

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1. Εισαγωγή**
- 2 Υλικά και Μέθοδοι**
 - 2.1 Εισαγωγή**
 - 2.2 Συμβατικά Συστήματα Επεξεργασίας
Υγρών Αστικών Αποβλήτων**
 - 2.2.1. Σχεδιασμός Μονάδας Επεξεργασίας Αποβλήτων**
 - 2.3 Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας**
 - 2.3.1 Γενικά**
 - 2.3.2 Κριτήρια Εφαρμογής Ενός Συστήματος
Αποκεντρωμένης Επεξεργασίας Λυμάτων**
 - 2.3.3 Κλίνες με Πληρωτικά Υλικά**
 - 2.3.4 Compact Συστήματα**
 - 2.4 Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας
Αποβλήτων Τεχνητοί Υγρότοποι**
 - 2.4.1 Είδη Φυσικών Συστημάτων Επεξεργασίας**
 - 2.4.3 Υγρότοποι**
 - 2.5 Σχεδιασμός Τεχνητών Υγροτόπων
Επεξεργασίας Αποβλήτων**
 - 2.5.1 Γενικά**
 - 2.5.2 Τύποι και Χαρακτηριστικά των Αποβλήτων**
 - 2.5.3 Θέματα Δημόσιας Υγείας**
 - 2.5.4 Μηχανισμοί Επεξεργασίας των
Αποβλήτων στους Τεχνητούς Υγρότοπους**
 - 2.5.5 Υδρολογία Τεχνητών Υγρότοπων**
 - 2.5.6 Υγρότοποι ελεύθερης επιφάνειας, FWS**
 - 2.5.7 Υγρότοποι Υπόγειας Οριζόντιας Ροής**
 - 2.5.8 Υγρότοποι Κατακόρυφης Ροής των Λυμάτων στις Λεκάνες**

2.6 Δυνατότητες Αξιοποίησης των Υδατικών Πόρων - Νομοθεσία

2.6.1 Κατηγορίες Επαναχρησιμοποίησης

2.6.2 Κύριες Χρήσεις Ανακατωμένων Υγρών Αποβλήτων

2.6.3 Νομοθεσία Κριτήρια Επαναχρησιμοποίησης σε Διάφορες Χώρες, τη Ε.Ε. και Διεθνείς Οργανισμούς

2.6.4 Διάθεση Εκροών Υγρών Αποβλήτων και Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης τους στην Ελλάδα

3. Παραδείγματα και Εφαρμογές Τεχνητών Υγροτόπων

3.1 1^ο Παράδειγμα Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας στη Λίμνη Ν.Πλαστήρα

3.2 2^ο Παράδειγμα Εφαρμογή Ενός Φυσικού Συστήματος Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

3.2.1 Αποτελέσματα Των Πρώτων Έξι Λειτουργίας

3.3 3^ο Παράδειγμα Μονάδα Τεχνητού Υγροτόπου Κατακόρυφης Ροής και Υπεδάφιας Διάθεσης των Λυμάτων (Ξενοδοχειακή Μονάδα)

3.4 4^ο Παράδειγμα Τεχνητός Υγρότοπος Καλλιθέας- Λευκώνα Δήμου Πρεσπών

3.5 5^ο Παράδειγμα Τεχνητός Υγρότοπος Αγ. Γερμανού-Λαιμού-Πλατέως Δήμου Πρεσπών

3.6 Σχεδιασμός Τεχνητών Υγρότοπων Κατακόρυφης και Οριζόντιας Ροής

3.6.1 Τεχνητοί Υγρότοποι στη Γαλλία και Γερμανία

3.7 Εφαρμογή Στο Δήμο Τυρνάβου

3.7.1 Σχεδιασμός Συστήματος Επεξεργασίας Αποβλήτων

3.7.2 Περιγραφή Τεχνικών Χαρακτηριστικών Έργου

3.7.3 Επιλογή Λύσης – Αιτιολόγηση

3.7.4 Συμπεράσματα

4 Συζήτηση

4.1 Σύγκριση Μεταξύ των Μεθόδων

4.2 Σύγκριση των Μεθόδων με Βάση το Κόστος

5. Βιβλιογραφία

6. ABSTRACT

1. Εισαγωγή

Στα τελευταία χρόνια έχει γίνει «κοινή συνείδηση» τόσο στους ειδικούς επιστήμονες, όσο και στους απλούς ανθρώπους, το γεγονός ότι η ποιότητα του περιβάλλοντος συνεχώς χειροτερεύει με συνέπειες που δεν μπορούν ακόμη να εκτιμηθούν.

Η αλόγιστη και εσπευσμένη εξάντληση των πολύτιμων αλλά περιορισμένων πρώτων υλών και η αγνόηση των ορίων των δυνατοτήτων που έχει ο πλανήτης Γη, οδηγούν συχνά σε διαταραχές των ισορροπιών που διέπουν τα οικοσυστήματα.

Η συνειδητοποίηση του μεγέθους των παραπάνω προβλημάτων οδήγησε στη δημιουργία των πρώτων προβληματισμών και σχεδιασμών για τη λήψη μέτρων, προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα του περιβάλλοντος. Στα πλαίσια των προσπαθειών που καταβάλλονται σε παγκόσμια κλίμακα για την προστασία του περιβάλλοντος, σημαντική θέση κατέχει η διατήρηση της καθαριότητας της ατμόσφαιρας, των νερών και του εδάφους. Μια από τις αναγκαίες προϋποθέσεις για τη σωστή αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι η γνώση του είδους, της ποσότητας και της κατάληξης των χημικών ενώσεων που ρυπαίνουν το περιβάλλον (Αγγελάκης και Διαμαντόπουλος, 1999).

Οι πιέσεις στο περιβάλλον θα αυξηθούν καθώς η οικονομική ανάπτυξη σημαίνει αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και υλικών, αύξηση των αποβλήτων και της ρύπανσης. Αυτές οι τάσεις εξακολουθούν να προκαλούν συχνά ανεπανόρθωτες απώλειες γης, οικοτόπων, βιοποικιλότητας, φυσικών τοπίων και πόρων και προκαλούν τοπικές, περιφερειακές και παγκόσμιες αλλαγές στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Ο ακόλουθος πίνακας δείχνει ορισμένες ανησυχητικές τάσεις που παρατηρούνται στην ευρωπαϊκή κοινότητα:

Οι περιβαλλοντικές πιέσεις εξακολουθούν να αυξάνονται

- αύξηση κατά 25% της κατανάλωσης καυσίμων μέχρι το 2010, και κατά 20% των εκπομπών άνθρακα σε σύγκριση με το 1990
- αύξηση κατά 25% του αριθμού αυτοκινήτων και κατά 17% των διανυόμενων αποστάσεων σε σύγκριση με το 1990
- αύξηση κατά 63% των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων
- αύξηση κατά 35% των στερεών αποθεμάτων από το 1987 έως 1992
- αύξηση κατά 35% της μέσης κατανάλωσης νερού από το 1970 έως το 1975.

ΠΗΓΗ: <http://europa.eu.int>.

Η διάθεση μεγάλων ποσοτήτων λυμάτων και αποβλήτων, επιβαρημένων με οργανικές τοξικές ουσίες, στους φυσικούς αποδέκτες, δημιουργεί έντονα προβλήματα ρύπανσης, όπως ελάττωση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού των νερών, ευτροφισμό και καταστροφή των βιοκοινωνιών τους. Σε πολλές περιπτώσεις δημιουργούνται και προβλήματα μόλυνσης με αποτέλεσμα να εμφανίζονται μολυσματικές ασθένειες και θάνατοι ψαριών.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι των αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, έτσι ώστε αυτά να αποβάλλονται καθαρά στους φυσικούς αποδέκτες. Παράλληλα θεσπίστηκαν νόμοι σχετικοί με την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης των νερών (Βογιατζής, 1995).

Οι παλιότερες ίσως ενδείξεις για ύπαρξη συστήματος αποχετεύσεως των νερών ανάγονται στην εποχή των Σουμερίων στην περιοχή της Μεσοποταμίας.

Μεταγενέστερα στο μεγαλοπρεπές Μινωικό ανάκτορο της Κνωσού, στην Κρήτη, που απλωνόταν σε έκταση 20.000 m², είχε κατασκευαστεί σύστημα αποχετεύσεως των βρόχινων και ακάθαρτων νερών (λουτρά), που έχει αποκαλυφθεί και φαίνεται σήμερα σε σημαντική έκταση, στο ανατολικό κυρίως τμήμα.

Το δίκτυο είχε φρεάτια επιθεωρήσεως και καθαρισμού για τη συντήρηση και κατέληγε στο ρέμα, που περνούσε ανατολικά του ανακτόρου. Η αρχαία Ρώμη, εκτός από το εκτεταμένο σύστημα υδρεύσεως, είχε δίκτυο υπονόμων για τα βρόχινα μόνο νερά. Μάλιστα η «μεγάλη υπόνομος» που εξυπηρετούσε την Ρωμαϊκή Αγορά, είναι ακόμη σε λειτουργία (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Γενικά τα δίκτυα υπονόμων, όπως και στην αρχαία Ρώμη, προορίζονταν μόνο για τα βρόχινα νερά. Τα ανθρώπινα απόβλητα δεν ήταν δεκτά στους υπονόμους του Λονδίνου μέχρι το 1815, στη Βοστώνη μέχρι το 1833 και στο Παρίσι μέχρι το 1880.

Η πρώτη αναγέννηση άρχισε στο Αμβούργο (Γερμανία) το 1842, όταν καταστράφηκε το παλιό τμήμα της πόλης από φωτιά και ανατέθηκε η μελέτη της οικοδομήσεως, όπου σχεδιάστηκε ένα εξαιρετο σύστημα συλλογής ακαθάρτων με πολλές από τις σημερινές αρχές, χωρίς ατυχώς να αναγνωρισθούν αμέσως (Αντωνόπουλος, 2003).

Προοδευτικά πάντως και κάτω από την πίεση των θανατηφόρων επιδημιών χολέρας άρχισε η κατασκευή δικτύων συλλογής ακαθάρτων νερών (Λονδίνο 1855, Παρίσι 1880) και δημιουργήθηκαν τα μικτά συστήματα αποχετεύσεως. Ένα από τα σοβαρότερα υγειονομικά μειονεκτήματα των μικτών συστημάτων είναι ότι εκβάλλουν στους πλησιέστερους αποδέκτες (ρέματα, ποτάμια, λίμνες, θάλασσες), που γειτονεύουν κατά κανόνα με κατοικημένες περιοχές και δημιουργούν ανθυγιεινές συνθήκες, σοβαρές ενοχλητικές καταστάσεις (δυσσομία) και αντιαισθητικές εικόνες (Αντωνόπουλος, 2003).

Η ανάγκη αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος, καθώς και άλλων λειτουργικών δυσκολιών, οδήγησε τελικά στην υιοθέτηση του — πιο δαπανηρού — χωριστικού συστήματος, που αποτελείται από δύο ανεξάρτητα δίκτυα, ένα για τα βρόχινα και ένα για τα ακάθαρτα νερά (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Παρότι η συλλογή των βρόχινων νερών και σ' ορισμένες περιπτώσεις των ακάθαρτων άρχισε πριν από πέντε χιλιετηρίδες, η επεξεργασία καθαρισμού έχει πρακτικά ζωή ενός περίπου αιώνα.

Αρχικά η χρησιμοποίηση των αποβλήτων για άρδευση, που αποτελεί είδος επεξεργασίας, είχε εφαρμοσθεί από πολύ παλιά, αλλά βασικός στόχος ήταν η αξιοποίηση των υδατικών πόρων και των λιπαντικών συστατικών και λυμάτων και όχι ο καθαρισμός τους.

Εξάλλου η χημική καθίζηση, σαν μέθοδος επεξεργασίας των αποβλήτων, είχε δοκιμαστεί νωρίτερα στην Αγγλία (1762) και αργότερα στις ΗΠΑ (1887).

Ακολούθησαν τα πρώτα πειράματα σχετικά με τη μικροβιολογία χωνεύσεως της λάσπης (Αγγλία 1865), τη διαλείπουσα δύλιση των αποβλήτων, με το αντίστοιχο αμμοδιυλιστήριο (Αγγλία 1868 και 1870), τον αερισμό των λυμάτων (Αγγλία 1882) και λειτούργησε το πρώτο χαλικοδιυλιστήριο (Αγγλία 1893) με χρησιμοποίηση αργότερα περιστρεφόμενου βραχίονα διαβροχής (1898).

Η δεξαμενή IMHOFF κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στη Γερμανία το 1904 και κατασκευάστηκε για πρώτη φορά στις ΗΠΑ το 1911 (Μαρκαντωνάτος, 1990) .

Η πρώτη κοινοτική εγκατάσταση χαλικοδιυλιστηρίου στις ΗΠΑ έγινε το 1908. Το 1914 τα πειράματα των Arden και Lockett οδήγησαν στην ανάπτυξη της μεθόδου της δραστικής λάσπης και το 1916 κατασκευάστηκε στις ΗΠΑ η πρώτη μονάδα επεξεργασίας μ' αυτή τη μέθοδο (Metcalf & Eddy, 2003).

Η ανάγκη επεξεργασίας καθαρισμού των αποβλήτων έγινε αισθητή μετά την επέκταση των δικτύων υπονόμων και την αποχέτευση σ' αυτά των λυμάτων. Στην Αγγλία οι μικροί σχετικά ποταμοί ρυπάνθηκαν και έγιναν εστίες δυσοσμίας και ενοχλήσεως. Αρχικά είχε δοθεί περισσότερη προσοχή στην παρεμπόδιση χρησιμο-

ποιήσεως του νερού στη γεωργία και βιομηχανία, παρά στους δυνατούς κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Τελικά για να αντιμετωπισθούν οι δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος και η έλλειψη αρκετών εκτάσεων για διάθεση των λυμάτων με άρδευση, αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι καθαρισμού των αποβλήτων με επιτάχυνση του ρυθμού μέσα σε ευνοϊκό τεχνητό περιβάλλον.

Η παγκόσμια πλέον κατάσταση λειψυδρίας και η επαπειλούμενη αύξηση της, έχουν αναδείξει τα τελευταία χρόνια μία συμπληρωματική διάσταση του προβλήματος που πριν είχε αγνοηθεί, την περιβαλλοντική διάσταση του νερού. Στον αναπτυσσόμενο κόσμο το ένα στα τρία άτομα δεν έχουν πρόσβαση σε κάποια ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτή πηγή ή παροχή νερού για τις καθημερινές τους ανάγκες. Δύο δισεκατομμύρια επεισόδια ασθενειών αναφέρονται κάθε χρόνο ως αποτέλεσμα της κακής ποιότητας του νερού, ενώ 2 εκατομμύρια παιδιά πεθαίνουν κάθε χρόνο από επιδημίες, καθώς δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό γλυκό νερό. Σε πολλές χώρες το μεγαλύτερο μέρος των υδατικών αποθεμάτων έχει υποβαθμιστεί ποιοτικά και είναι ακατάλληλο ακόμη και για βιομηχανική χρήση. Η πολύ πρόσφατη οικολογική καταστροφή στον Δούναβη λόγω διαρροής κυανίου θα έχει άγνωστες προς το παρόν, εξαιρετικά δυσάρεστες πάντως επιπτώσεις στο οικοσύστημα, στην υγεία των κατοίκων και στην οικονομία των χωρών που διασχίζει. Η μη αξιοποίηση των τεχνικών ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του νερού επιδεινώνουν το περιβαλλοντικό πρόβλημα, το οποίο εκτός των κινδύνων που περικλείει για την υγεία των κατοίκων, έχει και έντονες οικονομικές επιπτώσεις (Κολοκυθά και συν., 1997).

Προβλήματα, όπως η αύξηση του πληθυσμού της γης και η μείωση των, ανά κάτοικο, διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων, είναι αποτελέσματα του στρεβλού μοντέλου της ανάπτυξης που υποτίμησε συστηματικά τα περιβαλλοντικά όρια,

προβάλλοντας ένα όραμα ευμάρειας και δημιουργώντας την ψευδαίσθηση της αφθονίας σ' έναν κόσμο εκ των πραγμάτων πεπερασμένο. Η αναγνώριση της περιβαλλοντικής διάστασης της διαχείρισης των υδατικών πόρων, το αυξημένο ενδιαφέρον για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεγάλων κυρίως υδραυλικών έργων, καθώς και οι κοινωνικές πιέσεις και αντιδράσεις που έχουν αρχίσει να εγείρονται σε όλα τα μέρη της γης, αποτελούν τα τελευταία χρόνια έναν σημαντικό περιοριστικό παράγοντα στην άνευ όρων εκμετάλλευση του υδατικού δυναμικού. Το παλιό διαχειριστικό δόγμα: «ούτε μια σταγόνα νερό να μην πάει χαμένη» σήμερα αναθεωρείται, καθώς αναγνωρίζεται η αξία του νερού όχι μόνον για την επιβίωση και την οικονομική ανάπτυξη, αλλά και για τη συντήρηση της κάθε μορφής ζωής στη γη. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεγάλων φραγμάτων και εκτροπών και οι κοινωνικές αντιδράσεις που τις συνοδεύουν λαμβάνονται πλέον πολύ σοβαρά υπόψη και φτάνουν μέχρι να αποτελούν αιτία ματαίωσης πολύτιμων για τον άνθρωπο έργων εξ αιτίας των κοινωνικών πιέσεων που δεχόταν από όσους υποστήριζαν ότι η κατασκευή του θα ήταν καταστροφική για το περιβάλλον της περιοχής. Η διατήρηση των υδατικών συστημάτων, των υδροτόπων, και των δέλτα των ποταμών, καθώς και η υγεία των οικοσυστημάτων και η επαναφορά υδροβιοτόπων και λιμνών που είχαν ακολουθήσει φθίνουσα πορεία στο παρελθόν βρίσκονται σήμερα σε πρώτη προτεραιότητα (Κολοκυθά και συν., 1997).

Η περιβαλλοντική διάσταση του νερού αναδεικνύει μοιραία και την περιβαλλοντική διάσταση της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων. Η συνάντηση του Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού με τη Διαχείριση μπορεί να γίνει εφικτή μέσω ενεργειών όπως:

α) η συνεχής παρακολούθηση και ο έλεγχος των ποσοτικών και των ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών συστημάτων,

β) ο σχεδιασμός των έργων αξιοποίησης, προστασίας και επαναφοράς τους
όποτε αυτό απαιτείται και

γ) η αποτίμηση, αλλά και αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από
την εκτέλεση επεμβάσεων στο υδατικό περιβάλλον με τη μορφή τεχνικών έργων,
(συγκοινωνιακών, υδραυλικών, πολεοδομικών, ενεργειακών, γεωτεχνικών κλπ).

2 Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Εισαγωγή

Η Παγκόσμια Διάσκεψη για την Βιώσιμη Ανάπτυξη στο Γιοχάνεσμπουργκ το 2002 ήταν η κατάληξη μιας σειράς διασκέψεων, οι οποίες με αρχή την Διάσκεψη της Στοκχόλμης για το Περιβάλλον το 1972 και την Διάσκεψη για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, στο Ρίο της Βραζιλίας το 1992, εισήγαγαν την αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης. Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης υποδηλώνει ότι η μακροχρόνια αποτελεσματική ανάπτυξη τόσο για τις αναπτυγμένες όσο και για τις αναπτυσσόμενες χώρες πρέπει να βασίζεται σε τρεις διακριτούς άξονες: την προστασία του περιβάλλοντος, την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή, τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Η βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι βασική παράμετρος της βιώσιμης ανάπτυξης. Η αύξηση του πληθυσμού, η γρήγορη αστικοποίηση, η έλλειψη τοπικής και χρονικής ισορροπίας μεταξύ των υδατικών αποθεμάτων και της κατανάλωσης του νερού, είχαν ως αποτέλεσμα πολλές χώρες, όπως και η Ελλάδα, να παρουσιάζουν σήμερα αρνητικά υδατικά ισοζύγια, αλλά και προβλήματα ρύπανσης και υποβάθμισης των υδατικών πόρων. Αναγνωρίζοντας τη θεμελιώδη σημασία που παίζει το νερό στην εξασφάλιση όλων των ανθρώπινων δικαιωμάτων η επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για τα Οικονομικά, Κοινωνικά και Πολιτιστικά Δικαιώματα υιοθέτησε, τον Νοέμβριο 2002, τη Γενική Αρχή Νο 15, στην οποία ανακηρύσσεται το νερό ως ανθρώπινο δικαίωμα (Grohmann και Προχάσκα, 2006).

Προκειμένου να διαχειριστεί και να προστατευθεί το νερό για τις επόμενες γενιές είναι απαραίτητη μια νέα διαχείριση των υδατικών πόρων. Μια τέτοια νέα προσέγγιση συνεπάγεται την εφαρμογή μιας σειράς από αρχές κοινωνικού,

οικονομικού και τεχνικού περιεχομένου, οι οποίες προωθούν την βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων μέσω της ανάπτυξης αποκεντρωμένων κύκλων χρήσης-επεξεργασίας-επαναχρησιμοποίησης του νερού, που ανταποκρίνονται στις παρούσες και μελλοντικές ανάγκες κάθε κοινωνίας.

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού αυξάνεται σταθερά όχι μόνο σε περιοχές με ανεπάρκεια υδατικών πόρων (Γαλλία, Ιταλία, Ισπανία και Πορτογαλία), αλλά και στα πυκνοκατοικημένα βόρεια ευρωπαϊκά κράτη όπως τη Γερμανία, το Βέλγιο και την Αγγλία, καθώς επίσης και στις παράκτιες τουριστικές περιοχές και στα νησιά.

Η ανακύκλωση του νερού απαιτεί την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας επεξεργασίας ή τον συνδυασμό τεχνολογιών προσαρμοσμένων στις ανάγκες των διαφορετικών τύπων χρήσεων. Σχετικά με τις απαιτήσεις επεξεργασίας, ο υψηλός βαθμός απομάκρυνσης αιωρούμενων στερεών είναι βασικός παράγοντας για την καλύτερη αποτελεσματικότητα των συγκεκριμένων διεργασιών. Τα στερεά σωματίδια δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα στην διεργασία της απολύμανσης δεδομένου ότι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που προσκολλώνται στα στερεά προστατεύονται απέναντι στα μέσα απολύμανσης. Για τον λόγο αυτό, στην περίπτωση που είναι επιθυμητή η παραμονή των οργανικών και του αζώτου στα λύματα ως λίπασμα για την άρδευση, η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και η απολύμανση είναι απαραίτητες διεργασίες για την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών επιτυγχάνεται κυρίως κατά το στάδιο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας με την εφαρμογή της μεθόδου της καθίζησης ή της μεθόδου της κροκίδωσης με προσθήκη χημικών αντιδραστηρίων.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις στην Ευρώπη διενεργείται με βιολογική επεξεργασία με σύστημα ενεργού ιλύος παρατεταμένου

αερισμού. Εναλλακτικά για την δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων μικρών και μεσαίων οικισμών (έως 5000 κατοίκους) χρησιμοποιούνται και τα φυσικά συστήματα ή αλλιώς γήινα συστήματα επεξεργασίας κατηγορίες των οποίων είναι οι κατασκευασμένοι υγρότοποι, τα συστήματα βραδείας και ταχείας διήθησης καθώς και διάφοροι τύποι τεχνητών λιμνών ή δεξαμενών σταθεροποίησης (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Αν το υγρό απόβλητο που προέρχεται από δευτεροβάθμια κατεργασία δεν θεωρείται ικανοποιητικής ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση για άρδευση, στην βιομηχανία ή για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων, τότε είναι δυνατόν να απαιτηθεί τριτοβάθμια επεξεργασία. Οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην τριτοβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνουν κυρίως την κροκίδωση με σκοπό την περαιτέρω απομάκρυνση των στερεών, τη διήθηση σε στρώματα άμμου ή άλλων υλικών, προχωρημένες μεθόδους κατάλληλες για την απομάκρυνση του διαλυτού οργανικού φορτίου (π.χ. προσρόφιση σε ενεργό άνθρακα, διάφορες διεργασίες διαχωρισμού με μεμβράνες) και την απολύμανση. Η χρήση μεμβρανών σε μεθόδους διαχωρισμού αυξάνει καθημερινά αφού η εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπει την κατασκευή μεμβρανών με μικρότερα μεγέθη και δίνει εκτός από την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του νερού και την αξιοποίηση των παραπροϊόντων (π.χ. πρωτεΐνες στο τυρόγαλο) που άλλοτε κατέληγαν μαζί με το υπόλοιπο υγρό απόβλητο στους υδάτινους αποδέκτες.

Βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση των επεξεργασμένων εκροών είναι η χλωρίωση, η απολύμανση με όζον, η απολύμανση με ακτινοβολία UV, και η χρήση του χλωρίου και των παραγώγων του. Τα τελευταία αποτελούν φθηνά και αποτελεσματικά μέσα, που παρουσιάζουν όμως σοβαρά μειονεκτήματα, αφενός λόγω της δημιουργίας χλωριωμένων οργανικών

παραγωγών, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν μεγάλο κίνδυνο (τοξικά, καρκινογόνα, μεταλλαξιογόνα), αφετέρου, διότι σε πολλές περιπτώσεις αδυνατούν να αδρανοποιήσουν πολλούς οργανικούς ρύπους, λόγω της χαμηλής σχετικά οξειδωτικής τους δράσης. Επιπλέον η απελευθέρωση των χλωροϊόντων προκαλεί αύξηση της αλατότητας των υδάτων, με γνωστά σε όλους αποτελέσματα.

2.2 Συμβατικά Συστήματα Επεξεργασίας Υγρών Αστικών Αποβλήτων

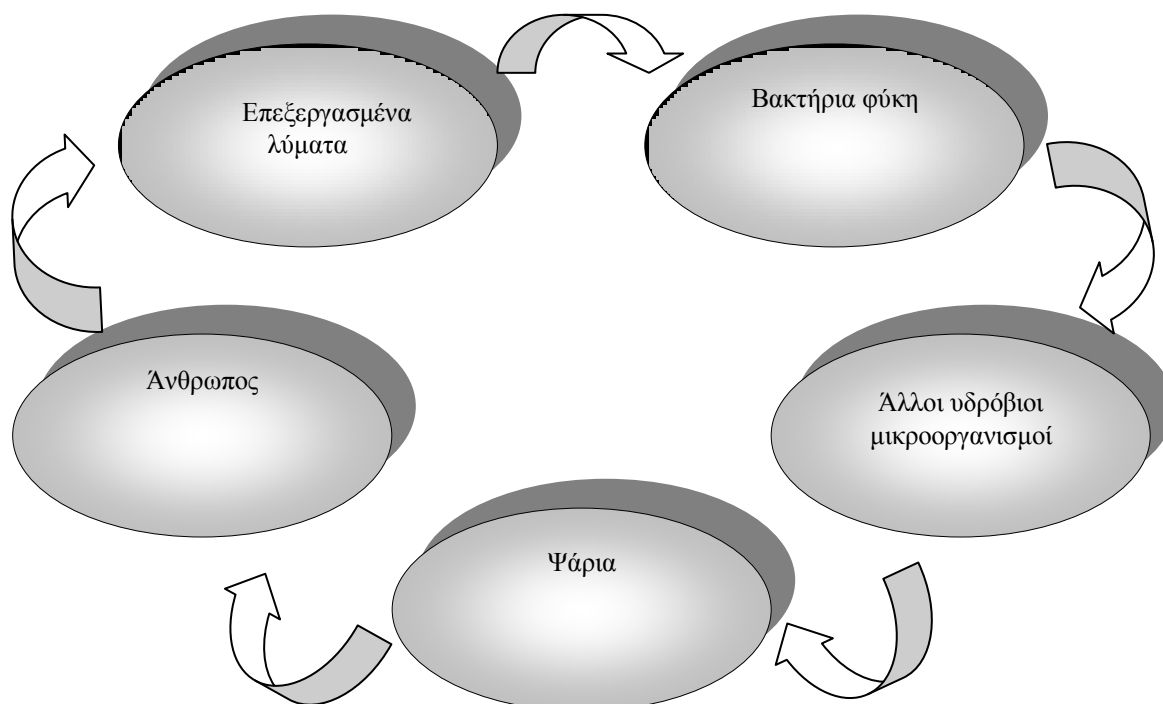
Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτων από τα απόβλητα είναι οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (Ε.Ε.Α.Α.). Δύο είναι οι βασικές προϋποθέσεις για την επιτυχία μιας Ε.Ε.Α.Α. : (α) η τεχνική αρτιότητα της και (β) η εναρμόνιση της με το περιβάλλον.

Το Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος της Ε.Ε. εξέδωσε οδηγία (19/3/92) για τον καθαρισμό των αστικών αποβλήτων, στην οποία προβλέπεται ότι θα πρέπει να εγκατασταθούν Ε.Ε.Α.Α. σε όλες τις πόλεις της κοινότητας. Συγκεκριμένα προτείνεται η πραγματοποίηση βιολογικού καθαρισμού σε όλες τις πόλεις με πληθυσμό μεγαλύτερο από 15.000 κατοίκους μέχρι το 2.000 και για τις μικρότερες πόλεις μέχρι το 2.005. Με την οδηγία σχετικά με την επεξεργασία αστικών λυμάτων η Ε.Ε. έχει θέση ως στόχο τον καθαρισμό όλων των επιφανειακών και παράκτιων υδάτων από την οργανική ρύπανση μέχρι το τέλος του 2010. Η προσπάθεια αυτή θα απαιτήσει μεγάλες επενδύσεις στον τομέα αυτό εκ' μέρους των τοπικών κυβερνήσεων και των βιομηχανιών κατά την επόμενη δεκαετία.

Όπως αναφέρει και η οδηγία της Ε.Ε., μια Ε.Ε.Α.Α. χαρακτηρίζεται από το βαθμό καθαρισμού, ο οποίος καθορίζεται από το ποια βλαβερά συστατικά απομακρύνει από το λύμα. Συγκεκριμένα πρωτοβάθμιος χαρακτηρίζεται ο καθαρισμός που απομακρύνει τα ογκώδη στερεά, την άμμο και τα αιωρούμενα στερεά. Ο δευτεροβάθμιος ή συχνά αποκαλούμενος βιολογικός καθαρισμός αποσκοπεί στην απομάκρυνση και των οργανικών συστατικών και συχνά των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο τριτοβάθμιος αφορά την απομάκρυνση και των θρεπτικών στοιχείων (φώσφορος και άζωτο). (Μιχαλοπούλου και Ρέκκας, 1999).

Ιδιαίτερη σημασία για την χώρα μας έχει η οδηγία 91/271 της Ε.Ε. για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, που αφορούν τη συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς. Συνοπτικά αναφέρεται ότι για την απόρριψη λυμάτων σε « ευαίσθητες περιοχές» θα πρέπει να γίνεται και τριτοβάθμια επεξεργασία ώστε τα επεξεργασμένα λύματα να πληρούν τις προδιαγραφές.

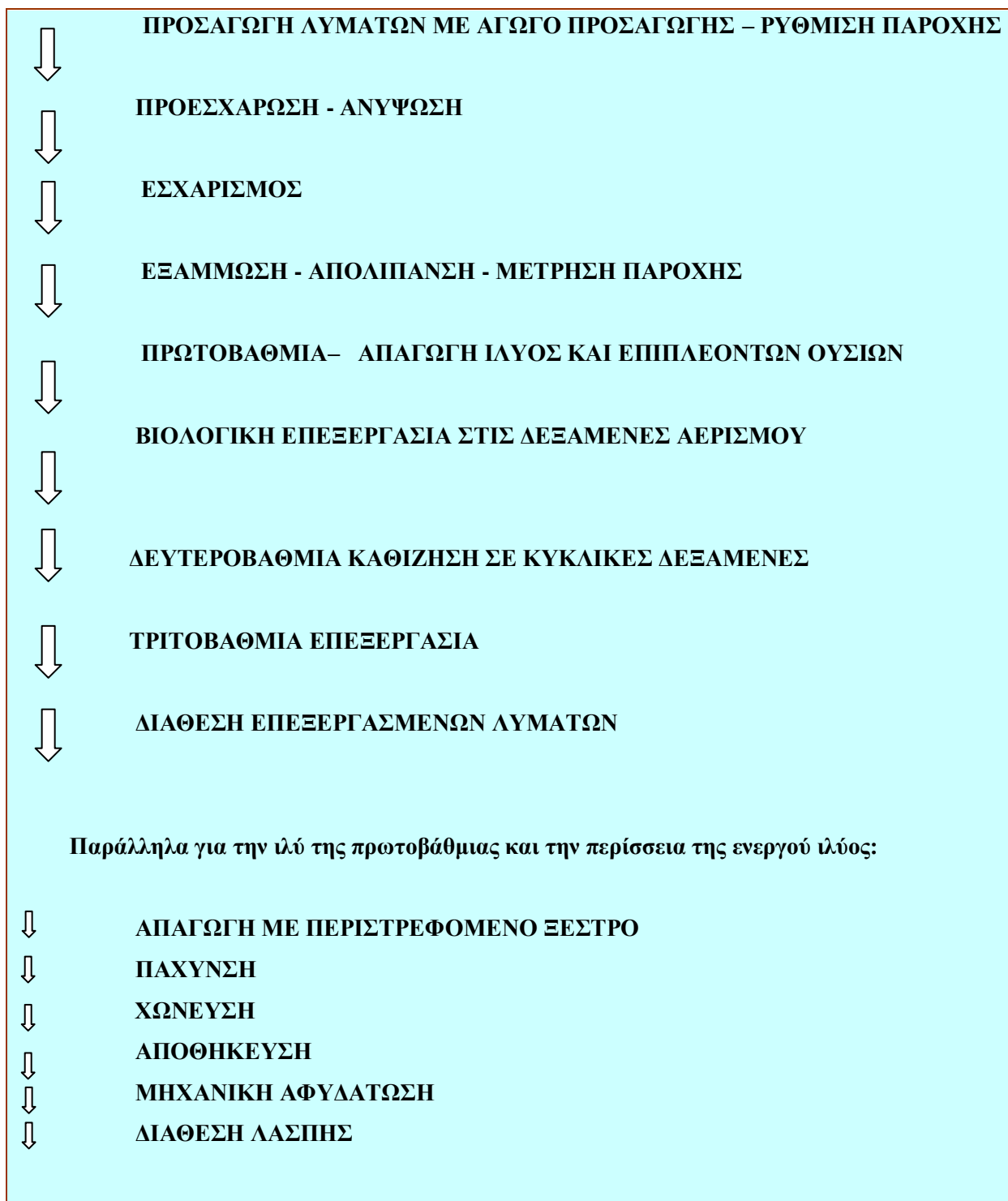
Αυτό που συμβαίνει σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων είναι βασικά το ίδιο με ότι διαδραματίζεται σε ένα ποτάμι ή σε μια θάλασσα. Ο ρόλος μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι να επιταχύνει τις φυσικές διεργασίες με τις οποίες τα νερά αυτοκαθαρίζονται (Αγγελάκης και Διαμαντόπουλος, 1999).



Εικόνα 1. Κύκλος Αλληλεπίδρασης (Λύματα-Τροφική Αλυσίδα -Ανθρωπος).

Οι λειτουργίες που εξασφαλίζουν ζωντανό έναν οργανισμό, εξαρτώνται σημαντικά και κύρια από την ικανότητα που έχει να διατηρεί στα κύτταρα του ένα καθορισμένο επίπεδο διαλυμένου οξυγόνου. Στην παραπάνω Εικόνα 1. φαίνεται πως η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων, επηρεάζει την τροφική αλυσίδα του υδάτινου περιβάλλοντος, με τελικό αποδέκτη τον άνθρωπο. Εάν μικρή ποσότητα αποβλήτων εκβάλει στην θάλασσα, τα βακτήρια μπορούν να αποσυνθέτουν τα απόβλητα, χωρίς αυτό να επηρεάζει τις ανώτερες μορφές ζωής. Τα νερά μπορούν γρήγορα να αποκαταστήσουν το έλλειμμα του οξυγόνου από την ατμόσφαιρα και κυρίως από την φωτοσύνθεση του φυτοπλαγκτού.

2.2.1. Σχεδιασμός Μονάδας Επεξεργασίας Αποβλήτων



Εικόνα 2. Απλοποιημένο διάγραμμα ροής μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων.

2.2.1.1 Προσαγωγή Λυμάτων

Τα λύματα φθάνουν στην ΕΕΛ με αγωγό προσαγωγής (κλειστός αγωγός). Στα προσαγόμενα λύματα πριν το φρεάτιο άφιξης - εκτροπής θα προστίθενται και τα βοηθολύματα. Προβλέπονται τρία (3) στόμια εκκένωσης των βυτιοφόρων πάνω στον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (ΚΑΑ), έτσι ώστε να πετυχαίνεται κάποια αραίωση των βοηθολυμάτων πριν την είσοδο τους στην εγκατάσταση.

Για τον έλεγχο των τυχόν οσμών έχει προταθεί η έγχυση υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) στα βυτιοφόρα κατά την είσοδο τους στην εγκατάσταση, έτσι ώστε το H_2O_2 να οξειδώνει τα θειούχα.

Αναλυτικά, τα στάδια (Εικόνα 2) είναι:

1. Προεσχάρωση. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει (Εικόνα 3):

- ένα θάλαμο κατακράτησης, που συγκεντρώνει τα βαριά υλικά που κατακάθονται
- μία χονδροεσχάρα, με χειρονακτικό καθαρισμό, που κατακρατά τα μη καθιζάνοντα αντικείμενα μεγάλων διαστάσεων
- ένας επαφέας ψηλής στάθμης με διακόπτη ιωδίου που επιτρέπει την απελευθέρωση ενός συναγεμού στην περίπτωση έμφραξης της χονδροεσχάρας (Μπακάλης, Μαρκαντωνάτος 2000).

2. Ανύψωση. Η ανύψωση των λυμάτων πραγματοποιείται με κοχλίες (έλικες του Αρχιμήδη), από τους οποίους ένας είναι πάντα σε εφεδρεία. Οι κοχλίες αυτοί παρέχουν εύκολη λειτουργία και ψηλή απόδοση ενέργειας (Εικόνα 4).



Εικόνα 3. Είσοδος



Εικόνα 4. Αντλιοστάσιο Ανύψωσης

2.2.1.2 Προεπεξεργασία

Στο στάδιο της προεπεξεργασίας (Εικόνα 6) περιλαμβάνεται η εσχάρωση και η εξάμμωση -απολίπανση.

1.Εσχάρωση

Η εσχάρωση (Εικόνα 5) πραγματοποιείται με τη βοήθεια σχαρών. Ο καθαρισμός της σχάρας γίνεται με ένα κτένι τοποθετημένο σε τέσσερις (4) βραχίονες που η περιστροφή τους εξασφαλίζει την απόξεση της επιφάνειας της σχάρας. Η περιστροφή αυτή γίνεται με ένα μειωτή κίνησης. Η εκκίνηση της σχάρας ελέγχεται τοπικά με κομβία επαφής (Μπακάλης , Μαρκαντωνάτος 2000).

Οι σχάρες ρυθμίζονται με πλωτήρα στάθμης ή και με χρονοδιακόπτη ρυθμιζόμενης διάρκειας. Ένας επιλογέας επιτρέπει το σταμάτημα, την αυτόματη ή τη χειροκίνητη λειτουργία. Υπάρχει επίσης διακόπτης ασφαλείας για επείγον σταμάτημα.

Τα εσχαρίσματα απομακρύνονται με τη βοήθεια μιας μεταφορικής ταινίας, φορτώνονται σε φορτηγό και διατίθενται στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων.

Η τοποθέτηση του συμπιεστή θα έχει το πλεονέκτημα ότι θα απομακρύνεται το 50-70% της υγρασίας από τα εσχαρίσματα και θα μπορούν πλέον να αποθηκεύονται προσωρινά απευθείας σε κάδους (Μπακάλης , Μαρκαντωνάτος 2000).



Εικόνα 5. Εσχάρωση

2. Εξάμμωση – Απολίπανση

Η εξάμμωση λειτουργεί με βαρύτητα. Μία γέφυρα απόξεσης κοινή στις δύο γραμμές μετατοπίζεται διαδοχικά κατά την έννοια του μήκους για την απολίπανση. Η λειτουργία πραγματοποιείται με διατάξεις "τέλους διαδρομής" σε κάθε άκρο του καναλιού που διασυνδέονται με ωρολογιακούς ρυθμιζόμενους διακόπτες. Επίσης, υπάρχει πρόβλεψη για τοπικό χειρισμό καθώς και για σταμάτημα ανάγκης.

Η άμμος απάγεται με αναρροφητές (airlift), που αναρροφούν την άμμο από τον πυθμένα και την ωθούν προς ένα διαμήκες εξωτερικό κανάλι. Η άμμος και το υγρό που συγκεντρώνονται οδηγούνται σε μία χοάνη που τροφοδοτεί ένα κοχλία στράγγισης. Το υγρό στράγγισης επιστρέφει με βαρύτητα στην αρχή των κοχλιών

ανύψωσης, ενώ η συλλεγόμενη άμμος αποθηκεύεται και διατίθεται στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων .

Όσον αφορά τα επιπλέοντα, αυτά σπρώχνονται με λάμες απόξεσης προς ένα κανάλι ανάκτησης των λιπών από όπου με βαρύτητα κατευθύνονται προς ένα θάλαμο λιπών που εκκενώνεται με βυτίο. Η απολίπανση του υγρού πραγματοποιείται με την εμφύσηση αέρα (ένας συμπιεστής αέρα για τις δύο γραμμές και ένας εφεδρικός), που διοχετεύεται με μία σωλήνωση διανομής εξοπλισμένη με διάχυτες τύπου VIBRAIR.

3. Μέτρηση Παροχής

Μετά από την εξάμωση - απολίπανση τα υγρά από κάθε γραμμή διέρχονται από ένα εκχειλιστή τύπου Ventouri για μέτρηση με συσκευή υπερήχων.



Εικόνα 6. Μονάδα Προεπεξεργασίας

2.2.1.3 Πρωτοβάθμια Καθίζηση

Μετά την προεπεξεργασία τα λύματα διέρχονται δεξαμενές πρωτοβάθμιας (Εικόνα 7) καθίζησης επί το πλείστον κυκλικές. Κατά την πρωτοβάθμια καθίζηση τα αιωρούμενα στερεά καθιζάνουν σχηματίζοντας υδαρή ιλύ, η οποία με τη βοήθεια περιστροφικού πυθμενικού ξέστρου συλλέγεται στο κέντρο του πυθμένα της δεξαμενής. Κατόπιν, η καθιζάνουσα αυτή ιλύς αντλείται μαζί με την περίσσεια της βιολογικής ιλύος που επανακυκλοφορεί από τις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης και οδηγείται για παραπέρα επεξεργασία (Μπακάλης , Μαρκαντωνάτος 2000).

Ακόμη, τα επιπλέοντα λιπαρά σωματίδια που δεν συγκρατήθηκαν στην απολίπανση συγκεντρώνονται στην επιφάνεια. Αυτά σπρώχνονται με λάμες απόξεσης προς δύο αντιδιαμετρικά σημεία απαγωγής ανά μονάδα. Οι επιπλέουσες ουσίες που συλλέγονται πέφτουν σε θαλάμους υποδοχής οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με υπερχειλίσεις που αναχωρούν από τον πυθμένα. Τα λίπη και οι επιπλέουσες ουσίες μαζεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις και απομακρύνονται με τη βοήθεια ενός βυτιοφόρου προς το χώρο διάθεσης απορριμμάτων.

Τα λύματα που υπερχειλίζουν από τη δεξαμενή πρωτοβάθμιας κατευθύνονται (Εικόνα 8) στη συνέχεια προς τη δεξαμενή αερισμού για βιολογική επεξεργασία.



Εικόνα 7. Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης



Εικόνα 8.Γέφυρα

2.2.1.4 Βιολογική Επεξεργασία

Το λύμα, στην έξοδό του από την καθίζηση, περιέχει ακόμα μερικά αιωρούμενα και άλλα στερεά, τα οποία είναι διαλυμένα στο νερό. Αυτά τα υλικά είναι πηγές τροφής για πρωτόζωα, μούχλες, φύκη και εκατοντάδες ποικιλίες από βακτήρια. Η βιολογική διεργασία γίνεται σε αυστηρά ελεγχόμενο τεχνητό περιβάλλον, στο οποίο οι οργανισμοί μετατρέπουν τα διαλυμένα στερεά του λύματος σε αιωρούμενα στερεά, τα οποία, με φυσικές διαδικασίες ξανά καθιζάνουν, στις δεξαμενές τελικής καθίζησης.

