

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΊΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

«Παραγωγή και εκμετάλλευση του
απόβλητου ύδατος στη γεωργία»

Πτυχιακή εργασία
του Σπύρου Κ. Κοκινόπουλου Α.Μ. 6134

Επιβλέπων Καθηγητής: Διαμαντόπουλος Γρηγόριος



Μεσολόγγι, Ιούνιος 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	9
2.1 ΣΤΕΡΕΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	9
2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ.....	9
2.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ.....	10
2.2 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	11
2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ.....	11
2.2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ.....	14
2.3 ΆΖΩΤΟ.....	17
2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ.....	17
2.3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ.....	21
2.4 ΦΩΣΦΟΡΟΣ.....	22
2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ.....	22
2.4.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ.....	23
2.5 ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	24
2.5.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ.....	24
2.5.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ.....	25
2.6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	25
2.7 ΡΗ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ	26
2.8 ΆΛΛΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	26
2.8.1 ΧΛΩΡΙΟΥΧΑ.....	27
2.8.2 ΘΕΙΟ.....	27
2.8.3 ΒΑΡΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	29
2. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	29
2.1 ΕΣΧΑΡΩΣΗ.....	29
2.1.1 ΣΚΟΠΟΣ.....	29
2.1.2 ΕΙΔΗ ΕΣΧΑΡΩΝ.....	30
2.1.3 ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ.....	33
2.1.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ.....	33

2.1.5 ΚΤΙΡΙΟ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ.....	35
2.2 ΕΞΑΜΜΩΣΗ – ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ.....	35
2.2.1 ΣΚΟΠΟΣ.....	35
2.2.2 ΕΞΑΜΜΩΤΕΣ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ.....	35
2.2.3 ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΙ ΕΞΑΜΜΩΤΕΣ.....	36
2.3 ΑΕΡΙΣΜΟΣ - ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ.....	38
2.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΆΜΜΟΥ, ΤΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΙΠΩΝ.....	39
2.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ.....	40
2.5.1 ΣΚΟΠΟΣ.....	40
2.5.2 ΕΙΔΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ.....	40
2.5.3 ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	41
3. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	41
4. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	41
4.1 ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ.....	42
4.2 ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΤΑΦΡΟΣ.....	43
4.3 ΣΤΑΛΑΓΜΑΤΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ.....	44
4.4 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗ.....	45
5. ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ (ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ) ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	46
5.1 ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ, ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΘΙΖΗΣΗ.....	46
5.2 ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ.....	47
5.3 ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	48
5.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΥΔΡΑΣΒΕΣΤΟ.....	48
5.5 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΏΣΜΩΣΗ	49
6. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ.....	50
6.1 ΣΚΟΠΟΣ – ΜΕΘΟΔΟΙ.....	50
6.2 ΧΛΩΡΙΩΣΗ-ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗ.....	51
6.2.1 ΥΠΟΧΛΩΡΙΩΔΕΣ ΝΑΤΡΙΟ – ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ – ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟ ΧΛΩΡΙΟ.....	51
6.2.2 ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗ – ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ.....	53
6.2.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ – ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗΣ.....	53
6.3 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ ΟΖΟ.....	55
6.4 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ UV.....	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΆΡΔΕΥΣΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	56
2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΘΕΣΠΙΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ.....	60
2.1 ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΧΩΡΩΝ	61
2.1.1 ΣΕ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ Ε.Ε.	61
2.1.2 ΤΟ ΝΕΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΥΔΑΤΟΣ.....	62
2.1.3 ΣΕ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	63

2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	66
2.2.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΧΕΔΙΟ.....	68
3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ ΑΠΟΒΛΗΤΟ ΝΕΡΟ.....	71
3.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	71
3.2 ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	71
3.3 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	72
3.3.1 Η ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	72
3.3.2 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	72
3.3.2.1 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	73
3.3.2.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	74
3.3.2.3 ΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	74
3.3.2.4 ΟΙ ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	79
3.3.3 ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	80
3.3.4 ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ.....	80
3.3.5 ΟΙ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΖΟΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ.....	80
3.3.6 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	81
3.4 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	81
3.5 Η ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	82
3.6 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	83
3.7 ΤΕΤΑΡΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	87
2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	87
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ, ΣΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ.....	88
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	89
5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	91
6. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ.....	93
6.1 Η ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΓΕΙΑΣ (Π.Ο.Υ.).....	94
6.2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΙΝΔΥΝΟ ΥΓΕΙΑΣ.....	100
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	105

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η αυξανόμενη έλλειψη νερού απειλεί την οικονομική ανάπτυξη, τα βιώσιμα ανθρώπινα νοικοκυριά, την περιβαλλοντική ποιότητα, και έναν πλήθος άλλων κοινωνικών στόχων στις χώρες και τις περιοχές σε όλο τον κόσμο. Η αύξηση των αστικών πληθυσμών, ιδιαίτερα των αναπτυσσόμενων χωρών, τοποθετεί την απέραντη πίεση στους πόρους νερού και εδάφους. Επίσης, οδηγεί στην απελευθέρωση της ανάπτυξης των όγκων του απόβλητου νερού - το μεγαλύτερο μέρος του μη επεξεργασμένο.

Το απόβλητο νερό χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την άρδευση στην αστική και περιφερειακή γεωργία, ακόμη και στις απόμακρες αγροτικές περιοχές των πολύ μεγάλων πόλεων. Οδηγεί τη σημαντική οικονομική δραστηριότητα, υποστηρίζει τα αμέτρητα νοικοκυριά ιδιαίτερα εκείνα των φτωχών αγροτών, και πολύ ουσιαστικά αλλάζει την υδρολογία και την ποιότητα νερού των φυσικών οργανισμών νερού.

Φυσικά, υπάρχουν σοβαρά μειονεκτήματα για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση του απόβλητου νερού χωρίς επαρκή μέτρα προστασίας. Η πρόκληση είναι να προσδιοριστούν τα πρακτικά-προσιτά μέτρα προστασίας που δεν απειλούν τους ουσιαστικούς πόρους ζωής εξαρτώμενα από το απόβλητο νερό, ή να προσδιοριστεί ο σημαντικός ρόλος που αυτός ο πόρος διαδραματίζει στην επίτευξη της ασφάλειας οικιακών τροφίμων και την παροχή των χαμηλού κόστους προϊόντων στην ανάπτυξη των πόλεων.

Οι στόχοι ανάπτυξης της χιλιετίας στοχεύουν να διχοτομήσουν, μέχρι το 2015, τον αριθμό ανθρώπων χωρίς πρόσβαση στις παροχές νερού ή την ασφαλή και προσιτή υγιεινή. Η βιώσιμη και ασφαλής χρήση απόβλητου νερού μπορεί να υποστηρίξει το επίτευγμα αυτών των στόχων με τη συντήρηση του πολύτιμου γλυκού νερού για την κατανάλωση. Επιπλέον, οι στόχοι υγιεινής είναι πάντα δύσκολο να επιτευχθούν, όπως άλλες προτεραιότητες φαίνονται πάντα να προσελκύουν τους λιγιστούς πόρους.

Για να εξασφαλιστεί η αποδοτική χρήση ο στόχος της βελτιωμένης υγιεινής πρέπει να ακολουθηθεί με στόχο τη χρήση απόβλητου νερού, δεδομένου ότι ο τύπος τεχνολογίας που επιλέγεται μπορεί είτε να βοηθήσει είτε να εμποδίσει το στόχο της επαναχρησιμοποίησης. Η χρησιμοποίηση του απόβλητου νερού για τη γεωργία, εκτιμώντας και τους υδάτινους πόρους και τις θρεπτικές ουσίες για μια νέα παραγωγική χρήση, προτρέπει στην εξέταση για μια δαπανηρή ενέργεια στην προσπάθεια να συγκομιστεί ένας ενδεχομένως πολύτιμος πόρος.

Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, το μη επεξεργασμένο ή μερικώς επεξεργασμένο απόβλητο νερό χρησιμοποιείται για να ποτίσει τα τρόφιμα των πόλεων, τη χορτονομή, και τα πράσινα διαστήματα. Οι αγρότες έχουν χρησιμοποιήσει το μη επεξεργασμένο απόβλητο νερό για αιώνες, αλλά οι μεγαλύτεροι όγκοι εξαρτώνται τώρα από τους πόρους ζωής και αυτή η απαίτηση έχει αναγγείλει μια σειρά νέων πρακτικών χρήσης απόβλητου νερού.

Η ποικιλομορφία των όρων ίσως οφείλεται μόνο από την πολυπλοκότητα της διαχείρισης των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον που τίθενται από αυτήν την πρακτική.

Η χρήση του αστικού απόβλητου ύδατος στη γεωργία είναι μια παλαιά πρακτική που απαιτεί την ανανεωμένη προσοχή για την αυξανόμενη έλλειψη πόρων γλυκού νερού σε πολλές ξηρές και ημιάγονες περιοχές. Οδηγημένο από τη σύντομη αστικοποίηση και τους αυξανόμενους όγκους απόβλητου νερού, το απόβλητο νερό χρησιμοποιείται ευρέως ως χαμηλού κόστους εναλλακτική λύση του συμβατικού νερού άρδευσης. Υποστηρίζει νοικοκυριά και παράγει ιδιαίτερη αξία στην αστική και περιφερειακή γεωργία παρά τις επιπτώσεις υγείας και τους περιβαλλοντικούς κινδύνους που συνδέονται με αυτήν την πρακτική.

Στο παρόν σύγγραμμα, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων καθώς και τα χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων αποβλήτων. Επίσης, γίνεται περιγραφή των εγκαταστάσεων και του τρόπου επεξεργασίας τους σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Επιπλέον, διατυπώνεται η παρούσα κατάσταση αυτής της πρακτικής σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην Ελλάδα. Περιγράφονται τα κριτήρια και οι κανονισμοί για τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων για άρδευση, και τέλος αναλύονται οι επιπτώσεις και τα οφέλη που απορρέουν από αυτήν την πρακτική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε πολλές ξηρές και ημιάγονες χώρες το νερό γίνεται όλο ένα και περισσότερο λιγοστός πόρος και οι αρμόδιοι για το σχεδιασμό αναγκάζονται να εξετάσουν οποιεσδήποτε πηγές ύδατος που η δύναμη τους χρησιμοποιείται οικονομικά και αποτελεσματικά για να προωθήσει την περαιτέρω ανάπτυξη. Συγχρόνως, με την επέκταση του πληθυσμού σε ένα υψηλό ποσοστό, η ανάγκη για την αυξανόμενη παραγωγή τροφίμων είναι προφανής. Η δυνατότητα για αύξηση της άρδευσης, η γεωργική παραγωγικότητα και το βιοτικό επίπεδο των φτωχών αγροτών έχει αναγνωριστεί από καιρό.

Η ποτισμένη γεωργία καταλαμβάνει περίπου 17% του παγκόσμιου συνολικού καλλιεργήσιμου εδάφους αλλά η παραγωγή από αυτό το έδαφος περιλαμβάνει περίπου 34% του παγκόσμιου συνόλου. Αυτή η δυνατότητα ακόμη περισσότερο προσφέρεται στις ξηρές περιοχές, όπως η περιοχή της Εγγύς Ανατολής, όπου μόνο 30% της καλλιεργήσιμης περιοχής ποτίζεται αλλά παράγει περίπου 75% της συνολικής γεωργικής παραγωγής.

Σε αυτήν την ίδια περιοχή, περισσότερα από 50% των απαιτήσεων τροφίμων εισάγονται και το ποσοστό αύξησης σε ζήτηση για τα τρόφιμα υπερβαίνει το ποσοστό αύξησης στη γεωργική παραγωγή. Όποτε το νερό καλής ποιότητας είναι λιγοστό, το νερό της οριακής ποιότητας θα πρέπει να εξεταστεί για τη χρήση στη γεωργία. Αν και δεν υπάρχει κανένας καθολικός καθορισμός του ύδατος «οριακής ποιότητας», για όλους τους πρακτικούς λόγους μπορεί να οριστεί ως το νερό που κατέχει ορισμένα χαρακτηριστικά που έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν προβλήματα όταν χρησιμοποιείται για έναν προοριζόμενο σκοπό.

Παραδείγματος χάριν, το υφάλμυρο νερό είναι ένα οριακό ποιοτικό νερό για τη γεωργική χρήση λόγω του υψηλού διαλυμένου αλατισμένου περιεχομένου του, και το δημοτικό απόβλητο νερό είναι ένα οριακό ποιοτικό νερό λόγω των σχετικών κινδύνων υγείας. Από την άποψη της άρδευσης, η χρήση ενός «οριακού» ποιοτικού ύδατος απαιτεί τις πιο σύνθετες πρακτικές διαχείρισης και τις πιο αυστηρές διαδικασίες ελέγχου όταν χρησιμοποιείται νερό καλής ποιότητας.

Η επέκταση των αστικών πληθυσμών και η αυξανόμενη κάλυψη της εσωτερικής παροχής νερού και της αποχέτευσης, δίνουν αφορμή για μεγαλύτερες ποσότητες δημοτικού απόβλητου ύδατος. Με την τρέχουσα έμφαση στα ζητήματα περιβαλλοντικής υγείας και ρύπανσης των υδάτων, υπάρχει μια αυξανόμενη συνειδητοποίηση της ανάγκης να ξεφορτωθούν αυτά τα απόβλητα ύδατα ακίνδυνα και ευεργετικά.

Η χρήση του απόβλητου ύδατος στη γεωργία θα μπορούσε να είναι μια σημαντική εκτίμηση όταν προγραμματίζεται η διάθεσή της στις ξηρές και ημιάγονες περιοχές. Εντούτοις πρέπει να συνειδητοποιηθεί ότι η ποσότητα απόβλητου ύδατος που είναι διαθέσιμη στις περισσότερες χώρες θα αποτελέσει μόνο ένα μικρό μέρος των συνολικών απαιτήσεων ύδατος άρδευσης. Επίσης, η χρήση απόβλητου ύδατος θα οδηγήσει στη συντήρηση του υψηλότερου ύδατος και χρήση για λόγους εκτός από την άρδευση.

Δεδομένου ότι η πρόσθετη δαπάνη ύδατος των εναλλακτικών προμηθειών καλής ποιότητας είναι συνήθως υψηλότερη στις περιοχές που βρίσκονται κοντά σε νερό, θεωρείται αναγκαία η ενσωμάτωση της γεωργικής επαναχρησιμοποίησης στους υδάτινους πόρους και τον προγραμματισμό χρήσης του εδάφους.

Η κατάλληλα προγραμματισμένη χρήση του δημοτικού απόβλητου ύδατος, ανακουφίζει τα προβλήματα ρύπανσης των υδάτων επιφάνειας και όχι μόνο συντηρεί τους πολύτιμους υδάτινους πόρους αλλά και εκμεταλλεύεται τις θρεπτικές ουσίες που περιλαμβάνονται στα λύματα για να αυξηθούν οι συγκομιδές. Η διαθεσιμότητα αυτού του πρόσθετου ύδατος κοντά στα κέντρα πληθυσμών θα αυξήσει την επιλογή των συγκομιδών που οι αγρότες μπορούν να αυξήσουν.

Η περιεκτικότητα σε άζωτο και φώσφορο των λυμάτων μειώνει ή αποβάλλει τις απαιτήσεις για εμπορικά λιπάσματα. Είναι αναγκαίο να εξεταστεί η επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων αποχέτευσης την ίδια στιγμή όπου η συλλογή, η επεξεργασία και η διάθεση απόβλητου ύδατος προγραμματίζεται έτσι ώστε το σχέδιο συστημάτων αποχετεύσεων να μπορεί να είναι βελτιστοποιημένο από άποψη μεθόδου μεταφοράς και επεξεργασίας αποβλήτων αποχέτευσης.

Το κόστος της μετάδοσης των αποβλήτων αποχέτευσης από τις άπρεπες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στο απόμακρο γεωργικό έδαφος είναι συνήθως απαγορευτικό. Επιπλέον, οι τεχνικές επεξεργασίας λυμάτων για την απαλλαγή αποβλήτων αποχέτευσης στα ύδατα επιφάνειας δεν μπορούν πάντα να είναι κατάλληλες για τη γεωργική χρήση των αποβλήτων αποχέτευσης.

Πολλές χώρες έχουν περιλάβει την επαναχρησιμοποίηση απόβλητου ύδατος ως σημαντική διάσταση του προγραμματισμού των υδάτινων

πόρων. Στις ξηρότερες περιοχές της Αυστραλίας και των ΗΠΑ, το απόβλητο νερό χρησιμοποιείται στη γεωργία, απελευθερώνοντας της υψηλής ποιότητας παροχές νερού για πόσιμη χρήση. Μερικές χώρες, παραδείγματος χάριν το Hash mite βασίλειο της Ιορδανίας και το βασίλειο της Σαουδικής Αραβίας, έχουν μια εθνική πολιτική για την επαναχρησιμοποίηση όλων των επεξεργασμένων αποβλήτων αποχέτευσης και έχουν σημειώσει ήδη σημαντική πρόοδο. Στην Κίνα, η χρήση λυμάτων στη γεωργία έχει αναπτυχθεί γρήγορα από το 1958 και τώρα πάνω από 1.33 εκατομμύρια εκτάρια ποτίζονται με τα απόβλητα αποχέτευσης λυμάτων.

Γενικά γίνεται αποδεκτό ότι η χρήση απόβλητου ύδατος στη γεωργία δικαιολογείται για αγρονομικούς και οικονομικούς λόγους αλλά η προσοχή πρέπει να επικεντρωθεί για να ελαχιστοποιηθεί η δυσμενή υγεία και οι περιβαλλοντικές επιδράσεις.

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η επεξεργασία του υγρού αποβλήτου με φυσικά συστήματα διενεργείται με φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, που συμβαίνουν στο οικοσύστημα «γήινοι σχηματισμοί – φυτό - υγρό απόβλητο». Γενικά, τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι ικανά για απομάκρυνση σε ικανοποιητικό βαθμό, όλων σχεδόν των κύριων και δευτερευόντων ρυπαντικών συστατικών των υγρών αποβλήτων.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ανεπεξέργαστων αποβλήτων είναι τα ακόλουθα:

1. στερεά συστατικά
2. οργανικά συστατικά
3. άζωτο
4. φώσφορος
5. παθογόνοι μικροοργανισμοί
6. θερμοκρασία
7. pH και αλκαλικότητα
8. άλλα χαρακτηριστικά

2.1 ΣΤΕΡΕΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Τα ολικά στερεά συστατικά (Total Solids, TS) βρίσκονται αιωρημένα (αιωρούμενα στερεά, Suspended Solids, SS) ή διαλυμένα (διαλυμένα στερεά Dissolved Solids, DS) στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά (ή εξαερώσιμα) στερεά (Volatile Solids,

VS) και ανόργανα (αδρανή, σταθερά ή μη εξαερώσιμα, Non - Volatile ή Fixed Solids, FS) στερεά.

Από άποψη ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος μεγάλη σημασία έχουν τα SS, γιατί κατά τη διοχέυτηση των αποβλήτων σε έναν υδάτινο φορέα συσσωρεύονται στον πυθμένα δημιουργώντας στρώμα λάσπης και ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες για το οικοσύστημα του φορέα. Τα DS προκαλούν τη θολότητα του υδάτινου αποδέκτη.

Στα συστήματα που χαρακτηρίζονται από ροή της εφαρμοζόμενης εκροής στην εδαφική επιφάνεια, όπως σ' αυτά της επιφανειακής ροής, των υγροβιότοπων και των υδροχαρών φυτών, τα αιωρούμενα στερεά, απομακρύνονται μερικώς με καθίζηση, η οποία ευνοείται από τις επικρατούσες μικρές ταχύτητες ροής και το μικρό βάθος νερού και μερικώς με φιλτράρισμα διαμέσου του εδαφικού βιολογικού φίλτρου και φυσικά της φυτικής βλάστησης. Συμπληρωματική απομάκρυνση στερεών συντελείται στην εδαφική διεπιφάνεια.

Αντίθετα στα συστήματα που χαρακτηρίζονται από ροή της εφαρμοζόμενης εκροής υποεπιφανειακά, όπως η βραδεία εφαρμογή, η ταχεία διήθηση κυρίως με φιλτράριμά τους στο έδαφος ή στο υπέδαφος ή σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Σε μερικές όμως περιπτώσεις, όπως στα συστήματα ταχεία διήθησης, η καθίζηση στη διάρκεια εφαρμογής του αποβλήτου μπορεί να είναι σημαντική διεργασία απομάκρυνσης.

Στα συστήματα βραδείας εφαρμογής και ταχείας διήθησης ο κύριος όγκος των στερεών απομακρύνεται πλησίον της εδαφικής επιφάνειας σε πολύ μικρό βάθος του εδάφους. Έτσι, τείνει να μειώνεται η διηθητική ικανότητα του εδάφους και γι' αυτό τέτοια συστήματα θα πρέπει να σχεδιάζονται και να λειτουργούν με κύριο κριτήριο τη διατήρηση της αρχικής ταχύτητας διήθησης του εδάφους.

2.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ

Τα ολικά στερεά προσδιορίζονται ως το υπόλειμμα (σε mg) 1l δείγματος αποβλήτων μετά από εξάτμισή του στους 105° C σε κατάλληλο κλίβανο ξήρανσης.

Τα διαλυμένα στερεά που βρίσκονται σε διαλυμένη ή κολλοειδή μορφή, αποτελούν τα στερεά (σε mg) 1l δείγματος, που διέρχονται από ειδικό χάρτινο φίλτρο και στη συνέχεια εξατμίζονται στους 105° C σε κατάλληλο κλίβανο ξήρανσης.

Τα αιωρούμενα στερεά ορίζονται ως τα mg του δείγματος 1l αποβλήτων, που συγκρατούνται στο ειδικό χάρτινο φίλτρο. Διακρίνονται σε καθιζάνοντα (settle able) και μη καθιζάνοντα. Ως καθιζάνοντα στερεά ορίζονται αυτά που καθιζάνουν σε συνθήκες ηρεμίας, σε ειδικά βαθμονομημένο κώνο μέσα σε διάστημα 1 ώρας και μετρούνται σε ml στερεών ανά 1l δείγματος.

Τα οργανικά εξαερώσιμα στερεά προσδιορίζονται ως το υπόλειμμα (σε mg) 1l δείγματος μετά από θέρμανσή του στους 600 ° C. Τα ανόργανα – μη εξαερώσιμα αδρανή στερεά μένουν ως στάχτη.

2.2 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά των αποβλήτων είναι τα ακόλουθα:

- i. *Πρωτεΐνες*: Είναι μακρομοριακές ασταθείς ενώσεις αποτελούμενες κυρίως από άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο που αποσυντίθενται εύκολα από τους μικροοργανισμούς.
- ii. *Υδατάνθρακες*: Περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Ορισμένοι (ζάχαρες) διασπώνται εύκολα από μικροοργανισμούς, ενώ άλλοι (άμυλο) δυσκολότερα.
- iii. *Λιπίδια*: Αποτελούν συστατικά των τροφών του ανθρώπου. Βρίσκονται και στα νερά των επιφανειακών απορροών από την έκπλυση των δρόμων (λάδια, πετρέλαια κλπ). είναι ενώσεις που αποτελούνται κυρίως από υδρογονάνθρακες, που δεν διαλύονται στην μάζα των αποβλήτων. Τα πιο σημαντικά λιπίδια είναι τα λάδια (υγρά λιπίδια) και τα λίπη (στερεά λιπίδια). Η τυπική σύσταση των αστικών αποβλήτων είναι 40-60% πρωτεΐνες, 25-50% υδρογονάνθρακες και τα 10% λιπίδια.
- iv. *Επιφανειακά ενεργές ουσίες*: Περιέχονται στα αστικά απόβλητα ως συστατικά των απορρυπαντικών, σαπουνιών κλπ Είναι μακρομοριακές ενώσεις διαλυτές στη μάζα των αποβλήτων και δρουν σε διαχωριστική επιφάνεια υγρού – αέρα δημιουργώντας αφρούς. Ορισμένες δεν διασπώνται από μικροοργανισμούς, ενώ άλλες είναι παράλληλα και τοξικές.
- v. *Φαινόλες (C₆H₅OH)*: Περιέχονται σε βιομηχανικά απόβλητα. Δεν διασπώνται από μικροοργανισμούς σε μεγάλες συγκεντρώσεις (>500mg/l).
- vi. *Εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα*: Είναι τοξικές ενώσεις επικίνδυνες για όλες τις μορφές ζωής και καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα με τις απορροές γεωργικών περιοχών.

Από άποψη ρύπανσης του περιβάλλοντος όταν οι οργανικές ουσίες διοχετευτούν σε ένα υδάτινο φορέα, οι μικροοργανισμοί που περιέχονται στα απόβλητα ή στο φορέα τις χρησιμοποιούν ως τροφή καταναλώνοντας παράλληλα το διαλυμένο οξυγόνο του φορέα.

Όταν ο αριθμός κατανάλωσης του διαλυμένου οξυγόνου ξεπεράσει την ικανότητα επανοξυγόνωσης του φορέα και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου γίνει μικρότερη από μια ορισμένη τιμή, ανατρέπεται η ισορροπία του οικοσυστήματος του φορέα με αποτέλεσμα το θάνατο ψαριών και τη δημιουργία σηπτικών συνθηκών.

Εκτός από την μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, που είναι η κύρια επίπτωση της διοχέτευσης οργανικών ουσιών στο περιβάλλον, άλλα προβλήματα είναι η δημιουργία επιφανειακού αντιαισθητικού στρώματος από λιπίδια, ενδεικτικού της ρύπανσης (που παράλληλα δυσκολεύει τη μεταφορά του οξυγόνου και του ηλιακού φωτός στο φορέα), η δημιουργία αφρών από τις επιφανειακά ενεργές ουσίες και ο άμεσος θάνατος οργανισμών από τις τοξικές ουσίες.

Στις διαδικασίες επεξεργασίας, επειδή η απομάκρυνση των οργανικών ουσιών γίνεται κυρίως από μικροοργανισμούς με κάποια βιολογική διαδικασία, προβλήματα μπορεί να προέλθουν από την παρουσία οργανικών ουσιών που διασπώνται δύσκολα ή καθόλου, από την παρουσία τοξικών ουσιών θανατηφόρων για τους μικροοργανισμούς και από την παρουσία λιπιδίων, που εμποδίζουν τη μεταφορά οξυγόνου στους μικροοργανισμούς.

Ιδιαίτερα τα λιπίδια παρά το γεγονός ότι επιπλέουν και μπορούν να απομακρυνθούν εύκολα, δημιουργούν προβλήματα στην μεταφορά των αποβλήτων μέσα από τους αγωγούς καθώς και στη λειτουργία διαφόρων μονάδων επεξεργασίας (π.χ. με τη δημιουργία επιφανειακού στρώματος στις δεξαμενές των ΕΕΑΑ που μειώνει τον ωφέλιμο όγκο τους ή τη λειτουργικότητά τους).

Η αποδομούμενη οργανική ουσία, διαλυμένη ή σε αιώρηση που αποτελεί συστατικό των υγρών αποβλήτων, απομακρύνεται με τη διεργασία της βιολογικής αποδόμησης. Οι μικροοργανισμοί, που διενεργούν βιολογική αποδόμηση, αναπτύσσονται υπό μορφή λεπτών μεμβρανών ή γλοιωδών εκκρίσεων τους στις επιφάνειες των εδαφικών σωματιδίων, της φυτικής βλάστησης ή των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων και προϋποθέτουν την επικράτηση ακόρεστων συνθηκών.

Γενικά, τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας σχεδιάζονται και λειτουργούν συνήθως υπό αερόβιες συνθήκες, με σκοπό να προάγεται η αποδόμηση με αερόβιους μικροοργανισμούς, που είναι

πιο ταχεία και πλήρης διεργασία, σε σύγκριση με την αναερόβια αποδόμηση. Έτσι, περιορίζεται, επίσης, το δυναμικό ανεπιθύμητων οσμών που προξενεί η αναερόβια υποδόμηση.

Μια εξαίρεση, βέβαια, στην επικράτηση αερόβιων συνθηκών αποτελούν τα συστήματα που σχεδιάζονται με σκοπό τη μεγιστοποίηση της απομάκρυνσης του αζώτου με απονιτροποίηση. Σε τέτοια συστήματα θα πρέπει να ευνοούνται περιοδικά και τοπικά ανοξικές συνθήκες, με σκοπό την επιτάχυνση της διεργασίας της απονιτροποίησης. Η ικανότητα των φυσικών συστημάτων για αερόβια αποδόμηση οργανικής ουσίας περιορίζεται, όταν το οξυγόνο προέρχεται κατευθείαν από την ατμόσφαιρα. Γι' αυτό τα συστήματα αυτά πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε, η ταχύτητα εφαρμογής του φορτίου BOD να είναι μικρότερη από την εκτιμώμενη ταχύτητα μεταφοράς οξυγόνου προς το σύστημα.

Συστατικό	Τύπος υγρού αποβλήτου			
	Δυνατό	Ενδιάμεσο	Αδύνατο	U.S. Μέσος όρος
BOD - 5η μέρα και 20°C	400	220	110	181
TOC	290	160	80	102
COD	1000	500	250	417
Στερεά, ολικά	—	—	—	
Διαλυμένα	1200	720	350	
στερεά	850	500	250	
εξαχνούμενα	525	300	145	
Αιωρούμενα	350	220	100	192
στερεά	75	55	20	
εξαχνούμενα	275	165	80	
Καθιζάνοντα (cm ³ /L)	20	10	5	
Άζωτο, ολικό	85	40	20	34
οργανικό	35	15	8	13
NH ₃ -N	50	25	12	20
NO ₂ -N	0	0	0	
NO ₃ -N	0	0	0	0,6
Φωσφόρος, ολικός	15	8	4	9,4
οργανικός	5	3	1	2,6
ανόργανος	10	5	3	6,8
Λίπη - έλαια	150	100	50	
Χλωριόντα	100	50	30	
Βόριο				0,7-1,7 ^a
Διαλυτό Na (%)				50-70 ^b
EC (dS/m)				2,0-3,0 ^b
SAR				3-9 ^b
Σκληρότητα (CaCO ₃)				200-300 ^b
Αλκαλικότητα (CaCO ₃)	200	100	50	211
Ολικά κολοβακτηριοειδή σε MPN/100 cm ³	> 100.000	20-50.000	5000	22 × 10 ⁶
Κοπρώδη κολοβακτηριοειδή σε MPN/100 cm ³				8 × 10 ⁶
Ιοί σε PFU/100 cm ³				3,6

^a Όλες οι μονάδες εκφράζονται σε mg/L εκτός όπου αναφέρονται διαφορετικές.
^b Από επιλεγμένες μονάδες στην California (διακείμενη πέντε μονάδων).

Πίνακας 1: Τυπική σύνθεση αστικών υγρών αποβλήτων

2.2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ

Η μέτρηση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων είναι πρακτικά αδύνατη λόγω της πολύπλοκης σύστασή τους. Έτσι ως μέτρο των οργανικών συστατικών, αλλά και γενικότερα του ρυπαντικού φορτίου τους, χρησιμοποιείται η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για να οξειδώσει πλήρως τα οργανικά συστατικά τους, που εκφράζεται συνήθως ως BOD ή COD.

- Βιομηχανικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand – BOD):

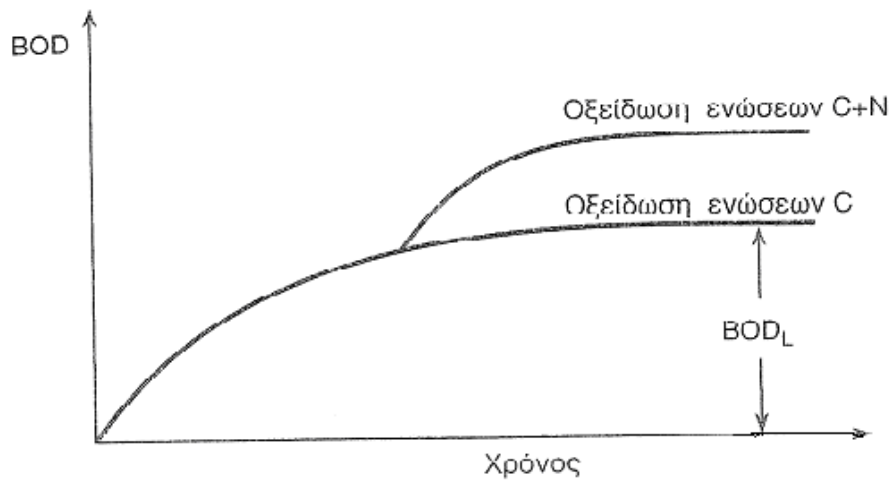
Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων από μικροοργανισμούς (μ /ο) σε αερόβιες συνθήκες. Η οξείδωση αυτή δίνεται παραστατικά από την αντίδραση:



Η διαδικασία αυτή είναι σχετικά αργή και ολοκληρώνεται πρακτικά (οξείδωση σε τελικά προϊόντα 95-99%) σε 20 ημέρες, οπότε το προσδιοριζόμενο απαιτούμενο οξυγόνο καλείται τελικό BOD (BOD_L). Στη συνηθισμένη πρακτική έχει επικρατήσει ο προσδιορισμός του BOD στις 5 ημέρες (BOD_5), μέσα στις οποίες οξειδώνονται οι απλές οργανικές ουσίες που αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό 60-70% των συνολικών οργανικών ουσιών.

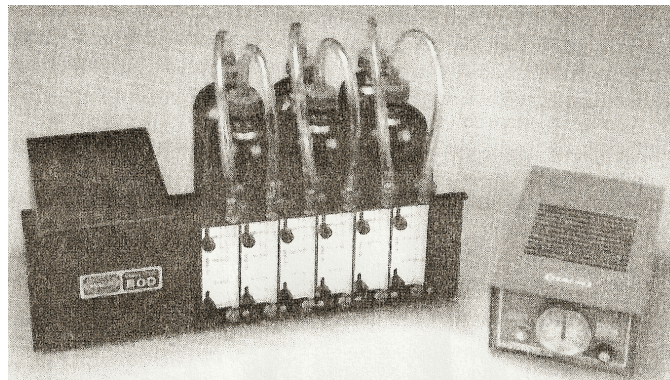
Τα απόβλητα περιέχουν και οργανικά αμμωνιακά συστατικά που οξειδώνονται σε νιτρώδη και νιτρικά από ειδικά νιτροποιητικά βακτηρίδια με σχετικά αργό ρυθμό. Η οξείδωση αυτή (νιτροποίηση) αρχίζει να γίνεται σημαντική μετά από 8-12 ημέρες, όταν τα νιτροποιητικά βακτηρίδια έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλους σχετικά αριθμούς.

