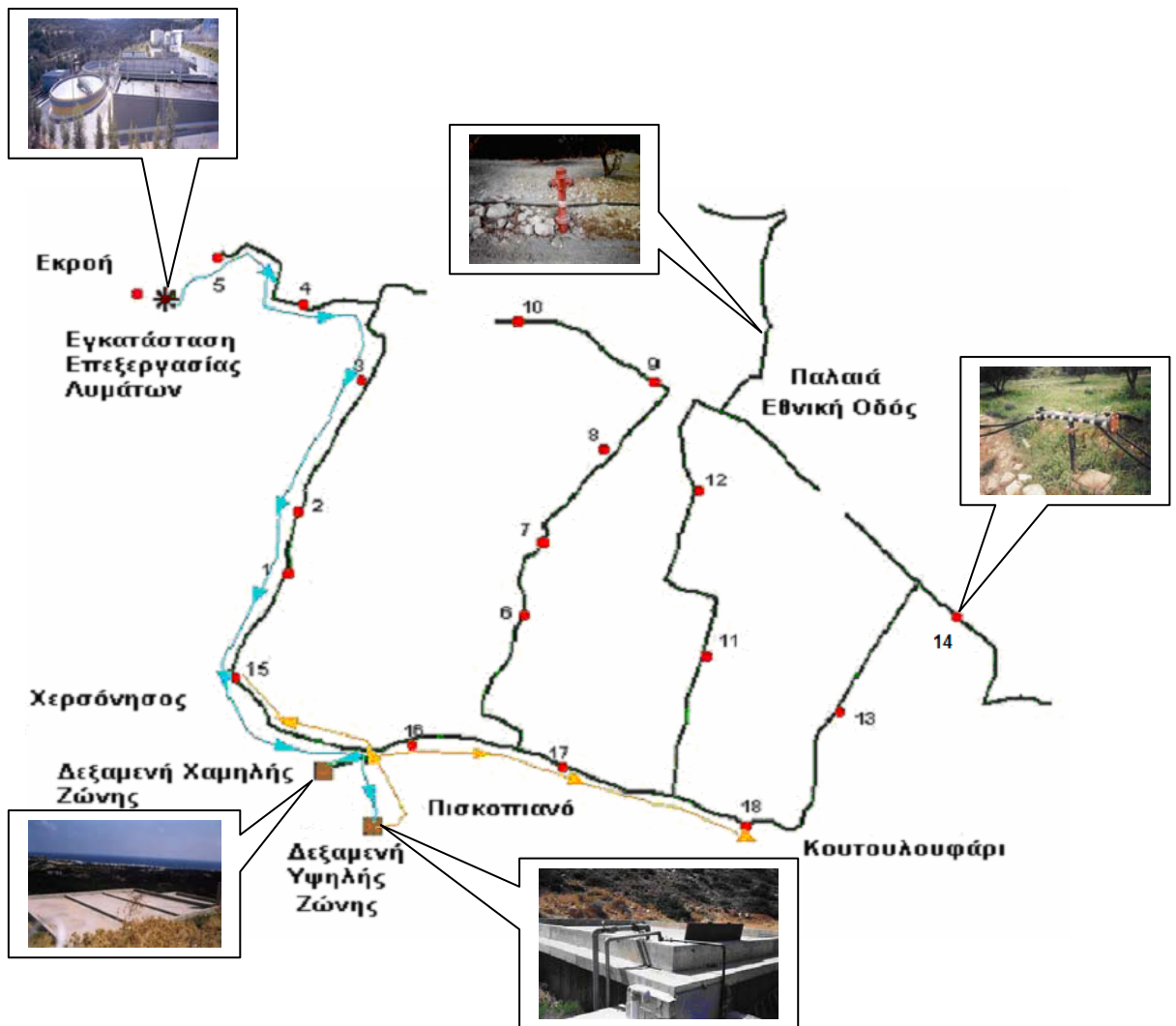


**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ ΤΗΣ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ**



**ΓΑΚΗ ΕΛΕΝΗ – ΜΠΑΝΟΥ ΣΤΕΛΛΑ**  
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

<b>1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>3</b>
<b>2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1. Ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου και διαθέσιμοι υδατικοί πόροι</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2. Διαθέσιμοι υδατικοί πόροι στην Ελλάδα</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3. Ανάγκη ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων</b> .....	<b>10</b>
<b>3. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1. Ιστορική ανασκόπηση της ανάκτησης και της επαναχρησιμοποίησης</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2. Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2.1. Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων</b> .....	<b>17</b>
3.2.1.1. Άρδευση αγροτικών περιοχών .....	17
3.2.1.2. Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων, που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση.....	18
3.2.1.3. Ανακύκλωση στη βιομηχανία .....	19
3.2.1.4. Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής .....	20
3.2.1.5. Αστική χρήση .....	20
3.2.1.6. Επαναχρησιμοποίηση για σκοπούς ύδρευσης .....	21
<b>3.3. Υφιστάμενη κατάσταση σε διάφορες χώρες</b> .....	<b>24</b>
<b>3.3.4. Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα</b> .....	<b>25</b>
<b>3.4. Νομικά θέματα που συνδέονται με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των εκροών για άρδευση</b> .....	<b>29</b>
<b>3.4.1. Εισαγωγή</b> .....	<b>29</b>
<b>3.4.2. Μικροβιολογικά κριτήρια</b> .....	<b>32</b>
3.4.2.1. Οδηγία Π.Ο.Υ. ....	33
3.4.2.2. Κανονισμός Καλιφόρνιας. ....	35
3.4.2.3. Κανονισμός Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος Ηνωμένων Πολιτειών (E.P.A.) .....	37
3.4.2.4. Κανονισμοί-νομοθεσίες άλλων χωρών.....	39
3.4.2.3. Συναξιολόγηση των κανονισμών .....	43
<b>3.4.3. Άλλα Περιβαλλοντικά Κριτήρια</b> .....	<b>46</b>
<b>3.5. Σχετική Νομοθεσία της Ε.Ε.</b> .....	<b>49</b>
<b>3.6. Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα</b> .....	<b>50</b>
<b>3.7. Προτεινόμενο θεσμικό πλαίσιο για την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα</b> .....	<b>50</b>
<b>4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ (Ε.Ε.Λ.) ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ</b> .....	<b>54</b>
<b>4.1. Γενικά στοιχεία</b> .....	<b>54</b>
<b>4.1.1. Γεωγραφική θέση</b> .....	<b>54</b>
<b>4.1.2. Μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία</b> .....	<b>56</b>
4.2.2.1. Θερμοκρασία.....	56
4.2.2.2. Βροχόπτωση.....	56
4.2.2.3. Ανεμολογικά στοιχεία .....	56
<b>4.1.3. Μορφολογία εδάφους</b> .....	<b>58</b>
<b>4.1.4. Πληθυσμιακά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής</b> .....	<b>60</b>
<b>4.1.5. Δεδομένα σχεδιασμού της Ε.Ε.Λ.</b> .....	<b>62</b>
<b>4.2. Μέθοδοι επεξεργασίας λυμάτων</b> .....	<b>64</b>
<b>4.3. Περιγραφή – Στάδια επεξεργασίας Ε.Ε.Λ Χερσονήσου</b> .....	<b>65</b>
<b>4.3.1. Γραμμή επεξεργασίας υγρών αποβλήτων</b> .....	<b>67</b>
4.3.1.1. Προεπεξεργασία.....	67
4.3.1.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	69
4.3.1.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία .....	70
4.3.1.4. Απολύμανση.....	74
4.3.1.5. Τριτοβάθμια επεξεργασία .....	75
<b>4.3.2. Γραμμή επεξεργασίας ιλύος</b> .....	<b>76</b>
<b>4.3.3. Σταθμός υποδοχής βοθρολυμάτων</b> .....	<b>79</b>
<b>4.3.4. Σύστημα απόσμησης</b> .....	<b>80</b>
<b>4.3.5. Λοιπές εγκαταστάσεις Ε.Ε.Λ Χερσονήσου</b> .....	<b>80</b>
<b>4.4. Σύστημα διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων Ε.Ε.Λ Χερσονήσου</b> .....	<b>83</b>
<b>5. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ</b> .....	<b>92</b>
<b>5.1. Εισαγωγή</b> .....	<b>92</b>

<b>5.2. Δειγματοληψία</b> .....	<b>94</b>
<b>5.3. Ολικά κολοβακτηρίδια</b> .....	<b>95</b>
5.3.1. Προετοιμασία αποστείρωσης.....	95
5.3.2. Αποστείρωση.....	96
5.3.3. Μετά την αποστείρωση.....	96
5.3.4. Διήθηση.....	96
5.3.5. Διαδικασία μέτρησης .....	97
5.3.6. Καταμέτρηση .....	97
<b>5.4. Υπολειμματικό χλώριο</b> .....	<b>98</b>
5.4.1. Μέθοδος μέτρησης.....	98
<b>5.5. Ολικά αιωρούμενα στερεά</b> .....	<b>99</b>
5.5.1. Διαδικασία μέτρησης .....	99
<b>5.6. Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)</b> .....	<b>100</b>
5.6.1. Μέθοδος μέτρησης.....	100
<b>5.7. pH</b> .....	<b>102</b>
5.7.1. Μέθοδος μέτρησης.....	102
<b>5.8. Ηλεκτρική αγωγιμότητα</b> .....	<b>103</b>
5.8.1. Διαδικασία μέτρησης .....	103
<b>6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	<b>105</b>
6.1. Ολικά κολοβακτηρίδια – Υπολειμματικό χλώριο .....	105
6.2. Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) – Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) .....	116
6.3. Συγκέντρωση υδρογονιόντων (pH) – Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) .....	123
6.4. Σύνοψη .....	131
<b>7. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>133</b>
7.1. Γενικές Παρατηρήσεις.....	133
7.1.1 Το είδος της καλλιέργειας .....	133
7.1.2. Η τοπογραφία της περιοχής.....	133
7.1.3. Οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής .....	133
7.1.4. Νερά κολύμβησης .....	134
7.1.5. Η μέθοδος της άρδευσης.....	134
7.2. Συμπεράσματα.....	135
<b>8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>137</b>
<b>9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b> .....	<b>147</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 1

## 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία συντάχθηκε από τις Γάκη Ελένη και Μπάνου Στέλλα, στα πλαίσια εκπόνησης πτυχιακής εργασίας για το Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Παράρτημα Χανίων.

Το θέμα της είναι «Εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του συστήματος διάθεσης και επαναχρησιμοποίησης της εκροής της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) του Δήμου Χερσονήσου» και σκοπός της η διερεύνηση της ποιότητας των ανακτημένων λυμάτων της εκροής της Ε.Ε.Λ. και πως αυτή μεταβάλλεται κατά μήκος του δικτύου διάθεσης έως το πιο απομακρυσμένο σημείο. Ο συσχετισμός ανάμεσα στην απόσταση από την εκροή και την ποιότητα έγινε με σκοπό να αποδειχθεί πως, στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα όρια που προβλέπονται για την τελική διάθεση δεν επαρκούν έτσι ώστε να διασφαλίσουμε μια αποδεκτή ποιότητα σε όλο το μήκος του εκάστοτε αρδευτικού δικτύου.

Για το σκοπό αυτό παρέχεται μια αναλυτική ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση του έργου και πιο συγκεκριμένα:

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται πληροφορίες για την κατάσταση των υδατικών πόρων (ποιοτική και ποσοτική) σε όλο των κόσμο και στοιχεία κατανάλωσης ύδατος. Στη συνέχεια, η ανάλυση αυτή επικεντρώνεται στις χώρες της Μεσογείου και καταλήγει στην Ελλάδα όπου και παρουσιάζεται η ανάγκη για ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται οι προοπτικές που υπάρχουν για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων και η σπουδαιότητα της διαδικασίας της ανάκτησης μέσα από μια σύντομη ιστορική αναδρομή. Ακολουθώντας, γίνεται λόγος για τους τομείς επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και πως η τεχνολογία και γενικότερα η ιδέα της ανάκτησης, αντιμετωπίζεται σε διάφορες χώρες του κόσμου. Η ενότητα αυτή κλείνει με αναφορά σε σχετικές με το θέμα νομοθεσίες που προέρχονται από διάφορους αρμόδιους διεθνείς οργανισμούς και φορείς. Γίνεται, τέλος ιδιαίτερη μνεία στην ευρωπαϊκή και την ελληνική νομοθεσία και αναφέρεται ένα προτεινόμενο θεσμικό πλαίσιο για την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων του Δήμου Χερσονήσου. Ειδικότερα, περιγράφεται το κάθε στάδιο επεξεργασίας ξεχωριστά, αφού έχει προηγηθεί μια μικρή αναφορά σε γενικότερα στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό της μονάδας, όπως είναι ο πληθυσμός. Στην ενότητα αυτή γίνεται και μια πρώτη αναφορά στο σύστημα επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον τόπο και τον τρόπο διάθεσης, καθώς και τα υφιστάμενα όρια.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πραγματοποιηθείσες δειγματοληψίες με αναφορά στον τόπο, το χρόνο και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιήθηκαν. Παρουσιάζεται αναλυτικά η κάθε μια από τις μεθόδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υπολογιστούν οι εξής παράμετροι: ολικά κολοβακτηρίδια (Total

Coliforms), υπολειμματικό χλώριο (Residual Chlorine), ολικά αιωρούμενα στερεά (Total Suspended Solids), χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand), pH (συγκέντρωση υδρογονιόντων) και ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity).

Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων, που προηγήθηκαν, σε μορφή διαγραμμάτων. Η παρουσίαση των παραμέτρων έγινε ανά δύο, για να αναδειχθεί η γνωστή συσχέτιση τους, όπως για παράδειγμα τα ολικά κολοβακτηρίδια με το υπολειμματικό χλώριο, με σκοπό την κατανοητή και αποτελεσματική μελέτη τους.

Τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις που προέκυψαν ύστερα από την μελέτη των αποτελεσμάτων της προηγούμενης ενότητας παρουσιάζονται στο έβδομο κεφάλαιο. Επίσης περιέχονται και γενικότερες πληροφορίες, που μας βοήθησαν να εξηγήσουμε ορισμένα από τα συμπεράσματα ή και να επιβεβαιώσουμε κάποια από αυτά. Τέλος, αναφέρεται και η προτεινόμενη λύση με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας των προς τελική διάθεση λυμάτων της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου.

Επιπλέον στοιχεία, πληροφορίες και χάρτες που θα βοηθήσουν στην κατανόηση των πληροφοριών που αναπτύχθηκαν στις ενότητες που προηγήθηκαν δίνονται στα παραρτήματα στο τέλος της εργασίας.

### **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά όσους βοήθησαν στην εκπόνηση της εργασίας αυτής και συγκεκριμένα το προσωπικό και τους υπεύθυνους του εργαστηρίου Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων του Α.Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου και ιδιαίτερα τον κύριο Β. Μανιό για την εξασφάλιση της διαμονής μας στις φοιτητικές εστίες του ιδρύματος καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης αυτής, τον Πρόεδρο Εμ. Τσαγκαράκη και το προσωπικό της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, τους φίλους μας που με τη βοήθεια τους πραγματοποιήθηκαν μέρη της εργασίας αυτής και τέλος τις οικογένειες μας που μας στήριξαν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 2

## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι ζωή. Είναι ο φυσικός πόρος που όπου ρέει, παρά τις διαφορετικές χρήσεις και εδαφο-κλιματικές συνθήκες, συνδέεται με την επιβίωση του ανθρώπου.

Το νερό καλύπτει τα δυο τρίτα της επιφάνειας της Γης και κατανέμεται ως εξής: Ωκεανοί (αλμυρά νερά) 317.000.000 (97.23%), πάγοι 7.000.000 (2.14%), υπόγεια νερά 2.000.000 (0.61%), λίμνες 30.000 (0.009%), θάλασσες στο εσωτερικό της ξηράς 25.000 (0.008%), υγρασία Εδάφους 16.000 (0.005%), υδρατμοί ατμόσφαιρας 3.100 (0.001%), ποτάμια 300 (0.0001%), ολικός όγκος νερού 326.000.000 (100%).

Τα γλυκά νερά (έχουν την κατάλληλη αναλογία αλάτων ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο είτε σαν πόσιμα, είτε για τη γεωργία, είτε για τη βιομηχανία κλπ) αποτελούν το 2.773%.

Από αυτά εγκλωβισμένο στους πάγους βρίσκεται το 79%, στα υπόγεια νερά το 20% και στα επιφανειακά νερά το 1%. Τα επιφανειακά νερά κατανέμονται στις λίμνες που καταλαμβάνουν το 52%, σε υγρασία εδάφους που αποτελεί το 38%, σε υδρατμούς 8% και στα ποτάμια 1%. Έτσι για χρήση παραμένει ένα ποσοστό 0.4% από το συνολικό νερό.

Ο υδρολογικός κύκλος του νερού είναι καθορισμένος. Από τους ωκεανούς στην ατμόσφαιρα (εξάτμιση), από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης (κατακρημνίσεις – βροχή, χιόνι, χαλάζι κλπ). Ένα μέρος αυτού του νερού εξατμίζεται, άλλο χρησιμοποιείται από τα φυτά, τρίτο συγκρατείται από το έδαφος σαν υγρασία. Μεγάλο μέρος ρέει επιφανειακά προς τη θάλασσα. Το νερό που εισχωρεί στο έδαφος είτε εμπλουτίζει τα υπόγεια στρώματα, είτε ξαναβγαίνει στην επιφάνεια σαν πηγή.

Πριν από 2-3 αιώνες οι οικονομολόγοι θεωρούσαν τον αέρα και το νερό ως κλασσικά παραδείγματα «ανεξάντλητων πόρων» και γι' αυτό το λόγο, τα θεωρούσαν χωρίς χρηματική αξία. Στην αυγή του 21<sup>ου</sup> αιώνα όμως, η παγκόσμια κοινότητα έχει συνειδητοποιήσει ότι τα πράγματα δεν είναι έτσι.

Το νερό είναι ένας ανανεώσιμος φυσικός πόρος. Παρόλα αυτά όμως, τα διαθέσιμα αποθέματα είναι περιορισμένα και μη ανανεώσιμα.

Στη δεκαετία του 1950 μόνο πέντε χώρες αντιμετώπιζαν πρόβλημα επάρκειας νερού, αλλά στο τέλος της δεκαετίας του 1990 είχαν σοβαρό πρόβλημα 26 χώρες με πληθυσμό πάνω από 300 εκατομμύρια. Οι προβλέψεις για το 2050 δείχνουν ότι 66 χώρες με πληθυσμό περίπου τα 2/3 του συνολικού πληθυσμού της γης θα εμφανίζουν σοβαρά προβλήματα έλλειψης νερού.

Η ταυτόχρονη αύξηση του πληθυσμού του πλανήτη και ο περιορισμός των πηγών κατάλληλου νερού (η αύξηση της ζήτησης του νερού είναι κατά μέσο όρο τρεις φορές πιο γρήγορη από την αύξηση του πληθυσμού) τόσο για πόση, όσο και όλες τις άλλες απαραίτητες χρήσεις του, δημιουργεί την υποχρέωση στην παγκόσμια κοινότητα να δει αυτόν τον πολύτιμο πόρο με την πρέπουσα προσοχή.

Ανισομερής όμως είναι και η κατανάλωση νερού από τους κατοίκους του πλανήτη. Ένας Αμερικάνος καταναλώνει 700 λίτρα την ημέρα, ένας Ευρωπαίος 200, ένας Ισραηλινός 260, ένας Παλαιστίνιος 70, ένας Αφρικανός 30 και ένας κάτοικος της Αιτής 20. Σήμερα το 80% περίπου του διαθέσιμου νερού στον πλανήτη χρησιμοποιείται στη γεωργία, το 8% στη βιομηχανία και μόνο 10% προορίζεται για οικιακή κατανάλωση. Το Παγκόσμιο Συμβούλιο Νερού όμως προειδοποιεί ότι μέχρι το 2020 οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι δεν θα επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες της ανθρώπινης κοινωνίας, σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ο Πίνακας 2.1 είναι μέρος της έρευνας του Πανεπιστημίου Johns Hopkins των Ηνωμένων Πολιτειών και αναδεικνύει την έλλειψη νερού, τα επόμενα 25 χρόνια σε εκείνες τις περιοχές του πλανήτη που σήμερα έχουν μικρά αποθέματα νερού. Παρατηρούμε πως στον κατάλογο αυτό βρίσκεται και η Κύπρος για την οποία οι προβλέψεις δείχνουν μια αύξηση του πληθυσμού κατά 43% και μείωση της κατά κεφαλή κατανάλωσης κατά 22%!

**Πίνακας 2.1:** Έλλειψη νερού σε συνδυασμό με το μέγεθος και την ανάπτυξη του πληθυσμού (Χαρτζουλάκης, 2003)

Χώρα	Πληθυσμός 1995 (εκατ.)	Κατά κεφαλή Κατανάλωση 1995	Πληθυσμός 2025 (εκατ.)	Κατά κεφαλή Κατανάλωση 2025
Αλγερία	28,1	527	47,3	313
Μπαχρέιν	0,60	161	0,90	104
Κύπρος	0,70	1208	1,00	947
Αίγυπτος	62,1	936	95,8	607
Αιθιοπία	56,4	1950	130,6	807
Ισραήλ	5,50	389	8,00	270
Ιορδανία	5,40	318	11,9	144
Κένυα	27,2	1112	50,2	602
Κουβέιτ	1,70	95	2,90	55
Λιβύη	5,40	111	12,9	47
Μαρόκο	26,5	1131	39,3	751
Σ. Αραβία	18,3	249	42,4	107
Σομαλία	9,50	1422	23,7	570
Ν. Αφρική	41,5	1206	71,6	698
Τυνησία	9,00	434	13,5	288
Ενωμένα Αρ. Εμιράτα	2,20	902	3,30	604

## 2.1. Ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου και διαθέσιμοι υδατικοί πόροι

Οι περισσότερες από τις Μεσογειακές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης χαρακτηρίζονται από ελλειμματικό ισοζύγιο ύδατος. (Πίνακας 2.2). Για παράδειγμα η Ισπανία και η Ιταλία έχουν ένα σχετικά χαμηλό κατά κάτοικο υδατικό δυναμικό περίπου 2.800 και 3.200 m<sup>3</sup> / κάτοικο το χρόνο αντίστοιχα. Όμως, αναφέρεται ότι υπάρχουν περιοχές στην Ισπανία, που έχουν ένα υδατικό δυναμικό μικρότερο από 500 m<sup>3</sup> / κάτοικο το χρόνο. Το υδατικό δυναμικό στη Γαλλία είναι περίπου όσο και στην Ιταλία (3.200 m<sup>3</sup> / κάτοικο το χρόνο) (Marecos do Monte et al., 1996).

Στις Μεσογειακές χώρες υπάρχουν πολλές παράκτιες και νότιες περιοχές (στην Πορτογαλία, στην Ισπανία, στην Ιταλία, και στην Ελλάδα, κυρίως στις νησιωτικές περιοχές τους), όπου υπάρχει σοβαρή έλλειψη διαθέσιμων υδατικών πόρων, εξαιτίας

των χαμηλών και άνισα κατανεμημένων ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων και φυσικά των αυξημένων αναγκών (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995). Σε κάποιες περιπτώσεις, η κατάσταση αυτή επιδεινώνεται, εξαιτίας της υψηλής ζήτησης νερού για τις ανάγκες του πρωτογενή τομέα και του τουρισμού, σε σύγκριση με τις κεντρικές και βόρειες ευρωπαϊκές χώρες (Βέλγιο, Γερμανία, Ολλανδία, Δανία, Σουηδία, Φινλανδία, Αυστρία και Ιρλανδία). Οι κύριοι λόγοι είναι:

- η πυκνοκατοίκηση,
- οι χαμηλές έως μέσες ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, και
- οι υψηλές θερμοκρασίες στην διάρκεια του θέρους.

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό ανά κάτοικο το χρόνο είναι σήμερα  $< 4.000 \text{ m}^3$ . Οι κυριότερες χρήσεις νερού στην Ε.Ε. είναι η βιομηχανική (ψύξη), γεωργική (άρδευση), και αστική (ύδρευση). Αντίθετα, υπάρχουν σημαντικές απώλειες (διαρροές και εξάτμιση), όσον αφορά το νερό που προορίζεται για άρδευση και αστική χρήση. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι Μεσογειακές χώρες όπως η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ισπανία και η Πορτογαλία έχουν υψηλή γεωργική χρήση ( $> 50 \%$  της συνολικής κατανάλωσης). Ιδιαίτερα στη χώρα μας η γεωργική χρήση είναι γύρω στο  $85 \%$  της συνολικής κατανάλωσης, αλλά σε υδατικά διαμερίσματα με αναπτυγμένο το γεωργικό τομέα της οικονομίας είναι ακόμη μεγαλύτερη, και φθάνει μέχρι και το  $90 \%$  της συνολικής χρήσης. Όμως, στον αγροτικό τομέα σε επίπεδο Ε.Ε. οι επικρατούσες τάσεις προβλέπεται ότι θα μεταβληθούν. Αν συνεχισθούν οι τρέχουσες τάσεις κυρίως στην επέκταση των αρδεύσεων, που επικρατούν στην Ιταλία και την Ελλάδα και σε άλλες χώρες όπως στην Ισπανία και Πορτογαλία, τότε η ζήτηση νερού για άρδευση αναμένεται να συνεχίσει να έχει αυξητική τάση σ' όλες τις Μεσογειακές χώρες και αυτή τη 10ετία.



**Πίνακας 2.2:** Έκταση, Πληθυσμός και Ετήσιο Ανανεώσιμο Υδατικό Δυναμικό για τα Έτη 1955, 1990, 2025, και 2050 στις Μεσογειακές Χώρες (UN-Population Division, 1994)

Χώρα	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Συνολικό ανανεώσιμο ο υδατικό δυναμικό ανά έτος (km <sup>3</sup> )	Διαθέσιμο υδατικό δυναμικό / κάτοικο							
			1955		1990		2025(a)		2050(a)	
			Πληθυσμός (χιλιάδες)	Διαθέσιμο υδατικό δυναμικό (m <sup>3</sup> )	Πληθυσμός (χιλιάδες)	Διαθέσιμο υδατικό δυναμικό (m <sup>3</sup> )	Πληθυσμός (χιλιάδες)	Διαθέσιμο υδατικό δυναμικό (m <sup>3</sup> )	Πληθυσμός (χιλιάδες)	Διαθέσιμο υδατικό δυναμικό (m <sup>3</sup> )
<b>Αλγερία</b>	238.000	17,20	9.715	1.770	24.935	690	45.475	378	55.674	309
<b>Κύπρος</b>	9.250	0,90	530	1.698	702	1.282	927	971	1.006	895
<b>Αίγυπτος</b>	100.500	58,90	24.692	2.385	56.312	1.046	97.301	605	117.398	502
<b>Γαλλία</b>	544.000	185,00	43.428	4.260	56.718	3.262	61.247	3.021	60.475	3.059
<b>Ελλάδα</b>	132.000	69,00	7.966	7.406	10.238	5.763	9.868	5.979	8.591	6.868
<b>Ισραήλ</b>	20.700	2,15	1.748	1.230	4.660	461	7.808	275	8.927	241
<b>Ιταλία</b>	301.300	187,00	48.633	3.845	57.023	3.279	52.324	3.574	43.630	4.286
<b>Λίβανος</b>	10.360	4,98	1.613	3.084	2.555	1.949	4.424	1.126	5.189	960
<b>Λιβύη</b>	1.760.000	4,62	1.126	4.103	4.545	1.017	12.885	359	19.109	242
<b>Μάλτα</b>	320	0,03	314	96	354	85	422	71	439	68
<b>Μαρόκο</b>	445.000	28,00	10.132	2.764	24.334	1.151	40.650	689	47.858	585
<b>Πορτογαλία</b>	92.400	66,00	8.610	7.666	9.868	6.688	9.685	6.815	9.140	7.221
<b>Ισπανία</b>	504.800	111,00	29.199	3.802	39.272	2.826	37.571	2.954	31.765	3.494
<b>Συρία</b>	185.000	25,79	3.967	6.501	12.348	2.089	33.505	770	47.212	546
<b>Τυνησία</b>	126.000	4,36	3.860	1.130	8.080	540	13.290	328	15.607	279
<b>Τουρκία</b>	78.100	203,00	23.859	8.508	56.098	3.619	90.937	2.232	106.284	1.910
<b>Σύνολο</b>	6.689.730	957,93	219.392		368.042		518.319		578.304	

(a): Μέση πρόβλεψη Ηνωμένων Εθνών (UN)

## 2.2. Διαθέσιμοι υδατικοί πόροι στην Ελλάδα

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από άνιση, χωρικά και χρονικά, κατανομή των ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Οι ειδικοί λένε σχηματικά ότι η Ελλάδα χωρίζεται με μια νοητή γραμμή σε δύο τμήματα. Το ανατολικό, που καλύπτει την ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα, τα νησιά του Αιγαίου και την ανατολική Κρήτη, το οποίο είναι φτωχό σε βροχές και το δυτικό που περιλαμβάνει την υπόλοιπη Ελλάδα και χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό βροχοπτώσεων.

Παρ' όλο που το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό σε επίπεδο χώρας θεωρείται υψηλό και προβλέπεται ότι θα διατηρηθεί σε σχετικά υψηλά επίπεδα και στο μέλλον, πολλές περιοχές της Ν.Α. χώρας (όπως Αττική, νησιά Αιγαίου και Κρήτη), θεωρούνται ελλειμματικές σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους (< 500 m<sup>3</sup> / κάτοικο το χρόνο). Σχετικά στοιχεία διαθέσιμων υδατικών πόρων σε επίπεδο χώρας δίδονται στον Πίνακα 2.3. Για την βέλτιστη διαχείριση των υδατικών πόρων η Ελλάδα έχει χωριστεί σε 14 υδατικά διαμερίσματα, σύμφωνα με τον Νόμο 1739 / 87.

**Πίνακας 2.3:** Στοιχεία Διαθέσιμων Υδατικών Πόρων σε Επίπεδο Χώρας (Αγγελάκης και Κοτσελίδου, 1996)

Παράμετροι	Έτη						
	1955	1980	1990	1991	1994	2025	2050
Έκταση (km <sup>2</sup> )	132.000						
Ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις (km <sup>3</sup> )	134,50						
Διαθέσιμο(ανανεώσιμο) υδατικό δυναμικό (km <sup>3</sup> )	69,00						
Χρησιμοποιούμενο υδατικό δυναμικό (Mm <sup>3</sup> )		5.037		6.516			
Διαθεσιμότητα υδατικών πόρων (m <sup>3</sup> /κάτ/έτος)	7.400		5.760		5.650	6.000	6.900

Επίσης, συχνά παρατηρούνται προβλήματα διαθεσιμότητας νερού σε πολλές περιοχές, τα οποία οφείλονται κυρίως στα ακόλουθα:

- **Άνιση κατανομή των πόρων.** Παρά τις ικανοποιητικές ποσότητες διαθέσιμου νερού, παρουσιάζεται άνιση κατανομή του εξαιτίας της φυσικής μορφολογίας του εδάφους, της γεωλογικής του σύστασης και της ανομοιόμορφης κατανομής των βροχοπτώσεων στο χρόνο και στο χώρο.
- **Εξάρτηση από πηγές άλλων χωρών.** Περίπου το ένα τέταρτο των επιφανειακών νερών της Ελλάδας προέρχεται από πηγές της Βουλγαρίας, των Σκοπίων και της Τουρκίας. Οι μεγαλύτεροι ποταμοί της Ελλάδας Αξιός, Νέστος, Στρυμόνας και Έβρος, με τα νερά των οποίων αρδεύονται οι πλούσιες καλλιεργήσιμες πεδιάδες της Μακεδονίας και της Θράκης, πηγάζουν σε άλλες χώρες. Από τις διεθνείς υδρολογικές λεκάνες των ποταμών, στις οποίες συμμετέχει η Ελλάδα, το 56% των λεκανών του Στρυμόνα και του Νέστου, το 7% της λεκάνης του Έβρου και το 8% της λεκάνης του Αξιού βρίσκονται μέσα στην Ελληνική Επικράτεια. Επίσης, διεθνείς είναι και οι λίμνες Δοϊράνη και Πρέσπες.
- **Άνιση κατανομή του πληθυσμού.** Μεγάλο μέρος του Ελληνικού πληθυσμού συγκεντρώνεται στις παράκτιες περιοχές της χώρας, όπου τα αποθέματα νερού είναι περιορισμένα. Ως αποτέλεσμα, απαιτείται μεταφορά του νερού από τα

πλουσιότερα σε νερό υδατικά διαμερίσματα της δυτικής Ελλάδας προς τα μεγάλα αστικά κέντρα.

- *Υπερεκμετάλλευση και υφαλμύριση των υπόγειων υδροφορέων.* Η υπερβολική άντληση νερού από τους υπόγειους υδροφορείς για την κάλυψη της ζήτησης σε παράκτιες περιοχές έχει συχνά ως αποτέλεσμα την εισχώρηση θαλάσσιου νερού στους υπόγειους υδροφορείς, καθιστώντας το νερό των υδροφορέων ακατάλληλο για εκμετάλλευση.

- *Εποχικότητα της ζήτησης λόγω:*

α) *του τουρισμού*, με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης νερού το καλοκαίρι. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα τον Αύγουστο, μεγάλο μέρος του πληθυσμού μετακινείται προς τα τουριστικά θέρετρα, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζεται μεγάλη είσοδος τουριστών στη χώρα. Ως αποτέλεσμα αυτού, παρουσιάζονται φαινόμενα εποχιακού υπερδιπλασιασμού του πληθυσμού σε ορισμένες περιοχές, όπως και ακραία φαινόμενα στα πιο δημοφιλή θέρετρα (Κυκλάδες, όπου σε ορισμένες περιπτώσεις ο πληθυσμός αυξάνεται κατά 30 φορές).

β) *της γεωργίας*, με αποτέλεσμα την αύξηση κατανάλωσης νερού κατά την ξηρότερη εποχή. Ο μεγαλύτερος χρήστης νερού είναι η γεωργία, ιδιαίτερα κατά τους ξηρούς καλοκαιρινούς μήνες, κατά τους οποίους αυξάνεται και η ζήτηση για οικιακή χρήση.

### **2.3. Ανάγκη ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων**

Σε παγκόσμιο επίπεδο η πληθυσμιακή αύξηση, σε συνδυασμό με τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου, έχει σαν αποτέλεσμα την αλόγιστη χρήση των φυσικών και φυσικά των υδατικών πόρων. Γι' αυτό, ακόμη και σε περιοχές με σχετικά υψηλή διαθεσιμότητα υδατικού δυναμικού, παρατηρούνται έντονα φαινόμενα ελλειμματικότητας. Σ' αυτό βέβαια συμβάλλουν η άνιση κατανομή (χωρικά και χρονικά) των διαθέσιμων πόρων, το υψηλό κόστος μεταφοράς τους και οι κοινωνικές έριδες.

Κάθε υδατικός πόρος, είναι ένα οικοσύστημα που συντηρεί το φυτικό και ζωικό κόσμο από τον οποίο εξαρτιόμαστε. Τις τελευταίες δεκαετίες με τα διαχειριστικά προγράμματα που εφαρμόστηκαν, διαφάνηκε ότι ο άνθρωπος ενδιαφερόταν μόνο για την υδατική ανάπτυξη και μέσω αυτής για την οικονομική, και όχι για την εξασφάλιση της υγείας και της ακεραιότητας των οικοσυστημάτων. Σήμερα, όμως, μετά την τρομερή περιβαλλοντική υποβάθμιση, αρχίζει να απασχολεί έντονα την διεθνή επιστημονική κοινότητα η εφαρμογή φιλικής προς το περιβάλλον πολιτικής διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Οι περισσότερες αναπτυγμένες χώρες έχουν ήδη αξιοποιήσει το μεγαλύτερο ποσοστό του υδατικού δυναμικού τους και τα υδραυλικά έργα που χρειάζονται. Το υπόλοιπο ανεκμετάλλευτο ποσοστό, είναι υψηλού και μη εύκολα αποσβέσιμου κόστους ανά κυβικό μέτρο ύδατος. Σε αυτό πρέπει να προστεθεί και μια άλλη σημαντική συνιστώσα, αυτή του «περιβαλλοντικού κόστους». Το νερό αποτελεί ένα φυσικό πόρο, η αξία του οποίου ελάχιστες φορές εκτιμάται με τον σωστό τρόπο και γίνεται αντιληπτή μονάχα κατά την έλλειψή του. Η πιο συνήθης περίπτωση είναι αυτή που το νερό θεωρείται «δωρεάν» αγαθό. Αυτή η κοινή αντίληψη είναι που έχει οδηγήσει στην υποτίμηση της αξίας του, με συνέπεια τη σπατάλη στην χρήση του και την ποιοτική υποβάθμισή του. Γι' αυτό είναι σημαντικό, πλέον, στο συνολικό κόστος να συνυπολογίζεται και να συνεκτιμάται το περιβαλλοντικό. Κατά συνέπεια η

βελτίωση της διαχείρισης και η ορθολογική χρήση των υπό εκμετάλλευση υδατικών πόρων αποτελούν μια προφανή εναλλακτική λύση.

Εκτιμάται ότι η χρήση «περιθωριακών» νερών θα μπορούσε να συμβάλλει αποφασιστικά, τόσο στην εξοικονόμηση και διατήρηση πηγών νερού, όσο και στην αύξηση της αρδευόμενης γεωργικής γης (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995). Με τα δεδομένα αυτά, εκτιμάται ότι με περαιτέρω επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση εκρών υγρών αποβλήτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των μονάδων, που βρίσκονται σε περιοχές ελλειμματικές σε υδατικούς πόρους, θα ήταν δυνατό να αρδευτούν 1,4 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης μέχρι το τέλος αυτής της δεκαετίας και να εξοικονομηθούν περισσότερο από 3,2 % της συνολικής κατανάλωσης (Tsagarakis et al., 2000). Επιπλέον, θεωρείται βέβαιο ότι τέτοιες δράσεις στο μέλλον θα ενισχυθούν, γιατί είναι φιλικές προς το περιβάλλον, χαμηλού κόστους και συμβάλλουν στον περιορισμό της χρήσης χημικών λιπασμάτων στις αρδευόμενες γεωργικές καλλιέργειες. Επομένως, η ανάγκη θέσπισης ενιαίων ευρωπαϊκών – και Ελληνικών – προδιαγραφών ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκρών υγρών αποβλήτων, είναι προφανής και αναγκαία.

Έτσι ολοένα και αυστηρότεροι νόμοι θεσπίζονται για τα κριτήρια, που πρέπει να ικανοποιούν τα υδατικά απόβλητα, πριν αυτά καταλήξουν σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη.

Ωστόσο, ενώ διαφαίνεται η στενότητα των υδατινών πόρων, η επένδυση εξοπλισμού για τον καθαρισμό των υδατινών αποβλήτων, λόγω της υψηλής απαίτησης καθαρισμού, παύει να είναι αμελητέα.

Αμέσως όμως εγείρονται ερωτήματα:

- Τι ποιότητα και τι είδος αποβλήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν;
- Ποια είναι η κατάλληλη ποιότητα νερού για κάθε χρήση;
- Με ποιο τρόπο θα φτάσουμε σ' αυτήν την ποιότητα;
- Είναι τελικά φιλική προς το περιβάλλον μια τέτοια προσέγγιση; Με ποιες προϋποθέσεις;
- Η οικονομικότητα των λύσεων αυτών είναι συζητήσιμη;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 3

### **3. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

Η συνεχής πληθυσμιακή αύξηση, η ρύπανση και / ή συνεχής υποβάθμιση τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων νερών, η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων και οι περιοδικές ξηρασίες έχουν καταστήσει αναγκαία τη διερεύνηση και ανάπτυξη νέων πηγών νερού (Metcalf and Eddy, 1991). Στις βιομηχανικά αναπτυσσόμενες χώρες αυξάνονται και εντείνονται τα προβλήματα, που σχετίζονται με τη διασφάλιση της υδατοτροφοδοσίας και της διάθεσης των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων. Αντίθετα, στις αναπτυσσόμενες χώρες και ιδιαίτερα σε αυτές με ξηρά και ημίξηρα χαρακτηριστικά, υπάρχει η ανάγκη διαθεσιμότητας τεχνολογίας προσιτού κόστους, για αύξηση των εκμεταλλεύσιμων ποσοτήτων νερού, παράλληλα με την προστασία των φυσικών πόρων και γενικά του περιβάλλοντος.

Η σημαντική επίδραση των υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον, που πολύ συνοπτικά συνίσταται στην ποιοτική υποβάθμιση του νερού, στη ρύπανση ακτών και θαλασσών, και τη δημιουργία αισθητικών και άλλων περιβαλλοντικών προβλημάτων, έχει επιβάλλει τη λήψη δραστικών διαχειριστικών μέτρων. Το γενικότερο πλαίσιο διαχείρισης των υδατικών πόρων, στοχεύει:

α) Στον περιορισμό μέχρι και πλήρους εξάλειψης της ρυπαντικής επίδρασης των αποβλήτων έτσι, που οι ανεπιθύμητες επιδράσεις τους στο περιβάλλον να περιορίζονται ή να εξαλείφονται εντελώς.

β) Στην εξοικονόμηση πηγών νερού, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε άλλες χρήσεις.

γ) Σε κάποιο οικονομικό όφελος με τον εφοδιασμό με νερό και θρεπτικά στοιχεία φυτών ή δέντρων, κατάλληλων για αγροτική εκμετάλλευση ή ανάπτυξη χώρων πρασίνου και αναψυχής.

Έτσι η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων θεωρείται ότι συμβάλλει:

α) Στην ανάπτυξη νέων υδατικών πόρων.

β) Στην προστασία των υδάτινων πόρων, σε παράκτιες κυρίως περιοχές όπου παρατηρείται διείσδυση αλμυρού νερού σε υπόγειους υδροφορείς.

γ) Στην ανάπτυξη πολιτικής υδατικών πόρων, με έμφαση στη διατήρηση πηγών και περιβάλλοντος.

δ) Στην προστασία της υγείας του κοινού και του περιβάλλοντος (ο περιορισμός μέχρι και η πλήρης εξάλειψη της ρυπαντικής επίδρασης των αποβλήτων στο περιβάλλον).

ε) Στη μείωση του κόστους νερού.

στ) Στην αξιοπιστία υδατοπρομήθειας, ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές.

Η έλλειψη ικανοποιητικών ποσοτήτων καθαρού νερού που θα καλύψει τις ανάγκες σε πόσιμο αλλά και αρδευτικό νερό έχει ως αποτέλεσμα την προσεκτική εξέταση της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων τουλάχιστον για

άρδευση. Ταυτόχρονα η νέα περιβαλλοντική πρακτική ανά τον κόσμο έχει βασιστεί στα πέντε «R» που αντιπροσωπεύουν τις βασικές αρχές προστασίας του περιβάλλοντος: Reclamation (επανάκτηση), Recycle (ανακύκλωση), Reuse (επαναχρησιμοποίηση), Renewable (ανανεώσιμη) και Reduce (μείωση). Κάτω από αυτό το πρίσμα τα μερικά εκατοντάδες χιλιάδες κυβικά μέτρα υγρών αποβλήτων που παράγονται ανά τον κόσμο θα μπορούσαν να επανακτηθούν (reclamation), να επαναχρησιμοποιηθούν (reuse), δημιουργώντας έτσι μια μορφή ανακύκλωσης (recycle), που θα οδηγήσει σε μείωση (reduce) των ποσοτήτων καθαρού νερού που χρησιμοποιούνται στη γεωργία δημιουργώντας μια ανανεώσιμη (renewable) πηγή νερού.

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να είναι άμεση ή έμμεση. Τα τελευταία έτη αποδίδεται όλο και περισσότερο ενδιαφέρον στην έμμεση επαναχρησιμοποίηση ακόμα και για έμμεση πόσιμη χρήση. Στην πρώτη περίπτωση γίνεται χρήση νερού που ανακτάται από υγρά απόβλητα με μεταφορά του από τις μονάδες επεξεργασίας και ανάκτησης στις περιοχές επαναχρησιμοποίησης συνήθως για άρδευση γεωργικών εκτάσεων και χώρων αναψυχής χωρίς την διαμεσολάβηση φυσικών πηγών νερού ή άλλων υδατικών σχηματισμών. Στη δεύτερη περίπτωση, γίνεται χρήση έμμεσα ανακτώμενου νερού, μετά από ανάμειξη του με φυσικό νερό ή χρήση υπόγειου νερού, που έχει εμπλουτιστεί με τέτοιο νερό.

Όλο το νερό ανακυκλώνεται μέσω του παγκόσμιου υδρολογικού κύκλου. Παρόλα αυτά, η επαναχρησιμοποίηση του νερού τοπικά γίνεται ολοένα και πιο σημαντική για δύο λόγους. Ο ένας είναι ότι η απαλλαγή από τις εκροές αποβλήτων επιφανειακά είναι πολύ δύσκολη και ακριβή καθώς οι απαιτήσεις για την διαχείρισή τους γίνονται όλο και πιο αυστηρές ώστε να προστατέψουν την ποιότητα του νερού. Το κόστος που προέρχεται από τους αυστηρούς κανόνες επεξεργασίας είναι τόσο υψηλό που καθίσταται οικονομικά ελκυστική η διαχείριση του νερού κατά τέτοιο τρόπο, σε τοπικό επίπεδο, για να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίησή του. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι τα δημοτικά απόβλητα συχνά είναι μια σημαντική πηγή νερού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, κυρίως σε περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα λόγω έλλειψης νερού. Η πιο συχνή μορφή επαναχρησιμοποίησης είναι για μη πόσιμους σκοπούς, όπως για γεωργική και αστική άρδευση, για βιομηχανικές χρήσεις (π.χ. ψύξη), για πυρόσβεση και άλλα. Αυτά απαιτούν επεξεργασία εκρών τέτοια που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις ποιότητας που επιβάλλει η στοχευόμενη χρήση. Επαρκής αριθμός κατασκευών, όπως δεξαμενές αποθήκευσης, κανάλια και σωλήνες, είναι επίσης απαραίτητες έτσι ώστε νερά διαφορετικής ποιότητας να πηγαίνουν σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Η αισθητική και κοινωνική αποδοχή είναι από τις πιο σημαντικές πτυχές της επαναχρησιμοποίησης του νερού, ειδικά εκεί όπου η επίδραση προς το κοινό είναι άμεση.

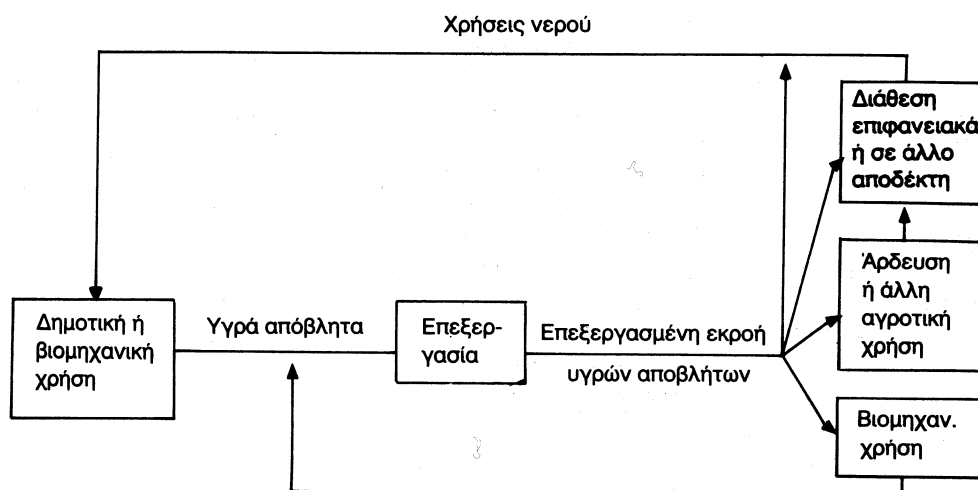
Ελλειμματικές περιοχές σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες και προγραμματίζουν την επαναχρησιμοποίηση προ-επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995). Τέτοιες περιοχές, συνήθως, χαρακτηρίζονται από:

- α) Περιορισμένους υδατικούς πόρους, που αντιμετωπίζουν και προβλήματα ρύπανσης οφειλόμενα κυρίως στην ελλιπή αραίωση, διασπορά και έκπλυση.
- β) Μια αυξημένη ζήτηση νερού, κυρίως για άρδευση, ιδιαίτερα την περίοδο των περιορισμένων βροχοπτώσεων.

Περιοχές όπως η Β. Αφρική, η Μέση Ανατολή, η Ν. Ευρώπη, οι ΝΔ. Η.Π.Α., το

Μεξικό, η Ν. Αμερική, η Ν. Αφρική και τμήματα της Κεντρικής και Ανατολικής Ασίας και Αυστραλίας είναι εκείνες, στις οποίες η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων έχει πρακτική και σε πολλές περιπτώσεις ζωτική σημασία (Metcalf and Eddy, 1991).

Σε μια τέτοια περιοχή το ετήσιο ισοζύγιο νερού εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ της ετήσιας εισροής νερού, κυρίως τα ετήσια κατακρημνίσματα, και την ετήσια εκροή, όπως είναι οι αναπόδοτες απώλειες (περίπου κατά ένα τρίτο σε θάλασσες και ωκεανούς και κατά δύο τρίτα στην ατμόσφαιρα). Κάθε δραστηριότητα, που περιορίζει αυτές τις απώλειες, βελτιώνει τη χρονική και χωρική διαθεσιμότητα του νερού. Παρόλο που τα υγρά απόβλητα συμπεριλαμβάνονται στις παραπάνω αναπόδοτες απώλειες, όταν απορρέουν ελεύθερα στη θάλασσα ή εξατμισοδιαπνέονται μη παραγωγικά, η ανάκτηση και η επαναχρησιμοποίησή τους αυξάνει την καθαρή διαθέσιμη ποσότητα νερού (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995). Σχηματική παρουσίαση της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων δίδεται στο Σχήμα 3.1. Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, εκτός του ότι εξοικονομεί πηγές νερού, όπως προαναφέρθηκε, μειώνει το κόστος επεξεργασίας και διάθεσής τους, περιορίζει την απαιτούμενη υποδομή για εκμετάλλευση και χρήση άλλων πηγών νερού και φυσικά περιορίζει το κόστος χρήσης τους και τις ρυπαντικές επιπτώσεις τους (Αγγελάκης, 1989).



Σχήμα 3.1: Σχηματική παρουσίαση των βασικών διεργασιών ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων (Αγγελάκης, 1989)

### 3.1. Ιστορική ανασκόπηση της ανάκτησης και της επαναχρησιμοποίησης

Γενικά, η ανάκτηση νερού από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα θεωρείται σήμερα μια πρακτική χαμηλού κόστους και φιλικής προς το περιβάλλον. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού, βασικά, συμπιέζει τον υδρολογικό κύκλο από μία ανεξέλεγκτη παγκόσμια κλίμακα σε μία ελεγχόμενη τοπική κλίμακα.

Κυριότερες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης ανακτώμενων εκροών από υγρά απόβλητα με βάση τις χρησιμοποιούμενες παροχές τους, θεωρούνται διεθνώς η γεωργική, η βιομηχανική και ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων. Γενικά, από

αυτές τις κατηγορίες η άρδευση γεωργικών, δασικών και άλλων χώρων πρασίνου είναι ο σημαντικότερος τομέας χρήσης νερού και στη χώρα μας εκτιμάται ότι προσεγγίζει το 85 % τις συνολικής κατανάλωσης (Angelakis and Diamantopoulos, 1995).

Η άρδευση των αγροτικών εκτάσεων με εκροές αστικών υγρών αποβλήτων έχει εφαρμοσθεί στην πράξη σε πολλές χώρες επί αιώνες μέχρι σήμερα. Η διάθεση εκροών αστικών αποβλήτων στο έδαφος αποτελεί μία πρακτική τεχνολογία, που φαίνεται ότι έχει τις ρίζες της στον Μινωικό Πολιτισμό (Angelakis and Spyridakis, 1996).

Οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τα λύματα ήταν οι Έλληνες πριν 2.000 περίπου χρόνια και οι Κινέζοι. Στην Ευρώπη η χρήση των λυμάτων ήταν κοινή πρακτική στην Γερμανία από τον 16<sup>ο</sup> αιώνα και στην Αγγλία από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα. Στην Αμερική χρήση λυμάτων αναφέρεται ότι έγινε για πρώτη φορά το 1870. Αυξημένο ενδιαφέρον για χρήση του ανακυκλωμένου νερού για γεωργικούς σκοπούς άρχισε να παρουσιάζεται σε αναπτυσσόμενες χώρες κατά τη δεκαετία 1980 - 1990 κυρίως λόγω της σωστής εκτίμησης των δυνατοτήτων και πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει.

Οι αρχικές πρόοδοι στον τομέα της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων είναι συνώνυμες με την ιστορική ανάπτυξη και εφαρμογή των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας και κυρίως αυτών, που βασίζονται στην εφαρμογή τους στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Με την έναρξη εφαρμογής δικτύων αποχέτευσης σε μεγάλες πόλεις, στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα, τα αστικά υγρά απόβλητα χρησιμοποιήθηκαν στις λεγόμενες "sewage farms", δηλαδή «γεωργικές εκμεταλλεύσεις λυμάτων». Έτσι, από το 1900, ήταν γνωστές πολυάριθμες γεωργικές εκμεταλλεύσεις τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική (Reed and Crites, 1984). Παρόλο, που σ' αυτές τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις ο κύριος σκοπός ήταν η διάθεση των αποβλήτων, η συμπτωματική χρήση τους στην άρδευση για φυτική παραγωγή και άλλες ευεργετικές χρήσεις ήταν μια πραγματικότητα.

Στην πιο πρόσφατη ιστορία, κατά την διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα, η εισαγωγή μεγάλων σε κλίμακα συστημάτων μεταφοράς υγρών αποβλήτων για την εκφόρτισή τους σε υδατικούς αποδέκτες, σε πολλές περιπτώσεις οδηγεί στην επαναχρησιμοποίηση χωρίς σχεδιασμό. Αυτό, σε συνδυασμό με την ανεπάρκεια υδατικών πόρων, είχε ως αποτέλεσμα σοβαρές καταστροφικές επιδημίες και ασθένειες προερχόμενες από μολυσματικό νερό, όπως η χολέρα, η ελονοσία και άλλες. Όμως, όταν επαληθεύτηκε ότι οι ασθένειες αυτές είχαν ως αίτιο τους τη μόλυνση του νερού, οι μηχανικοί επιχείρησαν να δώσουν λύσεις στο πρόβλημα με την ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών νερού, χρησιμοποιώντας υδαταποθήκες και υδραγωγεία. Ακόμα ένα βήμα προόδου γίνεται στις δεκαετίες 1850 - 60, εισάγοντας το φιλτράρισμα του νερού. Η ανάπτυξη της προγραμματισμένης επαναχρησιμοποίησης των εκροών υγρών αποβλήτων τοποθετείται στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα (Asano and Levine, 1996, Angelakis *et al.*, 1997).

Τον τελευταίο αιώνα, ένας σημαντικός αριθμός έργων ανάκτησης - επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων κατασκευάστηκε σε διάφορα μέρη του κόσμου, έργα που εντάχθηκαν σε ένα γενικότερο πλαίσιο αντιμετώπισης αναπτυξιακών προσπαθειών (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995). Στο Grand Canyon National Park στην Arizona, το 1926, χρησιμοποιήθηκαν αρχικά επεξεργασμένα υγρά απόβλητα σε διπλό σύστημα υδροδότησης για τον καθαρισμό τουαλετών και μετά για άρδευση χλωροταπήτων, ψύξη και παραγωγή ατμού. Στην πόλη Pomona της California, άρχισε το 1929 ένα έργο επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για άρδευση



καλλωπιστικών κήπων και άλλων χώρων πρασίνου. Επίσης, το 1912, χρησιμοποιήθηκαν υγρά απόβλητα (αρχικά ανεπεξεργαστα και μετά επεξεργασμένα σε σηπτικές δεξαμενές) στο Golden Gate Park στο San Francisco, για τη διαβροχή χλωροταπήτων και υδατοτροφοδοσία λιμνοδεξαμενών αναψυχής. Μια συμβατική μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κατασκευάστηκε στην ευρύτερη περιοχή αυτού του πάρκου το 1932 και η επαναχρησιμοποίηση της εκροής της συνεχίστηκε μέχρι το 1985 (Metcalf and Eddy, 1991).

Η εταιρεία Bethlehem Steel, στην Baltimore του Maryland, χρησιμοποιεί από το 1942 χλωριωμένη δευτεροβάθμια εκροή υγρών αποβλήτων. Σήμερα χρησιμοποιούνται πάνω από 0,378 εκατ.  $m^3 / d$  τέτοιων εκροών σε μεταλλουργικές διεργασίες (ψύξη και μεταποίηση). Η προώθηση μεγαλύτερων τέτοιων χρήσεων και η υλοποίηση προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης έχουν το μειονέκτημα της μη εναλλακτικής τροφοδοσίας νερού (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Ένα διπλό σύστημα υδροδότησης υλοποιήθηκε το 1960 στην πόλη Springs του Colorado. Στην πολιτεία αυτή των Η.Π.Α. επαναχρησιμοποιούνται υγρά απόβλητα μετά από ανάκτηση τους, κυρίως για άρδευση κοινοχρήστων εκτάσεων, όπως είναι γήπεδα golf, πάρκα, νεκροταφεία και πρανή δρόμων (Water Pol. Control Feder., 1989). Ένα παρόμοιο σύστημα επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων άρχισε στο St. Petersburg της Florida το 1977, ως μέρος του εφαρμοζόμενου τοπικά δημοτικού προγράμματος, για περιορισμό της ρύπανσης. Σήμερα, η εκροή, που ανακτάται από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων σ' αυτό το έργο, διανέμεται δια μέσου ενός διπλού δικτύου 320km περίπου για άρδευση δημοσίων πάρκων, γηπέδων golf, σχολικών κήπων και άλλων χώρων πρασίνου, καθώς και για υδατοτροφοδοσία ψυκτικών υδατοπύργων (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Ένα από τα πιο σημαντικά έργα εμπλουτισμού υπογείων υδροφορέων με ανακτώμενα υγρά απόβλητα άρχισε το 1962 στην επαρχία Whittier Narrows στο Los Angeles της California. Μετά από εκτεταμένη και μακροχρόνια έρευνα εκτίμησης πιθανών επιδράσεων στη δημόσια υγεία, επί 20 συνεχή έτη, το τελικό συμπέρασμα της είναι ότι δεν παρατηρήθηκε καμία ανεπιθύμητη επίδραση στον υδροφόρα και στον πληθυσμό της περιοχής, που να οφείλεται στην ανάκτηση και χρήση εκροών υγρών αποβλήτων (Nellor et al., 1985).

Στις Η.Π.Α., το 1975, υπήρχαν σε λειτουργία 536 τέτοια έργα, όπως αναφέρεται στον Πίνακα 3.1 (US. Dept. of Interior, 1979). Η εκτιμώμενη συνολική ποσότητα ανακτώμενων υγρών αποβλήτων, που χρησιμοποιούνταν σ' αυτά τα έργα ήταν 2,571 εκατ.  $m^3 / d$ . Τα πιο σημαντικά από αυτά βρίσκονται σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές των δυτικών και νοτιοδυτικών πολιτειών, όπως στην Arizona, στην California, στο Colorado και στο Texas. Όμως, ένας αυξανόμενος αριθμός έργων ανάκτησης - επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, υλοποιείται και σε υγρές σχετικά περιοχές των Η.Π.Α., όπως στη Florida και τη Νότια Carolina, με σκοπό τον περιορισμό της ρύπανσης και τον εφοδιασμό με νερό αστικών περιοχών (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Παρόλο, που η άρδευση με τις εκροές προ επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι από μόνη της ένας αποτελεσματικός τρόπος επεξεργασίας και διάθεσης υγρών αποβλήτων, είναι απαραίτητο να προηγείται μία κατάλληλη επεξεργασία πριν χρησιμοποιηθούν οι εκροές, ακόμη και στην περίπτωση άρδευσης γεωργικών, κτηνοτροφικών ή δασικών εκτάσεων. Η παραπάνω προ επεξεργασία επιβάλλεται να εφαρμόζεται για λόγους προστασίας της δημόσιας υγείας και για την πρόληψη ζημιών στις καλλιέργειες και στο έδαφος.

Με δεδομένο το ενδιαφέρον για προστασία της δημόσιας υγείας και της γενικότερης ασφάλειας, οι μη πόσιμες χρήσεις, όπως είναι η άρδευση γεωργικών και άλλων κοινόχρηστων εκτάσεων και χώρων αναψυχής, έχουν καταστεί μια σταθερή και αποδεκτή πρακτική στη μελέτη και το σχεδιασμό έργων ανάκτησης - επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων. Σε μερικές, όμως, πόλεις έχουν αναπτυχθεί σχέδια και για πόσιμη χρήση, όπου δεν υπάρχουν δυνατότητες πρόσφορης ανάπτυξης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων. Παρόλο που σήμερα οι ποσότητες που ανακτούνται και χρησιμοποιούνται για αστική χρήση και κυρίως για ύδρευση είναι πολύ μικρές, η τεχνολογία αναπτύσσεται και στοχεύει στην επίλυση των ζητημάτων που σχετίζονται με τη δημόσια υγεία (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

**Πίνακας 3.1:** Επαναχρησιμοποίηση προεπεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων στις Η.Π.Α. το 1975 (US. Dept. of the Interior, 1979)

Κατηγορίες	Αριθμός έργων	Χρησιμοποιούμενες παροχές (εκατ. m <sup>3</sup> / d)
Άρδευση (συνολικά)	470	1,590
Γεωργικές εκτάσεις	150	0,753
Κοινόχρηστοι και άλλοι χώροι	60	0,125
Απροσδιόριστη	260	0,712
Βιομηχανική (συνολικά)	29	0,814
Μεταποίηση		0,250
Ψύξη		0,538
Τροφοδοσία βραστήρων		0,026
Εμπλουτισμός υδροφόρων	1	0,129
Άλλες χρήσεις	26	0,038
Σύνολο	536	2,571

## 3.2. Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων

### 3.2.1. Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων

Οι καταρχήν δυνατοί τρόποι επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων είναι: α) άρδευση αγροτικών περιοχών, β) εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων, γ) ανακύκλωση στη βιομηχανία, δ) αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής, ε) αστική χρήση και τέλος στ) πόση.

#### 3.2.1.1. Άρδευση αγροτικών περιοχών

Η άρδευση αποτελεί την πιο μαζική χρήση νερού, ιδιαίτερα σε ξηρές περιοχές. Παγκοσμίως η αγροτική άρδευση αποτελεί το 70% της συνολικής χρήσης νερού και υπερβαίνει κάθε άλλη χρήση κατά τουλάχιστον 1000%. Όταν οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της ζήτησης (αστικής και γεωργικής), τότε επιλέγεται το διαθέσιμο νερό να χρησιμοποιηθεί δύο φορές: αρχικά για αστική χρήση και μετά να επαναχρησιμοποιηθεί για άρδευση αφού πρώτα υποστεί κάποια επεξεργασία. Έτσι σήμερα λειτουργούν αρκετά συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για αγροτική άρδευση. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η εφαρμογή λυμάτων στο έδαφος αποτελούσε πάντα και συνεχίζει να αποτελεί τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών λυμάτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών.