Σύμφωνα με τη θεωρία «της ενεργούς ιλύος», λύμα και μικροοργανισμοί αναμιγνύονται, έρχονται και παραμένουν σε επαφή μερικές ώρες, σε μεγάλες

επιμήκεις δεξαμενές με σταθερή παροχή αέρα και ρυθμό ανάδευσης. Απαιτεί φροντίδα, ώστε παράγοντες όπως θερμοκρασία, οξυγόνο και χρόνος επαφής να κυμαίνονται στα επίπεδα εκείνα, που διασφαλίζουν τη γρήγορη και πλήρη κατανάλωση του διαλυμένου οργανικού φορτίου. Τα τελικά προϊόντα είναι διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ενέργεια για την αύξηση των μικροοργανισμών.

Στην εγκατάσταση, το λύμα, μετά τις δεξαμενές καθίζησης, μέσω ενός οχετού οδεύει προς το αντλιοστάσιο ενδιάμεσης ανύψωσης. Εκεί, με κοχλίες Αρχιμήδη, ανυψώνεται και μοιράζεται σε δεξαμενές αερισμού – νιτροποίησης – απονιτροποίησης, που αποτελούν την καρδιά της βιολογικής επεξεργασίας.

Στις δεξαμενές αυτές, ο εμπλουτισμός του λύματος με οξυγόνο γίνεται με διάχυση αέρα. Οι βιολογικές διεργασίες, που πραγματοποιούνται στη μονάδα αυτή κατά «μήκος» της ροής του λύματος, είναι η παρακάτω (Metcalf & Eddy, 2003) :

Η εισαγωγή του λύματος γίνεται στο 1^ο τμήμα του πρώτου διαμερίσματος των δεξαμενών, όπου η παρουσία αέρα επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, που καταναλώνουν φώσφορο και άλατα. Ένα σημαντικό τμήμα του φωσφόρου απομακρύνεται από το λύμα και σε αυτό το διαμέρισμα, ιδιαίτερα στους θερινούς μήνες(Καρβούνης και Γεωργακέλλος 2003).

Στη συνέχεια, το λύμα προχωρεί στο 2^ο τμήμα του πρώτου διαμερίσματος, όπου σε συνθήκες ανοξικές (πολύ μικρή συγκέντρωση οξυγόνου) αναπτύσσονται ετερότροφα βακτήρια. Αυτά καταναλώνοντας το οξυγόνο των νιτρικών αλάτων, μετατρέπουν τα νιτρικά σε άζωτο, το οποίο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Επίσης, μικροοργανισμοί καταναλώνουν ενώσεις άνθρακα, απομακρύνοντας μ' αυτόν τον τρόπο τμήμα του οργανικού φορτίου.

Έπειτα, το λύμα προωθείται στο δεύτερο διαμέρισμα των δεξαμενών, όπου με το συγκρότημα φυσητήρων – διαχυτών, παροχετεύεται αέρας και οι συνθήκες

γίνονται αερόβιες. Άλλου είδους μικροοργανισμοί, τα αυτότροφα βακτήρια *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* εδώ προκαλούν την διαδικασία της νιτροποίησης, μετατρέποντας την αμμωνία που υπάρχει στο λύμα σε νιτρικά ιόντα. Παράλληλα, καταναλώνεται και το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού φορτίου και σαν διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται.

Τα νιτρικά, όμως, που παράγονται σ' αυτή τη διαδικασία της νιτροποίησης, απαιτούν ανοξικές συνθήκες για να μετατραπούν σε άζωτο. Ολοκληρώνοντας το λύμα την πορεία του στις δεξαμενές αερισμού – νιτροποίησης – απονιτροποίησης έχει απαλλαγεί από το οργανικό φορτίο, καθώς έχει μετατραπεί σε αιωρούμενους οργανισμούς και σωματίδια.

Το «μεικτό υγρό» οδηγείται στις δεξαμενές τελικής καθίζησης. Στις δεξαμενές αυτές δίνεται ο απαραίτητος χρόνος στα αιωρούμενα σωματίδια και μικροοργανισμούς – ενεργή ιλύς – να πυκνώσουν και να καθιζήσουν στον πυθμένα των δεξαμενών, ώστε, από την επιφάνεια των δεξαμενών, το καθαρό επεξεργασμένο λύμα να μπορεί να επιστρέψει στη φύση. Η ενεργή ιλύς, που συγκεντρώνεται στο πυθμένα, ακολουθεί δύο δρόμους. Η μεγαλύτερη ποσότητα επιστρέφει στις δεξαμενές αερισμού, ώστε να αποτελέσει «μαγιά» και βοήθεια στις διεργασίες, ενώ μια μικρότερη ποσότητα αντλείται στην μονάδα πάχυνσης της βιολογικής λάσπης, ώστε να ακολουθήσει άλλη επεξεργασία.

Στην τρίτη φάση, το λύμα απαλλάσσεται από το **90%** του οργανικού (βιοαποικοδομήσιμου) φορτίου, το **70%** των αιωρούμενων στερεών, το **75%** του αζώτου και το **50%** του φωσφόρου (Μαρκαντωνάτος, 1990).



**Εικόνα 9. Δεξαμενή Αερισμού
2.2.1.5 Τρποβάθμια Επεξεργασία**

Αφορά την απομάκρυνση και των θρεπτικών στοιχείων (φώσφορος και άζωτο).(Μιχαλοπούλου και Ρέκκας, 1999).

Ιδιαίτερη σημασία για την χώρα μας έχει η οδηγία 91/271 της Ε.Ε. για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, που αφορούν τη συλλογή, την επεξεργασία και

την απόρριψη λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς (Μαλλιαρός Θ.,2000). Συνοπτικά αναφέρεται ότι για την απόρριψη λυμάτων σε « ευαίσθητες περιοχές» θα πρέπει να γίνεται και τριτοβάθμια επεξεργασία ώστε τα επεξεργασμένα λύματα να πληρούν τις προδιαγραφές του Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Προδιαγραφές επεξεργασμένων λυμάτων.

Προδιαγραφές	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/L)
BOD ₅	25
COD	125
SS	35
Ολικό-N	10 μέχρι 15
Ολικό-P	1 μέχρι 2

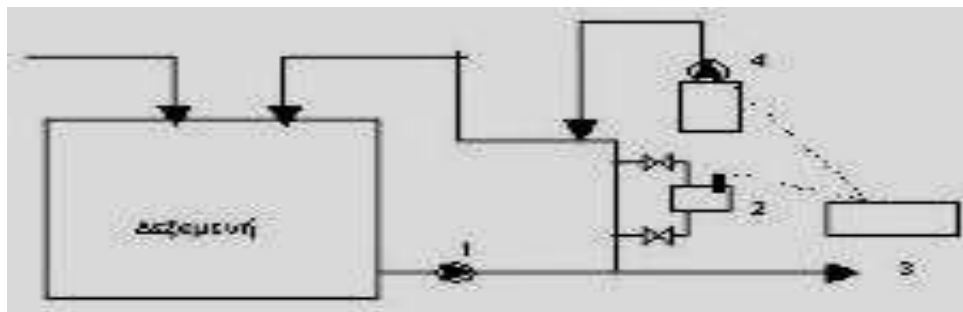
ΠΗΓΗ: <http://europa.eu.int>

Η τριτοβάθμια επεξεργασία αποβλέπει στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των λυμάτων ώστε να είναι δυνατή η αποτελεσματική απολύμανση και εξασφαλίζει:

- τη μείωση στο ελάχιστο των τιμών της συγκέντρωσης των SS
 - την πρόσθετη απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων
 - την ποιοτική αναβάθμιση της οπτικής εμφάνισης των λυμάτων με τη μείωση της θολότητας
 - τη μείωση των παθογόνων μ/ο ώστε να πληρούνται τα απαιτούμενα όρια
- Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαύγασης – απολύμανσης των λυμάτων συνίσταται από τις ακόλουθες διεργασίες:
- Κροκίδωση – Συσσωμάτωση με προσθήκη χημικών (150mg/L θειϊκό αργίλιο και 0,2mg/L πολυμερή)
 - Καθίζηση

- Δύλιση μέσω φίλτρων
- Χλωρίωση (χρόνος απολύμανσης 2hr & συγκέντρωση υπόλειμμα. (1mg/L)

Ο στόχος της απολύμανσης των λυμάτων είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών σε ικανοποιητικά επίπεδα ώστε η διάθεση των λυμάτων στους υδάτινους αποδέκτες ή η επαναχρησιμοποίησή τους να μην δημιουργεί κινδύνους στη δημόσια υγεία. Απολύμανση των λυμάτων επιτυγχάνεται κατά κανόνα με εφαρμογή φυσικών ή χημικών μεθόδων όπως χλωρίωση (Εικόνα 10), οζόνωση (Εικόνα 11) ή υπεριώδη ακτινοβολία (Εικόνα 12). Τα χαρακτηριστικά του ιδανικού απολυμαντικού είναι: α) υψηλός ρυθμός εξουδετέρωσης παθογόνων μικροοργανισμών, β) χαμηλή δραστικότητα με ουσίες που περιέχονται στο νερό και χαμηλή παραγωγή επικίνδυνων παραπροϊόντων, γ) χαμηλό κόστος λειτουργίας και μικρές απαιτήσεις συντήρησης, δ) μηδενικός κίνδυνος κατά τη χρήση του, ε) εύκολη ανιχνευσιμότητα στο νερό και στ) χαμηλή τοξικότητα στους υδρόβιους οργανισμούς(Ραφαηλίδης Α.,1998). Οι παραπάνω ιδιότητες δεν είναι συγκεντρωμένες σε ένα απολυμαντικό, θα πρέπει όμως να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων.



Εικόνα 10 Τυπικό Σχήμα Χλωρίωσης σε Δεξαμενή 1: ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ 2: ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ 3: ΟΡΓΑΝΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ 4 : ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΜΑΖΙ ΜΕ ΚΑΔΟ 100 LT (Χλωριωτής νερού).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας για την απολύμανση των λυμάτων και τη πρόσθετη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών είναι σκόπιμο να εξετάζεται ανά περίπτωση ανάλογα με τα έργα διάθεσης των λυμάτων και τα χαρακτηριστικά του υδάτινου αποδέκτη. Στη περίπτωση διάθεσης των λυμάτων στην ανοικτή θάλασσα η απολύμανση των λυμάτων είναι συχνά περιττή καθώς λόγω της αραιώσης και της φυσικής φθοράς των μικροοργανισμών οι συγκεντρώσεις τους είναι αρκετά χαμηλές ώστε να μη δημιουργούν κινδύνους μετάδοσης ασθενειών.

Ιδιαίτερα κρίσιμη είναι η απολύμανση των λυμάτων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησής των.



Εικόνα 11 Οζονιστήρας νερού.



Εικόνα 12 Συσκευές Υπεριώδους Ακτινοβολίας

2.2.1.6 Έργα Διάθεσης

Από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης, το επεξεργασμένο λύμα οδηγείται στο αντλιοστάσιο εκροής και απομακρύνεται, μέσω αγωγού, που εκβάλλει στην εγκατάσταση διάθεσης.

Με την δεξαμενή αναρίθμησης και τους διαχυτήρες, η εκροή των λυμάτων, αφ' ενός είναι σταθερή σε όλο το 24ωρο, αφ' ετέρου γίνεται «κατά μάζες χωριστές», με αποτέλεσμα το καθαρό πλέον νερό να αφομοιώνεται ομαλά από τον αποδέκτη.

Οι ευνοϊκές συνθήκες συμβάλλουν ώστε, το διαλυμένο οξυγόνο, η διαύγεια και η αισθητική εικόνα στην περιοχή εκβολής και στις γειτονικές ακτές, να βρίσκονται μέσα σε αποδεκτά επίπεδα (Βογιατζής, 1995).

2.2.1.7 Επεξεργασία Λάσσης

Καθώς το λύμα οδεύει στις διάφορες μονάδες επεξεργασίας, διάφοροι τύποι από στερεά απομακρύνονται, ώστε να απαλλαγεί από τα ρυπαντικά φορτία και να αποκτήσει ξανά την καθαρότητα του.

Τα διάφορα στερεά αναφέρονται με το όνομα «ιλύς ή λάσπη», χωρίς όμως να έχουν σχέση με την γνωστή μας λάσπη. Οι λάσπες αυτές παραμένουν ακόμα πολύ υδαρή διαλύματα, 100 φορές όμως, πυκνότερα από το ανεπεξέργαστο λύμα. Δηλαδή, αν 1 m^3 ανεπεξέργαστο λύμα, που μπαίνει στην εγκατάσταση, περιέχει 300 gr και λιγότερο στερεά, 1 m^3 λάσπης περιέχει 30 Kg. Οι γενικοί στόχοι των διεργασιών της λάσπης είναι : α) η μείωση του όγκου της για να μειωθεί το κόστος επεξεργασίας και διάθεσής της και β) η σταθεροποίηση της, δηλαδή η μετατροπή της σε μία αδρανή (βιολογικά σταθερή) μάζα, ώστε η διάθεση της στο περιβάλλον να είναι ακίνδυνη. Η φιλοσοφία για την επεξεργασία της λάσπης στηρίζεται στην τεχνική της συμπύκνωσης, η οποία αυξάνει τα στερεά σε $250 - 300 \text{ Kg/ m}^3$.

Οι μέθοδοι που ακολουθούνται για την επεξεργασία είναι πάχυνση, χώνευση, αφυδάτωση και διάθεση. Στην εγκατάσταση παράγονται τρία είδη λάσπης, πρωτογενής, χημική και βιολογική. Επειδή η χημική και βιολογική λάσπη είναι ιδιαίτερα υδαρείς ακολουθούν την διαδικασία της πάχυνσης. Το επόμενο βήμα είναι η ομογενοποίηση και των τριών ειδών, ώστε να τροφοδοτούνται οι χωνευτές με κοινό μείγμα. Αυτό γίνεται με δεξαμενή ομογενοποίησης, όπου αντλούνται η λάσπη της επίπλευσης, η παχυνμένη χημική και βιολογική λάσπη. Η μεικτή ιλύς πλέον περιέχει $30 - 40 \text{ Kg/ m}^3$ στερεών.

Οι χωνευτές είναι ένα συγκρότημα δεξαμενών. Εκεί, η λάσπη θερμαίνεται σε $33 - 35 \text{ }^\circ\text{C}$, ανακυκλοφορεί πάνω από εναλλάκτη θερμότητας και με μηχανικό σύστημα ανάδευσης εξασφαλίζεται η γρήγορη ανάμειξη και θέρμανση της. Οι

μακρομοριακές οργανικές ενώσεις, που περιέχει, διασπώνται σε απλούστερες με τη βοήθεια αναερόβιων μικροοργανισμών, που βρίσκονται σε αφθονία λάσπη οικιακών λυμάτων (Στάμου 1995).

Παράλληλα, καταστρέφονται ορισμένοι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Το τελικό προϊόν της χώνευσης είναι ένα μείγμα αερίων, το οποίο λέγεται βιοαέριο και αποτελείται, κυρίως, από διοξείδια του άνθρακα και μεθάνιο. Το παραγόμενο βιοαέριο οδηγείται σε αεριοφυλάκιο, που βρίσκεται τοποθετημένο μέσα σε δεξαμενή νερού αφ' ενός εξισορροπεί τις διακυμάνσεις στην παραγωγή – κατανάλωση αερίου, και αφ' ετέρου γεμίζει το χωνευτή με αέριο κατά την εκροή χωνευμένης ιλύος.

Το βιοαέριο οδηγείται στην μονάδα παραγωγής ενέργειας. Εκεί καίγεται σε δύο κινητήρες αερίου, που κινούν δύο γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η χωνευμένη λάσπη, έχοντας υποστεί εξυγίανση και σταθεροποίηση και έχοντας απαλλαγεί από ενοχλητικές οσμές, είναι σε θέση πλέον να αφυδατωθεί. Οδηγείται, για το σκοπό αυτό, με βαρύτητα στις δεξαμενές μεταπάχυνσης, οι οποίες λειτουργούν παρόμοια με τους προπαχυντές και συμπυκνώνεται ακόμη περισσότερο, 50 – 60 Kg/ m³ στερεών.



Εικόνα 13 Αφυδάτωση Ιλύος με Ταινιοφιλτρώπρεςσες

Στη συνέχεια, αντλείται σε ταινιοφιλτρώπρεςσες (Εικόνα 13) και με προσθήκη πολυηλεκτρολύτη, για διευκόλυνση της διαδικασίας, η λάσπη αφυδατώνεται. Το τελικό προϊόν που προκύπτει είναι «χώμα στη φυσική του υγρασία», με περιεκτικότητα σε στερεά από $250 - 300 \text{ Kg/ m}^3$. Υπολογίζεται ότι θα παράγεται 40 m^3 αφυδατωμένης λάσπης την ημέρα, με πλήρη παροχή λυμάτων, η οποία με κοντέινερ μεταφέρεται στο χώρο για την τελική της διαχείριση (Γείτωνας, 1996).



Εικόνα 14. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων Λάρισας

2.3 Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας

2.3.1 Γενικά

Η συνηθισμένη πρακτική που εφαρμοζόταν για την διαχείριση των λυμάτων σε αστικές περιοχές ήταν η κατασκευή εκτεταμένων δικτύων αποχέτευσης για τη συλλογή και μεταφορά του συνόλου των αποβλήτων και η επεξεργασία τους σε κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Οι εγκαταστάσεις αυτές σχεδιάζονταν και λειτουργούσαν σχεδόν αποκλειστικά με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος παρατεταμένου αερισμού. Η ανάγκη για την ανάπτυξη όμως διαφορετικών συστημάτων διαχείρισης και μιας διαφορετικής πρακτικής στην επεξεργασία των λυμάτων εντοπίστηκε μόλις τις τελευταίες τρεις δεκαετίες (EPA, 1997) όταν αποκαλύφτηκε ότι στην Αμερική περισσότερες από 7000 μικρές κοινότητες βρισκόταν σε τέτοιες περιοχές (απομακρυσμένες, περιοχές με αρνητικές κλίσεις) που δεν μπορούσαν να καλυφτούν από κεντρικά συστήματα επεξεργασίας. Οι περισσότερες από αυτές τις μονάδες είχαν προβλήματα ποιότητας νερών και δημόσιας υγείας. Επιπλέον, στη διάρκεια της λειτουργίας κεντρικών μονάδων επεξεργασίας, ιδιαίτερα αυτών που εξυπηρετούσαν περιοχές με μικρό, αριθμό κατοίκων (κάτω από 60000), είχε παρατηρηθεί ένας σημαντικός αριθμός προβλημάτων όπως:

- Το ετήσιο κόστος και η πολυπλοκότητα των εγκαταστάσεων οδηγούσαν πολλές φορές τους υπεύθυνους τοπικούς φορείς σε αδυναμία συντήρησης και αποδοτικής λειτουργίας των μονάδων. Ως αποτέλεσμα, πολλά έργα δεν λειτουργούσαν καθόλου μετά την

πάροδο του χρόνου δοκιμαστικής λειτουργίας από την ανάδοχο κατασκευαστική εταιρεία του έργου.

- Οι αυξημένες απαιτήσεις σε χώρο για την εγκατάσταση των μονάδων επεξεργασίας, οδηγούσαν σε δυσκολίες χωροθέτησης, καθυστερήσεις και επιλογή ακατάλληλων γηπέδων (βραχώδη εδάφη, κοίτες ποταμών, κλπ.). Ως αποτέλεσμα πολλές φορές συνέβαινε αύξηση του κόστους κατασκευής σε υπέρογκα ποσά, ενώ σε άλλες περιπτώσεις η ολοκλήρωση του έργου ήταν ανέφικτη.
- Τα εκτεταμένα αποχετευτικά δίκτυα για τη συλλογή και μεταφορά του συνόλου των λυμάτων, είχαν σημαντικό κόστος (τριπλάσιο έως και οκταπλάσιο του κόστους των εγκαταστάσεων επεξεργασίας), παρουσίαζαν δυσκολία κατασκευής και απαιτούνταν σημαντικός χρόνος για την ολοκλήρωσή τους (Παπαδόπουλος Α., 1998).

Τότε έγινε παραδεκτό ότι τα συμβατικά συστήματα που εφαρμοζόταν για να εξυπηρετήσουν μεγάλες περιοχές δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μικρές κοινότητες με απλή μείωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους. Η σημαντική πρόοδος που έγινε τα τελευταία χρόνια στον τομέα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, επέτρεψε την εφαρμογή μιας αποκεντρωμένης διαχείρισης λυμάτων. Σύμφωνα με την πρακτική αυτή, μία ευρύτερη περιοχή οι οποία αποτελούνταν από πολλούς μικρότερους αραιοκατοικημένους οικισμούς, μπορούσε να εξυπηρετηθεί από πολλές μικρού μεγέθους μονάδες επεξεργασίας, οι οποίες θα κατασκευάζονταν και θα εξυπηρετούσαν τοπικά επιμέρους οικισμούς ή ομάδες οικισμών (Λεπτίδου Ν., 1997). Σήμερα, τα αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων

περιλαμβάνουν μονάδες οι οποίες είναι δυνατόν να εξυπηρετήσουν απομακρυσμένες και λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές και οι οποίες δεν είναι εφικτό να συνδεθούν με ένα κεντρικό σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων με τα εξής πλεονεκτήματα:

Προστασία του Περιβάλλοντος και της Δημόσιας Υγείας. Η επεξεργασία των αποβλήτων σε κατάλληλα σχεδιασμένα μικρά συστήματα επεξεργασίας μπορεί να είναι αρκετά αποδοτική όπως σε ένα μεγάλο σύστημα. Επιπλέον, ενώ στα μεγάλα συστήματα η διάθεση των εκροών γίνεται συνήθως σε μεγάλους αποδέκτες μακριά από το σημείο όπου παράγονται τα απόβλητα, οι εκροές από μικρά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση των υδροφορέων. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει η δυνατότητα για την αειφορική διαχείριση των υδατικών πόρων.

Χαμηλό κόστος επένδυσης και κόστος λειτουργίας. Τα μικρά συστήματα που εξυπηρετούν αραιοκατοικημένες περιοχές αποτελούν οικονομικές λύσεις σε σχέση με τη σύνδεση αυτών των περιοχών με ένα κεντρικό σύστημα επεξεργασίας (EPA, 1997).

Προσαρμογή σε τοπικές συνθήκες. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν εφαρμοστεί μικρά συστήματα προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες ανάγκες μιας περιοχής. Τέτοιες ιδιαίτερες συνθήκες μπορεί να είναι η παρουσία υπόγειου υδροφορέα κοντά στην επιφάνεια, η παρουσία ημιπερατού εδάφους, οι ασβετολιθικοί σχηματισμοί κλπ.

Πρόσθετα πλεονεκτήματα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να πλεονεκτούν σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές έναντι των μεγάλων συστημάτων, αφού η

λειτουργία τους προσανατολίζεται για τη διατήρηση των τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών.

Οι βασικές αρχές στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία αποκεντρωμένων μονάδων για την επεξεργασία των λυμάτων μιας ευρύτερης περιοχής συνοψίζονται ως εξής:

- Οι μονάδες αυτές καλύπτουν μόνο την επεξεργασία των λυμάτων, χωρίς την ταυτόχρονη επεξεργασία ιλύος. Έτσι στις μονάδες αυτές δεν απασχολείται προσωπικό για την διοίκηση, εργαστηριακό έλεγχο και συντήρηση του εξοπλισμού τους.
- Σε κάθε μονάδα επιτυγχάνεται υψηλή ποιότητα εκροής, κατάλληλη τόσο για διάθεση και στον πιο περιβαλλοντικά ευαίσθητο αποδέκτη, όσο και για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων σε διάφορες χρήσεις.
- Προβλέπεται η δημιουργία ενός κεντρικού φορέα (Δημοτική ή Διαδημοτική επιχείρηση), ο οποίος πρόκειται να έχει την έδρα του σε μία από τις παραπάνω μονάδες. Ο φορέας αυτός θα είναι υπεύθυνος για τη λειτουργία του συνόλου των μονάδων στηριζόμενος στις παρακάτω αρχές:

1. Η περίσσια ιλύος από όλες τις μονάδες θα μεταφέρεται σε κεντρικό σύστημα επεξεργασίας, το οποίο θα βρίσκεται στην έδρα του φορέα. Είναι δυνατόν η μονάδα επεξεργασίας της ιλύος να συνδυάζεται με μονάδα συν-κομποστοποίησης όπου 'θα συγκεντρώνονται άλλα υλικά προς απόρριψη, όπως π.χ. στερεά απορρίμματα.

2. Τα δείγματα των υγρών αποβλήτων από την είσοδο και την έξοδο κάθε

επιμέρους μονάδας επεξεργασίας θα συλλέγονται με ευθύνη του φορέα και θα αναλύονται στο εργαστήριο-χημείο στην έδρα του φορέα.

3. Η παρακολούθηση της λειτουργίας θα είναι δυνατόν να γίνει μέσω συστήματος τηλε-ελέγχου από το κέντρο ελέγχου στην έδρα του φορέα.

4. Η τακτική και έκτακτη συντήρηση του-εξοπλισμού θα υλοποιείται από συνεργείο του οποίου η βάση του και ο εξοπλισμός του θα είναι εγκατεστημένα στην έδρα του φορέα. λειτουργία τους προσανατολίζεται για τη διατήρηση των τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών.

2.3.2 Κριτήρια Εφαρμογής Ενός Συστήματος Αποκεντρωμένης Επεξεργασίας Λυμάτων

Για να μπορεί να εφαρμοσθεί ένα σύστημα αποκεντρωμένης επεξεργασίας λυμάτων, είναι απαραίτητη η επιλογή κατάλληλης τεχνολογίας επεξεργασίας η οποία θα πρέπει να πληρεί τις εξής προϋποθέσεις (Κούγκολος Α.,2005):

- Να είναι απλή στη λειτουργία και να μην απαιτεί συνεχής παρακολούθηση από προσωπικό.
- Να είναι αποδοτική, ώστε να είναι εύκολη η εύρεση αποδέκτη στην περιοχή εγκατάστασης της μονάδας ή η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση των επεξεργασμένων λυμάτων.
- Να έχει μικρό λειτουργικό κόστος.
- Να είναι φιλική στο περιβάλλον, ώστε να μειώνονται οι αντιδράσεις των περιοίκων.
- Να καταλαμβάνει την μικρότερη δυνατή επιφάνεια, ώστε να είναι εύκολη η χωροθέτηση της εγκατάστασης.

- Να απαιτείται μικρός χρόνος για την κατασκευή και τη θέση σε λειτουργία.

Τα αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνουν τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας όπως οι τεχνητοί υγρότοποι, τα φίλτρα με πληρωτικά υλικά διακοπτόμενης και ανακυκλοφορούσας ροής και τα έτοιμα προκατασκευασμένα συστήματα επεξεργασίας.

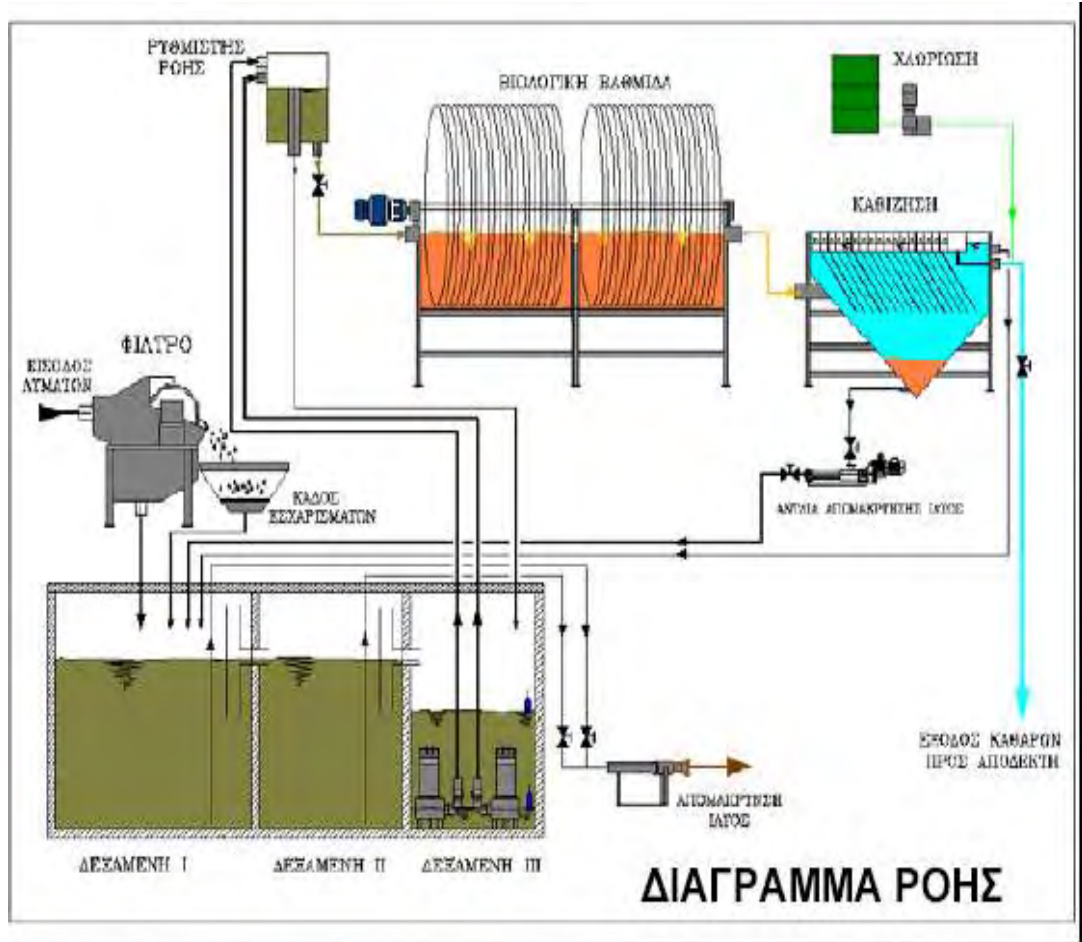
2.3.3 Κλίνες με Πληρωτικά Υλικά

Οι κλίνες με πληρωτικά υλικά έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία για την επεξεργασία αποβλήτων που προέρχονται από μικρές κοινότητες ή απομονωμένες κατοικίες και διακρίνονται σε: φίλτρα άμμου όπου τα απόβλητα περνούν μια φορά από το πληρωτικό υλικό και σε φίλτρα πολλαπλών περασμάτων με κοκκώδη πληρωτικό υλικό όπου λαμβάνει χώρα ανακυκλοφορία των αποβλήτων (Κούγκολος Α.,2000). Τα κυριότερα τμήματα ενός φίλτρου με πληρωτικό υλικό είναι (Εικόνα 15):

- η δεξαμενή παραμονής - επεξεργασίας αποβλήτων, που αποτελείται από μια χωμάτινη ή τσιμεντένια δεξαμενή. Η δεξαμενή κατασκευάζεται με βάθος 1-1,3 μέτρα και μονώνεται με ένα στρώμα ημιπερατής μεμβράνης.
- το σύστημα αποχέτευσης για την απομάκρυνση των επεξεργασμένων αποβλήτων.

- το σύστημα αποτελείται συνήθως από πλαστικούς διάτρητους σωλήνες οι οποίοι συνήθως καλύπτονται με κοκκώδη υλικά.
- το υλικό πλήρωσης, που μπορεί να είναι άμμος, ανθρακίτης, χαλίκια, θρυμματισμένο γυαλί από ανακύκλωση κλπ.
- το σύστημα τροφοδοσίας και κατανομής των αποβλήτων σε όλη την επιφάνεια του φίλτρου και διάφορα βοηθητικά συστήματα. Στην περίπτωση των φίλτρων ανακυκλοφορίας περιλαμβάνεται επιπλέον μια δεξαμενή ανακύκλωσης των αποβλήτων.

Στα φίλτρα άμμου όπου τα απόβλητα περνούν μια μόνο φορά από το φίλτρο, η συνολική ποσότητα των αποβλήτων εφαρμόζεται σε ίσες δόσεις με συχνότητα 12 έως 72 δόσεις την ημέρα. Τα φίλτρα αυτά είναι γνωστά ως φίλτρα διαλείπουσας ροής. Στα φίλτρα πολλαπλών περασμάτων, ένα μέρος των αποβλήτων απομακρύνεται προς διάθεση ενώ το υπόλοιπο ανακυκλοφορεί μέσα στο φίλτρο. Τυπικοί λόγοι ανακυκλοφορίας είναι από 3:1 μέχρι 5:1. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η ολική οργανική φόρτιση που εφαρμόζεται στο φίλτρο ανά δόση και αυξάνεται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου. Η συχνότητα των δόσεων εφαρμογής μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 48 έως 120 φορές την ημέρα με διάρκεια περίπου 2-3 λεπτά ανά 10-20 λεπτά.



**Εικόνα 15 Διάγραμμα Ροής Προκατασκευασμένη Μονάδας
Επεξεργασίας Λυμάτων**

Η απομάκρυνση των ρυπαντών στα φίλτρα αυτά λαμβάνει χώρα με ένα συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών δράσεων. Συγκεκριμένα, αμέσως μετά την εκκίνηση της λειτουργίας του φίλτρου σχηματίζεται στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού ένα στρώμα από βακτήρια. Η δημιουργία αυτού του στρώματος είναι σημαντική γιατί εδώ λαμβάνει χώρα προσρόφηση των διαλυτών και κολλοειδών οργανικών ουσιών, τα οποία στη συνέχεια υφίστανται βιολογική αποδόμηση. Το απαραίτητο οξυγόνο για την βιολογική αποδόμηση εξασφαλίζεται

κατά την μεταφορά του αέρα ανάμεσα από τους κενούς χώρους που σχηματίζονται μεταξύ των σωματιδίων του πληρωτικού υλικού.



Εικόνα 16 Μονάδα Καθαρισμού με βιοδίσκους

Στα αρχικά στρώματα του φίλτρου λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια του λεπτού στρώματος βακτηρίων η ταυτόχρονη αποδόμηση του οργανικού φορτίου και η μετατροπή του αμμωνιακού και οργανικού αζώτου σε νιτρικά ιόντα (νιτροποίηση). Στη συνέχεια, σε μεγαλύτερο βάθος όπου επικρατούν ανοξικές συνθήκες, λαμβάνει χώρα απονιτροποίηση και μετατροπή των νιτρικών ιόντων σε αέριο άζωτο. Επιπλέον, κατά την τροφοδοσία των **αποβλήτων** τα στερεά σωματίδια κατακρατούνται στο πληρωτικό υλικό με τους φυσικούς μηχανισμούς της διήθησης. Με τους ίδιους μηχανισμούς απομακρύνονται επίσης και ορισμένοι από τους παθογόνους μικροοργανισμούς που είναι δυνατόν να υπάρχουν στα απόβλητα. Τα πλεονεκτήματα των φίλτρων με πληρωτικά υλικά είναι:

- Παραγωγή εκροών υψηλής ποιότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση κατά στάγδην ή επιφανειακή διάθεση μετά από απολύμανση.
- Χαμηλή απαίτηση σε ενέργεια.

- Ευκολία παρακολούθησης. Δεν απαιτείται εξεικευμένο προσωπικό.
- Δεν απαιτείται η προσθήκη χημικών.
- Η κατασκευή είναι σχετικά απλή και το κόστος χαμηλό.
- Η επέκταση για να αυξηθεί η απόδοση ή να εξυπηρετηθούν μεγαλύτερες παροχές είναι σχετικά εύκολη.
- Αντικατάσταση πληρωτικού υλικού με υλικά που βρίσκονται σε επάρκεια τοπικά.

Τα μειονεκτήματα των φίλτρων είναι:

- Η απαίτηση σε επιφάνεια, ιδιαίτερα στα φίλτρα διαλείπουσας ροής. Στα φίλτρα ανακυκλοφορίας απαιτείται το 1/5 της επιφάνειας των φίλτρων διαλείπουσας ροής.
- Η απαίτηση για αυξημένα μέτρα συντήρησης (αντλιών, σωληνώσεων (κλπ) ιδιαίτερα στην περίπτωση των φίλτρων ανακυκλοφορίας.
- Προβλήματα οσμών που μπορεί να αυξάνουν την απαίτηση για κενό χώρο μεταξύ των φίλτρων και των κατοικήσιμων εκτάσεων, ιδιαίτερα στην περίπτωση των φίλτρων διαλείπουσας ροής.
- Το φράξιμο των φίλτρων που μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία, ιδιαίτερα στην περίπτωση των φίλτρων διαλείπουσας ροής.
- Η ευαισθησία σε ακραίες θερμοκρασίες.

Τα φίλτρα με πληρωτικό υλικό παράγουν απόβλητα με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικό φορτίο ($BOD_5 < 5$) και αιωρούμενα στερεά. Επιπλέον, στα φίλτρα αυτά είναι δυνατόν να προχωρά η νιτροποίηση και η μετατροπή του αζώτου σε ποσοστό μέχρι 80%. Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος (Εικόνα 16)

εξαρτάται από την προεπεξεργασία των αποβλήτων η οποία επιτυγχάνεται κυρίως σε σηπτικούς βόθρους, την ευκολία μεταφοράς και απορρόφησης του οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς, τη θερμοκρασία, την συχνότητα εφαρμογής των αποβλήτων, την υδραυλική φόρτιση, το μέγεθος των σωματιδίων του πληρωτικού υλικού, βάθος της κλίνης την οργανική φόρτιση κλπ. Μετά τον σχεδιασμό και κατασκευή ενός φίλτρου, απαιτείται ένα στάδιο δοκιμαστικής λειτουργίας για την βελτιστοποίηση των παραμέτρων και την αύξηση της απόδοσης των φίλτρων.

2.3.4 Compact Συστήματα

Τα προκατασκευασμένα συστήματα επεξεργασίας χρησιμοποιούνται σήμερα για την επεξεργασία των λυμάτων από απομονωμένες κατοικίες και από μικρούς οικισμούς. Σήμερα διατίθενται στο εμπόριο προκατασκευασμένα συστήματα που μπορούν να εξυπηρετήσουν παροχές αποβλήτων μέχρι 3800 m³/ημέρα (Metcalf & Eddy, 2003). Τα σημαντικότερα σχεδιαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά που μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία ενός προκατασκευασμένου συστήματος επεξεργασίας όπου εφαρμόζεται η μέθοδος της ενεργού ιλύος, είναι: η φόρτιση (υδραυλική και οργανικού φορτίου), η παροχή του αέρα, και ο ρυθμός απομάκρυνσης και ανακυκλοφορίας της ιλύος. Ωστόσο, με ορθό σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος, αναμένεται η αποδοτική λειτουργία και επεξεργασία των λυμάτων. Τα πλεονεκτήματα που αναμένονται κατά την εφαρμογή ενός προκατασκευασμένου συστήματος επεξεργασίας λυμάτων συνοψίζονται ως εξής:

- Μειώνεται και απλοποιείται κατά μεγάλο ποσοστό το δίκτυο αποχέτευσης των ακαθάρτων το οποίο θα ήταν απαραίτητο να σχεδιαστεί για την ευρύτερη περιοχή.
- Ο σχεδιασμός των επιμέρους συστημάτων επιτρέπει την διενέργεια διαγωνισμού για την προμήθεια μόνο των επιμέρους μονάδων, απλοποιώντας σημαντικά τη διαδικασία υλοποίησης των έργων. Ως συνέπεια απαιτείται μειωμένη απασχόληση του προσωπικού του φορέα για την παρακολούθηση των έργων.
- Οι χαμηλές συνήθως απαιτήσεις μιας προκατασκευασμένης μονάδας σε ενέργεια, καθιστούν δυνατή την παροχή ενέργειας από το δίκτυο διανομής (χαμηλή τάση), χωρίς την ανάγκη κατασκευής ξεχωριστού υποσταθμού ενέργειας.
- Ο χρόνος κατασκευής των προκατασκευασμένων μονάδων για το σύνολο των επιμέρους οικισμών μπορεί να μη ξεπερνά τους τρεις μήνες.
- Λόγω διαφοροποίησης των οικονομοτεχνικών δεδομένων, δεν απαιτείται ο σχεδιασμός του έργου για ορίζοντα 20ετίας και 40ετίας αλλά 5ετίας, με δυνατότητα άμεσης επέκτασης όταν χρειάζεται. Η επέκταση τότε της μονάδας μπορεί να βασίζεται, σε πραγματικά δεδομένα και όχι σε θεωρητικά προβλεπόμενες εκτιμήσεις και μπορεί να καταστεί δυνατή με την προμήθεια επιπλέον παρόμοιων υπομονάδων.
- Είναι δυνατή η άμεση ένταξη στον σχεδιασμό νέων οικισμών, έστω και αν αυτή δεν είχε προβλεφθεί στον αρχικό σχεδιασμό.

Το συνολικό σύστημα περιλαμβάνει το στάδιο της προεπεξεργασίας των λυμάτων (εσχάρωση και εξάμμωση) για την απομάκρυνση των ογκωδών σωματιδίων και της άμμου όπως συμβαίνει και στα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας. Στην συνέχεια ακολουθεί το στάδιο της δευτεροβάθμιας βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων και τελικά τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στη μονάδα απολύμανσης και διατίθενται στον αποδέκτη.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων στο προτεινόμενο σύστημα λαμβάνει χώρα σε ένα προκατασκευασμένο βιοαντιδραστήρα με την πολλαπλή διέλευση των λυμάτων μέσω μιας ρευστοποιημένης κλίνης ενεργού ιλύος. Στην κλίνη αυτή εξασφαλίζονται ιδανικές συνθήκες επαφής των μικροοργανισμών με τα ρυπογόνα συστατικά των αποβλήτων, επιτυγχάνοντας ταχείες και αποτελεσματικές βιοαντιδράσεις. Ταυτόχρονα, στην ενεργό κλίνη λαμβάνει χώρα διαχωρισμός της υγρής από τη στερεά φάση, χωρίς να απαιτείται ξεχωριστή μονάδα καθίζησης. Ο αντιδραστήρας αποτελείται από τη ζώνη αερισμού και εμπλουτισμού σε οξυγόνο, τη ζώνη ψευδοαιωρούμενου στρώματος και τη ζώνη εκροής. Η ανάπτυξη της εν λόγω τεχνολογίας δίνει τη δυνατότητα για πολλές εναλλακτικές επιλογές ως προς τη διαμόρφωση του αντιδραστήρα, ανάλογα με τη δυναμικότητα του. Σε κάθε περίπτωση, ο ενσωματωμένος Η/Μ εξοπλισμός περιορίζεται σε έναν αεροσυμπιεστή με κατάλληλη παροχή αέρα.

Τα βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας και τα πλεονεκτήματα από τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Τυποποιημένο μέγεθος.
- Μικρός όγκος.
- Μικρή επιφάνεια εγκατάστασης.

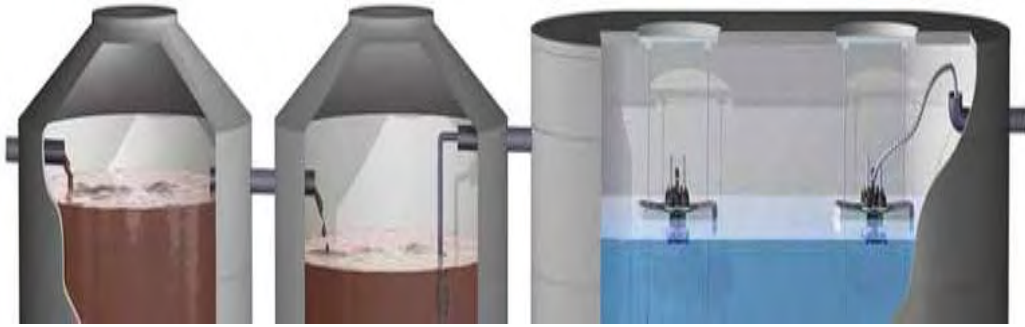
- Υψηλή συγκέντρωση ενεργού ιλύος.
- Αιωρούμενα στερεά.
- Ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες βιοαντιδράσεων οξείδωσης οργανικού φορτίου, νιτροποίησης, απονιτροποίησης.
- Υψηλούς βαθμούς καθαρισμού, οι οποίοι οφείλονται στην βέλτιστη επαφή των μικροοργανισμών της ενεργού ιλύος με τα ρυπογόνα συστατικά των λυμάτων.
- Υψηλή απόδοση μεταφοράς οξυγόνου και ελαχιστοποίηση απαίτησης σε οξυγόνο και κατά συνέπεια κατανάλωσης ενέργειας.
- Απλότητα στη λειτουργία, αφού η ταυτόχρονη διεργασία βιολογικής επεξεργασίας και διαύγασης οδηγεί στην κατάργηση των δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης και των αντλιοστασίων ανακυκλοφορίας ενεργού ιλύος. Το μόνο μηχανικό ή κινούμενο μέρος της μονάδας είναι ο αεροσυμπιεστής που τροφοδοτεί το σύστημα με αέρα.
- Σταθερή λειτουργία, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις παροχής εισόδου, λόγω του ειδικού υδραυλικού σχεδιασμού της ρευστοποιημένης κλίνης.
- Ελαχιστοποίηση της παραγόμενης ιλύος και πλήρης σταθεροποίηση της.
- Ελαχιστοποίηση λειτουργικού κόστους και προσωπικού λειτουργίας. Λόγω της λειτουργικής σταθερότητας, απλότητας και απουσίας Η/Μ εξοπλισμού, παρουσιάζεται μόνο η ανάγκη περιοδικής εποπτείας.