Το BOD που εκφράζει την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την αερόβια βιολογική οξείδωση των αμμωνιακών οργανικών συστατικών λέγεται BOD δευτέρου σταδίου και παρουσιάζεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: Καμπύλη μεταβολής του BOD

Ο πειραματικός προσδιορισμός του BOD γίνεται με την τοποθέτηση δείγματος αποβλήτων σε ειδικές φιάλες μέσα σε ειδική συσκευή όπως φαίνεται στο σχήμα 2, κάτω από κατάλληλες συνθήκες και τη μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου που καταναλώνεται σε ορισμένα χρονικά διαστήματα.



Σχήμα 2: Μονομετρική συσκευή άμεσης ανάγνωσης BOD με θερμορυθμιστή (Hatch)

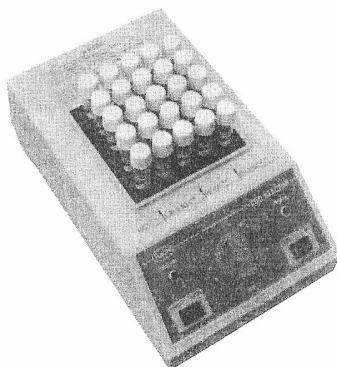
Με τη μέτρηση του BOD σε διάφορα χρονικά διαστήματα είναι δυνατός ο προσδιορισμός του ρυθμού κατανάλωσης των οργανικών ουσιών, αλλά και του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς, κάτι που δεν μπορεί να γίνει με τις άλλες παραμέτρους μέτρησης των οργανικών συστατικών των αποβλήτων.

Η πειραματική διαδικασία προσδιορισμού του BOD είναι σχετικά απλή, αλλά χρονοβόρα, και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται δεν είναι αντιπροσωπευτικές της πραγματικότητας (διαφορετικό περιβάλλον, διαφορετικά είδη μικροοργανισμών κλπ).

- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand - COD):

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό από ισχυρό οξειδωτικό μέσο (διχρωμικό κάλιο) και σε όξινες συνθήκες.

Κατά τον προσδιορισμό του COD που γίνεται σε ειδική συσκευή όπως φαίνεται στο σχήμα 3, οξειδώνονται όλες οι οργανικές ουσίες, ανεξάρτητα από το αν είναι βιολογικά διασπάσιμες ή όχι. Έτσι οι βιολογικά διασπάσιμες οργανικές ουσίες καθώς και ο ρυθμός βιολογικής διάσπασής τους δεν προσδιορίζονται από το COD.



Σχήμα 3: Αντιδραστήρας με έτοιμα φιαλίδια αντιδραστήρων COD (Hatch)

Το βασικό πλεονέκτημα του COD είναι ο σχετικά γρήγορος προσδιορισμός του (περίπου 3 ώρες), που επιτρέπει και την ανάλογα γρήγορη χρήση των σχετικών πληροφοριών. Έτσι, όταν υπάρχει δυνατότητα συσχέτισης του COD με το BOD, το COD μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παράμετρος ελέγχου της λειτουργίας μιας ΕΕΑΑ. Επίσης, με την συσχέτιση COD και BOD διαπιστώνεται η ύπαρξη τοξικών και δύσκολα βιοδιασπάσιμων οργανικών ουσιών στα απόβλητα.

2.3 ΑΖΩΤΟ

2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Γενικά, ανάλογες διεργασίες με αυτές των οργανικών ουσιών συμβαίνουν και στην περίπτωση αζωτούχων ειδών, στο περιβάλλον έδαφος- νερό. Η μετατροπή και απομάκρυνση του αζώτου σε ένα φυσικό σύστημα περιλαμβάνει πολύπλοκες διεργασίες και αντιδράσεις.

Οι μηχανισμοί, που αφορούν την απομάκρυνση του αζώτου από υγρά απόβλητα, εξαρτώνται από τα παρόντα είδη του αζώτου. Συνήθως, η επικρατέστερη μορφή αζώτου είναι το οργανικό και το αμμωνιακό άζωτο, εκτός από την περίπτωση που τα υγρά απόβλητα έχουν υποστεί νιτροποίηση, κατά τη διάρκεια τριτοβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας τους.

Το άζωτο είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ζώντων οργανισμών και περιέχεται στα αστικά απόβλητα στις παρακάτω μορφές:

- *Οργανικό άζωτο* (πρωτεΐνες, ουρία και αμινοξέα) :
Το οργανικό άζωτο που περιέχεται στα αιωρούμενα στερεά των υγρών αποβλήτων, απομακρύνεται σε μεγάλο ποσοστό με καθίζηση και φιλτράρισμα. Επίσης, το οργανικό άζωτο, υπό τη μορφή στερεών συστατικών του αποβλήτου, που συνήθως περιέχεται σε πολύπλοκες, μεγαλομοριακές οργανικές ενώσεις, όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λιγνίνη, μπορεί να ενσωματώνεται κατευθείαν στην οργανική μάζα ή στο χώμα του εδάφους. Ένα ποσοστό του οργανικού αζώτου υδρολύεται σε διαλυτά αμινοξέα και μπορεί να υποστεί περαιτέρω διάσπαση κατά την οποία ελευθερώνεται ιονισμένο αμμώνιο (NH_4^+).
- *Αμμωνιακό άζωτο* (αμμωνιακά άλατα ή αμμωνία) :
Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να ακολουθεί διάφορες δίοδους απομάκρυνσής του στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας. Η διαλυμένη αμμωνία μπορεί να απομακρυνθεί με εξάχνωσή της, ως αέριος αμμωνία, κατ' ευθείαν στην ατμόσφαιρα. Το ποσοστό απομάκρυνσης με αυτή τη δίοδο είναι σχετικά μικρό (<10%), εκτός από την περίπτωση που χρησιμοποιούνται δεξαμενές σταθεροποίησης, όπου επικρατούν συνθήκες μακρόχρονης κράτησης και υψηλού pH, που είναι ευνοϊκές για την εξάχνωση της αμμωνίας.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του εισερχόμενου και/ ή παραγόμενου, σε ένα φυσικό σύστημα, αμμωνίου προσροφάται προσωρινά διαμέσου αντιδράσεων εναλλαγής ιόντων σε εδαφικά οργανικά

και αργιλικά σωματίδια. Το προσροφημένο αμμώνιο είναι διαθέσιμο για πρόσληψή του από τα φυτά και/ ή μικροοργανισμούς ή για μετατροπή του σε νιτρικό άζωτο, διαμέσου της βιολογικής νιτροποίησης.

Επειδή το δυναμικό προσρόφησης του αμμωνίου σε φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι πεπερασμένο, είναι απαραίτητη η νιτροποίησή του για περαιτέρω απελευθέρωσή του και αναγέννηση νέων περιοχών προσρόφησης. Αυτός ο κύκλος προσρόφησης – απόδοσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός στα συστήματα επιφανειακής ροής, όπου η προσρόφηση περιορίζεται στη κεκλιμένη επιφάνεια ροής του υγρού αποβλήτου και επομένως το δυναμικό προσρόφησης είναι περιορισμένο.

Ως προϊόν οξείδωσης των προηγούμενων μορφών το άζωτο μπορεί να υπάρχει ως νιτρικά και νιτρώδη.

- *Νιτρικό Άζωτο :*

Το νιτρικό άζωτο φέρει αρνητικό φορτίο, δεν συγκρατείται με αντιδράσεις εναλλαγής και συνήθως παραμένει σε διάλυση και μεταφέρεται με τη ροή του νερού. Έτσι, όταν δεν απομακρύνεται με πρόσληψή του από φυτά ή απονιτροποίησή του καταλήγει στους υποκείμενους υπόγειους υδροφορείς. Σε συστήματα, με σημαντική κατείσδυση νερού, όπως αυτά της βραδείας, της ταχείας διήθησης και της διάθεσης – εφαρμογής ιλύος, η μεταφορά νιτρικού αζώτου με το νερό κατείσδυσης, μπορεί να καταστεί επικίνδυνη για τη δημόσια υγεία.

Γι' αυτό, τα συστήματα αυτά θα πρέπει να σχεδιάζονται και να λειτουργούν έτσι, ώστε να επιτυγχάνεται ο αναγκαίος βαθμός απομάκρυνσης νιτρικών από την εκροή κατείσδυσης για ασφαλή προστασία των υπόγειων υδροφορέων. Όπως έχει προαναφερθεί, το νιτρικό άζωτο προσλαμβάνεται από τα φυτά, αλλά η απομάκρυνσή του με αυτή τη διεργασία συμβαίνει μόνο στην περιοχή ανάπτυξης των ριζών και την περίοδο ενεργού φυτικής βλάστησης.

Η κύρια απομάκρυνση με αυτή τη διεργασία, επιτυγχάνεται ουσιαστικά με τη συγκομιδή και απομάκρυνση από το σύστημα σημαντικού ποσοστού της παραγόμενης φυτικής βλάστησης. Αντίθετα, όταν η φυτική βλάστηση παραμένει στο σύστημα, το άζωτο που περιέχεται σ' αυτήν επανεισάγεται στο σύστημα ως οργανικό άζωτο. Ο κύριος διεργασιακός μηχανισμός απομάκρυνσης αζώτου από τα συστήματα βραδείας εφαρμογής είναι η πρόσληψη και η περιοδική συγκομιδή και απομάκρυνση της φυτικής βλάστησης.

Οι κύριες μετατροπές που υφίστανται οι παραπάνω μορφές αζώτου κατά τη διοχέτευσή τους σε κάποιο υδάτινο φορέα ή στις μονάδες μιας ΕΕΑΑ είναι οι παρακάτω:

- i. Μετατροπή του οργανικού αζώτου σε αμμωνιακό από αερόβια ή αναερόβια βακτηρίδια.
- ii. Οξειδωση του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρώδη από ειδικά αερόβια – νιτροποιητικά βακτηρίδια (Nitrosomonas).
- iii. Περαιτέρω οξειδωση των νιτρωδών σε νιτρικά από ειδικά αερόβια – νιτροποιητικά βακτηρίδια (Nitrobacter).
- iv. Αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και τελικά σε αέριο άζωτο από αερόβια – αναερόβια βακτηρίδια. Η αναγωγή γίνεται κυρίως σε αέριο άζωτο σε αναερόβιες συνθήκες και σε μικρό ποσοστό σε αμμωνία.

Οι μετατροπές (ii) και (iii) αποτελούν τη νιτροποίηση και η (iv) την απονιτροποίηση.

Από άποψη επίδρασης στο περιβάλλον η διοχέτευση αποβλήτων που περιέχουν αμμωνιακό άζωτο σε ένα υδάτινο φορέα δημιουργεί απαίτηση οξυγόνου για την οξειδωσή του σε νιτρώδη και νιτρικά. Επίσης η αμμωνία είναι τοξική στα ψάρια, ενώ τα νιτρικά, χρησιμοποιούνται από τα φύκια και διάφορα υδρόβια φυτά του φορέα για την ανάπτυξή τους.

Έτσι μεγάλες συγκεντρώσεις αζώτου σε υδάτινους φορείς, σε συνδυασμό με την παρουσία φωσφόρου, μπορεί να οδηγήσουν σε κατάσταση που ευνοεί την υπερβολική ανάπτυξη των φυκιών και των διαφόρων υδρόβιων φυτών (ευτροφισμός), με αποτέλεσμα την έμφραξη του φορέα (π.χ. σε ποταμό), την εμφάνιση επιπλεόντων, την αύξηση της θολότητας, την αδυναμία χρήσης του νερού για ύδρευση, τη συσσώρευση φυκιών στις ακτές, τη δημιουργία αισθητικών προβλημάτων κλπ.

Στις διαδικασίες επεξεργασίας το άζωτο έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί μια από τις κυριότερες θρεπτικές ουσίες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται στις βιολογικές διαδικασίες. Γενικά, στα αστικά απόβλητα το άζωτο βρίσκεται σε επαρκείς ποσότητες. Σε ορισμένες μονάδες βιολογικής επεξεργασίας όπου οι συνθήκες ευνοούν τη μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά με την ταυτόχρονη κατανάλωση οξυγόνου (νιτροποίηση) πρέπει να εξασφαλίζεται και η παροχή αυτής της ποσότητας οξυγόνου, επιπλέον αυτής που είναι απαραίτητη για την οξειδωση των οργανικών ουσιών (BOD).

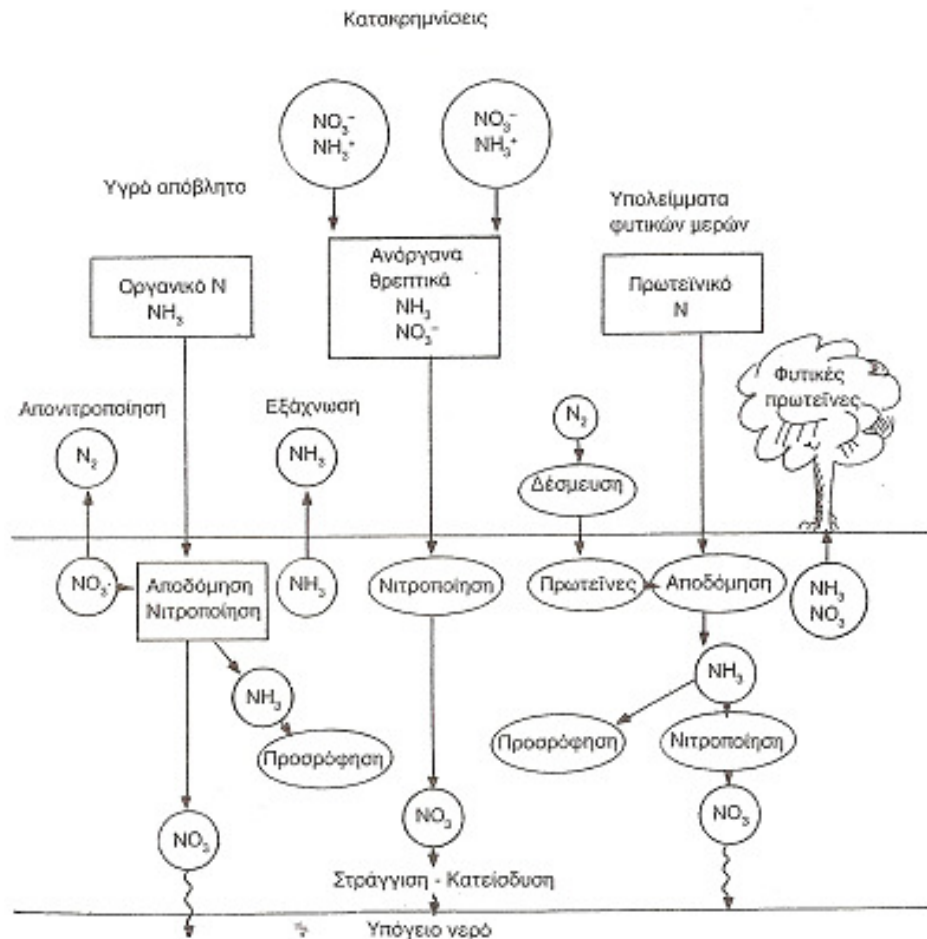
Σε αντίθετη περίπτωση καταναλώνεται το οξυγόνο για τη νιτροποίηση με αποτέλεσμα να μην επαρκεί για την απαιτούμενη

απομάκρυνση των οργανικών ουσιών. Στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, όπου οι συνθήκες μπορεί να ευνοούν τη διαδικασία της απονιτροποίησης, δημιουργείται πρόβλημα ανύψωσης των στερεών που προσκολλούνται στο αέριο άζωτο που απελευθερώνεται (ανύψωση λάσπης). Στη διαδικασία της χλωρίωσης η παρουσία αμμωνίας οδηγεί στο σχηματισμό χλωραμινών που μειώνουν την απόδοση της χλωρίωσης, αλλά και τη συγκέντρωση της αμμωνίας στην εκροή.

Η απομάκρυνση του αζώτου σε μια ΕΕΑΑ γίνεται συνήθως με τις διαδικασίες της νιτροποίησης και της απονιτροποίησης. Το νιτρικό άζωτο απομακρύνεται, από τα φυσικά συστήματα με τη διεργασία της βιολογικής απονιτροποίησης και στη συνέχεια τη διάχυσή του στην ατμόσφαιρα, κυρίως ως οξείδιο του αζώτου ή ελεύθερο αζώτο. Επίσης, είναι δυνατή η διάλυση αερίων ειδών αζώτου στο εδαφικό νερό. Η βιολογική απονιτροποίηση αποτελεί τον κύριο διεργασιακό μηχανισμό απομάκρυνσης αζώτου με τα συστήματα ταχείας διήθησης, επιφανειακής ροής και υδροχαρών φυτών.

Η απονιτροποίηση διενεργείται με επαμφοτερίζοντα βακτήρια υπό ανοξικές συνθήκες. Γι' αυτή τη διεργασία δεν είναι απαραίτητο να επικρατούν ανοξικές συνθήκες σε ολόκληρο το σύστημα. Έτσι, απονιτροποίηση είναι δυνατόν να συμβαίνει σε ανοξικές μικροπεριοχές, παρακείμενες σε ευρύτερες αερόβιες περιοχές. Για μεγιστοποίηση, όμως, της απονιτροποίησης θα πρέπει να βελτιστοποιούνται οι απαιτούμενες συνθήκες γι' αυτή τη διεργασία. Για την ολοκλήρωση της βιολογικής απονιτροποίησης, εντός των ανοξικών συνθηκών, απαιτείται και μια αυξημένη αναλογία άνθρακα / αζώτου.

Μια αναλογία άνθρακα / αζώτου τουλάχιστον 2:1 είναι απαραίτητη για την ολοκλήρωση της διεργασίας απονιτροποίησης. Βιομάζα από τη φυτική βλάστηση ορισμένων συστημάτων, όπως αυτά των υδροχαρών φυτών, μπορεί να αποτελέσει μερική πηγή άνθρακα. Σε συστήματα, όμως, με υψηλά φορτία, όπως συνήθως σε αυτά της ταχείας διήθησης και της επιφανειακής ροής, η πηγή άνθρακα θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στο εφαρμοσμένο υγρό απόβλητο. Έτσι, σε φυσικά συστήματα με εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, που έχουν συνήθως αναλογία άνθρακα / αζώτου <1, δεν μπορεί να μεγιστοποιηθεί η απομάκρυνση αζώτου, χωρίς να ληφθούν συμπληρωματικά μέτρα.



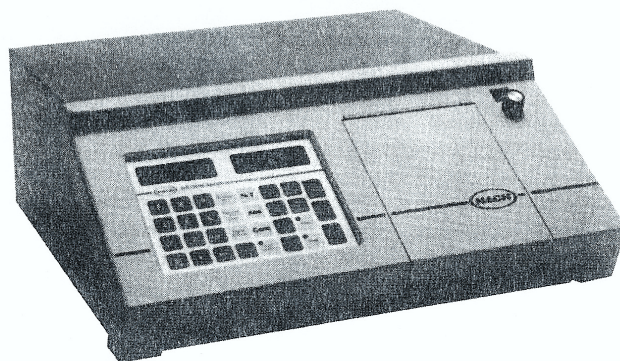
Σχήμα 4: Μετατροπές αζώτου σε φυσικά συστήματα επεξεργασίας

2.3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ

Το άζωτο εκφράζεται συνήθως ως οργανικό άζωτο (N_{org}), ως ολικό άζωτο (ολικό N ή TKN) και ως νιτρικά ($NO_3 - N$) ή νιτρώδη ($NO_2 - N$).

Το ολικό άζωτο που αποτελεί το άθροισμα του οργανικού αζώτου (N_{org}) και της αμμωνίας προσδιορίζεται με τη μέθοδο Kjeldahl, σε ειδικά φασματοφωτόμετρα όπως φαίνεται στο σχήμα 5.

Το αμμωνιακό άζωτο, τα νιτρικά και νιτρώδη προσδιορίζονται οπτικά σε ειδικά φασματοφωτόμετρα, σε χρωματομέτρα, με ειδικά τεστ κίτ ή και ηλεκτροχημικά (μόνο τα νιτρικά και το αμμωνιακό άζωτο). Το οργανικό άζωτο υπολογίζεται με αφαίρεση του αμμωνιακού αζώτου από το ολικό άζωτο.



Σχήμα 5: Φασματόμετρο (Hatch)

2.4 ΦΩΣΦΟΡΟΣ

2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ζώντων οργανισμών και περιέχεται στα απόβλητα στις παρακάτω μορφές:

- *Ανόργανος φώσφορος*, κυρίως ως ορθοφωσφορικά (PO_4^{-3} , HPO_4^{-3} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$) ή και ως πολυφωσφορικά (π.χ. $\text{P}_3\text{O}_{10}^{-5}$, $\text{P}_2\text{O}_7^{-4}$).
- *Οργανικός φώσφορος*, σε μικρότερες ποσότητες από ότι ο οργανικός.

Τα πολυφωσφορικά σε υδατικό διάλυμα υδρολύονται σε ορθοφωσφορικά που μπορούν να καταναλωθούν απευθείας από διάφορους μικροοργανισμούς. Η διοχέτευση αποβλήτων που περιέχουν φώσφορο σε ένα υδάτινο φορέα ευνοεί, σε συνδυασμό με την παρουσία αζώτου, το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Σημειώνεται ότι συχνά ο φώσφορος είναι ο καθοριστικός παράγοντας του φαινομένου του ευτροφισμού και έτσι η απομάκρυνσή του από τα απόβλητα έχει αποκτήσει μεγάλη σημασία, ιδίως λόγω της αυξανόμενης χρήσης του στην παραγωγή απορρυπαντικών.

Στις διαδικασίες επεξεργασίας ο φώσφορος είναι απαραίτητος στους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στις βιολογικές διαδικασίες. Στα αστικά απόβλητα βρίσκεται σε επαρκείς ποσότητες. Στις βιολογικές διαδικασίες τα πολυφωσφορικά μετατρέπονται σε ορθοφωσφορικά και έτσι η εκροή των ΕΕΑA περιέχει κυρίως ορθοφωσφορικά, σε ποσοστό περίπου 80%.

Οι κύριοι διεργασιακοί μηχανισμοί απομάκρυνσης του φωσφόρου σε φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι η χημική κατακρήμνιση και η προσρόφηση. Μικρότερες ποσότητες φωσφόρου είναι δυνατόν να απομακρυνθούν με πρόσληψή του από τα φυτά. Χημική κατακρήμνιση φωσφόρου με ασβέστιο (σε ουδέτερο προς αλκαλικό pH) και σίδηρο ή αλουμίνιο (σε όξινο pH) μπορεί να επιτυγχάνεται σε μικρότερες ποσότητες. Γενικά, η χημική κατακρήμνιση θεωρείται μια σημαντική διεργασία απομάκρυνσης του φωσφόρου.

Η προσρόφηση του φωσφόρου είναι σχετικά ισχυρή και ανθίσταται στη μεταφορά του φωσφόρου με ροή του νερού κατείσδυσης. Παρ' όλο που το δυναμικό προσρόφησης του φωσφόρου είναι πεπερασμένο, αυτό θεωρείται σχετικά υψηλό ακόμη και σε αμμώδη εδάφη. Έτσι, σε ένα έργο ταχείας εφαρμογής ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων, στο Calumet του Michigan, μετά από 88 έτη λειτουργίας του, η συγκέντρωση του φωσφόρου στον υποκείμενο υπόγειο υδροφόρο παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, 0,1 έως 0,4 mg/L. Σε μακροχρόνια, όμως, εφαρμογή δημιουργεί αύξηση του διαλυμένου φωσφόρου στο επιφανειακό έδαφος (0,3m), που οφείλεται στην επικράτηση κορεσμένων συνθηκών στη ζώνη προσρόφησης.

Ο επιταχυνόμενος βαθμός απομάκρυνσης του φωσφόρου, με ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας, εξαρτάται από τον αντίστοιχο βαθμό επαφής του αποβλήτου με τη στερεά μάζα του εδάφους. Έτσι, τα συστήματα που χαρακτηρίζονται από ροή του εφαρμοσμένου υγρού αποβλήτου στην επιφάνεια του εδάφους, όπως αυτά της επιφανειακής ροής και των υδροχαρών φυτών, έχουν περιορισμένο δυναμικό απομάκρυνσης του φωσφόρου.

Ο φώσφορος εκφράζεται ως ολικός φώσφορος (οργανικός και ανόργανος) και ως ανόργανος φώσφορος (ορθοφωσφορικά και πολυφωσφορικά).

2.4.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ

Ο προσδιορισμός των διαφόρων μορφών του φωσφόρου γίνεται σε ειδικά φασματόμετρα, σε χρωματόμετρα ή και με ειδικά τεστ – κίτ.

2.5 ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

2.5.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί περιέχονται στα αστικά απόβλητα ως προϊόντα αποβολών ασθενών ή φορέων ασθενειών και μπορούν να μεταφέρουν και να προκαλέσουν ασθένειες μέσω του νερού στον άνθρωπο, όπως χολέρα, δυσεντερία, τυφοειδή πυρετό, ηπατίτιδα κλπ.

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι κυρίως βακτηρίδια, αλλά και πρωτόζωα και ιοί. Επειδή βρίσκονται στους υδάτινους φορείς σε μικρές συγκεντρώσεις και σε μεγάλη ποικιλία ειδών, η ανίχνευση και ο ποσοτικός προσδιορισμός του κάθε είδους τους είναι πρακτικά αδύνατος. Έτσι, αντί για προσδιορισμό κάθε είδους παθογόνων μικροοργανισμών γίνεται ο προσδιορισμός ενδεικτικών μικροοργανισμών, που η παρουσία τους στο νερό σημαίνει και την πιθανή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών.

Οι μηχανισμοί απομάκρυνσης των βακτηρίων και παρασίτων, όπως πρωτόζωα και έλμινθοι, που είναι συνήθη στα περισσότερα συστήματα επεξεργασίας, περιλαμβάνουν καθίζηση, προσρόφηση, ακτινοβολία, ξήρανση, εμπλοκή, ανταγωνιστικές αντιδράσεις, φυσική φθορά και γενικά έκθεσής τους σε διάφορες αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι ιοί απομακρύνονται μόνο με φυσική φθορά και καταστροφή τους.

Σε συστήματα βραδείας εφαρμογής και ταχείας διήθησης, που χαρακτηρίζονται από ροή του υγρού αποβλήτου δια μέσου του εδαφικού προφίλ, η απομάκρυνση των μικροοργανισμών θεωρείται σχεδόν πλήρης. Σε αμμοπηλώδη έως και αργιλοπηλώδη εδάφη, που συνήθως χρησιμοποιούνται σε συστήματα βραδείας εφαρμογής, πλήρης απομάκρυνση μικροοργανισμών επιτυγχάνεται κατά τη μεταφορά της εκροής του εφαρμοζόμενου αποβλήτου σε βάθος τουλάχιστον 1,5m. Μεγαλύτερες αποστάσεις μεταφοράς απαιτούνται για υψηλότερα ποσοστά απομάκρυνσης με τα συστήματα ταχείας διήθησης, στα οποία η απόσταση μεταφοράς εξαρτάται, κυρίως, από το υδραυλικό φορτίο μεταφοράς και την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους.

Στους υπόλοιπους τύπους φυσικών συστημάτων επεξεργασίας παρατηρούνται διαφοροποιημένα ποσοστά απομάκρυνσης μικροοργανισμών, αλλά γενικά όχι σε τέτοιο βαθμό που να μην απαιτείται συμπληρωματική απολύμανση των λαμβανόμενων από αυτά τελικών εκροών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που επιδιώκεται η επαναχρησιμοποίησή τους.

2.5.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Ως ενδεικτικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται τα κολοβακτηρίδια, που βρίσκονται σε μεγάλους αριθμούς στα έντερα του ανθρώπου (100–400x10⁹/κατ d) και των θερμόαιμων ζώων. Τα δύο βασικά είδη κολοβακτηριδίων είναι τα *Escherichia Coli* (E-Coli) και τα *Enterobacter Aerogenes*. Τα E-Coli περιέχονται στα περιττώματα και η παρουσία τους στο νερό δείχνει ανεπιφύλακτα ότι υπάρχει μόλυνση από περιττώματα. Τα *Enterobacter Aerogenes* αν και υπάρχουν στα περιττώματα, ζουν συνήθως στο έδαφος και στο νερό και έτσι η παρουσία τους δεν αποτελεί σαφή ένδειξη περιπτωματικής μόλυνσης.

Ο προσδιορισμός του πλήθους των E-Coli είναι εξαιρετικά δύσκολος γιατί είναι δύσκολος ο διαχωρισμός των E-Coli από τα κολοβακτηρίδια που ζουν στο έδαφος. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό της παθογένειας των νερών κυρίως το σύνολο των κολοβακτηριδίων (Total Coliforms, TC), τα κολοβακτηρίδια περιπτωματικής προέλευσης (Fecal Coliforms, FC) ή και άλλοι δείκτες.

Ο προσδιορισμός του πλήθους των FC και TC γίνεται με τεχνικές των πολλαπλών διαλύσεων και του φίλτρου μεμβράνης. Ο αριθμός των FC και TC προκύπτει με στατιστική μέθοδο, καλείται *Πιθανότατος Αριθμός Κολοβακτηριδίων* (*Most Probable Number, MPN*) και εκφράζεται ως αριθμός ανά 100 ml δείγματος (MPN/ml).

2.6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι ένας σημαντικός παράγοντας του βιολογικού και χημικού χαρακτήρα τους. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει γρηγορότερη ανάπτυξη των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια επιτάχυνση των βιοχημικών αντιδράσεων. Παράλληλα, επιφέρει και μείωση του βαθμού διαλυτότητας των αερίων (π.χ. του διαλυμένου οξυγόνου) στη μάζα των αποβλήτων.

Η υψηλή θερμοκρασία είναι ευεργετική σε πολλές διεργασίες επεξεργασίας (καθίζηση, βιολογική επεξεργασία, απολύμανση κλπ), αλλά παράλληλα μπορεί να δημιουργήσει και προβλήματα, όπως π.χ. μειωμένη διαλυτότητα του οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού, ταχύτερη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών κ.α.

Από άποψη ρύπανσης του περιβάλλοντος η διοχέτευση θερμών απόβλητων σε ένα υδάτινο φορέα οδηγεί σε σοβαρή μείωση του

διαλυμένου οξυγόνου του φορέα (τόσο λόγω της μειωμένης διαλυτότητας του οξυγόνου σε υψηλές θερμοκρασίες, όσο και λόγω του αυξημένου ρυθμού κατανάλωσής του στις βιολογικές διεργασίες), αλλά και επιδρά αρνητικά στο οικοσύστημα του φορέα (θάνατος οργανισμών, ανάπτυξη ανεπιθύμητων οργανισμών).

Η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι γενικά μεγαλύτερη από εκείνη του πόσιμου νερού γιατί επηρεάζεται από τα θερμά απόβλητα κατοικιών, βιομηχανιών κλπ .

2.7 ΡΗ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ

Το pH είναι πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των αποβλήτων, από το οποίο εξαρτάται ένα πλήθος φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών που πραγματοποιούνται στο υδάτινο περιβάλλον. Οι αυξομειώσεις του μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τις διεργασίες αυτές δημιουργώντας ανεπιθύμητες καταστάσεις.

Το pH επηρεάζει σχεδόν όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας (βιολογική επεξεργασία, απολύμανση, επεξεργασία λάσπης κλπ) και μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα φθοράς (διάβρωσης) σε αγωγούς, μηχανολογικό εξοπλισμό κλπ. Επειδή πολλές διαδικασίες απαιτούν συγκεκριμένες τιμές pH για τη βέλτιστη απόδοσή τους κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχός του.

Η αλκαλικότητα οφείλεται στην παρουσία ιόντων HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- που βρίσκονται ενωμένα με τα Ca, Mg, Na ή K. Η παρουσία των παραπάνω ιόντων στα αστικά απόβλητα οφείλεται στο πόσιμο νερό καθώς και στις εισροές στο αποχετευτικό σύστημα

Η αλκαλικότητα των αποβλήτων είναι σημαντική παράμετρος γιατί ρυθμίζει το pH των αποβλήτων και κατά συνέπεια επηρεάζει διάφορες διεργασίες επεξεργασίας. Η αλκαλικότητα εκφράζεται συνήθως ως mg/l CaCO_3 .

2.8 ΆΛΛΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Άλλα χαρακτηριστικά που έχουν σημασία για μια ΕΕΑΑ είναι τα ακόλουθα:

1. Χλωριούχα
2. Θείο
3. Βαριά μέταλλα

2.8.1 ΧΛΩΡΙΟΥΧΑ

Περιέχονται στα αστικά απόβλητα από το πόσιμο νερό και τα ανθρώπινα απόβλητα (περίπου 6 gr/κατ), αλλά και σε ορισμένα βιοχημικά απόβλητα.

Η διοχέτευσή τους σε ένα υδάτινο φορέα οδηγεί στην ένωσή τους με ορισμένα οργανικά συστατικά. Το προϊόν της αντίδρασης αυτής είναι τοξικές ενώσεις που έχουν μακροπρόθεσμα αρνητικά αποτελέσματα στην ποιότητα των νερών του φορέα. Η παρουσία τους σε μεγάλες συγκεντρώσεις, και όταν το νερό του φορέα χρησιμοποιείται για ύδρευση, δίνει στο νερό υφάλμυρη γεύση.

Στις διαδικασίες επεξεργασίας η κύρια επίδραση της παρουσίας των χλωριούχων στα απόβλητα είναι η μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου. Επηρεάζουν επίσης τον προσδιορισμό του COD.

2.8.2 ΘΕΙΟ

Το θείο είναι βασικό συστατικό των ζώντων οργανισμών και βρίσκεται στα αστικά απόβλητα σε διάφορες μορφές. Η σημαντικότερη από τις ενώσεις του θείου είναι τα θειϊκά, γιατί η παρουσία τους στα απόβλητα δημιουργεί προβλήματα που οφείλονται στον σχηματισμό υδρόθειου και θειϊκού οξέος. Σε αναερόβιες συνθήκες τα θειϊκά ανάγονται σε θειούχα και στη συνέχεια σε υδρόθειο και θειϊκό οξύ από ειδικά βακτηρίδια.

Βασικό πρόβλημα που δημιουργεί η παρουσία του υδρόθειου είναι η έκλυση δυσάρεστων οσμών, που είναι δυνατόν να συμβεί στο αποχετευτικό δίκτυο και στις ΕΕΑΑ. Όταν στη μάζα των αποβλήτων περιέχεται σίδηρος, αυτός ενώνεται με το υδρόθειο σχηματίζοντας θειούχο σίδηρο, που δίνει ένα μαύρο χρώμα τόσο στα απόβλητα όσο και στην παραγόμενη λάσπη. Το κύριο πρόβλημα της παρουσίας του θειϊκού οξέος είναι η διάβρωση που προκαλεί στους αγωγούς αποχέτευσης.