### 3.2.1.2. Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων, που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση

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

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

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αποθήκευσης των αποβλήτων σε υπόγειους υδροφορείς είναι:

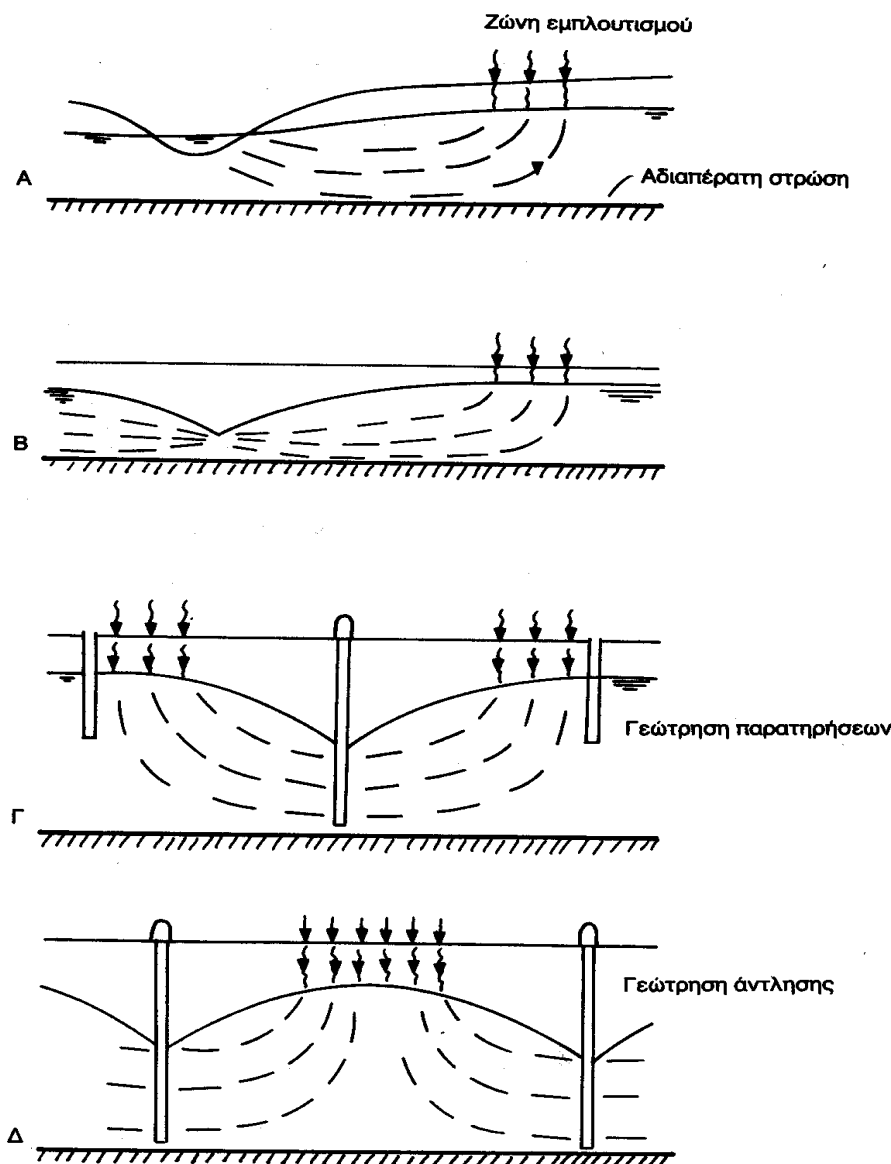
- Συνήθως μικρότερο κόστος από το αντίστοιχο κόστος επιφανειακών ταμιευτήρων.
- Οι υπόγειοι υδροφορείς προσφέρουν και ένα τελικό σύστημα διανομής του αποθηκευμένου νερού και αυτό μπορεί να εξαλείψει την ανάγκη για επιφανειακή μεταφορά με κανάλια, σωλήνες κλπ.
- Αποφεύγονται διάφορες δυσάρεστες συνέπειες των επιφανειακών εγκαταστάσεων όπως η εξάτμιση, η ρύπανση, η παραγωγή αλγών οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού με την δημιουργία δυσάρεστων οσμών και γεύσεων και την παραγωγή τοξικών ουσιών.
- Θέσεις επιφανειακών ταμιευτήρων μπορεί να μην είναι αποδεκτές για περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς ή άλλους λόγους.
- Η επεξεργασία που επιτυγχάνεται στο έδαφος μέσω της διήθησης και κατείσδυσης διαμέσω του εδαφικού υλικού, μπορεί να μειώσει το κόστος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας των αποβλήτων, ανάλογα με την μέθοδο επαναπλήρωσης, τις υδρογεωλογικές συνθήκες τις ποιοτικές απαιτήσεις της επόμενης χρήσης κ.ά.
- Η γεωργική ζήτηση επειδή είναι εποχιακή απαιτεί μεγάλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης όταν η ζήτηση είναι χαμηλή. Όμως οι κατάλληλες θέσεις για επιφανειακούς ταμιευτήρες μπορεί να μην είναι διαθέσιμες, οικονομικά δυνατές ή περιβαλλοντικά αποδεκτές.

Μειονεκτήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Η ανάγκη για εκτεταμένες εδαφικές επιφάνειες για λεκάνες διήθησης.
- Το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας των απαιτούμενων γεωτρήσεων και της προχωρημένης επεξεργασίας που συχνά μπορεί να είναι απαγορευτικό.
- Η πιθανή αύξηση του κινδύνου ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα. Η εξυγίανση του υδροφορέα είναι δύσκολη, δαπανηρή και χρονοβόρα

διαδικασία.

- Η συχνή δυσκολία εξασφάλισης της χρήσης του υδροφορέα για σκοπούς ύδρευσης.
- Ανεπάρκεια θεσμικών ρυθμίσεων και νόμων, που αφορούν τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με αστικά υγρά απόβλητα.



**Σχήμα 3.2:** Σχηματική παράσταση συστημάτων εδάφους - υδροφορέα - επεξεργασίας (SAT), που η τελική ανάκληση (αναγέννηση) πραγματοποιείται σε επιφανειακό υδρόρευμα ή υδρολεκάνη χαμηλότερου υψομέτρου : (A) σε υπόγειο στραγγιστό δίκτυο (B) και με γεωτρήσεις κεντρικά (Γ) ή περιμετρικά (Δ) των λεκανών διήθησης (Bouwer. 1991)

### 3.2.1.3. Ανακύκλωση στη βιομηχανία

Η βιομηχανία προβλέπεται να αποτελέσει μελλοντικά σημαντικό χρήστη των ανακτημένων αστικών λυμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (Η.Π.Α.) και σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες. Τα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα

του πόσιμου. Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των αστικών λυμάτων είναι: 1) το νερό ψύξης, 2) το νερό τροφοδοσίας λεβήτων και 3) το νερό κατεργασίας ή βιομηχανικό νερό. Η κυρίαρχη όμως χρήση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη ζήτηση είναι το νερό ψύξης.

#### 3.2.1.4. Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής

Η χρήση ανακτημένων λυμάτων για αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής περιλαμβάνει: 1) την δημιουργία τεχνητών υδροβιότοπων ή την διατήρηση φυσικών, 2) την δημιουργία χώρων αναψυχής, 3) την αύξηση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων και 4) διάφορες άλλες χρήσεις. Σκοπός τους είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος στο οποίο θα μπορεί να αναπυχθεί η ζωή στο φυσικό περιβάλλον και η ανάπτυξη μιας περιοχής με αυξημένη αισθητική αξία.

Στην Καλιφόρνια το 7% περίπου της ολικής επαναχρησιμοποίησης για το έτος 1987 σχετιζόταν με την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και την δημιουργία χώρων αναψυχής (California State Water Resources Control Board, 1990). Για τον ίδιο λόγο στη Φλώριδα η περιβαλλοντική χρήση αποτελούσε το 9% της ολικής επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού.

#### 3.2.1.5. Αστική χρήση

Τα συστήματα αστικής επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων παρέχουν ανακτημένο νερό για οποιαδήποτε χρήση εκτός της πόσης σε αστικές περιοχές. Αν και οι ποσότητες ανακτημένων υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι πολύ περιορισμένες και προβλέπεται ότι θα παραμείνουν σε χαμηλά επίπεδα και στο προσεχές μέλλον, οι τεχνολογικές επιτεύξεις στον τομέα αυτό έχουν μεγάλο επιστημονικό και κοινωνικό ενδιαφέρον. Μερικές μικρές κοινότητες λόγω της δυσκολίας ανάπτυξης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων αναπτύσσουν και υλοποιούν μελέτες για τέτοια συστήματα. Έτσι το ενδιαφέρον για τη δημόσια υγεία επιβάλλει την ανάπτυξη σχετικής τεχνογνωσίας. Μερικές από τις αστικές χρήσεις είναι οι ακόλουθες:

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

Κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης ανακτημένων υγρών

αποβλήτων για αστική χρήση, οι σημαντικότεροι παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η αξιοπιστία εξυπηρέτησης και η προστασία της δημόσιας υγείας. Γι' αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται α) η απαιτούμενη ποιότητα νερού για την αποσκοπούμενη χρήση, β) προστασία από εσφαλμένη λειτουργία του συστήματος, γ) προστασία από συνδέσεις με το σύστημα πόσιμου νερού, και δ) μη εσφαλμένη χρήση του ανακτημένου νερού. Για να αποφευχθούν συνδέσεις με το σύστημα του πόσιμου νερού, πρέπει όλος ο εξοπλισμός που σχετίζεται με το σύστημα διανομής του ανακτημένου νερού να σημαδεύεται ώστε να διακρίνεται εύκολα (Ανδρεαδάκης Α., 2001).

Τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για αστική χρήση προϋποθέτουν την ύπαρξη συστημάτων διπλής διανομής στην αστική περιοχή. Το σύστημα διανομής του ανακτημένου νερού είναι παράλληλο με το κύριο σύστημα διανομής πόσιμου νερού. Το παλαιότερο αστικό σύστημα διπλής διανομής στις Η.Π.Α. βρίσκεται στην πόλη St. Petesburg της Φλώριδας (1977).

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

#### 3.2.1.6. Επαναχρησιμοποίηση για σκοπούς ύδρευσης

Η εφαρμογή των έργων επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για άμεση ή έμμεση (μέσω εμπλουτισμού υδροφορέων που εξυπηρετούν ανάγκες ύδρευσης) ύδρευση είναι πολύ περιορισμένη και συμβαίνει μόνο σε κάποιες κοινότητες όπου δεν είναι δυνατή ή είναι ιδιαίτερα δύσκολη η αξιοποίηση άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Γενικά προϋπήρχε και υπάρχει ακόμα και σήμερα σοβαρός προβληματισμός ως προς την άμεση ή έμμεση επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για πόση. Ο κύριος προβληματισμός στα έργα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς, αφορά πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από πιθανή αντίδραση και ανάμειξη ανόργανων και οργανικών συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη εκροή, ακόμα και υπό συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας (WHO, 1980 και U.S. Nat. Res. Council, 1982).

Ενώ τα ποιοτικά κριτήρια για τα άλλα είδη επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων είναι ευκολότερο να ικανοποιηθούν και οι απαιτούμενες επεξεργασίες δεν πρόκειται να αλλάξουν σημαντικά στο μέλλον, τα ποιοτικά κριτήρια για το πόσιμο νερό προβλέπεται ότι στο μέλλον θα γίνονται όλο και πιο αυστηρά και επομένως θα απαιτείται όλο και μεγαλύτερη επεξεργασία για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για πόση.

Είναι ευρύτατα παραδεκτό ότι τα συνήθη ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού επαρκούν μόνο στην περίπτωση που η υδροληψία γίνεται από πηγές που δεν έχουν ακόμα υποστεί ρύπανση και όχι από ανακτημένα λύματα. Στην περίπτωση των λυμάτων οι απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες και όχι καλά προσδιορισμένες. Έχει εκτιμηθεί ότι μόνο το 10% κατά βάρος των οργανικών ενώσεων του πόσιμου νερού

έχουν αναγνωρισθεί, ενώ για λίγα από αυτά έχουν εξακριβωθεί οι επιδράσεις τους στην υγεία (National Research Council, 1980). Επίσης σημαντική ασάφεια παρατηρείται στον προσδιορισμό της επίδρασης της συνισταμένης δράσης διαφόρων συνθετικών ενώσεων που περιέχονται στα λύματα, στη δημόσια υγεία. Οι έρευνες οι σχετικές με τις επιδράσεις στην υγεία κατά την επαναχρησιμοποίηση για πόση είναι εφαρμόσιμες μόνο για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς το μείγμα των ρύπων διαφέρει από πόλη σε πόλη. Ακόμα και για την ίδια πόλη είναι πιθανό τα επικίνδυνα συστατικά των λυμάτων να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Αυτός ο περιορισμός επιδρά αρνητικά στην προσπάθεια ανάπτυξης πλήρων και συνολικών ποιοτικών κριτηρίων για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για πόση.

Ποιοτικά κριτήρια έχουν θεσπιστεί για πολλά ανόργανα συστατικά. Η Υπηρεσία Προστασίας της Δημόσιας Υγείας και το US EPA (USA Environmental Protection Agency) έχουν καθορίσει μέγιστα επιτρεπόμενα όρια για περισσότερους από 100 ρύπους. Ωστόσο, ο αριθμός των ρύπων που πρέπει να παρακολουθούνται / ελέγχονται αυξάνεται συνεχώς, ενώ τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια για πολλούς από αυτούς μειώνονται. Ιδιαίτερη δυσκολία παρουσιάζει το γεγονός ότι μόνον ένα σχετικά μικρό ποσοστό από το σύνολο των επικίνδυνων συστατικών των λυμάτων είναι δυνατό να προσδιορισθεί με ακρίβεια με τις σύγχρονες αναλυτικές μεθόδους.

Μερικές οργανικές ενώσεις, και ιδίως τα χλωριωμένα είδη, που αποτελούν παραπροϊόντα της χλωρίωσης των λυμάτων, είναι γνωστά ύποπτα καρκινογόνα, εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης του πληθυσμού ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις τους. Πολλές επιδημιολογικές έρευνες έχουν γίνει για την αποτίμηση των πιθανών επιδράσεων στην υγεία που σχετίζονται με πόσιμο νερό το οποίο λαμβάνεται από πηγές που περιέχουν σημαντικά ποσοστά αποβλήτων. Τα αποτελέσματα γενικά ήταν ατελέσφορα, παρόλο που έχουν δώσει ικανοποιητικές αποδείξεις υπέρ της ύπαρξης κινδύνου για την υγεία (National research Council, 1980). Μια έρευνα που έγινε από το Εθνικό Ινστιτούτο Καρκίνου έδειξε αυξημένη συχνότητα καρκίνου «bladder» σε ανθρώπους που έπιναν χλωριωμένο επιφανειακό νερό (πλούσιο σε οργανικές ενώσεις) σε σχέση με εκείνους που έπιναν μη χλωριωμένο υπόγειο νερό. Αν και υπάρχουν πολλοί περιορισμοί ως προς τις επιδημιολογικές έρευνες εξαιτίας των πολλών μεταβλητών που υπεισέρχονται, οι έρευνες φαίνεται να συγκλίνουν στην γενική παρατήρηση ότι η περιεκτικότητα του νερού σε οργανικές ενώσεις επηρεάζει σημαντικά την δημιουργία επικίνδυνων παραπροϊόντων της χλωρίωσης.

Μόνο ένα σχετικά μικρό ποσοστό από το σύνολο των επικίνδυνων συστατικών των λυμάτων είναι δυνατό σήμερα να προσδιορισθεί με ακρίβεια.

**Πίνακας 3.2:** Κατηγορίες ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και δυνατοί περιορισμοί

<b>Κατηγορία χρήσης</b>	<b>Περιορισμοί</b>
Άρδευση γεωργικών εκτάσεων α) φυτικές καλλιέργειες β) εμπορικά φυτώρια	Ποιότητα νερού, κυρίως ως προς την αλατότητα στο έδαφος και τα φυτά.
Άρδευση κοινόχρηστων και χώρων αναψυχής α) πάρκα β) σχολικοί χώροι γ) εθνικοί δρόμοι δ) ιπποδρόμια ε) νεκροταφεία στ) ελεύθεροι κοινοτικοί χώροι ζ) περιφερειακές ζώνες πρασίνου κ.ά.	Προστασία δημόσιας υγείας, κυρίως σε σχέση με παθογόνα, όπως παράσιτα, βακτήρια και ιοί. Ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων νερών όταν δεν υφίσταται κατάλληλο σύστημα διαχείρισης. Εμπορικότητα και δημόσια αποδοχή των παραγόμενων προϊόντων.
Βιομηχανική χρήση α) ψύξη β) μεταποίηση γ) βαριά βιομηχανία δ) άλλες	Συστατικά του νερού που ανακτάται και μπορούν να προξενήσουν διάβρωση, εναπόθεση, βιολογική ανάπτυξη και γενικά προβλήματα ρύπανσης. Δημόσια υγεία, ιδιαίτερα σε σχέση με μεταφερόμενα οργανικά ή παθογόνα με aerosols.
Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων α) αναπλήρωση β) προστασία γ) ιζηματολογικός έλεγχος	Ίχνη οργανικών, άλλων χημικών και παθογόνων στο ανακτώμενο νερό υγρών αποβλήτων με υψηλό δυναμικό τοξικότητας. Συνολικά διαλυμένα στερεά, μέταλλα, και παθογόνα στο ανακτώμενο νερό.
Αναψυχή και άλλες περιβαλλοντικές χρήσεις α) λίμνες και δεξαμενές β) αποκατάσταση ελωδών χώρων γ) αύξηση παροχής υδατορευμάτων δ) ανάπτυξη αλιευτικών χώρων ε) δημιουργία πάγου	Προστασία δημόσιας υγείας από βακτήρια και ιούς. Ευτροφισμός οφειλόμενος στα Ν και Ρ. Αισθητικές οχλήσεις συμπεριλαμβανομένων των οσμών.
Μη πόσιμες αστικές χρήσεις α) πυροπροστασία β) κλιματισμός γ) καθαρισμός WC (διπλά συστήματα υδροδότησης)	Προστασία δημόσιας υγείας από τη μεταφορά παθογόνων με aerosols. Ποιοτικές επιδράσεις σε εναπόθεση, διάβρωση, βιολογική ανάπτυξη και γενικά ρύπανση. Προβλήματα σε πιθανές διαστρώσεις με το σύστημα υδροδότησης, πιθανές εισροές στα δίκτυα πόσιμου νερού.
Πόσιμες χρήσεις α) έμμεση χρήση (προηγούμενη ανάμειξη με το νερό υδροδότησης) β) άμεση χρήση	Ίχνη οργανικών και άλλων χημικών στο ανακτώμενο νερό υγρών αποβλήτων με υψηλό δυναμικό τοξικότητας. Δημόσια και αισθητική αποδοχή. Προστασία δημόσιας υγείας κυρίως σε σχέση με τη μεταφορά παθογόνων και κυρίως ιών.



### 3.3. Υφιστάμενη κατάσταση σε διάφορες χώρες

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων αποτελεί αντικείμενο έρευνας σε πολλές χώρες όπως στις Η.Π.Α., στην Αυστραλία, στο Ισραήλ, στη Νότιο Αφρική και αλλού. Η Ευρώπη δεν έχει ασχοληθεί ιδιαίτερα με αντικείμενα επαναχρησιμοποίησης νερού. Όμως, οι ξηρασίες των τελευταίων ετών στην Ισπανία, την Ελλάδα και άλλες χώρες, θέτουν επιτακτικά το θέμα της επαναχρησιμοποίησης νερού. Εξάλλου, οι κατά τόπους ελλείψεις νερού, που επιτείνουν περιβαλλοντικά προβλήματα και η διάχυτη ρύπανση σε όλη την Ευρώπη, έχουν ανανεώσει το ενδιαφέρον για τέτοια αντικείμενα.

Σήμερα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, βρίσκονται σε εξέλιξη πολυάριθμα έργα άρδευσης, καθώς επίσης και έργα τεχνητού εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένες εκροές υγρών αποβλήτων και επαναχρησιμοποίησης τους κυρίως για άρδευση.

Πέρα όμως αυτών των έργων παραγωγής κυρίως αρδευτικού νερού, έχει αναπτυχθεί σύγχρονη τεχνολογία παραγωγής νερού κατάλληλου για όλες σχεδόν τις χρήσεις. Ενημερωτικά αναφέρεται ότι είναι σε εξέλιξη έργα ακόμη για έμμεση παραγωγή πόσιμου νερού, από επεξεργασμένες εκροές αστικών υγρών αποβλήτων, που δείχνουν το υψηλό επίπεδο της υφιστάμενης τεχνολογίας σε τέτοια αντικείμενα.

Στο Ισραήλ, η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων άρχισε πολύ νωρίς, στην δεκαετία του 1970, και αφορούσε σε άρδευση καλλιεργειών βαμβακιού. Από τότε έχει αποκτηθεί τεράστια εμπειρία και σήμερα όλα σχεδόν τα γεωργικά είδη αρδεύονται με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Το 70% περίπου των υγρών αποβλήτων επεξεργάζονται και χρησιμοποιούνται για άρδευση. Σήμερα υπάρχουν περισσότερες από 200 περίπου δεξαμενές αποθήκευσης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και νέα έργα που σχετίζονται με την ανάκτηση υγρών αποβλήτων προγραμματίζονται και εκτελούνται.

Στην Κύπρο, η λύση που θα μπορούσε να συμβάλει αποφασιστικά, τόσο στην εξοικονόμηση και διατήρηση πηγών νερού, όσο και στην αύξηση της αρδευόμενης γεωργικής γης αναζητήθηκε σε τεχνολογίες αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Τα υγρά απόβλητα που παράγονται από τις μεγάλες πόλεις, περίπου 25 Mm<sup>3</sup> ανά έτος, προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν στο σύνολο τους σχεδόν για άρδευση έπειτα από τριτοβάθμια επεξεργασία. Αυτό, θα επιτρέψει την αύξηση των αρδευσιμων καλλιεργειών κατά 8 - 10%, ενώ ένας ισοδύναμος όγκος νερού θα είναι διαθέσιμος για άλλες χρήσεις. Έτσι, έχουν αρχίσει να λειτουργούν πιλοτικά έργα εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων με τέτοιο νερό.

Στην Μάλτα, οι εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούνται για άρδευση 6.000 στρ. γεωργικών καλλιεργειών με αυλάκια ή καταιονισμό. Η ποιότητα των εκροών είναι κατάλληλη για άρδευση χωρίς περιορισμούς και χρησιμοποιείται για την παραγωγή πατάτας, τομάτας, φασολιών και κουκιών, γλυκιάς πιπεριάς, λάχανων, κουνουπιδιού, μαρουλιού, φράουλας, τριφυλλίου και άλλων.

Το Μαρόκο, είναι μία σχετικά άγονη και ημί - άγονη χώρα, παρά την επίδραση του Ατλαντικού ωκεανού, που της παρέχει τοπικά άφθονες βροχοπτώσεις. Εκτός από τα 150×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> ετησίων βροχοπτώσεων, μόνο τα 30×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> υπολογίζεται ότι είναι χρησιμοποιήσιμα (22×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> επιφανειακό νερό και 8×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> κατεισδύουν στους υπόγειους υδροφορείς). Αυτοί οι πόροι είναι άνισα κατανομημένοι. Έτσι, οι περιοχές συλλογής νερού των ξεροπόταμων των Sebou, Bou Regreg και Oum er Rbia

αντιπροσωπεύουν μόνο τα δύο τρίτα του υδατικού δυναμικού της χώρας.

Οι περισσότερες πόλεις στο Μαρόκο είναι εφοδιασμένες με αποχετευτικά δίκτυα, τα οποία συχνά αποχετεύουν επίσης βιομηχανικά απόβλητα. Η ποσότητα των εκροών που συλλέγονται υπολογίστηκαν περίπου στα 500 Mm<sup>3</sup> ανά έτος το 2000 και αναμένεται να φθάσουν τα 700 Mm<sup>3</sup> μέχρι το 2020. Όμως, στις 60 μεγαλύτερες πόλεις, μόνο οι επτά έχουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, αλλά όσον αφορά το σχεδιασμό και τη λειτουργία θεωρούνται πλημμελείς.

Η Ισπανία σήμερα πρωτοπορεί στην υιοθέτηση ποιοτικών κριτηρίων για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών υγρών αποβλήτων. Έτσι, η Aqbar (Οργανισμός Ύδρευσης Βαρκελώνης) συγχρηματοδοτεί μια προσπάθεια ανάπτυξης σχετικών κριτηρίων σε Μεσογειακό επίπεδο.

Στην Τυνησία, τα υγρά απόβλητα ανακυκλώνονται σε περίπου 45 εγκαταστάσεις, με ένα σχέδιο δυναμικότητας περίπου 130 Mm<sup>3</sup> / έτος. Μερικά από αυτά είναι τοποθετημένα κατά μήκος της ακτής για να προστατεύσουν παραλιακά θέρετρα και να αποτρέψουν την ρύπανση της θάλασσας. Το 1995, μόνο το 21 % των διαθέσιμων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων επαναχρησιμοποιήθηκε συνολικά σε επίπεδο χώρας. Σήμερα υπολογίζεται ότι μέχρι το 2011 η παραγωγή επεξεργασμένων εκροών θα φθάσει τα 266 Mm<sup>3</sup>. Οι εκροές αυτές θα χρησιμοποιηθούν, για την εξοικονόμηση υπόγειου νερού και την αποφυγή διείσδυσης θαλάσσιου νερού στους υπόγειους υδροφορείς σε παράκτιες περιοχές. Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στις καλλιέργειες έχει νομοθετηθεί και προβλέπει σχετικά ποιοτικά κριτήρια για τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην άρδευση γεωργικών καλλιεργειών. Αυτά απαγορεύουν την άρδευση λαχανικών, που μπορούν να καταναλωθούν ωμά και συνεπώς, τα περισσότερα από τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα χρησιμοποιούνται για την άρδευση αμπελώνων, εσπεριδοειδών και άλλων δενδρώδων καλλιεργειών, καλλιεργειών για, βιομηχανικών φυτών, δημητριακών και γηπέδων γκολφ.

Στην Αλγερία το ποσό των υγρών αποβλήτων το 1985 ήταν περίπου 660 Mm<sup>3</sup> και μέχρι το 2010 προβλέπεται να φθάσει στο 1.500 Mm<sup>3</sup> ενώ άρδευση 20.000 στρ. με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι υπό μελέτη. Ο Νόμος Νερού απαγορεύει τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την άρδευση λαχανικών που μπορούν να καταναλωθούν ωμά και απαιτείται σχετική άδεια χρήσης μη συμβατικών πηγών νερών (Αγγελάκης, 2000).

### **3.3.4. Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα**

#### **α) Κατάσταση Έργων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων**

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιήθηκε έρευνα για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στη χώρα μας. Γι' αυτό το σκοπό έγινε καταγραφή των έργων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που λειτουργούν και βρίσκονται υπό κατασκευή ή σε προχωρημένο στάδιο μελέτης (Τσαγκαράκης κ.ά., 1999). Επίσης, για κάθε έργο καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν ο τύπος και ο βαθμός επεξεργασίας, το μέγεθος της μονάδας, η ποιότητα της εκροής, το υδατικό ισοζύγιο της περιοχής, η διαθεσιμότητα γεωργικής γης, η απόσταση από την πλησιέστερη διαθέσιμη για άρδευση γεωργική γη, όπως επίσης, στοιχεία σχετικά με τις εδαφολογικές, κλιματικές, γεωλογικές, αγρονομικές και άλλες συνθήκες της περιοχής.

**β) Αποδέκτες Εκρών Ε.Ε.Λ.**

Κατά τα πρώτα έτη της εφαρμογής της σύγχρονης τεχνολογίας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα δεν είχε αναπτυχθεί η απαραίτητη τοπική τεχνογνωσία. Έτσι, παρατηρήθηκε το φαινόμενο της «εισαγωγής» τεχνολογίας από άλλες χώρες της Βόρειας Ευρώπης, όπως τη Γερμανία, τη Γαλλία και τη Δανία. Αυτό αφορά επίσης τον τρόπο διάθεσης των εκρών (Καβουράκη και Μαυράκη, 2001). Η μεταφορά αυτή έγινε πιστά και δεν λήφθηκαν υπόψη οι τοπικές ανάγκες σε νερό, με αποτέλεσμα η διάθεση να γίνεται ως επί το πλείστον στη θάλασσα. Εγκαταστάσεις που βρίσκονταν μακριά από τη θάλασσα διέθεταν τα υγρά απόβλητα σε παρακείμενους χείμαρρους, ποτάμια, λίμνες, στο έδαφος ή ακόμα και για την άρδευση αγροτικών και δασικών εκτάσεων.

Είναι γνωστό όμως ότι στην χώρα μας υφίστανται σημαντικές διαφορές σε ό,τι αφορά τις κλιματολογικές, γεωγραφικές και κοινωνικές συνθήκες, όπως ξηροθερμικό κλίμα, ολιγοτροφικές θάλασσες, αυξημένες ανάγκες σε αρδευτικό νερό κλπ σε σχέση με τις χώρες από τις οποίες έγινε η «εισαγωγή» της τεχνολογίας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Ο αριθμός των εγκαταστάσεων που εμπίπτει σε κάθε κατηγορία, οι συνολικοί ισοδύναμοι κάτοικοι (i.k.) και οι σημερινοί ισοδύναμοι κάτοικοι (σ.i.k.), που αντιπροσωπεύει την μέση εκροή την θερμή περίοδο παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6. Όπως φαίνεται, οι εκροές τους σήμερα διατίθενται σε φυσικούς αποδέκτες (θάλασσα 45%, ποταμούς 12%, χείμαρρους 32%, έδαφος 7%, άλλους 4%) (Tsagarakis et al., 1998).

**Πίνακας 3.6:** Αποδέκτες εκρών Ε.Ε.Λ. σε σχέση με i.k. και σ.i.k. (Tsagarakis et al., 1998)

Αποδέκτης	Ε.Ε.Λ.		i.k.		σ.i.k.	
	(Αριθ.)	(%)	(Αριθ.)	(%)	(Αριθ.)	(%)
Θάλασσα	93	45,4	6.409.082	79,0	4.832.100	85,6
Χείμαρρος	49	23,8	577.390	7,1	236.300	4,2
Ποτάμι	22	10,7	689.486	8,5	408.500	7,2
Άρδευση αγροτικών εκτάσεων μετά από ανάμειξη με αρδευτικό νερό	17	8,3	238.950	2,8	51.500	0,9
Άρδευση δασικών εκτάσεων	15	7,3	90.955	1,1	34.800	0,6
Απευθείας άρδευση αγροτικών εκτάσεων	4	2,0	94.000	1,2	76.000	1,3
Λίμνη	3	1,5	14.000	0,2	3.000	0,1
Έδαφος	2	1,0	3.700	0,1	500	0,1
Σύνολο	205	100,0	8.1163	100,0	5.642.700	100,0

Σημειώνεται ότι, το κόστος αυτών των εγκαταστάσεων είναι σε πολλές περιπτώσεις πολλαπλάσιο αυτού που απαιτείται για την ανάκτηση (τριτοβάθμια επεξεργασία) της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας εκρών.

**γ) Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης**

Τα περισσότερα από τα έργα επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων στη χώρα μας, είναι πολύ σύγχρονα, λειτουργούν με προωθημένες διεργασίες, είναι τεχνολογικά ισοδύναμα των χωρών της Ε.Ε. και άλλων αναπτυγμένων χωρών και

γενικά πληρούν όλες τις προϋποθέσεις για την προώθηση έργων ανάκτησης κι επαναχρησιμοποίησης των εκροών τους. Ήδη έχουν ολοκληρωθεί τα έργα των μεγάλων αστικών κέντρων κυρίως αυτά της Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (Ε.ΥΔ.Α.Π.), Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης (Ε.Υ.Α.Θ.) και των διαφόρων Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης (Δ.Ε.Υ.Α.).

Στην χώρα μας η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων βρίσκεται ακόμα σε προκαταρκτικό στάδιο. Ωστόσο, υπάρχουν σήμερα θετικές εμπειρίες από τις προσπάθειες που γίνονται, κυρίως σε ερευνητικό πεδίο, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Κύπρο (Αγγελάκης κ.ά., 1999, Αγγελάκης και Διαμαντόπουλος, 1999, και άλλοι):

1. Στη Χαλκίδα από το Δεκέμβριο του 1995 εφαρμοζόταν ένα δοκιμαστικό πρόγραμμα δένδροφύτευσης με διάφορα είδη δένδρων στη νησίδα Πασσά του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου, ανατολικά και σε μικρή απόσταση από την Ε.Ε.Λ. Χαλκίδας. Η εκροή της Ε.Ε.Λ., χωρίς μάλιστα τριτοβάθμια επεξεργασία χρησιμοποιείτο για άρδευση των δένδρων της νησίδας και η αφυδατωμένη ιλύς χρησιμοποιείτο ως εδαφοβελτιωτικό, με πολύ καλά αποτελέσματα μέχρι σήμερα. Τον Σεπτέμβριο του 1997 έγινε παρουσίαση στην ημερίδα της Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης (Ε.Δ.Ε.Υ.Α.) των συμπερασμάτων που είχαν συλλεχθεί. Η δημοσιοποίηση των θετικών αποτελεσμάτων αυτής της καινοτόμου για την Ελλάδα προσπάθειας, εξασφάλισαν στη Δ.Ε.Υ.Α. Χαλκίδας σημαντική χρηματοδότηση της τάξης των 500.000.000 δρχ. από το ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (Ε.Π.ΠΕΡ.) και έτσι κατέστη δυνατή η συνέχιση του έργου που αφορά στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων.

2. Στο Παλαιόκαστρο Κρήτης χρησιμοποιούνται 280 m<sup>3</sup> ημερησίως εκροών για άρδευση καλλιεργειών ελιάς.

3. Στη Θεσσαλονίκη πραγματοποιείται άρδευση πειραματικών θερμοκηπιακών καλλιεργειών στο Γαλλικό Ποταμό με εκροές επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (με φυσικά συστήματα) της Μονάδας Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων (Μ.Ε.Α.Υ.Α.) της Ε.Υ.Α.Θ. (συνεργασία ΕΘΙΑΓΕ, Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Γουλανδρή κ.α.). Οι πειραματικές αυτές εγκαταστάσεις στο Γαλλικό Ποταμό, έδωσαν επί σειρά ετών πολύ καλά αποτελέσματα στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων σε καλλιέργειες τομάτας, τεύλων και λουλουδιών.

4. Στην Άμφισσα έχει χρηματοδοτηθεί από το Υπουργείο Γεωργίας έργο άρδευσης καλλιεργειών ελιάς με την εκροή της Ε.Ε.Λ. και χρησιμοποιούνται 400 m<sup>3</sup> ημερησίως, χωρίς μάλιστα τριτοβάθμια επεξεργασία.

5. Στη Λειβαδιά χρησιμοποιούνται περίπου 3.500 m<sup>3</sup> ημερησίως εκροών για άρδευση καλλιεργειών βαμβακιού.

6. Στην Κω σχεδιάζεται η άρδευση γεωργικών εκτάσεων με τη χρήση 4.000 m<sup>3</sup> ημερησίως εκροών της Ε.Ε.Λ. της πόλης.

7. Στις περισσότερες ξενοδοχειακές μονάδες της Κρήτης και ιδιαίτερα στα μεγάλα συγκροτήματα του νησιού γίνεται άρδευση των χώρων πρασίνου τους με τη χρήση των εκροών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των παραγόμενων σ' αυτές λυμάτων. Έτσι, υπάρχει θετική εμπειρία δεκαετίας και πλέον, από τις ξενοδοχειακές μονάδες για άρδευση χώρων πρασίνου.

8. Στη Λεμεσό της Κύπρου γίνεται άρδευση καλλιεργειών για 6 χρόνια περίπου με την εκροή της Ε.Ε.Λ. (μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία), με αυστηρές προδιαγραφές και απόλυτη επιτυχία.

Οι περισσότερες Δ.Ε.Υ.Α. της χώρας έχουν σχεδόν στο σύνολο τους εκτελέσει και λειτουργούν επιτυχώς ή έχουν προωθήσει σχεδιασμούς, μελέτες και άλλες διαδικασίες εκτέλεσης έργων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων.

Η μεγαλύτερη ποσότητα επεξεργασμένων λυμάτων προέρχεται από την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας και καταλήγει από τις εγκαταστάσεις καθαρισμού της Ψυτάλλειας στο Σαρωνικό. Ίσως στο μέλλον θεωρηθεί σκόπιμη και συμφέρουσα η μεταφορά με υποθαλάσσιους αγωγούς ή με μεγάλα φουσκωτά πλωτά (νέα τεχνολογία μεταφοράς νερού) μέρος του επεξεργασμένου νερού από την Ψυτάλλεια προς τα άνυδρα νησιά του Αιγαίου για άρδευση και για εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων των νησιών αυτών, ή σε άλλες περιοχές της Αττικής για άρδευση χώρων πρασίνου.

Διεξήχθη έρευνα πάνω στην δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για τρεις κύριες κατηγορίες αποδεκτών (Tsagarakis et al., 2000) άρδευση αγροτικών, δασικών εκτάσεων, δασοφυλάκων και άρδευση περιβάλλοντα χώρου. Δηλαδή, λαμβάνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητα εναλλακτικού αποδέκτη, έγινε εκτίμηση της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης των εκροών για άρδευση γεωργικών εκτάσεων, δασικών εκτάσεων και άλλων χώρων πρασίνου. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε μία μέση παραγωγή 150 L ανά κάτοικο ανά ημέρα. Για την εκτίμηση αυτή ελήφθησαν υπόψη παράμετροι όπως το υδατικό ισοζύγιο της περιοχής, η απόσταση μεταξύ της μονάδας και της αρδευόμενης γης, το είδος του εδάφους, η ποιότητα της εκροής, το ανάγλυφο της περιοχής κ.ά. Έτσι, προκύπτει ότι το δυναμικό για άρδευση είναι πολύ υψηλό, ιδιαίτερα σε περιοχές της Ν.Α. Ελλάδας με αυξημένες υδατικές ανάγκες και περιορισμένους διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Επίσης, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων εκροών είναι ικανοποιητικά, έτσι το κόστος ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών θεωρείται προσιτό.

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.7. Μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι επαναχρησιμοποιώντας τις εκροές των υπαρχόντων Ε.Ε.Λ., το ποσοστό αρδευόμενων δασικών και αγροτικών εκτάσεων μπορεί να αυξηθεί κατά 3,2 %. Ακόμα, υπολογίζεται πως με περαιτέρω επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση εκροών υγρών αποβλήτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των εγκαταστάσεων που βρίσκονται σε περιοχές ελλειμματικές ως προς τους υδατικούς πόρους, θα ήταν δυνατό να αρδευτούν 1,4 εκατ. στρέμ. γεωργικής γης μέσα σε δύο χρόνια. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εξοικονομηθεί νερό που θα χρησιμοποιηθεί για αστική χρήση και να αυξηθούν οι αρδευόμενες καλλιέργειες και συνεπώς η παραγωγή αγροτικών προϊόντων. Η εξοικονόμηση αυτή (3,2 % σε επίπεδο χώρας) είναι πολύ σημαντική. Έτσι, σε ορισμένα υδατικά διαμερίσματα ελλειμματικά σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους όπως αυτό των νησιών του Αιγαίου το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 18 %. Επιπλέον, με την εκτέλεση νέων έργων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων τα ποσοστά αυτά προβλέπονται να αυξηθούν μελλοντικά ακόμη περισσότερο. Ιδιαίτερα προβλέπεται ότι θα αυξηθούν σε αγροτικές περιοχές, όπου η ζήτηση τέτοιων υδάτων θεωρείται δεδομένη.

Πέρα όμως της ποσοτικής θεώρησης των εκροών, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους θεωρούνται κατάλληλα τόσο για ανάκτηση όσο και επαναχρησιμοποίηση. Από ποιοτικά στοιχεία έργων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μεγάλων πόλεων φαίνεται ότι οι εκροές τους πληρούν όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά για ανάκτηση τους με χαμηλό κόστος. Με δεδομένα αυτά τα στοιχεία υπολογίζεται ότι το επιπλέον κόστος επεξεργασίας για απόκτηση τουλάχιστον καλής ποιότητας αρδευτικού νερού θα είναι πολύ χαμηλό, σε σύγκριση με αυτό της ανάπτυξης και χρήσης άλλων πιθανόν διαθέσιμων υδατικών πόρων. Σε αυτή την περίπτωση (της

άρδευσης γεωργικών καλλιεργειών) εάν υπολογισθεί και το όφελος από την εξοικονόμηση χημικών λιπασμάτων, εξαιτίας των αξιόλογων επιπέδων συγκεντρώσεων σε αυτά τα νερά θρεπτικών στοιχείων, όπως είναι αζώτου, φωσφόρου και καλίου, το κόστος ανάκτησης μειώνεται σημαντικά (Αγγελάκης, 2000).

**Πίνακας 3.7:** Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης εκροών Ε.Ε.Λ. ανά υδατικό διαμέρισμα σε  $m^3$  (Tsagarakis et al., 2000)

Υδατικό διαμέρισμα	Άρδευση αγροτικής γης	Άρδευση δασικής γης και πυροπροστασίας	Άρδευση περιβάλλοντα χώρου	Συνολική δυνατή ποσότητα επαναχρησιμοποίησης	Ποσοστό οικονομίας νερού
1. Δυτική Πελοπόννησος	1.660.896	278.240	0	605.000.000	0,3%
2. Βόρεια Πελοπόννησος	19.205.753	3.066.000	2.299.500	761.500.000	3,2%
3. Ανατολική Πελοπόννησος	9.863.213	3.339.750	0	825.000.000	1,6%
4. Δυτική κεντρική Ελλάδα	5.674.838	766.500	1.095.000	281.500.000	2,7%
5. Ήπειρος	7.599.300	1.450.875	3.816.075	265.000.000	4,9%
6. Αττική	2.896.275	3.394.500	29.565.000	405.000.000	8,9%
7. Κεντρική Ελλάδα και Εύβοια	13.561.575	4.380.000	5.639.250	421.500.000	5,6%
8. Θεσσαλία	8.924.250	3.558.750	0	1.171.000.000	1,1%
9. Δυτική Μακεδονία	17.421.450	0	0	660.000.000	2,6%
10. Κεντρική Μακεδονία	17.520.000	5.529.750	4.763.250	572.000.000	4,9%
11. Ανατολική Μακεδονία	3.235.725	4.599.000	657.000	471.500.000	1,8%
12. Θράκη	13.003.125	1.040.250	328.500	577.000.000	2,5%
13. Κρήτη	16.490.700	4.026.863	0	384.000.000	5,3%
14. Νησιά του Αιγαίου	4.302.803	7.418.625	9.759.461	118.000.000	18,2%
Σύνολο	141.359.901	42.849.102	57.923.036	7.518.000.000	3,2%

### 3.4. Νομικά θέματα που συνδέονται με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των εκροών για άρδευση

#### 3.4.1. Εισαγωγή

Στο μέλλον, εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού παγκοσμίως και λαμβανομένης υπόψη της ύπαρξης κατάλληλης τεχνολογίας, συντρέχουν λόγοι ακόμη και για την παραγωγή πόσιμου νερού, παρόλο, που τίθενται σοβαρά θέματα όπως το υψηλό κόστος επεξεργασίας και η κοινωνική αποδοχή. Από την στιγμή που η επαναχρησιμοποίηση νερού εφαρμόζεται ακόμη και για την πόσιμη χρήση, σε κάθε περίπτωση απαιτείται συγκεκριμένη ποιότητα νερού, η οποία προσδιορίζει και τις απαιτούμενες τεχνολογίες επεξεργασίας και το ανάλογο κόστος. Πρέπει να σημειωθεί ότι έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες για την απαιτούμενη για κάθε χρήση ποιότητα νερού. Γενικά, κάθε τύπος επαναχρησιμοποίησης απαιτεί τις δικές του προδιαγραφές ποιότητας. Οι προδιαγραφές για την επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία δεν είναι αμφιλεγόμενες, αφού η απαιτούμενη ποιότητα του νερού καθορίζεται από τις προδιαγραφές της βιομηχανικής ζήτησης. Το ίδιο ισχύει και στην επαναχρησιμοποίηση νερού που προορίζεται για πόση, αλλά θέματα κοινωνικής αποδοχής και μόλυνσης, έχουν οδηγήσει στην περιορισμένη εφαρμογή της. Αντίθετα, ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων, ταυτόχρονα παρέχει μία συμπληρωματική επεξεργασία, που φαίνεται να είναι αποτελεσματική, οι συζητήσεις για την ποιότητα της εφαρμοζόμενης εκροής, περιορίζονται κυρίως στα επίπεδα των

νιτρικών και στα υπολείμματα των φυτοφαρμάκων.

Η κατάσταση διαφοροποιείται στην περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης για άρδευση. Επειδή οι εκροές είναι ένας πολύ ελκυστικός υδατικός πόρος για άρδευση, εξαιτίας της πλούσιας περιεκτικότητας τους σε θρεπτικά στοιχεία, λαμβάνουν χώρα έντονες συζητήσεις για τις προδιαγραφές ποιότητας που πρέπει να εφαρμόζονται, όσον αφορά στις μικροβιολογικές παραμέτρους ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης και το είδος της αρδευόμενης καλλιέργειας (Asano and Levine, 1996). Οι βιομηχανικές χώρες και οι παραγωγοί τεχνολογίας, προβάλλουν αυστηρές προδιαγραφές για την ποιότητα του νερού (συγκρίσιμες με αυτές του πόσιμου νερού), με τη βεβαιότητα ότι οι πιο ακριβείς τεχνολογίες εξασφαλίζουν υγιεινό νερό (δηλ. απαλλαγμένο από εντερροϊούς και παράσιτα), οι αναπτυσσόμενες χώρες που μαστίζονται από σοβαρές ελλείψεις νερού, επιδιώκουν την εκπόνηση επιδημιολογικών μελετών που υπερασπίζονται τις ισχύουσες λιγότερο αυστηρές οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization, WHO). Ο έλεγχος των παθογόνων είναι δύσκολος και υψηλού κόστους.

Εξαιτίας των πλεονεκτημάτων που συνεπάγονται από την επαναχρησιμοποίηση των εκροών των υγρών αποβλήτων για άρδευση, διάφορες χώρες έχουν θεσπίσει ή έχουν αρχίσει διαδικασίες θέσπισης ποιοτικών κριτηρίων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης τους. Γι' αυτό, ορισμένες υπηρεσίες, όπως το Συμβούλιο Νερού τον Ισραήλ και το τοπικό Υπουργείο Υγείας της Καλιφόρνιας, έχουν θεσπίσει κανονισμούς σχετικά αυστηρούς για ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση. Όμως, σε αναπτυσσόμενες χώρες έχουν υιοθετηθεί ποιοτικά κριτήρια προστασίας της δημόσιας υγείας από ανακτώμενα υγρά απόβλητα σχετικά με τις δυνατότητες ανάπτυξης και χρήσης άλλων υδατικών πόρων και τη μεγαλύτερη δυνατή υγειονομική τους αξία. Σε αρκετές, όμως, από αυτές τις χώρες δεν υπάρχουν καθορισμένα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και τα έργα ανάκτησης-επαναχρησιμοποίησης, ουσιαστικά, αποτελούν πηγές νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των εκροών των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στις ανεπτυγμένες χώρες δημιουργεί δύο κατηγορίες νομικών ζητημάτων. Οι κατηγορίες αυτές αναφέρονται :

α) Στην προστασία του δικαιώματος των χρηστών του νερού για τη χρήση του νερού και στην αντίστοιχη εξουσία της κυβέρνησης ή των περιφερειακών αρχών να απονέμουν δικαιώματα χρήσης νερού.

β) Στην προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.

Δεν μπορούν, βεβαίως, να αποκλεισθούν και άλλα ζητήματα που συνδέονται, ωστόσο, με συγκεκριμένες περιστάσεις.

#### A) Προστασία των δικαιωμάτων των χρηστών νερού

Τα νερά που χρησιμοποιούνται συχνά για την άρδευση γεωργικών καλλιεργειών προέρχονται, πολλές φορές, από επιφανειακά νερά, όπως για παράδειγμα ποτάμια που είναι φυσικοί αποδέκτες υγρών αποβλήτων. Η παροχέτευση υγρών αποβλήτων προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τους αλλάζει τη ροή των αποβλήτων προς το φυσικό τους αποδέκτη και κατά συνέπεια στερεί τους συνήθεις χρήστες των νερών του αποδέκτη από τη συγκεκριμένη ποσότητα νερού. Μία εγκατάσταση ανάκτησης των εκροών των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων πιθανόν να στερήσει εξολοκλήρου τους συνήθεις χρήστες από την ποσότητα νερού που λαμβάνουν, αφού

το ανακτώμενο και επαναχρησιμοποιούμενο νερό, πιθανόν να πωλείται σε νέους χρήστες (π.χ. βιομηχανίες) ή να προορίζεται για νέες χρήσεις (π.χ. δημοτική χρήση).

Οι πρακτικές και το εθνικό δίκαιο στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, και το γραπτό δίκαιο σε πολλές από αυτές, αναγνωρίζουν το κεκτημένο δικαίωμα ενός χρήστη νερού να χρησιμοποιεί μία συγκεκριμένη ποσότητα νερού υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Σε περίπτωση που η ποσότητα αυτή μειωθεί ο παραπάνω χρήστης μπορεί να δικαιούται είτε χρηματική αποζημίωση είτε συμπληρωματική ποσότητα νερού. Σε κάθε περίπτωση όμως, οι δημοτικές (τοπικές) αρχές θα πρέπει να έχουν ειδική αρμοδιότητα όσον αφορά στα παραπάνω δικαιώματα. Πάντως, όλα τα πρόσωπα που εμπλέκονται στο σχεδιασμό ενός έργου επαναχρησιμοποίησης θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους και να αναλύουν τις πιθανές επιπτώσεις του έργου στις τρέχουσες χρήσεις νερού, καθώς επίσης να ορίζουν τα μέτρα που θα λαμβάνονται (όπως αποζημιώσεις και επιδοτήσεις) στις περιπτώσεις που το έργο παρεμβαίνει και διαφοροποιεί τις τρέχουσες χρήσεις.

### Β) Προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος

Η χρήση του ανακτώμενου νερού για αγροτικές καλλιέργειες, καθώς και η αστική του χρήση (όπως άρδευση αστικού και περιαστικού πρασίνου) μπορεί να έχει ως συνέπεια τη δημιουργία προβλημάτων που συνδέονται με τη δημόσια υγεία (όπως είναι η έκθεση των ανθρώπων σε παθογόνους μικροοργανισμούς). Ακόμα, η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση, αν δεν γίνουν με ορθή διαδικασία και τεχνολογία, μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα του περιβάλλοντος.

Ο σχεδιασμός έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων θα πρέπει να περιλαμβάνει την ανάπτυξη και εφαρμογή κανονισμών, που θα προλαμβάνουν τη δημιουργία προβλημάτων που συνδέονται με τη δημόσια υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι κανονισμοί αυτοί θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

α) Σύστημα χορήγησης αδειών για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Επιπλέον τεχνικούς ελέγχους για την παραπάνω επεξεργασία.

β) Προδιαγραφές ποιότητας για το ανακτώμενο νερό που προορίζεται για διάφορες χρήσεις.

γ) Ελέγχους που μειώνουν την ανθρώπινη έκθεση σε κινδύνους που προέρχονται από το ανακτώμενο νερό, καθώς και περιορισμούς στις διάφορες χρήσεις του ανακτώμενου και επαναχρησιμοποιούμενου νερού.

δ) Ελέγχους όσον αφορά στην πρόσβαση στο σύστημα συλλογής των υγρών αποβλήτων και προληπτικούς ελέγχους για την αποφυγή της σύνδεσης μεταξύ του δικτύου ύδρευσης και του δικτύου του ανακτώμενου και επαναχρησιμοποιούμενου νερού.

ε) Μηχανισμούς που θα καθιστούν υποχρεωτικούς και θα δίνουν αναγκαστική ισχύ σε όλους τους παραπάνω κανονισμούς, συμπεριλαμβανομένων και των αρμοδιοτήτων για διενέργεια ελέγχων και επιβολή ποινών στις περιπτώσεις παραβιάσεων (Αγγελάκης, 2000).



### 3.4.2. Μικροβιολογικά κριτήρια

Υγειονολογικά προβλήματα από την επαναχρησιμοποίηση ακατέργαστων ή ανεπαρκώς επεξεργασμένων λυμάτων έχουν κατά καιρούς επισημανθεί και δεν είναι περίεργο ότι η έμφαση κατά τον καθορισμό κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων δίνεται στην προστασία της δημόσιας υγείας μέσω κατάλληλου ελέγχου των παθογόνων μικροοργανισμών.

Μία ορθολογική προσέγγιση του προβλήματος θέσπισης καταλλήλων μικροβιολογικών κριτηρίων είναι αυτή που βασίζεται σε συμπεράσματα επιδημιολογικών ερευνών. Τέτοιες έρευνες δείχνουν ότι ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών λόγω επαναχρησιμοποίησης λυμάτων είναι μικρός και αφορά μόνον τις περιπτώσεις ανεπεξέργαστων λυμάτων ή λυμάτων πολύ κακής ποιότητας. Ενισχυτικό της άποψης αυτής είναι και η διαπίστωση ότι ο κίνδυνος επιδημιών σε εργαζόμενους σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι μηδαμινός, παρά την έκθεση τους επί μακρόν και σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις φορέων παθογένειας. Με βάση επομένως τις επιδημιολογικές έρευνες είναι δυνατό να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η επαναχρησιμοποίηση επαρκώς επεξεργασμένων (π.χ. με βιολογική επεξεργασία) λυμάτων για άρδευση δε εγκυμονεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία, δεδομένου ότι με την επεξεργασία των λυμάτων επιτυγχάνεται σημαντική μείωση παθογόνων μικροοργανισμών.

**Πίνακας 3.8:** Μέθοδοι αντιμετώπισης κινδύνων μόλυνσης από επαναχρησιμοποίηση λυμάτων

	Κανένα μέτρο επεξεργασίας.	Περιορισμός καλλιέργειών	Μέτρα κατά την διάθεση των λυμάτων (π.χ. υπεδάφια)	Έλεγχος ανθρώπινης έκθεσης	Μερική επεξεργασία	Μερική επεξεργασία και περιορισμός	Μερική επεξεργασία και έλεγχος έκθεσης	Περιορισμός καλλιέργειών και έλεγχος έκθεσης	Πλήρης επεξεργασία
Λύματα	++	++	++	++	+	+	+	++	--
Έδαφος	++	++	++	++	+	+	+	++	--
Καλλιέργειες	++	++	--	++	+	+	+	++	--
Εργάτες	++	++	--	+	+	+		+	--
Καταναλωτές	++	--	--	+	+	--	+	--	--

Βαθμός μόλυνσης (λύματα, έδαφος, καλλιέργειες) ή κινδύνου (εργάτες, καταναλωτές)  
 ++ υψηλός, + χαμηλός, -- ασφάλεια

Τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών ερευνών έχουν αντιμετωπισθεί με μεγαλύτερο ή μικρότερο σκεπτικισμό σε όλες τις προσπάθειες που κατά καιρούς έχουν γίνει για τη διαμόρφωση ασφαλών κριτηρίων. Αυτό αιτιολογείται αν ληφθούν υπόψη οι εγγενείς ασάφειες που υφίστανται σε τέτοιου είδους έρευνες καθώς και

ο στατιστικός τους χαρακτήρας ο οποίος δεν αποκλείει την ύπαρξη θεωρητικών τουλάχιστον κινδύνων μετάδοσης ασθενειών. Έτσι σε όλες τις περιπτώσεις θέσπισης κριτηρίων, χωρίς να παραγνωρίζονται τα συμπεράσματα των επιδημιολογικών ερευνών, λαμβάνεται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό πρόνοια για την αποτελεσματική αντιμετώπιση και των θεωρητικών κινδύνων.

Μεταξύ των κανονισμών και οδηγιών που έχουν προταθεί και εφαρμόζονται σε διάφορες χώρες, ενδιαφέρον παρουσιάζουν η οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.), ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας και ο κανονισμός της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.A. E.P.A.). Η οδηγία του Π.Ο.Υ. βασίζεται κυρίως στα δεδομένα των επιδημιολογικών ερευνών σε συνδυασμό με μία εμφανή προσπάθεια ρεαλιστικής αντιμετώπισης των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες, και θέτει όχι ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια, τα οποία όμως έχουν υποστεί και εξακολουθούν να υφίστανται έντονη κριτική στις αναπτυγμένες χώρες. Ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας δίνει έμφαση στην αντιμετώπιση των θεωρητικών κινδύνων από την επαναχρησιμοποίηση και δεν θεωρεί ότι οι επιδημιολογικές έρευνες είναι δυνατόν, προς το παρόν τουλάχιστον, να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα. Τα κριτήρια που τίθενται με το σκεπτικό αυτό είναι αυστηρά και η τήρησή τους πολύ συχνά προϋποθέτει την εφαρμογή δαπανηρής τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων. Οι κανονισμοί των περισσότερων χωρών ακολουθούν συνήθως ένα από τους δύο προαναφερθέντες κανονισμούς, ενδεχομένως με κάποιες διαφοροποιήσεις ή εξειδικεύσεις. Ο κανονισμός του (U.S.) E.P.A. ισχύει για τις πολιτείες της Αμερικής που δεν έχουν δικά τους κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για άρδευση και δεν διαφέρει πολύ από αυτόν της Καλιφόρνια.

#### 3.4.2.1. Οδηγία Π.Ο.Υ.

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

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

Η αποτελεσματικότητα των μέτρων αυτών (αυτόνομα ή σε συνδυασμούς) στη μείωση της μετάδοσης των παθογόνων διερευνήθηκε από τους Blumenthal *et al.* Τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

α) Η άρδευση με ακατέργαστα λύματα και χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων εγκυμονεί υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών.

β) Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των λυμάτων ή η λήψη μέτρων για την αποφυγή ανθρώπινης επαφής με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μειώνει τον κίνδυνο ο οποίος όμως, αν και χαμηλός, εξακολουθεί να υφίσταται.

γ) Αποτελεσματικό μέτρο, τουλάχιστον για τους καταναλωτές, αποτελεί η εφαρμογή της άρδευσης σε περιορισμένους τύπους καλλιεργειών και κυρίως σε καλλιέργειες

που δεν παράγουν προϊόντα που τρώγονται ωμά (περιορισμένη άρδευση).

δ) Αποτελεσματικό μέτρο είναι η επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής των λυμάτων και συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στο υπέδαφος.

ε) Η πλήρης επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί το αποτελεσματικότερο εργαλείο για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών, χωρίς στην περίπτωση αυτή να είναι αναγκαίος ο περιορισμός των καλλιεργειών (απεριόριστη άρδευση).

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην επιλογή του τύπου των αρδευόμενων καλλιεργειών και στον βάσει αυτού διαχωρισμό της άρδευσης σε δύο κατηγορίες. Την "περιορισμένη άρδευση" η οποία αφορά καλλιέργειες με προϊόντα που δεν τρώγονται ωμά και την "απεριόριστη" η οποία μπορεί να εφαρμοσθεί σε κάθε τύπο καλλιέργειας αλλά και για πότισμα γηπέδων, πάρκων, κλπ. Στην πρώτη περίπτωση ουσιαστικά δεν τίθενται μικροβιολογικά κριτήρια, συνιστάται όμως η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας η οποία μπορεί να αποτελείται από πρωτοβάθμια επεξεργασία ή από επεξεργασία σε λίμνες σταθεροποίησης με χρόνο παραμονής 8-10 ημέρες (Πίνακας 3.9).

Επισημαίνεται πάντως ότι βασική προϋπόθεση για την περιορισμένη άρδευση είναι η αποφυγή άμεσης επαφής των καρπών με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μέσω επιλογής καταλλήλου μεθόδου άρδευσης (επιφανειακή και όχι με καταιονισμό) και με αποφυγή συλλογής των καρπών από το έδαφος. Τέλος ως πρόσθετο μέτρο ασφαλείας συνιστάται η διακοπή της άρδευσης δύο εβδομάδες πριν από τη συλλογή των καρπών. Στην περίπτωση της απεριορίστης άρδευσης συνιστάται η τήρηση συγκεκριμένων μικροβιολογικών κριτηρίων τόσο ως προς τους εντερικούς νηματώδεις οργανισμούς (<1 αυγό ανά λίτρο) όσο και ως προς τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια Faecal Coliforms (FC) (<1000 FC/100 ml), με ακόμη αυστηρότερα κριτήρια (<200 FC/100 ml) για ορισμένες περιπτώσεις όπως το πότισμα γκαζόν. Σημειώνεται ότι τα κριτήρια αυτά είναι λιγότερο αυστηρά από προγενέστερα κριτήρια του Π.Ο.Υ. για απεριορίστη άρδευση που ήταν max 100 FC/100ml.

**Πίνακας 3.9:** Προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας για χρησιμοποίηση λυμάτων στη γεωργία Π.Ο.Υ. (1989)

Κατηγορία	Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη σε παθογόνους ομάδα πληθυσμού	Εντερικοί νηματώδεις (α) (γεωμετρικός μέσος αυγών ανά λίτρο) (β)	Κοπρανώδη κολοβακτηρίδια (FC) (γεωμετρικός μέσος ανά 100ml) (β)	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα
A.	Άρδευση καλλιεργειών με προϊόντα που τρώγονται ωμά, αρδεύσεις γηπέδων αθλοπαιδιών, δημοσίων πάρκων κ.λ.π. (γ)	Εργάτες, Καταναλωτές Κοινό	<1	<1000	Σειρά λιμνών οξειδωσης που επιτυγχάνει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία
B.	Άρδευση δημητριακών, βιομηχανικών καλλιεργειών ζωοτροφών, βοσκοτόπων και δένδρων	Εργάτες	<1	Δεν τίθενται όρια	Παραμονή σε λίμνες σταθεροποίησης για 8 – 10 μέρες ή ισοδύναμη απομάκρυνση κοπραιοδών κολοβακτηριδίων
Γ.	Όπως και η κατηγορία Β με εξασφάλιση μη έκθεσης εργαζομένων και κοινού.	Καμία	Δεν έχουν εφαρμογή	Δεν έχουν εφαρμογή	Επεξεργασία που απαιτείται από το σύστημα άρδευσης όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια επεξεργασία

(α) Τα είδη *Ascaris* και *Trichuris*

(β) Κατά την περίοδο της άρδευσης

(γ) Το αυστηρότερο κριτήριο των 200 FC / 100ml πρέπει να εφαρμόζονται σε γκαζόν όπου υπάρχει πρόσβαση κοινού, π.χ. ξενοδοχεία κ.λ.π.

(δ) Στην περίπτωση σπυροφόρων δέντρων, η άρδευση θα πρέπει να σταματά δυο βδομάδες πριν από την συλλογή των φρούτων, και τα φρούτα δεν θα πρέπει να συλλέγονται από το έδαφος. Δεν θα πρέπει επίσης να εφαρμόζεται άρδευση με καταιονισμό.

### 3.4.2.2. Κανονισμός Καλιφόρνιας.

Η πολιτεία της Καλιφόρνιας έχει μακρά ιστορία επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και θεσμοθέτησε τον πρώτο σχετικό κανονισμό το 1918. Ο κανονισμός αυτός έχει υποστεί αναθεωρήσεις και επεκτάσεις και με τη σημερινή του μορφή, όπως διαμορφώθηκε το 1978, αποτελεί τη βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης όχι μόνο στην Καλιφόρνια αλλά και σε άλλες πολιτείες των Η.Π.Α. και χώρες του κόσμου. Τα μικροβιολογικά κριτήρια και τα συνεπαγόμενα σχήματα επεξεργασίας (Πίνακας 3.10), όπως ήδη αναφέρθηκε δεν βασίζονται τόσο σε επιδημιολογικές έρευνες όσο σε μία προσπάθεια ελαχιστοποίησης των θεωρητικών κινδύνων από την

επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Βασική παράμετρος θεωρείται η πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης στα επαναχρησιμοποιούμενα λύματα η οποία καθορίζει και το μέγεθος του κινδύνου. Έμμεσα με τον τρόπο αυτό αναγνωρίζεται η διάκριση σε περιορισμένη και απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση. Κατά την περιορισμένη επαναχρησιμοποίηση για άρδευση μη βρώσιμων καλλιεργειών, ζωοτροφών και υπό όρους οπωροκηπευτικών και αμπελώνων δεν τίθενται μικροβιολογικά όρια και προτείνεται κατ' ελάχιστο η πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων, σε αναλογία με τις αντίστοιχες απαιτήσεις της οδηγίας του Π.Ο.Υ για τις κατηγορίες Β και Γ. Ωστόσο στον κανονισμό της Καλιφόρνιας και για την κατηγορία της περιορισμένης άρδευσης γίνονται περαιτέρω διαφοροποιήσεις που αφορούν βοσκότοπους, επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών, πότισμα γηπέδων, γκολφ, νεκροταφείων κλπ, καθώς και ορισμένες κατηγορίες τεχνητών λιμνών, όπου αναγνωρίζεται μία έστω και σχετικά περιορισμένη πιθανότητα επαφής με παθογόνους μικροοργανισμούς. Στις περιπτώσεις αυτές τα μικροβιολογικά όρια, εκφρασμένα σε οδούς διάμεσων τιμών ολικών κολοβακτηριδίων, κυμαίνονται από 2,2/100 ml έως 23/100 ml και οι προτεινόμενες επεξεργασίες βασίζονται στη βιολογική επεξεργασία με λιγότερο ή περισσότερο έντονη απολύμανση (συνήθως με χλώριο).

Τέλος στην περίπτωση της απεριόριστης επαναχρησιμοποίησης (η οποία περιλαμβάνει και την απεριόριστη άρδευση) κατά την οποία αναγνωρίζεται μεγάλη πιθανότητα άμεσης επαφής με το επαναχρησιμοποιούμενο νερό (είτε μέσω κολύμβησης ή μέσω κατανάλωσης προϊόντων που έχουν έρθει σε επαφή με το νερό άρδευσης), ο κανονισμός απαιτεί λύματα τα οποία πρακτικά είναι απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς με όριο για ολικά κολοβακτηρίδια τα 2,2/100 ml ως διάμεση τιμή και τα 23/100 ml ως μέγιστη τιμή. Εκ πρώτης όψεως τα όρια αυτά δεν φαίνονται να διαφέρουν πολύ από αυτά της αμέσως προηγούμενης κατηγορίας (2,2/100 ml διάμεση τιμή) στην πραγματικότητα όμως το προτεινόμενο σχήμα επεξεργασίας, το οποίο εκτός της βιολογικής επεξεργασίας περιλαμβάνει πλήρη τριτοβάθμια επεξεργασία με κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση υποδηλώνει σαφώς πιο προχωρημένη επεξεργασία η οποία στοχεύει στην απομάκρυνση όλων σχεδόν των ιών.

**Πίνακας 3.10:** Κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων της πολιτείας της Καλιφόρνιας (1978)

<b>Είδος Χρήσης</b>	<b>Μέγιστη Διάμεση Τιμή Ολικών Κολοβακτηριδίων (5)</b>	<b>Απαιτούμενη Επεξεργασία</b>
Ζωοτροφές, μη βρώσιμες καλλιέργειες, άρδευση οπωροκηπευτικών και αμπελώνων (1)		Πρωτοβάθμια
Βοσκότοποι για ζώα που παράγουν γάλα, τεχνητές λίμνες αναψυχής (2), πότισμα γηπέδων γκολφ, νεκροταφείων κ.λ.π.	23/100ml	Οξειδωση και απολύμανση
Επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών (3), τεχνητές λίμνες αναψυχής (2α)	2,2/100ml	Οξειδωση και απολύμανση
Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών με καταιονισμό, πότισμα πάρκων, παιδικών χαρών κ.λ.π. τεχνητές λίμνες αναψυχής(2β)	2,2/100ml και μέγιστη 23/100ml (6)	Οξειδωση και κροκίδωση, καθίζηση (4), διύλιση, απολύμανση

(1) Για τους οπωροκήπους και τους αμπελώνες προϋποτίθεται ότι οι καρποί δεν έχουν έρθει σε επαφή με το νερό άρδευσης ή το χώμα.