- Λόγω του ειδικού σχεδιασμού του, αποτελώντας κλειστό σύστημα χωρίς τη δημιουργία σηπτικών (αναερόβιων) συνθηκών, χαρακτηρίζεται από την πλήρη απουσία οσμών ή σταγονιδίων.

Οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στον προτεινόμενο βιοαντιδραστήρα περιλαμβάνουν οξείδωση του οργανικού φορτίου, νιτροποίηση των αζωτούχων ενώσεων και απονιτροποίηση των νιτρικών ιόντων. Τα λύματα οδηγούνται στη ζώνη αερισμού όπου εισάγεται αέρας με διάχυση και έρχονται σε επαφή με τους μικροοργανισμούς της ενεργού ύλης. Κατόπιν, το ανάμικτο υγρό εισέρχεται στη ζώνη απαερισμού όπου, επικρατεί υψηλός ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου και λαμβάνει χώρα βιολογική αποδόμηση του οργανικού φορτίου και νιτροποίηση των αζωτούχων ενώσεων. Τελικά το ανάμικτο υγρό καταλήγει στο αιωρούμενο στρώμα βιομάζας. Για να διατηρηθούν σταθερές υδραυλικές συνθήκες, δημιουργείται μια σταθερή ανακυκλοφορία του μίγματος λυμάτων-μικροοργανισμών, λόγω διαφοράς στην πυκνότητα και στην υδραυλική πίεση μεταξύ της ζώνης αερισμού-και του αιωρούμενου στρώματος. Ως αποτέλεσμα τα λύματα περνούν διαδοχικά από αερόβιες σε ανοξικές συνθήκες και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η απονιτροποίηση και η απομάκρυνση του αζώτου. Το αιωρούμενο στρώμα της ρευστοποιημένης βιομάζας ενεργεί επιπλέον ως φίλτρο όπου εξασφαλίζεται η διαύγαση των αποβλήτων. Στην επάνω επιφάνεια του στρώματος δημιουργείται έτσι μια διακριτή επιφάνεια μεταξύ των καθαρών λυμάτων και των μικροοργανισμών. Στη συνέχεια τα επεξεργασμένα λύματα απομακρύνονται από το σύστημα απαλλαγμένα από τα στερεά σωματίδια.

2.3.4.1 Παρουσίαση ενός Compact Συστήματος

Το AQUAmax XL σχεδιάστηκε ειδικά για μεγαλύτερες ξενοδοχειακές μονάδες και βιομηχανίες, κοινότητες και μικρούς δήμους (www.aquamax.net). Βασιζόμενο στο δοκιμασμένο AQUAmax, προσαρμόζεται άριστα για ισοδύναμο πληθυσμού 60 έως 2000 κατοίκων (Ι.Π). Οι αυτόνομες πλωτές μονάδες, περιέχουν τον απαιτούμενο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και συνδυάζονται μεταξύ τους για να επιτύχουν το ζητούμενο μέγεθος της εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού. Ο κεντρικός ηλεκτρονικός πίνακας ελέγχου ρυθμίζει την λειτουργία όλων των πλωτών μονάδων. Έτσι προκύπτει ένα ευέλικτο σύστημα, που επιτυγχάνει ένα πολύ υψηλό βαθμό αξιοπιστίας και παράλληλα χαμηλότατο κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος αποτελεί το γεγονός ότι όλα τα μηχανικά μέρη λειτουργούν στην ζώνη καθαρού νερού και όχι μέσα σε πυκνή λάσπη όπου υπάρχουν στερεά σωματίδια που προκαλούν φθορά. Η χρήση πολλαπλών μονάδων ίδιων μεταξύ τους, εγγυάται την λειτουργική αξιοπιστία, αφού αυτές λειτουργούν και ως εφεδρικά, η μία προς την άλλη. Σε περίπτωση ανωμαλίας, ο ηλεκτρονικός πίνακας έλεγχου καταγράφει το πρόβλημα και προσαρμόζει ανάλογα την λειτουργία των υπόλοιπων μηχανημάτων, ώστε να αναπληρώνεται η απώλεια της προβληματικής μονάδας. Ο βιολογικός καθαρισμός συνεχίζει να δουλεύει κανονικά, μέχρι την επίσκεψη του τεχνικού και την επίλυση του προβλήματος. Το AQUAmax XL μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια καινούργια εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού ή την ανακατασκευή μια υπάρχουσας εγκατάστασης που υπολειτουργεί.



Εικόνα 17 Εγκατάσταση ενός Compact Συστήματος

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα Compact σύστημα (Εικόνα 17) είναι τα εξής:

1-Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης με αποθήκευση ιλύος: Στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης τα λύματα απαλλάσσονται από τα χονδρόκοκκα στερεά.

2-Δεξαμενή εξισορρόπησης: Η δεξαμενή εξισορρόπησης αποθηκεύει τα προεπεξεργασμένα λύματα. Έτσι παρέχεται η δυνατότητα απορρόφησης μεγάλων αιχμών του υδραυλικού και οργανικού φορτίου. Η τροφοδοσία του αντιδραστήρα SBR ξεκινάει αφού προηγουμένως, έχει ολοκληρωθεί ο τελευταίος κύκλος επεξεργασίας.

3-Δεξαμενή SBR: Εδώ λαμβάνει χώρα ο βιολογικός καθαρισμός των λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος. Οι τρεις φάσεις που ξεχωρίζουν είναι η ανάμειξη, ο αερισμός και η τελική καθίζηση. Με το τέλος της άντλησης των επεξεργασμένων λυμάτων προς διάθεση, ο κύκλος αρχίζει ξανά.

4-Αποθήκευση ιλύος: Η περίσσεια βιομάζα (ενεργός ιλύς) απομακρύνεται σε προκαθορισμένα διαστήματα προς αποθήκευση. Ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε

έργου επιστρέφεται στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης ή σε ξεχωριστές δεξαμενές όπου υποβάλλεται σε βιολογική σταθεροποίηση.

Κατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας (energy saving mode)

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει επάρκεια όγκου λυμάτων στη δεξαμενή εξισορρόπησης το σύστημα αυτόματα μπαίνει σε κατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας. Ο χρόνος αερισμού μειώνεται μέχρι το σημείο που να επαρκεί για την διατήρηση των αερόβιων συνθηκών που απαιτούν οι μικροοργανισμοί. Το σύστημα μπαίνει σε κατάσταση πλήρους λειτουργίας όταν οι συνθήκες φορτίου γίνουν κανονικές.

Πεδία εφαρμογής

Το AQUAmax είναι σχεδιασμένο για την επεξεργασία οικιακών λυμάτων, ισοδύναμου πληθυσμού 60-2000 κατοίκων (Ι.Π.). Η αντιστοιχία μιας μονάδας ισοδύναμου πληθυσμού θεωρείται παροχή Q: 150 L / άτομο-ημέρα και οργανικό φορτίο BOD₅: 60gr / άτομο-ημέρα.

2.4 Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας Αποβλήτων Τεχνητοί Υγρότοποι

Φυσικά συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων ονομάζονται τα συστήματα εκείνα στα οποία η επεξεργασία των αποβλήτων πραγματοποιείται με φυσικά μέσα και διεργασίες όπως είναι οι φυσικές, χημικές, βιολογικές διεργασίες ή συνδυασμούς (Κούγκολος Α., 2005). Όλοι οι τύποι των φυσικών συστημάτων προϋποθέτουν προεπεξεργασία των λυμάτων, με φυσικές και μηχανικές μεθόδους. Η ελάχιστη προεπεξεργασία που συνιστάται είναι η εσχάρωση, εξάμμωση ή και η πρωτοβάθμια καθίζηση. Σκοπός της προεπεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των στερεών που ενδεχομένως να προξενήσουν προβλήματα στη ροή κατά την επεξεργασία τους στα δίκτυα διανομής ή να δημιουργήσουν ενοχλητικές συνθήκες στον περιβάλλοντα χώρο.

2.4.1 Είδη Φυσικών Συστημάτων Επεξεργασίας

Τα φυσικά συστήματα κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: α) συστήματα που βασίζονται στο έδαφος και β) συστήματα που βασίζονται σε υδροχαρή φυτά.

2.4.1.1 Συστήματα που Βασίζονται στο Έδαφος

Μετά την εφαρμογή προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην επιφάνεια του εδάφους, επιτυγχάνεται περαιτέρω επεξεργασία τους δια μέσου των φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που συμβαίνουν στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Τα υδραυλικά φορτία εφαρμογής των

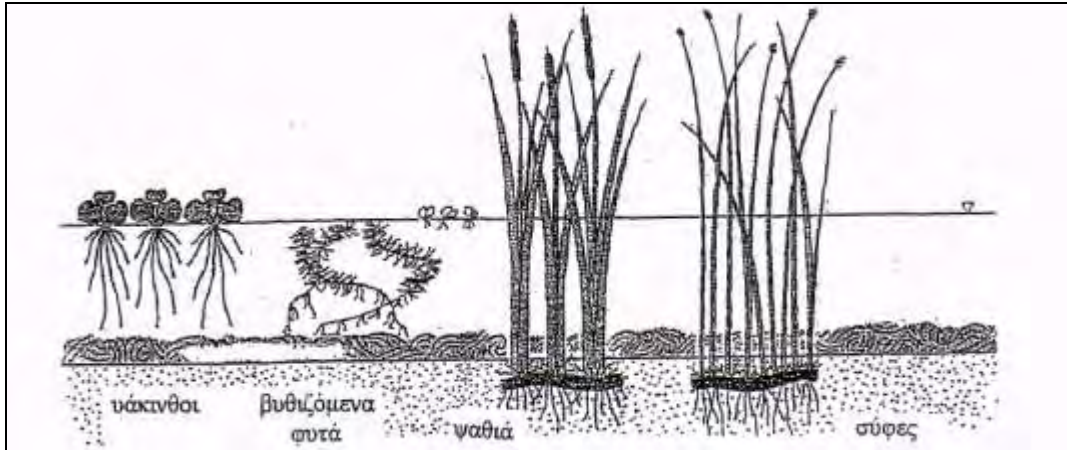
λυμάτων πρέπει να είναι συμβατά με το δυναμικό του κάθε συστήματος. Οι κύριοι τύποι συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με εφαρμογή τους στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς είναι α)η Βραδεία Εφαρμογή, β) Ταχεία Διήθηση, γ) Επιφανειακή Ροή και δ) οι Συνδυασμένοι Τύποι.

2.4.1.2 Συστήματα που Βασίζονται στα Υδροχαρή Φυτά

Στα συστήματα αυτά περιλαμβάνονται οι φυσικοί και τεχνητοί υγρότοποι και τα συστήματα των υδροχαρών φυτών. Συνοπτικά τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εφαρμογής των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων είναι τα ακόλουθα:

- Έχουν χαμηλές έως μηδενικές απαιτήσεις σε ενέργεια.
- Δεν απαιτείται η χρήση χημικών προσθέτων.
- Δεν υπάρχει ανάγκη για χλωρίωση στην έξοδο.
- Έχουν εύκολη και χαμηλού κόστους συντήρηση που δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.
- Απαιτούνται πολύ μεγαλύτερες εκτάσεις από ό,τι στις συμβατικές μονάδες κατεργασίας αποβλήτων.
- Το ποσοστό απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου που επιτυγχάνεται δεν είναι τόσο μεγάλο όσο σε μία συμβατική μονάδα που χρησιμοποιεί τη μέθοδο της ενεργού ιλύος.
- Η επεξεργασία διαρκεί αρκετές ημέρες (> 30) και γίνεται με τη βοήθεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και τη δράση

μικροοργανισμών που διασπών το οργανικό φορτίο σε ανόργανες ενώσεις.



Εικόνα 18. Φυτά των φυσικών συστημάτων

Στους τεχνητούς υγρότοπους μεταφυτεύονται υδροχαρή φυτά τα οποία βοηθούν στη μείωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων. Γενικά η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων είναι κατάλληλα για μικρούς οικισμούς και ειδικά όταν η αξία της γης δεν είναι υψηλή.

2.4.2 Χαρακτηριστικά Φυσικών Συστημάτων Επεξεργασίας

2.4.2.1 Βραδεία Εφαρμογή

Το φυσικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με βραδεία εφαρμογή περιλαμβάνει την ελεγχόμενη εφαρμογή των προεπεξεργασμένων λυμάτων σε έδαφος με φυτική βλάστηση, με σκοπό την περαιτέρω επεξεργασία του και την ικανοποίηση των εξατμισοδιαπνευστικών αναγκών της φυτικής βλάστησης.

Τα λύματα είτε καταναλώνονται διαμέσου της εξατμισοδιαπνοής ή διηθούνται και κατεισδύουν στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Η επεξεργασία των λυμάτων διενεργείται καθώς αυτά διηθούνται στην ακόρεστη επιφάνεια του εδάφους. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα λύματα κατεισδύουν στον υποκείμενο υδροφόρο, αλλά είναι δυνατόν να συναντηθούν με επιφανειακή πηγή ή ακόμη να ανακτηθούν με διάφορα έργα. Η εφαρμογή των λυμάτων στο έδαφος μπορεί να γίνει με επιφανειακές μεθόδους, όπως λεκάνες, αύλακες ή με καταιονισμό. Για την επικράτηση ακόρεστων συνθηκών στο έδαφος, επιβάλλεται η μη συνεχής εφαρμογή του αποβλήτου σε αυτό. Οι ενδιάμεσοι κύκλοι εφαρμογής κυμαίνονται συνήθως από 4 με 10 ημέρες, με σκοπό τη διατήρηση αερόβιων συνθηκών στο έδαφος. Η βραδεία εφαρμογή των λυμάτων, σε συνδυασμό με την παρουσία της φυτικής βλάστησης και του εδαφικού οικοσυστήματος, μπορούν να δώσουν συστήματα με υψηλές αποδόσεις καθαρισμού.

2.4.2.2 Ταχεία Διήθηση

Στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας με ταχεία διήθηση, τα προεπεξεργασμένα λύματα εφαρμόζονται σε αβαθείς λεκάνες διήθησης με επαναλαμβανόμενους κύκλους. Συνήθως σε τέτοιου είδους συστήματα, δεν είναι απαραίτητη η φυτική βλάστηση, εκτός από την περίπτωση που η εφαρμογή των λυμάτων διενεργείται με εκτοξευτές. Επειδή τα φορτία και οι ταχύτητες εφαρμογής είναι σχετικά υψηλά, οι απώλειες με εξάτμιση είναι μικρές και για το λόγο αυτό η

μεγαλύτερη ποσότητα των λυμάτων κατεισδύει στο έδαφος, όπου και γίνεται η περαιτέρω επεξεργασία του.

Τα συστήματα ταχείας διήθησης περιλαμβάνουν: i) την επεξεργασία που ακολουθείται από τον εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, ii) επεξεργασία που ακολουθείται από ανάκτηση με υπόγεια κανάλια ή άντληση και iii) επεξεργασία που ακολουθείται με φυσική ροή των υπόγειων καναλιών και απορροή σε επιφανειακή ροή.

2.4.2.3 Επιφανειακή Ροή

Στα συστήματα επιφανειακής ροής η εφαρμογή των προεπεξεργασμένων λυμάτων γίνεται κατά μήκος της ψηλότερης πλευράς μιας κεκλιμένης επιφάνειας με βλάστηση. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπεται η ροή των λυμάτων σε όλη την έκταση της κεκλιμένης επιφάνειας, ενώ η συλλογή της επεξεργασμένης απορροής γίνεται στο τέλος της κλίσης. Συνήθως τα συστήματα επιφανειακής ροής εφαρμόζονται σε εδάφη με στρώσεις σχετικά αδιαπέρατες. Ωστόσο τα συστήματα αυτά έχουν εφαρμογή σε μια ποικιλία εδαφικών τύπων, επειδή η περατότητα του εδάφους σε τέτοια συστήματα μειώνεται σημαντικά με την πάροδο του χρόνου.

Η εδαφική διήθηση των λυμάτων στα συστήματα επιφανειακής ροής είναι περιορισμένη και αποτελεί μια μειωμένη υδραυλική δίοδο των λυμάτων. Ο κύριος όγκος τους συλλέγεται ως επιφανειακή απορροή, ενώ ένα μέρος τους απομακρύνεται με εξατμισοδιαπνοή. Οι συνολικές απώλειες των λυμάτων εξαρτώνται από την εποχή του έτους, τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και το είδος της φυτικής βλάστησης. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν με εναλλασσόμενες περιόδους εφαρμογής και ξήρανσης. Η χρονική διάρκεια της κάθε περιόδου

εξαρτάται από το σκοπό της επεξεργασίας. Η εφαρμογή των λυμάτων γίνεται με εκτοξευτές υψηλής ή χαμηλής πίεσης ή με επιφανειακές μεθόδους όπως είναι οι σωλήνες με ρυθμιζόμενες εξόδους. Στον παρακάτω Πίνακα 2. δίνονται συγκριτικά τα χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων αποβλήτων που προκύπτουν με την εφαρμογή των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας που βασίζονται στο έδαφος (Metcalf & Eddy 2003).

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά επεξεργασμένων λυμάτων σε φυσικά συστήματα επεξεργασίας (mg/L).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ¹	ΒΡΑΔΕΙΑ		ΤΑΧΕΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ ²		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΡΟΗ ³	
	ΜΕΣΗ	MAX	ΜΕΣΗ	MAX	ΜΕΣΗ	MAX
BOD ₅	< 2	< 5	2	5	0	15
ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ SS	< 1	< 5	2	5	5	25
ΑΜΜΩΝΙΑΚΟ ΑΖΩΤΟ N-NH ₄	< 0,5	< 2	0,5	2		3
ΝΙΤΡΙΚΟ ΑΖΩΤΟ N-NO ₃	3	< 8	10	20		8
ΟΛΙΚΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ P	< 0,1	< 0,3	1	5		6

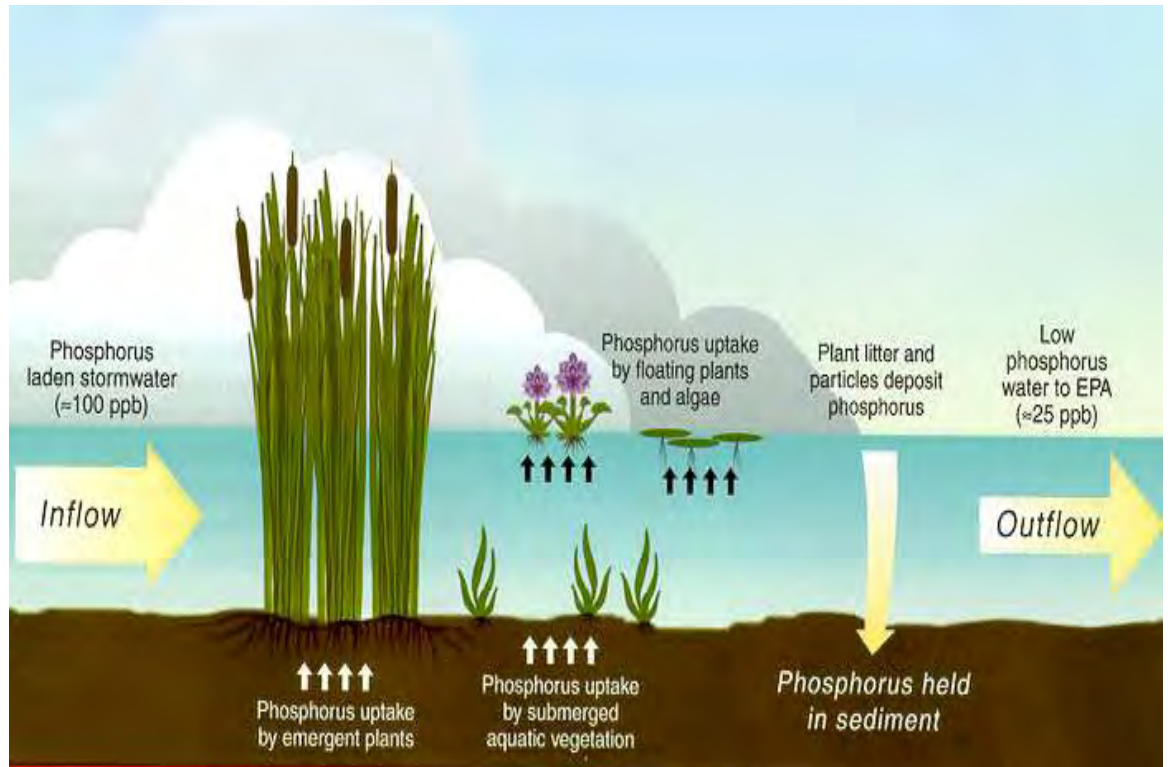
2.4.3 Υγρότοποι

Οι υγρότοποι είναι τμήματα εδάφους, κατακλυζόμενα με νερό συνήθως μικρού βάθους (<0.6 m), στα οποία αναπτύσσονται φυτά όπως είναι τα είδη κύπερης, καλάμια νερών, είδη βούρλων και είδη ψαθιού.

Η φυσική βλάστηση προσφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των ^x βακτηρίων, βοηθά στο φιλτράρισμα και την προσρόφιση συστατικών του αποβλήτου, μεταφέρει οξυγόνο στη μάζα νερού και περιορίζει την ανάπτυξη αλγών με τον περιορισμό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και τη σκίαση της επιφάνειας του υγρότοπου (Κούγκολος Α.,2005).

2.4.3.1 Φυσικοί Υγρότοποι

Οι φυσικοί υγρότοποι μπορούν να θεωρηθούν και ως υδατικοί αποδέκτες. Ουσιαστικά η διάθεση αποβλήτων σε φυσικούς υγρότοπους πρέπει να συμμορφώνεται με αυστηρά πρότυπα που στην πράξη σημαίνουν να προηγείται δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων. Γενικά τροποποιήσεις σε υπάρχοντες υγρότοπους, με σκοπό την βελτίωση των συνθηκών επεξεργασίας πρέπει να αποφεύγονται, γιατί μπορεί να προξενήσουν προβλήματα στο φυσικό οικοσύστημα (Κούγκολος Α.,2005).



Εικόνα 19. Λειτουργική Διαδικασία Υγρότοπου

2.4.3.2 Τεχνητοί Υγρότοποι

Οι τεχνητοί υγρότοποι έχουν όλες τις δυνατότητες των φυσικών υγροτόπων, αλλά χωρίς τους περιορισμούς που αφορούν τη διάθεση των λυμάτων σε φυσικά οικοσυστήματα.

2.4.3.3 Λίμνες

Σε αυτές οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες κάτω από την παρουσία οξυγόνου (αερόβιες) ή την απουσία οξυγόνου (αναερόβιες) ή

συνδυασμό των δύο αυτών συνθηκών (αερόβιες-αναερόβιες). Το οξυγόνο προστίθεται στις λίμνες είτε με διατάξεις αερισμού (αεριζόμενες λίμνες) είτε μέσα από τη φυσική διαδικασία της φωτοσύνθεσης (λίμνες σταθεροποίησης). Η απομάκρυνση των μικροοργανισμών γίνεται με καθίζηση είτε στις ίδιες τις λίμνες είτε σε ξεχωριστές μονάδες καθίζησης (λίμνες ή δεξαμενές) και απομάκρυνσης (σχάρες, φίλτρα κλπ.). Πρωτοπαρουσιάστηκαν ως συστήματα βιολογικού καθαρισμού στις Η.Π.Α. κατά τη δεκαετία του '50. Ο χρόνος παραμονής είναι μεγάλος, της τάξης των 4-8 ημερών.

2.4.2.4 Συστήματα επιπλεόντων υδροχαρών φυτών

Τα συστήματα επιπλεόντων υδροχαρών φυτών μοιάζουν στη βασική σύλληψη τους με τα συστήματα υγροτόπων FWS, με μόνη εξαίρεση ότι τα χρησιμοποιούμενα φυτά είναι επιπλέοντα είδη, όπως είναι ο υάκινθος του γλυκού νερού και διάφορα είδη της οικογένειας *Lemnaceae*. Στα συστήματα αυτά, το βάθος του νερού είναι συνήθως μεγαλύτερο από αυτό των συστημάτων των τεχνητών υγροτόπων και κυμαίνεται από 0.5 -έως 1.8 m. Επίσης, εφαρμόζεται συνήθως συμπληρωματικός αερισμός για την αύξηση της ικανότητας επεξεργασίας, τη διατήρηση αερόβιων συνθηκών και βιολογικού ελέγχου των κουνουπιών.

2.4.3.5 Υδατοκαλλιέργειες

Υδατοκαλλιέργειες είναι η ανάπτυξη ψαριών και άλλων υδροβίων οργανισμών σε επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για την παραγωγή βιομάζας (ψαριών κλπ.).

Σε διάφορες περιπτώσεις, τα υγρά απόβλητα έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τύπους των υδατοκαλλιεργειών. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις, το κύριο αντικείμενο τέτοιων συστημάτων ήταν η παραγωγή βιομάζας και η επεξεργασία του υγρού αποβλήτου αποτελούσε ένα δευτερεύοντα στόχο. Η επεξεργασία που επιτυγχάνεται με τέτοια συστήματα, οφείλεται εξ ολοκλήρου στα βακτήρια που αναπτύσσονται και εγκαθίστανται στα επιπλέοντα υδροχαρή φυτά. Γενικά, ο συνδυασμός της υδατοκαλλιέργειας και της επεξεργασίας του υγρού αποβλήτου, ως μιας ενιαίας λειτουργίας ενός συστήματος, απαιτεί περαιτέρω έρευνα. Ιδιαίτερα, θα πρέπει να διερευνηθεί η επικινδυνότητα στη δημόσια υγεία, των υδροβίων οργανισμών που αναπτύσσονται στις υδατοκαλλιέργειες επεξεργασμένων αποβλήτων.

2.5 Σχεδιασμός Τεχνητών Υγροτόπων Επεξεργασίας Αποβλήτων.

2.5.1 Γενικά

Τα βασικά στοιχεία που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον επιτυχή σχεδιασμό, εγκατάσταση και λειτουργία των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας υγρών λυμάτων, συνοψίζονται στη γνώση των χαρακτηριστικών των εφαρμοζόμενων υγρών λυμάτων, την γνώση των μηχανισμών επεξεργασίας και των θεμάτων που αφορούν τη δημόσια υγεία.

Η επεξεργασία των υγρών λυμάτων με φυσικά συστήματα διενεργείται με φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο οικοσύστημα: έδαφος -φυτό-υγρό απόβλητο.

Γενικά, τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι ικανά για απομάκρυνση, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό, όλων σχεδόν των κύριων και δευτερευόντων ρυπαντικών συστατικών των υγρών λυμάτων όπως: τα αιωρούμενα στερεά, το οργανικό φορτίο, το άζωτο, ο φώσφορος, τα ανόργανα και οργανικά σε ίχνη και οι μικροοργανισμοί.

Για την περαιτέρω επεξεργασία προεπεξεργασμένων υγρών λυμάτων με τεχνητούς υγρότοπους, έχουν αναπτυχθεί και δοκιμαστεί δύο τύποι συστημάτων: i) στα οριζόντια ροής και ii) στα κατακόρυφης ροής (Αντωνόπουλος Β. 2003).

Τα οριζόντια ροής διακρίνονται επίσης α) Υγρότοποι ελεύθερης επιφάνειας, FWS (Free water surface systems) και β) Υγρότοποι υπόγειας ροής, SFS (subsurface flow system).

Τα συστήματα ελεύθερης επιφάνειας FWS αποτελούνται συνήθως από παράλληλες λεκάνες, κανάλια ή τάφρους με αδιαπέραστους πυθμένες, με αναφυόμενη φυτική βλάστηση και μικρό βάθος νερού (0.1 - 0.6 m). Σε τέτοια συστήματα εφαρμόζονται προεπεξεργασμένα υγρά απόβλητα και διενεργείται η περαιτέρω επεξεργασία τους, καθώς η εφαρμοζόμενη εκροή ρέει με μικρή ταχύτητα δια μέσου των στελεχών και ριζών της υφιστάμενης φυτικής βλάστησης.

Τα συστήματα SFS σχεδιάζονται με σκοπό την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται επίσης και συστήματα «ριζόσφαιρας» ή «φίλτρα εδάφους - καλαμών». Αναπτύσσονται μέσα σε κανάλια ή τάφρους με σχετικά στεγανούς πυθμένες που περιέχουν άμμο ή άλλα

γήινα μέσα υποστήριξης της αναφυόμενης φυτικής βλάστησης (Αντωνόπουλος Β. 2003). Τα βασικά κριτήρια σχεδιασμού των τεχνητών υγροτόπων αναφέρονται στον παρακάτω Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Βασικά κριτήρια σχεδιασμού τεχνητών υγροτόπων

		ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΜΟΝΑΔΕΣ	FWS	SFS
Υδραυλικός χρόνος κράτησης	ημέρες	4-15	4-15
Βάθος νερού	m	0,1 – 0,6	0,3-0,8
Ρυθμός φόρτισης BOD ₅	Kg/ στρ.d	< 8	< 8
Ρυθμός υδραυλικής φόρτισης	m ³ / m ² .d	0,01 – 0,06	0,01 – 0,06
Απαιτούμενη έκταση	στρ./ m ³ .d	0,02 – 0,14	0,02 – 0,14
Κάτοψη(σχέση μήκους πλάτους)	-----	2: 1 – 10:1	< 1
Έλεγχος κουνουπιών	-----	Απαιτείται	Όχι
Συχνότητα συγκομιδής Φυτικής βλάστησης	έτος	3-5	1-2

2.5.2 Τύποι και Χαρακτηριστικά των Αποβλήτων

2.5.2.1 Αιωρούμενα Στερεά

Στα συστήματα που χαρακτηρίζονται από ροή των λυμάτων στην επιφάνεια, όπως στις περιπτώσεις επιφανειακής ροής, στους υγρότοπους FWS και τα υδροχαρή φυτά, τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται μερικώς με καθίζηση, οι οποία ευνοείται με τις επικρατούμενες μικρές ταχύτητες ροής και το μικρό βάθος

του αποβλήτου, και μερικώς με φιλτράρισμα δια μέσω του συστήματος της φυτικής βλάστησης.

Αντίθετα, στα συστήματα που χαρακτηρίζονται από ροή των λυμάτων κάτω από την εδαφική επιφάνεια, όπως είναι η βραδεία εφαρμογή, η ταχεία διήθηση και οι υγρότοποι τύπου SFS, τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται κυρίως με φιλτράρισμα τους στο έδαφος ή στο υπέδαφος ή σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Σε μερικές όμως περιπτώσεις, όπως στα συστήματα ταχείας διήθησης, η καθίζηση στη διάρκεια εφαρμογής του αποβλήτου, μπορεί αν 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 (Αντωνόπουλος Β. 2003).

2.5.2.2 Οργανικό Φορτίο

Το αποδομούμενο οργανικό φορτίο, διαλυμένο ή σε αιώρηση, που αποτελεί συστατικό των λυμάτων, απομακρύνεται με βιολογική αποδόμηση. Οι μικροοργανισμοί που διενεργούν βιολογική αποδόμηση αναπτύσσονται υπό μορφή λεπτών μεμβρανών στις επιφάνειες των εδαφικών στρωμάτων, της φυτικής βλάστησης ή των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων.

Γενικά, τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας σχεδιάζονται και λειτουργούν υπό αερόβιες συνθήκες, με σκοπό να προάγεται η αποδόμηση με αερόβιους μικροοργανισμούς, που είναι μία πιο ταχεία και πλήρης διεργασία, σε σύγκριση με την αναερόβιο αποδόμηση οργανικών συστατικών. Έτσι, περιορίζονται επίσης, οι ανεπιθύμητες οσμές που προξενεί η αναερόβιος αποδόμηση. Μία εξαίρεση βέβαια, στην επικράτηση αερόβιων συνθηκών, αποτελούν συστήματα που σχεδιάζονται με

σκοπό τη μεγιστοποίηση της απομάκρυνσης του αζώτου με απονιτροποίηση. Για το σκοπό αυτό, εφαρμόζονται περιοδικά ανοξικές συνθήκες, με σκοπό την επιτάχυνση της διεργασίας της απονιτροποίησης. Για να αποφεύγονται οι αναερόβιες συνθήκες, πρέπει ο σχεδιασμός να γίνεται έτσι ώστε η φυσική οξυγόνωση να υπερκαλύπτει τις ανάγκες σε οξυγόνο των μικροοργανισμών από το BOD5 των λυμάτων.

2.5.2.3 Άζωτο

Ανάλογες διεργασίες με αυτές των οργανικών ουσιών, συμβαίνουν γενικά και στην περίπτωση των αζωτούχων ενώσεων, στο περιβάλλον έδαφος-νερό. Οι μηχανισμοί που αφορούν την απομάκρυνση του αζώτου από υγρά λύματα εξαρτώνται από τη μορφή παρουσίας του αζώτου. Η επικρατέστερη μορφή αζώτου είναι το οργανικό ή το αμμωνιακό άζωτο, εκτός από την περίπτωση που τα υγρά λύματα έχουν υποστεί νιτροποίηση, ως αποτέλεσμα τριτοβάθμιας επεξεργασίας τους.

α) Οργανικό άζωτο

Το οργανικό άζωτο που περιέχεται στα υγρά απόβλητα συνήθως με τη μορφή στερεών σε αιώρηση, απομακρύνεται με καθίζηση και φιλτράρισμα. Επίσης, το οργανικό άζωτο, υπό την μορφή στερεών συστατικών των λυμάτων, που συνήθως περιέχεται σε πολύπλοκες, μεγαλομοριακές οργανικές ενώσεις, όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λιγνίνη, μπορεί να ενσωματώνεται κατ' ευθείαν στην οργανική μάζα ή στο χούμο του εδάφους. Κάποια ποσότητα οργανικού

αζώτου υδρολύεται σε ευδιάλυτα αμινοξέα και μπορεί να υποστεί περαιτέρω διάσπαση και να ελευθερώσει αμμωνία.

β) Αμμωνιακό άζωτο

Στα φυσικά συστήματα, το αμμωνιακό άζωτο απομακρύνεται με διάφορους μηχανισμούς. Η διαλυμένη αμμωνία μπορεί να απομακρυνθεί με εξαέρωση της, ως αμμωνιακό αέριο ή κατευθείαν στην ατμόσφαιρα. Το ποσοστό απομάκρυνσης με αυτόν τον τρόπο είναι σχετικά μικρό (<10 %), εκτός από την περίπτωση που χρησιμοποιούνται δεξαμενές σταθεροποίησης, όπου επικρατούν συνθήκες μακρού χρόνου κράτησης και υψηλού pH, που είναι ευνοϊκές για την εξαέρωση της αμμωνίας. Το μεγαλύτερο ποσοστό του εισερχόμενου ή παραγόμενου σε ένα φυσικό σύστημα αμμωνιακού αζώτου, προσροφάται προσωρινά διαμέσου των αντιδράσεων εναλλαγής ιόντων, σε εδαφικά οργανικά και αργιλικά σωματίδια. Το προσροφημένο αμμωνιακό άζωτο είναι διαθέσιμο για πρόσληψη του από φυτά ή μικροοργανισμούς ή για μετατροπή του σε νιτρικό άζωτο, δια μέσου της βιολογικής νιτροποίησης. Επειδή η προσφορά της αμμωνίας στα φυσικά συστήματα είναι συνήθως περιορισμένη, είναι απαραίτητη η νιτροποίηση για περαιτέρω απελευθέρωση και συνεπώς αναγέννηση της ικανότητας προσρόφησης. Αυτή η αναγέννηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα συστήματα επιφανειακής ροής (Αντωνόπουλος Β. 2003).

γ) Νιτρικό άζωτο

Το νιτρικό άζωτο φέρει αρνητικό φορτίο και επομένως δε συγκρατείται με αντιδράσεις εναλλαγής. Συνήθως παραμένει σε διάλυση και μεταφέρεται με τη ροή του νερού δια μέσου του εδάφους. Έτσι όταν το νιτρικό άζωτο δεν απομακρύνεται με πρόσληψη του από τα φυτά ή απονιτροποίησή του, διαφεύγει στους υπόγειους

υδροφορείς. Σε συστήματα με σημαντική κατείσδυση νερού, όπως αυτά της βραδείας εφαρμογής, της ταχείας διήθησης και της διάθεσης-εφαρμογής ιλύος, η μεταφορά νιτρικού αζώτου με το νερό κατείσδυσης, μπορεί να καταστεί επικίνδυνη για τη δημόσια υγεία. Για αυτό, τα συστήματα αυτά θα πρέπει να σχεδιάζονται και να λειτουργούν έτσι, ώστε να επιτυγχάνεται ο αναγκαίος βαθμός απομάκρυνσης από την εκροή κατείσδυσης, για ασφαλή προστασία των υπόγειων υδροφορέων. Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης αζώτου σε τέτοια συστήματα είναι η συγκομιδή και απομάκρυνση από το σύστημα της φυτικής βλάστησης. Το νιτρικό άζωτο απομακρύνεται επίσης, από τα φυσικά συστήματα με βιολογική απονιτροποίηση και στη συνέχεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα σαν οξείδιο του αζώτου ή ελεύθερο άζωτο. Η βιολογική απονιτροποίηση αποτελεί τον κύριο μηχανισμό απομάκρυνσης αζώτου στα συστήματα ταχείας διήθησης, επιφανειακής ροής και υδροχαρών φυτών. Η απονιτροποίηση διενεργείται με επαμφοτερίζοντα βακτήρια σε ανοξικές συνθήκες σε ολόκληρο το σύστημα. Έτσι απονιτροποίηση είναι δυνατό να συμβαίνει σε ανοξικές μικροπεριοχές, που συνήθως διατηρούνται σε ευρύτερες αερόβιες περιοχές.

Για μεγιστοποίηση όμως της απονιτροποίησης, θα πρέπει να βελτιστοποιούνται οι απαιτούμενες συνθήκες. Για την ολοκλήρωση της βιολογικής απονιτροποίησης, εκτός των ανοξικών συνθηκών απαιτείται και μια αυξημένη αναλογία άνθρακα / αζώτου. Μια τέτοια αναλογία άνθρακα / αζώτου τουλάχιστον 2:1 είναι απαραίτητη για την ολοκλήρωση της απονιτροποίησης. Βιομάζα από τη φυτική βλάστηση ορισμένων συστημάτων, όπως αυτά των υδροχαρών φυτών, μπορεί να αποτελέσει μία μερική πηγή άνθρακα. Σε συστήματα όμως με υψηλά

φορτία, όπως αυτά της ταχείας διήθησης και της επιφανειακής ροής, θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στην εφαρμοζόμενη εκροή και πηγή άνθρακα.

2.5.2.4 Φώσφορος

Οι κύριοι μηχανισμοί απομάκρυνσης του φωσφόρου με φυσικά συστήματα επεξεργασίας, είναι η χημική κατακρήμνιση και η προσρόφηση. Μικρότερες ποσότητες φωσφόρου είναι δυνατόν να απομακρυνθούν με πρόσληψη του από τα φυτά. Ο φώσφορος στο έδαφος βρίσκεται συνήθως υπό μορφή ορθοφωσφορικών αλάτων, που μπορούν να προσροφούνται από αργιλικά και ορισμένα οργανικά σωματίδια και να ενσωματώνονται στη στερεή εδαφική μάζα. Η προσρόφηση του φωσφόρου είναι σχετικά ισχυρή και γενικά ανθίσταται στη μεταφορά του με τη ροή του νερού κατείδυσης. Χημική απομάκρυνση του φωσφόρου με ασβέστιο (σε ουδέτερο προς αλκαλικό pH) και σίδηρο ή αλουμίνιο (σε όξινο pH) επιτυγχάνεται σε μικρότερες ποσότητες. Παρόλο που το δυναμικό προσρόφησης του φωσφόρου είναι περιορισμένο, αυτό θεωρείται σχετικά υψηλό ακόμη και σε αμμώδη εδάφη. Η μακροχρόνια όμως εφαρμογή, δημιουργεί αύξηση του διαλυμένου φωσφόρου στο επιφανειακό έδαφος (0,3 m), που οφείλεται στην επικράτηση κορεσμένων συνθηκών στη ζώνη προσρόφησης. Ο επιτυγχανόμενος βαθμός απομάκρυνσης του φωσφόρου με ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας, εξαρτάται από τον αντίστοιχο βαθμό επαφής των λυμάτων με τη στερεά μάζα του εδάφους (Αντωνόπουλος Β. 2003).

2.5.2.5 Μεταλλικά Ιχνοστοιχεία

Η απομάκρυνση των μετάλλων διενεργείται με δέσμευση, προσρόφηση και χημική κατακρήμνιση, και σε μικρότερο βαθμό με πρόσληψη τους από τις ρίζες των φυτών. Τα μέταλλα παραμένουν στο έδαφος ή στα ιζήματα των συστημάτων υδροχαρών φυτών. Το δυναμικό κατακρήμνισης μετάλλων στα περισσότερα εδάφη και στα διάφορα ιζήματα είναι γενικά υψηλό, ιδιαίτερα όταν το pH είναι μικρότερο από 6. Αντίθετα, σε μικρά pH και αναερόβιες συνθήκες, ορισμένα μέταλλα είναι περισσότερο διαλυτά και μπορούν να απελευθερώνονται ως εδαφικά διαλύματα. Γενικά, η απομάκρυνση μετάλλων στα διάφορα φυσικά συστήματα ποικίλει και εξαρτάται από τη συγκέντρωσή τους στην εφαρμοζόμενη εκροή και τις τοπικές συνθήκες. Τα ποσοστά αποδοτικότητας και απομάκρυνσης των περισσότερων μετάλλων κυμαίνονται από 80-95 %. Μικρότερα ποσοστά επιτυγχάνονται με συστήματα υγρατόπων και επιπλέοντων υδροχαρών φυτών, γεγονός που οφείλεται στην περιορισμένη επαφή του αποβλήτου με το έδαφος και τα ιζήματα, και τις αναερόβιες συνθήκες που μπορούν να επικρατούν σε αυτά.

2.5.2.6 Ίχνη Οργανικών (μικρορύποι).

Ίχνη οργανικών ουσιών απομακρύνονται από τα λύματα που εφαρμόζονται σε φυσικά συστήματα επεξεργασίας, με τις διεργασίες της εξάχνωσης, της προσρόφησης και βιολογικών ή φωτοχημικών διασπάσεων. Γενικά, στα φυσικά συστήματα επιτυγχάνεται η απομάκρυνση μεγάλων ποσοστών οργανικών ουσιών μικρορύπων.

2.5.2.7 Μικροοργανισμοί

Οι μηχανισμοί απομάκρυνσης των βακτηριδίων και παρασίτων, όπως πρωτόζωα και έλμινθες που είναι συνήθη στα περισσότερα φυσικά συστήματα επεξεργασίας, περιλαμβάνουν καθίζηση, προσρόφηση, ηλιακή ακτινοβολία, ξήρανση, ανταγωνιστικές επιδράσεις, φυσική φθορά και γενικά έκθεση τους σε 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 διαμέσου της εδαφικής μάζας, 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 1,5 m. Μεγαλύτερες αποστάσεις μεταφοράς απαιτούνται για υψηλότερα ποσοστά απομάκρυνσης με τα συστήματα ταχείας διήθησης, στα οποία η απόσταση μεταφοράς εξαρτάται από το υδραυλικό φορτίο μεταφοράς και την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους. Στους υπόλοιπους τύπους φυσικών συστημάτων επεξεργασίας, παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις στις αποδόσεις επεξεργασίας, έτσι ώστε να καθίσταται απαραίτητη η απολύμανση, όταν υπάρχουν περιορισμοί για τους μικροοργανισμούς στις εκροές.

2.5.3 Θέματα Δημόσιας Υγείας

Γενικά οι απόψεις για τη δημόσια υγεία που σχετίζονται με τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας περιλαμβάνουν: i) βακτηριολογικά αίτια και την πιθανότητα μεταφοράς ασθενειών σε ανώτερες βιολογικές μορφές, ii) διάφορες χημικές ουσίες που μπορούν να φθάσουν σε πηγές νερού και να τις καταστήσουν επικίνδυνες και iii) επιπτώσεις στην ποιότητα των τροφών που παράγονται από τις φυτικές καλλιέργειες αρδευόμενες με εκροές επεξεργασίας λυμάτων.

