



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ



**Επεξεργασία υγρών αποβλήτων με τη χρήση τεχνητού υγροβιότοπου
με σκοπό την αποφυγή ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σγουρού Ζαμβία

Επιβλέπων : Καθηγητής Γεώργιος Σταυρουλάκης

ΧΑΝΙΑ 2019



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επεξεργασία υγρών αποβλήτων με τη χρήση τεχνητού υγροβιότοπου με σκοπό την αποφυγή ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

Επιβλέπων : Καθηγητής Σταυρουλάκης Γιώργος

Επιτροπή: Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Κατσίβελα Ελευθερία
Αξιολόγησης Νέος Διδάκτορας Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη

Ημερομηνία παρουσίασης

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 73

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	7
1.1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ.	7
1.2. ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.	7
1.3. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΩΑ.	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	11
2.1. ΓΕΝΙΚΑ.	11
2.1.1. ΒΡΑΔΕΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.	11
2.1.2. ΤΑΧΕΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.	12
2.1.3. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ.	12
2.1.4. ΛΙΜΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ.	13
2.1.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝΤΩΝ ΥΔΡΟΧΑΡΩΝ ΦΥΤΩΝ.	13
2.1.6. ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ.	14
2.2. ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ.	14
2.2.1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ.	14
2.3. ΦΥΣΙΚΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ.	15
2.4. ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ.	17
2.4.1. ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΡΟΗΣ.	19
2.4.2. ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ.	19
2.4.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ - ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΡΥΠΩΝ.	21
2.5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ.	22
2.6. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ.	23
2.7. ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ	25
3.1. ΓΕΝΙΚΑ.	25
3.1.1. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ BOD/ΑΝΘΡΑΚΑ.	25
3.1.2. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΟΛΙΚΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ.	26
3.1.3. ΚΑΘΙΖΗΣΗ.	26
3.1.4. ΦΙΛΤΡΑΝΣΗ / ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ.	26
3.1.5. ΕΠΑΝΑΙΩΡΗΣΗ.	27
3.2. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΖΩΤΟΥ.	27
3.2.1. ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΑΖΩΤΟ.	27
3.2.2. ΑΜΜΩΝΙΑΚΟ ΑΖΩΤΟ.	27
3.2.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ.	28
3.2.4. ΝΙΤΡΙΚΟ ΑΖΩΤΟ.	28
3.2.5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ.	28
3.3. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.	28
3.3.1. ΦΥΣΙΚΟΙ – ΧΗΜΙΚΟΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΙ.	29
3.3.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ.	29
3.4. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ.	30
3.5. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ.	31

3.6.	ΑΛΛΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.	31
------	--------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΡΥΠΑΝΣΗ – ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ	33
---	-----------

4.1.	ΓΕΝΙΚΑ.	33
4.1.1.	ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ.	33
4.1.2.	ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΑΛΑΤΑ(ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ).	34
4.1.3.	ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΤΙΚΑ.	34
4.1.4.	ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.	35
4.1.5.	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΛΥΝΣΗ.	35
4.2.	ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.	36
4.3.	ΦΥΣΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ.	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	39
----------------------------------	-----------

5.1.	ΓΕΝΙΚΑ – ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ – ΟΡΙΣΜΟΙ.	39
5.2.	ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.	39
5.2.1.	ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.	39
5.2.2.	ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.	40
5.2.3.	ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.	40
5.3.	ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ.	40
5.3.1.	ΣΤΟΧΟΙ ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ.	40
5.4.	ΜΟΝΑΔΑ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ ΟΣΜΑΕΡΙΩΝ ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ.	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ ΓΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	43
---	-----------

6.1.	ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.	43
6.2.	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ.	43
6.3.	ΠΡΟΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.	44
6.4.	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.	44
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.	49
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.	

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο φυσικό πόρο του πλανήτη μας και είναι απαραίτητος για τη κάλυψη των βασικότερων αναγκών επιβίωσης. Είναι ίσως ο μόνος φυσικός πόρος που συμβαδίζει με το βιοτικό επίπεδο και την παραγωγή του πολιτισμού.

Είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση που αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο (H₂O). Στη φύση συναντάται και στις τρεις καταστάσεις της ύλης: υγρό (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών), στερεό (πάγος, χιόνι) και αέριο (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα).

Η αξία του νερού για τη ζωή μας στον πλανήτη είναι ανυπολόγιστη. Η ύπαρξη αρκετού και καλής ποιότητας νερού είναι προϋπόθεση για την επιβίωση του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης ζωής. Το νερό είναι κοινωνικό και οικονομικό αγαθό, απαραίτητο για την υγεία, την οικονομική ανάπτυξη, την κοινωνική ευημερία, την πολιτιστική και θρησκευτική ζωή.

Ο φυσικός αυτός πόρος θεωρείται ανανεώσιμος φυσικός πόρος που δεν εξαντλείται και ανανεώνεται συνεχώς. Όμως η λανθασμένη διαχείριση του μπορεί να τον μετατρέψει από ανανεώσιμο σε εξαντλήσιμο. Έτσι τα ύδατα υποβαθμίζονται με την μόλυνση σε βαθμό που να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο, στην ουσία εξαντλεί ένα ανανεώσιμο φυσικό πόρο.

Ένα πρωταρχικό μέσο υποβάθμισης του περιβάλλοντος είναι τα απόβλητα (στερεά και υγρά) τα οποία αποτελούν ένα όλο και σοβαρότερο περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα για όλες τις σύγχρονες οικονομίες.

Ο όγκος των αποβλήτων αυξάνει με ρυθμούς ανάλογους ή και ενίοτε μεγαλύτερους από την οικονομική ανάπτυξη. Ο τρόπος παραγωγής και χειρισμού των αποβλήτων (στερεών ή υγρών) επηρεάζει όλους μας και η παραγωγή και διαχείριση των αποβλήτων συνδέεται στενά με τον τρόπο κατά τον οποίο χρησιμοποιούμε τους πόρους.

Η υπερβολική ποσότητα παραγόμενων αποβλήτων αποτελεί ένδειξη ασύμφορης χρήσης των φυσικών πόρων. Η ανάκτηση των ενσωματωμένων υλικών και ενέργειας στα απόβλητα, μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη χρήση των πόρων.

Για την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας είναι απαραίτητες οι θεμελιώδεις γνώσεις των χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων, της επίδρασής τους στο περιβάλλον, των μεθόδων επεξεργασίας που μπορούν να εφαρμοστούν για την απομάκρυνση και την εξουδετέρωση αυτών των συστατικών και των μεθόδων για την αξιοποίηση ή την ασφαλή διάθεση των στερεών που παράγονται κατά την επεξεργασία τους. Η επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί ένα σημαντικό μέτρο για τον περιορισμό των επιπτώσεων από τη διάθεσή τους.

Abstract

Wastewater treatment using an artificial wetland to control ground water pollution.

Water is probably the most important natural resource on our planet and it is necessary to meet our basic survival needs. It is perhaps the only natural resource essential to our standard of living and growth of our culture.

Water is the most widespread chemical compound, composed of hydrogen and oxygen (H₂O). In nature, it is found in three forms liquid (water from springs, rivers, seas), solid water (ice and snow) and gas (water vapor in the atmosphere).

The value of water for life on our planet is immeasurable. Sufficient good quality water is a prerequisite for human life. Water is a social and economic commodity essential to health, economic development, social well-being and cultural and religious life.

This natural resource is considered a renewable one that is not exhausted and constantly renewed: its mismanagement can turn it from renewable to exhaustible. So water can be degraded to the extent that it can't be used by man, in fact man can exhaust a renewable natural resource.

A primary mean of degrading the environment is waste (solid and liquid), which is an increasingly serious environmental, social and economic problem for all modern economies.

The volume of wastes increases at rates that are proportional with or sometimes higher than economic growth. The way we manufacture and handle waste (solid or liquid) affects us all, and the production and management of waste is closely linked to the way we use the natural resources.

Too much waste is a sign of unprofitable use of these resources. The recovery of embedded materials and energy in waste can help to make better use of them.

In order to protect the environment and public health, fundamental knowledge is essential of the waste characteristics, their environmental impact, the processing methods that can be applied to remove and neutralize these ingredients and methods for the recovery and safe disposal of solid waste produced during processing. Wastewater treatment is an important measure to mitigate the impact of its disposal.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

1.1. Ποιότητα του νερού και υδρολογικός κύκλος.

Τα πιο σημαντικά ζητήματα που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού είναι η αλατότητα και η μόλυνση του επιφανειακού αλλά και του εδαφικού νερού.

Ιδιαίτερο πρόβλημα δημιουργείται όταν το νερό με συγκριτικά ικανοποιητική αλατότητα, χρησιμοποιείται σε αβαθή εδάφη, σε ξερικές περιοχές ή όταν ο υδατικός ορίζοντας βρίσκεται κοντά στις ρίζες των φυτών. Το δίκτυο αποστράγγισης μπορεί να απομακρύνει νερό και άλατα, όμως η διάθεση των αλάτων και άλλων μολυσμάτων μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στο περιβάλλον.

Όπως το νερό κινείται συνεχώς πάνω και κάτω από την επιφάνεια της γης προς τις υδάτινες μάζες και στην ατμόσφαιρα και πάλι πίσω, η ποιότητα του συνεχώς μεταβάλλεται. Με την εξάτμιση μόρια του νερού ανέρχονται στην ατμόσφαιρα ως ατμοί εγκαταλείποντας στη γη όλες τις διαλυτές σε αυτό ουσίες. Η ατμόσφαιρα απορροφά σε ίχνη άλατα, αέρια και στερεά σωματίδια που αιωρούνται, σε ποσότητες όμως που είναι πολύ μικρές.

Μέρος της βροχής θα πέσει και θα κινηθεί πάνω στην επιφάνεια παρασύροντας σωματίδια και διαλύοντας διάφορες ουσίες. Με αποτέλεσμα όλα τα επιφανειακά νερά να περιέχουν εκτός από διαλυμένες ουσίες και αιωρήματα που εξαρτώνται από την περιοχή (άργιλος, ιλύς, άμμος). Σε αρκετές περιπτώσεις λόγω της ροής μεγάλα σωματίδια αποδομούνται σε μικρότερα.(2)

1.2. Υπόγεια νερά και περιβάλλον.

Σε βαθείς υδροφορείς που δεν επηρεάζονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες η ποιότητα του νερού εξαρτάται από γεωχημικές αντιδράσεις μεταξύ του νερού και του εδάφους καθώς το νερό ακολουθεί τις διαδρομές του από τα σημεία επανεμπλουτισμού του προς τα σημεία απόδοσης.

Το υπόγειο νερό κινείται και αποθηκεύεται μέσα στο έδαφος και ειδικότερα στους πόρους των εδαφών που ονομάζονται υδροφορείς. Το υπόγειο νερό είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικώς διαθέσιμου, ενώ σχεδόν η μισή ποσότητα από αυτό το υπόγειο νερό είναι αποθηκευμένη σε πολύ μεγάλα βάθη από την επιφάνεια της γης όπου η ποσότητα των περιεχόμενων αλάτων είναι πολύ μεγάλη και από όπου η άντληση του είναι υπερβολικά δαπανηρή. Η παρουσία των υπόγειων νερών στον υδρολογικό κύκλο είναι έντονη και χαρακτηρίζεται από την κατακόρυφη διήθηση επιφανειακών νερών προς τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα, την κίνηση εξαιτίας της βαρύτητας του υπόγειου αυτού νερού στην κατεύθυνση των φυσικών κλίσεων και την εμφάνιση-έξοδο του νερού και πάλι στην επιφάνεια του εδάφους με διάφορες μορφές.

Τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της αύξησης των αναγκών για νερό σε παγκόσμια κλίμακα έγινε απαραίτητη η αναζήτηση νέων διαθέσιμων αποθεμάτων και λόγου αυτής της προσπάθειας δόθηκε σημαντική έμφαση στην ορθολογική χρήση των υπόγειων νερών.(2)

Τα υπόγεια νερά έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά:

- Καταλαμβάνουν τεράστιες εκτάσεις και με απευθείας άντληση από τους υδροφορείς αποφεύγονται τα δίκτυα μεταφοράς νερού και έχουμε εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων.
- Οι στάθμες των υπόγειων νερών σε σύγκριση με το κορεσμένο σε νερό πάχος του υδροφορέα.
- Τα υπόγεια νερά είναι λιγότερο εκτεθειμένα στη ρύπανση ή στη μόλυνση από τα επιφανειακά. Όμως σε περίπτωση ρύπανσης μπορούν να δημιουργηθούν καταστάσεις που είναι μη αναστρέψιμες. Επιπλέον εξαιτίας της μικρής ταχύτητας κίνησης των υπόγειων νερών έχουμε σαν αποτέλεσμα την παραμονή των μολυσμένων όγκων νερού στο έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα δυσκολεύοντας σε μεγάλο βαθμό τον καθαρισμό τους.

Οι υπόγειοι υδροφορείς είναι μονάδες του υδατικού συστήματος και μπορούν να λειτουργήσουν σαν:

- Πηγές παροχής νερού όπου σε ετήσια βάση οι βροχοπτώσεις ανανεώνουν τον υδροφόρο έτσι ώστε τα υπόγεια νερά να μπορούν να θεωρηθούν ως ανανεώσιμοι πόροι. Η αναπλήρωση του υδροφόρου μπορεί να γίνει και από επιφανειακά νερά ποταμών και λιμνών. Κάτω από φυσικές συνθήκες υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ εισόδου και εξόδου υδατικών όγκων από το σύστημα του υδροφόρου. Οι αντλήσεις διαταράσσουν το ισοζύγιο. Όμως στην ουσία αφαιρούν όγκους νερού που αλλιώς θα αναπλήρωναν τα υδατικά αποθέματα, στο τέλος υπάρχει μείωση των όγκων που εξέρχεται από το σύστημα. Κατά συνέπεια δημιουργείται και πάλι μια ισορροπία στον υδροφόρο που λειτουργεί ως πηγή νερού.
- Αγωγοί μεταφοράς, όπου η λειτουργία αυτή είναι δυνατή μόνο με την παρέμβαση του ανθρώπου.
- Φίλτρα καθαρισμού ρυπασμένου νερού.
- Έλεγχος ροής τορευμάτων με τη ρύθμιση της στάθμης στους υδροφορείς που επικοινωνούν υδραυλικά μαζί τους.

Η αλατότητα των εδαφών είναι διαδεδομένη σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα και αναφέρεται στην αύξηση των διαλυτών αλάτων στο εδαφικό διάλυμα. Η αλατότητα αυξάνει την οσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος με αποτέλεσμα να υποφέρουν τα φυτά και να μειώνεται η ανάπτυξη και η παραγωγή. Όταν η ετήσια βροχόπτωση υπερβαίνει τα 500 mm εκπλύνονται τα άλατα και μεταφέρονται σε βαθύτερα στρώματα. Αν όμως υπάρχει υψηλή στάθμη τότε πραγματοποιείται μεγαλύτερη εξάτμιση με αποτέλεσμα τη συσσώρευση αλάτων στο ριζόστρωμα. Ορισμένα στοιχεία όπως το βόριο, το χλώριο, και το νάτριο προκαλούν τοξικότητες.(2)

Η νατρίωση αναφέρεται στην περίπτωση που το ποσοστό του προσροφημένου νατρίου είναι μεγαλύτερο του 15% του συνόλου της Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων του εδάφους. Τα εδάφη αυτά έχουν μικρή διηθητικότητα και παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά. Η αλάτωση και η νατρίωση αποτελούν μορφές παθογένειας των εδαφών που οδηγούν στην ερημοποίηση της γης.

Τα υπόγεια νερά αποτελούν ένα στοιχείο του υδρολογικού κύκλου. Το νερό εισέρχεται στο έδαφος μέσω της επιφάνειας του, με διήθηση περνάει μέσα από την ακόρεστη ζώνη και συναντά την υπόγεια στάθμη του υδροφόρου στρώματος. Τα υδροφόρα στρώματα βρίσκονται μεταξύ της υπόγειας στάθμης του νερού και μιας γεωλογικής αδιαπέρατης στο νερό στρώσης, η οποία εμποδίζει το νερό να προχωρήσει βαθύτερα.

Το νερό στο υδροφόρο στρώμα είναι δυνατόν να κινηθεί προς όλες τις κατευθύνσεις ανάλογα με τις υδραυλικές ιδιότητες της εδαφικής στρώσης και μπορεί να εξέλθει από την επιφάνεια του εδάφους υπό μορφή πηγών ή να απομακρυνθεί δια φρεάτων ή να εξέλθει κατευθείαν σε επιφανειακά νερά, όπως ποτάμια, λίμνες, θάλασσα. Τα υδροφόρα στρώματα εξαντλούνται και αναπληρώνονται με το νερό της βροχής. Ο όγκος του νερού που μπορεί να αποδοθεί από ένα υδροφόρο στρώμα αποτελεί χαρακτηριστικό αυτού και εξαρτάται από το πορώδες του εδάφους. Τα υδροφόρα στρώματα και μάλιστα το ανώτερο μέρος τους εκτίθενται σε ρύπανση η οποία γίνεται από τα επιφανειακά νερά κατά την κατείσδυση τους.(2)



Εικ 1.Υδρολογικός Κύκλος (12)

1.3. Η σημασία του νερού στα φυτά και στα ζώα.

Το νερό αποτελεί μεγάλο ποσοστό των ζωντανών ιστών όλων των οργανισμών. Σχεδόν το 60% του βάρους των δέντρων αποτελείται από νερό. Τα κύτταρα περιέχουν ένα υδαρές μεσοκυττάριο υπόστρωμα το οποίο διατηρεί τις ουσίες στην κατάλληλη κατάσταση για τη λειτουργία του μεταβολισμού.

Τα φυτά χρειάζονται νερό για να υποστηρίξουν τους μη ξυλώδεις ιστούς τους. Αν το κυτταρικό νερό των ιστών αυτών βρίσκεται σε επάρκεια, τότε τα φυτά αυτά είναι στέρεα. Η πίεση που δημιουργείται από την παρουσία του νερού μέσα στα κύτταρα ονομάζεται πίεση σπαργής και το λέμε πως διογκώνεται. Εάν δεν υπάρχει αρκετό νερό η πίεση σπαργής ελαττώνεται, το περιεχόμενο του κυττάρου συρρικνώνεται και το κύτταρο πλασμολύεται.(1)

Τα φυτά χρησιμοποιούν το νερό για να μεταφέρουν τα θρεπτικά συστατικά μέσα στα σώματα τους. Τα θρεπτικά που εισέρχονται από τις ρίζες διακινούνται στα άλλα τμήματα του φυτού με τη μορφή διαλυμένων στο νερό ουσιών. Με τον ίδιο τρόπο ορισμένοι από τους υδατάνθρακες που συνθέτονται στα φύλλα μεταφέρονται στους μη φωτοσυνθετικούς ιστούς. Η αποβολή του νερού από το φυτό μέσω της εξάτμισης χαμηλώνει τη θερμοκρασία του σώματος του φυτού και εμποδίζει την υπερθέρμανση του.

Όπως τα φυτά έτσι και τα ζώα χρειάζονται το νερό. Μεγάλο ποσοστό του σώματος όλων των ζώων αποτελείται από νερό. Αυτό χρησιμοποιείται για τη δομή, για την κυκλοφορία και στην περίπτωση των ομοιόθερμων για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Τα ζώα παρουσιάζουν ένα μεγάλο

εύρος ανοχής στις υδατικές συνθήκες. Σε όλες τις περιπτώσεις, η επίδραση που ασκείται από τον παράγοντα νερό, συνδέεται με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Ωστόσο η έλλειψη νερού προκαλεί βλάβη. Όταν ένα ζώο αφυδατώνεται, υγρά του σώματος του γίνονται πυκνότερα. Η άντληση πυκνότερου αίματος κουράζει την καρδιά. Τα σωματικά απόβλητα δεν είναι επαρκώς αραιωμένα και μπορεί να συγκεντρωθούν στο σώμα. Ο μεταβολισμός του ζώου ελαττώνεται καθώς οι διάφορες ουσίες του καθίστανται ανενεργές. Στα ομοιόθερμα ζώα, η έλλειψη του νερού καταστρέφει τους μηχανισμούς που ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματος. Εάν η θερμότητα δεν μπορεί να αποβληθεί με εφίδρωση, η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται και προκαλείται βλάβη από υπερθέρμανση.(1)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.

2.1. Γενικά.

Φυσικές διεργασίες πάντα καθάριζαν το νερό καθώς έρεε διαμέσου ποταμών, λιμνών, ρευμάτων και υδροβιότοπων. Τις τελευταίες δεκαετίες κατασκευάστηκαν συστήματα που χρησιμοποιούν τις φυσικές αυτές διαδικασίες για να βελτιώσουν την ποιότητα του νερού. Αυτά είναι τα Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Φυσικά συστήματα ονομάζονται αυτά που η επεξεργασία του υγρού αποβλήτου διενεργείται με φυσικά μέσα και διεργασίες, όπως είναι οι φυσικές, χημικές ή συνδυασμούς τους, που συμβαίνουν στο περιβάλλον έδαφος- φυτό- απόβλητο.