2.8.3 ΒΑΡΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Περιέχονται κυρίως στα βιομηχανικά, αλλά και στα αστικά απόβλητα (εξαιτίας του πόσιμου νερού). Διάφορα ιόντα, όπως π.χ. Cu, Pb, Cr, As, Bo, Ag, Ni, Mn, Cd, Zn, Fe, Hg, σε ορισμένες συγκεντρώσεις είναι τοξικά για διάφορους οργανισμούς, όπως ακριβώς και διάφορες οργανικές ενώσεις που περιέχονται σε εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα κλπ. Σημειώνεται πάντως, ότι πολλά από τα παραπάνω ιόντα σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις όχι μόνο δεν

είναι τοξικά, αλλά είναι και απαραίτητα για τη ζωή σημαντικών ειδών μικροοργανισμών.

Η διοχέτευση βαριών μετάλλων σε ένα οικοσύστημα (υδάτινος φορέας ή βιολογική διεργασία επεξεργασίας) μπορεί να επιφέρει το θάνατο πολλών μικροοργανισμών με τις ανάλογες συνέπειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επεξεργασία υγρών αποβλήτων, που αποσκοπεί στην παραγωγή εκροής κατάλληλης ποιότητας με δυνατότητα εξειδικευμένης επαναχρησιμοποίησης, αποτελεί τον πρωταρχικό στόχο σε κάθε σύστημα ανάκτησής τους. Οι απαιτήσεις ποιότητας της παραγόμενης εκροής ποικίλουν πολύ, σε σχέση με την επιθυμητή τελική χρήση. Έτσι, η επιλογή των επιμέρους σταδίων και λειτουργιών σε μια εγκατάσταση ανάκτησης νερού από υγρά απόβλητα πρέπει να αναλυθεί προσεκτικά σε σχέση με τα αντικείμενα της επεξεργασίας και της απαιτούμενης αξιοπιστίας του συστήματος.

Η περιγραφή των διαφόρων επιμέρους σταδίων επεξεργασίας και συζήτηση των κατάλληλων κριτηρίων σχεδιασμού παρουσιάζεται σ' αυτό το κεφάλαιο. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον εντοπισμό των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών μιας εγκατάστασης ανάκτησης και στην εκτίμηση των κρίσιμων συσχετισμών των επιμέρους σταδίων για εξασφάλιση της κατάλληλης ποιότητας εκροής.

2. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Στην προκαταρκτική επεξεργασία γίνεται η απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων (εσχάρωση), της άμμου (εξάμμωση) και των λιπών (λιποσυλλογή) από την υγρή μάζα των αποβλήτων, η μέτρηση της παροχής και η υποδοχή των βοθρολυμάτων.

2.1 ΕΣΧΑΡΩΣΗ

2.1.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός των εσχάρων είναι η συγκράτηση σε αυτές και στη συνέχεια η απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων (κομμάτια ξύλων, πλαστικά, κλαδιά, κουρέλια κλπ), για να προστατευτεί από το φράξιμο και τη φθορά ο Η-Μ εξοπλισμός της ΕΕΑΑ.

2.1.2 ΕΙΔΗ ΕΣΧΑΡΩΝ

Τα βασικά είδη των εσχάρων είναι δύο, οι απλές χειροκίνητες που καθαρίζονται με τα χέρια και οι μηχανικές – αυτοκαθαριζόμενες.

- **ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ**

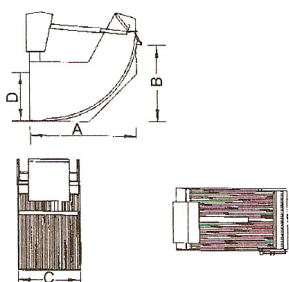
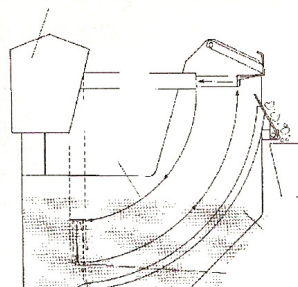
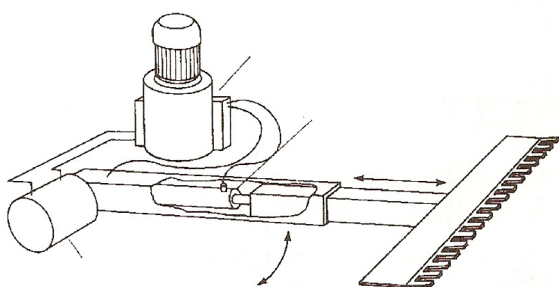
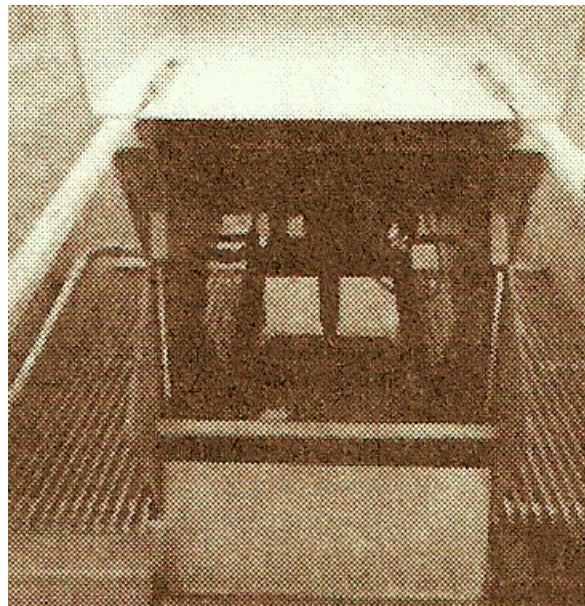
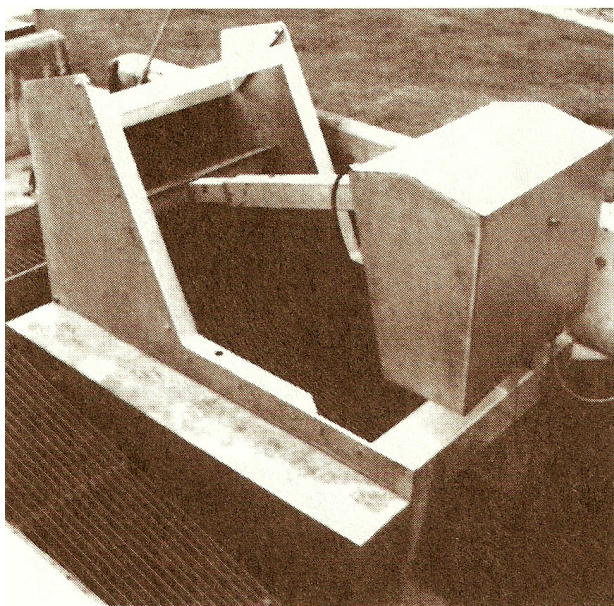
Οι μηχανικές εσχάρες μπορεί να είναι τοξωτές ή επίπεδες. Οι τοξωτές χρησιμοποιούνται συνήθως σε ρηχά κανάλια και οι επίπεδες σε βαθιά.

Τα διάκενα των μηχανικών εσχάρων είναι συνήθως 19 – 20 mm και το πάχος των ράβδων τους 5 – 15 mm. Τα βάθη ροής στις εσχάρες στις διάφορες παροχές καθορίζονται από το αμέσως κατάντη σημείο ελέγχου της ροής. Συνήθως, κατάντη των εσχάρων ακολουθεί ο αεριζόμενος εξαμμωτής, οπότε το αμέσως κατάντη των εσχάρων σημείο ελέγχου της ροής είναι ο υπερχειλιστής εκροής του εξαμμωτή. Από τα βάθη ροής καθορίζονται και οι ταχύτητες ροής στα διάκενα των εσχάρων και στους αγωγούς των εσχάρων.

Η ταχύτητα ροής στα διάκενα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1,2 m/s στη μέγιστη παροχή για να μην παρασύρονται με τη ροή τα στερεά που συγκρατήθηκαν στις εσχάρες και η ταχύτητα ροής στους αγωγούς των εσχάρων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,4 m/s για να μην γίνεται καθίζηση στερεών.

Ο μηχανισμός απομάκρυνσης των εσχαρισμάτων στις τοξωτές εσχάρες (σχήμα 6) είναι ένας βραχίονας – κτένι (ξέστρο) που τα δόντια του μπαίνουν στα διάκενα της εσχάρας και κάνοντας παλινδρομικές διαδρομές ή πλήρεις περιστροφές γύρω από ένα σταθερό σημείο παρασύρουν τα συγκροτούμενα στερεά προς το πάνω μέρος της εσχάρας.

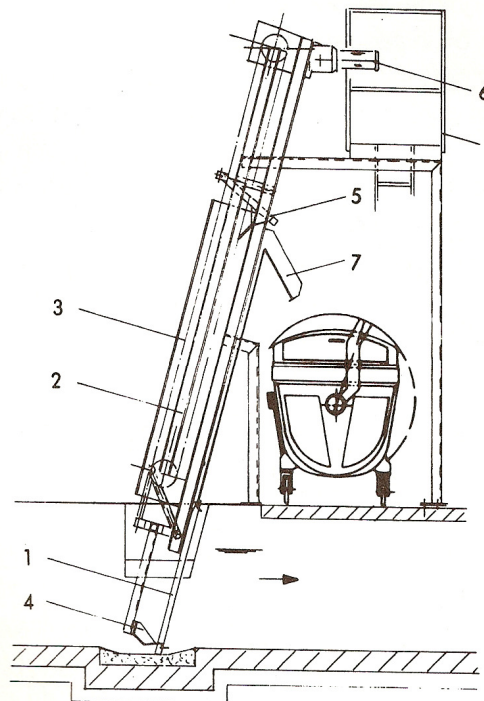
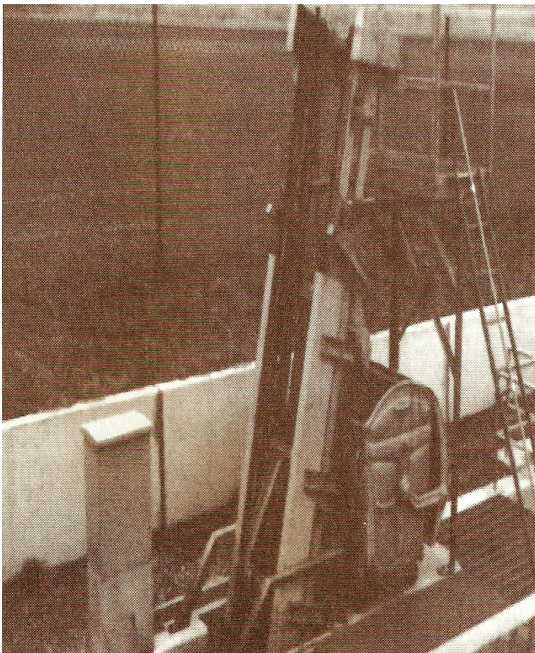
Στις επίπεδες εσχάρες (σχήμα 6) ο καθαρισμός γίνεται από μια σειρά δόντια (ή βούρτσες) που είναι τοποθετημένα σε ατέρμονες αλυσίδες και με την κίνησή τους παρασύρουν τα στερεά προς το πάνω μέρος της εσχάρας στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης των εσχαρισμάτων.



Τύπος	151	201	351	401	451	501
Παροχή (l/sec)	150	200	350	400	450	500
A(mm)	1345	1345	1895	1895	1895	1895
B(mm)	810	810	1300	1300	1300	1300
C(mm)	475	612	1050	785	932	1050
D(mm)	480	480	800	800	800	800
Διάκενα(mm)	21.5	21.5 19	16	21.5 19	21.5	21.5 9
Πάχος ράβδων (mm)	8 12	8 12	8	8 12	8	8 12

Σχήμα 6: Τοξωτή υδραυλική εσχάρα (Kruger)

Ο μηχανισμός απομάκρυνσης τίθεται σε κίνηση αυτόματα όταν η διαφορά στάθμης των λυμάτων ανάντη - κατόντη της εσχάρας (τοπικές απώλειες λόγω μείωσης της διατομής του καναλιού από τα στερεά) φτάσει τα 10-15 cm. Η λειτουργία του μηχανισμού «επικαλύπτεται» συνήθως και από χρονοδιακόπτες που εξασφαλίζουν την εκκίνηση του μηχανισμού τουλάχιστον 2 φορές / ή και για χρονικό διάστημα μέχρι 3 minutes.



1. Εσχάρα
2. Κάδος αποθήκευσης
3. Αλυσίδα
4. Ξέστρο
5. Διάταξη απόρριψης
6. Κινητήρας
7. Ποδιά
8. Εξέδρα συντήρησης

Σχήμα 7: Επίπεδη αυτόματη εσχάρα (Passavant)

• **ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ**

Οι χειροκίνητες εσχάρες έχουν διάκενα 20 - 30 mm και χρησιμοποιούνται μόνες τους σε πολύ μικρές ΕΕΑΑ. Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται ως «εσχάρες ανάγκης» - παρακαμπτήριες και τοποθετούνται παράλληλα με τις μηχανικές. Είναι επίπεδες και εγκαθίστανται σχηματίζοντας γωνία 30° - 80° (συνήθως 60°) με την διεύθυνση της ροής, ώστε να διευκολύνεται η χειροκίνητη απομάκρυνση των εσχαρισμάτων με δίκρανο.

2.1.3 ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Συνήθως τοποθετούνται μια ή δύο μηχανικές εσχάρες και μια παρακαμπτήρια χειροκίνητη. Σε κανονική λειτουργία λειτουργούν μόνο οι μηχανικές εσχάρες, ενώ σε περίπτωση έμφραξης ή διακοπής της λειτουργίας τους τα λύματα υπερχειλίζουν αυτόματα προς την παρακαμπτήρια εσχάρα.

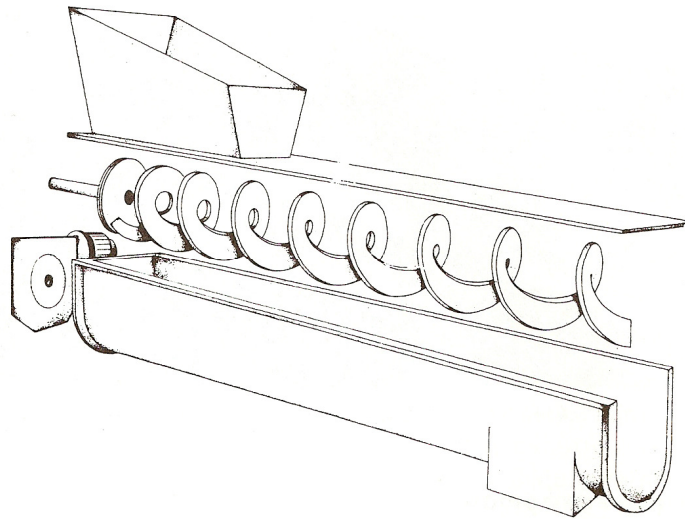
Σε περίπτωση σκόπιμης παράκαμψης των μηχανικών εσχάρων υπάρχουν και τα κατάλληλα θυροφράγματα απομόνωσης, χειροκίνητα ή μηχανικά. Οι εσχάρες είναι συνήθως κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ή χάλυβα St37 με θερμό γαλβάνισμα. Γενικά, τα βρεχόμενα μέρη των εσχάρων συνιστάται να κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα.

2.1.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ

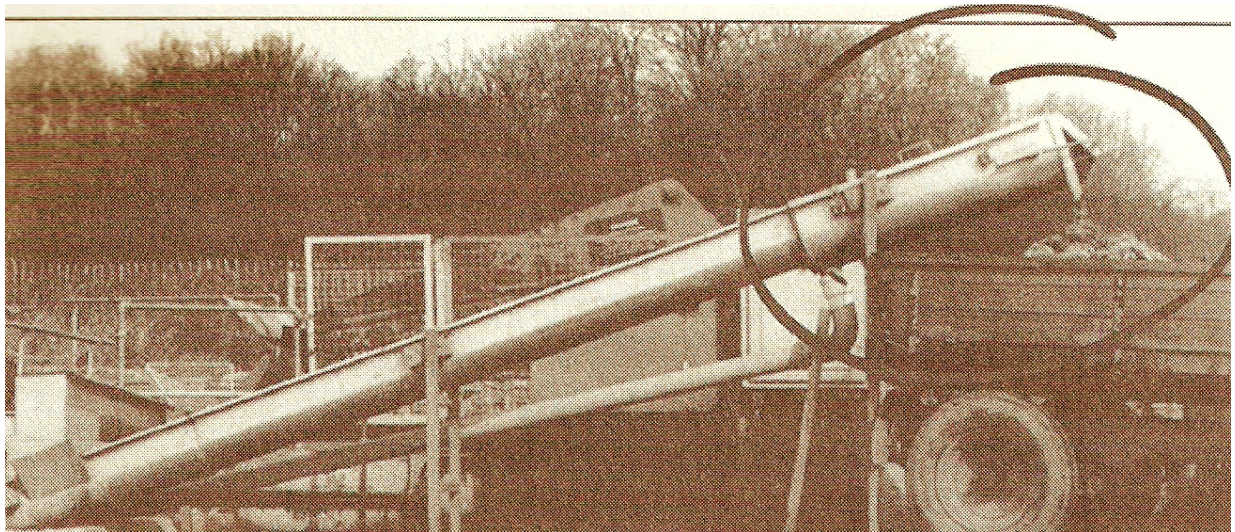
Τα απόβλητα έχουν πυκνότητα $600 - 1000 \text{ kg/m}^3$, υγρασία 75 - 90%, περιεκτικότητα σε VSS 80 - 90% και αποδίδουν κατά την καύση τους $13000 - 18000 \text{ kJ/kg}$. Οι ποσότητες των εσχαρισμάτων ποικίλλουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της εσχάρας, το είδος του αποχετευτικού συστήματος (σε παντορορικά συστήματα μπορεί να είναι και 10 φορές μεγαλύτερες απ' ότι σε χωριστικά) και την παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων. Μια αντιπροσωπευτική τιμή ποσότητας εσχαρισμάτων είναι 30 l/m^3 λυμάτων.

Η απομάκρυνση των εσχαρισμάτων από τον προσωρινό χώρο αποθήκευσής τους προς τα δοχεία αποθήκευσης γίνεται με μεταφορική ταινία (από χάλυβα St37 με θερμό γαλβάνισμα) ή με κλειστό μεταφορικό κοχλία (σχήμα 8). Στο μεταφορικό κοχλία μπορεί να γίνεται παράλληλα μερική ή ακόμα και πλήρης αφυδάτωση - στράγγιση των εσχαρισμάτων (σχήμα 9). Τα στραγγιγίδια επιστρέφουν στην κύρια ροή των υγρών αποβλήτων απευθείας με βαρύτητα ή με την παρεμβολή του αντλιοστασίου στραγγιγίδων.

Η εκκίνηση - λειτουργία του συστήματος μεταφοράς των εσχαρισμάτων συνδυάζεται με την κίνηση του μηχανισμού απομάκρυνσής τους.



Σχήμα 8: Κλειστός μεταφορικός κοχλίας εσχαρισμάτων χωρίς άτρακτο



Σχήμα 9: Κοχλίας – πρέσα εσχαρισμάτων (SPIRAC Eng.)

2.1.5 ΚΤΙΡΙΟ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ

Για λόγους περιβαλλοντικών οχλήσεων οι εσχάρες εγκαθίστανται συνήθως σε κτίριο. Εξαιρέση αποτελούν οι μικρές ΕΕΑΑ, που βρίσκονται μακριά από κατοικημένες περιοχές. Στο κτίριο τοποθετείται διάταξη εξαερισμού με ανεμιστήρα (που προστατεύεται με θερμό γαλβάνισμα) ή αν απαιτείται και διάταξη απόσμησης.

Στο κτίριο μπορεί να υπάρχει μετρητής υδρόθειου, που προειδοποιεί με σύστημα οπτικο-ακουστικού συναγερμού, όταν οι συγκεντρώσεις του υδρόθειου είναι αυξημένες.

2.2 ΕΞΑΜΜΩΣΗ – ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ

2.2.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εξάμμωσης είναι η απομάκρυνση των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων σωματιδίων γεωλογικής ή όχι υφής, με διάμετρο μεγαλύτερη από 200mm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. Η απομάκρυνση των σωματιδίων αυτών είναι απαραίτητη, γιατί η παρουσία τους δημιουργεί προβλήματα, όπως εναπόθεση φερτών υλών στον πυθμένα των αγωγών, φράξιμο των σωληνώσεων, φθορά του Η – Μ εξοπλισμού (αντλίες κλπ) και μείωση της απόδοσης των επόμενων μονάδων επεξεργασίας.

Σκοπός της λιποσυλλογής είναι η απομάκρυνση των ελαίων και λιπών για την αποφυγή προβλημάτων στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας.

Τα βασικά είδη των εξαμμωτών είναι δύο: οι εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής και οι αεριζόμενοι εξαμμωτές. Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές συνδυάζονται με λιποσυλλέκτες.

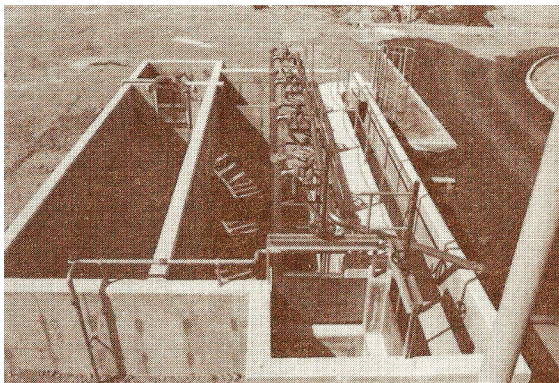
2.2.2 ΕΞΑΜΜΩΤΕΣ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ

Είναι επιμήκη και ρηχά κανάλια στα οποία η ταχύτητα ροής παραμένει σταθερή (περίπου 0,30 m/s) και ανεξάρτητη από την παροχή των λυμάτων. Η εξασφάλιση της σταθερής ταχύτητας ροής επιτυγχάνεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

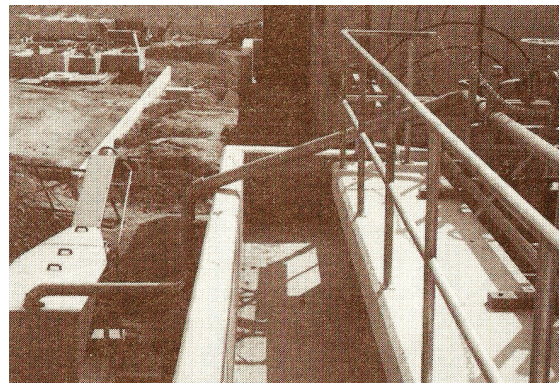
- i. με ανοικτό αγωγό παραβολικής διατομής και δίαυλο Parshall στο κατάντη άκρο του ή
- ii. με ανοικτό αγωγό ορθογωνικής διατομής και αναλογικό υπερχειλιστή στο κατάντη άκρο του.

2.2.3 ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΙ ΕΞΑΜΜΩΤΕΣ

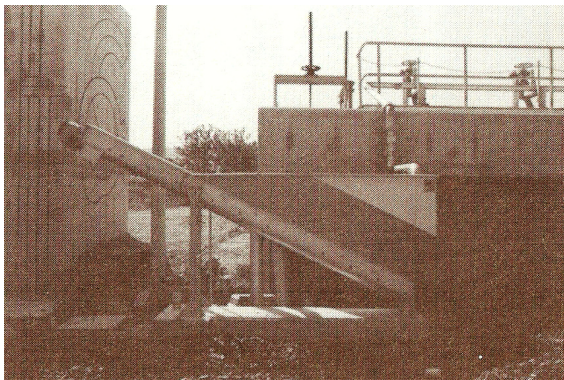
Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές είναι ορθογωνικές αεριζόμενες δεξαμενές (σχήμα 10) στις οποίες ο αέρας εισάγεται με διαχυτήρες και κατά μήκος της μιας πλευράς με αποτέλεσμα τη δημιουργία ελικοειδούς ροής (σχήμα 11). Η κατάλληλη ταχύτητα περιστροφής που επιτρέπει την απομάκρυνση της άμμου, επιτυγχάνεται με ρύθμιση της παροχής του αέρα. Η άμμος καθιζάνει στον πυθμένα και συσσωρεύεται σε χοάνη (ή χοάνες) απ' όπου απομακρύνεται.



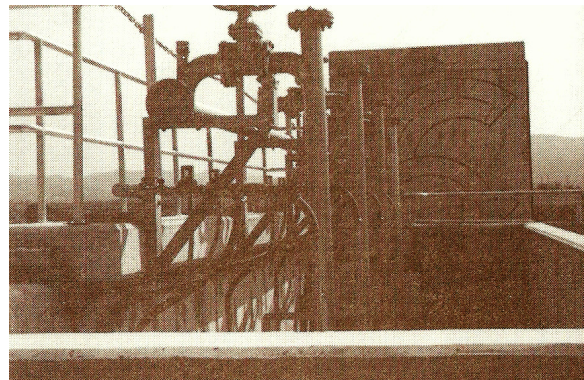
Γενική άποψη



Τμήμα λιποσυλλέκτη



Κοχλιωτός διαχωριστής άμμου

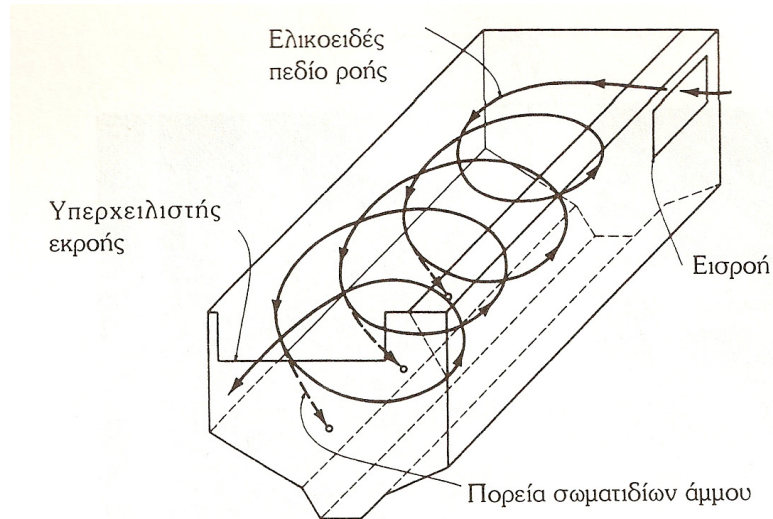


Αεραντλίες

Σχήμα 10: Αεριζόμενος εξαμμωτής (ΕΕΑΑ Κερατέας)

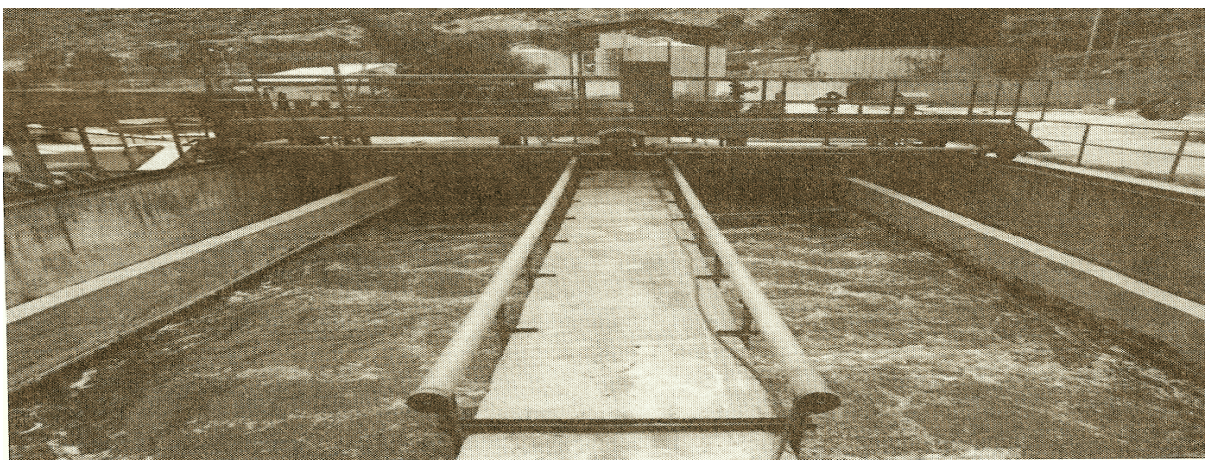
Η ταχύτητα περιστροφής ρυθμίζει το μέγεθος των σωματιδίων (συνήθως 0,2 mm) που θα απομακρυνθούν. Όταν η ταχύτητα περιστροφής είναι πολύ μεγάλη η άμμος συμπαρασύρεται με τη ροή, ενώ όταν είναι πολύ μικρή, στα στερεά που καθιζάνουν περιέχονται πολλά οργανικά με αποτέλεσμα την έκλυση δυσοσμίων στους χώρους συγκέντρωσης της άμμου. Η επιθυμητή ταχύτητα

περιστροφής, συνήθως 0,30 m/s, επιτυγχάνεται με κατάλληλη ρύθμιση της παροχής του αέρα και με σωστό σχεδιασμό της γεωμετρίας της δεξαμενής, ώστε να αποφεύγονται οι βραχυκυκλώσεις και οι αδρανείς περιοχές.



Σχήμα 11: Ελικοειδής ροή σε αεριζόμενο εξαμμωτή

Το βασικότερο πλεονέκτημα των αεριζόμενων εξαμμωτών είναι ότι συνδυάζονται με λιποσυλλέκτες. Κατά μήκος των εξαμμωτών και παράλληλα σε αυτούς μπορεί να δημιουργηθούν περιοχές ηρεμίας – λιποσυλλογής (πλάτους 0,8 - 1,2 m), όπου θα συγκεντρώνονται στην επιφάνεια τα λίπη, οι αφροί και οι άλλες επιπλέουσες ουσίες (σχήμα 12).



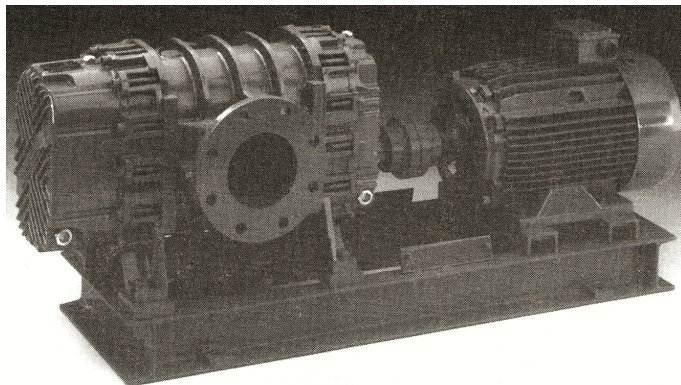
Σχήμα 12: Εξαμμωτής – Λιποσυλλέκτης με κινούμενη γέφυρα (ΕΕΑΑ Βόλου)

Άλλα πλεονεκτήματα των αεριζόμενων εξαμωτών είναι:

- i. έχουν σταθερή απόδοση (ρυθμίζοντας κατάλληλα την παροχή του αέρα)
- ii. έχουν μικρούς όγκους, εξαιτίας των μικρών χρόνων παραμονής
- iii. τα απόβλητα αερίζονται σε αυτούς
- iv. μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως σημεία προσθήκης χημικών (π.χ. για την απομάκρυνση φωσφόρου και οσμών, προχλωρίωση κλπ)
- v. έχουν μικρές υδραυλικές απώλειες (15 – 20 cm) και
- vi. η άμμος έχει καλή ποιότητα

2.3 ΑΕΡΙΣΜΟΣ - ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ

Ο αερισμός παρέχεται από λοβοειδείς φυσητήρες (από χυτοσίδηρο) θετικής εκτόπισης τύπου Rootes (σχήμα 13) που λειτουργούν συνεχώς. Η παροχή του αέρα είναι συνήθως 9 –18 m³/h (τυπική τιμή ίση με 10 m³/h) ανά m μήκους εξαμωτή.

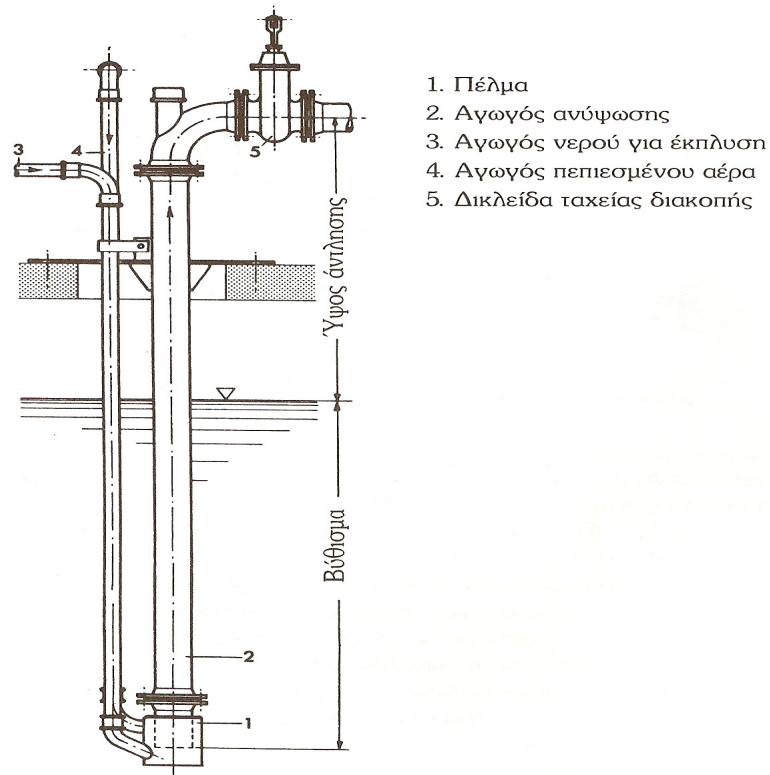


Σχήμα 13: Φυσητήρας θετικής εκτόπισης με κινητήρα (Robushi)

Οι φυσητήρες τροφοδοτούν με σωληνώσεις (συνήθως από γαλβανισμένο χάλυβα) τους διαχυτήρες χοντρός ή μεσαίας φυσαλλίδας (από ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό) που είναι τοποθετημένοι σε απόσταση 0,45-0,90 m από τον πυθμένα κατά μήκος της εσωτερικής πλευράς του εξαμωτή. Οι διαχυτήρες πρέπει συνήθως να παρέχουν ποσότητες αέρα μικρότερες από 15 m³/h μήκους διαχυτήρα.

2.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΆΜΜΟΥ, ΤΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΙΠΩΝ

Ένας αεριζόμενος εξαμμωτής κατά μήκος του πυθμένα του διαμορφώνεται σε μια μεγάλη επιμήκη χοάνη ή σε ένα αριθμό χοανών (όπου καθιζάνει και συγκεντρώνεται η άμμος), ανάλογα με το σύστημα απομάκρυνσης της άμμου. Η απομάκρυνση της άμμου από τις χοάνες συλλογής της προς το χώρο στράγγισης της γίνεται με αντλίες άμμου ή αεραντλίες.