2.5.3.1 Βακτηριολογικά Αίτια

Σημαντική προσοχή έχει αποδοθεί σε επιδράσεις σε εργαζόμενους, που οφείλονται στη διασπορά στο έδαφος παθογόνων βακτηρίων και ιών. Η διασύνδεση μεταξύ των παθογόνων που εφαρμόζονται με τα υγρά απόβλητα στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς και της εκδήλωσης της ασθένειας στον άνθρωπο ή τα ζώα συνήθως απαιτεί μια μακρά και πολύπλοκη δίοδο επιδημιολογικών συμβάντων. Η εφαρμογή του αποβλήτου με καταιονισμό δημιουργεί συνθήκες ευνοϊκές για τη μεταφορά με τον άνεμο κολλοειδών με την μορφή σταγονιδίων (διαμέτρου 0.01 - 50 μm), που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα (aerosols). Όταν τα σταγονίδια αυτά παράγονται από την εφαρμοζόμενη εκροή ενός αποβλήτου, που δεν έχει υποστεί επαρκή απολύμανση, είναι δυνατόν να περιέχουν συγκεντρώσεις ενεργών παθογόνων, όπως βακτηρίων και ιών. Αναφέρεται σχετικά, ότι μόνο το 0.3 % περίπου της καταιονιζόμενης εκροής με εκτοξευτές υψηλής πίεσης, συμμετέχει στην δημιουργία σταγονιδίων. Μεταφορά των βακτηριδίων με τον τρόπο αυτό διαπιστώθηκε σε αποστάσεις από 30 έως 200 m..

Η ανάγκη ύπαρξης ουδέτερης ζώνης με σκοπό την ελαχιστοποίηση της επικινδυνότητας τους στη δημόσια υγεία από σταγονίδια, θα πρέπει να εκτιμάται σε κάθε περίπτωση χωριστά. Ιδιαίτερα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- Ο βαθμός της ικανότητας προσπέλασης στην περιοχή.
- Η έκταση της αρδευόμενης περιοχής.
- Η δυνατότητα εξασφάλισης ουδέτερης ζώνης ή φύτευσης περιμετρικά δένδρων ή θάμνων.
- Οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

2.5.3.2 Ποιότητα Υπόγειου Νερού

Στις περιπτώσεις συστημάτων, όπως είναι αυτά της βραδείας εφαρμογής και ταχείας διήθησης, όπου μέρος του εφαρμοζόμενου υγρού αποβλήτου κατεισδύει σε υπόγειους υδροφορείς, θα πρέπει να σχεδιάζονται και να διαχειρίζονται έτσι ώστε η ποιότητα του λαμβανόμενου νερού να υπερπληρεί τα ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού, όπως είναι αυτά που έχουν θεσπιστεί από την US EPA, και άλλους οργανισμούς.

Τα ίχνη μετάλλων δεν αποτελούν ιδιαίτερο πρόβλημα ποιότητας του υπόγειου νερού, γιατί συνήθως απομακρύνονται με προσρόφηση και χημική κατακρήμνισή τους, σε μικρό βάθος της ακόρεστης ζώνης του εδάφους.

Η απομάκρυνση βακτηρίων από εκροές που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι σχεδόν πλήρης και είναι πολύ υψηλή στα συστήματα ταχείας εφαρμογής. Ωστόσο, σημεία με διακλάσεις και ρηγματώσεις σε καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους, κάτι που είναι πολύ σύνηθες στον Ελλαδικό χώρο που αποτελείται από

ασβεστολιθικά πετρώματα, προσφέρουν ίσως διόδους μεταφοράς των βακτηρίων σε αποστάσεις δεκάδων μέτρων από το σημείο εφαρμογής (Αυγιτίδης κ.α.1996). Από τα φυσικά συστήματα φυσικής επεξεργασίας ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τεχνητοί υγρότοποι.

2.5.4 Μηχανισμοί Επεξεργασίας των Αποβλήτων στους Τεχνητούς Υγρότοπους

Οι βασικότεροι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό τεχνητών υγροτόπων είναι:

- Η επιλογή θέσης.
- Η απαιτούμενη προεπεξεργασία.
- Η επιλογή βλάστησης και διαχείρισης.

2.5.4.1 Επιλογή Θέσης

Στην επιλογή θέσης για την κατασκευή τεχνητών υγροτόπων, οι βασικότεροι παράμετροι που εξετάζονται είναι: α) η τοπογραφία, β) η καταλληλότητα του εδάφους, γ) η αντιπλημμυρική προστασία, δ) οι χρήσεις γης στην περιοχή και ε) το μικροκλίμα της περιοχής.

Στην τοπογραφία του εδάφους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κλίσεις του εδάφους, ενώ η περατότητα του εδάφους αποτελεί κριτήριο για την καταλληλότητα του. Γενικά ο υγρότοπος προστατεύεται περιμετρικά με τρόπο ώστε τα όμβρια ύδατα να μην οδηγούνται μέσα στον υγρότοπο. Ανοικτές περιοχές σε αγροτικές εκτάσεις, είναι οι καταλληλότερες για την επιλογή κατασκευής ενός τεχνητού υγρότοπου, ιδιαίτερα όταν υπάρχει στην περιοχή φυσικός υγρότοπος.

Τα συστήματα των υγροτόπων μπορούν να λειτουργήσουν και σε κρύα κλίματα, όμως οι αποδόσεις τους το χειμώνα είναι πολύ μικρές και πιθανόν να

απαιτούνται βοηθητικές δεξαμενές αποθήκευσης. Όμως, τα θερμά κλίματα είναι ιδιαίτερα ευνοϊκά, αφού οι βιοχημικές διεργασίες επιταχύνονται εντυπωσιακά με την αύξηση της θερμοκρασίας.

2.5.4.2 Απαιτούμενη Προεπεξεργασία

Η ελάχιστη απαιτούμενη προεπεξεργασία των εφαρμοζόμενων λυμάτων πρέπει να είναι πρωτοβάθμια επεξεργασία (εσχαρισμός, απολίπωση, εξάμμωση και προκαθίζηση) και ενδεχομένως κάποιος προαερισμός. Οι υγρότοποι συχνά χρησιμοποιούνται και για τριτοβάθμια επεξεργασία της δευτεροβάθμιας εκροής.

Όμως αν επιβάλλεται η απομάκρυνση φωσφόρου, είναι χρήσιμο να γίνεται πριν την εφαρμογή στον υγρότοπο, επειδή η απομάκρυνση του δεν είναι αποδοτική στα συστήματα των τεχνητών υγρότοπων. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγεται η τροφοδοσία του υγρότοπου με εκροή από τεχνητές λίμνες, γιατί περιέχουν άλγη, τα οποία δεν απομακρύνονται αποδοτικά στον υγρότοπο και δημιουργούν λειτουργικά προβλήματα.

2.5.4.3 Επιλογή Βλάστησης και Διαχείριση

Τα φυτά ουσιαστικά δημιουργούν τους βασικούς μηχανισμούς επεξεργασίας των λυμάτων στους υγρότοπους, όπως: α) μεταφορά οξυγόνου με το ριζικό τους σύστημα στον πυθμένα των υγρότοπων και β) οι ρίζες τους δημιουργούν το υπόστρωμα συγκράτησης των μικροοργανισμών που διενεργούν τη βιολογική επεξεργασία. Τα φυτά που χρησιμοποιούνται κυρίως στους τεχνητούς υγρότοπους, είναι φυτά που βρίσκονται παντού εύκολα και αντέχουν σε συνθήκες παγετού.

2.5.5 Υδρολογία Τεχνητών Υγρότοπων

Οι σπουδαιότεροι υδρολογικοί παράγοντες σχεδιασμού είναι οι εξής

- υδροπερίοδος (περιλαμβάνει βάθος και διάρκεια κατάκλισης)
- υδραυλικό φορτίο (αναφέρεται στην ανά μονάδα επιφάνειας παροχή)
- χρόνος παραμονής
- βαθιά διήθηση (εισροή του νερού στο υπόστρωμα)
- εξατμισοδιαπνοή (εκφράζει τις απώλειες λυμάτων λόγω εξατμισοδιαπνοής)
- συνολικούδατικόισοζύγιο

Υδροπερίοδος. Η διάρκεια της κατάκλισης είναι προφανώς ο πιο σημαντικός παράγοντας της υδροπερίοδου. Η φυσιολογική σημασία αυτού του παράγοντα βασίζεται στις ειδικές απαιτήσεις που έχει κάθε είδος φυτού για την επιβίωση του σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο. Το εύρος της αντοχής στην υδροπερίοδο για τα αναδύμενα φυτά που χρησιμοποιούνται στους τεχνητούς υγροτόπους, όπως cattails, pickerelweed, sewgrass, bulrush, sedge και meidencane είναι για το μέσο βάθος νερού 0.1 έως 1 m και για υδροπερίοδο 40-100% του ετήσιου χρόνου. Το βάθος και η διάρκεια της κατάκλισης στα συστήματα τεχνητών υγροτόπων πρέπει να διατηρούνται μέσα στο εύρος τιμών για να επιτυγχάνεται βιώσιμη αντοχή των επιλεγμένων ειδών φυτών (Κυριαζοπούλου I. M., 2005).

Βαθιά διήθηση. Οι απώλειες νερού λόγω της βαθιά διήθησης των εδαφών προς τα υπόγεια νερά πρέπει να βρίσκεται κάτω από μία ορισμένη τιμή που κυμαίνεται από 3.6-0.36 cm/h.

Υδραυλικό φορτίο. Εκφράζει την παροχή νερού που διέρχεται τον υγρότοπο ανά μονάδα επιφάνειας του. Για να μη υπάρχουν επιπτώσεις στα υδρόβια φυτά και για να επιτυγχάνεται η μέγιστη επεξεργασία, το υδραυλικό φορτίο στους φυσικούς υγροτόπους δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1 έως 2 cm/d ($\text{cm}^3/\text{cm}^2\text{-day}$). Στους τεχνητούς υγροτόπους χρησιμοποιούνται τιμές που κυμαίνονται από 0.7 έως 50 cm/day.

Χρόνος παραμονής. Υπολογίζεται από τη σχέση

$$T_h = V/Q = 1000(d)(A)(n)/Q$$

όπου T_h είναι ο χρόνος παραμονής (days), d είναι το βάθος του υποστρώματος του υγροτόπου (m), n είναι το πορώδες του μέσου, A είναι η έκταση που καταλαμβάνει (στρέμματα ή 1000 m^2), Q είναι η παροχή νερού που διέρχεται τον υγρότοπο (m^3/day).

Η σχέση μεταξύ χρόνου παραμονής (T_h) και υδραυλικού φορτίου (q) έχει ως εξής: $q = nd / T_h$

Ο χρόνος παραμονής εκφράζει το χρόνο που απαιτείται για την μετακίνηση μίας ποσότητας νερού δια μέσου του υγροτόπου. Επειδή οι χημικές αντιδράσεις εξαρτώνται από το χρόνο, ο ρυθμός με τον οποίο ο υγρότοπος μεταβάλλει την χημεία του νερού εξαρτάται από το χρόνο παραμονής.

Ισοζύγιο νερού στον υγρότοπο. Το ισοζύγιο του νερού στους υγροτόπους εξαρτάται από τις εισροές, τις εκροές και τις μεταβολές στην αποθήκευση του υγροτόπου. Οι εισροές νερού αποτελούνται από τις κατακρημνίσεις, την επιφανειακή ροή και τις υπόγειες εισροές νερού. Στην επιφανειακή ροή περιλαμβάνονται η επιφανειακή απορροή, η εισροή των υδατορευμάτων και το νερό των πλημμύρων. Οι εκροές εκφράζουν τις ποσότητες νερού που

απομακρύνονται από τον υγρότοπο. Αυτές οι διαδικασίες είναι η εξάτμιση, η διαπνοή των φυτών, η επιφανειακή εκροή και οι υπόγειες εκροές. Με εξάτμιση την εξάτμιση, νερό διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με την μορφή υδρατμών. Με την διαπνοή το νερό που προσλαμβάνεται με το ριζικό σύστημα των φυτών διαφεύγει στην ατμόσφαιρα από τα φύλλα επίσης με τη μορφή υδρατμών. Οι επιφανειακές εκροές μπορεί να είναι μικρές ή σημαντικές, εξαρτώνται από τον υγρότοπο. Για παράδειγμα ένας υγρότοπος που βρίσκεται κατά μήκος ενός ποταμού θα έχει σημαντική επιφανειακή εκροή. Οι υπόγειες εκροές εξαρτώνται από την επαφή με υπόγειους υδροφορείς και από τη διαφορά μεταξύ υπόγειας στάθμης των υδροφορέων και της ελεύθερης επιφάνειας του υγρότοπου. Το ισοζύγιο νερού στους υγροτόπους συνδέεται με το χρόνο παραμονής, την υδροπερίοδο, το υδραυλικό φορτίο και το ισοζύγιο μάζας. Η πιο απλή σχέση που εκφράζει το ισοζύγιο του νερού έχει ως εξής:

$$dV/dt = Q_i - Q_o + Q_c - Q_b - Q_{gw} + RA - ET_A$$

όπου Q_i και Q_o είναι η παροχή λυμάτων ή νερού που εισέρχεται και εκρέει του υγροτόπου (m^3/day), Q_c είναι η απορροή από την υδρολογική λεκάνη (m^3/day), Q_b και Q_{gw} , είναι οι απώλειες από τις όχθες και η βαθιά διήθηση (m^3/day), Q_{sm} είναι οι εισροές από λιώσιμο χιονιού (m^3/day), R είναι η βροχόπτωση (m/day) και ET είναι εξατμισοδιαπνοή (m/day), A είναι η έκταση της επιφάνειας του υγρότοπου (m^2), t είναι η χρονική περίοδος (day) και V είναι ο όγκος αποθήκευσης του υγρότοπου (m^3).

Φορτίο εισροής-εκροής. Εκφράζει το φορτίο μάζας κάθε συστατικού που εισέρχεται ή εξέρχεται του υγροτόπου. Ορίζεται από τη σχέση

$$M_i = Q_i C_i$$

Επιφανειακή φόρτιση. Εκφράζει την ανά μονάδα επιφάνειας του υδροτόπου φόρτιση ή εισροή μάζας που ορίζεται από τη σχέση

$$m_i = M_i/A = Q_i C_i/A = q C_i$$

Αποικοδόμηση ουσιών. Επειδή η αποικοδόμηση των ουσιών είναι μία από τις σημαντικότερες διαδικασίες απομάκρυνσης των ουσιών από το σύστημα, η μαθηματική έκφραση αποτελεί σημαντικό εργαλείο για το σχεδιασμό των συστημάτων αυτών. Οι λεκάνες των τεχνητών υδροτόπων θεωρούνται ως βιολογικοί αντιδραστήρες και η αποικοδόμηση προσεγγίζεται από πρώτης τάξης, ροής εμβόλου κινητικές. Η εξίσωση που περιγράφει αυτή την προσέγγιση έχει ως εξής:

$$dC/dt = -KC \text{ με λύση την εξίσωση } C_e = C_o e^{-Kt}$$

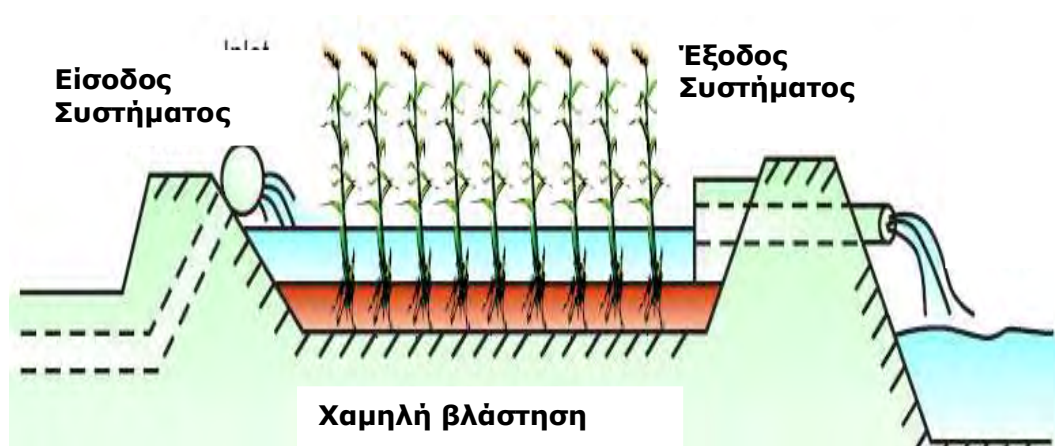
όπου C_o και C_e είναι η συγκέντρωση της ουσίας στην εισροή και εκροή (mg/L), K είναι η σταθερά αποικοδόμησης πρώτης τάξης (day^{-1}) και t είναι ο χρόνος παραμονής (day). Ο χρόνος παραμονής αυξάνει, μειώνεται η συγκέντρωση στα λύματα εκροής, γεγονός που προσάπτει καθοριστικό ρόλο στο χρόνο παραμονής ως προς τη βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας του συστήματος, εξαρτάται επίσης από το βάθος ροής, το πορώδες και την παροχή δια του υδροτόπου. Σημαντικό ρόλο έχει επίσης ο συντελεστής αποικοδόμησης K , ο οποίος εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Αυτή η εξάρτηση περιγράφεται από τη σχέση

$$K(T) = K(20^\circ\text{C})\theta^{(T-20)}$$

όπου $K(T)$ και $K(20^\circ\text{C})$ είναι οι τιμές του συντελεστή στην τρέχουσα θερμοκρασία και στους 20°C .

2.5.6 Υγρότοποι ελεύθερης επιφάνειας, FWS (Free water surface systems)

Χαρακτηριστικά των συστημάτων. Οι τεχνητοί υγρότοποι με ελεύθερη επιφάνεια νερού κατασκευάζονται για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, τη βελτίωση της αποδοτικότητας της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, την ενίσχυση της άγριας ζωής και την επαναχρησιμοποίηση νερού.



Εικόνα 20. Τεχνητός υγρότοπος Ελεύθερης Επιφάνειας Free Water Surface Systems (FWS)

Οι υγρότοποι αυτοί αποτελούνται από αγωγούς ή λεκάνες που εδράζονται πάνω σε αδιαπέρατο υπόστρωμα για να μειωθεί η βαθιά διήθηση. Τα φυτά των συστημάτων αυτών με τα στελέχη τους, τα κατακλιζόμενα φύλλα και τα νεκρά υλικά αποτελούν το υλικό για την ανάπτυξη των προσκολιόμενων βακτηρίων. Τα υπέργεια φύλλα με τη σκίαση που προκαλούν μειώνουν τη δυνατότητα ανάπτυξης των φυκών. Το οξυγόνο μεταφέρεται από τα φύλλα στο ριζόστρωμα βοηθώντας στην ανάπτυξη των φυτών και των βακτηρίων. Επειδή ο επλουτισμός σε οξυγόνο και η διάχυση του μέσα στα λύματα προέρχεται από τον επαναερισμό μέσω της ελεύθερης επιφάνειας και

τη φωτοσύνθεση των φυτών, το φορτίο του BOD των λυμάτων θα πρέπει να είναι μικρότερο από 110 kg/ha-day για να επιτυγχάνεται ικανοποιητικός ρυθμός οξείδωσης (Κυριαζοπούλου I. M., 2005).

Για την επεξεργασία των λυμάτων το ενδιαφέρον εστιάζεται στην αποδοτικότητα απομάκρυνσης των ρύπων που βρίσκονται στα λύματα. Το διαλυμένο BOD απομακρύνεται με την βιολογική δραστηριότητα και με την προσρόφιση από τα φυτά και τα αιωρούμενα στερεά που βρίσκονται στα λύματα (Εικόνα 20)

Παράγοντες σχεδιασμού συστημάτων ελεύθερης ροής. Οι μεταβλητές και οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό των συστημάτων επιφανειακής ροής είναι ο χρόνος παραμονής, η παροχή φόρτισης με οργανικά υλικά, η απαιτούμενη επιφάνεια και το βάθος ροής. Άλλα πρόσθετα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη είναι οι αναλογίες μεταξύ των διαστάσεων, οι υδραυλικές αρχές, η θερμοκρασία και η συγκομιδή των φυτών.



Εικόνα 21. Τεχνητός υγρότοπος Ελεύθερης Επιφάνειας (FWS) Είσοδος

Ροή του νερού στον υγρότοπο. Η ροή του νερού στους υγρότοπους επιφανειακής ροής θεωρείται ροή σε ανοικτούς αγωγούς με χωμάτινο ή χαλικώδη πυθμένα και με αναδύομενη βλάστηση. Η ταχύτητα κίνησης του νερού σε ανοικτούς αγωγούς περιγράφεται από την εξίσωση του Darcy. Η παραδοχή για την εφαρμογή της εξίσωσης Manning σε ανοικτούς αγωγούς είναι ότι η αντίσταση τριβής οφείλεται μόνο στον πυθμένα και τις πλευρές του αγωγού. Στους υγρότοπους η παρουσία των αναδύομενων φυτών και των υπολειμμάτων τους που καταλαμβάνουν την κάθετη διατομή, αυξάνει το τυρβώδες προκαλώντας αύξηση των απωλειών ενέργειας και αύξηση της αντίστασης στη ροή. Η κατακόρυφη μεταβλητότητα της πυκνότητας της βλάστησης προκαλεί μεγάλη μεταβλητότητα στην κατανομή της τριβής και της ταχύτητας. Οι εύκαμπτες ιδιότητες της βλάστησης και η αναλογία των βυθισμένων προς των αναδύομενα μέρη επηρεάζουν επίσης την ροή.

Η μορφή της εξίσωσης Manning έχει ως εξής

$$V=1/n_m R^{2/3} S^{1/2}$$

όπου V είναι η ταχύτητα ροής (m/s), R είναι η υδραυλική ακτίνα ίση με το βάθος ροής (m), S είναι η κλίση της γραμμής ενέργειας ή η κλίση της ελεύθερης επιφάνειας (m/m) και n_m είναι ο συντελεστής Manning (s/m^{1/3}). Η τιμή του n_m κυμαίνεται από 0.3 έως 1.1, με τις μεγαλύτερες τιμές για βάρη μικρότερα από 0.2m.

Η ροή στους υγρότοπους παρουσιάζει ορισμένα ειδικά χαρακτηριστικά που τη διαφοροποιεί ως προς τη ροή στους ανοικτούς αγωγούς. (Αντωνόπουλος Β.,2003).

Φόρτιση του υγρότοπου με οργανικές ουσίες. Υπάρχει ένας γενικός κανόνας, σύμφωνα με τον οποίο η φόρτιση του υγρότοπου με οργανική ουσία δεν

πρέπει να υπερβαίνει τα 110 BOD/ha-day, για να διατηρούνται αερόβιες συνθήκες κοντά στην επιφάνεια του νερού και να ελαχιστοποιηθούν οι οσμές.

Απαιτούμενη επιφάνεια υγρότοπων. Η έκταση που θα καταλαμβάνει η λεκάνη του υγρότοπου υπολογίζεται από το χρόνο παραμονής ως εξής

$$A_s = 3.07(Q_{ave})(t)/(d_w)(n)$$

όπου Q_{ave} είναι η ημερήσια παροχή λυμάτων δια μέσου του υγρότοπου (m^3/day), A_s είναι η έκταση (m^2). Στη μέση παροχή περιλαμβάνονται οι απώλειες εξατμισοδιαπνοής, διαρροών και οι προσθήκες από τη βροχόπτωση.

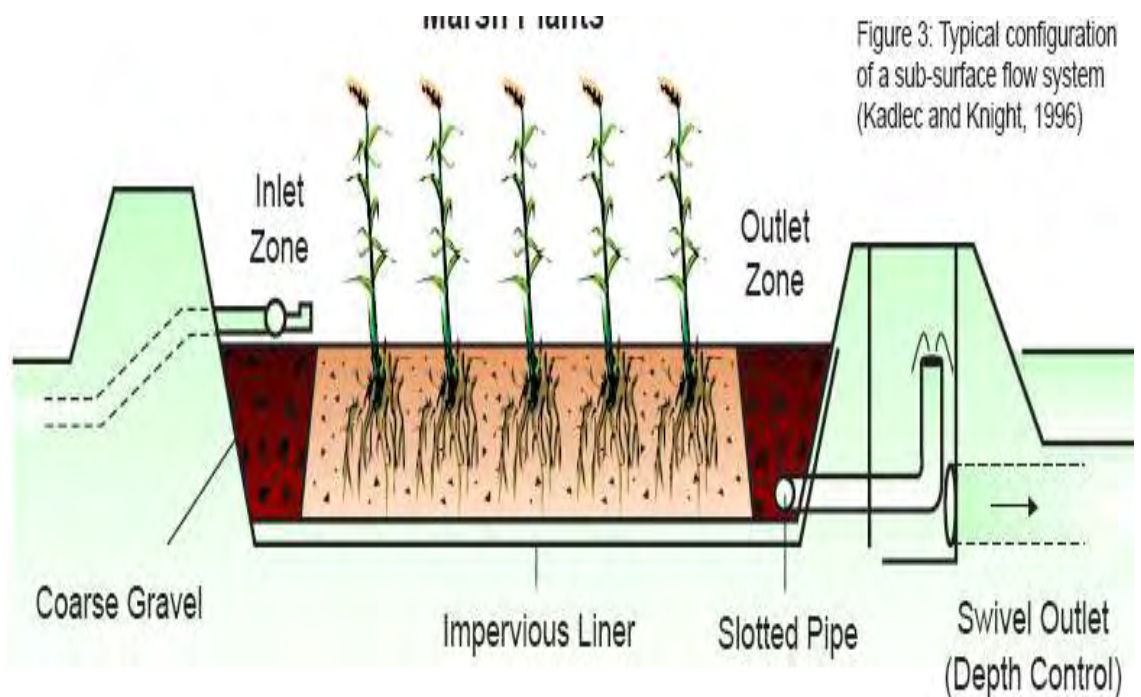
Ισοζύγιο νερού. Όταν η εξατμισοδιαπνοή είναι σημαντική και υπερβαίνει τις εισροές από τη βροχόπτωση, ο υπολογισμός του ισοζυγίου του νερού είναι απαραίτητος για να εκτιμηθεί η επίδραση της εξατμισοδιαπνοής στο χρόνο παραμονής και την ποιότητα των εκροών. Το ισοζύγιο του νερού υπολογίζεται σε μηνιαίες εισροές, βροχόπτωση, εξατμισοδιαπνοή, διαρροή ή βαθιά διήθηση και τις εκροές ή την αποθήκευση.

Αναλογία διαστάσεων. Οι διαστάσεις της έκτασης που καταλαμβάνει ο υγρότοπος εκφράζονται από την αναλογία $W=(A_s/Ra)^{1/2}$ όπου W είναι το πλάτος των λεκανών (m), A_s είναι και Ra είναι η αναλογία των διαστάσεων (μήκος/πλάτος).

2.5.7 Υγρότοποι Υπόγειας Οριζόντιας Ροής SFS (subsurface flow system).

Οι υγρότοποι υπόγειας οριζόντιας ροής αποτελούνται από λεκάνες γεμάτες με πορώδες υλικό, όπου αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών. Ο σχεδιασμός γίνεται έτσι που να δημιουργείται υπόγεια στάθμη κάτω από την επιφάνεια του

πορώδους μέσου. Τα συστήματα αυτά πρωτοεμφανίστηκαν στη Δυτική Ευρώπη από τις αρχές της δεκαετίας του 60. Τα πρώτα συστήματα σχεδιάζονταν με κριτήριο τα 2.2 m^2 επιφάνειας λεκάνης ανά μονάδα ισοδύναμου πληθυσμού (pe), θεωρώντας ότι το οργανικό φορτίο κάθε ατόμου είναι 0.04 Kg/d BOD_5 στα πρωτοβάθμια λύματα (Εικόνα21). Τα πιο πρόσφατα κατασκευαζόμενα συστήματα στην Ευρώπη σχεδιάζονται με 5 έως $10 \text{ m}^2/\text{pe}$ (ή $40\text{-}80 \text{ Kg/h-pe}$). Το υδραυλικό φορτίο ή ημερήσια παροχή για τα $5 \text{ m}^2/\text{pe}$ (θεωρώντας $0.2 \text{ m}^3\text{-pe}$) ισοδυναμούν σε 4 cm/d και δίνουν ένα χρόνο παραμονής περίπου 6 ημέρες.



Εικόνα 21. Τεχνητός υγρότοπος Υπόγειας ροής Subsurface Flow Systems (SSF)

Διαστασιολόγηση των λεκανών οριζόντιας ροής. Η διαστασιολόγηση των λεκανών των τεχνητών υγροτόπων απαιτεί υπολογισμούς για το μήκος, το πλάτος

και το βάθος της λεκάνης. Ο όγκος του ενεργού υλικού της λεκάνης εξαρτάται από την κινητική της βιολογικής αφομοίωσης των ρύπων, το βάθος εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά των φυτών και η όλη διαμόρφωση του υποστρώματος υπολογίζεται με βάση τα υδραυλικά χαρακτηριστικά (Αντωνόπουλος Β., 2003).

Υπόγεια ροή των λυμάτων στις λεκάνες. Ο συνδυασμός της εξίσωσης Darcy για την ταχύτητα κίνησης του νερού και της εξίσωσης συνεχείας στο πορώδες μέσω της λεκάνης οριζόντιας ροής, για συνεχή εφαρμογή των λυμάτων από την μία πλευρά της λεκάνης και σταθερή πλευρική εκροή από την άλλη πλευρά

του.

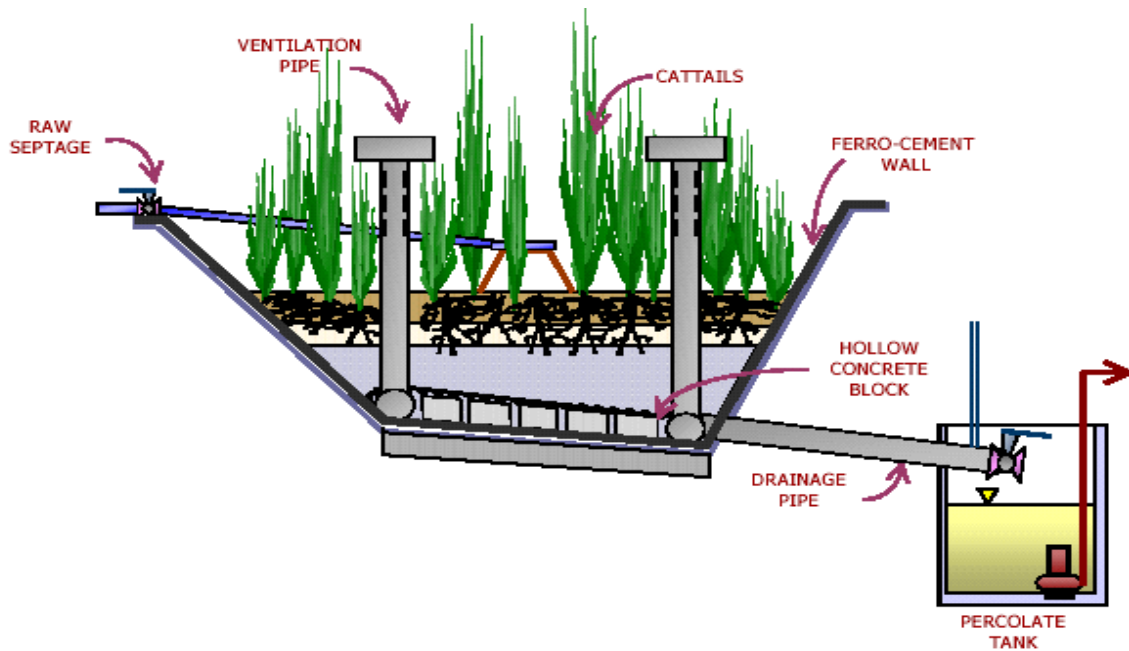


Εικόνα 22. Τεχνητός υγρότοπος Υπόγειας ροής (SSF) – Είσοδος

2.5.8 Υγρότοποι Κατακόρυφης Ροής των Λυμάτων στις Λεκάνες

Τα συστήματα τεχνητών υγροτόπων οριζόντιας ροής ήταν τα πρώτα που αναπτύχθηκαν. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτών των συστημάτων έχουν δείξει ότι επιτυγχάνουν δευτεροβάθμια επεξεργασία με καλή αποτελεσματικότητα όσον αφορά το BOD και TSS. Διαπιστώθηκε ότι δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα

νιτροποίησης όταν χρησιμοποιούνται για προχωρημένη επεξεργασία, ενώ η νιτροποίηση δεν είναι ικανοποιητική σε επίπεδο δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Ο λόγος είναι η μικρή ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου που τα χαρακτηρίζει. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα με τα συστήματα κατακόρυφης ροής. Οι λόγοι για τους οποίους προτιμούνται τα κατακόρυφης ροής συστήματα είναι η μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου και η μικρότερη απαιτούμενη επιφάνεια ($1-2 \text{ m}^2/\text{pe}$) από ότι τα οριζόντια ροής συστήματα (που χρειάζονται $5-10 \text{ m}^2/\text{pe}$) σε επίπεδο δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Πολύ πρόσφατο είναι το ενδιαφέρον για μικτά συστήματα ή συνδυαστικά των δύο συστημάτων οριζόντιας και κατακόρυφης ροής. Σ'αυτά τα συστήματα αξιοποιούνται τα πλεονεκτήματα και περιορίζονται τα μειονεκτήματα των αντίστοιχων συστημάτων. Συνιστά να τοποθετούνται τα συστήματα κατακόρυφης ροής στην αρχή της μονάδας τεχνητών υγροτόπων επειδή όταν σχεδιαστούν σωστά μπορούν να απομακρύνουν το BOD, COD και τα βακτήρια και επίσης να οξειδωθεί όλο το αμμωνιακό άζωτο σε νιτρικά (Αντωνόπουλος Β., 2003). Επίσης απομακρύνεται ορισμένη ποσότητα ολικού N με την απονιτροποίηση.



Εικόνα 23. Σύστημα Κατακόρηφης ροής

Τα οριζόντιας ροής είναι καλά για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και βακτηρίων λόγω της μεγάλης ικανότητας συγκράτησης τους, μείωσης του BOD όταν ικανοποιείται ο ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου και απονιτροποίηση. Το μειονέκτημα είναι ότι η νιτροποίηση δεν είναι ικανοποιητική λόγω της μειωμένης ικανότητας μεταφοράς οξυγόνου (Εικόνα 23).

2.6 Δυνατότητες Αξιοποίησης των Υδατικών Πόρων - Νομοθεσία

Με το τέλος αυτού του αιώνα έχει καταδειχθεί πως η επικρατούσα άποψη, ότι η αραίωση αντιμετωπίζει αποτελεσματικά την ρύπανση, ήταν αυταπάτη. Επίσης, πιστεύεται ότι η σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση των περισσότερων πηγών ρύπανσης και γενικά της υποβάθμισης του περιβάλλοντος βασίζονται στις πέντε λέξεις που αρχίζουν από Α ή στα πέντε κεφαλαία "Α": Αναγέννηση, Ανάκτηση, Ανακύκλωση, Ανάσωση και Ανα(επανα)χρησιμοποίηση. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές για ένα φυσικό πόρο, όπως το διαθέσιμο νερό, που όλο και περισσότερο εκτίθεται στον κίνδυνο της ρύπανσης και παράλληλα είναι ένας φυσικός πόρος που όλο και πιο δύσκολα ανακυκλώνεται μέσω του υδρολογικού κύκλου. Γι' αυτό, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, φαίνεται ότι αποτελεί το πιο κατάλληλο πεδίο εφαρμογής των πέντε "Α", για αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων, κυρίως της ρύπανσης, σε σύγκριση με άλλα σχετικά πεδία, όπως είναι τα αστικά στερεά απόβλητα, τα βιομηχανικά απόβλητα, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, τα απόβλητα των τσιμεντοβιομηχανιών και άλλα.

Τα υγρά απόβλητα αποτελούν σημαντική αιτία ρύπανσης, τόσο των υδατικών πόρων όσο και άλλων φυσικών πόρων. Με την Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων επιτυγχάνονται μείωση έως εξάλειψη της ρύπανσης και σημαντική πρόοδος στη διαχείριση των υδατικών πόρων, παρέχοντας επιπλέον ποσότητες νερού, ποιοτικά κατάλληλες για χρήση τους για άρδευση, βιομηχανική χρήση, εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων, ύδρευση, κ.α. Συνοπτικά οι κύριοι σκοποί της διαχείρισης των αστικών υγρών

αποβλήτων είναι οι: (α) Περιορισμός μέχρι και η πλήρης εξάλειψη της ρυπαντικής επίδρασης των αποβλήτων στο περιβάλλον. (β) Εξοικονόμηση επιπλέον πηγών νερού για διάφορες ωφέλιμες χρήσεις (γ) Οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από τον εφοδιασμό με νερό και θρεπτικά στοιχεία φυτών ή δέντρων κατάλληλων για αγροτική εκμετάλλευση ή ανάπτυξη χώρων πρασίνου.

Στις αναπτυγμένες χώρες του κόσμου έχει γίνει αρκετή πρόοδος και αναπτυχθεί σύγχρονη τεχνολογία για την ανάκτηση εκροών καλής ποιότητας από τις Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Υγρών Αποβλήτων. Οι ερευνητικές προσπάθειες έχουν εντατικοποιηθεί ακόμη περισσότερο τα τελευταία έτη εξαιτίας της αύξησης των αναγκών νερού σε όλο τον κόσμο. Πολλές αναπτυγμένες χώρες αντιμετωπίζουν αυξημένα προβλήματα, που συνδέονται με τη διαχείριση των υδατικών πόρων και την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ιδιαίτερα σε περιοχές με περιορισμένους υδατικούς πόρους. Το αυξημένο κόστος επεξεργασίας και διάθεσης των αστικών αποβλήτων με σκοπό την αποφυγή της ρύπανσης και την εξασφάλιση καλής ποιότητας νερού, είναι ένα σημαντικό αντικείμενο, που αποκτά όλο και πιο μεγάλο κοινωνικό ενδιαφέρον. Οι αναπτυσσόμενες χώρες, ιδιαίτερα περιοχές με προβλήματα ξηρασίας, χρειάζονται αξιόπιστες, χαμηλού κόστους και απλές μεθόδους τεχνολογίας για να αναπτύξουν νέες πηγές νερού και να προστατέψουν τις ήδη υπάρχουσες από τη ρύπανση.

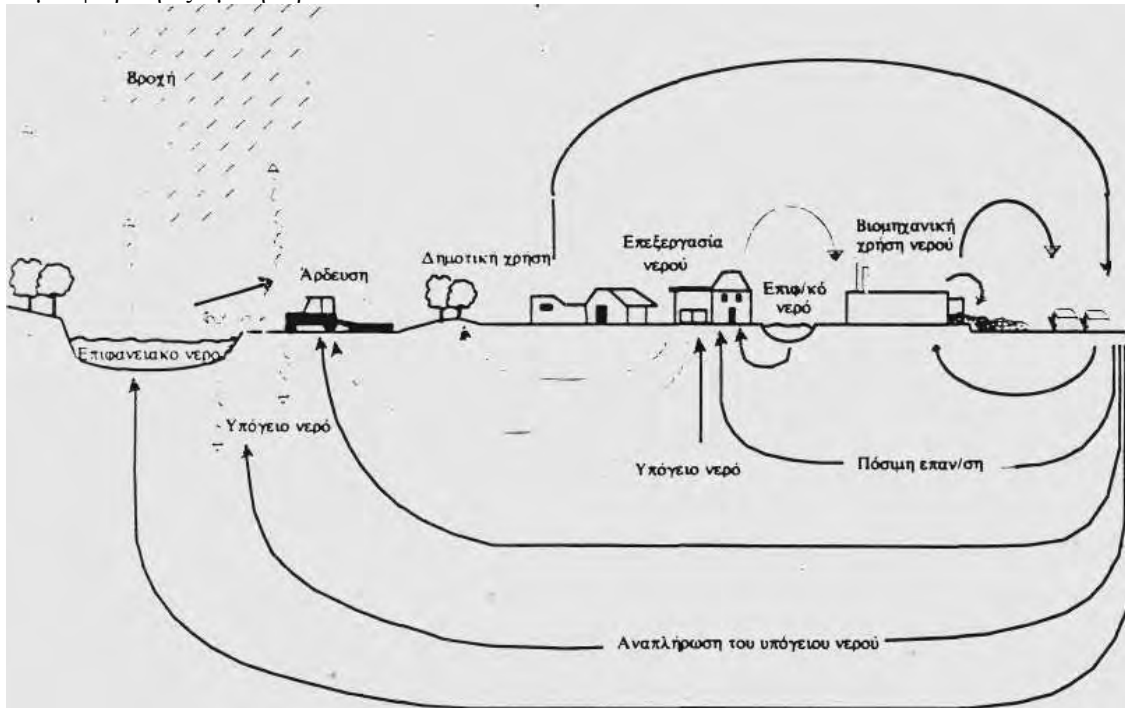
Η θεώρηση των αστικών υγρών αποβλήτων ως υδατικών πόρων, ο αξιόπιστος σχεδιασμός και η λειτουργία έργων ανάκτησης επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων πιστεύεται ότι συμβάλλουν: α) Στην ανάπτυξη νέων υδατικών πόρων, β) στη μείωση του κόστους νερού, γ) στην προστασία των υδατικών πόρων, σε παράκτιες κυρίως περιοχές, όπου παρατηρείται διείσδυση αλμυρού νερού σε

υπόγειους υδροφορείς, δ) στην αξιοπιστία υδατοπρομήθειας, ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές, και, ε) στην ανάπτυξη πολιτικής υδατικών πόρων, με έμφαση στη διατήρηση πηγών και φυσικού περιβάλλοντος. Με δεδομένα αυτά γίνεται στη συνέχεια μια αναφορά στις κύριες χρήσεις επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων, στις επικρατούσες σήμερα συνθήκες σε διάφορες χώρες του κόσμου και στις δυνατότητες ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης τέτοιων εκροών στη χώρα μας.

2.6.1 Κατηγορίες Επαναχρησιμοποίησης

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να είναι άμεση ή έμμεση. Τα τελευταία έτη αποδίδεται όλο και περισσότερο ενδιαφέρον στην έμμεση επαναχρησιμοποίηση ακόμη και για έμμεση πόσιμη χρήση. Στην πρώτη περίπτωση γίνεται χρήση του νερού που ανακτάται από υγρά απόβλητα με μεταφορά του από τις μονάδες επεξεργασίας και ανάκτησης, στις περιοχές επαναχρησιμοποίησης συνήθως για άρδευση γεωργικών εκτάσεων και χώρων αναψυχής, χωρίς τη διαμεσολάβηση φυσικών πηγών νερού ή άλλων υδατικών σχηματισμών (Γιαννόπουλος 1997). Στη δεύτερη περίπτωση γίνεται χρήση έμμεσα ανακτώμενου νερού, μετά από ανάμειξη του με φυσικό νερό ή χρήση υπόγειου νερού, που έχει εμπλουτιστεί με τέτοιο νερό. Οι μηχανισμοί επεξεργασίας, ανακύκλωσης και οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων σε σχέση με τον υδρολογικό κύκλο φαίνονται παραστατικά στο Εικόνα... . Όπως δείχνεται σ' αυτή μια "σμίκρυνση" του υδρολογικού κύκλου παρατηρείται με την αύξηση εφαρμογών ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης (Τσαγκαράκης κ.α, 1997).

Ατμοσφαιρική εξάτμιση νερού



Εικόνα 24. Μηχανισμοί επεξεργασίας και ανάκτησης και δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων σε σχέση με τον υδρολογικό κύκλο.

Γενικά, οι βασικές τάσεις ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υδατικών πόρων περιλαμβάνουν **την άρδευση, την αναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων, την χρήση στη βιομηχανία, την αναπλήρωση του επιφανειακού νερού και τη χρήση για αναψυχή.** Η αναπλήρωση του επιφανειακού νερού και των υπόγειων υδροφορέων γίνεται και με φυσικές μεθόδους, όπως με την αποστράγγιση και διαμέσου της διήθησης από την άρδευση και το νερό των κατακρημνίσεων. Ο βαθμός μεταφοράς του νερού εξαρτάται από τους κλιματικούς και υδρογεωλογικούς παράγοντες, το βαθμό χρήσης του νερού για διάφορους

σκοπούς και το βαθμό απευθείας ή έμμεσης επαναχρησιμοποίησης. Σε μερικές περιπτώσεις αναπτύσσονται κλειστοί δίοδοι Ανακύκλωσης, όπου η διαχείριση του νερού διενεργείται με ένα απλό σύστημα ροής, όπου το νερό μετά τη χρήση του επιστρέφει ανακυκλωμένο στο ίδιο σύστημα με απλή ανάκτηση του.