Αρκετές φορές, οι διεργασίες που εμπλέκονται στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι οι ίδιες με αυτές που συμβαίνουν στα μηχανικά ή συμβατικά συστήματα επεξεργασίας, όπως είναι η καθίζηση, το φιλτράρισμα, η μεταφορά αερίων, η προσρόφηση, η ιοντική εναλλαγή, η χημική κατακρήμνιση, η χημική οξείδωση και αναγωγή και η βιολογική μετατροπή και αποδόμηση και άλλες, που είναι μοναδικές σε φυσικά συστήματα, όπως είναι η φωτοσύνθεση, η φωτοοξείδωση και η πρόσληψη από φυτά. (3)

Στα φυσικά συστήματα οι διεργασίες συντελούνται με φυσικές ταχύτητες και τείνουν να διενεργούνται περισσότερες από μία συγχρόνως, σε αντίθεση με τα μηχανικά συστήματα στα οποία συμβαίνουν διαδοχικά και σε διαφορετικούς, σε σειρά αντιδραστήρες ή δεξαμενές, με επιταχυνόμενες ταχύτητες ως αποτέλεσμα της εισρέουσας σε αυτές ενέργειας. Τα φυσικά συστήματα κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- Αυτά που βασίζονται στο έδαφος ή τα γήινα συστήματα επεξεργασίας. Μετά την εφαρμογή προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην επιφάνεια του εδάφους, επιταχύνεται περαιτέρω επεξεργασία τους δια μέσου των φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, που συμβαίνουν στο έδαφος και βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Τα υδραυλικά φορτία εφαρμογής πρέπει να είναι συμβατά με το δυναμικό του κάθε συστήματος. Οι κύριοι τύποι συστημάτων επεξεργασίας με εφαρμογή τους στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς είναι οι:
 - i. βραδείας εφαρμογής
 - ii. ταχείας διήθησης
 - iii. επιφανειακής ροής
 - iv. συνδυασμένοι τύποι.
- Τα συστήματα που βασίζονται στα υδροχαρή φυτά, όπως είναι οι φυσικοί και τεχνητοί υδροβιότοποι και τα συστήματα των επιπλεόντων υδροχαρών φυτών.(3)

2.1.1. Βραδείας εφαρμογής.

Η βραδεία εφαρμογή αποτελεί τον επικρατέστερο τύπο φυσικού συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Αυτό συνοπτικά περιλαμβάνει την ελεγχόμενη εφαρμογή του προεπεξεργασμένου αποβλήτου σε έδαφος με φυτική βλάστηση, με σκοπό την περαιτέρω επεξεργασία του και την ικανοποίηση εξατμισοδιαπνευστικών αναγκών της φυτικής βλάστησης.

Η επεξεργασία διενεργείται καθώς αυτό διηθείται στο έδαφος. Στις περισσότερες περιπτώσεις το απόβλητο κατεισδύει στον υποκείμενο υδροφορέα, αλλά είναι δυνατό να συναντηθεί με επιφανειακό νερό ή να ανακτηθεί με στραγγιστικά ή φρεάτια έργα. Η εφαρμογή του υγρού αποβλήτου στο έδαφος μπορεί να γίνει με ποικιλία μεθόδων, όπως είναι οι επιφανειακές μέθοδοι (λεκάνες, αύλακες, και άλλες). (3)

Τα πιο συνηθισμένα προβλήματα που δημιουργούνται έχουν να κάνουν με τη δυσκολία υπολογισμού και επαλήθευσης του ρυθμού διήθησης κατά τις αρχικές έρευνες της περιοχής αλλά και με αλλαγές στη δομή του χώματος που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια κατασκευής ή λειτουργίας του συστήματος. Τα προβλήματα αυτά εμφανίζονται σε περιοχές με αργιλώδη εδάφη και σε εδάφη που κατά περιόδους ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα ή σε εδάφη που εξαιτίας χημικών και φυσικών διεργασιών μειώνεται η διαπερατότητά τους.

Εξαιτίας της μεγάλης απαίτησής των φυσικών συστημάτων βραδείας εφαρμογής σε επιφάνεια γης και εξαιτίας του κόστους των απαιτούμενων σωληνώσεων και αντλιών για τη διανομή του αποβλήτου, τα συστήματα αυτά έχουν σχετικά μεγαλύτερο κόστος από τα υπόλοιπα φυσικά συστήματα επεξεργασίας. (3)

2.1.2. Ταχείας διήθησης ή εφαρμογής.

Με τα συστήματα αυτά το υγρό απόβλητο, που έχει υποστεί προεπεξεργασία, εφαρμόζεται σε αβαθείς επιφανειακές λεκάνες διήθησης και επαναλαμβανόμενους κύκλους. Η εφαρμογή του αποβλήτου είναι δυνατή και με εκτοξευτές υψηλής ταχύτητας. Συνήθως σε τέτοιες περιπτώσεις δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη φυτικής βλάστησης πλην της περιπτώσεως όπου η εφαρμογή του αποβλήτου διενεργείται με εκτοξευτές.(3)

Επειδή σε τέτοια συστήματα τα φορτία και οι ταχύτητες εφαρμογής είναι σχετικά υψηλά, οι απώλειες με εξάτμιση είναι μικρές και γι' αυτό ο μεγαλύτερος όγκος του εφαρμοζόμενου αποβλήτου κατεισδύει στο έδαφος, όπου διενεργείται περαιτέρω επεξεργασία του. Τα συστήματα ταχείας διήθησης περιλαμβάνουν επεξεργασία, που ακολουθείται από:

- i. εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα για αναπλήρωση ή προστασία του κυρίως από διείσδυση και ανάμειξη με αλμυρό νερό
- ii. ανάκτηση με στράγγιση ή άντληση
- iii. φυσική ροή του υπόγειου και απόληξη σε επιφανειακή πηγή.

Το δυναμικό επεξεργασίας με τέτοια συστήματα είναι κατά κάποιο τρόπο μικρότερο από αυτό των συστημάτων βραδείας εφαρμογής, εξαιτίας της μικρότερης κατακράτησης σε πιο περατά εδάφη εφαρμογής και με μεγαλύτερες ταχύτητες υδραυλικού φορτίου. Παρόλο που απομακρύνεται ένα σημαντικό μέρος σωματιδιακής οργανικής ύλης και των θρεπτικών που περιέχονται στα προεπεξεργασμένα απόβλητα, οι διαλυμένες στο νερό ουσίες δεν ελαττώνονται.

Ένα από τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στα συστήματα ταχείας εφαρμογής είναι η οξείδωση των αζωτούχων συστατικών στην αερόβια ζώνη του εδάφους με αποτέλεσμα την πιθανή αύξηση των νιτρικών στον υποκείμενο υδροφόρα. Ένα άλλο πιθανό πρόβλημα είναι η λανθασμένη εκτίμηση του ρυθμού διήθησης μακροχρόνια.(3)

2.1.3. Επιφανειακής ροής .

Τα συστήματα επιφανειακής ροής βασίζονται στην εφαρμογή του προεπεξεργασμένου υγρού αποβλήτου κατά μήκος της υψηλότερης πλευράς μιας διαβαθμισμένης, κεκλιμένης επιφάνειας με φυτική βλάστηση, που επιτρέπει τη ροή του σε όλη την έκτασή της και τη συλλογή της επεξεργασμένης εκροής στο τέλος της κλίσης της. Συνήθως, τα συστήματα επιφανειακής ροής εφαρμόζονται σε θέσεις με εδάφη σχεδόν αδιαπέραστα, αν και οι διεργασίες αυτών των συστημάτων έχουν εφαρμογή σε μια ποικιλία εδαφικών τύπων και υδραυλικών αγωγιμοτήτων, επειδή η περατότητα του εδάφους σε τέτοια συστήματα μειώνεται σημαντικά με το χρόνο.

Με αυτά τα συστήματα η εδαφική διήθηση του αποβλήτου είναι περιορισμένη και αποτελεί μια μειωμένη υδραυλική δίοδο του αποβλήτου. Ο κύριος όγκος του εφαρμοζόμενου αποβλήτου συλλέγεται ως επιφανειακή απορροή. Μέρος του εφαρμοζόμενου αποβλήτου

εξατμισοδιαπνέεται. Οι συνολικές απώλειες του αποβλήτου εξαρτώνται από την εποχή του έτους, τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες και το είδος της φυτικής βλάστησης. (3)

Τα συστήματα αυτά λειτουργούν με εναλλασσόμενες περιόδους εφαρμογής και ανάπαυσης (ξήρανσης). Η χρονική διάρκεια κάθε περιόδου εξαρτάται από το σκοπό της επεξεργασίας. Σ' αυτά τα συστήματα η διανομή γίνεται με εκτοξευτές υψηλής ή χαμηλής πίεσης ή με επιφανειακές μεθόδους, όπως είναι οι σωλήνες με ρυθμιζόμενες εξόδους.

Τα προβλήματα που εμφανίζονται στα συστήματα επιφανειακής ροής είναι:

- i. προβλήματα που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση της φυτικής βλάστησης
- ii. προβλήματα που έχουν να κάνουν με την επίτευξη της απαιτούμενης απομάκρυνσης των αιωρούμενων στερεών.

Και τα δυο είδη αυτά προβλημάτων οφείλονται στη δυσκολία διατήρησης ομοιόμορφης ροής στις πλαγιές του κάθε συστήματος. (3)

Η δημιουργία μικρών λιμνών στις πλαγιές ενός συστήματος επιφανειακής ροής με μικρή κλίση έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του οξυγόνου του χύματος αλλά και το θάνατο της φυτικής βλάστησης. Επίσης μεγαλύτερες κλίσεις μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα τη διάβρωση του εδάφους και τελικά την αύξηση της συγκέντρωσης ανόργανων στερεών συστατικών στην εκροή.

Ένας άλλος παράγοντας που επίσης μπορεί να συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών είναι η αδυναμία των συστημάτων επιφανειακής ροής να απομακρύνουν άλγη. (3)

2.1.4. Λίμνες σταθεροποίησης .

Οι λίμνες σταθεροποίησης χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία μεγάλης ποικιλίας υγρών αποβλήτων, από οικιακά απόβλητα μέχρι και σύνθετα βιομηχανικά απόβλητα, και λειτουργούν κάτω από ένα μεγάλο εύρος καιρικών συνθηκών. Οι λίμνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν μοναδικό μέσο επεξεργασίας ή σε συνδυασμό με άλλα συστήματα επεξεργασίας.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος λιμνών είναι οι επαμφοτερίζουσες λίμνες. Οι λίμνες αυτές έχουν βάθος 1,2 έως 2,5 m, με μια αερόβια ζώνη να βρίσκεται πάνω από μια αναερόβια ζώνη. Στην αναερόβια ζώνη λαμβάνουν χώρα αναερόβιες ζυμώσεις. Ο αερισμός της αερόβιας ζώνης επιτυγχάνεται από τη φωτοσύνθεση των αλγών και τον αερισμό από την επιφάνεια. Τα άλγη που αναπτύσσονται στις λίμνες αυτές αποτελούν το κυριότερο πρόβλημα κατά τη λειτουργία τους. (3)

Ένας άλλος τύπος λιμνών είναι οι αεριζόμενες λίμνες. Στις λίμνες αυτές ο αερισμός επιτυγχάνεται κυρίως με μηχανικό τρόπο και όχι μέσω της φωτοσύνθεσης και του επανααερισμού μέσω της επιφάνειας. Το κύριο πλεονέκτημα των αεριζόμενων λιμνών είναι ότι έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε γη.

Οι αναερόβιες λίμνες λαμβάνουν τόσο βαριά οργανικά φορτία έτσι ώστε δεν υπάρχει δυνατότητα αερισμού τους. Οι κύριες βιολογικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι στις αναερόβιες λίμνες είναι ο σχηματισμός οξέων και η ζύμωση μεθανίου. Τυπικά οι αναερόβιες λίμνες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία δυνατών βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων ή αποτελούν ένα στάδιο προεπεξεργασίας. Δεν έχουν εκτεταμένη χρήση στην επεξεργασία οικιακών λυμάτων.(3)

2.1.5. Συστήματα επιπλέοντων υδροχαρών φυτών .

Τα συστήματα επιπλέοντων υδροχαρών φυτών μοιάζουν στη βασική τους σύλληψη με αυτά των υγροβιότοπων ελευθέρως επιφανείας με τη διαφορά ότι τα χρησιμοποιούμενα φυτά είναι επιπλέοντα είδη, όπως είναι ο υάκινθος του νερού(*Eichhornia crassipes*) και διάφορα είδη της οικογένειας *Lemnaceae*. Σ' αυτά τα συστήματα το βάθος του νερού είναι συνήθως μεγαλύτερο

από αυτό των συστημάτων των τεχνητών υγροβιότοπων ελεύθερης επιφάνειας και συνήθως κυμαίνεται από 0,5 ως 1,8 m. Επίσης, σ' αυτά τα συστήματα εφαρμόζεται συνήθως συμπληρωματικός αερισμός για την αύξηση της ικανότητας επεξεργασίας και τη διατήρηση αερόβιων συνθηκών και βιολογικού ελέγχου της ανάπτυξης κουνουπιών. Τέτοια επιπλέοντα υδροχαρή φυτά έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση αλγών από εκροές λιμνών σταθεροποίησης. Τα συνήθη υδραυλικά φορτία και η ειδική έκταση των συστημάτων επεξεργασίας με επιπλέοντα υδροχαρή φυτά είναι ισοδύναμα των αντιστοιχών συστημάτων τεχνητών υγροβιότοπων.(3)

2.1.6. Υδατοκαλλιέργεια.

Υδατοκαλλιέργεια είναι η ανάπτυξη ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών σε εκροές υγρών αποβλήτων για την παραγωγή πηγών φυτικών τροφών και κυρίως βιομάζας. Σε διάφορες χώρες, τα υγρά απόβλητα έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλαπλές περιπτώσεις υδατοκαλλιέργειών. Στις περισσότερες, όμως, περιπτώσεις το κύριο αντικείμενο τέτοιων συστημάτων ήταν η παραγωγή βιομάζας και η επεξεργασία του υγρού αποβλήτου αποτελούσε επί μέρους ή δευτερεύοντα σκοπό. Η επιτυχία με τέτοια συστήματα επεξεργασία 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 τέτοιου συστήματος, απαιτεί περαιτέρω έρευνα. Ιδιαίτερα, θα πρέπει να καθορισθεί η επικινδυνότητα για τη δημόσια υγεία, που μπορεί να οφείλεται στους υδρόβιους οργανισμούς που αναπτύσσονται σε τέτοια συστήματα.(3)

2.2. Υγροβιότοπος.

Οι υγροβιότοποι είναι τμήματα εδάφους κατακλυζόμενα με νερό συνήθως μικρού βάθους (<0,6m), στα οποία αναπτύσσονται φυτά όπως είναι: διάφορα είδη κύπερης (φυτά της οικογένειας Cyperaceae, κυρίως του γένους Carex spp.), καλάμια (φυτά του γένους Phragmites, κυρίως του είδους P. Communis), είδη βούρλων (φυτά του γένους Scirpus) και άλλα όπως είναι είδη ψαθιού και αφράτου (φυτά του γένους Typha). Υγροβιότοποι αποκαλούνται όλες οι μικρού βάθους συγκεντρώσεις νερού είτε αυτές είναι στάσιμες είτε ρέουσες, αλλά και οι περιοχές των οποίων η στάθμη του υπόγειου νερού απέχει πολύ λίγο από την επιφάνεια του εδάφους.(4)

Θεωρούνται ως οι μεταβατικές ζώνες μεταξύ των βαθιών νερών και της χέρσου. Θεωρούνται μεταξύ των σπουδαιότερων οικοσυστημάτων του πλανήτη, καθώς παρέχουν το περιβάλλον διαβίωσης για μια μεγάλη ποικιλία ειδών πανίδας και χλωρίδας, επιτρέπουν την πραγματοποίηση πολύτιμων διεργασιών των υδρολογικών και χημικών κύκλων με τελικό αποτέλεσμα τον καθαρισμό των ρυπασμένων υδάτων, συμβάλλουν στην αποτροπή πλημμύρων, στην προστασία των ακτογραμμών και στην επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων, παρουσιάζοντας σημαντική οικονομική αξία στην παραγωγή τροφής και ενέργειας.(2)

Η φυτική βλάστηση προσφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των βακτηριακών μεμβρανών, βοηθά στο φιλτράρισμα και την προσρόφηση συστατικών του αποβλήτου, μεταφέρει οξυγόνο στη μάζα νερού και περιορίζει την ανάπτυξη αλγών με τον έλεγχο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο οι τεχνητοί όσο και οι φυσικοί υγροβιότοποι.(4)

2.2.1. Φυσικές λειτουργίες των υγροβιότοπων.

Λειτουργίες εννοούμε τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν σε ένα υγροβιότοπο. Όλοι οι υγροβιότοποι δεν επιτελούν τις ίδιες λειτουργίες ή τις επιτελούν

διαφορετικά καθώς κάθε υγροβιότοπος έχει διαφορετικά γνωρίσματα και αποτελεί μοναδική περίπτωση.(2)

- Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων: Η κάθετη (ή και οριζόντια) κίνηση του νερού προς τον υδροφόρα προκαλεί εμπλουτισμό. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον εμπλουτισμό είναι οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους και του γεωλογικού υποβάθρου (διηθητικότητα, διαπερατότητα) του υγροτόπου, το κλίμα, τα γνωρίσματα της λεκάνης απορροής, οι χρήσεις γης κλπ. Οι παράκτιοι υγροτόποι γλυκών νερών είναι ιδιαίτερα σημαντικοί ιδίως όταν ασκείται υπεράντληση από μεγάλα βάθη. Αυτό οδηγεί στην αλάτωση των υδροφορέων, μια κατάσταση που δύσκολα αντιστρέφεται.

- Τροποποίηση πλημμυρικών φαινομένων: Οι υγροβιότοποι σε μια περιοχή μπορούν να μειώσουν τις πλημμύρες, είτε μειώνοντας το συνολικό όγκο του νερού, είτε καθιστώντας την πλημμύρα λιγότερο ορμητική. Αποθηκεύουν κάποια ποσότητα του νερού, μέρος της οποίας εξατμίζεται ή μπορεί να εισχωρήσει στο έδαφος ή μειώνουν την ορμή τους με τη περιβάλλουσα φυσική βλάστηση.

- Παγίδευση ιζημάτων: Όταν υπάρχει πυκνή βλάστηση υποβοηθείται η καθίζηση των φερτών υλικών που μπορεί να επηρεάζουν (αποτελούν θρεπτικά υλικά) ή μπορεί και όχι. Το υλικό που παρασύρει το νερό μπορεί να είναι και ανθρωπογενή όπως χημικές ουσίες, απόβλητα βιομηχανιών και λύματα οικισμών τα οποία αποτίθενται και κατακρατούνται στον υδροβιότοπο.

- Απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα: Ένα μέρος διοξειδίου του άνθρακα δεσμεύεται στην ατμόσφαιρα και έτσι ρυθμίζει το κλίμα. (αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, αυξάνει τη θερμοκρασία της γης). Οι υδάτινες μάζες μπορούν να απορροφήσουν μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Οι υδρόβιοι αυτότροφοι οργανισμοί και τα ιζήματα δεσμεύουν ένα μέρος της ποσότητας αυτής.

- Αποθήκευση και ελευθέρωση θερμότητας: Οι ιδιότητες του νερού όπως μεγάλη ειδική θερμότητα και θερμική αγωγιμότητα, καθιστούν τους ωκεανούς και τις βαθιές λίμνες και λιγότερο τις ρηχές λίμνες και τα έλη, αποθήκες θερμότητας, διότι τη θερμή περίοδο του έτους αποθηκεύουν θερμότητα και την ελευθερώνουν το χειμώνα. Αποτέλεσμα είναι οι μικρές διαφορές στη θερμοκρασία του αέρα χειμώνα – καλοκαιριού και μέρας – νύχτας σε περιοχές κοντά σε υγρό στοιχείο.

- Δέσμευση ηλιακής ακτινοβολίας και στήριξη τροφικών πλεγμάτων: Οι αυτότροφοι φυτικοί οργανισμοί που ζουν στους υγροβιότοπους, όπως μικροσκοπικά φύκη (φυτοπλαγκτόν), αλλά και τα ανώτερα φυτά αποτελούν τους παραγωγούς του οικοσυστήματος. Η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα είναι η βάση της δευτερογενούς παραγωγικότητας του οικοσυστήματος σε ετερότροφους οργανισμούς (καταναλωτές). Η απ' ευθείας κατανάλωση των φυκών και των φυτών, αλλά και η παροχή στους καταναλωτές οργανισμούς εκτός από τροφή, ενδιαίτηματα για αναπαραγωγή, φώλιασμα, ξεκούραση και προστασία από αντίξοες συνθήκες. Τα τροφικά πλέγματα που στηρίζουν τους υγροτόπους είναι πολύπλοκα και πολλές φορές έχει κάποια ενεργειακή διασύνδεση με άλλα υγροτοπικά οικοσυστήματα, όπως για παράδειγμα τα μεταναστευτικά πουλιά που συνδέουν τα τροφικά πλέγματα υγροτόπων που απέχουν μεταξύ τους χιλιάδες χιλιόμετρα.(2)

2.3. Φυσικός υγροβιότοπος.

Οι φυσικοί υγροβιότοποι θεωρούνται από τα πιο σημαντικά οικοσυστήματα του πλανήτη. Όμως η σπουδαιότητα τους δεν αναγνωρίστηκε παρά μόνο τα τελευταία χρόνια, ενώ παλαιότερα συχνά καταστρέφονταν με σκοπό την επέκταση αστικών και αγροτικών περιοχών. Έτσι, έχει χαθεί ένα μεγάλο μέρος τους, κάτι που επέφερε δραματικές επιπτώσεις και στην εξαιρετική ποικιλία

πανίδας και χλωρίδας που αναπτύσσεται σε αυτούς. Οι φυσικοί υγροβιότοποι είναι δυνατόν να θεωρηθούν ως υδατικοί αποδέκτες, όπου, στις περισσότερες περιπτώσεις που οι φυσικοί υγροβιότοποι δέχονται εκροές δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας, πληρούν κανονιστικές απαιτήσεις. Τροποποιήσεις σε υπάρχοντες υγροβιότοπους με σκοπό τη βελτίωση επεξεργασίας πρέπει να αποφεύγονται, γιατί μπορεί να προξενήσουν προβλήματα στο φυσικό οικοσύστημα. (6)



Εικ 2.Καλαμιώνας Αλμυρού Άγιος Νικόλαος (11)

Φυσικές διεργασίες ενός τεχνητού υγροβιότοπου:

- Φιλτράρισμα . Καθώς το νερό περνά μέσα από το σύμπλεγμα των φυτών και το υπόστρωμά τους, κολλοειδή και άλλα σωματίδια φιλτράρονται. Οι ρίζες των φυτών ανοίγουν διαδρόμους μέσα στο έδαφος δημιουργώντας οδούς κίνησης του νερού.
- Καθίζηση και συσσωμάτωση με τη βοήθεια της βαρύτητας στερεών.
- Προσρόφηση κολλοειδών στερεών μέσω διασωματειακών μοριακών δυνάμεων.