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

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

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

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

(4) Η θολότητα του διυλισμένου νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει μία μέση τιμή δυο μονάδων θολότητας κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

(5) Η διάμεση τιμή υπολογίζεται από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων επτά ημερών κατά τις οποίες έχουν γίνει αναλύσεις.

(6) Η μέγιστη τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνεται σε περισσότερα από ένα δείγμα σε οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών.

### 3.4.2.3. Κανονισμός Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος Ηνωμένων Πολιτειών (E.P.A.)

Οι περιορισμοί του E.P.A. είναι πολύ αυστηρότεροι από αυτούς του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας και παρόμοιοι με αυτούς της Πολιτείας της Καλιφόρνια. Ισχύουν για όσες πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών δεν έχουν δικούς τους κανονισμούς για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για άρδευση. Περίληψη των ορίων αυτών παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.11. Για την άρδευση καλλιεργειών, των οποίων οι καρποί τρώγονται χωρίς να μαγειρευτούν, τα FC δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 100 ανά 100 ml (σε σύγκριση με τα όρια του Π.Ο.Υ. που είναι  $\leq 1000$  FC/100ml) και για την άρδευση καλλιεργειών που προορίζονται για εμπορευματοποίηση, ζωοτροφές και άλλα, τα όρια είναι  $\leq 200$  FC/100ml. Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, οι περισσότερες από τις πολιτείες της Αμερικής έχουν προβεί στην σύνταξη δικής τους νομοθεσίας ανάλογα με την οικονομική τους ανάπτυξη και τις υγειονομικές απαιτήσεις τους. Μια γενική άποψη των ορίων αυτών παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.12.

**Πίνακας 3.11:** Κριτήρια επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για άρδευση(προσαρμοσμένα στα προτεινόμενα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση ύδατος<sup>1</sup>(US – EPA, 1992))

Είδος επαναχρησιμοποίησης	Βαθμός επεξεργασίας	Ποιότητα ανακτημένου ύδατος	Παρακολούθηση ανακτημένου ύδατος
<b>Γεωργική</b> Καλλιέργειες τροφίμων (μη εμπορεύσιμων) Επιφανειακή ή με ψεκάσμο άρδευση για κάθε είδους καλλιέργεια περιλαμβανόμενων και των καρπών ή των φυτών που τρώγονται νωπά	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δευτεροβάθμια<sup>2</sup></li> <li>Φίλτραση</li> <li>Απολύμανση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>=10mg/l BOD</li> <li>ανύπαρκτα FC/100ml<sup>3</sup></li> <li>1 mg/l υπολειμματικό χλώριο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BOD – εβδομαδιαία</li> <li>Κολοβακτηρίδια – ημερησίως</li> <li>Υπολ.Χλώριο - Συνεχώς</li> </ul>
<b>Γεωργική</b> Καλλιέργειες τροφίμων (μη εμπορεύσιμων) Επιφανειακή άρδευση οπωροφόρων δέντρων και αμπελώνων	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δευτεροβάθμια<sup>2</sup></li> <li>Απολύμανση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>=30 mg/l BOD</li> <li>=30 mg/l SS</li> <li>=200FC/100ml<sup>4,5</sup></li> <li>1 mg/l υπολ.χλώριο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BOD – εβδομαδιαία</li> <li>SS - ημερησίως</li> <li>Κολοβακτηρίδια – ημερησίως</li> <li>Υπολ.Χλώριο - Συνεχώς</li> </ul>
<b>Γεωργική</b> Καλλιέργειες που δεν προορίζονται για βρώση, βοσκότοποι, ζωτροφές κ.ά.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δευτεροβάθμια<sup>2</sup></li> <li>Απολύμανση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>=30 mg/l BOD</li> <li>=30 mg/l SS</li> <li>=200FC/100ml<sup>4,5</sup></li> <li>1 mg/l υπολ.χλώριο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BOD – εβδομαδιαία</li> <li>SS - ημερησίως</li> <li>Κολοβακτηρίδια – ημερησίως</li> <li>Υπολ.Χλώριο - Συνεχώς</li> </ul>
<b>Αστική</b> Όλα τα είδη της επιφανειακής άρδευσης (π.χ. γήπεδα γκολφ, πάρκα, νεκροταφεία)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δευτεροβάθμια<sup>2</sup></li> <li>Φίλτραση</li> <li>Απολύμανση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>=10mg/l BOD</li> <li>ανύπαρκτα FC/100ml<sup>3</sup></li> <li>1 mg/l υπολειμματικό χλώριο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BOD – εβδομαδιαία</li> <li>Κολοβακτηρίδια – ημερησίως</li> <li>Υπολ.Χλώριο - Συνεχώς</li> </ul>

<sup>1</sup> Αυτά τα κριτήρια έχουν τη βάση τους στην ανάκτηση ύδατος και στις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης στις Ηνωμένες Πολιτείες, και ισχύουν για τις πολιτείες που δεν έχουν αναπτύξει δική τους σχετική νομοθεσία. Ενώ τα όρια μπορεί να φανούν χρήσιμα σε πολλές περιοχές εκτός Η.Π., οι τοπικές συνθήκες είναι πολύ πιθανό να περιορίζουν την εφαρμοσιμότητά τους σε μερικές χώρες.

<sup>2</sup> Η δευτεροβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνει σύστημα ενεργούς ιλύος, φίλτρα, περιστρεφόμενους βιολογικούς αντιδραστήρες και δεξαμενές εξισορρόπησης. Στην εκροή της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας το BOD (Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο) και τα SS(Αιωρούμενα στερεά) δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 30 mg/l.

<sup>3</sup> Ο αριθμός των κοπρινοδών κολοβακτηριδίων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 14/100ml σε κανένα από τα δείγματα.

<sup>4</sup> Ο αριθμός των κοπρινοδών κολοβακτηριδίων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 14/100ml σε κανένα από τα δείγματα.

<sup>5</sup> Ορισμένα συστήματα εξισορρόπησης θα πρέπει να είναι ικανά να διατηρήσουν τα κοπρινώδη κολοβακτηρίδια σε αυτά τα όρια χωρίς την ύπαρξη κάποιου συστήματος απολύμανσης.

**Πίνακας 3.12:** Παραδείγματα μικροβιολογικών κριτηρίων από διάφορες Πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (Cooper and Olivieri, 1998)

Τρόπος έκθεσης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC)/100ml		Κοπρανώδη κολοβακτηρίδια (FC)/100ml		Εντερικοί ιοί/40l	
	n <sup>a</sup>	Εύρος τιμών	n	Εύρος τιμών	n	Εύρος τιμών
Άρδευση με καταιονισμό <sup>b</sup>	4	2-100	3	2,2-200	1	1 <sup>d</sup>
Επιφανειακή άρδευση <sup>b</sup>	2	100	9	10-1000	0	-
Πάρκα και χώροι αναψυχής	8	2,2-100	3	10-100	1	125
Γήπεδα γκολφ και ανοιχτές εκτάσεις <sup>c</sup>	6	2,2-1000	5	0-100	0	-

<sup>a</sup> Αριθμός πολιτειών που αφορούν τα συγκεκριμένα όρια

<sup>b</sup> Περιλαμβάνει άρδευση καλλιεργειών που προορίζονται για βρώση

<sup>c</sup> Περιλαμβάνει νεκροταφεία

<sup>d</sup> Η Αριζόνα είναι η μόνη πολιτεία που έχει όρια για ιοί

#### 3.4.2.4. Κανονισμοί-νομοθεσίες άλλων χωρών

Στο **Ισραήλ** η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση καλλιεργειών βαμβακιού άρχισε από πολύ νωρίς και πιο συγκεκριμένα στην δεκαετία του 1970. Από τότε έχει αποκτηθεί τεράστια εμπειρία και σήμερα όλα σχεδόν τα γεωργικά είδη αρδεύονται με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Εξαιτίας του υψηλού ποσοστού χρήσης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σ' αυτή τη χώρα και της εμπειρίας και τεχνογνωσίας που έχει αποκτηθεί, το Ισραήλ θεωρείται παγκοσμίως πρωτοπόρο σ' αυτό τον τομέα. Γι' αυτό το λόγο, από πολύ νωρίς έχουν θεσπισθεί κανονισμοί επαναχρησιμοποίησης εκροών αστικών υγρών αποβλήτων. Οι κανονισμοί που έχουν θεσπισθεί από το 1995 αναφέρονται στον *Πίνακα 3.13*.



**Πίνακας 3.13:** Κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση εκροών υγρών αποβλήτων για άρδευση στο Ισραήλ.

Παράμετροι	Ομάδα Φυτικών Καλλιεργειών		
	A	B	Γ <sup>α</sup>
BOD <sub>5</sub> (mg / l)	<60	<35	<15
Κολοβακτηρίδια (MPN / 100 ml)	< 250	<12	
Δείκτης βαθμού επεξεργασίας <sup>β</sup>	1	2	3
Είδη φυτών για Άρδευση	Βαμβάκι	Κτηνοτροφικά Φυτά	Ανεξέλεγκτη Άρδευση
	Σακχαρότευτλα		
	Σανοδοτικά	Φιστικιά	
	Σιτηρά	Ελιά - Χουρμαδιά	
		Αμυγδαλιά	
		Εσπεριδοειδή	
		Pecan	
		Άλλα φυτά που καταναλώνονται αποφλοιωμένα	
		Δενδρώδη που αρδεύονται κάτω από την κόμη	
	Διάφορα άλλα ακόμα και λαχανικά που καταναλώνονται μετά από συντήρηση		

<sup>α</sup> Στα 80% των εξετασθέντων δειγμάτων.

<sup>β</sup> Δείκτης επιπέδου = 0, σημαίνει ουδεμία επεξεργασία

Εκτός από το Ισραήλ, που όπως προαναφέρεται πρωτοπορεί σε σχετικά αντικείμενα η επικρατούσα κατάσταση σε άλλες Μεσογειακές Χώρες έχει ως εξής:

Στον Πίνακα 3.14 αναφέρονται τα προσωρινά κριτήρια επεξεργασμένων εκροών υγρών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς που αφορούν τη χώρα της **Κύπρου**. Είναι αυστηρότερα από τις κατευθυντήριες οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) και λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες της Κύπρου. Τα κριτήρια αυτά ακολουθούνται από ένα κώδικα πρακτικής που εξασφαλίζει την καλύτερη δυνατή εφαρμογή των εκροών για άρδευση. Ωστόσο, αυτά τα κριτήρια είναι εκτός από τη φιλοσοφία κανονισμού της Καλιφόρνιας (Paradopoulos, 1995).

Στην **Τυνησία** και στην **Αλγερία**, ο Νόμος Νερού απαγορεύει τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την άρδευση λαχανικών που μπορούν να καταναλωθούν ωμά. Απαιτείται σχετική άδεια χρήσης μη συμβατικών πηγών νερών.

Στην **Αίγυπτο**, δεν έχουν ακόμα υιοθετηθεί οδηγίες αλλά ο στρατιωτικός νόμος του 1984 απαγόρευσε την χρήση εκροών για την άρδευση καλλιεργειών, εκτός αν ήταν επεξεργασμένα σύμφωνα με τα απαιτούμενα ποιοτικά κριτήρια του αρδευτικού νερού. Επίσης, απαγορεύεται η άρδευση λαχανικών που καταναλώνονται ωμά, με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, ανεξάρτητα από την ποιότητα τους.

Στην **Ιορδανία**, τα κριτήρια για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων συστάθηκαν για πρώτη φορά το 1982 υπό μορφή στρατιωτικού νόμου. Το 1989, ενισχύθηκε μία πιο απελευθερωμένη άποψη αυτού του στρατιωτικού νόμου (Αγγελάκης, 2000).

**Πίνακας 3.14:** Ποιοτικά κριτήρια για άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα στην Κύπρο (Μελέτη με θέμα «Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων», 2000)

Άρδευση	BOD (mg / l)	SS (mg / l)	Κοπρανώδη κολοβακτηρ. (MPN / 100ml)	Εντερικοί νηματώδεις (αυγά / l)	Απαιτούμενη επεξεργασία
Όλες οι καλλιέργειες (χωρίς περιορισμούς)	A) 10 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	5 <sup>α</sup> 15 <sup>β</sup>	μηδέν	Δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια και απολύμανση
Περιβάλλοντας χώρος περιοχών απεριόριστης πρόσβασης κοινού	10 <sup>α</sup> 15 <sup>β</sup>	10 <sup>α</sup> 15 <sup>β</sup>	50 <sup>α</sup> 100 <sup>β</sup>	μηδέν	Τριτοβάθμια και απολύμανση
Καλ/γειες για ανθρώπινη κατανάλωση. Περιβάλλοντας χώρος περιοχών απεριόριστης πρόσβασης κοινού	A) 20 <sup>α</sup> 30 <sup>β</sup>	30 <sup>α</sup> 45 <sup>β</sup>	200 <sup>α</sup> 1000 <sup>β</sup>	μηδέν	Δευτεροβάθμια, αποθήκευση >1 εβδομάδας και απολύμανση ή τριτοβάθμια και απολύμανση Συνολικός χρόνος κράτησης λιμνών σταθεροποίησης ωρίμανσης > 30 ημερών ή δευτεροβάθμια και αποθήκευση > 30 ημερών
	B) -	-	200 <sup>α</sup> 1000 <sup>β</sup>	μηδέν	
Σανοδοτικές καλ/γειες	A) 20 <sup>3</sup> 30 <sup>β</sup>	30 <sup>α</sup> 45 <sup>β</sup>	1000 <sup>α</sup> 5000 <sup>β</sup>	μηδέν	Δευτεροβάθμια και αποθήκευση > 1 εβδομάδας ή τριτοβάθμια και απολύμανση Συνολικός χρόνος κράτησης λιμνών σταθεροποίησης ωρίμανσης > 30 ημερών ή δευτεροβάθμια και αποθήκευση > 30 ημερών
	B) -	-	1000 <sup>α</sup>	μηδέν	
Βιομηχανικές καλ/γειες	A) 50 <sup>α</sup> 70 <sup>β</sup>	-	3000 <sup>α</sup> 10000 <sup>β</sup>	-	Δευτεροβάθμια και απολύμανση Συνολικός χρόνος κράτησης λιμνών σταθεροποίησης ωρίμανσης > 30 ημερών ή δευτεροβάθμια και αποθήκευση > 30 ημερών
	B) -	-	3000 <sup>α</sup> 10000 <sup>β</sup>	-	

A: Με μηχανικά συστήματα επεξεργασίας

B: Με λίμνες σταθεροποίησης

<sup>α</sup> Οι τιμές αυτές δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες στο 80 % των δειγμάτων κατά μήνα

<sup>β</sup> Επιτρεπόμενη μέγιστη τιμή

Σημείωση: Δεν πρέπει να παρατηρούνται συστατικά που συσσωρεύονται αθροιστικά στα βρώσιμα μέρη των φυτών και έχουν αποδειχθεί τοξικά στον άνθρωπο ή τα ζώα.

Στον Πίνακα 3.15 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για απεριόριστη άρδευση σε διάφορα μέρη του κόσμου συμπεριλαμβανομένων και αυτών που προαναφέρθηκαν. Τέτοια κριτήρια θα πρέπει να υιοθετηθούν από διάφορους οργανισμούς όπως οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης Αποχέτευσης (Δ.Ε.Υ.Α.), οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α), οι Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις (Ν.Α.), οι Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (Τ.Ο.Ε.Β.), οι Γενικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (Γ.Ο.Ε.Β.) και φυσικά η Πολιτεία, που εμπλέκονται στην επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και / ή στην διαχείριση των υδατικών πόρων (Τσαγκαράκης και άλλοι, 2003).

**Πίνακας 3.15: Κριτήρια ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση ανακυκλωμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση χωρίς περιορισμούς.**

<b>Οργανισμός ή Πολιτεία ή Χώρα</b>	<b>Τύπος</b>	<b>Απαιτούμενη ποιότητα σε σχέση με την δημόσια υγεία</b>
US EPA	Οδηγίες	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 14MPN/100ml σε οποιοδήποτε δείγμα, το οποίο ουσιαστικά σημαίνει ότι είναι μη ανιχνεύσιμα. Εφαρμόζεται δευτεροβάθμια επεξεργασία ακολουθούμενη από φιλτράρισμα (με προηγούμενη προσθήκη θρομβωτικού και / ή πολυμερούς) και απολύμανση.
Αριζόνα, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2,2/100ml (διάμεσος) και 25/100ml (σε οποιοδήποτε δείγμα).
Καλιφόρνια, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2,2MPN/100ml (διάμεσος 7 ημερών) και τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια 23 MPN/100ml σε οποιοδήποτε δείγμα. Απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία ακολουθούμενη από φιλτράρισμα και απολύμανση. Ο κανονισμός αυτός έχει πρόσφατα αναθεωρηθεί σε ορισμένους παραμέτρους.
Κολοράντο, ΗΠΑ	Οδηγίες	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν 2,2/100ml (διάμεσος). Οι χρησιμοποιούμενες εκροές πρέπει να οξειδώνονται, θρομβώνονται, διαχωρίζονται, φιλτράρονται και απολυμαίνονται.
Φλόριδα, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 25/100ml στη διάρκεια περιόδου 30 ημερών στο 75% των δειγμάτων. Απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία με φιλτράρισμα και απολύμανση υψηλού επιπέδου. Επίσης, απαιτούνται συγκεντρώσεις των 20mg/L COD (ετήσιος μέσος) και 5mg/L TSS (σε ένα τουλάχιστον δείγμα) στην εκροή.
Γεωργία, ΗΠΑ	Οδηγίες	Τα επίπεδα κοπρανωδών κολοβακτηριδίων δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 30/100ml. Απαιτείται βιολογική επεξεργασία (30mg BOD <sub>5</sub> /L και 30 mg TSS/L).
Αϊντάχο, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν 2,2/100ml (μέσος). Οι χρησιμοποιούμενες εκροές να οξειδώνονται, θρομβώνονται, διαχωρίζονται, φιλτράρονται και απολυμαίνονται.
Ιλινοίς, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Η ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία είναι: σύστημα τεχνητών λιμνών (τουλάχιστον δυο διαδοχικών λιμνών) με φιλτράρισμα άμμου και απολύμανση ή μηχανική δευτεροβάθμια επεξεργασία με απολύμανση.
Ιντιάνα, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 1.000/100 ml (διάμεσος) και τα 2.000/100 ml (σε οποιαδήποτε δείγμα). Απαιτείται απολύμανση εάν τα όρια υπερβαίνονται.
Μίσιγκαν, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα απαιτούμενα ποιοτικά κριτήρια ελέγχονται από την Επιτροπή Υδατικών Πόρων του Μίσιγκαν, που έχει εκδώσει έγγραφες άδειες NPDES (Εθνική Επιτροπή Αντιμετώπισης Ρύπανσης Περιβάλλοντος).
Β.Καρολίνα, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία (5 mg TSS/L, μηνιαίος μέσος και 10 mg TSS/L, μέγιστες ημερήσιες τιμές).
Νεμπράσκα, ΗΠΑ	Οδηγίες	Απαιτείται βιολογική επεξεργασία και απολύμανση πριν την εφαρμογή.
Νέο Μεξικό, ΗΠΑ	Οδηγίες	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 1000/100 ml. Απαιτείται επιπρόσθετη επεξεργασία με απολύμανση.
Όρεγκον, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2,2/100 ml (διάμεσος) και τα 23/100 ml (σε ένα τουλάχιστον δείγμα). Απαιτείται βιολογική επεξεργασία περιλαμβανοντας θρόμβωση, φιλτράρισμα και απολύμανση.
Τέξας, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 75/100 ml. Απαιτείται ελάχιστη επεξεργασία για την συγκέντρωση 30 mg/L και 10 mg/L BOD <sub>5</sub> με σύστημα λιμνών και άλλο ισοδύναμο, αντίστοιχα.
Γιούτα, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2.000 και 200/100 ml (μέσος όρος 30d) αντίστοιχα. Η ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία είναι η δευτεροβάθμια με συγκεντρώσεις των 25 mg/L BOD <sub>5</sub> και TSS (μέσος όρος 30d).
Ουάσιγκτον, ΗΠΑ	Οδηγίες	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2,2/100 ml (μέσος) και 24/100 ml (μόνο μέσο δείγμα). Η ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία είναι η δευτεροβάθμια συμπεριλαμβανομένης της φίλτρασης.
Δυτική Βιρτζίνια, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Η ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία είναι η δευτεροβάθμια με απολύμανση και συγκεντρώσεις BOD <sub>5</sub> και TSS 30 mg/L.
Γουαϊόμινγκ, ΗΠΑ	Κανονισμοί	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 200/100 ml. Η συγκέντρωση BOD <sub>5</sub> στην εκροή δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 10 mg/L (ημερησίως).
Καναδάς, Αλβέρτα	Κανονισμοί	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν υπερβαίνουν τα 1000 γεωμετρικός μέσος/100 ml και τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια να μην υπερβαίνουν τα 200 γεωμετρικός μέσος /100 ml, σε περισσότερο από το 20% των δειγμάτων. Επίσης, τα ολικά κολοβακτηρίδια να μην υπερβαίνουν 2.400 γεωμετρικός μέσος/100 ml σε οποιαδήποτε δεδομένη μέρα, για λαχανικά που πρόκειται να αρδευτούν.

<b>Οργανισμός ή Πολιτεία ή Χώρα</b>	<b>Τύπος</b>	<b>Απαιτούμενη ποιότητα σε σχέση με την δημόσια υγεία</b>
Κύπρος (1997)	Προσωρινά επίπεδα	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια να μην υπερβαίνουν τα 50 cfu/100 ml και 100/100 ml στο 80% των δειγμάτων ανά μήνα ως μια μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, αντίστοιχα. Επίσης, οι εντερικοί νηματούδες να μην είναι > 1 αυγό/L. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί τριτοβάθμια επεξεργασία ακολουθούμενη από απολύμανση.
Γαλλία (1991)	Οδηγίες	Αυτές του WHO με πρόσθετους κανονισμούς για τις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης.
Ισραήλ (1978)	Κανονισμοί	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2,2 και 12 MPN/100 ml στο 50% και 80% των δειγμάτων, αντίστοιχα. Δευτεροβάθμια επεξεργασία ή ισοδύναμη (όπως διαδικασία μακράς αποθήκευσης) ακολουθούμενη από απολύμανση.
Ιαπωνία	Κριτήρια	Τα ολικά κολοβακτηρίδια και το BOD <sub>5</sub> δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 50 count/100 ml και 20 mg/L, αντίστοιχα.
Ιορδανία	Κανονισμοί	Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια πρέπει να είναι < 200/ml και ο πληθυσμός των νηματούδων < 1 αυγό/L για επαναχρησιμοποίηση σε δημόσιους χώρους. Προτεινόμενες συγκεντρώσεις κοπρωδών κολοβακτηριδίων 1000 MPN/100ml (για χωρίς περιορισμούς άρδευση) και BOD <sub>5</sub> 50 mg/L (για δημόσια πάρκα και εμπλουτισμού υδροφορέων). Μόνο οπωροφόρα, δασικά δένδρα και κτηνοτροφικές καλλιέργειες μπορούν να αρδευτούν. Η παρουσία υπολειμματικού χλωρίου στα υγρά απόβλητα θεωρείται απαραίτητη.
Κουβέιτ	Κριτήρια	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 100 count/100 ml. Το απαιτούμενο επίπεδο επεξεργασίας για τις συγκεντρώσεις των BOD <sub>5</sub> και TSS στην εκροή να μην υπερβαίνουν τα 10 mg/L.
NSW, Αυστραλία	Οδηγίες	Τα θερμοανθεκτικά κοπρανώδη κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 10/100 ml (διάμεσος). Ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία είναι η δευτεροβάθμια και φίλτραση με (2 NTU στην εκροή).
Σαουδική Αραβία	Κανονισμοί	Τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2,2 count/100 ml. Οι συγκεντρώσεις των BOD <sub>5</sub> και TSS στην εκροή δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 10 mg/L.
Νότια Αφρική	Οδηγίες	Η μέγιστη συγκέντρωση κοπρωδών κολοβακτηριδίων θα πρέπει να είναι 0 count/100 ml. Επίσης, το ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο επεξεργασίας είναι η καθιερωμένη πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια.
Τυνησία (1975)	Κανονισμοί και / ή Νόμος	Οι εντερικοί νηματούδες θα πρέπει να είναι ≤ 1 αυγό/L. Η ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία είναι λίμνες σταθεροποίησης ή ισοδύναμη.
Βικτώρια, Αυστραλία	Οδηγίες NSW	Για άρδευση χωρίς περιορισμούς χρήσης τα παρακάτω κριτήρια συνιστώνται: pH=6,5-8,0, BOD <sub>5</sub> <10 mg/L, ολικά κολοβακτηρίδια < 1 cfu/100 ml, ιοί < 1 org./50 ml, παράσιτα < 1 org./10L, υπολειμματικό Cl >1 mg/L (μετά από 30 min επαφής ή ισοδύναμης απολύμανσης). Εφαρμόζονται διαδικασίες προωθημένης επεξεργασίας, όπου απαιτείται υψηλής ποιότητας ανακτώμενου νερού για χρήσεις όπως είναι η άρδευση.
WHO (1989)	Οδηγίες	Οι εκροές θα πρέπει να έχουν λιγότερο από 200/100ml κοπρανώδη κολοβακτηρίδια και ≤ 1 αυγό/L εντερικούς νηματούδες, για άρδευση χωρίς περιορισμούς χρήσης. Θα πρέπει να εφαρμόζεται πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία, ακολουθούμενη από φιλτράρισμα ή διαύγαση και απολύμανση.

### 3.4.2.3. Συναξιολόγηση των κανονισμών

Στο σημείο αυτό γίνεται συναξιολόγηση των σημαντικότερων κανονισμών που υπάρχουν, σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για άρδευση. Η συναξιολόγηση αφορά σε δύο μόνο κανονισμούς και συγκεκριμένα σε αυτόν του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας και αυτόν της Πολιτείας της Καλιφόρνια, γιατί όλοι οι υπόλοιποι έχουν στηριχτεί σε αυτούς και κατά περίπτωση έχουν προσαρμόσει ορισμένα από τα όρια στις εκάστοτε ανάγκες τους.

1. Ο κανονισμός της Καλιφόρνιας θέτει εν γένει αυστηρότερα κριτήρια σε σύγκριση με την οδηγία του Π.Ο.Υ. θα πρέπει πάντως να επισημανθεί ότι ο κανονισμός αυτός δεν είναι ο αυστηρότερος που υπάρχει καθώς, σύμφωνα με κανονισμούς άλλων πολιτειών όπως π.χ. της Φλώριδας ή χωρών όπως π.χ. της Ν. Αφρικής, δεν επιτρέπεται, ανεξαρτήτως επεξεργασίας, η άρδευση με λύματα ορισμένων καλλιεργειών των οποίων οι καρποί καταναλώνονται ωμοί (π.χ. κηπευτικά).

2. Η οδηγία του Π.Ο.Υ. επικεντρώνεται περισσότερο στην άρδευση ενώ ο κανονισμός της Καλιφόρνιας αντιμετωπίζει ευρύτερα το θέμα της επαναχρησιμοποίησης με έμφαση και στην επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για πότισμα χώρων αναψυχής ή δημιουργία τεχνητών λιμνών αναψυχής.

3. Στην οδηγία του Π.Ο.Υ. γίνεται ένας αδρότερος διαχωρισμός μεταξύ δύο βασικών κατηγοριών άρδευσης, της περιορισμένης και της απεριόριστης ενώ στον κανονισμό της Καλιφόρνιας η περιορισμένη άρδευση διαιρείται σε περισσότερες υποκατηγορίες.

4. Ο κανονισμός της Καλιφόρνιας στηρίζεται κυρίως στην προχωρημένη επεξεργασία των λυμάτων (βιολογική επεξεργασία με ή χωρίς τριτοβάθμιο στάδιο) ενώ η οδηγία του Π.Ο.Υ. στηρίζεται σε ένα συνδυασμό επεξεργασίας λυμάτων και μέτρων αποφυγής ανθρώπινης έκθεσης στο επαναχρησιμοποιούμενο νερό. Σε ότι αφορά δε τις μεθόδους επεξεργασίας γίνεται φανερό ότι η οδηγία του Π.Ο.Υ. περιορίζεται σε απλές και μη δαπανηρές μεθόδους με προφανή επιδίωξη, κατά την επιλογή των μεθόδων, τη δυνατότητα εφαρμογής τους στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου.

5. Οι απαιτήσεις των δύο κανονισμών διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό στην περίπτωση της απεριόριστης άρδευσης όπου ο κανονισμός της Καλιφόρνιας είναι πολύ πιο αυστηρός τόσο ως προς τα μικροβιολογικά όρια όσο και ως προς την απαιτούμενη επεξεργασία των λυμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σημείο αυτό, η οδηγία του Π.Ο.Υ. έχει υποστεί έντονη κριτική από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα.

Ειδικότερα, από τη σύγκριση των δύο κανονισμών, είναι δυνατό να διατυπωθούν οι ακόλουθες παρατηρήσεις και σκέψεις.

Με τις αυξανόμενες ανάγκες σε αρδευτικό νερό και την εξάντληση των οικονομικότερα εκμεταλλεύσιμων φυσικών πηγών, πολλές λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, ιδίως αυτές με εποχιακή ή εμμένουσα ξηρασία, αναγκάζονται να χρησιμοποιήσουν λύματα για αρδευτικούς σκοπούς, συχνά χωρίς καμία προηγούμενη επεξεργασία. Εν όψει αυτής της πρακτικής και των κινδύνων που εγκυμονεί, ο Π.Ο.Υ. προσπαθεί με την οδηγία του να μειώσει τους κινδύνους σε αποδεκτά επίπεδα με μέτρα τα οποία να μην είναι οικονομικά δυσβάστακτα από τις περιορισμένων δυνατοτήτων οικονομίες των χωρών αυτών. Με το σκεπτικό αυτό προτείνει το μέτρο της διάκρισης μεταξύ περιορισμένης και απεριόριστης άρδευσης δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για μία οικονομικά εφικτή επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για περιορισμένη άρδευση, η οποία, με βάση τουλάχιστον τις επιδημιολογικές έρευνες, μπορεί να θεωρηθεί ως υγειονομικά ασφαλής. Η διάκριση πάντως αυτή δεν στερείται μειονεκτημάτων. Ένα σοβαρό μειονέκτημα αποτελεί η υποχρέωση του γεωργού να εφαρμόζει ορισμένες μόνον καλλιέργειες, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα για τη βέλτιστη γεωργική εκμετάλλευση. Ένα δεύτερο, ίσως σημαντικότερο, μειονέκτημα αποτελεί η αναγκαιότητα διασφάλισης ότι στην αρδευόμενη περιοχή δε θα πραγματοποιείται παράνομη άρδευση καλλιεργειών με καρπούς που τρώγονται ωμοί. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι η τήρηση των απαιτούμενων, για μια τέτοια διασφάλιση, όρων άρδευσης συχνά δεν είναι εύκολη καθώς εξαρτάται από ποικίλους κοινωνικο-πολιτικούς, θεσμικούς και οικονομικούς παράγοντες που διαφέρουν από χώρα σε χώρα αλλά και από περιοχή σε περιοχή (ύπαρξη και αποτελεσματική δράση θεσμοθετημένων οργάνων ελέγχου, τρόπος διανομής του αρδευτικού νερού, χωροθέτηση των καλλιεργειών κλπ). Τέλος, δε θα πρέπει να παραβλέπεται η συχνά παρατηρούμενη απροθυμία των γεωργών να χρησιμοποιήσουν μερικώς επεξεργασμένα λύματα, ακόμα και για περιορισμένη άρδευση, ιδίως όταν τα προϊόντα τους διοχετεύονται στη διεθνή αγορά όπου υφίστανται τον ανταγωνισμό παρόμοιων προϊόντων από παραγωγούς άλλων χωρών

οι οποίοι έχουν ενδεχομένως χρησιμοποιήσει νερό άρδευσης καλύτερης ποιότητας. Οι αδυναμίες αυτές έχουν οδηγήσει πολλούς στη διατύπωση της άποψης ότι ο διαχωρισμός της άρδευσης σε περιορισμένη και απεριόριστη, με διαφορετικά ποιοτικά κριτήρια για την κάθε περίπτωση, αν και μεθοδολογικά σωστός, δεν είναι αποτελεσματικός στην πράξη και κατά συνέπεια η απαιτούμενη ποιότητα των επαναχρησιμοποιούμενων λυμάτων είναι σκόπιμο να είναι ενιαία και κατάλληλη για απεριόριστη άρδευση. Φαίνεται δε ότι και ο Π.Ο.Υ. συμμερίζεται, εν μέρει τουλάχιστον, την άποψη αυτή όπως προκύπτει από τον τρόπο που αντιμετωπίζει στην οδηγία του τα κριτήρια για την χωρίς περιορισμούς άρδευση.

Στην περίπτωση της απεριόριστης άρδευσης η οδηγία του Π.Ο.Υ. έχει υποστεί την εντονότερη κριτική και αμφισβήτηση, λόγω της σημαντικής διαφοροποίησης των τιθεμένων κριτηρίων σε σύγκριση όχι μόνο με άλλους κανονισμούς αλλά και με προγενέστερα κριτήρια του Π.Ο.Υ. Σε προγενέστερη οδηγία του ο Π.Ο.Υ. απαιτούσε την εξασφάλιση συγκέντρωσης μικρότερης των 100 FC/100 ml για την περίπτωση της απεριόριστης άρδευσης, όριο που οδηγούσε στην αναγκαιότητα εφαρμογής βιολογικής επεξεργασίας και απολύμανσης των λυμάτων. Διαπιστώνοντας την αδυναμία πολλών χωρών να εφαρμόσουν μία τέτοια επεξεργασία και αναγνωρίζοντας τα προαναφερθέντα προβλήματα της διάκρισης σε περιορισμένη και απεριόριστη άρδευση, ο Π.Ο.Υ. το 1989 συναξιολογώντας επιδημιολογικές έρευνες και απόψεις ειδικών που είχαν διατυπωθεί από το 1985, αποφάσισε την αναθεώρηση των κριτηρίων και την υιοθέτηση του λιγότερου αυστηρού ορίου των 1000 FC/100 ml. Η αναθεώρηση αυτή και η επιλογή του συγκεκριμένου ορίου έχουν αποτελέσει αντικείμενα έντονων αμφισβητήσεων. Από εκτιμήσεις ορισμένων ερευνητών προκύπτει το συμπέρασμα ότι, από επιδημιολογική άποψη, τόσο στην περίπτωση του ορίου των 1000 FC/100 ml όσο και στις περιπτώσεις αυστηρότερων ορίων π.χ. 100 FC/100 ml ή 2 FC/100 ml ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών παραμένει μικρός με πιθανότητες οι οποίες δε διαφοροποιούνται τόσο ώστε να μπορούν να παρατηρηθούν εύκολα στην πράξη. Η επιλογή του συγκεκριμένου ορίου των 1000 FC/100 ml ωστόσο φαίνεται ότι δεν προέκυψε από θεωρήσεις συγκεκριμένων αποδεκτών κινδύνων αλλά με βάση τη συλλογιστική ότι η τήρηση αυτού του ορίου είναι δυνατό να επιτευχθεί με εφαρμογή ενός τεχνολογικά απλού συστήματος επεξεργασίας αποτελούμενου από λίμνες σταθεροποίησης και λίμνες οξειδωσης-ωρίμανσης. Δεν είναι επομένως τελείως αβάσιμος ο ισχυρισμός ότι με τα κριτήρια του ο Π.Ο.Υ. "πριμοδοτεί" την επεξεργασία με το απλό σύστημα των λιμνών, χωρίς βέβαια να αμφισβητούνται οι καλές του προθέσεις που στοχεύουν στο να καταστήσουν την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων ευρύτερα εφικτή.

Το σκεπτικό που διέπει τους αυστηρότερους κανονισμούς, όπως π.χ. αυτόν της Καλιφόρνιας, είναι αρκετά διαφορετικό και αντανακλά ένα διαφορετικό κοινωνικοπολιτικό και οικονομικό υπόβαθρο. Οι εγγενείς ασάφειες των επιδημιολογικών θεωρήσεων αντιμετωπίζονται με συντηρητικό τρόπο και με πρόθεση ελαχιστοποίησης ή και μηδενισμού των οποιονδήποτε, έστω και θεωρητικών, κινδύνων. Δίνεται μεγαλύτερη σημασία στην αίσθηση ασφάλειας ή ανασφάλειας που μπορεί να δημιουργηθεί σε έναν πληθυσμό, με κατά τεκμήριο μεγαλύτερη οικολογική ευαισθητοποίηση, που ζει κάτω από υγειονομικά ασφαλείς συνθήκες. Λαμβάνονται σοβαρότερα υπόψη οι ενδεχόμενες επιπτώσεις στην εμπορική και ανταγωνιστική αξία των αγροτικών προϊόντων. Τέλος καθοριστική σημασία έχει το γεγονός ότι οι οικονομικές επιβαρύνσεις που απαιτούνται για την τήρηση αυστηρών κριτηρίων άρδευσης δε θεωρούνται μεγάλες τόσο σε απόλυτα όσο και σε σχετικά μεγέθη. Σε απόλυτα μεγέθη η επιβάρυνση δεν είναι μεγάλη καθώς κατά κανόνα η βιολογική επεξεργασία εφαρμόζεται ούτως ή άλλως για

περιβαλλοντικούς λόγους και έτσι το μεγαλύτερο μέρος της δαπάνης έχει πραγματοποιηθεί ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις της επαναχρησιμοποίησης. Σε σχετικά μεγέθη η επιβάρυνση γίνεται ακόμα μικρότερη αν ληφθεί υπόψη η οικονομική ευρωστία και το υψηλό βιοτικό επίπεδο του πληθυσμού των αναπτυσσόμενων χωρών. Κατά συνέπεια, δεν είναι περίεργο το ότι η βιολογική επεξεργασία με απολύμανση συνιστάται ως η κανονικώς ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία στις περισσότερες περιπτώσεις περιορισμένης άρδευσης, ενώ η επίτευξη της πρακτικά πλήρους απαλλαγής από παθογόνους μικροοργανισμούς, μέσω τριτοβάθμιας επεξεργασίας, δεν θεωρείται ως ανεδαφικός στόχος για την απεριόριστη άρδευση. Υπό το φως των θεωρήσεων αυτών μπορούν να γίνουν κατανοητές και ορισμένες από τις αυστηρότερες κριτικές της οδηγίας του Π.Ο.Υ. σύμφωνα με τις οποίες η οδηγία αυτή, παρά τις καλές της προθέσεις, δεν παύει να αποτελεί έναν κανονισμό προορισμένο για "πληβείους" (Ανδρεαδάκης, 2001).

### **3.4.3. Άλλα Περιβαλλοντικά Κριτήρια**

Εκτός των μικροβιολογικών κριτηρίων, στα οποία οι κανονισμοί δίνουν τη μεγαλύτερη έμφαση, δε θα πρέπει να αμελούνται και άλλες σημαντικές προϋποθέσεις οι οποίες εξασφαλίζουν την εφαρμογή της άρδευσης με λύματα κατά τρόπο που δεν επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις στο έδαφος, τις καλλιέργειες και το περιβάλλον. Τα κυριότερα από τα κριτήρια αυτά είναι τα ακόλουθα:

#### Υδραυλικό ισοζύγιο

Η ταχύτητα εφαρμογής των λυμάτων προκύπτει από τη μελέτη του υδατικού ισοζυγίου. Για να μην πραγματοποιείται επιφανειακή απορροή λυμάτων ισχύει για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο:

$$q = E + \Delta - K$$

όπου:

$q$  = μέγιστη δυνατή ταχύτητα εφαρμογής λυμάτων (παροχή/επιφ.)

$E$  = ταχύτητα εξατμισοδιαπνοής

$\Delta$  = ταχύτητα βαθείας διήθησης

$K$  = ταχύτητα βροχοπτώσεων και άλλων ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων.

Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από τους κλιματικούς παράγοντες και το είδος των καλλιεργειών ενώ η διήθηση εξαρτάται από τη διαπερατότητα του εδάφους αλλά και από τον τρόπο εφαρμογής του αρδευτικού νερού. Η υδραυλική υπερφόρτιση του εδάφους, πέρα από το πρόβλημα των επιφανειακών απορροών, συντελεί στην ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες των λυμάτων, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση οργανικής ύλης στο έδαφος και δημιουργία ανεπιθύμητων καταστάσεων (π.χ. οσμές, έμφραξη των πόρων του εδάφους).

#### Οργανικές ουσίες

Το έδαφος αποτελεί, γενικά, ένα καλό φυσικό, βιολογικό αντιδραστήρα στον οποίο πραγματοποιείται συγκράτηση των οργανικών ουσιών κατά τη διέλευση των λυμάτων από αυτό και στη συνέχεια σχετικά ταχεία βιολογική διάσπαση τους. Η ταχύτητα εφαρμογής των λυμάτων δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από εκείνη που αντιστοιχεί στη μέγιστη οργανική φόρτιση που μπορεί να δεχτεί το έδαφος.

Από τα λίγα διαθέσιμα στοιχεία φαίνεται ότι για καλά στραγγιζόμενα εδάφη η μέγιστη επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση σε όρους BOD<sub>5</sub> δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,5 - 1,0 kg BOD<sub>5</sub> / m<sup>2</sup> / έτος.

### Αζωτο

Το άζωτο είναι ένα στοιχείο που θα πρέπει να απομακρυνθεί κατά την εδαφική διάθεση έτσι ώστε να μην περιέλθει στα υπόγεια ύδατα, και η ταχύτητα απομάκρυνσης του αζώτου είναι εκείνη που συνήθως καθορίζει την ταχύτητα διάθεσης των λυμάτων στο έδαφος.

Το άζωτο που φθάνει στον υπόγειο ορίζοντα δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα και κίνδυνο για την υγεία. Για το λόγο αυτό πρέπει να απομακρυνθεί κατά την διέλευση των λυμάτων μέσα από το έδαφος. Οι βασικότεροι τρόποι απομάκρυνσης του είναι: α) Χρησιμοποίηση του από τα φυτά, β) Εξαέρωση με τη μορφή της αμμωνίας, γ) Εξαέρωση με τη μορφή ελεύθερου αζώτου, μετά από απονιτροποίηση.

### Φωσφόρος

Κατά τη διέλευση των λυμάτων από το έδαφος η συγκράτηση του φωσφόρου βασίζεται κυρίως στη δημιουργία σχετικά αδιάλυτων φωσφορικών ενώσεων αλουμινίου, σιδήρου και ασβεστίου οι οποίες προσροφούνται στο έδαφος, ενώ μία ποσότητα φωσφόρου προσλαμβάνεται από τα φυτά. Συσσωρευση φωσφόρου στο έδαφος και διοχέτευση του στα υπόγεια ύδατα παρατηρείται όταν ο εισερχόμενος στο έδαφος φωσφόρος πλεονάζει σε σχέση με την αφομοιωτική ικανότητα των φυτών. Κατά κανόνα το κριτήριο του φωσφόρου δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την εφαρμογή δημοτικών λυμάτων στο έδαφος.

### Μέταλλα

Μία ευρεία κατηγορία μετάλλων και κυρίως τα Zn, Pb, Cu, Ni, Cd έχουν ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο γιατί μπορεί να είναι τοξικά για τα φυτά αλλά και γιατί είναι δυνατό να συσσωρευθούν στο έδαφος, να προσληφθούν από τα φυτά και να γίνουν τοξικά για τους καταναλωτικούς οργανισμούς. Μερικά στοιχεία και κύρια το βόριο δε συγκρατούνται από το έδαφος και υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος να ρυπάνουν τα υπόγεια ύδατα.

Όταν κατά την επεξεργασία των αποβλήτων πραγματοποιείται διαχωρισμός στερεών, τα βαριά μέταλλα συγκεντρώνονται κυρίως στην ιλύ και συνεπώς το πρόβλημα της τοξικότητας γίνεται ιδιαίτερα σοβαρό κατά τη διάθεση των ιλύων. Εν τούτοις ένα διαλυμένο τμήμα μπορεί να επιβαρύνει και το υγρό προϊόν καθαρισμού.

### Τοξικότητα ιόντων

Σε ορισμένα φυτά παρατηρείται φυτοτοξικότητά από συγκεκριμένα ιόντα και κυρίως από χλωροϊόντα, βόριο και νάτριο. Τα χλωροϊόντα συναντώνται στα περισσότερα νερά. Δεν είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των καλλιεργειών και σε αυξημένες συγκεντρώσεις προκαλούν ανωμαλίες στην ανάπτυξη και καταστροφή του φυλλώματος. Η τοξικότητα των χλωροϊόντων είναι εντονότερη στις περιπτώσεις άρδευσης με καταιονισμό και συνιστάται οι συγκεντρώσεις να μην υπερβαίνουν τα 100 mg/l. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μέχρι 300 mg/l δε δημιουργούν σοβαρά προβλήματα κατά την επιφανειακή άρδευση. Αντίστοιχη φυτοτοξικότητά παρατηρείται, και με το νάτριο αλλά μόνο για άρδευση με καταιονισμό, οπότε οι συγκεντρώσεις καλό θα είναι να μην υπερβαίνουν τα 70 mg/l. Στην περίπτωση της



επιφανειακής άρδευσης δεν παρατηρείται πρόβλημα φυτοτοξικότητας και η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων νατρίου μπορεί να επιδράσει μόνο στη διαπερατότητα του εδάφους. Τέλος για να αποφευχθούν φαινόμενα φυτοτοξικότητας λόγω παρουσίας βορίου (από βιομηχανικά απόβλητα ή χρήση απορρυπαντικών) συνιστώνται συγκεντρώσεις μικρότερες από 0.7 mg/l ενώ μπορεί να γίνουν ανεκτές συγκεντρώσεις μέχρι 3 mg/l.

### Αλατότητα

Οι συγκεντρώσεις αλάτων στα λύματα είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις του φυσικού νερού και αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα κατά την άρδευση, ιδίως όταν η διοχετευτικότητα του εδάφους είναι μικρή και η εξατμισοδιαπνοή αυξημένη. Μεγαλύτερη ευπάθεια παρατηρείται σε οπωροφόρα δένδρα και μικρότερη σε βοσκότοπους και λιβάδια. Η αύξηση της συγκέντρωσης-αλάτων στην περιοχή των ριζών δυσχεραίνει την πρόσληψη νερού από το ριζικό σύστημα με συνέπεια την προοδευτική μείωση της ανάπτυξης των καλλιεργειών. Οι οριακές συγκεντρώσεις εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας, το είδος του εδάφους, τις κλιματολογικές συνθήκες και την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου νερού. Αποτελεσματικά μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος της αλατότητας αποτελούν η κατασκευή καταλλήλων δικτύων στράγγισης για την αύξηση της διοχετευτικότητας του εδάφους καθώς και η συχνότερη άρδευση των καλλιεργειών για την απόπλυση των αλάτων. Η συγκέντρωση των αλάτων μετρείται σε όρους ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ολικών διαλυμένων στερεών με οριακές τιμές για την αποφυγή σοβαρών προβλημάτων τα 3 mmho/cm και 200 mg/l αντίστοιχα.

### Διαπερατότητα

Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων νατρίου, εκτός της άμεσης φυτοτοξικής επίδρασης, μπορεί να αλλοιώσει τη σύσταση του εδάφους (ιδίως των λεπτοκόκκων εδαφών με σημαντικό ποσοστό αργίλου) και να μειώσει σοβαρά τη διαπερατότητα του. Για την εκτίμηση του κινδύνου εμφράξεως του εδάφους χρησιμοποιείται συνήθως το μέγεθος SAR (Soil Adsorption Ratio) το οποίο ορίζεται ως εξής:

$$SAR = Na \cdot [(Ca + Mg) / 2]^{-1/2}$$

όπου οι συγκεντρώσεις Na, Ca και Mg αφορούν τα λύματα και εκφράζονται σε mg/l.

Η πιθανότητα εμφάνισης υψηλών τιμών του δείκτη SAR είναι μικρή, στις περισσότερες περιπτώσεις λυμάτων, καθώς οι συγκεντρώσεις νατρίου είναι συνήθως μικρές και συνοδεύονται από επαρκείς συγκεντρώσεις ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου. Πρόβλημα μπορεί να δημιουργηθεί σε ιδιόζουσες περιπτώσεις, συνήθως λόγω ιδιαίτερα αυξημένων συγκεντρώσεων νατρίου που μπορεί να προέρχονται από ορισμένα γεωργικά ή βιομηχανικά απόβλητα ή από την διείσδυση σημαντικών ποσοτήτων θαλασσινού νερού στο δίκτυο αποχέτευσης.

**Πίνακας 3.16:** Οδηγίες για την εκτίμηση της καταλληλότητας του νερού άρδευσης σε σχέση με συγκεντρώσεις και τιμές χαρακτηριστικών χημικών παραμέτρων (Ayers R.S. & Westcot D.W., 1985)

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Επιπτώσεις		
	Καμία	Όχι σημαντικές	Σοβαρές
<b>Αλατότητα</b>			
Ηλεκτρική αγωγιμότητα EC <sub>w</sub> dS/m	<0.7	0.7 – 3.0	>3.0
Ολικά διαλυμένα στερεά TDS mg/l	<450	450 – 2000	>2000
<b>Διαπερατότητα SAR=0-3 και Αγωγιμότητα</b>			
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
<b>Τοξικότητα</b>			
<i>Νάτριο (Na)</i>			
Επιφανειακή άρδευση SAR	<3	3 – 9	>9
Σχήμα καταιονισμού mg/l	<70	>70	
<i>Χλώριο (Cl)</i>			
Επιφανειακή άρδευση SAR	<140	140 – 350	>350
Σχήμα καταιονισμού mg/l	<100	>100	
<i>Βόριο (B)</i>	<0.7	0.7 – 3.0	>3.0
<b>Άλλες επιπτώσεις</b>			
Άζωτο (NO <sub>3</sub> – N) mg/l	<5	5 - 30	>30
Διττανθρακικό άλας (HCO <sub>3</sub> ) mg/l	<90	90 - 500	>500
pH	Κανονική διακύμανση 6.5 – 8.4		
Υπολειμματικό χλώριο mg/l	<1.0	1.5 – 5.0	>5.0

### Έμφραξη συστημάτων άρδευσης

Προβλήματα έμφραξης των συστημάτων άρδευσης μπορούν να εμφανισθούν τόσο στα συστήματα καταιονισμού όσο και στα συστήματα στάγδην άρδευσης, τα δεύτερα δε, θεωρούνται τα πιο ευπαθή. Η διύλιση των λυμάτων αποτελεί την αποτελεσματικότερη μέθοδο αντιμετώπισης του προβλήματος. Προσοχή επίσης πρέπει να δοθεί στην αποφυγή δευτερογενούς δημιουργίας μεγάλων συσσωματωμάτων στο δίκτυο και κυρίως σε ανοικτές δεξαμενές αποθήκευσης ενός συστήματος άρδευσης, λόγω ανάπτυξης φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν. Τα συνήθη μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού περιλαμβάνουν τη διατήρηση επαρκούς υπολειμματικού χλωρίου στο δίκτυο άρδευσης, την απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών και κυρίως του αζώτου κατά την επεξεργασία των λυμάτων, και τη μείωση του χρόνου παραμονής του νερού άρδευσης σε ανοικτές δεξαμενές ή λίμνες αποθήκευσης.

### **3.5. Σχετική Νομοθεσία της Ε.Ε.**

Γενικά η διαχείριση των υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα όπως και στα υπόλοιπα κράτη - μέλη της Ε.Ε. διέπεται από την οδηγία 91/271/EEC. Με την αριθ. 5673/400/14.3.97 Κοινή Υπουργική Απόφαση, η επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα εναρμονίζεται πλήρως με αυτή της Ε.Ε.. Σύμφωνα με αυτήν, έχουν τεθεί κάποια χρονικά όρια προσαρμογής και τήρησης των όρων επεξεργασίας.

Όπως προαναφέρεται, ευρωπαϊκές οδηγίες για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών υγρών αποβλήτων είναι βέβαιο ότι θα θεσπιστούν σύντομα. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται στη διαφορετικότητα Νοτίων και Βορείων

χωρών σε ότι αφορά τη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων. Στην οδηγία 91 / 271 / ΕΕC, άρθρο 12 παρ. 1, αναφέρεται ρητά ότι «επεξεργασμένα υγρά απόβλητα θα επαναχρησιμοποιούνται οποτεδήποτε θεωρούνται κατάλληλα» (Angelakis et al., 2002).

### **3.6. Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα το νομοθετικό πλαίσιο των υδατικών πόρων χαρακτηρίζεται από πολυνομία, αντιφατικότητα και έλλειψη εκσυγχρονισμού. Χαρακτηριστικό είναι ότι από το 1900 μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί περίπου 300 Νόμοι και νομοθετικά, βασιλικά και προεδρικά διατάγματα, γενικής, ειδικής και τοπικής έκτασης που συνθέτουν το νομικό πλαίσιο διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας (Αγγελάκης, 2000).

Ο Ν1739 / 87 είναι το τελευταίο και βασικότερο νομοθέτημα που έχει εκδοθεί στον τομέα διαχείρισης των υδατικών πόρων. Με τον Νόμο αυτό καταργούνται πολλές από τις διατάξεις των προαναφερθέντων νόμων και εκσυγχρονίζεται σε κάποιο βαθμό η ισχύουσα νομοθεσία σε ό,τι αφορά στην ορθολογική διαχείριση του συστήματος «υδατικός πόρος - χρήση του». Ο νόμος αυτός διαμορφώνει ένα νέο θεσμικό πλαίσιο και τους αναγκαίους μηχανισμούς για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας μας και την αντιμετώπιση των προβλημάτων που ανακύπτουν.

Όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση των εκροών των υγρών αποβλήτων δεν υπάρχει ειδικό νομοθέτημα στη χώρα μας. Θα μπορούσαμε να αρκεσθούμε στην ενδεχόμενη έκδοση νομοθετήματος σε επίπεδο Ε.Ε. (Οδηγία ή Κανονισμός) με συνακόλουθη ενσωμάτωση του στο εθνικό δίκαιο. Όμως, οι νομοθετικές διαδικασίες στην Ε.Ε. είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες. Έτσι, λαμβανομένου υπόψη ότι οι ελλειμματικές περιοχές σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους εντοπίζονται κυρίως στον Ευρωπαϊκό Νότο και όχι στο σύνολο της Ε.Ε., πιθανόν να υπάρξει σχετική ολιγωρία και καθυστέρηση.

Σήμερα το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία των οικοσυστημάτων που εξαρτάται από αυτούς στην Ε.Ε. διέπεται από την οδηγία 60/2000/Ε.Κ Η εναρμόνιση του ελληνικού δικαίου με αυτή την οδηγία πραγματοποιήθηκε με το Ν.3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α/9-12-2003). Παρόλο που στην οδηγία αυτή δεν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, πιστεύεται ότι η ευαισθητοποίηση των Ευρωπαίων πολιτών σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος θα συμβάλει θετικά στην προώθηση, ανάπτυξη και θέσπιση κριτηρίων για χρήση περιθωριακών νερών (Τσαγκαράκης και λοιποί, 2003).

Είναι αξιοσημείωτο ότι στην χώρα μας χρησιμοποιούνται κριτήρια διάθεσης για δευτεροβάθμια εκροή βάση απόφασης των Υπουργείων Εσωτερικών και Δημόσιας Υγείας του 1965 (ΦΕΚ 138Β/24 – 2 – 65, Κ.Υ.Α Ε1β. 221/65, Παράρτημα 5).

### **3.7. Προτεινόμενο θεσμικό πλαίσιο για την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα, όπως και σε άλλες χώρες του κόσμου, έχει υιοθετηθεί η πρακτική της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων προοδευτικά χωρίς την απαρχή θεσμοθέτηση και τις διεθνείς ή εθνικές οδηγίες ή κριτήρια. Όμως, σήμερα, όπως προαναφέρεται, πολλές χώρες έχουν θεσπίσει εθνικές οδηγίες ή

κανονισμούς προσαρμοσμένες στις τοπικές κοινωνικοοικονομικές και φυσικές συνθήκες ή έχουν εναρμονισθεί με αυτές διεθνών οργανισμών (WHO, EPA και άλλων). Γενικά, ο όρος οδηγίες δεν αναφέρεται σε νομικούς κανονισμούς που έχουν θεσπισθεί, όμως συμβάλλουν θετικά στην ανάπτυξη προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης. Επίσης, αυτές είναι χρήσιμες σε αντικείμενα μελέτης, πραγματογνωμοσύνης, σχεδιασμού, λειτουργίας, και διαχείρισης εγκαταστάσεων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων. Αντίθετα, ο όρος κανονισμοί αναφέρεται σε νομικούς θεσμοθετημένους κανόνες, που επιβάλλονται από κυβερνητικούς οργανισμούς και υπηρεσίες. (Αγγελάκης, 2000).

Όπως προαναφέρεται, οι κύριες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η αστική, η βιομηχανική, η γεωργική, ο εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων, η ενίσχυση ταμειωτήρων υδατοπρομήθειας και διάφορες άλλες που σχετίζονται με αναψυχή και αναβάθμιση και προστασία του περιβάλλοντος.

Στη χώρα μας οι βασικές χρήσεις που ενδιαφέρουν είναι η άρδευση γεωργικών καλλιεργειών και χώρων πρασίνου (πρανών δρόμων, πάρκων κ.ά.) και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων σε συνδυασμό με την προστασία παράκτιων υδροφορέων. Για κάθε κατηγορία όμως, θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ποσοτικοποιοτικά κριτήρια καθώς επίσης σε κάθε ιδιαίτερη θεώρηση που μια παραδοσιακή υδατική πηγή, αντικαθίσταται με ανακτώμενο νερό από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Όπως είναι φυσικό, ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται σε κατηγορίες που συνεπάγονται αυξημένη επαφή με τον άνθρωπο. Έτσι, τα αναγκαία κριτήρια ποιότητας θα πρέπει να διαφοροποιούνται όχι μόνο μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης αλλά ακόμη και στην ίδια κατηγορία ανάλογα με τις επιμέρους χρήσεις (π.χ. άρδευση βρώσιμων και βιομηχανικών φυτικών ειδών).

Στη μελέτη για την «Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκρών Επεξεργασμένων Αστικών Αποβλήτων» που συντάχθηκε το 2000, προτείνεται να υιοθετηθούν τα ποιοτικά κριτήρια που αναφέρονται στον Πίνακα 3.17. Τα κριτήρια αυτά ουσιαστικά είναι τα ίδια μ' αυτά που προτείνονται στην Ισπανία και άλλες Μεσογειακές χώρες με μικρές βελτιώσεις. Πιστεύεται ότι η χώρα μας θα πρέπει να συμπαραταχθεί με άλλες Μεσογειακές χώρες, έτσι ώστε να υιοθετηθούν τα κριτήρια αυτά τόσο από την Ε.Ε., όσο και από άλλες χώρες και άλλους φορείς στην περιοχή. Τα κριτήρια αυτά προσομοιάζουν επίσης με αυτά της Κύπρου και του Ισραήλ.

**Πίνακας 3.17:** Προτεινόμενα ελάχιστα μικροβιολογικά και φυσικοχημικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση ανακτώμενων εκροών επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα (Μελέτη με θέμα «Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Αποβλήτων», 2000)

Επαναχρησιμοποίηση Εκροών Υγρών Αποβλήτων"		Ποιοτικά κριτήρια				
		Μικροβιολογικά		Φυσικο-χημικά		Άλλα κριτήρια
		<u>Αυγά νηματωδών</u> <sup>β</sup>	<u>Ολικά κολοβακτηρίδια</u>	<u>SS</u> <sup>γ</sup>	<u>Θολότητα</u>	
<b>1.</b>	<b>Αστική χρήση</b>					
	α) Οικιακές χρήσεις: ιδιωτική άρδευση κήπου, χρήση σε τουαλέτα, συστήματα κλιματισμού, πλύσιμο αυτοκινήτων κ.ά.	< 1 αυγό/ 10 L	0 MPN / 100 mL	< 10 mg/L	< 2 NTU	
	β) Αστικές χρήσεις και εγκαταστάσεις: ελεύθερης εισόδου σε αρδευόμενες περιοχές (Δημόσια πάρκα, χώρους στάθμευσης, γήπεδα γκολφ, αθλητικά γήπεδα κ.ά.), καθαρισμό δρόμων, πυρόσβεση, σιντριβάνια και άλλους	< 1 αυγό / L	< 10 MPN / 100 mL	< 20 mg/L	< 5 NTU	
<b>2.</b>	<b>Γεωργική Χρήση</b> <sup>η,θ</sup>					
	α) Άρδευση θερμοκηπίων	< 1 αυγό / L	< 10 MPN / 100 mL	< 20 mg/L	< 5 NTU	Legionella Pheumophila 0 MPN / 100 mL
	β) Άρδευση λαχανικών για νωπή κατανάλωση. Άρδευση οπωροφόρων δέντρων με καταιονισμό	< 1 αυγό / L	< 10 MPN / 100mL	< 20 mg/L	< 5 NTU	
	γ) Άρδευση κτηνοτροφικών φυτών	< 1 αυγό / L	< 1000 MPN / 100 mL	< 35 mg/L	Δεν προτείνεται όριο	Taema Saginata και Taenia solium < 1

Επαναχρησιμοποίηση Εκροών Υγρών Αποβλήτων <sup>α</sup>		Ποιοτικά κριτήρια				
		Μικροβιολογικά		Φυσικο-χημικά		Άλλα κριτήρια
		<u>Αυγά νηματωδών<sup>β</sup></u>	<u>Ολικά κολοβακτηρίδια</u>	<u>SS<sup>γ</sup></u>	<u>Θολότητα</u>	
	δ) Άρδευση καλλιεργειών: α) κονσερβοβιομηχανίας, β) παραγωγή λαχανικών μη νωπής κατανάλωσης και γ) σπυροφόρων δέντρων (εκτός άρδευση με καταιονισμό)	< 1 αυγό / L	< 1000 MPN / 100mL	< 35 mg/L	Δεν προτείνεται όριο	
	ε) Άρδευση βιομηχανικών καλλιεργειών, φυτώρια,	< 1 αυγό / L	< 1000 MPN / 100 mL	< 35mg/L	Δεν προτείνεται όριο	
	δημητριακά και ελαιωδών σπόρων					
	κτηνοτροφές για αποθήκευση,					
	ζ) Άρδευση δασικών περιοχών, βιομηχανικών περιοχών, ζωνών πρασίνου ή άλλων περιοχών όπου δεν επιτρέπεται η είσοδος ανθρώπων	< 1 αυγό/ L	<10000 MPN / 100 mL	< 35mg/L	Δεν προτείνεται όριο	

<sup>α</sup> Ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας δευτεροβάθμια ή ισοδύναμη

<sup>β</sup> Εντερικοί νηματώδεις σε αυγά/L των οικογενειών *Strongyloides* (Οι Εντερικοί Νηματώδεις περιλαμβάνουν τις ακόλουθες οικογένειες: *Strongyloides*, *Trichostrongylus*, *Toxocara*, *Enterobius* και *Capillaria*)

<sup>γ</sup> Αιωρούμενα στερεά

<sup>δ</sup> Απαιτείται έλεγχος οσμοαερίων

<sup>ε</sup> Απαιτείται ελάχιστο βάθος υδροφορέα 5 m

<sup>ς</sup> Οι παραπάνω τιμές πρέπει να πληρούνται στα 80% των δειγμάτων κατά μήνα

<sup>η</sup> Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για γεωργικούς σκοπούς, εκτός από άρδευση φυτών για ανθρώπινη κατανάλωση, που απαγορεύεται από την Ελληνική νομοθεσία. Η γεωργική χρήση απαιτεί κριτήρια επίσης για τα TDS, Cl και ορισμένα μέταλλα

<sup>ι</sup> Απαιτείται έλεγχος των βαρέων μετάλλων στη πηγή

<sup>θ</sup> Αποφυγή όταν είναι δυνατόν απολυμάνσεις με Cl<sup>2</sup>. Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη: i) Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων, ii) εποχιακή αποθήκευση που βελτιώνει την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα, iii) μέθοδος άρδευσης (υποεπιφανειακή άρδευση απαιτεί εκροές χαμηλότερης ποιότητας), και iv) παρακολούθηση ποιότητας σχετικά με τον τρόπο δειγματοληψίας, τη συχνότητα λήψης και την αξιοπιστία

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### **4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ (Ε.Ε.Λ.) ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**

#### **4.1. Γενικά στοιχεία**

##### **4.1.1. Γεωγραφική θέση**

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) Χερσονήσου αποτελεί την σημαντικότερη ίσως επένδυση των τελευταίων ετών στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων και της πολύπλευρης προστασίας του περιβάλλοντος στην περιοχή του Δήμου της Χερσονήσου, που βρίσκεται 27 περίπου χιλιόμετρα δυτικά της πόλης του Ηρακλείου στη δυτική άκρη του κόλπου των Μαλίων. Ο Δήμος Χερσονήσου είναι το πιο καλά οργανωμένο τουριστικό θέρετρο του νομού ενώ οι μεταμορφώσεις του από χρόνο σε χρόνο για τις ανάγκες της τουριστικής αγοράς είναι εντυπωσιακές.

Σήμερα έχει εξελιχθεί σε άριστα οργανωμένο τουριστικό θέρετρο με κατάλληλες εγκαταστάσεις και έντονη νυχτερινή ζωή. Κοντά είναι οι οικισμοί Πισκοπιανό και Κουτουλουφάρι, και σε μικρή απόσταση (3 χλμ) το χωριό Χερσόνησος.