Οι κυριότερες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης ανακατωμένων εκροών από υγρά απόβλητα διεθνώς με βάση τις χρησιμοποιούμενες παροχές τους είναι **η γεωργία, η βιομηχανία και τέλος ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων**. Από αυτές τις κατηγορίες **η άρδευση γεωργικών, δασικών και άλλων χώρων πρασίνου είναι ο σημαντικότερος τομέας χρήσης νερού και στη χώρα μας εκτιμάται ότι προσεγγίζει το 85 % της συνολικής κατανάλωσης**. Οι τομείς επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων καθώς και οι δυνατοί περιορισμοί που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν, δίνονται στον Πίνακα 4 (Αγγελάκης κ.α. 1995).

Πίνακας 4. Κατηγορίες ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και δυνατοί περιορισμοί.

Κατηγορία χρήσης	Περιορισμοί
1. Άρδευση γεωργικών εκτάσεων. α) φυτικές καλλιέργειες β) εμπορικά φυτώρια 2. Άρδευση κοινόχρηστων και χώρων αναψυχής α) Πάρκα β) Σχολικοί χώροι γ) Εθνικοί δρόμοι δ) Ιπποδρόμια ε) Νεκροταφεία ζ) Ελεύθεροι κοινοτικοί χώροι η) Περιφερειακές ζώνες πρασίνου	- Ποιότητα νερού (κυρίως ως προς την επίδραση αλάτων στο έδαφος και τα φυτά), - Προστασία δημόσιας υγείας (κυρίως σε σχέση με παθογόνα, όπως παράσιτα, βακτήρια και ιοί). - Ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων νερών όταν δεν υφίσταται κατάλληλο σύστημα διαχείρισης. - Εμπορικότητα και δημόσια αποδοχή των παραγόμενων προϊόντων
3. Βιομηχανική χρήση. α) Ψύξη β) Μεταποίηση γ) Βαρεία βιομηχανία	- Συστατικά του νερού που ανακτάται και μπορούν να προξενήσουν διάβρωση, εναπόθεση, βιολογική ανάπτυξη και γενικά προβλήματα ρύπανσης.

δ) Άλλες	- Δημόσια υγεία (ιδιαίτερα σε σχέση με μεταφερόμενα οργανικά ή παθογόνα με aerosols).
4. Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων. α) Αναπλήρωση β) Προστασία γ) Ιζηματολογικός έλεγχος	-Ίχνη οργανικών, άλλων χημικών και παθογόνων στο ανακτώμενο νερό υγρών αποβλήτων με υψηλό δυναμικό τοξικότητας, - Συνολικά διαλυμένα στερεά, μέταλλα και παθογόνα στο ανακτώμενο νερό.
5. Αναψυχή και άλλες περιβαλλοντικές χρήσεις. α) Λίμνες και δεξαμενές β) Αποκατάσταση ελωδών χώρων γ) Αύξηση παροχής υδατορευμάτων δ) Ανάπτυξη αλιευτικών χώρων ε) Δημιουργία πάγου	-Προστασία δημόσιας υγείας από βακτήρια και ιούς. -Ευτροφισμός οφειλόμενος στο N και P. Αύξηση παροχής υδατορευμάτων -Αισθητικές οχλήσεις συμπεριλαμβανομένων των οσμών.
6. Μη πόσιμες αστικές χρήσεις α) Πυροπροστασία β) Κλιματισμός γ) Καθαρισμός	-Προστασία δημόσιας υγείας από τη μεταφορά παθογόνων με aerosols). -Ποιοτικές επιδράσεις σε εναπόθεση διάβρωση, βιολογική ανάπτυξη και γενικά ρύπανση. -Προβλήματα σε πιθανές διασταυρώσεις με το σύστημα υδροδότησης (πιθανές εισροές στα δίκτυα πόσιμου νερού).
7. Πόσιμες χρήσεις α) Έμμεση χρήση (Προηγούμενη ανάμειξη με το νερό υδροδότησης) β) Άμεση χρήση	- Ίχνη οργανικών και άλλων χημικών στο ανακτώμενο νερό υγρών αποβλήτων με υψηλό δυναμικό τοξικότητας, - Δημόσια και αισθητική αποδοχή - Προστασία δημόσιας υγείας κυρίως σε σχέση με τη μεταφορά παθογόνων και κυρίως ιών.

2.6.2 Κύριες Χρήσεις Ανακατωμένων Υγρών Αποβλήτων

Η γεωργική χρήση και κυρίως η άρδευση, αποτελεί την βάση των έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Γενικά, σε τέτοια έργα θα πρέπει να αποδίδεται έμφαση στα ποιοτικά όρια των χρησιμοποιούμενων εκροών, για τον περιορισμό της επικινδυνότητας τους στην δημόσια υγεία και την

προστασία των υδατικών πόρων και γενικά του περιβάλλοντος (Τσαγκαράκης κ.α., 1997).

Όπως προαναφέρεται, η άρδευση γεωργικών και άλλων εκτάσεων αποτελούν την πιο μαζική χρήση νερού, ιδιαίτερα σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του Ισραήλ, όπου το 1990 το 25% περίπου του αρδευτικού νερού ήταν ανακτώμενο νερό και το 2010 προβλέπεται να φτάσει το 36% (Πίνακας 5). Επίσης, εντυπωσιακή είναι η εξέλιξη έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης στην πολιτεία της Καλιφόρνιας (Πίνακας 6) (Αγγελάκης κ.α., 1995). Χαρακτηριστική είναι η έμφαση που αποδίνεται και σ' αυτή τη περίπτωση σε έργα άρδευσης. Σε χρονικό διάστημα 12 ετών πενταπλασιάστηκαν τα έργα άρδευσης κοινόχρηστων χώρων. Ανάλογη είναι η τάση που επικρατεί στην Ν. Αφρική, στις Νότιες πολιτείες των Η.Π.Α., στην Κύπρο, Ισπανία και σε πολλές άλλες μεσογειακές χώρες.

Πίνακας 5. Ο Ρόλος της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση νερού στο Ισραήλ

ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ	ΈΤΟΣ			
	1985	1990/91	2000	2010
Συνολική χρήση νερού, m ³	2050	1450	2090	2240
Χρήση νερού για την γεωργία, m ³	1490	770	1260	1250
Δημοτική και οικιακή χρήση νερού m ³	445	560	685	770
Συλλεχθέντα δημοτικά υγρά απόβλητα, m ³	215	260	380	520
Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στην γεωργία m ³	110	188	350	450
Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων της συνολικής χρήσης νερού, %	5,4	13,0	14,6	20,1

Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων της συνολικής χρήσης νερού στη γεωργία, %	7,4	24,4	24,2	36,0
---	-----	------	------	------

Πίνακας 6. Έργα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων στην Καλιφόρνια τα έτη 1975 και 1987.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΈΡΓΩΝ		ΑΝΑΚΤΩΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (m ³ /d)	
	1975	1987	1975	1987
(62%)Γεωργική	232	240	499620 (68%)	560180 (62%)
Άρδευση χώρων πρασίνου	104	571	98410 (14%)	113550 (13%)
Εμπλουτισμός υπόγ. υδροφορέων	5	7	87055 (12%)	128690 (14%)
Βιομηχανική	22	12	34065 (5%)	22710 (2%)
Αναψυχή	13	4	3785 (0,5%)	22710 (2%)
Άλλα	3	20	3785 (0,5%)	52990 (7%)
Σύνολο	379	854	726720 (100%)	900830 (100%)

Παρόλο που η πρακτική των αρδεύσεων είναι γνωστή από πολλές χιλιετίες, ποιότητα του αρδευτικού νερού ως βασική παράμετρο αναγνωρίστηκε μόνο στον αιώνα μας. Ο σχεδιασμός ενός αρδευτικού έργου με υγρά απόβλητα, που έχουν ανακτηθεί εξαρτάται από το βασικό σκοπό του έργου, δηλαδή εάν κύρια έμφαση αποδίδεται στο εφοδιασμό με νερό της φυτικής καλλιέργειας που χρησιμοποιείται ή στην επεξεργασία του αποβλήτου. Ανεξάρτητα όμως από αυτό, σήμερα η προεπεξεργασία των υγρών αποβλήτων πριν οποιαδήποτε διάθεση ή εφαρμογή τους στο έδαφος, αποτελεί μια πάγια διαδικασία. Οι λόγοι που επιβάλλουν αυτή την διαδικασία είναι: α) Προστασία της δημόσιας υγείας, β) πρόληψη ενοχλητικών καταστάσεων κατά την διάρκεια αποθήκευσης των εκροών, γ) πρόληψη ζημιών στο έδαφος και τα φυτά, δ) ορθολογικότερη λειτουργία των συστημάτων άρδευσης

(περιορισμός οσμών, διαβρώσεων και άλλων οχλήσεων) και ε) πρόληψη άλλων περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

2.6.3 Νομοθεσία Κριτήρια Επαναχρησιμοποίησης σε Διάφορες Χώρες, τη Ε.Ε. και Διεθνείς Οργανισμούς

Η άρδευση των αγροτικών εκτάσεων με εκροές αστικών υγρών αποβλήτων έχει εφαρμοσθεί στην πράξη σε πολλές χώρες επί αιώνες μέχρι σήμερα. Η διάθεση εκροών αστικών αποβλήτων στο έδαφος αποτελεί μία πρακτική τεχνολογία, που φαίνεται ότι έχει τις ρίζες της στον Μινωικό Πολιτισμό. Στην πιο πρόσφατη ιστορία, κατά την διάρκεια του 19ου αιώνα, η εισαγωγή μεγάλων σε κλίμακα συστημάτων μεταφοράς υγρών αποβλήτων για την εκφόρτισή τους στους υδατικούς αποδέκτες, σε πολλές περιπτώσεις οδηγεί στην επαναχρησιμοποίηση χωρίς σχεδιασμό. Αυτό σε συνδυασμό με την ανεπάρκεια υδατικών πόρων, είχε ως αποτέλεσμα σοβαρές καταστροφικές επιδημίες και αρρώστιες που προέρχονται από τη ρύπανση του νερού, όπως η Ασιατική χολέρα και ο τυφοειδής πυρετός κατά το χρονικό διάστημα 1840-50. Όμως όταν επαληθεύτηκε ότι οι αρρώστιες αυτές αιτία είχαν τη ρύπανση του νερού, οι μηχανικοί επιχειρούν να δώσουν λύση στο πρόβλημα, με την ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών νερού, χρησιμοποιώντας υδαταποθήκες και υδραγωγεία. Άλλο ένα βήμα προόδου γίνεται στις δεκαετίες 1850-60, εισάγοντας το φιλτράρισμα του νερού. Η ανάπτυξη της προγραμματισμένης επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων τοποθετείται στις αρχές του 20ου αιώνα.

Παρόλο, που η άρδευση με τις εκροές προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι από μόνη της ένας αποτελεσματικός τρόπος επεξεργασίας και διάθεσης υγρών αποβλήτων, είναι απαραίτητο να προηγείται προεπεξεργασία πριν χρησιμοποιηθούν σε εκροές, ακόμη και στην περίπτωση άρδευσης γεωργικών εκτάσεων με κτηνοτροφικά ή δασικά είδη. Η προεπεξεργασία αυτή επιβάλλεται να εφαρμόζεται για λόγους προστασίας της δημόσιας υγείας και για την πρόληψη ζημιών στις καλλιέργειες και το έδαφος.

Περιορισμένος αριθμός χωρών και Πολιτειών (όπως η Καλιφόρνια, η Φλόριδα, η Αριζόνα, το Ισραήλ η Τυνησία και η Ν. Αφρική), έχουν θεσπίσει κανονισμούς επαναχρησιμοποίησης κατά χρήση. Σύμφωνα με το US. EPA (1992) μέχρι τον Μάρτιο του 1992, 18 Πολιτείες των ΗΠΑ είχαν θεσπίσει κανονισμούς σχετικούς με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών υγρών αποβλήτων, 18 είχαν οδηγίες ή κριτήρια σχεδιασμού σχετικών έργων και 14 πολιτείες δεν είχαν ούτε κανονισμούς ούτε οδηγίες. Όμως, αυτή τη δεκαετία, με την τεράστια ανάπτυξη της τεχνολογίας ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων, παρατηρείται μία έντονη και παράλληλη δραστηριότητα ανάπτυξης και θέσπισης τέτοιων κανονισμών και οδηγιών, όπως στην Αυστραλία, στην Κύπρο στην Ιαπωνία, στην Ισπανία και σε άλλες χώρες της Ε.Ε., που έχουν αρχίσει διαδικασίες θέσπισης εθνικών κανονισμών. Στην περιφέρεια των Βαλεαρίδων της Ισπανίας έχουν θεσπισθεί κριτήρια επαναχρησιμοποίησης το 1994. Επίσης, σε άλλες χώρες εκσυγχρονίζονται και αναπροσαρμόζονται οι ισχύοντες κανονισμοί στην Καλιφόρνια, στο Τέξας και στη Φλόριδα των ΗΠΑ. Μια γενική ανασκόπηση των υφιστάμενων συνθηκών της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων σε διάφορες χώρες του κόσμου αναφέρεται στον Πίνακα .4.

Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα έργων επαναχρησιμοποίησης εκροών αστικών υγρών αποβλήτων στην Κύπρο, Ισραήλ και Καλιφόρνια. Ανάλογη δράση έχει αναπτυχθεί τα τελευταία έτη σε άλλες μεσογειακές χώρες όπως στη Μάλτα και στην περιφέρεια των Βαλεαρίδων και Κανάριων νήσων της Ισπανίας.

Η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων αποτελεί αντικείμενο έρευνας σε πολλές χώρες όπως στις ΗΠΑ, την Αυστραλία, το Ισραήλ, στις χώρες του Μαγκρέμπ και στη Νότιο Αφρική. Εξαιτίας των πλούσιων υδατικών αποθεμάτων της, η Ευρώπη και κυρίως οι βόρειες χώρες μέλη της ΕΕ δεν έχουν ασχοληθεί ιδιαίτερα με αντικείμενα επαναχρησιμοποίησης νερού. Όμως, οι ξηρασίες των τελευταίων ετών στην Ισπανία, την Ελλάδα και άλλες χώρες και κυρίως η αύξηση των υδατικών αναγκών, θέτουν επιτακτικά το θέμα της επαναχρησιμοποίησης νερού. Εξάλλου, η κατά τόπους έλλειψη νερού, που επιτείνουν περιβαλλοντικά προβλήματα έχουν ανανεώσει το ενδιαφέρον για τέτοια αντικείμενα (Τσαγκαράκης, κ.α. 1997)

Επειδή, η άρδευση είναι η σημαντικότερη (ποσοτικά) χρήση νερού παγκοσμίως και τα θέματα της ποιότητας επιλύσιμα με προσιτές τεχνολογίες, όσον αφορά στους διάφορους τύπους της επαναχρησιμοποίησης περιθωριακών νερών, αυτή είναι γνωστή κυρίως στην άρδευση σε σχέση με τις υπόλοιπες χρήσεις. Στο μέλλον, εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού παγκοσμίως και λαμβανομένης υπόψη της ύπαρξης της κατάλληλης τεχνολογίας, συντρέχουν οι λόγοι ακόμη για την παραγωγή πόσιμου νερού, παρόλο, που τίθενται σοβαρά θέματα, όπως το υψηλό κόστος επεξεργασίας και η κοινωνική αποδοχή. Από την στιγμή που η επαναχρησιμοποίηση νερού εφαρμόζεται ακόμη και για την πόσιμη χρήση, σε κάθε περίπτωση απαιτείται συγκεκριμένη ποιότητα νερού, η οποία προσδιορίζει και τις

απαιτούμενες τεχνολογίες επεξεργασίας και το ανάλογο κόστος. Σημειώνεται ότι σήμερα έχουν αναπτυχθεί και είναι γνωστές τεχνολογίες για την απαιτούμενη για κάθε χρήση ποιότητα νερού (Αντωνόπουλος, 1997). Γενικά, κάθε τύπος επαναχρησιμοποίησης απαιτεί τις δικές του προδιαγραφές ποιότητας. Οι προδιαγραφές για την επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία δεν είναι αμφιλεγόμενες, αφού η απαιτούμενη ποιότητα του νερού καθορίζεται από τις προδιαγραφές της βιομηχανικής ζήτησης. Οι προδιαγραφές όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση νερού, που προορίζεται για πόσιμη χρήση είναι ιδιαίτερα αμφιλεγόμενες για τα θέματα κοινωνικής αποδοχής και μόλυνσης. Γενικά η άμεση επαναχρησιμοποίηση για πόσιμη χρήση δεν αφορά χώρες μέλη της ΕΕ. Αντίθετα, ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων, ταυτόχρονα παρέχει μία συμπληρωματική επεξεργασία, που φαίνεται να είναι αποτελεσματική. Ο προβληματισμός για την ποιότητα της εφαρμοζόμενης εκροής σε τέτοια έργα, περιορίζεται κυρίως στα επίπεδα των νιτρικών και στα υπολείμματα των φυτοφαρμάκων (Αγγελάκης και Τσαγκαράκης, 2000).

Η κατάσταση διαφοροποιείται στην περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης για άρδευση. Επειδή οι εκροές είναι ένας πολύ ελκυστικός υδατικός πόρος για άρδευση, εξαιτίας της πλούσιας περιεκτικότητας τους σε θρεπτικά στοιχεία, λαμβάνουν χώρα έντονες συζητήσεις για τις προδιαγραφές ποιότητας που πρέπει να εφαρμόζονται, όσον αφορά στις μικροβιολογικές παραμέτρους ανάλογα με τον τύπο της άρδευσης και τον τύπο της αρδευόμενης καλλιέργειας. Οι βιομηχανικές χώρες και οι παραγωγοί τεχνολογίας, προβάλλουν αυστηρές προδιαγραφές για την ποιότητα του νερού (συγκρίσιμες με αυτές του πόσιμου νερού), με τη βεβαιότητα ότι οι πιο αυστηρές τεχνολογίες εξασφαλίζουν υγιεινό νερό (δηλαδή, απαλλαγμένο

από εντερροϊούς και παράσιτα). Οι αναπτυσσόμενες χώρες που μαστίζονται από σοβαρές ελλείψεις νερού, επιδιώκουν την εκπόνηση επιδημιολογικών μελετών που υπερασπίζονται τις ισχύουσες λιγότερο αυστηρές οδηγίες του WHO. Ο έλεγχος των παθογόνων είναι δύσκολος και υψηλού κόστους. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο WHO έχει εκδώσει οδηγίες σχετικές με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (WHO, 1989). Αυτές οι οδηγίες βασίσθηκαν στις επικρατούσες τάσεις σε αναπτυσσόμενες χώρες και ουσιαστικά θεωρούν όρια για τα κοπρώδη κολοβακτηρίδια ($1000 \text{ FC}/100 \text{ m}^3$) και τους εντερικούς νηματώδεις ($< 1/L$). Παρόλο που οι οδηγίες αυτές δεν εξειδικεύονται στις επιμέρους χρήσεις και ποιοτικές και άλλες παραμέτρους, αποτελούν ένα θετικό βήμα σε περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης ανεπεξέργαστων ή πλημμελώς επεξεργασμένων εκροών. Η κύρια φιλοσοφία τους εστιάζεται στη θέσπιση ορίων, ως εγγύηση για την ασφάλεια του νερού, που χρησιμοποιείται για άρδευση. Πάντως, πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι προκειμένου να έχουμε απευθείας επαναχρησιμοποίηση των ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων, οι προδιαγραφές του WHO είναι ήδη ένα βήμα προς τα εμπρός. Αυτές, είναι πιο αυστηρές από τις οδηγίες της Ε.Ε. για το νερό κολύμβησης (Μήτρακας, 2001).

Πρόσφατα, ο WHO εξέδωσε οδηγίες που αφορούν χημικές ουσίες σχετικές με την ανθρώπινη υγιεινή για γεωργικές εφαρμογές εκροών και ιλύος υγρών αποβλήτων. Μια σύγκριση των κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων σε μεσογειακές χώρες με αυτά στις Η.Π.Α. φαίνεται στον Πίνακα 4. Η φιλοσοφία του Κανονισμού Title-22 της Καλιφόρνιας βασίζεται σε προωθημένη, τριτοβάθμια προεπεξεργασία με όριο ολικών κολοβακτηριδίων $2,2 \text{ MPN}/100 \text{ m}^3$ και την ανθρώπινη ευαισθησία σε θέματα ποιότητας νερού, ενώ οι οδηγίες του

WHO βασίζονται στις συγκεντρώσεις των κοπρωδών κολοβακτηριδίων και των αυγών νηματωδών και θεωρούν κυρίως τη γεωργική χρήση.

2.6.4 Διάθεση Εκροών Υγρών Αποβλήτων και Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης τους στην Ελλάδα

Σήμερα υπάρχουν στην Ελλάδα περίπου 220 ΜΕΑΥΑ σε λειτουργία ή προχωρημένο στάδιο κατασκευής. Τα τελευταία έτη έχει αρχίσει μια προσπάθεια καταγραφής όλων αυτών των έργων με επιτόπιες επισκέψεις και τη συμπλήρωση ειδικού ερωτηματολογίου. Ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης των εκροών των μονάδων αυτών σε σχέση με τους ισοδύναμους κατοίκους σχεδιασμού τους, τους εξυπηρετούμενους κατοίκους λειτουργίας και τον αριθμό των μονάδων, προκύπτει ότι μεγάλες ποσότητες εκροών, 55 % περίπου διατίθενται στη θάλασσα, ενώ θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν. Αυτή είναι μια κατάσταση που μπορεί να αντιστραφεί εκτιμώντας ότι στο τέλος της δεκαετίας αυτής ο αριθμός των ΜΕΑΥΑ θα είναι 270 και θα εξυπηρετούν το 59% του πληθυσμού (Αγγελάκης , Τσαγκαράκης, 2000).

Κατά τα πρώτα έτη της εφαρμογής σύγχρονης τεχνολογίας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα δεν είχε αναπτυχθεί τοπική τεχνογνωσία. Έτσι, έγινε "εισαγωγή" τεχνολογίας από άλλες χώρες όπως Γερμανία, Γαλλία και Δανία της Βορείου Ευρώπης. Αυτό αφορά και τον τρόπο διάθεσης των εκροών. Είναι γνωστό όμως ότι στη χώρα μας υφίστανται σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά τις κλιματικές, γεωγραφικές και κοινωνικές συνθήκες. Η δυνατότητα άρδευσης γεωργικής και δασικής γης, όπως και άλλων χώρων πρασίνου είναι μια εξαιρετικά σημαντική δραστηριότητα σε πολλές μεσογειακές χώρες (Αγγελάκης ,

Τσαγκαράκης, 2000). Λαμβάνοντας υπόψιν τη διαθεσιμότητα εναλλακτικού αποδέκτη, έγινε εκτίμηση της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης των εκροών για άρδευση γεωργικών εκτάσεων, δασικών εκτάσεων και άλλων χώρων πρασίνου. Για την εκτίμηση αυτή έχουν ληφθεί υπόψη διάφοροι παράμετροι, όπως το υδατικό ισοζύγιο της περιοχής, η απόσταση μεταξύ της μονάδας και της αρδευόμενης γης, το είδος του εδάφους, η ποιότητα της εκροής, το είδος των αρδευόμενων εκτάσεων και το ανάγλυφο της περιοχής. Το δυναμικό για άρδευση είναι πολύ υψηλό ιδιαίτερα σε περιοχές της ΝΑ Ελλάδας με αυξημένες υδατικές ανάγκες και περιορισμένους διαθέσιμους υδατικούς πόρους.

Η άρδευση αποτελεί την πρώτη μέθοδο χρήσης ανακτημένων δημοτικών λυμάτων αυτούσιων ή σε μείγμα με φυσικό νερό, προσφέροντας λύση στην υψηλή ζήτηση νερού για γεωργική χρήση, που κυμαίνεται από το 33% μέχρι το 82% των συνολικών υδάτινων αποθεμάτων. Οι συγκεντρώσεις αζώτου, βορίου και η τιμή του **SAR** (Sodium Adsorption Ratio) αποτελούν για την αρδευτική επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων σημαντικούς δείκτες χημικής καταλληλότητας. Τα σχετικά όρια εξαρτώνται από το είδος των καλλιεργειών. Όρια επίσης έχουν προταθεί για ποικιλία τοξικών μετάλλων και έχουν κυρίως ενδιαφέρον όταν η βιομηχανική συνιστώσα των λυμάτων είναι πολύ σημαντική. Οι υποδείξεις της **WHO** (παγκόσμια οργάνωση υγείας) ανακλούν μια προσπάθεια στάθμισης υγειονομικών κινδύνων και ωφελειών που φαίνεται να επηρεάζεται από τα προβλήματα διατροφής και τα γενικότερα οικονομικά προβλήματα των αναπτυσσόμενων χωρών.

Η παρατηρούμενη συνεχής αύξηση της κατανάλωσης νερού για αστική, βιομηχανική και αγροτική χρήση έχει ως αποτέλεσμα, αφ' ενός μεν την αύξηση του

όγκου και των ρυπαντικών φορτίων των προς διάθεση αποβλήτων, αφ' ετέρου δε την έλλειψη νερού σε αρκετές περιοχές. Οι σαφείς επιπτώσεις των παραπάνω, τόσο στα αποθέματα νερού όσο και στα ενεχόμενα οικοσυστήματα, επιβάλλουν μια περισσότερο οικονομική και οικολογική πολιτική διαχείρισης και εκμετάλλευσης των λυμάτων. Πράγματι, η διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος, όχι μόνο απαλείφει τη ρύπανση των υγρών αποδεκτών, αλλά αξιοποιεί έναν πολύτιμο σε πολλές περιπτώσεις πόρο, αφ' ενός μεν διότι η άρδευση με λύματα απελευθερώνει φρέσκο νερό για άλλες χρήσεις, αφ' ετέρου δε διότι τα τροφικά υλικά (κυρίως N και P) που περιέχουν τα λύματα αποτελούν στοιχεία απαραίτητα για την ανάπτυξη των σοδιών (Αγγελάκης κ.α. 1995).

Η επαναχρησιμοποίηση των αστικών υγρών αποβλήτων για άρδευση είναι μια πρακτική η οποία σήμερα εφαρμόζεται σε πολλές περιοχές του πλανήτη μας. Οι λόγοι που οδηγούν στην διαρκώς αυξανόμενη χρήση του νερού αυτού είναι:

1. η εξοικονόμηση ποσίου νερού για πολλές ξηρές περιοχές
2. η δυνατότητα αξιοποίησης από τα φυτά των θρεπτικών στοιχείων και η αποφυγή έτσι κατασκευής πολύπλοκων και δαπανηρών εγκαταστάσεων απομάκρυνσης θρεπτικών συστατικών αζώτου, φωσφόρου κλπ από τα υγρά απόβλητα
3. η ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε όσες περιοχές διαθέτουν μονάδες βιολογικού καθαρισμού
4. η ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Η ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από:

- την ποιότητα του ποσίου νερού κάθε αστικής περιοχής

- τη φύση των αποβλήτων που προστίθενται σε αυτό και
- το επίπεδο επεξεργασίας που υφίστανται στις μονάδες καθαρισμού

Η ποιότητα των υγρών αποβλήτων που παράγει μια μονάδα βιολογικού καθαρισμού συνήθως εκτιμάται με τη μέτρηση του **BOD** , των **SS** κλπ, με παραμέτρους δηλαδή οι οποίες περιγράφουν το βαθμό επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά ποιότητας του νερού που ενδιαφέρουν περισσότερο την άρδευση είναι η αλατότητα, ορισμένα χημικά στοιχεία, τα οποία επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών ή τη διηθητικότητα του εδάφους, καθώς επίσης και η παρουσία παθογόνων οργανισμών (Αγγελάκης, 1995).

Συνεπώς τα χαρακτηριστικά καταλληλότητας των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση θα μπορούσαν να ταξινομηθούν στις εξής δύο κατηγορίες:

- Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά που έχουν γεωργική σημασία (αιωρούμενα, αλατότητα, θρεπτικά στοιχεία, βαριά μέταλλα κλπ)
- Μικροβιολογικά και παρασιτολογικά.

Τα φυσικά ή χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, που έχουν γεωργική σημασία, συνήθως δε μετρούνται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Στις περιπτώσεις αυτές είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν για να είναι δυνατός ο έλεγχος της καταλληλότητας του νερού άρδευσης.

Από την άλλη πλευρά τα μικροβιολογικά και παρασιτολογικά χαρακτηριστικά είναι το κυριότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Αυτό οφείλεται στον κίνδυνο από την έκθεση των ανθρώπων στους παθογόνους οργανισμούς, όπως είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι έλμυνθες, τα πρωτόζωα και οι ιοί. Ο βαθμός αυτός επικινδυνότητας είναι ανάλογος του βαθμού έκθεσης του ανθρώπου στα υγρά απόβλητα καθώς και του βαθμού επεξεργασίας

τους. Οι διαφορετικές προδιαγραφές ποιότητας, δειγματοληψίας και παρακολούθησης των υγρών αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση ή άρδευση, που έχουν θεσπιστεί από πολλά κράτη ή οργανισμούς, αναφέρονται κυρίως σ' αυτούς τους παθογόνους παράγοντες. Οι πλέον διαδεδομένες θεωρούνται εκείνες της πολιτείας των ΗΠΑ, της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (WHO) και του Ισραήλ (Αγγελάκης κ.α. 1995).

Για την εύρεση του κατάλληλου συστήματος διαχείρισης των λυμάτων, προκειμένου αυτά να χρησιμοποιηθούν για άρδευση, απαιτούνται από την περιοχή μελέτης στοιχεία κλιματολογικά και βροχομετρικά, καθώς και απογραφικά σχετικά με την ποιότητα και την ποσότητα των επεξεργασμένων λυμάτων. Απαιτούνται επίσης πληροφορίες σχετικά με τις γεωργικές συνήθειες της περιοχής. Η ποιότητα των διαθέσιμων επεξεργασμένων αστικών λυμάτων καθορίζει τις σοδιές που μπορούν να καλλιεργηθούν με ασφάλεια και από αυτές μπορεί να επιλεγούν οι επιθυμητές για ανάλυση. Αλλαγή κάποιας από τις αρχικές παραμέτρους όπως της απόδοσης της εγκατάστασης επεξεργασίας των λυμάτων ή των σοδιών που επιλέγονται επηρεάζει το σχεδιασμό ολόκληρου του συστήματος και απαιτείται επανασχεδιασμός. Η επίπονη αυτή διαδικασία πρέπει κανονικά να επαναληφθεί αρκετές φορές, προκειμένου να επιλεγεί το σύστημα που ανταποκρίνεται με βέλτιστο τρόπο στις ανάγκες της περιοχής και να αναλυθεί η ευαισθησία του στη μεταβολή των βασικών παραμέτρων (Αγγελάκης κ.α. 1995).

Συνοπτικά οι βασικές συνιστώσες ενός συστήματος επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση είναι:

τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού

το είδος της καλλιέργειας

τα χαρακτηριστικά της περιοχής
η μέθοδος της άρδευσης και
η πρακτική της άρδευσης

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

την προστασία της δημόσιας υγείας και

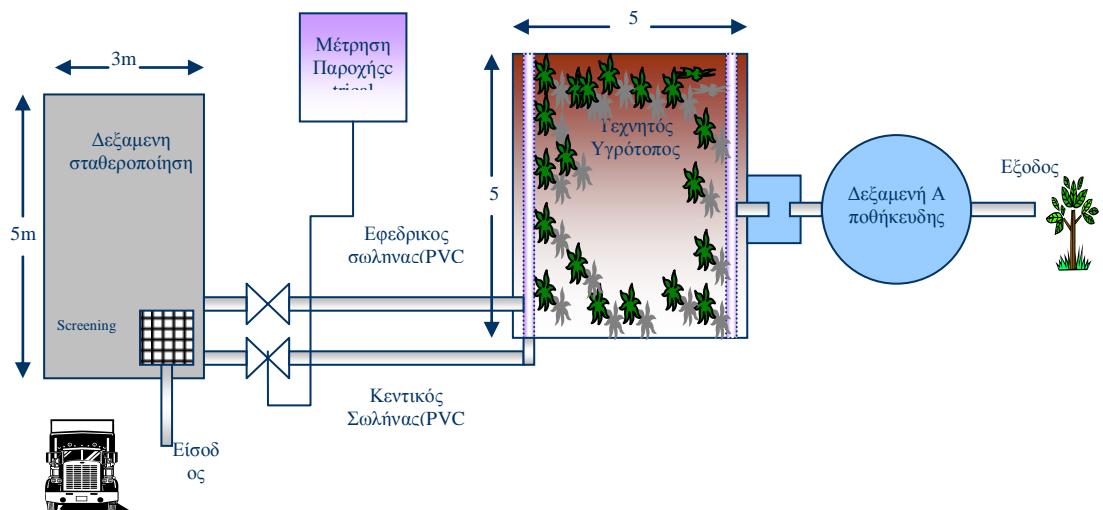
την προστασία του αέριου, υγρού και εδαφικού περιβάλλοντος

(Αντωνόπουλος, 2003).

3. Παραδείγματα και Εφαρμογές Τεχνητών Υγροτόπων

3.1 1^ο Παράδειγμα Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας στη Λίμνη Ν.Πλαστήρα

Η λίμνη Πλαστήρα χρησιμοποιείται για άρδευση, ύδρευση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και αναψυχή. Αν και τεχνητή, αποτελεί σημαντικό οικοσύστημα, για το λόγο αυτό έχει ενταχθεί στο δίκτυο NATURA 2000. Αποτελεί επίσης τον σπουδαιότερο τουριστικό πόλο έλξης του Νομού με τάσεις συνεχώς αυξανόμενες.



Εικόνα 25 Τεχνητός Υγρότοπος SSF Λίμνη Πλαστήρα

Είναι σαφές, ότι οι ανωτέρω χρήσεις του νερού δρουν ανταγωνιστικά μεταξύ τους. Το γεγονός δε ότι το νερό της Λίμνης χρησιμοποιείται για την ύδρευση 85.000 κατοίκων δηλ. το μεγαλύτερο τμήμα του Νομού Καρδίτσας, καθιστά

επιβεβλημένη την Διαχείριση των υγρών αποβλήτων των οικισμών που βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής (Ζησοπούλου Ε., 2005). Οι ανωτέρω οικισμοί δεν έχουν δίκτυα αποχέτευσης ακαθάρτων και η αποχέτευσή τους γίνεται κατά κύριο λόγο με απορροφητικούς βόθρους και σε λιγότερες περιπτώσεις με στεγανούς. Μόνο τα μεγαλύτερα σύγχρονα ξενοδοχεία διαθέτουν μεμονωμένες εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών.

Από πλευράς αποχέτευσης των ομβρίων υδάτων , υπάρχουν τμήματα δικτύου σε κάποιους μόνο από τους οικισμούς. Αποτέλεσμα των παραπάνω, είναι η επιβάρυνση με οργανικό φορτίο του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα με προφανείς τους κινδύνους για οργανική ρύπανση της λίμνης .

Η ανάγκη για προστασία της λίμνης είναι προφανής .

Η Περιφέρεια Θεσσαλίας , η ΤΥΔΚ Καρδίτσας ,αλλά και οι **Δήμοι** οι οποίοι γεωγραφικά ανήκουν στη περιοχή αντιλαμβανόμενοι την ευαισθησία της περιοχής , προχώρησαν σε διαδημοτική συνεργασία και πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος για σύνταξη μελέτης αποχέτευσης όλων των παραλίμνιων οικισμών.Οι Δήμοι που συνέστησαν τη διαδημοτική αρχή είναι: Νεβρόπολης, Πλαστήρα, Ιτάμου, Μητρόπολης. Η μελέτη ανατέθηκε στο γραφείο μελετών , ΜΕΤΕΒΑ Α.Ε. και συνεργαζόμενα γραφεία μελετών.Την επίβλεψη έχει η ΤΥΔΚ Καρδίτσας. Χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα ΕΠΤΑ.

Εξυπηρετούμενος πληθυσμός –Γεωγραφική θέση-Έκταση

Στην υπό εκπόνηση μελέτη, συμπεριλαμβάνονται οι οικισμοί που βρίσκονται στην λεκάνη απορροής της Λίμνης Πλαστήρα και στον τρόπο που προτείνεται να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της διαχείρισης των λυμάτων σ' αυτούς.

Πίνακας 7 ΔΗΜΟΣ ΝΕΒΡΟΠΟΛΗΣ ΑΓΡΑΦΩΝ

1	Οικισμός	Πληθυσμός	Εμβαδόν
2	Καρβασαράς	63	24
3	Μέγα Ρεύμα	24	19
4	Καρίτσα	92	13,5
5	Αγία Μαρίνα	29	38
6	Ράφηνα	35	11
7	Μπελοκομίτη	163	17
8	Κέδρος (Ζυγογιαννείικα)	59	2
9	Νεοχώριον	1219	99
10	Νεράιδα	2	20
11	Καλύβια Φυλακτής	69	15
12	Φυλακτή	441	45
13	Πεζούλα	239	30
14	Καλύβια Πεζούλας	361	78
15	Κρυονέριον	694	74
16	Κουτσοδήμος	63	20
ΣΥΝΟΛΟ			3553

Πίνακας 8 ΔΗΜΟΣ Ν. ΠΛΑΣΤΗΡΑ

1	Οικισμός	Πληθυσμός	Εμβαδόν
2	Νέος Οικισμός (Νεβρόπολη)	174	--
3	Άγιος Αθανάσιος	212	--
4	Παραλία (Πλαζ) Λαμπερού	--	--

5	Μεταφορά(προβλεπόμενη) Λαμπερού	214	--
6	Κερασιά	602	--
ΣΥΝΟΛΟ			1202

Πίνακας 9 ΔΗΜΟΣ ΙΤΑΜΟΥ

	Οικισμός	Πληθυσμός	Εμβαδόν
	Μούχα	172	35

Πίνακας 10 ΔΗΜΟΣ ΑΓΡΑΦΩΝ Ν. ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ

	Οικισμός	Πληθυσμός	Εμβαδόν
	Έλατος	10	8

Σύνολο Εξυπηρετούμενου μόνιμου πληθυσμού 4940 άτομα σύμφωνα με την απογραφή του 2001.

Ο εποχιακός πληθυσμός, δηλ. σαββατοκύριακα , αργίες διπλασιάζεται και ανέρχεται περίπου στα 10.000 άτομα. Σύμφωνα με τη μελέτη σε μερικούς οικισμούς που θεωρείται ότι θα παρουσιάσουν ανάπτυξη ο πληθυσμός πενταπλασιάζεται για το έτος σχεδιασμού 2041(Ζησοπούλου Ε., 2005).

Συνολική έκταση σε ha 553

- *Ομαδοποίηση εξυπηρετούμενων οικισμών ανά μονάδα κατεργασίας*

Οι οικισμοί ομαδοποιούνται με βάση τη γειτνίασή τους και τη δυνατότητα δημιουργίας ενιαίου αποχετευτικού συστήματος. Στη συνέχεια κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον προβλεπόμενο πληθυσμό τους για κάθε μια από τις οποίες προτείνεται και ένα σύστημα βιολογικής επεξεργασίας. Με βάση το

συνολικό ισοδύναμο πληθυσμό, προτείνονται τρεις τύποι συστημάτων επεξεργασίας (Πίνακας 11).

ΤΥΠΟΣ I Για ισοδύναμο πληθυσμό μέχρι 500 κατοίκους

ΤΥΠΟΣ II Για ισοδύναμο πληθυσμό από 500 μέχρι 1500 κατοίκους

ΤΥΠΟΣ III Για ισοδύναμο πληθυσμό από 1500 μέχρι 15000 κατοίκους

Πίνακας 11 Τύποι Συστημάτων Επεξεργασίας

	ΟΜΑΔΑ I ΤΥΠΟΣ III	Μέθοδος επεξεργασίας
1	Νεοχώριον	
2	Νεράιδα *	
3	Καλύβια Φυλακτής	
4	Φυλακτή	Μέθοδος ενεργού ιλύος με
5	Πεζούλα	Βιολογική απομάκρυνση
6	Καλύβια Πεζούλας	αζώτου (νιτροποίηση-από-
7	Κρυονέριον	νιτροποίηση)
8	Κουτσοδήμος	
9	Παραλία (πλαζ καλυβίων	
10	Κερασιά **	
	ΟΜΑΔΑ II ΤΥΠΟΣ II 500-1500 κατ.	Μέθοδος επεξεργασίας
	Αγ. Αθανάσιος	Μέθοδος ενεργού ιλύος με
	Μεταφορά Λαμπερού	παρατεταμένο αερισμό

ΟΜΑΔΑ II ΤΥΠΟΣ II εως 500 κατ.	Μέθοδος επεξεργασίας
Καρίτσα	Σηπτική δεξαμενή με
Αγ. Μαρίνα	σίφωνα
Αυτόνομη εγκατάσταση ΤΥΠΟΣ I εως 500 κατ	Μέθοδος επεξεργασίας
Καρβασαράς	Σηπτική δεξαμενή με σίφωνα
Μέγα Ρεύμα	Απλή Σηπτική δεξαμενή
Ράφηνα	Απλή Σηπτική δεξαμενή
Μπελοκομίτη	* Μέθοδος ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό
Κέδρος (Ζυγογιαννείκα)	Σηπτική δεξαμενή με σίφωνα
Νεράιδα*	
Νέος οικισμός(Νεβρόπολη)	Σηπτική δεξαμενή με σίφωνα
Μούχα	Μέθοδος ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό
Έλατος	Απλή Σηπτική δεξαμενή
Παραλία Λαμπερού	Σηπτική δεξαμενή με σίφωνα

Συνολικά τα έργα που απαιτούνται είναι 6 και αναλυτικά 1ο το έργο: « *Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και αγωγών ακαθάρτωντων οικισμών Νεοχώρι, Φυλακτή, Πεζούλα, Καλυβια Φυλακτής, Κουτσοδήμος Κρουνέρι , Νεράιδα του Δήμου Νεβρόπολης και Κερασιά του Δήμου Πλαστήρα* » απαρτίζεται από τα ακόλουθα

1.Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων δυναμικότητας 16.000 ι.κ. (πληθυσμός σχεδιασμού για το 2041) ΤΥΠΟΣ III

2.Καταθλιπτικό αγωγό διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων μήκους 1400 μ.

3. Σύστημα Κεντρικών Αποχευτικών Αγωγών (ΚΑΑ) ως εξής :

Σύνολο αγωγών βαρύτητας (ΚΑΑ) **18.500 μ.**

Σύνολο Καταθλιπτικών Αγωγών (ΚΑΑ) **8000 μ.**

Σύνολο Φρεατίων **475 τεμ.**

4. Τέσσερα αντλιοστάσια

Η εγκατάσταση θα κατασκευασθεί στη **θέση Ράχη**, σε χώρο έκτασης 16 στρεμ. σε απόσταση **400 μ.** από τα όρια του οικισμού Κρυονερίου. Η **μέθοδος επεξεργασίας που ακολουθεί είναι:**

της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και παράλληλη νιτροποίηση-απονιτροποίηση. Η επεξεργασία είναι τριτοβάθμια (αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου) Περιλαμβάνει τις ακόλουθες μονάδες :

α) αντλιοστάσιο εισόδου

β) εσχάρωση

γ) εξαμμωτή

δ) σταθμό υποδοχής βοθρολυμάτων

ε) μετρητή παροχής

στ) δεξαμενές αερισμού με βιοεπιλογή επικεφαλής

ζ) δεξαμενές τελικής καθίζησης και ανακυκλοφορίας ιλύος

η) σύστημα απολύμανσης των λυμάτων με χλωρίωση και αποχλωρίωση και

θ) εγκαταστάσεις επεξεργασίας ιλύος , που απαρτίζονται από τον παχυντή και

τις ταινιοφιλτροπρέσες .

2ο έργο: « Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και αγωγών ακαθάρτων των οικισμών Αγ.Αθανάσιος και Λαμπερό του Δήμου Πλαστήρα» απαρτίζεται από τα ακόλουθα έργα:

- 1. Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων δυναμικότητας 1500 ι.κ. (πληθυσμός σχεδιασμού για το 2041) ΤΥΠΟΣ II**
2. Σύστημα υπεδάφιας διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων έκτασης 3.300 μ² περίπου.
3. Καταθλιπτικό κεντρικό αγωγό (ΚΑΑ)μήκους 900 μ
4. Κεντρικό αποχετευτικό αγωγό βαρύτητας (ΚΑΑ) μήκους 550 μ. περίπου
5. Το κεντρικό αντλιοστάσιο και το αντλιοστάσιο στη θέση μεταφοράς.
6. Συνδετήριο δρόμο μήκους 40 μ περίπου.

Το έργο θα κατασκευασθεί σε χώρο έκτασης 5,5,στρεμ., ΝΑ του ΑγίουΑθανασίου .

Η μέθοδος επεξεργασίας που ακολουθεί είναι:

της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό .

Περιλαμβάνει τις ακόλουθες μονάδες :

- α) Έργα εισόδου (αντλιοστάσιο ανύψωσης, εσχάρωση)
- β) Δίδυμη δεξαμενή αερισμού
- γ)Δίδυμη δεξαμενή καθίζησης
- δ) Δεξαμενή αποθήκευσης λάσπης
- ε) Απολύμανση λυμάτων
- στ) Μηχανοστάσιο
- ζ) Διάθεση λυμάτων (υπεδάφια διάθεση)

Η παραγόμενη λάσπη μαζί με τα επιπλέοντα στερεά θα διατίθενται στην

πλησιέστερη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) της περιοχής , που θα είναι εφοδιασμένη με διατάξεις επεξεργασία της λάσπης .

3ο Έργο « Αποχέτευση και Εγκατάσταση επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων των της Παραλίας Λαμπερού του Δήμου Πλαστήρα »

Το έργο περιλαμβάνει:

- 1) Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (σηπτική δεξαμενή) δυναμικότητας 1000 ι.κ.
- 2) Σύστημα υπεδάφιας διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων έκτασης 2.200 μ2 περίπου .
- 3) Καταθλιπτικό κεντρικό αποχετευτικό αγωγό (ΚΑΑ) μήκους 130 μ. περίπου
- 4) Συνδετήριους δρόμους μήκους 90 μ. περίπου..

Το έργο θα κατασκευασθεί σε δημοτική έκταση σε χώρο 2στρεμ., σε απόσταση 30 μ. ανατολικά της Παραλίας Λαμπερού , από την περιμετρική οδό της.

4ο Έργο « Αποχέτευση και Εγκατάσταση επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων και αγωγών ακαθάρτων του οικισμού Μπελοκομίτης του Δήμου Νεβρόπολης »

Το έργο περιλαμβάνει:

- 1) Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (σηπτική δεξαμενή) δυναμικότητας 300 ι.κ. (πληθυσμός σχεδιασμού για το 2001) που θα μετεξελιχθεί σε εγκατάσταση επεξεργασίας με παρατεταμένο αερισμό για 600 ι.κ. με προοπτική σχεδιασμού το 2041 . **ΤΥΠΟΣ Ι**
- 2) Σύστημα υπεδάφιας διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων έκτασης 600 μ2

περίπου για τις σημερινές ανάγκες που θα επεκταθεί σε 1250 μ² με προοπτική σχεδιασμού το 2041.

3) Κεντρικό αποχετευτικό αγωγό (ΚΑΑ) βαρύτητας μήκους 650 μ. περίπου.

4) Συνδετήριο δρόμο μήκους 30 μ. περίπου

Το έργο θα κατασκευασθεί σε δημοτική έκταση σε χώρο έκτασης 2,5 στρεμ., στα όρια του οικισμού Μπελοκομίτη .

5ο Έργο « Αποχέτευση και Εγκατάσταση επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων του οικισμού Νεβρόπολης του Δήμου Πλαστήρα »

Το έργο περιλαμβάνει:

1) Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (σηπτική δεξαμενή) δυναμικότητας 400 ι.κ. (πληθυσμός σχεδιασμού για το 2041) **ΤΥΠΟΣ Ι**

2) Σύστημα υπεδάφιας διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων έκτασης 440 μ² περίπου .

3) Κεντρικό αποχετευτικό αγωγό (ΚΑΑ) βαρύτητας μήκους 220 μ. περίπου .

4) Συνδετήριους δρόμους μήκους 60 μ. περίπου .

Το έργο θα κατασκευασθεί σε δημοτική έκταση Ιστρέμματος σε απόσταση 250 μ. από την περιμετρική οδό της λίμνης , ΝΑ του οικισμού Νεβρόπολης

Η μέθοδος επεξεργασίας που θα εφαρμοστεί είναι:

στα ανωτέρω έργα με αριθμό 3,4,5Η επεξεργασία των λυμάτων θα γίνεται σε σηπτική δεξαμενή (πρωτοβάθμια επεξεργασία). Η παραγόμενη λάσπη , μαζί με τα επιπλέοντα στερεά θα διατίθενται στην πλησιέστερη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) της περιοχής που θα είναι εφοδιασμένη με διατάξεις επεξεργασίας λάσπης .

Η μεταφορά θα γίνεται με βυτιοφόρο όχημα άντλησης βοθρολυμάτων κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Η εκκένωση των δεξαμενών θα πρέπει να προγραμματίζεται να γίνεται σε κατάλληλες περιόδους του έτους χαμηλής αιχμής ώστε να μην υπερφορτώνεται η αντίστοιχη μονάδα του βιολογικού καθαρισμού με το αυξημένο ρυπαντικό φορτίο της λάσπης (Ζησοπούλου Ε., 2005).

6ο έργο: « Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και αγωγών ακαθάρτων του οικισμού Μούχας του Δήμου Ιτάμου » απαρτίζεται από τα ακόλουθα έργα:

1. Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων δυναμικότητας 550 ι.κ. (πληθυσμός σχεδιασμού για το 2041) **ΤΥΠΟΣ II**
2. Σύστημα υπεδάφιας διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων έκτασης 1830 μ² περίπου το 2041 .
3. Καταθλιπτικό κεντρικό αγωγό (ΚΑΑ) μεταφοράς
4. Κεντρικό αποχετευτικό αγωγό βαρύτητας (ΚΑΑ)
5. Αντλιοστάσιο .
6. Συνδετήριο δρόμο .

Μέθοδος επεξεργασίας που θα εφαρμοστεί είναι: της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό . Έχει γίνει αναλυτική περιγραφή στο υποέργο 2

Αποδέκτης

Η λύση της διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων στη λίμνη , παρ' όλο που η προτεινόμενη επεξεργασία είναι τρίτοβάθμια δεν είναι αποδεκτή για ψυχολογικούς λόγους.

Έχει επιλεγεί η κοίτη του Κερασιώτη η οποία βρίσκεται βόρεια του Κρουονερίου , και στην οποία θα καταλήγουν τα επεξεργασμένα λύματα μέσω

αγωγού μήκους 2,5 χιλ. Τα νερά του Κερασιώτη χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό της Λίμνης με έργο εκτροπής που τέθηκε σε λειτουργία τον Φεβρουάριο του 2002. Η απόληξη του αγωγού των επεξεργασμένων λυμάτων βρίσκεται κατάντι του έργου εκτροπής.

Η άδεια χρήσης των υδάτων του ποταμού έχει δοθεί στη ΔΕΗ για τον εμπλουτισμό. Στα κατάντι, η κοίτη του Κερασιώτη τροφοδοτείται με την «οικολογική παροχή». Κατάντι της εκτροπής δεν υπάρχει θεσμοθετημένη χρήση νερών, ωστόσο αυτά χρησιμοποιούνται για άρδευση.

Αναμενόμενες επιπτώσεις

Η διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων στον παρακείμενο ποταμό, θα αυξήσει την παροχή του. Ο τρόπος εκβολής τους θα πρέπει να εξασφαλίζει γρήγορη και καλή ανάμιξη με τα νερά του αποδέκτη, Η αραίωση μετά την εύλογη ανάμιξη στην περιοχή εκβολής πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην προκαλούνται σηπτικές και αντιαισθητικές καταστάσεις.

Κατά τη φάση λειτουργίας του έργου οι επιπτώσεις θα είναι γενικά μικρής εμβέλειας και αφορούν στη διάθεση της λάσπης στο έδαφος, στον αέρα πιθανές οσμές είναι αντιμετωπίσιμες, στα νερά η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στο έδαφος μπορεί να βλάψει τον υπόγειο υδροφόρο αν η κατασκευή και λειτουργία της εγκατάστασης δεν είναι σωστή. Ως θετική επίπτωση θεωρείται η αναβάθμιση της ποιότητας των νερών της περιοχής, επιφανειακών και υπογείων, εφόσον με την κατασκευή των δικτύων αποχέτευσης και την επεξεργασία των λυμάτων θα πάψει η ρύπανση από τις υπερχειλίσεις των βόρων και τη διοχέτευση των ανεπεξέργαστων λυμάτων στα επιφανειακά νερά (Ζησοπούλου Ε., 2005).

Κόστος Κατασκευής : των έργων με τη σειρά που αναλύθηκαν ανωτέρω.

Περιλαμβάνεται και το εσωτερικό δίκτυο του κάθε οικισμού.

1ο Έργο 17.314.374 €

2ο Έργο 1.356.158 €

3ο Έργο 239.274 €

4ο Έργο 830.179 €

5ο Έργο 186.220 €

6 ο Έργο 1.661.548 €

ΣΥΝΟΛΟ 21.587.753 €



Εικόνα 26. Κατασκευή τεχνητού υγρότοπου Λίμνη Πλαστήρα



Εικόνα 27. Κατασκευή τεχνητού υγρότοπου Λίμνη Πλαστήρα



Εικόνα 28: Τεχνητός γυροτόπος λίμνη πλαστικά βύθια παρακολούθησης αποτελεσμάτων - BOD

3.2 2^ο Παράδειγμα Εφαρμογή Ενός Φυσικού Συστήματος Επεξεργασίας Υγρώ νΑποβλήτων

Ο Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης, στα πλαίσια του ΠΕΠ Κρήτης 1994-1999, σχεδίασε και κατασκεύασε μία μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με φυσικά συστήματα (σηπτική δεξαμενή - τεχνητός υγροτόπος) στον οικισμό της Πόμπιας του δήμου Μοιρών .

Η μονάδα αυτή σχεδιάστηκε για τις ανάγκες 1500 κατοίκων και λειτουργεί από τον Οκτώβριο του 1999, περιλαμβάνει δε τα παρακάτω στάδια επεξεργασίας :

- α) Σηπτική δεξαμενή
- β) Τεχνητός υγροτόπος επιφανειακής ροής
- γ) Φρεάτιο συλλογής εκροής και ανακυκλοφορίας.

Στην σηπτική δεξαμενή συντελείται η πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι στεγανή.

Αποτελείται από τρεις θαλάμους. Τα λύματα, αφού παραμείνουν κάποιο χρονικό διάστημα στην δεξαμενή, διαχωρίζονται στα στερεά (λάσπες), στα επιπλέοντα υλικά (αφρός, λίπη) και στο υγρό μέρος. Σε κάθε θάλαμο τα στερεά καθιζάνουν στο κάτω μέρος ενώ τα λίπη και τα επιπλέοντα παγιδεύονται στην επιφάνεια.

Μέσω ειδικών φίλτρων και αγωγών διανομής τα μερικώς επεξεργασμένα πλέον λύματα οδηγούνται στις λεκάνες του τεχνητού υγροβιότοπου για δευτεροβάθμια επεξεργασία. Οι λεκάνες αυτές κατασκευάστηκαν μετά από εκσκαφή –ανάχωμα, συμπίεση του εδάφους και τοποθέτηση προστατευτικής μεμβράνης από PE. Ακολουθούν τα απαραίτητα δίκτυα αγωγών διανομής των

λυμάτων και η πλήρωση των λεκανών με αμμοχάλικο όπου γίνεται η φύτευση των φυτών.

Αυτά που χρησιμοποιήθηκαν είναι καλάμια τύπου *fragmites Australis* που είναι ενδημικά και ιδιαίτερα ανθεκτικά και αποδοτικά στην επεξεργασία λυμάτων.

Ο ρόλος του υγρότοπου είναι καθοριστικός στην τελική επεξεργασία των ημιεπεξεργασμένων λυμάτων. Κι αυτό γιατί πάνω στη φυτική γη αλλά και στις ρίζες των καλάμιών δημιουργείται ένα φιλμ από ενεργούς μικροοργανισμούς το οποίο καταναλώνει το οργανικό φορτίο των λυμάτων. Το απαραίτητο οξυγόνο για την διεργασία αυτή μεταφέρεται από τα φυτά.

Τα επεξεργασμένα πλέον λύματα οδηγούνται στο φρεάτιο συλλογής της εκροής όπου με την βοήθεια αντλίας στέλνονται στην πρώτη λεκάνη για ανακυκλοφορία και επανεπεξεργασία ώστε η τελική εκροή να έχει την μέγιστη δυνατή καθαρότητα.

Η τελική εκροή συλλέγεται σε φρεάτιο όπου θα μπορεί να απολυμαίνεται (είτε μέσω υπεριώδους ακτινοβολίας ή συμβατικής χλωρίωσης) ώστε να αποδίδεται νερό ασφαλές για επαναχρησιμοποίηση και άρδευση γειτονικών καλλιεργειών.

Συνοπτικά η λειτουργία της όλης εγκατάστασης κρίνεται απολύτως ικανοποιητική. Με δεδομένα δε

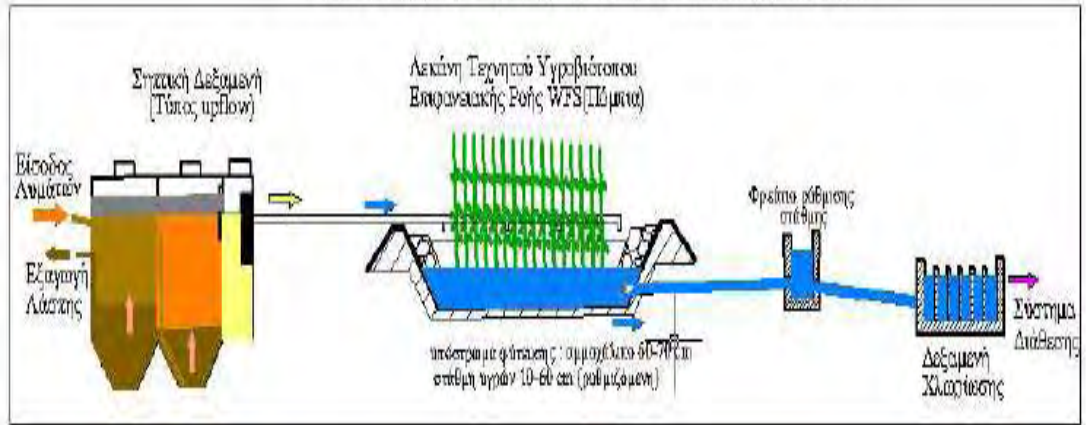
- Την σχεδόν μηδενική χρήση ηλεκτρικής ενέργειας
- Την παντελή αποφυγή χρήσης πρόσθετων χημικών μέσων
- Την έλλειψη δυσσομίας
- Την απουσία κουνουπιών

- Την αισθητική αναβάθμιση της περιοχής με την δημιουργία ενός τεχνητού υγρότοπου
- Το ελάχιστο κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- Την μη χρησιμοποίηση ειδικευμένου προσωπικού
- Την εξοικονόμηση νερού για άρδευση

θεωρούμε ότι τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων – εφόσον υπάρχουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις-ανταποκρίνονται πλήρως στις ανάγκες μικρών δήμων και οικισμών.

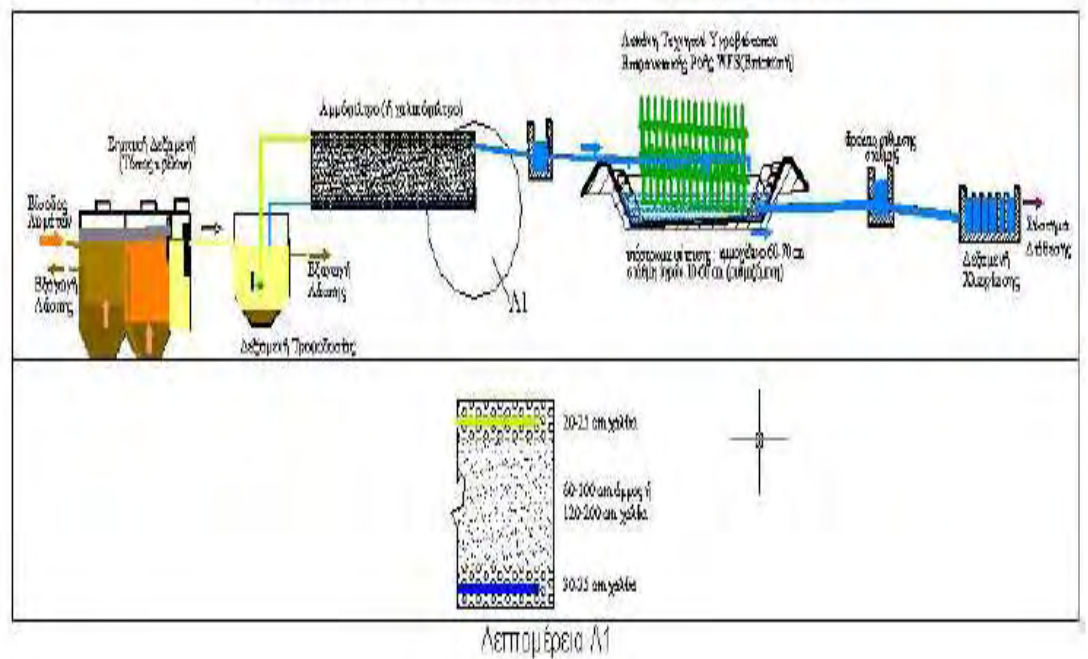
Συνδιασμός Συστήματος Επεξεργασίας Λυμάτων

Σηπτική Δεξαμενή - Τεχνητός Υγροβιότοπος - Ελεύθερη Επιφάνεια



Συνδιασμός Συστήματος Επεξεργασίας Λυμάτων

Σηπτική Δεξαμενή - Χαλκικόφιλτρα/Αμμόφιλτρα - Τεχνητός Υγροβιότοπος



Εικόνα 29 . Αναπαράσταση Συστήματος

3.2.1 Αποτελέσματα Των Πρώτων Έξι Λειτουργίας

Μετά από τους πρώτους έξι μήνες λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με φυσικά συστήματα στην Πόμπια παρατηρούμε τα παρακάτω :

A) Χημικά αποτελέσματα

Τα ποιοτικά στοιχεία των αναλύσεων της τελικής εκροής αποδεικνύουν την μέχρι τώρα άριστη λειτουργία του συστήματος. Η εκροή είναι διαυγής και άοσμη ενώ το χρώμα της είναι μια ελαφριά απόχρωση του κίτρινου(Πίνακας 12).

Πίνακας 12. Χημικά Αποτελέσματα

	ΕΙΣΡΟΗ	ΕΚΡΟΗ				
	4/10/99	Επιτρεπόμενα όρια	4/10/99	8/12/99	27/12/99	9/3/2000
BOD₅ (mg/L)	210	25	3,2	6	12,5	Μη μετρήσιμο
COD (mg/L)	530	125	8	612	20	<15
TSS (mg/L)	720	35	10	2	<1	2
pH	7.62		7,54		7,33	8,02

B) Πανίδα

Ο βιολογικός καθαρισμός έχει μετατραπεί σε ένα σημαντικό υγρότοπο όπου παρατηρούνται πολλά είδη πουλιών και ζώων (χελώνες, βατράχια, αγριόπαπιες, άλλα πουλιά).

Γ) Χλωρίδα

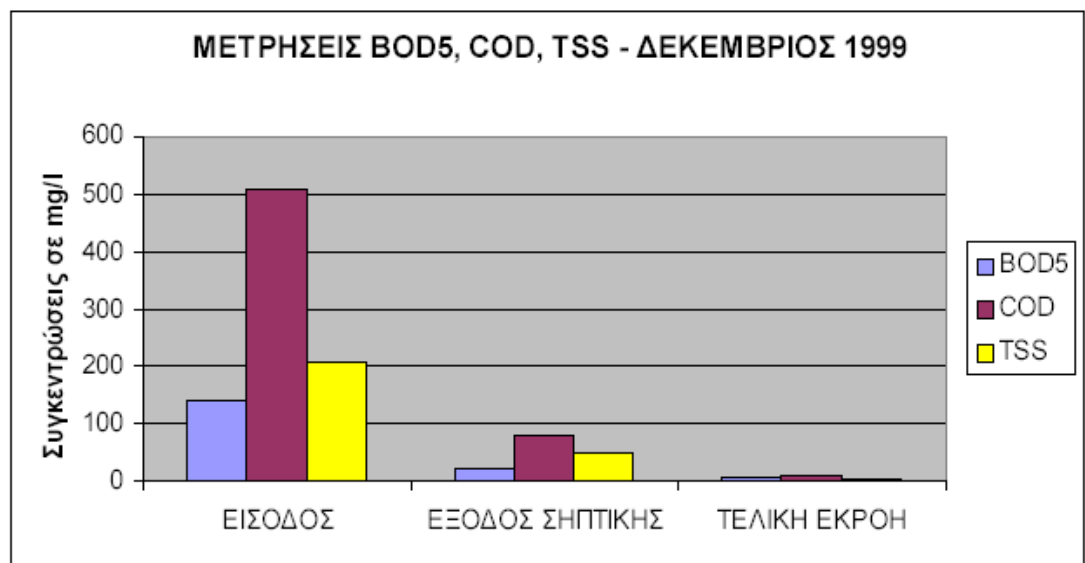
Οι δύο λεκάνες έχουν καλυφθεί κατά 95% από καλάμια ύψους 2 μ. ενώ ο περιβάλλοντας χώρος έχει καλυφθεί από άγρια βλάστηση.

Δ) Οσμή

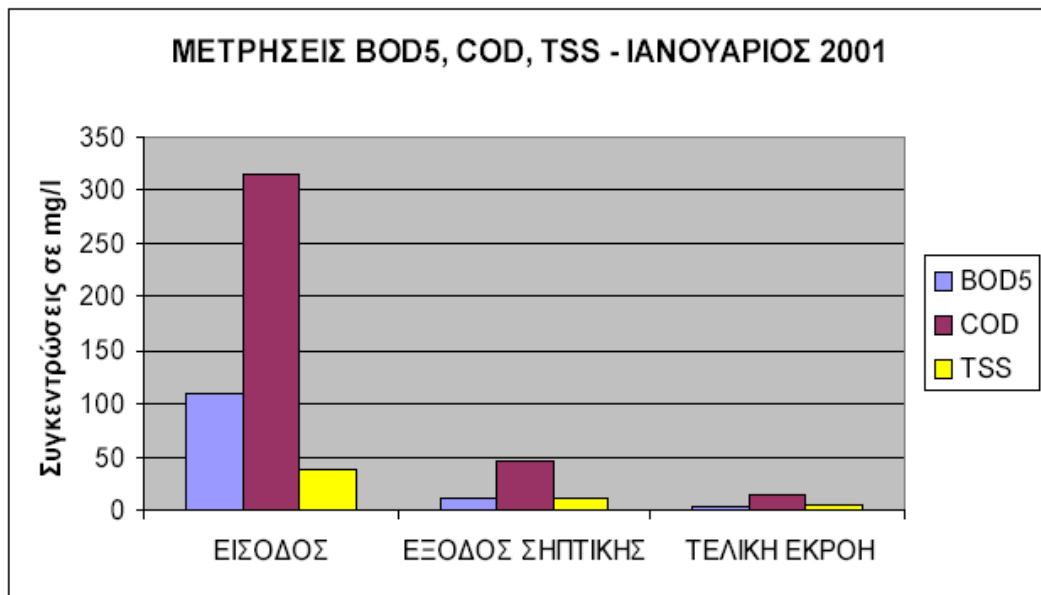
Από την όλη εγκατάσταση δεν αναδύεται καμία οσμή με εξαίρεση ορισμένα σημεία κοντά στο δίκτυο διασποράς της εκροής της σηπτικής δεξαμενής.

Ε) Παρατηρήσεις κατά την λειτουργία

Η λειτουργία της εγκατάστασης κρίνεται ικανοποιητική. Απαραίτητος θεωρείται όμως ο μηνιαίος καθαρισμός των φίλτρων που βρίσκονται μέσα στην σηπτική δεξαμενή όπως επίσης και του δικτύου διασποράς της εκροής της σηπτικής δεξαμενής.



Εικόνα 30. Μετρήσεις BOD₅, COD, TSS.



Εικόνα 31. Μετρήσεις BOD₅, COD, TSS.

3.3 3^ο Παράδειγμα Μονάδα Τεχνητού Υγροτόπου Κατακόρυφης Ροής και Υπεδάφιας Διάθεσης των Λυμάτων(Ξενοδοχειακή Μονάδα)

Έχει αναπτυχθεί από τον κ. Ιωάννη Σωτηράκη και η εφαρμογή που θα παρουσιαστεί λειτουργεί εδώ και έξι χρόνια με άριστα αποτελέσματα στη ξενοδοχειακή μονάδα 400 κλινών ‘Alfa Beach’, της εταιρίας ΚΡΟΝΟΣ Α.Ε.

Επίσης, έχει κατασκευαστεί και μία μονάδα 150 ισοδύναμων ατόμων για λογαριασμό της εταιρίας ΕΣΠΕΡΙΑ Α.Ε. για την επεξεργασία μέρους των αποβλήτων του υδάτινου πάρκου WATER PARK με άριστα αποτελέσματα. Η μονάδα αυτή αποτελεί ένα κάθετο σύστημα φιλτραρίσματος με υπόγειο τροφοδοτικό σύστημα σωληνώσεων, στο οποίο η απαιτούμενη επιφάνεια μειώνεται στο μισό σε σχέση με τα συστήματα οριζόντιας ροής (2,5m² ανά ισοδύναμο άτομο),

ενώ παράλληλα αποφεύγονται προβλήματα έκλυσης οσμών και προσέλκυσης κουνουπιών που συναντώνται στα συστήματα επιφανειακής διάθεσης. Μπορεί να εγκατασταθεί για κοινότητες 4 – 6000 κατοίκων, ενώ είναι πολύ αποτελεσματικό και στην επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων (π.χ. ελαιοτριβεία, οινοποιεία, γαλακτοβιομηχανίες κ.λ.π.).

Γενική περιγραφή της μεθόδου

Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στο συνδυασμό της δράσης του εδάφους, των ριζών και των μικροοργανισμών. Τα απόβλητα, τα οποία υφίστανται μηχανική προεπεξεργασία σε μια σηπτική δεξαμενή με τρεις ή τέσσερις θαλάμους, διοχετεύονται με ένα σύστημα ειδικών σωληνώσεων σε ένα εδαφικό σώμα που αποτελείται από διαδοχικά στρώματα άμμου και χαλικιού και είναι φυτεμένο με μια συγκεκριμένη ποικιλία καλαμιών του είδους *Phragmites australis*, φυτά αυτοφυή στην περιοχή μας.

Το σύστημα σωληνώσεων εγγυάται την ισομερή διάθεση των λυμάτων στο εδαφικό σώμα για την αποτελεσματικότερη διήθησή τους, Το ριζικό σύστημα των φυτών εξασφαλίζει συνεχή αερισμό του εδάφους μέσω του συστήματος των αγγείων τους, αλλά και εξαιτίας της μείωσης της συνοχής των εδαφικών υλικών με την ανάπτυξη των διακλαδώσεων τους. Οι μικροοργανισμοί, που φιλοξενούνται στις ρίζες, διασπούν το οργανικό φορτίο των αποβλήτων σε τέτοιο βαθμό ώστε ακόμη και πολύπλοκες, δύσκολα διασπώμενες ενώσεις να αποικοδομούνται. Καμία ενσωμάτωση ξένων ουσιών δεν παρατηρείται στα φυτά, ούτε συμβαίνει συμφόρηση στο έδαφος. Το επεξεργασμένο νερό συλλέγεται στη συνέχεια σε συλλεκτήριους σωλήνες, στο κατώτερο μέρος του εδαφικού σώματος και οδηγείται σε ένα φρεάτιο ελέγχου όπου μπορεί να ελεγχθεί. Από εκεί, μπορεί να διοχετευτεί

στη θάλασσα, σε ποτάμι, λίμνη ή στο έδαφος χωρίς καμία επιβάρυνση στο περιβάλλον, ή να αξιοποιηθεί για στάγδην άρδευση.

Τα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας εγκατάστασης μπορούν να συνοψιστούν στα εξής :

- Χαμηλό κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης (δευτεροβάθμια & τριτοβάθμια επεξεργασία).
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (30 έως 50 χρόνια)
- Ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας (το 10% ενός συμβατικού Βιολογικού)
- Ελάχιστο κόστος συντήρησης (δεν απαιτείται η παρουσία μόνιμου προσωπικού)
- Δυνατότητα επέκτασης οποιαδήποτε χρονική στιγμή (ευελιξία στη διαστασιολόγηση)
- Σταθερή διαδικασία καθαρισμού ακόμα και σε ακραίες καιρικές συνθήκες
- Δεν παρατηρούνται δυσάρεστες οσμές, ούτε προβλήματα με κουνούπια λόγω της υπόγειας διάθεσης και επεξεργασίας.
- Αρμονική προσαρμογή στο φυσικό τοπίο.

Το σύστημα αφ' εαυτού εμπεριέχει και τριτοβάθμια επεξεργασία με ποσοστό απολαβής το 60% του νερού, έτοιμου για άρδευση.

3.4 4^ο Παράδειγμα Τεχνητός Υγρότοπος Καλλιθέας-Λευκώνα Δήμου Πρεσπών

Το έργο «Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Δ.Δ. Καλλιθέας - Λευκώνα Δήμου Πρεσπών», καλύπτει τις ανάγκες δύο οικισμών συνολικού πληθυσμού σχεδιασμού 600 ι.κ. και ευρίσκεται στην περιοχή Πρεσπών του Ν. Φλώρινας, η οποία έχει ιδιαίτερη περιβαλλοντική αξία προστατεύεται δε από πολυάριθμες εθνικές και διεθνείς συμβάσεις (Παρισόπουλος Γ. και συν.,2005). Η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας με τεχνητούς υγροτόπους υπαγορεύθηκε από τα χαρακτηριστικά της περιοχής, καθώς υπάρχουν εκτεταμένοι παραλίμνιοι καλαμιώνες ιδιαίτερα στη Μικρή Πρέσπα και την απαίτηση για απουσία υπέργειων κτισμάτων προς αποφυγή αλλοίωσης της φυσιογνωμίας της περιοχής. Οι εκροές του έργου σύμφωνα με σχετική Νομαρχιακή Απόφαση πρέπει να ικανοποιούν τα όρια του πίνακα 13.

Πίνακας 13. Απαιτούμενη ποιότητα εκροών ΕΕΛ Δ.Δ. Καλλιθέας – Λευκώνα, Δήμου Πρεσπών

Παράμετρος	BOD ₅	COD	TSS	Ολικό Αζωτο (N)	Ολικά Κολοβακτηριοειδή	Κοπρανώδη Κολοβακτηριοειδή
Απαίτηση (mg/l)	<25	<100	<50	<15	<1000 σε 100 ml	<200 σε 100 ml

Το έργο χωροθετήθηκε σε επικλινές γήπεδο και ο σχεδιασμός του είναι ανάλογος της «Γαλλικής» προσέγγισης. Αποτελείται από εσχάρωση, αυτοεκκενούμενους σίφωνες τροφοδοσίας των κλινών επεξεργασίας, τρεις κλίνες κατακόρυφης ροής για την πρωτοβάθμια επεξεργασία με φυτά καλάμια και δύο κλίνες κατακόρυφης ροής για τη δευτεροβάθμια επεξεργασία επίσης με φυτά καλάμια.



Εικόνα 32. Καλλιέργεια των φυτών του υγρότοπου Λίμνη Πλαστήρα

Επιπρόσθετα για τριτοβάθμια επεξεργασία (μείωση N μέσω απονιτροποίησης) σχεδιάσθηκαν δύο κλίνες οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής με φυτά καλάμια. Το σύνολο της επιφάνειας των κλινών ανέρχεται σε 4,0 m²/ι.κ. Τα βασικά στοιχεία δίδονται στον πίνακα 14.

Πίνακας 14. Γεωμετρικά στοιχεία κλινών της ΕΕΛ Δ.Δ. Καλλιθέας – Λευκώνα, Δήμου Πρεσπών

	Κλίνη 1 ^ο βάθμιας Επεξεργ. Στάδιο I	Κλίνη 2 ^ο βάθμιας Επεξεργ. Στάδιο II	Κλίνη 3 ^ο βάθμιας Επεξεργ. Στάδιο III
Ωφέλιμη Επιφάνεια (m ² /i.κ.)	1,5	1,0	1,5
Συνολικός αριθμός κλινών	3	2	2
Επιφάνεια κλίνης (m ²) Εξωτ. Διαστάσεις (mχm)	340 (16,5x21,5)	340 (16,5x21,5)	495 (18,5x27,5)
Ωφέλιμη Επιφάνεια κλίνης (m ²) Εξωτ. Διαστάσεις (mχm)	295 (15,1x20,1)	295 (15,1x20,1)	485 (17,3x26,3)
Συνολική Επιφάνεια κλινών (m ²)	1020	680	990

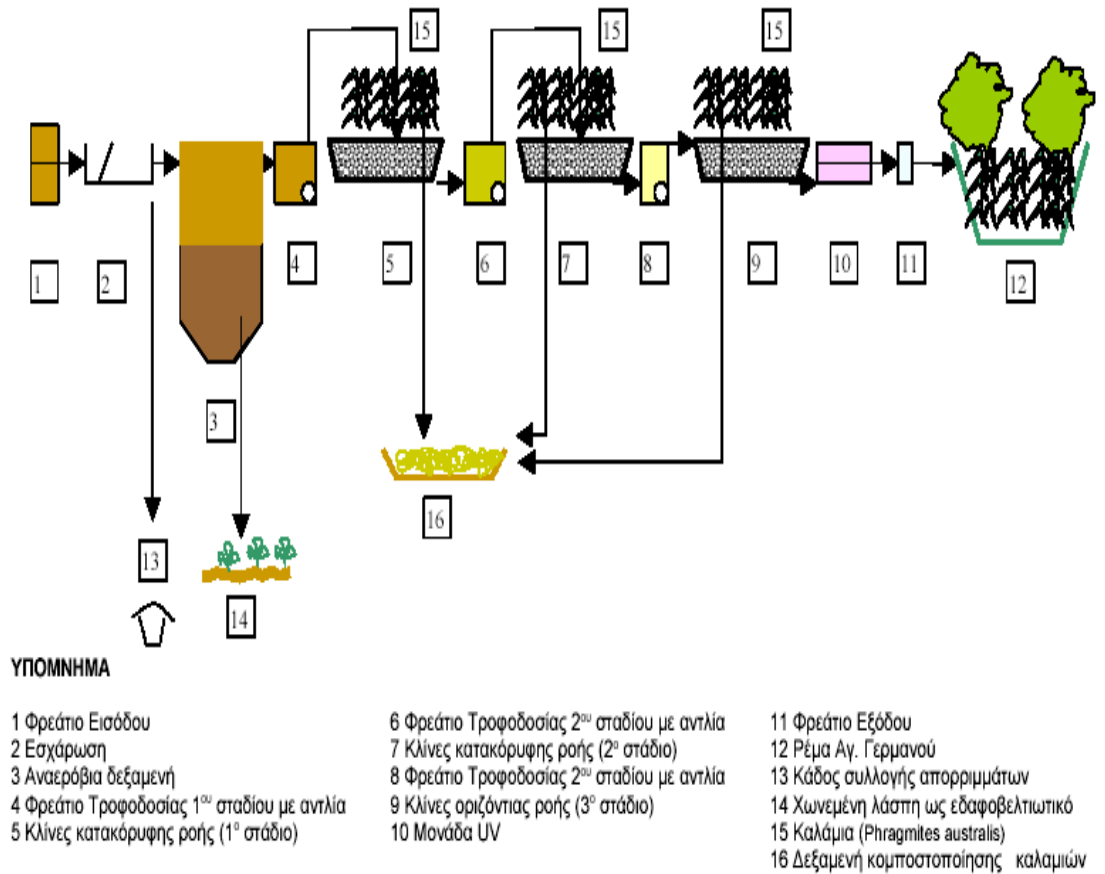
Στο έργο προβλέπεται επίσης η κατασκευή μονάδας απολύμανσης με UV καθώς και δεξαμενής κομποστοποίησης των καλαμιών, τα οποία κόβονται μία φορά το έτος.

3.5 5^ο Παράδειγμα Τεχνητός Υγρότοπος Αγ. Γερμανού-Λαιμού-Πλατέως Δήμου Πρεσπών

Το έργο «Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Δ.Δ. Αγ. Γερμανού - Λαιμού - Πλατέως Δήμου Πρεσπών» επεξεργάζεται τα υγρά απόβλητα τριών οικισμών συνολικού πληθυσμού σχεδιασμού 1310 i.κ.. Χωροθετήθηκε σε οριζόντιο γήπεδο με αποτέλεσμα την ανάγκη τροφοδοσίας των κλινών με αντλίες (υψηλής παροχής αλλά χαμηλού μανομετρικού) που οδήγησαν σε αύξηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας.

Ο σχεδιασμός συμπεριέλαβε τη σύσταση της Γερμανικής οδηγίας εργασίας για ύπαρξη σταδίου καθίζησης πριν την εφαρμογή των λυμάτων στις κλίνες. Το έργο περιλαμβάνει εσχάρωση, αναερόβια δεξαμενή χωρητικότητας 600m³ για την πρωτοβάθμια επεξεργασία, φρεάτια και αντλίες τροφοδοσίας μεταξύ των σταδίων επεξεργασίας, έξι κλίνες κατακόρυφης ροής για το 1^ο στάδιο και τέσσερις κλίνες επίσης κατακόρυφης ροής για το 2^ο στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας φυτεμένες με καλάμια (αυτόχθονα στην περιοχή). Ο λοιπός σχεδιασμός είναι ίδιος

με αυτόν της ΕΕΛ Καλλιθέας-Λευκώνα. Το διάγραμμα ροής του έργου δίδεται στο σχήμα.



Εικόνα 33. Διάγραμμα Ροής ΕΕΛ Αγ. Γερμανού – Λαιμού – Πλατέως

3.6 Σχεδιασμός Τεχνητών Υγρότοπων Κατακόρυφης και Οριζόντιας Ροής

3.6.1 Τεχνητοί Υγρότοποι στη Γαλλία και Γερμανία

Ο σχεδιασμός των ΕΕΛ που περιλαμβάνουν τεχνητούς υγρότοπους παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία. Πολλές μονάδες είναι υβριδικές και γενικά ο σχεδιασμός των έργων αυτών δεν έχει συστηματοποιηθεί. Η διαστασιολόγηση των κλινών επεξεργασίας των τεχνητών υγρότοπων είναι κατά βάση εμπειρική και βασίζεται κυρίως σε αποδεκτά όρια φορτίου $BOD_5 \text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ή $\text{m}^2\text{i.k.}^{-1}$. Τα συνιστώμενα όμως όρια του φορτίου και κατά συνέπεια της απαιτούμενης έκτασης ανά i.k. διαφέρουν σημαντικά από χώρα σε χώρα αλλά και μεταξύ οργανισμών της ίδιας χώρας.

Μια πρόσφατη καταγραφή της επιφάνειας των κλινών επεξεργασίας ανά ισοδύναμο κάτοικο ($\text{m}^2/\text{i.k.}$) από πολλά έργα στη Γαλλία και η προτεινόμενη διαστασιολόγηση τους δίδεται στον πίνακα 1. Η προτεινόμενη διαστασιολόγηση των κλινών κατακόρυφης ροής είναι σκόπιμο να τονισθεί ότι αφορά σε σχεδιασμό στον οποίο δεν προβλέπεται η κατασκευή δεξαμενής καθίζησης ή αναερόβιας δεξαμενής. Τα λύματα δηλαδή εφαρμόζονται απ' ευθείας μετά την εσχάρωση σε δόσεις ικανές να ενεργοποιήσουν το σύνολο της επιφάνειας της κλίνης.

Η φόρτιση των κλινών I_{00} σταδίου αντιστοιχεί κατά προσέγγιση σε $\cong 300 \text{ g COD} \cong 150 \text{ g}$

SS \cong 25-30 g TKN m²/d και υδραυλικό φορτίο στην εν λειτουργία κλίνη προαναφερόμενος σχεδιασμός αντιστοιχεί κατά προσέγγιση σε \cong 120 g COD ανα ι.κ, \cong 60 g SS ανα ι.κ, \cong 10-12 g TKN ανα ι.κ. και υδραυλικό φορτίο \cong 150 l. ι.κ. (Molle et al. 2004). Τα χαρακτηριστικά αυτά που αντιστοιχούν σε λύματα μικρών οικισμών στη Γαλλία δεν διαφέρουν ουσιαστικά από τα αντίστοιχα των μικρών οικισμών της Ελλάδας.

Πίνακας 15. Μέση επιφάνεια κλινών υγροτόπων στη Γαλλία ανά ι.κ. ανάλογα με τις διαφορετικές σχεδιαστικές προσεγγίσεις.

Πρώτο Στάδιο Επεξεργασίας: Υγρότοποι Κατακόρυφης Ροής (Vertical Flow Reed Bed Filters-VFRBF) Αριθμός δεδομένων 141	
Μέσος όρος	1.2 (m ² /ι.κ.)
Τυπική απόκλιση	0.5 (m ² /ι.κ.)
Ελάχιστο – Μέγιστο	0.1 - 4.7 (m ² /ι.κ.)
Προτεινόμενος σχεδιασμός	1.2 – 1.3 (m ² /ι.κ.)
Δεύτερο Στάδιο Επεξεργασίας: α. Υγρότοποι Κατακόρυφης Ροής (Vertical Flow Reed Bed Filters-VFRBF). Αριθμός δεδομένων 114	
Μέσος όρος	0.8 (m ² /ι.κ.)
Τυπική απόκλιση	0.4 (m ² /ι.κ.)
Ελάχιστο – Μέγιστο	0.1 - 3.6 (m ² /ι.κ.)
Προτεινόμενος σχεδιασμός	1,0 (m ² /ι.κ.) ⁽¹⁾
Δεύτερο Στάδιο Επεξεργασίας: β. Υγρότοποι Οριζόντιας Ροής (Horizontal Flow Reed Bed Filters-HFRBF). Αριθμός δεδομένων 13	
Μέσος όρος	1.4 (m ² /ι.κ.)
Τυπική απόκλιση	0.9 (m ² /ι.κ.)
Ελάχιστο – Μέγιστο	0.3 - 3.6 (m ² /ι.κ.)
Δεύτερο Στάδιο Επεξεργασίας: γ. Αμμόφιλτρο ασυνεχούς λειτουργίας. Αριθμός δεδομένων 14	
Μέσος όρος	0.8 (m ² /ι.κ.)
Τυπική απόκλιση	0.1 (m ² /ι.κ.)
Ελάχιστο – Μέγιστο	0.6 - 1.1 (m ² /ι.κ.)

Αποτελέσματα λειτουργίας δύο έργων στη νότιο Γαλλία δίδονται στον πίνακα Αξίζει να σημειωθεί ότι το ρυπαντικό φορτίο εισόδου στα υπό εξέταση έργα είναι

σημαντικά μεγαλύτερο των μέσων αναμενόμενων σε μικρούς οικισμούς που αναφέρονται Πίνακας 16.

Πίνακας 16: Αποτελέσματα επεξεργασίας λυμάτων σε ΕΕΛ με τεχνητούς υγρότοπους στη Νότιο Γαλλία.

ΕΕΛ Roussillon (1250 ι.κ., 1 ^ο στάδιο: 3 κλίνες 350 m ² εκάστη, 2 ^ο στάδιο: 2 κλίνες 250 m ² εκάστη, περίοδος 1998-2004, αριθμός αναλύσεων 10, σύνθετα δείγματα 24h)						
	Είσοδος			Έξοδος		
	Μέση Τιμή	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση Τιμή	Ελάχιστη	Μέγιστη
COD (mg O ₂ /l)	921	573	1677	40	20	71
BOD5 (mg O ₂ /l)	504	262	1102	6	1	19
TSS (mg/l)	402	198	1072	7	0	17
TKN (mgN/l)	74	25	119	5	2	11
ΕΕΛ St. Thome (400 ι.κ., 1 ^ο στάδιο: 3 κλίνες 134 m ² εκάστη, 2 ^ο στάδιο: 2 κλίνες 102 m ² εκάστη, περίοδος 2002-2003, αριθμός αναλύσεων 4, στιγμιαία δείγματα)						
3	Είσοδος			Έξοδος		
	Μέση Τιμή	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση Τιμή	Ελάχιστη	Μέγιστη
COD (mg O ₂ /l)	933	319	1675	36	22	46
BOD5 (mg O ₂ /l)	870	135	1102	6	3	11
TSS (mg/l)	858	99	1072	6	2	10
TKN (mgN/l)	64	-	-	4	2	6

Στη Γερμανία υφίσταται από χρόνια κανονισμός εργασίας για το σχεδιασμό ΕΕΛ με τεχνητούς υγρότοπους. Ο Γερμανικός κανονισμός διαφέρει ουσιαστικά από την προαναφερόμενη «Γαλλική προσέγγιση» καθώς :

α. Απαιτεί την προεπεξεργασία των λυμάτων με καθίζηση σε δεξαμενή Imhoff πριν την εφαρμογή στις κλίνες

β) Καθορίζει σημαντικά μεγαλύτερη επιφάνεια κλίνης ανά ι.κ. που ανέρχεται σε 4 m²/ι.κ. για υγρότοπους κατακόρυφης ροής (προηγούμενη απαίτηση του κανονισμού εργασίας έτους 1998: 2,5 m²/ι.κ.) και 5 m²/ι.κ. για υγρότοπους οριζόντιας ροής.

Είναι προφανές ότι η Γαλλική προσέγγιση οδηγεί σε έργα με σημαντικά μειωμένο κόστος έναντι των Γερμανικών κανονισμών εργασίας. Η μακροχρόνια

επίπτωση των διαφορών αυτών στην απόδοση των έργων δεν είναι ακόμη επαρκώς τεκμηριωμένη. Η σύγκριση των διαφόρων προσεγγίσεων σχεδιασμού απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς τις περισσότερες φορές αγνοεί, λόγω έλλειψης της σχετικής πληροφορίας, την ποιότητα της κατασκευής και την τήρηση των αναφερομένων προδιαγραφών σε κάθε εξεταζόμενο έργο. Αστοχίες εντοπίζονται συνήθως στην κατασκευή των φίλτρων (κοκκομετρική διαβάθμιση, καθαρότητα και επιμέλεια τοποθέτησης του υλικού) και στην ομοιόμορφη κατανομή των αποβλήτων σε όλη επιφάνεια των κλινών.

3.7 Εφαρμογή Στο Δήμο Τυρνάβου

3.7.1 Σχεδιασμός Συστήματος Επεξεργασίας Αποβλήτων

3.7.1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη αφορά το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων συστήματος επεξεργασίας αποβλήτων του οικισμού Δαμασίου.

Η υφιστάμενη κατάσταση έχει ως εξής :

Τα ακάθαρτα συλλέγονται μέχρι σήμερα σε βόθρους .

Η υπάρχουσα κατάσταση καταγράφεται ως προς τις κύριες περιβαλλοντικές διαστάσεις, το φυσικό περιβάλλον και το ανθρωπογενές περιβάλλον με τις υφιστάμενες πιέσεις ρύπανσης που δέχονται .

Το φυσικό περιβάλλον εξετάζεται ως προς τα φυσικά οικοσυστήματα (χλωρίδα πανίδα), σε συνδυασμό με τα κλιματολογικά και υδρολογικά στοιχεία και φυσικές συνθήκες της περιοχής. Το χερσαίο οικοσύστημα στη ζώνη επιρροής του έργου δεν περιλαμβάνει, όπως αναφέρεται στο σχετικό κεφάλαιο, σπάνια ή απειλούμενα είδη χλωρίδας και πανίδας.

Γεωμορφολογικά, η περιοχή αποτελείται από αλλουβιακές προσχώσεις. Σχετικά με την υδρομορφολογία αναφέρεται ότι ο νομός είναι πλούσιος τόσο σε υπόγεια νερά όσο και σε επιφανειακά, τα οποία χρησιμοποιούνται για άρδευση και ύδρευση, με πυκνό υδρογραφικό δίκτυο με κύριο ποταμό τον Πηνειό. Ως προς τα κλιματολογικά στοιχεία η περιοχή χαρακτηρίζεται από ηπειρωτικό κλίμα, με μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού. Η εξέταση των κλιματολογικών στοιχείων της περιοχής δείχνει ότι οι ανατολικοί άνεμοι έχουν συντριπτικά μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης από τους άλλους ανέμους, ενώ η μέση ετήσια συνολική βροχόπτωση ανέρχεται σε ύψος 465,8 mm.

Το ανθρωπογενές περιβάλλον εξετάζεται ως προς τους οικισμούς του, τις χρήσεις γης, τους παραγωγικούς τομείς και την υφιστάμενη υποδομή του. Τα δημογραφικά στοιχεία της περιοχής δείχνουν μια μικρή αύξηση. Το μεγαλύτερο μέρος των κατοίκων του νομού ασχολείται με την γεωργία, την κτηνοτροφία και την βιομηχανία. Ο τριτογενής τομέας απασχόλησης δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένος.

Οι κύριες πηγές ρύπανσης των νερών είναι τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα που διατίθενται στο Ποτάμιο σύστημα του Πηνειού ή και σε βόθρους. Το περιβάλλον στην ευρύτερη περιοχή επίσης δέχεται πιέσεις από την διάθεση απορριμμάτων, που γίνεται κατά τρόπο απαράδεκτο σε ρέματα και στο έδαφος με

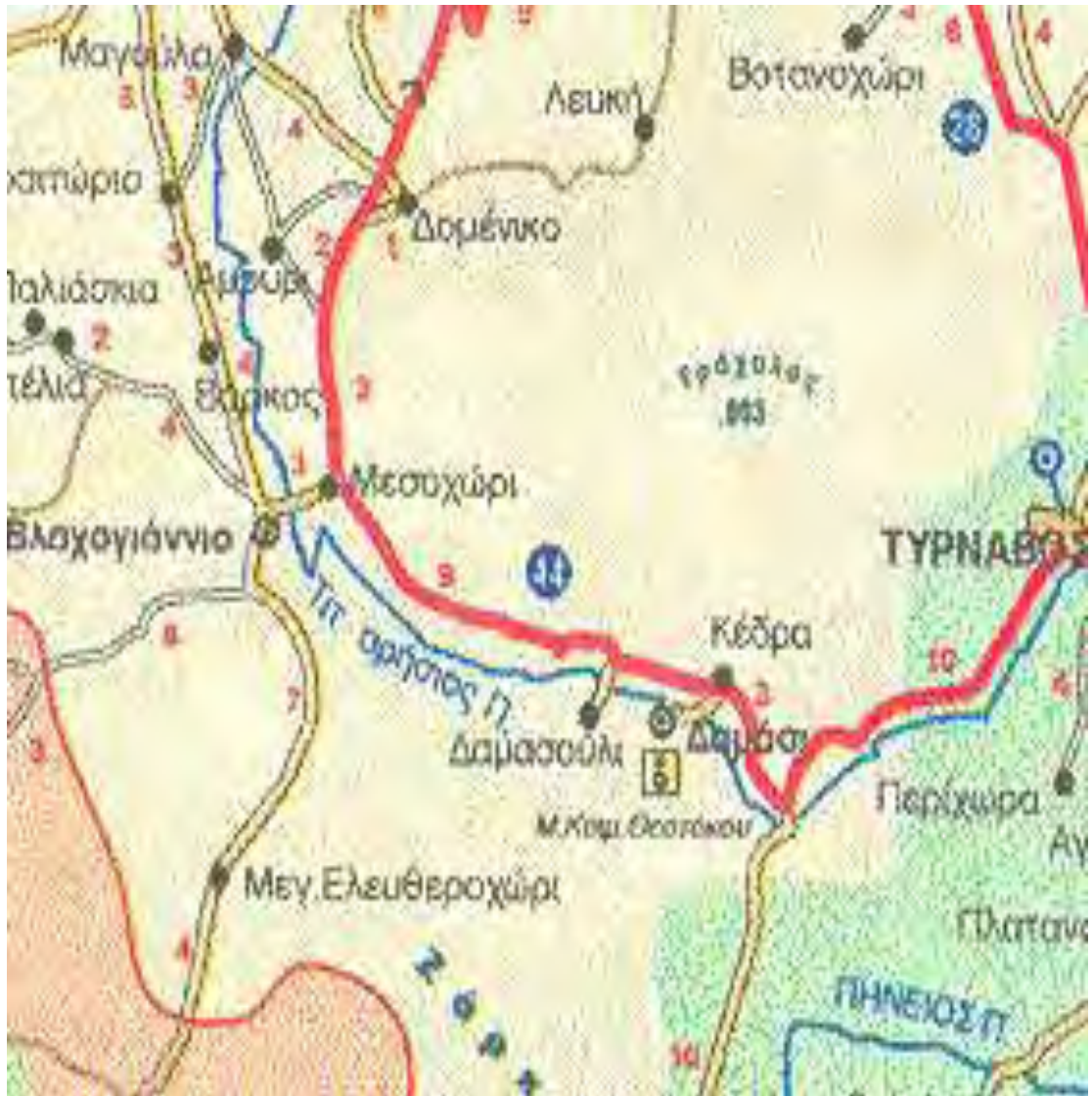
απλή απόθεση από τους περισσότερους Δήμους και Κοινότητες του νομού. Η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε καλή γενικά κατάσταση. Σαν βασικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης αναφέρονται τα καυσαέρια αυτοκινήτων, οι κεντρικές θερμάνσεις στην πόλη της Λάρισας και του Τίρναβου και το στρατιωτικό αεροδρόμιο.

Η ευρύτερη περιοχή και η περιοχή του έργου εκτιμάται, μετά την παραπάνω ανάλυση, ότι παρά τις ανθρώπινες πιέσεις με τις διάφορες μικτές χρήσεις γης, όπως οι εντατικές γεωργικές καλλιέργειες, η βόσκηση και η οικοδόμηση, βρίσκεται σε καλή γενικά κατάσταση περιβάλλοντος.

Αναφέρονται οι εκτιμήσεις των αναμενόμενων επιπτώσεων του έργου στα διάφορα στοιχεία του περιβάλλοντος.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ - ΕΚΤΑΣΗ ΕΡΓΟΥ

Ο νομός Λάρισας βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων $22^{\circ} 11' \text{B}$ και $22^{\circ} 55' \text{B}$ και των μεσημβρινών $39^{\circ} 08' \text{A}$ και $40^{\circ} 12'$. Βόρεια συνορεύει με το νομό Πιερίας, ανατολικά βρέχεται με το Αιγαίο και συνορεύει με το νομό Μαγνησίας, νότια με το νομό Φθιώτιδας και δυτικά με τους νομούς Κοζάνης, Γρεβενών, Τρικάλων και Καρδίτσας.



Εικόνα 34 Χάρτης Περιοχής Εγκατάστασης

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής του έργου είναι :

γεωγραφικό μήκος $22^{\circ} 25'$

γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 16'$

Το έργο Διοικητικά ανήκει στην Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης Τυρνάβου. Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων πρόκειται να γίνει

σε οικόπεδο, το οποίο είναι δημοτική έκταση, συνολικής έκτασης 14.187 τετραγωνικών μέτρων

3.7.2 Περιγραφή Τεχνικών Χαρακτηριστικών Έργου

3.7.2.1 Δίκτυο Αποχέτευσης Ακαθάρτων

Ο οικισμός του Δαμασίου είναι κτισμένος στις παρυφές λόφων, εκτός από το ανατολικό τμήμα του, το οποίο βρίσκεται κοντά στην όχθη του ποταμού Τιταρήσιου και στο οποίο το έδαφος είναι πρακτικά επίπεδο. Μέσα από τον οικισμό διέρχεται χείμαρρος με κατεύθυνση από τα νοτιοδυτικά στα βορειοανατολικά. Για την χάραξη του δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων ελήφθη υπ' όψη το ανάγλυφο του εδάφους. Τα λύματα από τα επιμέρους υποδίκτυα θα συγκεντρώνονται σε συλλεκτήριο αγωγό που θα τοποθετηθεί στο ανατολικό τμήμα του οικισμού.

Ο συλλεκτήριος αγωγός (PVC Φ315), μήκους 500 m, μεταφέρει τα λύματα στο εξωτερικό αντλιοστάσιο ακαθάρτων. Το αντλιοστάσιο ακαθάρτων θα είναι εξοπλισμένο με ζεύγος αντλιών, μοναδιαίας παροχής 21 L/s και θα διοχετεύει τα λύματα μέσω καταθλιπτικού αγωγού από πολυαιθυλένιο (HDPE Φ200 PN6), μήκους 780 m, στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων.

Η τοποθέτηση των αγωγών ακαθάρτων μέσα στο έδαφος θα γίνει για το μεγαλύτερο τμήμα του δικτύου σχετικά βαθιά, ώστε να βρίσκονται πάντα κάτω από τους αγωγούς ομβρίων. Ένα μέσο βάθος τοποθέτησης (απόσταση της στέψης του αγωγού από την επιφάνεια του οδοστρώματος) ίσο με 2,20 m είναι αντιπροσωπευτικό για το δίκτυο των ακαθάρτων.

3.7.2.2 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων

Η επιλογή της θέσης της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων καθορίζεται από τα εξής κριτήρια:

- Ελάχιστη απόσταση από τα όρια του οικισμού ίση με 500 m.
- Ύπαρξη φυσικού αποδέκτη σε κοντινή απόσταση.
- Διαθεσιμότητα οικοπέδου για την κατασκευή της Ε.Ε.Λ
- Αποφυγή προστατευμένων / χαρακτηρισμένων περιοχών.
- Ευνοϊκή τοπογραφία του οικοπέδου για τη διάταξη των μονάδων της Ε.Ε.Λ.
- Περιβαλλοντικά / αισθητικά κριτήρια και
- Οικονομοτεχνικά κριτήρια.

Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την επεξεργασία των λυμάτων του οικισμού Δαμασίου είναι αυτή των τεχνητών υγροτόπων. Η εγκατάσταση θα κατασκευαστεί σε γήπεδο έκτασης 14.187 τετραγωνικών μέτρων και θα υλοποιηθεί σε δύο φάσεις:

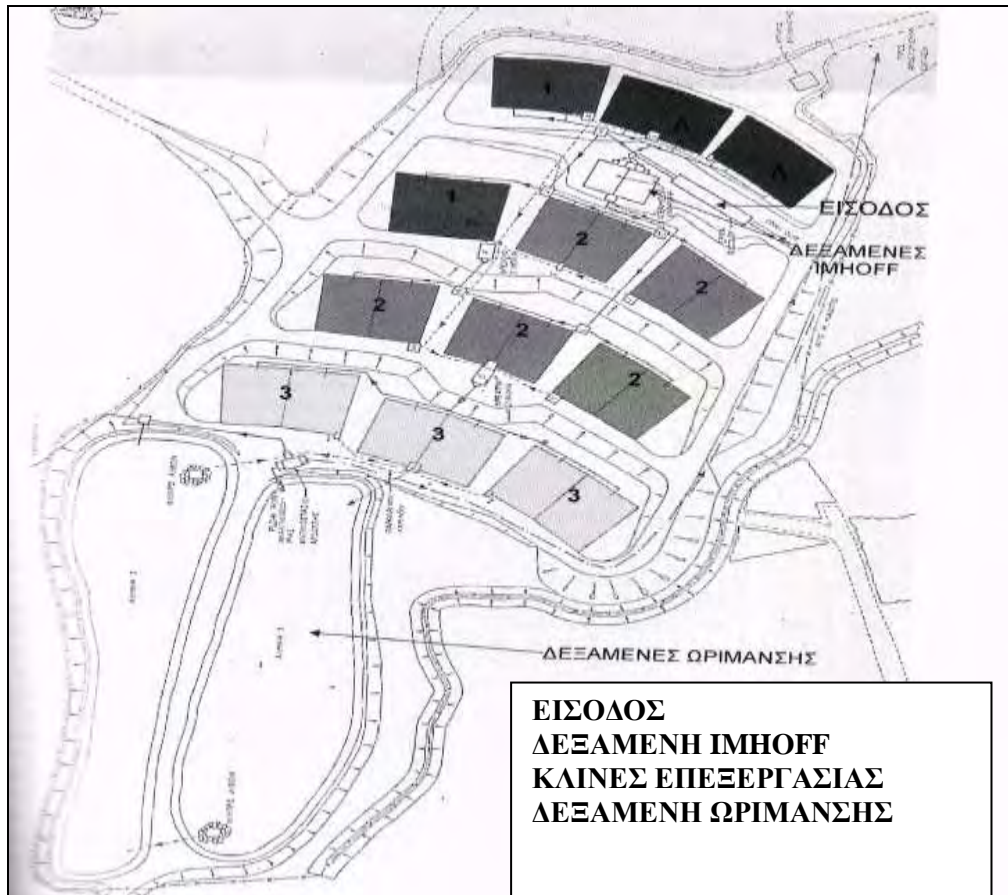
Στην Α' φάση η εγκατάσταση έχει διαστασιολογηθεί με βάση πληθυσμιακά δεδομένα 20ετίας (ως το 2023), ενώ στη Β' φάση έχει προβλεφθεί η τοποθέτηση επιπλέον κλινών για τη λειτουργία της με βάση πληθυσμιακά δεδομένα 40ετίας (ως το 2043).

Σύμφωνα με τα παραπάνω η εγκατάσταση που προτείνεται περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους μονάδες:

- Έργα εισόδου (φρεάτιο εισόδου, εσχάρες) (Β' φάση)
- Δεξαμενή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, τύπου Imhoff (Β' φάση)

- Κλίνες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, Στάδιο I (Α' φάση)
- Κλίνες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, Στάδιο II (Α' φάση)
- Λίμνες ωρίμανσης τριτοβάθμιας επεξεργασίας (Β φάση)
- Κλίνες ξήρανσης ιλύος (Α' φάση)
- Οκίσκος

Η επέκταση της μονάδας για τη Β' φάση θα γίνει με την κατασκευή επιπλέον κλινών δευτεροβάθμιας επεξεργασίας και κλινών ξήρανσης ιλύος, ενώ τα υπόλοιπα έργα θα κατασκευαστούν εξαρχής με βάση τη δυναμικότητα της Β' φάσης.



Εικόνα 35 Κάτοψη της Εγκατάστασης

Το διάγραμμα ροής της εγκατάστασης περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

Προεπεξεργασία των λυμάτων, η οποία συνίσταται από την εσχάρωση και τη μέτρηση της παροχής πρωτοβάθμια επεξεργασία, η οποία λαμβάνει χώρα σε δεξαμενή Imhoff.

Δευτεροβάθμια επεξεργασία, η οποία λαμβάνει χώρα σε κλίνες φυτεμένες με φυτά.

Απολύμανση και αποθήκευση των επεξεργασμένων λυμάτων, η οποία λαμβάνει χώρα σε λίμνες ωρίμανσης καιδιάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων από τις λίμνες στον ποταμό Τιταρήσιο.

Οι μονάδες της εγκατάστασης έχουν ως εξής:

Η εσχάρωση των λυμάτων γίνεται σε δύο κανάλια, στα οποία τοποθετούνται μια μηχανική και μια χειροκαθαριζόμενη σχάρα, η οποία λειτουργεί ως εφεδρική.

Η μέτρηση παροχής γίνεται σε διάυλο τύπου Parshall.

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία γίνεται σε δεξαμενή Imhoff, διαστάσεων 7,0 m X 8,5 m, όγκου καθίζησης 120 m³ κι όγκου χώνευσης ιλύος 110 m³

Η επεξεργασία ιλύος γίνεται στις κλίνες ιλύος, όπου με βαρύτητα οδηγείται η ήδη χωνεμένη ιλύς (χρόνος παραμονής: 60 ημέρες) της δεξαμενής Imhoff. Υπάρχουν δύο (2) κλίνες ιλύος, μοναδιαίων διαστάσεων 10 m X 20 m, ήτοι συνολικής επιφάνειας 400 m², οι οποίες είναι πληρωμένες με αδρανές υλικό, αποτελούμενο από κροκάλα, χαλίκι (χονδρό και λεπτό) κι άμμο κι είναι φυτεμένες με φυτά. Η τροφοδοσία των κλινών γίνεται χειρωνακτικά (άνοιγμα ειδικών κωδωνοειδών δικλείδων) με βαρύτητα από τον πυθμένα της δεξαμενής Imhoff και τα διηθήματα τροφοδοτούνται στις κλίνες του σταδίου I. Η ιλύς συσσωρεύεται στην επιφάνεια των κλινών ιλύος μέχρι πληρώσεως του διαθέσιμου όγκου αποθήκευσης (μετά την παρέλευση τουλάχιστον δεκαετίας), οπότε κι αδειάζετε και διατίθεται είτε στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων ως υλικό επικάλυψης είτε ως εδαφοβελτιωτικό. Για την ικανοποίηση των αναγκών της τεσσαρακονταετίας θα απαιτηθεί η κατασκευή μιας (1) επιπλέον κλίνης ιλύος, διαστάσεων 6 m X 15 m.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία γίνεται σε δύο εν σειρά στάδια. Το στάδιο I περιλαμβάνει τέσσερις (4) κλίνες, μοναδιαίων διαστάσεων 12 m X 18 m, ήτοι

συνολικής επιφάνειας 864 012, οι οποίες είναι πληρωμένες με αδρανές υλικό, αποτελούμενο από κροκάλα, χαλίκι (χονδρό και λεπτό) κι άμμο κι είναι φυτεμένες με φυτά. Η τροφοδοσία των κλινών γίνεται από την υπερχειλίση της δεξαμενής Imhoff και τα επεξεργασμένα λύματα μετά τη διέλευσή τους από τις κλίνες του σταδίου I συλλέγονται σε φρεάτιο σίφωνα, ο οποίος τροφοδοτεί τις κλίνες του σταδίου II. Για την ικανοποίηση των αναγκών της τεσσαρακονταετίας θα απαιτηθεί η κατασκευή δύο (2) επιπλέον κλινών, μοναδιαίων διαστάσεων 9 m X 12 m.

Το στάδιο II περιλαμβάνει δύο (2) κλίνες, μοναδιαίων διαστάσεων 15 m X 22 m, ήτοι συνολικής επιφάνειας 660 m², οι οποίες είναι επίσης πληρωμένες με αδρανές υλικό, αποτελούμενο από κροκάλα, χαλίκι (χονδρό και λεπτό) κι άμμο κι είναι φυτεμένες με φυτά. Η τροφοδοσία των κλινών γίνεται, όπως προαναφέρθηκε, από το σίφωνα και τα επεξεργασμένα λύματα μετά τη διέλευσή τους από τις κλίνες του σταδίου II οδηγούνται στις λίμνες ωρίμανσης. Για την ικανοποίηση των αναγκών της τεσσαρακονταετίας θα απαιτηθεί η κατασκευή μιας επιπλέον κλίνης, διαστάσεων 10 m X 16 m.

Η απολύμανση κι αποθήκευση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στις δύο λίμνες ωρίμανσης, συνολικής επιφάνειας 2.800 m², οι οποίες λειτουργούν εν σειρά.

Τέλος, η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται μέσω αγωγού υπερχειλίσης από τη δεύτερη λίμνη ωρίμανσης προς τον ποταμό Τιταρήσιο.

Ο βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων αναμένεται να είναι μεγαλύτερες του 95% κι η ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων αναμένεται να ικανοποιεί πλήρως και σε κάθε περίπτωση τις απαιτήσεις της νομοθεσίας.

3.7.2.3 Υφιστάμενο - Προβλεπόμενο Οργανικό Φορτίο

Η κατανάλωση νερού λαμβάνεται ίση με $Q = 200$ λίτρα/(κάτοικο/ ημέρα) και με την παραδοχή πως 80% αυτής της ποσότητας καταλήγει στην αποχέτευση, η παροχή ακαθάρτων είναι ίση με $Q=200*0,80=160$ λίτρα/(κάτοικο/ ημέρα). Οι παροχές που χρησιμοποιούνται για τους υδραυλικούς υπολογισμούς είναι:

Μέση ημερήσια παροχή: $Q = 160$ λίτρα/(κάτοικο /ημέρα)

Ημερήσια παροχή θέρους $Q_{\theta\epsilon\rho\upsilon\varsigma} = Q * 1,5 = 240$ λίτρα/(κάτοικο / ημέρα)

Μέγιστη ημερήσια παροχή: $Q_{\max\eta\mu\epsilon\rho} = Q_{\theta\epsilon\rho\upsilon\varsigma} * 1,5 = 360$ λίτρα/(κάτοικο /ημέρα)

Μέγιστη ωριαία παροχή ή παροχή αιχμής $Q_{\max} = Q_{\max\eta\mu\epsilon\rho} * 1,5 * P$, όπου $P = \text{συντελεστής αιχμής} = 1,5 + 2,5 / (Q_{\max,\eta\mu\epsilon\rho})^{1/2}$, και $1,5 \leq P \leq 3,0$

Ελάχιστη παροχή: $Q_{\min} = Q * (24/40)$ λίτρα/(κάτοικο*ημέρα)

Πίνακας 17. Αναμενόμενες παροχές των λυμάτων.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΗΜΕΡΑ	20ΕΤΙΑ	40ΕΤΙΑ
ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	1585	1750	1846
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ m ³ /d	242,7	258,7	295,4
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΘΕΡΙΝΗ ΠΑΡΟΧΗ m ³ /d	364,1	388,1	443,0
ΜΕΓΙΣΤΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ m ³ /d	546,1	582,1	664,6
ΠΑΡΟΧΕΣ ΑΙΧΜΗΣ L/s	15,2	16,2	18,4

Προσθέτοντας και τις υπόγειες εισροές, 0,5 L/(s*km αγωγού), στο δίκτυο ακαθάρτων, συνολικού μήκους 6,85 km, οι συνολικές παροχές των λυμάτων έχουν ως εξής:

Πίνακας 18. Συνολικές Παροχές των λυμάτων.

<i>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ</i>	<i>20ΕΤΙΑΣ</i>	<i>40ΕΤΙΑΣ</i>
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ L/s	6,92	7,23
ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΘΕΡΙΝΗ ΠΑΡΟΧΗ L/s	8,46	8,94
ΜΕΓΙΣΤΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ L/s	10,81	11,51
ΠΑΡΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ L/s	20,91	22,92

Τα ρυπαντικά φορτία ανά κάτοικο λαμβάνονται ως εξής:

Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο: 60 g BOD₅/(κάτοικο / ημέρα)

Αιωρούμενα Στερεά: 70 g SS/(κάτοικο / ημέρα)

Ολικό Άζωτο: 11 g TN/(κάτοικο / ημέρα)

Ολικός Φωσφόρος: 2,5 g TP/(κάτοικο / ημέρα)

Για τον οικισμό Δαμασίου η επιλογή της θέσης υπαγορεύτηκε από την μορφολογία της περιοχής. Η ανάγκη ύπαρξης επιφάνειας με σχετικά ομαλό ανάγλυφο οδήγησε στην επιλογή της θέσης σε απόσταση 1.300 m περίπου από τα όρια του οικισμού αμέσως ανάντι της επαρχιακής οδού. Η ανάγκη ύπαρξης αντλιοστασίου ήταν επιβεβλημένη από το ανάγλυφο της περιοχής. Εναλλακτική λύση θα αποτελούσε η επιλογή χώρου από την περιοχή στην αριστερή - κατά την

έννοια της ροής - όχθη του Τιταρήσιου. Η θέση αυτή απορρίφθηκε αφ' ενός λόγω του ότι θα έπρεπε να γίνουν απαλλοτριώσεις καλλιεργήσιμων επιφανειών κι αφ' ετέρου γιατί δεν παρουσιάζει κανένα συγκριτικό πλεονέκτημα τεχνικό ή οικονομικό σε σύγκριση με την επιλεγείσα θέση.

3.7.3. 4 Εναλλακτικοί Τρόποι Διάθεσης Επεξεργασμένων Λυμάτων

Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων μπορεί να γίνει είτε με απόρριψή τους στον παρακείμενο αποδέκτη είτε με αξιοποίησή τους. Η επιλεγείσα μέθοδος παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων καθώς αυτά αποθηκεύονται στις λίμνες ωρίμανσης και βάσει του επιτυγχανόμενου βαθμού επεξεργασίας και της συνεπαγόμενης ποιότητάς τους μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση.

3.7.2.5 Εναλλακτικοί Τρόποι Διάθεσης Παραγόμενης Ιλύος

Με τη συγκεκριμένη μέθοδο, ιλύς παράγεται μόνο στο στάδιο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, δηλαδή στη δεξαμενή Imhoff κι οδηγείται δια βαρύτητας στις κλίνες ιλύος, όπου η τροφοδοτούμενη ιλύς παραμένει στην επιφάνεια των κλινών αυτών, αφυδατώνεται κι αποσυντίθεται κατά την περίοδο ανάπαυσης της κλίνης. Οι κλίνες ιλύος διαθέτουν χώρο για την αποθήκευση της συλλεγόμενης ιλύος για χρονικό διάστημα δέκα περίπου ετών. Μετά την πλήρωση του χώρου αποθήκευσης, η ιλύς αποκομίζεται χειρωνακτικά και μπορεί να αξιοποιηθεί είτε ως εδαφοβελτιωτικό είτε ως υλικό κάλυψης απορριμμάτων σε

χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, χωρίς να δημιουργεί επιπλέον επιβάρυνση καθώς είναι αφυδατωμένη, σταθεροποιημένη και προέρχεται από αστικά λύματα, οπότε Και δεν αναμένεται να περιέχει τοξικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα.

Επίσης, δεν αναμένεται οποιαδήποτε παραγωγή ιλύος στις λίμνες ωρίμανσης καθώς αφενός η τροφοδοσία τους είναι απαλλαγμένη αιωρουμένων στερεών κι αφετέρου σ' αυτές λαμβάνει χώρα απολύμανση κι αποθήκευση των επεξεργασμένων λυμάτων, διεργασίες κατά τις οποίες δεν προκύπτει παραγωγή ιλύος.

Όσον αφορά τα εσχαρίσματα, η διάθεσή τους θα γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα στο χώρο απόρριψης των απορριμμάτων του οικισμού.

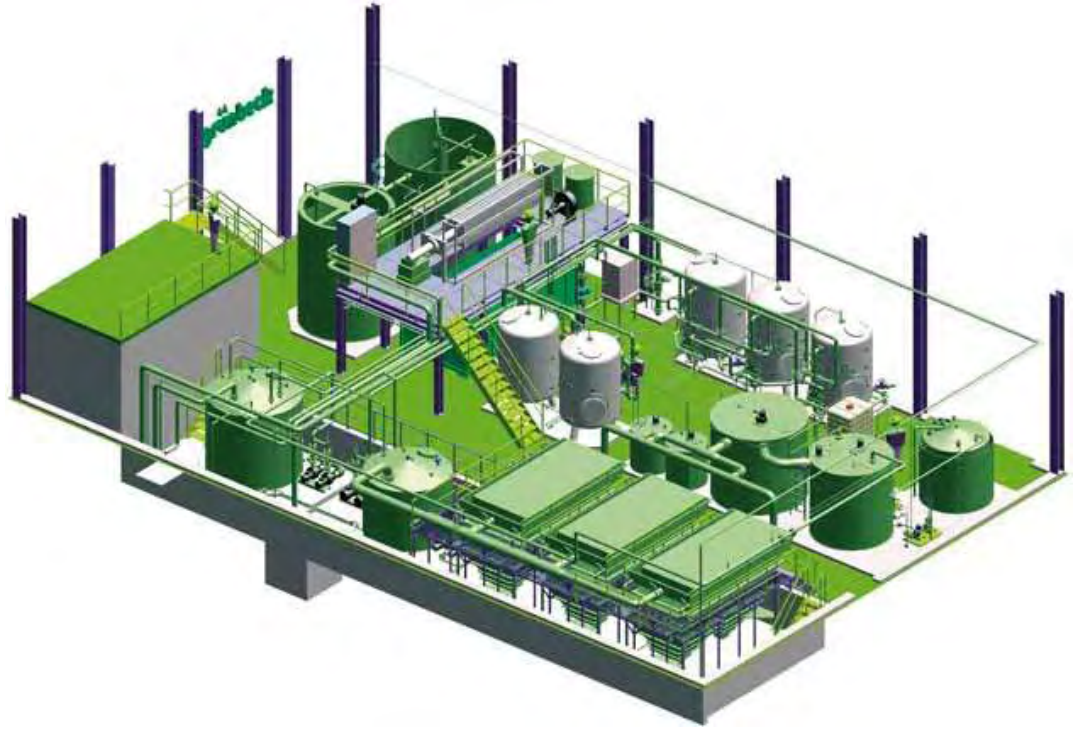
3.7.2.6 Εξέταση Εναλλακτικών Λύσεων

Εναλλακτικές λύσεις για την επεξεργασία των λυμάτων του ανωτέρω οικισμού είναι η ενεργός ιλύς, οι περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι, οι τεχνητοί υγρότοποι κι οι λίμνες. Αναλυτικά οι μέθοδοι έχουν σαν εξής:

α) Ενεργός Ιλύς

Η επεξεργασία των λυμάτων με ενεργό ιλύ είναι μια καθιερωμένη μέθοδος, η οποία χρησιμοποιείται με διάφορες παραλλαγές, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο βαθμό επεξεργασίας. Παρακάτω εξετάζονται η κλασική μέθοδος, η μέθοδος του παρατεταμένου αερισμού καθώς κι η μέθοδος του παρατεταμένου αερισμού με ταυτόχρονη απονιτροποίηση.

α.1) Κλασική Μέθοδος



Εικόνα 36 Διάταξη Επεξεργασίας Λυμάτων

Σύμφωνα με την κλασική μέθοδο, η επεξεργασία των λυμάτων πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Αρχικά γίνεται μηχανική επεξεργασία των λυμάτων στη διάρκεια της οποίας κατακρατούνται τα στερεά σώματα σε σχάρα κι αμμοσυλλέκτη. Στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός των βαρύτερων συστατικών σε δεξαμενή καθίζησης και μετά η βιολογική επεξεργασία των λυμάτων από αερόβιους οργανισμούς, οι οποίοι "καταναλώνουν" τις οργανικές ρυπαντικές ουσίες και τις μετατρέπουν σε απλές ανόργανες ενώσεις. Στη διάρκεια αυτού του σταδίου επεξεργασίας καταναλίσκονται μεγάλες ποσότητες οξυγόνου, με αποτέλεσμα να απαιτείται παροχή οξυγόνου. Τα λύματα, μετά την ολοκλήρωση αυτού του σταδίου το οποίο πραγματοποιείται στις δεξαμενές αερισμού, οδηγούνται σε δεξαμενή καθίζησης όπου γίνεται διαχωρισμός της ιλύος από τα καθαρισμένα πλέον λύματα, τα οποία οδηγούνται στον τελικό αποδέκτη. Η ιλύς κατά ένα ποσοστό επιστρέφει στη δεξαμενή αερισμού και η περίσσειά της οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία

στις δεξαμενές αερισμού ιλύος, πάχυνση ς ιλύος και στις κλίνες ξήρανσης ή στις ταινιοφιλτρόπρεσες. Περιλαμβάνει τις παρακάτω ανεξάρτητες μονάδες επεξεργασίας:

Μηχανική σχάρα .

Αμμοσυλλέκτη

Μετρητή παροχής

Μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης

Μονάδα αερισμού λυμάτων

Μονάδα καθίζησης ιλύος

Μονάδα αερισμού ιλύος (όχι πάντοτε)

Μονάδα πάχυνσης ιλύος

Κλίνες ξήρανσης ή ταινιοφιλτρόπρεσες και

Χλωριωτή



Εικόνα 37 Παλινδρομική γέφυρα , με ανοξειδωτα ξέστρα πυθμένος και επιφανείας για τη σάρωση και συλλογή άμμου και λιπών .

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε μονάδες επεξεργασίας που συνήθως ξεπερνούν τους 5.000 ισοδύναμους κατοίκους. Ο επιτυγχανόμενος βαθμός απομάκρυνσης του BOD₅, για καλή λειτουργία της εγκατάστασης, είναι συνήθως 90% ως 96% κι ο βαθμός μείωσης της συνολικής περιεκτικότητας αζώτου είναι 10% ως 20%. Ανάλογα με το χρόνο παραμονής στη δεξαμενή αερισμού και το προσφερόμενο οξυγόνο, μέρος του αμμωνιακού αζώτου μετατρέπεται σε οξείδια του αζώτου. Είναι η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στις περισσότερες των εγκαταστάσεων που έχουν κατασκευασθεί παγκοσμίως. Το σημαντικό της μειονέκτημα για τις ελληνικές συνθήκες σε περιπτώσεις εφαρμογής σε μικρούς δήμους ή σε κοινότητες, είναι η απαίτηση συνεχούς συντήρησης, παρακολούθησης και ρύθμισης από ειδικευμένο προσωπικό. Από αυτή την αιτία προκύπτει και το γεγονός της υπολειτουργίας ή και πλήρους αστοχίας κατά τη χρήση της μεγάλης πλειοψηφίας παρόμοιων εγκαταστάσεων.

Η μέθοδος, για μικρούς δήμους ή για κοινότητες, μπορεί να εφαρμοσθεί και σε προκατασκευασμένες (compact) εγκαταστάσεις, οι οποίες απαιτούν λιγότερη συντήρηση και ρύθμιση κι αποτελούν τη καλύτερη λύση.

α.2) Παρατεταμένος Αερισμός

Αυτή η μέθοδος επεξεργασίας είναι περίπου ίδια με αυτή της προηγούμενης παραγράφου, με την διαφορά ότι παραλείπονται η πρωτοβάθμια καθίζηση των λυμάτων (δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης) κι η δεξαμενή αερισμού ιλύος. Τα λύματα, μετά τη μηχανική επεξεργασία, οδηγούνται στη δεξαμενή αερισμού λυμάτων. Η διαδικασία επεξεργασίας στη δεξαμενή αερισμού είναι αερόβια, με

μεγαλύτερο χρόνο παραμονής κι επομένως απαιτούνται μεγάλες ποσότητες οξυγόνου. Οι μονάδες επεξεργασίας που περιλαμβάνονται είναι:

Μηχανική σχάρα

Αμμοσυλλέκτης

Λιποσυλλέκτης

Μετρητής παροχής

Δεξαμενή αερισμού λυμάτων

Δεξαμενή καθίζησης ιλύος

Δεξαμενή πάχυνσης ιλύος

Κλίνες ξήρανσης ή ταινιοφιλτρόπρεσες και

Χλωριωτής

Αυτή η μέθοδος επεξεργασίας απαιτεί μικρότερη οργανική φόρτιση και μεγαλύτερους χρόνους αερισμού με συνέπεια μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, ενώ η προκύπτουσα ιλύς είναι καλύτερα σταθεροποιημένη. Βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής, το οποίο και είναι η αιτία για πολλές περιπτώσεις κακής και αναποτελεσματικής λειτουργίας της σε περιπτώσεις εφαρμογής σε μικρούς Δήμους ή σε κοινότητες, είναι η ανάγκη ρύθμισής της από έμπειρο προσωπικό σε κάθε αλλαγή παροχής λυμάτων, βιολογικού φορτίου κ.λ.π. Τα βασικά στοιχεία που απαιτούν ρύθμιση είναι το ποσοστό επιστροφής ιλύος και η παρεχόμενη ποσότητα οξυγόνου. Ο επιτυγχανόμενος βαθμός απομάκρυνσης του BOD₅ για καλή λειτουργία της εγκατάστασης, είναι συνήθως 90% ως 98%. Για το άζωτο ισχύουν αυτά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη περίπτωση της κλασικής μεθόδου.

Η μέθοδος, για μικρές κοινότητες, μπορεί να εφαρμοσθεί και σε προκατασκευασμένες (compact) εγκαταστάσεις, οι οποίες αποτελούν καλύτερη λύση.

α.3) Παρατεταμένος Αερισμός - Ταυτόχρονη Απονιτροποίηση

Τροποποίηση της προηγούμενης μεθόδου είναι η μέθοδος του παρατεταμένου αερισμού με ταυτόχρονη απονιτροποίηση, με τη βοήθεια της οποίας επιτυγχάνεται και περιορισμός του αζώτου με τη βοήθεια βιολογικής διεργασίας. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν αυστηρές προδιαγραφές για την ποιότητα εξόδου των επεξεργασμένων λυμάτων αναφορικά με το επιθυμητό άζωτο (οποιοδήποτε χημική μορφή) στην έξοδο. Ο επιτυγχανόμενος βαθμός καθαρισμού του BOD₅, για καλή λειτουργία της εγκατάστασης, είναι συνήθως 90% ως 98%.

Η μορφή εφαρμογής της μεθόδου στις περισσότερες των περιπτώσεων προβλέπει την κατανομή της βιολογικής επεξεργασίας σε δύο φάσεις

πρώτη φάση ανοξική (έλλειψη ελεύθερου οξυγόνου), όπου υπάρχει απλή ανάδευση κι επανακυκλοφορία των λυμάτων από το τέλος της δεύτερης φάσης και

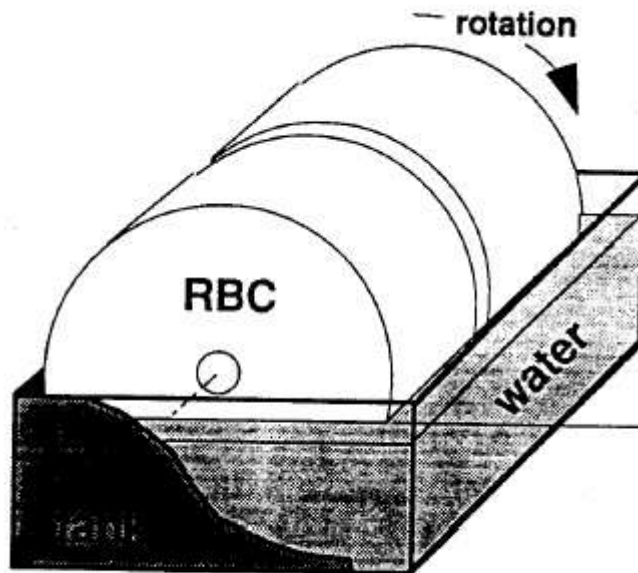
δεύτερη φάση, όπου εξασφαλίζεται επάρκεια οξυγόνου. Τα επανακυκλοφορούντα λύματα, λόγω του αερισμού που μεσολαβεί, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε οξείδια του αζώτου.

Η έλλειψη σε ελεύθερο οξυγόνο καθοδηγεί την ανάπτυξη βακτηριδίων, τα οποία χρησιμοποιούν το δεσμευμένο οξυγόνο των οξειδίων του αζώτου, απελευθερώνοντας έτσι άζωτο σε αέρια μορφή. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται, αφ' ενός μεν απομάκρυνση αζώτου από τα λύματα, αφετέρου δε οικονομία στο

οξυγόνο που πρέπει να προσφερθεί με τη βοήθεια αεριστήρων για τη βιολογική οξείδωση της οργανικής ρύπανσης των λυμάτων.

Η μέθοδος, για μικρούς δήμους και κοινότητες, μπορεί να εφαρμοσθεί και σε προκατασκευασμένες (compact) εγκαταστάσεις οι οποίες αποτελούν καλύτερη λύση.

β) Περιστρεφόμενοι Βιοδίσκοι



Εικόνα 38 Σχηματική παράσταση βιοδίσκων

Η επεξεργασία των λυμάτων με τη μέθοδο των βιοδίσκων πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Αρχικά I γίνεται μια μηχανική επεξεργασία των λυμάτων, στη διάρκεια της οποίας κατακρατούνται τα στερεά σώματα (σχάρα, αμμοσυλλέκτης) και τα λίπη κι έλαια (λιποσυλλέκτης). Στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός των βαρύτερων συστατικών σε δεξαμενή καθίζησης και μετά η βιολογική επεξεργασία των λυμάτων από αερόβιους οργανισμούς, οι οποίοι "καταναλώνουν" τις οργανικές

ουσίες και τις μετατρέπουν σε απλές ανόργανες ενώσεις. Η επεξεργασία αυτή γίνεται στη δεξαμενή των περιστρεφόμενων βιοδίσκων, όπου οι βιοδίσκοι, περιστρεφόμενοι περί οριζόντιο άξονα, ευρίσκονται σχεδόν κατά το ήμισυ εμβαπτισμένοι εντός των λυμάτων. Η επιφάνεια των βιοδίσκων, πολλαπλασιασμένη από την πορώδη φάση του υλικού τους, αποτελεί το περιβάλλον εγκατάστασης των μικροοργανισμών, οι οποίοι λαμβάνουν το απαιτούμενο για τη δραστηριότητά τους οξυγόνο κατά τη φάση εξόδου τους από τα λύματα στην ατμόσφαιρα. Στη δεξαμενή των περιστρεφόμενων βιοδίσκων εισέρχεται από τη δεξαμενή καθίζησης κι η επιστρέφουσα ιλύς. Τα λύματα, μετά την ολοκλήρωση αυτού του σταδίου, οδηγούνται σε δεξαμενή καθίζησης όπου γίνεται διαχωρισμός της ιλύος και των καθαρισμένων πλέον λυμάτων τα οποία οδηγούνται στον τελικό αποδέκτη. Η πλεονάζουσα ιλύς οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία στις δεξαμενές χώνευσης ιλύος και στις κλίνες ξήρανσης ή τις ταινιοφιλτρόπρες. Ο επιτυγχανόμενος βαθμός απομάκρυνσης του BOD₅, για καλή λειτουργία της εγκατάστασης, είναι συνήθως 92% ως 98%.