Σχήμα 14: Αεραντλία (Passavant)

Οι αεραντλίες (σχήμα 14) είναι διατάξεις ανύψωσης της άμμου (από ανοξείδωτο χάλυβα), που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα. Η προώθηση του μίγματος άμμου – αποβλήτων – αέρα από το στόμιο αναρρόφησης (πέλιμα) προς τα πάνω γίνεται εξαιτίας του μικρότερου ειδικού βάρους του μίγματος σε σχέση με το υγρό που περιβάλλει τη διάταξη. Έτσι, δημιουργείται διαφορά πίεσης, η οποία προωθεί το μίγμα άμμου – νερού προς τη διάταξη στράγγισης.

Η στράγγιση της άμμου μπορεί να γίνει σε κατάλληλο μηχανικό, κοχλιωτό διαχωριστή, που τοποθετείται με κλίση ώστε τα στραγγίδια να επιστρέφουν στην κύρια ροή των υγρών λυμάτων. Η διάταξη απομάκρυνσης – έκπλυσης της άμμου ξεκινά με χρονοδιακόπτη και λειτουργεί για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από την παροχή. Η αποθήκευση της άμμου γίνεται σε δοχεία, όμοια με αυτά των εσχαρισμάτων. Η τελική διάθεση της άμμου μπορεί να γίνει σε χωματερές ή σε δρόμους ως υλικό επίχωσης.

Τα λίπη που επιπλέουν στις επιφάνειες (λωρίδες) λιποσυλλογής οδηγούνται σε παρακείμενο φρεάτιο λιπών με κατάλληλη διάταξη. Η διάταξη αυτή μπορεί να είναι ένα επιφανειακό ξέστρο προσαρμοσμένο σε μεταλλική κινούμενη γέφυρα ή συνδυασμός επιφανειακού διαχυτήρα – κινητού υπερχειλιστή εκροής που οδηγεί τα επιφανειακά λίπη στο φρεάτιο συλλογής των λιπών.

Στο φρεάτιο συλλογής των λιπών γίνεται με κατάλληλη διάταξη σωλήνων «T» η απομάκρυνση των νερών, ενώ τα λίπη παραμένουν στην επιφάνεια και απομακρύνονται με απορρόφηση.

2.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ

2.5.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της μέτρησης παροχής είναι ο υπολογισμός της παροχής που διέρχεται από την ΕΕΑΑ, με βάση την οποία ρυθμίζεται η λειτουργία σημαντικών μονάδων.

Με το σήμα της παροχής ρυθμίζεται συνήθως η λειτουργία της διάταξης συλλογής, απομάκρυνσης και στράγγισης της άμμου του αεριζόμενου εξαμμωτή, των αντλιών ανακυκλοφορίας και των μονάδων που χρησιμοποιούν χημικά (π.χ. συνδυασμένη βιολογική – χημική απομάκρυνση φωσφόρου, απολύμανση κ.α.).

2.5.2 ΕΙΔΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Η μέτρηση της παροχής γίνεται σε ανοικτούς ή κλειστούς αγωγούς. Ο πιο συνηθισμένος τύπος διάταξης μέτρησης της παροχής σε ανοικτούς αγωγούς είναι ο δίαυλος με στένωση Parshall, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται ορθογωνικοί, τριγωνικοί, ή πριονωτοί (V - notch) υπερχειλιστές. Στους κλειστούς αγωγούς η παροχή μετρείται με την εισαγωγή στη ροή διάταξης που δημιουργεί πτώση πίεσης (π.χ. σωλήνας Pitot, σωλήνας Venturi), από τα οποία υπολογίζεται παροχή με μαγνητικές, ηχητικές ή και άλλες μεθόδους.

2.5.3 ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Η μέτρηση του βάθους ροής γίνεται συνήθως με υπερήχους. Το σήμα από το αισθητήριο στάθμης μεταβιβάζεται με πομπό (που βρίσκεται δίπλα στο δίαυλο) στο όργανο στιγμιαίας ένδειξης παροχής που βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου της ΕΕΑΑ και καταγράφεται στο καταγραφικό παροχής. Το όργανο ένδειξης της στιγμιαίας παροχής διαθέτει συνήθως και σύστημα αθροιστικών ενδείξεων, για τον υπολογισμό π.χ. της ημερήσιας παροχής.

3. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Ένα μεγάλο μέρος των ρυπαντικών συστατικών υγρών αποβλήτων ευρίσκονται υπό μορφή αιωρούμενων στερεών, ένα μέρος των οποίων μπορεί να απομακρυνθεί με καθίζηση και συλλογή των επιπλεόντων. Τυπικά 60% των συνολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) και 30% του οργανικού φορτίου (BOD₅) απομακρύνονται στην προκαθίζηση. Τα κριτήρια σχεδιασμού της προκαθίζησης περιλαμβάνουν:

- i. Ρυθμός φόρτισης της επιφάνειας 1,7 m³/m².h (για μέση ωριαία παροχή υγρών αποβλήτων).
- ii. Μέγιστος ρυθμός φόρτισης της επιφάνειας 3,4 m³/m².h (για μέγιστη ωριαία παροχή υγρών αποβλήτων).
- iii. Ελάχιστο βάθος υγρού 3,66 m.

Η κύρια λειτουργική παράμετρος στην πρωτοβαθμιαία προκαθίζηση είναι η ρύθμιση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του αντλιοστασίου πρωτοβάθμιας ιλύος για μεγιστοποίηση της συγκέντρωσης στερεών (4-8%) χωρίς να προκληθεί αύξηση του στρώματός της. Η εκροή από την πρωτοβαθμιαία καθίζηση οδηγείται σε μια βιολογική επεξεργασία για βιο-οξειδωση (δηλαδή δευτεροβάθμια επεξεργασία).

4. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για περαιτέρω αφαίρεση οργανικών και αιωρούμενων στερεών των υγρών αποβλήτων απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία. Ένα στάδιο βιολογικής οξειδωσης και ένα στάδιο δευτεροβάθμιας καθίζησης περιλαμβάνονται σε μια τυπική βιολογική επεξεργασία. Οι βιολογικές επεξεργασίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων διακρίνονται είτε ως συστήματα αιωρούμενης βιομάζας ή συστήματα προσαρτημένης βιομάζας. Τα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας μπορούν να περιγραφούν ως συστήματα μικροοργανισμών σε αιώρηση που διατηρούνται σε

αερόβιες συνθήκες με ανάμειξη (π.χ. ενεργοποιημένης ιλύος ή ενεργοποιημένης λάσπης).

Τα συστήματα ενεργοποιημένης ιλύος περιλαμβάνουν τις περιπτώσεις 'ενεργοποιημένης ιλύος υψηλού ρυθμού φόρτισης', για μεγάλες παροχές αποβλήτων και "οξειδωτικής τάφρου παρατεταμένου αερισμού", για μικρότερες παροχές. Τα συστήματα προσαρτημένης βιομάζας χαρακτηρίζονται από μια μικροβιακή στρώση προσκολλημένη σε μία επιφάνεια (υπόστρωμα), που έρχεται σε επαφή με οξυγόνο και τα θρεπτικά υλικά των αποβλήτων. Τα "συστήματα προσαρτημένης βιομάζας" συναντώνται σε διάφορες μορφές-παραλλαγές, με πιο αξιόλογες τα βιολογικά φίλτρα ή βιο-υψωτήρες. Στις επόμενες παραγράφους δίνεται μια περιγραφή των διαφόρων τύπων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.

4.1 ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

Η επεξεργασία με ενεργό ιλύ (με τις διάφορες παραλλαγές) αντιπροσωπεύουν την πιο διαδεδομένη βιολογική επεξεργασία, σε μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, που εξυπηρετούν πληθυσμούς πάνω από 10000 κατοίκους και με απαιτήσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Στην επεξεργασία με ενεργό ιλύ, μικροοργανισμοί σε αιώρηση (ανάμεικτο υγρό) μετατρέπουν οργανικές ουσίες των αποβλήτων σε κυτταρική μάζα παρουσία οξυγόνου.

Η βιομάζα που παράγεται κατά την μικροβιακή οξείδωση των οργανικών συστατικών διαχωρίζεται από τα απόβλητα κατά την δευτεροβάθμια καθίζηση. Η καθιζάνουσα ιλύ μεταφέρεται με άντληση στη δεξαμενή αερισμού για να συμπληρώσει το ανάμεικτο υγρό, ως ανακυκλοφορούμενη ιλύς (RAS). Στο κύκλωμα αυτό η δευτεροβάθμια καθίζηση αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της επεξεργασίας με ενεργό ιλύ.

Τα συνεχούς ροής υψηλού ρυθμού συστήματα ενεργού ιλύος είναι αξιόπιστα και παράγουν μια εκροή με συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών και BOD₅ μέχρι 20mg/l. Η επεξεργασία είναι ελαστική και ποικίλει σε εξάρτηση με αρκετές λειτουργικές παραμέτρους, όπως η ηλικία της ιλύος, οι συγκεντρώσεις στερεών στο ανάμεικτο υγρό, η απαίτηση σε αερισμό, τα σημεία εισόδου των αποβλήτων και της ενεργού ιλύος, όπως το σύστημα 'σταδιακού ή νηματικού αερισμού. Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η συνολική επιτυχία της επεξεργασίας με ενεργό ιλύ εξαρτάται κυρίως από την απόδοση της δεξαμενής τελικής καθίζησης.

Κριτήρια σχεδιασμού του συστήματος ενεργού ιλύος υψηλών ρυθμών φόρτισης (δεξαμενή καθίζησης) δίνονται παρακάτω:

- i. Λόγος F/M από 15 έως 0,40 kg BOD₅/kg MLVSS.d
- ii. Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής στον αερισμό 4-8 ώρες (για τη μέση παροχή) και 2-6 ώρες για τη μέγιστη παροχή.
- iii. Ηλικία ιλύος 2-8 ημέρες.
- iv. Συγκέντρωση MLVSS μεταξύ 1000 και 3500 mg/L.
- v. Απαίτηση σε οξυγόνο 0,8-1,2 kg O₂/kg BOD₅ απομακρυνόμενης.
- vi. Παραγωγή ιλύος 0,4-0,8 kg στερεών/kg BOD₅ απομακρυνόμενης.
- vii. Ρυθμός ανακυκλοφορίας κυμαινόμενος από 30-100% της μέσης ημερήσιας παροχής.
- viii. Υδραυλική φόρτιση δεξαμενής τελικής καθίζησης 16-24 m³/m².d για τη μέση ωριαία παροχή και 32-41 m³/m².d για τη μέγιστη ωριαία παροχή.
- ix. Ρυθμός φόρτισης στερεών 49-122 kg SS/m².d μέση παροχή με ανακυκλοφορία ενεργοποιημένης ιλύος 100%.
- x. Ελάχιστο βάθος δεξαμενής τελικής καθίζησης 3,60 cm.

4.2 ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΤΑΦΡΟΣ

Η οξειδωτική τάφρος είναι μια μορφή βιολογικού αντιδραστήρα που χρησιμοποιείται κυρίως στο σύστημα ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμού. Τα συστήματα παρατεταμένου αερισμού χρησιμοποιούνται εκτενώς σε μικρές κοινότητες (οικισμούς), εξαιτίας της σταθερότητάς τους σε διακυμάνσεις υδραυλικών παροχών και οργανικών φορτίων, του χαμηλού αρχικού κόστους τους και της απλότητας της λειτουργίας.

Συνήθως, δεν απαιτούν την ύπαρξη πρωτοβάθμιας καθίζησης. Εξαιτίας της άριστης ποιότητας της παραγόμενης εκροής και των καλών χαρακτηριστικών αφυδάτωσης της ιλύος σε μια οξειδωτική τάφρο που σχεδιάζεται και λειτουργεί σωστά ο τύπος αυτός της επεξεργασίας προτιμάται σε περιπτώσεις μικρών μονάδων, με τελικό σκοπό την ανάκτηση-επαναχρησιμοποίηση των εκροών τους.

Τα κριτήρια σχεδιασμού μιας οξειδωτικής τάφρου (με παρατεταμένο αερισμό) και δευτεροβάθμια καθίζηση είναι:

- i. Λόγος F/M 0,05-0,15 kg BOD₅ / kg MLVSS.d.
- ii. Υδραυλικός χρόνος παραμονής για αερισμό 16-32 ώρες (για τη μέση παροχή).
- iii. Ηλικία ιλύος 25-30 ημέρες.

- iv. Ρυθμός οργανικής φόρτισης 0,16-0,24 kg BOD₅/m³.d (όγκου της οξειδωτικής τάφρου).
- v. Συγκέντρωση MLVSS 1000-5000 mg/L.
- vi. Απαιτήση σε οξυγόνο 1,5-2,2 kg O₂/kg BOD₅ απομακρυνόμενης. Αν υπολογιστεί και η νιτροποίηση (απαραίτητο στα θερμά κλίματα) τότε πρέπει να προστεθεί 4,6-6,0 kg O₂/kg αμμωνίας που μετατρέπεται σε νιτρικά.
- vii. Ποσότητα παραγόμενης ιλύος 0,65-1,20 kg στερεών/kg BOD₅ απομακρυνόμενης.
- viii. Ρυθμός ανακυκλοφορίας ενεργοποιημένης ιλύος (σε δυναμικότητα συστήματος άντλησης) 100-300% της μέσης παροχής.
- ix. Υδραυλική φόρτιση της δεξαμενής καθίζησης 16-24 m³/m².d για τη μέση παροχή και 32-41 m³/m².d για τη μέγιστη παροχή.
- x. Ρυθμός φόρτισης στερεών στη δεξαμενή καθίζησης 49-122 kg SS/m².d για τη μέση παροχή και με συνυπολογισμό 100% ανακυκλοφορίας ιλύος.
- xi. Ελάχιστο βάθος υγρού 3,60 m στη δεξαμενή τελικής καθίζησης.

4.3 ΣΤΑΛΑΓΜΑΤΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ

Το “σταλαγματικό φίλτρο ή βιολογικό φίλτρο” ή βιοφίλτρο είναι μια βιολογική επεξεργασία με βιομάζα προσκολλημένη (ως μια γλοιώδης στρώση), σε μια επιφάνεια και έρχεται σε επαφή περιοδικά με τα απόβλητα. Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα έχουν ύψος 1,5-3,0 m και περιέχουν μεγάλα χαλίκια ή άλλα αδρανή υλικά ως πληρωτικό μέσο. Αυτός ο τύπος λέγεται και χαλικόφιλτρο ή χαλικοδιυλιστήριο. Τα βιόφιλτρα είναι πιο πρόσφατη εξέλιξη, έχουν ύψος 4,5-9,0 m και περιέχουν πλαστικό υλικό πλήρωσης με μεγάλη ειδική επιφάνεια.

Ιστορικά τα χαλικοδιυλιστήρια χρησιμοποιήθηκαν πριν από τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος για υψηλές απαιτήσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας (δηλ. συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών στην εκροή και BOD₅ στην εκροή κάτω από 30 mg/l). Αρκετά βιολογικά φίλτρα είναι ακόμη σήμερα σε λειτουργία είτε ως κύριες μονάδες επεξεργασίας ή σε συνδυασμό με μονάδες ενεργού ιλύος, όπου λειτουργούν για προεπεξεργασία ως τμήμα της συνολικής επεξεργασία “βιόφιλτρο με ενεργοποιημένη ιλύ”.

Τα βιολογικά φίλτρα προτιμούνται για μικρές μονάδες βιολογικής επεξεργασίας, εξαιτίας του χαμηλού λειτουργικού κόστους, της ελαστικότητας του συστήματος σε απότομες φορτώσεις και τις μικρές απαιτήσεις τους σε εποπτεία από εξειδικευμένο προσωπικό.

Όσο όμως αυξάνει το μέγεθος της μονάδας απαιτούνται μεγάλα αρχικά κεφάλαια και απαίτηση σε γη που αντισταθμίζουν το ενεργειακό όφελος σε σχέση με τις μονάδες ενεργού ιλύος. Ένα βιολογικό φίλτρο θεωρείται επίσης απλούστερο για τον χειριστή σε σχέση με την μονάδα ενεργού ιλύος. Τέτοια συστήματα είναι, όμως, πιο ευαίσθητα στις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

Σχετικά με την απόδοση, τα βιολογικά φίλτρα δίνουν λιγότερο αξιόπιστα αποτελέσματα στις εκροές τους σε σχέση με άλλες μεθόδους της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Τυπικές τιμές σχεδιασμού ενός βιολογικού φίλτρου ώστε να ικανοποιεί της απαιτήσεις της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας δίνονται παρακάτω:

- i. Ρυθμός οργανικής φόρτισης $0,4 - 0,64 \text{ kg/BOD}_5/\text{m}^3.\text{d}$, πληρωτικού μέσου, για περίπτωση λειτουργίας του ως αρχική βιολογική επεξεργασία ή ως τυπικό βιολογικό φίλτρο και $1,6 - 3,2 \text{ BOD}_5/\text{m}^3$, πληρωτικού μέσου, αν το βιολογικό φίλτρο λειτουργεί ως μονάδα προκαταρκτικής επεξεργασίας ελάττωσης του βιολογικού φορτίου που θα τροφοδοτήσει την επόμενη φάση.
- ii. Υδραυλική φόρτιση $1,2 - 3,0 \text{ m}^3.\text{h}$

4.4 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Όπως προαναφέρθηκε, η δυνατότητα μίας εγκατάστασης να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας (ιδιαίτερα αυτές που συνήθως ισχύουν για τα αιωρούμενα στερεά), εξαρτάται πολύ από την καθιζησιμότητα της βιολογικής ιλύος στη δευτεροβάθμια καθίζηση. Επιπλέον, μιας υψηλής ποιότητας εκροή είναι βοηθητική για την διεργασία της απ' ευθείας φίλτρανσης.

Η δευτεροβάθμια καθίζηση τυπικά είναι όμοια στο σχεδιασμό με την πρωτοβάθμια καθίζηση, αν και δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στη γρήγορη απομάκρυνση της ιλύος και στον κατάλληλο χειρισμό της στάθμης της. Η δευτεροβάθμια καθίζηση είναι συνήθως βαθύτερη από την πρωτοβάθμια καθίζηση και σχεδιάζεται για χαμηλότερους ρυθμούς υδραυλικής φόρτισης.

Η φόρτιση στερεών πρέπει επίσης να εξετάζεται, ιδιαίτερα στην περίπτωση συστημάτων με βιομάζα σε αιώρηση, τα οποία εξαρτώνται κυρίως από την συμπύκνωση και ανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος ενώ ταυτόχρονα διαχωρίζουν τη βιομάζα (αλκοολούχων στερεών) του ανάμεικτου υγρού από την εκροή. Συνήθως, στο σχεδιασμό της δευτεροβάθμιας καθίζησης λαμβάνεται μέριμνα για μεγάλο φρεάτιο (τύμπανο) διανομής τροφοδοσίας του ανάμεικτου υγρού στην

καθίζηση και για συστήματα ελαχιστοποίησης της επίδρασης κυματισμών και ρευμάτων στη λειτουργία της καθίζησης.

5. ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ (ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ) ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι ανάγκη η πρόσθετη απομάκρυνση ρυπαντικών ουσιών για την ανάκτηση νερού κατάλληλου για εκτατική άρδευση σε αστικές περιοχές, σύμφωνα με τα κριτήρια του DHS Title-22. Για την ικανοποίηση των συνολικών απαιτήσεων που καθορίστηκαν από το DHS, απαιτούνται προσθήκη χημικών, κροκίδωση, φίλτρανση και απολύμανση. Πρόσθετη επεξεργασία, όπως προσρόφηση σε οργανικό άνθρακα και αντίστροφη ώσμωση, ίσως είναι απαραίτητη για εμπλουτισμό υπογείων υδροφορέων ή εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης στη βιομηχανία. Μία περιγραφή της προχωρημένης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων δίνεται παρακάτω.

5.1 ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ, ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Για αποτελεσματική απομάκρυνση από τα υγρά απόβλητα της θολότητας και του μικροβιακού φορτίου με φίλτρανση, πρέπει να προηγηθεί προεπεξεργασία με χημικά πρόσθετα (conditioning). Κροκιδωτικά που περιέχουν μέταλλα όπως αλουμίνα (AlO_3) ή τριχλωριούχο σίδηρο ($FeCl_3$), πρέπει να προστεθούν στη ροή των αποβλήτων σε φρεάτιο γρήγορης ανάμειξης για "αποσταθεροποίηση" των κολλοειδών σωματιδίων και συσσωμάτωσή τους με τη βοήθεια συνθετικών πολυμερών.

Η χρησιμοποίηση ανάμεικτων μεγάλων ταχυτήτων δίνει στο υγρό μία γωνιακή ταχύτητα 750 s⁻¹ τουλάχιστον, που είναι απαραίτητη για καλή ανάμειξη και πλήρη ομοιογενή διασπορά του κροκιδωτικού στα υγρά απόβλητα. Πρόσθετη συσσωμάτωση διενεργείται στη συνέχεια στη μονάδα συσσωμάτωσης, όπου προστίθεται μηχανική ενέργεια για ανάμειξη. Η αργή ανάμειξη (χαρακτηριστικό της μηχανικής κροκίδωσης) παράγει σωματίδια ικανού μεγέθους για να απομακρυνθούν με καθίζηση ή διήθηση. Ανάλογα με τη μονάδα επεξεργασίας που ακολουθεί, απαιτείται ο σχηματισμός μικρών σωματιδίων (για κατ' ευθείαν φιλτράρισμα) ή μεγαλύτερων συσσωματωμάτων (για καθίζηση). Αυτό αποτελεί το στόχο της διεργασίας κροκίδωση-συσσωμάτωση.

Κρίσιμα κριτήρια σχεδιασμού για το στάδιο προφίλτρανσης δίνονται παρακάτω:

- i. Υδραυλικός χρόνος παραμονής μέχρι το στάδιο προσθήκης χημικών και πλήρους-ταχείας ανάμειξης (με βάση την μέση ημερήσια παροχή υγρών αποβλήτων) 5 sec.
- ii. Υδραυλικός χρόνος παραμονής στο στάδιο της κροκίδωσης-συσσωμάτωσης 10-30 min (με βάση την μέση ημερήσια παροχή υγρών αποβλήτων).
- iii. Ενέργεια ανάμειξης-χρόνος παραμονής (Gt) μεταξύ 20000-150000 μονάδων στο στάδιο της συσσωμάτωσης-κροκίδωσης.
- iv. Ρυθμός υδραυλικής (επιφανειακής) φόρτισης της χημικής καθίζησης $<32 \text{ m}^3/\text{m}^2$ με βάση την παροχή αιχμής υγρών αποβλήτων.

5.2 ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ

Η απομάκρυνση της θολότητας εκπληρώνεται με την διεργασία του φιλτραρίσματος. Με την ελάττωση των κολλοειδών υλικών και την τροποποίηση στα χαρακτηριστικά του μεγέθους σωματιδίων (π.χ του αριθμού σωματιδίων σε μια ορισμένη κλίμακα μεγέθους), το φιλτράρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ελαχιστοποίηση των ιών και την βελτίωση της απόδοσης απολύμανσης-καταστροφής των παθογόνων κατά την διαδικασία της απολύμανσης. Με δεδομένη την προοπτική της επαναχρησιμοποίησης η επεξεργασία πρέπει να τροποποιείται και να καθορίζονται ανώτατα επιτρεπτά όρια θολότητας, τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής απολύμανσης κατόπιν, αλλά και για τον έλεγχο της απόδοσης διεργασιών κροκίδωσης-συσσωμάτωσης και φιλτραρίσματος.

Τα φίλτρα των υγρών αποβλήτων είναι τυπικά φίλτρα βαρύτητας ανοικτά, ή μέσης πίεσης, κλειστά. Τα πληρωτικά υλικά των φίλτρων ποικίλουν από λεπτόκοκκη άμμο μέχρι χονδρόκοκκο ανθρακίτη. Είναι γνωστά τα φίλτρα δύο στρώσεων (με άμμο και ανθρακίτη) και τα φίλτρα πολλών στρώσεων (με βαρυτική άμμο, πυριτική άμμο και ανθρακίτη). Για παράδειγμα, πολλά τυποποιημένα φίλτρα εταιριών όπως το 'Hydro Clear' (κινητού στρώματος) ή το ENELCO (με κινητή γέφυρα) που περιέχουν λεπτόκοκκη άμμο. Σε τέτοια αβαθή φίλτρα ο κύριος μηχανισμός αφαίρεσης σωματιδίων είναι η διύλιση. Αντίθετα, σε βαθιά φίλτρα με χονδρόκοκκη άμμο, όπως το 'Parkson Dyna Sand' τα κολλοειδή υλικά απομακρύνονται με εσωτερική διύλιση, με μηχανική δράση και τυχαία επαφή, συσσωμάτωση και καθίζηση.

Εξαιτίας της βιολογικής φύσης των σωματιδίων που ευρίσκονται στις εισροές, ο σχεδιασμός των φίλτρων των υγρών αποβλήτων πρέπει να περιλαμβάνει μέτρα παρεμπόδισης συσσωρεύσεως λιπών ή βιομάζας στο πληρωτικό μέσο του φίλτρου. Εναλλακτικά προτείνονται αντιδραστήρια απολίπωσης όπως καυστική σόδα ή υπερχλωρίωση σε μία δόση 5-10 mg/l ενεργού χλωρίου. Πρόσθετα

συστήματα αντίστροφης πλύσης που περιλαμβάνουν τροφοδοσία με πεπιεσμένο αέρα συνιστώνται για καθαρισμό με τριβή και νερό με υψηλή πίεση, εξαιτίας των προσκολλητικών χαρακτηριστικών των σωματιδίων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.

Άλλα κριτήρια σχεδιασμού των φίλτρων προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων περιλαμβάνουν: Μέγιστο ρυθμό φιλτραρίσματος $12\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ το χρόνο που ένα φίλτρο είναι εκτός λειτουργίας ή σε φάση αντίστροφης πλύσης.

5.3 ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟ ΑΝΘΡΑΚΑ

Για πρόσθετη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων μετά το φιλτράρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά η προσρόφηση με ενεργό άνθρακα. Ο ενεργός άνθρακας σε δεξαμενές επαφής ή σε στήλες έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για απομάκρυνση διαλυμένων οργανικών ουσιών, με μηχανισμό προσρόφησης των οργανικών μορίων στο πορώδες του ενεργού άνθρακα. Με διοχέτευση των φιλτραρισμένων εκροών, ο οργανικός άνθρακας επιτρέπει τη δίοδο των εκροών ενώ συγκρατεί τα μη πτητικά οργανικά μόρια τους.

Τυπικά κριτήρια σχεδιασμού για επεξεργασία με προσρόφηση σε οργανικό άνθρακα με σκοπό την ανάκτηση νερού από εκροές υγρών αποβλήτων είναι: Υδραυλική φόρτιση $12\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ και 'χρόνος επαφής κενής κλίνης' (EBCT) 30 min, όπου EBCT είναι ο απαιτούμενος χρόνος για μια δεδομένη παροχή συμπλήρωσης του όγκου που καταλαμβάνει ο άνθρακας που περιέχεται σε μία στήλη.

5.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΥΔΡΑΣΒΕΣΤΟ

Παραδοσιακά, ο υδράσβεστος (υδροξείδιο του ασβεστίου) έχει χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία επεξεργασίας νερού για την κατακρήμνιση ιόντων 'σκληρότητας' (ασβεστίου και μαγνησίου) σε μία επεξεργασία αποσκλήρυνσης. Στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων η χρήση μεγάλων ποσοτήτων υδράσβεστου έχει προταθεί ως εναλλακτική λύση στις βιολογικές φυσικές μεθόδους για αποσκλήρυνση μολυσμάτων και προετοιμασία ενός υγρού αποβλήτου για τελική διαύγαση. Η επεξεργασία με υδράσβεστο έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στην ελάττωση του φωσφόρου και των συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων (ιδιαίτερα καδμίου), όπως επίσης και στην καταστροφή ιών και άλλων παθογόνων.

Τυπικές τιμές σχεδιασμού δίδονται παρακάτω:

- i. Δοσολογία υδρασβέστου, 250-600 mg/l ανάλογα με την αλκαλικότητα
- ii. Υδραυλικός χρόνος παραμονής μέχρι 5sec στη δεξαμενή προσθήκης χημικών και ταχείας ανάμειξης, με βάση την μέση ημερησία παροχή.
- iii. Υδραυλικός χρόνος παραμονής, 10-30 min στη δεξαμενή συσσωμάτωσης-κροκίδωσης, με βάση τη μέση ημερησία παροχή.
- iv. Υδραυλική-επιφανειακή φόρτιση στη δεξαμενή καθίζησης (διαύγασης) $36 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ για την μέση ημερήσια παροχή και $72 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ για την παροχή αιχμής αποβλήτων.

5.5 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΏΣΜΩΣΗ

Η ανάκτηση υψηλής ποιότητας νερού από τα υγρά απόβλητα απαιτείται συνήθως για βιομηχανικές και γεωργικές εφαρμογές. Με δεδομένο το στόχο της ελάττωσης των αποθέσεων αλάτων (καθαλατώσεων) στα δίκτυα κρύου ή ζεστού ανακτημένου νερού, συνήθως διενεργείται απομάκρυνση αλάτων ή αφαλάτωση πριν την επαναχρησιμοποίηση των προεπεξεργασμένων εκροών των υγρών αποβλήτων. Η αντίστροφη ώσμωση (RO) είναι μια συνήθης επεξεργασία για την απομάκρυνση αλάτων.

Στην αντίστροφη ώσμωση οι ανεπιθύμητες ουσίες διαχωρίζονται φυσικά από το νερό με την δίοδο του ακάθαρτου ή αλμυρού νερού, υπό υψηλή πίεση 2380-1725 kN/m², δια μέσου μιας ημιπερατής μεμβράνης. Το επεξεργασμένο νερό ή το διήθημα που περνά μέσα από την μεμβράνη είναι μετά διαθέσιμο για επαναχρησιμοποίηση. Το υπόλειμμα ή άλμη είναι ένα διάλυμα υψηλής περιεκτικότητας σε διάφορα άλατα και ακαθαρσίες, που πρέπει να διατίθενται και να διαχειρίζονται ως απόβλητο.

Τα υλικά κατασκευής μεμβρανών είναι η οξική σελλουλόζη ή παράγωγα του πολυαμιδίου. Έχει παρατηρηθεί σε πλήρους κλίμακας μονάδες RO ότι η επεξεργασία είναι επίσης, αποδοτική στην απομάκρυνση των περισσότερων διαλυμένων, μη πτητικών οργανικών υλικών και μικρού μοριακού βάρους ιχνών οργανικών ενώσεων, όπως μετρούνται κατά τις αναλύσεις TOC. Με αυτή τη διεργασία παράγεται εκροή με συγκέντρωση TOC < 1 mg/l.

Οι κύριες θεωρήσεις σχεδιασμού μιας μονάδας με διεργασίες RO περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- i. Προβλέψεις για προσθήκη χημικών στο νερό τροφοδοσίας: α) Απολυμαντικό για τη μείωση του σχηματισμού βιομάζας στη μεμβράνη. Όταν χρησιμοποιείται χλώριο ως απολυμαντικό των επεξεργασμένων εκροών, τότε ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της μεμβράνης απαιτείται αποχλωρίωσή τους πριν από την εφαρμογή τους στη μονάδα RO. β) Εξαμεταφωσφορικό νάτριο για την ελάττωση των προβλημάτων καθαλατώσεων. γ) Θειικό οξύ για ρύθμιση του pH στο 5.8.
- ii. Ρύθμιση της υδραυλικής (επιφανειακής) φόρτισης σε $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$.

6. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

6.1 ΣΚΟΠΟΣ – ΜΕΘΟΔΟΙ

Σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών (μ/ο), ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών με τα νερά του αποδέκτη, στα οποία διοχετεύονται τα απόβλητα. Είναι το μοναδικό στάδιο στην επεξεργασία των αποβλήτων με αποκλειστικό σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μ/ο, αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στα άλλα στάδια επεξεργασίας.

Η περισσότερο διαδεδομένη και δοκιμασμένη μέθοδος απολύμανσης σε μια ΕΕΑΑ με ΠΑ είναι η χλωρίωση με υποχλωριώδες νάτριο. Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χλωρίωση, έχει το βασικό μειονέκτημα της δυσμενούς επίδρασης του χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον που διοχετεύονται τα χλωριωμένα απόβλητα.

Η επίδραση αυτή εκδηλώνεται άμεσα στις διάφορες μορφές ζωής (π.χ. ψάρια) λόγω της τοξικότητας του χλωρίου ή έμμεσα με το σχηματισμό οργανοχλωριούχων ενώσεων από την αντίδραση του χλωρίου με τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων, που πιθανολογείται ότι είναι καρκινογενές. Είναι λοιπόν προφανές ότι στο υδάτινο περιβάλλον δεν πρέπει να διοχετεύονται μεγάλες ποσότητες χλωρίου, που προκύπτουν από αλόγιστη χρήση του στη διαδικασία της χλωρίωσης.

Σήμερα γίνονται διάφορες προσπάθειες για τη βελτίωση της απόδοσης της χλωρίωσης, ώστε να αποφεύγεται η ανεξέλεγκτη χρήση και σπατάλη του χλωρίου. Στις προσπάθειες αυτές ανήκουν ορισμένες τεχνικές, όπως π.χ. η χρησιμοποίηση μετρητή υπολειμματικού χλωρίου, αλλά και περισσότερα δραστικά μέτρα, όπως π.χ. η αποχλωρίωση (συνήθως με διοξείδιο του θείου, και σπανιότερα με ενεργό άνθρακα) και η μη λειτουργία ή ακόμα και η παράλειψη εγκατάστασης χλωρίωσης (π.χ. η ΕΕΑΑ της Καβάλας),

όταν η δυνατότητα φυσικής μείωσης των παθογόνων μ/ο στο υδάτινο περιβάλλον, οι τοπικές συνθήκες και η χρήση του αποδέκτη το επιτρέπουν.

Το παραπάνω βασικό μειονέκτημα της χλωρίωσης έχει οδηγήσει σε προσπάθειες αντικατάστασής της από άλλες μεθόδους απολύμανσης, που είναι δραστικές χωρίς όμως να έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στις μεθόδους αυτές ανήκει η οζόνωση και η απολύμανση με υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι μέθοδοι της χλωρίωσης και αποχλωρίωσης με διοξείδιο του θείου, της οζόνωσης και της απολύμανσης με ακτινοβολία UV, οι οποίες θεωρείται ότι είναι οι περισσότερο κατάλληλες για ΕΕΑΑ με ΠΑ στην Ελλάδα.