Το εν λόγω έργο εντάσσεται στο σχέδιο ολοκληρωμένης διαχείρισης λυμάτων της ευρύτερης περιοχής, η οποία έχει μια υψηλή περιβαλλοντική σημασία και καταλαμβάνει μια θέση υψίστης σημασίας στον τουριστικό τομέα (Σχήμα 4.1).



**Σχήμα 4.1:** Πανοραμική άποψη της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

Η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου αποτελεί μέρος του έργου «Μελέτη - Κατασκευή Ε.Ε.Λ. και δικτύου διάθεσης αποβλήτων», το οποίο δημοπρατήθηκε με το σύστημα Μελέτη - Κατασκευή και πραγματοποιήθηκε με προγραμματική σύμβαση συνεργασίας με την ΒΙΠΕΤΒΑ Α.Ε. (θυγατρική εταιρία της ΕΤΒΑ). Το κόστος του ανήλθε στα 777.963 ευρώ (2.650.000.000 δραχμές) και στο σύνολό του καλύφθηκε από εθνικούς και

ευρωπαϊκούς πόρους.

Το φυσικό αντικείμενο του έργου που έχει παραδοθεί μέχρι σήμερα προς χρήση είναι: η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.), ο σταθμός βοθρολυμάτων, 12 χιλιόμετρα δικτύων άρδευσης, δίκτυα αποχέτευσης ακαθάρτων συμπεριλαμβανομένου του Κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού (Κ.Α.Α.) και 5 αντλιοστάσια με ηλεκτροπαραγωγικά ζεύγη.

Για την ολοκλήρωση του εν λόγω έργου απαιτούνται η κατασκευή εσωτερικών δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων οικισμών Πισκοπιανού και Κουτουλουφαρίου, η ολοκλήρωση Κ.Α.Α. Αγ. Παρασκευής, η κατασκευή Κ.Α.Α. σύνδεσης οικισμών Πισκοπιανού και Κουτουλουφαρίου με τον Λιμένα Χερσονήσου. Επίσης, στις άμεσες προτεραιότητες του Δήμου είναι επικαιροποίηση της υφιστάμενης μελέτης εσωτερικών δικτύων ακαθάρτων Λιμένος Χερσονήσου, η μελέτη και κατασκευή των αποχετευτικών δικτύων ακαθάρτων μείζονος λεκάνης Χερσονήσου, και συγκεκριμένα των δικτύων αποχέτευσης των οικισμών της ενδοχώρας του Δήμου καθώς και της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) για τις περιοχές αυτές.

Η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου βρίσκεται στην περιοχή Αμπέλια, νότια και σε κοντινή απόσταση από το τμήμα της παλαιάς εθνικής οδού (Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης) που διέρχεται από τη περιοχή του Δήμου της Χερσονήσου. Το μέσο υψόμετρο της θέσης της εγκατάστασης είναι 40 μέτρα περίπου (Σχήμα 4.2).

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση επεξεργασίας έχει σχεδιαστεί για να επεξεργάζεται τόσο τα βοθρολύματα της ευρύτερης περιοχής όσο και τα αστικά λύματα του Δήμου Χερσονήσου και ειδικότερα:

α) Τα αστικά λύματα της μείζονος περιοχής του Δήμου Χερσονήσου και συγκεκριμένα: των οικισμών Χερσονήσου, Λιμένος Χερσονήσου, Πισκοπιανού και Κουτουλουφαρίου, τα οποία συλλέγονται στον Κ.Α.Α. και οδηγούνται με άντληση στην είσοδο της προκαταρκτικής επεξεργασίας της μονάδας.

β) Τα βοθρολύματα της ευρύτερης περιοχής και ειδικότερα των οικισμών Λιμένα Χερσονήσου και Μοχού (Σταλίδας) καθώς και του Δήμου Μαλιών.

Τη λειτουργία της μονάδας έχει αναλάβει από 18 - 06 - 01 η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Χερσονήσου (Δ.Ε.Υ.Α.Χ.), την οποία συνέστησε ο Δήμος Χερσονήσου.





Σχήμα 4.2: Θέση της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

#### 4.1.2. Μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής Χερσονήσου, ζεστό και κατά περιόδους ξηρό στη διάρκεια του καλοκαιριού ενώ το χειμώνα κρύο και υγρό.

##### 4.2.2.1. Θερμοκρασία

Ο μέσος ετήσιος όρος της θερμοκρασίας είναι  $15,5^{\circ}\text{C}$ , η μέση θερμοκρασία το καλοκαίρι είναι  $22,1^{\circ}\text{C}$ , με μέγιστη τιμή  $30^{\circ}\text{C}$ . Η αντίστοιχη μέση τιμή θερμοκρασίας κατά την περίοδο του χειμώνα είναι  $10,4^{\circ}\text{C}$ , εμφανίζοντας ελάχιστη τιμή (χειμώνα)  $7,1^{\circ}\text{C}$ .

##### 4.2.2.2. Βροχόπτωση

Οι βροχοπτώσεις αν και δεν διαρκούν όλες τις εποχές του έτους έχουν ιδιαίτερα υψηλές τιμές σε ολόκληρο το νησί της Κρήτης, με σποραδικές βροχοπτώσεις από το Μάιο και μέχρι το τέλος Αυγούστου. Στη Χερσονήσο οι ετήσιες βροχοπτώσεις είναι  $792,9\text{ mm}$  με μέση υγρασία περίπου 11%.

##### 4.2.2.3. Ανεμολογικά στοιχεία

Οι επικρατέστεροι άνεμοι είναι βορείων κατευθύνσεων κατά το μεγαλύτερο διάστημα του έτους και συχνότερα το χειμώνα, με ταχύτητα  $8,2 - 9,2\text{ m/sec}$ . Οι νοτιοανατολικοί άνεμοι παρουσιάζονται συνήθως κατά τη θερινή περίοδο και είναι ζεστοί άνεμοι.

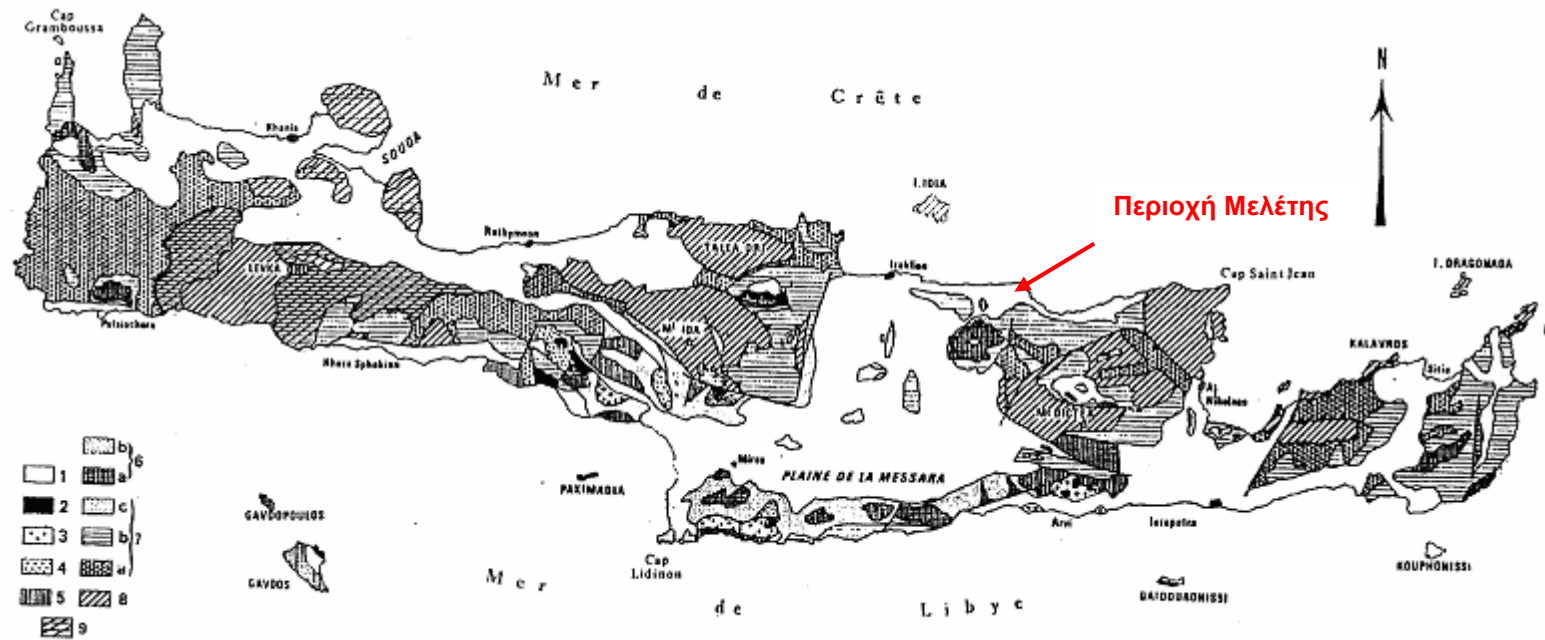
**Πίνακας 4.1: Μετεωρολογικά στοιχεία Δήμου Χερσονήσου (Πηγή: Μετεωρολογικός σταθμός Μαλλίων)**

	<b><u>ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ mm</u></b>												
<b>ΥΔΡ.ΕΤΟΣ</b>	<b>ΣΕΠ.</b>	<b>ΟΚΤ.</b>	<b>ΝΟΕ.</b>	<b>ΔΕΚ.</b>	<b>ΙΑΝ.</b>	<b>ΦΕΒ.</b>	<b>ΜΑΡ.</b>	<b>ΑΠΡ.</b>	<b>ΜΑΙ.</b>	<b>ΙΟΥΝ.</b>	<b>ΙΟΥΛ.</b>	<b>ΑΥΓ.</b>	<b>ΣΥΝ.</b>
<b>Μεγ.ύψος</b>	232	342,3	289,2	384,4	411,5	249,3	313,7	233,4	126,1	182	33	18	1243,2
<b>Ελ. Ύψος</b>	0	0	10,5	17,8	0	14,9	7,5	0	0	0	0	0	440,8
<b>Μ.Ο.</b>	23,7	73,5	111,4	136,7	145	121,3	101,1	45,7	25,4	9,8	1,6	1,4	792,9
	<b><u>ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΜΗΝΟΣ ΣΕ °C</u></b>												
<b>Μ.Ο.</b>	20,3	17,7	13,8	10	9,1	8,7	10	13,5	17,3	20,7	22,4	23,3	15,5
	<b><u>ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΕΞΑΤΜΗΣΕΙΣ ΣΕ mm</u></b>												
<b>Μ.Ο.</b>	119,2	82,8	44,9	35,7	29,2	29,4	47,8	71,6	120	165,8	187,2	156	1087,6

#### **4.1.3. Μορφολογία εδάφους**

Το έδαφος στην ευρύτερη περιοχή του οικοπέδου της μονάδας είναι πεδινό και το μέσο υψόμετρο είναι 40 μέτρα. Η γεωλογία των αρδευόμενων εκτάσεων δεν ευνοεί την εισροή των επεξεργασμένων υδάτων στον υδροφόρο ορίζοντα, καθώς όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 4.3 πρόκειται για νεογενή τεκτονικά καλύμματα και συγκεκριμένα για κίτρινες μάργες οι οποίες δεν είναι υδατοπερατές.

Ο υπόγειος υδροφόρος βρίσκεται στα 32μ ενώ η περιοχή δεν παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα.



**Σχήμα 4.3:** Γεωλογικός χάρτης της Κρήτης (τροποποιημένος από Boneau 1976). Στο υπόμνημα : 1. Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα, 2. Οφιόλιθοι, 3. κάλυμμα Αστερουσίων, 4. καλ. Βάτου, 5. καλ. Σπηλίου και Πρέβελη, 6. καλ Πιονδου (α. Ασβεστόλιθοι και ραδιολαρίτες, b. Φλύσχης), 7. καλ. Τρίπολης (b. Ασβεστόλιθοι, c. φλύσχης), 7a. Καλ. Φυλλιτών – χαλαζιτών, 8. καλ. Πλακωδών ασβεστόλιθων, 9. καλ. Τρυπαλίου

#### **4.1.4. Πληθυσμιακά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής**

Ο Νομός Ηρακλείου είναι ο μεγαλύτερος και πολυπληθέστερος της νήσου Κρήτης. Σύμφωνα με την απογραφή του 1991 είχε 264.486 κατοίκους, ενώ με βάση την απογραφή του 2001 οι κάτοικοι του Νομού ανέρχονταν στους 292.489 (αύξηση πληθυσμού κατά την τελευταία δεκαετία της τάξης του 10,6%), ενώ οι κάτοικοι του Δήμου Χερσονήσου από 7.404 το 1991 ανήλθαν στους 8.497 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2001 (αύξηση πληθυσμού κατά την τελευταία δεκαετία της τάξης του 14,8%).

Σύμφωνα με στοιχεία που παραχωρήθηκαν από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.), η απογραφή του πληθυσμού για τα έτη 1999 και 2001 έδωσε τα αποτελέσματα για το Νομό Ηρακλείου και το Δήμο Χερσονήσου ειδικότερα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Επίσης, στους Πίνακες 4.3 και 4.4, που παραχωρήθηκαν από τον Ελληνικό Οργανισμό Τουρισμού (Ε.Ο.Τ.) και την Ε.Σ.Υ.Ε., παρουσιάζονται οι διανυκτερεύσεις αλλοδαπών και ημεδαπών τουριστών σε ξενοδοχειακά καταλύματα και νομό στην Περιφέρεια Κρήτης και οι αφίξεις αλλοδαπών τουριστών στο αεροδρόμιο και στο λιμάνι του Ηρακλείου καθώς και στο σύνολο της Ελλάδας για τα έτη 1996, 1997, 1998, 1999, 2000 και 2001.

Από τα στοιχεία αυτά, μπορούμε να συμπεράνουμε πως ο Δήμος Χερσονήσου (αλλά και όλος ο Νομός Ηρακλείου γενικότερα) είναι μια περιοχή, η οποία αναπτύσσεται ευρέως τα τελευταία χρόνια. Η ανάπτυξη της αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στον τουριστικό τομέα, κάτι που φαίνεται τόσο από τις αφίξεις όσο και από τις διανυκτερεύσεις των τουριστών, οι οποίες αυξάνονται συνήθως κάθε χρόνο και καταλαμβάνουν ένα πολύ σημαντικό ποσοστό του συνόλου των αφίξεων και των διανυκτερεύσεων τουριστών στη χώρα μας.

Τέλος, παρατηρούμε ότι η πρόβλεψη του εξυπηρετούμενου από την Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου κατά τους χειμερινούς μήνες της πρώτης φάσης λειτουργίας της (9.000 κάτοικοι) είναι λίγο μεγαλύτερη από τον πραγματικό πληθυσμό (8.497 κάτοικοι) του Δήμου Χερσονήσου σύμφωνα με την απογραφή του 2001. Αυτό σημαίνει ότι η εν λόγω πρόβλεψη για το εξυπηρετούμενο πληθυσμό είναι πολύ κοντά στην πραγματικότητα.

Ωστόσο, παρόμοια σύγκριση για την πρόβλεψη του εξυπηρετούμενου από την Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου κατά τους θερινούς μήνες της πρώτης φάσης λειτουργίας της και του πραγματικού πληθυσμού κατά τους μήνες αυτούς δεν μπορεί να γίνει αφενός διότι δεν έχουμε στοιχεία για τον αριθμό των ξενοδοχειακών κλινών και την πληρότητα των αντίστοιχων μονάδων κατά τους μήνες αυτούς και αφετέρου διότι δε γνωρίζουμε πόσες και ποιες από αυτές τις μονάδες εξυπηρετούνται από την Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου ή από δικές τους εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

**Πίνακας 4.2:** Πληθυσμιακά στοιχεία Νομού Ηρακλείου και αναλυτικά πληθυσμιακά στοιχεία Δήμου Χερσονήσου (Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)

Νομός / Δήμος / Δημοτικά διαμερίσματα και οικισμοί	Μόνιμος πληθυσμός		Πραγματικός πληθυσμός	
	2001	1991	2001	1991
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	291.225	265.336	292.489	264.486
<b>ΔΗΜΟΣ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ</b>	<b>8.135</b>	<b>6.595</b>	<b>8.497</b>	<b>7.404</b>
Δ. Δ. Λιμένα Χερσονήσου	4.197	3.435	4.308	4.075
Λιμένας Χερσονήσου	2.953	2.352	2.981	2.673
Ανισσαράς	278	701	291	965
Κουτουλουφάρι	538	211	586	254
Πισκοπιανό	428	171	450	183
Δ. Δ. Αβδού	320	389	431	446
Αβδού	320	389	431	446
Δ. Δ. Γωνιών Πεδιάδας	491	489	519	537
Γωνίες	491	489	519	537
Δ. Δ. Κεράς	106	123	161	151
Κερά	19	32	18	33
Άνω Κερά	70	70	98	91
Μονή Καρδιώτισσας	17	21	45	27
Δ. Δ. Ποταμιών	576	530	610	548
Ποταμιές	484	479	522	495
Σφενδύλι	92	51	88	53
Δ. Δ. Χερσονήσου	2.445	1.629	2.468	1.647
Χερσόνησος	947	772	882	747
Άγιος Ιωάννη	102	46	100	50
Αγκισσαράς	72	96	120	112
Αγριανά	264	145	271	165
Ανάληψη	995	533	1.029	527
Αποσελέμης	42	22	42	30
Χατζανά	23	15	24	16

**Πίνακας 4.3:** Σύνολο διανυκτερεύσεων αλλοδαπών και ημεδαπών τουριστών σε ξενοδοχειακά καταλύματα και νομό στην Περιφέρεια Κρήτης (Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε., Ε.Ο.Τ.)

Νομός	ΕΤΟΣ						ΜΕΤΑΒΟΛΗ				
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	97 / 96	98 / 97	99 / 98	00 / 99	01 / 00
Χανίων	1791140	1939102	2063885	2354840	2245708	2293567	8,26%	6,44%	14,10%	-4,63%	2,13%
Ρεθύμνης	1850040	1941273	2082557	2322933	2144291	2156325	4,93%	7,28%	11,54%	-7,69%	0,56%
Ηρακλείου	4782619	5775962	5786463	6275231	6089415	6094331	20,77%	0,18%	8,45%	-2,96%	0,08%
Λασιθίου	1646071	1839531	1897802	2163522	1977953	2035674	11,75%	3,17%	14,00%	-8,58%	2,92%
<b>Σύνολο</b>	10069870	11495868	11830707	13116526	12457367	12579897	14,16%	2,91%	10,87%	-5,03%	0,98%
<b>Σύνολο Ελλάδας</b>	47945506	53364507	56549442	60256902	61302903	61567209	11,30%	5,97%	6,56%	1,74%	0,43%

**Πίνακας 4.4:** Αφίξεις αλλοδαπών τουριστών κατά το μέσο μεταφοράς και σταθμό εισόδου (Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε., Ε.Ο.Τ.)

Σταθμοί Εισόδου	ΕΤΟΣ						ΜΕΤΑΒΟΛΗ				
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	97/96	98/97	99/98	00/99	01/00
<b>ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΩΣ</b>											
Ηρακλείου	1542469	1694913	1829587	2077021	2068485	2083909	9,88%	7,95%	13,52%	-0,41%	0,75%
<b>Σύνολο Ελλάδας</b>	7683659	8147921	8645841	9961836	10454089	10754927	6,04%	6,11%	15,22%	4,94%	2,88%
<b>ΑΚΤΟΠΛΟΪΚΩΣ</b>											
Ηρακλείου	5384	1061	10636	7451	5645	5928	-80,29%	902,45%	-29,95%	-24,24%	5,01%
<b>Σύνολο Ελλάδας</b>	578044	565706	834516	797106	836010	870344	-2,13%	47,52%	-4,48%	4,88%	4,11%

#### 4.1.5. Δεδομένα σχεδιασμού της Ε.Ε.Λ.

Η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, όπως προαναφέρθηκε, σχεδιάστηκε για να καλύψει τις ανάγκες της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Χερσονήσου, καθώς και μέρος των αναγκών των γειτονικών Δήμων.

Πριν το σχεδιασμό της προηγήθηκε καταγραφή όλων των κατηγοριών υγρών αποβλήτων και διαμορφώθηκε πιθανό χρονοδιάγραμμα δρομολόγησης και ολοκλήρωσης των έργων αποχέτευσης και των συνδέσεων των διαφόρων περιοχών. Έτσι το έργο χωρίστηκε σε δυο φάσεις με διαφορετικό χρονοδιάγραμμα ολοκλήρωσης για κάθε φάση. Συγκεκριμένα οι δυο φάσεις του έργου έχουν ως εξής:

Φάση Α (με πρόβλεψη εξυπηρέτησης πληθυσμού μέχρι το 2015)

## Φάση Β (με πρόβλεψη εξυπηρέτησης πληθυσμού μέχρι το 2035)

Με βάση αυτό έγινε πρόβλεψη της αύξησης του εξυπηρετούμενου από την εγκατάσταση πληθυσμού και κατ' επέκταση των ποσοτήτων λυμάτων που θα φτάνουν προς επεξεργασία στην εγκατάσταση για τις δυο φάσεις. Η προβλεπόμενη αυτή αύξηση του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, με βάση την οποία έχει σχεδιαστεί η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.5. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Δ.Ε.Υ.Α. Χερσονήσου και με γνώμονα την ημερήσια κατανάλωση νερού (γύρω στα 8.000 m<sup>3</sup> μαζί με τα μεγάλα ξενοδοχεία) η πρώτη φάση θα είναι επαρκής τουλάχιστον μέχρι το 2015, όπως και έχει προβλεφθεί.

**Πίνακας 4.5:** Προβλεπόμενη αύξηση εξυπηρετούμενου πληθυσμού από την Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

	<b>Φάση Α (έως 2015) Χειμώνας</b>	<b>Φάση Α (έως 2015) Καλοκαίρι</b>	<b>Φάση Β (έως 2035) Χειμώνας</b>	<b>Φάση Β (έως 2035) Καλοκαίρι</b>
<b>Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός (κάτοικοι)</b>	9.000	40.000	12.000	60.000

Οι λοιποί παράμετροι σχεδιασμού της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου δίνονται στον Πίνακα 4.6.

**Πίνακας 4.6:** Παράμετροι σχεδιασμού της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

	<b>Φάση Α (έως 2015) Χειμώνας</b>	<b>Φάση Α (έως 2015) Καλοκαίρι</b>	<b>Φάση Β (έως 2035) Χειμώνας</b>	<b>Φάση Β (έως 2035) Καλοκαίρι</b>
<b>Παροχή εισόδου (σε m<sup>3</sup>/d)</b>	1.800	8.000	2.400	12.000
<b>Παροχή αιχμής (σε m<sup>3</sup>/h)</b>	450	750	515	1.125
<b>BOD<sub>εισόδου</sub> (σε kg/d)</b>	110	2.400	720	3.600
<b>Θερμοκρασία σχεδιασμού (σε °C)</b>	15	23	15	23

Όσον αφορά τα βοθρολύματα της ευρύτερης περιοχής, μεταφέρονται προς επεξεργασία στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου με κατάλληλα βυτιοφόρα φορτηγά οχήματα.

Πριν την ολοκλήρωση της μονάδας τα βυτιοφόρα φορτηγά μετέφεραν τα προς επεξεργασία βοθρολύματα της περιοχής στο σταθμό υποδοχής βοθρολυμάτων της Ε.Ε.Λ. Ηρακλείου. Η έναρξη λειτουργίας του σταθμού υποδοχής βοθρολυμάτων της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, το 2001 συνέβαλε στη μείωση κατά το ήμισυ περίπου της αντίστοιχης κίνησης των βυτιοφόρων φορτηγών προς την Ε.Ε.Λ. Ηρακλείου.

Με βάση τα δεδομένα σχεδιασμού της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, η μονάδα των βοθρολυμάτων έχει σχεδιαστεί για να υποδέχεται έως 100 βυτιοφόρα φορτηγά ημερησίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και έως δέκα βυτιοφόρα φορτηγά κατά τους χειμερινούς μήνες. Στην τεχνική έκθεση της μονάδας θεωρείται ότι η χωρητικότητα των βυτιοφόρων φορτηγών είναι 15 m<sup>3</sup> [Τα βυτιοφόρα φορτηγά ανήκουν σε τρεις κατηγορίες από πλευράς μεγέθους: τα τριάξονα (15 βυτιοφόρα) με



χωρητικότητα 15 - 16 m<sup>3</sup>, τα τετράξονα (δέκα βυτιοφόρα) με χωρητικότητα 19 - 20 m<sup>3</sup> και τα συρόμενα (ένα βυτιοφόρο) με χωρητικότητα 24 m<sup>3</sup>]. Έτσι ο σταθμός υποδοχής βοθρολυμάτων της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου έχει σχεδιαστεί για να παραλαμβάνει έως 1.500 m<sup>3</sup> βοθρολυμάτων το καλοκαίρι και έως 150 m<sup>3</sup> βοθρολυμάτων το χειμώνα.

## 4.2. Μέθοδοι επεξεργασίας λυμάτων

Η επεξεργασία των λυμάτων στοχεύει στην απαλλαγή τους από τις διάφορες ρυπαντικές ουσίες ή στην τροποποίηση των βλαβερών χαρακτηριστικών τους, ώστε να μειωθούν τα απορριπτόμενα σε ένα φυσικό αποδέκτη φορτία.

Μια τυπική εγκατάσταση αφαιρεί από τα λύματα στερεά αντικείμενα, άμμο, λίπη, ενώσεις που περιέχουν άνθρακα, άζωτο και φώσφορο καθώς και παθογόνους μικροοργανισμούς και ιούς.

Τα στάδια επεξεργασίας μιας τυπικής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων, είναι τα παρακάτω:

- α) Έργα εισόδου (Τα έργα εισόδου περιλαμβάνουν ένα φρεάτιο στο οποίο εισέρχονται τα λύματα)
- β) Προεπεξεργασία (απομάκρυνση μεγάλου σχετικά μεγέθους στερεών).
- γ) Πρωτοβάθμια επεξεργασία (μείωση οργανικού φορτίου σωματιδιακής μορφής, μείωση στερεών).
- δ) Δευτεροβάθμια επεξεργασία (μείωση οργανικού φορτίου, μείωση στερεών).
- ε) Τριτοβάθμια επεξεργασία [μείωση θρεπτικών (N, P), μείωση στερεών].
- στ) Απολύμανση (μείωση παθογόνων μικροοργανισμών)

Επίσης οι μέθοδοι επεξεργασίας διακρίνονται ανάλογα με το ποια χαρακτηριστικά των αποβλήτων εκμεταλλεύονται σε φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Στις φυσικές, η απομάκρυνση γίνεται με την εκμετάλλευση των φυσικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων, στις χημικές γίνεται με την πρόσθεση χημικών ουσιών και στις βιολογικές με κάποια βιολογική διεργασία.

Οι φυσικοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν την εσχάρωση, τον τεμαχισμό, την εξάμμωση, την απολίπανση, την κροκίδωση, τη συσσωμάτωση, την καθίζηση, τη διύλιση και την απολύμανση. Οι βιολογικές διεργασίες επικεντρώνονται στον αερόβιο και αναερόβιο μεταβολισμό των ετεροτροφικών βακτηρίων κατά την πρόσληψη οργανικής ύλης (τροφής) καθώς και στις βιοχημικές μετατροπές του αζώτου (νιτροποίηση - απονιτροποίηση).

Το κάθε στάδιο (ή βαθμίδα) μπορεί να περιλαμβάνει φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες απομάκρυνσης των διαφόρων ουσιών από τα απόβλητα.

Οι μέθοδοι που έχουν βρει ευρεία εφαρμογή στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι: η μέθοδος της ενεργού ιλύος με τις παραλλαγές της, η μέθοδος των βιολογικών φίλτρων, οι λίμνες αερισμού ή δεξαμενές σταθεροποίησης κ.α.

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η επιλογή της διαδικασίας επεξεργασίας είναι πολλοί. Από αυτούς άλλοι είναι σχετικά εύκολο να εκτιμηθούν, όπως το κόστος κατασκευής και το λειτουργικό κόστος, ενώ άλλοι όπως η σταθερότητα και η αξιοπιστία της κατασκευής είναι δύσκολο να εκτιμηθούν, παρόλο που συχνά είναι και οι πιο σημαντικοί παράγοντες.

Οι κυριότεροι παράγοντες που παίζουν ρόλο στην διαδικασία επιλογής της επεξεργασίας των αποβλήτων είναι:

- Η προστασία της δημόσιας υγείας (π.χ. αφαίρεση παθογόνων μικροοργανισμών).
- Το ελάχιστο λειτουργικό κόστος (ενέργεια, συντήρηση, μηχανήματα).
- Το κόστος κατασκευής.
- Η μέγιστη χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων.

### **Επεξεργασία Ιλύος**

Τα οργανικά και ανόργανα στερεά που περιέχονται στα λύματα, οι δημιουργούμενοι μικροοργανισμοί κατά την βιολογική επεξεργασία και οι διάφορες προστιθέμενες ύλες κατά τη χημική κατακρήμνιση, καθιζάνοντας στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης, σχηματίζουν χαλαρές μάζες αναμιγμένες με μεγάλες ποσότητες νερού. Οι μάζες αυτές συμπυκνώνονται σε κάποιο βαθμό κατά την καθίζηση αλλά η περιεκτικότητά τους σε νερό παραμένει γενικά υψηλή. Το μείγμα αυτό νερού και στερεών, μεγάλου ποσοστού υγρασίας (95 - 99%), είναι η ιλύς και αποτελεί το αναπόφευκτο υποπροϊόν της επεξεργασίας των λυμάτων περιέχοντας όλα τα ανεπιθύμητα συστατικά τους. Η τελική διάθεση της ιλύος με τρόπο ασφαλή και ωφέλιμο για το περιβάλλον, αποτελεί ένα δύσκολο και δαπανηρό ζήτημα γιατί, ενώ αποτελεί περίπου το 1% του όγκου των λυμάτων, το κόστος για την επεξεργασία και διάθεση της αντιστοιχεί στο 20 - 50% του συνολικού κόστους κατασκευής και λειτουργίας μιας εγκατάστασης.

Τα 2 κύρια προβλήματα που καθιστούν δύσκολο το χειρισμό της ιλύος είναι:

- Το μεγάλο ποσοστό υγρασίας (που κυμαίνεται όπως αναφέρθηκε από 95 έως 99%).
- Τα ενοχλητικά συστατικά των λυμάτων που καταλήγουν όλα στην ιλύ.

### **4.3. Περιγραφή – Στάδια επεξεργασίας Ε.Ε.Λ Χερσονήσου**

Η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια επεξεργασίας:

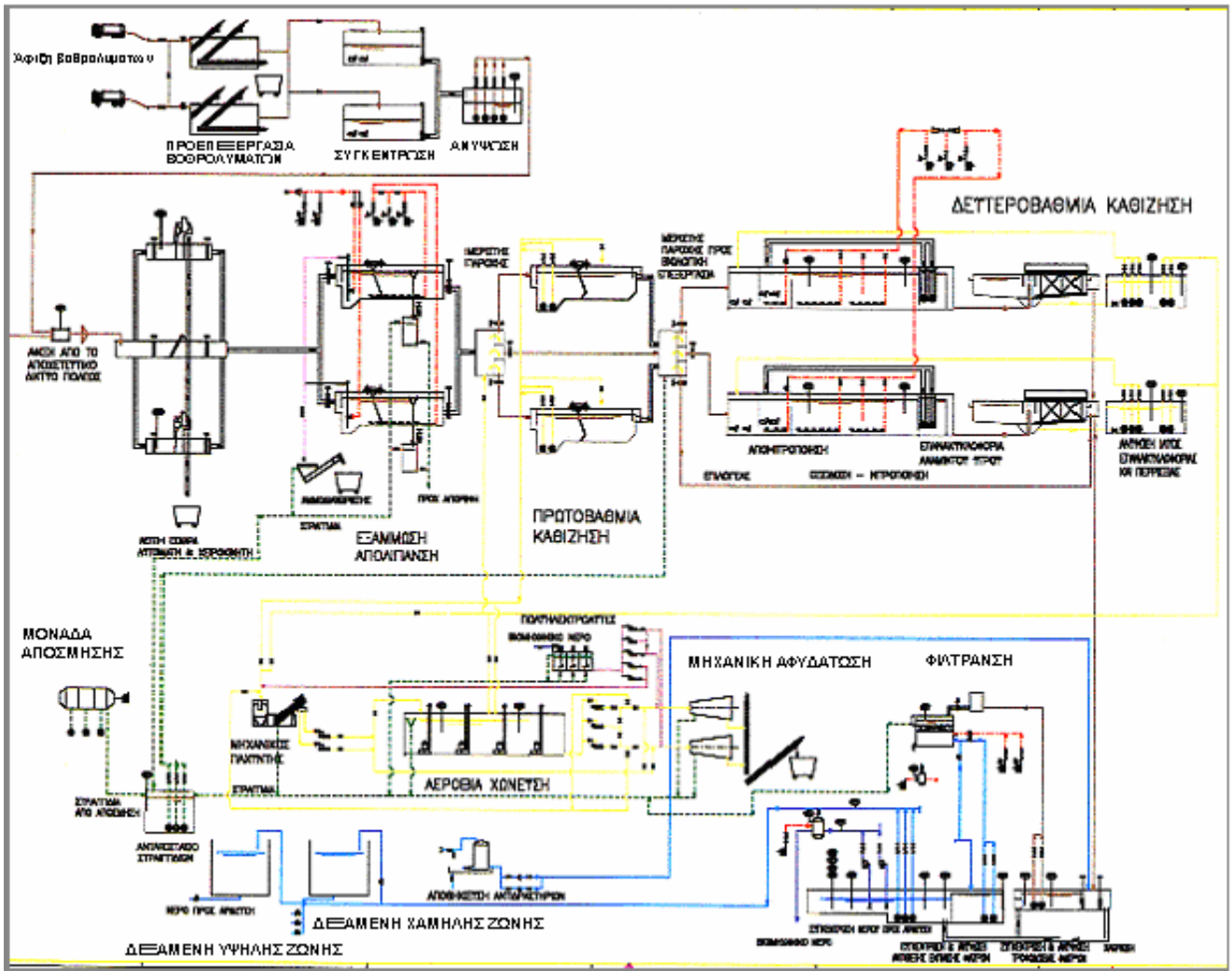
α) Γραμμή επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με προεπεξεργασία (μέτρηση παροχής, εσχάρωση, εξάμμωση - απολίπανση), πρωτοβάθμια επεξεργασία (προκαθίζηση), δευτεροβάθμια επεξεργασία (δεξαμενές επιλογής, απονιτροποίησης, αερισμού, τελική καθίζηση, εσωτερική ανακυκλοφορία ανάμικτου υγρού και ανακυκλοφορία ιλύος), απολύμανση (χλωρίωση) και τριτοβάθμια επεξεργασία (αμμοδιύλιση).

β) Γραμμή επεξεργασίας ιλύος με ανακυκλοφορία και περίσσεια ιλύος, μηχανική πάχυνση ιλύος, αναερόβια χώνευση και αφυδάτωση με φυγοκέντρωση.

γ) Σταθμό βοθρολυμάτων με υποδοχή - εκκένωση βυτιοφόρων οχημάτων, προκαταρκτική επεξεργασία των βοθρολυμάτων (εσχάρωση, εξάμμωση, ανάδευση, ομογενοποίηση) και εξισορροπημένη τροφοδοσία προς τη γραμμή επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

δ) Κεντρικό σύστημα απόσμησης με κατάλληλη μονάδα απόσμησης (βιόφιλτρο).

Το διάγραμμα ροής της μονάδας όπως έχει κατασκευασθεί φαίνεται στο *Σχήμα 4.4*.



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ΓΡΑΜΜΗ ΛΥΜΑΤΩΝ
- ΓΡΑΜΜΗ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ
- ΓΡΑΜΜΗ ΙΛΥΟΣ
- ΓΡΑΜΜΗ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΤΙΘΕΤΗ ΕΚΠΛΥΣΗ
- ΓΡΑΜΜΗ ΑΕΡΑ
- ΓΡΑΜΜΗ ΑΜΜΟΥ
- ΓΡΑΜΜΗ ΔΟΣΟΛΟΓΙΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΩΝ

**Σχήμα 4.4:** Διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται αναλυτική περιγραφή των σταδίων επεξεργασίας στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου και των μονάδων που αυτά περιλαμβάνουν, κατά την Α Φάση κατασκευής, στην οποία βρισκόμαστε σήμερα. Δηλαδή, δε γίνεται αναφορά στις διαφοροποιήσεις ή στις επεκτάσεις των σταδίων επεξεργασίας που πιθανώς προβλέπονται στη Β Φάση του έργου.

Επίσης, σε πολλά σημεία της εγκατάστασης υπάρχουν δύο παράλληλες γραμμές επεξεργασίας, μία εκ των οποίων τίθεται εκτός λειτουργίας κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω των μειώσεων στις παροχές των εισερχόμενων λυμάτων.

### 4.3.1. Γραμμή επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

#### 4.3.1.1. Προεπεξεργασία

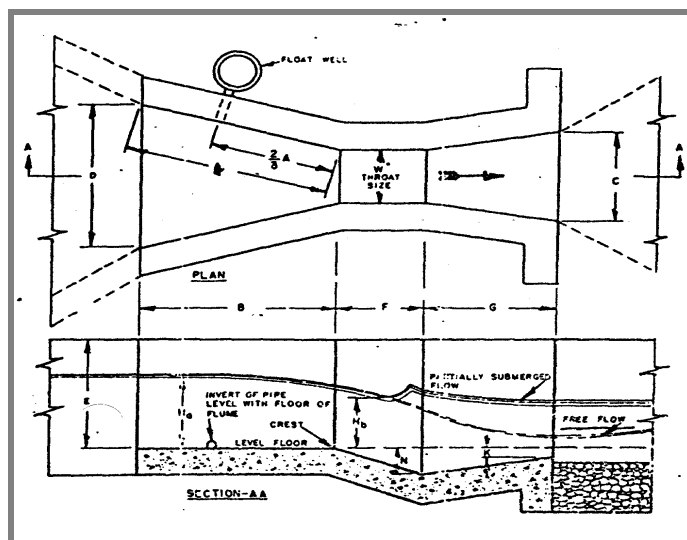
Η προ-επεξεργασία ή προκαταρκτική επεξεργασία σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων γίνεται με στόχο να προστατευτούν οι επόμενες κύριες διαδικασίες επεξεργασίας από υλικά που περιέχονται στα λύματα και εγκυμονούν κινδύνους έμφραξης αγωγών, καταστροφής του μηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ. αντλίες) και δυσλειτουργίας των μονάδων που ακολουθούν (Ανδρεαδάκης, 2000). Στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου το στάδιο της προ-επεξεργασίας περιλαμβάνει:

#### ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Η μέτρηση της παροχής είναι πολύ σημαντική υπόθεση για τη σωστή λειτουργία μιας εγκατάστασης επεξεργασίας. Ανάμεσα στα άλλα, αν μετρούμε την παροχή μπορούμε:

- α) να ελέγχουμε αν υποφορτίζεται ή υπερφορτίζεται η εγκατάσταση,
- β) να αξιολογούμε την απόδοση της,
- γ) να πραγματοποιούμε αντιπροσωπευτική δειγματοληψία (ποσότητα δείγματος ανάλογη της παροχής),
- δ) να εκτιμούμε τις απαιτούμενες δόσεις και να ρυθμίζουμε την λειτουργία των δοσομετρητών χημικών (κροκιδωτικών και απολυμαντικών) αναλογικά για καλύτερη αξιοποίηση και οικονομία των χημικών.

Στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου χρησιμοποιείται μέτρηση σε ανοιχτό αγωγό. Έτσι τα λύματα διέρχονται από τρεις παράλληλες διώρυγες (μετρητές ή διάυλους Parshall) εξοπλισμένες με διάταξη αισθητηρίων με υπερήχους για την μέτρηση της παροχής των λυμάτων (ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές παροχής) και τον έλεγχο - ρύθμιση της εγκατάστασης (Σχήμα 4.5). Ο ένας μετρητής παροχής χρησιμοποιείται για τα βοθρολύματα και οι άλλοι 2 για τα αστικά λύματα.



Σχήμα 4.5: Σχηματική απεικόνιση διάυλου Parshall

### ΜΟΝΑΔΑ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ

Τρεις παράλληλες γραμμές εσχάρωσης βρίσκονται στη μονάδα αυτή και φροντίζουν για τον εσχαρισμό των λυμάτων (με διάκενα) και την απομάκρυνση ογκωδών αντικειμένων από αυτά. Οι δυο γραμμές είναι εξοπλισμένες με αυτόματες εσχάρες με διέλευση στερεών έξι χιλιοστών, ενώ η τρίτη γραμμή (εφεδρική) με χειροκαθαριζόμενη χονδροεσχάρα, στην περίπτωση που τα ξέστρα των δυο αυτόματων εσχάρων μπλοκάρουν και τα λύματα δεν θα μπορούν να διέλθουν, με διέλευση στερεών 20 χιλιοστών.

Μεταφορική ταινία συγκεντρώνει τα εσχαρίσματα στους κάδους. Η μονάδα (μαζί με τις δεξαμενές εξάμμωσης - απολίπανσης) είναι στεγασμένη σε μεταλλικό κτίριο, το οποίο συνδέεται με το κεντρικό σύστημα απόσμησης της εγκατάστασης, για την απομάκρυνση των δυσάρεστων και έντονα διαβρωτικών οσμών.

### ΜΟΝΑΔΑ ΕΞΑΜΜΩΣΗΣ - ΑΠΟΛΙΠΑΝΣΗΣ

Η μονάδα αποτελείται από δυο παράλληλες υπομονάδες (δυο αεριζόμενες δεξαμενές ορθογωνικής κάτοψης και τραπεζοειδούς διατομής). Κάθε δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με παλινδρομική γέφυρα συγκέντρωσης της άμμου.

Στον αεριζόμενο αμμοσυλλέκτη η άμμος και άλλα βαριά ανόργανα συστατικά καθιζάνουν, σε αντίθεση με τα ελαφρύτερα οργανικά σωματίδια που κρατούνται σε αιώρηση με περιορισμένη ανάδευση που επιτυγχάνεται με τροφοδοσία αέρα από ένα σετ διαχυτήρων και αεραντλιών. Η τροφοδοσία με αέρα των διαχυτήρων γίνεται από τρεις αεροσυμπιεστές ενώ δυο άλλοι αεροσυμπιεστές εξυπηρετούν τις αεραντλίες. Ο αέρας τροφοδοτείται από τους διαχυτήρες τύπου μεμβράνης και περιστρέφει κατακόρυφα τα λύματα, εξασφαλίζοντας την ταχύτητα που απαιτείται ώστε τα ελαφρά (οργανικά) σωματίδια να διατηρούνται σε αιώρηση, ενώ τα βαριά σωματίδια να καθιζάνουν (διαφορική καθίζηση). Οι αεραντλίες λειτουργούν αυτόματα και αντλούν το μίγμα νερού και άμμου από τις χοάνες συλλογής στον ελικοειδή μεταφορέα της άμμου (αμμοδιαχωριστή), που ο πυθμένας του έχει σχήμα σκάφης, και όπου συγχρόνως με τη μεταφορά της άμμου γίνεται και η αφυδάτωσή της. Ο αμμοδιαχωριστής ανυψώνει την άμμο και τελικά την αποθέτει σε ένα δοχείο συλλογής στερεών αποβλήτων χωρητικότητας 2 m<sup>3</sup>.

Ο λιποσυλλέκτης διαχωρίζεται από τον αμμοσυλλέκτη με ένα τοίχιο, έτσι ώστε να δημιουργείται μια ήρεμη επιφάνεια νερού. Εκεί τα λίπη, οι αφροί και άλλες επιπλέουσες ύλες συγκεντρώνονται στην επιφάνεια. Κατόπιν, με τη βοήθεια αέρα, κινούνται προς τη μία άκρη του λιποσυλλέκτη, όπου βρίσκεται ένας αυτόματος υπερχειλιστής. Ο υπερχειλιστής κατά τακτά χρονικά διαστήματα χαμηλώνει και οι επιπλέουσες ύλες διοχετεύονται στην επιφάνεια του φρεατίου και ένας σωλήνας οδηγεί το νερό στην εκροή του αμμοσυλλέκτη. Ο αέρας εισάγεται στο αντίθετο άκρο από τον υπερχειλιστή και δημιουργεί οριζόντια μεταφορά των επιπλεόντων υλικών προς τον υπερχειλιστή.

Η μονάδα είναι καλυμμένη εξ ολοκλήρου, βρίσκεται στο ίδιο κτίριο με τις εσχάρες και συνδέεται με το κεντρικό σύστημα απόσμησης της εγκατάστασης.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, η μία από τις δυο μονάδες εξάμμωσης - απολίπανσης, λόγω μείωσης των παροχών των εισερχόμενων λυμάτων δε χρησιμοποιείται.



**Σχήμα 4.6:** Κτίριο εσχαρών, αμμοσυλλεκτών και λιποσυλλεκτών Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

Μετά το τέλος της προ-επεξεργασίας τα λύματα οδηγούνται στη πρωτοβάθμια επεξεργασία.

#### 4.3.1.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, που περιλαμβάνει τη λειτουργία δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης (Δ.Π.Κ.), είναι η απομάκρυνση αξιόλογου μέρους του οργανικού υλικού των λυμάτων που βρίσκεται σε σωματιδιακή μορφή. Το μέρος αυτό του οργανικού υλικού μπορεί να απομακρυνθεί με καθίζηση και συλλογή των επιπλεόντων. Τυπικά 50 - 70% των συνολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) και 30 - 40 % του οργανικού φορτίου (BOD<sub>5</sub>) απομακρύνονται στην προκαθίζηση. Στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου το στάδιο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνει:

#### ΜΕΡΙΣΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ (ΘΑΛΑΜΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ) Νο 1

Ο μεριστής αυτός (φρεάτιο μερισμού) διανέμει τα λύματα στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Επίσης, μέσω αυτού, μπορεί να παρακάμπτονται οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης σε περίπτωση που θέλουμε να οδηγηθούν τα λύματα κατευθείαν στο μεριστή παροχής Νο 2 και από εκεί στους βιολογικούς αντιδραστήρες.

#### ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Υπάρχουν δύο δεξαμενές ορθογωνικής διατομής, συνεχούς οριζόντιας ροής, χωρητικότητας 700 m<sup>3</sup> η καθεμιά. Κάθε δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με παλινδρομική γέφυρα (με ξέστρο) συγκέντρωσης της λάσπης και δυο αντλίες απομάκρυνσης της λάσπης. Ωστόσο, κατά τη χειμερινή περίοδο λόγω της διαφοροποίησης των φορτίων, των παροχών και της μεθόδου επεξεργασίας, η εν λόγω φάση επεξεργασίας δε χρησιμοποιείται και οι δεξαμενές αυτές παρακάμπτονται και απομονώνονται διαμέσου κατάλληλων θυροφραγμάτων.



**Σχήμα 4.7:** Δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

#### 4.3.1.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Σε αυτό το στάδιο γίνεται απομάκρυνση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων, με βιολογικές διεργασίες στις οποίες χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί που καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες, είτε με οξειδωση και απόληψη ενέργειας, είτε για σύνθεση (δημιουργία νέας μικροβιακής μάζας). Στη συνέχεια οι μικροοργανισμοί απομακρύνονται από τα απόβλητα, μαζί με αιωρούμενα στερεά με καθίζηση ή κάποια άλλη διαδικασία.

Η μέθοδος που εφαρμόζεται στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος με βιολογική απομάκρυνση αζώτου και χημική απομάκρυνση φωσφόρου, με κάποιες αλλαγές ανάμεσα στη θερινή και στη χειμερινή περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, κατά τους θερινούς μήνες η μέθοδος είναι ταχέως αερισμού με ξεχωριστή αερόβια χώνευση της ιλύος, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες χρησιμοποιείται μια παραλλαγή της μεθόδου της ενεργού ιλύος, που είναι ο παρατεταμένος αερισμός.

Οι διαφοροποιήσεις της μεθόδου κατά τους χειμερινούς μήνες που ακολουθείται η παραλλαγή παρατεταμένου αερισμού είναι οι εξής (Ανδρεαδάκης 1986):

- Η φάση της πρωτοβάθμιας καθίζησης παρακάμπτεται και, όπως προαναφέρθηκε, οι αντίστοιχες δεξαμενές απομονώνονται διαμέσου κατάλληλων θυροφραγμάτων.
- Η μία από τις δυο παράλληλες γραμμές επεξεργασίας τίθεται εκτός λειτουργίας αφού είναι μειωμένες κατά πολύ και οι εισερχόμενες στην εγκατάσταση παροχές.
- Έχουμε υψηλό χρόνο παραμονής των στερεών ( $\theta_c = 20 - 30$  d). Έτσι, επιτυγχάνεται συνεχής προσφορά οξυγόνου χωρίς την ανάλογη τροφή, με αποτέλεσμα τη σχεδόν πλήρη διάσπαση της εισερχόμενης βιοδιασπάσιμης οργανικής ύλης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία λιγοστής ή καθόλου περίσσειας ιλύος, λόγω της αυτοκατανάλωσης της ιλύος.
- Η περίσσεια ιλύος, εφ' όσον υφίσταται αερόβια οξείδωση στη δεξαμενή αερισμού, είναι πολύ πιο σταθεροποιημένη από την ιλύ του τυπικού συστήματος, με την έννοια ότι το ποσοστό της σε οργανική είναι χαμηλό, περίπου 50 - 60% (Ανδρεαδάκης, 1986). Για το λόγο αυτό δε γίνεται σταθεροποίηση της ιλύος κατά τη μετέπειτα επεξεργασία της και η υπάρχουσα δεξαμενή χώνευσης της ιλύος παρακάμπτεται.

Οι αλλαγές αυτές στη μέθοδο βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων γίνονται για να μπορεί η εγκατάσταση να είναι ευέλικτη και να μην παρουσιάζονται προβλήματα

λόγω των απότομων εποχικών ποιοτικών και ποσοτικών αυξομειώσεων των λυμάτων που εισέρχονται από το δίκτυο αποχέτευσης της περιοχής στην εγκατάσταση. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία στην εν λόγω εγκατάσταση περιλαμβάνει δυο παράλληλες γραμμές επεξεργασίας. Η κάθε γραμμή επεξεργασίας αποτελείται από μια δεξαμενή χωρισμένη σε τρία τμήματα (βιολογικός αντιδραστήρας) και από μια δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.

### ΜΕΡΙΣΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ (ΘΑΛΑΜΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ) Νο 2

Ο μεριστής αυτός (φρεάτιο μερισμού) διανέμει τα λύματα στις δύο γραμμές επεξεργασίας κατά τη θερινή περίοδο ή τα οδηγεί στη μια μόνο κατά τη χειμερινή περίοδο.

### ΕΠΙΛΟΓΕΑ (SELECTOR)

Το πρώτο τμήμα του κάθε βιολογικού αντιδραστήρα είναι ο επιλογέας (selector) για την επιλογή των μικροοργανισμών. Η ανακυκλοφορούσα ιλύς από κάθε δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης οδηγείται στον αντίστοιχο επιλογέα (χωρητικότητας 200 m<sup>3</sup>) όπου αναμιγνύεται με τα λύματα, όπως αυτά, έρχονται από την πρωτοβάθμια καθίζηση και παραμένει τουλάχιστον 10 - 20 min. Στον επιλογέα η ανάδευση των λυμάτων επιτυγχάνεται με υποβρύχιους αναμικτήρες

Η δεξαμενή αυτή χρησιμοποιείται πολύ στα θερμά και εύκρατα κλίματα για τον έλεγχο της διόγκωσης της ιλύος (bulking sludge phenomenon) που οφείλεται στα νηματοειδή βακτήρια (filamentous bacteria). Γι' αυτό το λόγο σχεδιάστηκε και στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, δηλαδή για να ελαχιστοποιεί τα νηματοειδή βακτήρια και επομένως το φαινόμενο διόγκωσης της ιλύος.

Το σύστημα της ενεργούς ιλύος, αναφέρεται στην προσφορά και στην ανάλωση τροφής (ρύπων) από μικροοργανισμούς, έτσι, η πρωταρχική λειτουργική παράμετρος είναι η αναλογία της τροφής προς την ποσότητα των μικροοργανισμών.

Η αναλογία αυτή συμβολίζεται ως F/M, όπου F η ποσότητα τροφής μέσα στα λύματα και M η ποσότητα των μικροοργανισμών μέσα στις δεξαμενές.

Ο ρυθμός ανάπτυξης των βακτηρίων είναι ανάλογος του λόγου F/M, γιατί τα βακτήρια αναγκάζονται να προσαρμοστούν ανάλογα με την διαθεσιμότητα της τροφής. Συνεπώς, σε μεγάλα F/M τα βακτήρια εμφανίζουν μεγάλους ρυθμούς ανάλωσης των ρύπων και σε μικρά F/M εμφανίζουν μικρούς ρυθμούς ανάλωσης των ρύπων. Αλλά, ο ρυθμός ανάπτυξης τους έχει άμεση σχέση με τον ρυθμό λήψης και μεταβολισμού της τροφής τους. Η παραγωγή νέας βιομάζας, νέων δηλαδή κυττάρων είναι ανάλογη της ποσότητας του αναλωθέντος ρύπου.

Παράλληλα και η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τη φόρτιση F/M. Απλά, αν η τροφή F είναι πολύ περισσότερη από όση χρειάζονται οι μικροοργανισμοί M, τότε αυτοί θα αναλώσουν ένα μέρος της τροφής και η υπόλοιπη τροφή θα διαφύγει από τις δεξαμενές αερισμού με τα επεξεργασμένα νερά. Αν η τροφή F είναι όση χρειάζονται οι μικροοργανισμοί, τότε αυτοί θα την αναλώσουν όλη και τα επεξεργασμένα νερά θα είναι πολύ καθαρά και η βιομάζα M χωρίς προβλήματα. Τέλος, αν η τροφή F δεν επαρκεί για την ποσότητα M, τότε οι μικροοργανισμοί για να ζήσουν, θα αναγκαστούν να εξαντλήσουν τα αποθέματα των κυττάρων τους. Τα επεξεργασμένα νερά είναι συνήθως καθαρά και η βιομάζα μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα καθίζησης. Είναι προφανής συνεπώς η εξάρτηση της απόδοσης της εγκατάστασης από τη φόρτιση F/M των δεξαμενών.



Μέσα στη δεξαμενή επιλογής η ανακυκλοφορούσα ιλύς αναμιγνύεται με φρέσκα λύματα και γίνεται ο απαραίτητος εμπλουτισμός της βιομάζας σε τροφή. Έτσι όταν εισαχθεί στη Δεξαμενή Αερισμού η βιομάζα αναπτύσσεται με μεγάλους ρυθμούς (λογαριθμική φάση ανάπτυξης) σε βάρος των νηματοειδών βακτηρίων. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται δραστικά η πιθανότητα διόγκωσης της ιλύος.

### ΖΩΝΗ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

Το δεύτερο τμήμα του κάθε βιολογικού αντιδραστήρα είναι η ζώνη απονιτροποίησης χωρητικότητας  $550 \text{ m}^3$ . Στη ζώνη απονιτροποίησης επικρατούν ανοξικές συνθήκες, η ανάδευση των λυμάτων επιτυγχάνεται με υποβρύχιους αναμικτήρες και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι μικρότερη από  $0,5 \text{ mg / l}$ . Έτσι, σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου, τα νιτρικά προσφέρονται ως τελικός δέκτης ηλεκτρονίων για μικροβιακή αναπνοή από απονιτροποιητικά βακτηρίδια αντί του οξυγόνου, μειώνονται και ανάγονται σε αέριο άζωτο και υποξείδιο του αζώτου, τα οποία διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα. Τα νιτρικά προέρχονται από τη νιτροποίηση, δηλαδή τη μετατροπή του αμμωνιακού αζώτου (όλο σχεδόν το άζωτο που εισέρχεται στον βιολογικό αντιδραστήρα έχει αυτή τη μορφή) σε νιτρικό από νιτροποιητικά βακτηρίδια. Αυτό επιτυγχάνεται κάτω από αερόβιες συνθήκες, δηλαδή στη ζώνη αερισμού του αντιδραστήρα, απ' όπου το ανάμικτο υγρό επιστρέφει με εσωτερική ανακυκλοφορία στην ανοξική ζώνη για απονιτροποίηση.

### ΖΩΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Το τρίτο τμήμα του κάθε βιολογικού αντιδραστήρα είναι η ζώνη αερισμού, χωρητικότητας  $1700 \text{ m}^3$ , όπου πραγματοποιείται τόσο απομάκρυνση του BOD όσο και νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου. Στη ζώνη αερισμού έχουμε αερισμό με διάχυση λεπτής φυσαλίδας από διαχυτήρες μεμβράνης. Η ζώνη αερισμού είναι εξοπλισμένη με διατάξεις μέτρησης και ρύθμισης του διαλυμένου οξυγόνου. Έτσι η παροχή του οξυγόνου ελέγχεται μέσω της λειτουργίας των αεροσυμπιεστών (τρεις αεροσυμπιεστές των δύο ταχυτήτων). Στο τέλος της γραμμής, όπως προαναφέρθηκε, έχουμε εσωτερική ανακυκλοφορία του ανάμικτου υγρού προς τη ζώνη απονιτροποίησης.

Επίσης, στη δεξαμενή αερισμού γίνεται η χορήγηση διαλύματος χλωριούχου άλατος του σιδήρου ( $\text{FeCl}_3$ ) για την χημική απομάκρυνση (κατακρήμνιση) του φωσφόρου. Δηλαδή, το συγκεκριμένο άλας του σιδήρου δρα ως κροκιδωτικό αντιδρώντας με τον φώσφορο και δημιουργώντας αδιάλυτο σιδηρούχο άλας του φωσφόρου ( $\text{FePO}_4$ ), το οποίο και καθιζάνει στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης υποβοηθώντας, μάλιστα, την καθίζηση και βελτιώνοντας την ποιότητα των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Για την αποθήκευση του διαλύματος του κροκιδωτικού υπάρχει κατάλληλο μεταλλικό δοχείο χωρητικότητας  $10 \text{ m}^3$  και η χορήγηση του γίνεται με δύο δοσομετρικές αντλίες (η μία εφεδρική).



**Σχήματα 4.8, 4.9: Βιολογικοί αντιδραστήρες Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου**

### ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Σε κάθε γραμμή επεξεργασίας υπάρχει μία κυκλική δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης η οποία έχει περιστροφική γέφυρα με ξέστρο πυθμένα για τη συγκέντρωση της λάσπης προς το κέντρο της δεξαμενής και ξέστρο επιφανείας (επιφανειακή λεπίδα) για τη συλλογή των επιπλεόντων σε μια περιφερειακή χοάνη. Στη συνέχεια η ιλύς και τα επιπλέοντα διοχετεύονται στο φρεάτιο συλλογής και ανύψωσης της ιλύος (αντλιοστάσιο). Η διάμετρος της κάθε δεξαμενής είναι 24 m και ο όγκος της 1700 m<sup>3</sup>.

Στις δεξαμενές αυτές γίνονται δυο βασικές εργασίες, η διαύγαση των λυμάτων και η συμπύκνωση της ιλύος, οι οποίες πραγματοποιούνται με τον δια της βαρύτητας διαχωρισμό των μικροοργανισμών και των τυχών προσροφημένων σωματιδίων από την μη χρησιμοποιηθείσα τροφή. Δηλαδή, εδώ διαχωρίζεται το ανάμικτο υγρό που προέρχεται από τους βιολογικούς αντιδραστήρες σε δύο: τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, που υπερχειλίζουν και τη δευτεροβάθμια ιλύ, που καθιζάνει.

Στις δεξαμενές καθίζησης τα λύματα εισάγονται μέσω ενός συστήματος κεντρικής αναρρόφησης με διαχυτήρες, που εξασφαλίζουν ομοιόμορφη ακτινοειδή διανομή, αναστροφή της ροής και ελάττωση της ταχύτητάς τους. Κάθε δεξαμενή στο κέντρο της έχει βυθισμένο ένα έδρανο, όπου έχουν στηριχθεί οι γέφυρες των ξέστρων. Η γέφυρες κινούνται από ένα κινητήρα με μειωτήρα, ο οποίος κινεί δυο ρόδες που βρίσκονται στην επιφάνεια της δεξαμενής.

Τα επιπλέοντα υλικά ανεβαίνουν στην επιφάνεια της δεξαμενής και μεταφέρονται από τη ροή του νερού στην περιφέρεια. Ένα φράγμα, βυθισμένο 20 - 30 cm, συγκρατεί τα επιπλέοντα. Μια λεπίδα εξάφρισης, τοποθετημένη κάτω από την γέφυρα, προωθεί τον συγκεντρωμένο αφρό στην χοάνη συλλογής αφρού. Η χοάνη είναι τοποθετημένη στην περιφέρεια της δεξαμενής και συνδέεται με το φρεάτιο αφρού.

Στον πυθμένα της δεξαμενής κινείται ένα ξέστρο, το οποίο βοηθά την καθιζάνουσα ιλύ να προωθηθεί στο φρεάτιο που βρίσκεται στο κέντρο της δεξαμενής. Από εκεί η ιλύς οδηγείται με βαρύτητα στο φρεάτιο συλλογής και ανύψωσης της δευτεροβάθμιας ιλύος (αντλιοστάσιο) μέσω ενός σωλήνα.



**Σχήματα 4.10, 4.11:** Δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

#### 4.3.1.4. Απολύμανση

Η απολύμανση είναι το στάδιο εκείνο της επεξεργασίας που στοχεύει στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών των αποβλήτων (αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στα άλλα στάδια επεξεργασίας) και στη μείωση του φορτίου τους σε αποδεκτά επίπεδα, έτσι ώστε να εξαλείφεται ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών από τη διάθεση των αποβλήτων σε κάποιον αποδέκτη.

Η απολύμανση στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου γίνεται με την χρήση χλωρίου, και συγκεκριμένα με τη χρήση υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl). Έτσι η απολύμανση στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου περιλαμβάνει:

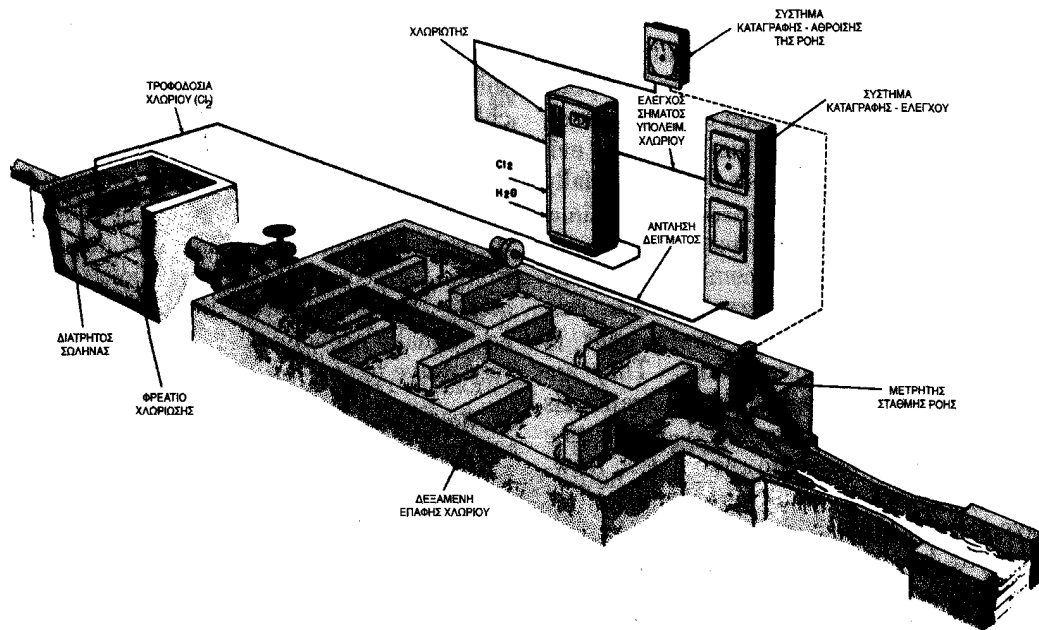
#### ΦΡΕΑΤΙΟ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ

Στη δεξαμενή χλωρίωσης (ορθογώνια - μαιανδρικής μορφής) γίνεται η απολύμανση της εκροής. Η δεξαμενή έχει χωρητικότητα 450 m<sup>3</sup> και είναι εξοπλισμένη με μετρητή υπολειμματικού χλωρίου.

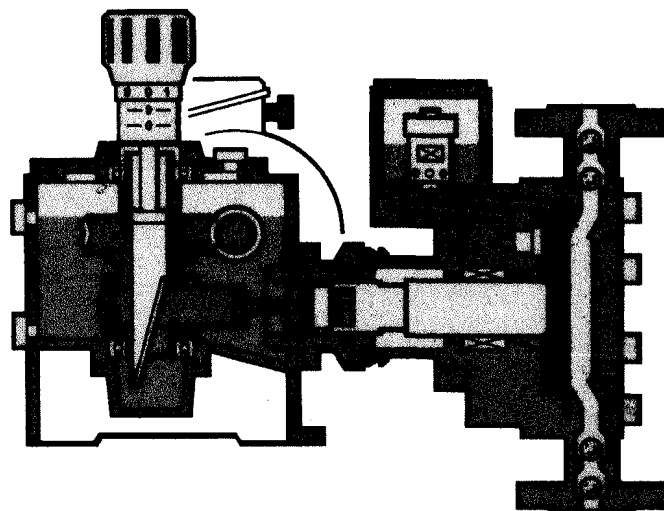
#### ΚΤΙΡΙΟ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ

Το κτίριο χλωρίωσης διαθέτει δοσομετρική αντλία (χλωριωτής) για να οδηγείται το διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου στο φρεάτιο χλωρίωσης και επίσης στεγάζει τη δεξαμενή στην οποία αποθηκεύεται αυτό το διάλυμα.