Χημικές διεργασίες ενός τεχνητού υγροβιότοπου:

- Κατακρήμνιση και δημιουργία αδιάλυτων μορίων όπως CaPO_4 , η προσθήκη Al, Fe ή Ca θα οδηγήσει στην καθίζηση του φωσφόρου.
- Αποσύνθεση ,οξείδωση και μείωση των λιγότερο σταθερών μορίων.
- Προσρόφηση βαρέων μετάλλων από το έδαφος.

Βιολογικές διεργασίες ενός τεχνητού υγροβιότοπου:

- Μικροβιακή αποδόμηση οργανικής ουσίας, νιτροποίηση-απονιτροποίηση. Αποτελεί το βασικό μηχανισμό για την απομάκρυνση BOD5 και N
- Χρόνος παραμονής. Φυσική θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

- Αύξηση των φυτών. Προσωρινή και εποχιακή απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων και μετάλλων από τα φυτά η οποία μπορεί να γίνει μόνιμη αν υπάρχει απομάκρυνση μέσω συλλογής της φυτικής μάζας. (6)

2.4. Τεχνητός υδροβιότοπος.

Οι τεχνητοί υδροβιότοποι ανήκουν στην κατηγορία συστημάτων επεξεργασίας που ονομάζονται «φυσικά συστήματα». Οι τεχνητοί υδροβιότοποι αποτελούν την προσομοίωση των συστημάτων που υπάρχουν στη φύση (φυσικοί υδροβιότοποι), και η κατασκευή τους γίνεται από τον άνθρωπο με σκοπό την επεξεργασία ρύπων που βρίσκονται στα επιφανειακά νερά, στα υπόγεια νερά ή σε αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, όπως απόβλητα ορυχείων ή στραγγίδια χωματερών. (5)

Αναπαριστούν τη δομή και τη λειτουργία των φυσικών υδροβιότοπων που περιέχουν μια πλούσια μικροβιακή κοινότητα που επιτυγχάνει τη βιοχημική καταστροφή των ρυπαντών με χαρακτηριστικά την αναπαραγωγή και την αυτοσυντήρηση. Οι υδροβιότοποι αυτοί αποτελούν κλειστά συστήματα (με την έννοια ότι μολυντές δεν διαφεύγουν προς το περιβάλλον) στα οποία το έδαφος, οι μικροοργανισμοί, τα φυτά και φυσικά το νερό, αλληλεπιδρούν μειώνοντας το ρυπογόνο φορτίο των λυμάτων.(5)

Οι τεχνητοί υδροβιότοποι αποτελούν μια σχετικά νέα τεχνολογία επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, που βασίζεται στη χρησιμοποίηση φυτών που αναφύονται όπως νεροκάλυμα, βούρλα και ψαθί. Σε τέτοια συστήματα η εφαρμογή αποβλήτου λαμβάνει χώρα πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Η δημιουργία και η απόδοση των υδροβιότοπων πρέπει να πραγματοποιείται μέσω οικολογικά υγιών τρόπων. Η δημιουργία υδροβιότοπου αναφέρεται στην κατασκευή του σε μια περιοχή όπου δεν υπήρχε υδροβιότοπος προηγουμένως. Οι υδροβιότοποι θεωρούνται χαμηλού κόστους εναλλακτικές λύσεις για την επεξεργασία δημοτικών, βιομηχανικών και αγροτικών υγρών αποβλήτων. Οι τεχνητοί υδροβιότοποι προτιμώνται επειδή έχουν περισσότερα μηχανικά συστήματα και είναι ευκολότερο να ελεγχθούν.(6)

Αυτή η νέα αναπτυσσόμενη τεχνολογία μπορεί να παρέχει χαμηλό κόστος και μικρές απαιτήσεις συντήρησης στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων, χαρακτηριστικά που είναι ιδιαίτερα χρήσιμα ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η κατασκευή ενός υδροβιότοπου σε μια περιοχή επιτρέπει την αποφυγή ρυθμίσεων και περιβαλλοντικών εμπλοκών που συνδέονται με τη διάθεση εκρών σε φυσικά οικοσυστήματα (όπως θεωρούνται οι φυσικοί υδροβιότοποι) και επιτρέπουν το σχεδιασμό του υδροβιότοπου με σκοπό αποκλειστικά τη βέλτιστη επεξεργασία των ρυπασμένων υδάτων. Τυπικά, ένας τεχνητός υδροβιότοπος αποδίδει περισσότερο σε σχέση με ένα φυσικό ίσης έκτασης, εφόσον το έδαφος έχει προσεκτικά ισοπεδωθεί και στο υδραυλικό καθεστώς του συστήματος πραγματοποιείται σωστός έλεγχος. Η αξιοπιστία ενός τεχνητού υδροβιότοπου αυξάνεται εφόσον η βλάστηση και τα άλλα μέρη του συστήματος μπορούν να υποστούν την απαραίτητη διαχείριση, ώστε η απόδοσή του να βελτιστοποιηθεί.

Οι τεχνητοί υδροβιότοποι όπως όλα τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας βασίζονται (σε μικρό ή μεγάλο βαθμό) στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιλαμβάνοντας την ηλιακή ακτινοβολία, την κινητική ενέργεια του ανέμου, την ενέργεια του νερού της βροχής, το επιφανειακό νερό, το έδαφος και την αποθήκευση ενδεχόμενης ενέργειας σε βιομάζα και στα εδάφη. (6)

Οι τεχνητοί υδροβιότοποι σήμερα χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία αστικών αποβλήτων, αποστραγγίσεων ορυχείων, αστικών απορροών, κτηνοτροφικών αποβλήτων, σηπτικών δεξαμενών που έχουν αστοχήσει, αγροτικών απορροών και διαφόρων βιομηχανικών αποβλήτων.

Τέτοια συστήματα επεξεργασίας εντοπίζονται σε περιοχές που βρίσκονται στο επίπεδο της θάλασσας έως περιοχές υψομέτρου 1500 μέτρων και από τροπικές έως ημιαρκτικές περιοχές,

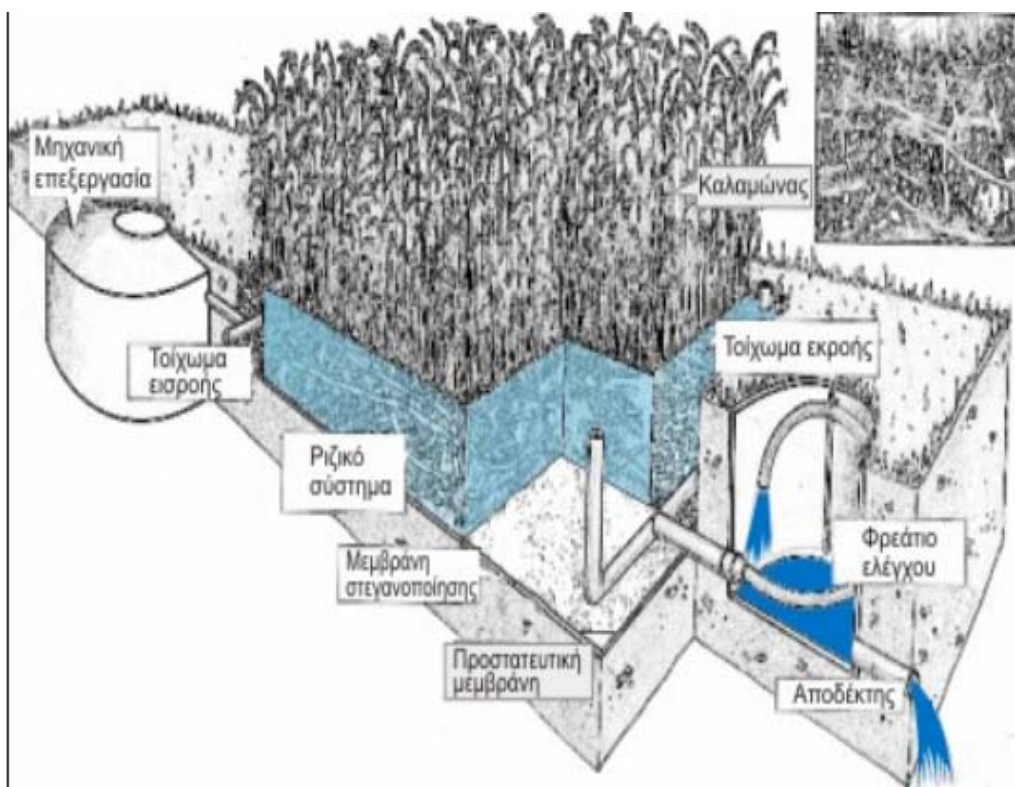
όπως στο Οντάριο των ΗΠΑ και σε σκανδιναβικές χώρες. Αφού η λειτουργία τους βασίζεται σε χημικές και βιολογικές διαδικασίες, η αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης ρύπων μειώνεται σε κάποιο βαθμό κατά τη διάρκεια χαμηλών θερμοκρασιών, αλλά τα επίπεδα εκροής παραμένουν ικανοποιητικά κάτω από επιτρεπτά όρια.(6)

Οι ρίζες των καλάμιων έχουν την ικανότητα, μέσω φυσικών διαδικασιών, να καθαρίζουν το νερό που περνάει μέσα από αυτές. Ο πυθμένας του υδροβιότοπου στεγανοποιείται με πλαστική μεμβράνη ή άργιλο.

Τα λύματα εισέρχονται στον καλάμινα από τον αγωγό εισροής, αφού απαλλαγούν από τα στερεά υλικά. Κατά τη διάρκεια παραμονής που παραμένει στο σύστημα τα λύματα περνώντας από τις ρίζες των καλάμιων υφίστανται χημικές και βιολογικές επεξεργασίες και απαλλάσσονται από τους ρύπους και παθογόνους οργανισμούς. Το νερό από την έξοδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, τροφοδοσία τεχνητών λιμνών κ.λπ.

Οι τεχνητοί υδροβιότοποι έχουν όλες τις δυνατότητες των φυσικών υδροβιότοπων, αλλά χωρίς τους περιορισμούς, που αφορούν τη διάθεση των εκροών σε φυσικά οικοσυστήματα. Για την περαιτέρω επεξεργασία προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί δύο τύποι:

- i. αυτά της ελεύθερης επιφάνειας ή επιφανειακής ροής (FWS-free water surface wetland) και
- ii. τα υποεπιφανειακής ροής ή υπόγειας ροής (SFS -subsurface flow wetland).



Εικ 3. Σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων με καλάμια. (11)

2.4.1. Τεχνητοί υδροβιότοποι κατακόρυφης υπόγειας ροής.

Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από την κατακόρυφη ροή των προς επεξεργασία λυμάτων μέσα από τις εδαφικές στρώσεις των λεκανών τους. Η λειτουργία τους προσομοιάζει αρκετά με το περιοδικό πότισμα μιας γλάστρας στην οποία το νερό αρχικά πλημμυρίζει τη λεκάνη και εν συνεχεία αφήνεται να στραγγίσει. Οι λεκάνες στα συστήματα αυτά κατασκευάζονται με ένα βάθος περίπου 0,90 έως 1,20 m, με μια μέση κλίση πυθμένα περίπου 1%. Ο πυθμένας και τα πρανή τους καλύπτονται από γεωμεμβράνη ή κατασκευάζονται από σκυρόδεμα. Στη συνέχεια, γίνεται πλήρωση των λεκανών με αδρανή υλικά συνολικού βάθους μέχρι ενός μέτρου, μειούμενης κοκκομετρίας από τον πυθμένα προς την επιφάνεια. (6)

Το επιφανειακό στρώμα της λεκάνης, βάθους 10 έως 30 cm, καλύπτεται με άμμο, μέσα στην οποία φυτεύονται και αναπτύσσονται είδη καλαμιών. Για τη λειτουργία αυτού του συστήματος οι λεκάνες κατακλύζονται περιοδικά με μεγάλες παροχές λυμάτων και η ροή γίνεται κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τεχνητού υδροβιότοπου έναντι των υπολοίπων είναι η απαίτηση μικρότερης έκτασης για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και η διατήρηση αερόβιων συνθηκών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, εξαιτίας της περιοδικής ανάπαυσης και ως εκ τούτου και περιοδικής ξήρανσης κάθε λεκάνης.

Αυτό το πλεονέκτημα των υδροβιότοπων με περιοδική κατάκλιση αποδίδεται, κυρίως, στις συνθήκες ακόρεστης ροής και επιπρόσθετα στο μεγαλύτερο πάχος της εδαφικής στρώσης των λεκανών, με το οποίο επιτυγχάνεται ένα επιπρόσθετο φιλτράρισμα των υγρών αποβλήτων.

Στις μέρες μας, οι κατακόρυφης ροής τεχνητοί υδροβιότοποι με διακοπτόμενη τροφοδοσία χρησιμοποιούνται συχνά στην Ευρώπη λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν σε σχέση με τους άλλους σχεδιασμούς. (6)

Οι κατακόρυφης ροής τεχνητοί υδροβιότοποι παρουσιάζουν περισσότερο ισοδύναμη κατανομή ριζών και επαφή ριζών-νερού και λιγότερα προβλήματα κακοσμίας και πολλαπλασιασμού εντόμων, αφού δεν έχουν ελεύθερη επιφάνεια νερού. Ακόμη κι αν οι κατακόρυφης ροής τεχνητοί υδροβιότοποι χρησιμοποιούνται κυρίως για απομάκρυνση COD, TSS και κολοβακτηριδίων, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον στη χρήση τους για απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Στους τεχνητούς υδροβιότοπους, όπου δημιουργούνται αερόβια και αναερόβια περιβάλλοντα, ο μικροβιακός υποβιβασμός αποτελεί τον πιο σημαντικό μηχανισμό για νιτροποίηση και απονιτροποίηση, ενώ η προσρόφηση φωσφόρου στο υπόστρωμα είναι ένας σημαντικός μηχανισμός για την απομάκρυνσή του.

Για τέτοιες διαδικασίες, τα υποστρώματα (κορεσμένα μέσα των τεχνητών υδροβιότοπων) θεωρούνται επίσης πολύ σημαντικά. Με σκοπό τη βελτίωση κατακράτησης φωσφόρου, υποστρώματα με μεγαλύτερη ικανότητα προσρόφησης φωσφόρου, μεγαλύτερο περιεχόμενο σε ασβέστιο, σίδηρο και αργίλιο, μεγαλύτερη επιφάνεια σωματιδίων και κατάλληλη υδραυλική αγωγιμότητα χρησιμοποιούνται ευρέως. Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές υδροβιότοπων έχουν ξεκινήσει να χρησιμοποιούν βιομηχανικά παραπροϊόντα, όπως μικρού βάρους τσιμεντολάσπη και απορρίμματα από βιομηχανίες, όπως και φυσικά υλικά με υψηλή ικανότητα προσρόφησης. (6)

2.4.2. Τεχνητός Υδροβιότοπος Υποεπιφανειακής Ροής .

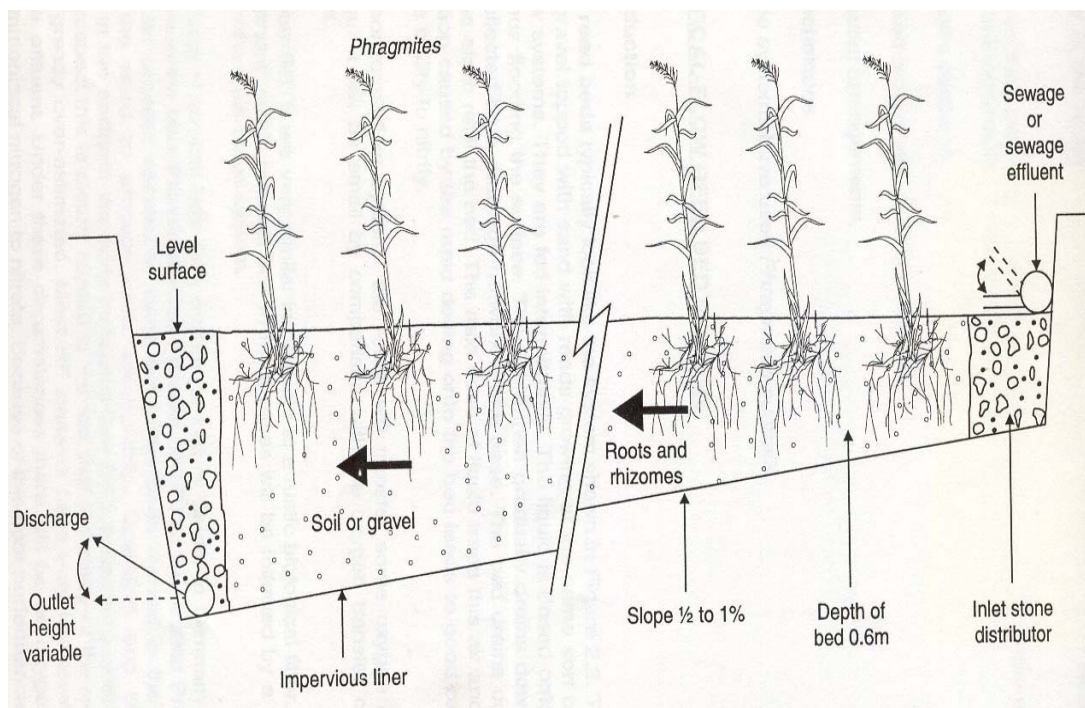
Τα συστήματα τεχνητού υδροβιότοπου υποεπιφανειακής ροής σχεδιάζονται με σκοπό την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται επίσης συστήματα «ριζόσφαιρας» ή «φίλτρων εδάφους-καλαμιών» και αναπτύσσονται μέσα σε κανάλια ή τάφρους με σχετικά στεγανούς πυθμένες που περιέχουν άμμο ή άλλα γήινα μέσα υποστήριξης της επιφανειακά αναπτυσσόμενης φυτικής βλάστησης.

Στο είδος αυτό των τεχνητών υγροβιότοπων τα απόβλητα ρέουν οριζόντια διαμέσου συστάδας καλαμιών και άλλων εμφυτευμένων φυτών (βάθους έως 60 cm) με τη βοήθεια μικρής κλίσης που είναι συνήθως της τάξης του 1%.

Τα λύματα κινούνται κάτω από τη φυσική επίδραση της βαρύτητας εξαιτίας της κλίσης του πυθμένα του συστήματος. Αντικειμενικός σκοπός του συστήματος είναι ο κορεσμός του υποστρώματος με νερό έτσι ώστε να επιτυγχάνετε ο πλέον καλός βαθμός επεξεργασίας. Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την επιτυχημένη κατασκευή και λειτουργία των συστημάτων αυτών είναι η επιλογή του υποστρώματος. (5)

Διαδικασία λειτουργίας - απομάκρυνση ρύπων

Η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται μέσα στο έδαφος από τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στο εδαφικό πορώδες. Το απόβλητο στην είσοδό του ρέει κάτω από την επιφάνεια του τελικού επάνω στρώματος, με αποτέλεσμα να έρχεται σε επαφή με το μεγαλύτερο μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών αλλά και να διηθείται μέσα από τα υποστρώματα χώματος, άμμου, χαλικιού ή οποιουδήποτε άλλου υλικού είναι γεμάτος ο υγροβιότοπος.



Εικ 4. Σχηματική παρουσίαση συστήματος τεχνητών υγροβιότοπων υποεπιφανειακής ροής (SSF)

Προεπεξεργασία

Το σύστημα απαιτεί την παρουσία προεπεξεργασίας όπως σηπτική δεξαμενή. Χωρίς την προεπεξεργασία οι πόροι του εδάφους θα κλείσουν με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του συστήματος. Οι κροκάλες (μεγάλα χαλίκια) τοποθετημένες στην είσοδο του συστήματος έχουν μεγάλες διαστάσεις (τουλάχιστον 60mm) και χρησιμοποιούνται για την ομοιόμορφη διάχυση των λυμάτων.

Φυτική βλάστηση

Μη αναγκαία για την ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος. Το σύστημα μπορεί να ενεργήσει πολύ καλά εντελώς γυμνό από φυτά. Η παρουσία των φυτών θα πρέπει να θεωρείται περισσότερο αισθητική παρά ουσιαστική. Η απομάκρυνση της βλάστησης μετά την εγκατάσταση του συστήματος δεν ενδείκνυται μια και κινδυνεύει να καταστραφεί τόσο το πορώδες του εδάφους, όσο και η υδατοστεγής μεμβράνη στον πυθμένα.