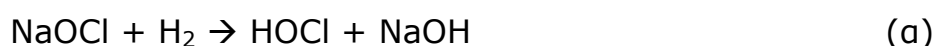
6.2 ΧΛΩΡΙΩΣΗ-ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗ

6.2.1 ΥΠΟΧΛΩΡΙΩΔΕΣ ΝΑΤΡΙΟ – ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ – ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟ ΧΛΩΡΙΟ

Το πιο συνηθισμένο απολυμαντικό μέσο είναι το υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl). Διατίθεται στο εμπόριο σε υγρή μορφή με περιεκτικότητα χλωρίου κατά βάρος μικρότερη από 15%.

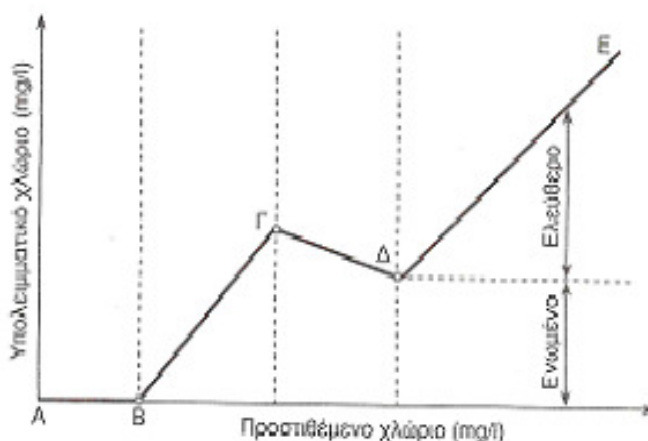
Ο τρόπος με τον οποίο το χλώριο περιέχεται στο NaOCl καταστρέφει τους μ/ο δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένος. Για τα βακτηρίδια η πιο πιθανή εξήγηση είναι ότι το χλώριο διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη τους και αδρανοποιεί ορισμένα ένζυμα που είναι απαραίτητα για την ζωή τους. Επειδή η αντίδραση χλωρίου – ενζύμων είναι αντιστρέψιμη σε χαμηλές συγκεντρώσεις χλωρίου, είναι δυνατόν τα ένζυμα να επανασχηματισθούν και να συνεχίσουν τη λειτουργία τους. Για τους ιούς και ορισμένους άλλους μικροοργανισμούς πιο πιθανή εξήγηση είναι ότι το χλώριο επιδρά κατευθείαν στα DNA και RNA του πυρήνα τους.

Η βασική, θεωρητική αντίδραση κατά τη διοχέτευση υποχλωριώδους νατρίου στο νερό είναι η ακόλουθη:



Το υποχλωριώδες νάτριο με το νερό σχηματίζει HOCl το οποίο είναι η βασικότερη μορφή χλωρίου που δρα ως απολυμαντικό μέσο στη διαδικασία και το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί ως “ελεύθερο χλώριο”.

Κατά τη διοχέτευση υποχλωριώδους νατρίου όχι στο νερό, αλλά στα επεξεργασμένα απόβλητα παρατηρείται ότι δεν πραγματοποιείται από την αρχή η παραπάνω αντίδραση, αλλά συμβαίνουν μια σειρά από διεργασίες με αποτέλεσμα το χλώριο να ακολουθεί την πορεία της γραμμής ΑΒΓΔΕ.



Σχήμα 15: Καμπύλη υπολειμματικού χλωρίου κατά τη χλωρίωση αποβλήτων

Τμήμα ΑΒ: Το χλώριο που διατίθεται καταναλώνεται αποκλειστικά για την οξείδωση των συστατικών των αποβλήτων χωρίς να περισσεύει για απολυμαντική δράση.

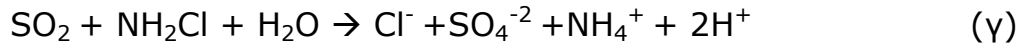
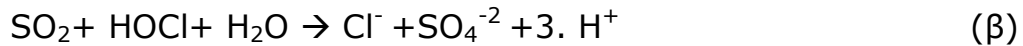
Τμήμα ΒΓ: Το χλώριο, που εξακολουθεί να προστίθενται, αντιδρά με την αμμωνία και τα αμμωνιακά άλατα που περιέχονται στα απόβλητα σχηματίζοντας ενώσεις, όπως χλωραμίνες και τριχλωριούχο άζωτο. Οι ενώσεις αυτές αποτελούν το «ενωμένο χλώριο» και είναι απολυμαντικές, αλλά όχι στο βαθμό που είναι το ελεύθερο χλώριο.

Τμήμα ΓΔ: Το χλώριο που προστίθενται οξειδώνει τις χλωραμίνες σε άζωτο και οξείδια του αζώτου και ανάγεται σε χλωριούχα. Η συγκέντρωση του «ενωμένου χλωρίου» μειώνεται.

Τμήμα ΔΕ: Το χλώριο που προστίθενται ακολουθεί την παραπάνω αντίδραση και παραμένει ως «ελεύθερο χλώριο» που είναι κυρίως υπεύθυνο για την απολυμαντική δράση της χλωρίωσης. Το σύνολο του «ελεύθερου» και του «ενωμένου» χλωρίου αποτελεί το υπολειμματικό χλώριο.

6.2.2 ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗ – ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

Οι συνολικές αντιδράσεις του διοξειδίου του θείου με το χλώριο και τις χλωραμίνες είναι οι ακόλουθες:



Από την αντίδραση (β) υπολογίζεται ότι θεωρητικά για την αποχλωρίωση 1 mg/l υπολειμματικού χλωρίου απαιτείται $(32+2 \times 16) / 2 \times 35.5 = 0.9$ mg/l διοξειδίου του θείου, ενώ στην πράξη έχει διαπιστωθεί ότι απαιτείται 1 mg/l.

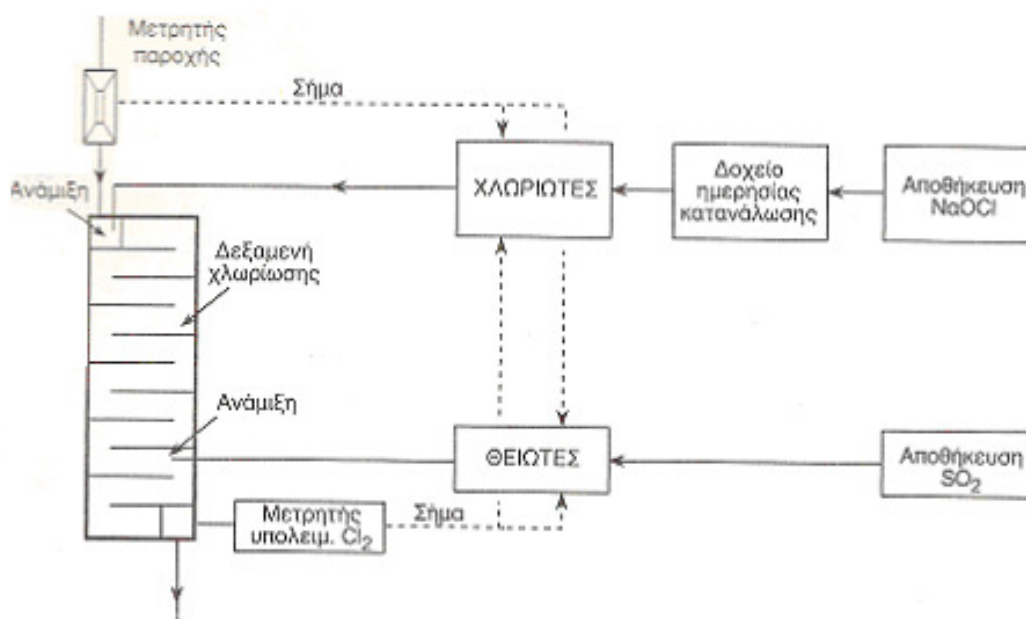
Ο λόγος του “ελεύθερου χλωρίου” προς το “ενωμένο χλώριο” στα απόβλητα πριν από την αποχλωρίωση (σχήμα 15) αποτελεί μια αρχική ένδειξη του αναμενόμενου βαθμού αποτελεσματικότητας της αποχλωρίωσης. Όταν ο λόγος αυτός είναι μικρότερος από 85% τότε είναι πιθανό να υπάρχουν σημαντικές ποσότητες οργανικού αζώτου στα απόβλητα, οι οποίες θα περιορίσουν την απόδοση της αποχλωρίωσης.

6.2.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ – ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗΣ

Ο εξοπλισμός ενός συστήματος χλωρίωσης – αποχλωρίωσης αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη (σχήμα 16).

Δεξαμενές αποθήκευσης υποχλωρίωδους νατρίου: Αυτές είναι συνήθως δύο, από ανθεκτικό υλικό και έχουν όγκο ικανό για αποθήκευση NaOCl 10-30 ημερών, ανάλογα με τη δυνατότητα συχνής ή όχι προμήθειας του NaOCl στην ΕΕΑΑ. Οι δεξαμενές αποθήκευσης είναι εξοπλισμένες με όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα (στηρίγματα, διάταξη εκκένωσης, θυρίδα επίσκεψης, δίκτυο πλήρωσης) ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής πλήρωσή τους από βυτιοφόρα οχήματα και η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας διαρροής (π.χ. με εγκιβωτισμό σε σκυρόδεμα του κάτω μέρους των δεξαμενών).

Δοχεία ημερήσιας κατανάλωσης: Είναι συνήθως δύο και έχουν όγκο για την αποθήκευση της ημερήσιας κατανάλωσης του NaOCl. Τροφοδοτούνται με σωλήνες με βαρύτητα από τις δεξαμενές αποθήκευσης. Τα δοχεία αυτά μπορεί και να παραλείπονται.



Σχήμα 16: Σχηματικό διάγραμμα ροής χλωρίωσης - αποχλωρίωσης

Δοσομετρικές αντλίες (χλωριωτές): Είναι διαφραγματικού τύπου με μεταβλητή παροχή. Οι αντλίες λειτουργούν συνέχεια δίνοντας παροχή NaOCl που είναι ανάλογη της παροχής των αποβλήτων στην ΕΕΑΑ (ώστε να διατηρείται η συγκέντρωση του χλωρίου στη ΔΧΛ στα επιθυμητά επίπεδα), σύμφωνα με το αναλογικό σήμα του μετρητή παροχής. Παράλληλα, μπορεί να λειτουργούν και δεχόμενες σήματα από τον μετρητή υπολειμματικού χλωρίου κατάντη της ΔΧΛ, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο η ποσότητα του διοχετευμένου χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον.

Όταν εφαρμόζεται αποχλωρίωση, ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με το σχήμα 16. Χαλύβδινοι κύλινδροι αποθήκευσης του υγροποιημένου υπό πίεση διοξειδίου του θείου. Δοσομετρικές διατάξεις (θειωτές) παροχέτευσης του διοξειδίου του θείου, ανάλογες των χλωριωτών. Διατάξεις διοχέτευσης του χλωρίου και του διοξειδίου του θείου σε θέσεις όπου εξασφαλίζεται η πλήρης ανάμιξη με κατάλληλα μέσα π.χ. με αναμικτήρες. Συστήματα ελέγχου των χλωριωτών και θειωτών με βάση το υπολειμματικό χλώριο και την παροχή.

Ο εξοπλισμός της χλωρίωσης και της αποχλωρίωσης εγκαθίσταται σε κατάλληλο κτίριο, που συνήθως αποτελείται από χωριστούς χώρους, όπου βρίσκονται:

- i. οι δεξαμενές αποθήκευσης του NaOCl,
- ii. οι κύλινδροι αποθήκευσης του διοξειδίου του θείου και
- iii. οι δοσομετρικές αντλίες με τα δοχεία ημερήσιας κατανάλωσης

6.3 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ ΟΖΟ

Το όζο έχει πολύ ισχυρότερη και ταχύτερη (300-3000 φορές) απολυμαντική και οξειδωτική δράση από το χλώριο για διάφορες τιμές θερμοκρασιών και pH, ενώ παράλληλα επιτυγχάνει αποτελεσματικότερη καταστροφή των ιών. Είναι όμως ασταθές και έτσι έχει μικρή διάρκεια απολυμαντικής δράσης με αποτέλεσμα να μην αφήνει υπολειμματικό όζο, αλλά και να απαιτεί την παρουσία της εγκατάστασης παραγωγής του στην ΕΕΑΑ.

Κατά την απολύμανση με όζο δεν δημιουργείται πρόβλημα τοξικότητας στον αποδέκτη που διοχετεύονται τα καθαρισμένα απόβλητα γιατί το υπολειμματικό όζο είναι ελάχιστο και διασπάται μέχρι τα επεξεργασμένα απόβλητα να καταλήξουν στον αποδέκτη. Το ίδιο ισχύει και για τις ισχυρά ασταθές τοξικές ουσίες, που είναι πιθανό να δημιουργηθούν κατά την οζόνωση. Παράλληλα, εξαιτίας της ισχυρής οξειδωτικής του δράσης μειώνονται οι οσμές, η θολότητα και το χρώμα, αυξάνεται το DO του αποδέκτη και καταστρέφονται και επικίνδυνες οργανικές ενώσεις που τυχόν περιέχονται στα απόβλητα, όπως π.χ. το μαλαθίο.

6.4 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ UV

Η υπεριώδης (UV) ακτινοβολία διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη των μ / σ και απορροφάται από τα κυτταρικά συστατικά τους (π.χ. τα DNA και RNA) εξοντώνοντάς τους ή καθιστώντας τους ανίκανους να πολλαπλασιαστούν. Η ακτινοβολία UV αποτελεί ένα φυσικό τρόπο απολύμανσης χωρίς να αναμένονται περιβαλλοντικές επιπτώσεις εφόσον δεν πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις.

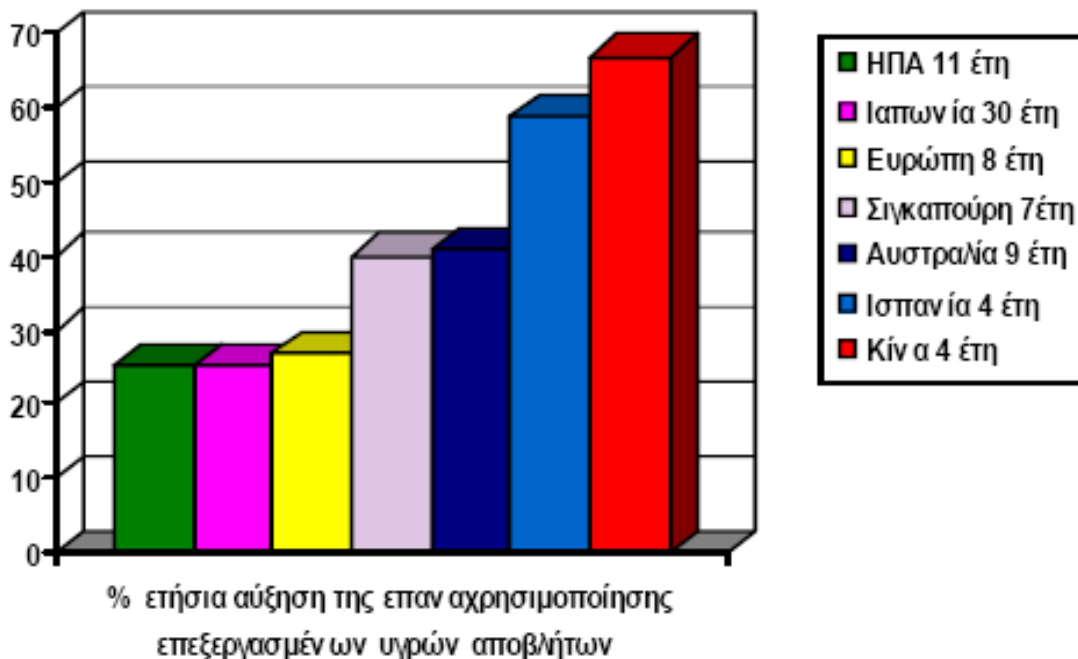
Για να είναι αποδοτική η ακτινοβολία UV θα πρέπει να έχουν αφαιρεθεί σε υψηλά ποσοστά από τα απόβλητα τα αιωρούμενα στερεά, ώστε να μην παρεμβάλλονται μεταξύ της πηγής της ακτινοβολίας και των μ / σ και να λειτουργούν ως «ασπίδες των μ / σ ». Για το λόγο αυτό συνιστάται πριν από την απολύμανση η διαδικασία της διύλισης, π.χ. με αμμόφιλτρα, για την απομάκρυνση – συγκράτηση των αερούμενων στερεών που απέμειναν στα απόβλητα μετά τη βιολογική επεξεργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΆΡΔΕΥΣΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, ιδιαίτερα για άρδευση καλλιεργειών, εφαρμόζεται στην πράξη επί αιώνες και φαίνεται ότι έχει τις ρίζες της στους αρχαίους Ελληνικούς πολιτισμούς (Angelakis and Spyridakis, 1996 και Angelakis *et al.*, 2005). Παρόλο, που η άρδευση με εκροές υγρών αποβλήτων, είναι παράλληλα και ένας αποτελεσματικός τρόπος επεξεργασίας (με μηδενική εκροή για τελική διάθεση), η εφαρμογή ενός ελαχίστου επιπέδου επεξεργασίας πριν την εφαρμογή τους στο έδαφος κρίνεται αναγκαία, ακόμη και στην περίπτωση άρδευσης κτηνοτροφικών, δασικών ή άλλων εκτάσεων με μηδενική ανθρώπινη επαφή.



Σχήμα 17: Ετήσια ποσοστιαία αύξηση της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων σε επτά χώρες.

Η προεπεξεργασία αυτή επιβάλλεται για λόγους προστασίας της δημόσιας υγείας, την αποφυγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την πρόληψη ζημιών στις καλλιέργειες και την απρόσκοπτη λειτουργία των αγωγών μεταφοράς και εφαρμογής (Asano).

Η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων αποτελεί μία ταχύτατα αυξανόμενη πρακτική κυρίως σε ξηρικές και ημιξηρικές περιοχές. Σχετικά έργα, σε αυξημένο μάλιστα αριθμό και έκταση, προγραμματίζονται και υλοποιούνται κάθε έτος σε αρκετές χώρες και ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, την Αυστραλία, το Ισραήλ, στην Ιαπωνία, στις χώρες του Μαγκρέμπ και της Νοτίου Αφρικής (σχήμα 17). Εξαιτίας των πλούσιων υδατικών αποθεμάτων της και των υφιστάμενων διαφορών μεταξύ των χωρών-μελών, η Ε.Ε. δεν έχει ασχοληθεί ιδιαίτερα μέχρι σήμερα με αντικείμενα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης νερού.

Οι ξηρασίες των τελευταίων ετών στην Ισπανία, στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες, θέτουν επιτακτικά το θέμα της ανακύκλωσης νερού. Εξάλλου, η έλλειψη νερού τοπικά και η διάχυτη ρύπανση σε όλη την Ευρώπη που επιτείνουν περιβαλλοντικά προβλήματα, έχουν ανανεώσει το ενδιαφέρον σε τέτοια αντικείμενα. Επομένως, η πρακτική αυτή αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω στο μέλλον, εξαιτίας της μείωσης της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων που προβλέπεται εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού και του βιοτικού επιπέδου του παγκοσμίως και της αύξησης της θερμοκρασίας.

Όπως προαναφέρεται δεσπόζουσα κατηγορία επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων είναι η άρδευση γεωργικών καλλιεργειών και χώρων πρασίνου και αναψυχής, καθώς τα θέματα της ποιότητας που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων είναι ευκολότερο να αντιμετωπισθούν στην άρδευση σε σχέση με τις υπόλοιπες χρήσεις (Angelakis and Tchobanoglous, 1995).

Σημειώνεται ότι με τις διαθέσιμες σήμερα τεχνολογίες είναι δυνατή η παραγωγή ακόμη και πόσιμου νερού από περιθωριακά νερά, όπως είναι οι εκροές υγρών αποβλήτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις, όμως θα πρέπει να λαμβάνονται και να εξετάζονται θέματα όπως είναι η προστασία της δημόσιας υγείας, το υψηλό κόστος επεξεργασίας και η κοινωνική αποδοχή.

Για κάθε ωφέλιμη χρήση εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων απαιτείται συγκεκριμένη ποιότητα νερού, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανοί κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτοί τελικά προσδιορίζουν τις απαιτούμενες διεργασίες και τεχνολογίες επεξεργασίας και φυσικά το απαιτούμενο κόστος. Επομένως, κάθε τύπος επαναχρησιμοποίησης απαιτεί ιδιαίτερα κριτήρια.

Τα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία και τη γεωργία είναι αμφιλεγόμενα, αφού η απαιτούμενη ποιότητα του νερού καθορίζεται από τις προδιαγραφές της κάθε βιομηχανικής και γεωργικής χρήσης. Αντίθετα, τα κριτήρια ποιότητας που πρέπει να πληρεί το ανακυκλωμένο νερό που προορίζεται για πόσιμη χρήση δεν είναι αμφιλεγόμενα, αλλά θέματα κοινωνικής αποδοχής και φυσικά επικινδυνότητας έχουν περιορίσει την εφαρμογή της.

Αντίθετα, τα κριτήρια για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων, παρόλο την συμπληρωματική επεξεργασία που περιλαμβάνουν κατά τη διήθηση και κατείδυση των εκροών, σήμερα στην Ε.Ε. και άλλες χώρες, αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό. Σε τέτοια συστήματα το ενδιαφέρον εστιάζεται κυρίως στα επίπεδα των συγκεντρώσεων νιτρικών, υπολειμμάτων, φυτοφαρμάκων και άλλων οργανικών ενώσεων, που υπάρχουν σε ίχνη στις εκροές αποβλήτων (Aertgeerts and Angelakis, 2003).

Η κατάσταση διαφοροποιείται στην περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης για άρδευση, καθώς επικρατεί έντονος προβληματισμός για τα κριτήρια ποιότητας, που πρέπει να εφαρμόζονται, κυρίως όσον αφορά τους παθογόνους οργανισμούς και πως αυτά μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης και την προοριζόμενη χρήση της αρδευόμενης καλλιέργειας (Asano and Levine, 1996). Οι βιομηχανικές χώρες προβάλλουν αυστηρές προδιαγραφές για την ποιότητα του νερού (συγκρίσιμες με αυτές του πόσιμου νερού), με τη βεβαιότητα ότι οι πιο ακριβές τεχνολογίες εξασφαλίζουν πιο υγιεινό νερό.

Αντίθετα, οι αναπτυσσόμενες χώρες που μαστίζονται από σοβαρή έλλειψη νερού και έλλειψη πόρων, επιδιώκουν με την εκπόνηση επιδημιολογικών μελετών να υπερασπιστούν και υιοθετούν τις ισχύουσες, λιγότερο αυστηρές, οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO).

Οι οδηγίες αυτές βασίσθηκαν στις επικρατούσες τάσεις σε αναπτυσσόμενες χώρες και ουσιαστικά θεωρούν όρια για τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια ($1000 \text{ FC}/100 \text{ cm}^3$) και τους εντερικούς νηματώδεις (αυγά $\leq 1/\text{L}$). Παρόλο που οι οδηγίες αυτές δεν εξειδικεύονται σε επιμέρους χρήσεις και παραμέτρους, αποτελούν ωστόσο ένα θετικό βήμα για περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης ανεπεξέργαστων ή πλημμελώς επεξεργασμένων εκροών. Η κύρια φιλοσοφία τους εστιάζεται στα όρια που θέτουν, ως εγγύηση για την ασφάλεια του νερού, που χρησιμοποιείται για άρδευση.

Επίσης, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι προκειμένου να έχουμε απευθείας επαναχρησιμοποίηση των ανεπεξέργαστων υγρών

αποβλήτων, οι προδιαγραφές του Π.Ο.Υ αποτελούν ένα αρχικό θετικό βήμα. Οι οδηγίες αυτές σήμερα τελούν υπό αναθεώρηση. Όμως η βασική φιλοσοφία τους δεν φαίνεται να μεταβάλλεται (Blumenthal *et al.*, 2000). Σημειώνεται ότι, οι οδηγίες του Π.Ο.Υ είναι πιο αυστηρές από τις οδηγίες της Ε.Ε., για το νερό κολύμβησης. Επίσης, ο Π.Ο.Υ εξέδωσε οδηγίες που αφορούν τα όρια επικίνδυνων οργανικών ενώσεων για την δημόσια υγεία που απορρέουν από την γεωργική χρήση εκροών και ιλύος υγρών αποβλήτων (Chang *et al.*, 1995).

Εξαιτίας των κινδύνων, που συνεπάγεται η επαναχρησιμοποίηση των εκροών των υγρών αποβλήτων για άρδευση, διάφορες χώρες έχουν θεσπίσει ή έχουν ξεκινήσει τις απαραίτητες διαδικασίες θέσπισης κριτηρίων επαναχρησιμοποίησής (Asano and Mujeriego). Οι κανονισμοί / οδηγίες διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των διαφόρων χωρών ή και ακόμη περιοχών (Asano, 1998). Ορισμένες υπηρεσίες, όπως το Συμβούλιο Νερού του Ισραήλ και το τοπικό Υπουργείο Υγείας της Καλιφόρνιας, έχουν θεσπίσει κανονισμούς ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για άρδευση σχετικά αυστηρούς.

Όμως, στις αναπτυσσόμενες χώρες τα κριτήρια που έχουν υιοθετηθεί για την προστασία της δημόσιας υγείας από κινδύνους που εγκυμονεί η χρήση ανακτημένων υγρών αποβλήτων, συχνά συνδέονται με τις δυνατότητες ανάπτυξης και χρήσης άλλων υδατικών πόρων. Σε αρκετές από αυτές τις χώρες δεν υπάρχουν καθορισμένα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και τα έργα ανάκτησης-επαναχρησιμοποίησης, αποτελούν ουσιαστικά, πηγές νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Σε άλλες περισσότερο αναπτυγμένες χώρες, το κύριο πρόβλημα της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων εντοπίζεται στην ελαχιστοποίηση των περιεχομένων στα ανεπεξέργαστα ή πλημμελώς επεξεργασμένα υγρά απόβλητα παθογόνα, όπως είναι οι εντερικοί νηματώδεις (IN), κυρίως η ταινία των αγελάδων, τα παράσιτα της οικ. *Ancylostomatidae* και τα ασκάρια (*Ascaris iumbricoides*). Αυτοί οι μολυσματικοί οργανισμοί είναι επικίνδυνοι για την υγεία των καλλιεργητών καθώς και των καταναλωτών των γεωργικών προϊόντων (Aertgeerts and Angelakis, 2003).

2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΘΕΣΠΙΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ

Κατά την θέσπιση οδηγιών ή κανονισμών, που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ένας μεγάλος αριθμός παραγόντων λαμβάνονται υπόψη. Οι κυριότεροι από αυτούς μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- *Προστασία δημόσιας υγείας.* Η χρήση επεξεργασμένων εκροών υγρών αποβλήτων δεν θα πρέπει να εγκυμονεί κινδύνους για την δημόσια υγεία. Για αυτό το σύνολο των οδηγιών επαναχρησιμοποίησης επικεντρώνονται στη προστασία της δημόσιας υγείας. Σε περιπτώσεις μη πόσιμων χρήσεων, οι κανονισμοί αναφέρονται κύρια στα όρια παθογόνων οργανισμών στο ανακυκλωμένο νερό. Ωστόσο, όταν σχεδιάζεται επαναχρησιμοποίηση για έμμεση πόση ή για εμπλουτισμό υδροφορέων που χρησιμοποιούνται για ύδρευση, τα επίπεδα διάφορων τοξικών οργανικών ενώσεων λαμβάνονται υπόψη θέτοντας μέγιστα όρια και απαιτούμενες διεργασίες επεξεργασίας πριν από την εφαρμογή.
- *Απαιτήσεις ποιότητας ανάλογα με την χρήση.* Ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση του, η ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού πρέπει να πληρεί ορισμένα φυσικοχημικά κριτήρια. Πολλές βιομηχανικές και άλλες εφαρμογές απαιτούν συγκεκριμένα επίπεδα φυσικών και χημικών παραμέτρων του νερού για την ομαλή και απρόσκοπτη χρήση του σε δεδομένες εφαρμογές. Όσον αφορά την άρδευση, ορισμένα συστατικά που βρίσκονται στο αρδευτικό νερό μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στην ανάπτυξη των αρδευόμενων καλλιεργειών ή καλλωπιστικών φυτών, το έδαφος και τους υποκείμενους υδροφορείς. Ωστόσο, όρια φυσικοχημικών παραμέτρων σπάνια συμπεριλαμβάνονται στα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης.
- *Περιβαλλοντικές θεωρήσεις.* Οι εκροές υγρών αποβλήτων δεν θα πρέπει να εγκυμονούν κινδύνους στην φυσική πανίδα και χλωρίδα στην περιοχή που γίνεται εφαρμογή τους. Ακόμη, φυσικοί υδατικοί αποδέκτες που δέχονται εκροές υγρών αποβλήτων δεν θα πρέπει να υποβαθμίζονται ποιοτικά.
- *Αισθητικοί λόγοι.* Εκροές υγρών αποβλήτων που προορίζονται για χρήσεις, όπως άρδευση πάρκων, καθαρισμό τουαλετών ή ψυχαγωγία, δεν θα πρέπει να διαφέρουν στη εμφάνιση τους από το φυσικό νερό. Δηλαδή, θα πρέπει να είναι διαυγείς, άχρωμες και άοσμες. Ακόμη, η χρήση ανακυκλωμένου νερού για ψυχαγωγία θα πρέπει να μην ευνοεί την ανάπτυξη αλγών.

- *Πολιτικοί λόγοι.* Νομοθετικές αποφάσεις, που σχετίζονται με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων επηρεάζονται από την υδατική πολιτική, την τεχνολογική εφαρμογή και το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των αναγκαίων έργων. Παρόλο, που οι νομοθετικές υπηρεσίες λαμβάνουν υπόψη το κόστος που συνεπάγονται οι κανονισμοί στις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων και στους χρήστες, αυτό δεν πρέπει να είναι σε βάρος της υγείας των πολιτών και της προστασίας του περιβάλλοντος.

2.1 ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΧΩΡΩΝ

2.1.1 ΣΕ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ Ε.Ε.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που περιορίζουν την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσόγειου είναι η απουσία ενός ενιαίου, διεθνούς ή έστω και περιφερειακού, νομοθετικού πλαισίου. Αξιοσημείωτη είναι η απουσία νομοθεσίας για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην Ε.Ε. Η μόνη αναφορά η οποία είναι αρκετά γενικόλογη γίνεται στην Οδηγία 91/271/ΕΚ "...περί της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων", όπου στο άρθρο 12, § 1 αναφέρεται ότι: «Τα επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται, όποτε είναι σκόπιμο».

Πολλές από τις αιτίες μη θέσπισης ενός ενιαίου Νομοθετικού πλαισίου έχουν ήδη αναφερθεί κατά την παρουσίαση και συναξιολόγηση της Οδηγίας του Π.Ο.Υ και του κανονισμού της Καλιφόρνιας. Ειδικότερα, για τον χώρο της Ε.Ε. σημαντική παράμετρος για την έλλειψη ενιαίας θεώρησης, είναι οι διαφοροποιήσεις στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων και στις χρήσεις τους μεταξύ των βορείων, των κεντρικών και των νοτίων χωρών-μελών της.

Στο πλαίσιο αυτό, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον όχι μόνο στη νότια Ευρώπη κυρίως, αλλά και σε χώρες της κεντρικής Ευρώπης. Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση εφαρμόζεται ήδη σε αρκετά εκτεταμένο επίπεδο στις Μεσογειακές χώρες-μέλη της Ε.Ε. Οι περισσότερες από τις χώρες αυτές, προωθούν τη θέσπιση κριτηρίων, συχνά όμως με τη μορφή όχι συγκεκριμένης, σε εθνική κλίμακα δεσμευτικής νομοθεσίας, αλλά με τη μορφή οδηγιών.

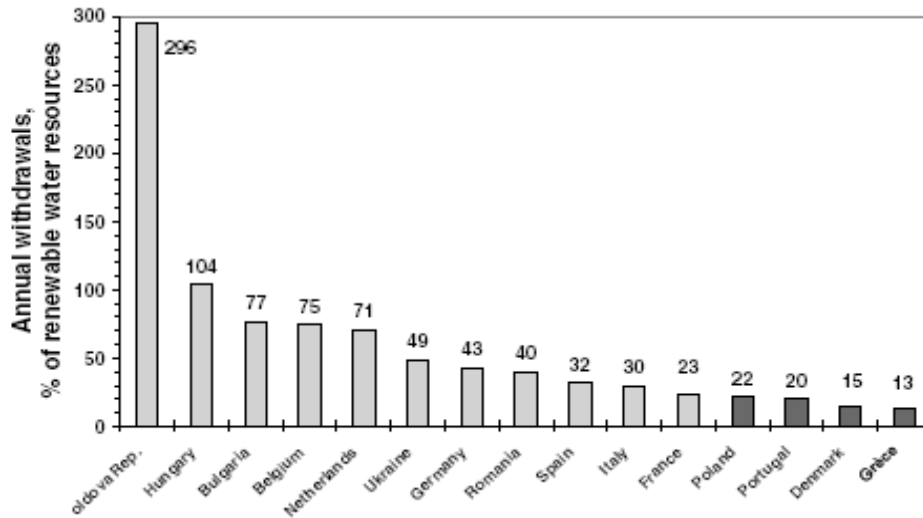
2.1.2 ΤΟ ΝΕΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΥΔΑΤΟΣ

Σύμφωνα με την ισχύουσα προοπτική για τη χρήση των αποθεμάτων νερού σε όλες τις ευρωπαϊκές περιοχές, οι υπάρχουσες οδηγίες πρέπει να επανεξεταστούν προσανατολισμένες προς μια καλύτερη διαχείριση νερού, ενώ παράλληλα να ελαχιστοποιούν τους περιβαλλοντικούς και υγειονομικούς κινδύνους.

Το νέο ευρωπαϊκό πλαίσιο ύδατος θα εφαρμόσει αυτήν την οδηγία, συμπεριλαμβάνοντας τις λεκάνες των ποταμών στις οποίες θα βασίζεται η διαχείριση και η ποιότητα των υδάτων. Αυτό συνεπάγει έναν καλύτερο μακροπρόθεσμο έλεγχο των αποβαλλόμενων ρυπογόνων.

Σε διάφορες χώρες, τα υδρολογικά σχέδια έχουν συνταχτεί (Ισπανία και Γαλλία) ή είναι στο στάδιο της κατάρτισης (Ελλάδα και Πορτογαλία). Αυτά τα σχέδια μπορούν να είναι αποτελεσματικά εργαλεία προς εφαρμογή αλλά τα υπάρχοντα: (α) δεν περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα σχέδια υδάτινων πόρων, (β) διέπονται από τη σημασία των βραχυπρόθεσμων απαιτήσεων, και (γ) ακόμα είναι προσανατολισμένα προς την αύξηση της διαθεσιμότητας ύδατος, απ' ό,τι προς την καλύτερη διαχείριση των απαιτήσεων ύδατος, παρά τις πρόσφατες προσπάθειες να εξεταστούν αυτές οι νέες προκλήσεις.

Κατά συνέπεια, η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου απόβλητου ύδατος θα μπορούσε να γίνει μια σημαντική επιλογή διαχείριση ύδατος και για να υποστυλώσουν τους συμβατικούς πόρους και για να μειώσουν την περιβαλλοντική επίδραση των ρυπογόνων απαλλαγών. Τέτοια επαναχρησιμοποίηση προβλέπεται μέσα στα κύρια προγράμματα ύδατος διάφορων χωρών και ήδη έχει εφαρμοστεί. Αν και, διάφορα τεχνικά και ρυθμιστικά ζητήματα παραμένουν να εξεταστούν για να διαπιστωθεί ότι δεν αποφέρουν καμία ανεπιθύμητη επίδραση στο περιβάλλον ή στη δημόσια υγεία. Επιπλέον, η λειτουργία επαναχρησιμοποίησης ύδατος απαιτεί ακόμα τον καλύτερο έλεγχο και την κατάλληλη κατάρτιση προσωπικού.



Σχήμα 18: Ετήσια κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών νερού ανά χώρα

2.1.3 ΣΕ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Σ' όλες τις χώρες της λεκάνης της Μεσογείου με εξαίρεση την Αλβανία και τις χώρες της τέως Γιουγκοσλαβίας, υπάρχει έκδηλο ενδιαφέρον σε μη συμβατικούς υδατικούς πόρους, όπως είναι οι εκροές που έχουν ανακτηθεί από επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα. Οι εφαρμοζόμενες πρακτικές επαναχρησιμοποίησης εκρών αστικών υγρών αποβλήτων σε χώρες της Μεσογείου αναφέρονται συνοπτικά στον Πίνακα 2. Μερικές απ' αυτές έχουν ήδη θεσπίσει κριτήρια κυρίως για χρήσεις που αφορούν την άρδευση (Πίνακας 3).

Χώρες	Αστική χρήση	Απεριόριστη γεωργική και βιομηχανική χρήση	Περιορισμένη γεωργική χρήση	Μη ανακύκλωση
Αλβανία				✓
Αλγερία ^α	✓			
Βοσνία και Ερζεγοβίνη				✓
Κροατία				✓
Κύπρος	✓	✓	✓	
Αίγυπτος	✓		✓	
Γαλλία	✓	✓	✓	
Ελλάδα	✓		✓	
Ισραήλ	✓	✓	✓	
Ιταλία		✓	✓	
Λίβανος			✓	
Λιβύη			✓	
Μάλτα			✓	
Μονακό				✓
Μαρόκο			✓	
Σλοβενία				✓
Ισπανία	✓	✓	✓	
Συρία			✓	
Τυνησία	✓	✓	✓	
Τουρκία			✓	

^α Μόνο για κτηνοτροφικά φυτά, βοσκές και δενδρώδης καλλιέργειες

Πίνακας 2: Πρακτικές επαναχρησιμοποίησης σε χώρες της Μεσογείου

Χώρες	Θεσμοθέτηση κριτηρίων	Σχεδιάζεται θεσμοθέτηση κριτηρίων	Δεν υφίστανται κριτήρια
Αλβανία			✓
Αλγερία ^α		✓	
Βοσνία Ερζεγοβίνη	και		✓
Κροατία			✓
Κύπρος	✓		
Αίγυπτος		✓	
Γαλλία	✓		
Ελλάδα ^β		✓	
Ισραήλ	✓		
Ιταλία	✓		
Λίβανο		✓	
Λιβύη		✓	
Μάλτα		✓	
Μονακό			✓
Μαρόκο		✓	
Σλοβενία			✓
Ισπανία ^γ	✓		
Συρία		✓	
Τυνησία	✓		
Τουρκία	✓		
^α Προγραμματίζεται εφαρμογή ^β Έχει ανατεθεί μελέτη ^γ Μόνο σε ορισμένες Περιφέρειες (Balearic, Andalusia)			

Πίνακας 3: Θεσμοθέτηση ή μη κριτηρίων σε χώρες της Μεσογείου

2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι περισσότερες μονάδες επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα λειτουργούν ικανοποιητικά και παράγουν εκροές που πληρούν τα κριτήρια πολλών αναπτυγμένων χωρών (Πίνακας 4). Ιδιαίτερα οι μονάδες που λειτουργούν από Επιχειρήσεις Ύδρευσης Αποχέτευσης ΔΕΥΑ, ΕΥΔΑΠ και ΕΥΑΘ) παράγουν εκροές υψηλής ποιότητας.

Παράμετροι	Τιμές που μετρήθηκαν (μέσοι όροι)								
	Αγ. Νικόλαος	Χερσόνησος	Ηράκλειο	Ρέθυμνο ^a	Χανιά ^b	Ρόδος	Χαλκίδα	Λαμία	Λάρισα
tp.e.	10,000-18,000	9,000-40,000	110,000	55,000-60,000	40,500	120,000	75,000	57.400	113,000
Qe (m ³ /d)	1,000-2,000	1,800-8,000	25,000	7,500	10,400	8,000	10,950	11.700	19,000
BOD ₅ (mg/L)	15.7	11.33	6-10	5-10	4	5-12	6-10	20	11.0
COD (mg/L)	54.0	53.84	10-20	35-45	29	25	12-21	50	28.00
TDS (mg/L)			900-1,000	1,400-1,600		500-2000	900-1100	-	-
SS (mg/L)	20.0	7.66	5-10	10-15	8		4-5	12	20.00
NTU				5-10			>1	18	
EC (dS/m)		2.59	1.5-1.6	2.2-2.5			1.35-1.93	0.90	
SAR							5.3-5.7	-	
pH	7.7	7.32	7.5-7.8	7.5-8.0	7.50	7.60	7.3-7.7	8.03	7.80
TKN (mg/L)			15-25	2-3	4.50	-	6-10	13.5	-
NH ₄ -N (mg/L)	2.1	0.52	3.0-6.0	0.3-1.0	0.40	0.50	7	3.3	3.00
NO ₃ -N (mg/L)	0.9	5.42	4.0-8.0	0.3-1.0	7.10	3.50	3.5	2.0	7.50
NO ₂ -N (mg/L)				0.1-0.2	0.47	-	>0.5		-
Total P (mg/L)		6.06	10-15	3-7	7.90	7.6	5.4	2.5	8.00
Total K (mg/L)		27.51					8.58	7.1	
Cl ⁻ (mg/L)		576.13		500		200-1400	400-500	60	
B (mg/L)		0.36					0.03		
Cd (mg/L)		0.0043					>0.001	0.104	
Cu (mg/L)		0.018			0.013		0.0015	52.5	
Fe (mg/L)					0.15		0.08	0.20	
Mn (mg/L)					0.02		0.01		
FC (MPN/100 cm ³)		446.75	0	10 ⁶	50-500		0		
TC (MPN/100 cm ³)	1,000	1702.56	0-30	2.3 x 10 ⁷			4		

^a Χαλκίδα απολύμανση

Πίνακας 4: Ποσοποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα

Γενικά η διαχείριση των αστικών 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 μ' αυτή της Ε.Ε. Σύμφωνα με αυτήν, έχουν τεθεί χρονικά όρια προσαρμογής και τήρησης των όρων επεξεργασίας.

Στην Ελλάδα το νομοθετικό πλαίσιο των υδατικών πόρων χαρακτηρίζεται από πολυνομία, αντιφατικότητα και έλλειψη εκσυγχρονισμού. Ο Ν. 1739/87 (Υπουργείο Ανάπτυξης), αποτελούσε το βασικότερο νομοθέτημα που έχει εκδοθεί στον τομέα διαχείρισης των υδατικών πόρων. Ο Νόμος αυτός κατήργησε 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". Αυτός διαμόρφωσε ένα νέο θεσμικό πλαίσιο και τους αναγκαίους μηχανισμούς για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας μας το οποίο όμως δεν έτυχε ουσιαστικής εφαρμογής.

Πρόσφατα, ο τελευταίος Ν.3199/03, επιχειρεί την εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας υδατικών πόρων με την οδηγία 60/2000/EC (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2003). Όμως, ούτε ο Νόμος αυτός αναφέρεται σε αντικείμενα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Έτσι, το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία των οικοσυστημάτων, που εξαρτάται από αυτούς στην Ε.Ε. διέπεται από αυτή την οδηγία (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 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. 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 των Χωρών μελών της Ε.Ε., πιθανόν να υπάρξει σχετική ολιγωρία και καθυστέρηση νομοθετικής ρύθμισης.

Με το δεδομένο ότι τα ανακτώμενα και επαναχρησιμοποιούμενα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα αποτελούν έναν νέο υδατικό πόρο και μία σταθερή πηγή νερού για άρδευση, θα ήταν δυνατό:

- i. Να υπάρξει νομοθετική τροποποίηση του Ν. 3199/03, έτσι, ώστε να προβλεφθεί η διαχείρισή τους με τρόπο που να εναρμονίζεται με τα προαναφερθέντα στη ενότητα των νομικών θεμάτων που

συνδέονται με αυτά (σύστημα αδειοδότησης, περιορισμοί κατά χρήση, αποζημιώσεις, μηχανισμοί τιμολόγησης, έκδοση κανονισμών λειτουργίας και διαχείρισης για κάθε έργο ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης και άλλα).

- ii. Να εκδοθεί υγειονομική διάταξη με βάση τη διεθνή εμπειρία και τεχνογνωσία, που να ορίζει τις προδιαγραφές καταλληλότητας εκροών υγρών αποβλήτων.
- iii. Να ληφθεί υπόψη ότι μια νέα Οδηγία για τα βιοστερεά που παράγονται από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων προωθείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Η ενσωμάτωση της παραπάνω Οδηγίας στο Ελληνικό δίκαιο θα μπορούσε να συμπεριλάβει και την επαναχρησιμοποίηση των εκροών, αφού και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για αξιοποίηση προϊόντων των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Είναι αξιοσημείωτο ότι στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κριτήρια διάθεσης για δευτεροβάθμια εκροή βάσει απόφασης των υπουργείων εσωτερικών και δημόσιας υγείας του 1965 (Υπουργεία Εσωτερικών και Δημόσιας Υγείας, 1965), στα οποία δεν γίνεται αναφορά σε θέματα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης.

Επίσης, όπως προαναφέρεται δεν υπάρχουν κανονισμοί για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών σε επίπεδο Ε.Ε.. Έτσι, η ανάγκη για τη ανάπτυξη και εφαρμογή κανονισμών για την ανακύκλωση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο είναι εμφανής (EC, 2000).

2.2.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΧΕΔΙΟ

Στην Ελλάδα, όπως, και σε άλλες χώρες του κόσμου, έχει υιοθετηθεί η πρακτική της ανακύκλωσης εκροών υγρών αποβλήτων προοδευτικά χωρίς την απαρχή θεσμοθέτηση σχετικών κριτηρίων (Αγγελάκης και άλλοι, 2000). Όμως, σήμερα, όπως προαναφέρεται, πολλές χώρες έχουν θεσπίσει εθνικές οδηγίες ή κανονισμούς προσαρμοσμένες στις τοπικές, κοινωνικοοικονομικές και φυσικές συνθήκες ή έχουν εναρμονισθεί με αυτές των διεθνών οργανισμών (WHO, USEPA, FAO και άλλων).

Στη χώρα μας οι βασικές χρήσεις που ενδιαφέρουν είναι η άρδευση καλλιεργειών και χώρων πρασίνου (πρανών δρόμων, πάρκων κ.ά.) και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων για την προστασία τους κυρίως από την υφαλμύριση. Για κάθε κατηγορία όμως, θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ποσοτικοποιητικά κριτήρια καθώς, επίσης και κάθε ιδιαίτερη θεώρηση σε περιπτώσεις που μια

παραδοσιακή υδατική πηγή, αντικαθίσταται με ανακτώμενο νερό από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Όπως είναι φυσικό, ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται σε χρήσεις 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 στις επιμέρους χρήσεις (όπως είναι η άρδευση εδώδιμων και βιομηχανικών φυτικών ειδών).

Προσφάτως, ομάδα ειδικών στην ανακύκλωση του νερού πρότεινε διεθνής οδηγίες για την ανακύκλωση του νερού βασιζόμενες στις προκαταρκτικές οδηγίες της Αυστραλίας (Angelakis *et al.*, 1999). Οι οδηγίες αυτές είναι βασισμένες στον αριθμό των κοπρανώδων κολοβακτηριδίων και στο επίπεδο επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Στην Ελλάδα έχει πραγματοποιηθεί προκαταρκτική μελέτη για ανάπτυξη και εφαρμογή κριτηρίων ποιότητας (Tsagarakis *et al.*, 2004). Αυτά τα κριτήρια συνοψίζονται στον Πίνακα 5. Τα κριτήρια αυτά βασίζονται σε όμοιες αρχές με αυτές άλλων χωρών και διεθνών οργανισμών (Gerba and Rose, 2002 και Anderson *et al.*, 2001).

Σε οποιαδήποτε εφαρμογή των προτεινόμενων κριτηρίων του, θα πρέπει να θεωρούνται τα παρακάτω σχόλια:

- i. Να εξετάζονται κατά ελάχιστο 4 δείγματα.
- ii. Να πληρείται η κατανομή Student t.
- iii. Οι τιμές για τα κριτήρια αυτά θα πρέπει να πληρούνται τουλάχιστο στο 80% των δειγμάτων ανά μήνα, βάσει μέσων τιμών τους.
- iv. Απαιτείται έλεγχος οσμών στις περιπτώσεις εφαρμογής στην επιφάνεια του εδάφους και σε περιοχές που γειτνιάζουν με αστικές περιοχές.
- v. Δεν απαιτούνται κριτήρια για άρδευση στην περίπτωση της υποεπιφανειακής εφαρμογής.
- vi. Για την άρδευση αγροτικών εκτάσεων θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση χλωρίου για απολύμανση των εκροών. Επιπλέον θα πρέπει να θεωρηθεί: (i) ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων, (ii) αποθήκευση της εκροής με στόχο την επιπλέον επεξεργασία και την αύξηση της διαθεσιμότητας και (iii) παρακολούθηση της ποιότητας με προγραμματισμένες

δειγματοληψίες σε συγκεκριμένες θέσεις, συχνότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

- vii. Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ανακυκλωμένα υγρά απόβλητα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για άρδευση φυτών που δεν καταναλώνονται από τον άνθρωπο.

No	Κριτήρια ποιότητας νερού	Προτεινόμενες χρήσεις
1η	I.N. ^a ≤0.1 eggs/L FC ≤10 cfu/100 ml ^b TSS ≤10 mg/L	(α) Αστικές περιοχές με μεγάλη πρόσβαση του κοινού, (β) Σε καζανάκια τουαλέτας και κλιματισμό, (γ) Πλύση αυτοκινήτων και (δ) Απεριόριστη άρδευση
2η	I.N. ≤1 eggs/L FC ≤30 cfu/100 ml ^γ TSS ≤ 20 mg/L	(α) Τεχνητές λίμνες, υδατικά σώματα, και ρυάκια με υψηλή πρόσβαση του κοινού ^δ (β) Σιντριβάνια, τεχνητές πηγές και άλλοι χώροι αναψυχής, (γ) Καθαρισμός δρόμων και άρδευση καλλιέργειών, που φυτικά τους μέρη καταναλώνονται νωπά (που όμως δεν έρχονται σε επαφή με το αρδευτικό νερό) ^ε .
3η	I.N. ≤1 eggs/L FC ≤100 cfu/100 ml ^{στ} TSS ≤35 mg/L	(α) Άρδευση σανοδοτικών φυτών ^ζ , φυτών που προορίζονται για κονσερβοποίηση και λαχανικών που καταναλώνονται μαγειρεμένα, φυτόρια και άλλα, και (β) Υδατοκαλλιέργειες (Aquaculture).
4η	I.N. ≤1 eggs/L FC ≤10.000 cfu/100 ml TSS ≤35 mg/L	(α) Άρδευση δασικών εκτάσεων, βιομηχανικές περιοχές και ζώνες πρασίνου όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού, (β) Βιομηχανική χρήση (εκτός βιομηχανίες τροφίμων) ^η , και (γ) Τεχνητές λίμνες, σώματα νερού και ρέματα όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού ^δ .
5η	I.N. ≤1 eggs/L FC ≤100 cfu/100 ml TSS ≤10 mg/L	Εμπλουτισμός υδροφορέων με απευθείας έκχυση ^θ και/ή επιφανειακή εφαρμογή ^{δ,ι}

^a I.N.: περιλαμβάνουν τις παρακάτω οικογένειες: *Strongyloides*, *Trichostrongylus*, *Toxocara*, *Enterobius*, και *Capillaria*. Δεν είναι εφαρμόσιμα όρια για τις περισσότερες χρήσεις.

^b Βασιζόμενη σε εβδομαδιαίες μέσες τιμές με καθημερινή δειγματοληψία. Κανένα δείγμα δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 30 cfu/100 ml για τα FC.

^γ Βασιζόμενη σε εβδομαδιαίες μέσες τιμές με καθημερινή δειγματοληψία. Κανένα δείγμα δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 100 cfu/100 ml για τα FC.

^δ Θα πρέπει να καθορισθούν όρια και για τα NO₃⁻ και τον TP, όπως TN≤15 και ≤50 mg/L για εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα, απευθείας έκχυση και επιφανειακή εφαρμογή, αντίστοιχα και NO₃≤100 mg/L για λίμνες και υδατικά ρέματα.

^ε Δεν επιτρέπεται η χρήση συστημάτων καταιονισμού. Σε περίπτωση εφαρμογής της εκροής με υποεπιφανειακή άρδευση δεν εφαρμόζονται όρια για τα FC, αρκεί η εκροή να έχει δεχτεί δευτεροβάθμια επεξεργασία.

^{στ} Βασιζόμενη σε εβδομαδιαίες μέσες τιμές με καθημερινή δειγματοληψία. Κανένα δείγμα δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 1000 cfu/100 mL για τα FC.

^ζ Θα πρέπει να απαιτηθούν όρια για *Taenia sp.* (<1 eggs/L).

^η Θα πρέπει να απαιτηθούν όρια για βιομηχανική ψύξη αναφορικά με *Legionella phennoiphila*.

^θ Στην περίπτωση της απευθείας έκχυσης σε υδροφορέα που χρησιμοποιείται για πόσιμη χρήση θα πρέπει να εφαρμόζονται τα κριτήρια για το πόσιμο νερό.

^ι Απαιτείται ελάχιστο βάθος του υδροφορέα 5 m.

Πίνακας 5: Προτεινόμενα ελάχιστα μικροβιολογικά και φυσικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών στην Ελλάδα

3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΓΙΑ ΆΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ ΑΠΟΒΛΗΤΟ ΝΕΡΟ

3.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Ο σκοπός της επαναχρησιμοποίησης είναι η διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων ως αρδευτικό νερό. Οι βασικές συνιστώσες ενός συστήματος επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση είναι:

1. το είδος της καλλιέργειας
2. τα χαρακτηριστικά της περιοχής
3. η μέθοδος της άρδευσης και
4. η πρακτική της άρδευσης
5. τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού

Ο αντικειμενικός στόχος της επαναχρησιμοποίησης είναι η διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων, μετά μια πρόσθετη – τεταρτοβάθμια επεξεργασία με σκοπό τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της καλλιέργειας, όχι μόνο από ποσοτική, αλλά και από ποιοτική άποψη. Ο στόχος αυτός πρέπει να επιτευχθεί χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και με μια σειρά περιορισμούς που εξασφαλίζουν:

1. την προστασία της δημόσιας υγείας και
2. την προστασία του αερίου, υγρού και εδαφικού περιβάλλοντος.

3.2 ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Η ελευθερία της επιλογής του είδους της καλλιέργειας δίδει τη δυνατότητα αποφυγής προβλημάτων στα φυτά αλλά και στην δημόσια υγεία. Επιλέγοντας μια καλλιέργεια ανθεκτική σε αλκαλιωμένα εδάφη και σε τοξικά συστατικά, περιορίζονται σημαντικά τα προβλήματα που μπορεί να προκληθούν στη καλλιέργεια. Επιλέγοντας επίσης μια καλλιέργεια που οι καρποί της δεν καταναλώνονται ωμοί ή δεν έρχονται σε επαφή με την αρδευόμενη επιφάνεια του εδάφους περιορίζονται οι κίνδυνοι προσβολής της δημόσιας υγείας. Σε περίπτωση που το είδος της καλλιέργειας είναι δεδομένο, η προσοχή στρέφεται στα χαρακτηριστικά των αρδευτικών νερών τα οποία πρέπει να υποστούν την απαραίτητη επεξεργασία, ώστε να ικανοποιούν τις απαραίτητες προδιαγραφές.

3.3 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της περιοχής είναι τα ακόλουθα:

1. Η τοπογραφία της περιοχής
2. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους
3. Η γεωλογικές συνθήκες της περιοχής
4. Τα υπόγεια νερά
5. Η χρήσεις γης
6. Το κλίμα της περιοχής

3.3.1 Η ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

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 δεν πρέπει να έχουν μεγάλες κλίσεις εδάφους καθόσον αυτές (α) ευνοούν τη διάβρωση του εδάφους, (β) οδηγούν σε ασταθείς εδαφικές συνθήκες, όταν το έδαφος είναι κορεσμένο, (γ) καθιστούν δύσκολη αν όχι αδύνατη την πραγματοποίηση της καλλιέργειας και (δ) καθιστούν αντισυμβαλλόμενη την άρδευση. Οι μέγιστες ανεκτές κλίσεις εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας. Για αρώσιμες καλλιέργειες οι κλίσεις του εδάφους μπορεί να είναι μέχρι 15%, για βοσκότοπους 15-20% (ανάλογα με την απορροή) και για δέντρα που αρδεύονται με καταιονισμό 15-30%.

Εκτός από την κλίση του εδάφους δεν πρέπει να υπάρχουν σημαντικές υψομετρικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων αρδευόμενων τμημάτων, γιατί μπορεί να οδηγήσουν σε (α) μεγάλη οικονομική επιβάρυνση, εξαιτίας των απαιτούμενων αντλήσεων και (β) σε δυσκολία υδραυλικής κατανομής του αρδευτικού νερού.

3.3.2 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος χαρακτηρίζεται από φυσικής, υδραυλικής, χημικής και μικροβιολογικής πλευράς. Τα βασικότερα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους είναι η μηχανική του σύσταση, η δομή (και η συνεκτικότητα) και το βάθος του.

Τα σημαντικότερα υδραυλικά χαρακτηριστικά είναι η διηθητικότητα και η υδραυλική αγωγιμότητα (ή διαπερατότητα). Από τα χημικά χαρακτηριστικά ιδιαίτερη σημασία έχουν το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και το ποσοστό του εναλλακτικού νατρίου (ESP).

Δευτερεύουσα σημασία έχουν η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC), ο διαθέσιμος φώσφορος, τα οργανικά συστατικά και σε ορισμένες περιπτώσεις το βόριο. Από μικροβιολογική άποψη, τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά είναι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

3.3.2.1 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η μηχανική σύσταση του εδάφους αναφέρεται στην κατανομή του μεγέθους των ανόργανων στερεών σωματιδίων του, τα οποία είναι η άμμος (μεγέθους 0,05 - 2,0 mm), η ιλύς (μεγέθους 0,002 - 0,05mm) και η άργιλος (μεγέθους μικρότερου από 0,002mm). Η μηχανική σύσταση του εδάφους προσδιορίζεται με τη μηχανική (ή κοκκομετρική) ανάλυση, που γίνεται με κοσκίνισμα, φυγοκέντρηση ή καθίζηση.

Με βάση την μηχανική τους σύσταση τα εδάφη χαρακτηρίζονται και ως ελαφριά (χαλαρά και χοντρόκοκκα) ή ως βαριά (σφικτά ή λεπτόκοκκα). Τα σφικτά εδάφη δεν αποστραγγίζονται καλά και κατακρατούν μεγάλες ποσότητες νερού για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε αντίθεση με τα χαλαρά εδάφη που μπορεί να δεχτούν μεγάλες ποσότητες νερών, τις οποίες όμως δεν κατακρατούν για αρκετά σημαντικό χρονικό διάστημα. Ιδανικά εδάφη για την περίπτωση άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα πρέπει να θεωρούνται τα μέσης χαλαρότητας, όπως π.χ. τα πηλώδη εδάφη.

Οι κόκκοι της άμμου και της ιλύος συνενώνονται σε συσσωματώματα με τη συγκολλητική δράση της αργίλου, των οργανικών συστατικών και των οξειδίων του σιδήρου και του μαγγανίου. Ως δομή του εδάφους εννοείται η μορφή και το μέγεθος των συσσωματωμάτων. Η δομή ενός εδάφους δείχνει την ικανότητά του για αποθήκευση, διήθηση, αερισμό και κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος. Ως συνεκτικότητα του εδάφους θεωρείται η ικανότητα των κόκκων του εδάφους να αντιστέκονται στο διαχωρισμό. Τα αμμώδη εδάφη έχουν μικρότερη συνεκτικότητα από τα αργιλώδη.

Το βάθος του εδάφους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το βάθος της ζώνης ριζοστρώματος της καλλιέργειας, δηλαδή του βάθους της ζώνης του εδάφους που καταλαμβάνεται από τον κύριο όγκο των ριζών των φυτών και από την οποία τα φυτά αντλούν σχεδόν όλο το νερό για την ανάπτυξή τους. Η ζώνη αυτή λειτουργεί ως αποθήκη-δεξαμενή του νερού, αλλά και ως αντιδραστήρας, όπου πραγματοποιούνται οι βιοχημικές αντιδράσεις. Κατά την εφαρμογή επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση, το βάθος θεωρείται ως επαρκές όταν είναι της τάξης των 0,6 - 1,0 m, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας.

3.3.2.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ως διήθηση θεωρείται η κατακόρυφη κίνηση του νερού διαμέσου της άνω επιφάνειας του εδάφους. Ως ταχύτητα διήθησης ή διηθητικότητα ορίζεται ο ρυθμός με τον οποίο εισέρχεται το νερό μέσα στο έδαφος μέσω της επιφάνειας, όταν υπάρχει περίσσεια νερού. Η διηθητικότητα για ένα συγκεκριμένο έδαφος εξαρτάται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό, και έχει την ελάχιστη τιμή όταν το έδαφος είναι κορεσμένο δηλαδή όταν οι πόροι του εδάφους είναι γεμάτοι με νερό.

Ως κορεσμένη υδραυλική αγωγιμότητα ενός εδαφικού στρώματος θεωρείται ο ρυθμός της κατακόρυφης κίνησης διαμέσου του εδαφικού ορίζοντα του στρώματος σε συνθήκες κορεσμού. Συνήθως, ένα έδαφος συνίσταται από διαδοχικά στρώματα διαφόρων ειδών εδαφών με διαφορετική υδραυλική αγωγιμότητα. Ιδιαίτερη σημασία έχουν η ελάχιστη υδραυλική αγωγιμότητα και η αγωγιμότητα του επιφανειακού στρώματος του εδάφους.

3.3.2.3 ΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα βασικότερα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους είναι το pH, η EC, το ESP, η CEC, ο διαθέσιμος φώσφορος, τα οργανικά συστατικά και σε ορισμένες περιπτώσεις το βόριο.

Συνήθως μετρούνται το pH, η EC και το CEC. Όταν αναμένονται μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου στα επεξεργασμένα νερά, τότε απαιτείται και η μέτρηση του ESP.

• Αλκαλίωση του εδάφους

Η επίδραση του νατρίου στα υδραυλικά χαρακτηριστικά του εδάφους (διηθητικότητα και υδραυλική αγωγιμότητα) και στις καλλιέργειες είναι σημαντική. Γενικά, εδάφη με ESP μεγαλύτερο από 15% χαρακτηρίζονται ως αλκαλιωμένα. Σε υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου σωματίδια αργίλου διασπείρονται στο έδαφος δημιουργώντας χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα, φτωχό αερισμό του εδάφους και γενικά υποβάθμιση των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους (σχηματισμός κρούστας με αποτέλεσμα την μειωμένη υδραυλική αγωγιμότητα). Το αποτέλεσμα είναι να μην είναι δυνατή η συγκράτηση των απαραίτητων αρδευτικών νερών και έτσι η άρδευση δεν είναι αποτελεσματική.

Στην περίπτωση αλκαλιωμένων εδαφών μπορεί να γίνει η εκσκαφή και αντικατάσταση του υποβαθμισμένου στρώματος εδάφους.

Παράλληλα, μπορεί να γίνει προσθήκη ασβεστίου στο έδαφος (το οποίο αντικαθιστά το νάτριο) και στη συνέχεια έκπλυση του εδάφους για να παρασυρθεί και να απομακρυνθεί το αφαιρούμενο νάτριο.

- **Αλάτωση του εδάφους**

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 φτωχό 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 (οσμωτική ρύθμιση). Το αποτέλεσμα είναι να μένει ολοένα και μικρότερη διαθέσιμη ενέργεια για την ανάπτυξη των φυτών, που οδηγεί φυσικά σε μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών.

Η αλατότητα των νερών του εδάφους εξαρτάται έντονα από τις απώλειες νερού εξαιτίας της εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή εξαιτίας της εξατμίσσης από τις επιφάνειες του εδάφους και των φυτών καθώς και από την αναπνοή των φυτών. Η εξατμισοδιαπνοή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιοχές με κλιματικές συνθήκες που συνδυάζουν υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλές υγρασίες. Όσο μεγαλύτερη είναι η εξατμισοδιαπνοή, τόσο μεγαλύτερες ποσότητες αλάτων συσσωρεύονται κοντά στις ρίζες των φυτών και αντίστοιχα τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος αλάτωσης του εδάφους.

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 και θείου στο έδαφος για τη μείωση του pH.

Σημειώνεται ότι στην αλατότητα των νερών του εδάφους είναι δυνατόν να συνεισφέρουν και τα υπόγεια νερά.

- **Το άζωτο στο έδαφος**

Το οργανικό άζωτο στα επεξεργασμένα απόβλητα (που μπορεί να διασπαστεί βιολογικά) μετατρέπεται στο έδαφος από αερόβιους και αναερόβιους μικροοργανισμούς σε αμμωνιακό άζωτο. Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί (α) να προσληφθεί από τα φυτά (β) να νιτροποιηθεί σε νιτρώδη και νιτρικά, (γ) να απορροφηθεί από τα αρνητικά φορτισμένα αργιλικά και οργανικά κολλοειδή του εδάφους ή (δ) να εξαερωθεί ως αμμωνία. Τα νιτρικά μπορεί (α) να προσληφθούν από τα φυτά, (β) να απονιτροποιηθούν (ως αέριο άζωτο) ή (γ) να εκπλυθούν.

Η πρόσληψη του αζώτου από τα φυτά εξαρτάται σημαντικά από τη συγκέντρωση των νιτρικών στο εδαφικό νερό το οποίο έρχεται σε επαφή και απορροφάται από τις ρίζες των φυτών. Το ποσοστό πρόσληψης του αζώτου εξαρτάται από την καλλιέργεια, το βάθος και την κατανομή του ριζικού συστήματος των φυτών, το βαθμό ανάπτυξης των φυτών, την ταχύτητα ροής του εδαφικού νερού στη ζώνη των ριζών και άλλους παράγοντες. Γενικά, το ποσοστό της πρόσληψης δεν υπερβαίνει το 50%. Στο εδαφικό νερό πρέπει να υπάρχει μια ελάχιστη συγκέντρωση νιτρικών η οποία εξασφαλίζει τις ανάγκες των φυτών σε άζωτο. Από παρατηρήσεις των Broadbent and Rauschkolb σε καλλιέργειες καλαμποκιού διαπιστώθηκε ανεπάρκεια αζώτου ακόμα και για συγκεντρώσεις νιτρικών σε εδαφικό νερό της τάξης των 10 – 13 mg/l.

Η νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου σε εδάφη με επαρκή αερισμό και υψηλές θερμοκρασίες είναι πολύ γρήγορη, κυμαινόμενη από 15 μέχρι 193 kg N/ha-day.

Η απορρόφηση του αμμωνιακού αζώτου από τα αρνητικά φορτισμένα αργιλικά και οργανικά κολλοειδή του εδάφους πραγματοποιείται σε όλα σχεδόν τα είδη εδάφους, εκτός από τα πολύ αμμώδη. Η απορρόφηση αυτή είναι προσωρινή διαρκώντας το πολύ μερικές εβδομάδες. Στη συνέχεια το απορροφημένο αμμωνιακό άζωτο νιτροποιείται.

Η εξαέρωση της αμμωνίας δεν είναι συνήθως σημαντική καθόσον τα αστικά απόβλητα έχουν pH της τάξης του 7. Μόνο όταν τα εδάφη είναι αλκαλικά (pH μεγαλύτερο από 7,5-8,5) και η άρδευση γίνεται με κατιονισμό μπορεί οι απώλειες του αζώτου εξαιτίας της εξαέρωσης της αμμωνίας να φτάσει σε σημαντικά επίπεδα (20%). Η πιθανότητα όμως της απορρόφησης της αερίου αμμωνίας από τα φύλλα των φυτών περιορίζει ακόμα περισσότερο τις απώλειες λόγω εξαέρωσης.

Η απονιτροποίηση των νιτρικών σε αέριο άζωτο γίνεται σε πολύ περιορισμένο βαθμό στο ανώτατο στρώμα του εδάφους βάθους περίπου 10 cm και είναι αμελητέα σε χαλαρά εδάφη με καλό αερισμό και χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικών.

Όσο από το άζωτο δεν προσλαμβάνεται από τα φυτά καταλήγει στα υπόγεια νερά. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται, ώστε η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στα υπόγεια νερά ποτέ να μην υπερβαίνει το όριο των 10 mg/l για λόγους υγείας.

• **Ο φώσφορος στο έδαφος**

Τα φωσφορικά των επεξεργασμένων αποβλήτων μπορεί (α) να προσληφθούν από τα φυτά (β) να δεσμευτούν από τη στερεή φάση του εδάφους σχηματίζοντας αδιάλυτα φωσφορικά άλατα με το αλουμίνιο, το σίδηρο και το ασβέστιο ή (γ) να αποδεσμευτούν κατά τη διάβρωση του εδάφους, π.χ. από τα νερά της απορροής.

Γενικά, το μεγαλύτερο μέρος του εφαρμοζόμενου φωσφόρου προσλαμβάνεται από τα φυτά ή δεσμεύεται στη στερεή φάση του εδάφους και ένα πολύ μικρό ποσοστό (περίπου 3%) απορρέει ή καταλήγει στα υπόγεια νερά, χωρίς γενικά να αναμένεται να δημιουργήσει προβλήματα ρύπανσης.