Στα Σχήματα 4.12 και 4.13 παρουσιάζονται αντίστοιχα, μια τυπική δεξαμενή επαφής χλωρίου και μία ενδεικτική τομή δοσομετρικής αντλίας υποχλωριώδους νατρίου.



Σχήμα 4.12: Τυπική δεξαμενή επαφής χλωρίου (Διαλυνάς κ.ά., 1994)



Σχήμα 4.13: Τομή δοσομετρικής αντλίας υποχλωριώδους νατρίου (χλωριωτής) (Διαλυνάς κ.ά., 1994)

#### 4.3.1.5. Τριτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της τριτοβάθμιας ή προχωρημένης επεξεργασίας αποβλήτων, είναι η απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών που δεν απομακρύνονται στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας όπως διάφορες ανόργανες ουσίες (χλωριούχα, θειικά κ.α.), ιχνοστοιχείων, ρυπαντών προτεραιότητας και πτητικών ενώσεων. Πολλές από τις ενώσεις αυτές είναι τοξικές στον άνθρωπο και στο υδρόβιο περιβάλλον. Έτσι αποκτούν ιδιαίτερη σημασία όταν περιέχονται σε επεξεργασμένα απόβλητα που διατίθενται σε επιφανειακά ή υπόγεια νερά που μπορούν στη συνέχεια να εισέλθουν στο δίκτυο του πόσιμου νερού. Η απομάκρυνση αυτή αποσκοπεί στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από ορισμένες ουσίες ή στην προετοιμασία των αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση.

Το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας επιτυγχάνεται με αμμοδιύλιση της επεξεργασμένης εκροής και περιλαμβάνει:

## ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ - ΑΝΤΛΙΕΣ - ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Το αμμόφιλτρο περιέχει χαλαζιακή άμμο και είναι τύπου βαρύτητας. Η διέλευση μέσα από την χαλαζιακή άμμο της επεξεργασμένης εκροής έχει σκοπό την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Η μονάδα είναι εξοπλισμένη με δύο αντλίες και δύο αεροσυμπιεστές για την αντίστροφη πλύση του αμμόφιλτρου, όταν αυτό εμφράξει. Η πλύση γίνεται σε δύο στάδια, το πρώτο με συνδυασμό νερού και αέρα και το δεύτερο μόνο με νερό. Η υπερχειλίση της πλύσης οδηγείται στο αντλιοστάσιο στραγγιδίων. Η διαδικασία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη.

### **4.3.2. Γραμμή επεξεργασίας ιλύος**

#### ΦΡΕΑΤΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΙΛΥΟΣ

Σε κάθε γραμμή επεξεργασίας υπάρχει ένα φρεάτιο συλλογής και ανύψωσης της δευτεροβάθμιας ιλύος (αντλιοστάσιο). Το φρεάτιο αυτό βρίσκεται σε επαφή με την αντίστοιχη δεξαμενή τελικής καθίζησης και είναι εξοπλισμένο με τρεις υποβρύχιες αντλίες (η μία εφεδρική) για την ανακυκλοφορούσα ιλύ που οδηγείται στην αρχή του αντίστοιχου βιολογικού αντιδραστήρα και με δύο υποβρύχιες αντλίες (η μία εφεδρική) για την περίσσεια ιλύος, η οποία και οδηγείται στην αρχή της πρωτοβάθμιας καθίζησης.

#### ΦΡΕΑΤΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΑΝΑΜΙΚΤΗΣ ΙΛΥΟΣ

Σε κάθε γραμμή επεξεργασίας υπάρχει ένα φρεάτιο συλλογής και ανύψωσης της ανάμικτης ιλύος (αντλιοστάσιο), η οποία προέρχεται από την καθίζηση στην κάθε δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης της πρωτοβάθμιας ιλύος και της περίσσειας ιλύος, η οποία, όπως προαναφέρθηκε, έχει προηγουμένως οδηγηθεί στην αρχή της πρωτοβάθμιας καθίζησης. Το φρεάτιο αυτό είναι εφοδιασμένο με δύο υποβρύχιες αντλίες, οι οποίες οδηγούν την ανάμικτη ιλύ στον μηχανικό παχυντή για πύκνωση.

#### ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΧΥΝΣΗΣ ΙΛΥΟΣ

Η πάχυνση στοχεύει στη μείωση του όγκου της ιλύος, που επιτυγχάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών της, απομακρύνοντας μέρος του νερού που περιέχει. Αυτή η μονάδα περιλαμβάνει ένα μηχανικό παχυντή ιλύος δυναμικότητας έως 40 m<sup>3</sup>/h για την πύκνωση της ανάμικτης ιλύος. Επίσης, τη μονάδα συμπληρώνουν δύο αντλίες θετικής εκτοπίσεως της παχυμένης ιλύος. Η μονάδα είναι στεγασμένη εντός κτιρίου, το οποίο συνδέεται με το κεντρικό σύστημα απόσμησης της εγκατάστασης.



**Σχήμα 4.14:** Μηχανικός παχυντής ιλύος Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

### ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΙΛΥΟΣ

Η σταθεροποίηση της ιλύος έχει στόχο την αδρανοποίησή της, τη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, τη μείωση των οσμών και την εξάλειψη της πιθανότητας της ιλύος να γίνει σηπτική. Η εν λόγω μονάδα αποτελείται από μία δεξαμενή χώνευσης ιλύος, όγκου 2.000 m<sup>3</sup>, στην οποία γίνεται η αερόβια σταθεροποίηση της ιλύος μόνο κατά τους θερινούς μήνες. Η δεξαμενή είναι, επίσης, εξοπλισμένη με τέσσερις υποβρύχιους αεριστήρες και διατάξεις μέτρησης και ρύθμισης του διαλυμένου οξυγόνου.

### ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ ΙΛΥΟΣ

Η αφυδάτωση είναι μια φυσική διαδικασία διαχωρισμού του νερού από τα στερεά της ιλύος με σκοπό τη δραστική μείωση του όγκου του τελικού προς διάθεση προϊόντος. Η διαφορά με την πύκνωση είναι ότι ενώ η πυκνωμένη ιλύς διατηρεί την υγρή κατάσταση, η αφυδατωμένη ιλύς έχει στερεά κατάσταση όπως αυτή του χώματος. Η αφυδατωμένη ιλύς είναι σε μη υγρή κατάσταση και με μειωμένο όγκο, γεγονός που κάνει την μεταφορά της φθηνότερη και ευκολότερη, μειώνει το κόστος της επεξεργασίας που τυχόν ακολουθεί (ιδιαίτερα της αποτέφρωσης) και δεν προκαλεί ρύπανση λόγω αποστράγγισης αν διατίθεται στο έδαφος.

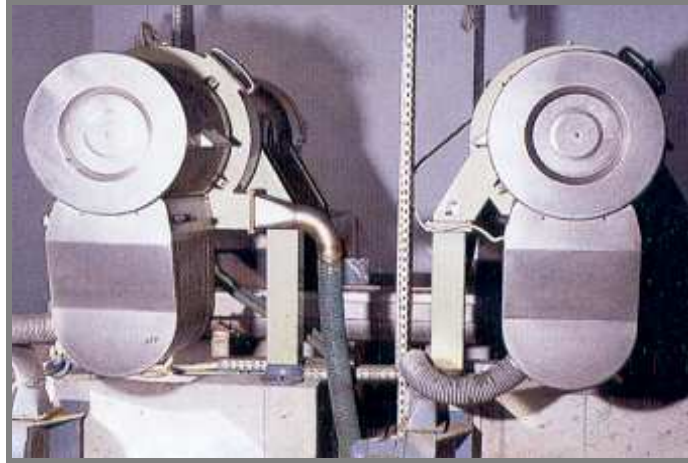
Αυτή η μονάδα περιλαμβάνει δύο συστήματα μηχανικής αφυδάτωσης της ιλύος, καθένα αποτελούμενο από ένα φυγοκεντρικό αφυδατωτή δυναμικότητας έως 25 m<sup>3</sup> / h και μία αντλία τροφοδοσίας ιλύος. Το σύστημα συμπληρώνουν κοχλίες μεταφοράς της αφυδατωμένης ιλύος. Στον βοηθητικό εξοπλισμό περιλαμβάνεται σύστημα προετοιμασίας και δοσομέτρησης - ανάμιξης πολυμερούς (διαλύματος ανιοντικού πολυηλεκτρολύτη) και ένα σύστημα έκπλυσης.

Το σύστημα προετοιμασίας και δοσομέτρησης πολυμερούς - ανάμιξης του κροκιδωτικού είναι ένα ειδικά σχεδιασμένο σύστημα για την ανάμιξη της σκόνης του πολυμερούς με νερό και τη δημιουργία διαλύματος. Το διάλυμα αναμιγνύεται με την ιλύ, βοηθώντας στον διαχωρισμό των σωματιδίων από το νερό και μεγιστοποιώντας την αφυδάτωσή της.

Η μονάδα είναι στεγασμένη στο ίδιο κτίριο που βρίσκεται και η μονάδα πάχυνσης της ιλύος, το οποίο και συνδέεται με το κεντρικό σύστημα απόσμησης της εγκατάστασης.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω της μειωμένης ποσότητας ιλύος που παράγεται από την εγκατάσταση, το ένα από τα δύο συστήματα μηχανικής αφυδάτωσης, τίθεται

εκτός λειτουργίας.



**Σχήμα 4.15:** Φυγοκεντρικοί αφυδατωτές ιλύος Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

Η τελική διάθεση ιλύος, που απομακρύνεται με ειδικά διαμορφωμένα φορτηγά από την γραμμή επεξεργασίας της ιλύος της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, γίνεται στη χωματερή της πόλης του Ηρακλείου.

#### ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ

Σε αυτή τη μονάδα γίνεται η συλλογή των στραγγιδίων (απόνερων) που προέρχονται από διάφορες μονάδες της εγκατάστασης και συγκεκριμένα από το μηχανικό παχυντή, τη δεξαμενή χώνευσης και τους φυγοκεντρικούς αφυδατωτές της ιλύος, τη μονάδα απόσμησης, τις μονάδες εξάμμωσης - απολίπανσης καθώς και το αμμόφιλτρο κατά την αντίστροφη πλύση του. Το αντλιοστάσιο είναι εξοπλισμένο με τρεις υποβρύχιες αντλίες (η μία εφεδρική), οι οποίες διοχετεύουν τα στραγγίδια στον μεριστή παροχής Νο 2. Δηλαδή, τα απόνερα, λόγω του υψηλού ρυπαντικού τους φορτίου, οδηγούνται ξανά στη γραμμή επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.



**Σχήμα 4.15:** Αντλιοστάσιο στραγγιδίων Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

### 4.3.3. Σταθμός υποδοχής βοθρολυμάτων

#### ΣΤΑΘΜΟΣ ΥΠΟΔΟΧΗΣ - ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ

Ο σταθμός υποδοχής βοθρολυμάτων της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου αποτελείται από δύο παράλληλες γραμμές εκκένωσης βυτιοφόρων οχημάτων. Κάθε βυτιοφόρο όχημα αδειάζει τα βοθρολύματα σε μία από τις δύο αυτές παράλληλες γραμμές εκκένωσης, αφού συνδεθεί στο βυτίο κατάλληλος σωλήνας ο οποίος και μεταφέρει τα βοθρολύματα για την αρχική προεπεξεργασία απομάκρυνσης των αδρομερών. Αυτή περιλαμβάνει εσχάρωση για την απομάκρυνση των στερεών αντικειμένων μέχρι 5 χιλιοστών και εξάμμωση για την απομάκρυνση της άμμου. Τα εσχαρίσματα και η άμμος, που απομακρύνονται, συλλέγονται σε δύο δοχεία συλλογής στερεών αποβλήτων όγκου 1,5 m<sup>3</sup> το καθένα. Μετά την αρχική προεπεξεργασία τους, τα βοθρολύματα συγκεντρώνονται στις δύο δεξαμενές εξισορρόπησης, όπου έχουμε ανάδευση και ομογενοποίησή τους.

Ο σταθμός υποδοχής βοθρολυμάτων συνδέεται με το κεντρικό σύστημα απόσμησης της εγκατάστασης.

Κατά τη χειμερινή περίοδο, λόγω της μειωμένης ποσότητας εισερχόμενων βοθρολυμάτων στην εγκατάσταση, η μία από τις δύο γραμμές εκκένωσης βυτιοφόρων οχημάτων και η αντίστοιχη δεξαμενή εξισορρόπησης τίθενται εκτός λειτουργίας.

#### ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Στην έξοδο των δύο δεξαμενών εξισορρόπησης υπάρχει κοινό αντλιοστάσιο για την ανύψωση των βοθρολυμάτων προς το επόμενο στάδιο επεξεργασίας και την ανάμιξή τους με τα αστικά λύματα που έρχονται στην εγκατάσταση. Το αντλιοστάσιο ανύψωσης χρειάζεται διότι οι δεξαμενές εξισορρόπησης βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο σε σχέση με τη γραμμή επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και γι' αυτό είναι απαραίτητη η ανύψωσή τους. Τέλος, υπάρχει σύστημα ελέγχου και εξισορροπημένης τροφοδοσίας των βοθρολυμάτων προς τη γραμμή επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Το αντλιοστάσιο ανύψωσης των βοθρολυμάτων συνδέεται με το κεντρικό σύστημα απόσμησης της εγκατάστασης.



**Σχήμα 4.17:** Σταθμός υποδοχής βοθρολυμάτων Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου



#### 4.3.4. Σύστημα απόσμησης

##### ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΣΜΗΣΗΣ

Πρόκειται για μία μονάδα απόσμησης που αποτελείται από ένα βιόφιλτρο (φίλτρο κόμπποστ). Η μονάδα αυτή επεξεργάζεται τον αέρα που εκκενώνεται από το σταθμό υποδοχής των βοθρολυμάτων, το αντλιοστάσιο ανύψωσής τους, το κτίριο των εσχάρων, του αμμοσυλλέκτη και του λιπосуλλέκτη, τα αντλιοστάσια της ανάμικτης και της δευτεροβάθμιας ιλύος, και τέλος τις μονάδες πάχυνσης και αφυδάτωσης της ιλύος για την απομάκρυνση των δυσάρεστων και έντονα διαβρωτικών οσμών.

Η εν λόγω μονάδα περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

α) Σταθμό κλιματισμού αποτελούμενο από στήλη φίλτρου, σύστημα διανομής νερού, αφυγραντήρα, φρεάτιο αντλίας, αντλία ανακυκλοφορίας, ελεγκτή στάθμης και έξοδο για το νερό στράγγισης.

Ο σκοπός του κλιματισμού είναι για την:

- Ύγρανση του αέρα ώστε να αποφεύγεται αποξήρανση του υλικού του φίλτρου. Επιτυγχάνεται σχετική υγρασία τουλάχιστον 95%.
- Πτώση θερμοκρασίας σε επίπεδα αποδεκτά για τη βιολογική διεργασία.
- Απομάκρυνση όλης της σκόνης από τον εξερχόμενο αέρα σε αντιστάθμιση των αυξημένων απωλειών πίεσης μέσω του υλικού του φίλτρου.
- Τακτική απομάκρυνση του αποστραγγιζόμενου νερού ώστε να διαχωρίζονται τα σωματίδια και τα διαλυμένα άλατα.
- Αναπλήρωση των απωλειών λόγω εξατμίσεως του καθαρού νερού στη διάταξη ελέγχου στάθμης.

β) Δύο τυπικά δοχεία τα οποία περιέχουν τα φίλτρα και είναι συνδεδεμένα παράλληλα. Το βιολογικά ενεργό υλικό των φίλτρων αποτελείται από μίγμα από φλοιδες και αποικοδομούμενη οργανική ύλη με ρυθμιστικό διάλυμα του pH προκειμένου να αντισταθμίζεται η ρύπανση από τα προϊόντα της βιολογικής μετατροπής. Πριν το ξεκίνημα τα στοιχεία των φίλτρων εμβολιάζονται με ενεργό ιλύ προερχόμενη από την εγκατάσταση.

γ) Σύστημα ακροφύσιων για συμπληρωματική ύγρανση με προσθήκη νερού του υλικού των φίλτρων (συμπλήρωμα του κλιματισμού).

δ) Ανεμιστήρα τοποθετημένο μετά το φίλτρο.

ε) Πίνακα ελέγχου.

Η μονάδα προστατεύεται από άμεση έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία με ελαφρό στέγαστρο από αλουμίνιο τοποθετημένο στο πάνω μέρος της.

#### 4.3.5. Λοιπές εγκαταστάσεις Ε.Ε.Λ Χερσονήσου

Η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου έχει μια σειρά από σημαντικές καινοτομίες για τα ελληνικά δεδομένα, όπως:

1. σύγχρονο κτίριο διοίκησης που μεταξύ των άλλων περιλαμβάνει:

α) Εργαστήριο χημικών αναλύσεων: Στο κτίριο διοίκησης βρίσκεται χημικό

εργαστήριο εξοπλισμένο με τα διάφορα όργανα για τις απαραίτητες αναλύσεις νερών και λυμάτων.

β) Κέντρο ελέγχου: Στο ίδιο κτίριο βρίσκεται το κέντρο ελέγχου της εγκατάστασης, όπου είναι εγκατεστημένο το κεντρικό σύστημα ελέγχου. Το κεντρικό αυτό σύστημα ελέγχου περιλαμβάνει «κεντρική» μονάδα PLC (προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής πολυπρογραμματιστής), ηλεκτρονικό υπολογιστή εφοδιασμένο με ειδικό λογισμικό πακέτο τηλεεποπτείας – τηλεχειρισμών και πίνακα ελέγχου με μιμικό διάγραμμα, ο οποίος αντιστοιχεί στις κύριες λειτουργίες της εγκατάστασης παρέχει τις κυριότερες πληροφορίες για αυτήν. Κάθε τμήμα της εγκατάστασης απεικονίζεται στο μιμικό διάγραμμα του πίνακα ελέγχου. Σε κάθε εικόνα του διαγράμματος φαίνονται συμβολικά οι κινητήρες, οι αντλίες, οι βαλβίδες κ.α. που ανήκουν στο αντίστοιχο τμήμα της εγκατάστασης. Η συμβολική αναπαράσταση κάθε εξαρτήματος είναι χρωματισμένη ανάλογα με τις πληροφορίες που έχει τη δυνατότητα να δώσει το σύστημα και οι οποίες χαρακτηρίζουν την εκάστοτε κατάσταση του εξαρτήματος.

Οι δύο βασικές λειτουργίες του συστήματος είναι η καταγραφή των λειτουργιών των εξαρτημάτων (αντλίες, κινητήρες, βαλβίδες κ.α.) που γίνεται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και η ρύθμιση της λειτουργίας της εγκατάστασης που γίνεται από τα PLC («κεντρική» μονάδα και περιφερειακά).

Έτσι ο χειριστής του συστήματος μπορεί από το κέντρο ελέγχου να εποπτεύει τα εξαρτήματα της εγκατάστασης, να προγραμματίζει χειροκίνητα τις διάφορες λειτουργίες ή να επιλέγει την αυτόματη λειτουργία. Δηλαδή, ο χειριστής μπορεί να συλλέξει οποιαδήποτε πληροφορία αλλά και να επέμβει μεταβάλλοντας συγκεκριμένες λειτουργικές παραμέτρους, ενώ αυτόματα αποθηκεύονται – εκτυπώνονται όλα τα χρήσιμα στοιχεία για τη λειτουργία της εγκατάστασης (δημιουργία ιστορικού αρχείου δεδομένων).

2. σύστημα τηλεχειρισμού, τηλεελέγχου και αυτόματης ρύθμισης της λειτουργίας της. Υπάρχουν πέντε περιφερειακές μονάδες PLC, λειτουργικά καταναμημένες σε όλη την εγκατάσταση, που μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα ή / και να μεταφέρουν και να δέχονται πληροφορίες από το κέντρο ελέγχου, όπου, βρίσκεται η «κεντρική» μονάδα PLC. Έτσι, με τον συνεχή έλεγχο των διαφόρων λειτουργικών παραμέτρων της εγκατάστασης, εξασφαλίζεται η αποδοτική λειτουργία της ανάλογα με τις διαφοροποιούμενες συνθήκες λειτουργίας (παροχές, φορτία, κ.λ.π.).



**Σχήμα 4.18:** Κτίριο διοίκησης Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου



**Σχήμα 4.19:** Εργαστήριο χημικών αναλύσεων Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου



**Σχήμα 4.20:** Πίνακας ελέγχου (με μιμικό διάγραμμα) Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

3. κεντρικό σύστημα απόσμησης που αποτελείται από μονάδα απόσμησης (βιόφιλτρο), και η οποία επεξεργάζεται τον αέρα που εκκενώνεται από ορισμένες μονάδες της εγκατάστασης.
4. κτίριο ενέργειας (κτίριο του υποσταθμού ρεύματος).
5. την εξ ολοκλήρου χρησιμοποίησή των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση και πυρόσβεση της ευρύτερης περιοχής. Για την άρδευση των φυτών και του χώρου πρασίνου γενικότερα της εγκατάστασης χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα υγρά απόβλητα από την εκροή της εγκατάστασης.
6. σύγχρονο σταθμό βοθρολυμάτων με υποδοχή – εκκένωση βυτιοφόρων οχημάτων, προεπεξεργασία και εξισορροπημένη τροφοδοσία προς τη γραμμή επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Όλες οι σωληνώσεις λυμάτων – ιλύος που έχουν τοποθετηθεί στην εγκατάσταση είναι ανοξειδωτες.
7. μετρητές «on line», οι οποίοι τροφοδοτούν το σύστημα ελέγχου.



Σχήματα 4.21, 4.22: Κτίριο ενέργειας Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

#### 4.4. Σύστημα διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων Ε.Ε.Λ Χερσονήσου

Η διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου γίνεται με εξ' ολοκλήρου επαναχρησιμοποίηση τους για διάφορους σκοπούς, και κυρίως για άρδευση και πυρόσβεση της ευρύτερης περιοχής. Μάλιστα, η εν λόγω εγκατάσταση είναι η πρώτη στην Κρήτη στην οποία πραγματοποιείται επαναχρησιμοποίηση του συνόλου των παραγόμενων σε αυτή επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των προς διάθεση λυμάτων έχουν καθοριστεί από την Διαχειριστική Αρχή της εγκατάστασης και αναφέρονται στον Πίνακα 4.7 που ακολουθεί.

**Πίνακας 4.7: Απαιτούμενα χαρακτηριστικά εκροής**

Απαιτούμενα χαρακτηριστικά εκροής		Επιτυγχανόμενα αποτελέσματα (κατά μέσο όρο)
BOD <sub>5</sub>	< 20mg/lit	10
COD	< 80mg/lit	60
Ολικά αιωρούμενα στερεά T.S.S. Total suspended solids	< 25mg/lit	13
Ολικό άζωτο (N) Total N	< 10mg/lit	7
PH	6-8	7,1
Υπολειμματικό χλώριο Residual chlorine	< 1mg/lit	0,5
Ολικά κολοβακτηριοειδή Total coliforms	< 500/100 ml	250

Επίσης, έχει κατασκευαστεί ένα σύστημα διάθεσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από την έξοδο της εγκατάστασης σε παρακείμενες εκτάσεις, το οποίο παρουσιάζεται αναλυτικά στο *Παράρτημα 1*, μέσω του οποίου το «ανακτημένο πλέον νερό» χρησιμοποιείται κυρίως για:

#### 1) Άρδευση γεωργικών εκτάσεων

Μέσω του συστήματος διάθεσης, το «ανακτημένο νερό» διοχετεύεται για άρδευση ελαιοδένδρων σε παρακείμενους στην εγκατάσταση ελαιώνες, συνολικής έκτασης 220 στρεμμάτων. Η αρδευόμενη έκταση έχει χωριστεί σε δύο ζώνες άρδευσης, τη χαμηλή ζώνη (200 στρεμμάτων, 0 – 80 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας) και την υψηλή ζώνη (20 στρεμμάτων, 70 – 100 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας). Σε κάθε ζώνη άρδευσης υπάρχει μια δεξαμενή άρδευσης. Έτσι, στην υψηλή ζώνη υπάρχει η δεξαμενή υψηλής ζώνης και στη χαμηλή η δεξαμενή χαμηλής.

Η μέθοδος άρδευσης που χρησιμοποιείται για την άρδευση των ελαιοδεντρων είναι τοπική, στάγδην, υπό πίεση, άρδευση.

#### 2) Άρδευση χώρων πρασίνου

Αυτή η χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει την άρδευση δένδρων (φοινικοειδών και άλλων), χαμηλών θάμνων και άλλων ποωδών φυτών που βρίσκονται σε χώρους πρασίνου του τμήματος της εθνικής οδού (Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης) που διέρχεται από τη συγκεκριμένη περιοχή και βρίσκεται εντός των ορίων του Δήμου Χερσονήσου. Οι αναλύσεις δεν επεκτάθηκαν στο συγκεκριμένο τμήμα του αρδευτικού δικτύου, γιατί η προσέγγιση στο συγκεκριμένο σημείο ήταν δύσκολη έως αδύνατη.

Περιλαμβάνει επίσης και τους περιβάλλοντες χώρους πρασίνου των ξενοδοχείων Creta Maris και Silva Maris. Οι δύο ξενοδοχειακές αυτές μονάδες βρίσκονται στην περιοχή του Λιμένα Χερσονήσου και τα παραγόμενα σε αυτές λύματα οδηγούνται για επεξεργασία στην Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου. Η έκταση του περιβάλλοντα χώρου πρασίνου των δύο ξενοδοχείων είναι 55 στρέμματα. Αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο στο ξενοδοχείο Silva Maris (Υδροστόμιο 14).

#### 3) Πυρόσβεση

Γι' αυτό το σκοπό, έχουν τοποθετηθεί 32 πυροσβεστικοί κρουνοί σε αντίστοιχα

σημεία του δικτύου άρδευσης για την υδροληψία των πυροσβεστικών οχημάτων. Επίσης, έχει προβλεφθεί η ποσότητα του νερού στις δύο δεξαμενές άρδευσης να μη μειώνεται ποτέ κάτω από τα  $200 \text{ m}^3$ , δηλαδή να υπάρχει πάντα αποθηκευμένη σε αυτές μια ελάχιστη ποσότητα  $200 \text{ m}^3$  νερού, η οποία να μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Το δίκτυο άρδευσης αποτελείται από τα εξής:

#### Δεξαμενή αποθήκευσης

Πρόκειται για μια δεξαμενή αποθήκευσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην έξοδο της εγκατάστασης, χωρητικότητας  $300 \text{ m}^3$ , όπου οδηγούνται τα απόβλητα μετά την αμμοδιύλησή τους. Αυτή η δεξαμενή χρησιμεύει για την προσωρινή αποθήκευσή τους πριν τη διάθεσή τους και την εξισορροπημένη τροφοδοσία τους προς το σύστημα.

#### Αντλιοστάσιο άρδευσης

Το αντλιοστάσιο άρδευσης βρίσκεται στην έξοδο της εγκατάστασης, και συγκεκριμένα στο κτίριο που είναι εγκατεστημένο και το αμμόφιλτρο ( $40 \text{ m}$  πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας).

Στο αντλιοστάσιο άρδευσης είναι εγκατεστημένες τρεις αντλίες κάθετες, τύπου πομόνας, συνολικής ισχύος  $255 \text{ KW}$ . Οι αντλίες No 1 και No 2 είναι όμοιες, ισχύος  $90 \text{ KW}$  η καθεμία, ενώ η αντλία No 3 έχει ισχύ  $75 \text{ KW}$ . Οι αντλίες No 1 και No 2 μπορούν να διοχετεύσουν νερό τόσο στη δεξαμενή χαμηλής ζώνης (με παροχή  $188 \text{ m}^3/\text{h}$ ) όσο και στη δεξαμενή υψηλής ζώνης (με παροχή  $167 \text{ m}^3/\text{h}$ ), ενώ η αντλία No 3 μπορεί να διοχετεύσει νερό μόνο στη δεξαμενή χαμηλής ζώνης (με παροχή  $152 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Η λειτουργία των αντλιών ελέγχεται από ρυθμιστή στροφών (inverter).

#### Δεξαμενές άρδευσης

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν δύο δεξαμενές άρδευσης (συνολικού όγκου  $1020 \text{ m}^3$ ) για την εξυπηρέτηση των αντίστοιχων ζωνών άρδευσης (υψηλή και χαμηλή ζώνη), η δεξαμενή υψηλής ζώνης για την υψηλή (χωρητικότητας  $220 \text{ m}^3$ ,  $140 \text{ m}$  πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας), και η δεξαμενή χαμηλής ζώνης για τη χαμηλή (χωρητικότητας  $800 \text{ m}^3$ ,  $100 \text{ m}$  πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας). Από κάθε δεξαμενή γίνεται η διοχέτευση με βαρύτητα του νερού στο δίκτυο άρδευσης της αντίστοιχης ζώνης.



**Σχήματα 4.23, 4.24:** Δεξαμενή χαμηλής και υψηλής ζώνης άρδευσης αντίστοιχα

#### Καταθλιπτικός αγωγός άρδευσης

Το «ανακτημένο νερό» διοχετεύεται από την έξοδο της εγκατάστασης στις δύο δεξαμενές άρδευσης μέσω καταθλιπτικού αγωγού, από PVC, με αντοχή σε εσωτερική πίεση 16 atm και με εξωτερική διάμετρο 315 mm, συνολικού μήκους 3.200 m περίπου. Μάλιστα, το τμήμα του καταθλιπτικού αγωγού που τροφοδοτεί τη δεξαμενή χαμηλής ζώνης είναι ανεξάρτητο από εκείνο που τροφοδοτεί τη δεξαμενή υψηλής ζώνης.

#### Αγωγοί άρδευσης

Στις δύο ζώνες άρδευσης υπάρχουν αγωγοί άρδευσης, από PVC, με αντοχή σε εσωτερική πίεση 16 atm και με εξωτερικές διαμέτρους 125, 160 ή 200 mm, συνολικού μήκους 15.000 m. Στη χαμηλή ζώνη άρδευσης οι αγωγοί άρδευσης έχουν μήκος 9.450 m, ενώ στην υψηλή ζώνη έχουν μήκος 2.050 m.

Ο καταθλιπτικός αγωγός και οι λοιποί αγωγοί άρδευσης είναι τοποθετημένοι υπόγεια σε τάφρους βάθους 0,5 – 0,8 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Σε τμήματα διασταύρωσης με αγροτικούς δρόμους, οι αγωγοί είναι τοποθετημένοι σε βάθος 1,3

m, για να μην υφίστανται καταπόνηση από τα διερχόμενα οχήματα. Στις ίδιες τάφρους βρίσκονται και οι καλωδιώσεις των ισχυρών και ασθενών ρευμάτων σε ξεχωριστές σωληνώσεις.

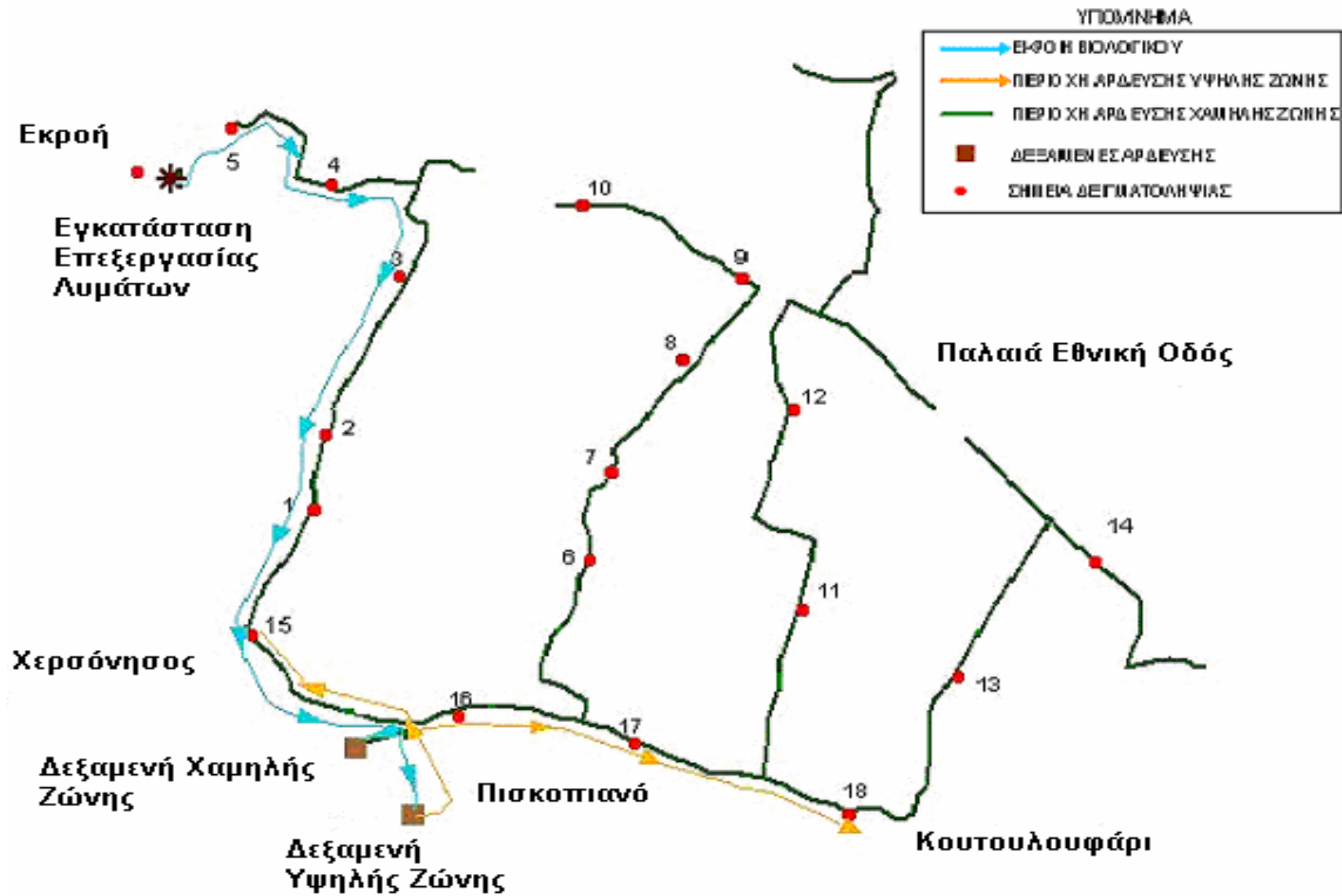
#### Υδροστόμια άρδευσης

Σε 45 σημεία των αγωγών άρδευσης, υπάρχουν σιδερένια υδροστόμια με παροχόμετρα, στόμια υδροληψίας και βάνες διακοπής σε κάθε στόμιο. Σε κάθε στόμιο υδροληψίας είναι συνδεδεμένος ένας δευτερεύον αγωγός άρδευσης, ο οποίος μεταφέρει το νερό σε κάθε αρδευόμενο αγρό και στους σταλακτηφόρους αγωγούς που βρίσκονται σε αυτόν. Για την συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκαν 20 αντιπροσωπευτικά σημεία δειγματοληψίας και στις δύο ζώνες του αρδευτικού δικτύου. Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται ένας αντιπροσωπευτικός χάρτης δικτύου της περιοχής (Σχήμα 4.26) και το διάγραμμα περιγραφής της ροής των ανακτημένων υγρών αποβλήτων (Σχήμα 4.27).

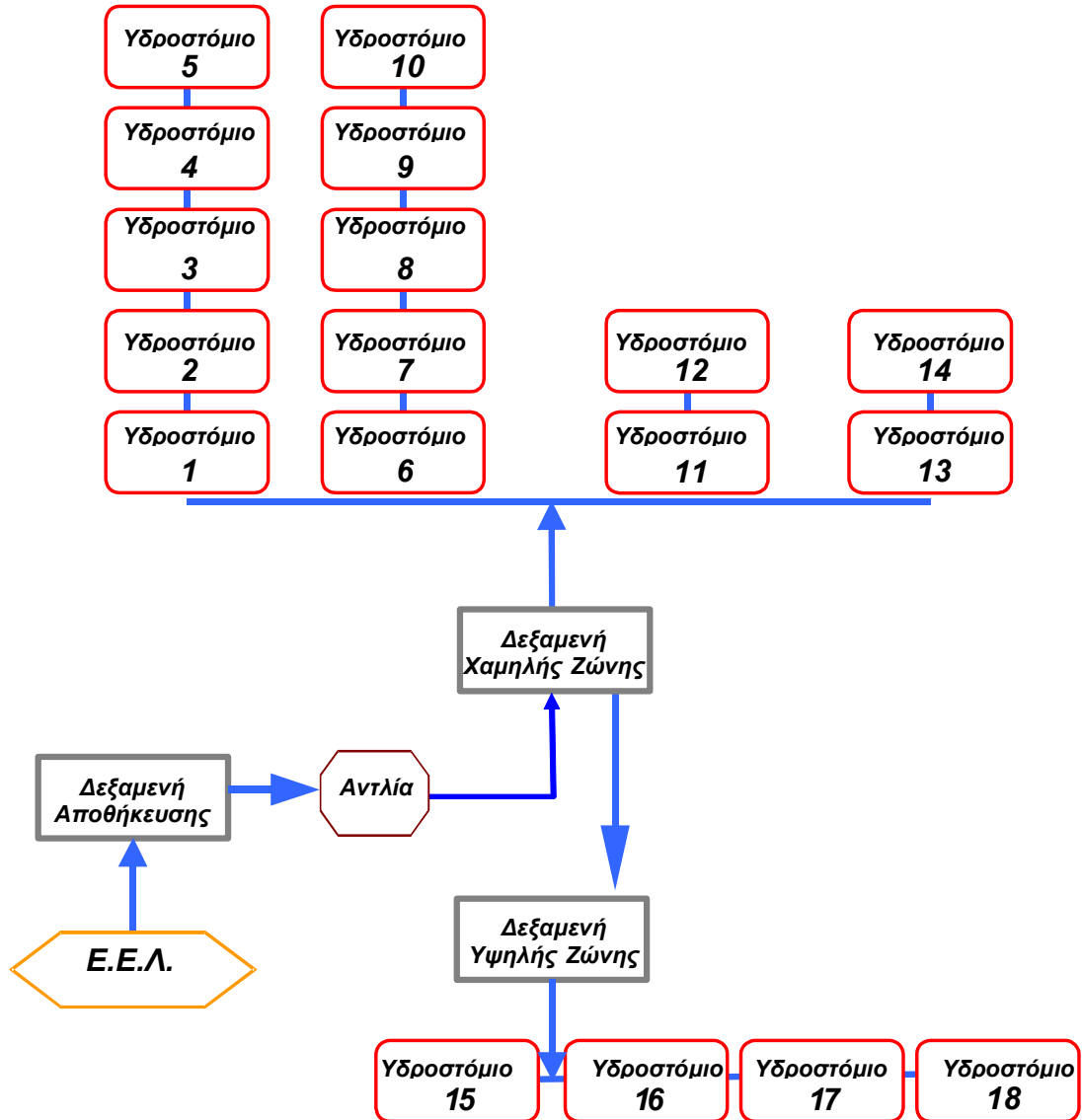


**Σχήμα 4.25:** Υδροστόμιο άρδευσης





Σχήμα 4.26: Τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής του δικτύου



Σχήμα 4.27: Μιμικό διάγραμμα ροής

### Πυροσβεστικοί κρουνοί

Υπάρχουν 32 πυροσβεστικοί κρουνοί σε αντίστοιχα σημεία των αγωγών άρδευσης για την υδροληψία των πυροσβεστικών οχημάτων.



**Σχήμα 4.27:** Πυροσβεστικός κρουνοί

Σε κάθε υδροστόμιο άρδευσης και σε κάθε πυροσβεστικό κρουνοί έχει τοποθετηθεί κατάλληλη προειδοποιητική επιγραφή που επισημαίνει ότι τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι ακατάλληλα για ύδρευση (Σχήμα 4.28).



**Σχήμα 4.28:** Προειδοποιητική επιγραφή ακαταλληλότητας για ύδρευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων τις Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

### Σύστημα ελέγχου και αυτοματισμού

Για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος διάθεσης, η ποσότητα των διοχετευόμενων σε αυτό επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ελέγχεται από ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου και αυτοματισμού. Αυτό αποτελείται από ένα κεντρικό ηλεκτρομαγνητικό παροχόμετρο (εγκαταστημένο στην αρχή του καταθλιπτικού αγωγού άρδευσης) και ένα σύστημα προγραμματισμού άρδευσης με ηλεκτροβάνες για την επιλογή κάθε φορά της ζώνης άρδευσης η οποία θα προμηθευτεί με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Το σύστημα διάθεσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων της εγκατάστασης, συνήθως ελέγχεται και διαχειρίζεται από κατάλληλα εκπαιδευμένο και έμπειρο

προσωπικό της Δ.Ε.Υ.Α. Χερσονήσου. Η διάθεση, ωστόσο, των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από τα στόμια υδροληψίας των υδροστομίων άρδευσης στους παρακείμενους αγρούς ελέγχεται από τους καλλιεργητές τους, δεν απαιτεί ιδιαίτερες γνώσεις και χρησιμοποιούνται παραδοσιακές και συμβατικές πρακτικές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

#### 5.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο, γίνεται η περιγραφή της ερευνητικής εργασίας, που πραγματοποιήθηκε, με σκοπό τον έλεγχο των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων του συστήματος διάθεσης της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου. Δηλαδή, στόχος ήταν η μελέτη και η καταγραφή της ποιοτικής διακύμανσης των επεξεργασμένων λυμάτων, κατά μήκος του συστήματος διάθεσης, και η διερεύνηση δυνατοτήτων καλύτερης λειτουργίας του υπάρχοντος συστήματος, με ταυτόχρονη διατήρηση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων σε «ασφαλή» για τη δημόσια υγεία επίπεδα. Η διασφάλιση της δημόσιας υγείας αποτελεί σημαντικό παράγοντα καθώς εκτεθειμένοι στους κινδύνους που μπορεί να προκύψουν δεν είναι μόνο οι γεωργοί αλλά και ένα μεγάλο μέρος των κατοίκων της περιοχής, αφού υπάρχουν υδροστόμια διάθεσης επεξεργασμένων αποβλήτων ακόμα και μέσα σε κατοικημένες περιοχές (Σχήμα 5.1). Επίσης, στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν κατά τις δειγματοληψίες και τις εργαστηριακές αναλύσεις καθώς και τα αποτελέσματά τους.



**Σχήμα 5.1:** Δειγματοληψία από υδροστόμιο που βρίσκεται μέσα σε κατοικημένη περιοχή

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες ανά τακτά χρονικά διαστήματα (σειρές δειγματοληψιών) και για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, καθώς και εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων για τον υπολογισμό συγκεκριμένων ποιοτικών παραμέτρων σε αυτά.

Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν δέκα σειρές δειγματοληψιών – αναλύσεων και η χρονική περίοδος κατά την οποία αυτές διεξήχθησαν, είχε διάρκεια από τις 19 Μαΐου έως τις 12 Οκτωβρίου του 2003. Ο βασικός λόγος επιλογής της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, ήταν ότι αυτή συνέπεφτε με την κύρια αρδευτική περίοδο του εν λόγω έτους (Μάιος – Σεπτέμβριος). Μάλιστα, επρόκειτο για τη θερινή περίοδο, κατά

την οποία, όπως προαναφέρθηκε, έχουμε σημαντική αύξηση του εξυπηρετούμενου από την εγκατάσταση πληθυσμού, και ποιοτικές – ποσοτικές αυξομειώσεις των λυμάτων, που εισέρχονται από το δίκτυο αποχέτευσης της περιοχής στην εγκατάσταση. Επίσης, αλλαγές πραγματοποιούνται και στη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων, με μεταβολή του αριθμού των γραμμών επεξεργασίας και των ακολουθούμενων μεθόδων, για να μπορεί η εγκατάσταση να είναι ευέλικτη και να μην παρουσιάζονται προβλήματα, λόγω των απότομων εποχικών διακυμάνσεων. Οι εποχικές αυτές διακυμάνσεις, όπως είναι φυσικό, επηρεάζουν και την έξοδο της εγκατάστασης.

Οι δειγματοληψίες και οι αναλύσεις κάθε σειράς διαρκούσαν δύο ημέρες και επαναλαμβάνονταν κάθε 15 – 20 ημέρες. Αναλυτικά, οι ημερομηνίες των σειρών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

Τα σημεία δειγματοληψίας του συστήματος διάθεσης της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου ήταν προεπιλεγμένα και τα ίδια κάθε φορά, με αποτέλεσμα να συλλεχθούν, συνολικά, κατά τη διάρκεια της παραπάνω χρονικής περιόδου έως δέκα δείγματα από κάθε σημείο. Τα σημεία αυτά ήταν η έξοδος της εγκατάστασης, οι δύο δεξαμενές άρδευσης (δεξαμενή υψηλής ζώνης και δεξαμενή χαμηλής ζώνης άρδευσης) και 18 υδροστόμια άρδευσης (από τα 45 συνολικά). Η επιλογή των υδροστομίων έγινε, έτσι ώστε να μελετάται όσο το δυνατόν καλύτερα το σύστημα. Για το λόγο αυτό, υδροστόμια, από τα οποία παίρναμε δείγματα, υπήρχαν σε όλα τα υποτομήματα (αγωγούς άρδευσης) και των δύο ζωνών άρδευσης, και η απόσταση μεταξύ τους ήταν περίπου 500 m.

**Πίνακας 5.1: Σειρές και ημερομηνίες δειγματοληψιών – αναλύσεων**

<b>Σειρές Δειγματοληψιών – Αναλύσεων</b>	<b>Ημερομηνίες Δειγματοληψιών – Αναλύσεων</b>
1 <sup>η</sup> Σειρά	19 – 20 Μαΐου
2 <sup>η</sup> Σειρά	02 – 03 Ιουνίου
3 <sup>η</sup> Σειρά	13 – 14 Ιουνίου
4 <sup>η</sup> Σειρά	02 – 03 Ιουλίου
5 <sup>η</sup> Σειρά	17 – 18 Ιουλίου
6 <sup>η</sup> Σειρά	30 – 31 Ιουλίου
7 <sup>η</sup> Σειρά	12 – 13 Αυγούστου
8 <sup>η</sup> Σειρά	26 – 27 Αυγούστου
9 <sup>η</sup> Σειρά	17 – 18 Σεπτεμβρίου
10 <sup>η</sup> Σειρά	11 – 12 Οκτωβρίου

Οι εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων, που συλλέγονταν από τα παραπάνω σημεία, πραγματοποιούνταν, αμέσως μετά το τέλος κάθε δειγματοληψίας, στους χώρους του Εργαστηρίου Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας (Σ.ΤΕ.Γ.) του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (Τ.Ε.Ι.) Κρήτης και στους χώρους του Εργαστηρίου της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, με τη χρήση του εξοπλισμού των εργαστηρίων αυτών. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις πρότυπες μεθόδους για την Ανάλυση Νερού και Υγρών Αποβλήτων (ΑΡΗΑ, 1995) και αφορούσαν τις ακόλουθες φυσικοχημικές παραμέτρους: ολικά κολοβακτηρίδια (TC), υπολειμματικό χλώριο (RCLH), ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), pH (συγκέντρωση υδρογονιόντων) και ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).

Στην έρευνα αυτή δεν έγιναν αναλύσεις για το φώσφορο και το άζωτο καθώς η επεξεργασία των λυμάτων περιελάμβανε διαδικασία αποφωσφόρησης και

απονιτροποίησης με αποτέλεσμα η ποιότητα της εκροής να κυμαίνεται μέσα στα επιτρεπτά όρια.

## 5.2. Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία γινόταν τις πρώτες πρωινές ώρες και διαρκούσε περίπου δύο ώρες. Κάθε φορά η συλλογή των δειγμάτων γινόταν από 19 σημεία του δικτύου και δυο δεξαμενές. Ως δειγματοληπτικές φιάλες χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά μπουκάλια εμφιαλωμένου νερού των 0,5L. Τα μπουκάλια ανοίγονταν και αδειάζονταν τη στιγμή της δειγματοληψίας από την δειγματολήπτη που πάντα φορούσε γάντια.



**Σχήματα 5.2, 5.3, 5.4:** Δειγματοληψία από υδροστόμιο, εκροή μετά τη χλωρίωση και δεξαμενή άρδευσης αντίστοιχα

Αφού αφήναμε το νερό να τρέξει για δύο με τρία λεπτά ώστε να καθαρίσει ο σωλήνας από το στάσιμο νερό και να απομακρυνθούν όλα τα ιζήματα και τα εγκλωβισμένα αέρια, τοποθετούσαμε τη φιάλη δειγματοληψίας κάτω απ' το τρεχούμενο νερό και πριν συλλέξουμε το δείγμα αφήναμε να υπερχειλίσει όγκος ίσος τουλάχιστον 10 φορές με τον όγκο της φιάλης. Οι φιάλες γεμίζονταν κατά τα  $\frac{3}{4}$  περίπου για να είναι ευκολότερη η ανάδυσή τους.

Μετά τη δειγματοληψία τοποθετούσαμε αυτοκόλλητη ετικέτα στο δείγμα επάνω στην οποία αναγραφόταν το σημείο και η ημερομηνία δειγματοληψίας. Στη συνέχεια, το δείγμα κατέληγε σε φορητό ψυγείο, για την διατήρησή του έως τη μεταφορά στον εργαστηριακό χώρο, και καταγραφόταν σε ειδική φόρμα το σημείο, η ώρα και η ημερομηνία δειγματοληψίας, η δειγματολήπτης καθώς επίσης και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος του σημείου με κατάλληλο όργανο (Global Positioning System).

Οι συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας αναφέρονται στον Πίνακα 1 του 4<sup>ου</sup> Παραρτήματος.

### 5.3. Ολικά κολοβακτηρίδια

Με τον όρο «μικροβιολογική εξέταση νερού» εννοείται ο εντοπισμός και ο ποσοτικός προσδιορισμός των μικροοργανισμών που περιέχονται σε ένα δείγμα νερού και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό.

Στόχος της μικροβιολογικής εξέτασης του νερού, είναι η εξέταση του βαθμού μόλυνσης των υδάτων και ο έλεγχος της καταλληλότητάς τους για διάφορες χρήσεις. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με συγκεκριμένη μεθοδολογία και τεχνικές που σκοπό έχουν τον εντοπισμό της παρουσίας και προσδιορισμό της πυκνότητας μικροοργανισμών που είναι δείκτες κοπρικής μόλυνσης ή έχουν παθογόνο δυναμικό.

Ως δείκτες κοπρικής ρύπανσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είδη ή ομάδες μικροοργανισμών, που πληρούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- α) Βρίσκονται στα λύματα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες απ' ό,τι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί
- β) Δεν πολλαπλασιάζονται στο εξωτερικό περιβάλλον
- γ) Είναι πιο ανθεκτικοί από τους παθογόνους μικροοργανισμούς τόσο στις συνήθεις τεχνικές απολύμανσης όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον
- δ) Δίνουν χαρακτηριστικές αντιδράσεις εξειδικευμένες και σχετικά απλές, που να επιτρέπουν γρήγορες και μονοσήμαντες αναγνωρίσεις

Παρόλο που δεν υπάρχουν ιδανικοί δείκτες που να πληρούν όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις, ως κοπρικοί δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για αρκετά χρόνια στο παρελθόν και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα, η ομάδα των ολικών κολοβακτηριδίων (Total Coliform), η ομάδα των κοπρανόδων κολοβακτηριδίων (Fecal Coliform) και η ομάδα των κοπρανόδων στρεπτόκοκκων (Fecal Streptococci). Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν μόνο τα ολικά κολοβακτηρίδια.

#### 5.3.1. Προετοιμασία αποστείρωσης

##### Παρασκευή διαλυμάτων θρεπτικών υποστρωμάτων

Τα διαλύματα θρεπτικών υποστρωμάτων παρασκευάζονται με διάλυση, σε απιονισμένο νερό, ορισμένης ποσότητας θρεπτικού υποστρώματος, σε μορφή σκόνης, σύμφωνα με τις οδηγίες της παρασκευάστριας εταιρίας.

Σε γυάλινες φιάλες, με πλαστικά πώματα, των 500 ml τοποθετείται απιονισμένο νερό έως την χαραγή (ένδειξη των 500 ml). Στη συνέχεια ζυγίζονται στον ηλεκτρονικό ζυγό 7,5 gr Agar No 1 και 38,1 gr membrane Lauryl Sulphate Broth και προσθέτονται με προσοχή στη φιάλη. Κλείνουμε ερμητικά με το πώμα και ανακινούμε για καλή ανάμιξη.

##### *Μπουκαλάκια αραιώσης*

Πρόκειται για μικρά μπουκαλάκια των 20ml με πλαστικά πώματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για να γίνει η αραιώση 1:10. για το λόγο αυτό γεμίζονται με 9 ml διαλύματος, το οποίο αποτελείται από διάλυμα 1lt απιονισμένου νερού και 1 gr αλάτι.



### *Tips*

Πρόκειται για ειδικά ανταλλακτικά tips (δοσολήπτες μιας χρήσης), τα οποία χρησιμοποιούνται ως ανταλλακτικά τις αυτόματες πιπέτες για την συλλογή 1ml δείγματος τόσο για τις αραιώσεις όσο και για την διήθηση.

#### *Απιονισμένο νερό*

Τοποθετούμε απιονισμένο νερό σε φιάλες που κλείνουν με πλαστικά πώματα, με σκοπό να το χρησιμοποιήσουμε στην διαδικασία της διήθησης.

#### **5.3.2. Αποστείρωση**

Όλα τα παραπάνω υλικά, μετά την προεργασία που προαναφέρθηκε, τοποθετούνται μέσα στον νοσοκομειακό κλίβανο αποστείρωσης και παραμένουν εκεί για δύο περίπου ώρες στους 121 °C.

#### **5.3.3. Μετά την αποστείρωση**

##### *Προετοιμασία τρυβλίων*

Χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά αποστειρωμένα τρυβλία, μιας χρήσεως.

Ο πάγκος εργασίας καθαρίζεται και αποστειρώνεται με αιθυλική αλκοόλη 95% και στη συνέχεια τοποθετούνται πάνω σε αυτών τα τρυβλία. Σε κάθε αποστειρωμένο τρυβλίο διαμέτρου 5,5 mm μεταγγίζεται μικρή ποσότητα (αρκετή έως ότου καλυφθεί πλήρως ο πάτος του τρυβλίου) αποστειρωμένου θρεπτικού υλικού. Η μετάγγιση γίνεται άμεσα από τη φιάλη, στην οποία έγινε η αποστείρωση, στο τρυβλίο. Κατά τη διάρκεια προετοιμασίας των τρυβλίων, το πώμα και το στόμιο της φιάλης που περιέχει το υπόστρωμα, αποστειρώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα με τη βοήθεια ενός καμινέτου που παραμένει ανοιχτό καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας επάνω στον πάγκο.

Το θρεπτικό υπόστρωμα αφήνεται να σταθεροποιηθεί σε θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια είναι έτοιμο για χρήση.

#### **5.3.4. Διήθηση**

*Για την διήθηση απαιτούνται:*

- συσκευή διήθησης.
- λαβίδα, με λεία άκρα, η οποία πριν τη χρήση της αποστειρώνεται με εμβάπτιση των άκρων της σε αιθυλική αλκοόλη 95% και πέρασμα από φλόγα.
- αυτόματες ρυθμιζόμενες πιπέτες.
- φίλτρα διήθησης GN-6 Metricel Grid 47mm και 0,45μm S-Pack.
- δοσολήπτες μιας χρήσεως.
- μπουκαλάκια αραιώσης.
- εργαστηριακό parafilm για το σφράγισμα των τρυβλίων.
- επωαστικός θάλαμος.

### 5.3.5. Διαδικασία μέτρησης

Με την αποστειρωμένη λαβίδα, τοποθετείται μια αποστειρωμένη μεμβράνη πάνω στην πορώδη επιφάνεια της βάσης της υποδοχής διήθησης. Στη συνέχεια, το χωνί προσαρμόζεται μαγνητικά πάνω στη βάση με την μεμβράνη. Ορισμένη ποσότητα δείγματος (1 ml), μεταφέρεται με την αυτόματα ρυθμιζόμενη πιπέτα (αφού πρώτα της έχουμε προσαρμόσει ένα από τα αποστειρωμένα tips) στη συσκευή διήθησης, η οποία μπορεί να κάνει ταυτόχρονα τρεις διηθήσεις.

Πριν τη μεταφορά του δείγματος από τη φιάλη δειγματοληψίας στη συσκευή διήθησης, η φιάλη θα πρέπει να ανακινείται πάρα πολύ καλά με σκοπό την ομογενοποίηση του δείγματος πριν τη χρήση του.

Αφού τοποθετήσουμε (με διαφορετικό tip) 1 ml δείγματος σε κάθε μία από τις τρεις υποδοχές της συσκευής διήθησης καθώς και ένα ακόμα ml στο μπουκαλάκι της αραιώσης, προσθέτουμε λίγη ποσότητα αποστειρωμένου απιονισμένου νερού και θέτουμε την αντλία σε λειτουργία. Πριν η μεμβράνη στεγνώσει εντελώς, διακόπτεται η λειτουργία της αντλίας. Το φίλτρο-μεμβράνη μεταφέρεται, προσεκτικά, με άλλη αποστειρωμένη λαβίδα, και εφαρμόζεται στο σταθεροποιημένο πλέον θρεπτικό υλικό του τρυβλίου. Κατά την τοποθέτηση της μεμβράνης πάνω στο θρεπτικό υλικό, δίνεται προσοχή ώστε να μην εγκλωβιστεί αέρας μεταξύ της μεμβράνης και του θρεπτικού υλικού. Τα τρία τρυβλία με το ίδιο δείγμα (γίνονται τρεις επώσεις για κάθε δείγμα χωρίς αραιώση και τρεις με αραιώση, για να υπάρχει στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων) σφραγίζονται με εργαστηριακό παραφίλμ και αφού αναγραφεί σε αυτό το όνομα του δείγματος, από το οποίο προέρχονται, τοποθετούνται ανάποδα μέσα σε ειδικά πλαστικά δοχεία που κλείνουν και στη συνέχεια στον επωαστικό θάλαμο.

Μέσα στα πλαστικά δοχεία πριν τοποθετηθούν τα τρυβλία βάζουμε διηθητικό χαρτί το οποίο νοπίζουμε για να επιτύχουμε την ύπαρξη υγρασίας για την ανάπτυξη των αποικιών στα υποστρώματα.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για τη διήθηση του αραιωμένου δείγματος (1:10).

Κατά τη διάρκεια των αναλύσεων ελέγξαμε, με την μέθοδο της επώασης, την ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου τόσο στο διάλυμα αραιώσης όσο και στο νερό που χρησιμοποιούσαμε για το ξέπλυμα αλλά και τον χώρο του εργαστηρίου (απλή έκθεση του τρυβλίου στο χώρο).

Τα τρυβλία παραμένουν στον επωαστικό θάλαμο για 24 ώρες και σε σταθερή θερμοκρασία 35 °C.

### 5.3.6. Καταμέτρηση

Μετά την επώαση τα τρυβλία ανοίγονται με προσοχή (απαραίτητα τα γάντια και η εργαστηριακή ποδιά) και καταμετρούνται οι αποικίες που αναπτύχθηκαν. Για τον υπολογισμό μετράμε τις αποικίες στα τρία τρυβλία που προέρχονται από το ίδιο δείγμα και βγάζουμε το μέσο όρο προσθέτοντας τα τρία νούμερα και διαιρώντας με τρία. Κάνουμε το ίδιο ακριβώς και για τα τρυβλία που προέρχονται από την αραιώση του ίδιου δείγματος. Έπειτα πολλαπλασιάζουμε τον δεύτερο αριθμό με δέκα και τον προσθέτουμε στον πρώτο και διαιρούμε το τελικό αποτέλεσμα με δύο. Ο αριθμός αυτός είναι ο ολικός αριθμός κολοβακτηριδίων σε 1ml. Για να βρούμε τον ολικό αριθμό των κολοβακτηριδίων /100 ml πολλαπλασιάζουμε με 100.

### Παράδειγμα κατανόησης:

Έστω ότι εξετάζουμε ένα δείγμα με τα ακόλουθα αποτελέσματα αποικιών:

	Αποικίες χωρίς αραιώση			Αποικίες με αραιώση 1:10		
Επαναλήψεις*	30	27	25	3	2	2
Μέσος όρος	(30+27+25)/3			(3+2+2)/3		
Αποτέλεσμα	27,3			2,3		

$$\text{Ολικός Αριθμός Κολοβακτηριδίων / 100 ml} = \frac{27,3 + (2,3 \times 10)}{2} \times 100 = 2515$$

\*Οι επαναλήψεις αναφέρονται στον αριθμό των τρυβλίων.

## 5.4. Υπολειμματικό χλώριο

Η συνηθέστερη μέθοδος για την απολύμανση των πόσιμων υδάτων, λυμάτων και αποβλήτων, είναι η χλωρίωση. Η χλωρίωση των υδάτων μπορεί να γίνει με χρήση καθαρού χλωρίου, σε αέρια μορφή ή με ενώσεις του χλωρίου, όπως το υποχλωριώδες νάτριο ( $\text{NaOCl}_2$ ) και το υποχλωριώδες ασβέστιο ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ), σε μορφή σκόνης ή διαλύματος.

Για να διαπιστωθεί αν έχει γίνει επαρκής χλωρίωση στα επεξεργασμένα λύματα ή στο πόσιμο νερό, προσδιορίζεται το υπολειμματικό χλώριο. Η τιμή του οποίου, ανάλογα με την κατηγορία του νερού, πρέπει να βρίσκεται σε κάποια όρια. Στο πόσιμο νερό και τα επεξεργασμένα λύματα και απόβλητα η συγκέντρωση του ελεύθερου υπολειμματικού χλωρίου, πρέπει να είναι 0,5 mg/L.

Το υπολειμματικό χλώριο είναι ασταθές στα υδατικά διαλύματα, ιδιαίτερα όταν βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις, γι' αυτό, ο προσδιορισμός του γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Ενώ αποφεύγεται η έκθεση του δείγματος σε δυνατό φως καθώς και η έντονη ανάδευση του.

Στη χώρα μας, ο προσδιορισμός του υπολειμματικού χλωρίου στα πόσιμα νερά, λύματα και απόβλητα, παλαιότερα αντιμετωπιζόνταν με τη δοκιμασία της ορθοτολουδίνης, που σήμερα έχει καταργηθεί εξαιτίας της τοξικότητας της ουσίας αυτής. Σήμερα, στην Ελλάδα, χλωρίωση γίνεται στα λύματα όλων των μεγάλων πόλεων που υφίστανται βιολογική επεξεργασία και διαθέτουν στη συνέχεια σε επιφανειακούς αποδέκτες. Η νομοθεσία μας προδιαγράφει, για τη μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου, στα πόσιμα νερά, την ογκομέτρηση και φασματοφωτομετρία.

### 5.4.1. Μέθοδος μέτρησης

#### Φωτομετρική Μέθοδος DPD

Η φωτομετρική μέθοδος DPD, η οποία χρησιμοποιείται περισσότερο στη χώρα μας, είναι απλούστερη σε σχέση με άλλες μεθόδους και με αρκετή ευαισθησία που επηρεάζεται όμως από την παρουσία μεγάλης συγκέντρωσης χλωραμινών και μαγγανίου σε οξειδωτική μορφή. Η μέθοδος προβλέπεται από την τελευταία έκδοση της Αμερικάνικης Υπηρεσίας Δημόσιας Υγείας (APHA 1989).

Η χημική ουσία DPD (N,N-δισουλ-p-φαινυλδιαμίνη) αντιδρά αμέσως με το ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο και δημιουργεί χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα. Η ένταση του

δημιουργούμενου χρώματος, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του ελεύθερου χλωρίου και συγκρίνεται φωτομετρικά.

### Διαδικασία Μέτρησης

Η μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου πραγματοποιήθηκε με το φωτόμετρο της εταιρίας Odyssey και ακολουθώντας τη μέθοδο 8167 σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Πριν από κάθε μέτρηση, γίνεται μηδενισμός του φωτόμετρου με το εκάστοτε δείγμα. Ο μηδενισμός γίνεται με την τοποθέτηση του kit-test στο φωτόμετρο στο οποίο έχουμε προσθέσει 10mL δείγματος, με τη βοήθεια αποστειρωμένης πιπέτας, και επιλέγοντας την ένδειξη 'zero' του φωτόμετρου.

Στη συνέχεια, αφού έχουμε μηδενίσει το φωτόμετρο, προσθέτουμε το περιεχόμενο ενός σύνθετου αντιδραστηρίου (DPD ολικού χλωρίου) σε μορφή σκόνης, που κυκλοφορεί στο εμπόριο έτοιμο. Πωματίζουμε το δοχείο και αναδεύουμε. Τοποθετούμε το kit-test στο φωτόμετρο και ενεργοποιούμε την ένδειξη του φωτόμετρου για παραμονή του δείγματος τρία λεπτά και έπειτα την μέτρηση του. Έτσι, μετά το τέλος των τριών λεπτών, εμφανίζεται στην οθόνη του φωτόμετρου η μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου σε mg/L.

Το φωτόμετρο το οποίο διαθέτει φίλτρο κατάλληλο για τη μέτρηση μόνο του υπολειμματικού χλωρίου, κάνει την μέτρηση πιο ακριβής διότι εξαλείφεται ο υποκειμενικός παράγοντας κατά τη σύγκριση των χρωμάτων, που γίνεται με τη χρήση χρωματομετρικής κλίμακας.

Το εύρος μέτρησης του φωτόμετρου είναι από 0,01 – 2 mg/L, και το διάστημα εμπιστοσύνης του είναι 95%.

