδηγία του WHO λαμβάνει επίσης υπόψη τη μέθοδο επεξεργασίας των αποβλήτων, το σύστημα άρδευσης και τις εκτιθέμενες ομάδες πληθυσμού. Συνιστά πρόσθετες ειδικές προφυλάξεις όπως η χρήση ειδικού ρουχισμού, υψηλά επίπεδα υγιεινής, προσεκτικό μαγείρεμα, παροχή επαρκών εγκαταστάσεων πλυσίματος, έλεγχος ανθρώπινης έκθεσης, προώθηση της υγιεινής κτλ. (WHO, 1989)

Η οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (1989) υιοθετήθηκε από πολλές αναπτυσσόμενες αλλά και αναπτυγμένες χώρες και συντέλεσε στην περαιτέρω ενίσχυση της πρακτικής επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έκρινε σκόπιμη την διεξαγωγή έρευνας με σκοπό την αναθεώρηση των οδηγιών του 1989. Η έρευνα βασίστηκε τόσο σε νέα επιδημιολογικά δεδομένα όσο και σε μία διεξοδική ανάλυση και αποτίμηση του κινδύνου, και έλαβε υπόψη της τις υφιστάμενες αλλαγές στον κοινωνικοπολιτικό και τεχνολογικό τομέα.

Το 2006 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εξέδωσε την τρίτη έκδοση των οδηγιών για την ασφαλή χρησιμοποίηση λυμάτων, της οποίας ο δεύτερος και ο τέταρτος τόμος αφορούν στη χρήση επεξεργασμένων αποβλήτων για γεωργικούς σκοπούς. Βασικός σκοπός των νέων οδηγιών είναι η προστασία της υγείας των αγροτών (και των οικογενειών τους), της κοινότητας και των καταναλωτών. Η Τρίτη έκδοση των οδηγιών αντικαθιστά τις δύο προηγούμενες (του 1973 και 1989), αναπτύσσει περαιτέρω πληροφορίες και προσεγγίσεις που περιλαμβάνονταν σε αυτές και εμπεριέχει πρόσθετα στοιχεία πάνω σε θέματα:

- ασθενειών του πληθυσμού που σχετίζονται με το νερό καθώς και πως η χρήση ανακτημένων λυμάτων στη γεωργία συνεισφέρει στην εκδήλωση τους,
- ανάλυσης επικινδυνότητας,
- στρατηγικών διαχείρισης του κινδύνου, συμπεριλαμβανομένης και της ποσοτικοποίησης των μέτρων προστασίας της υγείας,
- χημικών συστατικών,
- στρατηγικών εφαρμογής των οδηγιών.

Πίνακας 2.1: Προτεινόμενα μικροβιολογικά όρια ποιότητας για τη χρήση λυμάτων στη γεωργία (WHO, 1989) [α]

Κατηγορία	Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη ομάδα πληθυσμού	Εντερικοί νηματώδεις [β] (αριθμητικός μέσος αυγών ανά λίτρο) [γ]	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια, FC (γεωμετρικός μέσος ανά 100 ml) [γ]	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα
Α	Άρδευση καλλιεργειών με τρόφιμα που καταναλώνονται ωμά, άρδευση γηπέδων, δημοσίων πάρκων [δ]	Εργαζόμενοι, καταναλωτές, κοινό	≤1	≤1000 [δ]	Σειρά λιμνών σταθεροποίησης που επιτυγχάνει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα, ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία
Β	Άρδευση δημητριακών, βιομηχανικών καλλιεργειών, ζωοτροφών, βοσκοτόπων και δέντρων [ε]	Εργαζόμενοι	≤1	Δεν τίθενται όρια	Παραμονή σε λίμνες σταθεροποίησης για 8-10 μέρες, ή ισοδύναμη απομάκρυνση εντερικών νηματωδών και περιττωματικών κολοβακτηριδίων
Γ	Όπως η κατηγορία Β με εξασφάλιση μη έκθεσης εργαζομένων και κοινού	Καμία	Δεν έχουν εφαρμογή	Δεν έχουν εφαρμογή	Επεξεργασία που απαιτείται από την τεχνολογία του συστήματος άρδευσης, αλλά όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια καθίζηση

[α] Σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τοπικοί επιδημιολογικοί, κοινωνικοπολιτικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες και η οδηγία να τροποποιείται κατάλληλα.
[β] Τα είδη Ascaris και Trichuris.
[γ] Κατά τη διάρκεια της άρδευσης.
[δ] Το αυστηρότερο κριτήριο των 200FC/100ml εφαρμόζεται στην περίπτωση γκαζόν όπου υπαρχει πρόσβαση κοινού, πχ. γκαζόν ξενοδοχείων κτλ.
[ε] Στην περίπτωση οπωροφόρων δέντρων, η άρδευση θα πρέπει να σταματά δύο εβδομάδες πριν τη συλλογή των φρούτων, και επίσης κανένα φρούτο δε θα πρέπει να συλλέγεται από το έδαφος. Άρδευση με καταιονισμό δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται.

Για την εκτίμηση του μικροβιολογικού κινδύνου και του κινδύνου από διάφορα χημικά έγινε χρήση των αποτελεσμάτων εκτενών μικροβιολογικών μελετών σε συνδυασμό με ένα μοντέλο ποσοτικοποίησης του κινδύνου από συγκεκριμένα παθογόνα (quantitative microbiological risk assessment, QMRA). Μελετήθηκαν διάφορες ομάδες πληθυσμού, ανάλογα με τα επίπεδα έκθεσης στους κινδύνους που σχετίζονται με τη χρήση ανακτημένων λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 2.2.

Για την δημιουργία της κατάλληλης νομοθεσίας για την προστασία της υγείας, οι ειδικοί ορίζουν συγκεκριμένα επίπεδα προστασίας της υγείας ανάλογα με το είδος της έκθεσης (health based targets)(πίνακας 2.3). Ο WHO ορίζει ένα γενικώς αποδεκτό επίπεδο προστασίας της δημόσια υγείας. Το επίπεδο αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι καμία ασθένεια που προκύπτει από τη χρήση ανακτημένων λυμάτων για άρδευση δεν πρέπει να προκαλεί 'απώλεια' μεγαλύτερη από 10^{-6} DALYs (Disability - Adjusted Life Years) ανά άτομο το χρόνο (WHO, 2006).

Έπειτα από τον καθορισμό των αποδεκτών επιπέδων ορίζεται ένας συνδυασμός από μέτρα προστασίας της υγείας που μπορούν να οδηγήσουν στην επίτευξη του στόχου αυτού. Στο σχήμα 2.1παρουσιάζεται η μείωση που εμφανίζεται στα παθογόνα για διάφορες κατηγορίες άρδευσης και για συνδυασμό επεξεργασίας και άλλων μέτρων προστασίας της υγείας για την επίτευξη του στόχου των $\leq 10^{-6}$ DALY ανά άτομο το χρόνο. Τα μέτρα που απεικονίζονται είναι καθαρά τυπικά και κατά συνέπεια κατά τη μελέτη ενός έργου επαναχρησιμοποίησης οι σχεδιαστές δύνανται να ανακαλύψουν και άλλους συνδυασμούς ή να εφαρμόσουν νέες τεχνολογικές μεθόδους. Κάθε χώρα είναι εύλογο να θεσπίζει τα δικά της εθνικά κριτήρια που να ανταποκρίνονται στις επιδημιολογικές, κοινωνικές και οικονομικές της ανάγκες. Η ομάδα επιστημόνων του WHO που αναθεώρησε και επικύρωσε αυτές τις οδηγίες υποστηρίζει πως η εκτενής ανάλυση επικινδυνότητας οδήγησε στο πόρισμα ότι με τις επιλογές A, B, C και D εξασφαλίζεται ένας σημαντικός βαθμός μείωσης του κινδύνου για την υγεία που ανταποκρίνεται (χωρίς την απαίτηση δαπάνης μεγάλων χρηματικών ποσών) στις ανάγκες της πλειοψηφίας των χωρών. Τέλος πρέπει να σημειωθεί πως οι εκτενείς μελέτες και εκτιμήσεις γύρω από θέματα επικινδυνότητας που διεξήχθησαν από τους ειδικούς, επιβεβαίωσαν και την προηγούμενη οδηγία του WHO (WHO, 1989) που έθετε όριο για την απεριόριστη άρδευση τα 1000E.Coli/100ml. Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζονται τα ποιοτικά κριτήρια των εκροών για τα διάφορα επίπεδα επεξεργασίας για τις επιλογές A-G του σχήματος 2.1.

Σημείωση: Το 'DALY' είναι ένα μέτρο της υγείας του πληθυσμού και εκφράζεται ως επιβάρυνση της υγείας από κάποια συγκεκριμένη ασθένεια ή από διάφορους παράγοντες κινδύνου. Το DALY μετράει το χρόνο που χάνεται λόγω αναπηρίας ή θανάτου από μια ασθένεια σε σχέση με μία μακρά ζωή απουσία της ασθένειας αυτής. Για τον υπολογισμό του, προστίθενται τα χρόνια ζωής που χάνονται λόγω πρόωρου θανάτου και τα χρόνια ζωής με προβλήματα υγείας λόγω της ασθένειας. Τα χρόνια που χάνονται λόγω θανάτου προκύπτουν από την αφαίρεση του μέσου χρόνου ζωής ενός πληθυσμού και την ηλικία θνησιμότητας, ενώ τα χρόνια ζωής με προβλήματα υγείας υπολογίζονται με τον πολλαπλασιασμό του αριθμού των κρουσμάτων επί τη διάρκεια της ασθένειας επί ένα βαθμό σοβαρότητας που κυμαίνεται από 0 έως 1 (ζωή-θάνατος). Το όριο των 10^{-6} DALY ανά άτομο το χρόνο που θέτει ο WHO σημαίνει ότι μία πόλη με 1εκατομμύριο κατοίκους έχει απώλεια ένα DALY το χρόνο (Mara, 2008)

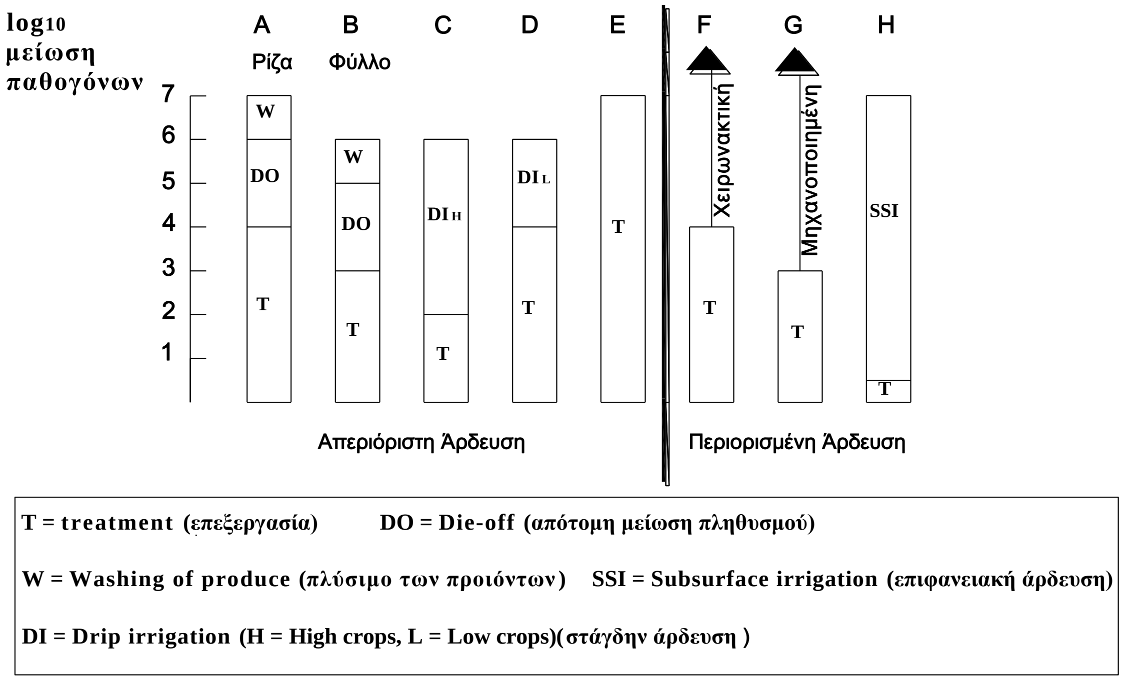
Πίνακας 2.2: Κίνδυνοι για την υγεία που σχετίζονται με τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση (WHO, 2006)

Εκτιθέμενη ομάδα	Απειλές για την υγεία		
	Εντερικοί σκώληκες	Βακτήρια/Ιοί	Πρωτόζωα
Καταναλωτές	Σημαντικός κίνδυνος μόλυνσης τόσο για τους ενήλικες όσο και για τα παιδιά που έρχονται σε επαφή με ανεπεξέργαστα λύματα	Χολέρα, τυφοειδής πυρετός και shigellosis από τη χρήση ανεπεξέργαστων λυμάτων, θετική αντίδραση στο Helicobacter pylori (για ανεπεξέργαστα λύματα), εκδήλωση διάρροιας όταν τα ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κολοβακτηρίδια που εμπεριέχονται στο νερό ξεπερνούν τα 10^4/100ml	Ενδείξεις παρασιτικών πρωτόζωων στις επιφάνειες λαχανικών που αρδεύονται με ανακτημένα λύματα, αλλά καμία άμεση απόδειξη για μετάδοση ασθένειας
Αγρότες και οικογένειες αγροτών	Σημαντικός κίνδυνος μόλυνσης από εντερικούς σκώληκες τόσο για τους ενήλικες όσο και για τα παιδιά που έρχονται σε επαφή με ανεπεξέργαστα λύματα, αυξημένος κίνδυνος μόλυνσης από νηματοσκώληκες για τους εργάτες που δεν φορούν υποδήματα. Ο κίνδυνος για μόλυνση από εντερικούς σκώληκες παραμένει, κυρίως για τα παιδιά, ακόμα και όταν το επεξεργασμένο νερό περιέχει <1 αυγό εντερικών σκωλήκων/l. Για αυτή τη συγκέντρωση οι ενήλικες δεν εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο	Αυξημένος κίνδυνος διάρροιας σε νέα παιδιά που έρχονται σε επαφή με τα λύματα όταν τα ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κολοβακτηρίδια που εμπεριέχονται στο νερό ξεπερνούν τα 10^4/100ml, αυξημένος κίνδυνος μόλυνσης από Salmonella για τα παιδιά που εκτίθενται σε ανεπεξέργαστα λύματα, υψηλή αντίδραση στο norovirus για τους ενήλικες που έρχονται σε επαφή με μερικώς επεξεργασμένα λύματα	Ο κίνδυνος μόλυνσης από Giardia βρέθηκε ασήμαντος για επαφή τόσο με επεξεργασμένα όσο και με ανεπεξέργαστα λύματα. Μία άλλη μελέτη που διεξήχθη στο Μεξικό έδειξε τρεις φορές αύξηση του κινδύνου μόλυνσης από Giardia για τους αγρότες που χρησιμοποιούν ανεπεξέργαστα λύματα σε σύγκριση με την άρδευση με καθαρό νερό. Παρατηρείται αυξημένος κίνδυνος αμοιβάδωσης από την επαφή με ανεπεξέργαστα λύματα
Γειτονικές κοινότητες	Η μετάδοση ασθενειών εντερικών σκωλήκων δε μελετήθηκε για τη περίπτωση άρδευσης με καταιονισμό, αλλά ισχύουν όλα τα παραπάνω για άρδευση με αυλάκια και κανάλια με μεγάλη πιθανότητα επαφής	Η άρδευση με καταιονισμό με κακής ποιότητας νερό (10^6-10^8 ολικά κολοβακτηρίδια/100ml) και η έκθεση σε υγρά ψεκασμού συνδέονται με έναν αυξημένο κίνδυνο μόλυνσης. Η χρήση μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων (10^4-10^5 ή και λιγότερα ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κολοβακτηρίδια /100ml) για άρδευση με καταιονισμό δε σχετίζεται με αυξημένο ρυθμό μόλυνσης από ιούς	Δεν υπάρχουν στοιχεία για τη μετάδοση ασθενειών που οφείλονται σε πρωτόζωα από τη χρήση λυμάτων για την άρδευση με καταιονισμό

Πίνακας 2.3: Στόχοι που βασίζονται στην προστασία της υγείας και στη μείωση των εντερικών σκωλήκων για επεξεργασμένα λύματα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία (WHO, 2006)

Κατηγορία άρδευσης	Στόχος για ιούς, βακτήρια και παθογόνα (βασιζόμενος στην προστασία της υγείας)	Στόχος για τη μείωση των αυγών εντερικών σκωλήκων
Απεριόριστη	$\leq 10^{-6}$ DALY ανά άτομο το χρόνο [1]	≤1 αυγό/l (αριθμητικός μέσος) [2,3]
Περιορισμένη	$\leq 10^{-6}$ DALY ανά άτομο το χρόνο [1]	≤1 αυγό/l (αριθμητικός μέσος) [2,3]
Συγκεκριμένη (πχ. στάγδην άρδευση)	$\leq 10^{-6}$ DALY ανά άτομο το χρόνο [1]	*i) καλλιέργειες που δεν αναπτύσσονται πολύ* [4] ≤1 αυγό/l (αριθμητικός μέσος) *ii) καλλιέργειες που αναπτύσσονται αρκετά* [4,5] καμία σύσταση

1. Ο στόχος που αφορά στην υγεία μπορεί να επιτευχθεί για την απεριόριστη και τη συγκεκριμένη άρδευση με μείωση των παθογόνων 6-7 log (γίνεται με συνδυασμό επεξεργασίας αλλά και μέτρων προστασίας της υγείας). Για την περιορισμένη άρδευση αρκεί μείωση των παθογόνων 2-3 log.
2. Σε περίπτωση έκθεσης παιδιών κάτω των 15 ετών, πρέπει να εφαρμόζονται πρόσθετα μέτρα προστασίας της υγείας.
3. Ο αριθμητικός μέσος καθορίζεται κατά την περίοδο άρδευσης. Η μέση τιμή ≤1 αυγό/l θα πρέπει να ισχύει για τουλάχιστον το 90% των δειγμάτων προκειμένου να επιτρέπεται μια τυχαία υψηλή τιμή σε κάποιο δείγμα (πχ. >10 αυγά/l). Σε ορισμένες διεργασίες επεξεργασίας (πχ. λίμνες σταθεροποίησης), ο υδραυλικός χρόνος παραμονής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο για τη διασφάλιση του ορίου ≤ 1αυγό/l.
4. Στις καλλιέργειες που αναπτύσσονται αρκετά συμπεριλαμβάνονται τα οπωροφόρα δέντρα, οι ελιές κτλ.
5. Κανένας καρπός δεν πρέπει να συλλέγεται από το έδαφος.



Σχήμα 2.1: Παραδείγματα επιλογών για τη μείωση των ιών, των βακτηρίων και των πρωτόζωων με διαφορετικούς συνδυασμούς μέτρων προστασίας της υγείας με στόχο την επίτευξη του ορίου των 10^{-6} DALY ανά άτομο το χρόνο (WHO, 2006)

Επιλογή A: παρέχει μείωση των παθογόνων κατά 7 log μέσω της επεξεργασίας των αποβλήτων, του θανάτου των παθογόνων στο διάστημα μεταξύ της τελευταίας άρδευσης και της κατανάλωσης, του πλυσίματος των λαχανικών πριν την κατανάλωση. Η επιλογή Α ενδείκνυται όταν αρδεύονται καλλιέργειες των οποίων καταναλώνονται οι ρίζες και οι οποίες τρώγονται ωμές.

Επιλογή B: απαιτεί μικρότερα επίπεδα επεξεργασίας σε σχέση με την Α ενώ συνολικά επιτυγχάνεται μείωση των παθογόνων κατά 6 log. Η επιλογή αυτή είναι κατάλληλη για σαλατικά των οποίων η ρίζα δεν καταναλώνεται (πχ. μαρούλι, λάχανο κτλ.) και λαχανικά τα οποία τρώγονται ωμά.

Επιλογή C: απαιτεί ακόμα χαμηλότερα επίπεδα επεξεργασίας και ταυτόχρονα στάγδην άρδευση των καλλιεργειών που αναπτύσσονται πολύ (όπως είναι τα οπωροφόρα δέντρα και οι ελιές).

Επιλογή D: περιλαμβάνει στάγδην άρδευση καλλιεργειών που δεν αναπτύσσονται πολύ και των οποίων οι ρίζα δεν καταναλώνεται (μείωση παθογόνων κατά 2 log) και ένα βαθμό επεξεργασίας που οδηγεί σε μείωση των παθογόνων κατά 4 log (εναλλακτικά θα μπορούσε να γίνει μείωση κατά 2 log μέσω επεξεργασίας και στη συνέχεια 1 log από το θάνατο των παθογόνων από τη στιγμή της άρδευσης μέχρι τη στιγμή της κατανάλωσης και μείωση 1 log από το πλύσιμο των προϊόντων).

Επιλογή E: βασίζεται μόνο στην επεξεργασία των αποβλήτων για τη μείωση των παθογόνων κατά 7 log. Μια τυπική διαδοχή διεργασιών επεξεργασίας για την επίτευξη του στόχου αυτού περιλαμβάνει πρωτοβάθμια καθίζηση, σύστημα ενεργού ιλύος και δευτεροβάθμια καθίζηση, και στη συνέχεια κροκίδωση, συσσωμάτωση, καθίζηση, διήθηση και απολύμανση (χλωρίωση ή UV ακτινοβολία). Αυτές οι διεργασίες χρησιμοποιούνται και στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ για την επίτευξη του ορίου των 2,2 TC/100ml και για τη διασφάλιση θολότητας$\leq$2 NTU (Πολιτεία Καλιφόρνιας, 2001). Ωστόσο η επιλογή αυτή δε λαμβάνει καθόλου υπόψη το φυσικό θάνατο μεταξύ της τελευταίας άρδευσης και της κατανάλωσης και τον τρόπο παρασκευής του φαγητού (πλύσιμο, ξεφλούδισμα, μαγείρεμα κτλ.). Επίσης, το υψηλό κόστος και η λειτουργικές δυσκολίες για την εφαρμογή αυτών των διεργασιών, ίσως να αποκλείσουν την εφαρμογή αυτής της επιλογής στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Επιλογή F: αφορά στην περίπτωση της χειρωνακτικής περιορισμένης άρδευσης και ο στόχος των 10^{-6} DALY ανά άτομο το χρόνο επιτυγχάνεται με τη μείωση των παθογόνων κατά 4 log.

Επιλογή G: αντιπροσωπεύει την περιορισμένη άρδευση που πραγματοποιείται με τη χρήση μηχανημάτων (πχ. τρακτέρ, αυτόματοι καταιονιστήρες, κτλ.).

Επιλογή H: αναπαριστά μια πολύ συνηθισμένη κατάσταση: ελάχιστη επεξεργασία σε δεξαμενή βιολογικού καθαρισμού και (μείωση παθογόνων κατά 0,5 log) και στη συνέχεια υπόγεια άρδευση μέσω του εδαφικού συστήματος απορρόφησης της εκροής της δεξαμενής. Δεν υπάρχει καμία επαφή μεταξύ της καλλιέργειας και των παθογόνων στη δεξαμενή βιολογικού καθαρισμού και για αυτό το λόγο στο υπόγειο σύστημα άρδευσης πρέπει να λαμβάνει χώρα μείωση των παθογόνων κατά 6,5 log για τις καλλιέργειες των οποίων καταναλώνεται η ρίζα τους.

Επίσης ο WHO, με αποτίμηση του κινδύνου για τη δημόσια υγεία ορίζει ανώτατα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης στο έδαφος για διάφορα χημικά (πίνακας 2.5). Πρέπει να σημειωθεί πως οι συγκεντρώσεις των χημικών που επηρεάζουν την παραγωγική διαδικασία είναι τελείως διαφορετικές και δε σχετίζονται με θέματα προστασίας της δημόσιας υγείας (WHO, 2006).

Πίνακας 2.4: Έλεγχος επαλήθευσης [1] (E.coli/100ml για επεξεργασμένα λύματα) για τα διάφορα επίπεδα επεξεργασίας για τις επιλογές A-G του σχήματος 1 (WHO, 2006)

Κατηγορία άρδευσης	Επιλογή (σχήμα 2.1)	Απαιτούμενη μείωση παθογόνων μέσω επεξεργασίας (log)	Έλεγχος επαλήθευσης (E.coli/100ml)	Παρατηρήσεις
Απεριόριστη	A	4	$\leq 10^3$	Καλλιέργειες των οποίων καταναλώνεται η ρίζα
	B	3	$\leq 10^4$	Καλλιέργειες των οποίων δεν καταναλώνεται η ρίζα
	C	2	$\leq 10^5$	Στάγδην άρδευση καλλιεργειών που αναπτύσσονται πολύ
	D	4	$\leq 10^3$	Στάγδην άρδευση καλλιεργειών που δεν αναπτύσσονται πολύ
	E	6 ή 7	$\leq 10^1$ ή $\leq 10^0$	Τα ποιοτικά κριτήρια εξαρτώνται από τις απαιτήσεις των τοπικών αρμόδιων οργανισμών [2]
Περιορισμένη	F	3	$\leq 10^4$	Χειρωνακτική άρδευση (προστασία ενηλίκων και παιδιών κάτω των 15 ετών)
	G	2	$\leq 10^5$	Μηχανοποιημένη άρδευση
	H	0,5	$\leq 10^6$	Απομάκρυνση παθογόνων σε δεξαμενή βιολογικού καθαρισμού

1. Ο έλεγχος επαλήθευσης (verification monitoring), είναι στην ουσία τα ποιοτικά κριτήρια των εκροών.
2. Για παράδειγμα, για δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση και απολύμανση: BOD_5 <10 mg/l, θολότητα <2 NTU, υπολειμματικό χλώριο <1 mg/l, pH: 6-9, και περιττωματικά κολοβακτηρίδια: μη ανιχνεύσιμα/100ml (Πολιτεία Καλιφόρνιας, 2001).

Πίνακας 2.5 Μέγιστες συγκεντρώσεις στο έδαφος για διάφορα τοξικά χημικά συστατικά με στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας (WHO, 2006)

Χημικά Στοιχεία	Συγκέντρωση στα λύματα (mg/kg)	Χημικά Στοιχεία	Συγκέντρωση στα λύματα (mg/kg)
Αντιμόνιο	36	DDT	1,54
Αρσενικό	8	Διχλωροβενζένιο	15
Βάριο	302	Dieldrin	0,17
Βηρύλλιο	0,2	Διοξίνες	0,00012
Βόριο	1,7	Επταχλωρίδιο	0,18
Κάδμιο	4	Εξαχλωροβενζένιο	1,40
Φθόριο	635	Λιντάνιο	12
Μόλυβδος	84	Methoxychlor	4,27
Υδράργυρος	7	PAHs (βενζοπυρένιο)	16
Μολυβδένιο	0,6	PCB	0,89
Νικέλιο	107	Πενταχλωροφαινόλη	14
Σελήνιο	6	Φθαλικές ενώσεις	137333*
Άργυρος	3	Πυρένιο	41
Θάλλιο	0,3	Στυρένιο	0,68
Βανάδιο	47	2,4,5-T	3,82
Aldrin	0,48	Τετραχλωροαιθάνιο	1,25
Βενζένιο	0,14	Τετραχλωροαιθυλένιο	0,54
Chlordane	3	Τολουένιο	12
Χλωροβενζένιο	211	Ταξαφέν	0,0013
Χλωροφόρμιο	0,47	Τριχλωροαιθάνιο	0,68

* Η τιμή είναι ιδιαίτερα υψηλή, ωστόσο είναι αυτή που αναγράφεται στο εγχειρίδιο του WHO.

Τέλος, ο WHO προτείνει μία σειρά μέτρων για την προστασία των καταναλωτών, των εργατών και των οικογενειών τους και των τοπικών κοινοτήτων. Πιο συγκεκριμένα για την προστασία των καταναλωτών συστήνει:

- Επεξεργασία αποβλήτων.
- Περιορισμό αρδεύσιμων καλλιεργειών.
- Μεθόδους άρδευσης που ελαχιστοποιούν την πιθανότητα μόλυνσης (πχ. στάγδην άρδευση).
- Την έλευση ενός χρονικού διαστήματος από την τελευταία άρδευση έτσι ώστε να είναι εφικτός ο φυσικός θάνατος των παθογόνων.
- Τήρηση κανόνων υγιεινής στις αγορές τροφίμων και κατά την προετοιμασία του φαγητού.
- Προώθηση θεμάτων υγείας και υγιεινής.
- Να εκτελείται σωστό πλύσιμο, απολύμανση και μαγείρεμα.
- Χημειοθεραπεία και εμβολιασμό.

Όσον αφορά στους εργάτες και τις οικογένειες τους, ο WHO προτείνει:

- Χρήση προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού
- Να υπάρχει πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό και σε εγκαταστάσεις υγιεινής στα αγροκτήματα.
- Προώθηση θεμάτων υγείας και υγιεινής.
- Χημειοθεραπεία και εμβολιασμό.
- Περιορισμό επαφής με οργανισμούς που μεταδίδουν ασθένειες.

Για την προστασία των τοπικών κοινοτήτων συνίσταται:

- Επεξεργασία αποβλήτων.
- Περιορισμένη πρόσβαση σε αρδεύσιμα χωράφια και υδραυλικές κατασκευές .
- Πρόσβαση σε ασφαλείς χώρους αναψυχής, κυρίως για τους εφήβους.
- Να υπάρχει πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό και σε εγκαταστάσεις υγιεινής στις τοπικές κοινότητες
- Προώθηση θεμάτων υγείας και υγιεινής
- Χημειοθεραπεία και εμβολιασμό
- Περιορισμό επαφής με οργανισμούς που μεταδίδουν ασθένειες.

2.2.2 Κανονισμός της Πολιτείας της Καλιφόρνιας

Ο πρώτος κανονισμός σχετικά με την επαναχρησιμοποίησης αστικών λυμάτων για άρδευση θεσμοθετήθηκε το 1918 από την πολιτεία της Καλιφόρνιας. Το 1933 τέθηκαν από το Υπουργείο Υγείας της Καλιφόρνιας τα πρώτα μικροβιολογικά κριτήρια που αφορούσαν κηπευτικά προϊόντα τα οποία καταναλώνονται ωμά. Από τότε τα όρια συνεχώς αναθεωρούνται προκειμένου να λαμβάνουν υπόψη νέες εφαρμογές, τεχνολογίες και γνώση πάνω σε θέματα επαναχρησιμοποίησης (UNEP, 2005).

Το 1978 εκδόθηκαν τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης της Καλιφόρνιας από το Υπουργείο Υγείας της Καλιφόρνια (California Department of Health Services, DHS) τα οποία πρόσφατα αναθεωρήθηκαν (State of California Title 22 Water Recycling Criteria, 2000). Αυτά τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν απαιτήσεις σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού και τις μεθόδους επεξεργασίας.

Πιο συγκεκριμένα ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας ορίζει ότι για την άρδευση μη βρώσιμων καλλιεργειών, ζωοτροφών, οπωροφόρων δέντρων, αμπελώνων, φυτώριων και χλοοταπήτων δεν τίθενται μικροβιολογικά όρια και απαιτείται κατ' ελάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία. Επιπλέον γίνεται περαιτέρω διαχωρισμός για την άρδευση βοσκοτόπων για ζώα παράγουν γάλα, εξωτερικών χώρων (με περιορισμένη ή ελεγχόμενη πρόσβαση), φυτώριων και χλοοταπήτων όπου επιτρέπεται η πρόσβαση κοινού, τεχνητών λιμνών αναψυχής, για βιομηχανική ή εμπορική ψύξη νερού όπου δεν παράγεται υγρασία, για πυροπροστασία (όχι οικοδομική),για τροφοδοσία λέβητα, για τον έλεγχο της σκόνης, για το καθάρισμα δρόμων, πεζοδρομίων και γενικά εξωτερικών χώρων κτλ. Στις περιπτώσεις αυτές το απαιτούμενο μικροβιολογικό όριο είναι 23TC/100 ml ενώ ταυτόχρονα απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση. Για τις υπόλοιπες εφαρμογές, όπως άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών, εξωτερικών χώρων ελεύθερης πρόσβασης, τροφοδοσία λιμνών αναψυχής, εκκολαπτήρια ψαριών, ξέπλυμα τουαλετών, διακοσμητικά σιντριβάνια, καθαριστήρια ρούχων, πλυντήρια ρούχων, τεχνητό χιόνι, οικοδομική πυροπροστασία, βιομηχανική ή εμπορική ψύξη όπου παράγεται υγρασία, το μικροβιολογικό όριο είναι 2,2 TC/100ml. Η απαιτούμενη επεξεργασία εξαρτάται κάθε φορά από την εφαρμογή και την τιμή της θολότητας και κυμαίνεται από δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση έως δευτεροβάθμια επεξεργασία με ακόλουθη κροκίδωση, καθίζηση, διήθηση και απολύμανση. Γενικά, στις περιπτώσεις όπου υπάρχει πιθανότητα άμεσης ή έμμεσης ανθρώπινης επαφής με τα ανακτημένα λύματα, τα ολικά κολοβακτηρίδια δε θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2,2/100 ml ως διάμεση τιμή (από μετρήσεις των πιο πρόσφατων 7 ημερών), τα 23 TC/100ml σε περισσότερα από ένα δείγματα σε περίοδο 30 ημερών και τη μέγιστη τιμή των 240 TC/100ml σε κάθε δείγμα (State of California, 2000). Τα κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.6: Κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας (State of California Title 22 Water Recycling Criteria, 2000)

Είδος χρήσης	Όρια για τα ολικά κολοβακτηρίδια [α]	Απαιτούμενη επεξεργασία
Άρδευση μη βρώσιμων καλλιεργειών, ζωοτροφών, οπωροφόρων δέντρων [β], αμπελώνων [β], φυτώριων [γ] και χλοοταπήτων [γ]	Δεν τίθενται όρια	- Δευτεροβάθμια
Άρδευση βοσκοτόπων για ζώα παράγουν γάλα, εξωτερικών χώρων [δ], φυτώριων και χλοοταπήτων όπου επιτρέπεται η πρόσβαση κοινού, τεχνητών λιμνών αναψυχής, για βιομηχανική ή εμπορική ψύξη νερού όπου δεν παράγεται υγρασία, για πυροπροστασία (όχι οικοδομική),για τροφοδοσία λέβητα, για τον έλεγχο της σκόνης, για το καθάρισμα δρόμων, πεζοδρομίων και γενικά εξωτερικών χώρων κτλ.	≤ 23/100ml ≤ 240/100ml σε περισσότερα από ένα δείγματα σε οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών	- Δευτεροβάθμια - Απολύμανση
Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών [β], περιορισμένης πρόσβασης τεχνητές λίμνες αναψυχής, εκκολαπτήρια ψαριών	≤ 2,2/100ml ≤2 3/100ml σε περισσότερα από ένα δείγματα σε οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών	- Δευτεροβάθμια - Απολύμανση
Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών [ε], εξωτερικών χώρων ελεύθερης πρόσβασης [στ], τροφοδοσία λιμνών αναψυχής, εκκολαπτήρια ψαριών, ξέπλυμα τουαλετών, διακοσμητικά σιντριβάνια, καθαριστήρια ρούχων, πλυντήρια ρούχων, τεχνητό χιόνι, οικοδομική πυροπροστασία, βιομηχανική ή εμπορική ψύξη όπου παράγεται υγρασία	≤ 2,2/100ml ≤ 23/100ml σε περισσότερα από ένα δείγματα σε οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών ≤ 240/100ml (μέγιστο)	- Δευτεροβάθμια - Κροκίδωση [ζ] - Διήθηση [η] - Απολύμανση
Απεριόριστης πρόσβασης τεχνητές λίμνες αναψυχής	≤ 2,2/100ml ≤ 23/100ml σε περισσότερα από ένα δείγματα σε οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών ≤ 240/100ml (μέγιστο)	- Δευτεροβάθμια - Κροκίδωση - Καθίζηση [θ] - Διήθηση [η] - Απολύμανση

[α] Η διάμεση τιμή από τις μετρήσεις των 7 πιο πρόσφατων ημερών.
[β] Δεν πρέπει να υπάρχει επαφή του νερού άρδευσης με τους καρπούς.
[γ] Παύση της άρδευσης τουλάχιστον 14 μέρες πριν από τη συγκομιδή, την πώληση ή την πρόσβαση κοινού.
[δ] Νεκροταφεία, εξωτερικοί χώροι, περιορισμένης πρόσβασης γήπεδα γκολφ και άλλες ελεγχόμενης πρόσβασης περιοχές.
[ε] Επαφή μεταξύ νερού άρδευσης και καρπών. Περιλαμβάνει και τις βρώσιμες ρίζες.
[στ] Πάρκα, παιδικές χαρές, προαύλιοι χώροι σχολείων, εξωτερικοί χώροι με κατοικίες, μη περιορισμένης πρόσβασης γήπεδα γκολφ και άλλες μη ελεγχόμενης πρόσβασης περιοχές.
[ζ] Δεν απαιτείται αν η θολότητα του νερού στο φίλτρο μετράται συνεχώς, δεν υπερβαίνει τα 5 NTU για περισσότερο από 15 λεπτά, δεν ξεπερνά ποτέ τα 10 NTU, και υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης προσθήκης χημικών ή εκτροπής του νερού αν η θολότητα στο φίλτρο υπερβαίνει τα 5 NTU για περισσότερο από 15 λεπτά.
[η] Μετά τη διήθηση σε φίλτρα η θολότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 NTU σε κανένα 24ωρο διάστημα, τα 5 NTU για χρόνο περισσότερο από το 5% μιας 24ωρης περιόδου και τα 10 NTU οποιαδήποτε στιγμή. Έπειτα από διήθηση σε μεμβράνες η θολότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,2 NTU για χρόνο περισσότερο από το 5% μιας 24ωρης περιόδου και τα 0,5 NTU οποιαδήποτε στιγμή.
[θ] Δεν απαιτείται αν το νερό ελέγχεται για εντερικούς ιούς, Giardia και Cryptosporidium.

Πρέπει να σημειωθεί πως τα απαιτούμενα όρια που θέτει ο οργανισμός έχουν ως βασικό στόχο τον περιορισμό σε ικανοποιητικά επίπεδα του κινδύνου μόλυνσης. Είναι πολύ πιθανό τελείως διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας να οδηγούν στην επιθυμητή μικροβιολογική ποιότητα, ανάλογα με την εκτίμηση της επικινδυνότητας που σχετίζεται με την κάθε εφαρμογή. Όσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος τόσο μεγαλύτερη είναι και η απαιτούμενη αξιοπιστία.

Τα παθογόνα σχετίζονται άμεσα με τα στερεά σωματίδια καθώς αυτά έχουν την ιδιότητα να παρέχουν προστασία σε ιούς και βακτηρίδια έναντι των απολυμαντών. Για το λόγο αυτό ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην παράμετρο της θολότητας προκειμένου να εξασφαλίζεται ένα χαμηλό ποσοστό σωματιδίων και συνεπώς μία αποτελεσματική αντιμετώπιση των ιών κατά την απολύμανση. Έτσι, μετά τη διήθηση η θολότητα δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 2 NTU σε συνεχή βάση παρακολούθησης.

Τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης της πολιτείας της Καλιφόρνια, εκτός από τα πρότυπα ποιότητας (όρια παθογόνων μικροοργανισμών και θολότητας) και τις απαιτήσεις επεξεργασίας περιλαμβάνουν και προδιαγραφές για την αξιοπιστία της επεξεργασίας. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν εφεδρικά συστήματα ενέργειας, συστήματα ασφαλείας, πολλαπλές ή εφεδρικές μονάδες επεξεργασίας, αποθήκευση ή διάθεση μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων σε περίπτωση ανάγκης, ελαχιστοποίηση παρακάμψεων στη διαδικασία επεξεργασίας, μηχανισμούς παρακολούθησης, αυτοματοποίηση λειτουργίας και θέματα σχεδιασμού για πιο ευέλικτη λειτουργία. Επίσης, ο κανονισμός της Καλιφόρνιας θέτει ορισμένες απαιτήσεις σχετικά με τις αποστάσεις ασφαλείας:

- Απαγορεύεται η άρδευση με ανακτημένα λύματα που δεν έχουν υποστεί απολύμανση σε απόσταση 50m (150ft) από οποιαδήποτε γεώτρηση πόσιμου νερού.
- Για λύματα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία η απόσταση είναι 30m (100ft).
- Για τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα η απόσταση είναι 15m (50ft).
- Απαγορεύεται η αποθήκευση τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων σε απόσταση μικρότερη από 30m (100ft) από κατοικίες ή μέρη όπου είναι ιδιαίτερα αυξημένος ο κίνδυνος να συμβεί τυχαία έκθεση.

Εικόνα 2.1: Προειδοποιητική πινακίδα

Επιπλέον ο κανονισμός λαμβάνει πρόσθετα μέτρα που αφορούν στον περιορισμό των απορροών από τη χρήση ανακτημένων λυμάτων, στην προστασία των σιντριβανιών προς αποφυγή ανθρώπινης επαφής, τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων (εικόνα 2.1) (πχ. ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΟ ΝΕΡΟ – ΜΗΝ ΠΙΝΕΤΕ), απαγόρευση συνδέσεων για κάνουλες σε συστήματα άρδευσης που χρησιμοποιούν επεξεργασμένα απόβλητα, απαγόρευση απευθείας σύνδεσης συστημάτων ανακτημένου νερού σε συστήματα διανομής πόσιμου νερού, εφαρμογή συστημάτων αποτροπής επιστροφής νερού σε δίκτυα διανομής πόσιμου νερού σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται διπλό σύστημα πόσιμου και ανακτημένου νερού.

Σε γενικές γραμμές θα μπορούσε να ειπωθεί πως ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας υιοθετεί ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια με βασικό στόχο την ελαχιστοποίηση ακόμα και των θεωρητικών κινδύνων και την καλλιέργεια αισθήματος ασφάλειας στον πληθυσμό. Οι περισσότερες επικρίσεις σχετίζονται με το ότι είναι ιδιαίτερα συντηρητικός και δε στηρίζεται σε βάσιμα επιστημονικά δεδομένα και αποτελέσματα επιδημιολογικών ερευνών. Σύμφωνα με σχετική έρευνα (Tanaka *et al.*, 1998) η οποία έκανε χρήση της έννοια του αποδεκτού ρίσκου για την εκτίμηση της ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων, διαπιστώθηκε πως η εφαρμογή τόσο υψηλού επιπέδου επεξεργασίας για την άρδευση καλλιεργειών αλλά και για άλλες εφαρμογές είναι τελείως αδικαιολόγητη και σε πολλές περιπτώσεις συνεπάγεται ένα κόστος ιδιαίτερα απαγορευτικό.

Συγκρίνοντας την οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας και τον κανονισμό της πολιτείας της Καλιφόρνιας εντοπίζονται οι παρακάτω σημαντικές διαφορές:

- Τα κριτήρια του κανονισμού της πολιτείας της Καλιφόρνιας είναι περισσότερο αυστηρά από αυτά που θέτει ο WHO. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί πως σε άλλες πολιτείες ή ακόμα και σε άλλες χώρες έχουν θεσπιστεί ακόμα αυστηρότερα κριτήρια τα οποία απαγορεύουν την άρδευση με ανακτημένα λύματα καλλιεργειών των οποίων οι καρποί καταναλώνονται ωμοί.
- Η πολιτεία της Καλιφόρνιας δίνει ιδιαίτερη έμφαση σε θέματα επαναχρησιμοποίησης αποβλήτων για πότισμα χώρων αναψυχής ή για τεχνητές λίμνες αναψυχής, ενώ ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας επικεντρώνεται κυρίως σε θέματα άρδευσης.
- Τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης της πολιτείας της Καλιφόρνιας δε βασίζονται σε επιδημιολογικές έρευνες ούτε σε ανάλυση επικινδυνότητας μέσω μοντέλων, ενώ η οδηγία του WHO βασίζεται σε διαθέσιμα αποτελέσματα επιδημιολογικών ερευνών που αφορούν τον κίνδυνο για την υγεία που ενέχει η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για άρδευση.

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

Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA) εξέδωσε την πρώτη οδηγία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων το 1980. Η οδηγία αυτή αναθεωρήθηκε το 1992 και πρόσφατα το 2004, προκειμένου να συμπεριλάβει νέες πληροφορίες και περισσότερες λεπτομέρειες για τις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης και τις τεχνολογίες επεξεργασίας (USEPA, 2004).

Η οδηγία της USEPA περιλαμβάνει προτάσεις για τις εφαρμοζόμενες διεργασίες επεξεργασίας, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ανακτημένου νερού, τη συχνότητα παρακολούθησης και τις απαιτούμενες αποστάσεις ασφαλείας. Οι προτεινόμενες οδηγίες αφορούν στις παρακάτω κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης:

1. Αστική χρήση
2. Περιορισμένης πρόσβασης αρδευόμενες περιοχές
3. Αγροτική χρήση-Βρώσιμες καλλιέργειες
    - *Βρώσιμες καλλιέργειες που δεν υφίστανται καμία επεξεργασία*
    - *Βρώσιμες καλλιέργειες που υφίστανται επεξεργασία και επιφανειακή άρδευση οπωροφόρων δέντρων και αμπελώνων.*
4. Αγροτική χρήση-Μη βρώσιμες καλλιέργειες
    - *Βοσκότοποι για ζώα που παράγουν γάλα, ζωοτροφές, καλλιέργειες για σπόρο*
5. Τεχνητές λίμνες αναψυχής (απεριόριστη ανθρώπινη επαφή)
6. Τεχνητές λίμνες (δεν υπάρχει ανθρώπινη επαφή)
7. Κατασκευαστική χρήση

8. Βιομηχανική χρήση
9. Περιβαλλοντική χρήση
10. Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων
    - *Διανομή ή έγχυση σε υπόγειους υδροφορείς που δεν χρησιμοποιούνται για την κάλυψη δημόσιων αναγκών σε νερό*
11. Έμμεση πόσιμη χρήση
    - *Διανομή σε υδροφορείς που φέρουν πόσιμο νερό*
    - *Έγχυση σε υδροφορείς που φέρουν πόσιμο νερό*
    - *Αύξηση των επιφανειακών αποθεμάτων*

Οι οδηγίες αυτές εφαρμόζονται κυρίως για αστικά λύματα ενώ βρίσκουν περιορισμένη εφαρμογή και για τα βιομηχανικά. Αξίζει να σημειωθεί πως οι οδηγίες της USEPA βασίζονται κυρίως σε πληροφορίες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων κυρίως από τις Ηνωμένες Πολιτείες και για το λόγο αυτό απευθύνονται κυρίως σε εγκαταστάσεις επαναχρησιμοποίησης στην Αμερική. Τοπικοί, κοινωνικοί, οικονομικοί, τεχνολογικοί και άλλοι παράγοντες ίσως περιορίζουν την εφαρμογή αυτών των οδηγιών σε άλλες χώρες.

Οι προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας, η ποιότητα του ανακτημένου νερού, η συχνότητα ελέγχου και οι αποστάσεις ασφαλείας βασίζονται:

- στην εμπειρία πάνω σε θέματα επαναχρησιμοποίησης στις Ηνωμένες Πολιτείες και αλλού,
- στην έρευνα, στις πιλοτικές εγκαταστάσεις και στα δεδομένα μελετών,
- σε υλικό από τη βιβλιογραφία,
- σε κανονισμούς ή οδηγίες επαναχρησιμοποίησης σε διάφορες πολιτείες,
- στην επιστήμη των μηχανικών.

Επίσης, η οδηγία λαμβάνει υπόψη τους κινδύνους για την υγεία που ενέχει η χρήση ανεπεξέργαστων ή μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων. Για μη πόσιμες χρήσεις δίνει έμφαση στον έλεγχο των παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ για τις έμμεσες πόσιμες εφαρμογές ελέγχει πρόσθετα και την περιεκτικότητα σε χημικά.

Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών καθορίζει τον απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας αλλά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ανακτημένων λυμάτων για τους παρακάτω λόγους:

- Τα κριτήρια ποιότητας που περιέχουν μόνο ενδεικτικές παραμέτρους δεν μπορούν να χαρακτηρίσουν επαρκώς την ποιότητα του ανακτημένου νερού.
- Ο συνδυασμός επεξεργασίας και απαιτήσεων ποιότητας απαλείφουν την ανάγκη παρακολούθησης ορισμένων συστατικών (πχ. χημικών σημαντικών για την υγεία ή παθογόνων μικροοργανισμών).
- Περιορίζεται η απαίτηση εκτεταμένης, χρονοβόρας και πολλές φορές αμφίβολης παρακολούθησης των παθογόνων μικροοργανισμών, όπως πχ. των ιών.
- Ενισχύεται η αξιοπιστία της διαδικασίας επεξεργασίας.

Για τον έλεγχο της ποιότητας του ανακτημένου νερού δεν είναι καθόλου πρακτικός ο έλεγχος όλων των περιεχόμενων χημικών και των παθογόνων μικροοργανισμών, και γι’ αυτό χρησιμοποιούνται κάποιες ενδεικτικές παράμετροι. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα ολικά και τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια είναι οι πιο κοινοί δείκτες που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης. Τα κολοβακτηρίδια είναι ένας επαρκής δείκτης για τα βακτήρια αλλά ωστόσο δεν είναι ενδεικτικός για την παρουσία παρασίτων και ιών. Η ανάλυση για τα ολικά κολοβακτηρίδια περιλαμβάνει τόσο την περιττωματικά όσο και τα μη περιττωματικά κολοβακτηρίδια, ενώ η ανάλυση για τα περιττωματικά περιλαμβάνει μόνο κολοβακτηρίδια περιττωματικής φύσης. Συνεπώς, τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια είναι καλύτερος δείκτης της περιττωματικής μόλυνσης σε σχέση με τα ολικά, και γι’ αυτό έχει υιοθετηθεί από την οδηγία της USEPA.

Η οδηγία της USEPA συστήνει ένα ελάχιστο επίπεδο απολύμανσης, ανεξάρτητα από το είδος της εφαρμογής, προκειμένου να αποφευχθούν οι δυσμενείς συνέπειες από τυχαία επαφή ή επαφή που μπορεί να προέλθει από ατύχημα ή εσκεμμένα λανθασμένη χρήση. Για μη πόσιμες εφαρμογές συνίστανται δύο επίπεδα απολύμανσης. Τα ανακτημένα λύματα, που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου δεν αναμένεται άμεση επαφή του κοινού ή των εργαζομένων με το νερό, θα πρέπει να απολυμαίνονται σε τέτοιο βαθμό ώστε η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων να μην υπερβαίνει τα 200/100ml. Ο περιορισμός αυτός βασίζεται στο γεγονός ότι:

- Τα περισσότερα βακτήρια θα καταστραφούν ή τουλάχιστον θα μειωθούν σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα.
- Η συγκέντρωση των βιώσιμων ιών θα μειωθεί σε κάποιο βαθμό.
- Η απολύμανση που οδηγεί σε αυτή τη συγκέντρωση κολοβακτηριδίων μπορεί να επιτευχθεί με πολύ μικρό κόστος.
- Η απολύμανση που οδηγεί σε ακόμα χαμηλότερη συγκέντρωση κολοβακτηριδίων δεν έχει αποδειχτεί να είναι πιο ευνοϊκή για την δημόσια υγεία.

Για τις εφαρμογές εκείνες που αναμένεται άμεση ή έμμεση ανθρώπινη επαφή με το επαναχρησιμοποιούμενο νερό και για τα διπλά δίκτυα διανομής νερού όπου μπορεί να συμβεί λανθασμένη σύνδεση στο σύστημα πόσιμου νερού, συνίσταται απολύμανση που δίνει ανακτημένο νερό με μη ανιχνεύσιμα περιττωματικά κολοβακτηρίδια στα 100ml. Αυτό το αυστηρότερο επίπεδο απολύμανσης συνίσταται να εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τριτοβάθμια επεξεργασία και πρόσθετα ποιοτικά όρια για το νερό, όπως πχ. θολότητα πριν την απολύμανση μικρότερη ή ίση με 2 NTU. Αυτός ο συνδυασμός επεξεργασίας και ποιοτικών ορίων έχει αποδειχτεί πως παράγει ανακτημένο νερό το οποίο είναι απαλλαγμένο από μετρήσιμα επίπεδα βακτηρίων και ιών.

Για χρήσεις που προορίζονται για έμμεση πόσιμη χρήση, όπου το ανακτημένο νερό αναμιγνύεται με το κανονικό προκειμένου να αυξηθεί η συνολική διαθέσιμη ποσότητα νερού για πόση, συνίσταται απολύμανση που οδηγεί σε λύματα με μη ανιχνεύσιμες ποσότητες ολικών κολοβακτηριδίων ανά 100ml. Η ποσότητα των ολικών κολοβακτηριδίων, στη θέση των περιττωματικών, θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τους κανονισμούς (Safe Drinking Water Act National Primary Drinking Water Regulations,SDWA NPDWR) που καθορίζουν τα όρια για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Οι οδηγίες της USEPA δεν περιλαμβάνουν όρια για παράσιτα ή ιούς. Με την επεξεργασία και τα ποιοτικά όρια που συστήνει η οδηγία, τα παράσιτα δεν έχουν αποδειχτεί να είναι πρόβλημα. Για τους ιούς δεν προδιαγράφονται όρια για τους παρακάτω λόγους:

- Υπάρχει σημαντικός όγκος πληροφοριών που υποδεικνύει ότι οι ιοί μειώνονται ή αδρανοποιούνται σε χαμηλά ή μη μετρήσιμα επίπεδα μέσω κατάλληλης επεξεργασίας, που περιλαμβάνει διήθηση και απολύμανση.
- Η ανίχνευση των ιών παρεμποδίζεται από την πολυπλοκότητα και το υψηλό κόστος των εργαστηριακών μετρήσεων, καθώς επίσης και από τον περιορισμένο αριθμό εγκαταστάσεων που φέρουν το κατάλληλο προσωπικό και τον απαιτούμενο εξοπλισμό για τη διεξαγωγή των αναλύσεων.
- Η εργαστηριακή ανάλυση για την ανίχνευση των ιών σε ένα δείγμα ανακτημένου νερού διαρκεί 14 ημέρες, ενώ το ίδιο ακριβώς διάστημα απαιτείται για την ταυτοποίησή τους (συνολικά 4 εβδομάδες).
- Παρόλο που η τεχνολογία γύρω από το DNA παρέχει νέα εργαλεία για την ανίχνευση ιών στο νερό, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα δεν είναι σε θέση να ποσοτικοποιήσουν τους ιούς ή να διακρίνουν τους μολυσματικούς από τους μη μολυσματικούς ιούς.
- Δεν υπάρχει ομοφωνία μεταξύ των ειδικών σχετικά με τη σημασία που μπορεί να έχουν στη δημόσια υγεία κατώτερα επίπεδα ιών στα ανακτημένα λύματα.
- Στις Ηνωμένες Πολιτείες δεν έχουν καταγραφεί ιώσεις που να οφείλονται στην επαναχρησιμοποίηση λυμάτων.

Η απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων σχετίζεται άμεσα με τους ιούς. Πολλά παθογόνα έχουν την ιδιότητα να προστατεύουν τους ιούς και τα βακτήρια από απολυμαντές όπως είναι η χλωρίνη και η ακτινοβολία UV. Επίσης η οργανική ύλη καταναλώνει μέρος της χλωρίνης, μειώνοντας έτσι την ποσότητα του απολυμαντή που είναι διαθέσιμη για την απολύμανση. Προκειμένου λοιπόν ναν εξασφαλιστεί η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών κατά τη διάρκεια της απολύμανσης, θα πρέπει η θολότητα να μην υπερβαίνει τα 2 NTU (ή τα 5mg/l TSS) πριν από την απολύμανση. Η συνεχής μέτρηση της θολότητας είναι σίγουρα πιο ενδεικτική της δράσης της επεξεργασίας από την καθημερινή μέτρηση των αιωρούμενων στερεών (η καθημερινή μέτρηση δείχνει μόνο μία μέση τιμή).

Όσον αφορά στην οργανική ύλη, η απομάκρυνσή της σχετίζεται με τις επιμέρους κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης. Η οργανική ύλη είναι αντιαισθητική (μπορεί να είναι δύσοσμη ή να έχει προσδίδει περίεργο χρώμα στο νερό), αποτελεί τροφή για τους μικροοργανισμούς, επιδρά αρνητικά στη διεργασία της απολύμανσης και καταναλώνει οξυγόνο. Το συνιστώμενο όριο για το BOD σκοπεύει στο να υποδεικνύει ότι η οργανική ύλη έχει σταθεροποιηθεί σε μία τιμή και έχει μειωθεί στα κατάλληλα επίπεδα ανάλογα με την αναμενόμενη χρήση. Τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) είναι μέτρο της οργανικής και ανόργανης ύλης που περιέχεται στα ανακτημένα λύματα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία. Γενικά τα συνιστώμενα όρια για το BOD και τα TSS επιτυγχάνονται σχετικά εύκολα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων που λειτουργούν ορθά.