Η μέθοδος επεξεργασίας με περιστρεφόμενους βιοδίσκους περιλαμβάνει τις παρακάτω μονάδες επεξεργασίας:

Μηχανική σχάρα

Αμμοσυλλέκτη

Λίποσυλλέκτη

Μετρητή παροχής

Μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης

Μονάδα περιστρεφόμενων βιοδίσκων

Μονάδα καθίζησης ιλύος

Μονάδα χώνευσης ιλύος και
Κλίνες ξήρανσης ή ταινιοφιλτρόπρεςσες.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σημαντική αξιοπιστία αποτελεσματικής λειτουργίας, μικρό κόστος λειτουργίας κι υψηλό βαθμό καθαρισμού. Αναλυτικότερα τα πλεονεκτήματα της μεθόδου των βιοδίσκων είναι τα ακόλουθα:

- Ελαχιστοποιεί την απαιτούμενη ενέργεια σε σχέση με όλες τις μέχρι τώρα αναφερθείσες μεθόδους καθαρισμού
- Απαιτεί μικρή σχετικά συντήρηση γιατί δεν υπάρχει πολύπλοκος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός
- Ελαχιστοποιεί την επιβάρυνση από θόρυβο ή οσμές
- Απαιτεί μικρό χώρο.
- Έχει μεγάλη ανοχή σε φορτία αιχμής, συνηθισμένο φαινόμενο στις περιπτώσεις τουριστικών οικισμών, χωρίς να υποβαθμίζεται η ποιότητα εξόδου των καθαρισμένων λυμάτων κι
- Έχει μικρότερη ανάγκη ρύθμισης της λειτουργίας της.

Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής αποτελεί το γεγονός ότι περιλαμβάνει μεγάλο κόστος αρχικής επένδυσης κι επιπλέον είναι σχετικά άγνωστη στη χώρα μας κι επομένως υπάρχει έλλειψη εμπειρίας σε θέματα λειτουργίας

γ)Τεχνητοί Υγρότοποι



Εικόνα 39. Κατασκευή τεχνητού υγρότοπου.

Οι φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας με χρήση τεχνητών υγροτόπων έγιναν γνωστές κι εφαρμόστηκαν την τελευταία εικοσαετία. Αρκετές ομάδες επιστημόνων ασχολήθηκαν έκτοτε πειραματικά με την επεξεργασία λυμάτων με τη μέθοδο των υγροτόπων κι έτσι αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι με αντίστοιχα διαφορετικά αποτελέσματα.

Η προτεινόμενη μέθοδος στηρίζεται στην κατακόρυφη διέλευση των λυμάτων από κλίνες-φίλτρα, που είναι και η μέθοδος με τα αποδεδειγμένα ικανοποιητικότερα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τη μέθοδο, το υλικό πλήρωσης των κλινών μετατρέπεται σε χώρο βιολογικής επεξεργασίας, κυρίως στο επάνω στρώμα, όπου και φυτεύονται κατάλληλα φυτά, τα οποία με το ρίζωμά τους αφενός μεταφέρουν οξυγόνο από την ατμόσφαιρα κι αφετέρου δημιουργούν κατάλληλους

διαύλους για τη δίοδο τόσο των λυμάτων, τα οποία έχουν προηγούμενα υποστεί πρωτοβάθμια επεξεργασία, όσο και του απαραίτητου αέρα, αφού πρόκειται για αερόβια επεξεργασία. Τα βακτηρίδια που εγκαθίστανται στην περιοχή των ριζωμάτων των φυτών επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς μείωσης του βιολογικού φορτίου σε κλίνες οποίων η επιφάνεια κυμαίνεται από 1,5 έως 2 m² ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο. Ο αναμενόμενος βαθμός επεξεργασίας της εγκατάστασης ξεπερνάει το 95%. Με την προσθήκη και λίμνης ωρίμανσης ελαττώνεται δραστικά το μικροβιακό φορτίο ενώ συγχρόνως ελαττώνεται και το περιεχόμενο στα επεξεργασμένα λύματα άζωτο.

δ) Λίμνες

Οι λίμνες διακρίνονται σε φυσικές ή τεχνητές. Στην περίπτωση που είναι τεχνητές γίνεται εκσκαφή και τοποθετείται στεγανωτική μεμβράνη πολυαιθυλενίου καθώς και μια στρώση εδάφους από επάνω για να την συγκρατεί ενώ εναλλακτικά για στεγάνωση μπορεί να τοποθετηθεί άργιλος.

Το οξυγόνο τροφοδοτείται στις λίμνες αυτές μέσω της οριακής επιφάνειας νερού αέρα και μέσω της φωτοσύνθεσης του υποβρύχιου φυτικού κόσμου. Έτσι, στην επιφάνεια κυριαρχούν αερόβιες συνθήκες ενώ στον πυθμένα αναερόβιες, ανάλογα με την επιβάρυνση σε οργανικό φορτίο. Σε αντίθεση με τις κλασικές μεθόδους, η λειτουργία τους επηρεάζεται έντονα από φυσικούς παράγοντες (κλίμα, θερμοκρασία, άνεμος, ηλιοφάνεια). Η ταχύτητα αποικοδόμησης του οργανικού φορτίου σε ρηχές λιμνοδεξαμενές είναι μεγαλύτερη από αυτή σε βαθιές λίμνες, μια και στις πρώτες υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα και ποικιλία οργανισμών που

προσφέρονται γι' αυτόν τον σκοπό. Ανάλογα με το ισοζύγιο οξυγόνου (παραγωγή + εισροή - κατανάλωση) μπορεί η λίμνη να είναι αερόβια ή αναερόβια.

Η παράμετρος σχεδιασμού τέτοιων συστημάτων είναι ο αριθμός των κατοίκων κι ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα υπολογίζεται κι η απαιτούμενη επιφάνεια των λιμνών. Έτσι, σύμφωνα με τα δεδομένα της Κεντρικής Ευρώπης, για επιθυμητή συγκέντρωση BOD₅ στην έξοδο της εγκατάστασης 20-30 mg/L, απαιτείται επιφάνεια 10 m² ανά κάτοικο ενώ για επιθυμητή συγκέντρωση BOD₅ εξόδου 30-40 /mg/L απαιτείται επιφάνεια 5 m² ανά κάτοικο. Για τα ελληνικά δεδομένα οι επιφάνειες αυτές θα μπορούσαν να είναι μικρότερες, δεδομένου ότι το κλίμα, η θερμοκρασία κι η ηλιοφάνεια είναι ευνοϊκότερα από ότι στην Κεντρική Ευρώπη. Συνήθως κατασκευάζονται 3 λίμνες σε σειρά, οι οποίες έχουν βάθος 1,0 έως 1,5 m.

Πριν από την διάταξη αυτή είναι απαραίτητη μια προεπεξεργασία για την απομάκρυνση στερεών, η οποία επιτυγχάνεται με την εσχάρωση στην είσοδο και στην συνέχεια με μια πρωτοβάθμια καθίζηση, που συνήθως είναι μια δεξαμενή Imhoff, στην οποία μαζί με την καθίζηση επιτυγχάνεται κι η αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος με μειωμένες οσμές, η οποία μπορεί να απομακρυνθεί στη συνέχεια σε κλίνες ξήρανσης.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι:

- Μεγάλη απόδοση στην απομάκρυνση οργανικού φορτίου.
- Μηδενικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
- Μεγάλοι χρόνοι παραμονής κι ως εκ τούτου ικανότητα απορρόφησης υδραυλικών και ρυπαντικών αιχμών.
- Ευκολία στην κατασκευή.

- Εναρμόνιση με το φυσικό περιβάλλον.

Τα μειονεκτήματα που παρατηρούνται είναι:

- Μεγάλη απαιτούμενη έκταση.
- Άμεση εξάρτηση από εξωγενείς παράγοντες (κλίμα, θερμοκρασία, κλπ.).
- Το πρόβλημα των οσμών είναι εντονότερο σε σχέση με τις άλλες μεθόδους.
- Μικρή σχετικά απόδοση στην απομάκρυνση θρεπτικών.

3.7.3 Επιλογή Λύσης – Αιτιολόγηση

Η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας εξαρτάται τόσο από τις απαιτήσεις για την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων όσο κι από το μέγεθος του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, Σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία, για οικισμούς μικρότερους των 10.000 κατοίκων, όπως είναι ο οικισμός Δαμασίου και για μη ευαίσθητο αποδέκτη, όπως είναι ο ποταμός Τιταρήσιος, θα πρέπει η ποιότητα των λυμάτων στην έξοδο της εγκατάστασης να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά

Πίνακας 19:

Πίνακας 19. Λύματα Εξόδου

Παράμετρος	Συγκέντρωση mg/L	Ελάχιστη Εκατοστιαία Μείωση
Βιοχημικά απαιτούμενο	25	70-90

οξυγόνο		
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο	125	75
Αιωρούμενα στερεά	60	70

Σύμφωνα με τα παραπάνω κι έχοντας υπόψη όσα προαναφέρθηκαν σχετικά με την καταλληλότητα των υπολοίπων μεθόδων επεξεργασίας για τη συγκεκριμένη περίπτωση, πρόκειται για την εφαρμογή ενός συστήματος απομάκρυνσης οργανικού άνθρακα, χωρίς απαίτηση θρεπτικών (αζώτου και φωσφόρου).

Ο ακόλουθος πίνακας 20 παραθέτει τα χαρακτηριστικά των μεθόδων επεξεργασίας που αναφέρθηκαν προηγούμενα:

Πίνακας 20. Χαρακτηριστικά των Μεθόδων Επεξεργασίας

ΜΕΘΟΔΟΙ	ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ	ΒΙΟΔΙΣΚΟΙ	ΛΙΜΝΕΣ
Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΜΕΓΑΛΟΣ	ΜΕΓΑΛΟΣ	ΚΑΘΟΛΟΥ
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΙΧΜΗΣ	ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ- ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ	ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ
ΕΞΟΔΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΥΨΗΛΑ – ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΑ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΑ	ΜΗΔΕΝΙΚΑ
ΕΞΟΔΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΜΕΤΡΙΑ - ΥΨΗΛΑ	ΥΨΗΛΑ	ΜΕΤΡΙΑ- ΥΨΗΛΑ
ΑΝΑΓΚΗ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ
ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	Η ΠΛΕΟΝ ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΗ	ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ ΜΕ ΕΠΟΧΙΑΚΑ	ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ ΜΕ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ

	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ	
ΘΟΡΥΒΟΣ	ΜΕΤΡΙΟΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ	ΑΝΥΠΑΡΚΤΟΣ

Στοιχεία λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων από ευρωπαϊκές χώρες που διαθέτουν μακροχρόνια εμπειρία και προηγμένη τεχνολογία και τεχνογνωσία είναι ότι ένα ποσοστό των συμβατικών μονάδων επεξεργασίας (κλασική μέθοδος) δεν λειτουργούν ικανοποιητικά εξαιτίας του υψηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης, τα οποία αδυνατούν να καλύψουν οι τοπικοί φορείς. Το φαινόμενο αυτό είναι εντονότερο στη χώρα μας με αποτέλεσμα οι εγκαταστάσεις υψηλής τεχνολογίας να παρουσιάζουν απόδοση χαμηλότερη από αυτήν που προδιαγράφουν εξαιτίας κακής συντήρησης και υπολειτουργίας τους για λόγους οικονομίας,

Έτσι η επιστημονική κοινότητα οδηγήθηκε σε μεθόδους που απαιτούν χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας και προσαρμόζονται καλύτερα στις ανάγκες οικισμών μικρού μεγέθους. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται σε φυσικές διεργασίες και τα συστήματα ονομάζονται φυσικά συστήματα επεξεργασίας. Ως φυσικά συστήματα καθαρισμού θεωρούνται οι λιμνοδεξαμενές σταθεροποίησης κι οι τεχνητοί υγρότοποι, κύριο πλεονέκτημα των οποίων είναι οι χαμηλές ως μηδενικές απαιτήσεις σε ενέργεια, η μη χρησιμοποίηση χημικών προσθέτων κι η εύκολη, χαμηλού κόστους, συντήρηση.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι με τον συνδυασμό φυσικών συστημάτων επεξεργασίας κι επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων

επιτυγχάνεται ικανοποιητικός καθαρισμός των λυμάτων (τουλάχιστον δευτεροβάθμιος) χωρίς H/M εξοπλισμό. Ειδικά τους θερινούς μήνες που έχουμε κι άρδευση, επιτυγχάνεται η ανακύκλωση τόσο του νερού όσο και των θρεπτικών (N, P) κι ως εκ τούτου η προστασία των αποδεκτών από ευτροφισμό, χωρίς να απαιτείται υψηλή τεχνολογία (τριτοβάθμια επεξεργασία).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι τεχνικές επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων με φυσικές μεθόδους, ενδείκνυνται για τους μικρούς κι απομονωμένους οικισμούς, όπως στην εξεταζόμενη περίπτωση. Το σύστημα της φυσικής επεξεργασίας με λίμνες απορρίπτεται στην προκειμένη περίπτωση για τους εξής λόγους:

1) Το μέγεθος των οικισμών είναι σχετικά μεγάλο για λίμνες διότι η απαιτούμενη επιφάνεια που προκύπτει είναι πολύ μεγάλη ως απαγορευτική γι' αυτή τη λύση (περίπου 30 ως 40 στρέμματα).

2) Η απαιτούμενη επιφάνεια θα πρέπει να είναι επίπεδη κι όλες οι πεδινές εκτάσεις στην περιοχή είναι αρδευόμενες και γεωργικά εκμεταλλεύσιμες.

3) Δεδομένου ότι οι εκτάσεις αυτές είναι πολύτιμες, η απαλλοτρίωση 30 ως 40 στρεμμάτων εύφορων πεδινών εκτάσεων για την κατασκευή λιμνών δεν θα ήταν σκόπιμη.

Το πρόβλημα των οσμών είναι εντονότερο σε σχέση με τις άλλες μεθόδους επεξεργασίας.

3.7.4 Συμπεράσματα

Σαν σύστημα φυσικής επεξεργασίας για τον εξεταζόμενο οικισμό επιλέγεται η μέθοδος των τεχνητών υγροτόπων. Η απαιτούμενη επιφάνεια προκύπτει από την διαστασιολόγηση των μονάδων επεξεργασίας κι από την συνεκτίμηση κάποιου

ελεύθερου χώρου ο οποίος θα υπάρχει μεταξύ των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας.

Σε αντίθεση με την κλασική εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων αυτού του μεγέθους, με την εφαρμογή της μεθόδου των τεχνητών υγροτόπων είναι δυνατή η σταδιακή επέκταση της εγκατάστασης. Αυτό δεν ισχύει βέβαια για τα έργα εισόδου, τη δεξαμενή Imhoff και τις λίμνες ωρίμανσης, τα οποία κατασκευάζονται εξαρχής για την 40ετία. Ισχύει όμως για τις κλίνες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας και για τις κλίνες ξήρανσης ιλύος, που καταλαμβάνουν και το μεγαλύτερο ποσοστό επιφάνειας μέσα στην εγκατάσταση. Έτσι, σε περίπτωση αύξησης των αναγκών είναι σχετικά εύκολη η προσθήκη μίας ή περισσοτέρων κλινών σε μια υφιστάμενη σειρά κλινών.

Τα επεξεργασμένα λύματα μιας κλασικής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση, αφενός γιατί η απολύμανση γίνεται με χλώριο, το οποίο είναι ανεπιθύμητο κι αφετέρου διότι δεν προβλέπεται λιμνοδεξαμενή. Έτσι η λίμνη ωρίμανσης της μεθόδου των τεχνητών υγροτόπων αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για την προετοιμασία αρδευτικού νερού για τους εξής λόγους:

1) Παρέχει περαιτέρω απομάκρυνση στερεών κι οργανικού φορτίου, με αποτέλεσμα τα επεξεργασμένα λύματα να έχουν μια ποιότητα ανώτερη από αυτή που προδιαγράφεται από τα όρια εκροής που επιβάλει η νομοθεσία.

2) Συμβάλλει στην απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών με τη βοήθεια του ήλιου και του μεγάλου χρόνου παραμονής των επεξεργασμένων λυμάτων σ' αυτήν και χρησιμεύει σαν δεξαμενή αποθήκευσης του προς άρδευση νερού.

Όσον αφορά στην ιλύ που παράγεται σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, μπορεί αυτή υπό προϋποθέσεις να διατεθεί στη γεωργία. Δεδομένου ότι η βασικότερη προϋπόθεση είναι ο περιορισμός των ανεπιθύμητων περιεχόμενων στοιχείων στην ιλύ, η ποιότητα της παραγόμενης ιλύος από μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων με τεχνητούς υγροτόπους είναι σαφώς ανώτερη συγκριτικά με αυτήν της παραγόμενης ιλύος από μια κλασική εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων για τους εξής λόγους:

- Είναι απαλλαγμένη από χημικά κροκιδωτικά, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στις κλασικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος.
- Η ύπαρξη υδροχαρών φυτών στις κλίνες επεξεργασίας (των λυμάτων αλλά κυρίως της ιλύος) συμβάλλει ουσιαστικά στην προσρόφηση ανεπιθύμητων μετάλλων.
- Ο μεγάλος χρόνος παραμονής της ιλύος στη δεξαμενή Imhoff έχει σαν αποτέλεσμα τη δραστική μείωση του περιεχόμενου οργανικού φορτίου αυτής (πλήρης χώνευση).

Εκτός από τα πλεονεκτήματα των τεχνητών υγροτόπων που αναφέρθηκαν μέχρι εδώ, αξίζει να τονισθεί ακόμη μια φορά ότι αυτού του τύπου η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων εναρμονίζεται καλύτερα με το φυσικό περιβάλλον, δεν προκαλεί θόρυβο και γενικά μπορεί να αποτελέσει πόλο έλξης επισκεπτών με σκοπό την ευαισθητοποίηση των πολιτών σε θέματα προστασίας περιβάλλοντος.

4 Συζήτηση

4.1 Σύγκριση Μεταξύ των Μεθόδων

Η επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης δεν γίνεται βάση κάποιας καθορισμένης μεθοδολογίας, αλλά θα πρέπει να καλύπτουν το μεγαλύτερο φάσμα ικανοποίησης των στόχων που θα τεθούν.

Η επιλογή των κριτηρίων αυτών στηρίχθηκε στην τήρηση πέντε (5) βασικών αρχών: της πληρότητας, της λειτουργικότητας, της ανεξαρτησίας, της απουσίας πλεονασμών και του ελαχίστου μεγέθους. Η κάθε μέθοδος θα αξιολογηθεί σύμφωνα με τη συμπεριφορά της σε δύο (2) μεγάλες ανεξάρτητες κατηγορίες **γενικών κριτηρίων** (1^ο επίπεδο κριτηρίων):

την Κατηγορία Α, η οποία αφορά χωροταξικά, τεχνολογικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια και

την Κατηγορία Β, η οποία αφορά κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης. (Κούγκολος, 2000).

Χωροταξικά

Με τα κριτήρια αυτά αξιολογείται το σύστημα διάθεσης υγρών αποβλήτων με βάση την παράμετρο του χώρου. Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης του βιολογικού καθαρισμού καθορίζεται από διάφορα κριτήρια όπως:

Αισθητικά κριτήρια (χαρακτήρας της περιοχής, π.χ. τουριστική, προστατευόμενη περιοχή, βιοτεχνική και βιομηχανική δραστηριότητα κ.λ.π.)

η ύπαρξη φυσικού αποδέκτη

η διαθεσιμότητα κατάλληλου χώρου (οι χρήσεις γης, το ιδιοκτησιακό καθεστώς κ.λ.π.)

το τοπογραφικό ανάγλυφο

η προσβασιμότητα της περιοχής

η ελάχιστη απόσταση από τα όρια του εξυπηρετούμενου οικισμού.

Τεχνολογικά

Ο παράγοντας της τεχνολογίας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος διάθεσης υγρών αποβλήτων προσδιορίζουν την ευελιξία και τη λειτουργικότητα του. Η ευελιξία στην αλλαγή της ποσότητας και της σύστασης των λυμάτων, η πολυπλοκότητα της διαδικασίας, η διαθέσιμη τεχνογνωσία, η ασφάλεια και η απόδοση του συστήματος, αποτελούν τα υποκριτήρια που αξιολογούνται στο πεδίο αυτό.

Περιβαλλοντικά

Σε κάθε παρέμβαση η περιβαλλοντική διάσταση είναι πλέον αναγνωρισμένη και λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στη λήψη αποφάσεων. Ειδικότερα, εξετάζονται οι επιπτώσεις κάθε εναλλακτικού σεναρίου στην προστασία του αέρα και των υδάτων, στο θέμα διαχείρισης ιλύος, στην εξοικονόμηση ενέργειας, η επίδραση των κλιματολογικών παραγόντων στη διαδικασία της επεξεργασίας, η απαίτηση σε χημικά, το πρόβλημα οχλήσεων και βουβού κ.λ.π.

Κοινωνικά

Ορισμένες μόνο τεχνολογίες διάθεσης υγρών αποβλήτων είναι πλέον γνωστές και ως μέθοδοι επεξεργασίας ενεργού ιλύος, άλλες λιγότερο και άλλες καθόλου, δεδομένου ότι λειτουργούν πιλοτικά. Είναι ευνόητο ότι, η κοινωνική αποδοχή κάποιων συστημάτων που δεν έχουν ευρεία χρήση και δεν είναι γνωστές οι επιπτώσεις τους θα συναντούσε πολλές δυσκολίες. Έτσι, η κοινωνική αποδοχή θεωρήθηκε σημαντικός παράγοντας για τις εγκαταστάσεις διάθεσης υγρών

αποβλήτων, όπως και τα διάφορα κοινωνικά οφέλη (π.χ. απασχόληση από γειτονικές περιοχές) από τη λειτουργία τους.

Οικονομικά

Η εξασφάλιση της οικονομικής βιωσιμότητας και η εκτίμηση της σχέσης Κόστους Οφέλους αποτελεί ένα βασικό εάν όχι το βασικό μέρος της αξιολόγησης κάθε επένδυσης. Ειδικότερα, στην περίπτωση κάποιων επενδύσεων από δημόσιους φορείς βαρύνουσα θέση έχει η κοινωνική αξιολόγηση.

Μέθοδος της ενεργού ιλύος κρίνεται μη βιώσιμη λόγω του υψηλού κόστους επένδυσης και λειτουργίας, σε μικρές εγκαταστάσεις μέχρι 2000 κατοίκων ΙΠ. Αποτελεί όμως στην πράξη την πρώτη επιλογή (για τους ΟΤΑ κυρίως), αφού πρόκειται για μέθοδο ευρέως διαδεδομένη, με καλή τεχνογνωσία και αξιόπιστη.

Μέθοδος των βιόδισκων) προκρίνεται στις περισσότερες εναλλακτικές επιλογές των συντελεστών βαρύτητας για τους εμπλεκόμενους φορείς, αφού εμφανίζει υπεροχή στα περισσότερα κριτήρια (χωροταξικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά). Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει εξαιρετική ευελιξία, με τις ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είναι αξιόπιστη, έχει χαμηλό λειτουργικό κόστος, δεν απαιτεί μεγάλες υποδομές, εξειδικευμένο προσωπικό και μεγάλη έκταση.

μέθοδος τεχνητών υγροτόπων) εξαντλεί τις δυνατότητες του στις δυναμικότητες αυτές που εξετάζονται, αφού οι απαιτήσεις σε χώρο είναι μεγάλες, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι δύσκολο να προσδιοριστούν ειδικά σε μεγάλες δυναμικότητες.

4.2 Σύγκριση των Μεθόδων με Βάση το Κόστος

Στον πίνακα παρουσιάζεται το κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο για το συνολικό κόστος 40 χρόνων λειτουργίας της μονάδας, για δυναμικότητες μονάδων 100 I.K., 1000 I.K., 5000 I.K., 10000 I.K., και 20000 I.K. στις διάφορες μεθόδους επεξεργασίας. Παρατηρούνται θετικές οικονομίες κλίμακας οι οποίες είναι πολύ ισχυρές μέχρι τις 5000 I.K., ιδιαίτερα για τα συμβατικά συστήματα.

Ομοίως στους πίνακες 20 και 21 παρουσιάζεται το κόστος κατασκευής ανά ισοδύναμο κάτοικο και το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανά I.K. αντίστοιχα.

Πίνακας 21. Συνολικό Κόστος ανά ισοδύναμο κάτοικο (Μ. Γράτζιου 2005)

Μέθοδος Επεξεργασίας I.K.	Παρούσα Αξία Συνολικού Κόστους ανά I.K (Ευρώ/I.K)				
	100	1000	5000	10000	20000
Οξειδωτική Τάφρος	14300	1950	598	390	281
Βιολογικό Φίλτρο	13900	1900	582	381	268
Βιολογικοί Δίσκοι	13900	1820	530	397	270
Compact SBR	6395	1024	460	387	350
Λίμνες Σταθεροποίησης	6010	110	366	255	187
Υγρότοπος-Λίμνη	4107	729	352	300	267
Υγρότοπος-Χλωρίωση	5905	976	434	336	290

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των τιμών συνολικού κόστους, παρατηρούμε ότι:

- Αύξηση της δυναμικότητας αντιστοιχεί σε μείωση του κόστους ανά m^3 λυμάτων ή ανά ισοδύναμο κάτοικο.

- Η επεξεργασία των λυμάτων με φυσικές μεθόδους είναι σε κάθε περίπτωση η οικονομικότερη πρόταση για μικρούς οικισμούς.

- Η σειρά οικονομικότερης κατάταξης, που παρουσιάζεται στον μεταβάλλεται ανάλογα με την δυναμικότητα.

Για δυναμικότητες έως 5000 I.K. οι τεχνητοί υγρότοποι με λίμνη είναι η πιο οικονομική πρόταση στο σύνολο των χρόνων λειτουργίας.

Αν χρησιμοποιηθεί χλωρίωση ως μέθοδος απολύμανσης τότε:

- το συνολικό κόστος θα είναι αυξημένο κατά 33,7%,
- η κατασκευή κατά 43% και
- το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης κατά 28%.

Ένα σύστημα λιμνών σταθεροποίησης αυξάνει το συνολικό κόστος κατά 28%.

Η μέθοδος επεξεργασίας με Compact SBR αυξάνει συνολικό κόστος περίπου κατά 40%, ενώ το κόστος κατασκευής για δυναμικότητα έως 2000 I.K. είναι σχεδόν διπλάσιο, αλλά για μεγαλύτερη δυναμικότητα δεν έχει σημαντικές διαφορές (Γράτζου Μ., 2005).

Τα συστήματα με Βιολογικούς Δίσκους:

- διπλασιάζουν το συνολικό κόστος, ενώ για δυναμικότητα έως 2000 I.K το κόστος είναι τριπλάσιο.
- το κόστος κατασκευής είναι τριπλάσιο ενώ

- το κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης είναι ελαφρώς μειωμένο.
- Στην επεξεργασία με Βιολογικό Φίλτρο το συνολικό κόστος είναι σχεδόν 2,5 φορές μεγαλύτερο.

Η Οξειδωτική Τάφος, για αυτές τις δυναμικότητες, αποτελεί την πιο ακριβή επιλογή:

- το συνολικό κόστος είναι 2,5 φορές αυξημένο και
- το κόστος κατασκευής τριπλάσιο.
- Για μεγαλύτερες δυναμικότητες έως και 20000 I.K. την πιο οικονομική επιλογή αποτελούν οι λίμνες σταθεροποίησης.

Ακολουθούν τα συστήματα Τεχνητών Υγροτόπων με λίμνη Σταθεροποίησης με αύξηση:

- του συνολικού κόστους κατά 10-20%, ανάλογα με την δυναμικότητα.
- του κόστους κατασκευής περίπου κατά 30% έως και 60%, ενώ
- το κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης είναι μειωμένο κατά 5%.
- Όταν χρησιμοποιείται χλωρίωση σαν απολύμανση
- το κατασκευαστικό κόστος αυξάνει κατά 7% ενώ
- το ετήσιο κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης αυξάνει 34%.
- το συνολικό κόστος είναι αυξημένο κατά 12%.

Η χρήση των Βιολογικών Φίλτρων σαν μέθοδος επεξεργασίας επιφέρει αύξηση:

- στο συνολικό κόστος κατά 45-55%,
- στο κατασκευαστικό κόστος 40-60% και
- στο κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης 67% περίπου.

Η Οξειδωτική Τάφος αυξάνει:

- το συνολικό κόστος 50-60%,
- το κόστος κατασκευής 30-55% ενώ
- το κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης διπλασιάζεται.

Η επεξεργασία με Βιολογικούς Δίσκους αυξάνει:

- το συνολικό κόστος κατά 45-65%,
- το κατασκευαστικό κατά 30-60% και
- το κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης περίπου κατά 60%.

Για δυναμικότητα από 8000 I.K. έως 20000I.K. η επεξεργασία με Compact S.B.R. αποτελεί την πιο ακριβή επιλογή:

- το συνολικό κόστος είναι αυξημένο από 50% έως και 85%,
- το κόστος κατασκευής από 20% έως 40%.
- το κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης είναι 2,5 φορές μεγαλύτερο.

Σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, των εξεταζομένων μεθόδων επεξεργασίας, η ταξινόμηση κατά αύξουσα σειρά είναι:

- Οι λίμνες Σταθεροποίησης και τα συστήματα Τεχνητών Υγροτόπων με λίμνη που έχουν μηδαμινή κατανάλωση,
- Τεχνητοί Υγροτόποι με Χλωρίωση.
- Τα Βιολογικά Φίλτρα με αυξημένη κατανάλωση κατά 5% έναντι των Τεχνητών Υγροτόπων με Χλωρίωση.
- Οι Βιολογικοί Δίσκοι με αυξημένη κατανάλωση κατά 15%,
- Η Οξειδωτική Τάφρος με αυξημένη κατανάλωση κατά 65%
- τα Compact S.B.R. (Sequential Batch Reactor) τα οποία έχουν 55% μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση από αυτήν της Οξειδωτικής Τάφρου.

Με βάση τα παραπάνω αποδεικνύεται ότι η λήψη αποφάσεων ως προς την διαχείριση και επεξεργασία των αστικών αποβλήτων είναι πολυπαραγοντική. Καθορίζεται από παράγοντες που μερικές φορές είναι αστάθμητοι π.χ. κοινωνικούς, με συνέπεια να απαιτεί πολύ καλό προγραμματισμό και οργάνωση.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

Agelakis A. N., Tsagarakis K. P. Paranychianakis N.V., Asana T. , 2002 ‘Regional Symposium on Water Recycling in Mediterranean Region, Iraklio. Ayers R.S., D.W., Westcot, 1985, ‘Water Quality for Agri-culture’ FAO, Rome

Karl & Klaus Imhoff: , 1992, Μετάφραση Ν. Κουτσόπουλου, ‘Η Αποχέτευση των Πόλεων και Επεξεργασία των Υγρών Αποβλήτων’ Εκδόσεις ΤΕΕ.

Metcalf & Eddy. ,2003, ‘Wastewater Engineering: Treatment and Reuse’, Fourth Edition Mc Graw-Hill.

WHO, ,1989 ‘Health Guidelines for Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture’ World Health Organization, Technical Report Series 780.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αγγελάκης Α. Ν., Γ. Τσχοπανόγλου, 1995 , ‘Υγρά Απόβλητα, Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτησης, Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση Εκροών’, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.

Αγγελάκης Α. Ν., Διαμαντόπουλος Ε. , 1999, ‘Διαχείριση Αστικών Αποβλήτων και Στερεών Αποβλήτων’, Εκδόσεις ΕΛΕΥΑ, Λάρισα.

Αγγελάκης Α. Ν., Κ. Π. Τσαγκαράκης, , 2000 ‘ Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων’ , ΥΠΕΧΩΔΕ.

Ανδρεαδάκης Α., Δ, Μαμάης, 1997, ‘Απολύμανση Λυμάτων με Υπεριώδη Ακτινοβολία’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων’, Θεσσαλονίκη.

Αντωνόπουλος Β., 1997, ‘ Διάθεση και Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων στο Έδαφος με Άρδευση’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων’, Θεσσαλονίκη.

Αντωνόπουλος Β., , 2003 ‘Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων’, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.

Αυγητίδης Β., Ε. Κατσώνης Ε. , 1998, ‘Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων με Χρήση Τεχνητών Υγροτόπων’ , ΤΕΕ.

Βαβίζος Γ. , Μερτζάνης Α. , 2003, ‘Περιβάλλον’, Εκδόσεις Παπασωτηρίου 2^η Έκδοση.

Βογιατζής Σ. Ζ. , 1995, ‘Συστήματα Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων και Βοηρολυμάτων. Αθήνα.

Γιαννόπουλος Π. , 1997, ‘Εφαρμογές Συστημάτων Διάθεσης σε Φυσικούς Αποδέκτες’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων’, Θεσσαλονίκη.

Γράτζου Μ., 2005, ‘Αξιολόγηση Συστημάτων Επεξεργασίας Λυμάτων Μονάδων Μικρής Δυναμικότητας’, Πρακτικά ημερίδας ΔΕΥΑ Καρδίτσας.

Γρηγορόπουλος Σ. , 1997, ‘Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων’, Θεσσαλονίκη.

Γείτονας Α. , 1996, ‘Επεξεργασία Βιολογικών Ιλύων’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Σχεδιασμός και Λειτουργία Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας και Διάθεσης λυμάτων’, Αθήνα.

Διαμαντίδης Γ., Κεραμίδας Β., Αράπογλου Α., ‘Κώδικα Ορθής Χρησιμοποίησης της Επεξεργασίας ιλύος των Βιολογικών Σταθμών Αστικών Λυμάτων στη Γεωργία’, Ο.Α.Θ., Θεσσαλονίκη.

ΕΤΕΘ Α.Ε. , 1997 ‘Μελέτη Επεξεργασίας και Διάθεσης Λυμάτων και Υγρών Αποβλήτων Περιοχής Πόλης Λάρισας, Τεχνική Έκθεση, Οριστική Μελέτη’, Θεσ/νίκη, 1987.

Ζαλίδης Γ., Γ. Χατζηγιαννάκης, ‘Τεχνητοί Υγρότοποι ως Μέσο Μείωσης Ρυπαντικού Φορτίου’, ΤΕΕ, 1998.

Ζησοπούλου Ε., 2005, ‘Αποχέτευση Λυμάτων ΟΤΑ Λίμνης Πλαστήρα Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων’, Πρακτικά ημερίδας ΔΕΥΑ Καρδίτσας

Καλδής Σ., 1998 ‘Επεξεργασία Ειδικών Λυμάτων με Μεμβράνες’, ΤΕΕ.

Καράνης Π. , 1997, ‘Εφαρμογές νέων τεχνολογιών στην Επεξεργασία Νερού Ελάττωση παρασίτων με Φίλτρα’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων’, Θεσσαλονίκη.

Καρβούνης Σ. Δ., Δ. Γεωργακέλλος. ‘Διαχείριση του Περιβάλλοντος Βιώσιμη Ανάπτυξη’ Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα, 2003.

Κατσίρη Α. , 1996, ‘Ωφέλιμη Διάθεση της Ιλύος’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Σχεδιασμός και Λειτουργία Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας και Διάθεσης λυμάτων’, Αθήνα.

Κεφαλάκης Ν., 2005, ‘Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων με Φυσικά Συστήματα’, Πρακτικά ημερίδας ΔΕΥΑ Καρδίτσας.

Κολοκυθά Ε., Μυλόπουλος Γ., Παπαδημητρίου Γ. και Τολίκας Δ., 1997, Ο κοινωνικός παράγοντας στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων’, Τεχνικά Χρονικά.

Κούγκολος Α. , 2000, ‘Μετρολογία και Τεχνικές Περιβάλλοντος’ Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος ‘Μετρολογία και Τεχνικές Περιβάλλοντος’ τμήμα ΠΣΕ Διαχείριση Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Κούγκουλος Α., 2006 ‘Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική’ Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Κυριαζοπούλου Ι. Μ., 2005 ‘Βασικές Αρχές Τεχνητών Υγροτόπων’ Θεσσαλονίκη

Κουζέλη Α. 1997, ‘Διάθεση Υγρών Αποβλήτων σε Κλειστούς Αποδέκτες’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων’, Θεσσαλονίκη.

Κουϊμτζή Θ., Κ. Φυτιάνου, Κ. Σαμαρά – Κωνσταντίνου, 1998, ‘ Χημεία Περιβάλλοντος’, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Λέκκας Θ. , 2001, ‘Περιβαλλοντική Μηχανική II Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων’ Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Λεπτίδου Ν. , 1997, ‘Εφαρμογές Φυσικών Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων’, Θεσσαλονίκη.

Μαλλιάρης Θ. Χ. , 2000, ‘Περιβάλλον Ρύπανση Τεχνικές Αντιρρύπανσης’, Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Μαρκαντωνάτος Π. Γ, 1984. 'Στοιχεία Υγιεινής Περιβάλλοντος και Υγειονομικής Μηχανικής', Αθήνα.

Μαρκαντωνάτος Γ. , 1990, 'Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων', Β Έκδοση Αθήνα.

Μήτρακας Μ., 2001, 'Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού' 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Μιχαλοπούλου Χ., Σ. Ρέκκας. , 1999, 'Περιβάλλον Νομοθεσία' Β Έκδοση Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.

Μπακάλης Ν., Μαρκαντωνάτος Π., 'Μελέτη Αναβάθμισης Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Λάρισας', Προμελέτη Έργου, Αθήνα.

Μπέλτσιος Σ. Παπακωνσταντίνου Α., 2000, 'Ποιότητα των νερών του Ποταμού Πηνειού' Εκθέσεις για τα έτη1988-1996, ΔΕΥΑΑ, Λάρισα.

Παπαδόπουλος Α., Παπαδόπουλος Φ., 'Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων με Δεξαμενές Σταθεροποίησης' ΤΕΕ, 1998.

Παπαδόπουλος Α., Παπαδόπουλος Φ., Βαφειάδης Π. , 1997 , 'Επαναπλήρωση του υδροφορέα με Επεξεργασμένα Αστικά Λύματα για την αντιμετώπιση της Εδαφικής Καθίζησης της Περιοχής Καλοχωρίου Ν. Θεσσαλονίκης', Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα 'Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων', Θεσσαλονίκη.

Παρισόπουλος Γ. ,Παπαδόπουλος Γ. ,Σαπουτζάκης Γ.,2005, 'Σύγχρονες Προσεγγίσεις Σχεδιασμού Τεχνητών Υγρότοπων Εφαρμογή σε δύο έργα στις Πρέσπες' Πρακτικά ημερίδας ΔΕΥΑ Καρδίτσας.

Ραφαηλίδης Α., , 1998, 'Απολύμανση Επεξεργασμένων Αστικών Λυμάτων με όζον και UV', ΤΕΕ.

Στάμου Ι.Α., Ζ. Σ. Βογιατζής. , 1994 'Βασικές Αρχές και Σχεδιασμός συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων, 2^η Έκδοση, ΤΕΕ, Αθήνα.

Στάμου Ι.Α. , 1995, 'Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων', Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Στάμου Α., 1997, 'Διάθεση αποβλήτων σε Ποτάμια', Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα 'Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων', Θεσσαλονίκη.

Τσαγκαράκης Κ., Γ. Διαλυνάς, Α. Αγγελάκης, 1997, 'Δυνατότητα Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Αστικών Υγρών Αποβλήτων Διεθνή και Τοπική Εμπειρία', Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα 'Συστήματα Διάθεσης και Επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων', Θεσσαλονίκη.

Τσακίρης Γ., ‘Υδατικοί Πόροι, 1995, Ι. Τεχνική Υδρολογία’, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Τσαντήλας Χ., Σαμαράς Β. , 1994, ‘Χρήση Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων για Άρδευση και Λίπανση Γεωργικών Καλλιεργειών’ Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε., Λάρισα.

Χριστούλας Δ. Tebbutt T.H.Y., Ξανθόπουλος Θ. , 1983, ‘Μελέτη Επεξεργασίας και Διάθεσης Λυμάτων και Υγρών Αποβλήτων Περιοχή Πόλη Λάρισας, Αθήνα.

Χριστούλας Δ. , 1996, ‘Όροι Διάθεσης Λυμάτων σε Επιφανειακά Ύδατα’, Πρακτικά Συνεδρίου της Ε.Π.Ε.Τ II με θέμα ‘Σχεδιασμός και Λειτουργία Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας και Διάθεσης λυμάτων’, Αθήνα.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 1993, «Οχλήσεις και περιβαλλοντικές επιπτώσεις από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων και αντιμετώπιση αυτών», Ομάδα Εργασίας, Αθήνα.

Υπουργική Απόφαση ΟΙΚ 5673/4000/97, 1997, «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων», Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Τεύχος Β', Φύλλο 192, Εθνικό Τυπογραφείο, Αθήνα

Υπουργική Απόφαση 19661/1982, Τροποποίηση της 5673/4000/1997 Κοινής Υπουργικής Απόφασης, 1999, «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων» - Κατάλογος ευαίσθητων περιοχών για τη διάθεση αστικών λυμάτων σύμφωνα με το άρθρο 5 (παρ. 1) της απόφασης 11, Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Τεύχος Β', Φύλλο 1811, Εθνικό Τυπογραφείο, Αθήνα.

Ηλεκτρονική Βιβλιοθήκη

<http://europa.eu/int>

[www. Aquamax.net](http://www.Aquamax.net)

www. Stamos.gr

6. ABSTRACT

The increase of population, the fast urbanisation, the of lack local and time balance between the water reserves and the consumption of water, resulted in a lot of countries, like Greece, showing not only negative water balances, but also problems of pollution and devalorisation of water resources.

In order for the water to be managed and protected for the next generations, a new management of water resources is essential. Such a new approach involves the application of viable management of water resources via the growth of decentralised circles of use treatment and reuse of water.

The aim of present Postgraduate Thesis is the presentation of necessity of decentralised management of humid waste. The re-use of processed flow and the saving of water, that is imposed with strict terms by the European Legislation, led to the growth and development of alternative systems that combine bigger output in the degree of treatment and simultaneously saving of operation and easier maintenance compared to the conventional methods. These systems rely on the same basic principles of treatment (primary treatment, secondary treatment, tertiary treatment), however they present important advantages against conventional methods. Their main advantages concern a) the decreased cost of operation and maintenance, b) the possibility of confrontation of situations of hydraulic and organic overcharge, c) the high degree of attribution of treatment so that the re-use of flow is possible and d) their possibility of extension simply, fast and

economically.

The usual practice that was applied for the management of wastewater in urban regions was the manufacture of extensive networks of sewerage for the collection and transport of total outcast and their treatment in central installations of treatment of wastewater. These installations were drawn and functioned almost exclusively with the method of activated sludge of extended airing. However the need of the growth of different systems of management and different practice in the treatment of wastewater was just detected the last three decades when it was revealed that in America more than 7000 small communities were found in such regions (removed, regions with negative bents) that they could not be covered by central systems of treatment. Most of these units had problems of quality of waters and public health. Moreover, during the operation of central units of treatment, particularly in those served regions with a small number of residents (under 60000), had been observed great number of problems.

The method of treatment of humid waste with constructed wetland offers an effective alternative solution to the treatment of wastewater combining a lot of advantages. It completely replaces traditional biological treatment providing higher attribution of operation, while at the same time it is friendly to the environment and at the same time economical. This method is a natural method of cleaning that is based on the self-adjusting activities of active territorial systems. In the same way in which the water in the nature penetrates the soil, flows at length of roots, filtered by in succession layers of sand and gravel and it is cleaned by micro-organisms, the evolved systems of cleaning with plants exploiting this attribute of nature use a combination of mechanic and biological resources for the treatment of waste. The

method of constructed wetlands has an advantage against the other, as it also includes tertiary treatment with a percentage of profit of 60% of flow that can be developed for irrigation, while simultaneously it is the friendliest to the environment method, as the energy requirements for its operation are minimal and it presents harmonious adaptation in the natural landscape. The only disadvantage of the method of constructed wetlands is the big surface that is required for their installation. It refers to the applications of constructed wetlands not only in the Hellenic space but also in countries of Europe. A proposed application in the space of Thessaly is also presented.

KEY – WORDS: wastewater treatment, primary treatment, secondary treatment, tertiary treatment, constructed wetlands.