## **5.5. Ολικά αιωρούμενα στερεά**

Με τον όρο «αιωρούμενα στερεά» εννοούμε όλα τα σωματίδια που κρατούνται σε φίλτρο, με διάμετρο μικρότερη από 1μ και παραμένουν μετά από ξήρανση του φίλτρου στους 103 – 105°C, για μια ώρα. Η παρουσία στερεών στο νερό επηρεάζει την ποιότητά του. Τα αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν συνήθως μεγάλες συγκεντρώσεις στερεών με οργανική ή ανόργανη σύσταση, γι' αυτό και είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός τους για τον σχεδιασμό συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων και τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους.

Στα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα, οι συνήθεις τιμές των στερεών είναι: 200 mg/L

Κατά την επεξεργασία των λυμάτων η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών μειώνεται σημαντικά, στα επεξεργασμένα λύματα, οι τιμές είναι: 40 – 50 mg/L

### Δειγματοληψία και διατήρηση δείγματος

Οι αναλύσεις πρέπει να γίνονται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα γιατί δεν υπάρχει τρόπος διατήρησης των δειγμάτων. Τα δείγματα πρέπει να συλλέγονται σε πλαστικές ή γυάλινες φιάλες από βιο-πυριτικό υλικό.

#### **5.5.1. Διαδικασία μέτρησης**

Το φίλτρο μεταφέρεται σε ένα κομμάτι αλουμινοχάρτου ή σε πορσελάνινη κάψα και στεγνώνεται, στους 103 -105 °C, για μια ώρα. Κρυώνεται σε ξηραντήριο και ζυγίζεται.

Στην συνέχεια τοποθετείται στην υποδοχή διήθησης και διηθούνται 100 ml δείγματος. Το φίλτρο μεταφέρεται, προσεκτικά, σε ένα κομμάτι αλουμινόχαρτο ή σε πορσελάνινη κάψα και ξηραίνεται, για μια ώρα τουλάχιστον, στους 103 – 105 °C. Τέλος, αφήνεται να κρυώσει σε ξηραντήριο και ζυγίζεται.

#### Υπολογισμός

Τα αιωρούμενα στερεά του δείγματος υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\text{εναιωρουμενα στερεα mg / L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{ml δειγματος}}$$

Όπου: A, βάρος αιωρούμενων στερεών + βάρος φίλτρου

B, βάρος φίλτρου

### **5.6. Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)**

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), είναι η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση –σε έντονα οξειδωτικό περιβάλλον- των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε δείγμα υδάτων ή αποβλήτων. Είναι μια ακριβής και γρήγορη μέτρηση, χρήσιμη στην εκτίμηση της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και για τον έλεγχο και σχεδιασμό συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων.

Χρησιμοποιείται ευρύτατα, αφού θεωρείται αξιόπιστη για τον προσδιορισμό του οργανικού κλάσματος στα υγρά απόβλητα, για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 30 – 50 mg / l.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία μας, τα απόβλητα που αποχετεύονται σε επιφανειακά ρέματα ή τη θάλασσα πρέπει να έχουν COD μικρότερο από 120 mg / L, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν καθοριστεί ακόμα αυστηρότερα όρια.

#### **5.6.1. Μέθοδος μέτρησης**

##### Μικρο – Μέθοδος, Ογκομετρικά

Το δείγμα βράζεται σε κλειστό σωλήνα, αφού προστεθεί ορισμένη ποσότητα αντιδραστηρίου χώνευσης σε ειδική συσκευή που αποτελείται από ένα ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα και ενσωματωμένη υποδοχή για την τοποθέτηση 12 – 16 σωλήνων. Το θερμαντικό σώμα διαθέτει θερμοστάτη για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας, στους 150°C. Οι σωλήνες είναι από κατάλληλο θερμοανθεκτικό γυαλί και φέρουν πώματα που κλείνουν ερμητικά.

Η μικρο-μέθοδος έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους, όπως η μικρότερη ποσότητα αντιδραστηρίων (μερικά, όπως ο Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> είναι αρκετά ακριβά) και η ταυτόχρονη μέτρηση πολλών δειγμάτων. Επιπλέον, δεν απαιτείται απαγωγός, δεν χάνονται πτητικά αέρια, κατά τη διάρκεια της οξείδωσης και η συσκευή είναι εύχρηστη.

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός αποτελείται από:

**Σωλήνες βρασμού.** Γυάλινοι σωλήνες, θερμοανθεκτικοί, από βορο-πυριτικό γυαλί, των 16 x 100 mm, με βιδωτά καπάκια από TFE. Πριν από κάθε χρήση, ελέγχονται τα καπάκια των σωλήνων για τυχόν ρωγμές.

**Σύστημα θέρμανσης.** Σύστημα θέρμανσης (WTW GR 3200), αποτελούμενο από ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα και διαμορφωμένες θέσεις για την τοποθέτηση 24 σωλήνων. Για λειτουργία σε  $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

#### *Αντιδραστήρια.*

**Αντιδραστήριο χώνευσης 0,0167 M.** Σε περίπου 500mL απεσταγμένου νερού, προστίθενται 4,913gr  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , που έχει προηγουμένως ξηρανθεί στους  $103^{\circ}\text{C}$ , για 2 ώρες, 167mL π.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  και 33,3gr  $\text{HgSO}_4$ . Διαλύονται, αφήνονται να κρυώσουν σε θερμοκρασία δωματίου και αραιώνονται ως 1000mL με απεσταγμένο νερό.

**Αντιδραστήριο θειικού οξέως.** Προσθέτονται 5,5gr  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  (σε κρυστάλλους ή σκόνη) σε 1kg π.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (απαιτούνται 1-2 μέρες για τη διάλυση).

**Διάλυμα φερροΐνης (δείκτης).** Διαλύονται 1,485gr 1-10 μονουδρικής φαινανθρολίνης μαζί με 695mg  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , σε απεσταγμένο νερό, μέχρι τελικού όγκου 100 mL. Ο δείκτης αυτός κυκλοφορεί στο εμπόριο, σε διάλυμα. Έτοιμος για χρήση.

**Διάλυμα  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 0.10 \text{ M}$  (ή FAS 0.10 M).** Διαλύονται 39,2gr FAS (Ferrous Ammonium Sulphate) σε απεσταγμένο νερό, προσθέτονται 20mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , το διάλυμα αφήνεται να κρυώσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και αραιώνεται ως τα 1000 mL με νερό. Το διάλυμα είναι ασταθές και πρέπει να τιτλοδοτείται πριν τη χρήση του.

#### **Διαδικασία Μέτρησης**

Οι σωληνίσκοι και τα πώματα τους, πλένονται πριν τη χρήση τους. Σύμφωνα με το μέγεθος των σωλήνων, προσθέτονται πρώτα 2,5mL δείγματος και μετά 1,5mL από το αντιδραστήριο χώνευσης, με τη βοήθεια πιπέτας. Στη συνέχεια, με μεγάλη προσοχή και κατάλληλα γάντια, προστίθεται 3,5 ml από το αντιδραστήριο θειικού οξέως (κατά μήκος του τοιχώματος του σωλήνα). Οι σωλήνες κλείνονται ερμητικά και αναστρέφονται αρκετές φορές ώστε να γίνει πλήρης ανάμιξη και να αποφευχθεί τοπική υπερθέρμανση του σωλήνα και πιθανή θραύση του. Οι σωλήνες τοποθετούνται στη θερμαντική συσκευή στους  $150^{\circ}\text{C}$ .

Μετά από δύο ώρες χώνευσης, οι σωλήνες αφήνονται να κρυώσουν σε θερμοκρασία δωματίου και αποπωματίζονται. Το περιεχόμενο κάθε σωλήνα μεταφέρεται σε κωνική φιάλη, ξεπλένουμε το σωλήνα με απεσταγμένο νερό και τα ξεπλύματα μεταφέρονται στην κωνική φιάλη επίσης. Προσθέτουμε τέσσερις σταγόνες φερροΐνης στην κωνική και ένα μαγνητικό αναδευτήρα. Θέτουμε σε εφαρμογή τον μαγνητικό αναδευτήρα και ογκομετρούμε με διάλυμα FAS. Ως τελικό σημείο της ογκομέτρησης, λαμβάνεται η απότομη αλλαγή του χρώματος του διαλύματος από γαλαζοπράσινο σε ανοικτό κόκκινο-καφέ.

Με τον ίδιο τρόπο επεξεργαζόμαστε τον μάρτυρα και το τυφλό δείγμα που περιέχουν τις ίδιες ακριβώς ποσότητες και αναλογίες αντιδραστηρίων όπως και στο δείγμα, με τη μόνη διαφορά ότι το τυφλό δείγμα δεν υφίσταται τη διαδικασία της χώνευσης στη θερμαντική συσκευή.

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο υπολογίζεται, ως mg O<sub>2</sub>/L, από τη σχέση:

$$COD (mg / L) = \frac{(M - \Delta)}{T} \times 1000$$

όπου: *M*, τα mL FAS που καταναλώθηκαν για τον μάρτυρα

*Δ*, τα mL FAS που καταναλώθηκαν για το δείγμα

*T*, τα mL FAS που καταναλώθηκαν για το τυφλό δείγμα

## 5.7. pH

Η μέτρηση του pH είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση των υδάτων και αποβλήτων. Σε δεδομένη θερμοκρασία, το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα, ή τον βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Με το pH δεν μετράται η οξύτητα ή αλκαλικότητα του δείγματος, όμως τιμές pH μικρότερες από 7, δείχνουν μια τάση του δείγματος προς την οξύτητα και τιμές pH μεγαλύτερες από 7 δείχνουν μια τάση προς την αλκαλικότητα.

Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 ως 14. Η ουδετερότητα αντιστοιχεί σε pH = 7. Τιμές μικρότερες δείχνουν όξινο περιβάλλον (υπεροχή υδρογονιόντων) ενώ τιμές μεγαλύτερες αλκαλικό περιβάλλον (υπεροχή υδροξυλίωντων).

Στα νερά φυσικής προέλευσης, το pH κυμαίνεται συνήθως από 6,5 ως 8,5 (χωρίς να αποκλείονται ακραίες τιμές). Σ' αυτά τα όρια, πρέπει να βρίσκεται και το pH των λυμάτων και αποβλήτων πριν τη διάθεση τους στη θάλασσα, τα ρέματα και τους υπονόμους.

### 5.7.1. Μέθοδος μέτρησης

#### Ηλεκτρομετρικός Προσδιορισμός

Το pH ενός δείγματος νερού προσδιορίζεται ηλεκτρομετρικά με τη χρήση ειδικού οργάνου, γνωστού ως πεχάμετρου (pH METER GLP 21, Crison). Το όργανο αυτό αποτελείται από ποτενσιόμετρο, με αισθητήριο από ηλεκτρόδιο υάλου και θερμοστοιχείο για αυτόματη αντιστάθμιση της θερμοκρασίας.

Το ηλεκτρόδιο υάλου δεν επηρεάζεται από το χρώμα, τη θολερότητα, τα κολλοειδή διαλύματα, τις αναγωγικές και οξειδωτικές ουσίες, που υπάρχουν στα διαλύματα και την αλατότητα.

#### Διαδικασία Μέτρησης

Πριν από κάθε μέτρηση, γίνεται βαθμονόμηση του πεχάμετρου, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση γίνεται σε δυο τουλάχιστον τιμές, μεταξύ των οποίων βρίσκεται το pH του δείγματος, οι οποίες απέχουν τρεις ή περισσότερες μονάδες pH μεταξύ τους. Στο εμπόριο, κυκλοφορούν έτοιμα ρυθμιστικά διαλύματα, σε διάφορα πεδία pH, για τη ρύθμιση του πεχάμετρου.

Στη συνέχεια, τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας σε ποτήρι ζέσεως, που περιέχει τόση ποσότητα από το δείγμα, ώστε να καλύπτονται τα ευαίσθητα μέρη του ηλεκτροδίου και να είναι δυνατή η κίνηση του μαγνητικού αναδευτήρα. Σημειώνουμε και καταγράφουμε την τιμή του pH και της θερμοκρασίας του δείγματος.

Πριν από κάθε μέτρηση, το ηλεκτρόδιο και το θερμοστοιχείο ξεπλένονται με

απεσταγμένο νερό και σκουπίζονται μαλακά με απορροφητικό χαρτί. Τα πεχάμετρα μετρούν απευθείας σε μονάδες pH. Το pH εκφράζεται με προσέγγιση 0,1 μονάδες pH και η θερμοκρασία με προσέγγιση 1C.

## 5.8. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονιζόμενων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση.

Νερό πρόσφατα αποσταγμένο έχει αγωγιμότητα 0,5 – 2 μmhos/cm, ενώ μετά από μερικές εβδομάδες παραμονής, λόγω απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, η αγωγιμότητά του φθάνει τα 2 – 4 μmhos/cm. Στα πόσιμα νερά, η αγωγιμότητα, συνήθως, κυμαίνεται από 50-1500 μmhos/cm ενώ σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα η αγωγιμότητα φθάνει πάνω από 10.000 μmhos/cm.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την επίδραση των διαφόρων ιόντων στις χημικές ισορροπίες, τον αριθμό διάβρωσης των μετάλλων, την ανάπτυξη φυτών και ζώων, κλπ.

### 5.8.1. Διαδικασία μέτρησης

Μετράται η ειδική αντίσταση ή η ειδική αγωγιμότητα ενός κύβου νερού, ίσου με 1 cm<sup>3</sup>, που βρίσκεται μεταξύ δύο παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας (ή καλυμμένων με μαύρο πλατίνας). Ο βαθμός αντίστασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των αγώγιμων συστατικών του εξεταζόμενου δείγματος.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετρούν την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα αγωγιμόμετρα, συνήθως, αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, γέφυρα Wheatstone και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν την τιμή της αγωγιμότητας.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αντίθεση με την αγωγιμότητα των μετάλλων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, με ρυθμό περίπου 1,9 % / °C. Σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις προέρχονται συνήθως από τη διαφορετική θερμοκρασία μέτρησης, γι' αυτό, η μέτρηση της αγωγιμότητας πρέπει πάντα να πραγματοποιείται σε σταθερή θερμοκρασία (συνήθως 20,0°C) η οποία και να αναγράφεται δίπλα στο αποτέλεσμα της μέτρησης.

Το όργανο το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις συγκεκριμένες μετρήσεις είναι το Crison conductimeter 525. Το συγκεκριμένο όργανο διαθέτει ηλεκτρόδιο μέτρησης της θερμοκρασίας, το οποίο χρησιμοποιείται για να μετριέται η θερμοκρασία του δείγματος τη στιγμή ακριβώς που υπολογίζεται και η αγωγιμότητα. Στη συνέχεια η θερμοκρασία, με τη βοήθεια του Πίνακα 5.2, αντιστοιχίζεται σε ένα συντελεστή με τον οποίο πολλαπλασιάζουμε την ένδειξη του αγωγιμόμετρου και καταλήγουμε στην πραγματική τιμή της αγωγιμότητας.



**Πίνακας 5.2:** Συντελεστές ( $f_t$ ) για τη διόρθωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $EC_t$ ) και την αναγωγή της στην τυποποιημένη θερμοκρασία των 25 °C

°C	°F	$f_t$	°C	°F	$f_t$	°C	°F	$f_t$
3,0	37,4	1,709	22,0	71,6	1,064	29,0	84,2	0,925
4,0	39,2	1,660	22,2	72,0	1,060	29,2	84,6	0,921
5,0	41,0	1,613	22,4	72,3	1,055	29,4	84,9	0,918
6,0	42,8	1,569	22,6	72,7	1,051	29,6	85,3	0,914
7,0	44,6	1,528	22,8	73,0	1,047	29,8	85,6	0,911
8,0	46,4	1,488	23,0	73,4	1,043	30,0	86,0	0,907
9,0	48,2	1,448	23,2	73,8	1,038	30,2	86,4	0,904
10,0	50,0	1,411	23,4	74,1	1,034	30,4	86,7	0,901
11,0	51,8	1,375	23,6	74,5	1,029	30,6	87,1	0,897
12,0	53,6	1,341	23,8	74,8	1,025	30,8	87,4	0,894
13,0	55,4	1,309	24,0	75,2	1,020	31,0	87,8	0,890
14,0	57,2	1,277	24,2	75,6	1,016	31,2	88,2	0,887
15,0	59,0	1,247	24,4	75,9	1,012	31,4	88,5	0,884
16,0	60,8	1,218	24,6	76,3	1,008	31,6	88,9	0,880
17,0	62,6	1,189	24,8	76,6	1,004	31,8	89,2	0,877
18,0	64,4	1,163	25,0	77,0	1,000	32,0	89,6	0,873
18,2	64,8	1,157	25,2	77,4	0,996	32,2	90,0	0,870
18,4	65,1	1,152	25,4	77,7	0,992	32,4	90,3	0,867
18,6	65,5	1,147	25,6	78,1	0,988	32,6	90,7	0,864
18,8	65,8	1,142	25,8	78,5	0,983	32,8	91,0	0,861
19,0	66,2	1,136	26,0	78,8	0,979	33,0	91,4	0,858
19,2	66,6	1,131	26,2	79,2	0,975	34,0	93,2	0,843
19,4	66,9	1,127	26,4	79,5	0,971	35,0	95,0	0,829
19,6	67,3	1,122	26,6	79,9	0,967	36,0	96,8	0,815
19,8	67,6	1,117	26,8	80,2	0,964	37,0	98,6	0,801
20,0	68,0	1,112	27,0	80,6	0,960	38,0	100,2	0,788
20,2	68,4	1,107	27,2	81,0	0,956	39,0	102,2	0,775
20,4	68,7	1,102	27,4	81,3	0,953	40,0	104,0	0,763
20,6	69,1	1,097	27,6	81,7	0,950	41,0	105,8	0,750
20,8	69,4	1,092	27,8	82,0	0,947	42,0	107,6	0,739
21,0	69,8	1,087	28,0	82,4	0,943	43,0	109,4	0,727
21,2	70,2	1,082	28,2	82,8	0,940	44,0	111,2	0,716
21,4	70,5	1,078	28,4	83,1	0,936	45,0	113,0	0,705
21,6	70,9	1,073	28,6	83,5	0,932	46,0	114,8	0,694
21,8	71,2	1,068	28,8	83,8	0,929	47,0	116,6	0,683

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## 6

**6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συγκριτικά διαγράμματα των υπό εξέταση παραμέτρων, όλων των σημείων δειγματοληψίας που έγιναν στον χώρο του εργαστηρίου και συγκεκριμένα οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στις τιμές των ολικών κολοβακτηριδίων, του υπολειμματικού χλωρίου, των ολικών αιωρούμενων στερεών, του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου, του pH και της αγωγιμότητας. Οι πίνακες με τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στο *Παράρτημα 3*.

Η παρουσίαση των παραμέτρων έγινε ανά δύο, στηριζόμενη στην σχέση που έχουν μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα τα ολικά κολοβακτηρίδια με το υπολειμματικό χλώριο, με σκοπό την κατανοητή και αποτελεσματική μελέτη τους.

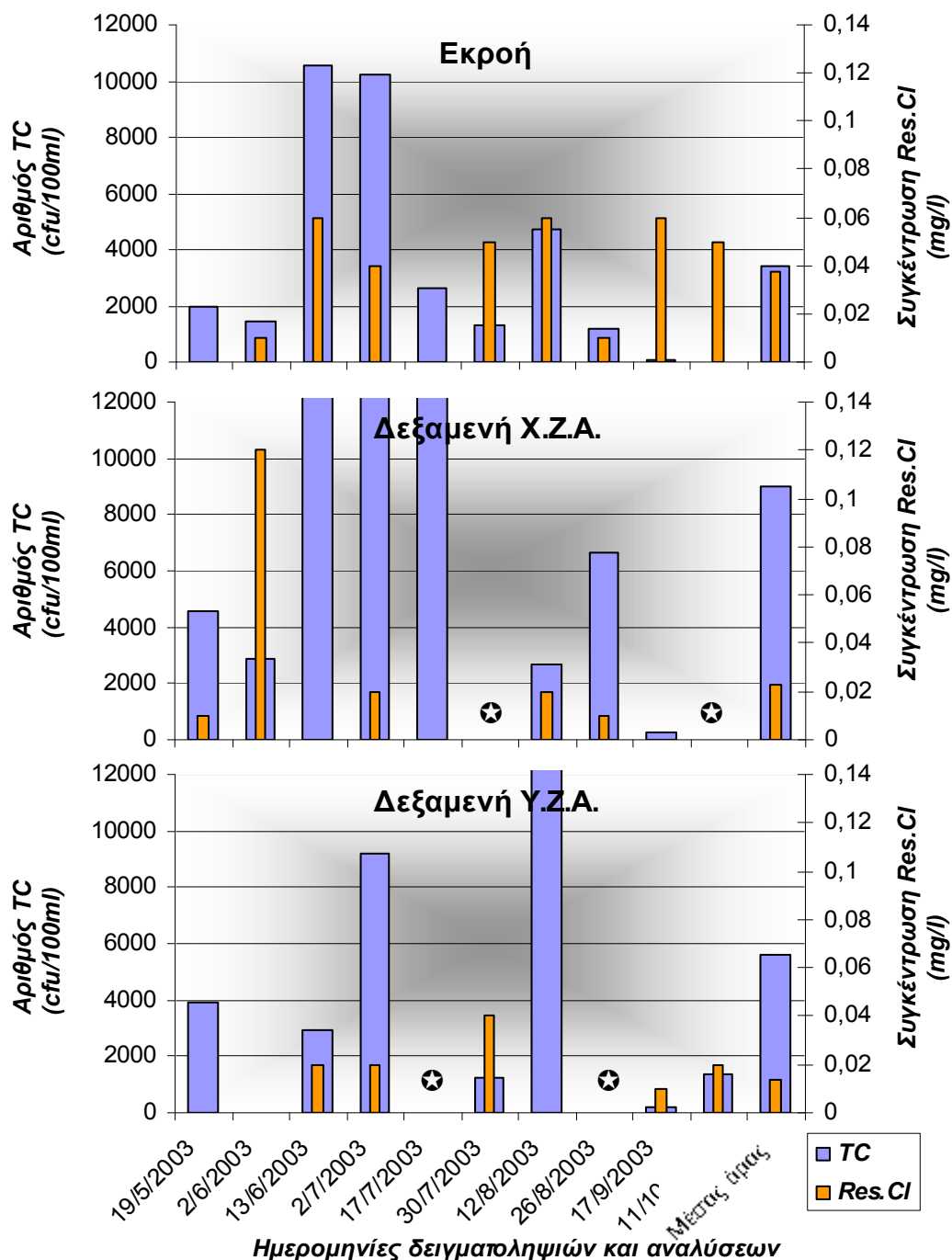
**6.1. Ολικά κολοβακτηρίδια – Υπολειμματικό χλώριο**

Το *Διάγραμμα 6.1* παρουσιάζει τον αριθμό των ολικών κολοβακτηριδίων (TC σε cfu/100ml) και τη συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου (RCHL σε mg/L) στην εκροή της Ε.Ε.Λ.Χ. και στις δύο δεξαμενές διανομής, σε όλες τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν. Όπως φαίνεται από αυτά τα αποτελέσματα των αναλύσεων (*Πίνακες 1 και 2 του Παραρτήματος 3*), στις οκτώ από τις δέκα δειγματοληψίες ο αριθμός των ολικών κολοβακτηριδίων στην εκροή ήταν μεγαλύτερος και από τα πιο ελαστικά όρια που προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO, 1989) για δένδρωδεις καλλιέργειες που είναι 1.000 cfu/100ml, και επομένως πολύ μεγαλύτερος από τα αντίστοιχα όρια που έχουν τεθεί για τη λειτουργία της μονάδας δηλαδή τα 500 cfu/100ml (όριο που έχει θεσπιστεί από το επιστημονικό προσωπικό της Ε.Ε.Λ.), αλλά και τα όρια που προτείνει η EPA (1992), με 200 cfu/100 ml για δένδρωδεις καλλιέργειες.

Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου δε κατάφερε την περίοδο Μαΐου – Οκτωβρίου, να παρέχει συνεχώς την απαιτούμενη ποιότητα εκροής. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου ενώ σχεδιάστηκε για να εξυπηρετήσουν μέχρι και 40.000 ισοδύναμους κάτοικους (i.k.) ή 2.400 kg BOD<sub>5</sub> / ημέρα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ο αριθμός αυτός υπερβαίνει τους 50.000 i.k. (ή 3.500 kg BOD<sub>5</sub> / ημέρα). Τα μεγέθη αυτά i.k. περιλαμβάνουν τόσο τα υγρά απόβλητα που φτάνουν μέσω των αποχετευτικών αγωγών όσο και τα βοθρολύματα. Ειδικότερα η εισροή βοθρολυμάτων ξεπερνά συνήθως τη σχεδιασμένη δυναμικότητα της μονάδας την περίοδο αιχμής κατά 200 % σε καθημερινή βάση.

Γενικότερα όμως είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί ο ακριβής πληθυσμός που εξυπηρετείται από την Ε.Ε.Α.Υ.Α. Χερσονήσου στη διάρκεια του καλοκαιριού, γιατί είναι σχεδόν αδύνατο να υπολογισθεί σε καθημερινή βάση ο ακριβής αριθμός των ανθρώπων που ζουν στα ξενοδοχεία, στις βίλες και στα ενοικιαζόμενα δωμάτια, που είναι συνδεδεμένα με το σύστημα επεξεργασίας.

**Σημείωση:** Στα ακόλουθα συγκριτικά γραφήματα ολικών κολοβακτηριδίων και υπολειμματικού χλωρίου, έχει τεθεί οριακή τιμή για τα ολικά κολοβακτηρίδια 12.000 CFU / 100 ml.



⊛: Δεν υπήρχε νερό στις δεξαμενές

**Διάγραμμα 6.1:** Μεταβολή του αριθμού ολικών κολοβακτηριδίων (TC) και της συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου (RCHL) κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Επιπλέον οποιοδήποτε τεχνικό πρόβλημα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι πολύ δύσκολο να αντιμετωπισθεί άμεσα και σωστά καθώς η μονάδα βρίσκεται σε κατάσταση οριακής λειτουργίας, γεγονός που δεν αφήνει περιθώριο στο τεχνικό και επιστημονικό προσωπικό να πράξει κατάλληλα. Με όλα αυτά γίνονται αντιληπτές οι δυσκολίες που υπάρχουν ως προς την εξασφάλιση της επιθυμητής λειτουργίας της Ε.Ε.Λ. και την επίτευξη της καλής ποιότητας εκροής.

Η Δημοτική Αρχή μαζί με την Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Χερσονήσου (Δ.Ε.Υ.Α.Χ.) προσπαθούν να παρέχουν οποιαδήποτε εφικτή οικονομική

βοήθεια προς την εγκατάσταση μέχρι να βρεθεί η κατάλληλη χρηματοδότηση για την πραγματοποίηση της επέκτασης (Δεύτερη Φάση) του Γενικού Σχεδίου Επεξεργασίας Λυμάτων για το Δήμο. Εναλλακτικά και ως προσωρινή λύση, είχε προταθεί να σταματήσει η παραλαβή βοθρολυμάτων κατά τη διάρκεια Ιουλίου και Αυγούστου, έτσι ώστε να διατηρηθεί η ποιότητα της εκροής σε αποδεκτά επίπεδα. Η πρόταση αυτή όμως δεν εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της προσπάθειας της τοπικής αρχής να αναβαθμίσει την εγκατάσταση ήταν η βελτίωση της μονάδας χλωρίωσης στα τέλη του καλοκαιριού (μέσα Αυγούστου). Όπως παρουσιάζεται στο *Διάγραμμα 6.1*, η μείωση του αριθμού των ολικών κολοβακτηριδίων σχεδόν στο μηδέν, μετά από την 26<sup>η</sup> Αυγούστου στην εκροή, θα μπορούσε να είναι ένα άμεσο αποτέλεσμα αυτής της βελτίωσης. Το γεγονός ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν στις 17 Σεπτεμβρίου και 11 Οκτωβρίου ο αριθμός κολοβακτηριδίων μειώθηκε σχεδόν σε όλα τα υδροστόμια θα μπορούσε να οφείλεται στη βελτίωση του συστήματος ή στην μείωση της εισερχόμενης ροής ή και στα δύο.

Τα επεξεργασμένα απόβλητα οδηγούνται μέσω της δεξαμενής προσωρινής αποθήκευσης της εκροής (Δ.Π.Α.Ε.) στις δεξαμενές Χ.Ζ. και Υ.Ζ. Οι αριθμοί των ολικών κολοβακτηριδίων στα δείγματα που συλλέχθηκαν από τις δυο δεξαμενές είναι στις περισσότερες δειγματοληψίες μεγαλύτεροι από αυτούς της εκροής. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην επαναδραστηριοποίηση των μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των παθογόνων, η οποία σημειώνεται συνήθως στα λύματα που έχουν απολυμανθεί (Shuval, *et al.*, 1973; Lindenauer and Darby, 1994; Higgins *et al.*, 2002; Gehr *et al.*, 2003).

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν διάφορους μηχανισμούς αναδόμησης, όταν απολυμαίνονται με υπεριώδη ακτινοβολία (UV) ή οξειδώνονται με χλώριο ή όζον (Lindenauer and Darby, 1994). Η απόσταση των τριών χιλιομέτρων ανάμεσα στην Ε.Ε.Λ. και τις δυο δεξαμενές μπορεί να παρέχει ικανό χρόνο επαναδραστηριοποίησης, καθώς μειώνεται ταυτόχρονα η συγκέντρωση του χλωρίου. Επιπρόσθετα, δε μπορούμε να παραβλέψουμε την πιθανή εξωτερική μόλυνση της απορροής μέσω του σωλήνα (πιθανές διαρροές), μέσω του αντλητικού σταθμού ή ακόμα στις ίδιες τις δεξαμενές τα καπάκια των οποίων δεν έκλειναν καλά.

Παρ' όλα αυτά η ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων εκτιμάται ότι μπορεί να βελτιωθεί στις δύο δεξαμενές, αν προηγουμένως βελτιωθεί η ποιότητα της εκροής σύμφωνα με τις αξιολογήσεις των αποτελεσμάτων των δειγματοληψιών στις 26 Αυγούστου, 17 Σεπτεμβρίου και 11 Οκτωβρίου. Μπορεί να υποστηριχθεί ότι εφόσον η λειτουργία της Ε.Ε.Λ. βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, τότε και η απαιτούμενη ποιότητα της εκροής θα μπορεί να βελτιωθεί και να διατηρείται σταθερά στα επιθυμητά επίπεδα για μερικά χιλιόμετρα καθώς αυτή ρέει μέσα σε ένα σωστά κατασκευασμένο δίκτυο. Όμως η απουσία του νερού στη Δ.Χ.Ζ. στις 11 Οκτωβρίου και στη Δ.Υ.Ζ. στις 26 Αυγούστου δε μας επιτρέπει να απορρίψουμε ή να δεχτούμε αυτή την εκτίμηση με βεβαιότητα, μια και δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα. Το γεγονός πάντως ότι οι δύο δεξαμενές δεν ήταν συνεχώς γεμάτες με νερό αποδεικνύει ότι το σύστημα διαχείρισης δεν ήταν το πλέον κατάλληλο, γεγονός που επιδρά αρνητικά στην ποιότητα της εκροής και αναδεικνύει την ευπάθεια του συστήματος σε ελλείψεις ή λάθος ανθρωπογενείς χειρισμούς.

Όμως, ακόμη και αν υποθέσουμε ότι όταν τα επεξεργασμένα απόβλητα φτάνουν στις δύο δεξαμενές με αποδεκτή ποιότητα εκροής είναι αδύνατο να εκτιμήσουμε με ακρίβεια την ποιότητά τους όταν φτάνουν στα υδροστόμια (*Διαγράμματα 6.2 – 6.7*).

Οι αριθμοί ολικών κολοβακτηριδίων και οι συγκεντρώσεις υπολειμματικού χλωρίου ποικίλουν τόσο πολύ στα διάφορα υδροστόμια που δεν μπορούν να βγουν ξεκάθαρα αποτελέσματα και συμπεράσματα. Για παράδειγμα ο αριθμός ολικών κολοβακτηριδίων που καταγράφηκε στο υδροστόμιο 1 θα έπρεπε να είναι παραπλήσιος με αυτόν στο υδροστόμιο 6, καθώς απέχουν περίπου ίση απόσταση από τη Δ.Χ.Ζ. και ακόμη μικρότερη από αυτόν στο υδροστόμιο 3, κάτι που δεν ισχύει. Αντίθετα η υπόθεση αυτή υφίσταται μεταξύ των υδροστομίων 6 και 8 με μέσο αριθμό ολικών κολοβακτηριδίων στα 3,600 και 4,700 cfu/100ml αντίστοιχα (Διαγράμματα 6.2 και 6.4). Το πρόβλημα είναι ότι το υδροστόμιο 7 (Διάγραμμα 6.4) που βρίσκεται ανάμεσα σε αυτά τα δύο υδροστόμια, στο δευτερεύοντα σωλήνα διανομής, βρέθηκε κατά τη διάρκεια όλων των δειγματοληψιών με μικρότερους αριθμούς ολικών κολοβακτηριδίων και μάλιστα μικρότερους από εκείνους που σημειώθηκαν στην εκροή και στις δύο δεξαμενές.

**Πίνακας 6.1:** Δείγματα με αριθμό TC μικρότερο των ορίων λειτουργίας της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου (500 cfu / 100 ml) κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών δειγματοληψιών

Υδροστόμια	Δειγματοληψία 26 <sup>ης</sup> Αυγούστου	Δειγματοληψία 17 <sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου	Δειγματοληψία 11 <sup>ης</sup> Οκτωβρίου
1	Όχι	Ναι	Όχι
2	Όχι	Ναι	Όχι
3	Ναι	Ναι	Όχι
4	Όχι	Όχι	Όχι
5	Όχι	Ναι	✱
6	Όχι	Ναι	Όχι
7	Ναι	Ναι	Όχι
8	Όχι	Ναι	Όχι
9	Όχι	Ναι	Όχι
10	Όχι	Ναι	Όχι
11	Ναι	Ναι	Όχι
12	Ναι	Ναι	Όχι
13	✱	✱	✱
14	✱	✱	✱
15	✱	✱	Ναι
16	✱	✱	Όχι
17	Ναι	✱	Όχι
18	Όχι	✱	Ναι

✱: Δεν βρέθηκε νερό στα υδροστόμια

Με δεδομένο ότι η Ε.Ε.Λ.Χ. παρήγαγε εκροή χαμηλής ποιότητα στο μεγαλύτερο μέρος των δειγματοληψιών, με εξαίρεση τις τελευταίες τρεις μετρήσεις, θα περιορίσουμε τις παρατηρήσεις μας στις τρεις τελευταίες δειγματοληψίες (Διάγραμμα 6.1). Στον Πίνακα 6.1 οι δειγματοληψίες που έδωσαν τις προδιαγραφές λειτουργίας της μονάδας (δηλαδή αριθμό TC μικρότερο από 500cfu/100 ml) σε αυτές τις τρεις ημερομηνίες παρουσιάζονται με «Ναι», ενώ εκείνες που απέτυχαν παρουσιάζονται με «Όχι». Από τα αποτελέσματα αυτά είναι εμφανές ότι δεν μπορεί να εξαχθεί ξεκάθαρο (θετικό ή αρνητικό) συμπέρασμα. Στις 17 Σεπτεμβρίου τα δείγματα στα περισσότερα υδροστόμια διατηρούν την ποιότητα που επιτυγχάνεται στην εκροή, ενώ τρεις εβδομάδες μετά σημειώθηκε ακριβώς το αντίθετο. Μετά τις 26 Αυγούστου οι περισσότεροι από τους 18 συλλέκτες απέτυχαν να παραμείνουν μέσα στα πλαίσια των απαιτούμενων προδιαγραφών. Όμως αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι την ίδια ημέρα στην εκροή της Ε.Ε.Λ.Χ. ο αριθμός των κολοβακτηριδίων ήταν μεγαλύτερος από τον επιτρεπόμενο. Πρέπει να σημειωθεί ότι για να είναι απόλυτα

σωστή μια τέτοια προσέγγιση θα πρέπει να λάβει κανείς υπόψη στη διαδικασία των δειγματοληψιών και τον υδραυλικό χρόνο παραμονής στο δίκτυο. Δηλαδή για να είναι δυνατή η εκτίμηση της επίδρασης της ροής και παραμονής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στα ποιοτικά της χαρακτηριστικά θα πρέπει να πραγματοποιηθούν οι διαδοχικές δειγματοληψίες στο χρόνο που θα απαιτηθεί για να διανύσει τη συγκεκριμένη απόσταση το κινούμενο ρευστό. Οι ιδιαιτερότητες του δικτύου δεν επιτρέπουν όμως ένα τέτοιο ασφαλές υπολογισμό, γεγονός που μπορεί να επηρεάζει σε ένα μικρό βαθμό και την ορθότητα των συμπερασμάτων.

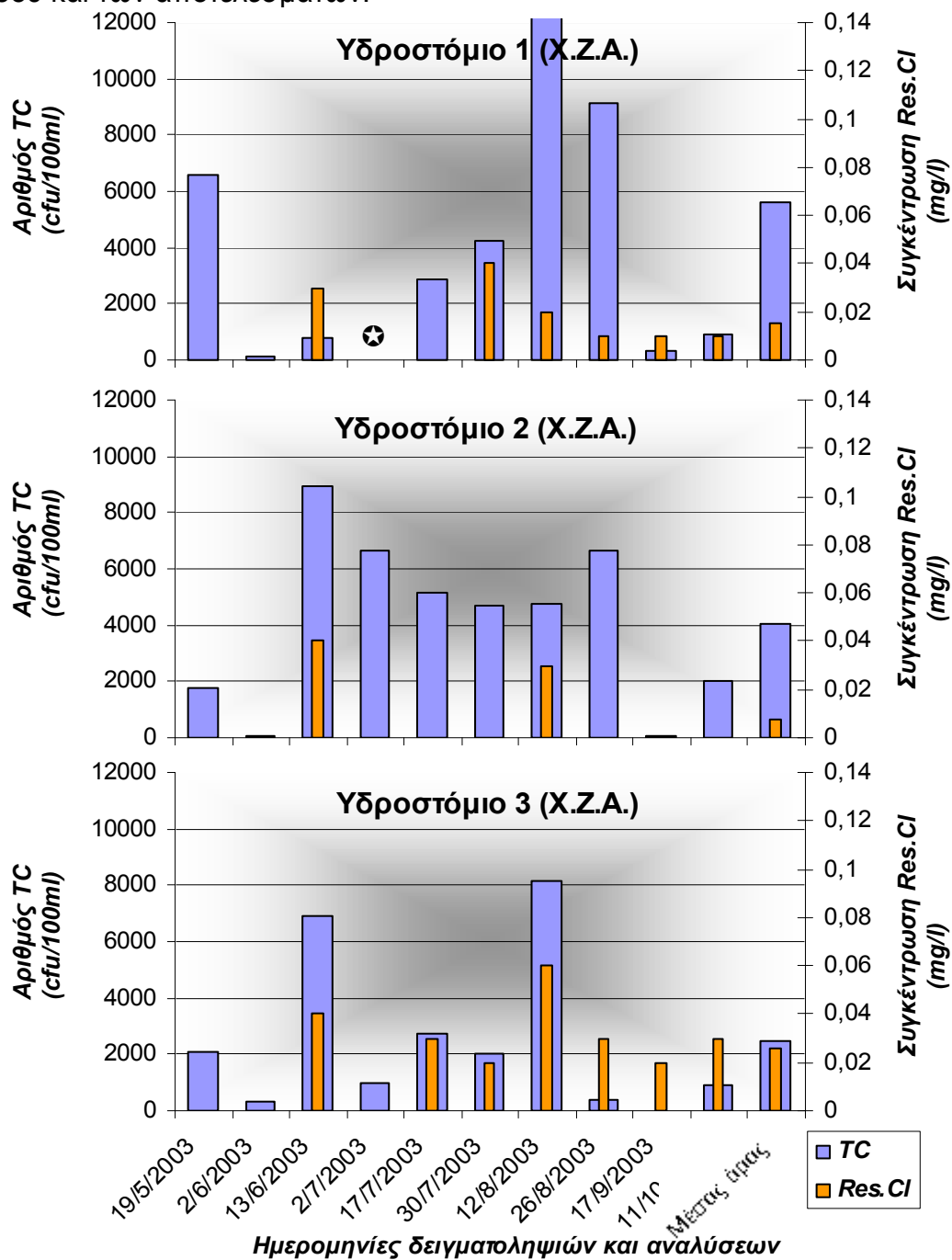
Οι πραγματικές τιμές των ολικών κολοβακτηριδίων, θα μπορούσαν να είχαν επηρεαστεί από ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων, όπως είναι η επαναδραστηριοποίηση των κολοβακτηριδίων, η παρουσία των δύο δεξαμενών άρδευσης και η κατασκευή του συστήματος μέσα σε αστικές και ημιαστικές περιοχές, γεγονός που αφήνει ανοιχτό το ενδεχόμενο «τοπικής μόλυνσης» της εκροής από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (π.χ. κτηνοτροφία).

Οι αγρότες είναι επίσης υπεύθυνοι για την εφαρμογή της επεξεργασμένης εκροής στις καλλιέργειες, χρησιμοποιώντας την παροχή σύμφωνα με τις εκτιμώμενες από τους ίδιους υδατικές ανάγκες των καλλιεργειών τους. Αυτό συχνά δημιουργεί πρόβλημα στη λειτουργία του συστήματος, καθώς σε μερικές περιπτώσεις το νερό εκρέει συνεχώς από ένα συγκεκριμένο υδροστόμιο, ενώ άλλα μέρη του δικτύου και επομένως και τα αντίστοιχα υδροστόμια δε χρησιμοποιούνται για εβδομάδες, με αποτέλεσμα τα επεξεργασμένα λύματα να μην απομακρύνονται με την ίδια ταχύτητα από όλα τα υδροστόμια. Το στάσιμο νερό εκτίθεται σε όλους τους παράγοντες που θα μπορούσαν είτε να αυξήσουν είτε να μειώσουν τον αριθμό των κολοβακτηριδίων. Επίσης, στα δείγματα που πήραμε από τέτοια υδροστόμια (που παρέμειναν για αρκετό διάστημα κλειστά) παρατηρήσαμε πολλές φορές αυξημένη θολότητα (κάτι που επηρέαζε αρνητικά και το φασματοφωτόμετρο κατά τον υπολογισμό του υπολειμματικού χλωρίου, δίνοντας συνήθως λανθασμένες τιμές) και αυξημένες συγκεντρώσεις ολικών αιωρούμενων στερεών. Αυτή η πρακτική, που οι αγρότες εφαρμόζουν το επεξεργασμένο νερό σε ακανόνιστα διαστήματα, δημιουργεί σειρά προβλημάτων στη Δ.Ε.Υ.Α.Χ.

Πέρα από την εμφανή βελτίωση της απόδοσης της Ε.Ε.Λ. μετά την 26<sup>η</sup> Αυγούστου λόγω τεχνικών βελτιώσεων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι την ίδια περίοδο ξεκινά η μείωση της εισερχόμενη ροής. Η μείωση των εισερχόμενων αποβλήτων θα έπρεπε να επιδρούσε θετικά στην ποιότητα εκροής που σε συνδυασμό με την αναβάθμιση της χλωρίωσης θα οδηγούσε σε χαμηλές τιμές ολικών κολοβακτηριδίων στην εκροή (Διάγραμμα 6.1). Η μείωση της εισερχόμενης ροής, όμως, επηρεάζει κυρίως την αποτελεσματικότητα της μονάδας και όχι τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στο σύστημα διανομής και επαναχρησιμοποίησης.

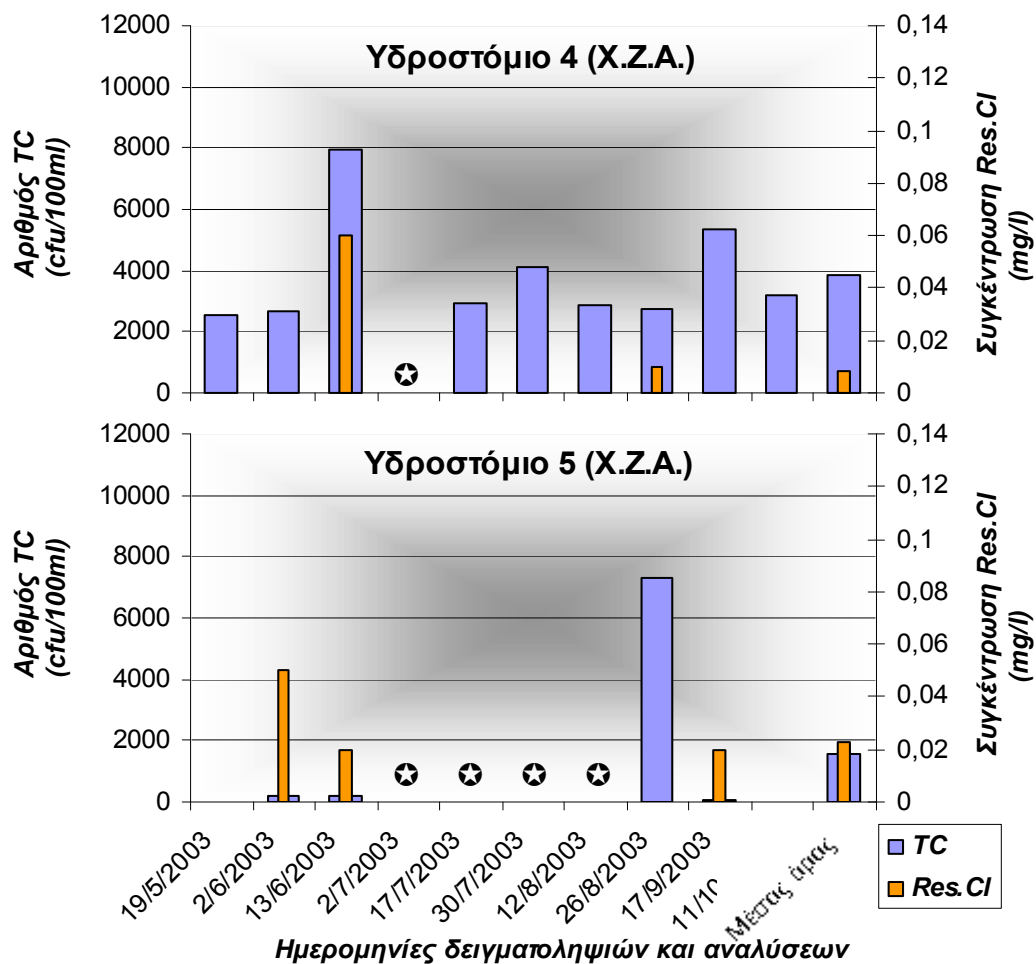
Παρατηρώντας, τέλος, όλα τα διαγράμματα διαπιστώνεται ότι υπάρχει έντονη ποικιλομορφία και στις τιμές υπολειμματικού χλωρίου. Μάλιστα συχνά υψηλές συγκεντρώσεις υπολειμματικού χλωρίου συνοδεύονται από υψηλούς αριθμούς ολικών κολοβακτηριδίων και το αντίστροφο. Το λογικό θα ήταν η παρουσία χλωρίου να έχει ως αποτέλεσμα την απουσία των κολοβακτηριδίων. Επίσης θα αναμενόταν η συγκέντρωση να είναι μικρότερη στα πλέον απομακρυσμένα υδροστόμια σε σχέση με τις τιμές στην εκροή ή στα κοντινότερα υδροστόμια, υπόθεση που αναιρείται από την πλειοψηφία των τιμών που παρουσιάζονται στα περισσότερα διαγράμματα. Μια πιθανή εξήγηση είναι το μικρό μέγεθος των τιμών με αποτέλεσμα να επηρεάζονται από την ακρίβεια της μεθόδου, όσο και τη συχνή παρουσία στα δείγματα σκουριάς και άλλων αιωρούμενων μικροσωματιδίων που επίσης επηρεάζουν την ακρίβεια της

μεθόδου και των αποτελεσμάτων.



⊛: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

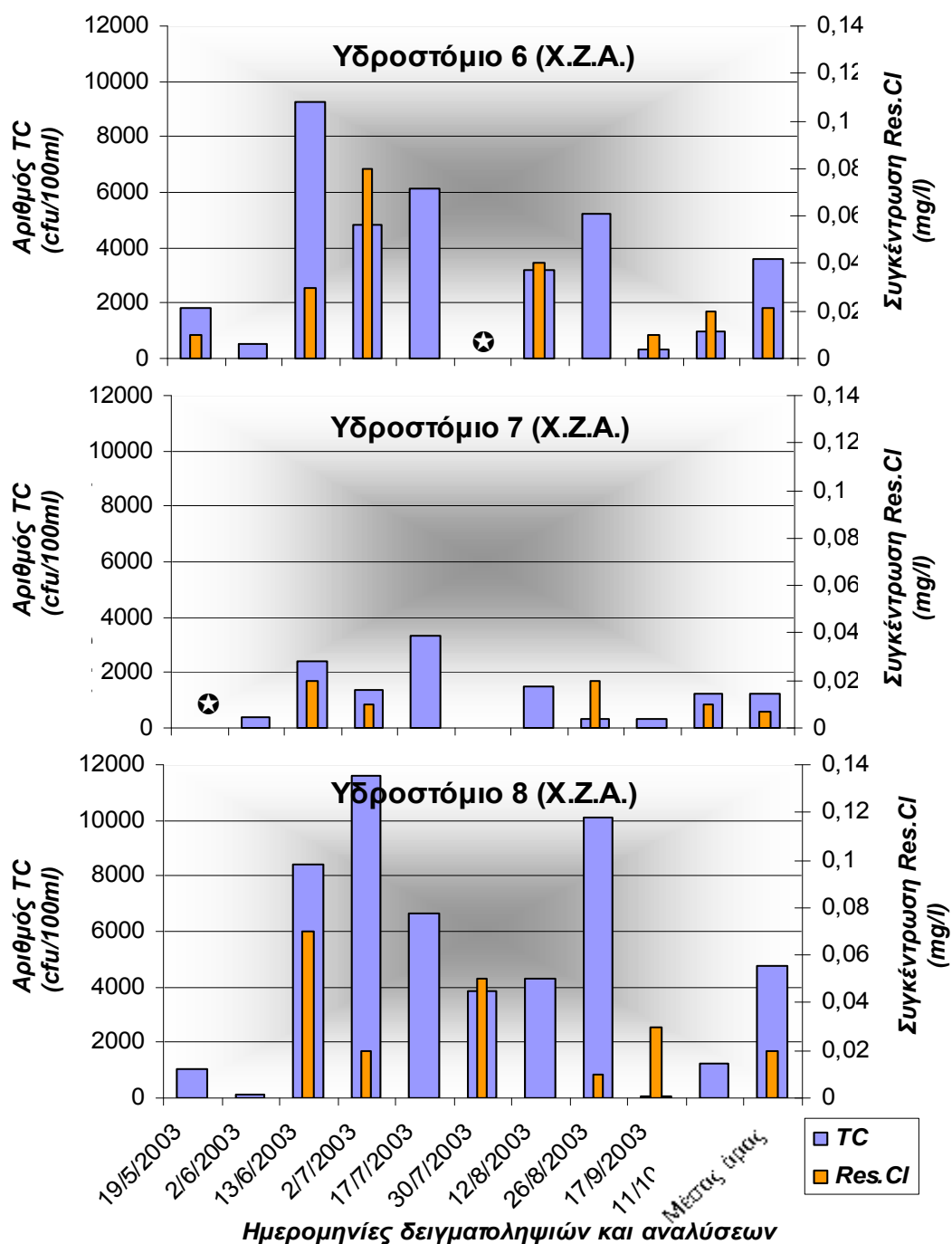
**Διάγραμμα 6.2:** Μεταβολή του αριθμού ολικών κολοβακτηριδίων (TC) και της συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου (RCHL) κατά τη διάρκεια της έρευνας.



☼: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

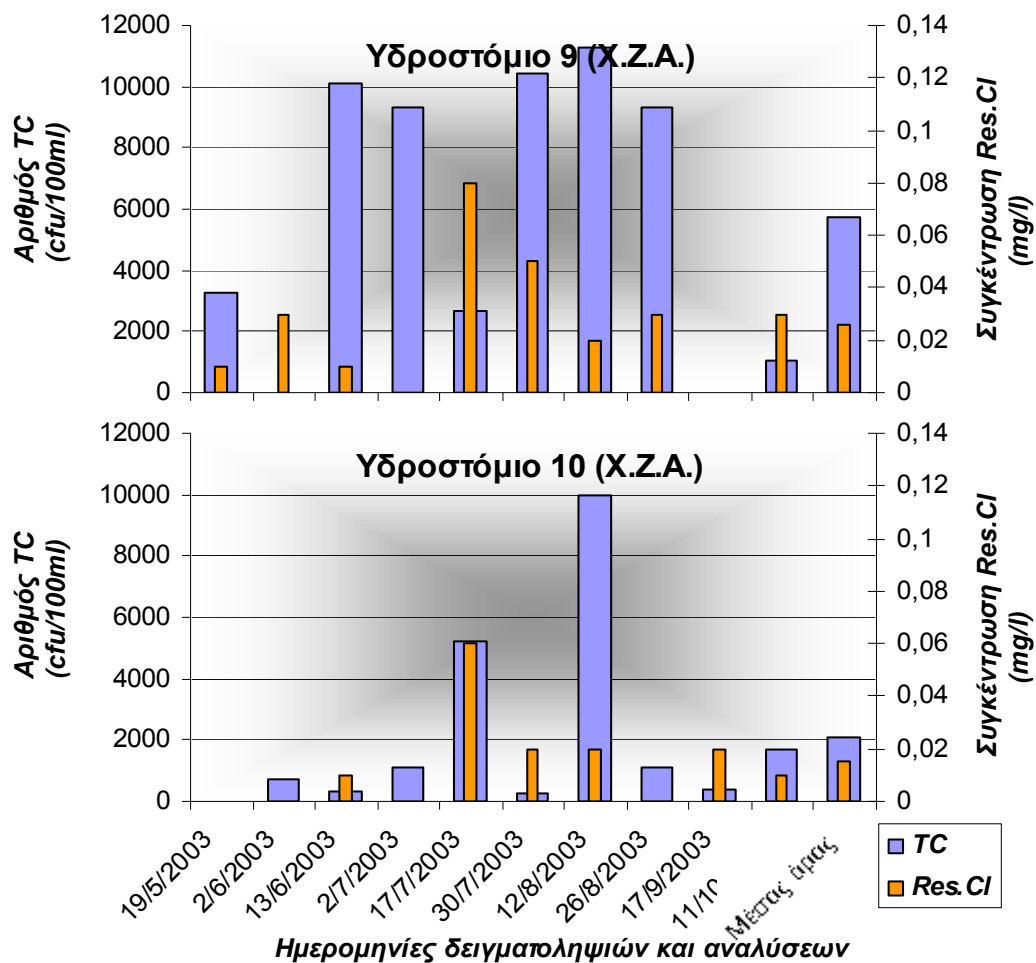
**Διάγραμμα 6.3:** Μεταβολή του αριθμού ολικών κολοβακτηριδίων (TC) και της συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου (RCHL) κατά τη διάρκεια της έρευνας.



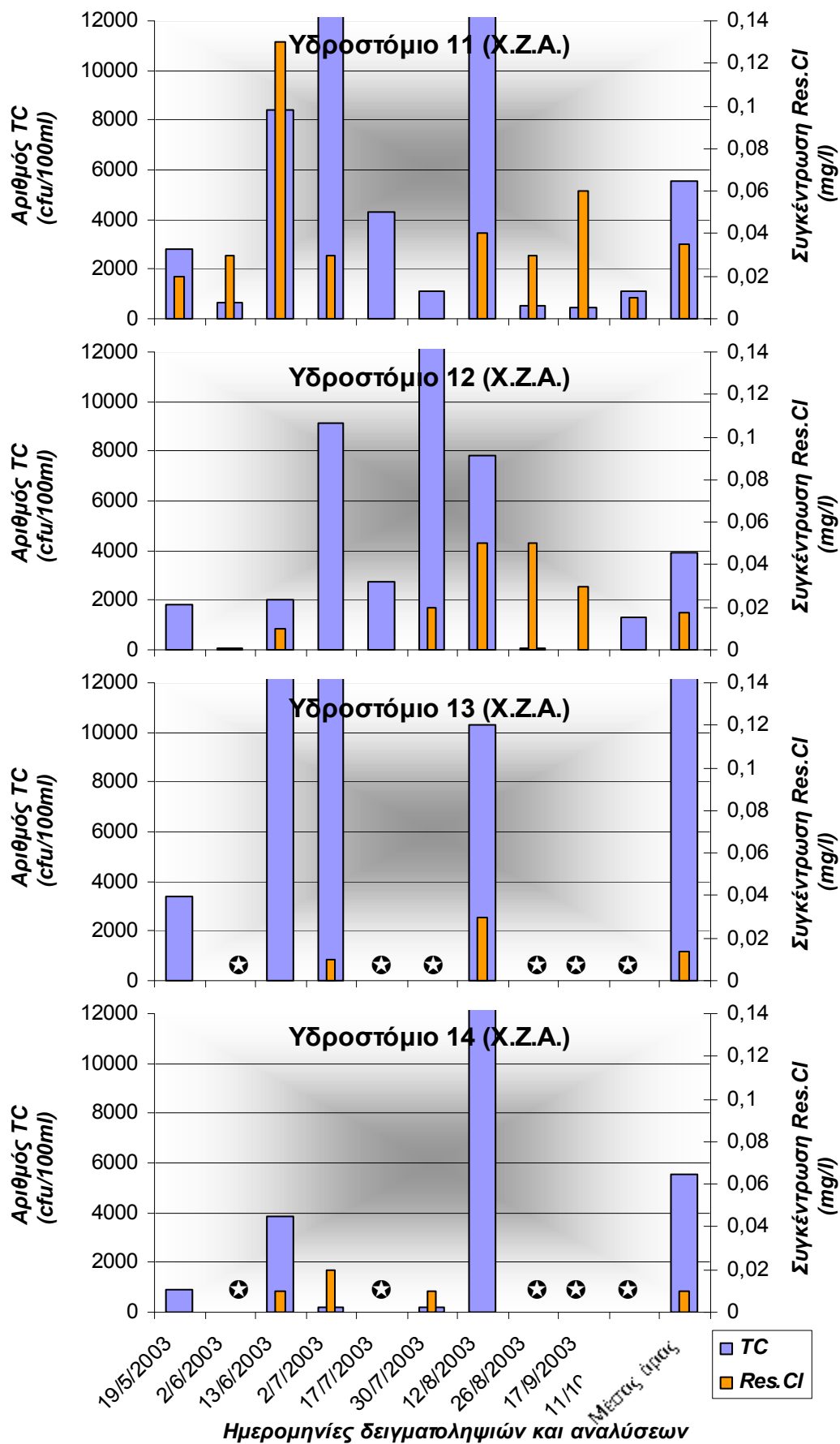


☼: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.4:** Μεταβολή του αριθμού ολικών κολοβακτηριδίων (TC) και της συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου (RCHL) κατά τη διάρκεια της έρευνας.

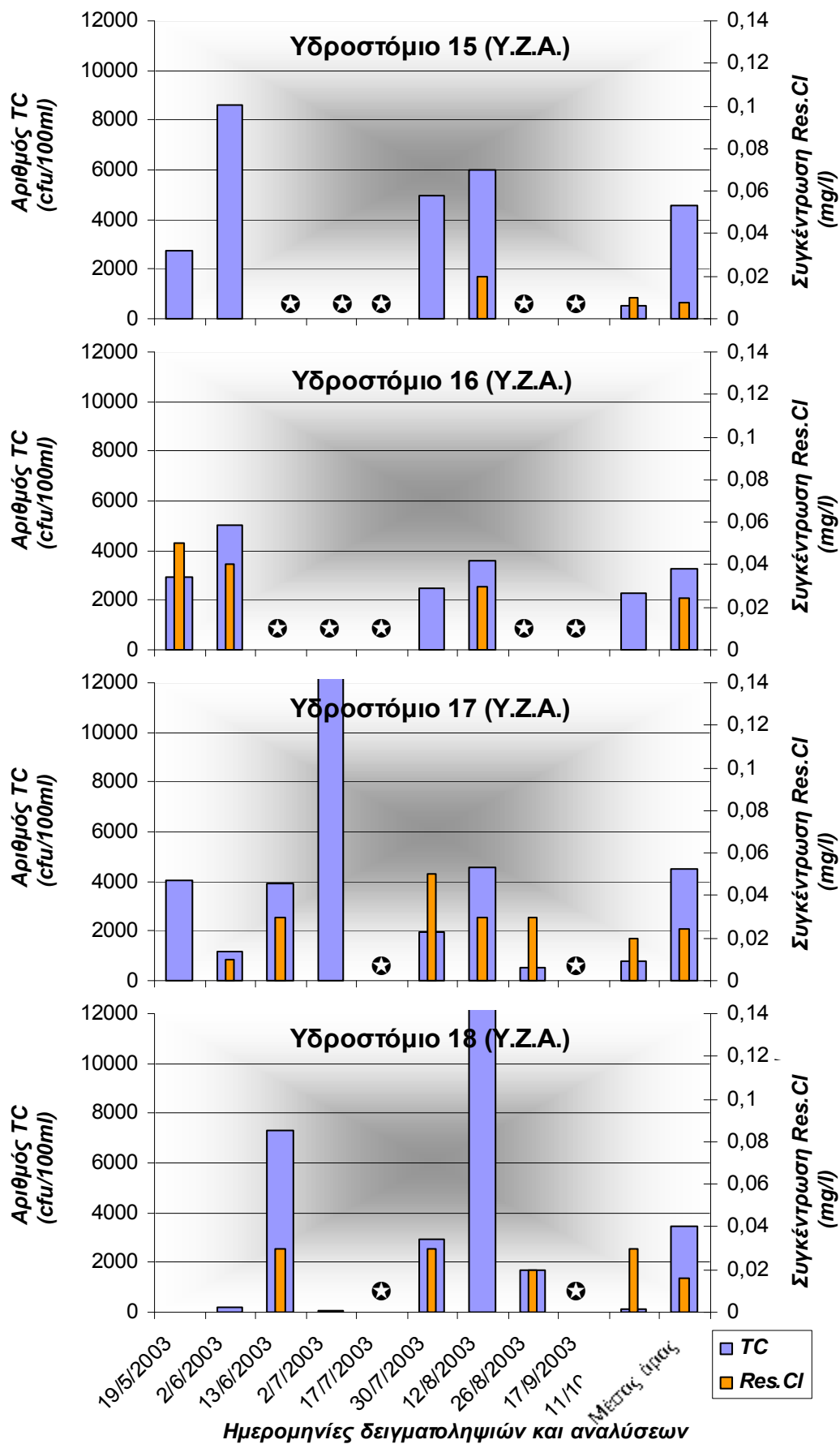


**Διάγραμμα 6.5:** Μεταβολή του αριθμού ολικών κολοβακτηριδίων (TC) και της συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου (RCHL) κατά τη διάρκεια της έρευνας.



⊛: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.6:** Μεταβολή του αριθμού ολικών κολοβακτηριδίων (TC) και της συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου (RCHL) κατά τη διάρκεια της έρευνας.



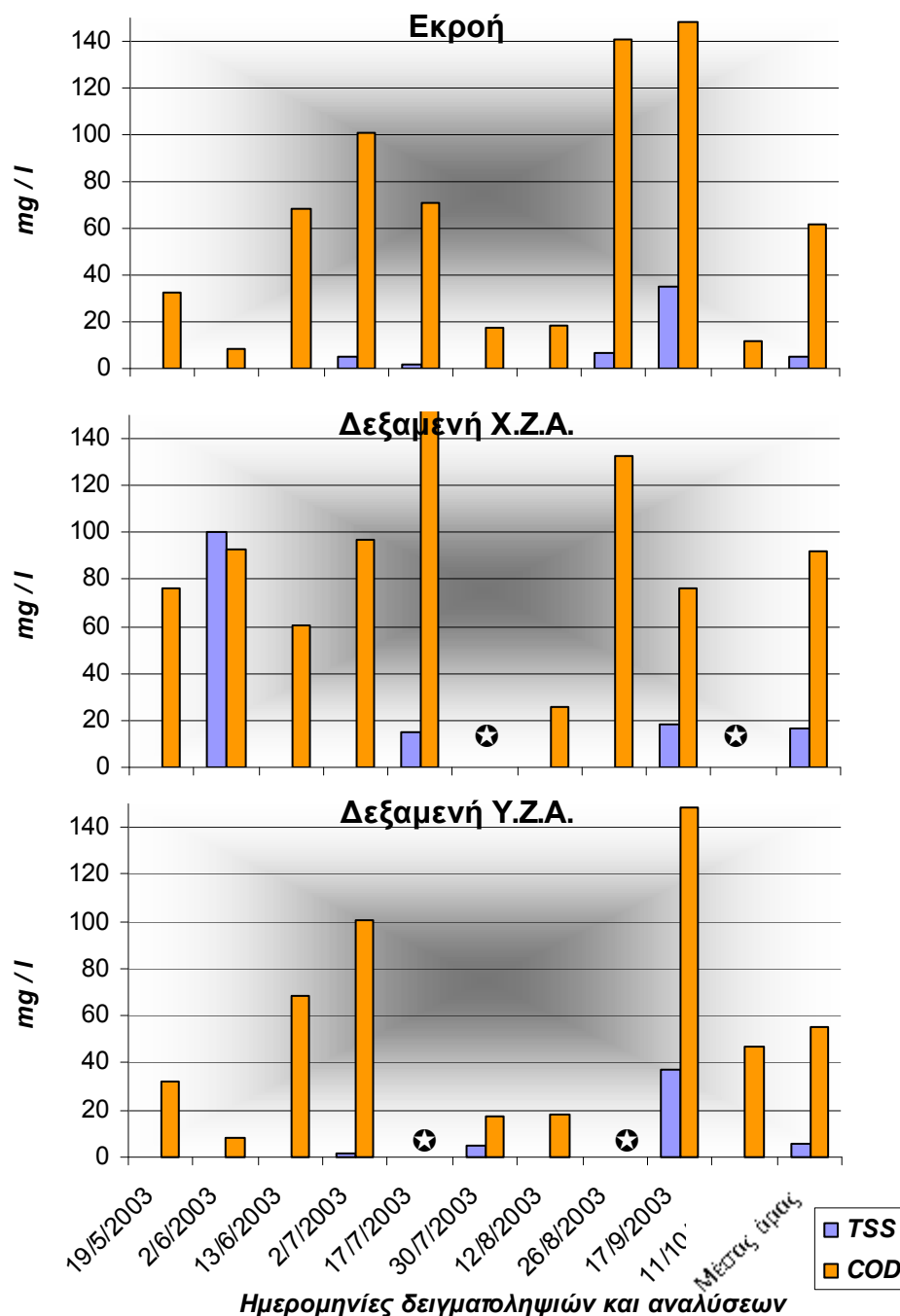
⊛: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.7:** Μεταβολή του αριθμού ολικών κολοβακτηριδίων (TC) και της συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου (RCHL) κατά τη διάρκεια της έρευνας.