Τα προτεινόμενα όρια για τις αποστάσεις ασφαλείας είναι κάτι τελείως υποκειμενικό. Στόχο έχουν την προστασία την προστασία των υδατικών πόρων που προορίζονται για πόση και σε κάποιες περιπτώσεις την παροχή προστασίας έναντι της ανθρώπινης έκθεσης στα ανακτημένα λύματα. Οι έρευνες αποδεικνύουν ότι ο κίνδυνος για την υγεία από τον καταιονισμό με ανακτημένο νερό είναι ιδιαίτερα χαμηλός, και για το λόγο αυτό μία γενική πρακτική είναι ο περιορισμός της έκθεσης (μέσω κατάλληλου σχεδιασμού ή λειτουργικού ελέγχου) σε νερό που δεν έχει απολυμανθεί επαρκώς και χρησιμοποιείται για καταιονισμό.

Ασχεδίαστη ή απρόσεκτη έμμεση πόσιμη χρήση λαμβάνει χώρα σε αρκετές πολιτείες στην Αμερική, ενώ η εκούσια έμμεση πόσιμη χρήση (μέσω εμπλουτισμού των επιφανειακών και των υπόγειων υδροφορέων) δεν είναι ευρέως αποδεκτή πρακτική. Ενώ οι απαιτήσεις ποιότητας για τις μη πόσιμες χρήσεις είναι ‘βολικές’ και δεν αναμένεται να μεταβληθούν σημαντικά στο μέλλον, το πλήθος των συστατικών που πρέπει να ελέγχονται στο πόσιμο νερό (και άρα και στο ανακτημένο νερό που προορίζεται για πόσιμη χρήση) θα αυξηθεί και τα κριτήρια ποιότητας θα γίνουν πιο αυστηρά. Συνεπώς, δε θα ήταν ορθολογικό να προταθεί μία λίστα που να περιλαμβάνει όρια ποιότητας για όλες τις εμπλεκόμενες παραμέτρους. Η οδηγία της USEPA παρέχει κάποιες γενικές πληροφορίες για να υποδείξει την εκτεταμένη επεξεργασία, την ποιότητα των ανακτημένων λυμάτων και άλλες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται σε περιπτώσεις έμμεσης πόσιμης χρήσης.

Ο πίνακας 2.7 που ακολουθεί περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες επεξεργασίας, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ανακτημένου νερού, τους απαιτούμενους ελέγχους και τις αποστάσεις ασφαλείας που προτείνει η USEPA στα πλαίσια της επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων.

Πίνακας 2.7: Οδηγία της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA) για την επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων [1]

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	Ποιότητα ανακτημένου νερού [2]	Έλεγχος ανακτημένου νερού	Αποστάσεις ασφαλείας [3]
Αστική χρήση Άρδευση διαμορφωμένων εξωτερικών χώρων (πχ. γήπεδα γκολφ, πάρκα, νεκροταφεία),πλύσιμο αυτοκινήτων, καθαρισμός τουαλετών, πυροπροστασία, κλιματισμός και άλλες εφαρμογές με παρόμοια πρόσβαση ή έκθεση στο νερό	• Δευτεροβάθμια [4] • Διήθηση [5] • Απολύμανση [6]	• pH=6-9 • ≤ 10mg/l BOD [7] • ≤ 2 NTU [8] • ND FC/100ml [9,10] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11] • [12]	• pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδια -ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 15m (50ft) από πηγάδια πόσιμου νερού
Περιορισμένης πρόσβασης αρδευόμενες περιοχές Χλοοτάπητες, δασολογικές εκτάσεις, και άλλες περιοχές στις οποίες η πρόσβαση κοινού απαγορεύεται, είναι περιορισμένη ή σπάνια	• Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6]	• pH=6-9 • ≤ 30mg/l BOD 7 • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml [9,13,14] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11]	• pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια -ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 90m (300ft) από πηγάδια πόσιμου νερού • 30m (100ft) από περιοχές προσιτές από το κοινό (για άρδευση με ψεκασμό)

(συνέχεια πίνακα 2.7)

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	Ποιότητα ανακτημένου νερού [2]	Έλεγχος ανακτημένου νερού	Αποστάσεις ασφαλείας [3]
Αγροτική χρήση-Βρώσιμες καλλιέργειες που δεν υφίστανται καμία επεξεργασία Επιφανειακή άρδευση ή άρδευση με καταιονισμό κάθε βρώσιμης καλλιέργειας συμπεριλαμβανομένων και των καλλιεργειών που καταναλώνονται ωμές	• Δευτεροβάθμια [4] • Διήθηση [5] • Απολύμανση [6]	• pH=6-9 • ≤ 10mg/l BOD [7] • ≤ 2 NTU [8] • ND FC/100ml [9,10] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11] • [12]	• pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 15m (50ft) από πηγάδια πόσιμου νερού
Αγροτική χρήση-Βρώσιμες καλλιέργειες που καταναλώνονται έπειτα από επεξεργασία [15] Επιφανειακή άρδευση οπωροφόρων δέντρων και αμπελώνων	• Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6]	• pH=6-9 • ≤ 30mg/l BOD 7 • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml [9,13,14] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11]	• pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 90m (300ft) από πηγάδια πόσιμου νερού • 30m (100ft) από περιοχές προσιτές από το κοινό (για άρδευση με ψεκασμό)
Αγροτική χρήση-Μη βρώσιμες καλλιέργειες Βοσκότοποι για ζώα που παράγουν γάλα, ζωοτροφές, καλλιέργειες για σπόρο	• Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6]	• pH=6-9 • ≤ 30mg/l BOD 7 • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml [9,13,14] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11]	• pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 90m (300ft) από πηγάδια πόσιμου νερού • 30m (100ft) από περιοχές προσιτές από το κοινό (για άρδευση με ψεκασμό)
Τεχνητές λίμνες αναψυχής Επιτρέπεται η τυχαία (πχ. ψάρεμα και βαρκάδα) και η εξολοκλήρου σωματική επαφή με το ανακτημένο νερό.	• Δευτεροβάθμια [4] • Διήθηση [5] • Απολύμανση [6]	• pH=6-9 • ≤ 10mg/l BOD [7] • ≤ 2 NTU [8] • ND FC/100ml [9,10] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11] • [12]	• pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 150m (500ft) από πηγάδια πόσιμου νερού (τουλάχιστον) αν η βάση δεν είναι κλεισμένη

(συνέχεια πίνακα 2.7)

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	Ποιότητα ανακτημένου νερού [2]	Έλεγχος ανακτημένου νερού	Αποστάσεις ασφαλείας [3]
Τεχνητές λίμνες Λίμνες στις οποίες δεν επιτρέπεται η ανθρώπινη επαφή με το ανακτημένο νερό	• Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6]	• ≤ 30mg/l BOD [7] • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml [9,13,14] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11]	• pH-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 150m (500ft) από πηγάδια πόσιμου νερού (τουλάχιστον) αν η βάση δεν είναι κλεισμένη
Κατασκευαστική χρήση Συμπίεση εδάφους, έλεγχος σκόνης, κατασκευή σκυροδέματος, πλύσιμο αδρανών υλικών	• Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6]	• ≤ 30mg/l BOD [7] • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml [9,13,14] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11]	• pH-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	
Βιομηχανική χρήση Απευθείας ψύξη	• Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6]	• pH=6-9 • ≤ 30mg/l BOD [7] • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml [9,13,14] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11]	• pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 90m (300ft) από περιοχές προσιτές στο κοινό
Ψύξη μέσω πύργων επανακυκλοφορίας	Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6] • (ίσως χρειαστεί κροκίδωση και διήθηση [5])	• Μεταβλητές που εξαρτώνται από το ρυθμό επανακυκλοφορίας • pH=6-9 • ≤ 30mg/l BOD [7] • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml [9,13,14] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11]	• pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	• 90m (300ft) από περιοχές προσιτές στο κοινό (η απόσταση μπορεί να μειωθεί εάν υπάρχει υψηλός βαθμός απολύμανσης)

(συνέχεια πίνακα 2.7)

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	Ποιότητα ανακτημένου νερού [2]	Έλεγχος ανακτημένου νερού	Αποστάσεις ασφαλείας [3]
Περιβαλλοντική χρήση Υδροβιότοποι, βάλτοι, φυσικό περιβάλλον άγριων ζώων, αύξηση ροής ρεμάτων	• Ποικίλει • Δευτεροβάθμια [4] και απολύμανση [6] (τουλάχιστον)	Ποικίλει αλλά δεν πρέπει να υπερβαίνει τα : • ≤ 30mg/l BOD [7] • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml [9,13,14]	• BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής	
Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων Διανομή ή έγχυση σε υπόγειους υδροφορείς που δεν χρησιμοποιούνται για την κάλυψη δημόσιων αναγκών σε νερό	• Ανάλογη με την επεξεργασία και την αναμενόμενη χρήση • Πρωτοβάθμια (τουλάχιστον) για διανομή • Δευτεροβάθμια [4] (τουλάχιστον) για έγχυση	• Ανάλογη με την επεξεργασία και την αναμενόμενη χρήση	• Εξαρτάται από την επεξεργασία και την αναμενόμενη χρήση	• Ανάλογες με την τοποθεσία
Έμμεση πόσιμη χρήση Διανομή σε υδροφορείς που φέρουν πόσιμο νερό	• Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6] • Ίσως απαιτείται διήθηση [5] και/ή προηγμένη επεξεργασία [16]	• Δευτεροβάθμια [4] • Απολύμανση [6] • Έπειτα από διήθηση θα πρέπει να ικανοποιούνται τα κριτήρια για το πόσιμο νερό • [12]	Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα: • pH- ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής • Κριτήρια για πόσιμο νερό-κάθε τρίμηνο • Άλλα [17]-ανάλογα με τη σύσταση • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής	• 150m (500ft) από πηγάδια άντλησης. Ίσως διαφοροποιείται ανάλογα με την επεξεργασία και τις ειδικές συνθήκες σε κάθε περιοχή.

(συνέχεια πίνακα 2.7)

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	Ποιότητα ανακτημένου νερού [2]	Έλεγχος ανακτημένου νερού	Αποστάσεις ασφαλείας [3]
Έμμεση πόσιμη χρήση Έγχυση σε υδροφορείς που φέρουν πόσιμο νερό	• Δευτεροβάθμια [4] • Διήθηση [5] • Απολύμανση [6] • Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας [16]	Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα: • pH=6,5-9 • ≤ 2 NTU [8] • ND FC/100ml [9,10] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11] • ≤ 3mg/l TOC • ≤ 0,2mg/l TOX • Ικανοποίηση κριτηρίων πόσιμου νερού [12]	Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα: • pH- ημερήσια • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδια -ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής • Κριτήρια για πόσιμο νερό-κάθε τρίμηνο • Άλλα [17]- ανάλογα με τη σύσταση	• 600m (2000ft) από πηγάδια άντλησης. Ίσως διαφοροποιείται ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες σε κάθε περιοχή.
Έμμεση πόσιμη χρήση Αύξηση επιφανειακών αποθεμάτων	• Δευτεροβάθμια [4] • Διήθηση [5] • Απολύμανση [6] • Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας [16]	Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα: • pH=6,5-9 • ≤ 2 NTU [8] • ND FC/100ml [9,10] • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) [11] • ≤ 3mg/l TOC • Ικανοποίηση κριτηρίων πόσιμου νερού [12]	Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα: • pH- ημερήσια • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδια -ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής • Κριτήρια για πόσιμο νερό-κάθε τρίμηνο • Άλλα [17]-ανάλογα με τη σύσταση	• Διαφοροποιούνται ανάλογα με τις συνθήκες σε κάθε περιοχή

1. Οι οδηγίες αυτές βασίζονται σε εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες, και απευθύνονται κυρίως στις πολιτείες εκείνες που δεν έχουν αναπτύξει ακόμα τις δικές τους οδηγίες ή κανονισμούς. Αν και οι οδηγίες αυτές είναι πιθανό να είναι χρήσιμες και σε αλλού (πέρα από τις Ηνωμένες Πολιτείες), οι επικρατούσες τοπικές συνθήκες που επικρατούν σε κάποιες χώρες είναι πιθανό να περιορίσουν την εφαρμογή τους. Πρέπει να τονιστεί πως οι προτεινόμενες οδηγίες δε θα χρησιμοποιηθούν από την USAID (United States Agency for International Development) ως αυστηρά κριτήρια για την χρηματοδότηση σχετικών έργων.
2. Τα προτεινόμενα όρια ποιότητας αναφέρονται στα χαρακτηριστικά των λυμάτων που εξέρχονται από την εγκατάσταση (εκτός και αν επισημαίνεται κάτι διαφορετικό).
3. Οι απαιτούμενες αποστάσεις ασφαλείας στόχο έχουν την προστασία των υδατικών πόρων που προορίζονται για πόση καθώς και την παροχή προστασίας στην ανθρώπινη υγεία έναντι έκθεσης στα ανακτημένα λύματα.
4. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνει συστήματα ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα, περιστρεφόμενους δίσκους και ίσως λίμνες σταθεροποίησης. Η δευτεροβάθμια πρέπει να δίνει εκροή με τιμές BOD και TSS που δεν υπερβαίνουν τα 30mg/l.
5. Η διήθηση είναι η διέλευση των λυμάτων μέσω φυσικών αδιατάρακτων εδαφών ή μέσω φίλτρων όπως είναι η άμμος και/ή ο ανθρακίτης, τα φίλτρα υφάσματος, ή η διέλευση των αποβλήτων από μικρόφιλτρα ή άλλες διεργασίες μεμβρανών.
6. Η απολύμανση είναι η καταστροφή, η αδρανοποίηση ή η απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών με χημικά, φυσικά ή βιολογικά μέσα. Η απολύμανση μπορεί να πραγματοποιηθεί με χλωρίωση, UV ακτινοβολία, όζον ή άλλους χημικούς απολυμαντές, διεργασίες μεμβρανών ή άλλες διεργασίες. Η χρήση του χλωρίου για τον καθορισμό του

επιπέδου απολύμανσης δεν αποκλείει την εφαρμογή άλλων απολυμαντικών διεργασιών ως μέσα για την απολύμανση του ανακτημένου νερού.

7. Είναι το BOD των 5 ημερών (BOD_5).
8. Το συνιστώμενο όριο για τη θολότητα θα πρέπει να ικανοποιείται πριν από την απολύμανση. Η μέση θολότητα αναφέρεται σε μία 24ωρη περίοδο. Γενικά η θολότητα δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5 NTU οποιαδήποτε στιγμή. Σε περιπτώσεις που στη θέση της θολότητας χρησιμοποιείται ως παράμετρος τα TSS, αυτά δε θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 5mg/l.
9. Τα συνιστώμενα όρια για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια αναφέρονται στη μέση τιμή των βακτηριολογικών αποτελεσμάτων των πιο πρόσφατων 7 ημερών κατά τις οποίες έχουν γίνει αναλύσεις.
10. Ο αριθμός των περιττωματικών κολοβακτηριδίων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 14 στα 100 ml σε οποιοδήποτε δείγμα.
11. Το όριο για το υπολειμματικό χλώριο θα πρέπει να ικανοποιείται έπειτα από τουλάχιστον 30 λεπτά επαφής.
12. Στο ανακτημένο νερό δεν πρέπει να υπάρχουν μετρήσιμα επίπεδα βιώσιμων παθογόνων. Συστήνεται να χαρακτηρίζεται πλήρως η μικροβιολογική ποιότητα του ανακτημένου νερού πριν την εφαρμογή του προγράμματος επαναχρησιμοποίησης.
13. Ο αριθμός των περιττωματικών κολοβακτηριδίων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 800 στα 100 ml σε οποιοδήποτε δείγμα.
14. Ορισμένα συστήματα λιμνών σταθεροποίησης δύνανται να ικανοποιούν αυτόν τον περιορισμό χωρίς γίνει απολύμανση.
15. Οι βρώσιμες καλλιέργειες που υφίστανται επεξεργασία είναι αυτές που πριν από την πώλησή τους στο κοινό υφίστανται χημική ή φυσική επεξεργασία επαρκή για να καταστρέψει τα παθογόνα.
16. Οι προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας περιλαμβάνουν χημική διαύγαση, προσρόφηση σε άνθρακα, αντίστροφη όσμωση και άλλες διεργασίες μεμβρανών, απογύμνωση με αέρα, υπερδιήθηση και ιοντοεναλλαγή.
17. Ο έλεγχος θα πρέπει να περιλαμβάνει ανόργανα και οργανικά συστατικά ή άλλα συστατικά που θεωρούνται ότι είναι τοξικά, προκαλούν καρκινογένεση, τερατογένεση ή μεταλλάξεις και δεν περιλαμβάνονται στα κριτήρια για το πόσιμο νερό.

2.2.4 Προτάσεις του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών

Το 1997 ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών εξέδωσε ένα σύγγραμμα σχετικό με θέματα επαναχρησιμοποίησης αστικών λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς (FAO, 1997) επιχειρώντας να κάνει μία ανασκόπηση των υπαρχόντων κριτηρίων ποιότητας. Ο FAO αξιολογεί την οδηγία του WHO και επισημαίνει πως παρόλο που δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα επιδημιολογικών στοιχείων, η οδηγία αυτή είναι σε θέση να βελτιώσει την υπάρχουσα κατάσταση και να αντιμετωπίσει τους κινδύνους της δημόσιας υγείας σε πολλές χώρες της παγκόσμιας κοινότητας. Η χρήση ανεπεξέργαστων ή μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων είναι πολύ συχνό φαινόμενο κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, με αποτέλεσμα τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων για άρδευση λυμάτων να είναι υπερβαίνουν σημαντικά τα όρια που θέτει ο WHO. Έτσι λοιπόν, σύμφωνα με τη θέση που διατύπωσε ο FAO το 1992, η προσωρινή υιοθέτηση των κριτηρίων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας θα είναι ευνοϊκή και οικονομικοτεχνικά εφικτή για πολλές χώρες του κόσμου (FAO, 1992).

Ο FAO εξέδωσε το 1976 μία σειρά συστάσεων για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση, η οποία αναθεωρήθηκε το 1985 προκειμένου να συμπεριλάβει νέα δεδομένα για την εκτίμηση της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού. Το νερό αυτό κατατάσσεται σε διάφορες κατηγορίες προκειμένου να διευκολύνει τους ενδιαφερόμενους να αναγνωρίζουν τα προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν από τη χρήση του. Οι Ayers και Westcot κατέταξαν το νερό σε τέσσερεις βασικές κατηγορίες βάσει:

1. *της αλατότητας*

Τα άλατα στο έδαφος ή στο νερό μειώνουν την ποσότητα του νερού που είναι διαθέσιμη στις καλλιέργειες σε βαθμό που να επηρεάζεται η απόδοση.

2. *της διαπερατότητας*

Σχετικά υψηλά επίπεδα νατρίου ή χαμηλά επίπεδα ασβεστίου στο έδαφος ή στο νερό μειώνει τον ρυθμό με τον οποίο το νερό διαπερνά το έδαφος σε τέτοιο βαθμό που το νερό δεν μπορεί να διηθηθεί επαρκώς στο έδαφος και να τροφοδοτεί τις καλλιέργειες μέχρι την επόμενη άρδευση.

3. *της τοξικότητας*

Ορισμένα ιόντα που βρίσκονται στο έδαφος ή στο νερό (πχ. ιόντα νατρίου, χλωρίου ή βορίου) συσσωρεύονται σε ευπαθείς καλλιέργειες σε συγκεντρώσεις τέτοιες που δύνανται να τις καταστρέψουν και να μειώσουν την παραγωγή.

4. *και άλλων κινδύνων*

Υπερβολική ποσότητα θρεπτικών συστατικών μειώνουν την παραγωγή και την ποιότητα των καλλιεργειών. Εναποθέσεις σε φρούτα ή φυλλώματα οδηγούν σε μείωση της αγοραστικής αξίας. Η διάβρωση του εξοπλισμού αυξάνει τις ανάγκες συντήρησης και επιδιόρθωσης.

Σε αυτή την κατηγοριοποίηση βασίζονται οι οδηγίες για την εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.8. Οι οδηγίες αυτές είναι κατάλληλες για τον αποτίμηση των ανακτημένων λυμάτων σε σχέση με τα χημικά τους συστατικά, όπως είναι τα διαλυμένα άλατα, την περιεκτικότητά τους σε νάτριο και τα τοξικά ιόντα (FAO, 1985).

Τα αστικά απόβλητα είναι πιθανό να περιέχουν τοξικά στοιχεία και βαρέα μέταλλα, καθώς πολλές φορές τα απόβλητα από μικρές βιομηχανικές μονάδες διοχετεύονται άμεσα στο δίκτυο αποχέτευσης. Αυτά τα τοξικά στοιχεία βρίσκονται σε αρκετά μικρές ποσότητες και για το λόγο αυτό καλούνται ιχνοστοιχεία. Κάποια απομακρύνονται κατά την επεξεργασία ενώ μερικά ενδέχεται να παραμένουν στα λύματα και να προκαλούν σημαντικά προβλήματα τοξικότητας στα φυτά. Για το λόγο αυτό, τα αστικά λύματα θα πρέπει να ελέγχονται ως προς την περιεκτικότητά τους σε επικίνδυνες τοξικές ουσίες. Ο FAO υιοθετώντας θέσεις της Υπηρεσίας Προστασία Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (US EPA), προτείνει ανώτατα όρια για μια σειρά από ιχνοστοιχεία (πίνακας 2.9).

Πίνακας 2.8: Οδηγίες για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση (FAO, 1985)

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμού κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	**Μικρός-Μέτριος**	**Σημαντικός**
ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ				
Ec_w [1] ή	dS/m	< 0,7	0,7-3,0	> 3
TDS	mg/l	< 450	450-2000	> 2000
ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ				
SAR [2] =0-3 και Ec_w		> 0,7	0,7-0,2	< 0,2
3-6		> 1,2	1,2-0,3	< 0,3
6-12		> 1,9	1,9-0,5	< 0,5
12-20		> 2,9	2,9-1,3	< 1,3
20-40		> 5,0	5,0-2,9	< 2,9
ΕΙΔΙΚΗ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΙΟΝΤΩΝ				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση	SAR	< 3	3-9	> 9
Καταιονισμός	meq/l	< 3	> 3	
Χλωριόντα (Cl)				
Επιφανειακή άρδευση	meq/l	< 4	4-10	> 10
Καταιονισμός	meq/l	< 3	> 3	

(συνέχεια πίνακα 2.8)

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμού κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	**Μικρός-Μέτριος**	**Σημαντικός**
Ιχνοστοιχεία (πίνακας 2.9)				
ΑΛΛΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ				
Άζωτο (NO_3-N) [3]	mg/l	< 5	5-30	> 30
HCO_3	meq/l	< 1,5	1,5-8,5	> 8,5
pH			Τυπικές τιμές 6,5-8	

1) Ec_w – ηλεκτρική αγωγιμότητα σε deciSiemens ανά μέτρο στους 25^oC
2) SAR – βαθμός απορρόφησης νατρίου
3) NO_3-N – νιτρικό άζωτο σε όρους αζώτου

Πίνακας 2.9: Όρια ιχνοστοιχείων για την παραγωγή αγροτικών καλλιεργειών (US EPA, 1992, FAO,1992)

	Στοιχείο	Μέγιστη προτεινόμενη συγκέντρωση (mg/l)		Παρατηρήσεις
		Μακροπρόθεσμη χρήση	Βραχυπρόθεσμη χρήση	
Al	(αλουμίνιο)	5,0	20	Μπορεί να αναστείλει την παραγωγή σε όξινα εδάφη (pH<5,5), αλλά σε πιο αλκαλικά με pH >7,0 το ιόν κατακρημνίζεται και εξαλείφεται κάθε τοξικότητα.
As	(αρσενικό)	0,10	2,0	Η τοξικότητα στα φυτά ποικίλει σημαντικά, κυμαίνοντας από 12 mg/l για γρασίδι τύπου Sudan σε λιγότερο από 0,05mg/l για ρύζι.
Be	(βηρύλλιο)	0,10	0,5	Η τοξικότητα στα φυτά ποικίλει σημαντικά, κυμαίνοντας από 5 mg/l για το λάχανο σε 0,5mg/l για τα φασόλια.
Cd	(κάδμιο)	0,01	0,05	Είναι τοξικό για τα φασόλια, τα παντζάρια και τα ραπανάκια σε συγκεντρώσεις χαμηλές ως και 0,1mg/l. Συνιστώνται συντηρητικά όρια λόγω της δυνατότητας συσσώρευσης σε φυτά και έδαφος σε συγκεντρώσεις που μπορεί να είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο.

(συνέχεια πίνακα 2.9)

	Στοιχείο	Μέγιστη προτεινόμενη συγκέντρωση (mg/l)		Παρατηρήσεις
		Μακροπρόθεσμη χρήση	Βραχυπρόθεσμη χρήση	
Co	(κοβάλτιο)	0,05	5,0	Τοξικό για τις ντοματιές σε συγκεντρώσεις 0,1mg/l. Τείνει να είναι ανενεργό σε ουδέτερα και αλκαλικά εδάφη.
Cr	(χρώμιο)	0,10	1,0	Γενικά δεν θεωρείται απαραίτητο στοιχείο ανάπτυξης. Συντηρητικά όρια συνίστανται λόγω έλλειψης γνώσης σχετικά με την τοξικότητά του στα φυτά.
Cu	(χαλκός)	0,20	5,0	Τοξικό σε αρκετά φυτά σε συγκεντρώσεις από 0,1mg/l ως 1,0mg/l.
F	(φθόριο)	1,0	15,0	Καθίσταται ανενεργό σε ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη.
Fe	(σίδηρος)	5,0	20,0	Μη τοξικό στα φυτά σε αεριζόμενα εδάφη, αλλά μπορεί να συνεισφέρει στην όξυνση εδαφών και στην απώλεια διαθεσιμότητας φωσφόρου και μολυβδαινίου. Ο ψεκασμός μπορεί να οδηγήσει σε αντιαισθητικές αποθέσεις στα φυτά, στον εξοπλισμό και στα κτίρια.
Li	(λίθιο)	2,5	2,5	Είναι ανεκτό από τα περισσότερα φυτά σε συγκεντρώσεις μέχρι και 5mg/l. Είναι κινητό στο έδαφος. Είναι τοξικό για τα εσπεριδοειδή σε μικρές συγκεντρώσεις (<0,075mg/l). Δρα παρόμοια με το Βόριο.
Mn	(μαγγάνιο)	0,20	10,0	Τοξικό σε αρκετές καλλιέργειες σε συγκεντ. από μερικά δέκατα ως μερικά mg/l, συνήθως μόνο σε όξινα εδάφη.
Mo	(μολυβδαίνιο)	0,01	0,05	Μη τοξικό στα φυτά σε φυσιολογικές συγκεντρώσεις στο έδαφος και στο νερό. Μπορεί να είναι τοξικό στα ζώα αν οι ζωοτροφές έχουν καλλιεργηθεί σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις διαθέσιμου μολυβδαινίου.

(συνέχεια πίνακα 2.9)

	Στοιχείο	Μέγιστη προτεινόμενη συγκέντρωση (mg/l)		Παρατηρήσεις
		Μακροπρόθεσμη χρήση	Βραχυπρόθεσμη χρήση	
Ni	(νικέλιο)	0,20	2,0	Τοξικό σε αρκετά φυτά σε συγκεντρώσεις από 0,5mg/l ως 1,0mg/l. Μειωμένη τοξικότητα σε ουδέτερα ή αλκαλικά pH.
Pb	(μόλυβδος)	5,0	10,0	Μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη των φυτών σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις.
Se	(σελήνιο)	0,02	0,02	Τοξικό στα φυτά σε συγκεντρώσεις χαμηλές ως και 0,025mg/l και τοξικό στα ζώα αν οι ζωοτροφές έχουν καλλιεργηθεί σε εδάφη με σχετικά υψηλά επίπεδα προστιθέμενου σεληνίου. Είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των ζώων αλλά σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.
Sn Ti W	(κασσίτερος) (τιτάνιο) (βολφράμιο)	-	-	Εμποδίζεται ικανοποιητικά η είσοδός τους στα φυτά. Ειδική ανθεκτικότητα άγνωστη.
V	(βανάδιο)	0,1	1,0	Τοξικό σε αρκετά φυτά σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις.
Zn	(ψευδάργυρος)	2,0	10,0	Τοξικό σε αρκετά φυτά σε αρκετά φυτά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται σημαντικά. Μειωμένη τοξικότητα σε pH>6,0 και σε εδάφη οργανικά ή με λεπτή δομή.

1. Η μέγιστη συγκέντρωση βασίζεται σε ένα ρυθμό εφαρμογής νερού ο οποίος είναι σύμφωνος με ορθολογικές πρακτικές άρδευσης (10000 m^3 ανά εκτάριο ανά χρόνο). Αν ο ρυθμός εφαρμογής του νερού υπερβαίνει πολύ αυτή την τιμή, οι μέγιστες συγκεντρώσεις θα πρέπει να προσαρμοστούν προς τα κάτω ανάλογα. Δεν γίνεται καμία προσαρμογή για ρυθμού εφαρμογής μικρότερους από 10000 m^3 ανά εκτάριο ανά χρόνο. Οι δοσμένες τιμές είναι για νερό που χρησιμοποιείται σε συνεχή βάση σε μια θέση.

2.2.5 Κανονισμοί και οδηγίες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει ένας ενιαίος κανονισμός που να διέπει τις εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ωστόσο, διάφορες πολιτείες έχουν αναπτύξει ξεχωριστούς κανονισμούς και οδηγίες επαναχρησιμοποίησης. Από το Νοέμβριου του 2002, 25 πολιτείες υιοθέτησαν κανονισμούς σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση ανακτημένων λυμάτων, 16 έχουν οδηγίες ή σχεδιαστικά κριτήρια και 9 δεν έχουν ούτε κανονισμούς ούτε οδηγίες.

Οι κανονισμοί και οι οδηγίες ποικίλουν από πολιτεία σε πολιτεία. Πολιτείες όπως η Αριζόνα, η Καλιφόρνια, το Κολοράντο, η Φλόριντα, η Γεωργία, η Χαβάη, η Μασαχουσέτη, η Νεβάδα, το Νιου Τζέρσεϊ, το Νιου Μέξικο, η Βόρεια Καρολίνα, το Οχάιο, το Όρεγκον, το Τέξας, η Γιούτα, η Ουάσινγκτον και το Γουαϊόμινγκ έχουν αναπτύξει κανονισμούς ή οδηγίες για τη χρήση ανακτημένων λυμάτων. Οι κανονισμοί αυτοί αφορούν διάφορες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης και περιλαμβάνουν ποιοτικά όρια για τα ανακτημένα λύματα και μεθόδους επεξεργασίας αυτών. Μέσα από την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, κάποιες από τις πολιτείες έχουν σαν στόχο την ενίσχυση των υδατικών τους πόρων με την ταυτόχρονη προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος ενώ κάποιες άλλες πολιτείες έχουν πρωταρχικό σκοπό την διάθεση των αποβλήτων σε επιφανειακούς υδροφορείς, χωρίς να ενδιαφέρονται για την αξιοποίηση των ανακτημένων λυμάτων ως υδατική πηγή.

Η πλειοψηφία των ισχυόντων κανονισμών και οδηγιών αναφέρονται στην χρήση ανακτημένου νερού για αστική και γεωργική χρήση. Ωστόσο πολιτείες όπως η Αριζόνα, η Καλιφόρνια, το Κολοράντο, η Φλόριντα κα., περιλαμβάνουν στους κανονισμούς τους και άλλες κατηγορίες χρήσης (πέρα από την άρδευση). Στον πίνακα 2.10 παρουσιάζεται ο αριθμός των πολιτειών που έχουν αναπτύξει κανονισμούς ή οδηγίες για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Η κατηγορία της απεριόριστης αστικής χρήσης έχει υποδιαιρεθεί σε επιμέρους κατηγορίες προκειμένου να είναι εμφανής ο αριθμός των πολιτειών που έχει κανονισμούς που αφορούν την αστική χρήση αλλά όχι συγκεκριμένα τον τομέα της γεωργίας. Αξίζει να σημειωθεί πως αρκετές πολιτείες επιτρέπουν την μελέτη και άλλων εφαρμογών που δεν περιλαμβάνονται στους κανονισμούς τους, εφόσον υπάρχει η βεβαιότητα ότι δεν τίθεται κίνδυνος για τη δημόσια υγεία (USEPA, 2004).

Πίνακας 2.10 Αριθμός πολιτειών με κανονισμούς ή οδηγίες για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης (USEPA, 2004)

Κατηγορία Επαναχρησιμοποίησης	Αριθμός Πολιτειών
Απεριόριστη αστική χρήση	28
✓ Άρδευση	28
✓ Καθαρισμός τουαλέτας	10
✓ Πυροπροστασία	9
✓ Κατασκευή	9
✓ Τεχνητές λίμνες	11
✓ Καθαρισμός δρόμων	6
Περιορισμένη αστική χρήση	34
Αγροτική χρήση (Βρώσιμες καλλιέργειες)	21
Αγροτική χρήση (Μη βρώσιμες καλλιέργειες)	40
Χρήση αναψυχής (απεριόριστη)	7
Χρήση αναψυχής (περιορισμένη)	9
Περιβαλλοντική χρήση(Υδροβιότοποι)	3
Βιομηχανική χρήση	9
Τροφοδοσία υπόγειων υδάτων	5
Έμμεση πόσιμη χρήση	5

Οι πολιτείες οι οποίες διαθέτουν οδηγίες ή κανονισμούς για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων θέτουν όρια ποιότητας για το ανακτημένο νερό και/ή καθορίζουν ένα ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας των αποβλήτων. Σε γενικές γραμμές, στις περιπτώσεις όπου υπάρχει πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης στα λύματα, αυτά θα πρέπει να επεξεργάζονται σε μεγάλο βαθμό πριν από την εφαρμογή τους. Στον αντίποδα, σε περιπτώσεις όπου η πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης στο ανακτημένο νερό είναι μηδαμινή, εφαρμόζονται χαμηλότερα επίπεδα επεξεργασίας. Οι πιο συνηθισμένες παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των ορίων ποιότητας είναι το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) και τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS). Επίσης χρησιμοποιούνται και τα ολικά ή περιττωματικά κολοβακτηρίδια ως δείκτες για τον προσδιορισμό του βαθμού απολύμανσης. Τέλος, ο καθορισμός της θολότητας στοχεύει στον έλεγχο της απόδοσης της εγκατάστασης επεξεργασίας.

Παρακάτω (πίνακας 2.11) θα παρουσιαστούν τα όρια ποιότητας και οι μέθοδοι επεξεργασίας (όπως ορίζονται μέσα από κανονισμούς ή οδηγίες) για δέκα διαφορετικές εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης, για επτά πολιτείες των Ηνωμένων πολιτειών (Αριζόνα, Καλιφόρνια, Φλόριντα, Χαβάη, Νεβάδα, Τέξας και Ουάσινγκτον) που διαθέτουν μακρά γνώση και εμπειρία πάνω σε θέματα επαναχρησιμοποίησης (USEPA, 2004)

Πίνακας 2.11: Κανονισμοί και οδηγίες για επτά πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA, 2004)

Απεριόριστη αστική χρήση [1]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον
Επεξεργασία	• Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Διήθηση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Υψηλού επιπέδου απολύμανση	• Οξείδωση • Διήθηση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Απολύμανση	NS	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Διήθηση • Απολύμανση
BOD_5	NS [2]	NS	20mg/l $CBOD_5$ (ετήσια μέση τιμή)	NS	30mg/l	5mg/l (μηνιαία μέση τιμή)	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
TSS	NS	NS	5,0mg/l	NS	NS	NS	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
Θολότητα	2 NTU (24ωρη μέση τιμή)	2 NTU (24ωρη μέση τιμή) [3]	NS	2 NTU (μέγιστη)	NS	3 NTU	2 NTU (μηνιαία μέση τιμή)
	5 NTU (μέγιστο)	5 NTU (μέγιστο) [3]					5 NTU (μέγιστο)
Κολοβακτηρίδια	**FC**	**TC**	**FC**	**FC**	**FC**	**FC**	**TC**
	ND [4] (μέση)	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)	ND (για το 75% των δειγμάτων μέσα σε 30 ημέρες)	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)	2,2/100ml (γεωμετρικός μέσος 30 ημερών)	20/100ml (γεωμ. μέσος 30 ημερών)	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)
	23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	23/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	25/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	23/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	23/100ml (μέγιστη ημερήσια)	75/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)

1. Καμία πολιτεία δεν θέτει όρια για συγκεκριμένους παθογόνους μικροοργανισμούς για την απεριόριστη αστική χρήση. Ωστόσο η Φλόριντα απαιτεί δειγματοληψίες για τον έλεγχο της Giardia και του Cryptosporidium.
2. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).
3. Η Καλιφόρνια προδιαγράφει διαφορετικά όρια θολότητας για λύματα τα οποία έχουν υποστεί κροκίδωση και έχουν διέλθει μέσα από φυσικά αδιατάρακτα εδάφη ή φίλτρα, και για τα λύματα τα οποία διέρχονται μέσα από μεμβράνες. Στην πρώτη περίπτωση, η θολότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5 NTU για περισσότερο από το 5% του χρόνου μέσα σε μία 24ωρη περίοδο και τα 10 NTU οποιαδήποτε στιγμή. Στη δεύτερη περίπτωση η θολότητα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,2 NTU για περισσότερο από το 5% του χρόνου μέσα σε μία 24ωρη περίοδο και τα 0,5 NTU οποιαδήποτε στιγμή.
4. ND - Μη ανιχνεύσιμα (Not Detected) σε 4 από τα 7 πιο πρόσφατα δείγματα.

Περιορισμένη αστική χρήση [1]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα [4]	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον
Επεξεργασία	• Δευτεροβάθμια • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια-23 [3] • Οξείδωση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Υψηλού επιπέδου απολύμανση	• Οξείδωση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Απολύμανση	NS	• Οξείδωση • Απολύμανση
BOD_5	NS [2]	NS	20mg/l $CBOD_5$ (ετήσια μέση τιμή)	NS	30mg/l	20mg/l (μηνιαία μέση τιμή)	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
TSS	NS	NS	5,0mg/l	NS	NS	NS	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
Θολότητα	NS	NS	NS	2 NTU (μέγιστη)	NS	3 NTU	2 NTU (μηνιαία μέση τιμή) 5 NTU (μέγιστο)
Κολοβακτηρίδια	**FC** 200/100ml (για 4 από τα 7 πιο πρόσφατα δείγματα) 800/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	**TC** 23/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 240/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	**FC** ND [5] (για το 75% των δειγμάτων μέσα σε 30 ημέρες) 25/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	**FC** 23/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 200/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	**FC** 23/100ml (γεωμετρικός μέσος 30 ημερών) 240/100ml (μέγιστη ημερήσια)	**FC** 200/100ml (γεωμ. μέσος 30 ημερών) 800/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	**TC** 23/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 240/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)

1. Καμία πολιτεία δεν θέτει όρια για συγκεκριμένους παθογόνους μικροοργανισμούς για την περιορισμένη αστική χρήση. Ωστόσο η Φλόριντα απαιτεί δειγματοληψίες για τον έλεγχο της Giardia και του Cryptosporidium.
2. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).
3. Δευτεροβάθμια – 23 – Επεξεργασία λυμάτων σε τέτοιο βαθμό που η μέση συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων 7 ημερών κατά τις οποίες έγιναν μετρήσεις δεν υπερβαίνει τα 23/100ml, και τα 240/100ml σε περισσότερα από ένα δείγματα μέσα σε 30 μέρες.
4. Η Φλόριντα θέτει ακριβώς τις ίδιες απαιτήσεις για περιορισμένη και απεριόριστη αστική χρήση.
5. ND - Μη ανιχνεύσιμα (Not Detected).

Αγροτική χρήση-Βρώσιμες καλλιέργειες [1,2]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον
Επεξεργασία	• Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Διήθηση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Υψηλού επιπέδου απολύμανση	• Οξείδωση • Διήθηση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Απολύμανση	NS	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Διήθηση • Απολύμανση
BOD_5	NS [3]	NS	20mg/l $CBOD_5$ (ετήσια μέση τιμή)	NS	30mg/l	5,0mg/l (μηνιαία μέση τιμή)	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
TSS	NS	NS	5,0mg/l	NS	NS	NS	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
Θολότητα	2 NTU (24ωρη μέση τιμή) 5 NTU (μέγιστο)	2 NTU (24ωρη μέση τιμή) [5] 5 NTU (μέγιστο) [5]	NS	2 NTU (μέγιστη)	NS	3 NTU	2 NTU (μηνιαία μέση τιμή) 5 NTU (μέγιστο)
Κολοβακτηρίδια	**FC** ND [4] (μέση) 23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	**TC** 2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 23/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	**FC** ND (για το 75% των δειγμάτων μέσα σε 30 ημέρες) 25/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	**FC** 2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 23/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	**FC** 200/100ml (γεωμετρικός μέσος 30 ημερών) 400/100ml (μέγιστη ημερήσια)	**FC** 20/100 ml (γεωμ. μέσος 30 ημερών) 75/100 ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	**TC** 2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)

1. Τα όρια ποιότητας και οι μέθοδοι επεξεργασίας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη μέθοδο άρδευσης και το είδος των καλλιεργειών. Για παράδειγμα η Ουάσινγκτον, για προϊόντα που καταναλώνονται ωμά σε περίπτωση επιφανειακής άρδευσης, ορίζει ως απαιτούμενες διεργασίες την οξείδωση και την απολύμανση έτσι ώστε η μέση συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων να μην υπερβαίνει τα 2,2/100ml. Στην περίπτωση του καταιονισμού ορίζει ότι τα λύματα πρέπει να υφίστανται οξείδωση, συσσωμάτωση, διήθηση και απολύμανση και η μέση συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων να μην υπερβαίνει τα 2,2/100ml. Για προϊόντα τα οποία υφίστανται επεξεργασία, ανεξάρτητα από τη εφαρμοζόμενη μέθοδο άρδευσης, η οδηγία απαιτεί μόνο οξείδωση και απολύμανση και μέση συγκέντρωση (από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων 7 ημερών) ολικών κολοβακτηριδίων 240/100ml.
2. Καμία πολιτεία δεν θέτει όρια για συγκεκριμένους παθογόνους μικροοργανισμούς για την αγροτική χρήση σε βρώσιμες καλλιέργειες. Ωστόσο η Φλόριντα απαιτεί δειγματοληψίες για τον έλεγχο της Giardia και του Cryptosporidium.
3. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).
4. ND - Μη ανιχνεύσιμα (Not Detected) σε 4 από τα 7 πιο πρόσφατα δείγματα.
5. Η Καλιφόρνια προδιαγράφει διαφορετικά όρια θολότητας για λύματα τα οποία έχουν υποστεί κροκίδωση και έχουν διέλθει μέσα από φυσικά αδιατάρακτα εδάφη ή φίλτρα, και για τα λύματα τα οποία διέρχονται μέσα από μεμβράνες. Στην πρώτη περίπτωση, η θολότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5 NTU για περισσότερο από το 5% του χρόνου μέσα σε μία 24ωρη περίοδο και τα 10 NTU οποιαδήποτε στιγμή. Στη δεύτερη περίπτωση η θολότητα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,2 NTU για περισσότερο από το 5% του χρόνου μέσα σε μία 24ωρη περίοδο και τα 0,5 NTU οποιαδήποτε στιγμή. Και στις δύο περιπτώσεις τα λύματα προορίζονται για την άρδευση καλλιεργειών των οποίων τα προϊόντα πρόκειται να καταναλωθούν ωμές.

Αγροτική χρήση-Μη Βρώσιμες καλλιέργειες [1]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον
Επεξεργασία	• Δευτεροβάθμια • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια-23 [4] • Οξείδωση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Βασική απολύμανση	• Οξείδωση • Διήθηση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Απολύμανση	NS	• Οξείδωση • Απολύμανση
BOD_5	NS [3]	NS	20mg/l $CBOD_5$ (ετήσια μέση τιμή)	NS	30mg/l	5,0mg/l (μηνιαία μέση τιμή)	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
TSS	NS	NS	20mg/l (ετήσια μέση τιμή)	NS	NS	NS	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
Θολότητα	NS	NS	NS	2 NTU (μέγιστη)	NS	3 NTU	2 NTU ((μηνιαία μέση τιμή) 5 NTU (μέγιστο)
Κολοβακτη-ρίδια [2]	**FC**	**TC**	**FC**	**FC**	**FC**	**FC**	**TC**
	200/100ml (για 4 από τα 7 πιο πρόσφατα δείγματα)	23/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)	200/100ml (μηνιαίος γεωμετρικός μέσος)	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)	200/100ml (γεωμετρικός μέσος 30 ημερών)	20/100ml (γεωμ. μέσος 30 ημερών)	23/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)
	800/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	240/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	800/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	23/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	400/100ml (μέγιστη ημερήσια)	75/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	240/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)

1. Καμία πολιτεία δεν θέτει όρια για συγκεκριμένους παθογόνους μικροοργανισμούς για την αγροτική χρήση σε μη βρώσιμες καλλιέργειες.
2. Υπάρχουν πολιτείες που δεν απαιτούν απολύμανση εφόσον πληρούνται ορισμένα όρια αποστάσεων. Για παράδειγμα, η Νεβάδα δεν απαιτεί απολύμανση εφόσον υπάρχει μία ουδέτερη ζώνη τουλάχιστον 800 ft για άρδευση με καταιονισμό μη βρώσιμων καλλιεργειών.
3. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).
4. Δευτεροβάθμια – 23 – Επεξεργασία λυμάτων σε τέτοιο βαθμό που η μέση συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων 7 ημερών κατά τις οποίες έγιναν μετρήσεις δεν υπερβαίνει τα 23/100ml, και τα 240/100ml σε περισσότερα από ένα δείγματα μέσα σε 30 μέρες.

Χρήση αναψυχής (απεριόριστη) [1]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον
Επεξεργασία	NR [2]	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Καθίζηση • Διήθηση • Απολύμανση	NR	NR	• Δευτεροβάθμια • Απολύμανση	NS	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Διήθηση • Απολύμανση
BOD_5	NR	NS [3]	NR	NR	30mg/l	5,0mg/l (μηνιαία μέση τιμή)	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
TSS	NR	NS	NR	NR	NS	NS	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
Θολότητα	NR	2 NTU (24ωρη μέση τιμή) [4] 5 NTU (μέγιστο) [4]	NR	NR	NS	3 NTU	2 NTU (μηνιαία μέση τιμή) 5 NTU (μέγιστο)
Κολοβακτηρίδια	-	**TC**	-	-	**FC**	**FC**	**TC**
	NR	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 23/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	NR	NR	2,2/100ml (γεωμετρικός μέσος 30 ημερών) 23/100ml (μέγιστη ημερήσια)	20/100ml (γεωμ. μέσος 30 ημερών) 75/100ml (μέγιστη)	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)

1. Καμία πολιτεία δεν θέτει όρια για συγκεκριμένους παθογόνους μικροοργανισμούς για απεριόριστες χρήσεις αναψυχής.
2. NR - Δε ρυθμίζεται από την πολιτεία (Not regulated).
3. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).
4. Η Καλιφόρνια προδιαγράφει διαφορετικά όρια θολότητας για λύματα τα οποία έχουν υποστεί κροκίδωση και έχουν διέλθει μέσα από φυσικά αδιατάρακτα εδάφη ή φίλτρα, και για τα λύματα τα οποία διέρχονται μέσα από μεμβράνες. Στην πρώτη περίπτωση, η θολότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5 NTU για περισσότερο από το 5% του χρόνου μέσα σε μία 24ωρη περίοδο και τα 10 NTU οποιαδήποτε στιγμή. Στη δεύτερη περίπτωση η θολότητα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,2 NTU για περισσότερο από το 5% του χρόνου μέσα σε μία 24ωρη περίοδο και τα 0,5 NTU οποιαδήποτε στιγμή.

Χρήση αναψυχής (περιορισμένη) [1]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον
Επεξεργασία	• Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια-23 [4] • Οξείδωση • Απολύμανση	NR	• Οξείδωση • Διήθηση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Απολύμανση	NS	• Οξείδωση • Απολύμανση
BOD_5	NR [2]	NS [5]	NR	NS	30mg/l	20 mg/l (μηνιαία μέση τιμή)	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
TSS	NR	NS	NR	NS	NS	NS	30mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
Θολότητα	2 NTU (24ωρη μέση τιμή) 5 NTU (μέγιστο)	NS	NR	2 NTU (μέγιστο)	NS	NS	2 NTU (μηνιαία μέση τιμή) 5 NTU (μέγιστο)
Κολοβακτηρίδια	**FC**	**TC**	-	**FC**	**FC**	**FC**	**TC**
	ND [3] (μέση)	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)	NR	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)	2,2/100ml (γεωμετρικός μέσος 30 ημερών)	200/100ml (γεωμ. μέσος 30 ημερών)	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)
	23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	23/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)		23/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	23/100ml (μέγιστη ημερήσια)	800/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)

1. Καμία πολιτεία δεν θέτει όρια για συγκεκριμένους παθογόνους μικροοργανισμούς για περιορισμένες χρήσεις αναψυχής.
2. NR - Δε ρυθμίζεται από την πολιτεία (Not regulated).
3. ND - Μη ανιχνεύσιμα (Not Detected) σε 4 από τα 7 πιο πρόσφατα δείγματα.
4. Δευτεροβάθμια – 23 – Επεξεργασία λυμάτων σε τέτοιο βαθμό που η μέση συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων 7 ημερών κατά τις οποίες έγιναν μετρήσεις δεν υπερβαίνει τα 23/100ml, και τα 240/100ml σε περισσότερα από ένα δείγματα μέσα σε 30 μέρες.
5. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).

Περιβαλλοντική χρήση-Υδροβιότοποι

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα [2]	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον [2]
Επεξεργασία	NR [1]	NR	• Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας	NR	NR	NR	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Απολύμανση
BOD_5	NR	NR	5,0mg/l $CBOD_5$ (ετήσια μέση τιμή)	NR	NR	NR	20mg/l (ετήσια μέση τιμή)
TSS	NR	NR	5,0mg/ l (ετήσια μέση τιμή)	NR	NR	NR	20mg/l (ετήσια μέση τιμή)
Κολοβακτη-ρίδια	-	-	-	-	-	-	**FC**
	NR	NR	NS [3]	NR	NR	NR	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)
Ολική αμμωνία	NR	NR	2,0mg/l (μηνιαία μέση τιμή)	NR	NR	NR	Να μην υπερβαίνει τα χρονικά κριτήρια του γλυκού νερού
Ολικός φώσφορος	NR	NR	1,0mg/l (ετήσια μέση τιμή)	NR	NR	NR	1,0mg/l (ετήσια μέση τιμή)

1. NR - Δε ρυθμίζεται από την πολιτεία (Not regulated).
2. Οι κανονισμοί της Φλόριντας αφορούν στη διάθεση του ανακτημένου νερού στους υδροβιότοπους. Ο επίπεδο επεξεργασίας και απολύμανσης καθορίζεται από τα είδη των υδροβιότοπων, τις διαφορετικές χρήσεις και το βαθμό πρόσβασης του κοινού.
3. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).
4. Η Ουάσινγκτον καθορίζει διαφορετικές απαιτήσεις επεξεργασίας ανάλογα με το είδος του υδροβιότοπου και το βαθμό πρόσβασης του κοινού.

Βιομηχανική χρήση [1]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον
Επεξεργασία	NR [2]	• Οξείδωση • Απολύμανση	• Δευτεροβάθμια • Βασική απολύμανση	• Οξείδωση • Απολύμανση	NR	NS	• Οξείδωση • Απολύμανση
BOD_5	NR	NS [3]	20mg/l $CBOD_5$ (ετήσια μέση τιμή)	NS	NR	20mg/l (μηνιαία μέση τιμή)	NS
TSS	NR	NS	20mg/l (ετήσια μέση τιμή)	NS	NR	-	NS
Θολότητα	NR	NS	NS	NS	NR	3 NTU	NS
Κολοβακτηρίδια	-	**TC**	**FC**	**FC**	**-**	**FC**	**TC**
	NR	23/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)	200/100ml (μηνιαίος γεωμετρικός μέσος)	23/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)	NR	200/100ml (γεωμετρικός μέσος 30 ημερών)	23/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)
		240/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)	800/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	200/100ml (μέγιστη σε 30 μέρες)		800/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)	240/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)

1. Οι απαιτήσεις που παρουσιάζονται στον πίνακα είναι οι ελάχιστες που θέτουν οι πολιτείες. Τα κριτήρια ποιότητας και οι απαιτήσεις επεξεργασίας διαφοροποιούνται ανάλογα με την τελική χρήση και την πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης. Για παράδειγμα, ο κανονισμός της Καλιφόρνιας που αφορά στη βιομηχανική χρήση για ψύξη του νερού διαφοροποιείται ανάλογα με το αν παράγεται υγρασία ή όχι. Στην πρώτη περίπτωση τα κανονισμός επιβάλλει οξείδωση, κροκίδωση, διήθηση και απολύμανση των λυμάτων και το όριο για τα ολικά περιττωματικά κολοβακτηρίδια είναι 2,2/100ml (εβδομαδιαία μέση τιμή). Στη δεύτερη περίπτωση όπου δεν παράγεται υγρασία απαιτείται μόνο οξείδωση και απολύμανση και το όριο για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια είναι 23/100 ml (εβδομαδιαία μέση τιμή).
2. NR - Δε ρυθμίζεται από την πολιτεία (Not regulated).
3. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).

Τροφοδοσία υπόγειων υδάτων [1]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον [6]
Επεξεργασία	NR [2]	Διαφοροποιούνται ανάλογα με την περίπτωση [3]	• Δευτεροβάθμια • Βασική απολύμανση	Διαφοροποιούνται ανάλογα με την περίπτωση	NR	NR	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Διήθηση • Απολύμανση
BOD_5	NR		NS [4]		NR	NR	5mg/l (μέση τιμή 7 ημερών)
TSS	NR		10mg/l		NR	NR	5mg/l (μέση τιμή 7 ημερών)
Θολότητα	NR		NS [5]		NR	NR	2 NTU (μηνιαία μέση τιμή)
							5 NTU (μέγιστη)
Κολοβακτηρίδια	-		-		-	-	**TC**
	NR		NS		NR	NR	2,2/100ml (μέση τιμή 7 ημερών)
							23/100ml (μέγιστη για κάθε δείγμα)
Ολικό άζωτο	NR		12mg/l (ετήσια μέση τιμή)		NR	NR	NS

1. Οι κανονισμοί των πολιτειών αφορούν υπόγειους υδροφορείς που δε φέρουν πόσιμο νερό. Η τροφοδοσία αυτών των υδροφορέων γίνεται συνήθως μέσω λιμνών και λεκανών διήθησης.
2. NR - Δε ρυθμίζεται από την πολιτεία (Not regulated).
3. Οι κανονισμοί της Καλιφόρνιας και της Χαβάης προσδιορίζονται κάθε φορά ανάλογα με το εξεταζόμενο έργο. Η εκτίμηση των διαφόρων παραμέτρων βασίζεται στην υπάρχουσα επεξεργασία, στην ποιότητα και ποσότητα της εκροής, στα χαρακτηριστικά της περιοχής που εφαρμόζεται το ανακτημένο νερό, στα εδαφικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά, στο χρόνο παραμονής και στις αποστάσεις από τα σημεία άντλησης.
4. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).
5. Η Φλόριντα απαιτεί διαρκή έλεγχο της θολότητας , παρόλο που θέτει σχετικά όρια.
6. Η οδηγία της Ουάσινγκτον προβλέπει έλεγχο των υπόγειων υδάτων που βασίζεται στην ποιότητα και ποσότητα του ανακτημένου νερού, στα τοπικά υδρολογικά και εδαφικά χαρακτηριστικά και σε άλλους παράγοντες. Επίσης η οδηγία διευκρινίζει ότι τα επαναχρησιμοποιούμενα λύματα που προορίζονται για μη πόσιμες χρήσεις μπορούν να απομακρυνθούν σε οποιαδήποτε απόσταση από το σημείο έγχυσης και σε οποιαδήποτε στιγμή έπειτα από την άμεση φόρτιση.

Έμμεση πόσιμη χρήση [1,2]

	Αριζόνα	Καλιφόρνια	Φλόριντα [4,5]	Χαβάη	Νεβάδα	Τέξας	Ουάσινγκτον [8]
Επεξεργασία	NR [3]	Διαφοροποιούνται ανάλογα με την περίπτωση	• Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας • Διήθηση • Υψηλού επιπέδου απολύμανση	Διαφοροποιούνται ανάλογα με την περίπτωση	NR	NR	• Οξείδωση • Κροκίδωση • Διήθηση • Αντίστροφη όσμωση • Απολύμανση
BOD_5	NR		20mg/l		NR	NR	5mg/l (μέση τιμή 7 ημερών)
TSS	NR		5,0mg/l		NR	NR	5mg/l (μέση τιμή 7 ημερών)
Θολότητα	NR		NS [6, 7]		NR	NR	0,1 NTU (μηνιαία μέση τιμή) 0,5 NTU (μέγιστη)
Κολοβακτηρίδια	-		**TC**		-	-	**TC**
	NR		Λιγότερο από ανιχνεύσιμα		NR	NR	1/100ml (μέση τιμή 7 ημερών) 5/100ml (μέγιστη)
Ολικό άζωτο	NR		10mg/l (ετήσια μέση τιμή)		NR	NR	10mg/l (ετήσια μέση τιμή)
TOC	NR		3mg/l (μηνιαία μέση τιμή) 5mg/l (μέγιστη)		NR	NR	1,0mg/l (μηνιαία μέση τιμή)
Πρωτεύοντα & δευτερεύοντα κριτήρια	NR		Συμμόρφωση με τα περισσότερα		NR	NR	Συμμόρφωση με τα περισσότερα

1. Η έμμεση πόσιμη χρήση περιλαμβάνει την εκούσια εισαγωγή ανακτημένου νερού σε ανεπεξέργαστο με σκοπό την αύξηση της συνολικής παροχής που προορίζεται για πόση.
2. Για την τροφοδοσία υπόγειων υδροφορέων που φέρουν πόσιμο νερό οι περισσότερες πολιτείες απαιτούν ένα πρόγραμμα προεπεξεργασίας, προκαταρκτική εξέταση πριν την αποδοχή του έργου και ένα πρόγραμμα ελέγχου των υπόγειων υδάτων. Πρόσθετα, η Φλόριντα και η Ουάσινγκτον απαιτούν διεξαγωγή μελετών σε πιλοτικές μονάδες.
3. NR - Δε ρυθμίζεται από την πολιτεία (Not regulated).
4. Ο κανονισμός της Φλόριντας αφορά στη χρήση ανακτημένου νερού για την αύξηση των επιφανειακών υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη οικιακών αναγκών
5. Η Φλόριντα απαιτεί απόσταση ζώνης τροφοδοσίας - πηγής πόσιμου νερού ίση με 150m (500 ft).
6. Η Φλόριντα απαιτεί διαρκή έλεγχο της θολότητας , παρόλο που θέτει σχετικά όρια.
7. NS - Δεν προδιαγράφεται από τον κανονισμό της πολιτείας (Not Specified).
8. Η Ουάσινγκτον απαιτεί το ανακτημένο να παραμένει υπογείως για τουλάχιστον 12 μήνες πριν την απομάκρυνσή του ως πόσιμο νερό. Επίσης, ορίζει ότι η ελάχιστη οριζόντια απόσταση μεταξύ του σημείου τροφοδοσίας και της πηγής πόσιμου νερού θα πρέπει να είναι ίση με 610m (2000ft).

2.2.6 Αυστραλία

Παρά το γεγονός ότι στην Αυστραλία έχουν αναπτυχθεί ξεχωριστές οδηγίες από τις κυβερνήσεις των διαφόρων πολιτειών και περιφερειών, ωστόσο το Νοέμβριο του 2006 εκδόθηκαν από μια σειρά αρμόδιων αρχών (Environment Protection and Heritage Council, Natural Resource Management Council, Australian Health Ministers' Conference) οι εθνικές οδηγίες πάνω σε θέματα ανακύκλωσης νερού. Η έκδοση αυτών των οδηγιών ήταν απαραίτητη καθώς οι ήδη υπάρχουσες εθνικές οδηγίες δεν ήταν αρκετά λεπτομερείς και δεν παρείχαν συνεπή προσέγγιση πάνω σε θέματα επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Επίσης οι οδηγίες που έχουν αναπτυχθεί από τις πολιτείες και τις περιφέρειες της Αυστραλίας διαφέρουν σημαντικά ως προς τις προσεγγίσεις τους και για το λόγο αυτό δεν υπάρχει ομοιομορφία πάνω σε θέματα ανακύκλωσης νερού.

Βασικό χαρακτηριστικό των νέων οδηγιών είναι ότι δίνει ιδιαίτερη βάση στη διαχείριση του κινδύνου (risk management) για την προστασία τόσο της υγείας των ανθρώπων όσο και του περιβάλλοντος. Αρχικά μελετώνται οι πηγές κινδύνου που συνδέονται με τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων και τι επίπτωση μπορούν να έχουν στους ανθρώπους και στο περιβάλλον. Έπειτα ακολουθεί αποτίμηση του κίνδυνου και σύσταση προστατευτικών μέτρων για την πρόληψη ανεπιθύμητων συνεπειών. Τέλος γίνεται έλεγχος για την εξασφάλιση της ορθής λειτουργία των προληπτικών μέτρων και επαλήθευση (verification) για την εξακρίβωση ότι το ανακτημένο νερό είναι ποιοτικά κατάλληλο για χρήση.

Στον πίνακα 2.12 παρουσιάζονται οι απαιτούμενες διεργασίες επεξεργασίας και τα προληπτικά μέτρα για ορισμένες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης ανακτημένων λυμάτων. Πρέπει να σημειωθεί οι οδηγίες αυτές θα πρέπει πάντα να εφαρμόζονται σε συνεργασία με αρμόδιες αρχές (αρχές για την προστασία της υγείας, του περιβάλλοντος κτλ.) (Australian Guidelines,2006).

Πίνακας 2.12: Διεργασίες επεξεργασίας και μέτρα ελέγχου για ορισμένες κατηγορίες χρήσης ανακτημένων λυμάτων στην Αυστραλία

Κατηγορία χρήσης	Στόχος μείωσης σε log (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Ενδεικτική μέθοδος επεξεργασίας	Μείωση σε log που επιτυγχάνεται με την επεξεργασία (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Προληπτικά μέτρα	Μείωση έκθεσης σε παθογόνα λόγω των προληπτικών μέτρων (log)	Ποιοτικά χαρακτηριστικά
Διπλό δίκτυο, καθαρισμός τουαλέτας, πλυντήρια, πότισμα κήπων	• 6,5 • 5,0 • 5,0	Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας όπως: • Δευτεροβάθμια, κροκίδωση, διήθηση και απολύμανση • Δευτεροβάθμια, διήθηση με μεμβράνες, UV ακτινοβολία	• 6,5 • 5,0 • 5,0	Έλεγχος των συνδέσεων και εκπαίδευση των ιδιοκτητών των σπιτιών και των υδραυλικών		• Καθορίζονται κατά περίπτωση ανάλογα με τις τεχνολογίες • Μπορεί να περιλαμβάνεται η θολότητα, κριτήρια για τη διήθηση, η δόση του απολυμαντικού ή της UV ακτινοβολίας • E.coli<1/100 ml
Διπλό δίκτυο-χρήση μόνο σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο	• 6,5 • 4,5 • 5,0	Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας όπως: • Δευτεροβάθμια, κροκίδωση, διήθηση και απολύμανση • Δευτεροβάθμια, διήθηση με μεμβράνες, UV ακτινοβολία	• 6,5 • 4,5 • 5,0	Έλεγχος των συνδέσεων και εκπαίδευση των ιδιοκτητών των σπιτιών και των υδραυλικών		• Καθορίζονται κατά περίπτωση ανάλογα με τις τεχνολογίες • Μπορεί να περιλαμβάνεται η θολότητα, κριτήρια για τη διήθηση, η δόση του απολυμαντικού ή της UV ακτινοβολίας • E.coli<1/100 ml

(συνέχεια πίνακα 2.12)

Κατηγορία χρήσης	Στόχος μείωσης σε log (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Ενδεικτική μέθοδος επεξεργασίας	Μείωση σε log που επιτυγχάνεται με την επεξεργασία (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Προληπτικά μέτρα	Μείωση έκθεσης σε παθογόνα λόγω των προληπτικών μέτρων (log)	Ποιοτικά χαρακτηριστικά
Αστική χρήση	• 5,0 • 3,5 • 4,0	Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας όπως: • Δευτεροβάθμια, κροκίδωση, διήθηση και απολύμανση • Δευτεροβάθμια, διήθηση με μεμβράνες, UV ακτινοβολία	• 5,0 • 3,5 • 4,0	Δεν ορίζονται μέτρα		• Καθορίζονται κατά περίπτωση ανάλογα με τις τεχνολογίες • Μπορεί να περιλαμβάνεται η θολότητα, κριτήρια για τη διήθηση, η δόση του απολυμαντικού ή της UV ακτινοβολίας • E.coli<1/100 ml
Αστική χρήση με περιορισμένη πρόσβαση και εφαρμογή		Δευτεροβάθμια με απολύμανση	• 2,0-3,0 • 3,5 • >6,0	Περιορισμένη πρόσβαση κοινού κατά τη διάρκεια της άρδευσης και ένα από τα ακόλουθα: • Καμία πρόσβαση μετά την άρδευση, μέχρι να στεγνώσει (1-4 ώρες) • Τουλάχιστον 25-30m απόσταση ασφαλείας από το κοντινότερο σημείο πρόσβασης του κοινού • Έλεγχος κατεύθυνσης ψεκασμού, για παράδειγμα μέσω καταιονιστήρων μικρής εμβέλειας (180^o προς τα μέσα), συστημάτων με ανεμόμετρα κτλ.	2,0 1,0 1,0 1,0	• BOD<20 mg/l [1] • SS<30 mg/l [1] • Υπολειμματικό απολυμαντικό (πχ. ελάχιστο υπολειμματικό χλώριο) ή δόση UV [2] • E.coli<100 cfu/100ml

(συνέχεια πίνακα 2.12)

Κατηγορία χρήσης	Στόχος μείωσης σε log (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Ενδεικτική μέθοδος επεξεργασίας	Μείωση σε log που επιτυγχάνεται με την επεξεργασία (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Προληπτικά μέτρα	Μείωση έκθεσης σε παθογόνα λόγω των προληπτικών μέτρων (log)	Ποιοτικά χαρακτηριστικά
Αστική χρήση, με αυξημένο περιορισμό σε πρόσβαση και εφαρμογή		• Δευτεροβάθμια με >25 μέρες παραμονή σε λίμνες ή πρωτοβάθμια με >50 μέρες παραμονή σε λίμνες • Δευτεροβάθμια	• 1,0-3,0 • 1,0-3,0 • 3,0-4,0 • 0,5-2,0 • 0,5-1,0 • 1,0-3,0	Περιορισμένη πρόσβαση κοινού κατά τη διάρκεια της άρδευσης και ένα από τα ακόλουθα: • Καμία πρόσβαση μετά την άρδευση, μέχρι να στεγνώσει (1-4 ώρες) • Τουλάχιστον 25-30m απόσταση ασφαλείας από το κοντινότερο σημείο πρόσβασης του κοινού • Έλεγχος κατεύθυνσης ψεκασμού, για παράδειγμα μέσω καταιονιστήρων μικρής εμβέλειας (180^o προς τα μέσα), συστημάτων με ανεμόμετρα κτλ.	2,0 1,0 1,0 1,0	• BOD<20 mg/l [1] • SS<30 mg/l [1] • E.coli<1000 cfu/100ml (για την επίτευξη αυτής της συγκέντρωσης μπορεί να απαιτείται απολύμανση)

(συνέχεια πίνακα 2.12)

Κατηγορία χρήσης	Στόχος μείωσης σε log (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Ενδεικτική μέθοδος επεξεργασίας	Μείωση σε log που επιτυγχάνεται με την επεξεργασία (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Προληπτικά μέτρα	Μείωση έκθεσης σε παθογόνα λόγω των προληπτικών μέτρων (log)	Ποιοτικά χαρακτηριστικά
Άρδευση υπαίθριων χώρων-δέντρα, θάμνοι, δημόσιοι κήποι	• 5,0 • 3,5 • 4,0	Δευτεροβάθμια ή πρωτοβάθμια με παραμονή σε λίμνες	• 0,5-2,0 • 0,5-2,0 • 1,0-3,0	• Μικροψεκασμός • Στάγδην άρδευση • Καμία πρόσβαση κοινού	2,0 4,0 3,0	• BOD<20 mg/l [1] • SS<30 mg/l [1] • E.coli<1000 cfu/100ml (αν δεν γίνεται απολύμανση)
Εμπορεύσιμες καλλιέργειες που πρόκειται να καταναλωθούν ωμές ή χωρίς επεξεργασία	• 6,0 • 5,0 • 5,0	Προηγμένη επεξεργασία για την απαιτούμενη απομάκρυνση όλων των παθογόνων (πχ. δευτεροβάθμια, διήθηση και απολύμανση)	• 6,0 • 5,0 • 5,0	• Δεν απαιτούνται πρόσθετα μέτρα, αν και αναμένεται θάνατος των παθογόνων στο διάστημα ανάμεσα στη συγκομιδή και την πώληση • Το ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένου και του καταιονισμού λαχανικών	0,5 (ιοί, βακτήρια)	• Καθορίζονται κατά περίπτωση ανάλογα με τις τεχνολογίες • Μπορεί να περιλαμβάνεται η θολότητα, κριτήρια για τη διήθηση, η δόση του απολυμαντικού ή της UV ακτινοβολίας E.coli<1/100 ml

(συνέχεια πίνακα 2.12)

Κατηγορία χρήσης	Στόχος μείωσης σε log (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Ενδεικτική μέθοδος επεξεργασίας	Μείωση σε log που επιτυγχάνεται με την επεξεργασία (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Προληπτικά μέτρα	Μείωση έκθεσης σε παθογόνα λόγω των προληπτικών μέτρων (log)	Ποιοτικά χαρακτηριστικά
Εμπορεύσιμες καλλιέργειες	• 6,0 • 5,0 • 5,0	Δευτεροβάθμια με >25 μέρες παραμονή σε λίμνες και απολύμανση	• 3,0-4,0 • 2,0-4,0 • >6,0	Καταναλωτές • Καλλιέργειες με περιορισμένη ή καμία επαφή με το έδαφος που καταναλώνονται ωμές (πχ. ντομάτες, πιπεριές) – στάγδην άρδευση και απαγόρευση συγκομιδής υγρής ή πεσμένης στο έδαφος παραγωγής • Καλλιέργειες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος και ξεφλουδίζονται πριν την κατανάλωση (πχ. καρπούζι)-σε περίπτωση καταιονισμού απαιτούνται 2 μέρες από την τελευταία άρδευση και τη συγκομιδή • Θάνατος των παθογόνων στο διάστημα ανάμεσα στη συγκομιδή και την πώληση Κοινό γύρω από την αρδευόμενη περιοχή [3] • Καμία πρόσβαση και στάγδην ή υπόγεια άρδευση • Καμία πρόσβαση κατά τη διάρκεια της άρδευσης, και σε περίπτωση καταιονισμού ελάχιστη απόσταση ασφαλείας 25-30m μεταξύ της αρδεύσιμης περιοχής και το πλησιέστερο σημείο πρόσβασης κοινού	3,0 3,0-4,0 0,5/ημέρα (ιοί, παθογόνα) 6,0 4,0	• BOD<20 mg/l [1] • SS<30 mg/l [1] • Υπολειμματικό απολυμαντικό (πχ. ελάχιστο υπολειμματικό χλώριο) ή δόση UV [2] • E.coli<100 cfu/100ml

(συνέχεια πίνακα 2.12)

Κατηγορία χρήσης	Στόχος μείωσης σε log (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Ενδεικτική μέθοδος επεξεργασίας	Μείωση σε log που επιτυγχάνεται με την επεξεργασία (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Προληπτικά μέτρα	Μείωση έκθεσης σε παθογόνα λόγω των προληπτικών μέτρων (log)	Ποιοτικά χαρακτηριστικά
Εμπορεύσιμες καλλιέργειες	• 6,0 • 5,0 • 5,0	Δευτεροβάθμια με απολύμανση	• 2,0-3,0 • 1,0 • >6,0	Καταναλωτές • Καλλιέργειες που φύονται πάνω από το έδαφος με υπόγεια άρδευση • Καλλιέργειες που δεν έχουν επαφή με το έδαφος και ξεφλουδίζονται πριν την κατανάλωση (πχ. εσπεριδοειδή, καρύδια) ✓ απαγόρευση συγκομιδής υγρής ή πεσμένης στο έδαφος παραγωγής ✓ σε περίπτωση καταιονισμού, απαιτείται έλευση 2 ημερών από την τελευταία άρδευση και τη συγκομιδή • Θάνατος των παθογόνων στο διάστημα ανάμεσα στη συγκομιδή και την πώληση Κοινό γύρω από την αρδευόμενη περιοχή [3] • Καμία πρόσβαση και στάγδην ή υπόγεια άρδευση • Καμία πρόσβαση κατά τη διάρκεια της άρδευσης, και σε περίπτωση καταιονισμού ελάχιστη απόσταση ασφαλείας 25-30m μεταξύ της αρδεύσιμης περιοχής και το πλησιέστερο σημείο πρόσβασης κοινού	4,0 4,0 0,5/ημέρα (ιοί, βακτήρια) 6,0 4,0	• BOD<20 mg/l [1] • SS<30 mg/l [1] • Υπολειμματικό απολυμαντικό (πχ. ελάχιστο υπολειμματικό χλώριο) ή δόση UV [2] • E.coli<100 cfu/100ml

(συνέχεια πίνακα 2.12)

Κατηγορία χρήσης	Στόχος μείωσης σε log (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Ενδεικτική μέθοδος επεξεργασίας	Μείωση σε log που επιτυγχάνεται με την επεξεργασία (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Προληπτικά μέτρα	Μείωση έκθεσης σε παθογόνα λόγω των προληπτικών μέτρων (log)	Ποιοτικά χαρακτηριστικά
Εμπορεύσιμες καλλιέργειες	• 6,0 • 5,0 • 5,0	Δευτεροβάθμια ή πρωτοβάθμια με παραμονή σε λίμνες	• 0,5-1,0 • 0,5-2,0 • 1,0-3,0	Καταναλωτές • Καλλιέργειες που δεν έρχονται σε επαφή με το έδαφος και επεξεργάζονται σε υψηλό βαθμό(πχ. σταφύλια για την παραγωγή κρασιού, δημητριακά) • Καλλιέργειες που μαγειρεύονται/επεξεργάζονται πριν την κατανάλωση(πχ. πατάτες, παντζάρια) • Καλλιέργειες που δεν έχουν επαφή με το έδαφος και ξεφλουδίζονται πριν την κατανάλωση (πχ. εσπεριδοειδή, καρύδια) ✓ απαγόρευση συγκομιδής υγρής ή πεσμένης στο έδαφος παραγωγής ✓ απαγόρευση καταιονισμού • Δενδρώδεις καλλιέργειες (πχ. μήλα, βερίκοκα, σταφύλια) ✓ Στάγδην άρδευση και απαγόρευση συγκομιδής υγρής ή πεσμένης στο έδαφος παραγωγής • Θάνατος των παθογόνων στο διάστημα ανάμεσα στη συγκομιδή και την πώληση Κοινό γύρω από την αρδευόμενη περιοχή [3] • Καμία πρόσβαση και στάγδην ή υπόγεια άρδευση • Καμία πρόσβαση κατά τη διάρκεια της άρδευσης, και σε περίπτωση καταιονισμού ελάχιστη απόσταση ασφαλείας 25-30m μεταξύ της αρδεύσιμης περιοχής και το πλησιέστερο σημείο πρόσβασης κοινού και έλεγχος κατεύθυνσης ψεκασμού, για παράδειγμα μέσω καταιονιστήρων μικρής εμβέλειας (180^o προς τα μέσα), συστημάτων με ανεμόμετρα κτλ. ή • εκτεταμένες ζώνες ασφαλείας >50m	5,0-6,0 5,0-6,0 6,0 5,0 0,5/ημέρα (ιοί, βακτήρια) 6,0 5,0	• BOD<20 mg/l [1] • SS<30 mg/l [1] • E.coli<1000 cfu/100ml

(συνέχεια πίνακα 2.12)

Κατηγορία χρήσης	Στόχος μείωσης σε log (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Ενδεικτική μέθοδος επεξεργασίας	Μείωση σε log που επιτυγχάνεται με την επεξεργασία (Εντερικοί ιοί, Εντερικά πρωτόζωα, Εντερικά βακτήρια)	Προληπτικά μέτρα	Μείωση έκθεσης σε παθογόνα λόγω των προληπτικών μέτρων (log)	Ποιοτικά χαρακτηριστικά
Μη βρώσιμες καλλιέργειες –δέντρα, γρασίδι, περιοχές υλοτόμησης λουλούδια	• 5,0 • 3,5 • 4,0	Δευτεροβάθμια ή πρωτοβάθμια με παραμονή σε λίμνες	• 0,5-1,0 • 0,5-2,0 • 1,0-3,0	Κοινό γύρω από την αρδευόμενη περιοχή • Καμία πρόσβαση και στάγδην ή υπόγεια άρδευση • Καμία πρόσβαση κατά τη διάρκεια της άρδευσης, και σε περίπτωση καταιονισμού ελάχιστη απόσταση ασφαλείας 25-30m μεταξύ της αρδεύσιμης περιοχής και το πλησιέστερο σημείο πρόσβασης κοινού και έλεγχος κατεύθυνσης ψεκασμού, για παράδειγμα μέσω καταιονιστήρων μικρής εμβέλειας (180^o προς τα μέσα), συστημάτων με ανεμόμετρα κτλ. ή • εκτεταμένες ζώνες ασφαλείας >50m	6,0 5,0	• E.coli<10000 cfu/100ml

(Πηγή: *Australian guidelines for water recycling: Managing health and environmental risks)*

1. Το BOD και τα SS είναι δείκτες της αποτελεσματικότητας της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.
2. Σκοπός είναι η απόδειξη της αξιοπιστίας της απολύμανσης και η ικανότητας της να επιτύχει την απαιτούμενη μικροβιακή ποιότητα.
3. Για το κοινό που βρίσκεται γύρω από την περιοχή που αρδεύονται εμπορεύσιμες καλλιέργειας, η μείωση των παθογόνων (σε log) πρέπει να ταυτίζεται με τη συνολική μείωση που απαιτείται στην περίπτωση της αστικής χρήσης.

2.2.7 Ιαπωνία

Προκειμένου να αντιδράσει άμεσα στη σημαντική λειψυδρία του 1978 και να προστατεύσει τους πολύτιμους υδατικούς της πόρους, η Ιαπωνία έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Οι κυριότερες κατηγορίες εφαρμογής των αστικών λυμάτων είναι ο καθαρισμός της τουαλέτας, η παραγωγή χιονιού, η περιβαλλοντική αναβάθμιση, η βιομηχανική χρήση και ο ψεκασμός. Όπως προβλέπεται οι εφαρμογές αυτές θα είναι ακόμα πιο σημαντικές στο μέλλον και αυτό αυξάνει σημαντικά την αναγκαιότητα της ορθής επαναχρησιμοποίησης κατάλληλα επεξεργασμένων λυμάτων.

Όπως συμβαίνει και με τις περισσότερες χώρες, η πιο βασική παράμετρος που σχετίζεται με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ανακτημένου νερού είναι η προστασία της δημόσιας υγείας. Παρόλο που δεν υπάρχουν ενιαίος εθνικός κανονισμός σχετικά με την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, αρκετά ιαπωνικά υπουργεία έχουν θεσπίσει εφαρμόσιμα ποιοτικά κριτήρια. Στον πίνακα 2.13 συνοψίζονται τα κριτήρια ποιότητας ανακτημένων λυμάτων που προορίζονται για καθαρισμό τουαλέτας, άρδευση εκτάσεων και αναβάθμιση του περιβάλλοντος. Τα κριτήρια για την εφαρμογή λυμάτων για καθαρισμό τουαλετών, θεσπίστηκαν από το Υπουργείο Κατασκευών, Υγείας και Πρόνοιας και από τον οργανισμό Διεθνούς Εμπορίου και Βιομηχανίας το 1981 (Ogoshi *et al.*, 2001)

Πίνακας 2.13: Ιαπωνικά κριτήρια ποιότητας ανακτημένων λυμάτων που προορίζονται για καθαρισμό τουαλετών, άρδευση εκτάσεων και αναβάθμιση περιβάλλοντος

	Παράμετροι	Νερό καθαρισμού τουαλετών	Άρδευση εκτάσεων	Αναβάθμιση περιβάλλοντος
Κριτήρια	Ολικά κολοβακτηρίδια (cfu/ml)	≤10 [1]	Μη ανιχνεύσιμα	Μη ανιχνεύσιμα
	Υπολειμματικό χλώριο (συνδυασμένο) (mg/l)	μικροποσότητα	≤ 0,4	-
Οδηγίες	Εμφάνιση	Να μην είναι δυσάρεστη	Να μην είναι δυσάρεστη	Να μην είναι δυσάρεστη
	Θολότητα (NTU)	-	-	≤10
	BOD_5 (mg/l)	-	-	≤10
	Οσμή	Να μην είναι δυσάρεστη	Να μην είναι δυσάρεστη	Να μην είναι δυσάρεστη
	pH	5,8-8,6	5,8-8,6	5,8-8,6

1. Η τιμή είναι ισοδύναμη με τα 1000 cfu/100ml. Αξίζει να σημειωθεί πως ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας θέτει όριο τα για τα ολικά κολοβακτηρίδια τα 2,2/100ml.

2.2.8 Ιορδανία

Η Ιορδανία ασχολείται με θέματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για άρδευση εδώ και αρκετές δεκαετίες. Από τις αρχές του 1980 η γενική προσέγγιση ήταν η διαχείριση των αποβλήτων και έπειτα είτε η διάθεσή τους στο περιβάλλον είτε χρήση τους για την άρδευση σχετικά χαμηλής αξίας καλλιεργειών. Στα πλαίσια μίας αναπτυσσόμενης οικονομίας, η χρήση ανακτημένων λυμάτων αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Τα ιορδανικά κριτήρια του 1995 για την χρήση επεξεργασμένων αποβλήτων αναθεωρήθηκαν το 2002 (JS893/2002) και αφορούν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών ανακτημένων λυμάτων (πίνακες 2.14και 2.15). Οι νέοι κανονισμοί όχι μόνο δε στερούν από τους αγρότες τα ήδη κεκτημένα δικαιώματά τους αλλά εξασφαλίζουν τόσο σε αυτούς όσο και στις οικογένειές τους και τους καταναλωτές βελτιωμένες συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας (McCornick *et al.*, 2004)

Πίνακας 2.14: Ιορδανικά κριτήρια για τη διοχέτευση επεξεργασμένων λυμάτων σε ποτάμια και για την τροφοδοσία υπόγειων υδροφορέων (JS893/2002)

Παράμετροι	Μονάδες	Διοχέτευση σε ποτάμια, φαράγγια και περιοχές αποθήκευσης νερού	Τροφοδοσία υπόγειων υδροφορέων
BOD_5	mg/l	60,0 [1]	15,0
COD	mg/l	150,0 [2]	50,0
DO	mg/l	>1,0	>2,0
TSS	mg/l	60,0 [2]	50,0
pH	unit	6,0-9,0	6,0-9,0
Θολότητα	NTU	-	2,0
NO_3	mg/l	45,0	30,0
NH_4	mg/l	-	5,0
T-N	mg/l	70,0	45
E.Coli	MPN/100ml	1000,0	<2,2
Αυγά εντερικών σκωλήκων	Αυγά/l	≤1,0	≤1,0
Λίπη και έλαια	mg/l	8,0	-
Φαινόλη	mg/l	<0,002	<0,002
MBAS	mg/l	25,0	25,0
TDS	mg/l	1500,0	1500,0
Ολικό PO_4	mg/l	15,0	15,0
Cl	mg/l	350,0	350,0
SO_4	mg/l	300,0	300,0
HCO_3	mg/l	400,0	400,0
Na	mg/l	200,0	200,0
Mg	mg/l	60,0	60,0
Ca	mg/l	200,0	200,0

(συνέχεια πίνακα 2.14)

Παράμετροι	Μονάδες	Διοχέτευση σε ποτάμια, φαράγγια και περιοχές αποθήκευσης νερού	Τροφοδοσία υπόγειων υδροφορέων
SAR	mg/l	6,0	6,0
Al	mg/l	2,0	2,0
As	mg/l	0,05	0,05
Be	mg/l	0,1	0,1
Cu	mg/l	0,2	0,2
F	mg/l	1,5	1,5
Fe	mg/l	5,0	5,0
Li	mg/l	2,5	2,5
Mn	mg/l	0,2	0,2
Mo	mg/l	0,01	0,01
Ni	mg/l	0,2	0,2
Pb	mg/l	0,2	0,2
Ce	mg/l	0,05	0,05
Cd	mg/l	0,01	0,01
Zn	mg/l	5,0	5,0
Cr	mg/l	0,02	0,02
Hg	mg/l	0,002	0,002
V	mg/l	0,1	0,1
Co	mg/l	0,05	0,05
B	mg/l	1,0	1,0

1. Το BOD_5 μετράται ως διαλυτό για τις εκροές από λίμνες σταθεροποίησης και (λίμνες τελικής επεξεργασίας) και ως ολικό σε όλες τις άλλες περιπτώσεις.
2. Για εκροές από λίμνες σταθεροποίησης και (λίμνες τελικής επεξεργασίας) επιτρέπεται το διπλάσιο αυτής της τιμής.

Πίνακας 2.15: Ιορδανικά κριτήρια για τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση αγροτικών εκτάσεων (JS893/2002)

Παράμετροι	Μονάδες	Μαγειρευτά λαχανικά, χώροι στάθμευσης, παιδικές χαρές, πλαϊνά δρόμων μέσα σε πόλεις	Δέντρα και περιοχές πρασίνου, πλαϊνά δρόμων έξω από πόλεις	Αγροτικές και βιομηχανικές καλλιέργειες, δάση
BOD_5	mg/l	30,0	200,0	300,0
COD	mg/l	100,0	500,0	500,0
DO	mg/l	>2,0	-	-
TSS	mg/l	50,0	150,0	150,0
pH	unit	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
Θολότητα	NTU	10,0	-	-
NO_3	mg/l	30,0	45,0	45,0
T-N	mg/l	45,0	70,0	70,0
E.Coli	MPN/100ml	100	1000	-
Αυγά εντερικών σκωλήκων	Αυγά/l	≤1,0	≤1,0	≤1,0
Λίπη και έλαια	mg/l	8,0	8,0	8,0
Φαινόλη	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002
MBAS	mg/l	100,0	100,0	100,0
TDS	mg/l	1500,0	1500,0	1500,0
Ολικό PO_4	mg/l	30,0	30,0	30,0
Cl	mg/l	400,0	400,0	400,0
SO_4	mg/l	500,0	500,0	500,0
HCO_3	mg/l	400,0	400,0	400,0
Na	mg/l	230,0	230,0	230,0
Mg	mg/l	100,0	100,0	100,0
Ca	mg/l	230,0	230,0	230,0
SAR	mg/l	9,0	9,0	9,0
Al	mg/l	5,0	5,0	5,0
As	mg/l	0,1	0,1	0,1
Be	mg/l	0,1	0,1	0,1
Cu	mg/l	0,2	0,2	0,2
F	mg/l	1,5	1,5	1,5
Fe	mg/l	5,0	5,0	5,0

(συνέχεια πίνακα 2.15)

Παράμετροι	Μονάδες	Μαγειρευτά λαχανικά, χώροι στάθμευσης, παιδικές χαρές, πλαϊνά δρόμων μέσα σε πόλεις	Δέντρα και περιοχές πρασίνου, πλαϊνά δρόμων έξω από πόλεις	Αγροτικές και βιομηχανικές καλλιέργειες, δάση
Li	mg/l	2,5 (0,075 για τα εσπεριδοειδή)	2,5 (0,075 για τα εσπεριδοειδή)	2,5 (0,075 για τα εσπεριδοειδή)
Mn	mg/l	0,2	0,2	0,2
Mo	mg/l	0,01	0,01	0,01
Ni	mg/l	0,2	0,2	0,2
Pb	mg/l	5,0	5,0	5,0
Ce	mg/l	0,05	0,05	0,05
Cd	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zn	mg/l	5,0	5,0	5,0
Cr	mg/l	0,1	0,1	0,1
Hg	mg/l	0,002	0,002	0,002
V	mg/l	0,1	0,1	0,1
Co	mg/l	0,05	0,05	0,05
B	mg/l	1,0	1,0	1,0

2.3 Κανονισμοί και οδηγίες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στην Ευρώπη και στις χώρες της Μεσογείου

Μέχρι σήμερα, δεν έχει θεσπιστεί ένα ενιαίο διεθνές ή και περιφερειακό νομοθετικό πλαίσιο που να ρυθμίζει την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στον Ευρωπαϊκό χώρο και ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσογείου. Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα πρέπει απλά να συμμορφώνονται με την οδηγία 91/271/EC η οποία στο άρθρο 12, §1 αναφέρει πως: «Τα επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται όποτε είναι σκόπιμο». Η απουσία ενιαίου νομοθετικού πλαισίου στην ΕΕ οφείλεται στη χωρική ανισοκατανομή των υδατικών πόρων ανάμεσα στις χώρες-μέλη (κυρίως μεταξύ βορά και νότου).

Οι περισσότερες χώρες της Βόρειας Ευρώπης διαθέτουν επαρκή υδατικά αποθέματα και γι’ αυτό δίνουν κυρίως προτεραιότητα στην προστασία της ποιότητας του νερού. Σε αυτές τις χώρες δεν είναι έντονη η ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση των ανακτημένων λυμάτων, αλλά πρωταρχική σημασία έχει η προστασία των αποδεκτών στους οποίους καταλήγουν τα λύματα. Μόνο στον τομέα της βιομηχανίας εφαρμόζεται ανακύκλωση του νερού και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων. Η κατάσταση στη Νότια Ευρώπη είναι τελείως διαφορετική, καθώς τα ανακτημένα λύματα παρέχουν σημαντικά οφέλη τόσο στη γεωργία (πχ. άρδευση καλλιεργειών) όσο και σε διάφορες αστικές χρήσεις (πχ. άρδευση γηπέδων γκολφ). Για παράδειγμα, χώρες όπως η Ισπανία και η Πορτογαλία, δεδομένης της απουσίας ενιαίου ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου , έχουν θεσπίσει τα δικά τους κριτήρια επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και επωμίζονται τα οφέλη από την αξιοποίηση αυτού του εναλλακτικού υδατικού πόρου.

Όσον αφορά στις χώρες τις Μεσογείου, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων ποικίλει από περιοχή σε περιοχή. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούντα ανεπεξέργαστα ή μερικώς επεξεργασμένα λύματα, ενώ σε κάποιες άλλες οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων δεν λειτουργούν σωστά ή και υπερφορτώνονται με αποτέλεσμα οι εκροές να είναι ακατάλληλες για επαναχρησιμοποίηση. Το γεγονός αυτό ενέχει σημαντικούς κινδύνους για τη δημόσια υγεία και φυσικά συνεπάγεται τεράστιο περιβαλλοντικό κόστος. Στον αντίποδα, υπάρχουν περιπτώσεις που τα ανακτημένα λύματα πληρούν όλες τις προϋποθέσεις για επαναχρησιμοποίηση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές χωρίς να υπάρχει κανένας κίνδυνος για τη δημόσια υγεία.

Οι χώρες της Μεσογείου, στις οποίες η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων εξελίσσεται στα πλαίσια ενός οργανωμένου υποβάθρου, έχουν αναπτύξει και εφαρμόσει τους δικούς τους κανονισμούς και κριτήρια. Κάποιες χώρες και περιοχές (Γαλλία, Τυνησία, Ανδαλουσία, Βαλεαρίδες νήσοι και Σικελία) έχουν υιοθετήσει ορισμένα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης στηριζόμενες στις οδηγίες του WHO, ενώ κάποιες άλλες (Κύπρος, Ιταλία, Ισραήλ) βασίζονται στα πιο συντηρητικά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας (Brissaud, 2008). Άλλες χώρες απλά αναφέρονται σε κριτήρια υγείας. Οι διαφορές στους κανονισμούς των χωρών αφορούν στις γενικές απαιτήσεις, στους κανονισμούς λειτουργίας και διαχείρισης και στις προσεγγίσεις τους σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Για παράδειγμα, κάποιες χώρες έχουν στόχο την ελαχιστοποίηση οποιουδήποτε κινδύνου, ενώ κάποιες άλλες την προστασία έναντι μόνο των αναμενόμενων κινδύνων. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει σε τελείως διαφορετικά κριτήρια όχι μόνο μεταξύ των χωρών αλλά και μεταξύ διαφόρων περιοχών της ίδιας χώρας (πχ. Ιταλία).

Στια ακόλουθες παραγράφους γίνεται μια παρουσίαση των κριτηρίων που έχουν θεσπιστεί από χώρες της Ε.Ε. αλλά και της Μεσογείου.

2.3.1 Κύπρος

Στην Κύπρο έχουν θεσπιστεί αρκετά αυστηρές οδηγίες σχετικά με την ποιότητα των επαναχρησιμοποιούμενων λυμάτων, προκειμένου να εξασφαλίζεται πλήρης προστασία για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Οι οδηγίες αυτές οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τις τοπικές συνθήκες στην περιοχή είναι πιο αυστηρές από τις οδηγίες του WHO αλλά πιο ελαστικές από τους κανονισμούς της πολιτείας της Καλιφόρνιας. Οι οδηγίες της Κύπρου, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 2.16, συμπληρώνονται και με έναν Κώδικα Εφαρμογών (πίνακας 2.17) που θεωρείται μέρος της οδηγίας και σκοπό έχει την περαιτέρω διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας των ανθρώπων. Τέλος, ορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ορισμένων στοιχείων στα ανακτημένα λύματα που προορίζονται για άρδευση (πίνακας 2.18).

Όπως φαίνεται και στον πίνακα των οδηγιών τα ποιοτικά κριτήρια περιλαμβάνουν όρια και για το BOD και τα SS, παρόλο που γενικά δε θεωρούνται σημαντικές παράμετροι για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς. Η Τεχνική Επιτροπή αποφάσισε να ορίσει αυτές τις παραμέτρους για τους εξής λόγους:

1. Η διαδικασία επεξεργασίας παρακολουθείται και ελέγχεται.
2. Χαμηλές τιμές BOD και SS στην εκροή εξασφαλίζουν πιο αποτελεσματική απολύμανση και συνεπώς μεγαλύτερη προστασία έναντι των μικροοργανισμών
3. Τα συστήματα άρδευσης της Κύπρου απαιτούν σχετικά καλής ποιότητας εκροές (χαμηλή τιμή SS).

Πρέπει να σημειωθεί πως κατά τη φάση θέσπισης των οδηγιών η Τεχνική Επιτροπή αναγνώρισε πως οι παράγοντες που καθορίζουν το αποδεκτό ρίσκο για την εφαρμογή επεξεργασμένων λυμάτων ενδέχεται να αλλάξουν, η γνώση γύρω από το πραγματικό ρίσκο θα επεκταθεί και οι τεχνολογίες επεξεργασίας θα εξελιχθούν με την πάροδο του χρόνου. Για αυτό τον λόγο, η Τεχνική Επιτροπή θεωρεί πως οι οδηγίες της Κύπρου και ο Κώδικας Εφαρμογών επιδέχονται τροποποιήσεις με βάση τη γνώση και την εμπειρία που μπορούν να αποκτηθούν μέσω της έρευνας (Papadopoulos, 1997).

Πίνακας 2.16: Κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς στην Κύπρο

	BOD (mg/l)		SS (mg/l)		Περιτ. Κολοβ. /100ml		Εντερικοί σκώληκες ανά λίτρο	Απαιτούμενη επεξεργασία
Αρδευόμενη περιοχή	Όριο για 80% των δειγμάτων (1)	Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή	Όριο για 80% των δειγμάτων (1)	Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή	Όριο για 80% των δειγμάτων (1)	Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή		
Απεριόριστη άρδευση (2)	10		10		5	15	Nil	Δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια και απολύμανση
- Άρδευση λαχανικών που καταναλώνονται μαγειρεμένα (2) - Χώροι αναψυχής απεριόριστης πρόσβασης	10	15	10	15	50	100	Nil	Δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια και απολύμανση
- Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών - Χώροι αναψυχής περιορισμένης πρόσβασης	20	30	30	45	200	1000	Nil	Δευτεροβάθμια, αποθήκευση >1 εβδομάδα και απολύμανση ή τριτοβάθμια και απολύμανση
	-	-	-	-	200	1000	Nil	Σταθεροποίηση σε λίμνες ωρίμανσης με χρόνο παραμονής>30 μέρες ή δευτεροβάθμια και αποθήκευση >30 μέρες

(συνέχεια πίνακα 2.16)

	BOD (mg/l)		SS (mg/l)		Περιτ. Κολοβ. /100ml		Εντερικοί σκώληκες ανά λίτρο	Απαιτούμενη επεξεργασία
Αρδευόμενη περιοχή	Όριο για 80% των δειγμάτων	Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή	Όριο για 80% των δειγμάτων	Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή	Όριο για 80% των δειγμάτων	Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή		
Άρδευση καλλιεργειών για ζωοτροφές	20	30	30	45	1000	5000	Nil	Δευτεροβάθμια και αποθήκευση> 1 εβδομάδα ή τριτοβάθμια και απολύμανση
	-	-	-	-	1000		Nil	Σταθεροποίηση σε λίμνες ωρίμανσης με χρόνο παραμονής>30 μέρες ή δευτεροβάθμια και αποθήκευση >30 μέρες
Άρδευση βιομηχανικών καλλιεργειών	50	70	-	-	3000	10000	-	Δευτεροβάθμια και απολύμανση
	-	-	-	-	3000	10000	-	Σταθεροποίηση σε λίμνες ωρίμανσης με χρόνο παραμονής>30 μέρες ή δευτεροβάθμια και αποθήκευση >30 μέρες

1. Οι τιμές αυτές δεν πρέπει να ξεπεραστούν για το 80% των δειγμάτων το μήνα (ελάχιστος αριθμός δειγμάτων: 5)
2. Απαγορεύεται η άρδευση φυλλωδών λαχανικών, βολβών και σπόρων δημητριακών που καταναλώνονται ωμά.
3. Πατάτες, ζαχαρότευτλα κτλ.

Σημείωση: Απαγορεύεται η άρδευση λαχανικών
Απαγορεύεται η άρδευση διακοσμητικών φυτών για εμπορικούς σκοπούς
Δεν επιτρέπεται η ύπαρξη στα ανακτημένα λύματα ουσιών που συσσωρεύονται στο βρώσιμο μέρος της καλλιέργειας και είναι τοξικές για τους ανθρώπους ή τα ζώα.

Πίνακας 2.17: Κώδικας εφαρμογών για τη χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς στην Κύπρο

1. Για το διάστημα εκείνο όπου οι εκροές χρησιμοποιούνται για άρδευση, η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει να βρίσκεται συνεχώς σε ικανοποιητική και αποτελεσματική λειτουργία.
2. Στην εγκατάσταση επεξεργασίας θα πρέπει να απασχολείται έμπειρο προσωπικό το οποίο να έχει την έγκριση της κατάλληλης αρχής ότι είναι ικανό να ανταποκριθεί στα απαιτούμενα καθήκοντα.
3. Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει να παρακολουθείται κάθε μέρα και θα πρέπει να καταχωρούνται σε αρχεία όλες οι λειτουργίες
4. Οι έξοδοι του νερού, οι βάνες και οι δικλείδες του αρδευτικού συστήματος θα πρέπει να πλήρως ασφαλισμένες για να αποτραπεί η πιθανή χρήση τους από μη αρμόδια άτομα. Θα πρέπει να υπάρχει ειδική σήμανση και χρωματισμός που να προειδοποιεί το κοινό ότι το νερό είναι ακατάλληλο για πόση.
5. Δε θα πρέπει να υπάρχει καμία σύνδεση με σωλήνες του δικτύου που φέρει πόσιμο νερό. Οι σωλήνες που φέρουν τα ανακτημένα λύματα θα πρέπει να επισημαίνονται με μια κόκκινη χρώμα για να ξεχωρίζουν από αυτούς που μεταφέρουν πόσιμο νερό. Στην περίπτωση όπου οι σωλήνες μεταφοράς λυμάτων και αυτοί της ύδρευσης πρέπει να τοποθετηθούν κοντά, οι αγωγοί των ανακτημένων λυμάτων πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 0,5m κάτω από το σύστημα πόσιμου νερού.
6. Οι μέθοδοι άρδευσης και οι συνθήκες εφαρμογής διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος των αρδευόμενων εκτάσεων ως εξής:

i. Πάρκα και διακοσμητικοί κήποι σε χώρους αναψυχής απεριόριστης πρόσβασης
   - ❖ Υπόγεια άρδευση
   - ❖ Στάγδην άρδευση
   - ❖ Ψηλοί, μικρής γωνίας και χαμηλής πίεσης καταιονιστήρες

Ο καταιονισμός είναι προτιμότερο να γίνεται το βράδυ όπου δεν υπάρχει πολύς κόσμος γύρω από τις αρδευόμενες περιοχές.

ii. Πάρκα και διακοσμητικοί κήποι σε χώρους αναψυχής περιορισμένης πρόσβασης, βιομηχανικές καλλιέργειες και καλλιέργειες που προορίζονται για ζωοτροφές
   - ❖ Υπόγεια άρδευση
   - ❖ Στάγδην άρδευση
   - ❖ Επιφανειακή άρδευση
   - ❖ Καταιονισμός (τήρηση προστατευτικής ζώνης περίπου 300m)

Για τις καλλιέργειες ζωοτροφών συνίσταται η διακοπή της άρδευσης τουλάχιστον 1 εβδομάδα πριν τη συγκομιδή. Τα ζώα που παράγουν γάλα απαγορεύεται να βοσκούν σε καλλιέργειες που αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα.

iii. Αμπέλια
   - ❖ Στάγδην άρδευση
   - ❖ Καταιονισμός (η άρδευση πρέπει να σταματάει 2 εβδομάδες πριν τη συγκομιδή)

iv. Δέντρα με φρούτα που τρώγονται ωμά με τη φλούδα
   - ❖ Στάγδην άρδευση
   - ❖ Άρδευση με λάστιχα που τοποθετούνται σε αυλάκια (hose basin irrigation)
   - ❖ Άρδευση μέσω αυλακιών που τοποθετούνται γύρω από τα δέντρα και φέρουν ειδικές διατάξεις εκπομπής νερού (bubbler irrigation)

Κανένα φρούτο δεν πρέπει να συλλέγεται από το έδαφος.

v. Δέντρα με φρούτα που τρώγονται χωρίς τη φλούδα, καρύδια κτλ.
   - ❖ Στάγδην άρδευση
   - ❖ Καταιονιστήρες (η άρδευση πρέπει να διακόπτεται 1 εβδομάδα πριν τη συγκομιδή)

   Κανένα φρούτο δεν πρέπει να συλλέγεται από το έδαφος. Μπορούν επίσης να εφαρμοστούν και άλλες μέθοδοι άρδευσης.

(συνέχεια πίνακα 2.17)

7. Σε περίπτωση άρδευσης δέντρων που φέρουν φρούτα ή χώρων αναψυχής απεριόριστης πρόσβασης, απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία προκειμένου να πληρούνται τα απαιτούμενα όρια. Είναι αποδεκτές οι ακόλουθες μέθοδοι τριτοβάθμιας επεξεργασίας:
   i. Καθίζηση μέσω αποθήκευσης σε ανοικτές λεκάνες όχι για λιγότερο από 30 μέρες (χωρίς διαταραχή)
   ii. Κροκίδωση και συσσωμάτωση με ακόλουθη ταχεία διήθηση μέσω άμμου
   Οποιαδήποτε άλλη μέθοδος που μπορεί να εξασφαλίσει την ολική απομάκρυνση των εντερικών σκωλήκων και τη μείωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων σε αποδεκτά επίπεδα.
8. Θα πρέπει να εφαρμόζονται κατάλληλες μέθοδοι απολύμανσης για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Στην περίπτωση της χλωρίωσης το υπολειμματικό και το ολικό χλώριο των λυμάτων πρέπει να είναι ίσα ή να υπερβαίνουν τα 0,5 και 2mg/l στο σημείο εφαρμογής.
9. Στην εγκατάσταση επεξεργασίας θα πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες διατάξεις για τον έλεγχο των ποιοτικών παραμέτρων του νερού.

Πίνακας 2.18: Μέγιστες συγκεντρώσεις στοιχείων στα ανακτημένα λύματα που προορίζονται για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών (Fatta *et al.*, 2005)

Στοιχείο	**Συγκέντρωση σε mg/l**	**Στοιχείο**	**Συγκέντρωση σε mg/l**
Αλουμίνιο	5,0	Μόλυβδος	5,0
Αρσενικό	0,1	Λίθιο	2,5
Βηρύλλιο	0,1	Μαγγάνιο	0,2
Βόριο	0,75	Μολυβδένιο	0,01
Κάδμιο	0,01	Νικέλιο	0,2
Χρώμιο	0,1	Σελήνιο	0,02
Κοβάλτιο	0,05	Βανάδιο	0,1
Χαλκός	0,2	Ψευδάργυρος	2,0
Σίδηρος	5,6	Υδράργυρος	0,005

2.3.2 Ιταλία

Η επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων στην Ιταλία ρυθμίζεται νομοθετική σειρά κανόνων που δημοσιοποιήθηκε στις 12 Ιουνίου 2003 (Ministry Decree, D.M. n. 185/03). Τα Ιταλικά κριτήρια ακολουθούν μία σχετικά αυστηρή προσέγγιση κυρίως ως προς ορισμένα χημικά συστατικά. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα ποιοτικά κριτήρια των ανακτημένων λυμάτων ταυτίζονται με αυτά για το πόσιμο νερό. Το γεγονός αυτό δυσχεραίνει την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, ιδίως όταν για την ικανοποίηση των κριτηρίων απαιτούνται προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας μεγάλο οικονομικό κόστος. Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι η πληθώρα των παραμέτρων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη (54 παράμετροι) και τα σχετικά πρωτόκολλα παρακολούθησης. Από το σύνολο των 54 παραμέτρων το 20% έχει ίδια ποιοτικά όρια με το πόσιμο νερό, το 37% δεν λαμβάνεται υπόψη για το πόσιμο νερό ενώ η χρήση ορισμένων από αυτές (πχ. μικροβιοκτόνα) τις παραμέτρους δεν δικαιολογείται για γεωργικές εφαρμογές. Είναι λοιπόν λογικό πως το συνολικό κόστος (κατασκευαστικό, λειτουργικό και συντήρησης) που απαιτείται για την ανάκτηση, συμπεριλαμβανομένων και του κόστους μεταφοράς του νερού και ελέγχου του συστήματος, περιορίζει οποιοδήποτε όφελος από την αξιοποίηση των λυμάτων και αποτελεί τροχοπέδη για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Πρέπει επίσης να τονιστεί πως στους Ιταλικούς κανονισμούς δεν γίνεται καμία διαφοροποίηση μεταξύ των κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης λυμάτων (μη πόσιμη αστική, βιομηχανική και γεωργική χρήση). Επίσης όσον αφορά στη γεωργική χρήση δεν υπάρχει καμία διάκριση σχετικά με το είδος των καλλιεργειών που πρόκειται να αρδευτούν (περιορισμένη και απεριόριστη άρδευση) και δε δίνεται προσοχή στην επίδραση που μπορεί να έχουν οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι άρδευσης στάγδην , με καταιονισμό κτλ.) στη μείωση των υγειονομικών κινδύνων.

Στον πίνακα 2.19 παρουσιάζονται αναλυτικά τα εθνικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ιταλία και ταυτόχρονα συγκρίνονται με τα προηγούμενα που ίσχυαν στη χώρα (CITAI, 1977). Με έντονο χρώμα σημειώνονται τα κριτήρια εκείνα που ταυτίζονται πλήρως με αυτά για το πόσιμο νερό, ενώ τα μαρκαρισμένα κελία περιλαμβάνουν παραμέτρους που δε λαμβάνονται υπόψη στο πόσιμο νερό (Angelakis *et al*., 2007). Αξίζει να σημειωθεί πως οι κανονισμοί του 1977 ήταν από τους πρώτους και πιο συντηρητικούς (ως προς τα μικροβιολογικά όρια) κανονισμούς στην Ευρώπη σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση για άρδευση (Brissaud, 2008).

Πίνακας 2.19: Εθνικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ιταλία (D.M. 185/03, 2003)

	Παράμετρος	Νέα κριτήρια (2003)	Παλιά κριτήρια (1977)	Σχόλια
1.	pH	6.0-9,5	-	
2.	SAR	10,0	<15	
3.	Αδρομερή στερεά	Απουσία	-	
4.	TSS, mg/l	10,0	*	* Αρκετά μικρή συγκέντρωση για να αποφεύγεται το φράξιμο
5.	BOD_5, mg/l	20,0	-	
6.	COD, mg/l	100,0	-	
7.	Ολικός Φώσφορος, mg P/l	2,0	-	
8.	Ολικό άζωτο, mg N/l	15,0	-	
9.	Αμμωνία, mg NH_4/l	2,0	-	
10.	ECw, μS/cm	3,000	-	
11.	Αλουμίνιο, mg Al/l	1,0	-	
12.	Αρσενικό, mg As/l	0,02	-	
13.	Βάριο, mg Ba/l	10,0	-	
14.	Βόριο, mg B/l	**1,0**	-	
15.	Κάδμιο, mg Cd/l	**0,005**	-	
16.	Κοβάλτιο, mg Co/l	0,05	-	
17.	Χρώμιο, mg Cr/l	0,1	-	
18.	Χρώμιο VI, mg Cr_{VI}/l	0,005	-	
19.	Σίδηρος, mg Fe/l	2,0	-	
20.	Μαγγάνιο, mg Mn/l	0,2	-	
21.	Υδράργυρος, mg Hg/l	**0,001**	-	

(συνέχεια πίνακα 2.19)

Παράμετρος	Νέα κριτήρια (2003)	Παλιά κριτήρια (1977)	Σχόλια
22. Νικέλιο, mg Ni/l	0,2	-	
23. Μόλυβδος, mg Pb/l	0,1	-	
24. Χαλκός, mg Cu/l	**1,0**	-	
25. Σελήνιο, mg Se/l	**0,01**	-	
26. Κασσίτερος, mg Sn/l	3,0	-	
27. Θάλλιο, mg Tl/l	0,001	-	
28. Βανάδιο, mg V/l	0,1	-	
29. Ψευδάργυρος, mg Zn/l	0,5	-	
30. Κυανίδιο, mg Cn/l	**0,05**	-	
31. Υδρόθειο, mg H_2S/l	0,5	-	
32. Θειώδη ιόντα, mg SO_3/l	0,5	-	
33. Θειικά ιόντα, mg SO_4/l	500	-	
34. Υπολειμματικό χλώριο, mg/l	0,2	-	
35. Χλώριο, mg Cl/l	**250**	-	
36. Φθόριο, mg F/l	**1,5**	-	
37. Έλαια & λίπη φυτικής/ζωικής προέλευσης, mg/l	10,0	-	
38. Ορυκτέλαια, mg/l	0,05	-	
39. Φαινόλες (ολικές), mg/l	0,1	-	
40. Πενταχλωροφαινόλη, mg/l	0,003	-	
41. Αλδεΰδες (ολικές), mg/l	0,5	-	
42. Τετρα/τριχλωρο-αιθυλένιο, mg/l	**0,01**	-	
43. Χλωριωμένοι διαλύτες (ολικοί), mg/l	0,04	-	
44. TTHM, mg/l	**0,03**	-	
45. Αρωματικοί διαλύτες (ολικοί), mg/l	0,001	-	
46. Βενζένιο, mg/l	0,01	-	
47. Βενζοπυρένιο, mg/l	0,00001	-	
48. Οργανικοί νιτρικοί διαλύτες (ολικοί), mg/l	0,01	-	
49. Απολυμαντικά (ολικά), mg/l	0,5	-	
50. Χλωριωμένα βιοκτόνα, mg/l	0,0001	-	
51. Φωσφοριωμένα βιοκτόνα, mg/l	0,00001*	-	*για το καθένα ξεχωριστά
52. Άλλα βιοκτόνα (ολικά), mg/l	**0,05**	-	

(συνέχεια πίνακα 2.19)

Παράμετρος	Νέα κριτήρια (2003)	Παλιά κριτήρια (1977)	Σχόλια
53. E. Coli, UFC/100ml (80% των δειγμάτων) (τεχνητοί υδροβιότοποι) (λίμνες σταθεροποίησης)	10 * 50 100	-	* επιτρέπεται μέγιστη συγκέντρωση 100 CFU/100ml για κάθε μεμονωμένο δείγμα και για τα πρώτα 3 χρόνια εφαρμογής της νέας νομοθετικής πράξης
54. Σαλμονέλα, UFC/100ml	Απουσία	-	
- Αυγά σκουληκιών εντέρου, n/l	-	-	
- FC, UFC/100ml	-	-	
- TC, MPN/100ml	-	2 *-20	* απεριόριστη άρδευση

2.3.3 Γαλλία

Παρά το γεγονός ότι η Γαλλία είναι μία χώρα με επαρκή αποθέματα νερού και ικανοποιητικά επίπεδα βροχοπτώσεων, έχει εκδηλώσει πολύ έντονο ενδιαφέρον γύρω από θέματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων. Συνολικά έχουν υλοποιηθεί 30 έργα ανάκτησης υγρών αποβλήτων, από τα οποία τα 15 αφορούν στην εφαρμογή λυμάτων στη γεωργία, τα 9 στην άρδευση γηπέδων γκολφ και τα υπόλοιπα 6 στην άρδευση αστικών περιοχών. Ανάμεσα στους στόχους των έργων αυτών είναι η αντιμετώπιση της πίεσης των υδατικών πόρων λόγω μειωμένων βροχοπτώσεων, αύξησης του πληθυσμού και υπεράντλησης των υδροφορέων και η βελτίωση της εικόνας της περιοχής με την άρδευση αστικών εξωτερικών χώρων, τοπίων και εγκαταστάσεων αθλημάτων (Angelakis *et al.*, 2007).

Όπως συμβαίνει και με την πλειοψηφία των Ευρωπαϊκών χωρών, έτσι και στη Γαλλία δεν υπάρχει επίσημος κανονισμός σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Ωστόσο το γαλλικό συμβούλιο δημόσιας υγείας (CSHPF) εξέδωσε το 1991 τις «Συστάσεις για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, έπειτα από επεξεργασία, για την άρδευση καλλιεργειών και χώρων πρασίνου». Οι οδηγίες αυτές (πίνακας 2.20) (CSHPF, 1991) έχουν σαν βάση τα κριτήρια του WHO, στα οποία προστίθενται μία σειρά περιορισμών σε σχέση με τις εφαρμοζόμενες μεθόδους άρδευσης και τις αποστάσεις μεταξύ αρδευόμενης και κατοικημένων περιοχών (Bontoux and Courtois, 1996).

Πίνακας 2.20: Οδηγία επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στη Γαλλία, (CHSPF, 1991)

Ποιότητα νερού	Κριτήρια	Μέθοδος άρδευσης	Είδος αρδευόμενων καλλιεργειών	Επεξεργασία
A	• ≤ εντερικό νηματώδες αυγό/l • ≤ 1000 FC/100ml	• Μέθοδοι άρδευσης που εξασφαλίζουν ελάχιστη επαφή καλλιεργειών και ανακτημένου νερού: μικρής πίεσης καταιονιστήρες, επιφανειακή άρδευση, αυλάκια • Απόσταση από κατοικημένες περιοχές >100m	• Οπωροφόρα δέντρα, βοσκότοποι, βρώσιμες καλλιέργειες που καταναλώνονται ωμές κτλ. • Γήπεδα αθλητισμού, γήπεδα γκολφ, και χώροι πρασίνου απεριόριστης πρόσβασης	Λίμνες σταθεροποίησης με χρόνο παραμονής >30 ημέρες ή κάτι ισοδύναμο
B	• ≤ εντερικό νηματώδες αυγό/l	• Επιφανειακή ή άρδευση μέσω αυλακιών • Καταιονισμός όταν η περίπτωση διασποράς είναι μικρή: απόσταση από κατοικημένες περιοχές >100m, φράχτες κτλ.	• Οπωροφόρα δέντρα, δημητριακά, ζωοτροφές, φυτώρια και βρώσιμες καλλιέργειες που δεν καταναλώνονται ωμές. • Γήπεδα εφόσον η άρδευση διακόπτεται αρκετές βδομάδες πριν από την πρόσβαση	Λίμνες σταθεροποίησης με χρόνο παραμονής >10 ημέρες ή κάτι ισοδύναμο
C	Κανένα	Επιφανειακή ή υπόγεια στάγδην άρδευση	• Δημητριακά, βιομηχανικές καλλιέργειες, ζωοτροφές, οπωροφόρα δέντρα. • Δάση και χώροι πρασίνου περιορισμένης πρόσβασης	-

Πρέπει να σημειωθεί πως οι παραπάνω συστάσεις είναι υπό αναθεώρηση και σύμφωνα με την τελευταία πρόχειρη έκδοση (Νοέμβριος 2000), οι νέοι κανονισμοί θα είναι πιο αυστηροί. Οι βασικότερες αλλαγές θα είναι οι εξής:

1. Υποχρεωτική δευτεροβάθμια επεξεργασία πριν από κάθε αρδευτική χρήση.SS<35 mg/l και ολικό COD<125mg/l, για λίμνες αερισμού: SS<150mg/l, διαλυμένο COD<125mg/l, E.coli<1000/100ml και μηδενική συγκέντρωση από Salmonella και αυγά Taenia.
2. Εισάγονται τέσσερις κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης από τις τρεις που περιέχει η οδηγία του WHO. Πιο συγκεκριμένα:
   - A (E.coli<1000/100ml και μηδενική συγκέντρωση από Salmonella και αυγά Taenia). Άρδευση λαχανικών και μικρών φρούτων που καταναλώνονται ωμα, άρδευση βοσκότοπων, ράντισμα οπωροφόρων δέντρων, άρδευση δημόσιων χώρων, αθλητικών εγκαταστάσεων και γηπέδων γκολφ.
   - B (E.coli<1000/100ml). Άρδευση λαχανικών και μικρών φρούτων που μαγειρεύονται ή παστεριώνονται πριν την κατανάλωση, ράντισμα φυτών, φυτώριων, δημητριακών και ζωοτροφών.

- C (E.coli<10000/100ml). Άρδευση (όχι ράντισμα) φυτών, φυτώριων, δημητριακών και ζωοτροφών.
- D (κανένα μικροβιολογικό κριτήριο). Άρδευση (όχι ράντισμα) δασών με περιορισμένη πρόσβαση κοινού.

Οι περιορισμοί σχετικά με το ράντισμα μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με την ποιότητα του νερού (Brissaud, 2008).

2.3.4 Ισπανία

Τα ανακτημένα λύματα στην Ισπανία χρησιμοποιούνται κυρίως για άρδευση καλλιεργειών, άρδευση γηπέδων γκολφ, τροφοδοσία υπόγειων υδροφορέων (για την αντιμετώπιση φαινομένων υφαλμύρισης), και για την αύξηση της ροής των ρεμάτων. Πιο συγκεκριμένα, έχουν πραγματοποιηθεί πάνω από 126 προγράμματα επαναχρησιμοποίησης εκ των οποίων (σύμφωνα με στοιχεία του 2004) το 79,2% αφορά στη χρήση λυμάτων για γεωργικούς σκοπούς, το 8,1% για αστική χρήση, το 6,0% για χρήσεις αναψυχής και άρδευση γηπέδων γκολφ, το 0,7% για βιομηχανική και το 6,0% για περιβαλλοντική χρήση.

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κανονισμός από τις κεντρικές αρχές σχετικά με τις συνθήκες επαναχρησιμοποίησης πέρα από την εντολή του ‘Water Act’ (1985) που διευκρινίζει ότι ‘*η Κυβέρνηση θα θέσει τους όρους επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και ανάλογα με την εφαρμογή των λυμάτων αυτών θα καθορίσει και τα απαιτούμενα ποιοτικά κριτήρια’*. Το 1996 το Υπουργείο Περιβάλλοντος (MMA) εξέδωσε μία πρόταση κανονισμών η οποία εγκρίθηκε από το Εθνικό Συμβούλιο και αποτέλεσε αντικείμενο περαιτέρω συζητήσεων για διάφορες επιτροπές. Το 1999 ένα νομοθετικό διάταγμα (του Royal Decree) επηρέασε σημαντικά τους ισχύοντες κανονισμούς σε διάφορες αυτόνομες περιοχές (πχ Καταλονία και Βαλεαρίδες) και παρόλο που δεν κατάφερε να μετεξελιχθεί σε σειρά νόμιμων κανονισμών αποτέλεσε τη βάση για κανονισμούς σε άλλο επίπεδο από τις Ισπανικές αρχές.

Τον Ιούνιο του 2005 το Υπουργείο Περιβάλλοντος (MMA) οργάνωσε μια σύσκεψη για την περαιτέρω συζήτηση των προτάσεων που είχε εκδώσει το Royal Degree το 1999 και την ανάλυση των επιπτώσεων που έχει στην ανθρώπινη υγεία η επαναχρησιμοποίησης ανακτημένων λυμάτων. Έπειτα δύο αρμόδιοι οργανισμοί (AEAS Reuse Group και CEDEX) παρουσίασαν μία πρόταση για αναθεώρηση των πρόχειρων κανονισμών του Royal Degree η οποία αποτέλεσε βάση για περαιτέρω δουλειά από το Υπουργείο Περιβάλλοντος. Το αποτέλεσμα αυτής της δουλειάς είναι το ισχύον ρυθμιστικό έργο. Πρέπει να τονιστεί πως πριν από κάθε εφαρμογή της πρότασης αυτής θα πρέπει να γίνεται διεξοδική συζήτηση με τα Υπουργεία Υγείας και Γεωργίας και με τις διάφορες αυτόνομες τοπικές αρχές για πιθανές αλλαγές σε διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά (Esteban and Ortega de Miguel, 2008).

Τα φυσικοχημικά και βιολογικά κριτήρια που περιλαμβάνονται στην πρόταση του Υπουργείου Περιβάλλοντος παρουσιάζονται στον πίνακα 2.21. Η πρόταση περιλαμβάνει 12 κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης οι οποίες κατατάσσονται σε 5 βασικές ομάδες:

1. Αστική χρήση
2. Γεωργική χρήση
3. Βιομηχανική χρήση
4. Χρήσεις αναψυχής
5. Περιβαλλοντική χρήση

Τα ελάχιστα αποδεκτά όρια για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης καθορίζονται με βάση τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Βιολογικές παράμετροι: νηματοειδή εντερικά αυγά και E.coli.
- Φυσικοχημικές παράμετροι: αιωρούμενα στερεά και θολότητα

Επίσης στην πρόταση λαμβάνονται υπόψη και οι παρακάτω παράμετροι:

- *Legionella spp.*: σε περιπτώσεις χρήσεις για βιομηχανική ψύξη ή σε εκείνες τις περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος από τον ψεκασμό.
- *Taenia solium*: σε περιπτώσεις άρδευσης βοσκοτόπων για ζώα που δίνουν γάλα ή κρέας.
- *Ολικός φώσφορος*: για περιβαλλοντικές και χρήσεις αναψυχής (λίμνες, αύξηση ροής κτλ.).
- *Ολικό άζωτο*: σε περιπτώσεις τροφοδοσία υδροφορέων.

Πίνακας 2.21. Ποιοτικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων στην Ισπανία (πρόταση Υπουργείου Περιβάλλοντος, Φεβρουάριος 2006)

Χρήσεις ανακτημένων λυμάτων (1)	Βιολογική ποιότητα (2)		Φυσικοχημική ποιότητα (2)		Άλλα κριτήρια
	Νηματοειδή εντερικά αυγά (3)	E.coli (ufc/100ml)	Αιωρούμενα στερεά (mg/l)	Θολότητα (NTU)	
1. Αστική χρήση (4)					
- Οικιακή: πότισμα κήπων, καθαρισμός τουαλέτας, κεντρική θέρμανση, συστήματα ψύξης αέρα, κ.α.	< 1 αυγό/10l	0	<10	<2	Legionella spp.(σε περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος από τον ψεκασμό)<1000 ufc/l
- Αστικές υπηρεσίες: πότισμα πάρκων, παιδικών χαρών κτλ., πλύσιμο δρόμων, πυροπροστασία, σιντριβάνια και διακόσμηση, βιομηχανικό πλύσιμο αυτοκινήτων.	< 1 αυγό/10l	<200	<20	<10	Legionella spp.(σε περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος από τον ψεκασμό)<1000 ufc/l

(συνέχεια πίνακα 2.21)

Χρήσεις ανακτημένων λυμάτων (1)	Βιολογική ποιότητα (2)		Φυσικοχημική ποιότητα (2)		Άλλα κριτήρια
	Νηματοειδή εντερικά αυγά (3)	E.coli (ufc/100ml)	Αιωρούμενα στερεά (mg/l)	Θολότητα (NTU)	
2. Γεωργική χρήση					
- Άρδευση καλλιεργειών θερμοκηπίων, βρώσιμων καλλιεργειών που καταναλώνονται ωμές, οπωροφόρων δέντρων που ποτίζονται με καταιονισμό. (5)	< 1 αυγό/10l	<200	<20	<10	Legionella spp.(σε περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος από τον ψεκασμό)<1000 ufc/l
- Άρδευση βοσκοτόπων που προορίζονται για ζώα που δίνουν γάλα ή κρέας, άρδευση καλλιεργειών που θα περάσουν από βιομηχανίες κονσερβοποίησης και προϊόντων που δεν καταναλώνονται ωμά, άρδευση οπωροφόρων δέντρων με μεθόδους εκτός του καταιονισμού (5), υδροβιότοποι. (6)	< 1 αυγό/1l	<1000	<35	Δεν τίθενται όρια	Taenia saginata και Taenia solium (σε περιπτώσεις άρδευσης βοσκοτόπων για ζώα που δίνουν γάλα ή κρέας) <1 αυγό/l
- Άρδευση βιομηχανικών καλλιεργειών, φυτωρίων, ζωοτροφών, σιτηρών και ελαιόκαρπου, ανάπτυξη διακοσμητικών φυτών.	< 1 αυγό/1l	<10000	<35	Δεν τίθενται όρια	-
3. Βιομηχανική χρήση (7)					
- Βιομηχανική ψύξη εκτός από τη βιομηχανία τροφίμων.	Δεν τίθενται όρια	<10000	<35	<15	Legionella spp. <100 ufc/l

(συνέχεια πίνακα 2.21)

Χρήσεις ανακτημένων λυμάτων (1)	Βιολογική ποιότητα (2)		Φυσικοχημική ποιότητα (2)		Άλλα κριτήρια
	Νηματοειδή εντερικά αυγά (3)	E.coli (ufc/100ml)	Αιωρούμενα στερεά (mg/l)	Θολότητα (NTU)	
4. Χρήσεις αναψυχής (8)					
- Πότισμα γηπέδων γκολφ. (9)	< 1 αυγό/10l	<200	<20	<10	-
- Λίμνες, αύξηση ροής για χρήσεις αναψυχής όπου επιτρέπεται η πρόσβαση στο κοινό (εξαιρούνται οι περιπτώσεις κολύμβησης) (10)	< 1 αυγό/10l	<200	<20	<10	Legionella spp.(σε περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος από τον ψεκασμό)<1000 ufc/l Ολικός φώσφορος (στην περίπτωση στάσιμων νερών)<2 mg/l
- Λίμνες, αύξηση ροής για περιπτώσεις όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού. (10)	Δεν τίθενται όρια	<10000	<35	Δεν τίθενται όρια	Ολικός φώσφορος (στην περίπτωση στάσιμων νερών)<2 mg/l
5. Τροφοδοσία υδροφορέων					
- Τροφοδοσία υδροφορέων με τοπική διήθηση στο έδαφος. (11)	Δεν τίθενται όρια	<1000	<35	Δεν τίθενται όρια	Ολικό άζωτο <35 mg/l
- Τροφοδοσία υδροφορέων με άμεση έγχυση.	< 1 αυγό/1l	0	<10	<2	Ολικό άζωτο <15 mg/l
- Άρδευση δασότοπων, πράσινων ζωνών και άλλων παρόμοιων χώρων στους οποίους δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού. Δασοπονία.	Δεν τίθενται όρια	Δεν τίθενται όρια	<35	Δεν τίθενται όρια	-

1. Οι χρήσεις που προτείνονται δεν είναι οι μόνες δυνατές για τα ανακτημένα λύματα. Για οποιαδήποτε άλλη χρήση που δεν αναφέρεται μπορεί να καθοριστούν συγκεκριμένοι κανονισμοί από τις αρμόδιες αρχές.
2. Τα προτεινόμενα ποιοτικά κριτήρια είναι τα ελάχιστα απαιτούμενα. Σε περίπτωση που οι αρμόδιες αρχές κρίνουν το κρίνουν ορθό, μπορούν να εφαρμόσουν ακόμα πιο αυστηρά όρια.
3. Στην κατηγορία των εντερικών νηματοειδών ανήκουν και τα Ancylostama (νηματοσκώληκας), Trichuris και Ascaris (νηματόζωο).
4. Τα ανακτημένα λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οικιακή χρήση, με εξαίρεση την ανθρώπινη κατανάλωση η οποία μπορεί να επιτραπεί μόνο σε περιπτώσεις έκτατης ανάγκης ή καταστροφών. Εν όψει των αναμενόμενων κινδύνων από μια τέτοια χρήση, οι αρχές πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή κατά την έκδοση μιας τέτοιας άδειας και στην εξασφάλιση ότι οι απαιτούμενες συνθήκες επαναχρησιμοποίησης βρίσκονται υπό αυστηρό έλεγχο.
5. Στην περίπτωση τοπικής άρδευσης (όπου το νερό εφαρμόζεται άμεσα στο σημείο του εδάφους όπου αναπτύσσεται το φυτό, πχ. στάγδην άρδευση) υιοθετούνται τα κριτήρια της περίπτωσης 2.iii.
6. Απαγορεύεται η χρήση ανακτημένων λυμάτων για την καλλιέργεια σαλιγκαριών σε υδροβιότοπους. (aquaculture)
7. Απαγορεύεται η επαναχρησιμοποίηση ανακτημένων λυμάτων για βιομηχανική ψύξη σε βιομηχανίες τροφίμων ή παρόμοιες βιομηχανίες. Για τις βιομηχανικές χρήσεις που δεν περιλαμβάνονται στον πίνακα, εφαρμόζονται τα κριτήρια που έχει ορίσει το 'Prevention of Occupational Risks Act'.
8. Για άλλες περιβαλλοντικές χρήσεις όπως είναι η διατήρηση των υδροβιότοπων, τα ελάχιστα απαιτούμενα κριτήρια μελετώνται ξεχωριστά για κάθε περίπτωση.
9. Στην περίπτωση που δεν εφαρμόζεται καταιονισμός (όταν το νερό εφαρμόζεται απευθείας στο σημείο ανάπτυξης του φυτού, πχ. στάγδην άρδευση) υιοθετούνται τα κριτήρια της περίπτωσης 2.iii.
10. Εκτός από την απαιτούμενη συμμόρφωση με τις παραμέτρους που αναφέρονται στον πίνακα, τα επαναχρησιμοποιούμενα λύματα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από οσμές.
11. Η τροφοδοσία των υδροφορέων με διήθηση στο έδαφος απαιτεί κατάλληλο υπόστρωμα πάχους 1,5m.

Τέλος θα πρέπει να τονιστεί πως οι τοπικές αρχές σε τρεις αυτόνομες περιοχές της Ισπανίας, στην Ανδαλουσία, στην Καταλονία και στις Βαλεαρίδες νήσους έχουν θεσπίσει περιφερειακές οδηγίες για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς. Οι οδηγίες αυτές βασίζονται κυρίως στην προσέγγιση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO, 1989) ενώ τα κριτήρια που θέτει η Καταλονία είναι λίγο πιο αυστηρά από αυτά που προτείνει το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Ισπανίας. Στον πίνακα 2.22 παρουσιάζονται αναλυτικά τα κριτήρια ποιότητας για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ανδαλουσία.

Πίνακας 2.22: Οδηγίες ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ανδαλουσία (Brissaud, 2008)

Κατηγορία εφαρμογής	Περιττωματικά κολοβακτηρίδα/100 ml	Νηματοειδή εντερικά αυγά /100ml
Άρδευση αθλητικών χώρων και πάρκων με πρόσβαση κοινού	<200	<1
Λαχανικά που καταναλώνονται ωμά	<1000	<1
Παραγωγή βιομάζας που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση και ψύξη σε ανοιχτά κυκλώματα	<1000	-
Λίμνες αναψυχής	<2000	<1
Ψύξη σε ημίκλειστα κυκλώματα	<10000	-
Βιομηχανικές καλλιέργειες, δημητριακά, ξηρές ζωοτροφές, δάση και λαχανικά που κονσερβοποιούνται ή μαγειρεύονται	-	<1
Άρδευση περιοχών πρασίνου χωρίς πρόσβαση κοινού, παραγωγή βιομάζας που δεν προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση και άρδευση χώρων που απαγορεύεται η πρόσβαση	-	-

2.3.5 Πορτογαλία

Οι πορτογαλικοί κανονισμοί σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων δημοσιεύτηκαν τον Ιανουάριο του 2006 ως 'Πορτογαλικά κριτήρια NP 4436'. Τα κριτήρια αυτά αφορούν τη χρήση ανακτημένων λυμάτων για την άρδευση καλλιεργειών και εξωτερικών χώρων. Είναι ο πρώτος κανονισμός της Πορτογαλίας που δίνει έμφαση όχι μόνα στα ποιοτικά κριτήρια των ανακτημένων λυμάτων αλλά και στη μέθοδο άρδευσης, στην προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, και στον έλεγχο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Marecos do Monte, 2007).

Σύμφωνα με την οδηγία NP 4436 οι καλλιέργειες ταξινομούνται σε τέσσερις επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο του κινδύνου μόλυνσης από τα επεξεργασμένα λύματα:

Κατηγορία Α: λαχανικά που καταναλώνονται ωμά

Κατηγορία Β: δημόσια πάρκα και κήποι, αθλητικές εγκαταστάσεις, δάση με δημόσια πρόσβαση

Κατηγορία Γ: λαχανικά που μαγειρεύονται, ζωοτροφές, αμπέλια, οπωροφόρα δέντρα

Κατηγορία Δ: δημητριακά (εκτός από ρύζι), λαχανικά που υφίστανται επεξεργασία πριν την κατανάλωση, καλλιέργειες για βιομηχανίες υφασμάτων, καλλιέργειες για την εξαγωγή λαδιού, δάση και γρασίδια σε περιοχές με δύσκολή ή ελεγχόμενη πρόσβαση κοινού.

Τα λαχανικά των οποίων το βρώσιμο τμήμα βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος δεν περιλαμβάνονται στην κατηγορία Α και η άρδευση τους απαγορεύεται από τον κανονισμό NP 4434. Για τις καλλιέργειες της κατηγορίας Α επιτρέπεται μόνο η στάγδην άρδευση. Αναλυτικά τα ποιοτικά κριτήρια των ανακτημένων λυμάτων για τη χρήση τους για αρδευτικούς σκοπούς παρουσιάζονται στον πίνακα 2.23.

Πίνακας 2.23. Μικροβιολογική ποιότητα επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων που προορίζονται για άρδευση (Οδηγίες Πορτογαλίας, NP 4436)

Κατηγορία καλλιέργειας	FC (NMP ή cfu/100ml)	Εντερικά αυγά (eggs/l)	Επεξεργασία	Παρατηρήσεις
Α	100	1	• Δευτεροβάθμια-Διήθηση-Απολύμανση ή • Τριτοβάθμια- Διήθηση-Απολύμανση	• Προτιμάται η απολύμανση με UV(αυτοκαθαριζόμενοι λαμπτήρες) ή O_3 παρά η χλωρίωση.
Β	200	1	• Δευτεροβάθμια-Διήθηση-Απολύμανση ή • Τριτοβάθμια- Διήθηση-Απολύμανση	• Προτιμάται η απολύμανση με UV(αυτοκαθαριζόμενοι λαμπτήρες) ή O_3 παρά η χλωρίωση. • Αποφυγή επαφής κοινού κατά την άρδευση.

(συνέχεια πίνακα 2.23)

Κατηγορία καλλιέργειας	FC (NMP ή cfu/100ml)	Εντερικά αυγά (eggs/l)	Επεξεργασία	Παρατηρήσεις
Γ	10^3	1	• Δευτεροβάθμια-Διήθηση-Απολύμανση ή • Τριτοβάθμια- Διήθηση-Απολύμανση ή • Λίμνες σταθεροποίησης ($\geq$3 λίμνες και $t_R \geq$ 25μέρες)	• Προτιμάται η απολύμανση με UV(αυτοκαθαριζόμενοι λαμπτήρες) ή O_3 παρά η χλωρίωση. • Αποφυγή επαφής κοινού κατά την άρδευση. • Κατά την άρδευση αμπελώνων και οπωροφόρων πρέπει αποφεύγεται η επαφή με τον καρπό. • Φρούτα που πέφτουν στο έδαφος δεν πρέπει να συλλέγονται.
Δ	10^4	1	• Δευτεροβάθμια-λίμνες ωρίμανσης ($t_R \geq$ 10μέρες) ή • Δευτεροβάθμια-Διήθηση-Απολύμανση	• Προτιμάται η απολύμανση με UV(αυτοκαθαριζόμενοι λαμπτήρες) ή O_3 παρά η χλωρίωση. • Αποφυγή επαφής κοινού κατά την άρδευση.

2.3.6 Ισραήλ

Λόγω των σημαντικών φαινομένων λειψυδρίας, των ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένων αστικών περιοχών και της έντονης αγροτικής δραστηριότητας, μια από τις βασικότερες προτεραιότητες του Ισραήλ είναι η επεξεργασία και η ανάκτηση των αστικών λυμάτων. Πιο συγκεκριμένα, μέχρι πρότινος, περίπου το 70% των υγρών αποβλήτων του Ισραήλ χρησιμοποιούνταν(έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία) για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων.

Σήμερα υπάρχουν περίπου 500 εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στο Ισραήλ, από τις οποίες περίπου οι 35 χρησιμοποιούν προηγμένες μεθόδους επεξεργασίας. Οι κανονισμοί που προκηρύχτηκαν από το Υπουργείο Υγείας το 1992 απαιτούν δευτεροβάθμια επεξεργασία με BOD και TSS εκροών 20mg/l και 30 mg/l αντίστοιχα για τις αστικές και αγροτικές περιοχές στις οποίες ο πληθυσμός υπερβαίνει τις 10000 κατοίκους. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων χρησιμοποιούν συστήματα ενεργού ιλύος ή αναερόβιες λίμνες σταθεροποίησης, ενώ σε αυτές μπορεί να λαμβάνει χώρα απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Έπειτα από την επεξεργασία, τα ανακτημένα λύματα αποθηκεύονται σε εποχιακούς ταμιευτήρες, οι οποίοι επίσης εξυπηρετούν στη ρύθμιση της σταθερής ροής και της εποχιακής ζήτησης νερού για άρδευση.

Όσον αφορά στους κανονισμούς που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων στο Ισραήλ, το 1999 το Υπουργείο Υγείας αναθεώρησε τους παλιότερους κανονισμούς (1974). Ωστόσο, προκειμένου να προωθηθεί η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, τον Ιούλιο του 2000 η επιτροπή του Υπουργείου Οικονομικών ασχολήθηκε με την αναθεώρηση των υπαρχόντων κανονισμών και τη σύσταση νέων σχετικά με την χρήση ανακτημένων λυμάτων για άρδευση ή για διάθεση σε ποτάμια και άλλους αποδέκτες. Οι κανονισμοί έγιναν αποδεκτοί από την Κυβέρνηση του Ισραήλ τον Απρίλιο του 2005.

Τα απαιτούμενα κριτήρια έχουν ως βασικό στόχο την εξασφάλιση ελάχιστης φθοράς στις υδατικές πηγές, τη χλωρίδα και την πανίδα και προϋποθέτουν πολύ υψηλά επίπεδα επεξεργασίας στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Βασικός στόχος είναι η επεξεργασία του 100% των λυμάτων σε τέτοιο βαθμό που να επιτρέπει την απεριόριστη άρδευση και ταυτόχρονα να μη θέτει σε κίνδυνο το έδαφος και τους υδατικούς πόρους. Τα προτεινόμενα κριτήρια (πίνακας 2.24) περιλαμβάνουν 36 βιολογικές και χημικές παραμέτρους που ταξινομούνται σε τρεις επιμέρους κατηγορίες:

1. *Οργανικό φορτίο, θρεπτικά συστατικά και παθογόνα:* BOD, TSS, χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD), περιττωματικά κολοβακτηρίδια, διαλυμένο οξυγόνο, υπολειμματικό χλώριο, έλαια και λίπη, ολικό άζωτο, αμμωνία και ολικός φώσφορος.
2. *Άλατα:* ηλεκτρική αγωγιμότητα (TDS), ρυθμός απορρόφησης νατρίου (SAR), χλώριο, νάτριο, βόριο και φθόριο.
3. *Βαρέα μέταλλα:* αρσενικό, βάριο, υδράργυρος, χρώμιο, νικέλιο, σελήνιο, μόλυβδος, κάδμιο, ψευδάργυρος, σίδηρος, χαλκός, μαγγάνιο, αλουμίνιο, μολυβδένιο, βανάδιο, βηρύλλιο, κοβάλτιο, λίθιο και κυανίδιο.

Προκειμένου να επιτευχθούν οι προτεινόμενες τιμές, η ποιότητα της εκροής θα πρέπει να αναβαθμιστεί ανάλογα με το είδος των επιμέρους παραμέτρων. Όσον αφορά στα προτεινόμενα όρια για το οργανικό φορτίο, τα θρεπτικά συστατικά και τα παθογόνα, αυτά μπορούν να επιτευχθούν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων υπό τις υπάρχουσες συνθήκες λειτουργίας . Για την επίτευξη των ορίων για τα άλατα και τα βαρέα μέταλλα, θα πρέπει να γίνεται ειδική διαχείριση στην πηγή. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια έχει γίνει αναπτυχθεί μία σειρά νέων κανονισμών (από το Υπουργείο Περιβάλλοντος σε συνεργασία με άλλα Υπουργεία) που σκοπό έχει τη βελτίωση της ποιότητας των αποβλήτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι κανονισμοί βασίζονται σε Ευρωπαϊκά δεδομένα (πχ. κανονισμοί που περιορίζουν τη διάθεση βαρέων μετάλλων), ενώ σε άλλες απευθύνονται πλήρως στις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στο Ισραήλ (πχ. κανονισμοί που απαγορεύουν τη διάθεση άλμης στο αποχετευτικό δίκτυο και κανονισμοί που επιβάλλουν όρια στις συγκεντρώσεις χλωρίου, βορίου και νατρίου στα απορρυπαντικά) (Inbar, 2007).

Πίνακας 2.24: Νέα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στο Ισραήλ (μέσος όρος) *

Παράμετρος	Μονάδες	Απεριόριστη άρδευση *	Ποτάμια
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	dS/m	1,4	-
BOD	mg/l	10	10
TSS	mg/l	10	10
COD	mg/l	100	70
$N\text{-}NH_4$	mg/l	20	1,5
Ολικό άζωτο	mg/l	25	10
Ολικός φώσφορος	mg/l	5	1,0
Χλώριο	mg/l	250	400
Φθόριο	mg/l	2	-
Νάτριο	mg/l	150	200
Περιττωματικά κολοβακτηρίδια	MPN/100ml	10	200

(συνέχεια πίνακα 2.24)

Παράμετρος	Μονάδες	Απεριόριστη άρδευση *	Ποτάμια
Διαλυμένο οξυγόνο	mg/l	>0,5	>3
pH	mg/l	6,5-8,5	7,0-8,5
Υπολειμματικό χλώριο	mg/l	1	0,05
Ανιονικό απορρυπαντικό	mg/l	2	0,5
Λίπη και έλαια	mg/l	-	1
SAR	(mmol/L)0,5	5	-
Βόριο	mg/l	0,4	-
Αρσενικό	mg/l	0,1	0,1
Υδράργυρος	mg/l	0,002	0,0005
Χρώμιο	mg/l	0,1	0,05
Νικέλιο	mg/l	0,2	0,05
Σελήνιο	mg/l	0,02	-
Μόλυβδος	mg/l	0,1	0,008
Κάδμιο	mg/l	0,01	0,005
Ψευδάργυρος	mg/l	2	0,2
Σίδηρος	mg/l	2	-
Χαλκός	mg/l	0,2	0,02
Μαγγάνιο	mg/l	0,2	-
Αλουμίνιο	mg/l	5	-
Μολυβδένιο	mg/l	0,01	-
Βανάδιο	mg/l	0,1	-
Βηρύλλιο	mg/l	0,1	-
Κοβάλτιο	mg/l	0,05	-
Λίθιο	mg/l	2,5	-
Κυανίδιο	mg/l	0,1	0,005

* Από σχετικές μελέτες για το έδαφος, τη χλωρίδα, την υδρολογία και τη δημόσια υγεία

2.3.7 Τυνησία

Λόγω της αστικής, τουριστικής και βιομηχανικής ανάπτυξης και της συνεπαγόμενης αύξησης της παροχής των υγρών αποβλήτων, η επαναχρησιμοποίηση κυρίως οικιακών λυμάτων στην Τυνησία (κυρίως για γεωργικούς σκοπούς) κερδίζει συνεχώς έδαφος. Εξαιτίας του υψηλού απαιτούμενου κόστους στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των αποβλήτων λαμβάνει χώρα μόνο δευτεροβάθμια επεξεργασία. Πιο συγκεκριμένα ορισμένες διαθέτουν συστήματα ενεργού ιλύος ενώ άλλες βιολογικά φίλτρα ή επαμφοτερίζουσες λίμνες ή αεριζόμενες λίμνες ή οξειδωτικές τάφρους.

Η χρήση ανακτημένων λυμάτων στην Τυνησία ρυθμίζεται από το Water Code (Μάρτιος 1975), από το διάταγμα του 1989 (28 Ιουλίου 1989), από τα τυνησιακά κριτήρια για τη χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων στη γεωργία (18 Μαΐου 1989) , από μια λίστα καλλιεργειών που μπορούν να αρδευτούν με ανακτημένα λύματα (Υπουργείο Γεωργίας, 21 Ιουνίου 1994) και από μία λίστα απαιτήσεων για την εφαρμογή επεξεργασμένων λυμάτων στη γεωργία (28 Σεπτεμβρίου 1995). Γενικά απαγορεύεται η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση λαχανικών που πρόκειται να καταναλωθούν ωμά. Τα ανακτημένα λύματα χρησιμοποιούνται για την άρδευση αμπελώνων, εσπεριδοειδών και άλλων δέντρων (ελιές, ροδακινιές, αχλαδιές, μηλιές, ροδιές κτλ.), καλλιεργειών που προορίζονται για ζωοτροφές (τριφύλλι, ζαχαρόχορτο κτλ.), βιομηχανικών καλλιεργειών (βαμβάκι, καπνός, ζαχαρότευτλα κτλ.), δημητριακών, γηπέδων γκολφ και κήπων ξενοδοχείων.

Το διάταγμα του 1989 περιγράφει εκτενώς τα προληπτικά μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας αγροτών και καταναλωτών. Επίσης προβλέπεται ο έλεγχος της φυσικής, χημικής και βιολογικής ποιότητας των εκροών και των αρδευόμενων καλλιεργειών: ανάλυση φυσικοχημικών παραμέτρων μία φορά το μήνα, των ιχνοστοιχείων μία φορά στους έξι μήνες και των αυγών των εντερικών σκωλήκων κάθε δύο εβδομάδες κτλ. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται καταιονιστήρες, πρέπει να προβλέπονται κατάλληλες ζώνες ασφαλείας. Τέλος, σε εκτάσεις που αρδεύονται με ανακτημένα λύματα απαγορεύεται η ελεύθερη βοσκή. Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 2.25), συνοψίζονται τα Τυνησιακά κριτήρια (Angelakis, *et al.*, 1999).

Πίνακας 2.25: Τυνησιακά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων στη γεωργία

Παράμετρος [1]	Μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση
pH	6,5-8,5
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μS/cm)	7000
Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD)	90 [2,3]
Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5)	30 [2,3]
Αιωρούμενα στερεά (SS)	30 [3]
Χλώριο (Cl)	2000
Φθόριο (F)	3
Αλογονημένοι υδρογονάνθρακες	0,001
Αρσενικό (As)	0,1
Βόριο (B)	3
Κάδμιο (Cd)	0,01
Κοβάλτιο (Co)	0,1
Χρώμιο (Cr)	0,1
Χαλκός (Cu)	0,5
Σίδηρος (Fe)	5
Μαγγάνιο (Mn)	0,5
Υδράργυρος (Hg)	0,001
Νικέλιο (Ni)	0,2
Μόλυβδος (Pb)	1
Σελήνιο (Se)	0,05
Ψευδάργυρος (Zn)|	5
Εντερικοί νηματοειδείς (αριθμητικός μέσος αυγών ανά λίτρο)	<1

1. Όλες οι μονάδες σε mg/l εκτός και αν διευκρινίζεται κάτι διαφορετικό
2. 24ωρο δείγμα
3. Με εξαίρεση ειδική εξουσιοδότηση για τις λίμνες σταθεροποίησης

2.3.8 Τουρκία

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων νομιμοποιήθηκε επισήμως στην Τουρκία το 1991 μέσω ενός κανονισμού που εξέδωσε το Υπουργείο Περιβάλλοντος και αφορά στη χρήση ανακτημένων λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς. Σύμφωνα με τους κανονισμούς για την εφαρμογή επεξεργασμένων λυμάτων θα πρέπει να υπάρξει προηγουμένως γραπτή έγκριση από αρμόδιους κυβερνητικούς οργανισμούς. Όσον αφορά στα ποιοτικά κριτήρια που πρέπει να πληρούνται για την εφαρμογή ανακτημένων λυμάτων για άρδευση, η Τουρκία έχει υιοθετήσει τους κανονισμούς του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO, 1989) με εξαίρεση τα όρια για τους εντερικούς νηματοειδείς και το υπολειμματικό χλώριο. Επίσης, η Τουρκία έχει θέσει όρια για τις μέγιστες επιτρεπτές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και τοξικών ουσιών (πίνακας 2.26), ενώ μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους που πρέπει να ελέγχονται είναι η συγκέντρωση σε Βόριο. Τέλος, ο κανονισμός προδιαγράφει κριτήρια καταλληλότητας επαναχρησιμοποίησης βιομηχανικών λυμάτων και κριτήρια για το αν απαιτείται ή όχι απολύμανση των αστικών λυμάτων πριν την εφαρμογή τους. Τα ποιοτικά κριτήρια των επεξεργασμένων λυμάτων που προορίζονται για άρδευση με βάση τους κανονισμούς της Τουρκίας, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.27.

Αξίζει να σημειωθεί πως παρόλο που τα εθνικά ποιοτικά κριτήρια που αφορούν στην άρδευση έχουν θεσμοθετηθεί από το 1991, έως σήμερα δεν έχει εκδηλωθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον απέναντι στην επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, καθώς η Τουρκία δεν έχει βιώσει ακόμα σημαντικά φαινόμενα λειψυδρίας (Emwater Project, 2004).

Πίνακας 2.26: Μέγιστες συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών που εμπεριέχονται στις εκροές που προορίζονται για άρδευση

Στοιχείο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)	Στοιχείο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Αλουμίνιο (Al)	5,0	Μόλυβδος (Pb)	5,0
Αρσενικό (As)	0,1	Λίθιο (Li)	2,5
Βηρύλλιο (Be)	0,1	Μαγγάνιο (Mn)	0,2
Κάδμιο (Cd)	0,01	Μολυβδένιο (Mo)	0,01
Χρώμιο (Cr)	0,1	Νικέλιο (Ni)	0,2
Κοβάλτιο (Co)	0,05	Σελήνιο (Se)	0,02
Χαλκός (Cu)	0,2	Βανάδιο (V)	0,1
Φθόριο (F)	1,0	Ψευδάργυρος (Zn)	2,0
Σίδηρος (Fe)	5,0		

Πίνακας 2.27: Ποιοτικά κριτήρια εκροών που προορίζονται για άρδευση

Ποιοτικά κριτήρια εκροών	Εκροή 1ης τάξης (πολύ καλή)	Εκροή 2ης τάξης (καλή)	Εκροή 3ης τάξης (εφαρμόσιμη)	Εκροή 4ης τάξης (εφαρμόσιμη με προσοχή)	Εκροή 5ης τάξης (δεν μπορεί να εφαρμοστεί)
ECw (μS/cm)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
Ποσοστό Νατρίου (%Na)	<20	20-40	40-60	60-80	>80
Ρυθμός απορρόφησης νατρίου (SAR)	<10	10-18	18-26	<26	
Υπολειμματικό ανθρακικό νάτριο (meq/l) (mg/l)	 <1,25 <66	 1,25-2,5 66-133	 >2,5 >133	 12-20 625-710	
Χλώριο (Cl) (meq/l) (mg/l)	 0-4 0-142	 4-7 142-249	 7-12 249-426	 12-20 626-710	 >20 >710
Θειικά ιόντα (SO_4) (meq/l) (mg/l)	 0-4 0-192	 4-7 192-336	 7-12 336-575	 12-20 576-960	 >20 >960
Ολικά άλατα (TDS) (mg/l)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100
Συγκέντρωση Βορίου [1] (mg/l)	0-0,5	0,5-1,12	1,12-2,0	2,0	-
NO_3 ή NH_4	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
FC/100ml	0-2	2-20	20-102	102-103	>103
BOD_5 (mg/l)	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) (mg/l)	20	30	45	60	>100
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6-9	<6 ή >9
Θερμοκρασία (^oC)	30	30	35	40	>40

1. Όσον αφορά στη συγκέντρωση του Βορίου, γίνεται πιο λεπτομερής ταξινόμηση των εκροών που προορίζονται για άρδευση.

2.3.9 Ελλάδα

Τα νομοθετήματα που, μέχρι πρότινος, είχαν θεσπιστεί στην Ελλάδα ήταν όλα σχετικά με την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων και κανένα δεν έκανε αναφορά σε θέματα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων. Το 2000 διεξήχθη στη χώρα μας μία προκαταρκτική μελέτη για την ανάπτυξη κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης, τα οποία όμως δεν εφαρμόστηκαν ποτέ (Αγγελάκης κ.ά., 2000). Ωστόσο τον Οκτώβριο του 2009 δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης η τροποποίηση της περίπτωσης (γ) της παρ. 1 του άρθρου 8 της υπ' αριθμ. Ε1β/221/65 Υγειονομικής Διάταξης.

Η νέα νομοθεσία (Δ.ΥΓ2/Γ.Π.οικ. 133551) ορίζει ότι απαγορεύεται η είσοδος ανθρώπων και ζώων στις περιοχές που διατίθενται τα απόβλητα εκτός και αν αυτά έχουν επεξεργαστεί κατάλληλα και φέρουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πίνακα 2.28. Στις περιπτώσεις που πληρούνται τα όρια του πίνακα, μπορεί να εφαρμοστεί οποιαδήποτε μέθοδος άρδευσης ακόμα και ο καταιονισμός (ΦΕΚ, 2008).

Πίνακας 2.28: Απαιτήσεις ποιότητας σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία Δ.ΥΓ2/Γ.Π.οικ. 133551

Όρια ολικών κολοβακτηριδίων	Άλλες παράμετροι	Απαιτούμενη κατ' ελάχιστον επεξεργασία
• ≤ 2/100 ml για το 90% των δειγμάτων. • Τα ολικά κολοβακτηρίδια δε θα πρέπει να ξεπερνούν τα 20 ανά 100 ml σε περισσότερα του ενός δείγματα για οποιοδήποτε συνεχές χρονικό διάστημα 2 μηνών.	• BOD_5 <10 mg/l • SS <10 mg/l	• Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία και κροκίδωση και διήθηση και απολύμανση • Οι παραπάνω διεργασίες να λαμβάνουν χώρα με τη σειρά που αναγράφονται • Η ταχύτητα διήθησης να μην υπερβαίνει τα 8 μέτρα ανά ώρα ($m^3/m^2/h$) κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών και των ολικών κολοβακτηριδίων απαιτείται τουλάχιστον μία δειγματοληψία ανά τρεις ημέρες και για το BOD_5 μία ανά επτά ημέρες (για μικρά νησιά αρκεί μια δειγματοληψία ανά επτά ημέρες για όλες τις παραμέτρους). Στους χώρους που αρδεύονται με τα ανακτημένα λύματα πρέπει να υπάρχει ειδική σήμανση, στα ελληνικά και στα αγγλικά, που να προειδοποιεί ότι το νερό είναι ανακυκλωμένο και συνεπώς ακατάλληλο για πόση. Επίσης οι σωλήνες που μεταφέρουν τα επεξεργασμένα λύματα (και οι κρουνοί βρύσης) θα πρέπει να έχουν ιώδες χρώμα για να διαφοροποιούνται από τις σωληνώσεις του δικτύου ύδρευσης.

2.4 Προτεινόμενα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Κρήτη

Τα όρια που επιβάλλει η ελληνική νομοθεσία (βλ. παράγραφος 2.3.9) έχουν απώτερο στόχο την ελαχιστοποίηση του κινδύνου για τη δημόσια υγεία και για το λόγο αυτό είναι υπερβολικά αυστηρά. Η θέσπιση τόσο αυστηρών κριτηρίων αποτελεί μονόδρομο, δεδομένου ότι δε γίνεται κανένας διαχωρισμός σχετικά με το είδος των αρδευόμενων καλλιεργειών και τη μέθοδο άρδευσης. Ωστόσο, η αυστηρότητα των ορίων της νομοθεσίας, όχι μόνο δυσχεραίνει την υιοθέτησή τους από τις αρμόδιες τοπικές αρχές, αλλά τις προδιαθέτει και αρνητικά γύρω από την πρακτική της ανακύκλωσης των λυμάτων.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, για τον στρατηγικό σχεδιασμό της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων σε επίπεδο Κρήτης, εξετάζεται η άρδευση με ανακτημένα λύματα μόνο τριών ειδών καλλιεργειών: της ελιάς, του σταφυλιού και του μαρουλιού. Οι δύο πρώτες καλλιέργειες επιλέχθηκαν να μελετηθούν επειδή είναι οι πιο δημοφιλείς στην νήσο Κρήτη. Επιπλέον, το μαρούλι παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά την άρδευσή του με επεξεργασμένα απόβλητα, καθώς ανήκει στην κατηγορία των λαχανικών που καταναλώνονται ωμά.

Προφανώς, θεωρήθηκε τελείως ανούσια η υιοθέτηση ίδιων κριτηρίων για λύματα που προορίζονται για άρδευση ελαιώνων και για λύματα που θα αρδεύσουν κηπευτικά. Η ελιά, σε αντίθεση με το μαρούλι, δε βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος (και συνεπώς το βρώσιμο τμήμα της δεν έρχεται σε επαφή με τα λύματα) και στην περίπτωση της παραγωγής του λαδιού υφίσταται σημαντικές διεργασίες πριν από την κατανάλωσή της. Η εφαρμογή τριών διαφορετικών κριτηρίων για τα τρία είδη καλλιεργειών αποτελεί σίγουρα μια πιο ρεαλιστική αντιμετώπιση. Έτσι κάνοντας μια γενική αποτίμηση των κανονισμών που έχουν θεσπιστεί ανά τον κόσμο, προτείνονται τα κριτήρια του πίνακα 2.29. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι και στις τρεις περιπτώσεις συνίσταται η στάγδην ή η υποεπιφανειακή άρδευση και η αποφυγή του καταιονισμού. Η άρδευση με καταιονισμό δεν προτιμάται προκειμένου να αποφευχθεί η επαφή του νερού με τον καρπό και να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών στους αγρότες, στους καταναλωτές και στους κατοίκους των γύρω περιοχών.

Πίνακας 2.29: Απαιτήσεις ποιότητας σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία Δ.ΥΓ2/Γ.Π.οικ. 133551.

	Ελιά	Αμπέλι	Μαρούλι
Μέθοδος επεξεργασίας	Δευτεροβάθμια και απολύμανση	Δευτεροβάθμια και απολύμανση	Δευτεροβάθμια, κροκίδωση, συσσωμάτωση, καθίζηση, διήθηση και απολύμανση
BOD_5 (mg/l)	≤20	≤20	≤10
TSS (mg/l)	≤30	≤30	≤10
Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC/100ml)	100	100	1
Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)	≤1	≤1	≤1

Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου σχεδίου σχετίζεται άμεσα με το κλίμα συνεργασίας που θα αναπτυχθεί με τους αγρότες. Σε καμία περίπτωση η διαθεσιμότητα νερού δεν πρέπει να ωθήσει τους αγρότες σε προσθήκη άλλων ειδών καλλιεργειών πέρα από αυτές που θεωρούνται κατάλληλες για άρδευση με τη συγκεκριμένη ποιότητα νερού που διαθέτουν. Η αποφυγή δυσάρεστων επιπτώσεων για τη υγεία τόσο των καταναλωτών όσο και των αγροτών, θα μπορούσε να επιτευχθεί με την ευαισθητοποίηση των αγροτών γύρω από θέματα υγείας και υγιεινής και την ενημέρωση τους για τους τεράστιους κινδύνους που ενέχει η ανεξέλεγκτη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων σε καλλιέργειες που απαιτούν υψηλότερης ποιότητας νερό.

Κεφάλαιο 3
Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων στην Κρήτη-διαστασιολόγηση έργου

3.1 Δεδομένα από ΕΕΛ Κρήτης

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας μελετήθηκε η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης της εκροής από 15 Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ)στην Κρήτη. Το σύνολο των μονάδων επεξεργασίας του νησιού είναι μεγαλύτερο, ωστόσο αυτές που μελετήθηκαν είναι οι πιο μεγάλες από πλευράς δυναμικότητας. Τα στοιχεία σχετικά με τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της εκροής αντλήθηκαν από τις διάφορες Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης- Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) κατά τη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης, και αφορούν πάντα τις πιο πρόσφατες μετρήσεις.

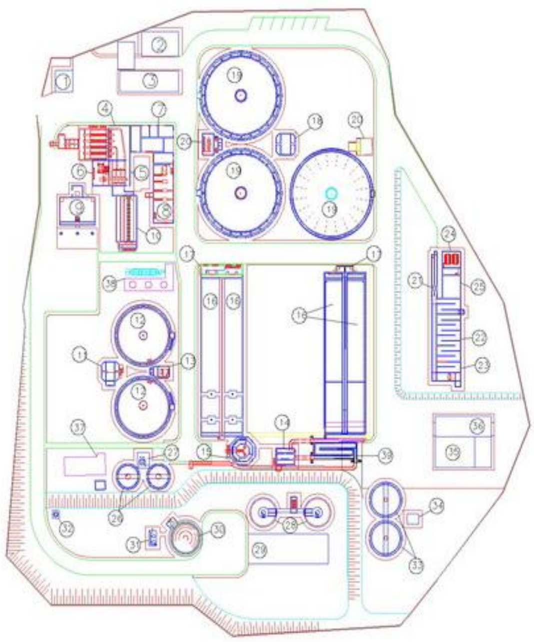
3.1.1 Νομός Χανίων

Από το νομό Χανίων μελετήθηκαν τέσσερις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων: στα Χανιά, στο Γεράνι, στην Κίσσαμο και στις Καλύβες.

3.1.1.1 ΕΕΛ Χανίων

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων των Χανίων και της ευρύτερης περιοχής βρίσκεται στο ΒΑ άκρο της πόλης και έχει σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση 117.500 ισοδύναμων κατοίκων (105500 κάτοικοι + 5000 Ι.Κ. από βιομηχανικά απόβλητα + 7000 Ι.Κ. από βοθρολύματα). Η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος και της λάσπης με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης. Τα βασικότερα τμήματα της εγκατάστασης είναι τα εξής:

- 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



Εικόνα 3.1: Γενική διάταξη ΕΕΛ Χανίων

Πίνακας 3.1: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Χανίων

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	26000 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή	18329 m^3/d
Μέγιστη ημερήσια παροχή	22194 m^3/d
Παροχή θέρους	20725 m^3/d
Παροχή χειμώνα	15820 m^3/d
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος	473764 kg/μήνα

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των λύματα και της ιλύος παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 3.1 (σημ. τα περισσότερα αφορούν μετρήσεις της ΔΕΥΑ Χανίων για το έτος 2007). Επίσης, η ΔΕΥΑ Χανίων διενεργεί μετρήσεις ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων από τις εγκαταστάσεις του Βιολογικού καθαρισμού και προσδιορίζει έτσι για κάθε μήνα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής. Τακτικές μετρήσεις για κάθε μήνα του έτους 2008, για 8 ποιοτικές παραμέτρους, έδωσαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Χανίων

Μήνας	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	$N\text{-}NH_4$ (mg/l)	$N\text{-}NO_3$ (mg/l)	$N\text{-}NO_2$ (mg/l)	NTK (mg/l)	Ptot (mg/l)
Ιανουάριος	14	6	37	0.09	8.76	0.008	1.74	4.33
Φεβρουάριος	9	8	24	0.06	8.9	0.01	1.15	4.9
Μάρτιος	13	22	42	0.80	9.7	0.009	2	6.3
Απρίλιος	9	8	49	0.37	9.18	0.008	1.79	5.13
Μάιος	4	3	21	0.246	8.86	0.009	1.75	7.5
Ιούνιος	3	4	16	0.336	6.97	0.008	1.68	7.5
Ιούλιος	4	7	24	0.55	5.9	0.073	2.44	7.36
Αύγουστος	5	5	15	0.97	5.37	0.014	2.00	5.28
Σεπτέμβριος	4	6	18	0.29	4.8	0.008	1.53	5.2
Οκτώβριος	6	5	23	0.69	5.38	0.187	1.70	9.30
Νοέμβριος	13	7	24	0.41	6.70	0.247	1.68	8.8
Δεκέμβριος	11	15	23	2.9	5.27	0.202	3.84	11.15
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	**8**	**8**	**26**	**0.64**	**7.15**	**0.06**	**1.94**	**6.90**
Περιβαλλοντικά όρια	<35	<25	<125	<2	Δεν τίθεται όριο	Δεν τίθεται όριο	Δεν τίθεται όριο	Δεν τίθεται όριο

Γνωρίζοντας επιπλέον τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εισερχόμενων λυμάτων προκύπτουν τα παρακάτω ποσοστά απομάκρυνσης των ρυπαντικών φορτίων:

- BOD → 98%
- COD → 95%

- TSS → 97%
- N-NH_4 → 98%
- NTK → 95%
- Ptot → 41%

Όσον αφορά στα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, σύμφωνα με τη ΔΕΥΑ Χανίων, μετά την απολύμανση η μικροβιολογική ποιότητα της εκροής αντιστοιχεί σε επίπεδα πόσιμων επιφανειακών νερών, δηλαδή το πλήθος των περιττωματικών κολοβακτηριδίων είναι <100 FC/100 ml. Στοιχεία για τα ολικά κολοβακτηρίδια (TC) δεν είναι διαθέσιμα.

3.1.1.2 ΕΕΛ Γερανίου

Ο βιολογικός καθαρισμός στο Γεράνι, του οποίου φορέας διαχείρισης είναι η Διαδημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Βορείου Άξονα (ΔΕΥΑΒΑ), δέχεται λύματα από τους Δήμους Πλατανιά, Νέας Κυδωνίας, Βουκολιών και Κολυμβαρίου. Κατά κύριο λόγω η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων εξυπηρετεί τις ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις και ένα μέρος των κατοικιών ενώ υπάρχουν σχέδια για μελλοντική επέκταση του έργου. Τα λύματα είναι μόνο αστικά (όχι βοθρολύματα) και υφίστανται δευτεροβάθμια επεξεργασία σε δεξαμενή παρατεταμένου αερισμού, χλωρίωση και μετέπειτα αποχλωρίωση. Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της εκροής, τα οποία αντλήθηκαν από τη ΔΕΥΑΒΑ, παρουσιάζονται στους πίνακες 3.3 και 3.4. Μικροβιολογικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό των ολικών και περιττωματικών κολοβακτηριδίων δεν πραγματοποιούνται προς το παρόν στην εγκατάσταση.

Πίνακας 3.3: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Γερανίου

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	16000 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	6500 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	2500 m^3/d
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος (μόνο το καλοκαίρι)	360000 kg/μήνα (85-86% υγρασία)

Πίνακας 3.4: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Γερανίου

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)
Εύρος τιμών	1-15	15-50	4-15	2-20	2-12	< 0.03
Μέση τιμή	5	23	9	10	6	< 0.03

Παρόλο που μέχρι τώρα δεν πραγματοποιείται καμία επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων, ωστόσο υπάρχει πρόθεση για μελλοντική επαναχρησιμοποίηση εντός της εγκατάστασης.

3.1.1.3. ΕΕΛ Κισάμου

Παρά το γεγονός ότι η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της περιοχής του κόλπου Κισάμου δεν έχει τεθεί ακόμα σε λειτουργία, υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία από την προκαταρκτική μελέτη του έργου. Η εγκατάσταση έχει μελετηθεί και κατασκευασθεί για την εξυπηρέτηση 10000 ισοδύναμων κατοίκων, με πρόβλεψη για μελλοντική επέκταση. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς η μέση και η μέγιστη ημερήσια παροχή για το καλοκαίρι και το χειμώνα θα είναι οι εξής:

Πίνακας 3.5: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Κισάμου (δεδομένα μελέτης σχεδιασμού)

Παράμετροι	Τιμές
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	1428 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	758 m^3/d
Μέγιστη ημερήσια παροχή (θέρος)	2199 m^3/d
Μέγιστη ημερήσια παροχή (χειμώνας)	1119 m^3/d

Τα λύματα έπειτα από την επεξεργασία τους (δεξαμενή αερισμού, δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, και δεξαμενή χλωρίωσης) θα πρέπει να έχουν τα παρακάτω ποιοτικά χαρακτηριστικά:

- BOD_5< 20 mg/l
- TSS< 30 mg/l
- Ntot< 8 mg/l
- NH_3< 3mg/l

3.1.1.4. ΕΕΛ Καλυβών

Στην ΕΕΛ Καλυβών του δήμου Αρμένων τα εισερχόμενα λύματα δεν υφίστανται βιολογική επεξεργασία. Λαμβάνει χώρα η ηλεκτρολυτική μέθοδος διαχείρισης των λυμάτων που στηρίζεται στην παραγωγή ισχυρών οξειδωτικών, μέσω ηλεκτροδίων, τα οποία αρχικά καταστρέφουν τις οσμές και έπειτα με υγρή καύση καίγεται το οργανικό φορτίο των αποβλήτων χωρίς να παράγεται λυματολάσπη. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά και έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά λυμάτων που έχουν υποστεί τριτοβάθμια επεξεργασία. Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων συνοψίζονται στον πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Καλυβών

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	600 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	480 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	160 m^3/d

Στην εγκατάσταση δεν πραγματοποιούνται συνεχείς μετρήσεις των ποιοτικών παραμέτρων των επεξεργασμένων λυμάτων. Ωστόσο με βάση τα στοιχεία από τη μελέτη της ΕΕΛ και την απόδοση της ηλεκτρολυτικής μεθόδου, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής αναμένεται είναι πολύ κοντά στις τιμές του πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Καλυβών (δεδομένα μελέτης σχεδιασμού)

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμ. Cl_2 (mg/l)	Ολικά κολοβ. (TC/100ml)	Περιττωματικά κολοβ. (FC/100ml)
Μέση τιμή	<5	<85	<35	<10 (μείωση >75%)	<3 (μείωση >75%)	Πολύ χαμηλή συγκέντρωση	μη ανιχνεύσιμα	μη ανιχνεύσιμα

3.1.2 Νομός Ρεθύμνου

Από το Νομό Ρεθύμνου μελετήθηκαν οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων του Ρεθύμνου, του Μπαλίου, του Πάνορμου και του Πλακιά.

3.1.2.1 ΕΕΛ Ρεθύμνου

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Ρεθύμνου, που βρίσκεται σε λειτουργία από το 1995, δέχεται τα λύματα της πόλης του Ρεθύμνου, μέρος των λυμάτων της ξενοδοχειακής ζώνης του Δήμου Αρκαδίου, βοθρολύματα, λάσπες και βιομηχανικά απόβλητα. Η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος. Πιο αναλυτικά, τα βασικότερα τμήματα της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα:

- Φρεάτιο εισόδου
- Εσχάρωση
- Εξάμμωση/Λιποσυλλογή
- Βιοαντιδραστήρες ενεργού ιλύος (πέρα από την οξείδωση των οργανικών λαμβάνει χώρα νιτροποίηση, απονιτροποίηση και μερική απομάκρυνση φωσφόρου)
- Δεξαμενές τελικής καθίζησης
- Δεξαμενή χλωρίωσης

Πρόσφατα στοιχεία σχετικά με τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων, υπάρχουν διαθέσιμα από τη ΔΕΥΑ Ρεθύμνου, και συνοψίζονται στον πίνακα 3.8.

Πίνακας 3.8: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Ρεθύμνου

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	17880 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	13000m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	9000 m^3/d
Ποσότητα ιλύος μετά την ξήρανση	6 tn/d

Η ΔΕΥΑ Ρεθύμνου πραγματοποιεί μετρήσεις σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων. Τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία (Σεπτέμβριος 2009) αφορούν οκτώ ποιοτικές παραμέτρους και την διακύμανση που αυτές παρουσιάζουν κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Πίνακας 3.9: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Ρεθύμνου

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	$N\text{-}NH_4$ (mg/l)	$N\text{-}NO_3$ (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)
Εύρος τιμών	<15	50-90	5-15	1-20	3-10	2-5	0.6-0.8
Μέση τιμή	<15	70	10	1.5	3.5	3.5	0.7

Όσον αφορά στα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, η ΔΕΥΑ Ρεθύμνου πραγματοποιεί σχετικές μετρήσεις και διαθέτει στοιχεία σχετικά με τα ολικά και περιττωματικά κολοβακτηρίδια (μέσος όρος):

- Ολικά κολοβακτηρίδια (Total Coliforms): 200 cfu/100ml
- Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (Faecal Coliforms) : 25 cfu/100ml

3.1.2.2. ΕΕΛ Μπαλίου

Στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Μπαλίου (οικισμός του Δήμου Γεροποτάμου στο ανατολικό Ρέθυμνο) λαμβάνει χώρα δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων χωρίς περεταίρω απολύμανση αυτών. Τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής αντλήθηκαν από τη ΔΕΥΑ Ρεθύμνου και παρουσιάζονται στους πίνακες 3.10 και 3.11 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.10: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Μπαλίου

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	5000 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	1000 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	200 m^3/d

Πίνακας 3.11: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Μπαλίου

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	$N\text{-}NO_3$ (mg/l)	NH_4 (mg/l)	Ptot (mg/l)
Μέση τιμή	20	60	20	5	<1	2

Όσον αφορά στη μικροβιολογική ποιότητα της επεξεργασμένων λυμάτων , παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων αναμένεται να είναι υψηλή λόγω απουσίας διεργασίας απολύμανσης.

3.1.2.3 ΕΕΛ Πάνορμου

Ο Πάνορμος βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νομού Ρεθύμνου και ανήκει στο Δήμο Γεροποτάμου. Στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Πάνορμου πραγματοποιείται δευτεροβάθμια επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων χωρίς να έχει προηγηθεί η απολύμανσή τους. Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της εκροής , τα οποία αντλήθηκαν από τη ΔΕΥΑ Ρεθύμνου, είναι σε γενικές γραμμές όμοια με αυτά της εγκατάστασης επεξεργασίας του Μπαλίου.

Πίνακας 3.12: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Πανόρμου

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	5000 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	800 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	200 m^3/d

Πίνακας 3.13: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Πανόρμου

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	$N\text{-}NO_3$ (mg/l)	NH_4 (mg/l)	Ptot (mg/l)
Μέση τιμή	20	60	20	5	<1	2

Η ΔΕΥΑ Ρεθύμνου δεν πραγματοποιεί μετρήσεις για τον προσδιορισμό της μικροβιολογικής ποιότητας της εκροής. Παρόλα αυτά, δεδομένου ότι τα λύματα δεν υφίστανται καμία διεργασία απολύμανσης, η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων να αναμένεται είναι ιδιαίτερα υψηλή ($\geq 10^6$ FC/100 ml).

3.1.2.4 ΕΕΛ Πλακιά

Ο Πλακιάς βρίσκεται στο νότιο τμήμα του Νομού Ρεθύμνου και ανήκει στο Δήμο Φοίνικα. Στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Πλακιά λαμβάνει χώρα δευτεροβάθμια επεξεργασία και χλωρίωση ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιείται απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων, τα οποία αντλήθηκαν από τη ΔΕΥΑ Ρεθύμνου παρουσιάζονται στους πίνακες 3.14 και 3.15 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.14: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Πλακιά

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	1000 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	800 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	100 m^3/d
Παραγωγή ιλύος	200 tn/έτος (DS 8%)

Πίνακας 3.15: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Πανόρμου

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	N-NO_3 (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)
Εύρος τιμών	<10	40-60	<10	2-5	1-3	0,4-0,6

Μετά την απολύμανση, η μικροβιολογική ποιότητα της εκροής είναι ικανοποιητική καθώς για το πλήθος των περιττωματικών κολοβακτηριδίων ισχύει ότι FC: <100cfu /100ml.

3.1.3 Νομός Ηρακλείου

Από το Νομό Ηρακλείου μελετήθηκαν οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων της πόλης του Ηρακλείου, της Χερσονήσου και των Μαλίων.

3.1.3.1 ΕΕΛ Ηρακλείου

Ο βιολογικός καθαρισμός του Ηρακλείου, που λειτουργεί από το 1996 είναι από τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων στην Ελλάδα και από τις πιο σύγχρονες στην Μεσόγειο. Βρίσκεται στην περιοχή της Φοινικιάς και δέχεται λύματα από τους Δήμους Ηρακλείου, Αλικαρνασσού και Γαζίου. Έχει να σχεδιαστεί να επεξεργάζεται τα λύματα και βοθρολύματα 164.000 ισοδύναμων κατοίκων. Οι βασικότερες επιμέρους μονάδες επεξεργασίας από τις οποίες διέρχονται τα εισερχόμενα λύματα είναι οι εξής:

- Αντλιοστάσιο εισόδου
- Κτίριο εσχαρών
- Αμμοσυλλέκτη/Λιποσυλλέκτη
- Δεξαμενές πρωτοβάθμια καθίζησης
- Δεξαμενές αερισμού
- Δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης
- Φρεάτιο Χλωρίωσης

Η εκροή διοχετεύεται με αγωγό εκβολής μήκους 1000 μέτρων από την ακτή στη θάλασσα. Τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων αντλήθηκαν από την ΔΕΥΑΗ και παρουσιάζονται στους πίνακες 3.16 και 3.17 αντίστοιχα. Μικροβιολογικές αναλύσεις δεν πραγματοποιούνται στο βιολογικό καθαρισμό του Ηρακλείου.

Πίνακας 3.16: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Ηρακλείου

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού (αρχική μελέτη) *	32000 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	47089 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	30530 m^3/d

* Η παροχή σχεδιασμού είναι αυτή που προέκυψε από την αρχική μελέτη. Η μέση παροχή τους θερινούς μήνες είναι πολύ μεγαλύτερη και είναι αυτή που θα χρησιμοποιηθεί για την διαστασιολόγηση του έργου.

Πίνακας 3.17: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Ηρακλείου

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)
Εύρος τιμών	1-26	6-131	10-100	16-83	2-12	0-2
Μέση τιμή	12	51	23	42	4	0,2

3.1.3.2 ΕΕΛ Χερσονήσου

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Χερσονήσου βρίσκεται σε λειτουργία από το 2001. Πέρα από τα λύματα της περιοχής της Χερσονήσου, η εγκατάσταση δέχεται και το 35% των βοθρολυμάτων του Ν. Ηρακλείου. Τα εισερχόμενα λύματα υφίστανται δευτεροβάθμια επεξεργασία (μέθοδος ενεργού ιλύος), χλωρίωση και τριτοβάθμια επεξεργασία (διήθηση). Η Χερσόνησος είναι η πρώτη περιοχή στην Ελλάδα που μετά από εγκεκριμένες μελέτες και ανώτερη επεξεργασία διαθέτει την εκροή για άρδευση ελαιώνων και παρόδιας βλάστησης.

Τα στοιχεία για τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων αντλήθηκαν από τη ΔΕΥΑ Χερσονήσου και συνοψίζονται στον πίνακα 3.18.

Πίνακας 3.18: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Χερσονήσου

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	12000 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	5000-6000m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	1000 m^3/d
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος	150000-200000 kg/μήνα

Η ΔΕΥΑ Χερσονήσου πραγματοποιεί μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών στα επεξεργασμένα απόβλητα. Στον πίνακα 3.19 παρουσιάζεται μέση τιμή και η ετήσια διακύμανση για οκτώ ποιοτικές και δύο μικροβιολογικές παραμέτρους.

Πίνακας 3.19: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Χερσονήσου

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμ. Cl_2 (mg/l)	Ολικά κολοβ. (TC/100ml)	Περιττωματικά κολοβ. (FC/100ml)
Εύρος τιμών	2-18	10-60	4-14	0.8-14	0.15-8.8	0.02-0.8	15-390	5-120
Μέση τιμή	6.5	33	7.5	5.4	2.5	0.3	175	60

3.1.3.3 ΕΕΛ Μαλίων

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στα Μάλια βρίσκεται στην περιοχή Λούτρες και έχει σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση 20000 Ισοδύναμων Κατοίκων. Τα εισερχόμενα λύματα υφίστανται βιολογική επεξεργασία και έπειτα απολύμανση με UV ακτινοβολία. Τα λύματα πριν την διάθεση τους υπόκεινται και σε χλωρίωση. Στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων των Μαλίων, πραγματοποιείται επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση των ελαιώνων της περιοχής. Πρόσφατα στοιχεία σχετικά με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων αντλήθηκαν από τη ΔΕΥΑ Μαλίων και παρουσιάζονται στους πίνακες 3.20 και 3.21 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.20: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Μαλίων

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	5400 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	1100m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	300 m^3/d
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος (καλοκαίρι)	1tn/d

Πίνακας 3.21: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Μαλίων

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100ml)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC/100ml)
Εύρος τιμών	7-17	9-43	6-12		0,88-10,5	0,6-1		
Μέση τιμή	<10		<10	4,5	7	<1	<100	<10

* Τα κενά κελιά του πίνακα υποδεικνύουν μη διαθέσιμα στοιχεία.

3.1.4 Νομός Λασιθίου

Από το νομό Λασιθίου μελετήθηκαν πέντε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων: του Αγίου Νικολάου, της Ελούντας, των Λιμνών και της Ιεράπετρας.

3.1.4.1 ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Αγίου Νικολάου βρίσκεται νότια-νοτιοδυτικά της πόλης, σε απόσταση 700m από τον κόλπο του Αγίου Νικολάου. Εκτός από την πόλη του Αγίου Νικολάου, η εγκατάσταση εξυπηρετεί το δημοτικό διαμέρισμα Κριτσάς ενώ υπάρχει πρόβλεψη για μεταφορά των προεπεξεργασμένων λυμάτων του δημοτικού διαμερίσματος Καλού χωριού και των λυμάτων Μάσα και Έξω Λακωνίων. Τα βασικότερα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων της μονάδας είναι τα εξής:

- Μονάδα υποδοχής βοθρολυμάτων
- Αντλιοστάσιο εισόδου

- Εσχάρωση
- Εξάμμωση
- Δεξαμενές αερισμού
- Δεξαμενή τελικής καθίζησης
- Δεξαμενή χλωρίωσης

Μετά την απολύμανση τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται στον κόλπο Μεραμβέλλου μέσω υποθαλάσσιου αγωγού. Ωστόσο, υπάρχει μελέτη για την εγκατάσταση μονάδας τριτοβάθμιας επεξεργασίας που θα εξασφαλίζει την ποσοτική και ποιοτική εκροή για άρδευση της γύρω περιοχής (2500 στρέμματα σε 1^{η} φάση). Σύμφωνα με τελευταία στοιχεία της ΔΕΥΑΑΝ τα λύματα έχουν τα παρακάτω ποσοτικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 3.22: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού (θέρος)	8000 m^3/d
Παροχή σχεδιασμού (καλοκαίρι)	3600 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	3700 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	2200 m^3/d
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος	108000 kg/μήνα

Επίσης η ΔΕΥΑΑΝ πραγματοποιεί μετρήσεις σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.23 αφορούν πρόσφατες μετρήσεις οκτώ ποιοτικών και μίας μικροβιολογικής παραμέτρου.

Πίνακας 3.23: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100ml)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC/100ml)
Εύρος τιμών	5-33	25-160	10-36	2.3-34	1.2-11.9	0.2-0.8	2-16	-
Μέση τιμή	27	81	28	22	5.7	0.4	8.5	-

3.1.4.2 ΕΕΛ Ελούντας

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Ελούντας τέθηκε σε λειτουργία το 2000 και έχει σχεδιαστεί να εξυπηρετεί σε πρώτη φάση ισοδύναμο πληθυσμό 1000 ατόμων το χειμώνα και 2500 το καλοκαίρι και σε δεύτερη φάση ισοδύναμο πληθυσμό 6000 ατόμων κατά τους θερινούς μήνες. Η μέθοδος επεξεργασίας των λυμάτων είναι αυτή της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό. Τα επιμέρους στάδια επεξεργασίας είναι τα ακόλουθα:

- Φρεάτιο εισόδου
- Εσχάρωση
- Αμμοσυλλέκτης
- Δεξαμενή αερισμού-απονιτροποίησης
- Δευτεροβάθμια καθίζηση
- Χλωρίωση

Η επεξεργασμένη εκροή διατίθεται προσωρινά σε δύο γεωτρήσεις εντός της εγκατάστασης. Ωστόσο προβλέπεται βελτίωση της υφιστάμενης εγκατάστασης και προσθήκη μονάδας τριτοβάθμιας επεξεργασίας, με σκοπό τη διάθεση της εκροής στο αρδευτικό δίκτυο της περιοχής και σε δύο γεωτρήσεις (εντός του γηπέδου της ΕΕΛ) για την τροφοδοσία του υδροφορέα.

Η ΔΕΥΑ Αγίου Νικολάου (ΔΕΥΑΑΝ) που έχει την ευθύνη λειτουργίας και συντήρησης του βιολογικού καθαρισμού της Ελούντας, διαθέτει στοιχεία για την ποσότητα των λυμάτων και την ποιότητα της εκροής. Τα στοιχεία αυτά αφορούν τις πιο πρόσφατες μετρήσεις και παρουσιάζονται στους πίνακες 3.24 και 3.25 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.24: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Ελούντας

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού (θέρος)	1000 m^3/d
Παροχή σχεδιασμού (χειμώνας)	130 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	250m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	150 m^3/d
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος	16600 kg/μήνα

Πίνακας 3.25: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Ελούντας

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100ml)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC/100ml)
Εύρος τιμών	12-41	30-70	18-52	5.8-36	1.8-6.4	0.1-0.5	8-12	-
Μέση τιμή	29	53	31	29	3.4	0.3	9	-

3.1.4.3 ΕΕΛ Λιμνών

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων των Λιμνών, της οποίας την ευθύνη λειτουργίας και συντήρηση έχει η ΔΕΥΑ Αγίου Νικολάου (ΔΕΥΑΑΝ), εξυπηρετεί την τέως κοινότητα Λιμνών και τους οικισμούς Βρυσών και Χουμεριάκου του δήμου Νεάπολης. Η δυναμικότητα ισοδύναμου πληθυσμού της εγκατάστασης είναι 1300 κάτοικοι και η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται με την μέθοδο ενεργού ιλύος. Πιο αναλυτικά, τα βασικότερα στάδια επεξεργασίας της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα:

- Αντλιοστάσιο εισόδου
- Εσχάρωση
- Εξάμμωση
- Δεξαμενή αερισμού-απονιτροποίησης
- Δεξαμενή τελικής καθίζησης
- Δεξαμενή χλωρίωσης

Η εκροή υπερχειλίζει σε φρεάτιο εξόδου, το οποίο τροφοδοτεί τον αγωγό τελικής διάθεσης σε παρακείμενο ρέμα. Προς το παρόν δεν λαμβάνει χώρα επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων.

Τα στοιχεία για τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής είναι διαθέσιμα από τη ΔΕΥΑΑΝ και παρουσιάζονται στους πίνακες 3.26 και 3.27.

Πίνακας 3.26: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Λιμνών

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	250 m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	60m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	50 m^3/d
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος	2900 kg/μήνα

Πίνακας 3.27: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ΕΕΛ Λιμνών

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100ml)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC/100ml)
Εύρος τιμών	11-30	36-70	5-44	4.1-10.2	0.8-5.2	0.16-0.26	2-10	-
Μέση τιμή	18	47	23	7.1	3.4	0.18	8.5	-

3.1.4.4 ΕΕΛ Ιεράπετρας

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Ιεράπετρας βρίσκεται δυτικά της πόλης στη θέση Βιγλιά - Αλμυρός. Στην εγκατάσταση λαμβάνει χώρα δευτεροβάθμια επεξεργασία μέσω δεξαμενής αερισμού και η απολύμανση πραγματοποιείται με ακτινοβολία UV. Πρόσφατα στοιχεία σχετικά με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων αντλήθηκαν από τη ΔΕΥΑ Ιεράπετρας και παρουσιάζονται στους πίνακες 3.28και 3.29 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.28: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Ιεράπετρας

Παράμετροι	Τιμές
Μέση ημερήσια παροχή (θέρος)	1350m^3/d
Μέση ημερήσια παροχή (χειμώνας)	1450 m^3/d
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος (θέρος)	47000 kg/μήνα
Παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος (χειμώνας)	53000 kg/μήνα

* Η διαστασιολόγηση θα γίνει με την μέση ημερήσια παροχή του χειμώνα καθώς είναι η μέγιστη παροχή που γνωρίζουμε ότι παρατηρείται στην εγκατάσταση.

Πίνακας 3.29: Ποσοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων ΕΕΛ Ιεράπετρας

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)	Ελεύθερο Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100ml)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC/100ml)
Εύρος τιμών	6-11	19-40	6-13	5-30	5-15	-	150-400	30-65
Μέση τιμή	8	25	8	12	7	-	250	45

3.2 Καταλληλότητα εκροών ΕΕΛ για επαναχρησιμοποίηση

Στους πίνακες που ακολουθούν (3.30 και 3.31) γίνεται σύγκριση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της εκροής των υπό μελέτη βιολογικών καθαρισμών με τα χαρακτηριστικά των λυμάτων έτσι όπως ορίζονται από τα προτεινόμενα κριτήρια. Αρχικά συγκρίνονται οι εκροές με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά για άρδευση ελαιώνων και αμπελιών και σε δεύτερη φάση με τις απαιτήσεις για άρδευση μαρουλιών. Στα μαρκαρισμένα κελιά σημειώνονται οι τιμές εκείνες που δεν ανταποκρίνονται στα όρια των προτεινόμενων κριτηρίων.

Στην περίπτωση των ελαιώνων και των αμπελώνων οι απαιτήσεις δεν πληρούνται σε λίγους μόνο βιολογικούς καθαρισμούς. Αντίθετα, στην περίπτωση του μαρουλιού (και των κηπευτικών γενικότερα), η πλειοψηφία των εκροών των βιολογικών καθαρισμών κρίνεται ακατάλληλη για άρδευση. Αυτό συμβαίνει επειδή στους βιολογικούς καθαρισμούς λαμβάνει χώρα μόνο δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση με αποτέλεσμα οι τιμές των BOD_5, TSS και FC να είναι υψηλές. Προκειμένου να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση κηπευτικών, πρέπει να λάβει χώρα προηγμένη τριτοβάθμια επεξεργασία, η οποία θα μειώσει σημαντικά τη συγκέντρωση των παθογόνων μικροοργανισμών και παράλληλα θα επιφέρει περεταίρω απομάκρυνση οργανικών ενώσεων και αιωρούμενων στερεών.

Με βάση τα προτεινόμενα κριτήρια, ένα τυπικό σύστημα προηγμένης επεξεργασίας περιλαμβάνει (έπειτα από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης) :

- κροκίδωση-συσσωμάτωση,

- καθίζηση
- διήθηση μέσω φίλτρων &
- απολύμανση (εδώ προτείνεται απολύμανση με χλώριο, αλλά θα μπορούσε αν εφαρμοστεί και UV ακτινοβολία).

Από τους πίνακες 3.30 και 3.31 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα για τις εκροές των βιολογικών καθαρισμών:

<u>ΧΑΝΙΑ</u>

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση.

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

<u>ΓΕΡΑΝΙ</u>

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση. (Παρόλο που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια, σύμφωνα με στοιχεία βιολογικών καθαρισμών παρόμοιων χαρακτηριστικών, η συγκέντρωση τους αναμένεται να είναι <100 FC/100 ml).

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

<u>ΚΙΣΑΜΟΣ</u>

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση. (Παρόλο που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια, σύμφωνα με στοιχεία βιολογικών καθαρισμών παρόμοιων χαρακτηριστικών, η συγκέντρωση τους αναμένεται να είναι <100 FC/100 ml.)

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

<u>ΚΑΛΥΒΕΣ</u>

Ελαιώνες και αμπέλια: Παρόλο που λόγω της ηλεκτρολυτικής επεξεργασίας τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια είναι μη ανιχνεύσιμα, η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών θα πρέπει να μειωθεί περεταίρω.

Κηπευτικά: Απαιτείται μείωση των αιωρούμενων στερεών.

<u>ΡΕΘΥΜΝΟ</u>

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση.

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

<u>ΜΠΑΛΙ</u>

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. (Παρόλο που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια, η συγκέντρωση τους αναμένεται να είναι υψηλή λόγω απουσίας απολύμανσης.)

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

Πίνακας 3.30: Σύγκριση ποιότητας εκροών ΕΕΛ με τα προτεινόμενα κριτήρια ποιότητας για άρδευση ελαιώνων και αμπελώνων

		ΕΚΡΟΗ														
		Ν. Χανίων				**Ν. Ρεθύμνου**				**Ν. Ηρακλείου**			**Ν. Λασιθίου**			
	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΕΛΙΑ & ΑΜΠΕΛΙ	**Χανιά**	**Γεράνι**	**Κίσαμος**	**Καλύβες**	**Ρέθυμνο**	**Μπαλί**	**Πάνορμος**	**Πλακιάς**	**Ηράκλειο**	**Χερσόνησος**	**Μάλια**	**Αγ. Νικόλαος**	**Ελούντα**	**Λίμνες**	**Ιεράπετρα**
Στάδια επεξεργασίας	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Ηλεκτρολυτική επεξεργασία	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια	Δευτεροβάθμια	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Διήθηση, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση (UV)	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση (UV)
BOD_5 (mg/l)	≤20	8	5	<20	<5	<15	20	20	<10	12	6,5	<10	27	29	18	8
TSS (mg/l)	≤30	8	9	<30	<35	10	20	20	<10	23	7,5	<10	28	31	23	8
Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC/100 ml)	100	<100	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Μη ανιχνεύσιμα	25	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	<100	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	60	<10	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	45
Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)	≤1	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	<0.03	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Πολύ χαμηλή συγκέντρωση	0,7	-	-	0,5	0,2	0,3	<1	0,4	0,3		-

Πίνακας 3.31: Σύγκριση ποιότητας εκροών ΕΕΛ με τα προτεινόμενα κριτήρια ποιότητας για άρδευση κηπευτικών

		ΕΚΡΟΗ														
		Ν. Χανίων				**Ν. Ρεθύμνου**				**Ν. Ηρακλείου**			**Ν. Λασιθίου**			
	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	**Χανιά**	**Γεράνι**	**Κίσαμος**	**Καλύβες**	**Ρέθυμνο**	**Μπαλί**	**Πάνορμος**	**Πλακιάς**	**Ηράκλειο**	**Χερσόνησος**	**Μάλια**	**Αγ. Νικόλαος**	**Ελούντα**	**Λίμνες**	**Ιεράπετρα**
Στάδια επεξεργασίας	Δευτεροβάθμια, Κροκίδωση, Συσσωμάτωση, Καθίζηση , Διήθηση, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Ηλεκτρολυτική επεξεργασία	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια	Δευτεροβάθμια	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Διήθηση, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση (UV)	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση	Δευτεροβάθμια, Απολύμανση
BOD_5 (mg/l)	≤10	8	5	<20	<5	<15	20	20	<10	12	6,5	<10	27	29	18	8
TSS (mg/l)	≤10	8	9	<30	<35	10	20	20	<10	23	7,5	<10	28	31	23	8
Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC/100 ml)	1	<100	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Μη ανιχνεύσιμα	25	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	<100	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	60	<10	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	45
Υπολειμματικό Cl_2 (mg/l)	≤1	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	<0.03	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία	Πολύ χαμηλή συγκέντρωση	0,7	-	-	0,5	0,2	0,3	<1	0,4	0,3		-

ΠΑΝΟΡΜΟΣ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. (Παρόλο που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια, η συγκέντρωση τους αναμένεται να είναι υψηλή λόγω απουσίας απολύμανσης.)

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

ΠΛΑΚΙΑΣ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση.

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

ΗΡΑΚΛΕΙΟ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση. (Παρόλο που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια, σύμφωνα με στοιχεία βιολογικών καθαρισμών παρόμοιων χαρακτηριστικών, η συγκέντρωση τους αναμένεται να είναι <100 FC/100 ml.)

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΣ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση.

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Παρόλο που λαμβάνει χώρα τριτοβάθμια επεξεργασία με διήθηση, η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των κριτηρίων.

ΜΑΛΙΑ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση.

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Παρόλο που με την UV ακτινοβολία η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων μειώνεται σημαντικά, απαιτείται περεταίρω μείωση μέσω τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται οριακά κατάλληλη για άρδευση. Θα πρέπει να μειωθεί η συγκέντρωση του BOD_5 προκειμένου να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των κριτηρίων. Η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων αναμένεται να είναι χαμηλή καθώς για τα ολικά η συγκέντρωση είναι ίση με 8,5 TC/100 ml.

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

ΕΛΟΥΝΤΑ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι οριακά κατάλληλη για άρδευση. Θα πρέπει να μειωθεί η συγκέντρωση του BOD_5 και των TSS προκειμένου να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των κριτηρίων. Η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων αναμένεται να είναι χαμηλή καθώς για τα ολικά η συγκέντρωση είναι ίση με 9 TC/100 ml.

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

ΛΙΜΝΕΣ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση. (Παρόλο που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια, λαμβάνοντας υπόψη ότι η συγκέντρωση των ολικών είναι 8,5 TC/100 ml, η συγκέντρωση τους αναμένεται να είναι χαμηλή.)

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ

Ελαιώνες και αμπέλια: Η εκροή είναι θεωρείται κατάλληλη για άρδευση.

Κηπευτικά: Η εκροή θεωρείται ακατάλληλη για άρδευση. Παρόλο που με την UV ακτινοβολία η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων μειώνεται σημαντικά, απαιτείται περεταίρω μείωση μέσω τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

3.3 Διαστασιολόγηση έργου

Για τον στρατηγικό σχεδιασμό της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων και στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γίνεται χωροθέτηση και διαστασιολόγηση της δεξαμενής εξισορρόπησης, δηλαδή της δεξαμενής που θα συγκεντρώνει τα λύματα του βιολογικού και θα τα διαθέτει στα επιμέρους αρδευτικά δίκτυα. Επίσης πραγματοποιείται και διαστασιολόγηση του αγωγού μεταφοράς των λυμάτων από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων στη δεξαμενή, δηλαδή υπολογίζεται η διατομή του, οι απώλειες τριβών και η ισχύς της αντλίας που ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση κατάθλιψης. Η παροχή που θα χρησιμοποιηθεί για τους υπολογισμούς είναι η παροχή σχεδιασμού κάθε βιολογικού, καθώς είναι η μέγιστη παροχή που μπορεί θεωρητικά να δεχτεί ο βιολογικός και συνεπώς η δυσμενέστερη για τη διαστασιολόγηση του έργου.

Δεδομένου ότι οι παραδοχές, τα κριτήρια και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη διαστασιολόγηση είναι η ίδια για όλους τους βιολογικούς καθαρισμούς, κρίθηκε σκόπιμη η αναλυτική παρουσίαση ενδεικτικά για το βιολογικό των Χανίων και έπειτα η παράθεση σε συγκεντρωτικό πίνακα των αποτελεσμάτων των υπολογισμών που διεξήχθησαν για τους υπόλοιπους βιολογικούς.

3.3.1 Χωροθέτηση δεξαμενής

Η χωροθέτηση της δεξαμενής περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της θέσης της δεξαμενής στο χάρτη (σημειώνεται πάνω σε χάρτη του GIS) καθώς και τον προσδιορισμό του υψομέτρου της. Τα κριτήρια που ελήφθησαν υπόψη για τη χωροθέτηση των δεξαμενών είναι τα εξής:

- Η δεξαμενή πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατό πλησιέστερα στην εγκατάσταση επεξεργασίας προκειμένου να ελαχιστοποιείται το κόστος μεταφοράς του νερού.
- Η δεξαμενή, στις περιπτώσεις που αυτό είναι εφικτό, πρέπει να τοποθετείται σε χαμηλότερο υψόμετρο από το βιολογικό καθαρισμό προκειμένου τα λύματα να οδηγούνται σε αυτή με βαρύτητα, αποφεύγοντας έτσι τη χρήση αντλιών.
- Η δεξαμενή πρέπει να τοποθετείται σε περιοχή όπου υπάρχει αρδεύσιμη έκταση καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Ωστόσο, στην περίπτωση του βιολογικού καθαρισμού των Χανίων τα λύματα επιλέχθηκε να συγκεντρωθούν σε μια υφιστάμενη δεξαμενή στις Κορακιές που χρησιμοποιείται ήδη για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών. Η δεξαμενή αυτή βρίσκεται νότια της εγκατάστασης επεξεργασίας και σε υψόμετρο 212 m.

3.3.2 Όγκος δεξαμενής

Για τον υπολογισμό του όγκου της δεξαμενής που θα συγκεντρώνει τα λύματα ενός βιολογικού και θα τα διαθέτει για άρδευση των παρακείμενων εκτάσεων, γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Οι καλλιέργειες αρδεύονται σε καθημερινή βάση.
- Η άρδευση πραγματοποιείται με τοπικές μεθόδους (στάγδην, μικροεκτοξευτήρες, sprayers)
- Η άρδευση λαμβάνει χώρα από τις 6 πμ. έως τις 8 μμ., δηλαδή για 14 ώρες. Κατ' επέκταση, σε αυτό το χρονικό διάστημα υπάρχει διαρκής ζήτηση για όλη την παροχή του νερού.

Ο όγκος της δεξαμενής εξισορρόπησης υπολογίζεται από την σχέση 3.1:

$$V_{\delta\varepsilon\xi.} \geq (24 - tf) \cdot Q_{\lambda\upsilon\mu.} \quad , \tag{3.1}$$

όπου tf: ώρες λειτουργίας την ημέρα.

Γνωρίζοντας την παροχή σχεδιασμού του βιολογικού των Χανίων, η δεξαμενή στις Κορακιές υπολογίζεται ότι θα έχει όγκο: $V = 10834\, m^3$

Με την ίδια διαδικασία έγινε και η διαστασιολόγηση των δεξαμενών των υπόλοιπων βιολογικών τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στον πίνακα 3.32.

Πίνακας 3.32: Διστάσεις δεξαμενών συγκέντρωσης επεξεργασμένων λυμάτων

	Ν. ΧΑΝΙΩΝ				**Ν. ΡΕΘΥΜΝΟΥ**			
	Χανιά	Γεράνι	Κίσαμος	Καλύβες	Ρέθυμνο	Μπαλί	Πάνορμος	Πλακιάς
Υψόμετρο βιολογικού (m)	5	39	21	5	43	47	8	22
Υψόμετρο δεξαμενής (m)	212	60	9	15	150	30	50	10
Όγκος δεξαμενής (m^3)	10834	6667	595	250	7450	2084	2084	417

	Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ			Ν. ΛΑΣΙΘΙΟΥ			
	Ηράκλειο	Χερσόνησος	Μάλια	Αγ. Νικόλαος	Ελούντα	Λίμνες	Ιεράπετρα
Υψόμετρο βιολογικού (m)	12	42	81	8	130	167	1
Υψόμετρο δεξαμενής (m)	30	10	40	70	110	170	20
Όγκος δεξαμενής (m^3)	19620	5000	2250	3334	417	104	604

3.3.3 Διαστασιολόγηση αγωγού μεταφοράς λυμάτων

Ο αγωγός επιλέγεται να τοποθετείται όσο το δυνατό πλησιέστερα στο οδικό δίκτυο. Στην περίπτωση όπου η δεξαμενή βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο από το βιολογικό, ο αγωγός θα είναι βαρύτητας, ενώ στην αντίθετη περίπτωση θα είναι καταθλιπτικός και θα λειτουργεί με αντλίες. Στην περίπτωση των Χανίων η δεξαμενή βρίσκεται πιο ψηλά από το βιολογικό οπότε ακολουθήθηκε η μέθοδος διαστασιολόγησης καταθλιπτικών αγωγών.

Έχοντας διαθέσιμο το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής, έγινε χάραξη, σε περιβάλλον ArcGIS, του αγωγού μεταφοράς των λυμάτων. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαστασιολόγηση είναι τα εξής:

- Οριζόντια απόσταση βιολογικού-δεξαμενής : L = 3514,97m ≈ 3515 m
- Παροχή σχεδιασμού: Q = 26000 m^3/d = 300,93 l/sec
- Υψόμετρο ΕΕΛ (αρχή): H_A = 5 m
- Υψόμετρο δεξαμενής (τέλος): H_T = 212 m

Η επιλογή της διαμέτρου του αγωγού έγινε με τη μέθοδο της οικονομικής ταχύτητας. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στον παρακάτω πίνακα, ο οποίος δίνει την οικονομική ταχύτητα ($u_{οικ}$) σε συνάρτηση με τη διατομή (Φ). Για κάθε διάμετρο υπολογίζεται η ταχύτητα σύμφωνα με τη σχέση 3.2,

$$u = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2}, \qquad (3.2)$$

και στο τέλος επιλέγεται η διάμετρος εκείνη που δίνει την πλησιέστερη ταχύτητα u στη $u_{οικ}$.

Πίνακας 3.33: Επιλογή διαμέτρου με βάση την οικονομική ταχύτητα

Φ (mm)	$u_{οικ}$ (m/sec)	u (m/sec)	$\lvert u_{οικ} - u \rvert$
350	1,05	3,12	2,07
400	1,10	2,39	1,29
500	1,20	1,53	0,33
600	**1,30**	**1,06**	**0,24**
700	1,40	0,78	0,62
800	1,55	0,60	0,95
900	1,65	0,47	1,18

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, επιλέγεται καταθλιπτικός αγωγός με διάμετρο D = 600 mm. Κάνοντας χρήση του νομογραφήματος Prandl-von Karman-Colenbrook, για K = 0,1 και Q = 300,93 l/sec οι απώλειες τριβών προκύπτουν ίσες με: J = 1.9 ‰ (Χατζηαγγέλου, 2002)

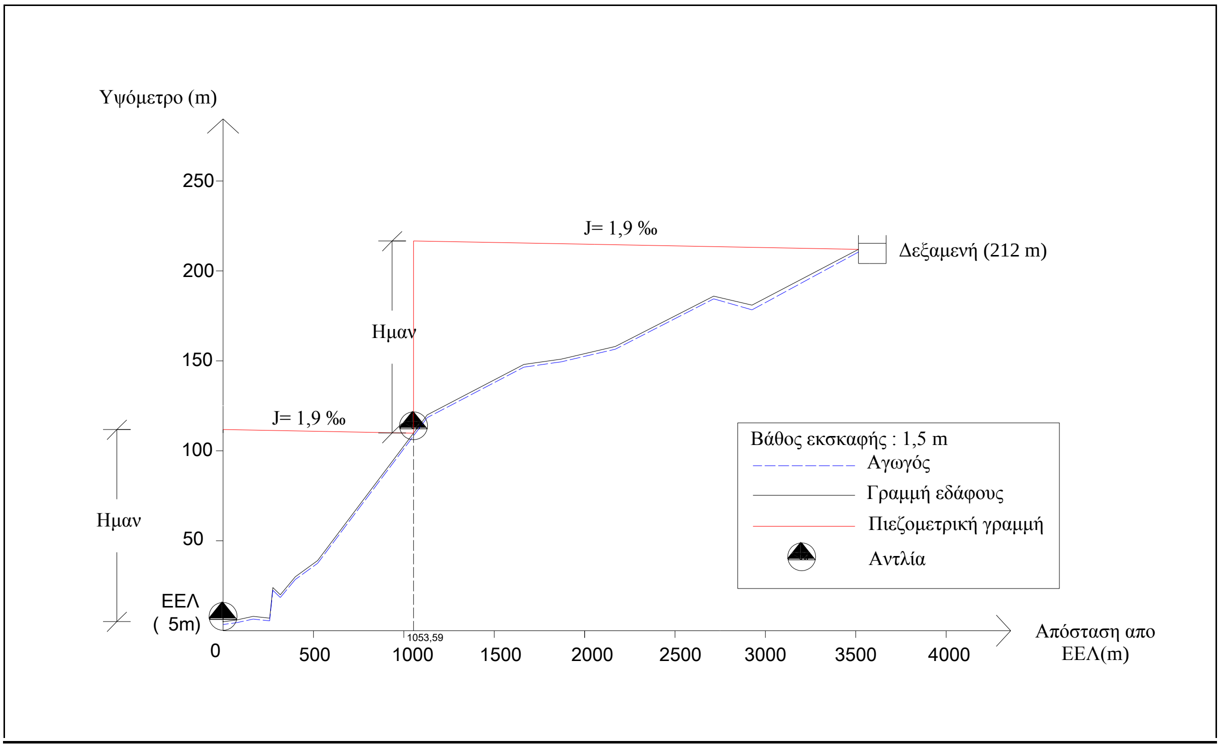
Το μανομετρικό ύψος είναι η διαφορά υψομέτρων της γραμμής ενέργειας ανάντη και κατάντη, δηλαδή:

$$H_{μαν} = H_T - H_A + J \cdot L = 213{,}7m \qquad (3.3)$$

Επιλέγεται η τοποθέτηση δύο αντλιών σε σειρά, καθεμία από τις οποίες θα έχει μανομετρικό ύψος: $H_{\mu\alpha\nu.=}$ 213,68/2 = 106,9m

$$\text{Ισχύς κάθε αντλίας:}\quad P = \frac{Q \cdot H_{\mu\alpha\nu}}{102 \cdot n} = \frac{300{,}93 \cdot 106{,}84}{102 \cdot 0{,}7} = 450{,}6\ KW \tag{3.4}$$

Χαράζοντας τη μηκοτομή του εδάφους (σχήμα 3.1) προκύπτει ότι η πρώτη αντλία θα τοποθετηθεί στην αρχή του αγωγού (υψόμετρο: 5m) και η δεύτερη σε απόσταση 1053,59 m από την ΕΕΛ (υψόμετρο: 110m).



Σχήμα 3.1: Μηκοτομή εδάφους

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη διαστασιολόγηση του αγωγού μεταφοράς λυμάτων του βιολογικού των Χανίων είναι ιδιαίτερα εκτενής και ήταν εφικτή λόγω των στοιχείων που υπήρχαν διαθέσιμα για τους δρόμους και τα υψόμετρα της γύρω περιοχής. Για τους υπόλοιπους βιολογικούς καθαρισμούς της Κρήτης δεν ήταν δυνατή η τόσο λεπτομερής διαστασιολόγηση λόγω έλλειψης στοιχείων. Για το λόγο αυτό έγινε η παραδοχή ότι ο αγωγός που θα συνδέει το βιολογικό με τη δεξαμενή, δεν ακολουθεί την πορεία του οδικού δικτύου αλλά μια ευθεία γραμμή. Τα αποτελέσματα από τη διαστασιολόγηση των αγωγών για τους υπόλοιπους βιολογικούς παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 3.34.

Πίνακας 3.34: Διαστάσεις αγωγών μεταφοράς λυμάτων στις δεξαμενές συγκέντρωσης

	Ν. ΧΑΝΙΩΝ				**Ν. ΡΕΘΥΜΝΟΥ**			
	Χανιά	**Γεράνι**	**Κίσαμος**	**Καλύβες**	**Ρέθυμνο**	**Μπαλί**	**Πάνορμος**	**Πλακιάς**
Είδος αγωγού	Καταθλιπτικός	Καταθλιπτικός	Βαρύτητας	Καταθλιπ τικός	Καταθλιπτικός	Βαρύτητας	Καταθλιπτικός	Βαρύτητας
Μήκος αγωγού (m)	3515	333	705	190	1470	375	345	110
Διάμετρος αγωγού (mm)	600	500	125	100	500	200	300	80
Απώλειες τριβών (‰)	1,9	1,8	16	9	2,2	18	2,9	75
Μανομετρικό ύψος (m)	213,7	21,6	-	11,7	110,2	-	43	-
Πλήθος αντλιών	2	1	-	1	1	-	1	-
Ισχύς αντλίας (KW)	450,6	56	-	1,1	319,3	-	34,9	-

	Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ			**Ν. ΛΑΣΙΘΙΟΥ**			
	Ηράκλειο	**Χερσόνησος**	**Μάλια**	**Αγ. Νικόλαος**	**Ελούντα**	**Λίμνες**	**Ιεράπετρα**
Είδος αγωγού	Καταθλιπτικός	Βαρύτητας	Βαρύτητας	Καταθλιπτικός	Βαρύτητας	Καταθλιπτικός	Καταθλιπτικ ός
Μήκος αγωγού (m)	470	890	245	1160	245	270	970
Διάμετρος αγωγού (mm)	700	250	150	350	80	80	150
Απώλειες τριβών (‰)	2	30	85	3,9	70	6	6,5
Μανομετρικό ύψος (m)	18,9	-	-	66,5	-	4,6	25,3
Πλήθος αντλιών	1	-	-	1	-	-	1
Ισχύς αντλίας (KW)	144,6	-	-	86,2	-	0,19	6

Κεφάλαιο 4
Άρδευση καλλιεργειών

4.1 Εξατμισοδιαπνοή

Στα πλαίσια του στρατηγικού σχεδιασμού για την επαναχρησιμοποίηση των ανακτημένων λυμάτων σε επίπεδο Κρήτης, πρέπει να εκτιμηθεί το μέγεθος της αγροτικής έκτασης που δύναται να αρδευτεί από την εκροή κάθε βιολογικού καθαρισμού. Εξετάζοντας το πρόβλημα από το τέλος, για να βρεθεί η απαιτούμενη ποσότητα του νερού που χρειάζεται μια καλλιέργεια για την ανάπτυξή της, αρκεί να υπολογιστεί η ποσότητα του νερού που χάνεται κατά την εξατμισοδιαπνοή και να αφαιρεθεί από την ποσότητα αυτή το ύψος της βροχόπτωσης.

Η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί συνδυασμό δύο διαφορετικών διεργασιών όπου από τη μία μεριά το νερό χάνεται λόγω εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους και από την άλλη λόγω διαπνοής του φυτού (Allen *et al.*, 1998). Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται τόσο από το είδος του φυτού όσο και από τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία αναπτύσσεται. Πιο συγκεκριμένα, η εξατμισοδιαπνοή δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$ETc = Kc \cdot ETo \tag{4.1}$$

όπου ETc : εξατμισοδιαπνοή του φυτού (mm/day)

Kc: συντελεστής που εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας (αδιάστατος)

ETo: εξατμισοδιαπνοή αναφοράς του φυτού (mm/day)

Για τον υπολογισμό του ETo χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα CROPWAT του FAO το οποίο κάνει χρήση της εξίσωσης Penman-Monteith. Για την εύρεση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πρέπει να εισαχθούν στο πρόγραμμα τα παρακάτω στοιχεία:

- Συντεταγμένες και υψόμετρο μετεωρολογικού σταθμού
- Μέση μέγιστη θερμοκρασία (^oC)
- Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (^oC)
- Υγρασία (%)
- Ταχύτητα ανέμου (km/day)
- Ημερήσιες ώρες ηλιοφάνειας

Στη συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκαν έξι αντιπροσωπευτικοί μετεωρολογικοί σταθμοί της Κρήτης (Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο, Τυμπάκι, Ιεράπετρα, Σητεία) τα κλιματικά δεδομένα των οποίων αντλήθηκαν κατά κύριο λόγο από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) αλλά και από άλλες σχετικές με μετεωρολογικά θέματα ιστιοσελίδες (βλ. αναφορές). Τα δεδομένα εισήχθησαν στο πρόγραμμα, το οποίο εν συνεχεία έδωσε μια μέση τιμή ETo για κάθε μετεωρολογικό σταθμό.

Οι καλλιέργειες οι οποίες κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθούν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας είναι η ελιά, το σταφύλι (που καταναλώνεται ωμό, δηλαδή δεν προορίζεται για την παραγωγή κρασιού ή σταφίδας) και το μαρούλι. Οι δύο πρώτες γιατί είναι οι πιο δημοφιλείς καλλιέργειες στην Κρήτη και καλύπτουν μεγάλο ποσοστό των συνολικά αρδευόμενων καλλιεργειών και η τρίτη γιατί είναι μία καλλιέργεια που καταναλώνεται ωμή και συνεπώς παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα πλαίσια της άρδευσής της με επεξεργασμένα απόβλητα. Από σχετικό εγχειρίδιο του FAO (Allen *et al.*, 1998)βρέθηκαν οι τιμές του συντελεστή Kc που αντιστοιχούν σε καθεμιά από τις καλλιέργειες αυτές. Έπειτα χρησιμοποιώντας τη σχέση 4.1, υπολογίστηκε η τιμή της εξατμισοδιαπνοής ETc για κάθε είδος καλλιέργειας.

Όσον αφορά στη βροχόπτωση, οι καταγεγραμμένες τιμές από κάθε σταθμό εισήχθησαν στο πρόγραμμα CROPWAT το οποίο κάνοντας χρήση της μεθόδου USDA S.C υπολογίζει το ύψος της αποτελεσματικής βροχόπτωσης (Eff rain).

Στους πίνακες Α1-Α6 του παραρτήματος Α, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για κάθε σταθμό οι τιμές του Eff rain και του ETc για τα τρία είδη καλλιεργειών.

4.2 Αρδευτικές ανάγκες

Αφαιρώντας την τιμή της εξατμισοδιαπνοής ETc από το ύψος της αποτελεσματικής βροχόπτωσης προκύπτει η απαίτηση σε νερό για κάθε καλλιέργεια που είναι και το ζητούμενο. Με βάση τις απαιτήσεις σε νερό μίας καλλιέργειας σε μία συγκεκριμένη περιοχή, μπορεί να υπολογιστεί η έκταση που δύναται να αρδευτεί με τη δεδομένη παροχή ενός βιολογικού καθαρισμού. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι απαιτήσεις σε νερό για κάθε μια από τις τρεις καλλιέργειες για κάθε μετεωρολογικό σταθμό.

4.3 Μέγιστες αρδευτικές ανάγκες καλλιεργειών

Ο υπολογισμός των αρδευτικών αναγκών για καθένα από τα τρία είδη καλλιεργειών έγινε για όλους τους μήνες του έτους. Ωστόσο, για τον υπολογισμό των εκτάσεων που δύναται να αρδευτούν, λαμβάνεται για κάθε σταθμό μόνο ο 'δυσμενέστερος' μήνας για κάθε καλλιέργεια, δηλαδή ο μήνας εκείνος όπου οι ανάγκες της καλλιέργειας για νερό (mm/month) λαμβάνουν τη μέγιστη τιμή. Για την ελιά και το σταφύλι ο μήνας αυτός είναι ο Ιούλιος ενώ για το μαρούλι ο Ιούνιος. Με βάση τη θεώρηση αυτή, οι αρδευτικές ανάγκες για κάθε καλλιέργεια και για κάθε μετεωρολογικό σταθμό θα είναι οι ακόλουθες.

Πίνακας 4.1: Μέγιστες αρδευτικές ανάγκες καλλιεργειών για κάθε μετεωρολογικό σταθμό (σε mm/month)

Μετεωρολογικός σταθμός	Αρδευτικές ανάγκες (mm/month)		
	Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Χανιά	151.49	164.90	186.75
Ρέθυμνο	88.64	124.48	118.31
Ηράκλειο	133.05	166.90	167.04
Τυμπάκι	178.24	222.82	184.07
Ιεράπετρα	194.05	242.58	195.33
Σητεία	151.90	189.95	178.16

Η μονάδα μέτρησης mm/month ταυτίζεται με τη μονάδα m^3/month/στρέμμα. Δεδομένου ότι η παροχή λυμάτων των βιολογικών είναι σε m^3/d, οι αρδευτικές ανάγκες για κάθε καλλιέργεια ανάγονται και αυτές σε m^3/d/στρέμμα (πίνακας 4.2).

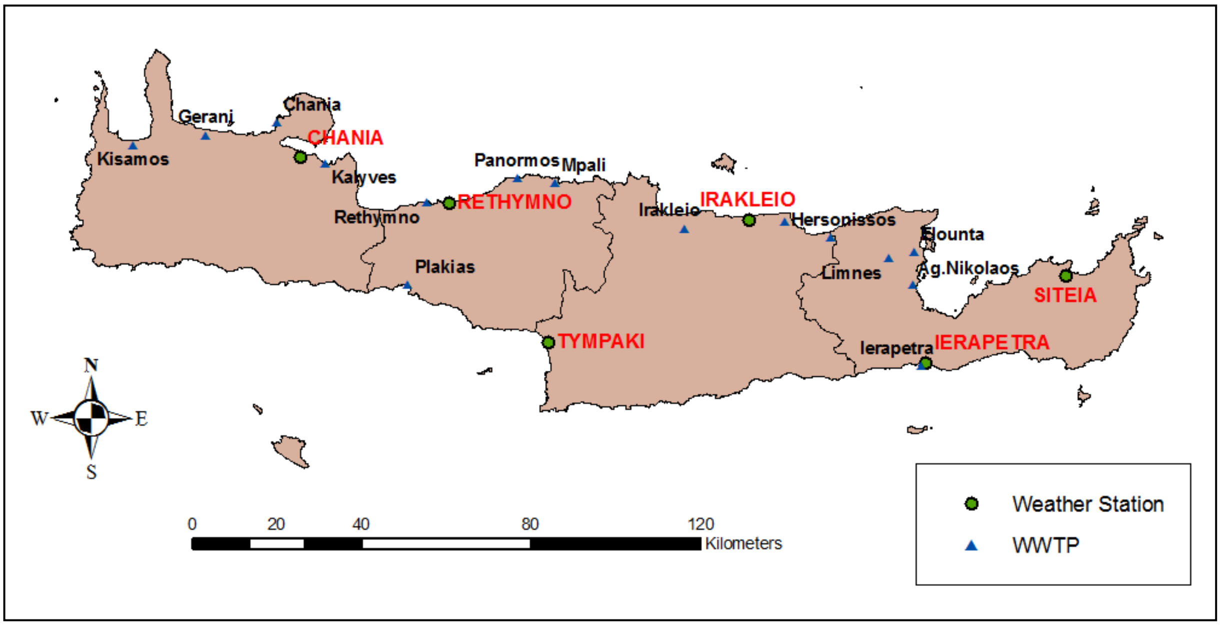
Πίνακας 4.2: Μέγιστες αρδευτικές ανάγκες καλλιεργειών για κάθε μετεωρολογικό σταθμό (σε m^3/d)

Μετεωρολογικός σταθμός	Αρδευτικές ανάγκες (m^3/d/στρέμμα)		
	Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Χανιά	5.05	5.50	6.23
Ρέθυμνο	2.95	4.15	3.94
Ηράκλειο	4.44	5.56	5.57
Τυμπάκι	5.94	7.43	6.14
Ιεράπετρα	6.47	8.09	6.51
Σητεία	`5.06	6.33	5.94

Είναι προφανές πως λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις μέγιστες ανάγκες των καλλιεργειών για νερό, η έκταση που προκύπτει ότι μπορεί να αρδευτεί από την εκροή ενός βιολογικού λαμβάνει την ελάχιστη δυνατή τιμή της. Τους μήνες που οι αρδευτικές ανάγκες είναι μικρότερες, η ίδια ποσότητα νερού θα μπορούσε να διατεθεί για άρδευση ακόμα περισσότερων εκτάσεων. Ωστόσο, στα πλαίσια του στρατηγικού σχεδιασμού εξετάζεται μόνο η δυσμενέστερη περίπτωση και ταυτόχρονα γίνεται η υπόθεση ότι το νερό που θα περισσεύει τους υπόλοιπους μήνες θα διατίθεται σε υδάτινους αποδέκτες.

4.4 Έκταση αρδευόμενων καλλιεργειών

Έχοντας διαθέσιμες τις παροχές εκροής για καθένα από τους 15 βιολογικούς καθαρισμούς της Κρήτης, μπορεί να υπολογιστεί η έκταση των περιοχών που δύναται να αρδευτεί με τα ανακτημένα απόβλητα. Οι αρδευτικές ανάγκες για τις τρεις υπό μελέτη καλλιέργειες (ελιά, σταφύλι, μαρούλι) παρουσιάζουν μία χωρική μεταβολή λόγω των διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στους έξι μετεωρολογικούς σταθμούς της Κρήτης. Με μία πιο απλοποιημένη προσέγγιση, μπορεί να θεωρηθεί πως οι κλιματολογικές συνθήκες (και κατ’ επέκταση οι αρδευτικές ανάγκες) στην ευρύτερη περιοχή ενός βιολογικού ταυτίζονται με αυτές που επικρατούν στον πλησιέστερο στο βιολογικό μετεωρολογικό σταθμό. Με άλλα λόγια γίνεται η θεώρηση πως όλα τα δεδομένα ενός μετεωρολογικού σταθμού που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των αρδευτικών αναγκών για νερό καθώς και τα αποτελέσματα που διεξήχθησαν, είναι ίδια και για όσες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων βρίσκονται πλησίον αυτού. Σύμφωνα με τη θεώρηση αυτή και λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική θέση βιολογικών καθαρισμών και μετεωρολογικών σταθμών (εικόνα 4.1), προκύπτουν συσχετίσεις ΕΕΛ-Μ.Σ (πίνακας 4.3).
Λαμβάνοντας υπόψη την παροχή σχεδιασμού κάθε εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων (m^3/d) και τις αρδευτικές ανάγκες των τριών εξεταζόμενων καλλιεργειών στην περιοχή κάθε βιολογικού καθαρισμού (m^3/d/στρέμμα), προκύπτουν οι συνολικές εκτάσεις που δύναται να αρδευτούν από τα ανακτημένα λύματα των βιολογικών. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 4.4.



Εικόνα 4.1: Γεωγραφική θέση ΕΕΛ και μετεωρολογικών σταθμών.

Πίνακας 4.3: Συσχετίσεις ΕΕΛ-Μετεωρολογικών Σταθμών

ΕΕΛ	**Μετεωρολογικός Σταθμός**
Χανιά	Χανιά
Γεράνι	Χανιά
Καστέλι	Χανιά
Καλύβες	Χανιά
Ρέθυμνο	Ρέθυμνο
Πλακιάς	Τυμπάκι
Μπαλί	Ρέθυμνο
Πάνορμο	Ρέθυμνο
Ηράκλειο	Ηράκλειο
Χερσόνησος	Ηράκλειο
Μάλια	Ηράκλειο
Πεζά (Δήμος Ν. Καζαντζάκη)	Ηράκλειο
Άγιος Νικόλαος	Σητεία
Ελούντα	Σητεία
Λίμνες	Σητεία
Σητεία	Σητεία
Ιεράπετρα	Ιεράπετρα

Πίνακας 4.4: Έκταση γης που μπορεί να αρδευτεί με τα ανακτημένα απόβλητα

Βιολογικός Καθαρισμός	Στρέμματα αρδευόμενων καλλιεργειών		
	Ελαιώνες	Αμπέλια	Μαρούλια
Χανιά	5149	4727	4173
Γεράνι	3168	2909	2568
Κίσαμος	283	260	229
Καλύβες	119	109	96
Ρέθυμνο	6027	4284	4513
Μπαλί	1695	1205	1269
Πάνορμος	1695	1205	1269
Πλακιάς	168	135	163
Ηράκλειο	10606	8469	8454
Χερσόνησος	2703	2158	2154
Μάλια	1216	971	969
Αγ. Νικόλαος	1581	1264	1347
Ελούντα	198	158	168
Λίμνες	49	40	42
Ιεράπετρα	224	179	223

4.5 Ελλειμματική άρδευση

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής και η αφαίρεσης της από το ύψος της αποτελεσματικής βροχόπτωσης είναι η πιο κοινή πρακτική για τον προσδιορισμό των αρδευτικών αναγκών μιας καλλιέργειας. Ωστόσο, λόγο της σταδιακής μείωσης των υδάτινων αποθεμάτων, σε λίγα χρόνια η άρδευση θα πραγματοποιείται με ποσότητες νερού μικρότερες από τις απαιτούμενες. Η ελλειμματική άρδευση (deficit irrigation, DI) είναι στην ουσία η εφαρμογή στην καλλιέργεια ποσότητας νερού μικρότερης από αυτή που απαιτείται λόγω εξατμισοδιαπνοής, με σκοπό τη μείωση του καταναλισκόμενου νερού. Όταν οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι είναι περιορισμένοι, μια τέτοια πολιτική αποσκοπεί στην μεγιστοποίηση της παραγωγής ανά μονάδα νερού που καταναλώνεται (παραγωγικότητα νερού) και όχι στη μεγιστοποίηση της παραγωγής ανά μονάδα γης.. Έχει λοιπόν βρεθεί πως με την εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης η παραγωγικότητα του νερού γίνεται μεγαλύτερη σε σχέση με την εφαρμογή πλήρους άρδευσης. (Fereres and Soriano, 2007)

Η αποτελεσματικότητα της ελλειμματικής άρδευσης είναι ακόμα πιο έντονη στην περίπτωση των δέντρων και των αμπελιών (Fereres *et al.*, 2003). Από παλιά είναι γνωστό πως η μείωση της ποσότητας του αρδευτικού νερού σε κάποια στάδια ανάπτυξης ενός οπωροφόρου δέντρου είναι σε θέση να βελτιώσει σημαντικά την απόδοσή του και αλλά και την ποιότητα της παραγωγής (Uriu and Magness, 1967). Η ιδέα της ελεγχόμενης ελλειμματικής άρδευσης (Regulated Deficit Irrigation, RDI) προτάθηκε πρώτη φορά από τους Charmers *et al.* (1981) και τους Mitchell and Chalmers (1982) και αφορούσε την καλλιέργεια ροδάκινων ενώ αργότερα πραγματοποιήθηκαν πειράματα που αφορούσαν τα σταφύλια (Bravdo and Naor, 1996; McCarthy *et al.*, 2002) και την ελιά (Moriana *et al.*, 2003). Όλες οι έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι με ένα σωστό σχεδιασμό, η άρδευση με μικρότερες από τις απαιτούμενες ποσότητες νερού δεν οδηγεί σε μείωση της παραγωγής, ενισχύει την παραγωγικότητα του νερού και αυξάνει το καθαρό κέρδος των αγροτών.

Αν στα πλαίσια του στρατηγικού σχεδιασμού είχε χρησιμοποιηθεί η παραπάνω θεωρία, είναι προφανές πως τα επεξεργασμένα απόβλητα θα ήταν σε θέση να αρδεύσουν πολύ περισσότερες εκτάσεις καλλιεργειών. Ωστόσο, δεδομένου ότι ακόμα δεν έχει αποδειχτεί επιστημονικά αν η ελλειμματική άρδευση μπορεί να εφαρμόζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να οδηγήσει στη μόνιμη μείωση του αρδευτικού νερού, κρίθηκε σκόπιμη η θεώρηση πως μια καλλιέργεια θα αρδευτεί με όλη την ποσότητα νερού που απαιτείται λόγω εξατμισοδιαπνοής.

4.6 Χρήσεις γης

Για την εκτίμηση των χρήσεων γης στην περιοχή γύρω από τις δεξαμενές, που συγκεντρώνουν τα επεξεργασμένα λύματα των βιολογικών καθαρισμών, χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων CORINE 2000 στο πρόγραμμα ArcGIS. Η βάση CORINE 2000 είναι ένας ψηφιακός χάρτης κάλυψης/χρήσης της γήινης επιφάνειας για όλες τις χώρες της ΕΕ και διατίθεται στο διαδίκτυο από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος (European Environment Agency, EEA).

Στη βάση CORINE, έγινε απεικόνιση μόνο των τριών υπό μελέτη καλλιεργειών. Χρησιμοποιήθηκαν οι κωδικοί του CORINE που ανταποκρίνονται καλύτερα στα είδη των καλλιεργειών αυτών. Πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση με τις κατηγορίες του CORINE έγινε ως εξής:

Πίνακας 4.5: Κωδικοί καλλιεργειών στη βάση CORINE

Καλλιέργεια	**Βάση Δεδομένων CORINE**	
	Κατηγορία	Κωδικός
Ελιά	Περιοχές που καλύπτονται από ελαιόδεντρα ή από συνδυασμό ελαιόδεντρων και αμπελώνων	223
Σταφύλι	Αμπελώνες	221
Μαρούλι	Μικρά αγροτεμάχια με ποικίλες ετήσιες ή μόνιμες καλλιέργειες και βοσκότοπους	242

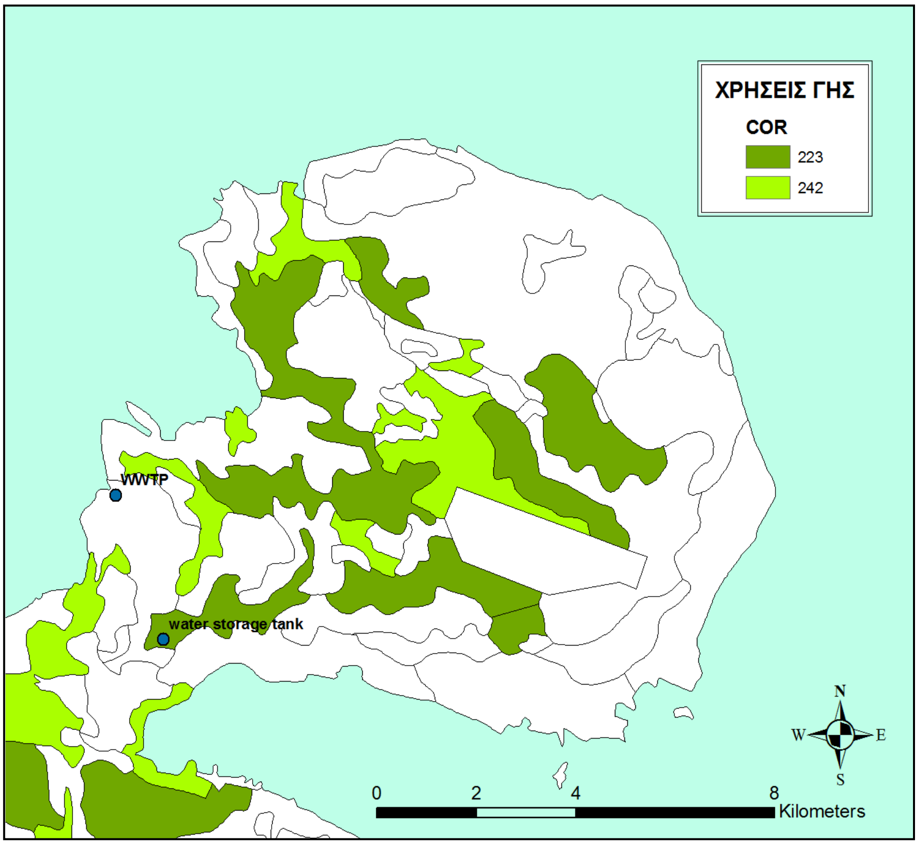
Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι ενδέχεται να υπάρχει κάποια απόκλιση μεταξύ των πραγματικών χρήσεων γης και αυτών που απεικονίζονται από τη βάση CORINE, δεδομένου ότι η βάση περιέχει στοιχεία του έτους 2000 και οι καλλιέργειες διαφοροποιούνται ταχύτατα με το πέρασμα των χρόνων.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι χρήσεις γης στην ευρύτερη περιοχή των υπό μελέτη ΕΕΛ, καθώς και η έκταση που δύναται να αρδευτεί από τα επεξεργασμένα απόβλητα.

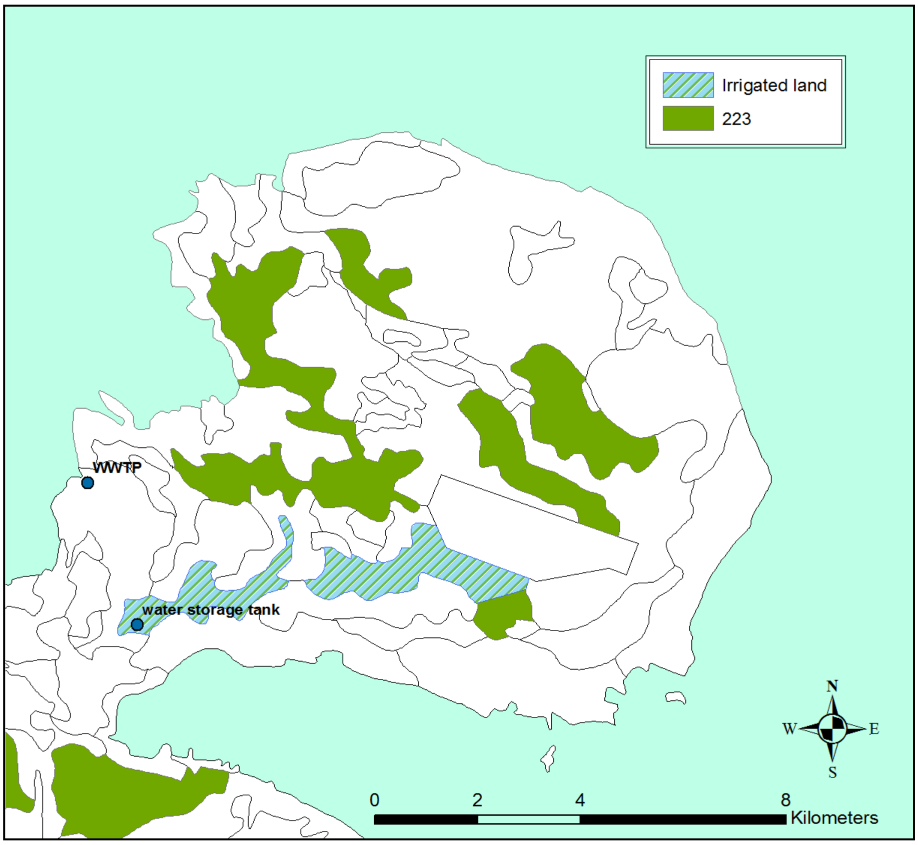
4.6.1 Χανιά

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.2, ένα μεγάλο τμήμα της περιοχής γύρω από τη δεξαμενή των Κορακιών (ακρωτήρι) καλύπτεται από ελιές ενώ υπάρχουν επίσης και αρκετές εκτάσεις με κηπευτικά.

Η άρδευση των κηπευτικών απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία των λυμάτων, ενώ αντίθετα το νερό θεωρείται κατάλληλο για άρδευση ελαιώνων. Δεδομένης της ύπαρξης αρκετών εκτάσεων ελαιώνων, η εκροή του βιολογικού μπορεί να διατεθεί για άρδευση της συγκεκριμένης καλλιέργειας χωρίς να χρειαστεί οποιαδήποτε πρόσθετη επεξεργασία των λυμάτων. Μια ενδεικτική έκταση ελαιώνων που δύναται να αρδευτεί από τα επεξεργασμένα απόβλητα φαίνεται στην εικόνα 4.3.



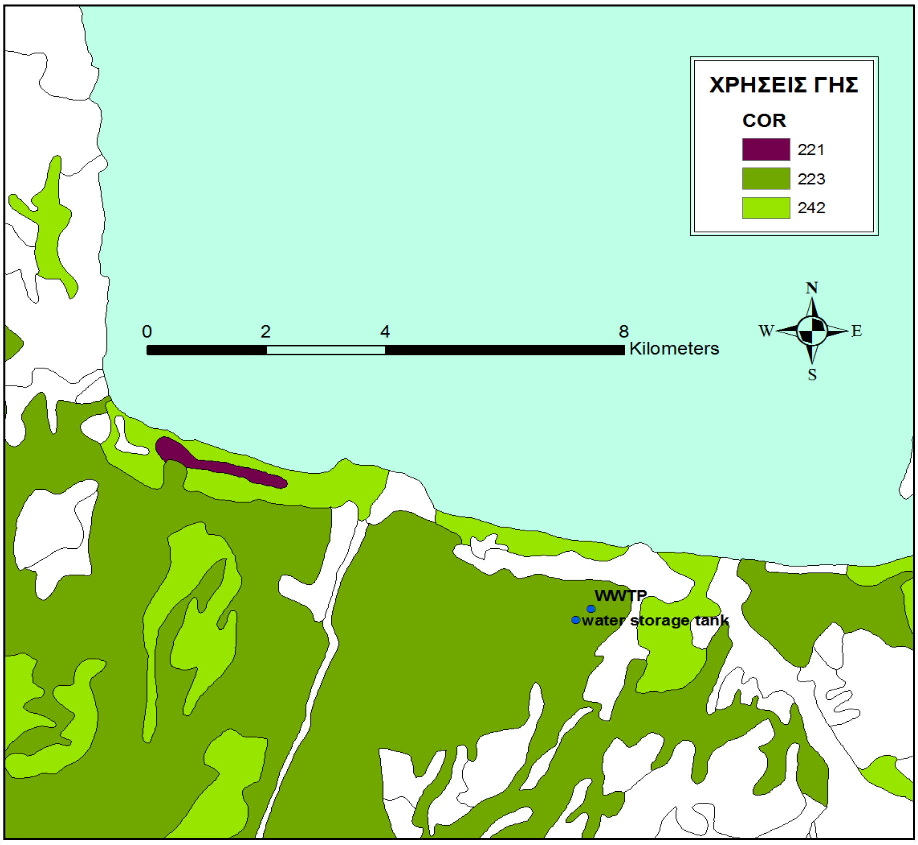
Εικόνα 4.2: Χρήσεις γης στην περιοχή του βιολογικού καθαρισμού των Χανίων



Εικόνα 4.3: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή του βιολογικού καθαρισμού των Χανίων

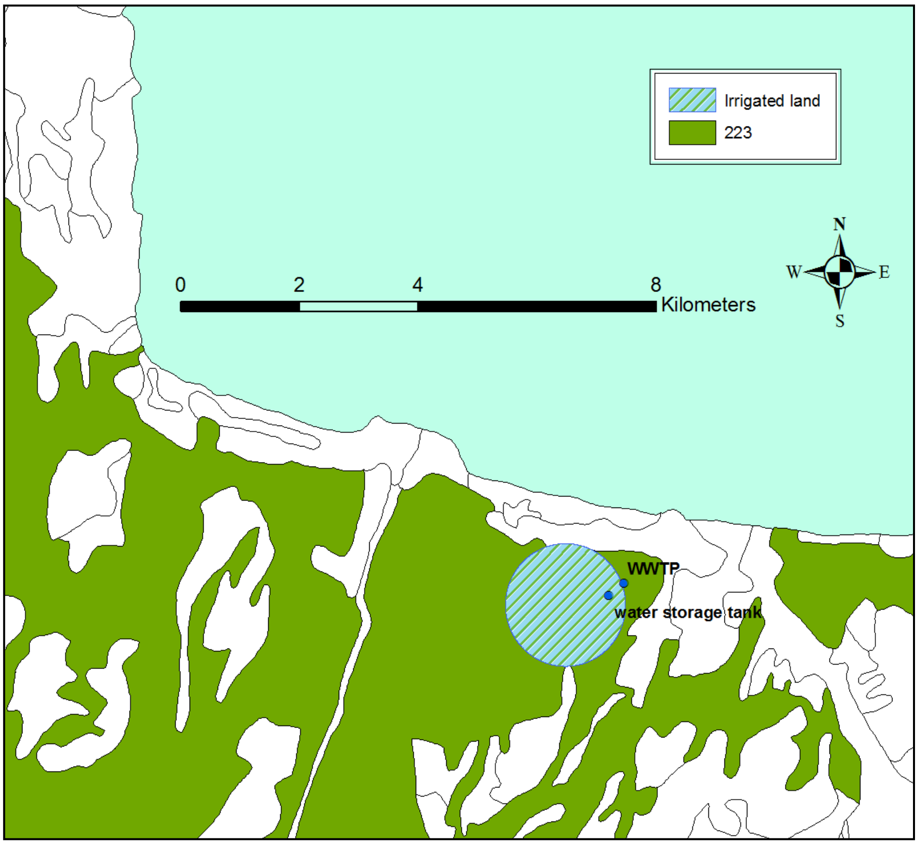
4.6.2 Γεράνι

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.4, το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Γερανίου καλύπτεται από ελαιώνες ενώ πολύ μικρότερη έκταση καταλαμβάνουν τα κηπευτικά.



Εικόνα 4.4: Χρήσεις γης στην περιοχή του βιολογικού καθαρισμού του Γερανίου

Στα πλαίσια του στρατηγικού σχεδιασμού, προτείνεται η άρδευση των ελαιώνων και όχι των κηπευτικών της περιοχής, δεδομένου ότι το αρδευτικό νερό για τα κηπευτικά απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία, ενώ η άρδευση των ελαιώνων μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εκροή του βιολογικού.

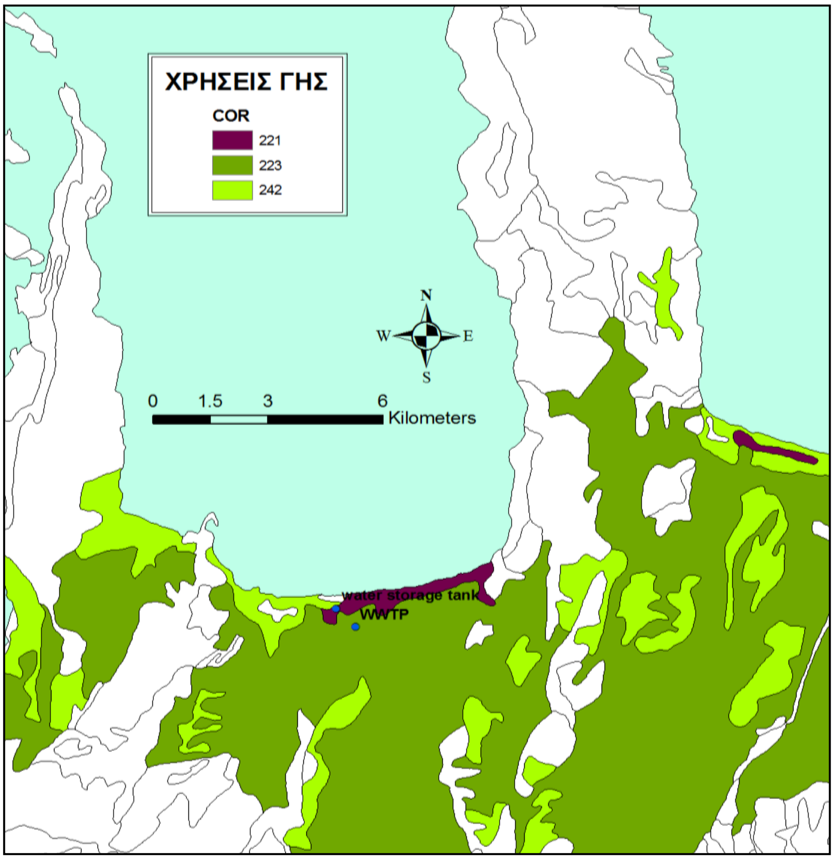


Εικόνα 4.5: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή του βιολογικού καθαρισμού του Γερανίου

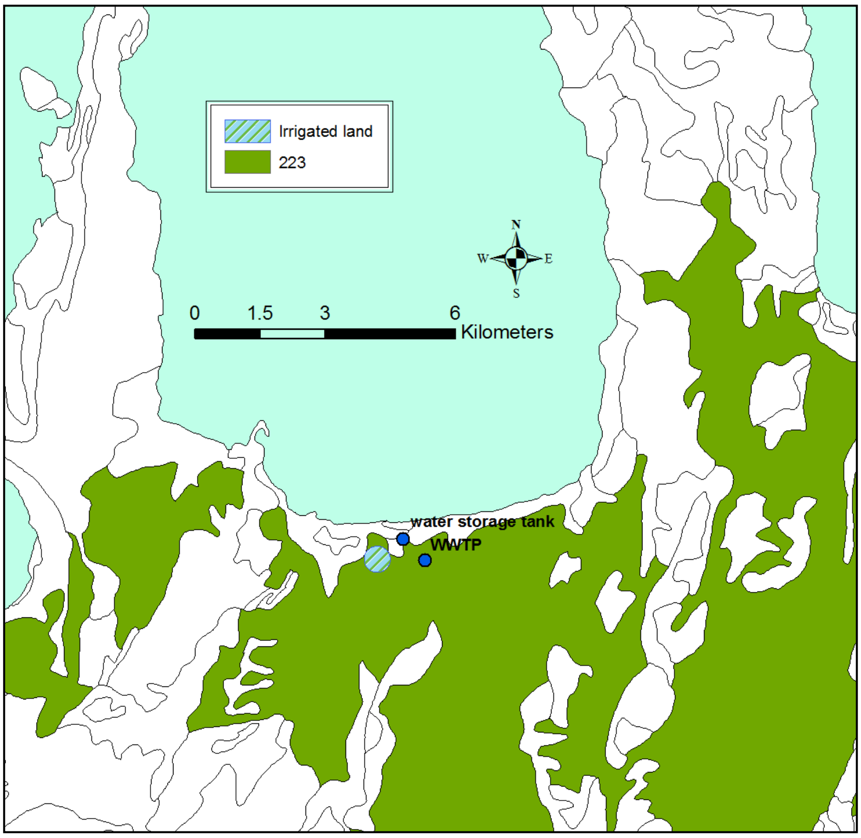
4.6.3 Κίσαμος

Η περιοχή γύρω από το βιολογικό της Κισάμου καλύπτεται κατά κύριο λόγο από ελαιώνες, αλλά ένα σημαντικό κομμάτι (περίπου 4000 στρέμματα) αποτελείται από αμπέλια και μικρά χωράφια με ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες.

Για την άρδευση των κηπευτικών απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία της εκροής του βιολογικού. Για το λόγο αυτό, και δεδομένου ότι η παρουσία ελαιώνων στην περιοχή είναι έντονη, προτείνεται η διάθεση των λυμάτων (χωρίς περαιτέρω επεξεργασία) για την άρδευση περίπου 280 στρεμμάτων ελιών. Μία τυπική έκταση που δύναται να αρδευτεί παρουσιάζεται στην εικόνα 4.7.



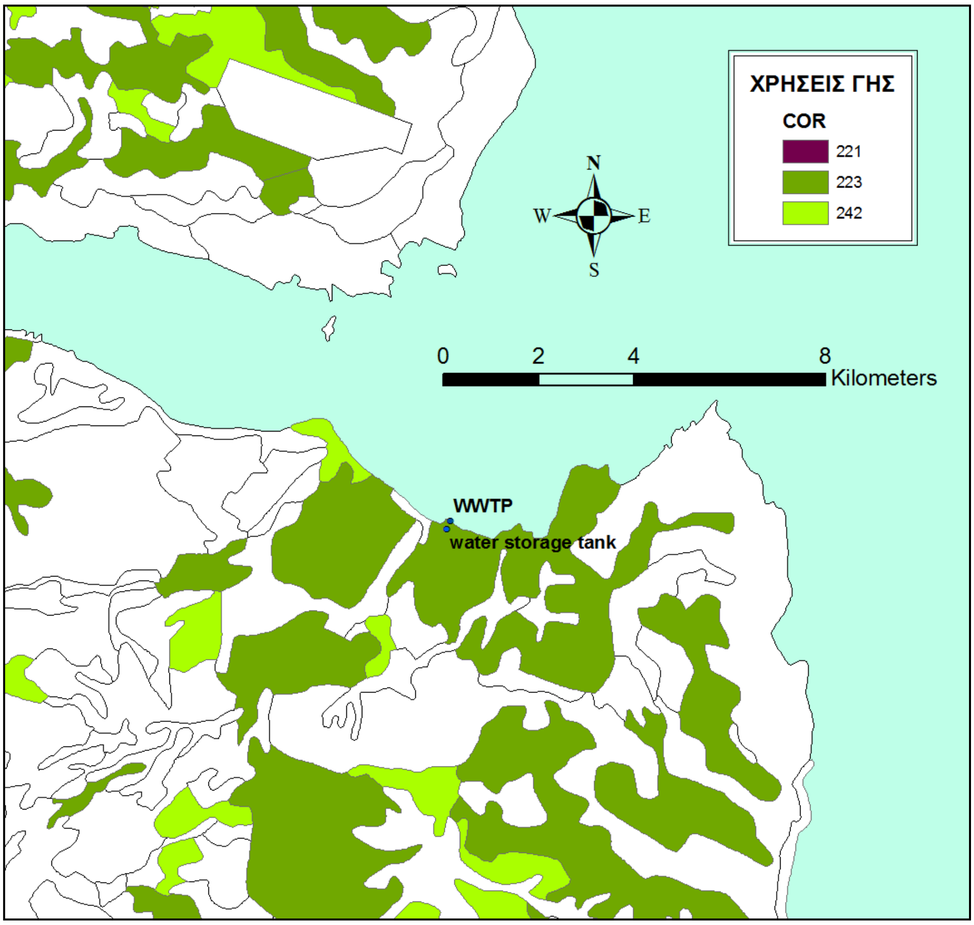
Εικόνα 4.6: Χρήσεις γης στην περιοχή του βιολογικού καθαρισμού της Κισάμου



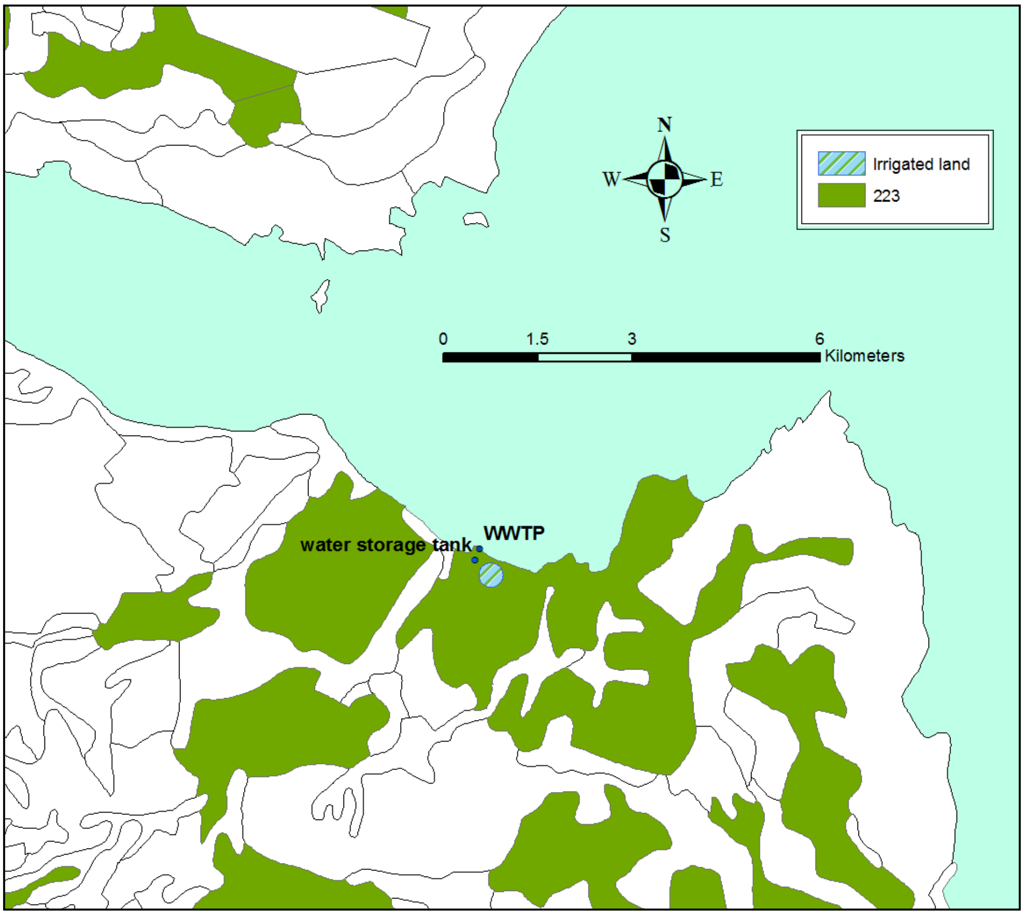
Εικόνα 4.7: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή του βιολογικού καθαρισμού της Κισάμου

4.6.4 Καλύβες

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.8, η περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό των Καλυβών καλύπτεται κατά κύριο λόγο από ελαιώνες. Δεδομένης της απουσίας αμπελώνων και κηπευτικών στην ευρύτερη περιοχή, προτείνεται η διάθεση της εκροής για άρδευση ελαιώνων, αφού πρώτα προηγηθεί η απαραίτητη μείωση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών. Μία τυπική έκταση περίπου 120 στρεμμάτων που μπορεί να αρδευτεί με τα ανακτημένα λύματα του βιολογικού, παρουσιάζεται στην εικόνα 4.9.



Εικόνα 4.8: Χρήσεις γης γύρω από την περιοχή των Καλυβών

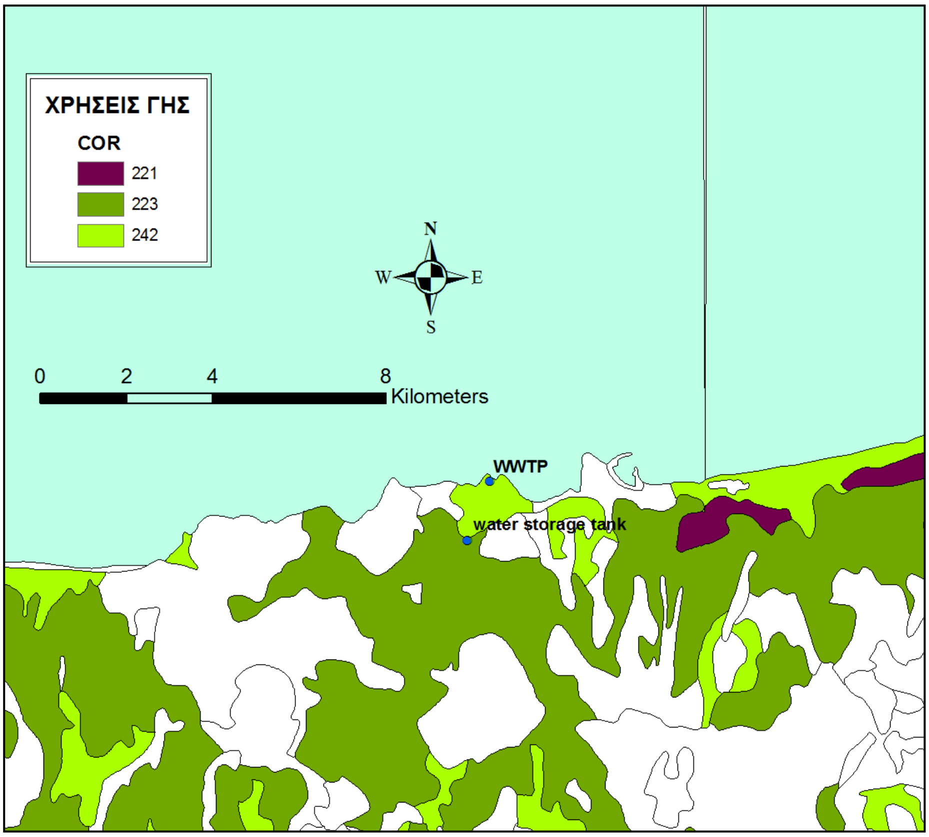


Εικόνα 4.9: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή των Καλυβών

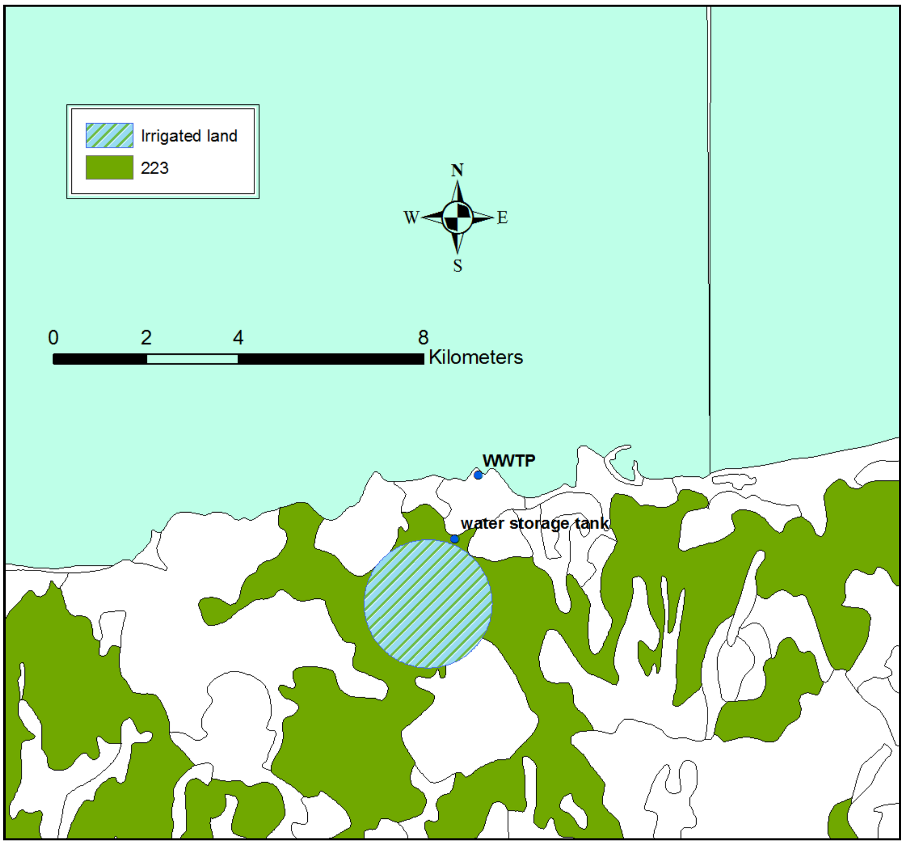
4.6.5 Ρέθυμνο

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.10, στην περιοχή γύρω από το βιολογικό υπάρχουν κυρίως ελαιώνες και μικρές εκτάσεις με ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες.

Η εκροή του βιολογικού του Ρεθύμνου πληροί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά για την άρδευση ελαιώνων αλλά κρίνεται ακατάλληλη για άρδευση κηπευτικών. Προκειμένου να μην απαιτηθεί περαιτέρω επεξεργασία προτείνεται η διάθεση της εκροής για την άρδευση των ελαιώνων της περιοχής. Στην εικόνα 4.11 φαίνεται μια τυπική έκταση ελαιώνων που μπορεί να αρδευτεί με τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού.



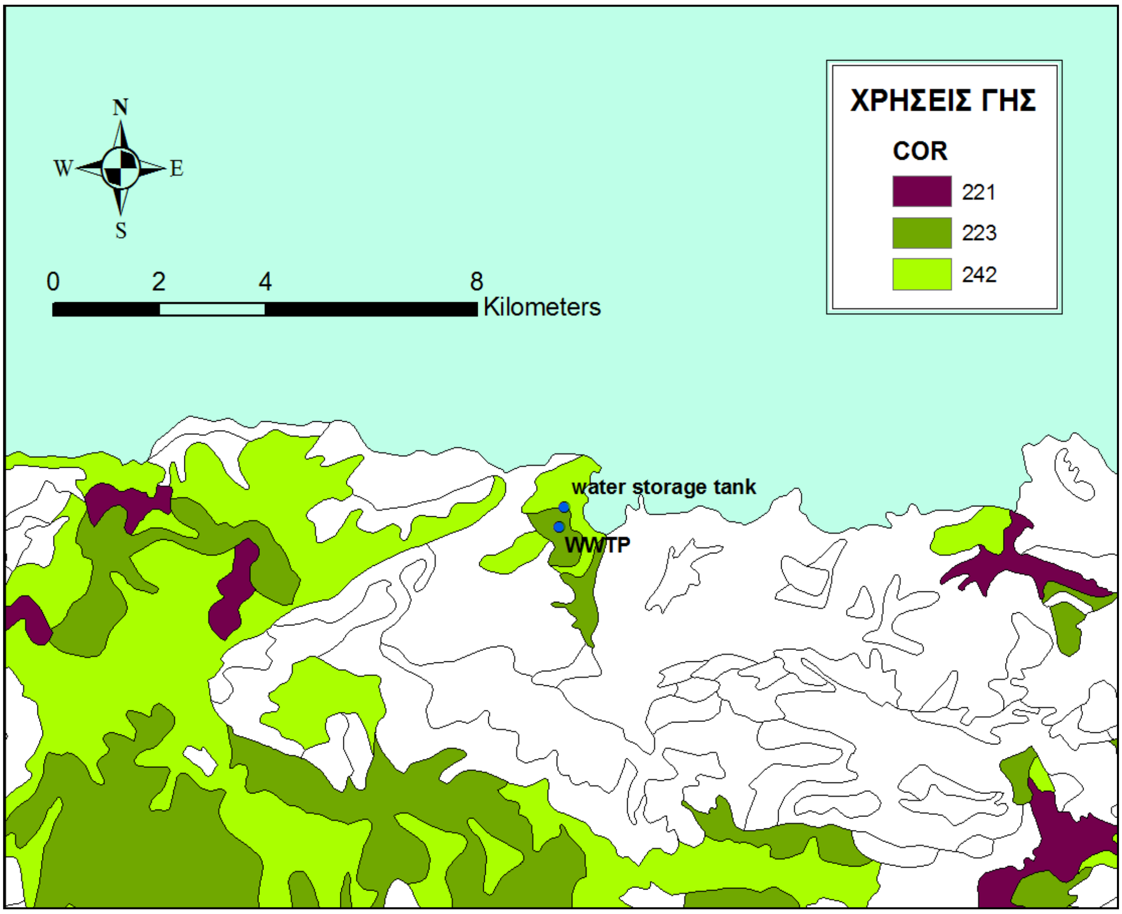
Εικόνα 4.10: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Ρεθύμνου



Εικόνα 4.11: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Ρεθύμνου

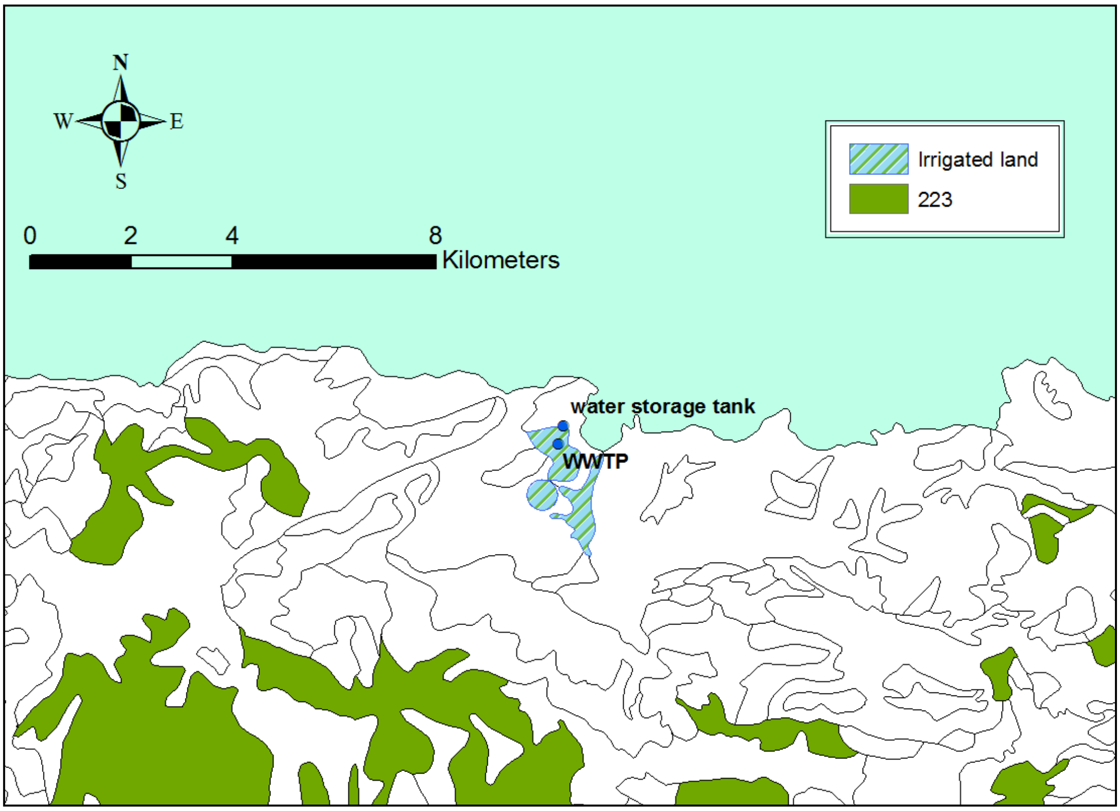
4.6.6 Μπαλί

Στην περιοχή γύρω από το βιολογικό του Μπαλίου είναι χαρακτηριστική η παρουσία ελαιώνων και χωραφιών με ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες. Αμπέλια υπάρχουν σε αρκετά μεγάλη απόσταση από τη δεξαμενή.



Εικόνα 4.12: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από την εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων του Μπαλίου

Η ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων του βιολογικού δεν είναι κατάλληλη για άρδευση ούτε ελαιώνων ούτε κηπευτικών. Για την άρδευση ελαιώνων πρέπει να γίνει πρόσθετα και απολύμανση των αποβλήτων και για την άρδευση των κηπευτικών τριτοβάθμια επεξεργασία. Η έκταση που καλύπτεται από ελαιώνες είναι μικρότερη από 1695 στρέμματα (για την ακρίβεια 1300 στρέμματα), οπότε αν το νερό διατεθεί για άρδευση ελιάς, θα υπάρχει πάντα στη δεξαμενή περίσσεια νερού. Στον αντίποδα, η προσθήκη τριτοβάθμιας επεξεργασίας και η διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση κηπευτικών δεν θεωρείται ρεαλιστική στα πλαίσια ενός μικρού οικισμού. Για το λόγο αυτό συνίσταται η απολύμανση των λυμάτων, η διάθεση τους για την άρδευση ελαιώνων της περιοχής και η καλλιέργεια επιπλέον 300 στρεμμάτων ελαιώνων στην περιοχή. Η έκταση ελαιώνων που μπορεί να αρδευτεί με τα λύματα του βιολογικού , παρουσιάζεται στην εικόνα 4.13.

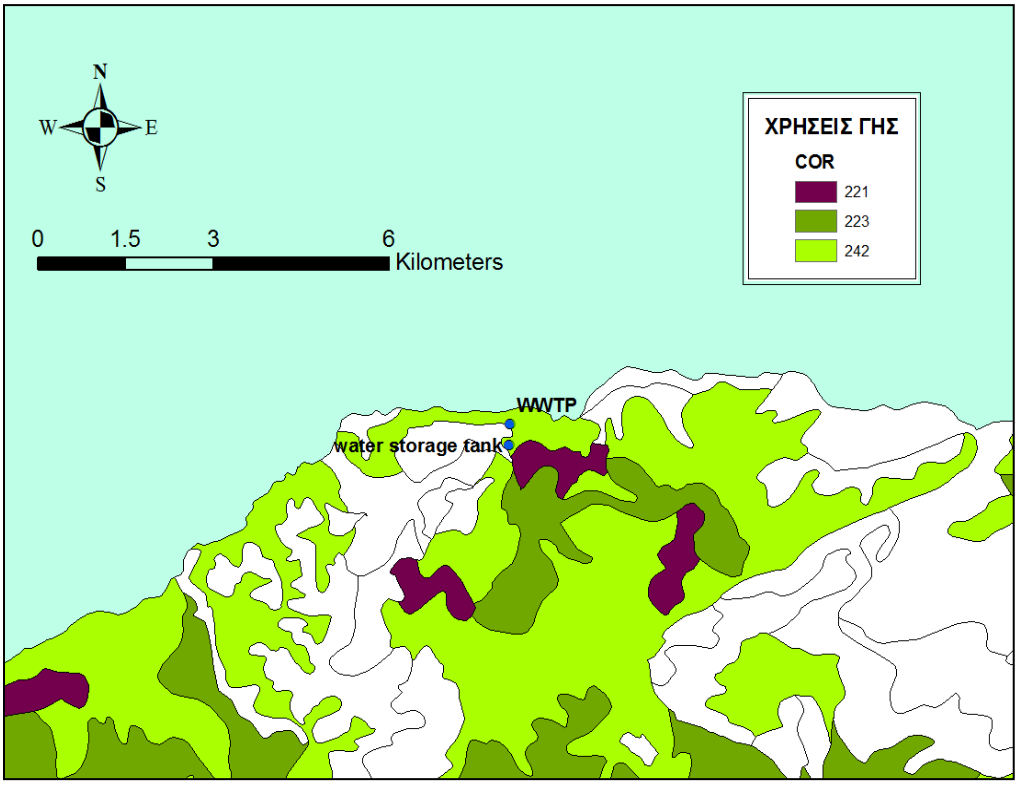


Εικόνα 4.13: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Μπαλίου

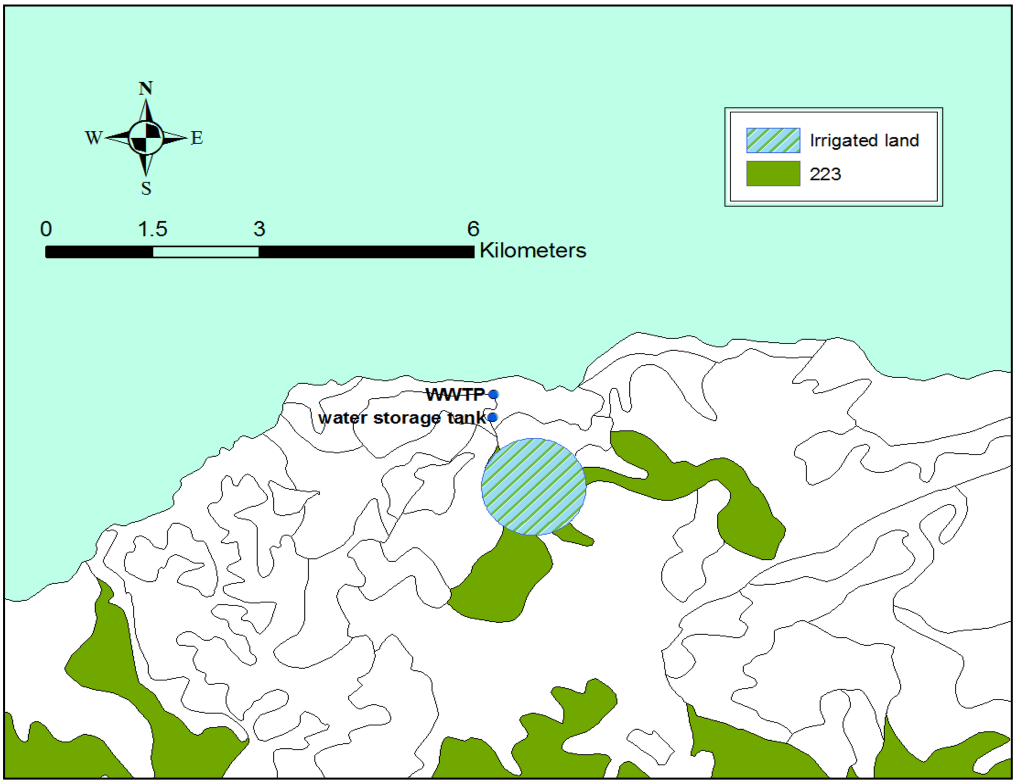
4.6.7 Πάνορμος

Στην περιοχή γύρω από το βιολογικό του Πανόρμου υπάρχουν πολλές εκτάσεις με αγροτεμάχια που έχουν ετήσιες ή μόνιμες καλλιέργειες χωρίς να μπορεί να παραβλεφθεί η παρουσία ελαιώνων και αμπελώνων (εικόνα 4.14).

Ωστόσο η άρδευση των ελαιώνων και των αμπελιών απαιτεί να έχει προηγηθεί απολύμανση των λυμάτων ενώ η άρδευση των κηπευτικών δεν μπορεί να γίνει αν δεν έχει πραγματοποιηθεί τριτοβάθμια επεξεργασία. Δεδομένου ότι η διενέργεια απολύμανσης είναι οικονομικότερη λύση από την τριτοβάθμια επεξεργασία προτείνεται η προσθήκη δεξαμενής χλωρίωσης στην εγκατάσταση και η άρδευση των ελαιώνων ή των αμπελιών της περιοχής του Πανόρμου. Μία ενδεικτική έκταση ελαιώνων που μπορεί να αρδευτεί από τα επεξεργασμένα απόβλητα φαίνεται στην εικόνα 4.15.



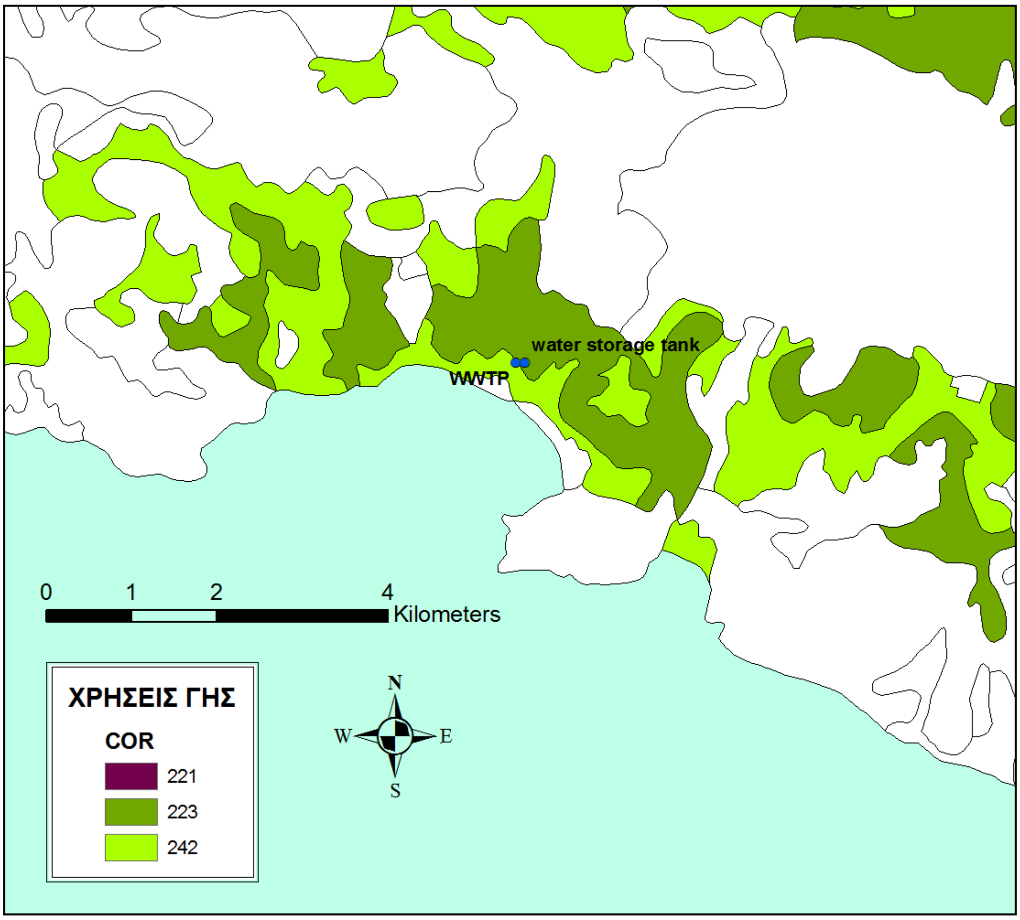
Εικόνα 4.14: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από την εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων του Πανόρμου



Εικόνα 4.15: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Πανόρμου

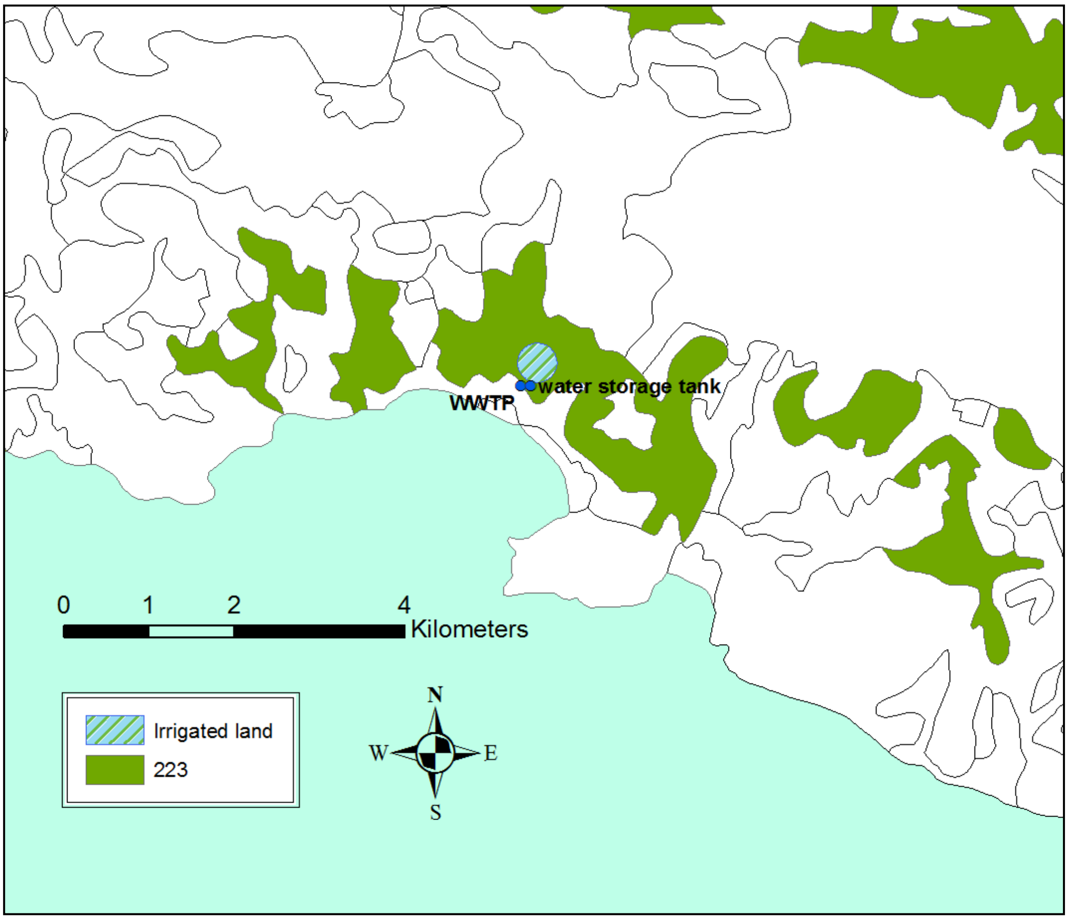
4.6.8. Πλακιάς

Στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Πλακιά υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις με ελαιώνες αλλά και των αγροτεμάχια με ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες. Αμπέλια δεν υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή.



Εικόνα 4.16: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από βιολογικό καθαρισμό του Πλακιά

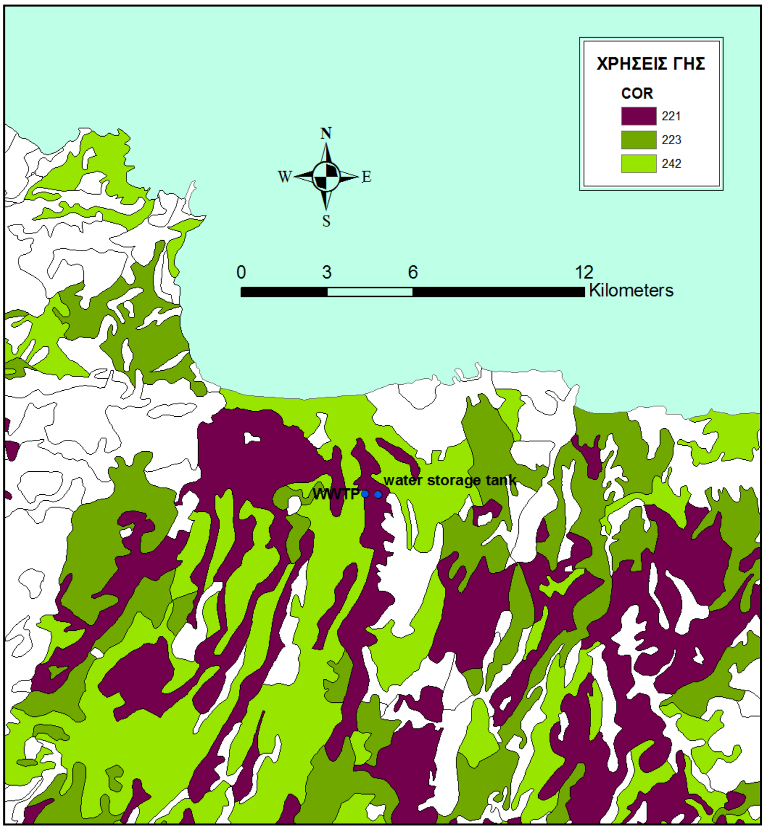
Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής του βιολογικού ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις για την άρδευση των ελαιώνων, ενώ αν τα λύματα διατεθούν για την άρδευση των κηπευτικών της περιοχής θα χρειαστεί να λάβει χώρα και τριτοβάθμια επεξεργασία. Η ρεαλιστικότερη και πιο οικονομική λύση για έναν μικρό βιολογικό όπως είναι αυτός του Πλακιά είναι η διάθεση της εκροής (χωρίς περαιτέρω επεξεργασία) για την άρδευση των ελαιώνων. Μια ενδεικτική έκταση ελαιώνων που μπορεί να αρδευτεί από τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού του Πλακιά παρουσιάζεται στην εικόνα 4.17.



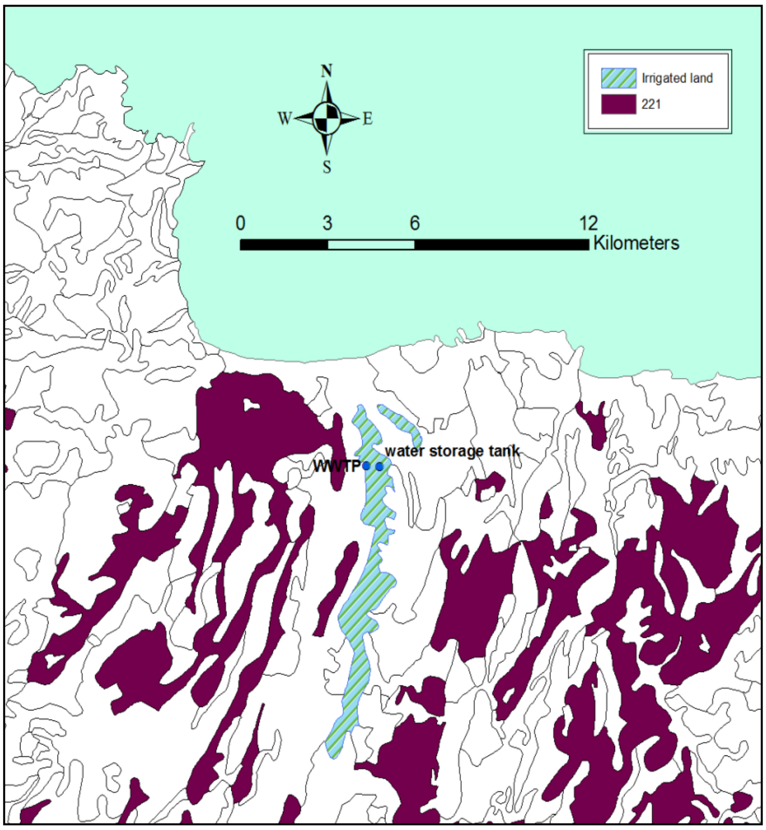
Εικόνα 4.17: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Πλακιά

4.6.9 Ηράκλειο

Η περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Ηρακλείου καταλαμβάνεται κυρίως από αμπελώνες και κηπευτικά. Οι εκτάσεις με ελαιώνες είναι αρκετά περιορισμένες. Δεδομένου ότι η εκροή κρίνεται ακατάλληλη για άρδευση των κηπευτικών, συνίσταται η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση των αμπελιών της περιοχής. Μια τυπική έκταση 8500 στρεμμάτων περίπου που δύναται να αρδευτεί με τα ανακτημένα απόβλητα, παρουσιάζεται στην εικόνα 4.19.



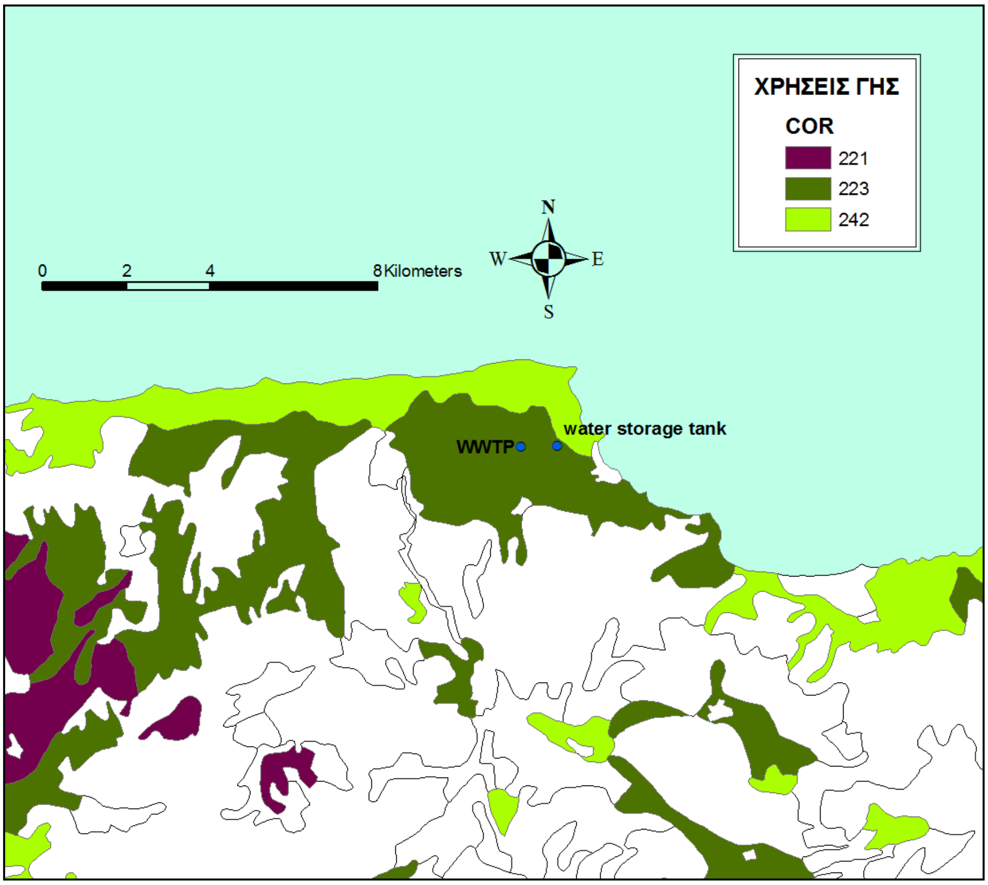
Εικόνα 4.18: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από βιολογικό καθαρισμό του Ηρακλείου



Εικόνα 4.19: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Ηρακλείου

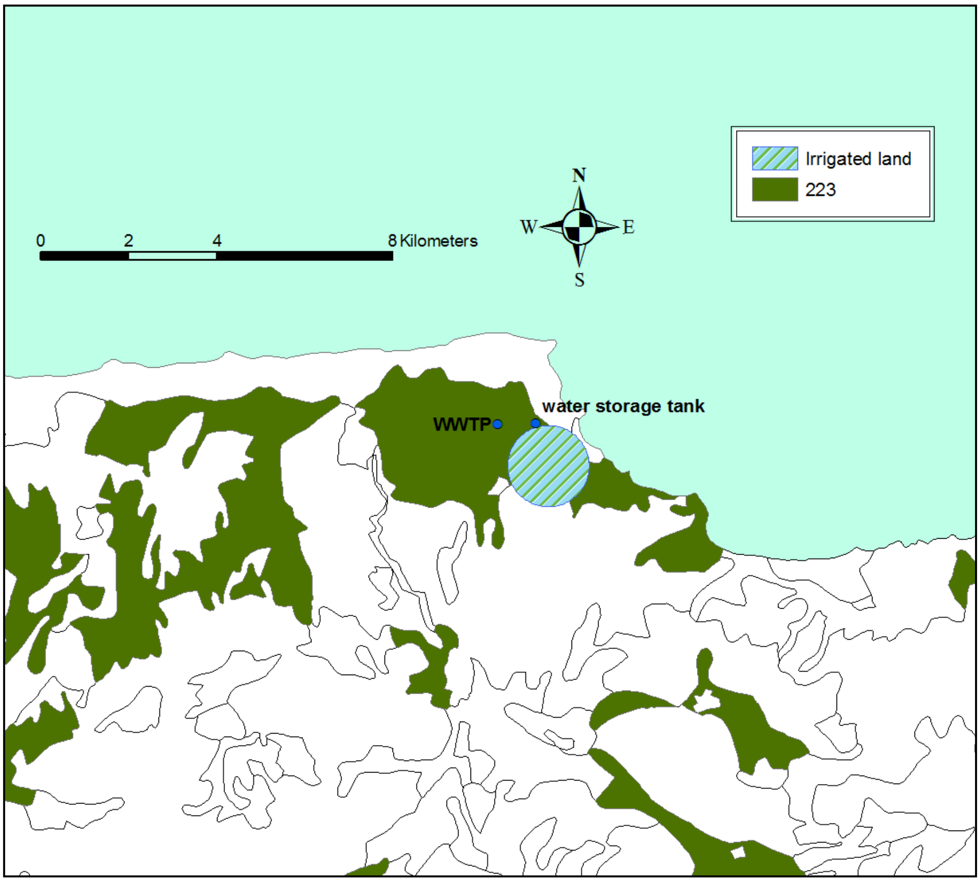
4.6.10 Χερσόνησος

Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.20 , η περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό της Χερσονήσου καταλαμβάνεται από ελαιώνες και από αγροτεμάχια με ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες.



Εικόνα 4.20: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από βιολογικό καθαρισμό της Χερσονήσου

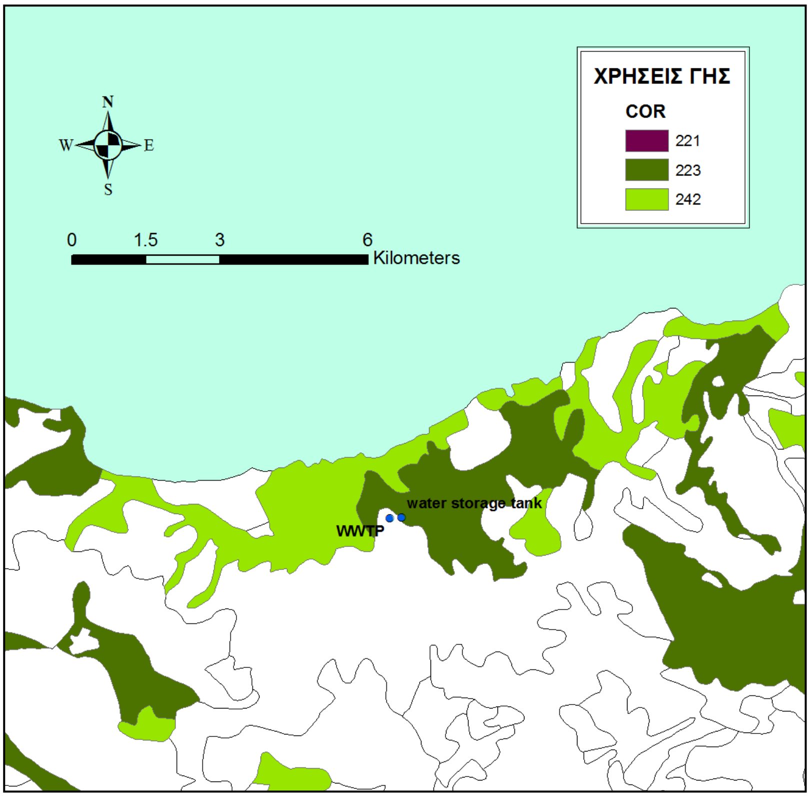
Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής του βιολογικού της Χερσονήσου είναι κατάλληλα για άρδευση ελαιώνων. Για την άρδευση των κηπευτικών πρέπει να έχει προηγηθεί τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων. Στα πλαίσια του στρατηγικού σχεδιασμού προτείνεται η άρδευση των ελαιώνων, όπως εξάλλου συμβαίνει ήδη στην περιοχή της Χερσονήσου. Μία τυπική έκταση ελαιώνων που μπορεί να αρδευτεί από τα ανακτημένα λύματα, φαίνεται στην εικόνα 4.21.



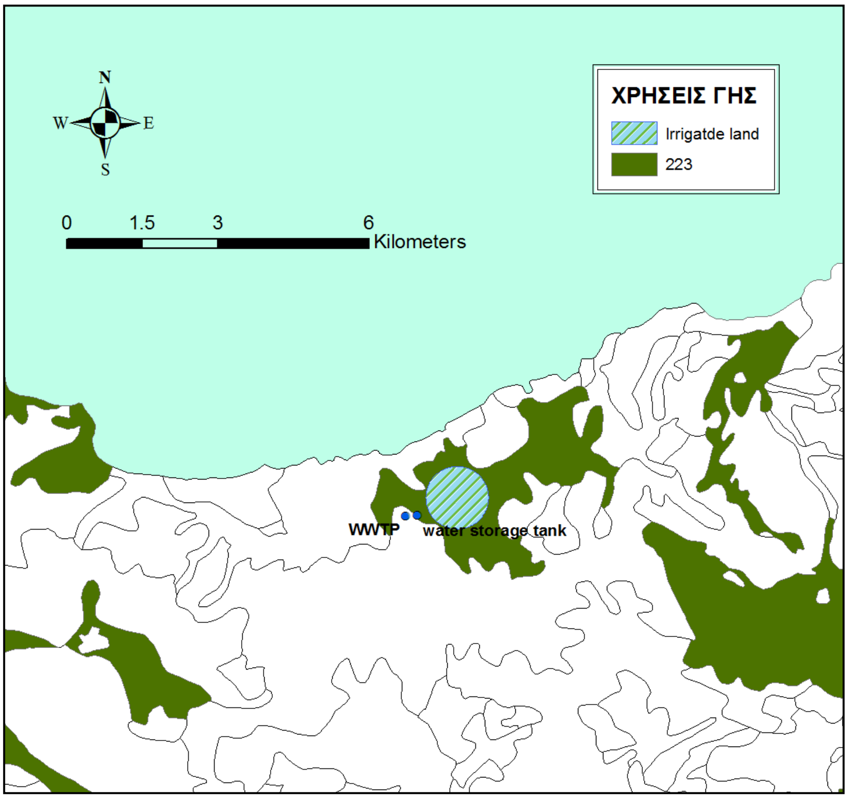
Εικόνα 4.21: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό της Χερσονήσου

4.6.11 Μάλια

Γύρω από το βιολογικό καθαρισμό των Μαλίων είναι έντονη η παρουσία των αμπελώνων και των κηπευτικών. Αμπέλια δεν υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή. Προκειμένου να μην απαιτηθεί πρόσθετη επεξεργασία των λυμάτων, προτείνεται η διάθεση της εκροής για την άρδευση ελαιώνων. Ενδεικτικά μια έκταση 1200 στρεμμάτων περίπου που μπορεί να αρδευτεί φαίνεται στη εικόνα 4.23 .



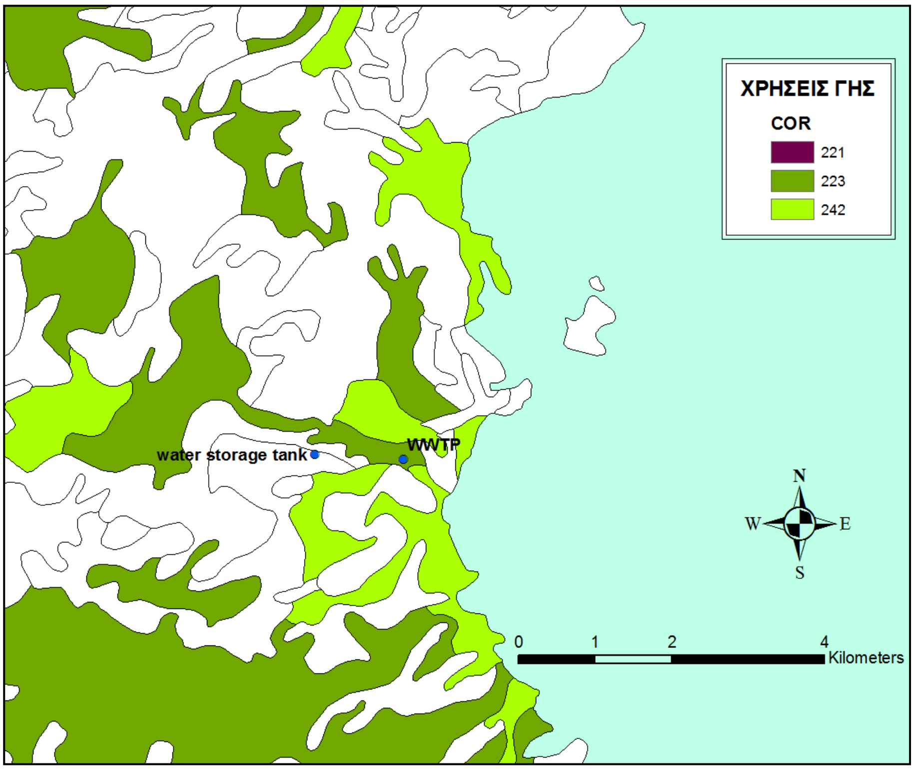
Εικόνα 4.22: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από βιολογικό καθαρισμό των Μαλίων



Εικόνα 4.23: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό των Μαλίων

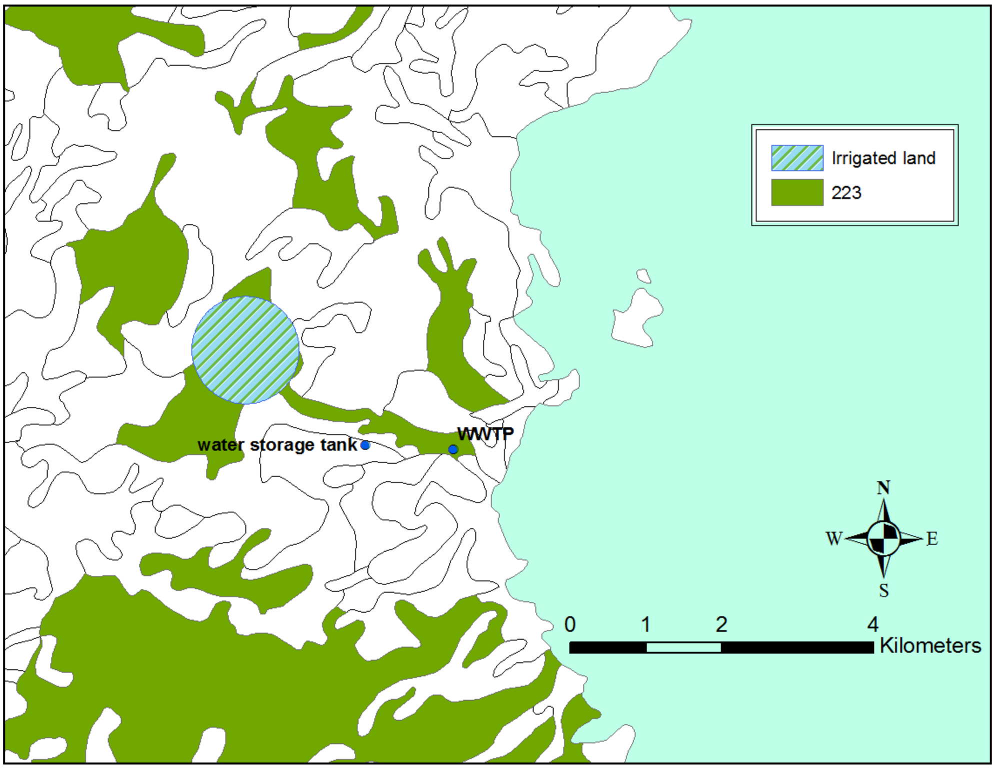
4.6.12 Άγιος Νικόλαος

Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.24 στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Αγίου Νικολάου υπάρχουν ελιές και μικρά αγροτεμάχια με ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες. Αμπέλια δεν υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή.



Εικόνα 4.24: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από βιολογικό καθαρισμό του Αγίου Νικολάου

Η εκροή του βιολογικού του Αγίου Νικολάου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση ελαιών , ενώ απαιτείται πρόσθετη τριτοβάθμια επεξεργασία αν διατεθεί για άρδευση κηπευτικών. Δεδομένης της ύπαρξης αρκετών εκτάσεων ελαιώνων στην περιοχή και προκειμένου να αποφευχθούν οι δαπάνες για την προσθήκη συστήματος τριτοβάθμιας επεξεργασίας, προτείνεται η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση των ελαιώνων της περιοχής. Στην εικόνα 4.25 φαίνεται μια τυπική έκταση ελαιώνων που δύναται να αρδευτούν με τα ανακτημένα απόβλητα.

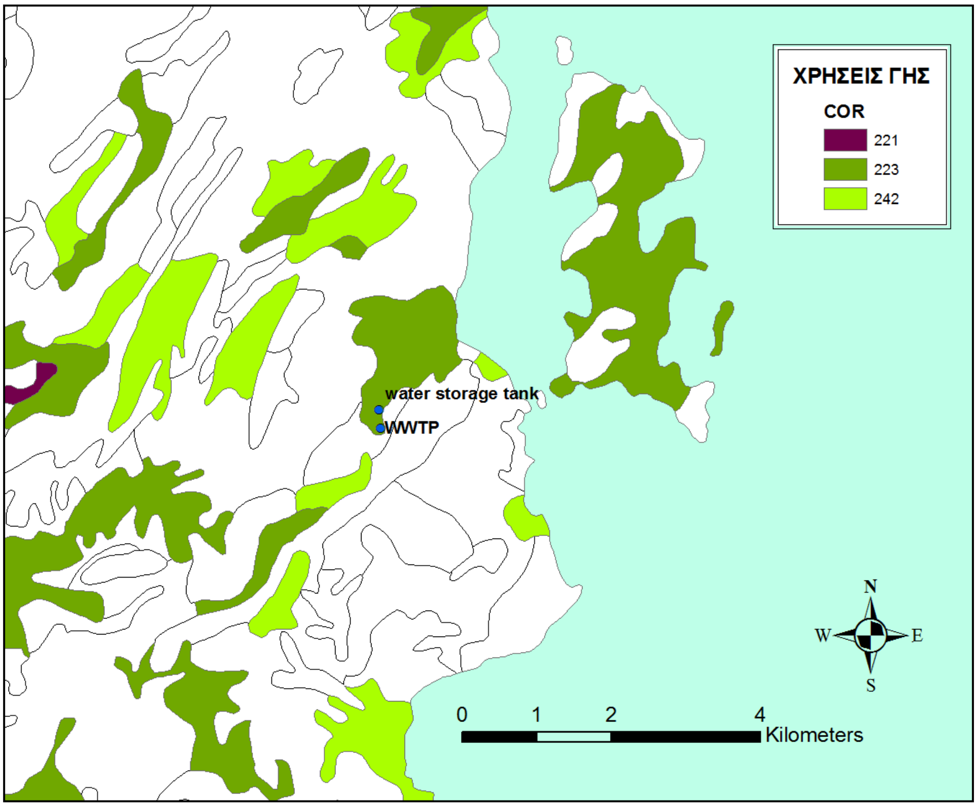


Εικόνα 4.25: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό του Αγίου Νικολάου

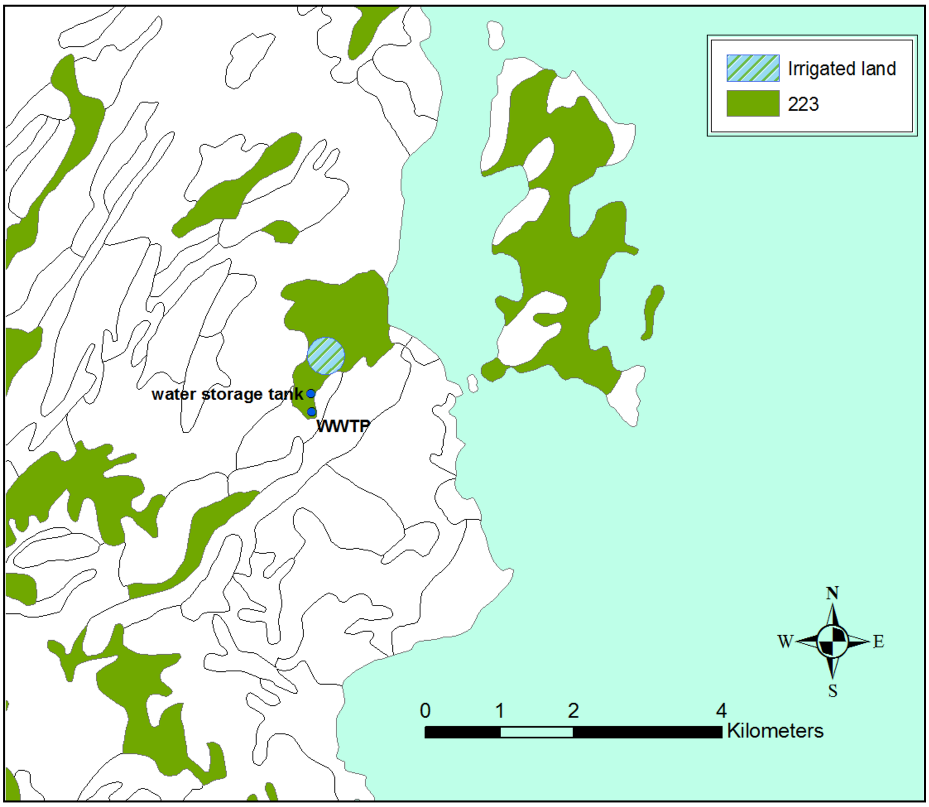
4.6.13 Ελούντα

Η περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό της Ελούντας καλύπτεται κυρίως από ελαιώνες και μικρά αγροτεμάχια με ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες. Αμπέλια δεν υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή.

Δεδομένου ότι η ποιότητα των λυμάτων στην εκροή του βιολογικού είναι κατάλληλη για άρδευση ελαιώνων και στην περιοχή του βιολογικού υπάρχουν εκτάσεις με ελιές, προτείνεται η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση της καλλιέργειας αυτής. Μια ενδεικτική έκταση αρδευόμενων ελιών φαίνεται στην εικόνα 4.27.



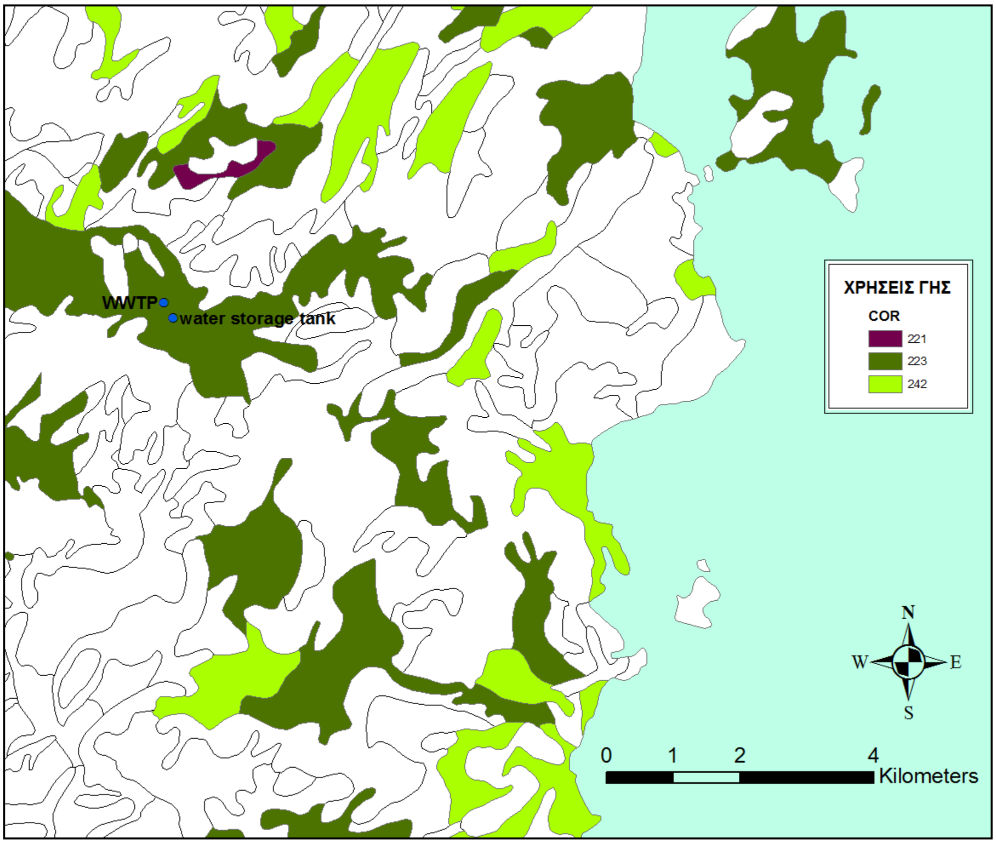
Εικόνα 4.26: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από βιολογικό καθαρισμό της Ελούντας



Εικόνα 4.27: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό της Ελούντας

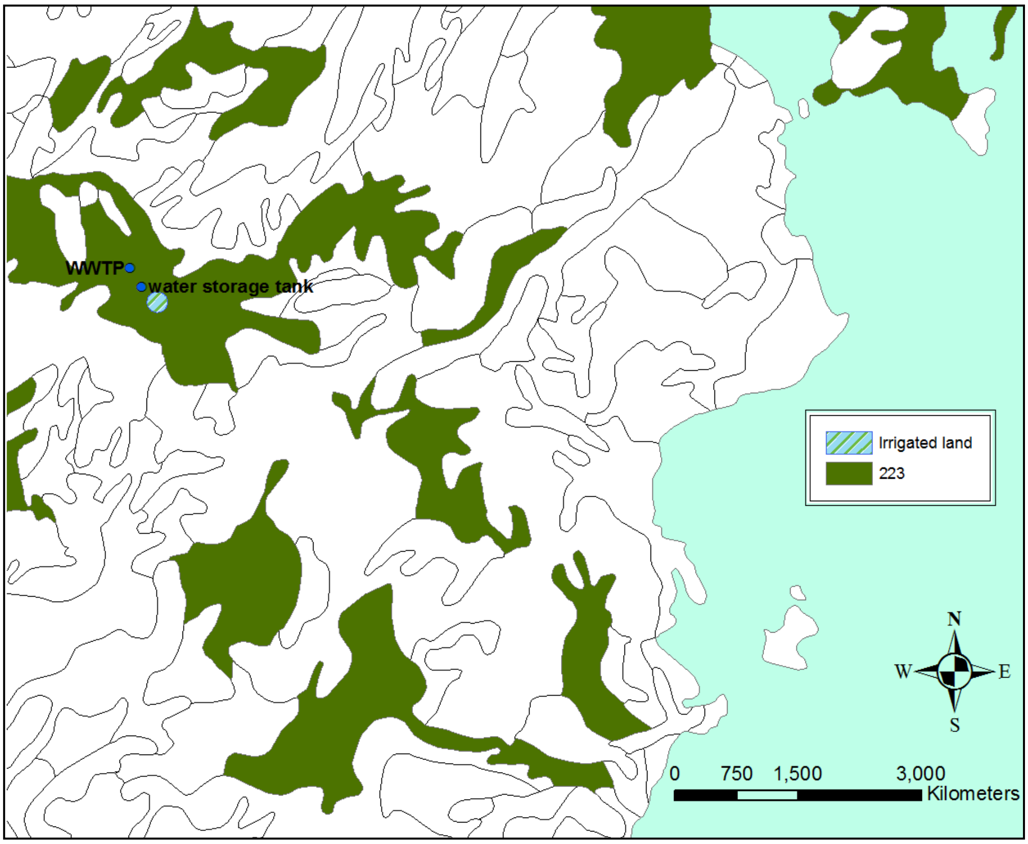
4.6.14 Λίμνες

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.28 , η περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό των Λιμνών καλύπτεται κατά κύριο λόγο από ελαιώνες.



Εικόνα 4.28: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από βιολογικό καθαρισμό των Λιμνών

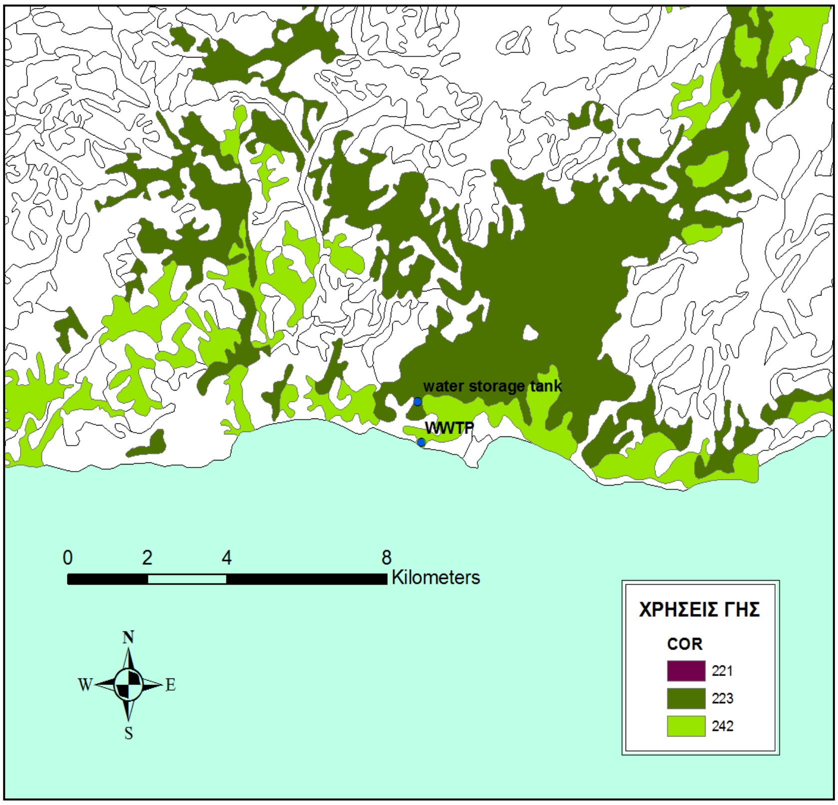
Η εκροή του βιολογικού καθαρισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας για άρδευση ελαιώνων χωρίς να απαιτείται περεταίρω επεξεργασία. Στην εικόνα 4.29 φαίνεται μια ενδεικτική έκταση από ελιές που μπορεί να αρδευτεί με τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού.



Εικόνα 4.29: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό των Λιμνών

4.6.15 Ιεράπετρα

Η περιοχή γύρω από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Ιεράπετρας καταλαμβάνεται από ελαιώνες και κηπευτικά. Για την άρδευση των κηπευτικών απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία, ενώ η άρδευση των ελαιώνων μπορεί να γίνει απευθείας χωρίς περεταίρω επεξεργασία. Ως πιο οικονομικά εφικτή λύση προτείνεται η διάθεση της εκροής για την άρδευση των ελαιώνων της περιοχής. Μια τυπική έκταση που μπορεί να αρδευτεί με τα επεξεργασμένα απόβλητα φαίνεται στην εικόνα 4.31 .



Εικόνα 4.30: Χρήσεις γης στην περιοχή γύρω από βιολογικό καθαρισμό της Ιεράπετρας

Εικόνα 4.31: Έκταση αρδευόμενης γης στην περιοχή γύρω από το βιολογικό καθαρισμό της Ιεράπετρα

Κεφάλαιο 5
Σύνοψη-συμπεράσματα

5.1 Σχόλια

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε αρχικά η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης αστικών επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών στην νήσο Κρήτη. Σε δεύτερη φάση, δεδομένης της καταλληλότητας της εκροής, πραγματοποιήθηκε ένας στρατηγικός σχεδιασμός που περιλάμβανε μια ενδεικτική διαστασιολόγηση του έργου που απαιτείται για τη συγκέντρωση των λυμάτων πριν την διάθεση τους στο αρδευτικό δίκτυο, καθώς και μια εκτίμηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων που μπορούν να αρδευτούν με τα λύματα αυτά.

Όπως προέκυψε μέσα από τα στοιχεία που συλλέχτηκαν από 15 Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων σε όλη την Κρήτη, οι εκροές από την πλειοψηφία των ΕΕΛ είναι κατάλληλες για άρδευση ελαιώνων και αμπελώνων. Παρόλα αυτά, στις περισσότερες εγκαταστάσεις πραγματοποιείται διάθεση των λυμάτων σε φυσικούς αποδέκτες. Για τις περιπτώσεις αυτές η πρακτική της επαναχρησιμοποίησης μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα ωφέλιμη (από άποψης εξοικονόμησης υδατικών πόρων), καθώς χωρίς να απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία είναι δυνατή η άρδευση μεγάλων εκτάσεων γης. Για την άρδευση των κηπευτικών θα πρέπει να λάβει χώρα τριτοβάθμια επεξεργασία (διήθηση και απολύμανση) σε όλες τις υπό μελέτη ΕΕΛ, προκειμένου να πληρούνται τα προτεινόμενα κριτήρια. Ωστόσο πρέπει να τονιστεί πως το κόστος μιας προηγμένης επεξεργασίας δεν είναι τόσο υψηλό και αναμφισβήτητα αντισταθμίζεται από τα τεράστια οφέλη που μπορούν να προκύψουν από την άρδευση με λύματα ακόμα και των πιο ‘ευαίσθητων’ καλλιεργειών.

5.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται μία συγκεκριμένη προσέγγιση γύρω από το την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών σε επίπεδο Κρήτης. Στην προσπάθεια κατάστρωσης του στρατηγικού σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε μια σειρά από παραδοχές, προκειμένου να είναι δυνατή η διατύπωση μιας ολοκληρωμένης πρότασης. Ωστόσο, το θέμα της επαναχρησιμοποίησης είναι πολυδιάστατο και το σχέδιο που προτείνεται δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση μονόδρομο.

Πιο συγκεκριμένα, στην προσπάθεια εκτίμησης των εκτάσεων που μπορούν να αρδευτούν με τα επεξεργασμένα απόβλητα, έγινε χρήση του δυσμενέστερου μήνα για τις αρδευτικές ανάγκες κάθε καλλιέργειας με αποτέλεσμα η υπολογιζόμενη έκταση να είναι η μικρότερη δυνατή. Συνεπώς τους υπόλοιπους μήνες που οι απαιτήσεις σε νερό των καλλιεργειών είναι μικρότερες, θα υπάρχει περίσσεια νερού για την οποία γίνεται η παραδοχή ότι θα διατίθεται στους αποδέκτες. Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση στο θέμα αυτό θα ήταν η μελέτη για τη δυνατότητα τροφοδοσίας του υδροφορέα με το νερό που περισσεύει. Μια τέτοια μελέτη ξεφεύγει σημαντικά από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας, αλλά θα μπορούσε σίγουρα να αποτελέσει αντικείμενο άλλων εργασιών.

Επίσης, στο σύνολο των 15 Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων που μελετήθηκαν υπάρχουν αρκετές που η δυναμικότητά τους είναι ιδιαίτερα μικρή. Μικρή παροχή λυμάτων συνεπάγεται και αρδευόμενη έκταση λίγων μόνο στρεμμάτων. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει μέτρο σύγκρισης ανάμεσα στα 10600 στρέμματα ελαιώνων που μπορούν να αρδευτούν από την εκροή του βιολογικού στο Ηράκλειο και στα 120 στρέμματα που δύναται να αρδευτούν στις Καλύβες. Στις περιπτώσεις όπου οι παροχές των βιολογικών είναι τόσο μικρές (όπως πχ. στην Κίσαμο, στις Καλύβες, στον Πλακιά, στις Λίμνες κ.ά.), είναι προφανές ότι η διάθεση των εκροών για άρδευση είναι οικονομικά ασύμφορη. Για τις περιπτώσεις αυτές θα ήταν πολύ ενδιαφέρον να εξετασθούν και άλλες εναλλακτικές μέθοδοι επαναχρησιμοποίησης όπως η άρδευση αστικού πρασίνου ή η άρδευση δένδρων κατά μήκος των εθνικών οδών.

Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements**.** FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Angelakis, A. N., Durham, B., Marecos do Monte, M.H.F., Salgot, M., Wintgens, T., Thoeye, C. (2007). Wastewater Recycling and Reuse in Eureau Countries with Emphasis on Criteria Used. EUREAU EU 1/2, Recycling &Reuse Working Group.

Angelakis, A. N., Marecos Do Monte, M.H.F., Bontoux, L., Asano, T. (1999). The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. Water Research, volume 33, issue 10, pp. 2201-2217.

Borboudaki, K.E., Paranychianakis, N.V., Tsagarakis, K.P. (2005). Integrates water management reporting at tourist areas for recycling purposes, including the case study of Hersonissos, Greece. Environmental Management, volume 36, issue 4, pp. 610-623.

Bountoux, J., Courtois, G. (1996). Wastewater reuse for irrigation in France. Water science and technology, volume 33, issues 10-11, pp. 45-49.

Bravdo, B., Naor, A. (1996). Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine. Acta Horticulturae (ISHS), volume 427, pp. 15–26.

Brissaud, F. (2008). Criteria for water recycling and reuse in the Mediterranean region. Desalination, volume 218, issues 1-3, pp. 24-33.

Chalmers, D.J., Mitchell, P.D., van Heek, L. (1981). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. Journal of the American Society for Horticultural Science, volume 106, issue 3, pp. 307-312.

CSHPF (1991). Recommandations Sanitaires Concernant L΄Utilisation, Après Épuration, des Eaux Résiduaires Urbaines Pour l΄irrigation des Cultures et des Espaces Verts. Circulaire DGS/SD1.D./91/Nº 51, Paris, Conseil Supérieur d΄Hygiène Publique de France.

Emwater Project. Country Study (2004). Prospects of Efficient Wastewater Management and Water Reuse in Turkey . www.emwater.org/downloads/index.htm

Esteban,R.I, Ortega de Miguel, E. (2008). Present and future wastewater reuse in Spain. Desalination, volume 218, issues 1-3, pp.105-119.

European Commission (2004).Water Reuse System Management-AQUAREC. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

FAO (1997). Quality control of wastewater for irrigated crop production. D.W. Westcot, FAO Water Report 10, FAO, Rome.

FAO (1992). Wastewater treatment and use in agriculture. M.B Pescod, FAO Irrigation and Drainage Paper 47, FAO, Rome.

FAO (1985). Water quality for agriculture. R.S. Ayres and D.W. Westcot, FAO Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome.

Fatta, D., Anayiotou, S., Papadopoulos , I. (2005). An overview of the water and wastewater management practices in Cyprus**.** IWA Specialty Conference, Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability, Jeju, Korea, November 8-11, 2005.

Fereres, E., Goldhamer, D.A., Parsons, L.R. (2003). Irrigation water management of horticultural crops. HortScience, volume 38, issue 5, pp. 1036-1042.

Fereres , E., Soriano, M.A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany, volume 58, issue 2, pp. 147-159.

Inbar, Y. (2007). New Standards for Treated Wastewater Reuse in Israel. In Wastewater Reuse-Risk Assessment, Decision-Making and Environmental Security. Springer Netherlands, pp. 291-296.

Mara, D. D. (2008). Using human waste safely for livelihoods, food production and health :A numerical guide to volume 2 to the Guidelines and practical advice on how to transpose them into national standards. World Health Organization (WHO).

Marecos do Monte, M.H.F. (2007). Guidelines for good practice of water reuse for irrigation: Portuguese standard NP 4434. In: M.K. Zaidi, Editor, *Water Reuse-risk Assessment, Decision-making and Environmental Security*, NATO Science for Peace and Security Series, volume 2007, pp. 253–265.

McCarthy, M.G., Loveys, B.R., Dry, P.R., Stoll, M. (2002). Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: Deficit irrigation practices, FAO Water Reports No. 22. Rome, Italy: FAO, 79–87.

McCornick, P.G., Hijazi, A., Sheikh, B. (2004).From Wastewater Reuse to Water Reclamation: Progression of Water Reuse Standards in Jordan. In WASTEWATER USE IN IRRIGATED AGRICULTURE. Confronting the Livelihood and Environmental Realities. The International Development Research center, IDRC.

Mitchell, P.D., Chalmers, D.J. (1982) The effect of reduced water supply on peach tree growth and yields. Journal of the American Society of Horticultural Science, volume 107, issue 5, pp. 853–856.

Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E. (2003). Yield responses of mature olive orchard to water deficits. Journal of the American Society for Horticultural Science, volume 128, issue 3, pp. 425-431.

Natural Resource Management Ministrial Council, Environment Protection and Heritage Council, Australian Health Ministers' Conference. NWQMS Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks. November 2006.

Ogoshi, M., Suzuki ,Y., Asano, T. (2001). Water reuse in Japan. Water Science and Technology, volume 43, issue 10, pp. 17-23.

Oron, G. (2003). Agriculture, water and the environment: future challenges. Water Science & Technology: Water Supply, volume 3, issue 4, pp. 51-57.

Papadopoulos, I. (1997). "Case study XI-Cyprus", in Water Pollution Control. A Guide to the Use of Water Quality Management Principles. Helmer, R. and Hespanhol, I., Eds, WHO.

State of California (2000). Title 22, Code of regulation, 24p. November 2000.

Tanaka, H., Asano, T., Schroeder, E. D. and Tchobanoglous, G. (1998). Estimating the safety of wastewater reclamation and reuse using enteric virus monitoring data. Wat. Environ. Res., volume 70, issue 1,pp. 39-50.

Tsanis, I.K., Naoum, S. (2003). The effect of spatially distributed meteorological parameters on irrigation water demand assessment. Advances in Water Resources, volume 26, issue 3, pp. 311-324.

UNEP (2005). Guidelines for Municipal Water Reuse in the Mediterranean Region. UNEP(DEC)/MED/WG.270/Inf.19, United Nations Environment Programme, Athens, Greece.

Uriu, K., Magness, J.R. (1967). Deciduous tree fruits and nuts. In: Hagan, R.M., Haise, H.R., Edminster, T.W. Edminster, Editors, Irrigation of agricultural lands, Monograph volume 11, American Society of Agronomy, Madison, WI.

US EPA (2004). Guidelines for Water Reuse. EPA/625/R-04/108, U.S Agency for International Development, Washington, DC, USA.

WHO (1973). Reuse of effluents: Methods of Wastewater treatment and Public Health Safeguards. Report of a WHO meeting of experts, Technical Report Series No.517. WHO, Geneva, Switzerland.

WHO (1989). Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Report of a Scientific Group, Technical Report Series No.778. World Health Organization: Geneva, Switzerland.

WHO (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume I: Policy and Regulatory Aspects. World Health Organization: Geneva, Switzerland.

WHO (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume II: Wastewater Use in Agriculture. World Health Organization: Geneva, Switzerland.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αγγελάκης, Α. Ν., Παρανυχιανάκης, Ν. Β. (2005). Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα, με Έμφαση την Ανάγκη Θέσπισης Κριτηρίων Ποιότητας των Εκροών. 5ο Συνέδριο της Εταιρείας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων (Ελληνικό Τμήμα). Ξάνθη 06-09/04/05, σελ. 613-550.

Αγγελάκης Α.Ν., Τσαγκαράκης, Κ.Π., Κοτσελίδου, Ο.Ν., Βαρδάκου, Ε. (2000). Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων: Μια Προκαταρκτική Προσέγγιση. Τεχνική Έκθεση για το ΥΠΕΧΩΔΕ και την Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης Ελλάδας (ΕΔΕΥΑ). Λάρισα, σελ. 100.

Βασιλάκη, Ρ. (2008). Το φαινόμενο της ερημοποίησης στην Κρήτη και ο ρόλος της ελιάς. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Χατζηαγγέλου, Η. (2002). Τεχνική Υδρομηχανική (τεύχος 1). Εκδ. Θεσσαλονίκη 2002, σελ. 8/1.

Ιστιοσελίδες

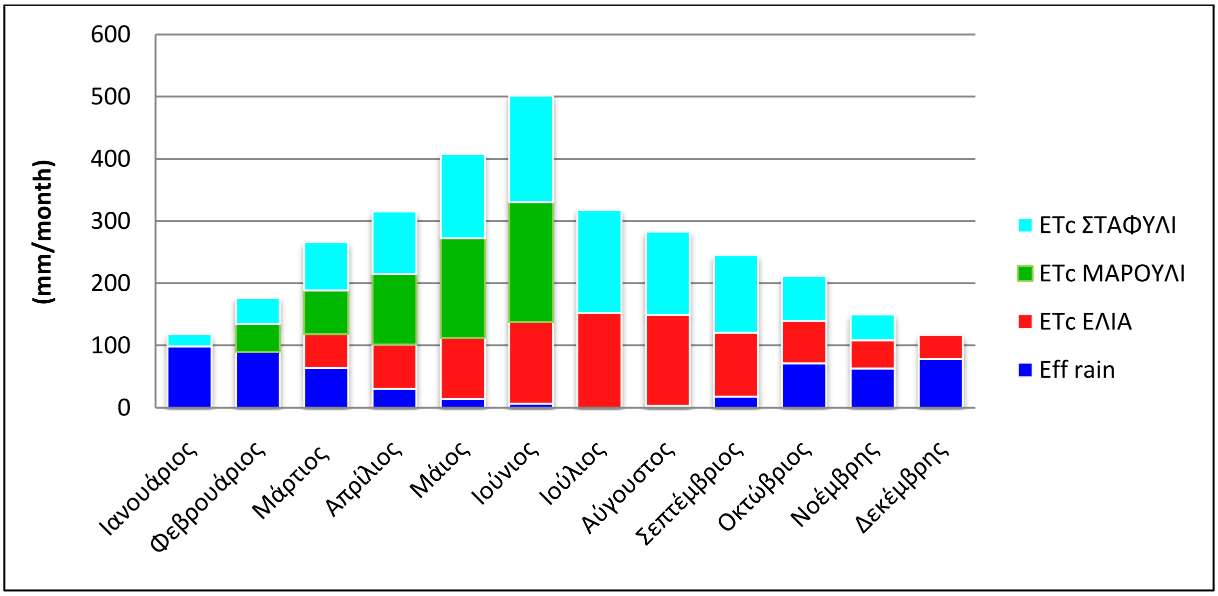
http://www.hnms.gr

http://www.weatheronline.gr

Παράρτημα Α
Μηνιαία κατανομή εξατμισοδιαπνοής για τις τρεις καλλιέργειες, για κάθε μετεωρολογικό σταθμό

Πίνακας Α1: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με δεδομένα του Μ.Σ. στα Χανιά

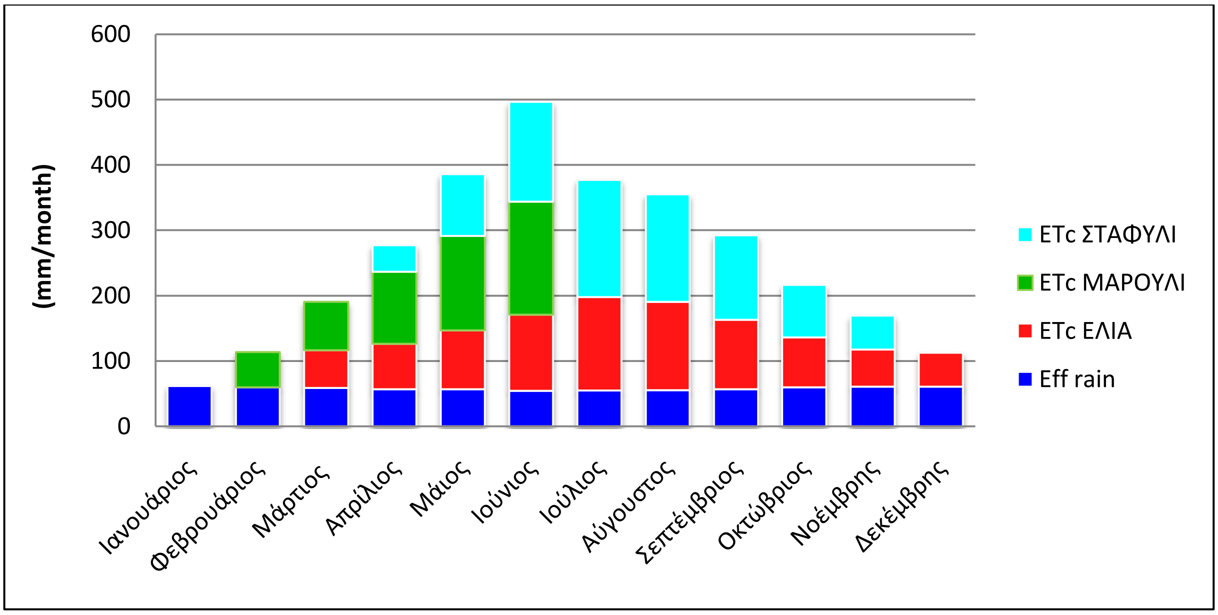
Μ.Σ. ΧΑΝΙΩΝ	Effective Rain (mm)	Etc (mm/month)		
		Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	98.7	0.00	19.42	0.00
Φεβρουάριος	89.7	0.00	41.73	44.94
Μάρτιος	63.6	54.68	77.47	70.18
Απρίλιος	30.3	71.28	100.98	112.86
Μάιος	13.6	98.98	135.70	159.65
Ιούνιος	6.5	130.85	171.11	193.25
Ιούλιος	0.5	151.99	165.40	0.00
Αύγουστος	2.7	146.48	133.92	0.00
Σεπτέμβριος	17.7	102.69	124.70	0.00
Οκτώβριος	71.3	68.36	72.26	0.00
Νοέμβριος	62.9	45.57	41.66	0.00
Δεκέμβριος	78	38.84	0.00	0.00



Σχήμα Α1: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στα Χανιά

Πίνακας Α2: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με δεδομένα του Μ.Σ. στο Ρέθυμνο

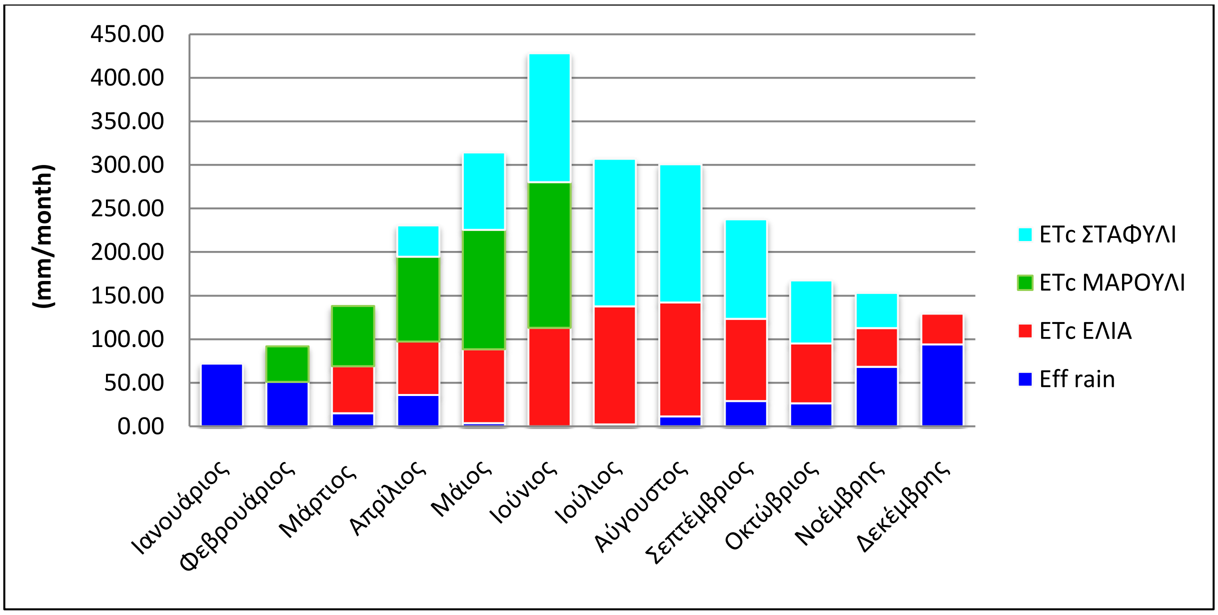
Μ.Σ. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Effective Rain (mm)	Etc (mm/month)		
		Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	61.5	0.00	0.00	0.00
Φεβρουάριος	59.9	0.00	0.00	53.97
Μάρτιος	59	57.66	0.00	74.00
Απρίλιος	56.7	69.66	40.64	110.30
Μάιος	57	89.76	94.10	144.77
Ιούνιος	54.2	116.81	152.75	172.51
Ιούλιος	54.7	143.34	179.18	0.00
Αύγουστος	55.4	135.19	164.16	0.00
Σεπτέμβριος	57	106.26	129.03	0.00
Οκτώβριος	59.8	76.17	80.52	0.00
Νοέμβριος	60.6	56.91	52.03	0.00
Δεκέμβριος	60.8	51.65	0.00	0.00



Σχήμα Α2: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Ρέθυμνο

Πίνακας Α3: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με δεδομένα του Μ.Σ. στο Ηράκλειο

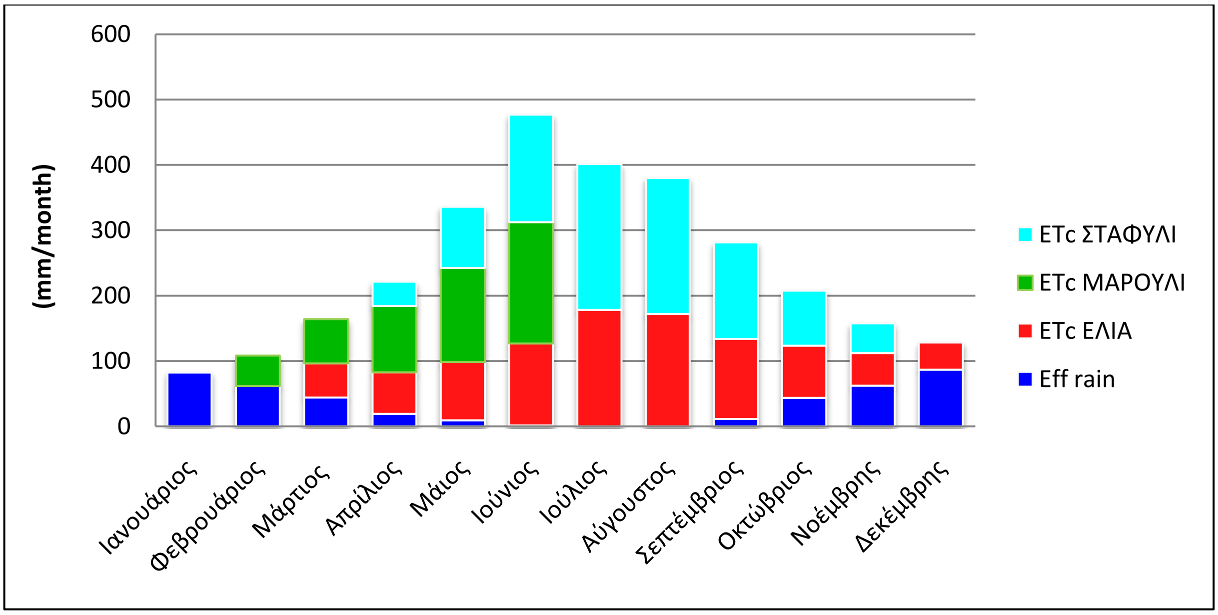
Μ.Σ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	Effective Rain (mm)	Etc (mm/month)		
		Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	72.10	0.00	0.00	0.00
Φεβρουάριος	51.15	0.00	0.00	40.64
Μάρτιος	14.95	54.00	0.00	69.30
Απρίλιος	35.90	61.50	35.88	97.38
Μάιος	3.80	84.82	88.93	136.81
Ιούνιος	0.00	113.10	147.90	167.04
Ιούλιος	2.35	135.40	169.25	0.00
Αύγουστος	11.40	130.63	158.63	0.00
Σεπτέμβριος	29.20	94.08	114.24	0.00
Οκτώβριος	26.65	68.43	72.34	0.00
Νοέμβριος	68.45	44.31	40.51	0.00
Δεκέμβριος	93.95	35.52	0.00	0.00



Σχήμα Α3: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Ηράκλειο

Πίνακας Α4: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με δεδομένα του Μ.Σ. στο Τυμπάκι

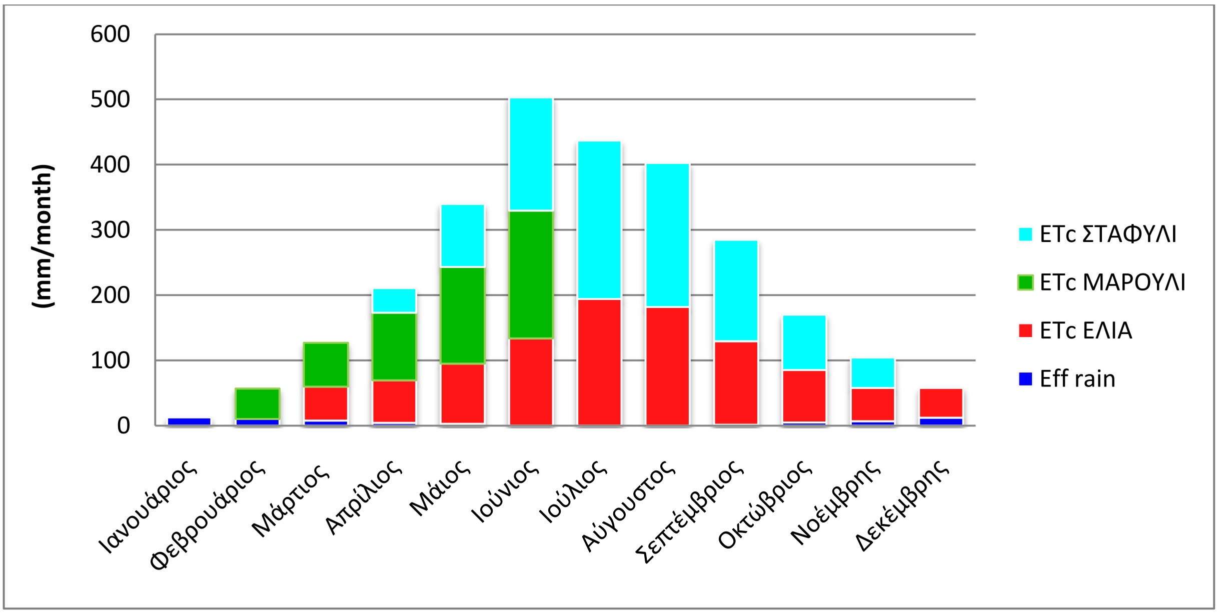
Μ.Σ. ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	Effective Rain (mm)	Etc (mm/month)		
		Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	82.4	0.00	0.00	0.00
Φεβρουάριος	61.9	0.00	0.00	46.41
Μάρτιος	44.2	52.45	0.00	67.31
Απρίλιος	19	63.90	37.28	101.18
Μάιος	9.2	89.18	93.50	143.84
Ιούνιος	1.4	125.58	164.22	185.47
Ιούλιος	0.1	178.34	222.92	0.00
Αύγουστος	0.7	171.21	207.90	0.00
Σεπτέμβριος	11.5	122.01	148.16	0.00
Οκτώβριος	43.6	79.64	84.19	0.00
Νοέμβριος	62.4	49.77	45.50	0.00
Δεκέμβριος	86.6	41.66	0.00	0.00



Σχήμα Α4: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Τυμπάκι

Πίνακας Α5: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με δεδομένα του Μ.Σ. στην Ιεράπετρα

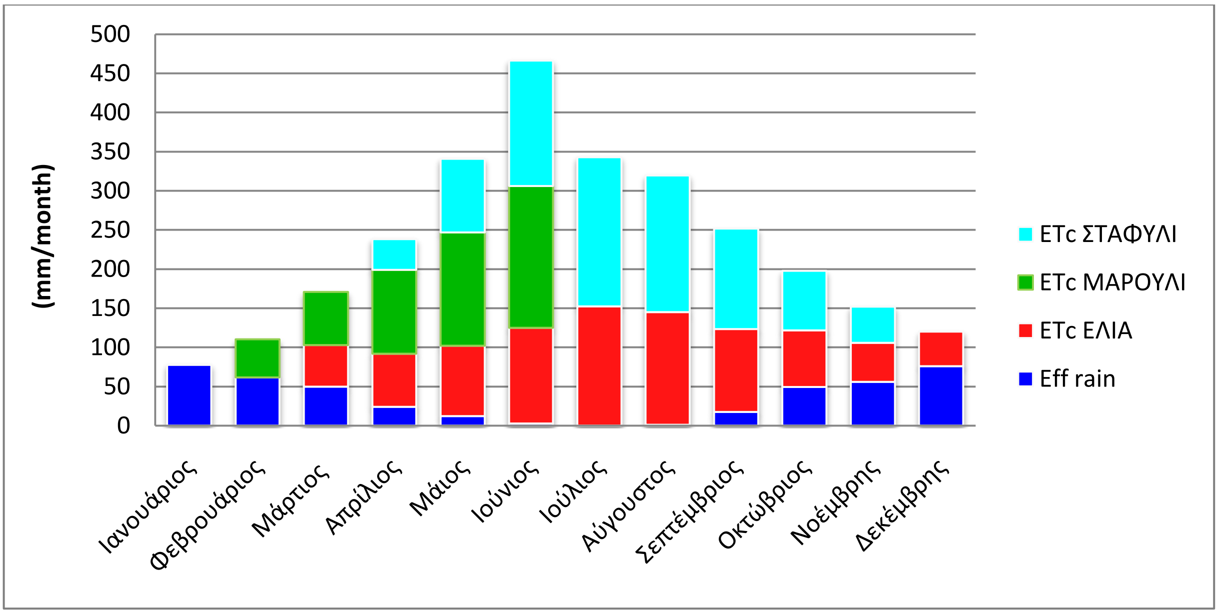
Μ.Σ. ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	Effective Rain (mm)	Etc (mm/month)		
		Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	12.5	0.00	0.00	0.00
Φεβρουάριος	10.3	0.00	0.00	46.62
Μάρτιος	7.7	52.27	0.00	67.07
Απρίλιος	4.5	65.16	38.01	103.17
Μάιος	2.8	92.06	96.52	148.49
Ιούνιος	0.8	132.80	173.66	196.13
Ιούλιος	0.1	194.15	242.68	0.00
Αύγουστος	0.2	181.63	220.55	0.00
Σεπτέμβριος	1.2	128.10	155.55	0.00
Οκτώβριος	4.7	80.51	85.11	0.00
Νοέμβριος	6.9	51.03	46.66	0.00
Δεκέμβριος	12.1	45.57	0.00	0.00



Σχήμα Α5: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στην Ιεράπετρα

Πίνακας Α6: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με δεδομένα του Μ.Σ. στην Σητεία

Μ.Σ. ΣΗΤΕΙΑΣ	Effective Rain (mm)	Etc (mm/month)		
		Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	77.4	0.00	0.00	0.00
Φεβρουάριος	61.8	0.00	0.00	48.51
Μάρτιος	49.8	53.01	0.00	68.03
Απρίλιος	24.1	67.68	39.48	107.16
Μάιος	12.3	89.76	94.10	144.77
Ιούνιος	2.7	122.46	160.14	180.86
Ιούλιος	0.3	152.20	190.25	0.00
Αύγουστος	1	143.87	174.70	0.00
Σεπτέμβριος	17.4	105.84	128.52	0.00
Οκτώβριος	49.3	72.26	76.39	0.00
Νοέμβριος	55.8	50.19	45.89	0.00
Δεκέμβριος	76	44.05	0.00	0.00



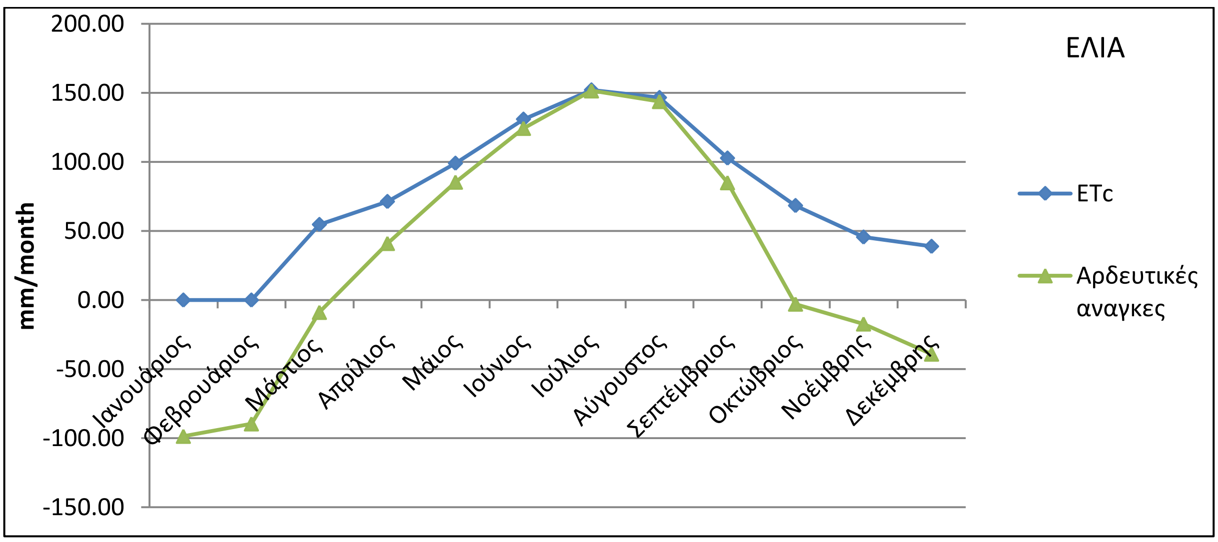
Σχήμα Α6: Κατανομή εξατμισοδιαπνοής στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στη Σητεία

Παράρτημα Β

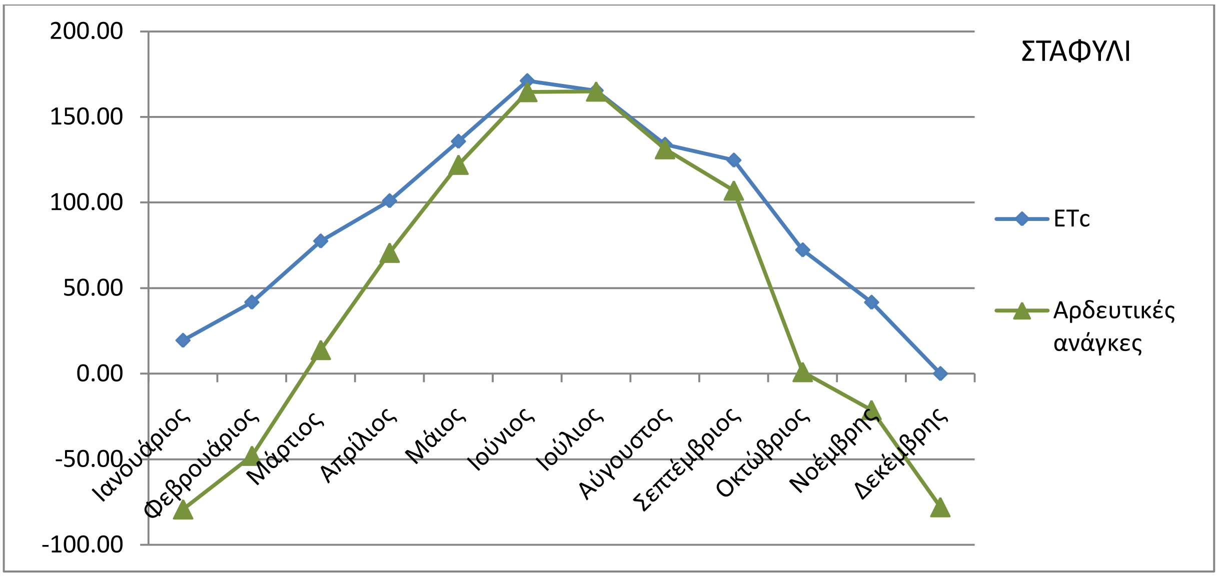
Μηνιαία κατανομή αρδευτικών αναγκών για τις τρεις υπό μελέτη καλλιέργειες, για κάθε μετεωρολογικό σταθμό

Πίνακας Β1: Κατανομή αρδευτικών αναγκών με βάση τα δεδομένα του Μ.Σ. στα Χανιά

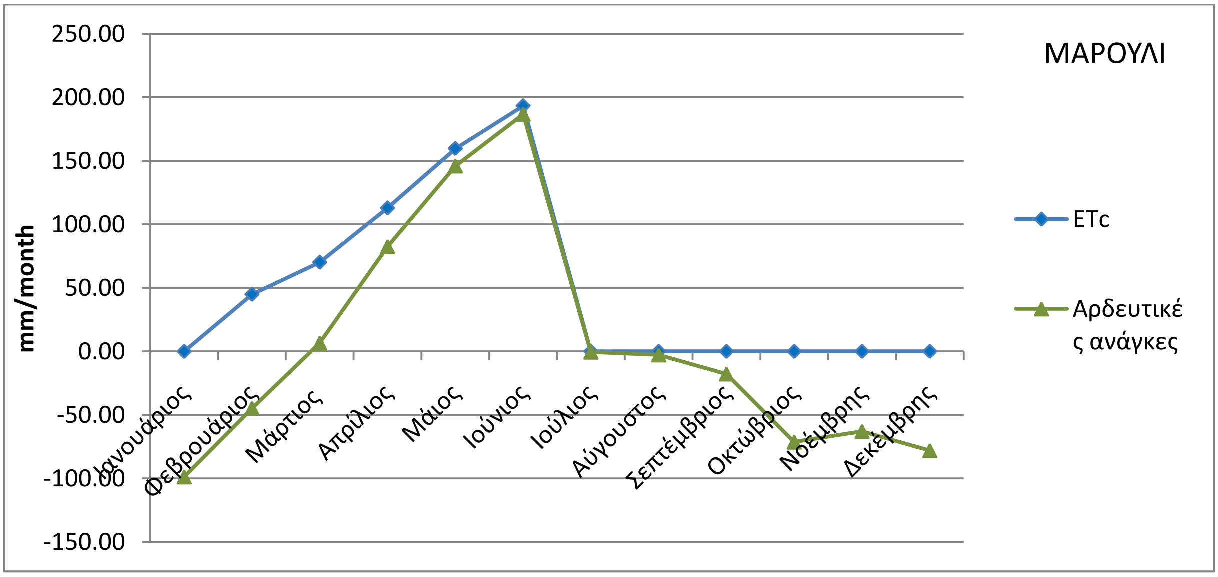
Μ.Σ. ΧΑΝΙΩΝ	Αρδευτικές ανάγκες (mm/month)		
	Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	-98.70	-79.28	-98.70
Φεβρουάριος	-89.70	-47.97	-44.76
Μάρτιος	-8.92	13.87	6.58
Απρίλιος	40.98	70.68	82.56
Μάιος	85.38	122.10	146.05
Ιούνιος	124.35	164.61	186.75
Ιούλιος	151.49	164.90	-0.50
Αύγουστος	143.78	131.22	-2.70
Σεπτέμβριος	84.99	107.00	-17.70
Οκτώβριος	-2.95	0.96	-71.30
Νοέμβριος	-17.33	-21.24	-62.90
Δεκέμβριος	-39.16	-78.00	-78.00



Σχήμα Β1: Κατανομή αρδευτικών αναγκών ελαιώνων στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στα Χανιά



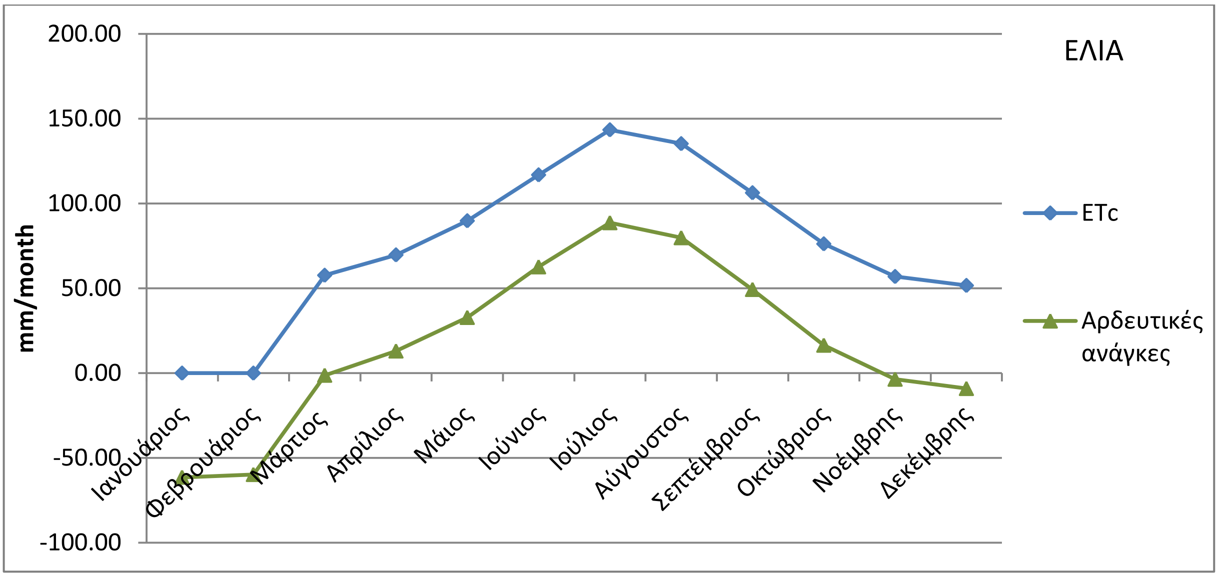
Σχήμα Β2: Κατανομή αρδευτικών αναγκών αμπελιών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στα Χανιά



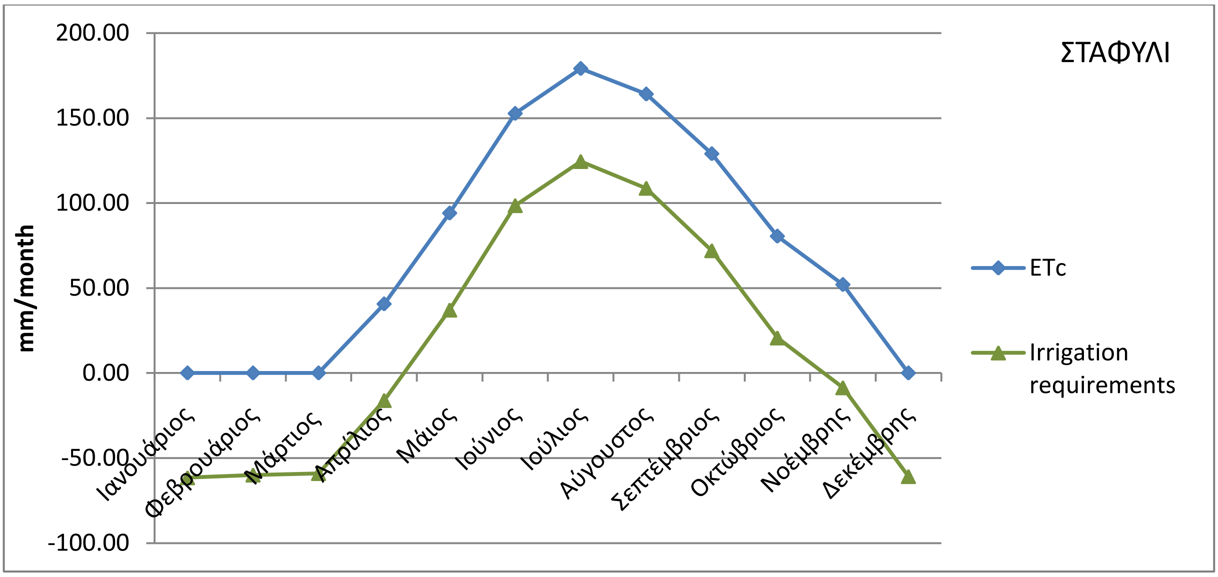
Σχήμα Β3: Κατανομή αρδευτικών αναγκών κηπευτικών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στα Χανιά

Πίνακας Β2: Κατανομή αρδευτικών αναγκών με βάση τα δεδομένα του Μ.Σ. στο Ρέθυμνο

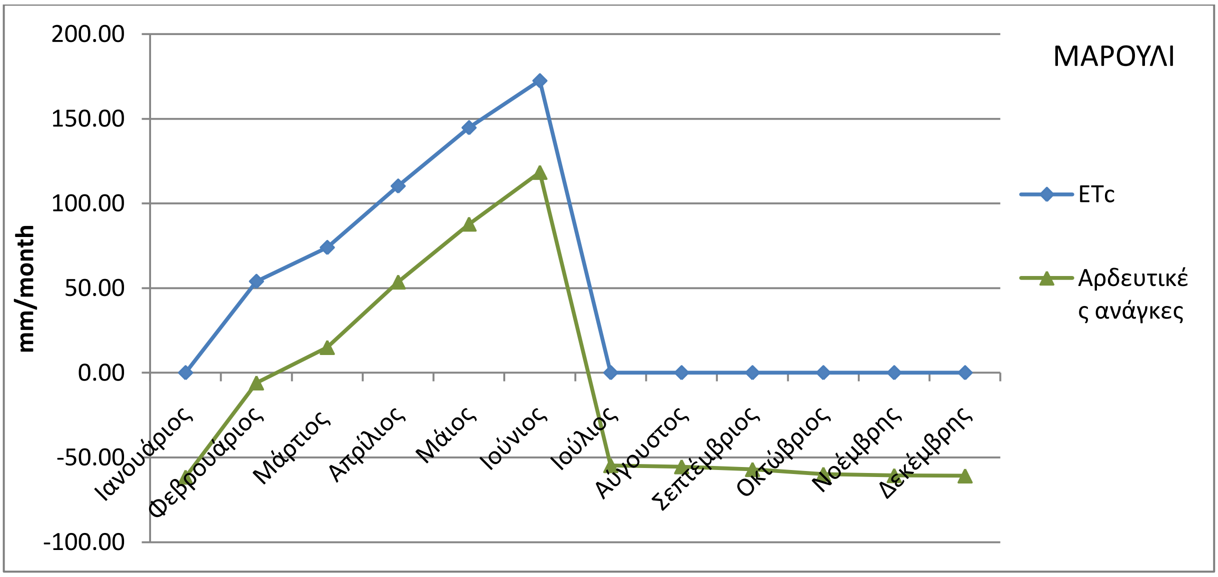
Μ.Σ. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Αρδευτικές ανάγκες (mm/month)		
	Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	-61.50	-61.50	-61.50
Φεβρουάριος	-59.90	-59.90	-5.93
Μάρτιος	-1.34	-59.00	15.00
Απρίλιος	12.96	-16.07	53.60
Μάιος	32.76	37.10	87.77
Ιούνιος	62.61	98.55	118.31
Ιούλιος	88.64	124.48	-54.70
Αύγουστος	79.79	108.76	-55.40
Σεπτέμβριος	49.26	72.03	-57.00
Οκτώβριος	16.37	20.72	-59.80
Νοέμβριος	-3.69	-8.57	-60.60
Δεκέμβριος	-9.15	-60.80	-60.80



Σχήμα Β4: Κατανομή αρδευτικών αναγκών ελαιώνων στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Ρέθυμνο



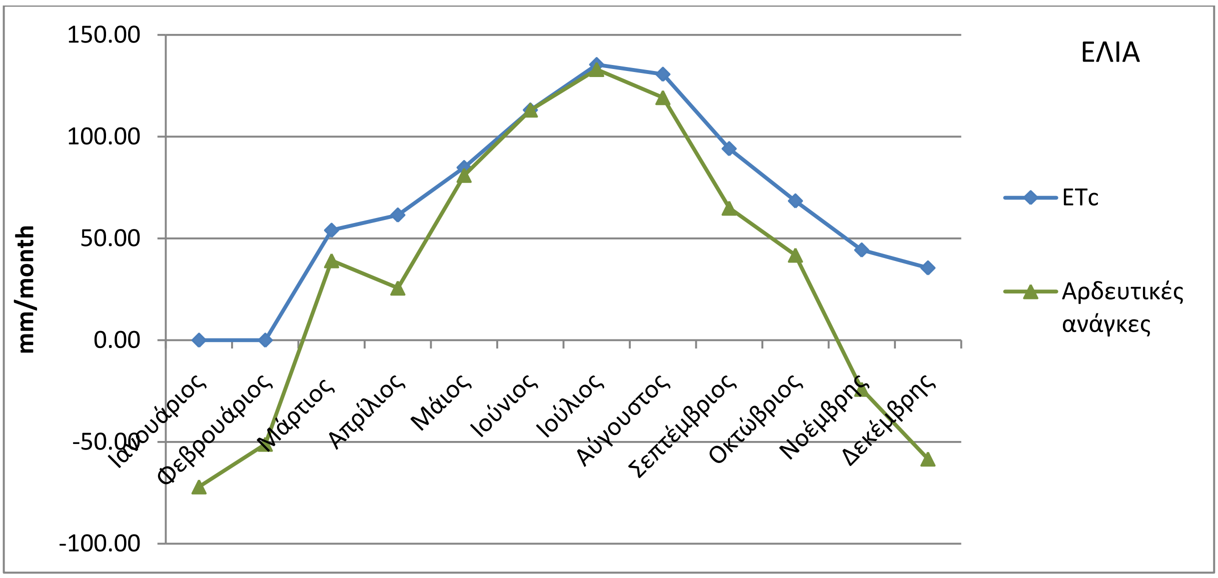
Σχήμα Β5: Κατανομή αρδευτικών αναγκών αμπελιών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Ρέθυμνο



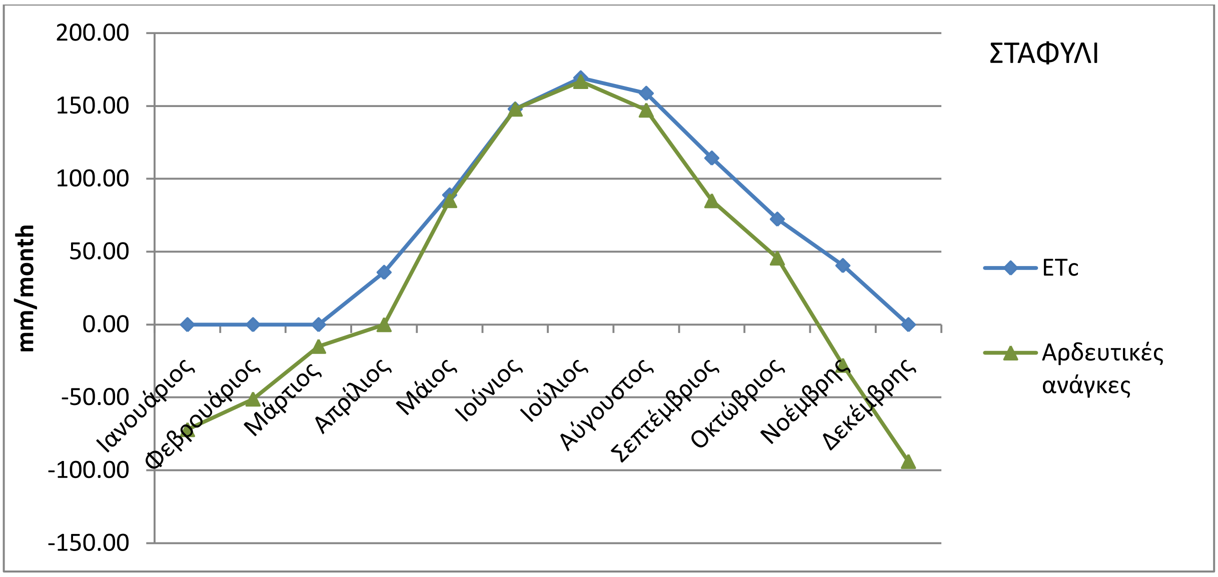
Σχήμα Β6: Κατανομή αρδευτικών αναγκών κηπευτικών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Ρέθυμνο

Πίνακας Β3: Κατανομή αρδευτικών αναγκών με βάση τα δεδομένα του Μ.Σ. στο Ηράκλειο

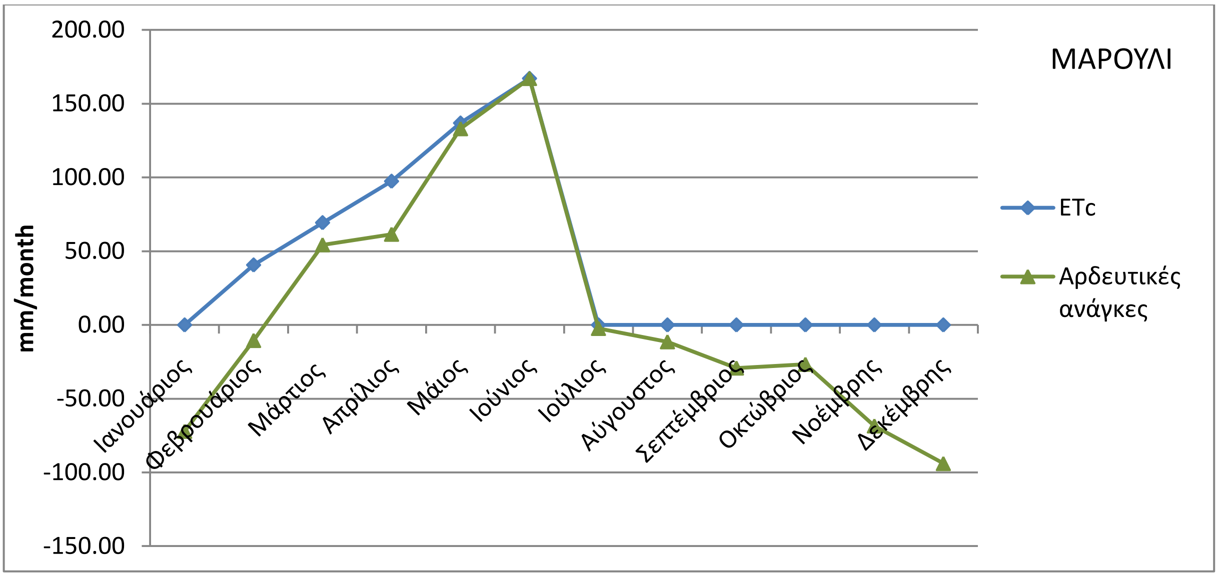
Μ.Σ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	Αρδευτικές ανάγκες (mm/month)		
	Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	-72.10	-72.10	-72.10
Φεβρουάριος	-51.15	-51.15	-10.51
Μάρτιος	39.05	-14.95	54.35
Απρίλιος	25.60	-0.02	61.48
Μάιος	81.02	85.13	133.01
Ιούνιος	113.10	147.90	167.04
Ιούλιος	133.05	166.90	-2.35
Αύγουστος	119.23	147.23	-11.40
Σεπτέμβριος	64.88	85.04	-29.20
Οκτώβριος	41.78	45.69	-26.65
Νοέμβριος	-24.14	-27.94	-68.45
Δεκέμβριος	-58.43	-93.95	-93.95



Σχήμα Β7: Κατανομή αρδευτικών αναγκών ελαιώνων στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Ηράκλειο



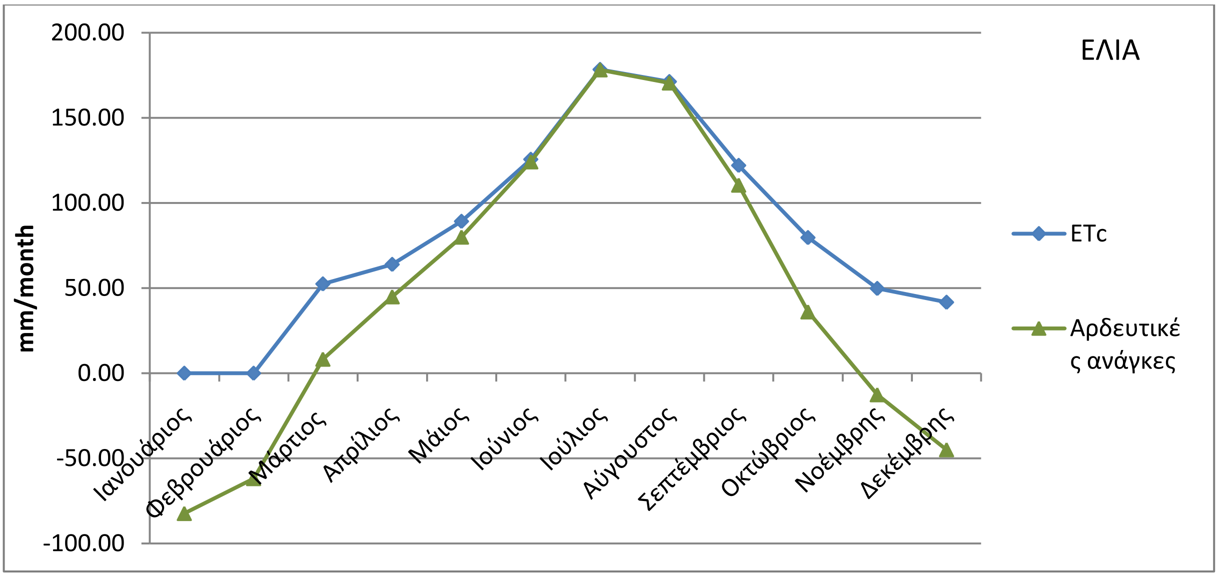
Σχήμα Β8: Κατανομή αρδευτικών αναγκών αμπελιών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Ηράκλειο



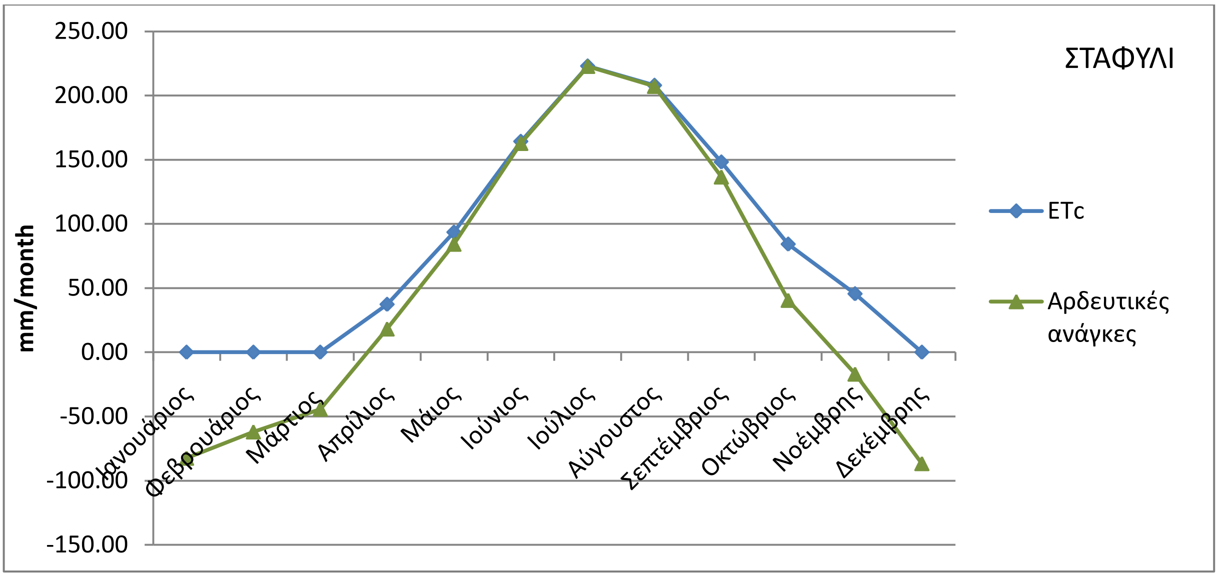
Σχήμα Β9: Κατανομή αρδευτικών αναγκών κηπευτικών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Ηράκλειο

Πίνακας Β4: Κατανομή αρδευτικών αναγκών με βάση τα δεδομένα του Μ.Σ. στο Τυμπάκι

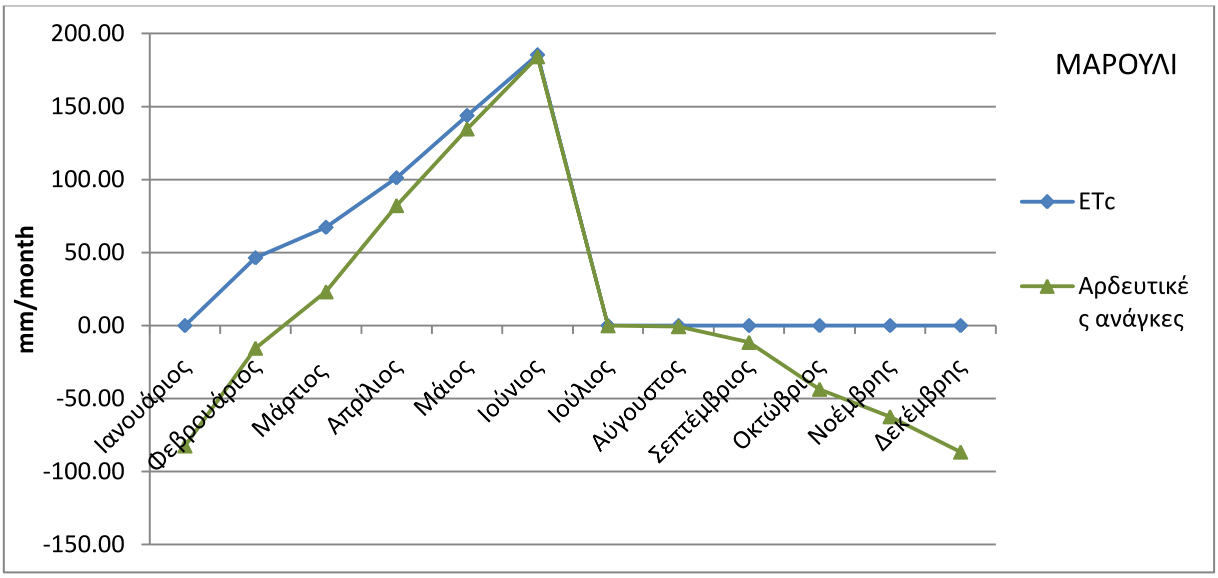
Μ.Σ. ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	Αρδευτικές ανάγκες (mm/month)		
	Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	-82.40	-82.40	-82.40
Φεβρουάριος	-61.90	-61.90	-15.49
Μάρτιος	8.25	-44.20	23.11
Απρίλιος	44.90	18.28	82.18
Μάιος	79.98	84.30	134.64
Ιούνιος	124.18	162.82	184.07
Ιούλιος	178.24	222.82	-0.10
Αύγουστος	170.51	207.20	-0.70
Σεπτέμβριος	110.51	136.66	-11.50
Οκτώβριος	36.04	40.59	-43.60
Νοέμβριος	-12.63	-16.90	-62.40
Δεκέμβριος	-44.94	-86.60	-86.60



Σχήμα Β10: Κατανομή αρδευτικών αναγκών ελαιώνων στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Τυμπάκι



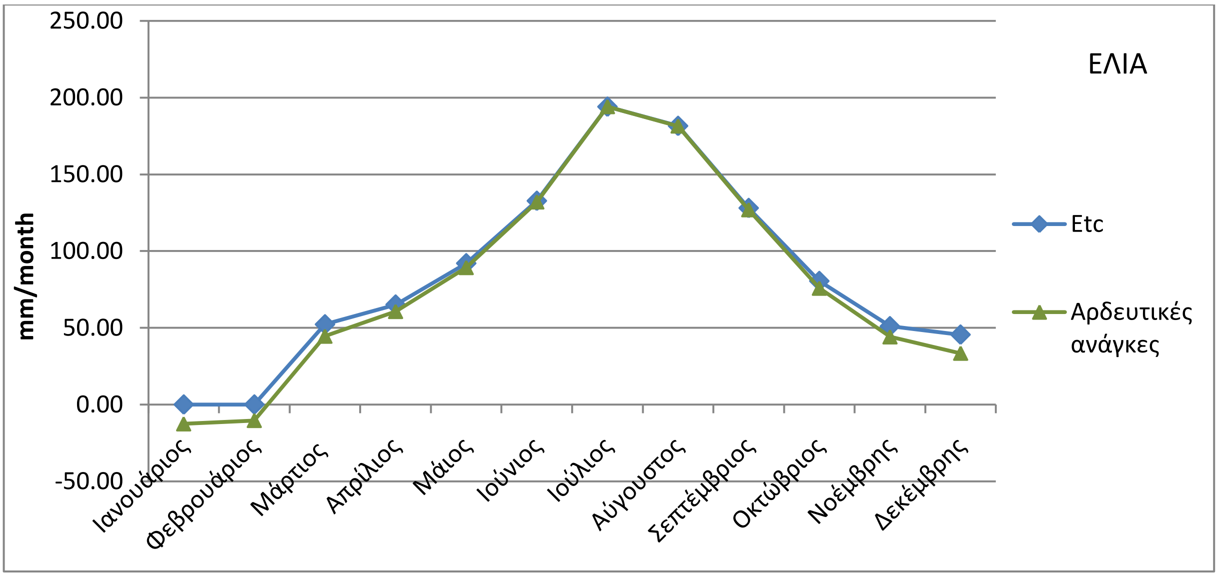
Σχήμα Β11: Κατανομή αρδευτικών αναγκών αμπελιών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Τυμπάκι



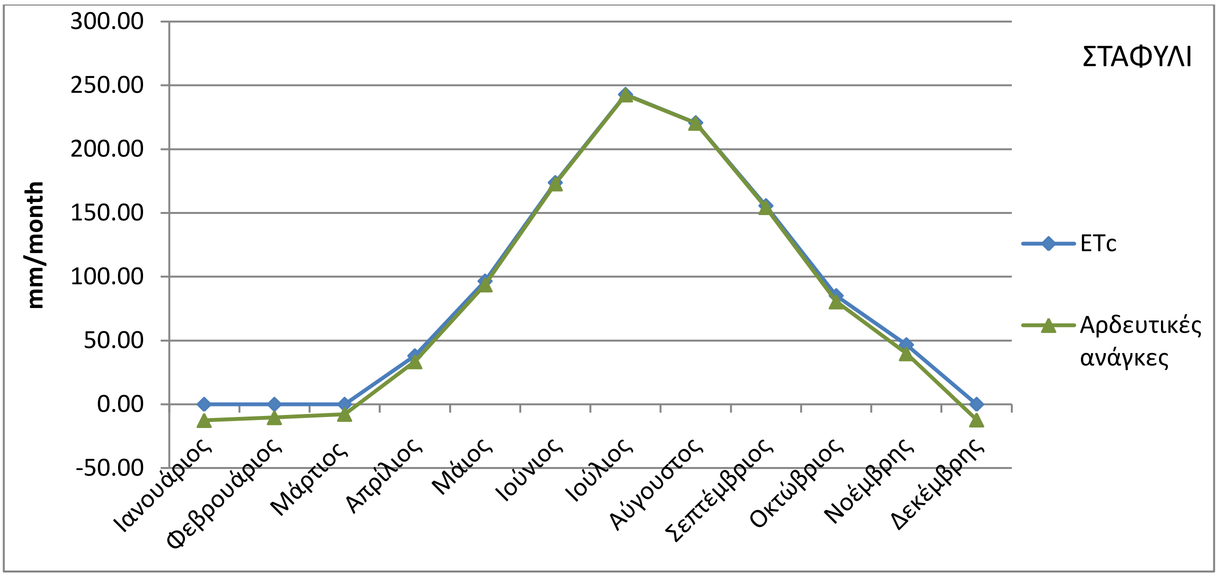
Σχήμα Β12: Κατανομή αρδευτικών αναγκών κηπευτικών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στο Τυμπάκι

Πίνακας Β5: Κατανομή αρδευτικών αναγκών με βάση τα δεδομένα του Μ.Σ. στην Ιεράπετρα

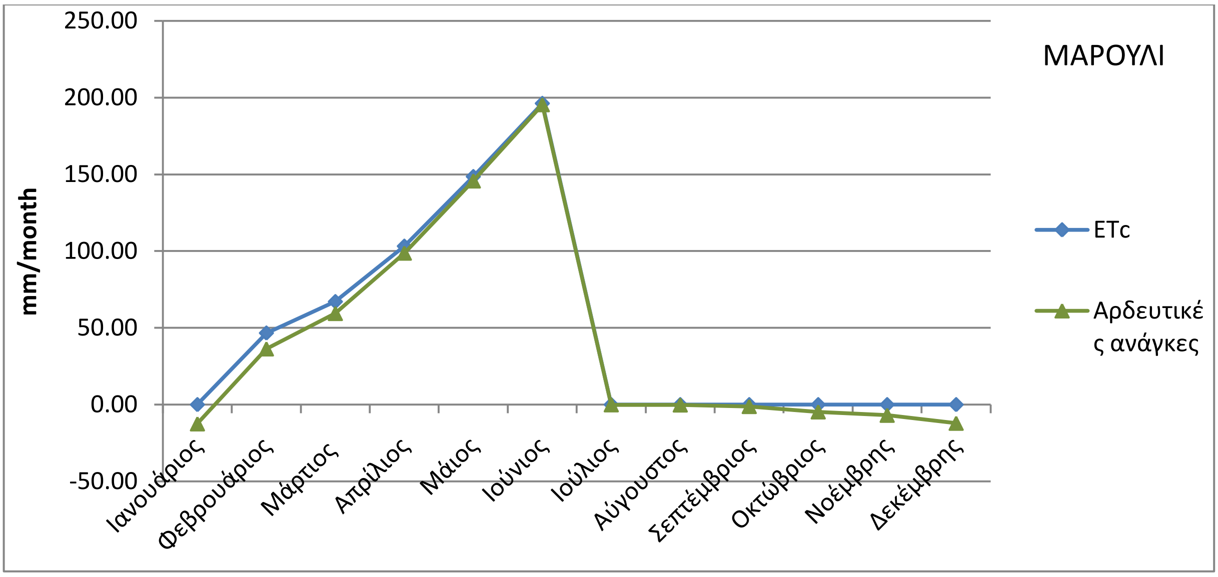
Μ.Σ. ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	Αρδευτικές ανάγκες (mm/month)		
	Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	-12.50	-12.50	-12.50
Φεβρουάριος	-10.30	-10.30	36.32
Μάρτιος	44.57	-7.70	59.37
Απρίλιος	60.66	33.51	98.67
Μάιος	89.26	93.72	145.69
Ιούνιος	132.00	172.86	195.33
Ιούλιος	194.05	242.58	-0.10
Αύγουστος	181.43	220.35	-0.20
Σεπτέμβριος	126.90	154.35	-1.20
Οκτώβριος	75.81	80.41	-4.70
Νοέμβριος	44.13	39.76	-6.90
Δεκέμβριος	33.47	-12.10	-12.10



Σχήμα Β13: Κατανομή αρδευτικών αναγκών ελαιώνων στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στην Ιεράπετρα



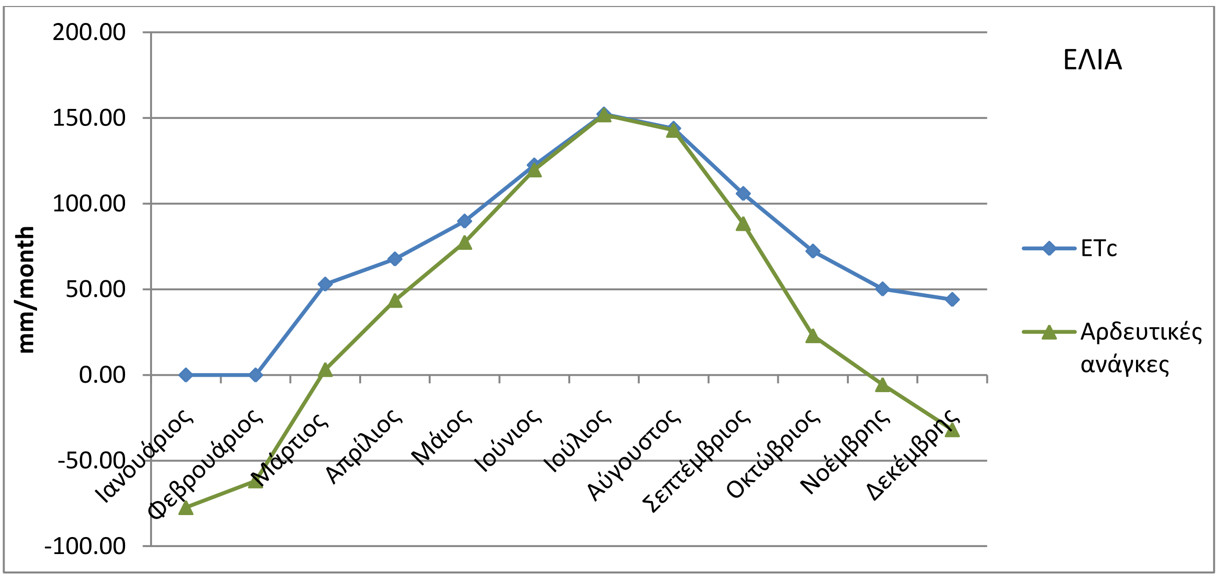
Σχήμα Β14: Κατανομή αρδευτικών αναγκών αμπελιών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στην Ιεράπετρα



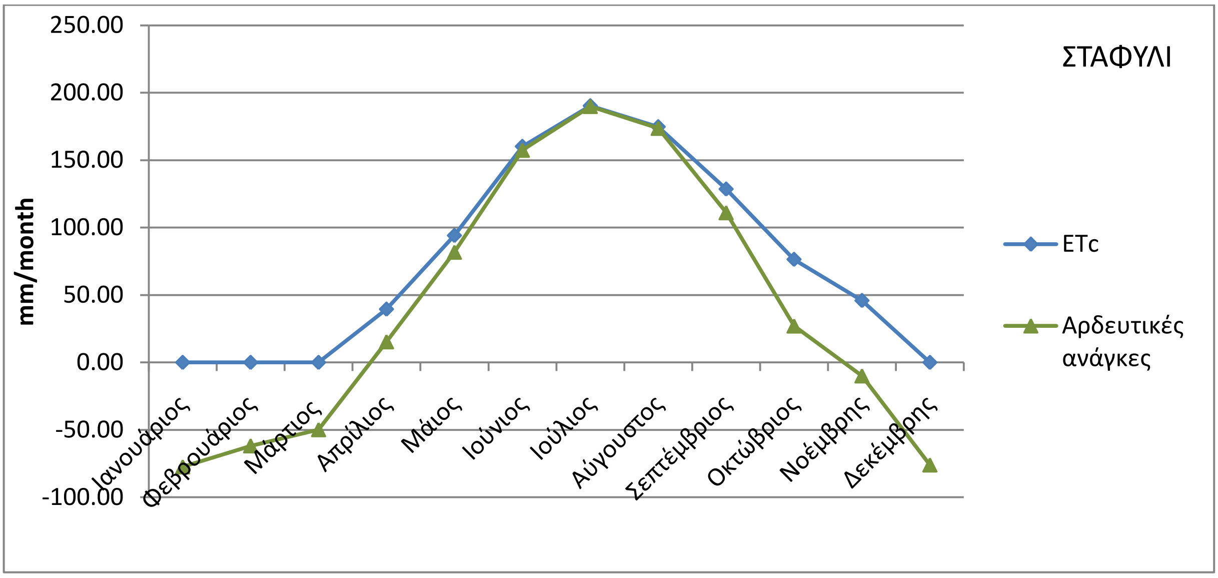
Σχήμα Β15: Κατανομή αρδευτικών αναγκών κηπευτικών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στην Ιεράπετρα

Πίνακας Β6: Κατανομή αρδευτικών αναγκών με βάση τα δεδομένα του Μ.Σ. στη Σητεία

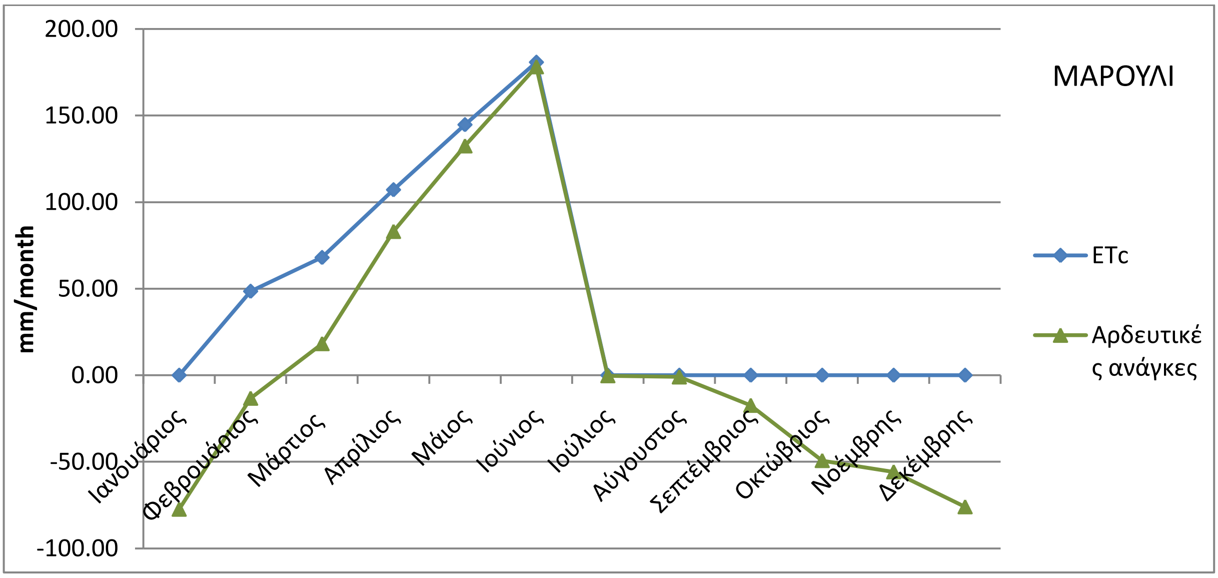
Μ.Σ. ΣΗΤΕΙΑΣ	Αρδευτικές ανάγκες (mm/month)		
	Ελιά	Σταφύλι	Μαρούλι
Ιανουάριος	-77.40	-77.40	-77.40
Φεβρουάριος	-61.80	-61.80	-13.29
Μάρτιος	3.21	-49.80	18.23
Απρίλιος	43.58	15.38	83.06
Μάιος	77.46	81.80	132.47
Ιούνιος	119.76	157.44	178.16
Ιούλιος	151.90	189.95	-0.30
Αύγουστος	142.87	173.70	-1.00
Σεπτέμβριος	88.44	111.12	-17.40
Οκτώβριος	22.96	27.09	-49.30
Νοέμβριος	-5.61	-9.91	-55.80
Δεκέμβριος	-31.95	-76.00	-76.00



Σχήμα Β16: Κατανομή αρδευτικών αναγκών ελαιώνων στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στη Σητεία



Σχήμα Β17: Κατανομή αρδευτικών αναγκών αμπελιών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στη Σητεία



Σχήμα Β18: Κατανομή αρδευτικών αναγκών κηπευτικών στους μήνες του έτους για το Μ.Σ. στη Σητεία