Οι οσμές είναι ελάχιστες μια και η κίνηση των λυμάτων γίνεται υποεπιφανειακά, ελάχιστες είναι και οι ενοχλήσεις από έντομα. (5)

Υπόστρωμα

Ένα από τα βασικά στοιχεία τέτοιου είδους συστημάτων είναι το είδος του υποστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί μέσα στο οποίο θα κινηθούν τα λύματα και θα γίνει η μικροβιακή επεξεργασία τους. Η χρήση αργιλωδών εδαφών ή και αργιλοπηλωδών εδαφών θα πρέπει να αποφεύγονται γιατί τα συστήματα θα φράξουν πολύ γρήγορα. Η χρήση χαλικιών διαφόρων διαστάσεων (από άμμο μέχρι και χαλίκια 60mm) ενδείκνυται.

Εκτατικές ανάγκες: Περίπου 2,5 με 4m² ανά ισοδύναμο κάτοικο.(5)

2.4.3. Τεχνητός Υγροβιότοπος Ελεύθερης Επιφάνειας ή Επιφανειακής Ροής .

Τα συστήματα ελεύθερης επιφάνειας νερού είναι ένα είδος τεχνητών υγροβιότοπων οριζόντιας ροής και αποτελούνται, συνήθως, από παράλληλες λεκάνες, κανάλια ή τάφρους με αδιαπέραστους πυθμένες, με αναφυόμενη φυτική βλάστηση και μικρό βάθος νερού (0,1-0,6 m). Είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα τεχνητών υγροβιότοπων. Η πλέον κοινή χρήση των συστημάτων αυτών είναι η δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων που προέρχονται κυρίως από μικρούς οικισμούς μικρότερους των 2.000 ισοδυνάμων κατοίκων.

Σε τέτοια συστήματα εφαρμόζονται συνεχώς προεπεξεργασμένα υγρά απόβλητα και η περαιτέρω επεξεργασία τους διενεργείται, καθώς η εφαρμοζόμενη εκροή του ρέει με μικρή ταχύτητα δια μέσου των στελεχών των ριζωμάτων της υφιστάμενης φυτικής βλάστησης και του υφιστάμενου υποστρώματος.(3)

Τα συστήματα αυτά έχουν ως χαρακτηριστικό την κίνηση του νερού κυρίως πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και σε ύψος που καθορίζετε από τις λειτουργικές ανάγκες του συστήματος. Η ποσότητα του νερού που διέρχεται μέσα από το υπόστρωμα είναι περιορισμένη. Περιορισμένο επίσης είναι και το ποσοστό του συνολικού καθαρισμού του νερού που οφείλετε στην παρουσία και τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος.

Αποκλειστικός ρόλος του υποστρώματος είναι η δημιουργία ενός ιδανικού περιβάλλοντος για την υγιή και εύκολη ανάπτυξη των φυτών. Μάλιστα θα πρέπει να είναι και σχετικά συμπαγές έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί την κίνηση του νερού μέσα από το αυτό. (3)

Τα προς επεξεργασία υγρά απόβλητα κινούνται κάτω από τη φυσική επίδραση της βαρύτητας εξαιτίας της μικρής κλίσης της επιφάνειας του συστήματος αλλά κυρίως από την εισροή στο σύστημα νέων ποσοτήτων λυμάτων που ωθούν τα υπάρχοντα λύματα προς την έξοδο του συστήματος.

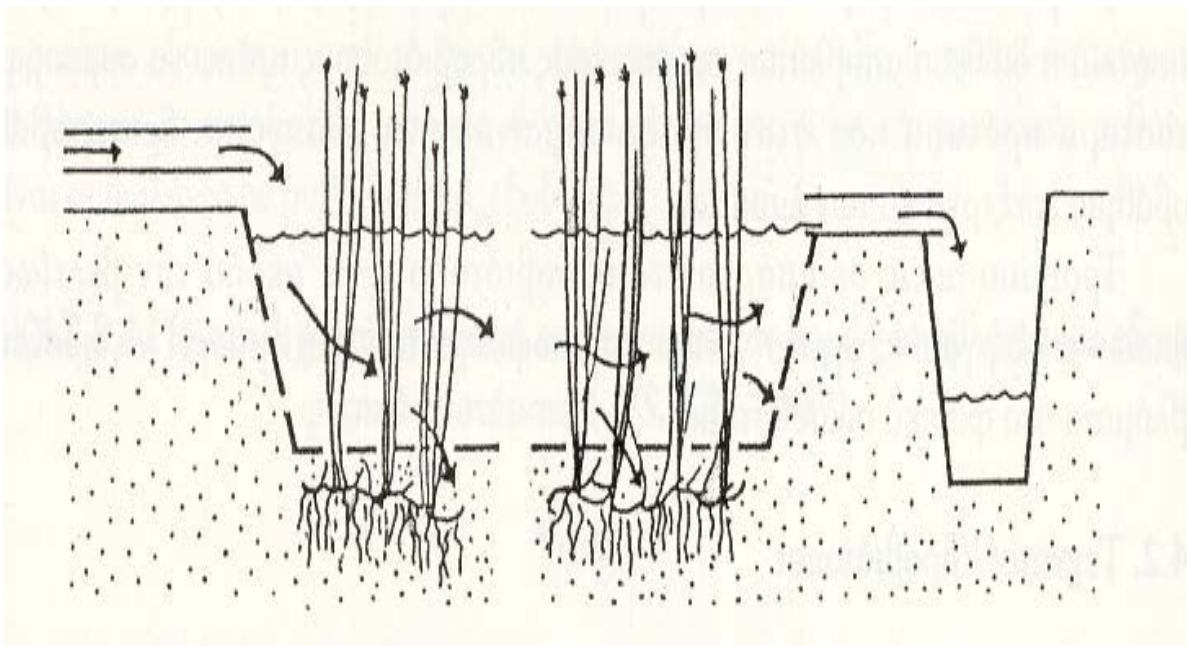
Διαδικασία λειτουργίας - απομάκρυνση ρύπων.

Η λειτουργία τους βασίζεται στην παρουσία μικροοργανισμών – βακτηριδίων στους μίσχους και τις ρίζες των εμφυτευμένων φυτών και στην εξατμισοδιαπνοή. Τα φυτά λειτουργούν επίσης και ως

ένα είδος παρεμπόδισης της ροής του νερού έτσι ώστε να παραμείνουν περισσότερο χρόνο στο βιότοπο.

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων επέρχεται κατά την επαφή των αποβλήτων με τη βιομάζα των φυτών που έχει αναπτυχθεί. Η δράση αυτή είναι φυσική, μικροβιακή – βιολογική αλλά και χημική. Αντικειμενικός σκοπός του συστήματος είναι η ανάπτυξη μια πλούσιας βιομάζας ή καλύτερα συμπλέγματος φυτικών ιστών από ζωντανά αλλά και νεκρά φυτά. Άρα κορυφαία παράμετρος επιτυχίας του συστήματος αποτελεί η ανάπτυξη μιας πλούσιας φυτικής βλάστησης. (5)

Οι παράγοντες που μπορούν να αλλάξουν είναι η κλίση της επιφάνειας του τελικού επάνω εδαφικού στρώματος, η διάταξη των στρωμάτων του χώματος ή του αμμοχάλικου ή οτιδήποτε άλλου υλικού χρησιμοποιείται για την πλήρωση του σκάμματος και η διεύθυνση της εισόδου και της εξόδου



Εικ.5 . Σχηματική παρουσίαση συστημάτων ελεύθερης επιφάνειας νερού.

Το ύψος των λυμάτων πάνω από την επιφάνεια του συστήματος εξαρτάται από τις λειτουργικές ανάγκες του συστήματος και στα καλά σχεδιασμένα συστήματα μπορεί να μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή. Η ρύθμιση του ύψους του νερού καθορίζεται από τη γωνία κλίσης των σωλήνων εκροής, με βάση την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων. Ως ελάχιστο ύψος του νερού θεωρείται αυτό των 10 cm ενώ μπορεί να φτάνει και τα 60 cm. Το ύψος του νερού μέσα στο σύστημα καθορίζει μια σειρά από παραμέτρους όπως:

- Το χρόνο παραμονής των λυμάτων για μια καθορισμένη ροή. Αυξάνοντας το ύψος του νερού αυξάνετε και ο ενεργός όγκος του συστήματος.
- Η κυριαρχία αερόβιων ή αναερόβιων συνθηκών μέσα στο σύστημα. Καθώς το ύψος του νερού αυξάνει μειώνετε η δυνατότητα ικανών ποσοτήτων οξυγόνου να διηθηθούν μέσα στα λύματα. Από την άλλη η αυξημένη παραμονή των λυμάτων σε λιμνάζουσα κατάσταση οδηγεί στην πιο γρήγορη κατανάλωση οξυγόνου. (5)

2.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά ενός τεχνητού υγροβιότοπου

Πλεονεκτήματα:

- Χρήση μόνο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή, αιολική).
- Παραγωγή μηδαμινών ποσοτήτων παραπροϊόντων που δεν χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία (φυτική βλάστηση).
- Δεν έχουν μηχανικά μέρη.
- Δεν έχουν απαιτήσεις σε εξειδικευμένο προσωπικό.
- Χαμηλό κόστος κατασκευής (αν υπάρχουν διαθέσιμες εκτάσεις), μηδαμινό λειτουργικό κόστος.
- Ανθεκτικότητα σε μεγάλες διακυμάνσεις της παροχής και σε πολλά τοξικά συστατικά.
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του επεξεργασμένου νερού.
- Αισθητική «πράσινη» εμφάνιση, που χαρακτηρίζεται από μια συστάδα καλαμιών.(5)

Μειονεκτήματα:

- Σχετικά μεγάλη απαίτηση έκτασης.
- Παρουσία κουνουπιών. Όμως η έντονη παρουσία καλά ανεπτυγμένων φυτών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σκιασμένων περιοχών οι οποίες μειώνουν την δυνατότητα ανάπτυξης κουνουπιών.
- Η εμφάνιση οσμών λόγω των αποσυνθετικών διαδικασιών που πραγματοποιούνται στο στρώμα του νερού. Επειδή η επιφάνεια των λυμάτων είναι ελεύθερη τα συστήματα αυτά έχουν ένα σημαντικό πρόβλημα οσμών. Όμως το πρόβλημα δεν είναι και τόσο σημαντικό γιατί η δράση των φυτών να μειώνουν τη διαρροή των οσμών αλλά και να επεξεργάζονται τις οσμές που ελευθερώνονται αποτελεί μια πολύ καλή λύση στο πρόβλημα. (5)

2.6. Υπόστρωμα.

Το υπόστρωμα στους τεχνητούς υγροβιότοπους παίζει σημαντικό ρόλο στην καλή λειτουργία του γι' αυτό και η σωστή επιλογή του είναι πολύ σημαντική. Το υπόστρωμα συμμετέχει στις διαδικασίες απομάκρυνσης των ρύπων με πολλούς τρόπους. Στην επιφάνειά του αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στις διάφορες βιοχημικές διεργασίες και σε αυτό αναπτύσσονται οι ρίζες των φυτών. Επίσης οι φυσικοχημικές ιδιότητες του υλικού που χρησιμοποιείται παίζουν ρόλο όπως για παράδειγμα στην απομάκρυνση του φωσφόρου. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα είναι η άμμος, το χαλίκι και απλό χώμα. Το τελευταίο χρησιμοποιείται σε τεχνητούς υγροβιότοπους επιφανειακής ροής ενώ σε αυτούς με υποεπιφανειακή ροή χρησιμοποιούνται διάφοροι συνδυασμοί των δυο πρώτων υλικών σε διάφορα μεγέθη. Προχωρώντας από το ανώτερο στρώμα στο κατώτερο η διάμετρος των υλικών αυξάνει.

Τα κριτήρια με τα οποία επιλέγεται το κατάλληλο υπόστρωμα είναι το μέγεθος, το πορώδες, η υδραυλική αγωγιμότητα και το κόστος. Το είδος του υποστρώματος επηρεάζει την ευκολία με την οποία τα λύματα διέρχονται μέσα από αυτό. Τα μικρότερου μεγέθους υλικά παρουσιάζουν πλεονεκτήματα όπως μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια για επεξεργασία των λυμάτων ή καλύτερες συνθήκες για την ανάπτυξη των ριζών. Από την άλλη λεπτόκοκκο υλικό συνεπάγεται και φράξιμο των πόρων γρηγορότερα. Αυτός είναι και ο λόγος που γίνεται συνδυασμός των διάφορων μεγεθών άμμων ή/και χαλικιών, από τη μία η ύπαρξη ικανοποιητικής επιφάνειας για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και από την άλλη ικανοποιητικό πορώδες για την διέλευση των λυμάτων. Με την πάροδο του χρόνου το πορώδες αλλά και η υδραυλική αγωγιμότητα αλλάζουν τόσο από την

εναπόθεση των στερεών που περιέχονται στα λύματα, όσο και από το "βιοφίλμ" που αναπτύσσεται στην επιφάνεια του υποστρώματος. Αλλά, και η προσροφητική ικανότητα του υποστρώματος μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, αφού καταλαμβάνονται συνεχώς οι θέσεις που είναι διαθέσιμες για προσρόφηση.(3)

2.7. Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων από φυσικά συστήματα επεξεργασίας

Η συνεχής πληθυσμιακή αύξηση, η ρύπανση και η συνεχής υποβάθμιση τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων νερών, η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων και οι περιοδικές ξηρασίες καθιστούν αναγκαία τη διερεύνηση και ανάπτυξη νέων πηγών νερού. Στις βιομηχανικές χώρες υπάρχουν αυξανόμενα προβλήματα, που σχετίζονται με τη διασφάλιση της αναγκαίας τροφοδοσίας με νερό και τη διάθεση των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων. Αντίθετα στις αναπτυσσόμενες χώρες και ιδιαίτερα σε αυτές με ξηρικές και ημιξηρικές περιοχές υπάρχει η ανάγκη τεχνολογίας προσιτού κόστους, για αύξηση των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού και παράλληλη προστασία των υπαρχόντων πηγών νερού. (3)

Για το λόγο αυτό η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων φαίνεται ότι αποτελεί το πιο κατάλληλο μέσο στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ελλειμματικές περιοχές σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες και προγραμματίζουν την επαναχρησιμοποίηση προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

Τέτοιες περιοχές, χαρακτηρίζονται συνήθως από περιορισμένους υδατικούς πόρους, που αντιμετωπίζουν και προβλήματα ρύπανσης οφειλόμενα κυρίως στην ελλιπή αραίωση, διασπορά και έκπλυση. Επίσης περιοχές με μια αυξημένη ζήτηση νερού, κυρίως για άρδευση, ιδιαίτερα την περίοδο των περιορισμένων βροχοπτώσεων.

Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, εκτός του ότι εξοικονομεί πηγές νερού, μειώνει το κόστος επεξεργασίας και διάθεσής τους, περιορίζει την απαιτούμενη υποδομή για εκμετάλλευση και χρήση άλλων πηγών νερού και φυσικά περιορίζει το κόστος χρήσης τους και τις ρυπαντικές επιπτώσεις τους. Οι κύριες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με τη σειρά όγκου χρησιμοποιούμενου νερού είναι η γεωργική και κυρίως η άρδευση, ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων. Η άρδευση αντιπροσωπεύει στις μέρες μας αλλά ασφαλώς και στο μέλλον τον πιο σημαντικό χρήστη νερού και προσφέρει ταυτόχρονα αρκετές δυνατότητες για απορρόφηση όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων ανακτώμενων υγρών αποβλήτων.(3)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ

3.1. Γενικά.

Οι διεργασίες που γίνονται κατά την επεξεργασία του αποβλήτου στους τεχνητούς υγροβιότοπους είναι όμοιες με αυτές που συμβαίνουν στα φυσικά οικοσυστήματα. Η αποδόμηση της οργανικής ύλης μπορεί να προκύψει είτε μέσω αερόβιων είτε μέσω αναερόβιων διεργασιών. Η ισορροπία μεταξύ των διεργασιών αυτών εξαρτάται από το οργανικό φορτίο καθώς και από την παροχή οξυγόνου. Το οργανικό φορτίο προέρχεται κυρίως από την εισροή του αποβλήτου. Η παροχή του οξυγόνου γίνεται μέσω της ελεύθερης επιφάνειας του νερού και των αλγών που είναι προσκολλημένα στην επιφάνεια των αναδύομενων φυτών. Σαν συνέπεια των παραπάνω, οι διεργασίες στη στήλη του νερού είναι αερόβιες κατά τη διάρκεια της μέρας, ενώ γίνονται αναερόβιες κατά τη διάρκεια της νύχτας. (3)

Η παροχή οξυγόνου στα ιζήματα του υγροβιότοπου είναι αρκετά χαμηλή και έτσι οι διεργασίες εκεί είναι κυρίως αναερόβιες. Παρόλα αυτά από τις ρίζες των φυτών διαρρέεται κάποια ποσότητα οξυγόνου. Όπου η πυκνότητα των ριζών είναι υψηλή η διαρροή αυτή συνεισφέρει στην παροχή οξυγόνου και στα επιφανειακά στρώματα εδάφους. Σε σύγκριση όμως με το BOD του αποβλήτου η ροή οξυγόνου από τις ρίζες είναι μικρή και δεν είναι ο κύριος μηχανισμός αποδόμησης των φορτίων του άνθρακα. Η παραγωγή οξυγόνου από τη φυτική ριζόσφαιρα μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική σε άλλες διεργασίες όπως αυτή της νιτροποίησης.

Πολλοί από τους μηχανισμούς επεξεργασίας είναι τουλάχιστον μερικώς διαδοχικοί. Για παράδειγμα σε απλές μικροβιακές καλλιέργειες, το μεγαλύτερο μέρος του BOD αποδομείται πριν ξεκινήσει η νιτροποίηση. Ένα από τα πλεονεκτήματα ενός πιο περίπλοκου συστήματος επεξεργασίας, όπως το σύστημα ενός τεχνητού υγροβιότοπου, είναι, ως ένα σημείο, ότι αυτοί οι διαδοχικοί μηχανισμοί απομάκρυνσης μπορούν να συμπιεστούν στο χώρο και στο χρόνο. Παρακάτω ακολουθεί μια πιο λεπτομερής ανάλυση των μηχανισμών απομάκρυνσης κάθε ρυπαντή.(3)

3.1.1. Απομάκρυνση BOD/άνθρακα.

Το διαλυμένο ή σε αιώρηση BOD απομακρύνεται με διάφορους μηχανισμούς στους τεχνητούς υγροβιότοπους. Το διαλυτό BOD απομακρύνεται με την βιολογική δραστηριότητα και την προσρόφηση του στα φυτά και στην επιφάνεια των υποστρωμάτων αλλά και στη στήλη του νερού. Οι χαμηλές ταχύτητες και τα αναφυόμενα φυτά διευκολύνουν τη συσσωμάτωση, καθίζηση και την παγίδευση του BOD σε αιώρηση. Ένας τεχνητός υγροβιότοπος έχει μια ποικιλία πηγών ή φορτίων άνθρακα.

Το απόβλητο που εισρέει αντιπροσωπεύει το κύριο φορτίο άνθρακα. Υπάρχουν όμως και άλλες σημαντικές πηγές άνθρακα από την ανάπτυξη της φυτικής βλάστησης και από την ανάπτυξη της βιομάζας των μικροοργανισμών. (3)

Οι μηχανισμοί αποσύνθεσης του φορτίου του άνθρακα καθορίζεται από μια ισορροπία μεταξύ του φορτίου του άνθρακα και της παροχής οξυγόνου. Το οξυγόνο διοχετεύεται στη στήλη νερού του υγροβιότοπου με διάχυση από τον ατμοσφαιρικό αέρα, μέσω της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών στη στήλη νερού. Αν η παροχή οξυγόνου ικανοποιεί την απαίτηση σε οξυγόνο, η αποικοδόμηση του BOD προκύπτει με αερόβιες διεργασίες. Αν η απαίτηση σε οξυγόνο είναι μεγαλύτερη από την παροχή οξυγόνου, η αποικοδόμηση γίνεται με αναερόβιες διεργασίες. Η ισορροπία μεταξύ του αερόβιου και αναερόβιου μεταβολισμού μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις δόδους απομάκρυνσης του άνθρακα σε έναν υγροβιότοπο. Στα περισσότερα συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων και οι δυο διεργασίες μπορούν να φέρουν αποτελέσματα. (3)

3.1.2. Απομάκρυνση ολικών αιωρούμενων στερεών.

Τα ολικά αιωρούμενα στερεά των υγρών αποβλήτων αποτελούνται από μια ποικιλία οργανικών και ανόργανων συστατικών. Η πυκνότητα και το μέγεθος των σωματιδίων διαφέρουν αρκετά. Σωματίδια τα οποία έχουν διαφορετικό μέγεθος αλλά και πυκνότητα μπορούν να απομακρυνθούν με διαφορετικούς μηχανισμούς.

Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης των ολικών αιωρούμενων στερεών είναι η συσσωμάτωση και η καθίζηση στο κυρίως υγρό, και η φίλτρανση στα διάκενα του υποστρώματος. Η ιδανική απομάκρυνση στερεών απαιτεί τη διευκόλυνση της φίλτρανσης και της καθίζησης από τη βλάστηση και την αποφυγή επανεμφάνισης αλγών. Τα στερεά που προέρχονται από άλγη απαιτούν 6 με 10 μέρες χρόνο συγκράτησης έτσι ώστε να απομακρυνθούν.(3)

Τα μεγαλύτερα και βαρύτερα σωματίδια κατακάθονται στη ζώνη του υδροβιότοπου που εισρέει το απόβλητο. Ελαφρότερα και μικρότερα σωματίδια κατακάθονται με τη βοήθεια της φυτικής βλάστησης. Η φυτική βλάστηση του υδροβιότοπου προωθεί την κατακάθιση μειώνοντας την ανάμιξη της στήλης νερού και την επαναιώρηση των σωματιδίων. Τα μικρότερα σωματίδια (βακτήρια, άργιλοι, κολλοειδή κλπ.) δε συσσωματώνονται ώστε να κατακαθίσουν όσο βρίσκονται στον υδροβιότοπο. Για τα σωματίδια αυτά ο μοναδικός μηχανισμός απομάκρυνσης είναι η προσκόλλησή τους σε επιφάνειες στη στήλη νερού. Οι επιφάνειες αυτές είναι οι επιφάνειες των φυτών καθώς και οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται πάνω σε αυτά.(3)

3.1.3. Καθίζηση.

Η διαδικασία της καθίζησης εξαρτάται από το μέγεθος και το σχήμα του σωματιδίου που καθιζάνει, τη βαρύτητα και το ιξώδες. Η καθίζηση λαμβάνει χώρα τόσο από μεμονωμένα σωματίδια, όσο και από συσσωματωμένα σωματίδια. Το μέγεθος του σωματιδίου, η τύρβη αλλά και το ιξώδες εξαρτάται από την αντίσταση και επηρεάζει την ταχύτητα καθίζησης. Τα σωματίδια τα οποία έχουν προκύψει από συσσωματώσεις, καθώς η μάζα τους μεγαλώνει συνεχώς, η ταχύτητα καθίζησης αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Η συσσωμάτωση μπορεί να συμβεί είτε εξαιτίας φυσικών διεργασιών, είτε εξαιτίας της χημικής προσρόφησης. Η δημιουργία ολοένα και μεγαλύτερων σωματιδίων εξαρτάται από την ηλεκτρική φόρτιση στην επιφάνεια της συσώρευσης. Ποσότητα διαλυμένης ύλης μπορεί να προσροφηθεί στη σωματιδιακή επιφάνεια ως αποτέλεσμα διάφορων μηχανισμών συγκράτησης, οι οποίοι έχουν σαν αποτέλεσμα την αποσταθεροποίηση των σωματιδίων και συνεπώς τη σωματιδιακή συσσωμάτωση.(3)

3.1.4. Φίλτρανση / Συγκράτηση.

Η απομάκρυνση λόγω της φίλτρανσης δεν είναι τόσο σημαντική στους υδροβιότοπους επιφανειακής ροής. Τα σωματίδια της εισροής δεν παγιδεύονται σε μεγάλο βαθμό από το σώμα των αναφυόμενων φυτών και των φυτικών καταλοίπων. Η συγκράτηση όμως και η συγκόλληση των σωματιδίων στην επιφάνεια της φυτικής βλάστησης αποτελεί σημαντικό μηχανισμό απομάκρυνσης. Το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων, η ταχύτητα ροής και η επιφάνεια της φυτικής βλάστησης στην οποία προσκρούουν τα σωματίδια, επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του μηχανισμού αυτού. Η επιφάνεια της φυτικής βλάστησης καλύπτεται σταδιακά με ένα στρώμα μικροοργανισμών το οποίο προσροφά κολλοειδή ή υπερκολλοειδή σωματίδια και απορροφά διαλυμένα μόρια. Ανάλογα με τη φύση των στερεών αυτά μπορούν να μεταβολιστούν και να μετατραπούν σε διαλυτά σωματίδια, αέρια και βιομάζα ή μπορούν να προσκολληθούν φυσικά στην επιφάνεια του στρώματος αυτού και να αποδεσμευτούν στη στήλη νερού. (3)

3.1.5. Επαναιώρηση.

Στους τεχνητούς υδροβιότοπους επιφανειακής ροής η φυσική επαναιώρηση δεν είναι κυρίαρχη διεργασία. Οι ταχύτητες του νερού είναι συνήθως πολύ μικρές για να προκαλέσουν την αιώρηση σωματιδίων που έχουν ήδη καθιζάνει. Η πιθανότητα ύπαρξης διαβρωτικών ταχυτήτων βρίσκεται μόνο σε περιπτώσεις υδροβιότοπων με μεγάλο λόγο μήκους ανά πλάτος που λαμβάνουν μεγάλα φορτία.

Υπάρχουν τρεις μηχανισμοί που μπορούν να προκαλέσουν επαναιώρηση σε υδροβιότοπους επιφανειακής ροής: η τύρβη που δημιουργείται από τον άνεμο, η διατάραξη που προκαλεί η πανίδα του συστήματος και η επίπλευση που προκαλείται από την παραγωγή αερίων. Σε ανοικτές επιφάνειες νερού ο άνεμος προκαλεί επιφανειακή ροή κατά τη κατεύθυνση του ανέμου και ροή στο βυθό του υδροβιότοπου με αντίθετη κατεύθυνση. (3)

Πολλά ζώα διάφορων ειδών και μεγεθών μπορούν να προκαλέσουν επαναιώρηση των ιζημάτων σε ένα υδροβιότοπο. Η επαναιώρηση μέσω των αερίων που παράγονται στο σύστημα προκύπτει όταν τα αέρια αυτά παγιδεύονται ή ενσωματώνονται στα σωματίδια του ιζήματος. Τα αέρια που παράγονται από το σύστημα είναι κυρίως το οξυγόνο που παράγεται με τη φωτοσύνθεση και η παραγωγή μεθανίου στις αναερόβιες ζώνες. Σε υδροβιότοπους που είναι πλήρως καλυμμένοι με βλάστηση, το στρώμα των υπολειμμάτων και το ριζικό σύστημα της βλάστησης εξασφαλίζουν τη σταθεροποίηση των ιζημάτων και του εδάφους. Το γεγονός αυτό περιορίζει, αλλά δεν εξαλείφει το πρόβλημα της επαναιώρησης.(3)

3.2. Απομάκρυνση Αζώτου.

Η απομάκρυνση του αζώτου στους τεχνητούς υδροβιότοπους επιτυγχάνεται με νιτροποίηση και απονιτροποίηση. Η πρόσληψή του από τα φυτά αντιπροσωπεύει περίπου το 10% της συνολικής απομάκρυνσης του αζώτου. Η νιτροποίηση και απονιτροποίηση είναι μικροβιακές αντιδράσεις που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και το χρόνο συγκράτησης. Οι οργανισμοί για την νιτροποίηση απαιτούν οξυγόνο και επαρκής επιφάνεια να αναπτυχθούν και γι' αυτό δεν είναι παρόντες σε μεγάλους αριθμούς, είτε όταν το οργανικό φορτίο είναι ιδιαίτερα υψηλό είτε συστήματα σχετικά νέα με ατελής κάλυψη φυτικής βλάστησης. (3)

3.2.1. Οργανικό άζωτο.

Το οργανικό άζωτο, που περιέχεται στα αιωρούμενα στερεά των υγρών αποβλήτων, απομακρύνεται όπως αναφέρεται σε μεγάλο ποσοστό με διήθηση και φιλτράρισμα. Επίσης το οργανικό άζωτο, υπό τη μορφή στερεών συστατικών του αποβλήτου, που συνήθως περιέχεται σε πολύπλοκες μεγαλομοριακές ενώσεις, όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, μπορεί να ενσωματώνεται κατ' ευθείαν στην οργανική μάζα ή στο χούμο του εδάφους. (3)

3.2.2. Αμμωνιακό άζωτο.

Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να ακολουθεί διάφορους δίοδους απομάκρυνσης. Διαλυμένη αμμωνία μπορεί να απομακρυνθεί με εξάχνωσή της ως αέρια αμμωνία, κατ' ευθείαν στην ατμόσφαιρα. Το ποσοστό απομάκρυνσης με αυτή τη δίοδο είναι σχετικά μικρό (<10%). Το μεγαλύτερο ποσοστό εισερχόμενου ή παραγόμενου αμμωνίου προσροφάτε προσωρινά δια μέσου αντιδράσεων εναλλαγής ιόντων σε εδαφικά οργανικά και αργιλικά σωματίδια. Το προσροφημένο αμμώνιο είναι διαθέσιμο για πρόσληψή του από τα φυτά και μικροοργανισμούς ή για μετατροπή του σε νιτρικό άζωτο δια μέσου της βιολογικής νιτροποίησης. Επειδή το δυναμικό προσρόφησης του αμμωνίου σε φυσικά συστήματα είναι πεπερασμένο είναι απαραίτητη η νιτροποίησή του για περαιτέρω απελευθέρωσή του και αναγέννηση νέων περιοχών προσρόφησης. (3)

3.2.3. Βιολογική νιτροποίηση.

Το αμμώνιο μπορεί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, να δράσει και σαν υπόστρωμα για μικροβιακούς μετασχηματισμούς. Η νιτροποίηση είναι μια αερόβια οξειδωση του αμμωνίου σε νιτρικά. Μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών που χρησιμοποιούν τον οργανικό άνθρακα σαν πηγή ενέργειας είναι ικανοί να παράγουν οξειδωμένες νιτρικές ενώσεις. Εν τούτοις η νιτροποίηση από αυτότροφους μικροοργανισμούς θεωρείται ο κύριος μηχανισμός μετατροπής του αμμωνίου σε νιτρικό άζωτο. Η νιτροποίηση είναι μια διεργασία που συντελείται σε δυο στάδια από μια ομάδα βακτηρίων:

- Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την οξειδωση του αμμωνίου σε νιτρώδη, κυρίως από βακτήρια του γένους Nitrosomas ενώ,
- Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την οξειδωση των νιτρωδών σε νιτρικά, κυρίως από βακτήρια του γένους Nitrobacter.

Η απόδοση της νιτροποίησης εξαρτάται από ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων όπως η παροχή αμμωνίου, η παροχή οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα, η πυκνότητα του πληθυσμού των βακτηρίων, η θερμοκρασία, το pH και η αλκαλικότητα.

Η παροχή οξυγόνου περιορίζει την νιτροποίηση στην επιφάνεια όπου είναι δυνατή η παροχή οξυγόνου και στα φιλμ των μικροοργανισμών στην επιφάνεια της φυτικής βλάστησης. (3)

3.2.4. Νιτρικό άζωτο.

Το νιτρικό άζωτο φέρει αρνητικό φορτίο, δε συγκρατείται με αντιδράσεις εναλλαγής και συνήθως παραμένει σε διάλυση και μεταφέρεται με τη ροή του νερού. Το νιτρικό άζωτο προσλαμβάνεται από τα φυτά, αλλά η απομάκρυνσή του με αυτή τη διεργασία συμβαίνει μόνο στην περιοχή ανάπτυξης των ριζών και σε περιόδους ενεργούς φυτικής βλάστησης. Η κύρια απομάκρυνση από το σύστημα επιτυγχάνεται με τη συγκομιδή και απομάκρυνση από το σύστημα σημαντικού ποσοστού της παραγόμενης φυτικής βλάστησης. Αντίθετα, όταν η φυτική βλάστηση παραμένει στο σύστημα, το άζωτο που περιέχεται σε αυτήν επανεισάγεται στο σύστημα κυρίως ως οργανικό άζωτο.(3)

3.2.5. Βιολογική απονιτροποίηση.

Το νιτρικό άζωτο απομακρύνεται επίσης με τη διεργασία της βιολογικής απονιτροποίησης και στη συνέχεια με τη διάχυσή του στην ατμόσφαιρα, κυρίως ως οξειδίου του αζώτου ή ως ελεύθερου αζώτου. Η απονιτροποίηση διενεργείται με επαμφοτερίζοντα βακτήρια υπό ανοξικές συνθήκες. Γι' αυτή τη διεργασία δεν είναι απαραίτητο να επικρατούν ανοξικές συνθήκες σε όλο το σύστημα. Έτσι απονιτροποίηση είναι δυνατό να συμβαίνει σε ανοξικές μικροπεριοχές, παρακείμενες σε ευρύτερες αερόβιες περιοχές.

Για την ολοκλήρωση της βιολογικής απονιτροποίησης, εντός των ανοξικών συνθηκών, απαιτείται και μια αυξημένη αναλογία άνθρακα/ αζώτου. Μια αναλογία άνθρακα/ αζώτου 2:1 είναι απαραίτητη. Βιομάζα από τη φυτική βλάστηση μπορεί να αποτελέσει μερική πηγή άνθρακα. Σε συστήματα όμως με υψηλά φορτία η πηγή άνθρακα θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στο απόβλητο. Έτσι σε συστήματα με εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας που έχουν αναλογία άνθρακα/ αζώτου <1, δεν μπορεί να μεγιστοποιηθεί η απομάκρυνση αζώτου, χωρίς να ληφθούν πρόσθετα μέτρα.(3)

3.3. Απομάκρυνση φωσφόρου

Ο φώσφορος στα φυσικά νερά και στα υγρά απόβλητα συναντάται κυρίως υπό τη μορφή φωσφορικών. Ο φώσφορος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία των οικοσυστημάτων.

Συχνά αποτελεί το κυριότερο περιοριστικό θρεπτικό σε υδάτινα οικοσυστήματα. Έχει συνήθως την τάση να συσσωρεύεται στο ίζημα των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας και με αυτό τον τρόπο απομακρύνεται. Η επαύξηση των ανόργανων φωσφορικών και της βιομάζας στο ίζημα αποτελεί τον κυριότερο μηχανισμό απομάκρυνσης του φωσφόρου σε ένα σύστημα επεξεργασίας τεχνητού υγροβιότοπου επιφανειακής ροής. (3)

3.3.1. Φυσικοί – Χημικοί διαχωρισμοί.

Τα φωσφορικά που βρίσκονται υπό τη μορφή σωματιδίων μπορούν να εναποτεθούν στον πυθμένα του υγροβιότοπου μέσω της καθίζησης ή να παγιδευτούν στην επιφάνεια της φυτικής βλάστησης και να δεσμευτούν από το στρώμα των μικροοργανισμών.

Τα διαλυμένα φωσφορικά μπορούν να δεσμευτούν από τα στρώματα των μικροοργανισμών που βρίσκονται στην επιφάνεια της φυτικής βλάστησης και στα κατάλοιπά της που επιπλέουν, ή που βρίσκονται στο ίζημα. Η ανταλλαγή των διαλυμένων φωσφορικών ανάμεσα στο νερό που είναι εγκλωβισμένο στους πόρους και στην υδάτινη στήλη διαμέσου της διάχυσης ή της ρόφησης / εκρόφησης αποτελεί τη κύρια πηγή των διαλυμένων φωσφορικών. Στο εγκλωβισμένο, στους πόρους, νερό του ιζήματος τα φωσφορικά αυτά μπορούν να κατακρημνιστούν ως αδιάλυτα σιδηρούχα, ασβεστούχα και αλουμινούχα φωσφορικά ή να προσροφηθούν σε σωματίδια ιλύος, οργανική τύρφη και σιδηρούχα και αλουμινούχα οξειδία και υδροξειδία. (3)

Τα φωσφορικά μπορούν να απελευθερωθούν από τα μεταλλικά σύμπλοκα ανάλογα με το οξειδοαναγωγικό δυναμικό του συστήματος. Επίσης, τα φωσφορικά απελευθερώνονται από τα σιδηρούχα και αλουμινούχα σύμπλοκα με υδρόλυση η οποία λαμβάνει χώρα κάτω από ανοξικές συνθήκες. Στην περίπτωση ελάττωσης του pH ενός συστήματος, που οφείλεται στο βιολογικό σχηματισμό οργανικών οξέων, νιτρικών ή θειικών, κάποια ποσότητα φωσφορικών μπορεί να εκλυθεί. Με την πάροδο του χρόνου ένα σημαντικό μέρος των φωσφορικών που έχουν απομακρυνθεί, δεσμεύεται στο ίζημα και με αυτό τον τρόπο απομακρύνεται από το σύστημα. Κατά την αρχική περίοδο προσαρμογής ενός συστήματος FWS μέχρις ότου αυτό σταθεροποιηθεί παρατηρείται μεγάλου βαθμού απομάκρυνση λόγω των αρχικών αντιδράσεων που συμβαίνουν στον πυθμένα του υγροβιότοπου. (3)

3.3.2. Βιολογικοί μετασχηματισμοί φωσφορικών.

Τα διαλυμένα οργανικά φωσφορικά και τα μη διαλυμένα οργανικά και ανόργανα φωσφορικά δεν είναι συνήθως διαθέσιμα για τη βλάστηση μέχρι να μετασχηματιστούν σε διαλυτή ανόργανη μορφή. Οι μετασχηματισμοί αυτοί πραγματοποιούνται στη στήλη του νερού από αιωρούμενους μικροοργανισμούς, από τα στρώματα των μικροοργανισμών στην επιφάνεια των φυτών και στα ιζήματα.

Η λήψη από τους μικροοργανισμούς αποτελεί ένα γρήγορο κυκλικό μηχανισμό. Με το θάνατο και την αποσύνθεση της βλάστησης η μεγαλύτερη ποσότητα των φωσφορικών επιστρέφει πίσω στην υδάτινη στήλη, ενώ κάποια ποσότητα απομακρύνεται στα καινούρια σχηματιζόμενα ιζήματα. Η λήψη φωσφορικών από τα μακρόφυτα πραγματοποιείται μέσω του ριζικού συστήματος. Η λήψη πραγματοποιείται κατά την περίοδο ανάπτυξης της βλάστησης ενώ κάποια ποσότητα φωσφορικών αποδεσμεύεται κατά τη γήρανση των φυτών κατά το τέλος του καλοκαιριού ή το φθινόπωρο, συνοδευόμενη από την αποσύνθεση των φυτικών κατάλοιπων. (3)

Η μορφή των φωσφορικών, ο τύπος και η πυκνότητα της φυτικής βλάστησης, ο ρυθμός υδραυλικού φορτίου των φωσφορικών και οι κλιματικές συνθήκες καθορίζουν τον τύπο και την ποσότητα των φωσφορικών που απομακρύνονται από το σύστημα σε κάποια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η απομάκρυνση των φωσφορικών δια μέσου των φυτών λαμβάνει χώρα

εποχιακά, καθώς κατά την περίοδο γήρανσης των φυτών, η μεγαλύτερη ποσότητα φωσφορικών που έχει απομακρυνθεί, ελευθερώνεται πίσω στην υδάτινη στήλη.

Συνήθως σε υγροβιότοπους επεξεργασίας οι ευκαιρίες επαφής μεταξύ των υγρών αποβλήτων και του εδάφους είναι περιορισμένες, ενώ η απομάκρυνση της βλάστησης δεν πραγματοποιείται με ιδιαίτερα εύκολο τρόπο. Αποτελεσματική απομάκρυνση του φωσφόρου παρατηρείται ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των πρώτων 12- 24 μηνών. Όταν όλο το σύστημα φτάσει σε ένα επίπεδο ισορροπίας, η απομάκρυνση του φωσφόρου μειώνεται. Σε γενικές γραμμές με βάση διάφορες εκτιμήσεις και έρευνες, η ετήσια απομάκρυνση φωσφόρου από συστήματα FWS παρουσιάζεται περιορισμένη. Μια απομάκρυνση ολικού φωσφόρου (TP) 30 – 50% πραγματοποιείται συνήθως σε υγροβιότοπους με χρόνο συγκράτησης <10 μέρες. Σε κάποια συστήματα FWS με χρόνους παραμονής > 20 μέρες παρατηρήθηκαν εκροές < 4 mg/L με εισροή > 10 mg/L. Απαιτείται μεγάλη έκταση και επιπρόσθετη επεξεργασία για μεγάλου βαθμού απομάκρυνση του φωσφόρου σε τυπικά συστήματα υγροβιότοπων. (3)

3.4. Απομάκρυνση παθογόνων οργανισμών.

Οι παθογόνοι οργανισμοί που εισέρχονται σε ένα τεχνητό υγροβιότοπο μπορεί να είναι ενσωματωμένοι στα ολικά αιωρούμενα στερεά ή μπορεί να αιωρούνται στην εισροή του αποβλήτου. Αυτοί που είναι ενσωματωμένοι στα ολικά στερεά απομακρύνονται με τους ίδιους μηχανισμούς που απομακρύνονται και τα TSS. Οι μηχανισμοί αυτοί έχουν αναλυθεί παραπάνω και είναι η καθίζηση, η φίλτραση και η ρόφηση. Αφού διαχωριστούν από τη στήλη νερού, οι ζωντανοί μικροοργανισμοί διαχωρίζονται από τη στήλη νερού μπορούν να αποδεσμευτούν και να συγκρατηθούν στα στρώματα των μικροοργανισμών ή στους πόρους των ιζημάτων που περιέχουν νερό, ή να εισέλθουν ξανά στη στήλη νερού.

Το σημείο που θα βρεθούν δεν έχει τόσο σημαντικό ρόλο, όσο το ότι θα πρέπει να ανταγωνιστούν με το σύνολο των οργανισμών που τους περιβάλλουν. Συνήθως απαιτούν πλούσιο υπόστρωμα και υψηλές θερμοκρασίες. Οι περισσότεροι παθογόνοι οργανισμοί δεν μπορούν να επιζήσουν τον ανταγωνισμό αυτό, με αποτέλεσμα να καταστραφούν σαν θηράματα άλλων οργανισμών ή από την ακτινοβολία UV, αν βρεθούν κοντά στην επιφάνεια του νερού.

Η απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών στους υγροβιότοπους φαίνεται να έχει άμεση σχέση με την απομάκρυνση των ολικών αιωρούμενων στερεών και το χρόνο συγκράτησης. Έχουν διεξαχθεί λίγες μελέτες για την επίδραση των τεχνητών υγροβιότοπων στους παθογόνους μικροοργανισμούς που βρήκαν παρόμοια απομάκρυνση σε εισροές μολυσμένες με σαλμονέλα και κολοβακτηρίδια MS2.(3)

Πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι πιο ευαίσθητοι στο περιβάλλον των υγροβιότοπων από ότι οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται σα δείκτες, όπως τα βακτήρια E.coli και οι στρεπτόκοκκοι. Μερικοί όμως ιοί και πρωτόζωα μπορεί να είναι πιο ανθεκτικοί. Μεμονωμένα αποτελέσματα που αφορούν σε ιούς έχουν καταγραφεί, και οι μηχανισμοί που επηρεάζουν την απομάκρυνσή τους είναι διαφορετικοί από αυτούς που καταστρέφουν τους δείκτες.

Είναι επίσης σημαντικό να αναφερθεί ότι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν μέσα στον υγροβιότοπο, τέτοιοι οργανισμοί μπορούν να βρεθούν ακόμα και στους φυσικούς υγροβιότοπους. Η ποσότητα αυτών των μικροοργανισμών μπορεί να είναι διαφορετική ανάλογα με την εποχή και άλλες λειτουργικές παραμέτρους του συστήματος. Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι γενικά οι μικροοργανισμοί δεν προέρχονται πάντα από ανθρώπινες πηγές. Παρόλα αυτά οι εκροές των τεχνητών υγροβιότοπων όσον αφορά στους παθογόνους οργανισμούς είναι απίθανο να βρίσκονται εντός των επιτρεπόμενων ορίων από την νομοθεσία. Γι' αυτό απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία για τη διάθεσή τους στο περιβάλλον.(3)

3.5. Απομάκρυνση μετάλλων.

Για την ανάπτυξη φυτών και ζώων είναι απαραίτητα ίχνη μερικών μετάλλων, ωστόσο τα ίδια αυτά μέταλλα μπορεί να είναι τοξικά σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Άλλα μέταλλα δεν έχουν καμία βιολογική σημασία και μπορούν να είναι τοξικά ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.

Τα μέταλλα που εισέρχονται σε έναν τεχνητό υδροβιότοπο σαν αδιάλυτα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται από τη στήλη νερού από τους ίδιους μηχανισμούς που απομακρύνονται τα TSS. Ανάλογα με το pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής, τα αδιάλυτα σωματίδια μπορεί να διαλυθούν ξανά και να επιστρέψουν στην υδατική φάση. Σημαντικοί μηχανισμοί απομάκρυνσης μετάλλων είναι η ανταλλαγή κατιόντων με τα ιζήματα του υδροβιότοπου, η δέσμευση από οργανική ύλη, η χημική κατακρήμνιση σε αδιάλυτα άλατα, σουλφίδια, ανθρακικά και η πρόσληψη από φυτά, άλγη και βακτήρια. Αυτά τα δεσμευμένα μέταλλα δεν είναι συνήθως βιοδιαθέσιμα και παραμένουν απομακρυσμένα από το σύστημα. Αν τα ιζήματα διαταραχθούν ή προκληθεί επαναιώρηση τους, τα απομονωμένα μέταλλα θα επιστρέψουν στην υδατική φάση.

Τα μέταλλα ενσωματώνονται στη βιομάζα των υδροβιότοπων. Απορροφώνται από τη φυτική βλάστηση μέσω του ριζικού συστήματος και έπειτα κατανέμονται σε όλο το φυτό. Ο βαθμός της απορρόφησης αυτής εξαρτάται από το είδος του μετάλλου και το είδος του φυτού.(3)

Ορισμένοι μελετητές βρήκαν ότι η πρόσληψη των μετάλλων από τα φυτά είναι μικρή σε συστήματα υποεπιφανειακής ροής, ενώ άλλοι ισχυρίζονται ότι μέταλλα μπορούν να βρεθούν στις ρίζες των φυτών εξαιτίας της χημικής κατακρήμνισης και της προσρόφησης. Σε ένα σύστημα επεξεργασίας στο New Jersey βρέθηκε ότι το κάδμιο, ο χαλκός, ο μόλυβδος, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος συσσωρεύτηκαν στα υπολείμματα των φυτών στο τέλος της περιόδου ανάπτυξης σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις από ότι στα φυτά. Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι μέταλλα όπως το κάδμιο, το χρώμιο, ο χαλκός, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος μπορούν να απομονωθούν στο χώμα και στη χλωρίδα και πανίδα του συστήματος.

Ως τώρα δεν υπάρχουν επαρκή μακροχρόνια στοιχεία για τεχνητούς υδροβιότοπους μεγάλης κλίμακας, που να παρέχουν μια αξιόπιστη εκτίμηση για την απόδοση της απομάκρυνσης των μετάλλων από τα απόβλητα. Εν τούτοις, σε συστήματα υποεπιφανειακής ροής και σε συστήματα επιφανειακής ροής πλήρως καλυμμένα με βλάστηση, οι αναερόβιες συνθήκες συντελούν στην κατακράτηση των περισσότερων μετάλλων με την κατακάθιση των ολικών αιωρούμενων στερεών και την μείωση της επαναιώρησης.(3)

3.6. Άλλα οργανικά συστατικά.

Υπάρχει μια ανησυχία για την τύχη πολλών ιχνών οργανικών ενώσεων, που περιέχονται στα απόβλητα, στο περιβάλλον. Οι οργανικές αυτές ενώσεις είναι μικροβιοκτόνα, θρεπτικά και άλλες ουσίες που προκύπτουν από χημικές διεργασίες και ανήκουν στην κατηγορία των πιο σημαντικών ρυπαντών. Η τύχη των ρυπαντών αυτών σε έναν υδροβιότοπο εξαρτάται από τις ιδιότητες της κάθε ένωσης, τα χαρακτηριστικά του υδροβιότοπου, το είδος της φυτικής βλάστησης και από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι πιο σημαντικοί μηχανισμοί διαχωρισμού και απομάκρυνσης είναι η εξάτμιση, η καθίζηση, η βιοαποικοδόμηση, η προσρόφηση και η απορρόφησή τους από τα φυτά. Αυτοί οι μηχανισμοί έχουν ήδη αναλυθεί. Οι συντηρητικές οργανικές ενώσεις που έχουν διαχωριστεί από τη στήλη νερού συσσωρεύονται στα ιζήματα του υδροβιότοπου. Ένα μέρος απορροφάται από τα φυτά και επιστρέφει στο σύστημα με την αποσύνθεσή τους. Από τη βιοαποικοδόμηση ορισμένων οργανικών ενώσεων προκύπτει η παραγωγή ανόργανων τελικών προϊόντων, ή η παραγωγή τελικών προϊόντων περισσότερο τοξικών από τις αρχικές ενώσεις. Προς το παρόν όμως δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για την αποτελεσματικότητα της μακροπρόθεσμης απομάκρυνσης και για την καταστροφή των κυριότερων ρυπαντών. (3)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΡΥΠΑΝΣΗ – ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ

4.1. Γενικά.

Μια ουσία χαρακτηρίζεται ως **ρύπος** εφόσον η συγκέντρωσή της στο νερό είναι αρκετά μεγαλύτερη απ' αυτήν που συνήθως συναντάται στα φυσικά αποθέματα του γλυκού νερού. Ένας ρύπος χαρακτηρίζεται τοξικός όταν έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει σοβαρή βλάβη ή θάνατο σε ανθρώπους ή ζώα.



Εικ 6. Ρύπανση από τοξικά και βιομηχανικά απόβλητα. (11)

Ρύπανση ονομάζεται η επιβάρυνση του νερού με ύλη ή ενέργεια. Πρόκειται δηλαδή για ανεπιθύμητη μεταβολή των ποιοτικών του (φυσικών, χημικών, ραδιολογικών, βιολογικών - μικροβιολογικών) χαρακτηριστικών, εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σε βαθμό που μπορεί να δημιουργηθεί κίνδυνος για την υγεία και να υποβαθμιστεί η ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Η ρύπανση προκαλεί βλάβη στα φυσικά οικοσυστήματα και παρεμποδίζει τις επιθυμητές χρήσεις των υδατικών πόρων.

Μόλυνση ονομάζεται η παρουσία στο νερό παθογόνων μικροοργανισμών ή και μικροοργανισμών δεικτών, που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας παθογόνων, εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

4.1.1. Μείωση του οξυγόνου.

Το περιεχόμενο του νερού σε οξυγόνο είναι εκ φύσεως χαμηλό. Όταν το νερό ρυπανθεί από οργανικά απόβλητα, όπως είναι τα οικιακά απόβλητα, το περιεχόμενο του νερού σε οξυγόνο ελαττώνεται δραματικά. Αυτό συμβαίνει διότι για να αποσυντεθεί η οργανική ύλη χρειάζεται

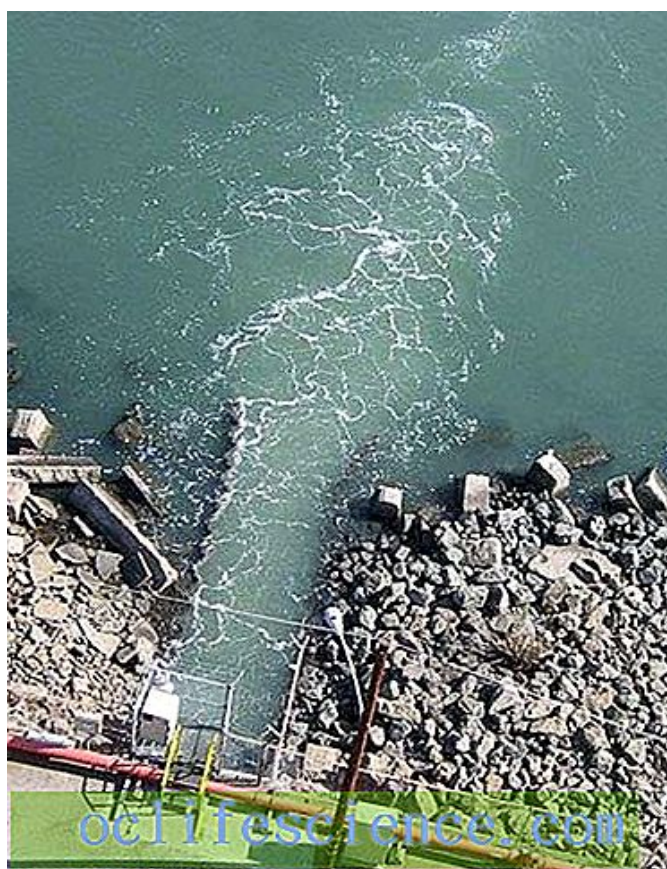
οξυγόνο. Τα ημερήσια απόβλητα ενός ατόμου χρειάζονται για να οξειδωθούν 9000 λίτρα νερού. Όταν δεν υπάρχει επαρκές οξυγόνο στο νερό, η υδρόβια πανίδα πεθαίνει από ασφυξία. (1)

4.1.2. Θερμική μόλυνση.

Θερμική μόλυνση εννοούμε την αύξηση της θερμοκρασίας, που οφείλεται στα θερμά υδατικά απόβλητα των βιομηχανιών που χύνονται στα ποτάμια και τις λίμνες με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού.

Η διαλυτότητα του O₂ στο νερό είναι μικρή, αρκετή όμως για την ύπαρξη της υδρόβιας ζωής. Η ελάττωση της διαλυτότητας του στο νερό με αύξηση της θερμοκρασίας (54,31 mg/l στους 10 c ενώ 40,44 mg/l στους 25c) έχει σαν αποτέλεσμα τη θερμική μόλυνση.

Μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μια μικρή αλλά σημαντική ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου με αποτέλεσμα να μην είναι αρκετό για την υδρόβια ζωή.(1)



Εικ 7. Απόρριψη θερμού ύδατος από σταθμό παραγωγής ενέργειας στον κόλπο του Σαν Φρανσίσκο. (11)

4.1.3. Ρύπανση του νερού με θρεπτικά άλατα(ευτροφισμός).

Το νερό μπορεί να υπερφορτωθεί με θρεπτικά που μπορεί να είναι είτε οργανικά όπως αυτά που περιέχονται σε αστικά απόβλητα είτε ανόργανα όπως αυτά που προέρχονται από τα ανόργανα λιπάσματα. Η αύξηση του φορτίου των θρεπτικών ευνοεί την ανάπτυξη των μικροφυκών και οδηγεί σε «εκρήξεις μικροφυκών» τα οποία αποκλείουν μέσω της σκίασης τα άλλα φυτά. Η αλλαγή αυτή στο μόρφωμα της πρωτογενούς παραγωγικότητας μεταβάλλει τις τροφικές αλυσίδες. Οι μάζες των αποσυντιθέμενων μικροφυκών αλλοιώνουν το χρώμα του νερού και του στερούν το

οξυγόνο. Ο ευτροφισμός είναι εντονότερος στις λίμνες, όπου η ανανέωση των υδάτων γίνεται με πιο αργούς ρυθμούς. (1)



Εικ.8. Ευτροφική λίμνη με εμφανές το φαινόμενο “της άνθισης του νερού”. (11)

4.1.4. Απορρυπαντικά.

Τα απορρυπαντικά βοηθούν στην ρύπανση των νερών. Τα απλά σαπούνια δεν προκαλούν προβλήματα ρύπανσης στα νερά, διότι διασπώνται πολύ εύκολα από παράγοντες αποσύνθεσης. Τα συνθετικά, όμως απορρυπαντικά που άρχισαν να παρασκευάζονται μετά το 1918 είχαν σύνθετα μόρια ανθεκτικά στην αποδόμηση. Όταν τα απορρυπαντικά αυτά εισέρχονται στο νερό, σχηματίζουν ανθεκτικές μάζες αφρού και ελαττώνουν την ικανότητα του νερού να απορροφά οξυγόνο. Αυτό δεν προκαλεί μόνο μείωση της πανίδας, αλλά και βλάβη στην υγεία καθώς τα βακτήρια των αποβλήτων ευδοκιμούν ιδιαίτερα γύρω από τους αφρούς. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια παρασκευάζονται <<μαλακά>> απορρυπαντικά με σχετικά απλά μόρια που διασπώνται. (1)

4.1.5. Τοξικές ουσίες.

Οι δηλητηριώδεις ουσίες στο νερό δεν προέρχονται πάντοτε από τεχνητή πηγή. Το πλήθος των μη συμβατικών ρύπων που μπορούν να καταλήξουν στο νερό είναι πολύ μεγάλο. Οι μεταβολές της οξύτητας του νερού, τα βαριά μέταλλα, οι τοξικές οργανικές ενώσεις, το αρσενικό, τα θειούχα, τα κυανιούχα, ο μόλυβδος, ο ψευδάργυρος, ο υδράργυρος, οι φαινόλες και τα ραδιενεργά στοιχεία αποτελούν μερικούς από τους πιο σημαντικούς και πιο συνήθεις μη συμβατικούς ρύπους του νερού.

Το υδρόθειο που παράγεται από την ύλη που σαπίζει μπορεί να είναι τοξικό. Τα περισσότερα μεταλλικά δηλητήρια δε διασπώνται στο νερό, αλλά συσσωρεύονται σε ιζήματα από όπου μπορούν να μολύνουν και να εισέλθουν στις τροφικές αλυσίδες.

Οι τοξικές οργανικές ενώσεις είναι ουσίες οι οποίες έχουν συντεθεί από τον άνθρωπο για διάφορες χρήσεις. Σπουδαιότερες απ’ αυτές είναι τα παρασιτοκτόνα, τα εντομοκτόνα, τα ζιζανιοκτόνα, τα οποία καταλήγουν στο νερό λόγω της ευρείας χρήσης τους στη γεωργία και στη βιομηχανία.(7)

Οι διοξίνες, οι οποίες παράγονται εκεί όπου υπάρχουν καύσεις ή διεργασίες με χλώριο, οι υδρογονάνθρακες του πετρελαίου, οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια, οι φαινόλες, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες και τα τριαλογονομεθάνια, τα οποία συνήθως σχηματίζονται κατά την προαπολύμανση του νερού, την απολύμανση των υγρών αποβλήτων κ.λ.π. Τα στοιχεία και οι τοξικές αυτές ενώσεις που αναφέρονται παραπάνω, χαρακτηρίζονται από σημαντική βιολογική δράση. Έχουν μεγάλο χρόνο υποδιπλασιασμού και πολλές απ' αυτές βιοσυσσωρεύονται προκαλώντας βαριές ασθένειες. Οι περισσότερες απ' αυτές είναι καρκινογόνες και τερατογόνες και αποτελούν τεράστιο κίνδυνο για το περιβάλλον. Το τοξικό αποτέλεσμα εξαρτάται από τη συγκέντρωση του στοιχείου ή της ουσίας, τη φύση της και τη χημική σύσταση του περιβάλλοντός της, την παρουσία δηλαδή άλλων χημικών ουσιών στο εσωτερικό του οργανισμού καθώς και από τα γενετικά χαρακτηριστικά, το στάδιο ανάπτυξης και τη φυσιολογία του ατόμου. Ενθαρρυντικό είναι το γεγονός της αντικατάστασης κάποιων χλωριωμένων υδρογονανθράκων όπως του DDT, που χρησιμοποιήθηκαν στη γεωργία, με οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά τα οποία έχουν μεν άμεση τοξικότητα αλλά είναι ασταθή και συνεπώς δεν έχουν καταρχήν την τάση να συγκεντρώνονται στην τροφική αλυσίδα και να προκαλούν μακροπρόθεσμες βλάβες στους οργανισμούς. (7)

Τα οξέα και οι βάσεις που ευθύνονται για τις αλλαγές της οξύτητας (pH) του νερού προέρχονται κατά κανόνα από τη βιομηχανία. Εντούτοις δεν είναι σπάνια η περίπτωση της όξινης βροχής που περιέχει θειικό (H_2SO_4) και νιτρικό οξύ (HNO_3) με προέλευση τα οξείδια του θείου και αζώτου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η όξινη βροχή έχει γίνει αιτία καταστροφής λιμναίων οικοσυστημάτων. Όλοι σχεδόν οι υδρόβιοι αλλά και οι χερσαίοι οργανισμοί δεν μπορούν να ανεχθούν τιμές pH του νερού κάτω από 6,0 ή πάνω από 8,5. Συνεπώς το pH του νερού πρέπει να είναι ουδέτερο.

Τα μέταλλα εισέρχονται στα υδάτινα οικοσύστημα τόσο από φυσικές όσο και από τεχνητές (ανθρωπογενείς) πηγές και διαδικασίες. Στις φυσικές πηγές ανήκει η διάβρωση των πετρωμάτων και η ηφαιστειακή δραστηριότητα. Στις ανθρωπογενείς πηγές ανήκει η εξόρυξη ορυκτών και η βιομηχανία, συνήθως τα διυλιστήρια πετρελαίου, η χαλυβουργία, η παραγωγή λιπασμάτων, τα πετροχημικά, η παραγωγή χημικών, χρωμάτων κ.λ.π.). (7)

4.2. Πηγές και διαδικασίες ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων μπορεί να υποβαθμιστεί από ανθρωπογενείς ή φυσικές δραστηριότητες. Το επιφανειακό νερό (βροχή, άρδευση, απόβλητα) είναι υπεύθυνο για τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων. Το επιφανειακό νερό περνώντας από την ακόρεστη εδαφική ζώνη διαλύει κάθε διαλυτή ουσία που βρίσκεται μέσα σε αυτήν, όπως λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα, διαλυτά άλατα, οργανικές ουσίες που είτε προέρχονται από το έδαφος είτε από διάφορες σημειακές πηγές ρύπανσης (αστικά λύματα ή απόβλητα). Και κατά συνέπεια το διάλυμα αυτό διαχέεται στον υδροφόρο ορίζοντα. (2)

Η διαμόρφωση της ποιότητας του νερού στο έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς εξαρτάται από τη μεταφορά μάζας των διαφόρων ουσιών και στοιχείων που την καθορίζουν. Η ποιότητα του υπόγειου και εδαφικού νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση, με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση, και στους μικροοργανισμούς.

Η διαμόρφωση της σύστασης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, βιολογικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης, είτε με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα των υπόγειων νερών. (2)



Εικ 9 . Διάφοροι ρύποι και πως καταλήγουν στον υδροφόρο ορίζοντα. (11)

Η χημική σύσταση του φυσικού υπόγειου νερού εξαρτάται μόνο από τις φυσικές διαδικασίες και είναι αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής και γεωχημικής ιστορίας του. Η ανθρώπινη επέμβαση προσδιορίζεται σε περιοχές με σημαντική χρήση γης, όπως στις αστικοποιημένες περιοχές και αγροτικές περιοχές.

Το νερό που είτε προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή από τα υγρά απόβλητα που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας μεταφοράς ουσιών μέσα στο έδαφος. Το επιφανειακό νερό διηθείται στο έδαφος και διαμέσου της ακόρεστης ζώνης κινείται προς τους υπόγειους υδροφορείς, όπου διακλαδίζεται προς διάφορες κατευθύνσεις ανάλογα με τις συνθήκες ροής που επικρατούν στον υδροφορέα.

Το ρυπασμένο νερό ακολουθεί τις καθορισμένες διαδικασίες κίνησης του υπόγειου νερού. Με την παρέλευση του χρόνου η ένταση της ρύπανσης του νερού είτε μειώνεται μέσα στον υδροφορέα ή το ρυπασμένο νερό οδηγείται προς ένα φρεάτιο ή ευκαιριακά εξέρχεται στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα. (2)

Η ταφή των στερεών αποβλήτων μπορεί να αποτελέσει αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών λόγω της έκπλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των αποβλήτων. Τα εκπλύματα αποτελούνται από το νερό που κατά την κίνηση του δια μέσου της μάζας των στερεών αποβλήτων εμπλουτίζεται με ρύπους και τα παράγωγα της αποικοδόμησης των αποβλήτων με τις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις.

Η άρδευση σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και εναπόθεση των ανόργανων ενώσεων και αλάτων στην ακόρεστη ζώνη. Λόγω της εξατμισοδιαπνοής, αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό με αποτέλεσμα το νερό που διηθείται βαθιά να περιέχει διαλυμένα άλατα σε συγκεντρώσεις δύο και τρεις φορές μεγαλύτερες από αυτές του εφαρμοζόμενου νερού.

Στα διαπερατά εδάφη, η περίσσεια νερού που περνά τη ζώνη παρασέρνει τα διαλυμένα υλικά (ιδιαίτερα τα ιόντα χλωρίου, θεικών, νιτρικών και νατρίου) στα υπόγεια νερά. Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του νερού για άρδευση είναι μια σοβαρή διαδικασία συσσώρευσης των αλάτων στα επιφανειακά και στα υπόγεια νερά. Με την εφαρμογή των

λιπασμάτων στο έδαφος, που συνήθως περιέχουν ανόργανα στοιχεία, προκαλείται αύξηση των στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα. (2)

Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι για την υγεία του ανθρώπου, από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία με μεγάλη ευκολία μεταφέρονται με το νερό που διηθείται βαθιά δια μέσου της ακόρεστης ζώνης του εδάφους και της υπόγειας ροής στους υπόγειους υδροφορείς.

Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτερη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές. Αλλά αύξηση τους μπορεί να παρατηρηθεί και σε μη αρδευόμενες περιοχές με οργανικά εδάφη.

Σημαντικό ρόλο για τη σοβαρότητα της ρύπανσης από τα αγροχημικά αποτελεί η τοξικότητα, η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής της ουσίας στο έδαφος καθώς και ο τρόπος εφαρμογής τους στο έδαφος. Οι πιο σπουδαίοι μικροοργανισμοί στα υπόγεια νερά είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι μύκητες και διάφορα άλλα παράσιτα. Τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς του υπόγειου νερού είναι ο τύφος, η χολέρα και η ηπατίτιδα. Οι πηγές των μικροοργανισμών είναι τα ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα. (2)

4.3. Φυσικοί μηχανισμοί μεταφοράς των ρύπων στο υπόγειο νερό.

Υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί ρύπων σε κορεσμένα και μερικώς κορεσμένα εδαφικά υλικά. Ρύποι οι οποίοι μπορούν να αναμειχθούν με το υπόγειο νερό. Οι ρύποι μεταφέρονται είτε σε διάλυση είτε σε αιώρηση εντός του ύδατος των εδαφικών πόρων.

Ένας μηχανισμός μεταφοράς είναι η μεταγωγή ή υδραυλική μεταφορά, κατά την οποία ο ρύπος παρασύρεται από το υπόγειο νερό κατά την κίνηση του διαμέσου των πόρων λόγω υδραυλικής κλίσης (από περιοχές υψηλής ενέργειας σε περιοχές χαμηλής ενέργειας). Κατά την μεταγωγή η συγκέντρωση του ρύπου σε μια συγκεκριμένη θέση γενικώς μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, καθώς από την θέση αυτή διέρχονται συνεχώς νέα μόρια νερού στα οποία η συγκέντρωση του ρύπου γενικώς διαφέρει. Αντίθετα, κατά τη μεταγωγή η συγκέντρωση του ρύπου σε κάποιον συγκεκριμένο όγκο νερού δεν μεταβάλλεται καθώς ο όγκος αυτός μετακινείται παρακολουθώντας τη ροή, λόγω της αρχής διατηρήσεως της μάζας του ρύπου εντός του όγκου. Εάν όμως δεν υπάρχει ροή του υπόγειου νερού, αν δηλαδή η υδραυλική κλίση είναι μηδενική, η μεταγωγή δεν προκαλεί μεταφορά του ρύπου από θέση σε θέση. (10)

Άλλος ένας μηχανισμός είναι η διάχυση ή μοριακή διάχυση, κατά την οποία ο ρύπος διαχέεται εντός του υπόγειου νερού λόγω διαφοράς συγκέντρωσης από θέση σε θέση. Η κίνηση του ρύπου γίνεται από περιοχές υψηλής συγκέντρωσης προς περιοχές χαμηλής συγκέντρωσης, έως ότου τελικώς οι συγκεντρώσεις εξισωθούν παντού. Σύμφωνα με τον μηχανισμό αυτό, η διάχυση του ρύπου δεν εξαρτάται από την κίνηση του νερού, κατά συνέπεια διάχυση συμβαίνει ακόμα και στην περίπτωση που το νερό των πόρων βρίσκεται σε ηρεμία.

Μηχανισμός μεταφοράς ρύπων είναι και η διασπορά ή τυρβώδης διάχυση, κατά την οποία η κίνηση του ρύπου οφείλεται στην παρουσία αλληλοσυνδεδεμένων πόρων του εδαφικού σκελετού με τυχαίες διευθύνσεις και σχήματα. Στη μικροκλίμακα λοιπόν των εδαφικών πόρων, η ταχύτητα κίνησης του νερού εντός των πόρων μεταβάλλεται ακανόνιστα με αποτέλεσμα να αποκλίνει σημαντικά από τη μέση ταχύτητα της υπόγειας ροής. Αυτό έχει σαν συνέπεια ο ρύπος που παρασύρεται από το νερό να διασπείρεται τόσο κατά μήκος όσο και εγκάρσια προς τη μέση διεύθυνση της κίνησης του υπόγειου νερού. Η διασπορά του ρύπου εξαρτάται από τη διαφορά της συγκέντρωσης από θέση σε θέση (δηλαδή από την κλίση της συγκέντρωσης) και συμβαίνει σε περιοχές υψηλής συγκέντρωσης προς περιοχές χαμηλής συγκέντρωσης. Συνήθως οι παραπάνω μηχανισμοί δρουν ταυτόχρονα και μάλιστα συχνά δρουν ανταγωνιστικά. (10)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

5.1. Γενικά – Προέλευση – Ορισμοί.

Τα υγρά απόβλητα δεν είναι τίποτα άλλο παρά νερό το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο σε μια πληθώρα εφαρμογών. Οι κύριες πηγές προέλευσής τους είναι οι κατοικίες, τα ιδρύματα και οι διάφορες εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Η έντονη συγκέντρωση πληθυσμών στα αστικά κέντρα και η ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη οδήγησε σε υπερκατανάλωση νερού από τον άνθρωπο και σε ταχεία μετατροπή του πολύτιμου αυτού αγαθού, ίσως του πολυτιμότερου στον πλανήτη, σε “βρώμικο νερό” δηλαδή σε απόβλητο. Τα υγρά απόβλητα περιέχουν ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες και η απ’ ευθείας διάθεσή τους σε έναν φυσικό, συνήθως υδάτινο αποδέκτη, εγκυμονεί κινδύνους τόσο για τον αποδέκτη όσο και για τα υπόλοιπα έμβια όντα, κυρίως όμως για τον άνθρωπο. (7)

Η **Οδηγία 91/271/ΕΟΚ 21.05.1991**, η οποία εκδόθηκε με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης των υγρών αποβλήτων και αφορά την ολοκληρωμένη διαχείρισή τους, αναφέρει ότι **αστικά λύματα** είναι τα υγρά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από χώρους υγιεινής, κουζίνες, πλυντήρια και γενικά από διαδικασίες καθαριότητας κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων κ.λ.π. Στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται και αυτά των εστιατορίων, ξενοδοχείων, δημοσίων υπηρεσιών, καταστημάτων, γραφείων κ.λ.π. Συνεπώς τα αστικά λύματα περιέχουν κυρίως υπολείμματα τουαλέτας, απόνερα λουτρού και κουζίνας, απόνερα λάτρων και καθαριότητας κ.λ.π. Στα κυριότερα συστατικά τους περιλαμβάνονται οργανικές κυρίως ουσίες σε διάλυση ή αιωρούμενα σωματίδια, λίπη, έλαια, ανόργανες ουσίες και σε ελάχιστες ποσότητες διαλυμένα αέρια όπως η αμμωνία (NH₃) και το υδρόθειο (H₂S).

Βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα. Είναι δηλαδή τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού τα οποία κατατάσσονται στα αστικά λύματα.(7)

5.2. Σύσταση των υγρών αποβλήτων.

Τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν κυρίως οργανικές ουσίες (υδατάνθρακες, λίπη, έλαια, πρωτεΐνες, φαινόλες), ανόργανες ουσίες (άζωτο, φώσφορο, διάφορα άλατα) και διάφορα στερεά. Περιέχουν επίσης ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε κολλοειδή μορφή, μικροοργανισμούς, τοξικές ουσίες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία καθώς και διαλυμένα αέρια, όπως αμμωνία (NH₃), υδρόθειο (H₂S) κ.ά.

Οι ουσίες αυτές χαρακτηρίζονται ως ρυπαντές του νερού και του περιβάλλοντος γενικότερα. Συνεπώς η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι απαραίτητη, επιβάλλεται από τη νομοθεσία και στοχεύει στην εξουδετέρωση και την απομάκρυνση αυτών των ρυπαντών.(7)

5.2.1. Φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων.

Οι παράμετροι που ανήκουν στα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι:

Η **Θερμοκρασία**, μια σημαντική παράμετρος για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των βιολογικών διεργασιών στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων.

Η **Αγωγιμότητα**, με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για γεωργική χρήση.

Η **Θολότητα**, παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής.

Η **Διαπερατότητα**, με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής για απολύμανση με UV.

Το **Χρώμα** (Ανοιχτό καφέ, γκρι, μαύρο), παράμετρος με την οποία αποτιμάται η κατάσταση των λυμάτων.

Η **Οσμή**, με την οποία καθορίζεται εάν οι οσμές αποτελούν πρόβλημα.

Η **Πυκνότητα** οι **στερεές ουσίες** (Αιωρούμενες, Επιπλέουσες, Καθιζάνουσες, Αδιάλυτες, Διαλυμένες) και κατανομή μεγέθους σωματιδίων. (7)

5.2.2. Χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων.

Τα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων μπορεί να έχουν οργανική προέλευση και είναι υδατάνθρακες, λίπη και έλαια από προϊόντα του ανθρώπινου μεταβολισμού, φυτοφάρμακα (κυρίως στα γεωργικά υγρά απόβλητα), πρωτεΐνες που εκτός από προϊόντα ανθρώπινου και ζωικού μεταβολισμού μπορεί να προέρχονται από πλειάδα άλλων δραστηριοτήτων, πτητικές οργανικές ουσίες και φαινόλες βιομηχανικής κυρίως προέλευσης. Επίσης μπορεί να έχουν ανόργανη προέλευση όπως είναι το άζωτο, φώσφορος, βαριά μέταλλα και θειικές ενώσεις.(7)

5.2.3. Βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων.

Τέλος τα βιολογικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί, που αναπτύσσονται λόγω της ύπαρξης της οργανικής ουσίας στα απόβλητα και μικροοργανισμοί, κυρίως μύκητες, βακτήρια και ιοί που προέρχονται από τους ανθρώπινους οργανισμούς και αναπτύσσονται λόγω της ύπαρξης της αποδομούμενης οργανικής ουσίας στα απόβλητα. (7)

5.3. Σηπτική Δεξαμενή.

Οι σηπτικές δεξαμενές χρησιμοποιούνται πολλούς αιώνες σαν προεπεξεργασία των αστικών λυμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη επιτυχία για μικρούς οικισμούς ή μεμονωμένα σπίτια. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή των σηπτικών δεξαμενών. Ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία σε αρκετές περιοχές ανεπτυγμένων χωρών ενισχύθηκε η τάση για αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

Έτσι απομακρυσμένοι οικισμοί αντί να συνδεθούν με τις ΜΕΑΛ κατασκευάζοντας επιπλέον αντλιοστάσια και καταθλιπτικούς αγωγούς ή τεράστιους και πολυδάπανους αγωγούς βαρύτητας, εξυπηρετούνται σήμερα με νέες μικρές ΜΕΑΛ ή αποκεντρωμένα μικρά συστήματα, (π.χ αμμόφιλτρα, τεχνητούς υγροβιότοπους ή συστήματα υπεδάφιας διάθεσης). Στα αποκεντρωμένα μικρά συστήματα πολύ συχνά σήμερα η προεπεξεργασία γίνεται από μια σηπτική δεξαμενή ή μια δεξαμενή τύπου Imhoff. (9)

5.3.1. Στόχοι σηπτικής δεξαμενής.

Οι στόχοι που εξυπηρετούν οι σηπτικές δεξαμενές είναι η αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών (λασπών) και επιπλεόντων υλικών (αφρού, λιπών - ελαίων) ώστε η εκροή:

- να μην δημιουργούνται προβλήματα βουλωμάτων (εμφράξεων) στα επόμενα στάδια επεξεργασίας και διάθεσης των λυμάτων.
- να αυξάνονται οι αποδόσεις των επόμενων σταδίων.

Η σηπτική δεξαμενή αποτελεί την πρώτη βασική μονάδα καθαρισμού (πρωτοβάθμια επεξεργασία) των λυμάτων, με σημαντικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή της τις τελευταίες δεκαετίες. Σε αυτή επιτυγχάνεται καθίζηση μέρους των αιωρούμενων στερεών και ταυτόχρονα αναερόβια χώνευση της λάσπης στον πυθμένα (όπου προβλέπεται ο απαραίτητος όγκος). Τα αστικά λύματα περιέχουν σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων με ειδικό βάρος

μεγαλύτερο του νερού, τα οποία λόγω της ροής των λυμάτων παραμένουν σε αιώρηση. Με την πρωτοβάθμια επεξεργασία επιδιώκεται η απομάκρυνση σημαντικού μέρους αυτών των σωματιδίων (κατά 50 - 65%) με καθίζηση σε δεξαμενές που επικρατούν συνθήκες σχετικής ηρεμίας. (9)

Δεδομένου ότι, σημαντικό μέρος των οργανικών ενώσεων βρίσκεται σε μορφή αιωρούμενων σωματιδίων, επιτυγχάνεται και ταυτόχρονη μείωση του BOD5 (κατά 15- 40%). Παράλληλα, απονεκρώνονται από την επιφάνεια της δεξαμενής και επιπλέοντα στερεά (λίπη, έλαια, αφροί).

Τέλος, η εκροή από σηπτικές δεξαμενές επιδέχεται προσθήκη χηλικών (οξειδωτικών) για την αφαίρεση όλων των στερεών, αζώτου-φωσφόρου και του BOD5 (70-85%). Μια σηπτική δεξαμενή που έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί σωστά (ακόμα και με ένα θάλαμο) έχει ικανοποιητικές αποδόσεις. Παρ' όλα αυτά συνηθίζεται στεγανή διθάλαμη ή τριθάλαμη δεξαμενή με την ίδια συνολική χωρητικότητα, διότι έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη ασφάλεια στην παγίδευση - συγκράτηση και των επιπλεόντων και των λασπών, ιδιαίτερα σε περιόδους που έχουμε μεγαλύτερες φορτίσεις.(9)

Οι θάλαμοι επικοινωνούν μεταξύ τους με ανοίγματα που βρίσκονται 70-100 cm κάτω από την επιφάνεια του υγρού, για να παρεμποδίζεται η μεταφορά επιπλεόντων.

Σε κάθε θάλαμο καθίζησης διακρίνονται μία ζώνη υγρού όπου τα στερεά καθιζάνουν, μία ζώνη λάσπης όπου συσσωρεύονται καθιζάνοντα στερεά και μία επιφανειακή ζώνη όπου επιπλέον τα λίπη. Απαραίτητη είναι η ύπαρξη ελεύθερου πάνω χώρου, τουλάχιστον 0,4 m. Ο πρώτος θάλαμος είναι συνήθως μεγαλύτερος σε ωφέλιμο όγκο.

Για την κατασκευή σηπτικών δεξαμενών υπάρχουν στην Ελληνική Νομοθεσία οι εξής περιορισμοί (Ε1β/221/65 (ΦΕΚ 138/Β/65)):

- i. ελάχιστη απόσταση από τα όρια του οικοπέδου 1 m.
- ii. υδατοστεγής κατασκευή, κατάλληλος εξαερισμός και στεγανά καλύμματα ανθρωποθυρίδων.
- iii. αποστάσεις, βάθος και κατάλληλη τοποθέτηση ώστε να προστατεύονται τα υπόγεια νερά σε κάθε περίπτωση διαρροών ή υπερχειλίσεων και γενικά επαρκείς κατά περίπτωση αποστάσεις ώστε να μην ενοχλούνται άνθρωποι και να προστατεύονται τα υπόγεια νερά και η δημοσία υγεία.(9)

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των σηπτικών δεξαμενών είναι:

- Η υδραυλική επιφανειακή φόρτιση (μεγάλη επιφανειακή φόρτιση μπορεί να μειώσει την απόδοση καθίζησης ή επίπλευσης).
- Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (πρέπει να είναι αρκετός για να ολοκληρώνονται οι διεργασίες συσσωμάτωσης και καθίζησης. Συνήθως 1,5 – 2,5h).
- Η γεωμετρία (σχήμα, διαστάσεις, σχέση μήκους-πλάτους-ύψους, κλπ.).
- Διαμορφώσεις εισόδου-εξόδου.
- Αριθμός θαλάμων.
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος & λυμάτων.
- Τρόπος λειτουργίας & συντήρησης.

Κύρια σημεία για το σχεδιασμό και τη λειτουργία της σηπτικής δεξαμενής που πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη είναι:

- Λανθασμένος σχεδιασμός ή κακή τοποθέτηση των διαφραγμάτων μπορούν να προκαλέσουν τυρβώδη ροή τοπικά και να μειώσουν την απόδοση της καθίζησης.
- Λάθος τοποθέτηση των διαφραγμάτων μπορούν να διευκολύνουν τη διαφυγή επιπλεόντων προς το σύστημα διάθεσης της εκροής (πχ. λίπη, λάδια που κλείνουν το πορώδες του εδάφους).
- Κακή λειτουργία και συντήρηση μπορούν να μειώσουν τις αποδόσεις του συστήματος.

- Διάφορα υλικά που πέφτουν στην αποχέτευση μπορούν να προκαλέσουν βουλώματα στα ανοίγματα επικοινωνίας των θαλάμων ή στον αγωγό διάθεσης της εκροής.
- Φράξιμο στην αντλία ή στον αγωγό εκκένωσης των λασπών μπορεί να προκαλέσει ανύψωση της στάθμης των λασπών και τη διαφυγή τους μαζί με την εκροή. Η παραγόμενη λάσπη από τις σηπτικές δεξαμενές θα πρέπει αφαιρείται κάθε 6-12 μήνες τουλάχιστον. Η λάσπη μετά τις 40 μέρες παραμονή στη σηπτική δεξαμενή (με μέση θερμοκρασία 20°C), είναι χωνεμένη τουλάχιστον 90%, ενώ συγκριτικά η σταθεροποιημένη λάσπη που παράγεται από τον παρατεταμένο αερισμό είναι χωνεμένη 40- 70%. Επίσης από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι σε 15°C απαιτούνται 55 ημέρες για σταθεροποίηση του 90% των πτητικών της ιλύος (στην περίπτωση μας η χώνευση διαρκεί τουλάχιστον 6 μήνες), ενώ τα συστήματα ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό δίνουν σταθεροποιημένη λάσπη μέχρι 60%.(9)

5.4. Μονάδα Εξουδετέρωσης Οσμαερίων Σηπτικής Δεξαμενής.

Ως αποτέλεσμα της αναερόβιας χώνευσης έχουμε την παραγωγή δύσοσμων αερίων, όπως π.χ. υδρόθειο (H₂S), αμμωνία (NH₃) και οργανικές ενώσεις, (ινδόλες, σκατόλες, μερκαπτάνες, αμίνες κ.ά) τα οποία σε μεγάλες ποσότητες είναι επικίνδυνα αν δεν λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας. Η αντιμετώπιση των οσμαερίων της σηπτικής δεξαμενής γίνεται με δίκτυο συγκέντρωσης- απαγωγής, το οποίο μεταφέρει τα οσμαέρια με εξαεριστήρα σε βιολογικό φίλτρο με πληρωτικό υλικό ώριμο κόμποστ. Η διατήρηση της απαιτούμενης υγρασίας στο φίλτρο επιτυγχάνεται με καταιονισμό των οσμαερίων με σταγονίδια νερού στο θάλαμο εφύγρυνσης.(9)

Το φίλτρο αυτό επιλέχτηκε διότι είναι απλό στην κατασκευή και λειτουργία. Επίσης είναι οικονομικότερο στη λειτουργία απ' ότι όλα τα άλλα συστήματα. Δε χρησιμοποιεί χημικά όπως οι πλυντρίδες και δεν παράγει κατάλοιπα για εξουδετέρωση όπως τα φίλτρα ενεργού άνθρακα και οι πλυντρίδες. Το βιόφιλτρο compost αποτελείται από το σύστημα εξαερισμού (με ανοξείδωτο ventilateur), το κυρίως φίλτρο και τη μονάδα εφύγρυνσης (κύλινδρο κατακόρυφο με ακροφύσιο (μπεκ) καταιονισμού νερού στο ρεύμα των οσμαερίων).

Τα φίλτρα τοποθετούνται σε ορθογωνικά δοχεία με ανοξείδωτη αυλακωτή λαμαρίνα ή εναλλακτικά από πολυεστέρα πάχους 8 mm τουλάχιστον, οπλισμένο με υαλοβάμβακα ή εναλλακτικά μπορούν να κτιστούν με οικοδομικά υλικά. Σ' αυτά τα φίλτρα απόσμησης επιτελείται βιοχημική διεργασία από μικροοργανισμούς σε φυτικό υπόστρωμα (μίγμα τεμαχίων ξύλου και ώριμου compost ή φυτοχώματος). Η μόνη εξάρτηση από μηχανήματα και συσκευές είναι ο εξαεριστήρας μεταφοράς των οσμαερίων, ο οποίος απαιτείται εξάλλου σε κάθε σύστημα φίλτρανσης. Η λειτουργία τους βασίζεται σε βακτηριακή βιομάζα που αναπτύσσεται σε ειδικό υπόστρωμα (φλύδες δέντρων ή ροκανίδια με ώριμο compost και αφομοιώνει τις ουσίες που περιέχουν τα οσμαέρια (υδρόθειο, φαινόλες, μερκαπτάνες, ινδόλη κλπ.). Η απόδοση καθαρισμού για ένα σωστά σχεδιασμένο βιόφιλτρο compost κυμαίνεται μεταξύ 90 και 99%. (9)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ ΓΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

6.1. Αναγνώριση της περιοχής μελέτης.

Ο σχεδιασμός του τεχνητού υγροτόπου που παρουσιάζεται στην συνέχεια βασίζεται στις ανάγκες επεξεργασίας και διαχείρισης των λυμάτων σε μία κατοικία η οποία βρίσκεται σε ορεινή περιοχή όπου δεν υπάρχει αποχετευτικό σύστημα με αποτέλεσμα τα λύματα να απορρίπτονται στο περιβάλλον. Η περιοχή αυτή εντάσσεται στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000 και περιλαμβάνεται στο δίκτυο αυτό η Ζώνη Ειδικής Προστασίας.

6.2. Εκτίμηση και Επιλογή Θέσης

Τα βασικά χαρακτηριστικά της θέσης, που πρέπει να θεωρούνται κατά το σχεδιασμό συστημάτων τεχνητών υγροβιότοπων, είναι η τοπογραφία, η εδαφολογία, η χρήση γης, η υδρολογία και το κλίμα της περιοχής.

Τοπογραφία : Με δεδομένο ότι τα συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων με ελεύθερη επιφάνεια (FWS) σχεδιάζονται σε επίπεδες λεκάνες ή κανάλια και αυτά με βυθισμένη βάση (SRS) σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με κλίσεις 1% ή ελαφρώς μεγαλύτερες γενικά, απαιτείται ομοιόμορφη τοπογραφία (από επίπεδη έως ελαφρώς κεκλιμένη). Είναι φανερό ότι τέτοια συστήματα μπορούν να κατασκευασθούν και σε ανομοιόμορφες εκτάσεις με μεγάλες κλίσεις, αλλά σε τέτοιες περιπτώσεις το κόστος εκκαφής, ίσως, να είναι απαγορευτικό. Γενικά, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κατάλληλες θέσεις για υγροβιότοπους είναι αυτές με κλίσεις μικρότερες από 5%.

Εδαφολογία: Θέσεις με εδάφη ή υπεδάφη με μικρή σχετικά περατότητα (<5mm/h) είναι πιο επιθυμητές για συστήματα υγροβιότοπων, αφού ο αντικειμενικός σκοπός τους είναι η επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε μια υδατική στρώση, πάνω από το χρησιμοποιούμενο εδαφικό υπόστρωμα. Έτσι, ελαχιστοποιούνται οι απώλειες του εφαρμοζόμενου υγρού αποβλήτου με διήθηση του στο έδαφος. Σε συστήματα υγροβιότοπων, όπως και σε αυτά επιφανειακής ροής, οι πόροι στο επιφανειακό έδαφος τείνουν να αποφράσσονται, εξαιτίας της κατακράτησης στερεών και των αναπτυσσόμενων αποικιών βακτηρίων.

Επίσης, σε φυσικά εδάφη, είναι δυνατή η ελάττωση της περατότητας τους με συμπίεση τους στη διάρκεια κατασκευής του έργου. Θέσεις με πολύ περατά εδάφη μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο στη περίπτωση κατασκευής μικρών συστημάτων με αργλικές βάσεις ή άλλα τεχνητά υποστρώματα. Άλλα εδαφικά και υπεδαφικά κριτήρια είναι τα ίδια σχεδόν, που απαιτούνται στα συστήματα επιφανειακής ροής. (8)

Χρήση Γης : Γενικά, προτιμούνται ανοικτές γεωργικές εκτάσεις, ιδιαίτερα εκείνες που ευρίσκονται σε υπάρχοντες φυσικούς υγροβιότοπους. Οι τεχνητοί υγροβιότοποι επιδρούν αυξητικά και βελτιωτικά σε υπάρχοντες φυσικούς υγροβιότοπους με προσθήκη υδρόβιας δραστηριότητας και εξασφάλιση σταθεράς υδατοτροφοδοσίας τους. Σε πολλές περιπτώσεις επιδρούν θετικά στην ποιοτική αναβάθμιση των περιοχών εγκατάστασης τους.

Υδρολογία : Οι υγροβιότοποι πρέπει να ευρίσκονται έξω από περιοχές επιδεκτικές σε πλημμύρες εκτός όταν παρέχεται ιδιαίτερη προστασία τους από πλημμυρικά συμβάντα. Σε περιπτώσεις που συμβαίνουν μικρής έκτασης πλημμυρικά γεγονότα, ιδιαίτερα στη περίοδο του χειμώνα, που η λειτουργία τους περιορίζεται, δεν απαιτείται ιδιαίτερη προστασία τους.

Κλίμα : Η χρήση τεχνητών υγροβιότοπων είναι δυνατή ακόμη και σε ψυχρά κλίματα. Γενικά όμως η αποτελεσματικότητα λειτουργίας ενός συστήματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία του

εφαρμοζόμενου υγρού αποβλήτου και τον επιδιωκόμενο σκοπό της επεξεργασίας του. Έτσι, με δεδομένο ότι οι κύριοι μηχανισμοί επεξεργασίας είναι κυρίως βιολογικής φύσης, η απόδοση επεξεργασίας είναι σημαντικά εξαρτώμενη από την επικρατούσα θερμοκρασία. Γι' αυτό, απαιτείται αποθήκευση του εφαρμοζόμενου αποβλήτου, όταν δεν επιτυγχάνεται ο αντικειμενικός σκοπός κατασκευής του δεδομένου συστήματος. (8)

6.3. Προεπεξεργασία Υγρών Αποβλήτων.

Το ελάχιστο επίπεδο προεπεξεργασίας υγρών αποβλήτων σε συστήματα υγροβιότοπων είναι εκροές πρωτοβάθμιας επεξεργασίας ή αεριζόμενων τεχνητών λιμνών με μικρό χρόνο παρακράτησης ή άλλων ισοδύναμων με αυτές. Το επίπεδο προεπεξεργασίας εξαρτάται από τα ποιοτικά κριτήρια που πρέπει να πληροί η τελική εκροή και την ικανότητα απομάκρυνσης του δεδομένου συστήματος. Σημειώνεται ότι σε τεχνητούς υγροβιότοπους έχουν χρησιμοποιηθεί και εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας ή ακόμη και προωθημένης επεξεργασίας, προκειμένου να αντιμετωπισθούν τοπικές κανονιστικές απαιτήσεις.

Γενικά, όμως, πρέπει να αποφεύγεται η χρήση εκρών οξειδωτικών λιμνών, που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις αλγών, επειδή αυτά όπως και στα συστήματα επιφανειακής ροής, δεν απομακρύνονται αποτελεσματικά και δημιουργούν διάφορα λειτουργικά προβλήματα. Επίσης, επειδή η απομάκρυνση φωσφόρου με τέτοια συστήματα είναι περιορισμένη, συνιστάται η απομάκρυνση του κατά την προεπεξεργασία του αποβλήτου, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν περιορισμοί ως προς τη συγκέντρωση του στην τελική εκροή. (8)

6.4. Σχεδιασμός και υπολογισμοί

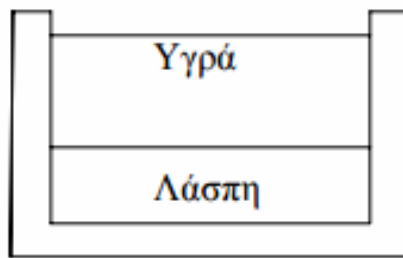
Σύμφωνα με την εργασία, Αλμπανέλλης Φραγκούλης "Αξιολόγηση συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μικρής δυναμικότητας" 2007, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η μεθοδολογία που αναφέρεται για το σχεδιασμό ενός Τεχνητού Υγροτόπου. Αρχικά μπορούμε να δούμε το υπολογιστικό μέρος και στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο τρόπο κατασκευής του Τεχνητού Υγροτόπου.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα παρακάτω δεδομένα με βάση την εργασία.

- 1) Εισροή BOD = 70g/p/day ή 280mg/l.
- 2) Εκροή BOD = 20mg/l.
- 3) Παροχή: $Q = 30 \text{ άτομα} \times 200 \text{ lt} = 6 \text{ m}^3/\text{d}$.
- 4) Ελάχιστη Θερμοκρασία 60 C.
- 5) Υπόστρωμα Λεκάνης: Χονδρόκοκκος άμμος.
- 6) Κλίση Λεκάνης : 0.01
- 7) Θα χρησιμοποιηθούν Φυτά γένους *Phragmites* sp.
- 8) Απαιτούμενο Βάθος για το συγκεκριμένο γένος φυτού >0.60m.

Τα λύματα όπως φαίνεται, θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν σε μια δεξαμενή, η οποία θα λειτουργεί : ως δεξαμενή εξισορρόπησης ροής, ως δεξαμενή διαχωρισμού στερεών και ως χώρος για την αποθήκευση της λάσπης.

Η δεξαμενή θα έχει την παρακάτω μορφή:



Εικ 10 . Σχηματική Τομή Δεξαμενής Πρωτοβάθμιας Καθίζησης. (8)

Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τους παρακάτω υπολογιστικούς τύπους για να βρούμε τα στοιχεία που χρειαζόμαστε σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα.

Όσον αφορά τον όγκο της δεξαμενής για την παραμονή του βαρέως κλάσματος έχουμε :

$$Q_{\text{βαρέως κλάσματος}} = \frac{TSS_{in} \times \text{Συντελεστής Απομάκρυνσης} \times Q_{in}}{T_{ss(\text{βαρέως κλάσματος})}} = \frac{0,2g/l \times 0,5 \times 6,0m^3/day}{20g/l} = 0,03m^3/day$$

Για τον όγκο του βαρέως κλάσματος, θεωρώντας ότι η συχνότητα απομάκρυνσης της λάσπης θα είναι μια φορά το χρόνο έχουμε :

$$V_{\text{βαρέως κλάσματος}} = \frac{Q_{\text{βαρέως κλάσματος}} \times \text{Ημέρες λειτουργίας}}{\text{Συχνότητα Απομάκρυνσης}} = \frac{0,03m^3/day \times 360days}{1} = 10,0m^3$$

Οπότε V_{Βαρέως Κλάσματος} = 10,0m³.

Όσον αφορά το πάνω μέρος της δεξαμενής έχουμε :

1. Για την καθίζηση των στερεών θέλουμε θ=12h άρα :

$$\theta = \frac{V}{Q} \longrightarrow V = \theta \times Q = 0,5 \times 6 = 3,0m^3$$

Οπότε V_{total} = 10,0m³ + 3,0m³ = 13,0m³.

1. Βάθος Λεκάνης 0.80m.
2. Τιμές για τις παραμέτρους α, K και K₂₀ για χονδρόκοκκο άμμο.
α = 0.39 , K = 0.480 m³/ m².d και K₂₀ = 1.35.
3. Προσδιορισμός της τιμής της K_T σε 60 C.
K_T = 1.35(1.1)(6-20) = 0.36d⁻¹.
4. Προσδιορισμός του χρόνου κράτησης πορώδους, t'

$$t' = \frac{-\ln(C_0/C_e)}{K_T} = \frac{-\ln(20/280)}{0.36} = 7.3d.$$

5. Προσδιορισμός της επιφάνειας κάθετης στην κατεύθυνση ροής, A_s.

$$A_s = \frac{Q}{KS} = \frac{6}{8.6} = 0.7m^2.$$

6. Προσδιορισμός του πλάτους της λεκάνης.

$$W = \frac{A_s}{d} = \frac{0.7}{0.8} = 0.88\text{m.}$$

7. Προσδιορισμός του μήκους της λεκάνης W.

$$L = \frac{t'Q}{Wda} = \frac{7.3*6}{0.88*0.80*0.39} = 162\text{m.}$$

8. Προσδιορισμός της απαιτούμενης έκτασης.

$$A = L*W = 162*0.88 = 143 \text{ m}^2.$$

9. Έλεγχος της ταχύτητας του υδραυλικού φορτίου

$$L_w = \frac{Q}{LW} = \frac{6}{162*0.88} = 0.04 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

10. Έλεγχος ταχύτητας φορτίου

$$L_{\text{BOD5}} = (6 \text{ m}^3/\text{d})*(280\text{mg/l}) = 1.68\text{kg/d}$$

Επίσης:

$$L_{\text{BOD5}} = \frac{1.68}{0.143} = 11.74 \text{ kg/στρ.d}$$

Γενική περιγραφή της μεθόδου.

Πρόκειται για μία μέθοδο η αρχή της οποίας στηρίζεται στο συνδυασμό της δράσης του εδάφους, των ριζών και των μικροοργανισμών. Τα απόβλητα, τα οποία υφίστανται μηχανική προεπεξεργασία σε μια σπητική 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.

Το σύστημα σωληνώσεων που μας προτείνεται θα μπορούσε να εγγυηθεί 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 με συλλεκτήριους σωλήνες, στο κατώτερο μέρος του εδαφικού σώματος και οδηγείται σε ένα φρεάτιο ελέγχου όπου μπορεί να ελεγχθεί. Από εκεί, μπορεί να διοχετευτεί σε ποτάμι, λίμνη ή στο έδαφος χωρίς καμία επιβάρυνση στο περιβάλλον, ή να αξιοποιηθεί για στάγδην άρδευση.

Έπειτα το πέρασ κάποιων προκαταρκτικών εργασιών που αφορούν το χώρο που θα κατασκευαστεί η εδαφική κλίση, θα πρέπει να γίνουν δειγματοληψίες και αναλύσεις του εδάφους. Εν συνεχεία γίνεται στεγανοποίηση της εδαφικής κλίσης, σύμφωνα με τα δεδομένα μας, με 250m²

γεωμεμβράνης και διπλή στρώση γεωφάσματος. Ακολουθεί εκχωμάτωση της εδαφικής κλίνης σε βάθος 80cm και μετά επιχωμάτωση.

Σχετικά με τη μεταφορά των λυμάτων από τη δεξαμενή στο σύστημα της εδαφικής κλίνης, αυτό θα πρέπει να γίνει με αγωγούς αποχετευτικούς και αποστραγγιστικούς. Θα χρειαστεί επίσης και η κατασκευή τάφρου εισόδου των λυμάτων. Για την κάλυψη της εδαφικής κλίνης θα χρειαστούν 600 ειδικά υβρίδια καλάμου.

Για να φτάσουμε στο τελικό στάδιο κατασκευής της εδαφικής κλίνης, θα πρέπει να μελετήσουμε:

- Τη κατασκευή και τον έλεγχο των κλίσεων των πρανών.
- Την ισοπέδωση και ευθυγράμμιση της κλίνης.
- Την αγορά και την τοποθέτηση χαλικιών.
- Τέλος, τη φύτευση της κλίνης.

Εφόσον έχει κατασκευαστεί το αποχετευτικό και αποστραγγιστικό σύστημα καθώς και η εδαφική κλίση, πρέπει να κατασκευαστεί το φρεάτιο εκροής που είναι και το τελικό στάδιο.

Πίνακας 1. Κόστος μελέτης και κατασκευής εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού με τη Μέθοδο του Ριζικού Συστήματος.(8)

ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ
-Προκαταρκτικές εργασίες. -Οριοθέτηση και μέτρηση γηπέδου. -Δειγματοληψίες και αναλύσεις εδάφους.	1500€
-Στεγανοποίηση εδαφικής κλίνης με 250m ² γεωμεμβράνης και διπλή στρώση γεωφάσματος.	3000€
-Εκχωμάτωση εδαφικής κλίνης σε βάθος 80cm -Επιχωμάτωση εδαφικής κλίνης	1800€
-Αγορά και τοποθέτηση αποστραγγιστικών και αποχετευτικών αγωγών -Κατασκευή τάφρου εισόδου των λυμάτων.	1300€
-Αγορά 600 ειδικών υβριδίων καλάμου.	2100€
-Κατασκευή και έλεγχος κλίσεων πρανών -Ισοπέδωση και ευθυγράμμιση κλίνης. -Αγορά και τοποθέτηση χαλικιών. -Φύτευση εδαφικής κλίνης.	1700€
-Φρεάτιο εκροής.	1000€
-Δεξαμενή καθίζησης.	1500€
-Επίβλεψη & Μελέτη κατασκευής.	5000€

Το τελικό κόστος για τη μελέτη για τα δεδομένα που έχουμε επιλέξει και τη κατασκευή του βιολογικού καθαρισμού με τη μέθοδο του ριζικού συστήματος θα είναι στα 18.900€. Επίσης θα πρέπει να υπολογίσουμε και το λειτουργικό κόστος ,το οποίο όσον αφορά την γενική επίβλεψη του χώρου και τη περιποίηση του τεχνητού υγροτόπου ανέρχεται στα 400€ ετησίως. Διευκρινίζεται ότι το κόστος αυτό αφορά περίοδο κοστολόγησης με τρέχουσες τιμές έτους 2007.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη χρήση τεχνητού υγροβιότοπου αποτελεί μια σημαντική λύση για να προστατευτούν οι υδατικοί αποδέκτες μας. Ο σχεδιασμός των συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων για μεγάλες περιοχές και τα αποτελέσματα τους μας οδηγεί όλο και περισσότερο στη δημιουργία αντίστοιχων μικρών συστημάτων.

Η επιλογή ανάμεσα σε αυτά τα συστήματα βασίζεται σε κάποιες παραμέτρους, όπως χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, χαμηλό λειτουργικό κόστος και έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού για την λειτουργία του. Τα Φυσικά Συστήματα είναι εκείνα που έχουν έναν πολύ καλό συνδυασμό όσον αφορά το οικονομικό – περιβαλλοντικό και λειτουργικό τομέα. Πρέπει να σημειωθεί πως έχουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό για άρδευση σε ειδικές καλλιέργειες αφού έχουν το προνόμιο να κάνουν και απομάκρυνση μικροβίων χωρίς τη χρήση χλωρίωσης, αλλά απαιτούν μεγάλη έκταση για τις διεργασίες τους. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι να μην χρησιμοποιούνται τόσο.

Για να γίνει η κατάλληλη επιλογή του συστήματος που εξυπηρετεί περισσότερο τις ανάγκες μας θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κάποιοι παράμετροι που είναι απαραίτητοι για τη σωστή λειτουργία του συστήματος.

Οι τελικές προτιμήσεις των ληπτών απόφασης δεν καθορίζονται μόνο από την ελαχιστοποίηση του κόστους, καθώς κάποιες κοινωνικές και περιβαλλοντικές παράμετροι επηρεάζουν τις αποφάσεις.

Το μοντέλο αυτό του τεχνητού υγροβιότοπου είναι η αρχική προσπάθεια για την δημιουργία ακριβέστερων τεχνητών υγροβιότοπων μικρής κλίμακας. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός τεχνητού υγροβιότοπου για μια παροχή πέντε ατόμων που πιθανόν να ήταν πιο ιδανική σε μία κατοικία χωρίς αποχετευτικό δίκτυο. Αν αυτό το σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση μικρού τεχνητού υγροβιότοπου εγκατασταθεί τελικά, θα μπορούσε να δώσει μία αξιόπιστη λύση στην επεξεργασία και διάθεση των λυμάτων στον περιβάλλοντα χώρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :

1. J.C. Emberlin 1996. Εισαγωγή στην οικολογία, Εκδόσεις Τυπωθήτω.
2. Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη. 2007. "Διαχείριση Υδατικών Πόρων". Σημειώσεις μαθήματος.
3. Ζαρμακούπης Α. 2006. Η αξιοποίηση τεχνητών υδροβιότοπων στην επεξεργασία υδάτινων εκροών αυτοκινητοδρόμων. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.
4. Ανδρουλάκης Ε., και Κουταλας Π. 2008. Επεξεργασία αστικών λυμάτων με συνδυασμό διαφόρων μη συμβατικών τεχνολογιών. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.
5. Ρούση Κ, και Βερτούδος Ν. 2005. Σχεδιασμός και κατασκευή τεχνητού υδροβιότοπου για την επεξεργασία υδάτινων απορροών αυτοκινητοδρόμων: Η διαχείριση του φυτικού υλικού. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.
6. Βαρκάς Α. 2007. Κατασκευή και λειτουργία συστημάτων τεχνητών υδροβιότοπων κατακόρυφης ροής πιλοτικής κλίμακας για την επεξεργασία αστικών αποβλήτων. Μεταπτυχιακή διατριβή. Τμήμα Περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
7. Νταρακάς Ε. 2014. Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Τμήμα πολιτικών Μηχανικών. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
8. Φραγκούλης Α. 2007. Αξιολόγηση συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μικρής δυναμικότητας. Τμήμα Περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
9. Σωτηροπούλου Α. 2010. Συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων για την επεξεργασία αστικών αποβλήτων. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Τεχνολογιών Αντιρρύπανσης. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
10. Κοκκίνου Ελένη .2007 . "Περιβαλλοντική Γεωτεχνολογία" . Σημειώσεις μαθήματος.
11. WWF Ελλάς . Καλαμιώνας Αλμυρού Άγιος Νικόλαος Παγκόσμιο σύστημα διασυνδεδεμένων δικτύων υπολογιστών ,του δικτύου παρακολούθησης νησιώτικων υδροτόπων του WWF Ελλάς.
12. Καραγιώργη Β. 2013. Χαρακτηρισμός-Μοντελοποίηση και προσομοίωση του εξασθενούς χρωμίου Cr(VI) στην περιοχή του Ασωπού ποταμού στην Βόρειο –Ανατολική Αττική. Διπλωματική εργασία ,Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.