## 6.2. Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) – Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Οι τιμές που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια της έρευνας τόσο για τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) (Πίνακας 3 του Παραρτήματος 3) όσο και για το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) (Πίνακας 4 του Παραρτήματος 3) ήταν γενικά αποδεκτές εκτός από ορισμένες μεμονωμένες περιπτώσεις.

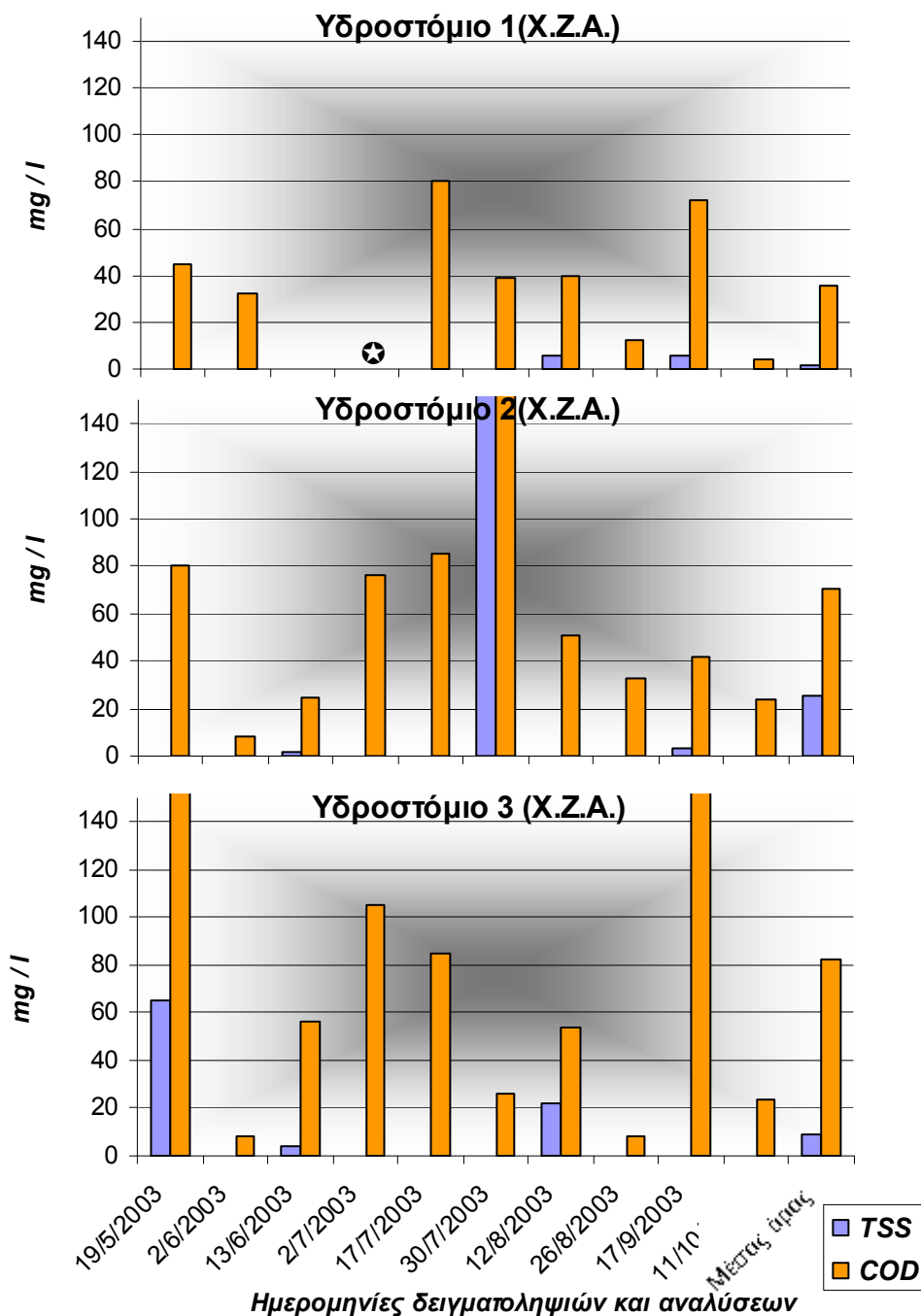
**Σημείωση:** Στα ακόλουθα γραφήματα ολικών αιωρούμενων στερεών και χημικά απαιτούμενου οξυγόνου, έχει τεθεί οριακή τιμή συγκέντρωσης, τόσο για τα ολικά αιωρούμενα στερεά όσο και για το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, τα 140 mg / l.



☆: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

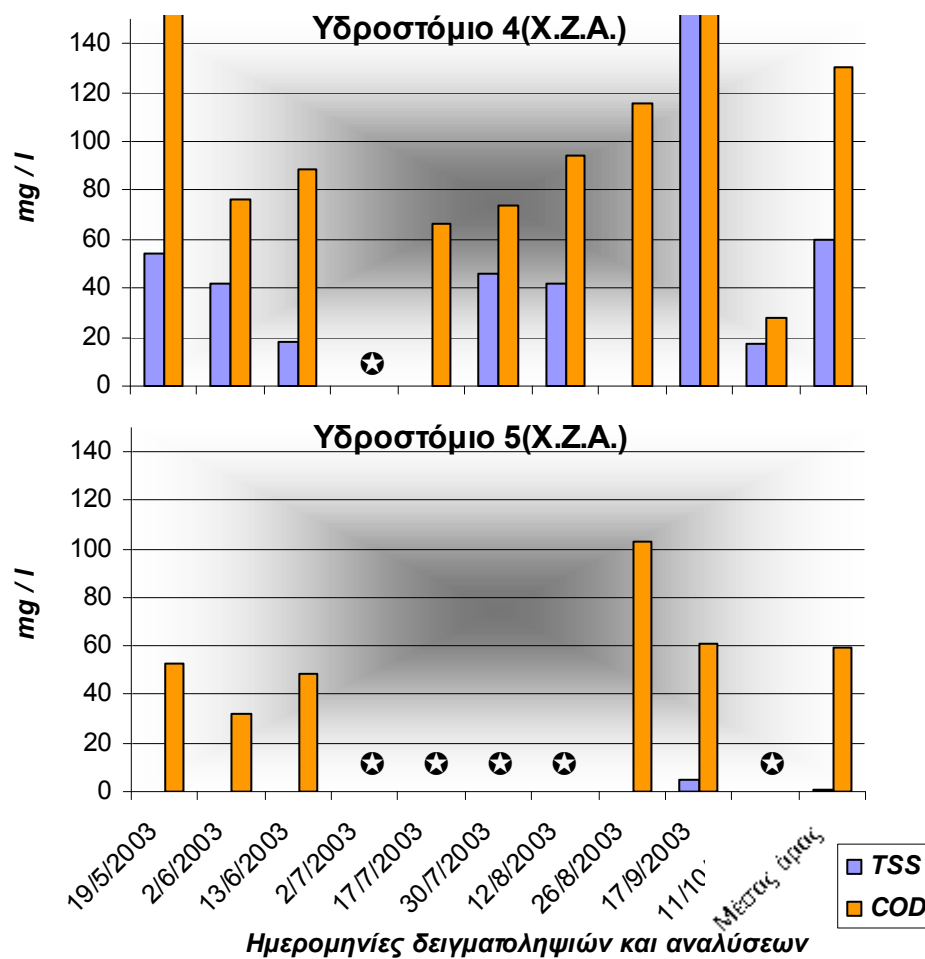
**Διάγραμμα 6.8:** Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών (TSS) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Η μελέτη των δύο αυτών παραμέτρων έγινε ταυτόχρονα (Διαγράμματα 6.8 έως 6.14) με σκοπό να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσο σχετίζονται. Γενικά παρατηρήσαμε πως οι αυξημένες τιμές ολικών αιωρούμενων στερεών σήμαινε και υψηλές τιμές COD. Λόγου χάρη, τις 13 Ιουνίου στο υδροστόμιο 7 σημειώθηκαν οι υψηλότερες τιμές και για τις δυο παραμέτρους. Το ίδιο παρατηρήθηκε στο υδροστόμιο 2 στην δειγματοληψία της 30<sup>ης</sup> Ιουλίου και στο υδροστόμιο 4 στην δειγματοληψία της 17<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου.



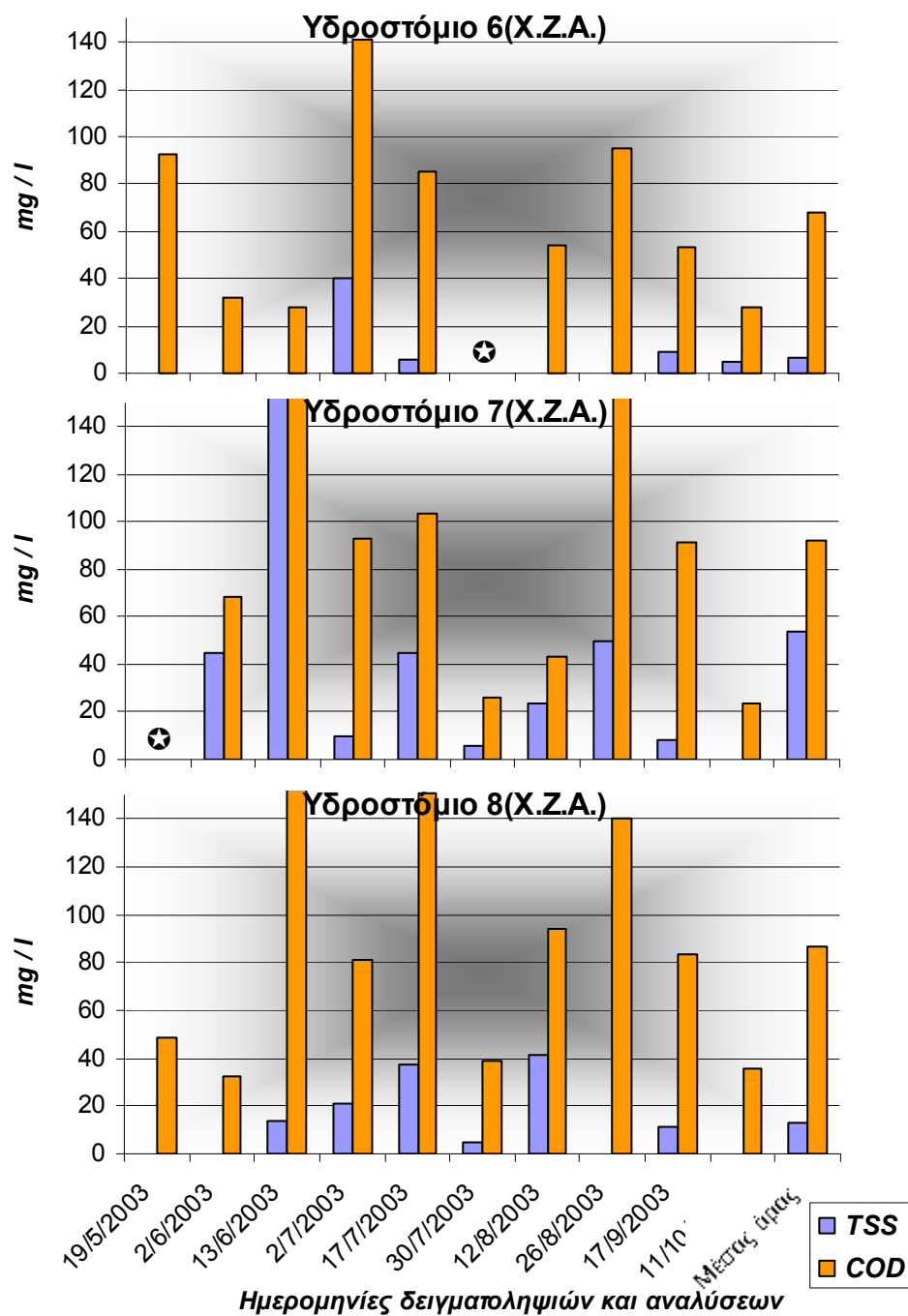
☼: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.9:** Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών (TSS) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) κατά τη διάρκεια της έρευνας.



\*: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

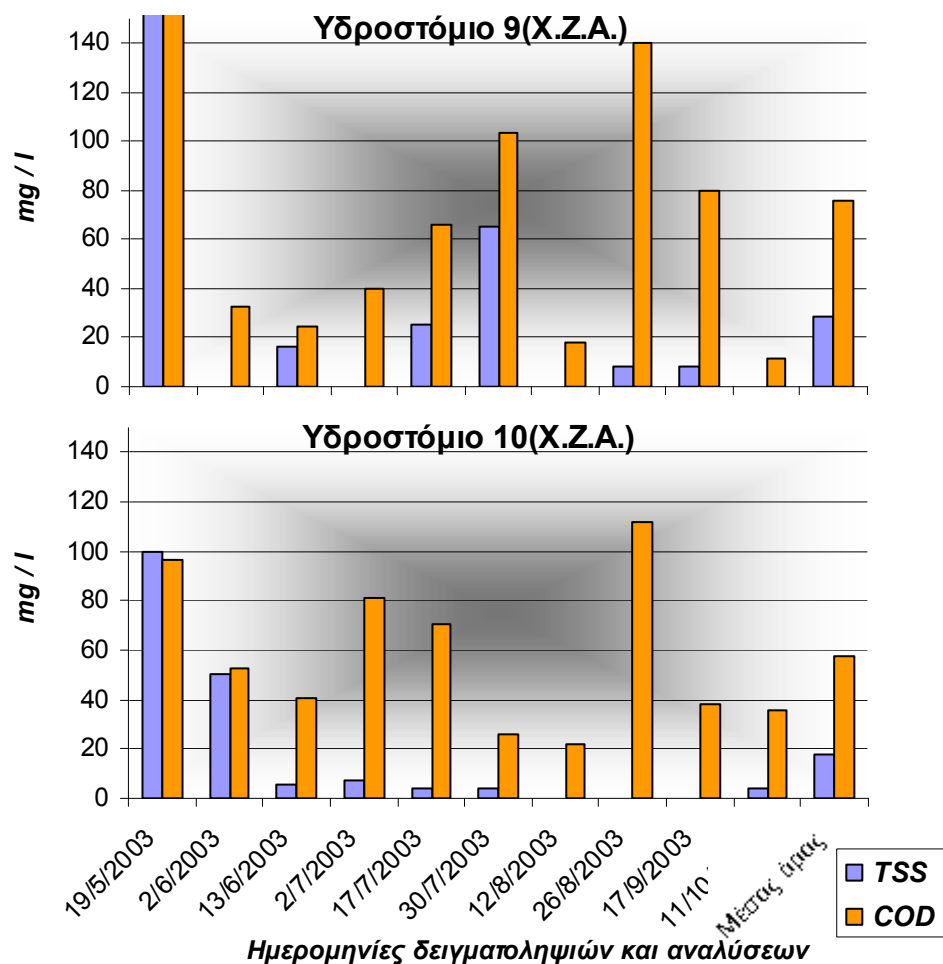
**Διάγραμμα 6.10:** Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών (TSS) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) κατά τη διάρκεια της έρευνας.



☼: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

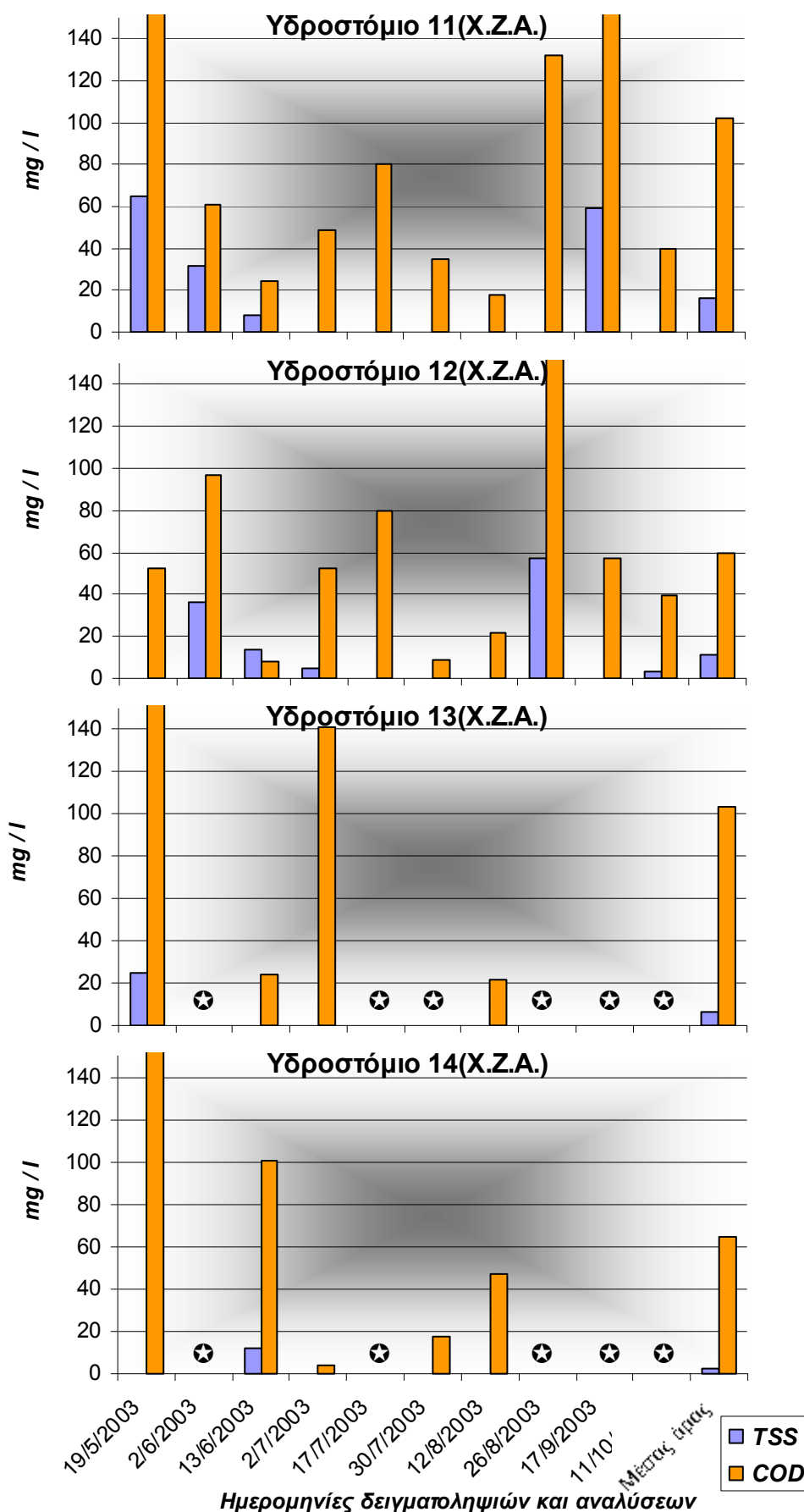
**Διάγραμμα 6.11:** Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών (TSS) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) κατά τη διάρκεια της έρευνας.





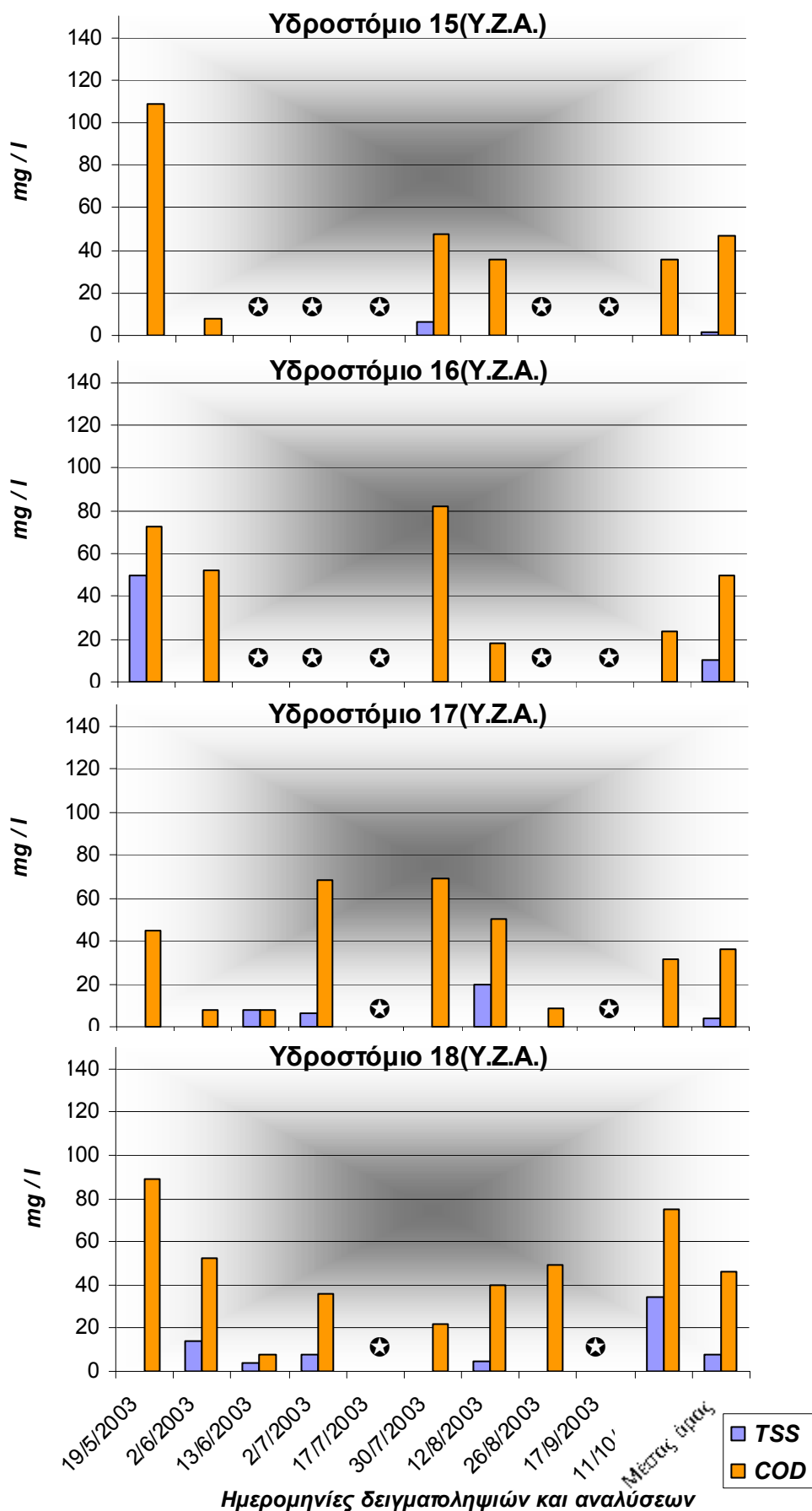
☉: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.12:** Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών (TSS) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) κατά τη διάρκεια της έρευνας.



⊛: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.13:** Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών (TSS) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) κατά τη διάρκεια της έρευνας.



⊛: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.14:** Μεταβολή των αιωρούμενων στερεών (TSS) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Το σωματιδιακό οργανικό φορτίο αποτελεί το 0,65 των ολικών αιωρούμενων στερεών. Είναι προφανές ότι το COD μετράει χημικά διασπάσιμο οργανικό φορτίο το οποίο αυξάνεται όταν αυξάνονται τα TSS τα οποία δεν είναι αδρανή.

Στα συστήματα άρδευσης με σταγόνες, όπως αυτό της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου, υπάρχει έντονος ο κίνδυνος έμφραξης των σταλλακτών με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του συστήματος και την ανομοιομορφία της κατανομής του αρδευτικού νερού. Οι τιμές των TSS όμως που σημειώθηκαν δεν ήταν ιδιαίτερα ανησυχητικές πρώτον, λόγω τάξης μεγέθους και δεύτερον λόγω της προσωρινότητας τους. Οι υψηλές τιμές που παρατηρήθηκαν για παράδειγμα στο υδροστόμιο 7 στις 13 Ιουνίου δεν επαναλήφθηκαν και στις άλλες δειγματοληψίες και οφείλονταν είτε στην κατάσταση των σιδερένιων υδροστόμιων αφού συνήθως επρόκειτο για σκουριά, είτε σε προσωρινές διαρροές και εισροή χύματος στις σωληνώσεις.

Ένα ακόμη ενδεχόμενο, που μπορεί να δικαιολογεί κάποιες υψηλές τιμές των TSS είναι και οι παράγοντες σφάλματος που αφορούν σε προσδιορισμούς. Τέτοιοι παράγοντες είναι πρώτον η θερμοκρασία στην οποία γίνεται η ζήρανση ή καύση των στερεών και η διάρκεια της θέρμανσης και δεύτερον το γεγονός ότι η ζήρανση των στερεών γίνεται στους  $180 \pm 2$  °C, ένα μέρος του κρυσταλλοποιημένου νερού δεν εξατμίζεται.

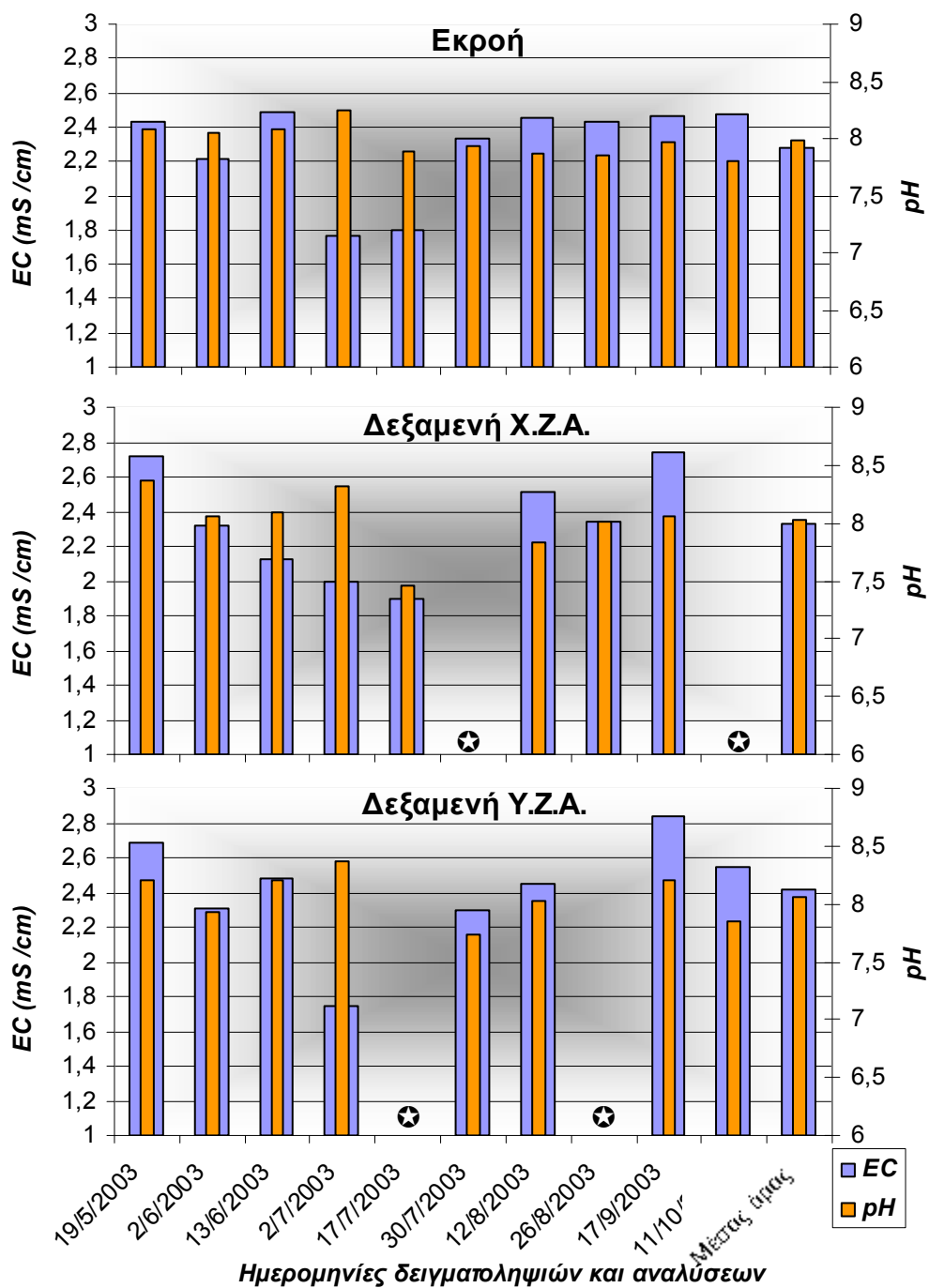
Κατά τη μέτρηση του COD είναι δυνατό να υπάρξει σφάλμα εξαιτίας της εμφάνισης κάποιων παρεμποδιστικών ουσιών, όπως είναι τα χλωριόντα, τα οποία είτε δεσμεύουν τον άργυρο και ελαττώνουν την καταλυτική δράση του  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , είτε οξειδώνονται από διχρωμικό κάλιο σε  $\text{Cl}_2$ , αυξάνοντας έτσι πλασματικά την τιμή του COD του δείγματος (Μαμάης, 2001).

### **6.3. Συγκέντρωση υδρογονιόντων (pH) – Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)**

Κατά τη διάρκεια όλης της δειγματοληπτικής περιόδου (δέκα δειγματοληψίες) οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμάνθηκαν (κατά μέσο όρο) από 7,98 έως 8,29 και από 2,2 έως 2,47 mS/cm αντίστοιχα, τηρώντας στην πλειοψηφία τους τα θερμοθετημένα όρια.

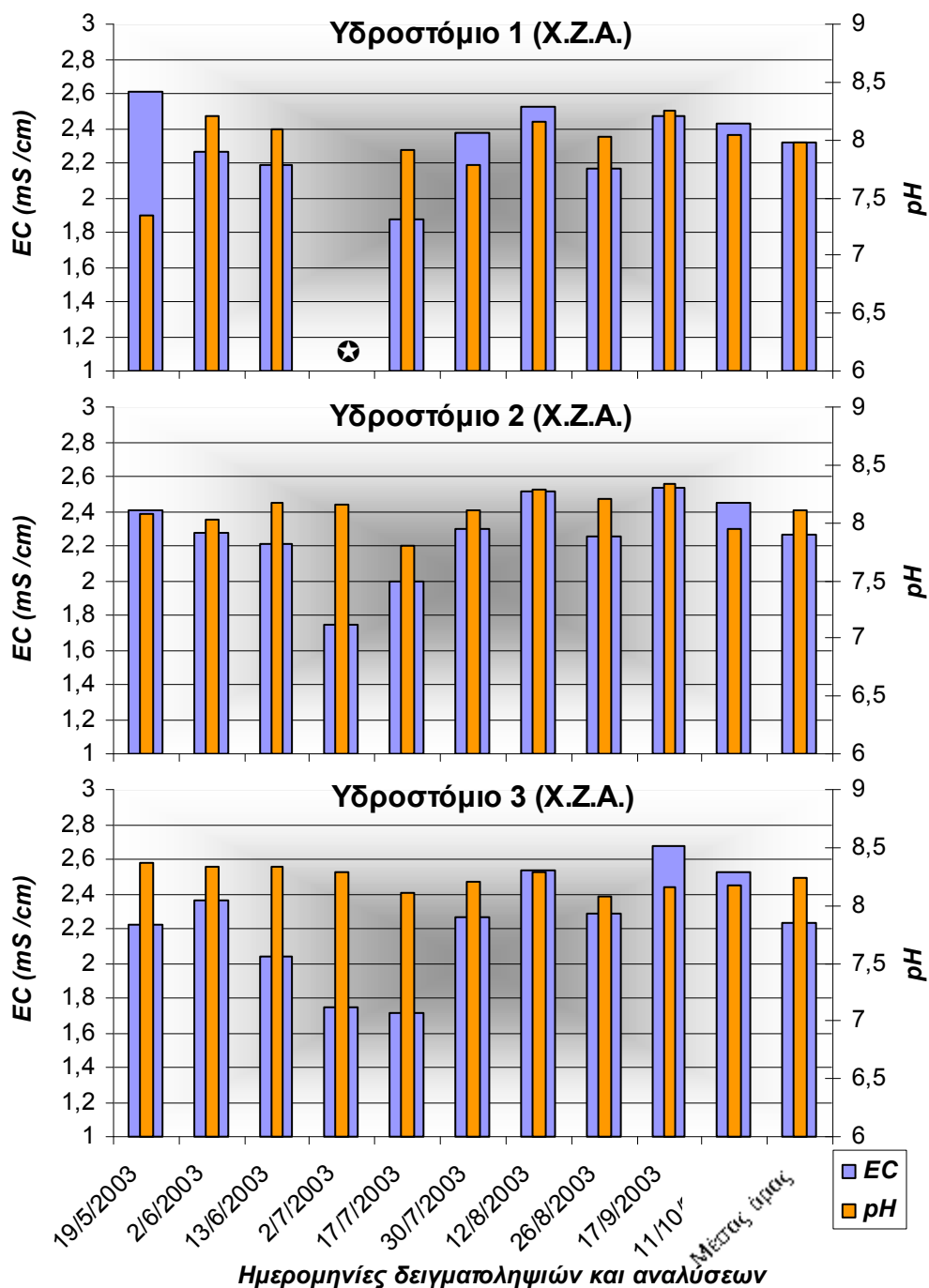
Το βέλτιστο pH για την πλειοψηφία των βακτηρίων είναι το ουδέτερο σημείο  $\text{pH}=7$ , ενώ ένας τυπικός μύκητας έχει άριστο pH αύξησης στην όξινη περιοχή. Υπάρχουν, βεβαίως, εξαιρέσεις όπως π.χ. τα νιτροποιά που έχουν βέλτιστο pH αύξησης 8,6. Ενώ μερικά βακτήρια έχουν βέλτιστο pH πάνω από 7.

Είναι προφανές ότι το pH των υγρών αποβλήτων προς επεξεργασία θα καθορίσει το είδος των βακτηρίων που θα αναπτυχθούν. Πάντως για να είναι δυνατή η βιολογική αύξηση και επομένως η βιοαποδόμηση του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων, πρέπει το pH να είναι κοντά στο ουδέτερο και όταν τα υγρά απόβλητα είναι όξινα ή αλκαλικά πρέπει να εξουδετερώνονται πριν τη βιολογική επεξεργασία. (Λέκκας, 2001)



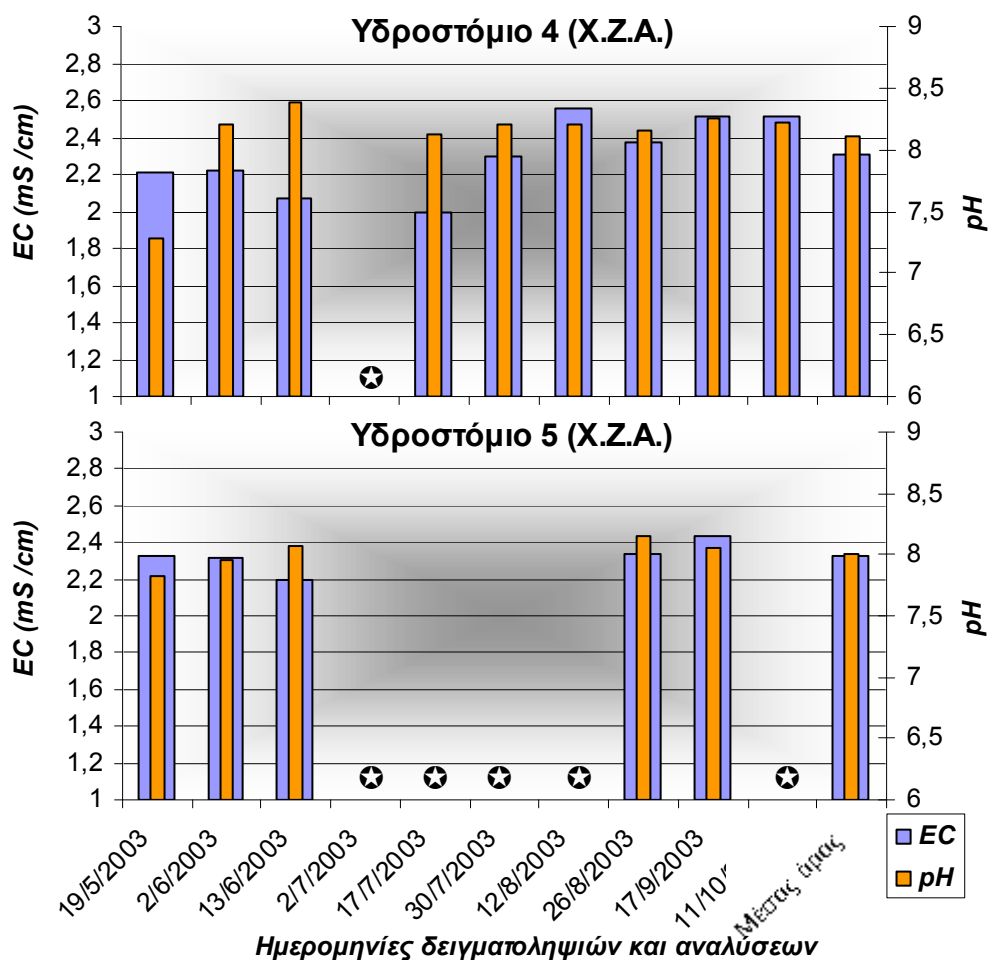
⊛: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.15:** Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του pH κατά τη διάρκεια της έρευνας.



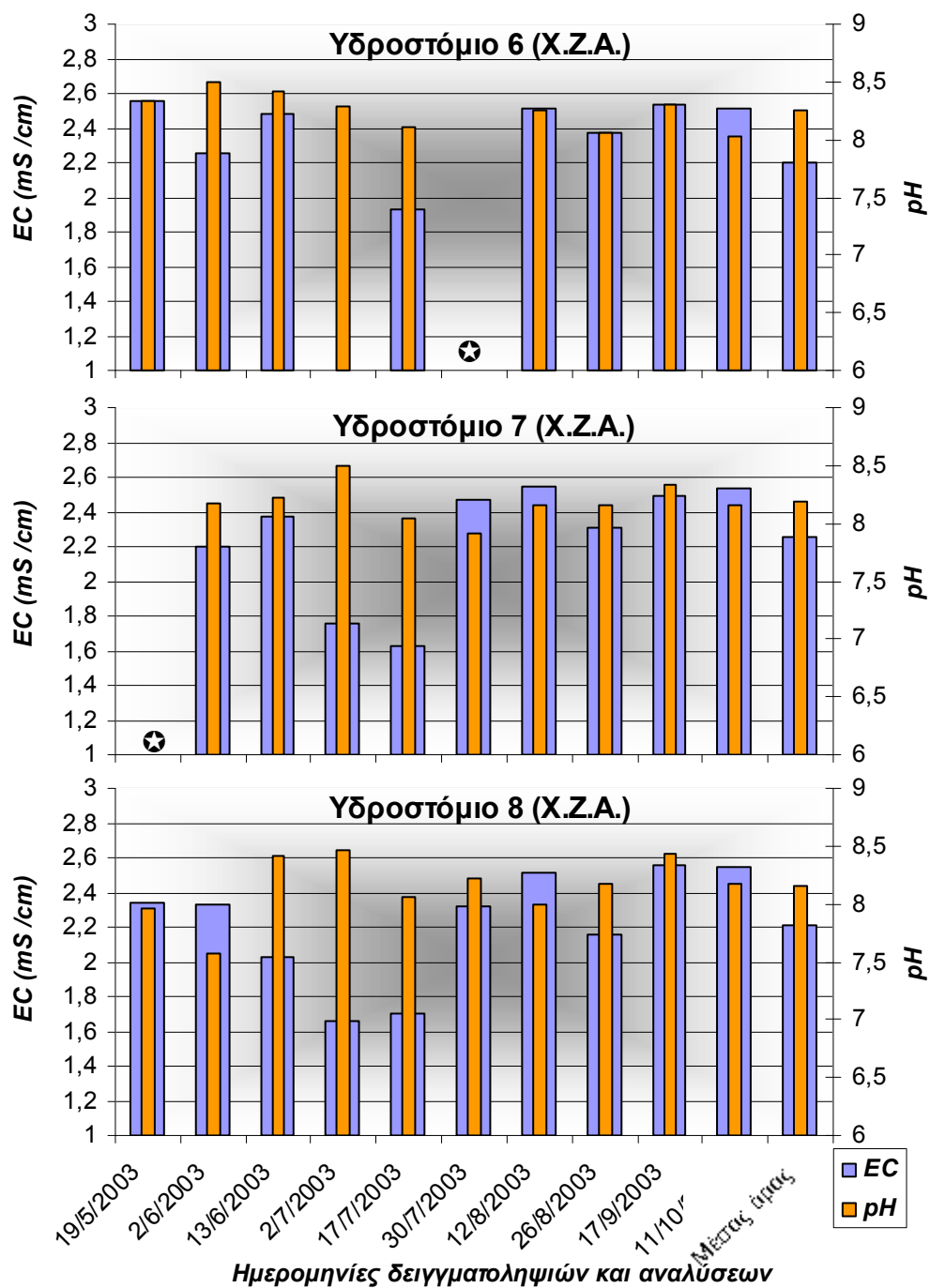
☼: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.16:** Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του pH κατά τη διάρκεια της έρευνας.



☼: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

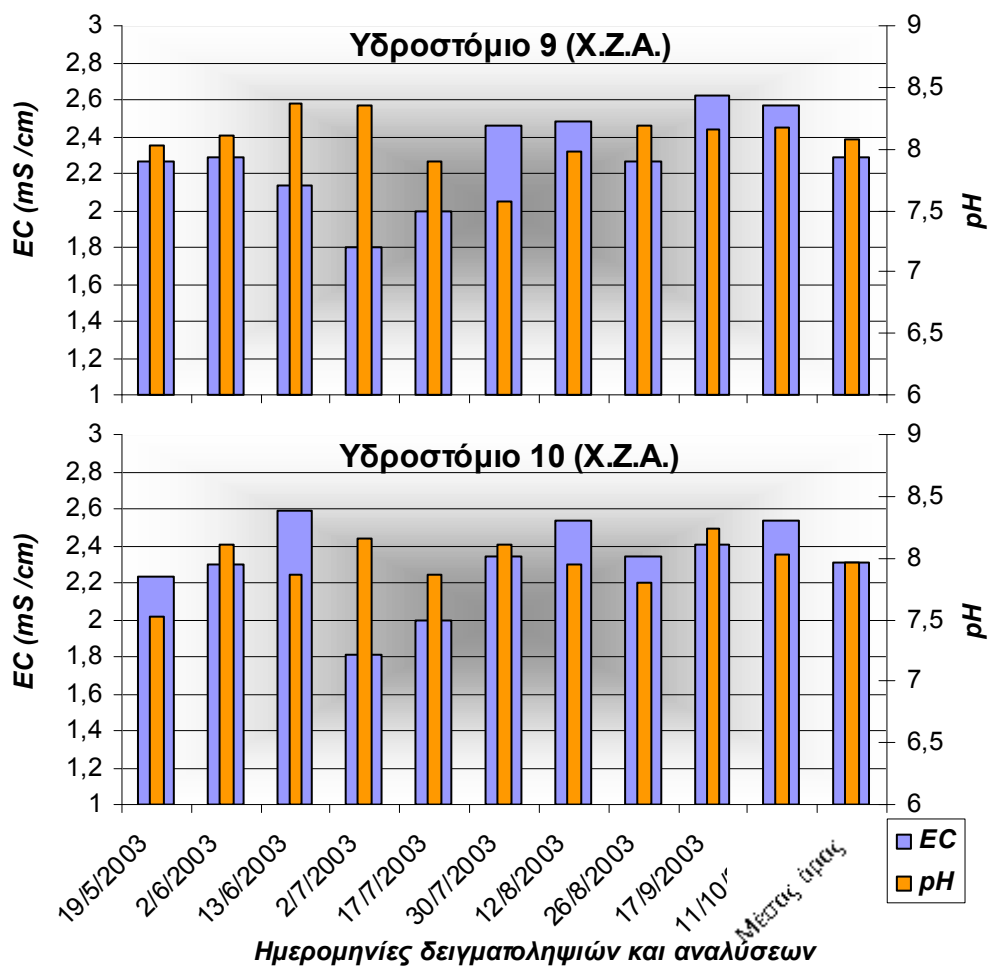
**Διάγραμμα 6.17:** Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του pH κατά τη διάρκεια της έρευνας.



☼: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

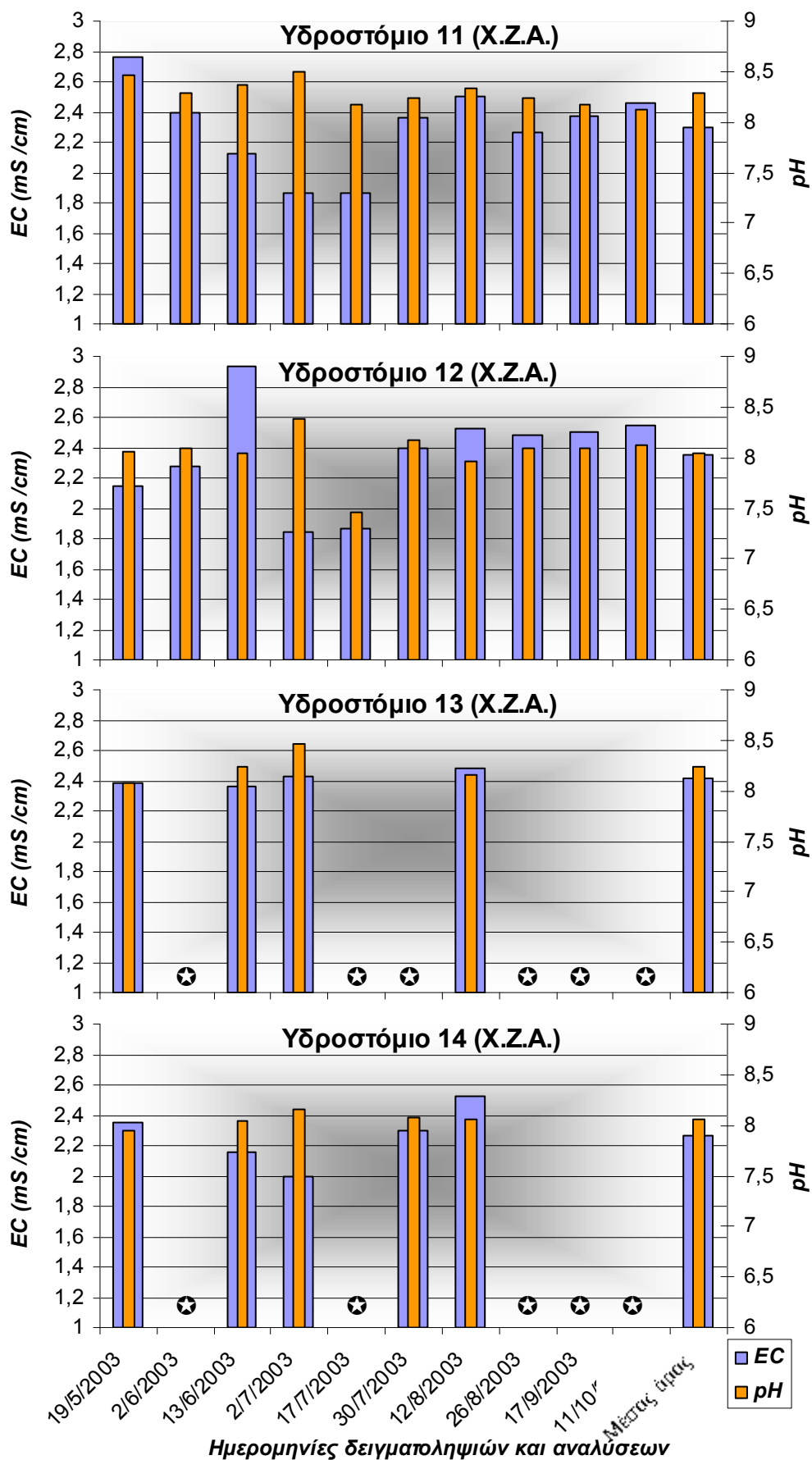
**Διάγραμμα 6.18:** Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του pH κατά τη διάρκεια της έρευνας.





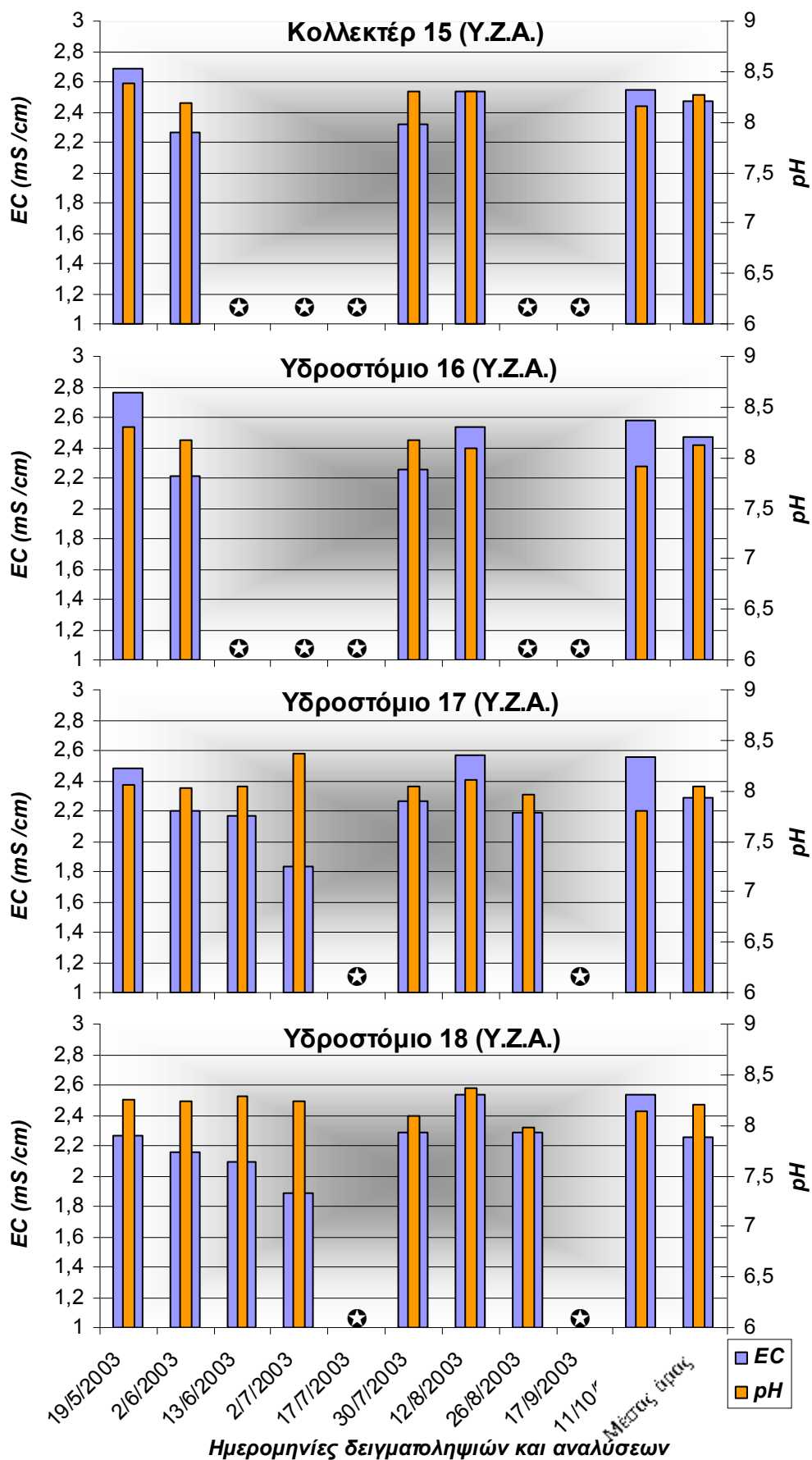
☉: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.19:** Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του pH κατά τη διάρκεια της έρευνας.



\*: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.20:** Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του pH κατά τη διάρκεια της έρευνας.



⊛: Δεν υπήρχαν υγρά απόβλητα την ημέρα της δειγματοληψίας

**Διάγραμμα 6.21:** Μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του pH κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Στην περίπτωση της ποιότητας του ανακτημένου ύδατος της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου καμία μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δεν ξεπέρασε το όριο των 3 dS/m (Πίνακας 6 του Παραρτήματος 3 και Διαγράμματα 6.15 – 6.21) και ως λογικό επακόλουθο δεν υπάρχουν και ούτε αναμένεται να υπάρξουν σημαντικά προβλήματα αλάτωσης.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα βοηθά στο να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων σε άλατα. Η αλατότητα εκφράζεται ως η ολική συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων του αρδευτικού νερού και αποτελεί ένδειξη να αλατωθεί το έδαφος. Γενικά δεν αναμένονται προβλήματα αλάτωσης του εδάφους, όταν η EC είναι μικρότερη από 0,7 dS/m ή 0,7 mS/cm.

Γενικά όμως, όταν γίνεται συνεχής άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα που έχουν μεγάλη αλατότητα, το έδαφος καθίσταται ολοένα και περισσότερο αλκαλικό, τα ανθρακικά άλατα δεσμεύονται στο έδαφος και δεν είναι πλέον διαθέσιμα στα φυτά. Το έδαφος αλατώνεται και συμπυκνώνεται με αποτέλεσμα να έχει χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα και πτωχό αερισμό.

Παράλληλα, όσο μεγαλύτερη είναι η αλατότητα των νερών του εδάφους τόσο μεγαλύτερη ποσότητα από τη διαθέσιμη ενέργειά τους αναγκάζονται να χρησιμοποιήσουν τα φυτά για να ρυθμίσουν τη συγκέντρωση των αλάτων που περιέχουν τα κύτταρά τους. Το αποτέλεσμα είναι να μένει ολοένα και μικρότερη διαθέσιμη ενέργεια για την ανάπτυξη των φυτών, που οδηγεί φυσικά σε μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών.

Η αλάτωση των εδαφών δεν αποτελεί συνήθως σημαντικό πρόβλημα και αντιμετωπίζεται με την καλή αποστράγγιση των εδαφών, ώστε το αρδευτικό νερό να διέρχεται από την περιοχή των ριζών των φυτών, χωρίς όμως να συσσωρεύεται σε αυτή. Παράλληλα, μπορεί να γίνεται και προσθήκη γύψου ή θείου στο έδαφος για τη μείωση του pH (Στάμου Αναστάσιος).

## 6.4. Σύνοψη

Πέραν όμως από την ανάγκη επίτευξης εκροής με συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά επιπρόσθετα προληπτικά μέτρα θα πρέπει να ληφθούν για την όσο το δυνατό καλύτερη διασφάλιση της υγείας των καλλιεργητών (αλλά και των καταναλωτών), της προστασίας του περιβάλλοντος και της απόδοσης των καλλιεργειών. Τέτοια μέτρα θα μπορούσαν να είναι όλα εκείνα που θα βοηθούσαν να αντιμετωπιστούν τα ακόλουθα:

- Οι κίνδυνοι που μπορεί να υπάρξουν για την υγεία των καλλιεργητών από την απρόσεκτη χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.
- Οι κίνδυνοι που μπορεί να υπάρξουν για την υγεία των διαφόρων ζώων που πιθανών να βόσκουν στους αγρούς που πραγματοποιείται η εφαρμογή των αποβλήτων.
- Τις ανώτερες επιτρεπτές ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που μπορούν να προστεθούν στις καλλιέργειές τους, για να αποφύγουν φαινόμενα υπερλίπανσής τους. Τα θρεπτικά στοιχεία, υπό ορισμένες συνθήκες, όταν βρίσκονται σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τις ανάγκες των φυτών, μπορούν να προξενήσουν διάφορα προβλήματα τοξικότητας για τα φυτά ή ανταγωνισμού προς άλλα στοιχεία.

Ταυτόχρονα όμως η ποιότητα της εκροής θα μπορούσε να βελτιωθεί και από την

αναβάθμιση του συστήματος διαχείρισης ως ακολούθως:

- i Την καλύτερη κατά το δυνατόν ενημέρωση και εκπαίδευση του εμπλεκόμενου προσωπικού της Δ.Ε.Υ.Α. Χερσονήσου με τη διαχείριση του συστήματος.
- ii Την καλύτερη παρακολούθηση του συστήματος διάθεσης για τον εντοπισμό τυχόν βλαβών (π.χ. διαρροών από οπές σε αγωγούς ή από τα υδροστόμια) και την άμεση αποκατάστασή τους.
- iii Την παρακολούθηση και συντήρηση των αντλιών στο αντλιοστάσιο άρδευσης και του συστήματος ελέγχου και αυτοματισμού για την πλήρη προστασία και την αποφυγή βλαβών, όπως είναι η ενδεχόμενη «εν ξηρώ λειτουργία» του συστήματος.
- iv Την καλύτερη παρακολούθηση και επίβλεψη τόσο της ποσότητας όσο και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των διοχετευόμενων στο σύστημα επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Έτσι θα αποφευχθούν φαινόμενα υπερτροφοδοσίας του συστήματος και πιθανής υπερπλήρωσης των δεξαμενών και ανεξέλεγκτης διαφυγής από αυτές στις γύρω εκτάσεις υγρών αποβλήτων ή φαινόμενα διοχέτευσης στο σύστημα υγρών αποβλήτων που δεν πληρούν τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά εκροής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 7

## **7. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

### **7.1. Γενικές Παρατηρήσεις**

#### **7.1.1 Το είδος της καλλιέργειας**

Η ελευθερία της επιλογής του είδους της καλλιέργειας δίνει τη δυνατότητα αποφυγής προβλημάτων στα φυτά, αλλά και στη δημόσια υγεία. Επιλέγοντας μια καλλιέργεια ανθεκτική σε αλκαλιωμένα εδάφη και σε τοξικά συστατικά, όπως είναι η καλλιέργεια τις ελιάς, περιορίζονται σημαντικά τα προβλήματα που μπορεί να προκληθούν στην καλλιέργεια. Ένα επιπλέον θετικό στοιχείο όσος αφορά το ελαιόδεντρο, είναι ότι οι καρποί της δεν έρχονται σε επαφή με την αρδευόμενη επιφάνεια του εδάφους περιορίζοντας έτσι τους κινδύνους προσβολής της δημόσιας υγείας. Τέλος, το γεγονός της διακοπής των αρδευόμενων εκτάσεων περίπου δύο μήνες πριν την έναρξη της συγκομιδής των καρπών ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο (Στάμου, 1995).

#### **7.1.2. Η τοπογραφία της περιοχής**

Η τοπογραφία της περιοχής χαρακτηρίζεται κυρίως από την κλίση του εδάφους, αλλά και από τις υψομετρικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων αρδευόμενων τμημάτων.

Οι αρδευόμενες περιοχές του Δήμου Χερσονήσου δεν παρουσιάζουν μεγάλες κλίσεις και έτσι i) δεν ευνοείται η διάβρωση του εδάφους και ii) δεν οδηγούνται σε ασταθείς εδαφικές συνθήκες, όταν το έδαφος είναι κορεσμένο (Στάμου, 1995). Παρόλη όμως την μικρή κλίση που παρουσιάζουν οι επιμέρους αγροί, υπάρχει μια ικανοποιητική υψομετρική διαφορά ανάμεσα στις δεξαμενές άρδευσης και στις αρδευόμενες εκτάσεις, με αποτέλεσμα η ροή να είναι φυσική, η χρήση αντλιών να μην κρίνεται απαραίτητη και κατ' επέκταση το λειτουργικό κόστος να είναι μικρό.

#### **7.1.3. Οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής**

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί και ασυνέχειες μπορεί να δημιουργήσουν διόδους στην πορεία των αρδευτικών νερών προς τα υπόγεια νερά. Η γεωλογία των αρδευόμενων εκτάσεων όμως, της συγκεκριμένης περιοχής, δεν ευνοεί την εισροή των επεξεργασμένων υδάτων στον υδροφόρο ορίζοντα (κίτρινες μάργες)

Προκείμενου να επαληθεύσουμε τα παραπάνω και ξέροντας πως οι υπόγειοι υδροφορείς καταλήγουν στη θάλασσα ελέγξαμε την ποιότητα των παράκτιων υδάτων (Νερά Κολύμβησης) με πληροφορίες που πήραμε από το τμήμα Νερών του Υπουργείου Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και οι οποίες παρουσιάζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο.

Σύμφωνα μάλιστα με την τεχνική έκθεση του εν λόγω έργου, προβλέπεται ότι σε περίπτωση που η ποσότητα επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην έξοδο της εγκατάστασης υπερβεί τη μέγιστη δυνατή προς διάθεση ποσότητα από το σύστημα ή δεν πληροί έστω και ένα από τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά εκροής, τότε η διάθεση θα πρέπει να γίνεται μέσω παρακαμπτηρίου αγωγού (by – pass) σε βαθιά υδροφόρα γεώτρηση ή σε αβαθή ιζηματογενή υδατοπερατά στρώματα μέσω λιθόκτιστων φρεατίων (υπόγεια διάθεση), και σε καμιά περίπτωση στη θαλάσσια περιοχή.

#### 7.1.4. Νερά κολύμβησης

Για να επαληθεύσουμε (όσο αυτό είναι δυνατό) τη μη διαφυγή των υγρών αποβλήτων στον υπόγειο υδροφόρα, σκεφτήκαμε να ελέγξουμε την ποιότητα των νερών κολύμβησης στα σημεία της ακτής, όπου σύμφωνα με τη γεωλογία της περιοχής καταλήγουν τα υπόγεια ύδατα.

Στο πλαίσιο του «προγράμματος παρακολούθησης ποιότητας Νερών Κολύμβησης της χώρας» παρακολουθούνται συστηματικά, κυρίως οι ακτές που συγκεντρώνουν σημαντικό αριθμό λουομένων (σύμφωνα με τον ορισμό της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ).

Προσδιορίστηκαν εργαστηριακά με συστηματικές αναλύσεις οι παράμετροι 1, 2 και 3 της Οδηγίας 76/160/ΕΟΚ, δηλαδή τα «Ολικά Κολοβακτηριοειδή», τα «Κολοβακτηριοειδή κοπρανώδους προελεύσεως» και οι «κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι».

Παράλληλα συγκεντρώθηκαν στοιχεία με «Οπτική Εκτίμηση» για τις παραμέτρους 7, 8, 9, 10 και 13 του παραρτήματος της Οδηγίας (χρώμα, ορυκτέλαιο, επιφανειακώς ενεργές ουσίες που αντιδρούν με το κυανούν του μεθυλενίου, φαινόλες, κατάλοιπα πίσσας και επιπλέοντα αντικείμενα). Επίσης συγκεντρώθηκαν στοιχεία για την παρουσία φυτικών – ζωικών οργανισμών όπως τα φύκια και οι τσούχτρες.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων ελήφθησαν υπόψη τα Υποχρεωτικά (imperative) ή / και τα Επιθυμητά (Guide) όρια της Οδηγίας 76/160/ΕΟΚ, που για τις παραμέτρους που προσδιορίστηκαν, δίνονται στον Πίνακα 1 του Παραρτήματος 7.

Τα αποτελέσματα που αφορούν σε σημεία δειγματοληψίας του Δήμου Χερσονήσου, αναφέρονται στον Πίνακα 7.2 που ακολουθεί και εξηγούνται στο Παράρτημα 7.

Σύμφωνα λοιπόν με τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είχαμε μια ακόμα ένδειξη για την μη διαφυγή των υγρών αποβλήτων στον υπόγειο υδροφόρα.