• **Τα μέταλλα στο έδαφος – Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων**

Τα μέταλλα που βρίσκονται σε αερούμενη μορφή δεσμεύονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους με την διαδικασία της διήθησης. Όταν τα μέταλλα βρίσκονται σε διαλυμένη μορφή, αυτά δεσμεύονται στο έδαφος κυρίως με τις διεργασίες της προσρόφησης και κατακρήμνισης. Τα ποσοστά δέσμευσης των μετάλλων στο έδαφος εξαρτώνται από την υφή του εδάφους, το pH, τα οργανικά συστατικά του εδάφους και τα περιεχόμενα σε άμορφα οξείδια του σιδήρου, αλουμινίου και μαγνητίου.

Γενικά, τα μέταλλα που βρίσκονται σε κατιονική μορφή (χαλκός, μόλυβδος, ψευδάργυρος, κάδμιο, νικέλιο και υδράργυρος), αλλά και αυτά σε ανιονική μορφή (οξείδια του αρσενικού, χρωμίου) δεσμεύονται τόσο περισσότερο στο έδαφος, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο και οξείδια του σιδήρου. Η φυσική κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα μέταλλα είναι συνάρτηση του pH. Όταν το pH είναι μικρότερο από 6,5 τα περισσότερα μέταλλα (σε κατιονική μορφή) βρίσκονται διαλυμένα

στα επεξεργασμένα απόβλητα, ενώ για μεγαλύτερες τιμές του pH βρίσκονται σε στερεή κατάσταση (υδροξείδια, οξείδια).

Από τα μέταλλα που διατίθενται στο έδαφος μόνο ένα μικρό ποσοστό τους, συνήθως μικρότερο από 10%, δεσμεύεται από τα φυτά.

Εναλλακτικά των περιοριστικών συγκεντρώσεων των μετάλλων στα επεξεργασμένα απόβλητα (πίνακας 6) η USEPA προτείνει και την εφαρμογή ενός δείκτη που εκφράζει τη συνολική επίδραση του καδμίου, του χαλκού, του νικελίου, του ψευδάργυρου και του μόλυβδου, που καλείται ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (Cation Exchange Capacity, CEC). Η CEC αποτελεί χαρακτηριστικό του εδάφους και μετριέται σε mg μετάλλου ανά 100 gr ξηρού εδάφους.

Μέταλλο	Συγκεντρώσεις στα απόβλητα		Ανώτατα όρια	
	Όρια	Μέση τιμή	Μακροχρόνια χρήση	Βραχυχρόνια χρήση
As	<0.005-0.023	<0.005	0.1	2
Cd	<0.005-0.15	<0.005	0.01	0.05
Cr	<0.005-1.2	0.02	0.05	5
Cu	<0.006-1.3	0.04	0.2	5
Hg	<0.0002-0.001	0.0005	–	–
Mo	0.001-0.018	0.007	0.01	0.05
Ni	0.003-0.6	0.004	2	
Pb	0.003-0.35	0.008	5	10
Se	<0.005-0.02	<0.005	0.02	1
Zn	0.004-1.2	0.04	2	10

Πίνακας 6: Συγκεντρώσεις μετάλλων (mg/l) στα επεξεργασμένα απόβλητα (i) μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία και (ii) ανώτατα όρια για άρδευση

Για διάφορες τιμές της CEC η USEPA προτείνει κατά τη διάθεση λάσπης από ΕΕΑΑ σε εδάφη μέγιστες τιμές επιφανειακής φόρτισης (kg/ha) για κάθε μέταλλο, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 7.

Μέταλλο	CEC<5	CEC=5-15	CEC>5
Cd	5	10	20
Cu	125	250	500
Ni	125	250	500
Zn	250	500	1000
Pb	500	1000	2000

Πίνακας 7: Μέγιστες τιμές επιφανειακής φόρτισης (kg/ha) για διάφορες τιμές CEC

Με βάση τις τιμές των πινάκων 5 και 6 μπορεί να υπολογισθούν οι μέγιστοι επιτρεπόμενοι χρόνοι εφαρμογής, δηλαδή οι χρόνοι μετά την πάροδο των οποίων γίνεται υπέρβαση του μακροπρόθεσμου ορίου που προτείνει η USEPA. Παραδείγματος χάριν, για το κάδμιο το οποίο μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία έχει μια μέση συγκέντρωση 0,005 mg/l (πιν 8-3) και θεωρώντας ένα ρυθμό εφαρμογής αρδευτικού νερού 1,2 m/ έτος προκύπτει η ετήσια επιβάρυνση του εδάφους σε κάδμιο ίση με $0.005 \times 1.2 \times 10 = 0.06$ kg/ha έτος. Θεωρώντας τη δυσμενέστερη περίπτωση που η CEC είναι μικρότερη από 5, σύμφωνα με τον πίνακα 8-5 η μέγιστη επιφανειακή φόρτιση είναι ίση με 5 kg/ha, οπότε ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος εφαρμογής για το κάδμιο υπολογίζεται ίσος με $5 / 0,06 = 83$ έτη. Δηλαδή, όσον αφορά το κάδμιο (που συνήθως είναι και το περιοριστικό μέταλλο) ένα έδαφος μπορεί να αρδεύεται για τουλάχιστον 83 έτη χωρίς να αναμένεται να παρουσιάσει πρόβλημα τοξικότητας στα φυτά.

3.3.2.4 ΟΙ ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Όταν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί διοχετεύονται με τα απόβλητα στο έδαφος παραμένουν σε αυτό για χρονικό διάστημα που ποικίλλει από μία ημέρα μέχρι μερικούς μήνες, ανάλογα με τις συνθήκες και το είδος του μικροοργανισμού. Η παραμονή και επιβίωση των εντερικών βακτηριδίων στο έδαφος δεν ευνοείται από τις χαμηλές τιμές υγρασίας εδάφους, τις χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικών, τις εξαιρετικά όξινες ή και εξαιρετικά αλκαλικές συνθήκες, την υψηλή

ακτινοβολία και τις υψηλές συγκεντρώσεις ανταγωνιστικών οργανισμών. Η παρουσία των ιών στο έδαφος κυμαίνεται από 25 μέχρι 170 ημέρες, με τις χαμηλότερες τιμές να παρατηρούνται σε υψηλές τιμές συγκεντρώσεων αλάτων χλωρίου και αμμωνίας, υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές τιμές pH.

Οι περισσότερες μελέτες που έχουν γίνει δείχνουν ότι η παρουσία των παθογόνων μικροοργανισμών περιορίζεται σε λίγα εκατοστά του επιφανειακού στρώματος του εδάφους και έτσι πολύ σπάνια και όταν το επιτρέπουν ειδικές γεωλογικές συνθήκες (π.χ. ύπαρξη ρηγμάτων) μπορεί να προκληθεί μόλυνση των υπόγειων νερών.

3.3.3 ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί και ασυνέχειες μπορεί να δημιουργήσουν διόδους στην πορεία των αρδευτικών νερών προς τα υπόγεια νερά. Έτσι, όταν π.χ. κάτω από το επιφανειακό έδαφος υπάρχει βραχώδης έδαφος με ρήγματα, όπως π.χ. ασβεστόλιθος, τότε τα νερά καταλήγουν γρήγορα στον υπόγειο ορίζοντα. Οι γεωλογικές συνθήκες δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία όταν το βάθος του εδάφους είναι αρκετό για τη συγκράτηση του νερού και των απαραίτητων συστατικών του.

3.3.4 ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

Το βάθος του υπόγειου ορίζοντα και η ποιότητα των υπόγειων νερών έχουν ιδιαίτερη σημασία. Όταν ο υπόγειος ορίζοντας βρίσκεται υψηλά μπορεί να επιδράσει σημαντικά στην ανάπτυξη των καλλιεργειών και στην μακροπρόθεσμη διήθηση των αρδευτικών νερών, ενώ παράλληλα απαιτείται και υπόγεια αποστράγγιση. Γενικά, κατά την άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα προτιμούνται υπόγειοι ορίζοντες με βάθη μεγαλύτερα από 0,9 – 1,2 m.

3.3.5 ΟΙ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΖΟΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Οι χρήσεις γης έχουν σημαντική σημασία για την επιλογή μιας περιοχής για άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα, η οποία θα πρέπει να έχει αντικειμενικό στόχο που εναρμονίζεται με τους στόχους των σημερινών και μελλοντικών χρήσεων της περιοχής.

3.3.6 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ως σημαντικοί κλιματικές παράμετροι θεωρούνται οι κατακρημνίσεις, η εξατμισοδιαπνοή, η θερμοκρασία και ο άνεμος. Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν σημαντικά (α) το υδάτινο ισοζύγιο της καλλιέργειας, (β) τη χρονική διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης, (γ) τη χρονική διάρκεια της περιόδου μη – άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα, (δ) τις απαιτήσεις αποθήκευσης του αρδευτικού νερού και (ε) τις ποσότητες της αναμενόμενης απορροής.

3.4 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Οι βασικότεροι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόζονται είναι οι ακόλουθες:

- i. Άρδευση με καταιονισμό.
- ii. Επιφανειακή άρδευση
- iii. Τοπική άρδευση

Στη μέθοδο του καταιονισμού το νερό εκτοξεύεται υπό πίεση από κατάλληλους εκτοξευτήρες και διαβρέχει, όπως η βροχή όλη την επιφάνεια του εδάφους ή τα φύλλα της καλλιέργειας. Πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί η δυνατότητα σχεδόν πλήρους αυτοματοποίησης, ενώ το βασικότερο μειονέκτημά της είναι η μεταφορά αερίων σταγονιδίων (aerosols) από τον άνεμο, που μπορεί να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς.

Κατά συνέπεια η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί την συστηματικά καλή ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων, που πρέπει να έχουν υποστεί τουλάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία και πρόσθετη απολύμανση.

Η επιφανειακή άρδευση μπορεί να γίνει με κατάκλυση (το νερό διοχετεύεται σε επίπεδες λεκάνες και διηθείται κατακόρυφα), με περιορισμένη διήθηση (το νερό διοχετεύεται σε λωρίδες κάθετες στο αυλάκι προσαγωγής και διηθείται κατακόρυφα) ή με αυλάκια (το νερό διοχετεύεται σε αυλάκια με μικρή κατά μήκος κλίση και διηθείται κατακόρυφα και οριζόντια). Το σύστημα της επιφανειακής άρδευσης αυτοματοποιείται πολύ δύσκολα και έτσι απαιτεί την παρουσία εργατών. Παράλληλα, πρόβλημα αποτελεί η διάθεση των σημαντικών ποσοτήτων νερού που περισσεύουν μετά την άρδευση.

Η τοπική άρδευση μπορεί να γίνει με σταγόνες (στάγδην άρδευση) από κατάλληλες οπές (σταλλακτήρες) ή σταγονίδια με μικροεκτοξευτήρες. 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 της μεθόδου απαιτείται η πολύ καλή επεξεργασία των αποβλήτων, ώστε να μη φράζουν οι σταλλακτήρες ή οι μικροεκτοξευτήρες από την παρουσία των αιωρούμενων στερεών ή η δημιουργία στρωμάτων βακτηριδίων ή αλγών. Για τον λόγο αυτό απαιτείται συχνά η απομάκρυνση των SS σε σημαντικό βαθμό που επιτυγχάνεται συνήθως με διήθηση και αραιότερα η διοχέτευση χλωρίου στο σύστημα άρδευσης για την καταπολέμηση της δημιουργίας των βιολογικών στρωμάτων.

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.

3.5 Η ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Το βασικότερο ίσως χαρακτηριστικό της πρακτικής της άρδευσης είναι το αν αυτή είναι περιορισμένη, δηλαδή εφαρμόζεται για ορισμένα είδη καλλιεργειών ή απεριόριστη. Η περιορισμένη άρδευση, π.χ. για καλλιέργειες των οποίων οι καρποί δεν τρώγονται ωμοί προστατεύει θεωρητικά τη δημόσια υγεία, αλλά είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί στην πράξη. Η εφαρμογή της περιορισμένης άρδευσης γίνεται όταν υπάρχουν οι ακόλουθες συνθήκες:

- i. Εφαρμόζονται αυστηρά οι υπάρχοντες σχετικοί νόμοι και ελέγχεται η εφαρμογή τους.
- ii. Υπάρχει ειδική κρατική υπηρεσία που ελέγχει την διακίνηση των επεξεργασμένων αποβλήτων.
- iii. Υπάρχει κεντρική διαχείριση και έλεγχος του έργου άρδευσης.
- iv. Υπάρχει μεγάλη οικονομική απόδοση (έντονη ζήτηση και υψηλή τιμή πώλησης) των προϊόντων των περιορισμένων καλλιεργειών.
- v. Δεν υπάρχουν εναλλακτικές καλλιέργειες απεριόριστης άρδευσης με σχετικά σημαντική οικονομική απόδοση.

Είναι προφανές ότι η εφαρμογή της περιορισμένης άρδευσης είναι πολύ δύσκολη καθόσον απαιτεί την ύπαρξη αυστηρής νομοθεσίας, τη συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο των έργων, καθώς και την αυστηρή εφαρμογή των σχετικών νόμων. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η σωστή ενημέρωση των γεωργών και η προσπάθεια υποβοήθησής

τους με κάθε τρόπο ώστε να τους εξασφαλίζεται η σταθερή παραγωγή και η μεγαλύτερη απόδοση των περιορισμένων καλλιεργειών τους, ώστε να μην οδηγηθούν στην εφαρμογή καλλιεργειών απεριόριστης άρδευσης.

Για τις ελληνικές συνθήκες, δεν συνιστάται προς το παρόν η εφαρμογή της περιορισμένης άρδευσης. Κατά συνέπεια η προσπάθεια πρέπει αρχικά να στραφεί στην εξασφάλιση καλής ποιότητας αρδευτικού νερού, δηλαδή επεξεργασμένων αποβλήτων μετά από τουλάχιστον δευτεροβάθμια, αλλά και πρόσθετη τεταρτοβάθμια επεξεργασία.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της πρακτικής της άρδευσης είναι το αν χρησιμοποιείται στο αρδευτικό δίκτυο νερό προέλευσης διαφορετικής από επεξεργασμένα απόβλητα. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα των αρδευτικών νερών ή να εφαρμοστούν τα διαφορετικά είδη των αρδευτικών νερών σε διαφορετικές περιόδους, ανάλογα με τις ανάγκες και τη διαθεσιμότητα του καθενός.

Η ύπαρξη εναλλακτικής πηγής αρδευτικού νερού, ακόμα και με τη μορφή της εφεδρείας εξασφαλίζει και ψυχολογικά των αγρότη ότι ακόμα, και σε περίπτωση προβλήματος στην τροφοδότηση με επεξεργασμένα απόβλητα, δεν θα δημιουργηθεί πρόβλημα έλλειψης νερού στις καλλιέργειές του.

3.6 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για να χρησιμοποιηθούν τα επεξεργασμένα απόβλητα για άρδευση πρέπει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους να ικανοποιούν ορισμένα κριτήρια. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- i. *Η περιεκτικότητα σε άλατα ή αλατότητα:* Γενικά, δεν αναμένονται προβλήματα αλάτωσης του εδάφους, όταν η EC (ηλεκτρική αγωγιμότητα) είναι μικρότερη από 0,7, τα προβλήματα δεν αναμένονται να είναι σημαντικά όταν η EC κυμαίνεται από 0,7 μέχρι 3, ενώ κίνδυνος αλάτωσης του εδάφους υπάρχει όταν οι τιμές της EC υπερβαίνουν τα 3 dS/m.
- ii. *Η περιεκτικότητα σε νάτριο:* Ειδικά, για την περίπτωση χρησιμοποίησης αποβλήτων ως αρδευτικό νερό, συνιστάται η αντικατάσταση της συγκέντρωσης του Ca^{+2} σε τιμές με βάση το λόγο των συγκεντρώσεων $\text{HCO}_3^- / \text{Ca}$ και την EC. Τα επεξεργασμένα απόβλητα περιέχουν συνήθως, μεγάλες συγκεντρώσεις ασβεστίου, γεγονός όμως που δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα. Μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου μπορεί να είναι τοξικές σε ορισμένες καλλιέργειες. Για επιφανειακή άρδευση δεν αναμένεται κανένα πρόβλημα τοξικότητας για

τιμές SAR μικρότερες από 3, μικρό πρόβλημα για τιμές από 3 μέχρι 9 και σημαντικό πρόβλημα όταν η τιμή υπερβαίνει το 9.

- iii. *Η περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα, χλώριο και βόριο:* Για τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) γενικά, θεωρείται ότι δεν αναμένεται πρόβλημα για συγκεντρώσεις HCO_3^- μικρότερες από 90 mg/l, μικρό πρόβλημα για συγκεντρώσεις 90-500 mg/l, ενώ υπάρχει σημαντικό πρόβλημα για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 500 mg/l. Τα ιόντα χλωρίου σε μεγάλες συγκεντρώσεις δημιουργούν σημαντικά προβλήματα στην ανάπτυξη και βλάβες στα φύλλα δέντρων π.χ. λεμονιές, ακτινίδια και λιγότερο σημαντικά σε καλλιέργειες λαχανικών, σπόρων δημητριακών και φυτικών ινών. Για επιφανειακή άρδευση δεν αναμένεται κανένα πρόβλημα για τιμές συγκεντρώσεων μικρότερες από 140 mg/l, μικρό πρόβλημα για τιμές συγκεντρώσεων 140 - 350 mg/l και σημαντικό πρόβλημα για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 350 mg/l. Το βόριο βρίσκεται στα απόβλητα με τη μορφή βορικού οξέος. Προέρχεται συνήθως από απορρυπαντικά ή από βιομηχανικά απόβλητα. Δεν επηρεάζεται σημαντικά από την επεξεργασία των αποβλήτων. Αποτελεί απαραίτητο συστατικό των φυτών σε μικρές συγκεντρώσεις, αλλά μπορεί να είναι τοξικό σε σχετικά μεγάλες. Οι συγκεντρώσεις του στα επεξεργασμένα απόβλητα κυμαίνονται από 0,1 - 2,5 mg/l. Κατά συνέπεια μπορεί να υπερβούν το απαιτούμενο όριο των 1 - 2 mg/l για σχετικά ευαίσθητες καλλιέργειες και στις περιπτώσεις αυτές συνιστάται να ελέγχεται τακτικά η συγκέντρωση του βορίου.
- iv. *Η περιεκτικότητα σε μέταλλα:* Τα μέταλλα που περιέχονται στα απόβλητα καταλήγουν κατά την επεξεργασία στην παραγόμενη λάσπη και έτσι το πρόβλημα της διάθεσης ανάγεται στη διάθεση της λάσπης. Αυτό βέβαια, δεν σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις των μετάλλων μπορεί να θεωρούνται αμελητέες. Στα μέταλλα που είναι πιθανό να δημιουργήσουν πρόβλημα κατά την ανεξέλεγκτη εφαρμογή επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση ανήκουν κυρίως το κάδμιο, ο χαλκός, το μολυβδένιο, το νικέλιο και ψευδάργυρος. Τα μέταλλα αυτά μπορεί να γίνουν τοξικά στις καλλιέργειες, αλλά και στον άνθρωπο και τα ζώα μέσω της τροφικής αλυσίδας. Γι' αυτά τα μέταλλα, συνιστώνται μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις για μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη άρδευση, οι οποίες είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις τυπικές τιμές τους σε βιολογικά επεξεργασμένα απόβλητα. Έτσι αυτά τα μέταλλα, δεν αναμένεται να προκαλέσουν κάποιο πρόβλημα τοξικότητας.

- v. *Η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά:* Στα συστήματα άρδευσης με καταιονισμό τα αιωρούμενα στερεά (SS) μπορεί να προκαλέσουν βιολογικές διαταραχές στα φύλλα των καλλιεργειών, ενώ στα συστήματα άρδευσης με σταγόνες υπάρχει έντονος ο κίνδυνος έμφραξης των σταλλακτών με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του συστήματος και την ανομοιομορφία της κατανομής του αρδευτικού νερού.
- vi. *Η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά:* Τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στα επεξεργασμένα απόβλητα και τα οποία μπορεί να έχουν λιπασματική αξία για τα φυτά είναι κυρίως το άζωτο, ο φώσφορος, αλλά και το κάλιο, ο ψευδάργυρος, το βόριο και το θείο. Τα συστατικά αυτά όταν βρίσκονται σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τις ανάγκες των φυτών μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα.
- vii. *Η περιεκτικότητα σε παθογόνα συστατικά:* Για την προστασία της δημόσιας υγείας έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορες ανώτατες τιμές συγκεντρώσεων των παθογόνων βακτηριδίων, των σκώληκων, των πρωτόζωων και των ιών στα επεξεργασμένα απόβλητα. Αυτές οι τιμές θεωρείται ότι εξασφαλίζουν τη χωρίς δυσάρεστες επιπτώσεις εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα χωρίς όμως να βασίζονται συνήθως σε κάποια επιδημιολογική έρευνα με την οποία μπορεί να εκτιμηθούν πλήρως οι κίνδυνοι στη δημόσια υγεία. Οι τιμές αυτές ποικίλουν έντονα ανάλογα με τη χώρα, την περιοχή, το είδος της καλλιέργειας, το βαθμό επεξεργασίας των αποβλήτων και άλλους παράγοντες.
- viii. *Η περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά συστατικά:* Στα απόβλητα μπορεί να υπάρχουν σύνθετα οργανικά συστατικά (π.χ. χλωροφόρμιο, μαλαθίο κ.α.) τα οποία αν και βρίσκονται σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις θεωρείται ότι πιθανόν να είναι τοξικά ή και να εγκυμονούν κίνδυνο καρκίνου. Εξαιτίας των πολύ χαμηλών συγκεντρώσεών τους δεν αναμένεται να έχουν κάποια σημαντική περιβαλλοντική επίπτωση στην υγεία του ανθρώπου κατά την άρδευση.

3.7 ΤΕΤΑΡΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η πρόσθετη επεξεργασία που μπορεί να εφαρμοστεί μετά από την τριτοβάθμια επεξεργασία των αποβλήτων με σκοπό αυτά να χρησιμοποιηθούν ως αρδευτικό νερό συνίσταται από τις διεργασίες της διύλισης και της πρόσθετης απολύμανσης. Οι διεργασίες αυτές μπορεί να συνδυαστούν και με άλλες διεργασίες αποτελώντας την τεταρτοβάθμια ή πρόσθετη επεξεργασία.

Ένας συνδυασμός διεργασιών, που αποκαλείται "Διαδικασία του Title 22" συνίσταται από τις ακόλουθες διεργασίες:

- i. Προσθήκη χημικών (150 mg/l θειϊκό αργίλιο και 0,2 mg/l πολυμερή)
- ii. Κροκίδωση – συσσωμάτωση
- iii. Διύλιση
- iv. Καθίζηση
- v. Χλωρίωση με δόση χλωρίου 10 mg/l

Το σύνολο των παραπάνω διεργασιών εξασφαλίζει την πλήρη απολύμανση των αποβλήτων στον επιθυμητό βαθμό, δηλαδή μέχρι μηδενικής συγκέντρωσης ιών. Εκτός του ότι ο συνδυασμός αυτός είναι ιδιαίτερα αντιοικονομικός, προϋποθέτει και την συστηματικά υψηλή απόδοση της δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας που προηγείται στα επίπεδα των 14 – 22 mg/l SS, θολότητας 7 – 9 NTU και 40 - 80 mg/l COD. Όταν οι τιμές της θολότητας των επεξεργασμένων αποβλήτων είναι μικρότερες από 7 – 9 NTU, έχει παρατηρηθεί ότι επιτυγχάνεται στην εκροή θολότητα 2 NTU με διύλιση χωρίς τη χρήση χημικών.

Η προσθήκη χημικών είναι όμως απαραίτητη, όταν η θολότητα των αποβλήτων υπερβαίνει τα 10 NTU. Στην περίπτωση όμως αυτή, ο συνδυασμός των μονάδων προκύπτει συνήθως αντιοικονομικός. Γι' αυτό το λόγο, συνιστάται η βελτίωση της υπάρχουσας δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας, ώστε να ικανοποιείται η κρίσιμη οριακή τιμή της θολότητας των 10 NTU.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ένα σύστημα άρδευσης με απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια ή και τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να προέλθουν από :

1. τις μονάδες της τεταρτοβάθμιας επεξεργασίας
2. τη διαδικασία της άρδευσης
3. την πορεία των αρδευτικών νερών στο έδαφος και στις καλλιέργειες
4. τη συλλογή, διάθεση και κατανάλωση των προϊόντων των καλλιεργειών.

2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν τη λειτουργία των μονάδων της πρόσθετης επεξεργασίας, οι οποίες μπορεί να είναι οι ακόλουθες :

1. προσθήκη χημικών
2. κροκίδωση – συσσωμάτωση
3. διύλιση
4. καθίζηση
5. χλωρίωση
6. αποθήκευση.

Με το σωστό σχεδιασμό και λειτουργία των μονάδων δεν αναμένεται να υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αντίθετα, με τις μονάδες της πρόσθετης επεξεργασίας πραγματοποιείται η βελτίωση των χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων αποβλήτων για να χρησιμοποιηθούν αυτά για άρδευση χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ, ΣΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να παρατηρηθούν :

i. Κατά τη μεταφορά του νερού στο δίκτυο διανομής :

- Διάβρωση των μεταλλικών ή τσιμεντένιων αγωγών εξαιτίας του χαμηλού pH των αποβλήτων ή της δημιουργίας αναιρόβιων συνθηκών. Αυτό έχει επίδραση στην ποιότητα του νερού, αλλά μπορεί σπάνια να συμβεί και μόνο στην περίπτωση των ανεπεξέργαστων αποβλήτων.
- Λίμναση των νερών με αποτέλεσμα τη δημιουργία εστιών εντόμων.

ii. Κατά την άρδευση :

- Δημιουργία και μεταφορά αερίων σταγονιδίων όταν η άρδευση γίνεται με καταιονισμό. Τα σταγονίδια έχουν επίδραση στη δημόσια υγεία και το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την πρόσθετη επεξεργασία.
- Έμφραξη των οπών με βακτηριδιακά στρώματα, άλγη και αιωρούμενα στερεά όταν η άρδευση γίνεται με σταγόνες ή με καταιονισμό. Η επίλυση του προβλήματος απαιτεί την παρουσία προσωπικού για επισκευή, με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου της δημόσιας υγείας. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την πρόσθετη επεξεργασία, την κατασκευή δεξαμενών ηρεμίας, τη χρησιμοποίηση ειδικών φίλτρων, την προσθήκη χημικών και την έκπλυση των αγωγών των δικτύων.

iii. Κατά την κίνηση του νερού στο έδαφος :

- Υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους εξαιτίας των συστατικών των αποβλήτων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το πρόβλημα της αλκαλίωσης του εδάφους, που παράλληλα προκαλεί :

- α. την έμφραξη των πόρων του εδάφους,
- β. την αύξηση των απορροών και της έκπλυσης των αρδευόμενων εκτάσεων, που οδηγούν στην υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών νερών στα οποία καταλήγουν,
- γ. τη λίμναση των επιφανειακών νερών με αποτέλεσμα τη δημιουργία εστιών συγκέντρωσης εντόμων.

Η επίλυση των προβλημάτων αυτών επιτυγχάνεται με τη πρόσθετη επεξεργασία, αλλά και τη διαχείριση- επεξεργασία των εδαφών με κατάλληλες μεθόδους.

- Γρήγορη απώλεια του αρδευτικού νερού προς τα υπόγεια νερά, όταν την ευνοούν ειδικοί γεωλογικοί σχηματισμοί. Αυτό έχει δυσάρεστες επιπτώσεις στην ποιότητα των υπόγειων νερών και στις καλλιέργειες.
- Υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων νερών τα οποία στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως πόσιμο νερό. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στη δημόσια υγεία.
- Ως ευνοϊκή επίπτωση θεωρείται ο περιορισμός ή ακόμα και η κατάργηση της χρήσης των λιπασμάτων εξαιτίας της παρουσίας των θρεπτικών, κυρίως του αζώτου στα επεξεργασμένα απόβλητα.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι κυριότερες επιπτώσεις στις καλλιέργειες είναι :

- i. οι βλάβες στην φυτική μάζα,
- ii. η μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών και
- iii. η μόλυνση των καλλιεργειών με παθογόνους μικροοργανισμούς.

Οι βλάβες στα φυτά και στα φύλλα τους μπορεί να συμβούν εξαιτίας της παρουσίας τοξικών συστατικών, όπως είναι το βόριο, το νάτριο, το χλώριο, ορισμένα μέταλλα, τα αιωρούμενα συστατικά και το υπολειμματικό χλώριο. Η επίλυση των προβλημάτων αυτών επιτυγχάνεται με την πρόσθετη επεξεργασία, αλλά και με την επιλογή των κατάλληλων ανθεκτικών καλλιεργειών. Η αντιμετώπιση των αυξημένων συγκεντρώσεων υπολειμματικού χλωρίου (μεγαλύτερες από 1mg/l) μπορεί να αντιμετωπιστεί με αποθήκευση των επεξεργασμένων αποβλήτων για μερικές ώρες σε ανοικτές δεξαμενές.

Το πρόβλημα της μόλυνσης των φυτών με παθογόνους μικροοργανισμούς μπορεί να δημιουργηθεί με άμεση επαφή των φυτών με το αρδευτικό νερό ή με επαφή με το μολυσμένο έδαφος. Μεταφορά στα φυτά των παθογόνων μικροοργανισμών μπορεί να γίνει με τον άνεμο (με την σκόνη ή τα αέρια σταγονίδια), από τους εργάτες ή και τα έντομα.

Η επίλυση των προβλημάτων αυτών επιτυγχάνεται με την πρόσθετη απολύμανση και την τήρηση των κανόνων υγιεινής.

Κατά γενική ομολογία, το απόβλητο νερό (επεξεργασμένο ή μη επεξεργασμένο) χρησιμοποιείται εκτενώς στη γεωργία επειδή είναι μια πλούσια πηγή θρεπτικών ουσιών και παρέχει όλη την απαραίτητη υγρασία για την αύξηση των συγκομιδών. Οι περισσότερες καλλιέργειες παράγουν περισσότερο από τις πιθανές παραγωγές με την άρδευση απόβλητου ύδατος, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για χημικά λιπάσματα, με συνέπεια το μέγιστο κέρδος των αγροτών. Εάν το συνολικό άζωτο που παραδίδεται στη συγκομιδή μέσω άρδευσης με απόβλητο νερό υπερβαίνει τη συνιστώμενη δόση αζώτου για τις βέλτιστες παραγωγές, μπορεί να υποκινήσει φυτική αύξηση, αλλά και καθυστέρηση ωρίμανσης και ωριμότητας, και σε ακραίες περιπτώσεις, την αιτία απώλειας της παραγωγής.

Οι επιστήμονες έχουν προσπαθήσει να υπολογίσουν τα αποτελέσματα του επεξεργασμένου και μη επεξεργασμένου απόβλητου ύδατος σε ένα βαθμό ποιοτικών και παραγωγικών παραμέτρων κάτω από διάφορα αγρονομικά σενάρια. Μια επισκόπηση αυτών των μελετών προτείνουν ότι το επεξεργασμένο απόβλητο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή των συγκομιδών καλύτερης ποιότητας με υψηλότερες παραγωγές από τι ειδήλλως θα ήταν δυνατό.

Η χρήση του μη επεξεργασμένου δημοτικού απόβλητου ύδατος, όπως είναι η πρακτική σε πολλές χώρες, θέτει ένα σύνολο διαφορετικών προβλημάτων. Εντούτοις, η υψηλή συγκέντρωση των θρεπτικών ουσιών των τροφίμων, γίνεται ένα κίνητρο για τους αγρότες για να χρησιμοποιήσουν το μη επεξεργασμένο απόβλητο νερό δεδομένου ότι μειώνει τις δαπάνες λιπάσματος, ακόμα και όταν οι υψηλότερες θρεπτικές συγκεντρώσεις μπορούν να μην βελτιώσουν απαραίτητως τις παραγωγές συγκομιδών.

Οι περισσότερες συγκομιδές, συμπεριλαμβανομένου εκείνων που αυξάνονται στην περιφερειακή γεωργία, χρειάζονται τα συγκεκριμένα ποσά του NPK για τη μέγιστη παραγωγή. Μόλις το συνιστώμενο επίπεδο του NPK ξεπεραστεί, η αύξηση συγκομιδών και η παραγωγή μπορούν να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις.

Παραδείγματος χάριν, τα απόβλητα αποχέτευσης εγκαταστάσεων της ουρίας είναι μια πλούσια πηγή υγρού λιπάσματος αλλά με συγκεντρωμένες μορφές έχουν τα δυσμενή αποτελέσματα στις παραγωγές ρυζιού και καλαμποκιού.

Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη η σύνθεση του δημοτικού απόβλητου ύδατος. Η υπεροχή των βιομηχανικών αποβλήτων εισάγει χημικούς ρύπους, οι οποίοι μπορούν να είναι τοξικοί στις

εγκαταστάσεις σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Μερικά στοιχεία μπορούν να εισαγάγουν την τροφική αλυσίδα, αλλά οι περισσότερες μελέτες δείχνουν ότι τέτοιοι ρύποι βρίσκονται στις συγκεντρώσεις που επιτρέπονται για την ανθρώπινη κατανάλωση. Αφ' ενός, η υπεροχή του εσωτερικού απόβλητου ύδατος μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά επίπεδα αλατότητας αφετέρου μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην παραγωγή από τις ευαίσθητες αλατισμένες συγκομιδές.

Η παραπάνω αναφορά δείχνει ότι οι οικονομικές επιδράσεις του απόβλητου ύδατος στις συγκομιδές μπορούν να διαφέρουν ευρέως ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας και τη φύση των συγκομιδών. Από οικονομικής απόψεως, η άρδευση των συγκομιδών με απόβλητο νερό κάτω από την κατάλληλη αγρονομική και πρακτική διαχείριση ύδατος μπορεί να παρέχει τα ακόλουθα οφέλη:

- i. υψηλότερες παραγωγές,
- ii. πρόσθετο νερό για την άρδευση, και
- iii. αποθηκευμένη αξία του λιπάσματος.

Εναλλακτικά, εάν οι θρεπτικές ουσίες των τροφίμων που παραδίδονται μέσω του απόβλητου ύδατος έχουν ως αποτέλεσμα τον υπερεφοδιασμό από θρεπτικές ουσίες, οι παραγωγές μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις.

5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Αν και η ευθύνη για την συλλογή, επεξεργασία και διάθεση του απόβλητου νερού θα έπρεπε να έγκειται στις τοπικές αρχές νερού και υπονόμων, οι αγρότες που επιθυμούν να εκμεταλλευτούν τα απόβλητα είναι συχνά πρόθυμοι να πληρώσουν για αυτό, αλλά δεν είναι προετοιμασμένοι για να επιχορηγήσουν τις γενικές δαπάνες διάθεσης. Η απόφασή τους θα βασιστεί σχετικά με το εάν ή όχι θα είναι προσιτή η πληρωμή για τα απόβλητα αποχέτευσης απ' ό,τι να μην το χρησιμοποιήσουν καθόλου, λαμβάνοντας υπόψη την ποσότητα, το συγχρονισμό, την ποιότητα και το κόστος των επεξεργασμένων αποβλήτων.

Η τοπική αρχή αποχετεύσεων πρέπει να αναγνωρίσει την οικονομική ευθύνη της για το βασικό σύστημα για να επιτύχουν την προστασία του περιβάλλοντος. Όμως, οι αγρότες θα πρέπει να επιβαρυνθούν επιπλέον οικονομικά για ότι συσχετίζεται με την πρόσθετη επεξεργασία ή τη διανομή που απαιτείται για τη χρήση αποβλήτων αποχέτευσης στη γεωργία ή την υδατοκαλλιέργεια. Στην πράξη, εάν χρησιμοποιείται σχέδιο χρήσης αποβλήτων τότε προγραμματίζεται η μελέτη αποχετεύσεων, και έτσι με αυτό τον

τρόπο το κόστος επεξεργασίας ίσως να μειωθεί περισσότερο απ' όσο θα απαιτούνταν για τους κανόνες προστασίας τους περιβάλλοντος.

Οι πληρωμές των αγροτών μπορεί να πάρουν τη μορφή άμεσων φόρων για την χρήση των αποβλήτων που καταβάλλεται στην τοπική αρχή, ή συνεισφορών στο κράτος ή /και λειτουργικών εξόδων επεξεργασίας και μεταβίβασης των αποβλήτων. Το κόστος μπορεί να διαχωριστεί σε πληρωμές με μετρητά, ή συνεισφορά σε είδος, όπως για παράδειγμα το έδαφος για την τοποθέτηση εγκαταστάσεων επεξεργασίας και αποθήκευσης και ανθρώπινη εργασία για τη λειτουργία και τη συντήρηση.

Ο Bartone έχει δείξει ότι οι μελέτες όφελος-κόστους που έγιναν στο Περού έδειξαν ότι τα τμήματα άρδευσης στα σχέδια άρδευσης αποβλήτων ήταν οικονομικά βιώσιμα ακόμα κι αν οι δαπάνες εδάφους, η λειτουργία και η συντήρηση για την επεξεργασία των αποβλήτων χρεώθηκαν στους αγρότες. Αυτό όμως δεν θα ίσχυε εάν το πλήρες κόστος της επένδυσης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας χρεωνόταν ενάντια στο γεωργικό τομέα. Στην τελευταία περίπτωση, το αποτέλεσμα εξαρτήθηκε από το εναλλακτικό ελάχιστο κόστος της επεξεργασίας που απαιτήθηκε για τη διάθεση χωρίς επαναχρησιμοποίηση.

Εφόσον, η επεξεργασία απόβλητου ύδατος είναι ένα σημαντικό κόστος στα συστήματα χρήσης αποβλήτων, παίρνοντας ως δεδομένο ότι οι τοπικές αρχές είναι πλήρως αρμόδιες για τη συλλογή απόβλητου ύδατος, είναι ουσιώδες ότι η επιλογή διαδικασίας επεξεργασίας γίνεται από κοινού με τις αποφάσεις σχετικά με την επιλογή συγκομιδών και συστημάτων άρδευσης. Μόνο κατά αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί μια ελάχιστη επένδυση στην επεξεργασία, χωρίς να θέτουμε σε κίνδυνο την υγεία.

Μόλις ληφθεί μια απόφαση σχετικά με την ποιότητα αποβλήτων, τα απαραίτητα πρότυπα πρέπει να επιτευχθούν με συνέπεια και το σύστημα επεξεργασίας και μεταβίβασης αποβλήτων πρέπει να χρησιμοποιηθεί με πλήρη αξιοπιστία. Οι ανάγκες της καλλιέργειας και των συγκομιδών για νερό πρέπει να προσαρμόζονται πάντα, ακόμα κι αν η τιμή των αποβλήτων ποικίλει ακόμη και όταν είναι υψηλότερη κατά τις θερμές εποχές.

6. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

Το θέμα της προστασίας της δημόσιας υγείας είναι ίσως το σημαντικότερο κατά την εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα. Οι ομάδες των ατόμων που είναι εκτεθειμένα στον κίνδυνο μόλυνσης είναι οι ακόλουθες:

- Οι γεωργοί και οι οικογένειές τους.
- Τα άτομα που διακινούν τα προϊόντα των καλλιεργειών.
- Οι καταναλωτές των άμεσων και έμμεσων προϊόντων των καλλιεργειών (καρποί, κρέας και γάλα) και
- Οι περίοικοι.

Οι γεωργοί που εργάζονται στις καλλιέργειες μπορεί να προστατευθούν από την μόλυνση από τους ιούς (π.χ. αγκυλόστομα) χρησιμοποιώντας κατάλληλα προστατευτικά ρούχα. Ο εμβολιασμός κατά των σκωλήκων και των μικροοργανισμών που προκαλούν επιδημίες διάρροιας δεν είναι αποτελεσματικός. Αντίθετα, μπορεί να γίνει κατά του τυφοειδούς πυρετού, αλλά και της ηπατίτιδας Α. Η ύπαρξη φαρμάκων κατά των εντερικών διαρροιών μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση της μόλυνσης.

Για τα άτομα που διακινούν τα προϊόντα συνιστάται η σωστή ενημέρωση και η ορθή και σύμφωνα με τους κανόνες της υγιεινής διαχείριση των προϊόντων.

Για την προστασία των καταναλωτών συνιστάται η μη ωμή κατανάλωση, αλλά και το μαγείρεμα των προϊόντων και η σωστή εφαρμογή των κανόνων υγιεινής (π.χ. καλό πλύσιμο των προϊόντων).

Για τους περίοικους συνιστάται η αποφυγή πρόσβασης στις περιοχές των καλλιεργειών. Στο σημείο αυτό θεωρείται χρήσιμη η περιγραφή της αρδευόμενης περιοχής και η χρησιμοποίηση κατάλληλων προειδοποιητικών πινακίδων ώστε να εμποδίζεται η ανεξέλεγκτη πρόσβαση.

Μακροχρόνια προβλήματα στη δημόσια υγεία μπορεί να προκληθούν από τη μακροχρόνια εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα που περιέχουν τοξικά χημικά συστατικά.

Τα χημικά συσσωρεύονται στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους με αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις τους στο εδαφικό νερό να μπορεί να φτάσουν σε τοξικά επίπεδα, να απορροφηθούν από τις καλλιέργειες και στη συνέχεια να μεταφερθούν στον άνθρωπο.

Ακόμα όμως και αν δεν συσσωρευτούν στην ακόρεστη ζώνη καταλήγουν στα υπόγεια νερά και συσσωρεύονται εκεί

δημιουργώντας ανάλογο πρόβλημα κατά την κατανάλωση των υπόγειων νερών.

Αν και διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι στο έδαφος σε βάθος 30 cm κάτω από τη θέση εφαρμογής του αρδευτικού νερού οι συγκεντρώσεις των χημικών αυτών είναι αμελητέες, δεν πρέπει να μη λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα μελλοντικής αλλαγής της συμπεριφοράς των χημικών αυτών, όταν συσσωρευτούν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις.

6.1 Η ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΓΕΙΑΣ (Π.Ο.Υ.)

Εδώ και χρόνια ασχολείται ο Π.Ο.Υ. με την κατάρτιση οδηγιών για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Το 1989, ο Π.Ο.Υ. ανακοίνωσε τέσσερις βασικές κατηγορίες μέτρων για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων (WHO 1989), οι οποίες συνίστανται στις πιο κάτω:

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

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

- Η άρδευση με ακατέργαστα λύματα και χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων εγκυμονεί υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών.
- Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των λυμάτων ή η λήψη μέτρων για την αποφυγή της ανθρώπινης επαφής με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μειώνει τον κίνδυνο, ο οποίος όμως, αν και χαμηλός, εξακολουθεί να υφίσταται.
- Αποτελεσματικό μέτρο, τουλάχιστο 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).
- Αποτελεσματικό μέτρο είναι η επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής των λυμάτων και συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στο υπέδαφος.

- 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).

Εκτός από το μικροβιακό φορτίο τίθενται και επιπρόσθετα κριτήρια σχετικά με την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για άρδευση που έχουν να κάνουν με την συγκέντρωση χημικών ουσιών και με έμφαση στην συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων.

Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη ομάδα	Εντερικοί νηματοειδείς (α) (β)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC) ανά 100ml (β)	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα
Άρδευση καλλιεργειών με προϊόντα που τρώγονται ωμά, άρδευση γηπέδων και δημοσίων πάρκων (γ)	Εργάτες Καταναλωτές Κοινό	<1	<1000	Σειρά λιμνών οξείδωσης που επιτυγχάνει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα, ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία
Άρδευση δημητριακών βιομηχανικών καλλιεργειών, ζωοτροφών, βοσκοτόπων και δένδρων (δ)	Εργάτες	<1	Δεν τίθενται όρια	Παραμονή σε λίμνες σταθεροποίησης για 8-10 ημέρες ή ισοδύναμη απομάκρυνση περιττωματικών κολοβακτηριδίων
Ομοίως με την προηγούμενη, με εξασφάλιση μη έκθεσης εργαζομένων και κοινού	Καμία	Δεν έχουν εφαρμογή	Δεν έχουν εφαρμογή	Επεξεργασία που απαιτείται από την τεχνολογία του συστήματος άρδευσης πάντως όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια
(α) Τα είδη <i>Ascaris</i> και <i>Trichuris</i> (β) Κατά την περίοδο της άρδευσης (γ) Σε γκαζόν όπου υπάρχει πρόσβαση κοινού π.χ. ξενοδοχεία, πρέπει να εφαρμόζεται το αυστηρότερο κριτήριο των 200 FC/100ml (δ) Στην περίπτωση οπωροφόρων δένδρων, η άρδευση θα πρέπει να σταματά δύο εβδομάδες πριν από την συλλογή των φρούτων, ενώ δεν πρέπει να συλλέγονται φρούτα από το έδαφος. Επίσης δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται άρδευση με καταιονισμό				

Πίνακας 8: Προτεινόμενα βιολογικά κριτήρια κατά τον Π.Ο.Υ

Στον πίνακα 8 εμφανίζονται τα προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας για χρησιμοποίηση λυμάτων στην γεωργία, σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ.

Χημικό στοιχείο		Μέγιστη προτεινόμενη συγκέντρωση (mg/l) (α)	
		Μακροχρόνια χρήση (β)	Βραχυχρόνια χρήση (γ)
Al	Αλουμίνιο	0,5	20,0
As	Αρσενικό	0,1	2,0
Be	Βηρύλλιο	0,1	0,5
Cd	Κάδμιο	0,01	0,05
Co	Κοβάλτιο	0,05	5,0
Cr	Χρώμιο	0,1	1,0
Cu	Χαλκός	0,2	5,0
F	Φθόριο	1,0	15,0
Fe	Σίδηρος	5,0	20,0
Li	Λίθιο	2,5	2,5
Mn	Μαγγάνιο	0,2	10,0
Mo	Μολυβδαίνιο	0,01	0,05
Ni	Νικέλιο	0,2	2,0
Pd	Μόλυβδος	5,0	10,0
Se	Σελήνιο	0,02	0,02
V	Βανάδιο	0,1	1,0
Zn	Ψευδάργυρος	2,0	10,0

- (α) Η μέγιστη συγκέντρωση βασίζεται σε ένα ρυθμό εφαρμογής νερού σύμφωνα με ορθολογικές πρακτικές άρδευσης (10.000 m³ /ha/yr). Εάν ο ρυθμός εφαρμογής νερού υπερβαίνει σημαντικά τον πιο πάνω, οι μέγιστες συγκεντρώσεις θα πρέπει να προσαρμοστούν προς τα κάτω ανάλογα. Για κατανάλωση νερού μικρότερη από 10.000 m³ /ha/yr δεν γίνεται προσαρμογή των μέγιστων συγκεντρώσεων.
- (β) Οι συνιστώμενες μέγιστες συγκεντρώσεις για μακροχρόνια χρήση έχουν τεθεί συντηρητικά για να συμπεριλάβουν αμμώδη εδάφη τα οποία έχουν μικρή δυνατότητα στράγγισης των στοιχείων που εξετάζονται.
- (γ) Τα κριτήρια για βραχυχρόνια χρήση (μέχρι 20 έτη) συνιστώνται για εδάφη με λεπτή δομή, και ουδέτερο ή αλκαλικό χαρακτήρα και αυξημένη δυνατότητα απομάκρυνσης των διαφόρων ρυπογόνων στοιχείων.

Πίνακας 9: Ανώτατα όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων για χρήση λυμάτων στη γεωργία κατά την USEPA

Στον πίνακα 9 φαίνονται τα ανώτατα όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων για χρήση λυμάτων στην γεωργία, σύμφωνα με την Υπηρεσία Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (USEPA 1992), (FAO 1992).

Οι οδηγίες και τα όρια που τίθενται από τον Π.Ο.Υ έχουν υποστεί κριτική από τις αναπτυγμένες χώρες, αφού θεωρούνται αρκετά ελαστικά. Παρ' όλα αυτά, αποτελούν μια βάση εκκίνησης για τις υπό ανάπτυξη χώρες, όπου πολλές φορές παρατηρείται το φαινόμενο της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων απουσία σχετικών κριτηρίων ποιότητας.

Πολλές από τις αναπτυγμένες χώρες έχουν θεσπίσει δικά τους κριτήρια, τα οποία κατά κανόνα είναι αυστηρότερα από αυτά του Π.Ο.Υ. Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο πρώτος κανονισμός για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην γεωργία εκδόθηκε το 1918 από την πολιτεία της Καλιφόρνιας, Η.Π.Α. Ο κανονισμός αυτός αναθεωρήθηκε αρκετές φορές μέχρι το 1978, και σήμερα αποτελεί την βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και σε άλλες πολιτείες των Η.Π.Α., αλλά και σε πολλές χώρες του κόσμου.

Τα κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας συνοψίζονται στον πίνακα 3.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 10, ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας προβλέπει ότι τα λύματα που θα χρησιμοποιηθούν για απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση πρέπει να είναι ουσιαστικά απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς (2,2 TC/100ml ως διάμεση τιμή με απόλυτη μέγιστη τα 23 TC/100ml). Αν και με την πρώτη ματιά φαίνεται ότι τα όρια αυτά δεν διαφέρουν ουσιαστικά από αυτά που τίθενται για την αμέσως προηγούμενη κατηγορία (2,2 TC/100ml ως διάμεση τιμή), η ποιότητα του παραγόμενου νερού είναι σημαντικά βελτιωμένη, αφού το προτεινόμενο σχήμα επεξεργασίας λειτουργεί ως ασφαλιστική δικλείδα, αφ' ενός ελαχιστοποιώντας την περίπτωση αστοχίας, και αφ' εταίρου διασφαλίζοντας την απομάκρυνση του συνόλου σχεδόν των ιών.

Επιπροσθέτως των πιο επάνω προδιαγραφών, στην περίπτωση που είναι πιθανή η άμεση επαφή των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων με τον άνθρωπο, τίθεται και όριο ως προς την θολρότητα του νερού, οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 NTU αυτό γιατί αυξημένη θολρότητα παραπέμπει σε αυξημένο αριθμό σωματιδίων τα οποία επενεργούν ως προστατευτικό κάλυμμα των μικροοργανισμών κατά τις διεργασίες απολύμανσης και κατά συνέπεια δεν μπορεί να διασφαλιστεί η μικροβιολογική ποιότητα του νερού.

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

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

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

(2α) Λίμνες για αλιεία, 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 κατανάλωσή τους.

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

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

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

Πίνακας 10: Μικροβιολογικά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνιας για χρήση λυμάτων στη γεωργία

Προηγούμενες οδηγίες του Π.Ο.Υ βασίστηκαν σε διάφορες διαθέσιμες επιδημιολογικές μελέτες, πολλές από τις οποίες αναθεωρήθηκαν από τους Shuval και λοιποί. Τα στοιχεία εκείνη τη περίοδο πρότειναν ότι η χρήση του μη επεξεργασμένου απόβλητου ύδατος στη γεωργία παρουσίαζε έναν πραγματικά υψηλό κίνδυνο μετάδοσης εντερικών nematodes και βακτηριακών μολύνσεων, ειδικότερα για την παραγωγή των αγροτών, αλλά υπήρχαν λιγοστά στοιχεία για τον επηρεασμό της υγείας των ανθρώπων που ζούσαν κοντά σε ποτισμένα χωράφια.

Επίσης, υπήρξαν λιγότερα στοιχεία για τη μετάδοση ιών και κανένα στοιχείο για τη μετάδοση των παρασιτικών πρωτόζωων στους αγρότες, τους καταναλωτές ή τις κοντινές κοινότητες. Η αναθεώρηση των επιδημιολογικών στοιχείων από τους Shuval και λοιποί, επίσης έδειξε ότι η άρδευση με το επεξεργασμένο απόβλητο νερό δεν οδήγησε σε υπερβολικές εντερικές nematode μολύνσεις στους εργαζόμενους ή στους καταναλωτές.

Το 2002, οι Blumenthal και Peasey ολοκλήρωσαν μια κρίσιμη αναθεώρηση των επιδημιολογικών στοιχείων πάνω στις επιπτώσεις της υγείας και τη χρήση περιπτώσεων στη γεωργία για τον Π.Ο.Υ. Ένα υποσύνολο των αναλυτικών επιδημιολογικών μελετών επιλέχτηκε και περιέλαβε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα: σωστά προσδιορισμένες εκθέσεις και ασθένειες, εκτιμήσεις κινδύνου που υπολογίζονται μετά από τη χορήγηση των συσχετιζόμενων παραγόντων, στατιστική δοκιμή των ενώσεων μεταξύ της έκθεσης και της ασθένειας, και στοιχεία των αιτιών. Αυτοί χρησιμοποιήθηκαν σαν βάση για τον υπολογισμό των επιπέδων κατώτατων ορίων κάτω από τα οποία καμία υπερβολική μόλυνση στον εκτεθειμένο πληθυσμό δεν θα μπορούσε να αναμένεται.

Το απόβλητο νερό είναι συχνά ένας πόρος για τους φτωχούς και σε πολλές περιπτώσεις το νερό και οι θρεπτικές ουσίες που περιέχει μπορεί να ασκήσουν σημαντικές επιδράσεις στην ασφάλεια τροφίμων (Buechler και Devi, 2003). Η βελτίωση της διατροφής, ειδικά για τα παιδιά, είναι πολύ σημαντική στη διατήρηση της γενικής υγείας των ατόμων και των κοινοτήτων. Ο υποσιτισμός υπολογίζεται να έχει έναν σημαντικό ρόλο στους θανάτους 50% όλων των παιδιών στις αναπτυσσόμενες χώρες - 10.4 εκατομμύριο παιδιά κάτω από την ηλικία των 5 πεθαίνουν κάθε έτος (Rice και λοιποί., 2000 CWho, 2000). Ο υποσιτισμός έχει επιπτώσεις σε περίπου 800 εκατομμύρια ανθρώπους, ή 20% όλων των ανθρώπων στον αναπτυσσόμενο κόσμο (cWho, 2000).

Η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των φτωχών μέσω της ανάπτυξης της άρδευσης (με το απόβλητο νερό ή με το γλυκό νερό) μπορεί να οδηγήσει στην καλύτερη υγεία.

Παραδείγματος χάριν, μια μελέτη στην Τανζανία έδειξε ότι ένα χωριό όπου ένα σχέδιο άρδευσης ρυζιού ήταν αναπτυγμένο είχε περισσότερα κρούσματα ελονοσίας από ότι ένα κοντινό χωριό σαβάνων, αλλά χαμηλότερο επίπεδο μετάδοσης ελονοσίας (Ijumba, 1997). Το χωριό με το σχέδιο άρδευσης είχε περισσότερους πόρους για να αγοράσει τα τρόφιμα, τα παιδιά είχαν μια καλύτερη θρεπτική θέση, και οι χωρικοί ήταν πιθανότερο να αγοράσουν και να χρησιμοποιήσουν τα δίχτυα κουνουπιών (Ijumba, 1997). Παρόμοια αποτελέσματα μπορεί επίσης να είναι εφαρμόσιμα στην ανάπτυξη των σχεδίων επαναχρησιμοποίησης απόβλητου ύδατος σε πολλές χώρες.

6.2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΙΝΔΥΝΟ ΥΓΕΙΑΣ

Η προστασία της δημόσιας υγείας μπορεί καλύτερα να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση μιας προσέγγισης «πολλαπλάσιων εμποδίων» που διακόπτει τη ροή των παθογόνων από το περιβάλλον (απόβλητο ύδωρ, συγκομιδές, χώμα κλπ) στους ανθρώπους. Τα ανθρώπινα παθογόνα στα χωράφια δεν θέτουν απαραίτητως έναν κίνδυνο υγείας, εάν μπορούν να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας. Αυτά τα μέτρα μπορούν να αποτρέψουν τα παθογόνα από την μόλυνση του εργαζομένου ή της συγκομιδής, ή με την επιλογή των κατάλληλων συγκομιδών (π.χ. βαμβάκι) μπορεί να αποτρέψουν τα παθογόνα της συγκομιδής για την μόλυνση του καταναλωτή.

Τα διαθέσιμα μέτρα για την προστασία υγείας μπορούν να ομαδοποιηθούν σε πέντε κύριες κατηγορίες:

- Επεξεργασία αποβλήτων
- Περιορισμός συγκομιδών
- Τεχνική άρδευσης
- Έλεγχος ανθρώπινης έκθεσης
- Χημειοθεραπεία και εμβολιασμός.

Θα είναι συχνά επιθυμητό να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός διάφορων μεθόδων. Παραδείγματος χάριν, ο περιορισμός συγκομιδών μπορεί να είναι επαρκής για να προστατεύσει τους καταναλωτές, αλλά θα πρέπει να συμπληρωθεί από πρόσθετα μέτρα για να προστατευθούν οι γεωργικοί εργαζόμενοι. Μερικές φορές η μερική επεξεργασία σε λιγότερο-απαιτητικά πρότυπα μπορεί να είναι ικανοποιητική εάν συνδυάζεται και με άλλα μέτρα. Η δυνατότητα πραγματοποίησης και η αποτελεσματικότητα οποιουδήποτε συνδυασμού θα εξαρτηθούν από πολλούς παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά προτού να τεθεί στην πράξη οποιαδήποτε επιλογή.

Αυτοί οι παράγοντες θα περιλάβουν τα εξής:

- Διαθεσιμότητα των πόρων (εργασία, κεφάλαια, έδαφος)
- Υπάρχουσες κοινωνικές και γεωργικές πρακτικές
- Ζήτηση στην αγορά για τα ύδωρ-ποτισμένα προϊόντα
- Υπάρχοντα σχέδια για τις σχετιζόμενες με περιπτώματα ασθένειες. Παραδείγματος χάριν, εάν τα ικανοποιητικά κονδύλια ή /και το ικανοποιητικό έδαφος δεν είναι διαθέσιμα για την επεξεργασία απόβλητου ύδατος, μερικοί από τους άλλους τρεις τύπους μέτρων προστασίας υγείας θα απαιτηθούν.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση του αστικού απόβλητου νερού στη γεωργία είναι μια παλαιά πρακτική που λαμβάνει την ανανεωμένη προσοχή στην αυξανόμενη έλλειψη πόρων γλυκού νερού σε πολλές ξηρές και ημιάγονες περιοχές. Στη σημερινή εποχή, πάρα πολλές περιοχές τείνουν να μεταβληθούν σε ξηρές, λόγω των ακραίων καιρικών και κλιματολογικών φαινομένων. Κύριες αιτίες αυτών των φαινομένων αποτελούν, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας (global warming), οι απότομες εναλλαγές ξηρασίας – υγρασίας, η καταστροφή των δασών κλπ. Επίσης, η άσκοπη χρήση των υδάτινων πόρων από τον άνθρωπο συμβάλλει σημαντικά στην αυξανόμενη έλλειψη τους.

Για τους παραπάνω λόγους θεωρείται επιτακτική ανάγκη υιοθέτησης ενός σχεδίου διαχείρισης υδάτινων πόρων. Μια εφαρμοσμένη πρακτική, είναι αυτή της επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων στη γεωργία. Ενδεικτικά αυτή η πρακτική έχει εφαρμοστεί σε Καλιφόρνια, Ινδία, Κύπρο, Ιορδανία και σε πολλές ακόμη χώρες, όπου το φαινόμενο έλλειψης νερού βρίσκεται σε υψηλά ποσοστά.

Μέχρι και τη σημερινή εποχή, η άρδευση εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τους φυσικούς πόρους όπως βροχές, ποτάμια, λίμνες κλπ, οι οποίοι τείνουν να εκλείψουν λόγω των παραπάνω αιτιών. Με την επαναχρησιμοποίηση απόβλητου νερού επιτυγχάνεται ο περιορισμός της χρήσης των φυσικών πόρων σε μεγάλο βαθμό. Επίσης, αποτελεί εναλλακτική λύση σε περιόδους ξηρασίας ή ανομβρίας για την άρδευση των καλλιεργειών.

Βέβαια, για να είναι ωφέλιμη αυτή η πρακτική ως προς το περιβάλλον και τους ανθρώπους, θα πρέπει κάθε χώρα να υιοθετήσει και να εφαρμόσει πιστά τους κανόνες και τα κριτήρια που έχουν θεσπιστεί γι' αυτήν την πρακτική. Αρχικά, θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά οι κανονισμοί του Π.Ο.Υ για την αποφυγή προβλημάτων υγείας καθώς επίσης, και τα κριτήρια της Ε.Ε. για την αποφυγή περιβαλλοντικών κινδύνων και τη σωστή ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Επιπλέον, θα πρέπει να υπάρχει απόλυτη συνεννόηση μεταξύ της εκάστοτε χώρας με την Ε.Ε. και τον Π.Ο.Υ για την αποτελεσματική εφαρμογή και λειτουργία της πρακτικής. Σε περίπτωση που κάποια χώρα παρεκκλίνει από τις οδηγίες αυτές, οι παραπάνω φορείς είναι αναγκασμένοι να ασκήσουν πίεση για την επίτευξη της σωστής ποιότητας νερού και για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Ένας βασικός παράγοντας για την σωστή εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων για τη γεωργία αποτελούν οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας τους. Αυτές θα πρέπει να πληρούν όλες τις βασικές προϋποθέσεις λειτουργίας και να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην τελική απολύμανση του νερού, η οποία αποτελεί το πιο σημαντικό στάδιο κατά την επεξεργασία.

Το παραγόμενο προϊόν θα πρέπει να είναι ταυτόσημο με τα χαρακτηριστικά και τους κανόνες υγιεινής που έχει θεσπίσει η Ε.Ε. και ο Π.Ο.Υ, γεγονός που επιβάλλει την διαρκή συνεργασία αυτών.

Στην Ελλάδα, όπως, και σε άλλες χώρες του κόσμου, έχει υιοθετηθεί η πρακτική της ανακύκλωσης εκροών υγρών αποβλήτων προοδευτικά χωρίς την απαρχή θεσμοθέτηση σχετικών κριτηρίων.

Είναι αξιοσημείωτο ότι στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κριτήρια διάθεσης για δευτεροβάθμια εκροή βάσει απόφασης των υπουργείων εσωτερικών και δημόσιας υγείας του 1965 (Υπουργεία Εσωτερικών και Δημόσιας Υγείας, 1965), στα οποία δεν γίνεται αναφορά σε θέματα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης.

Όμως, δεν υπάρχουν κανονισμοί για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών σε επίπεδο Ε.Ε.. Έτσι, η ανάγκη για τη ανάπτυξη και εφαρμογή κανονισμών για την ανακύκλωση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο είναι εμφανής (EC, 2000).

Στη χώρα μας οι βασικές χρήσεις που ενδιαφέρουν είναι η άρδευση καλλιεργειών και χώρων πρασίνου (πρανών δρόμων, πάρκων κ.ά.) και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων για την προστασία τους κυρίως από την υφαλμύριση. Για κάθε κατηγορία όμως, θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ποσοτικοποιητικά κριτήρια καθώς, επίσης και κάθε ιδιαίτερη θεώρηση σε περιπτώσεις που μια παραδοσιακή υδατική πηγή, αντικαθίσταται με ανακτώμενο νερό από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Όσον αφορά τις ελληνικές συνθήκες, προς το παρόν και μέχρι να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες έρευνες, συνιστώνται τα ακόλουθα:

1. Να γίνεται προσπάθεια βελτίωσης της απόδοσης της δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας της ΕΕΑΑ στα επιθυμητά επίπεδα συγκεντρώσεων SS, COD και θολότητας. Η καλή απόδοση θα πρέπει να εξασφαλίζεται σταθερά καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας και να περιορίζονται στο ελάχιστο οι πιθανότητες υπέρβασης των ορίων αυτών.

2. Ως πρόσθετη επεξεργασία και για οικονομικούς λόγους μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς το παρόν η μέθοδος της κατευθείαν διύλισης (δηλ χωρίς κροκίδωση - καθίζηση) με μικρή αν απαιτηθεί δόση χημικών, η οποία θα ακολουθείται από χλωρίωση. Δεν συνιστάται η αφαίρεση των τοξικών μετάλλων κατά τη δευτεροβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία, καθόσον αυτή αναμένεται να είναι ιδιαίτερα δαπανηρή και μπορεί να εφαρμοστεί μόνο όταν δεν είναι δυνατή η αντικατάσταση της καλλιέργειας με άλλες ανθεκτικότερες.
3. Εφόσον είναι οικονομικά εφικτό ή / και το επιβάλλει η πρακτική της άρδευσης μπορεί να γίνεται και αποθήκευση μετά τη δευτεροβάθμια ή την τριτοβάθμια επεξεργασία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

BOD ₅	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, 5d
COD	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο
TC	Σύνολο κολοβακτηριδίων
DS	Διαλυμένα στερεά
EBCT	Απαιτούμενος χρόνος για μια δεδομένη παροχή συμπλήρωσης του όγκου που καταλαμβάνει ο άνθρακας μιας στήλης
ΕΕΑΑ	Εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών αποβλήτων
FC	Κολοβακτηρίδια περιττωματικής προέλευσης
NH ₃ -N	Αμμωνιακό N
NO ₃ -N	Νιτρικό N
NOEL	Επίπεδο στο οποίο δεν παρατηρήθηκε επίδραση
NTU	Μονάδες θολότητας
PCB	Πολυχλωριωμένο Διφαινύλιο
RAS	Ανακυκλοφορούμενη ιλύς
SOD	Ζήτηση οξυγόνου ιζημάτων
MPN	Πιθανότατος αριθμός κολοβακτηριδίων
RO	Αντίστροφη ώσμωση
SS	Αιωρούμενα στερεά
TDS	Συνολικά DS
TOC	Συνολικός οργανικός άνθρακας
UO	Υδροφόρος ορίζοντας
UV	Υπεριώδης ακτινοβολία
WAS	Απομάκρυνση περίσσειας ιλύος

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Αγγελάκης Α. Ν. and Tchobanoglous G. (1995). Υγρά Απόβλητα: Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επεξεργασία και Διάθεση Εκροών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- 2) Στάμου Ι. Αναστάσιος (1995). Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- 3) Αγγελάκης, Α. Ν και Παρανυχιανάκης Ν.Β (2003). Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων: Ανάγκη Θέσπισης Κριτηρίων. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας – Ινστιτούτο Ηρακλείου.
- 4) Δρ Γκίκας Π.(2000). Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων.
- 5) Αγγελάκης Α. Ν., Τσαγκαράκης, Κ. Π., Κοτσελίδου, Ο. Ν. και Βαρδάκου, Ε. (2000). Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων: Μια Προκαταρκτική Προσέγγιση. Τεχνική Έκθεση για το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης Ελλάδας (ΕΔΕΥΑ).
- 6) Andreadakis, A. D., E. Gavalaki, D. Mamais, K. Noutsopoulos and A. Tzimas (2003). "Πρόταση Κατάρτησης Ποιοτικών Ορίων και Προδιαγραφών Επαναχρησιμοποίησης Λυμάτων στην Ελλάδα". Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων, Θεσσαλονίκη.
- 7) FAO (1992). Wastewater Treatment and Use in Agriculture, M.B. Westcot. FAO Water Report 10. FAO. Rome.
- 8) Christopher Scott, Naser I. Faruqi, and Liqa Raschid (2004) Wastewater Use In Irrigated Agriculture, Coordinating the Livelihood and Environmental Realities.
- 9) G. Kamizoulis, A. Bahri, F. Brissaud, and A.N. Angelakis WHO, European Project Office (2000). Wastewater Recycling And Reuse Practices In Mediterranean Region.
- 10) Agelakis A. Ν, Bontoux L., Lazarova V. (2003). Challenges and perspectives for water recycling and reuse in EU countries. IWA publishing.

- 11) Hussain, I., L. Raschid, M.A. Hanjra, F. Marikar, and W. van der Hoek. (2001). A framework for analyzing socioeconomic, health and environmental impacts of wastewater use in agriculture in developing countries: Working Paper 26. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. IWMI.
- 12) Hussain I.; L. Raschid; M. A. Hanjra; F. Marikar; W. van der Hoek. 2002. Wastewater use in agriculture: Review of impacts and methodological issues in valuing impacts. Working Paper 37. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- 13) Blumenthal, U.J., Mara, D.D., Peasey, A., Ruiz-Palacios, G., and Stott, R. (2000). Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Bulletin of the WHO, 78.
- 14) California State Water Resources Control Board. (1990) California Municipal Wastewater Reclamation in 1987. Sacramento, California.
- 15) FAO. (1985) Water quality for agriculture. R.S. Ayers and D.W. Westcot. Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO, Rome.
- 16) UNEP. (1991) Environmental guidelines for municipal wastewater reuse in the Mediterranean region. S. Tedeschi and M.B. Pescod (eds). Mediterranean Action Plan - Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, Yugoslavia.
- 17) Kandiah A. (1990a) Water quality management for sustainable agricultural development. Natural Resources Forum.
- 18) Kandiah A. (1990b) Criteria and classification of saline water. Water, Soil and Crop Management Practices Relating to the Use of Saline Water. A. Kandiah (ed). AGL/MIC/16/90. FAO, Rome.
- 19) Saqqar M.M. and Pescod M.B. (1990) Microbiological performance of multi-stage stabilization ponds for effluent use in agriculture. Wat. Sci.