**Πίνακας 7.2:** Αποτελέσματα ποιότητας νερών κολύμβησης ευρύτερης περιοχής Χερσονήσου

Κωδικός ακτής	Περιγραφή σημείου ακτής	Σύνολο δειγμάτων	Κατηγορία μικροβ/κής ποιότητας	Κατηγορία φυσικοχημικής ποιότητας
50102301	Άγ.Γεώργιος 1	12	GI	A
50102302	Άγ.Γεώργιος 2	12	GI	A
50101502	Ανισάρα	12	GI	A
50100506	Δράπανος	12	GI	A
50100501	Λιμ.Χερσονήσου-Καστρί	12	GI	A
50101501	Λιμανάκι Ανάληψης	12	GI	A
50100502	Λιμίν Χερσονήσου 2	12	EI	A
50100503	Λιμίν Χερσονήσου 3	12	GI	A
50100504	Λιμίν Χερσονήσου 4	12	EI	A
50100507	Λιμίν Χερσονήσου 5	12	GI	A

#### 7.1.5. Η μέθοδος της άρδευσης

Η άρδευση στην περιοχή έρευνας πραγματοποιείται με τοπική άρδευση και συγκεκριμένα με σύστημα στάγδην. Το χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι υγραίνει μέρος μόνο της αρδευόμενης επιφάνειας, ώστε να γίνεται εύκολα η απορρόφηση του νερού από το ριζικό σύστημα των καλλιεργειών. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά ακριβή, αλλά έχει τα βασικά πλεονεκτήματα του μεγάλου βαθμού προστασίας της υγείας, της

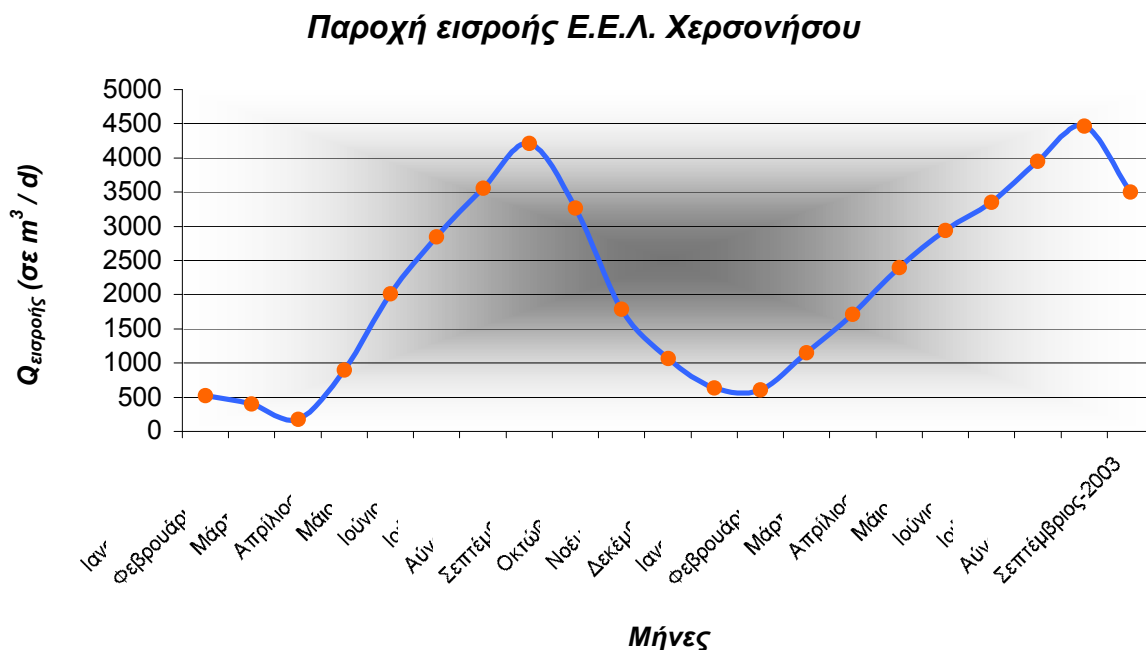
δυνατότητας πλήρους αυτοματοποίησης της και της πολύ υψηλής απόδοσης, εξαιτίας της περιορισμένης κατανάλωσης νερού. Για την εφαρμογή όμως της μεθόδου απαιτείται η πολύ καλή επεξεργασία των αποβλήτων, ώστε να μη φράζουν οι σταλλακτήρες από την παρουσία των αιωρούμενων στερεών ή τη δημιουργία στρωμάτων βακτηριδίων ή αλγών.

Η μέθοδος αυτή συνιστάται αρχικά για τις ελληνικές συνθήκες, όχι μόνο για τον υψηλό βαθμό προστασίας που εξασφαλίζει, αλλά και για την οικονομία στην κατανάλωση αρδευτικού νερού, χαρακτηριστικό που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για χώρες με περιορισμένα αποθέματα νερού, όπως η Ελλάδα.

## 7.2. Συμπεράσματα

Ο στόχος αυτής της έρευνας, ήταν να εκτιμήσουμε την αξιοπιστία της Ε.Ε.Λ Χερσονήσου και ειδικότερα του αρδευτικού δικτύου διάθεσης, μελετώντας τις φυσικοχημικές παραμέτρους που προαναφέρθηκαν και πως αυτές μεταβάλλονται (ποιοτικά) κατά μήκος του δικτύου άρδευσης, παίρνοντας σαν σημείο αναφοράς την ποιότητα της εκροής της εγκατάστασης.

Γενικά μπορούμε να συμπεράνουμε πως όταν η Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου αγγίζει τα λειτουργικά της όρια, είναι «ανίκανη» για την παραγωγή αποδεκτής ποιότητας εκροής ώστε τα υγρά απόβλητα να επαναχρησιμοποιηθούν. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε περιόδους αιχμής (θερινούς μήνες) όπου η ποσότητα της εισροής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.1, αυξάνεται κατά πολύ λόγω του πενταπλασιασμού σχεδόν του πληθυσμού. Είναι σημαντικό, παράλα αυτά, για λόγους ασφάλειας της δημόσιας υγείας, να επιτυγχάνονται διαρκώς τα επιθυμητά όρια εκροής, ανεξάρτητα με την ποσότητα ή την ποιότητα εισροής.



**Σχήμα 7.1:** Παροχή εισροής Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου

Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως όταν η εφαρμογή των υγρών αποβλήτων στις καλλιέργειες αφεθεί ανεξέλεγκτη δεν είναι απίθανο να παρουσιαστούν σημαντικά προβλήματα, ιδιαίτερα εξαιτίας του φόβου των καλλιεργητών να χρησιμοποιήσουν το



νερό αυτό. Μέσα από ένα σύστημα ενημέρωσης και εκπαίδευσης θα πρέπει να αναπτυχθεί κλίμα εμπιστοσύνης ανάμεσα στους τελικούς χρήστες και στις τοπικές αρχές, που θα οδηγήσει στην αποδοχή και αξιοποίηση του συστήματος.

Σημαντική ήταν επίσης, η παρουσία παθογόνων στα υγρά απόβλητα που έρεαν στο σύστημα διανομής, και στις περισσότερες περιπτώσεις ο αριθμός τους ξεπέρασε αυτόν που καταγράφηκε στην έξοδο της Ε.Ε.Λ.Χ. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε μια σειρά γεγονότων όπως η επαναδραστηριοποίηση των μικροοργανισμών και η εξωτερική μόλυνση ή και τα δύο ταυτόχρονα. Το αποτέλεσμα αυτής της υποβάθμισης της ποιότητας των επεξεργασμένων αποβλήτων ήταν να μην επιτυγχάνονται τα ποιοτικά όρια που προτείνονται για επαναχρησιμοποίηση σε όλα τα σημεία του δικτύου ακόμα και όταν η ποιότητα της εκροής στην έξοδο της Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου ήταν στα επιθυμητά επίπεδα.

Καθώς οι προδιαγραφές επαναχρησιμοποίησης αποβλήτων απαιτούν στις περισσότερες περιπτώσεις συγκεκριμένες τιμές στην αρχική εκροή με την υπόθεση ότι είναι δυνατόν να διατηρηθεί αυτή η ποιότητα σε μερικά χιλιόμετρα σωληνώσεων, η εργασία αυτή αποδεικνύει μια διαφορετική πραγματικότητα. Για το λόγο αυτό και θα πρέπει να αναθεωρηθεί η υπάρχουσα πρακτική και να απαιτηθεί η επίτευξη συγκεκριμένων ορίων στα σημεία εκείνα που γίνεται η εφαρμογή των επεξεργασμένων εκροών. Επίσης, ειδική μέριμνα θα πρέπει να λαμβάνεται έτσι ώστε τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης που διέπουν την εκροή να είναι αυστηρότερα και να προσαρμόζονται κάθε φορά με το μήκος του δικτύου, το είδος της άρδευσης και της καλλιέργειας, την υδρογεωλογία της περιοχής και τις ανάγκες της τοπικής κοινωνίας.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η λειτουργία της μονάδας ακόμα και με αυτήν την ποιοτική απόδοση, είναι πιθανόν η μόνη εναλλακτική λύση για τις τοπικές αρχές. Η πρόταση της ομάδας που πραγματοποίησε τη μελέτη αυτή, ως λύση στο πρόβλημα, είναι η εφαρμογή απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία στις τρεις δεξαμενές αποθήκευσης καθώς επίσης και σε διάφορα σημεία των σωληνώσεων, η οποία μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα εκροής, τουλάχιστον όσο αφορά τους μικροβιακούς δείκτες όπως τα κολοβακτηρίδια.

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγγελάκης Α.Ν. (1989). Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
2. Αγγελάκης Α.Ν., Ε. Αθανασιάδης, Π. Κουκουλόπουλος, Α. Λαμπρούλης, Κ. Μαυρομάτης, Δ. Παπανικολάου και Φ. Φίλιος (1992). Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ελλάδος. 5<sup>ο</sup> Πάνελ. Συνέδριο ΕΥΕ, Λάρισα.
3. Αγγελάκης Α.Ν. (1994). Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Αστικών Υγρών Αποβλήτων στα Πλαίσια Ορθολογικής Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων και Προστασίας του Περιβάλλοντος. In: Επιστήμες και Περιβάλλον στα Τέλη του Αιώνα: Προβλήματα και Προοπτικές, Δ. Ρόκος (Ed.), Εναλλακτικές Εκδόσεις, Αθήνα.
4. Αγγελάκης Α.Ν. (2001). Η Σημασία ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Επεξεργασμένων Εκροών Αστικών Υγρών Αποβλήτων. 2001, Περιβάλλον – Environment & Engineering, Αθήνα.
5. Αγγελάκης Α.Ν. (2001). Η τεχνολογία ανακύκλισης νερού αναπτύσσεται και εφαρμόζεται με γρήγορους ρυθμούς : Το παράδειγμα της Κύπρου. Ενημερωτικό Δελτίο Τ.Ε.Ε. Αθήνα, 6 Αυγούστου, 2001.
6. Αγγελάκης Α.Ν. και G. Tchobanoglous (1995). Υγρά Απόβλητα: Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επεξεργασία και Διάθεση Εκροών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
7. Αγγελάκης Α.Ν. και Ε. Διαμαντόπουλος (1996). Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Ελλάδας Συμπεριλαμβανομένης της Χρήσης Περιθωριακών Νερών. Εκδόσεις Σαβάλλα, Αθήνα.
8. Αγγελάκης Α. Ν. και Ε. Διαμαντόπουλος (1999). Διαχείριση Αστικών Υγρών και Στερεών Αποβλήτων Με Έμφαση: Στα Έργα Αποχέτευσης, Επεξεργασίας και Διάθεσης Υγρών Αποβλήτων και στη Διαχείριση των Παραγομένων Βιοστερεών. Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης – Αποχέτευσης (Ε.Δ.Ε.Υ.Α), Λάρισα.
9. Αγγελάκης Α.Ν., Κ.Π. Τσαγκαράκης, Β. Δεσποτάκης και Ν. Παπαδογιαννάκης (1999). Τεχνική Έκθεση Καταγραφής και Χαρτογράφησης Έργων Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Αθήνα.
10. Αγγελάκης Α.Ν., Κ.Π. Τσαγκαράκης, Ο.Ν. Κοτσελίδου και Ε. Βαρδάκου (2000). Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων. Μελέτη για το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και την Ε.Δ.Ε.Υ.Α. Δ.Ε.Υ.Α. Λάρισας, Λάρισα.

11. Αγγελίδης Μ. (1993). Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC): Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας. Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
12. Αγγελίδης Μ. (1993). Ενεργός Οξύτητα (pH): Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας. Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
13. Ανδρεαδάκης Α. (1986). Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας και Διάθεσης Αστικών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
14. Ανδρεαδάκης Α. (2001). Απολύμανση Λυμάτων με Οζον. Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Προχωρημένες Μέθοδοι Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
15. Ανδρεαδάκης Α. (2001). Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης Λυμάτων. Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Προχωρημένες Μέθοδοι Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
16. Ανδρεαδάκης Α. (2001). Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων για Άρδευση. Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Προχωρημένες Μέθοδοι Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
17. Ανδρεαδάκης Α., Δ. Χριστούλας, Α. Αραβαντινός, Μ. Καββαδάς, Α. Σταθόπουλος, Α. Στάμου και Κ. Χατζημπίρος (2000). Περιβαλλοντική Τεχνολογία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
18. Ανδρεαδάκης Α. και Δ. Μαμάης (2001). Απολύμανση Λυμάτων με Υπεριώδη Ακτινοβολία. Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Προχωρημένες Μέθοδοι Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων
19. Ανώνυμο (1997). Σχέδιο δράσης για τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα. Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα.
20. Βουρδούμπας Ι. (1999). Δημιουργία δασικών φυτειών στην Κρήτη αρδευόμενων με επεξεργασμένα αστικά λύματα και οι επιπτώσεις στο φαινόμενο του Θερμοκηπίου. In: Heleco '99, Θεσσαλονίκη.
21. Διαλυνάς Γ., Α.Ν. Αγγελάκης, Μ. Κουμάκης και Χ. Παπαδογιάννης (1994). PETRA II : Λειτουργία και συντήρηση μικρών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων. European Action Group Publishing Dept., Αθήνα.
22. Ενημερωτικό φυλλάδιο της εταιρίας κατασκευής συστημάτων άρδευσης EURODRIP S.A. Αθήνα, 2001.
23. Ενημερωτικό φυλλάδιο της εταιρίας κατασκευής ηλεκτροκίνητων αντλητικών συγκροτημάτων LOWARA A.E. Πάτρα, 2002.
24. Ζανάκη Κ., Έλεγχος Ποιότητας Νερού, Εκδόσεις ΙΩΝ, δεύτερη έκδοση,

2001.

25. Καβουράκη Χ. και Δ. Μαυράκη (2001). Πτυχιακή Εργασία με θέμα «Επαναχρησιμοποίηση Υγρών Αποβλήτων με την Μέθοδο της Ταχείας Διήθησης & της Άρδευσης (Εφαρμογή σε Μικρά Νησιά της Περιφέρειας Ν. Αιγαίου)». Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
26. Καμπάς Γ. (1993). Πτυχιακή Εργασία με θέμα «Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων της Πόλης της Καβάλας : Εκτίμηση της Απόδοσης Λειτουργίας και Ισοζύγιο Βαρέων Μετάλλων». Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
27. Κορομηλάς Χ. (1993). Πτυχιακή Εργασία με θέμα «Εδαφική Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων». Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
28. Λέκκας Θ.Δ. (1996). Περιβαλλοντική Μηχανική Ι : Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
29. Λέκκας Θ.Δ. (2001). Περιβαλλοντική Μηχανική ΙΙ : Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
30. Μανιός Θρ. (2001). Τεχνολογία και Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων. Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Τεχνολογία και Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων, Τ.Ε.Ι Ηρακλείου, Τμήμα Φυσικών Πόρων, Χανιά
31. Μελέτη με θέμα «Ολοκληρωμένο Πρόγραμμα για την Αντιμετώπιση της Ξηρασίας στον Νομό Ηρακλείου». Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ηρακλείου. Ηράκλειο, 1996.
32. Μαντενιώτης Α. (2001). Με “προϊκα” 475 Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων (Μ.Ε.Α.Υ.Α) η Ελλάδα μέχρι το 2006. 2001, Περιβάλλον – Environment & Engineering, Αθήνα.
33. Μαρκαντωνάτος Γ. «Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων», Αθήνα (1990).
34. Μιμίκου Μ. Α. (2002). Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000 / 60 σε επίπεδο λεκανών απορροής. Προοπτικές με βάση την Ελληνική πραγματικότητα. In: Πρακτικά της Επιστημονικής Ημερίδας: Οδηγία – Πλαίσιο 2000 / 60 για τα νερά – Εναρμόνιση με την Ελληνική Πραγματικότητα, Ε.Μ.Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων,
35. Μιχελάκης Ν. (1988). Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης : Άρδευση με Σταγόνες (Αρχές – Σχεδιασμός – Εγκατάσταση – Λειτουργία – Συντήρηση). Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε., Αθήνα.
36. Μπάμπος Δ. (1997). Πτυχιακή Εργασία με θέμα «Συστήματα Εδαφικής Διάθεσης – Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων». Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
37. Ντιγκάκης Δ.Ν., Α. Τσιπλάκης και Γ. Ντάρας (2002). Εργασία στο μάθημα «Περιβαλλοντική Φυσική – Ακτινοβολίες» με θέμα «Απολύμανση των υγρών αποβλήτων με Υπεριώδη Ακτινοβολία». Πανεπιστήμιο Αιγαίου,

Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.

38. Ντιγκάκης Δ.Ν. (2002). Εργασία στο μάθημα «Γεωργία και Περιβάλλον Ι» με θέμα «Η μεταβολή της γεωργική δραστηριότητας στον Νομό Ηρακλείου για την τριακονταετία 1967 – 1997» Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
39. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου με θέμα «Συστήματα Επεξεργασίας Οικιακών Λυμάτων και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών τους για Μικρούς ΟΤΑ (Σχεδιασμός, Μελέτη, Κατασκευή και Λειτουργία)». Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης, ΤΕΔΚ, ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε., Τ.Ε.Ε. / Τ.Α.Κ., Ο.Α.Ν.Α.Κ. Ηράκλειο, 26 – 27 Σεπτεμβρίου, 1997.
40. Πρακτικά Ημερίδας με θέμα «Οδηγία – Πλαίσιο 2000 / 60 – Εναρμόνιση με την ελληνική πραγματικότητα». Ε.Μ.Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων. Αθήνα, 22 Μαΐου, 2002.
41. Πρακτικά Ημερίδας με θέμα «Παγκόσμια Ημέρα Νερού – Νερό και Περιβάλλον». Ε.ΥΔ.Α.Π. Αθήνα, 22 Μαρτίου 2000.
42. Σεμινάριο με θέμα «Σχεδιασμός και λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων». Ε.Μ.Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων. Αθήνα, 13 – 14 Ιουνίου, 1996.
43. Στάμου Α.Ι, Βιολογικός καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1995.
44. Τεχνική Έκθεση (1997). Έργο: Κατασκευή Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Περιοχής Χερσονήσου Ηρακλείου Κρήτης. Κοινοπραξία Cons. Coor. – Α.Τ.Ε. Γνώμων Α.Ε., Αθήνα
45. Τραγανίτης ΣΤ., και Σκουμπούρης Ι. (1995). Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων, Σειρά: Επεξεργασία Νερού 1. Εκδόσεις Ελληνική Εταιρία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης Α.Ε., Αθήνα.
46. Τσαγκαράκης Κ.Π., Β. Δεσποτάκης, και Α. Αγγελάκης (1999). Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων: Προβλήματα, Αδυναμίες και Προοπτικές. In: Heleco '99, Θεσσαλονίκη.
47. Τσαγκαράκης Κ.Π., Ν. Παρανυχιανάκης και Α. Ν. Αγγελάκης (2003). Προτεινόμενα Κριτήρια Επαναχρησιμοποίησης Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα, Πρακτικά Έκθεσης Heleco 2003, Αθήνα.
48. Χαλκιάς Ν.Α. (1972). Αρδεύσεις. Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Αθήνα.
49. Χατζουλάκης Κ, (2003) Προβλήματα και Προοπτικές, Υδροοικονομία, Τεύχος 9<sup>ο</sup>, σελ. 24-26.
50. Χριστούλας Δ. και λοιποί (2000) Περιβαλλοντική Τεχνολογία, Γ' Έκδοση, Ε.Μ.Π Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
51. Χριστούλας, Δ.Γ. (1999). Ρύπανση των Υδάτων και Αντιρρυπαντική

Τεχνολογία. Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.

52. Φουρνάρη Κ. (2003) Νερό στρατηγικό αγαθό ή στρατηγικό όπλο; Υδροοικονομία, Τεύχος 10<sup>ο</sup>, σελ. 56-61

### **ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Act Wastewater Reuse for Irrigation, Environment Protection Policy, Environment Act, 1999
2. Angelakis A.N. and E. Diamadopoulos (1995). Water Resources Management in Greece: Current Status and Prospective Outlook. Water Sci. and Techn.
3. Angelakis A.N. and S.V. Spyridakis (1996). The status of water resources in Minoan times – A preliminary study. In: Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region, (A.N. Angelakis and A. Issar, Eds.). Springer – Verlag, Heidelberg, Germany.
4. Angelakis A.N., M. Salgot, A. Bahri, M.H.F. Marecosdo Monte, F.Brissaud, U.Neis, G.Oron, and T.Asano (1997). Wastewater Reuse in Mediterranean Regions: Need for Guidelines. WEF Special Conf. On Beneficial Reuse of Water and Biosolids. Marbella, Spain, April 6 – 9, 1997.
5. Angelakis A.N., L. Bontoux and V. Lazarova (2002). Wastewater recycling and reuse in EU countries: With emphasis on criteria used. In: Proceeding of 3<sup>rd</sup> International Forum, Integrated Water Management – The Key to Sustainable Water Resources (ΕΥΔΑΠ Α.Ε. Eds.), Athens, Greece, March 21 – 22, 2002.
6. Angelakis A.N., Marecos Do Monte, M.H.F., Bontoux, L. and Asano, T. (1999). The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. *Water Res.* **33**, 2201-2217
7. APHA (1995). Standard methods: for the examination of water and wastewater. Published jointly by: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 19<sup>th</sup> Edition, Washington DC.
8. Argo D.G. (1984). Use of Lime Clarification and Reverse Osmosis in Water Reclamation. J. Water Pollution Control Federeration.
9. Armon R., Gold, D., Brodsky, M. and Oron, G. (2002). Surface and subsurface irrigation with effluents of different qualities of *Cryptosporidium* oocysts in soil and on crops. *Water Sci. Technol.* **46**,115-122.
10. Asano T. (1994). Irrigation with treated sewage effluents. In: Series in Agricultural Sciences (K.K. Tanji and B. Yaron, Eds.), Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
11. Asano T. and A.D. Levine (1996). Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present, and Future. Water Sci. and Techn.
12. Asano T., Schroeder, E.D. and Tchobanoglous, G. (1998). Estimating the

- safety of wastewater reclamation and reuse using enteric virus monitoring data. *Water Environ. Res.* **70**, 39-51.
13. Asano T., G. Tchobanoglous, and R.C. Cooper (1984). Significance of Coagulation – Flocculation and Filtration Operations in Wastewater Reclamation and Reuse. In: Proceeding of Water Reuse Symposium III, Future of Water Reuse, American Water Works Association Resources Foundation, San Diego, USA.
  14. Ayers R.S. and D.W. Westcot (1985). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
  15. Blatchley E.R., K.C. Bastian, R.K. Duggirala, J.E. Alleman, M. Moore, P. Schuerch (1996). Ultraviolet irradiation and chlorination / dechlorination for municipal wastewater disinfection: Assessment of performance limitations. *J. Water Env. Res*, vol. 68, pp. 194 – 204.
  16. Borboudaki K.E., Vretoudakis I. E., and Dialynas G. E., Wastewater management in the Hersonissos area, Crete, Greece.
  17. Bouwer H. (1991). Role of Groundwater Recharge in Treatment and Storage of Wastewater for Reuse, In: Wastewater Reclamation and Reuse, (R. Mujeriego and T. Asano. Eds.), IAWPRC, Water Sci. and Techn., Pergamon Press, New York, USA.
  18. Cagliado et al. (1996). Optimization of reclamation and repurification at San Diego North City. Water Reuse Conf. Proc. Amer. Water Works Assoc., San Diego, USA.
  19. California State, Dept. of Health Services (1978). “Wastewater Reclamation Criteria”, California Administrative Code, Title 22, Environ. Health, Berkeley, USA.
  20. California State, Dept. of Health Services (1988). Environmental Management Branch, Policy Statement for Wastewater Reclamation Plants with Direct Filtration, Sacramento, USA.
  21. California State, Depts. Of Water Resources and Health Services (1987). Report of the Scientific Advisory Panel on Groundwater Recharge with Reclaimed Wastewater, Prepared for State of California. State Water Resources Control Board, Sacramento, USA.
  22. Chartzoulakis K.S., Paranychinakis, N.V. and Angelakis, A.N. (2001). Water resources management in the island of Crete, Greece with emphasis on the agricultural use. *Water Policy* **3**, 193-205.
  23. Disposal systems for effluent from domestic premises, Australian Standard (AS 1547-1994).
  24. EPA (1992). Guidelines for Water Reuse, EPA/625/R-92/004, USA.
  25. Gates D., Harrington R. «Drinking water Disinfection practices: Chlorine dioxide in the nineties», Proceedings of the Fifth National Conference on Drinking Water, Winnipeg Canada, (1992).

26. Gates D., Harrington R., Romano R., Ridgway P. «Subchronic Toxicity of Sodium Chlorite in the Rat», Journal of the American College of Toxicology, Raven Press Ltd, New York, (1995).
27. Gehr R., Wagner, M., Veerasubramanian, P. and Payment, P. (2003). Disinfection efficiency of peracetic acid, UV and ozone after enhanced primary treatment of municipal wastewater. *Water Res.* **37**, 4573-4586.
28. Greek National Tourism Organization (2003), December 2003, [www.gnto.gr](http://www.gnto.gr)
29. Guidelines for the Utilization of Treated Effluent by Irrigation, New South Wales Environment Protection Authority, 1995.
30. Guidelines for Sewerage Systems – Use of Reclaimed Water, Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand Environment and Conservation Council – National Health and Medical Research Council, 1996.
31. Guidelines for Wastewater reuse in agriculture and aquaculture: Recommended revisions based on new research evidence, WELL (Water and Environmental Health at London and Loughborough).
32. Hermanowicz S.W., Sanchez Diaz E., and Coe J. Prospects, problems and pitfalls of urban water reuse: a case study, 2001.
33. Higgins J., Warnken, J., Sherman, P.P. and Teasdale, P.R. (2002). Survey of users and providers of recycled water: quality concerns and directions for applied research, *Water Res.* **36**, 5045-5056.
34. Hillel I. Shuval, Judith Cohen and Robert Kolodney, Regrowth of coliforms and fecal coliform in chlorinated wastewater effluent, 2003.
35. Hoover M.G. (1988). The Cost of Wastewater Reclamation. In: Proceeding of Water Reuse Symposium III, Future of Water Reuse, American Water Works Association Resources Foundation, San Diego, USA.
36. Horne F.W., R.L. Anderton, and F.A. Grant (1980). Water Reuse: Markets and Project Costs in Southern California. In: Proceeding of The Annual Conference of the American Water Works Association, Atlanta, USA.
37. Jancanelo J. et al, «WERF Study Compares UV to Chlorine Disinfection», Water Environment Federation, (March 1995).
38. Kirkpatrick W.R. and T. Asano (1986). Evaluation of Tertiary Treatment Systems for Wastewater Reclamation and Reuse. *Water Sci. and Techn.*, Pergamon Press, New York, USA, vol. 18, no 10.
39. Lauer W.C. S.E., Rogers, and J.M. Ray (1985). Denver's Potable Water Reuse Project – Current Studies. In: Proceeding of The Water Reuse Symposium III, Future of Water Reuse, American Water Works Association Resources Foundation, Denver, USA.
40. Lindenauer, K. G. and Darby, J.L. (1994). Ultraviolet disinfection of wastewater: Effect of dose on subsequent photoreactivation. *Water Res.* **28**, 805-817.



41. Linking Water Science to Policy: Experts Workshop on Water Quality Monitoring the Current State of the Science and Practice. October 16 and 17, 2002. Vancouver, BC.
42. Macur G.J. et al «Oxidation of Organic Compounds in Concentrated Industrial Wastewater with Ozone and U.V. Light», 35<sup>th</sup> Industrial Waste Conference, West Lafayette, Ind. (1981).
43. Marecos do Monte, M.H.F., A. N. Angelakis, and T. Asano (1996). Necessity and basis for the Establishment of European Guidelines on Wastewater Reclamation and Reuse in the Mediterranean Region. In: Wastewater Reclamation and Reuse: Planning and Technologies (A. Angelakis et al., Eds.). IAWQ, Water Sci. and Techn.
44. Metcalf and Eddy, Inc. (1991). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, Inc., New York, USA.
45. Mujeriego R. and T. Asano (1991). Wastewater Reclamation and Reuse. AWPRC, Water Sci. and Techn., Pergamon Press, NY, USA.
46. Nellor M.H., R.B. Baired, and J.R. Smyth (1985). Health Effects of Indirect Potable Water Reuse, J. of AWWA, vol. 77, no. 7.
47. Newsletter and Technical Publications, Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Africa.
48. Nurizzo C., Bonomo, L. and Malpei, F. (2001). Some economic considerations on wastewater reclamation for irrigation, with reference to the Italian situation. *Water Sci. Technol.* **43**, 75-81.
49. Ozono Elettronica Internazionale, «Informational package», Milano (1997).
50. Papadopoulos I. (1995). Present and Perspective Use of Wastewater For Irrigation in the Mediterranean Basin. In: Proceeding of 2<sup>nd</sup> Intern. Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse (A.N. Angelakis et al., Eds.), IAWQ, Iraklio, Greece, October, 1995.
51. Prengle H.W. et al. «Ozone / U.V. Process Effective Wastewater Treatment», *Hydrocarbon Processing*, 10, 82, (1975).
52. Reed S.C. and R.W. Crites (1984). Handbook of Land Treatment Systems for Industrial and Municipal Wastes. Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA.
53. Rice and Netzer, «Handbook of Ozone Technology and Applications», Ann Arbor, Michigan U.S.A., (1984).
54. Richard D., T. Asano, and G. Tchobanoglous (1992). The Cost of Wastewater Reclamation in California. Dept. of Civil Eng., Univ. of Calif., Davis, USA.
55. Salgot M. and A.N. Angelakis (2000). Guidelines and regulations on wastewater reuse. *Water Sci. and Techn.*
56. Scoville P. «Ozone goes for the quick kill», International ground water

- technology, (October 1995).
57. Shelef G. and Y. Azov (1996). The Coming Era of Intensive Wastewater Reuse in the Mediterranean Region. *Water Sci. Technol.* **33**, 115-125
  58. Shuval H.I., Cohen, J. and Kolodney, R. (1973). Regrowth of coliforms and fecal coliforms in chlorinated wastewater effluent. *Water Res*, **7**, 537-546.
  59. Siemak R.C. (1984). Tertiary Filtration: Practical Design Considerations, J. Water Pollution Control Federation.
  60. Suarez D.L. (1981). Relation between pHs and Sodium Absorption Ratio (SAR) and Alternative Method of Estimating SAR of Soil or Drainage Waters, *Soil Sci. Soc. Am. J.*
  61. Tchobanoglous G. and F. Burton (1991). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. Metcalf and Eddy. 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, Inc., New York, USA.
  62. Todd D.K. (1980). Groundwater Hydrology. 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons, New York, USA.
  63. Tsagarakis K.P., D.D. Mara, and A.N. Angelakis. (2000). Wastewater Management in Greece: Experience and Lessons for Developing Countries. *Water Sci. and Techn.*
  64. Tsagarakis K.P., D.D. Mara, N.J. Horan, and A.N. Angelakis (1998). Evaluation of Reuse and Disposal Sites of Effluent from Municipal Wastewater Treatment Plants in Greece. In Proceeding of Inter. Conf. on Advanced Treatment, Recycling and Reuse, Milano, Italy, September 14 – 16, 1998.
  65. UN – Population Division (1994). World Population Prospects (Sustaining Water: An Update). The 1994 Revision, The UN, New York, USA.
  66. U.S. Dept. of Interior. (1979). Water Reuse and Recycling, Office of Water Res. And Techn., Washington DC, USA.
  67. US. National Research Council (1982). Quality Criteria for Water Reuse, National Academy Press, Washington DC, USA.
  68. Water Reuse Manual of Practice SM-3 (1989). Water Pollution Control Federation. 2<sup>nd</sup> Ed., Washington, DC, USA.
  69. WHO (1980). Health Aspects of Treated Sewage Reuse. Report on a WHO Seminar. Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
  70. WHO (1989). Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. World Health Organization, Technical Report Series, 778, Geneva.
  71. WPCH (1996). Total resources recovery project. Final Report Western Consortium for Public Health, prepared for city of San Diego. Water Utilities Dept., San Diego, USA.

### ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΣΤΟ INTERNET

1. <http://envirosystems.hydro.ntua.gr>
  2. <http://www.waterday2002.iaea.org>
  3. <http://www.awma.org>
  4. <http://www.eea.eu.int>
  5. <http://www.eyath.gr>
  6. <http://www.eydap.gr>
  7. <http://www.ekby.gr>
  8. <http://www.ethiage.gr>
  9. <http://www.epa.gov>
  10. <http://www.fao.org>
  11. <http://www.gnest.org>
  12. <http://www.hydro.civil.ntua.gr/labs/sanitary/index.htm>
  13. <http://www.igme.gr>
14. <http://www.iwaq.org.uk>
  15. <http://www.oanak.gr>
  16. <http://www.ntua.gr>
  17. <http://www.medwet.org>
  18. <http://www.minenv.gr>
  19. <http://www.tee.gr>
  20. <http://www.unep.org>
  21. <http://www.wcmc.org.uk>
  22. <http://www.worldwaterday.org>
  23. <http://www.wwf.gr>
  24. <http://www.wri.org>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

9

## 9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1**

---

Χάρτης κλίμακας 1:2500 του αρδευτικού δικτύου διάθεσης της εκροής της  
Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Χερσονήσου

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2**

---

Χάρτης κλίμακας 1:1000 της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Χερσονήσου

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3**

---

Συγκριτικοί πίνακες αποτελεσμάτων των υπό μέτρηση παραμέτρων

**Πίνακας 1: Συγκριτικός πίνακας αριθμού ολικών κολοβακτηριδίων TC (τιμές σε CFU / 100 ml)**

Α/Α	Σημείο δειγματοληψίας	ΣΕΙΡΕΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ										
		1 <sup>η</sup> 19/05	2 <sup>η</sup> 02/06	3 <sup>η</sup> 13/06	4 <sup>η</sup> 02/07	5 <sup>η</sup> 17/07	6 <sup>η</sup> 30/07	7 <sup>η</sup> 12/08	8 <sup>η</sup> 26/08	9 <sup>η</sup> 17/09	10 <sup>η</sup> 11/10	Μέσος όρος
1	Εκροή	1950	1433	10535	10235	2616	1317	4750	1183	33	0	3405
2	Δεξαμενή Χ.Ζ.Α.	4533	2850	17225	24666	13000	☼	2700	6650	266	☼	8986
3	Δεξαμενή Υ.Ζ.Α.	3899	0	2963	9170	☼	1260	26166	☼	200	1366	5628
4	Υδροστόμιο 1 (Χ.Ζ.Α.)	6566	150	783	☼	2883	4250	25666	9116	333	883	5626
5	Υδροστόμιο 2 (Χ.Ζ.Α.)	1733	33	8933	6666	5133	4667	4766	6650	66	2050	4070
6	Υδροστόμιο 3 (Χ.Ζ.Α.)	2113	316	6916	983	2767	2017	8140	383	0	900	2454
7	Υδροστόμιο 4 (Χ.Ζ.Α.)	2533	2649	7983	☼	2966	4100	2850	2767	5333	3166	3816
8	Υδροστόμιο 5 (Χ.Ζ.Α.)	0	166	217	☼	☼	☼	☼	7283	66	☼	1546
9	Υδροστόμιο 6 (Χ.Ζ.Α.)	1799	516	9265	4818	6117	☼	3200	5233	300	983	3581
10	Υδροστόμιο 7 (Χ.Ζ.Α.)	☼	383	2416	1400	3350	0	1508	333	333	1250	1219
11	Υδροστόμιο 8 (Χ.Ζ.Α.)	1066	100	8433	11600	6650	3850	4333	10116	66	1250	4746
12	Υδροστόμιο 9 (Χ.Ζ.Α.)	3249	0	10116	9299	2650	10450	11260	9299	0	1066	5739
13	Υδροστόμιο 10 (Χ.Ζ.Α.)	0	749	333	1085	5233	250	10000	1100	400	1683	2083
14	Υδροστόμιο 11 (Χ.Ζ.Α.)	2833	666	8400	19333	4300	1133	17000	521	433	1100	5572
15	Υδροστόμιο 12 (Χ.Ζ.Α.)	1833	80	2016	9116	2767	14120	7833	44	0	1333	3914
16	Υδροστόμιο 13 (Χ.Ζ.Α.)	3366	☼	15666	21333	☼	☼	10333	☼	☼	☼	12675
17	Υδροστόμιο 14 (Χ.Ζ.Α.)	933	☼	3816	166	☼	217	22666	☼	☼	☼	5560
18	Υδροστόμιο 15 (Υ.Ζ.Α.)	2763	8631	☼	☼	☼	4933	6020	☼	☼	500	4569
19	Υδροστόμιο 16 (Υ.Ζ.Α.)	2949	5016	☼	☼	☼	2500	3560	☼	☼	2300	3265
20	Υδροστόμιο 17 (Υ.Ζ.Α.)	4033	1183	3916	19000	☼	1967	4583	516	☼	800	4500
21	Υδροστόμιο 18 (Υ.Ζ.Α.)	9	166	7283	33	☼	2917	15333	1683	☼	133	3445

☼: Δεν υπήρχε νερό στα υδροστόμια



**Πίνακας 2: Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων υπολειμματικού χλωρίου Res.Cl (τιμές σε mg / l)**

Α/Α	Σημείο δειγματοληψίας	ΣΕΙΡΕΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ										Μέσος όρος
		1 <sup>η</sup> 19/05	2 <sup>η</sup> 02/06	3 <sup>η</sup> 13/06	4 <sup>η</sup> 02/07	5 <sup>η</sup> 17/07	6 <sup>η</sup> 30/07	7 <sup>η</sup> 12/08	8 <sup>η</sup> 26/08	9 <sup>η</sup> 17/09	10 <sup>η</sup> 11/10	
1	Εκροή		0,01	0,06	0,04	0	0,05	0,06	0,01	0,06	0,05	0,04
2	Δεξαμενή Χ.Ζ.Α.	0,01	0,12	0	0,02	0	☼	0,02	0,01	0	☼	0,02
3	Δεξαμενή Υ.Ζ.Α.	0	0	0,02	0,02	☼	0,04	0	☼	0,01	0,02	0,01
4	Υδροστόμιο 1 (Χ.Ζ.Α.)	☼	0	0,03	☼	0	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
5	Υδροστόμιο 2 (Χ.Ζ.Α.)	☼	0	0,04	0	0	0	0,03	0	0	0	0,01
6	Υδροστόμιο 3 (Χ.Ζ.Α.)	☼	0	0,04	0	0,03	0,02	0,06	0,03	0,02	0,03	0,03
7	Υδροστόμιο 4 (Χ.Ζ.Α.)	☼	0	0,06	☼	0	0	0	0,01	0	0	0,01
8	Υδροστόμιο 5 (Χ.Ζ.Α.)	☼	0,05	0,02	☼	☼	☼	☼	0	0,02	☼	0,02
9	Υδροστόμιο 6 (Χ.Ζ.Α.)	0,01	0	0,03	0,08	0	☼	0,04	0	0,01	0,02	0,02
10	Υδροστόμιο 7 (Χ.Ζ.Α.)	☼	0	0,02	0,01	0	0	0	0,02	0	0,01	0,01
11	Υδροστόμιο 8 (Χ.Ζ.Α.)	☼	0	0,07	0,02	0	0,05	0	0,01	0,03	0	0,02
12	Υδροστόμιο 9 (Χ.Ζ.Α.)	0,01	0,03	0,01	0	0,08	0,05	0,02	0,03	0	0,03	0,03
13	Υδροστόμιο 10 (Χ.Ζ.Α.)		0	0,01	0	0,06	0,02	0,02	0	0,02	0,01	0,02
14	Υδροστόμιο 11 (Χ.Ζ.Α.)	0,02	0,03	0,13	0,03	0	0	0,04	0,03	0,06	0,01	0,04
15	Υδροστόμιο 12 (Χ.Ζ.Α.)	☼	0	0,01	0	0	0,02	0,05	0,05	0,03	0	0,02
16	Υδροστόμιο 13 (Χ.Ζ.Α.)	☼	☼	0	0,01	☼	☼	0,03	☼	☼	☼	0,01
17	Υδροστόμιο 14 (Χ.Ζ.Α.)	☼	☼	0,01	0,02	☼	0,01	0	☼	☼	☼	0,01
18	Υδροστόμιο 15 (Υ.Ζ.Α.)	☼	0	☼	☼	☼	0	0,02	☼	☼	0,01	0,01
19	Υδροστόμιο 16 (Υ.Ζ.Α.)	0,05	0,04	☼	☼	☼	0	0,03	☼	☼	0	0,02
20	Υδροστόμιο 17 (Υ.Ζ.Α.)		0,01	0,03	0	☼	0,05	0,03	0,03	☼	0,02	0,02
21	Υδροστόμιο 18 (Υ.Ζ.Α.)		0	0,03	0	☼	0,03	0	0,02	☼	0,03	0,02

☼: Δεν υπήρχε νερό στα υδροστόμια

**Πίνακας 3:** Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων ολικών αιωρούμενων στερεών TSS (τιμές σε mg / l)

Α/Α	Σημείο δειγματοληψίας	ΣΕΙΡΕΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ										Μέσος όρος
		1 <sup>η</sup> 19/05	2 <sup>η</sup> 02/06	3 <sup>η</sup> 13/06	4 <sup>η</sup> 02/07	5 <sup>η</sup> 17/07	6 <sup>η</sup> 30/07	7 <sup>η</sup> 12/08	8 <sup>η</sup> 26/08	9 <sup>η</sup> 17/09	10 <sup>η</sup> 11/10	
1	Εκροή	0	0	0	5	2	0	0	7	35	0	5
2	Δεξαμενή Χ.Ζ.Α.	0	100	0	0	15	☼	0	0	18	☼	17
3	Δεξαμενή Υ.Ζ.Α.	0	0	0	2	☼	5	0	☼	37	0	6
4	Υδροστόμιο 1 (Χ.Ζ.Α.)	0	0	0	☼	0	0	6	0	6	0	1
5	Υδροστόμιο 2 (Χ.Ζ.Α.)	0	0	2	0	0	246	0	0	3	0	25
6	Υδροστόμιο 3 (Χ.Ζ.Α.)	65	0	4	0	0	0	22	0	0	0	9
7	Υδροστόμιο 4 (Χ.Ζ.Α.)	54	42	18	☼	0	46	42	0	316	17	59
8	Υδροστόμιο 5 (Χ.Ζ.Α.)	0	0	0	☼	☼	☼	☼	0	5	☼	1
9	Υδροστόμιο 6 (Χ.Ζ.Α.)	0	0	0	40	6	☼	0	0	9	5	7
10	Υδροστόμιο 7 (Χ.Ζ.Α.)	☼	45	298	10	45	6	24	50	8	0	54
11	Υδροστόμιο 8 (Χ.Ζ.Α.)	0	0	14	21	37	5	41	0	11	0	13
12	Υδροστόμιο 9 (Χ.Ζ.Α.)	160	0	16	0	25	65	0	8	8	0	28
13	Υδροστόμιο 10 (Χ.Ζ.Α.)	100	50	6	7	4	4	0	0	0	4	18
14	Υδροστόμιο 11 (Χ.Ζ.Α.)	65	32	8	0	0	0	0	0	59	0	16
15	Υδροστόμιο 12 (Χ.Ζ.Α.)	0	36	14	5	0	0	0	57	0	3	12
16	Υδροστόμιο 13 (Χ.Ζ.Α.)	25	☼	0	0	☼	☼	0	☼	☼	☼	6
17	Υδροστόμιο 14 (Χ.Ζ.Α.)	0	☼	12	0	☼	0	0	☼	☼	☼	2
18	Υδροστόμιο 15 (Υ.Ζ.Α.)	0	0	☼	☼	☼	6	0	☼	☼	0	1
19	Υδροστόμιο 16 (Υ.Ζ.Α.)	50	0	☼	☼	☼	0	0	☼	☼	0	10
20	Υδροστόμιο 17 (Υ.Ζ.Α.)	0	0	8	6	☼	0	20	0	☼	0	4
21	Υδροστόμιο 18 (Υ.Ζ.Α.)	0	14	4	8	☼	0	5	0	☼	34	8

☼: Δεν υπήρχε νερό στα υδροστόμια

**Πίνακας 4: Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων χημικά απαιτούμενου οξυγόνου COD (τιμές σε mg / l)**

Α/Α	Σημείο δειγματοληψίας	ΣΕΙΡΕΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ										Μέσος όρος
		1 <sup>η</sup> 19/05	2 <sup>η</sup> 02/06	3 <sup>η</sup> 13/06	4 <sup>η</sup> 02/07	5 <sup>η</sup> 17/07	6 <sup>η</sup> 30/07	7 <sup>η</sup> 12/08	8 <sup>η</sup> 26/08	9 <sup>η</sup> 17/09	10 <sup>η</sup> 11/10	
1	Εκροή	32,3	8,1	68,6	100,8	70,8	17,3	18,1	140,5	148,3	11,8	61,6
2	Δεξαμενή Χ.Ζ.Α.	76,6	92,7	60,5	96,8	174,5	☼	25,3	132,2	76	☼	91,8
3	Δεξαμενή Υ.Ζ.Α.	32,3	8,1	68,6	100,8	☼	17,3	18,1	☼	148,3	47,2	65,2
4	Υδροστόμιο 1 (Χ.Ζ.Α.)	44,4	32,3	0	☼	80,2	39	39,7	12,4	72,2	3,9	36
5	Υδροστόμιο 2 (Χ.Ζ.Α.)	80,7	8,1	24,2	76,6	84,9	281,4	50,5	33,1	41,8	23,6	70,5
6	Υδροστόμιο 3 (Χ.Ζ.Α.)	246	8,1	56,5	104,8	84,9	26	54,2	8,3	212,9	23,6	82,5
7	Υδροστόμιο 4 (Χ.Ζ.Α.)	209,7	76,6	88,7	☼	66	73,6	93,9	115,7	418,3	27,6	130
8	Υδροστόμιο 5 (Χ.Ζ.Α.)	52,4	32,3	48,4	☼	☼	☼	☼	103,3	60,8	☼	59,4
9	Υδροστόμιο 6 (Χ.Ζ.Α.)	92,7	32,3	28,2	141,1	84,9	☼	54,2	95	53,2	27,6	67,7
10	Υδροστόμιο 7 (Χ.Ζ.Α.)	☼	68,6	209,7	92,7	103,8	26	43,3	169,4	91,3	23,6	92
11	Υδροστόμιο 8 (Χ.Ζ.Α.)	48,4	32,3	161,3	80,7	150,9	39	93,9	140,5	83,7	35,4	86,6
12	Υδροστόμιο 9 (Χ.Ζ.Α.)	241,9	32,3	24,2	40,3	66	103,9	18,1	140,5	79,8	11,8	75,9
13	Υδροστόμιο 10 (Χ.Ζ.Α.)	96,8	52,4	40,3	80,7	70,8	26	21,7	111,6	38	35,4	57,4
14	Υδροστόμιο 11 (Χ.Ζ.Α.)	274,2	60,5	24,2	48,4	80,2	34,6	18,1	132,2	308	39,4	102
15	Υδροστόμιο 12 (Χ.Ζ.Α.)	52,4	96,8	8,1	52,4	80,2	8,7	21,7	181,8	57	39,4	59,9
16	Υδροστόμιο 13 (Χ.Ζ.Α.)	225,8	☼	24,2	141,1	☼	☼	21,7	☼	☼	☼	103,2
17	Υδροστόμιο 14 (Χ.Ζ.Α.)	153,2	☼	100,8	4	☼	17,3	46,9	☼	☼	☼	64,4
18	Υδροστόμιο 15 (Υ.Ζ.Α.)	108,9	8,1	☼	☼	☼	47,6	36,1	☼	☼	35,4	47,2
19	Υδροστόμιο 16 (Υ.Ζ.Α.)	72,6	52,4	☼	☼	☼	82,3	18,1	☼	☼	23,6	49,8
20	Υδροστόμιο 17 (Υ.Ζ.Α.)	44,4	8,1	8,1	68,6	☼	69,3	50,5	8,3	☼	31,5	36,1
21	Υδροστόμιο 18 (Υ.Ζ.Α.)	88,7	52,4	8,1	36,3	☼	21,6	39,7	49,6	☼	74,8	46,4

☼: Δεν υπήρχε νερό στα υδροστόμια

**Πίνακας 5: Συγκριτικός πίνακας ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC (τιμές σε mS / cm)**

Α/Α	Σημείο δειγματοληψίας	ΣΕΙΡΕΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ										Μέσος όρος
		1 <sup>η</sup> 19/05	2 <sup>η</sup> 02/06	3 <sup>η</sup> 13/06	4 <sup>η</sup> 02/07	5 <sup>η</sup> 17/07	6 <sup>η</sup> 30/07	7 <sup>η</sup> 12/08	8 <sup>η</sup> 26/08	9 <sup>η</sup> 17/09	10 <sup>η</sup> 11/10	
1	Εκροή	2,43	2,21	2,49	1,76	1,8	2,33	2,45	2,43	2,46	2,48	2,28
2	Δεξαμενή Χ.Ζ.Α.	2,72	2,32	2,12	1,99	1,9	☼	2,51	2,34	2,74	☼	2,33
3	Δεξαμενή Υ.Ζ.Α.	2,69	2,31	2,48	1,75	☼	2,3	2,45	☼	2,84	2,55	2,42
4	Υδροστόμιο 1 (Χ.Ζ.Α.)	2,61	2,27	2,19	☼	1,88	2,37	2,52	2,17	2,47	2,43	2,32
5	Υδροστόμιο 2 (Χ.Ζ.Α.)	2,41	2,28	2,21	1,75	2	2,3	2,51	2,25	2,53	2,45	2,27
6	Υδροστόμιο 3 (Χ.Ζ.Α.)	2,22	2,36	2,04	1,75	1,71	2,27	2,53	2,29	2,68	2,52	2,24
7	Υδροστόμιο 4 (Χ.Ζ.Α.)	2,21	2,22	2,07	☼	1,99	2,3	2,56	2,37	2,51	2,51	2,3
8	Υδροστόμιο 5 (Χ.Ζ.Α.)	2,33	2,31	2,2	☼	☼	☼	☼	2,34	2,43	☼	2,32
9	Υδροστόμιο 6 (Χ.Ζ.Α.)	2,56	2,25	2,48	0,65	1,93	☼	2,51	2,37	2,54	2,51	2,2
10	Υδροστόμιο 7 (Χ.Ζ.Α.)	☼	2,2	2,37	1,76	1,63	2,47	2,55	2,31	2,49	2,53	2,26
11	Υδροστόμιο 8 (Χ.Ζ.Α.)	2,34	2,33	2,03	1,66	1,7	2,32	2,51	2,16	2,56	2,55	2,22
12	Υδροστόμιο 9 (Χ.Ζ.Α.)	2,27	2,29	2,13	1,8	2	2,46	2,48	2,26	2,62	2,57	2,29
13	Υδροστόμιο 10 (Χ.Ζ.Α.)	2,23	2,3	2,59	1,81	1,99	2,34	2,54	2,34	2,41	2,53	2,3
14	Υδροστόμιο 11 (Χ.Ζ.Α.)	2,76	2,4	2,12	1,86	1,86	2,36	2,5	2,26	2,37	2,46	2,3
15	Υδροστόμιο 12 (Χ.Ζ.Α.)	2,15	2,28	2,94	1,84	1,86	2,4	2,52	2,48	2,5	2,55	2,35
16	Υδροστόμιο 13 (Χ.Ζ.Α.)	2,38	☼	2,36	2,43	☼	☼	2,48	☼	☼	☼	2,41
17	Υδροστόμιο 14 (Χ.Ζ.Α.)	2,35	☼	2,16	2	☼	2,3	2,52	☼	☼	☼	2,27
18	Υδροστόμιο 15 (Υ.Ζ.Α.)	2,69	2,27	☼	☼	☼	2,32	2,53	☼	☼	2,55	2,47
19	Υδροστόμιο 16 (Υ.Ζ.Α.)	2,76	2,21	☼	☼	☼	2,25	2,53	☼	☼	2,58	2,47
20	Υδροστόμιο 17 (Υ.Ζ.Α.)	2,48	2,2	2,17	1,83	☼	2,26	2,57	2,19	☼	2,56	2,28
21	Υδροστόμιο 18 (Υ.Ζ.Α.)	2,27	2,16	2,09	1,89	☼	2,29	2,54	2,29	☼	2,53	2,26

☼: Δεν υπήρχε νερό στα υδροστόμια

**Πίνακας 6: Συγκριτικός πίνακας pH**

Α/Α	Σημείο δειγματοληψίας	ΣΕΙΡΕΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ										
		1 <sup>η</sup> 19/05	2 <sup>η</sup> 02/06	3 <sup>η</sup> 13/06	4 <sup>η</sup> 02/07	5 <sup>η</sup> 17/07	6 <sup>η</sup> 30/07	7 <sup>η</sup> 12/08	8 <sup>η</sup> 26/08	9 <sup>η</sup> 17/09	10 <sup>η</sup> 11/10	Μέσος όρος
1	Εκροή	8,09	8,05	8,08	8,24	7,88	7,94	7,87	7,85	7,96	7,8	7,98
2	Δεξαμενή Χ.Ζ.Α.	8,36	8,06	8,09	8,32	7,46	☼	7,84	8,01	8,06	☼	8,03
3	Δεξαμενή Υ.Ζ.Α.	8,2	7,93	8,2	8,36	☼	7,73	8,02	☼	8,2	7,85	8,06
4	Υδροστόμιο 1 (Χ.Ζ.Α.)	7,34	8,21	8,09	☼	7,91	7,78	8,15	8,03	8,26	8,04	7,98
5	Υδροστόμιο 2 (Χ.Ζ.Α.)	8,08	8,02	8,17	8,16	7,8	8,11	8,29	8,2	8,34	7,95	8,11
6	Υδροστόμιο 3 (Χ.Ζ.Α.)	8,36	8,34	8,34	8,28	8,11	8,2	8,29	8,08	8,16	8,18	8,23
7	Υδροστόμιο 4 (Χ.Ζ.Α.)	7,28	8,21	8,38	☼	8,13	8,2	8,21	8,15	8,26	8,22	8,12
8	Υδροστόμιο 5 (Χ.Ζ.Α.)	7,83	7,95	8,07	☼	☼	☼	☼	8,15	8,06	☼	8,01
9	Υδροστόμιο 6 (Χ.Ζ.Α.)	8,33	8,5	8,41	8,28	8,11	☼	8,26	8,06	8,31	8,03	8,25
10	Υδροστόμιο 7 (Χ.Ζ.Α.)	☼	8,17	8,22	8,49	8,04	7,92	8,16	8,15	8,33	8,16	8,18
11	Υδροστόμιο 8 (Χ.Ζ.Α.)	7,97	7,58	8,41	8,46	8,06	8,22	8	8,17	8,44	8,18	8,15
12	Υδροστόμιο 9 (Χ.Ζ.Α.)	8,03	8,11	8,36	8,35	7,89	7,58	7,98	8,19	8,15	8,17	8,08
13	Υδροστόμιο 10 (Χ.Ζ.Α.)	7,52	8,11	7,86	8,16	7,87	8,11	7,94	7,8	8,23	8,03	7,96
14	Υδροστόμιο 11 (Χ.Ζ.Α.)	8,46	8,28	8,37	8,49	8,18	8,23	8,33	8,23	8,18	8,12	8,29
15	Υδροστόμιο 12 (Χ.Ζ.Α.)	8,06	8,09	8,05	8,38	7,46	8,18	7,96	8,09	8,1	8,13	8,05
16	Υδροστόμιο 13 (Χ.Ζ.Α.)	8,07	☼	8,24	8,47	☼	☼	8,16	☼	☼	☼	8,24
17	Υδροστόμιο 14 (Χ.Ζ.Α.)	7,95	☼	8,04	8,15	☼	8,07	8,06	☼	☼	☼	8,05
18	Υδροστόμιο 15 (Υ.Ζ.Α.)	8,39	8,19	☼	☼	☼	8,3	8,3	☼	☼	8,16	8,27
19	Υδροστόμιο 16 (Υ.Ζ.Α.)	8,3	8,18	☼	☼	☼	8,18	8,09	☼	☼	7,91	8,13
20	Υδροστόμιο 17 (Υ.Ζ.Α.)	8,06	8,02	8,04	8,36	☼	8,04	8,11	7,97	☼	7,8	8,05
21	Υδροστόμιο 18 (Υ.Ζ.Α.)	8,25	8,24	8,29	8,24	☼	8,09	8,36	7,98	☼	8,14	8,2

☼: Δεν υπήρχε νερό στα υδροστόμια

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4**

---

Συντεταγμένες σημείων δειγματοληψίας του συστήματος διάθεσης της Ε.Ε.Λ.  
Χερσονήσου

**Πίνακας 1:** Συντεταγμένες σημείων δειγματοληψίας συστήματος διάθεσης Ε.Ε.Λ. Χερσονήσου και συμβολισμός τους στο χάρτη του συστήματος (Παράρτημα)

A/A	Σημείο Δειγματοληψίας	Συντεταγμένες	Συντεταγμένες	Ακρίβεια Συντεταγμένων
1	Εκροή	N 35° 19.132´	E 025° 22.357´	4 m
2	Δεξαμενή Χ.Ζ.Α.	N 35° 19.520´	E 025° 23.614´	4 m
3	Δεξαμενή Υ.Ζ.Α.	N 35° 18.465´	E 025° 22.857´	5 m
4	Υδροστόμιο 1 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 18.849´	E 025° 22.664´	5 m
5	Υδροστόμιο 2 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 18.944´	E 025° 22.690´	4 m
6	Υδροστόμιο 3 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 19.186´	E 025° 22.831´	6 m
7	Υδροστόμιο 4 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 19.159´	E 025° 22.644´	5 m
8	Υδροστόμιο 5 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 18.837´	E 025° 22.326´	5 m
9	Υδροστόμιο 6 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 18.718´	E 025° 23.076´	5 m
10	Υδροστόμιο 7 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 18.993´	E 025° 23.199´	5 m
11	Υδροστόμιο 8 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 19.120´	E 025° 23.332´	4 m
12	Υδροστόμιο 9 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 19.147´	E 025° 23.344´	5 m
13	Υδροστόμιο 10 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 19.307´	E 025° 22.878´	5 m
14	Υδροστόμιο 11 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 18.771´	E 025° 23.442´	4 m
15	Υδροστόμιο 12 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 18.012´	E 025° 23.407´	4 m
16	Υδροστόμιο 13 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 18.641´	E 025° 23.668´	4 m
17	Υδροστόμιο 14 (Χ.Ζ.Α.)	N 35° 19.757´	E 025° 23.923´	5 m
18	Υδροστόμιο 15 (Υ.Ζ.Α.)	N 35° 18.682´	E 025° 22.570´	5 m
19	Υδροστόμιο 16 (Υ.Ζ.Α.)	N 35° 18.578´	E 025° 22.875´	5 m
20	Υδροστόμιο 17 (Υ.Ζ.Α.)	N 35° 18.516´	E 025° 23.250´	4 m
21	Υδροστόμιο 18 (Υ.Ζ.Α.)	N 35° 18.492´	E 025° 23.396´	4 m

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5**

---

ΦΕΚ 138B/24 – 2 – 65 και Κ.Υ.Α Ε1β. 221/65



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6**

---

Μεθοδολογία υπολογισμού υπολειμματικού χλωρίου (Μέθοδος 8167) σύμφωνα με τις οδηγίες της κατασκευάστριας εταιρίας ODYSSEY του φωτόμετρου

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7**

---

---

Νερά Κολύμβησης

**Πίνακας 1: Επιθυμητά όρια νερών κολύμβησης σύμφωνα με την Οδηγία 76/160/ΕΟΚ**

Παράμετροι	Οριακές τιμές Οδηγίας 76/160/ΕΟΚ	
	Επιθυμητή (G)	Υποχρεωτική (I)
<b>ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ</b>		
1.Ολικά Κολοβακτηριοειδή/100ml	500	10000
2.Κολοβακτηριοειδή κοπρανώδους προελεύσεως/100ml	100	2000
Κολοβακτηριοειδή κοπρανώδους προελεύσεως/100ml (Ελλην.Νομοθεσία)	100	500
3.Κοπρανώδεις Στρεπτόκοκκοι	100	-
<b>ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΙ</b>		
7.Χρώμα		ΟΧΙ ΦΥΣΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ
8.Ορυκτέλαια g/l	<=0,3	ΑΠΟΥΣΙΑ ΟΡΑΤΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΚΑΙ ΟΣΜΗΣ
9.Εοιφανειακώς ενεργές ουσίες	<=0,3	ΑΠΟΥΣΙΑ ΔΙΑΡΚΟΥΣ ΑΦΡΟΥ
10.Φαινόλες	<=0,005	ΚΑΜΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΟΣΜΗ ή <=0,05
11.Διαύγεια (m)	2	1
13.Κατάλοιπα πίσσας και επιπλέοντα αντικείμενα	0	-

**Μικροβιολογική Ποιότητα:**

**Κατηγορία GI:** Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν όλα τα σημεία για τα οποία το σύνολο των ληφθέντων δειγμάτων ικανοποιεί τουλάχιστον κατά 80% τις Επιθυμητές τιμές (G) και κατά 95% τις Υποχρεωτικές τιμές (I) της Οδηγίας 76/160/ΕΟΚ, για τις παραμέτρους «Ολικά κολοβακτηριοειδή» και «κολοβακτηριοειδή κοπρανώδους προέλευσης».

**Κατηγορία EI:** Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν όλα τα σημεία για τα οποία το σύνολο των ληφθέντων δειγμάτων ικανοποιεί τουλάχιστον κατά 95% τις Υποχρεωτικές τιμές (I) της Οδηγίας για τις μικροβιολογικές παραμέτρους 1 και 2 του Πίνακα 1.

**Φυσικοχημική Ποιότητα:**

**Κατηγορία A:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα σημεία για τα οποία το σύνολο των ληφθέντων δειγμάτων ικανοποιεί τουλάχιστον κατά 95% τις Υποχρεωτικές τιμές (I) της Οδηγίας 76/160/ΕΟΚ, για τις φυσικοχημικές παραμέτρους 8,9 και 10 του Πίνακα 1.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8**

---

---

Επεξήγηση Συντομογραφιών

A.P.H.A :	Αμερικάνικη Υπηρεσία Δημόσιας Υγείας
BOD :	Biochemical Oxygen Demand, Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
BOD <sub>5</sub> :	Biochemical Oxygen Demand, Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο αν ο χρόνος επώασης είναι πέντε ημέρες
C :	Celcius
Cfu :	Colony-Forming Units
COD :	Chemical Oxygen Demand, Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
EC :	Electrical Conductivity, Ηλεκτρική Αγωγιμότητα
EEC :	Environmental European Council
EPA :	Environmental Protection Agency
FC :	Faecal Coliforms, κοπρανώδη κολοβακτηρίδια
F :	Fahrenheit
ft :	feet
gr :	grams
G.P.S :	Ground Positioning System
in :	inches
K :	Kelvin
kg :	kilograms
km :	kilometers
lt :	λίτρα
m :	μέτρα
m <sup>3</sup> /d :	κυβικά μέτρα ανά ημέρα
mg/m <sup>3</sup> :	μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο
mg/l :	μικρογραμμάρια ανά λίτρο
min :	λεπτά
MPN :	Most Probable Number
N :	Άζωτο
NO :	μονοξείδιο του αζώτου
NO <sub>2</sub> :	διοξείδιο του αζώτου
Nox :	οξειδία του αζώτου
P :	Φώσφορος
Pb :	Μόλυβδος
pH :	Συγκέντρωση υδρογονιόντων
PLC :	Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής Πολυεπεξεργαστής
ppm :	Parts per million
RCL :	Residual Chlorine, υπολειμματικό χλώριο
SAR :	Soil Adsorption Ratio
SO <sub>2</sub> :	διοξείδιο του θείου
TC :	Total coliforms, ολικά κολοβακτηρίδια
TSS :	Total Suspended Solids, αιωρούμενα σωματίδια
U.N :	United Nations
US EPA :	United States Environmental Protection Agency
WHO :	World Health Organization
A :	Ανατολή, Ανατολικά
B :	Βορράς, Βόρεια
BA :	Βορειοανατολικά
BD :	Βορειοδυτικά
Γ.Ο.Ε.Β. :	Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΓΥΣ :	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού
Δ :	Δύση, Δυτικά
Δ. :	Δήμος
Δ.Δ :	Δημοτικό Διαμέρισμα

Δ.Π.Α.Ε :	Δεξαμενή Προσωρινής Αποθήκευσης Εκροής
Δ.Π.Κ :	Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης
Δ.Χ.Ζ.:	Δεξαμενή Χαμηλής Ζώνης
Δ.Υ.Ζ.:	Δεξαμενή Υψηλής Ζώνης
Δ.Ε.Υ.Α :	Δημοτική Εταιρεία Ύδρευσης Αποχέτευσης
Δ.Ε.Υ.Α.Χ :	Δημοτική Εταιρεία Ύδρευσης Αποχέτευσης Χερσονήσου
Ε.Δ.Ε.Υ.Α :	Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης
Ε.Ε :	Ευρωπαϊκή Ένωση
Ε.Ε.Λ :	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων
Ε.Ο.Κ :	Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
Ε.Μ.Υ. :	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
Ε.Ο.Τ :	Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού
Ε.Π.ΠΕΡ. :	Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον
Ε.Σ.Υ.Ε. :	Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος
Ε.ΥΔ.Α.Π. :	Εταιρεία Ύδρευσης Αποχέτευσης Πρωτεύουσας
Ε.Υ.Α.Θ. :	Εταιρεία Ύδρευσης Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης
ΗΠΑ :	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
Ι.Κ. :	ισοδύναμοι κάτοικοι
Κ.Α.Α :	Κεντρικός Αποχετευτικός Αγωγός
ΚΥΑ :	Κοινή Υπουργική Απόφαση
μg/m <sup>3</sup> :	μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο
Μ.Ε.Α.Υ.Α.:	Μονάδας Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων
Μ.Π.Ε. :	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
Ν :	Νότος, Νότια
Ν. :	Νέος, Νέα
Ν. :	Νομός
Ν. :	Νόμος
ΝΑ :	Νοτιοανατολικά
Ν.Α. :	Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση
ΝΔ :	Νοτιοδυτικά
Ο.Τ.Α :	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
Π.Δ. :	Προεδρικό Διάταγμα
Π.Ο.Υ. :	Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας
σ.Ι.Κ :	σημερινοί ισοδύναμοι κάτοικοι
ΣΤΕΓ :	Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας
Τ.Ε.Ι. :	Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Τ.Ο.Ε.Β. :	Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΥΑ :	Υπουργική Απόφαση
Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε :	Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΦΕΚ :	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως