

Εισαγωγή

Ο όρος "υγρότοπος" ή "υγροβιότοπος" είναι η απόδοση της αγγλικής λέξης "Wetland", και υποδηλώνει μικρού βάθους συγκεντρώσεις νερού είτε ρέουσες είτε στάσιμες, καθώς και περιοχές όπου το υπόγειο νερό βρίσκεται πολύ κοντά στην επιφάνεια.

Οι υγροτόποι μπορεί να είναι φυσικοί, τεχνητοί. Οι φυσικοί υγροτόποι μπορεί να εμφανίζονται είτε παράκτια, και σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται τα ρηχά θαλασσινά νερά, τα δέλτα και οι εκβολές των ποταμών, οι κλειστές και ανοιχτές λιμνοθάλασσες, τα αλμυρά έλη, τις λίμνες, τα ρυάκια, τα υγρά λιβάδια και τα έλη. Οι υγροτόποι, οι οποίοι δημιουργούνται για διάφορους σκοπούς, περιλαμβάνουν τις τεχνητές λίμνες, τις αποστραγγιστικούς τάφρους, τις ιχθυοκαλλιέργειες, τις αρδευτικές διώρυγες, κ.λπ.

Κυρίως θέμα

Στη βιομηχανία το νερό, κυρίως, χρησιμοποιείται ως νερό για ψύξη, βρασμό, διάλυση, πλύσεις κ.λπ. Σημαντικό ρόλο παίζει η διαχείριση του νερού σε κάθε βιομηχανική μονάδα διότι η κάθε μια έχει διαφορετικά επίπεδα κατανάλωσης. Υδροβόρες βιομηχανίες είναι οι μεταλλουργίες, οι χαρτοβιομηχανίες, οι βιομηχανίες τροφίμων και τα διυλιστήρια.

Τα λύματα και τα απόβλητα από τις βιομηχανίες ρυπαίνουν τους υδάτινους πόρους ιδιαίτερα εκείνους κοντά σε αστικές περιοχές. Για να μην υπάρξει μεγάλη υποβάθμιση του ύδατος θα πρέπει οι βιομηχανίες στην Ελλάδα να καθαρίζουν και να επεξεργάζονται τα λύματα και τα απόβλητα τους. Η βιομηχανική ανάπτυξη δημιουργεί κίνδυνους ρύπανσης των ποταμών με μακροχρόνιες επιπτώσεις στο υδρολογικό ισοζύγιο (Κουσουρης, 1998). Η βιομηχανική χρήση του νερού αντιμετωπίζεται μεμονωμένα ή από υδρευτικά και αρδευτικά δίκτυα, με αποτέλεσμα να γίνεται σπατάλη και να υποβαθμίζεται το υδάτινο περιβάλλον. Η διάθεση των απόβλητων γίνεται συνήθως ανεξέλεγκτα αλλά υπάρχουν και επιχειρήσεις που διαθέτουν συστήματα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών απόβλητων τους.

Στην ποιότητα του νερού παρουσιάζονται και τα περισσότερα προβλήματα, όπως τα ακατάλληλα νερά για χρήση, η αδυναμία ελέγχου της διάθεσης των απόβλητων και λυμάτων, η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται με έργα τα οποία έχουν μεγάλο κόστος και η κατασκευή τους είναι πολύχρονη. Αλλά η διαχείριση δεν απαιτεί τόσο μεγάλο κόστος. Και πρέπει να ασκείται με ταχύτητα για να προστατευθούν οι υδάτινοι πόροι, να γίνεται πρόληψη της σπατάλης και να εξασφαλιστεί η επάρκεια τους και για ανάπτυξη δραστηριοτήτων στο μέλλον.

Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα 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. (Σωτηροπούλου, 2008)

Οι κυριότεροι μηχανισμοί απομάκρυνσης ή επεξεργασίας των διαφόρων ρύπων σε συστήματα επεξεργασίας λυμάτων με τεχνητούς υγροτόπους επιφανειακής ροής (FWS), υποεπιφανειακής ροής (SSF), και κατακόρυφης ροής (VFS) (Μανιός, 2007).

Υγροβιότοποι επιφανειακής ροής (FWS) ,

Στους υγροβιότοπους επιφανειακής ροής τα υγρά απόβλητα τροφοδοτούνται από τη μία άκρη του βιότοπου και οδηγούνται στην έξοδο (αντιδιαμετρικά της εισόδου) καλύπτοντας μία οριζόντια πορεία. Κατά τη διάρκεια αυτής της πορείας έρχονται σε επαφή με ένα σύστημα αερόβιων, ανοξικών και αναερόβιων ζωνών. Οι αερόβιες ζώνες βρίσκονται γύρω από τις ρίζες των αναπτυσσόμενων φυτών του υγροβιότοπου. Το φυτό που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το *Phragmites australis*, το κοινώς λεγόμενο καλάμι, το οποίο έχει την ικανότητα να μεταφέρει οξυγόνο από τα φύλλα και μέσω των ριζωμάτων στις ρίζες. Φαίνεται ότι στην περιοχή γύρω από τα ριζώματα, στη λεγόμενη ριζόσφαιρα, αναπτύσσονται οι βακτηριδιακοί πληθυσμοί.

Το οργανικό φορτίο οξειδώνεται από τους ετερότροφους μικροοργανισμούς, ενώ οι νιτροποιητές οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά.

Συστήματα υποεπιφανειακής ροής (SSF)

Τα συστήματα τύπου (SSF) σχεδιάζονται με σκοπό την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας.

Η επεξεργασία του υγρού αποβλήτου οφείλεται σε φυσικές και βιοχημικές αποκρίσεις του μέσου, καθώς επίσης στην επαφή του με το ριζικό σύστημα των φυτών. Τα επίπεδα απομάκρυνσης των ρυπαντών είναι ισοδύναμα των συστημάτων FWS και παρουσιάζουν μειωμένα προβλήματα, σχετικά με την ανάπτυξη κουνουπιών και δυσάρεστων οσμών.

Η απομάκρυνση BOD και στερεών συστατικών σε αιώρηση διενεργείται με διήθηση, καθίζηση και αποδόμηση από αερόβιους και αναερόβιους μικροοργανισμούς. Η απομάκρυνση του αζώτου σε τέτοια συστήματα, διενεργείται με τους μηχανισμούς νιτροποίησης και απονιτροποίησης. Η απομάκρυνση του φωσφόρου εξαρτάται, κυρίως, από το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα. Η απομάκρυνση μετάλλων ποικίλλει και επιτυγχάνεται, κυρίως, με κατακρήμνιση και προσρόφησή τους. Τέλος η απομάκρυνση των παθογόνων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή του υποστρώματος και την ταχύτητα ροής.

Υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VFS)

Τα υγρά απόβλητα διερχόμενα κατακόρυφα του υγροβιότοπου συλλέγονται σε ένα δίκτυο αποστράγγισης τοποθετημένο στη βάση του. Οι στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών αποστραγγίζουν πλήρως και έτσι επιτρέπεται η είσοδος νέου αέρα ανάμεσα στους πόρους των υλικών.

Η επόμενη δόση υγρών αποβλήτων που θα διέλθει του υγροβιότοπου, παγιδεύει τον αέρα στους πόρους, που σε συνδυασμό με τον αερισμό που δημιουργείται από την απότομη εφαρμογή της δόσης δημιουργεί άριστες συνθήκες οξυγόνωσης, διάσπασης του οργανικού φορτίου και νιτροποίησης. Η απομάκρυνση του αζώτου επιτυγχάνεται και στην περίπτωση αυτή μέσω νιτροποίησης – απονιτροποίησης, ενώ η απομάκρυνση φωσφόρου εξαρτάται από τη φύση του εφαρμοζόμενου υποστρώματος. Η απομάκρυνση μετάλλων ποικίλει και επιτυγχάνεται κυρίως με κατακρήμνιση και προσρόφηση, ενώ η απομάκρυνση των παθογόνων οργανισμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή του υποστρώματος και την ταχύτητα ροής.

Για τη δημιουργία ενός υγροβιότοπου που θα λειτουργεί ως ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας, προτείνεται η φύτευση με μεταφορά συστάδων υδρόβιας χλωρίδας από τους γεινιάζοντες υγροβιότοπους. Υγροτοπικά είδη που έχουν αποδειχθεί κατάλληλα για τη διαχείριση απορροών είναι τα *Typha spp.* και *Phragmites australis*, επειδή έχουν ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης και εξαπλώνονται εύκολα. Οι συστάδες αποτελούνται από 5-10 υπέργειους βλαστούς. Κατά την εκσκαφή τους συμπεριλαμβάνεται αρκετό υπόστρωμα και σημαντικό μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών. Για καλύτερα αποτελέσματα πρέπει το ύψος των υπέργειων βλαστών να είναι 20-30cm και η μεταφύτευση να γίνεται την άνοιξη ή το φθινόπωρο.

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.

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 και στη στήλη του νερού. Οι χαμηλές ταχύτητες και τα αναφυόμενα φυτά διευκολύνουν τη συσσωμάτωση, καθίζηση και την παγίδευση του BOD σε αιώρηση.

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 διόδους απομάκρυνσης του άνθρακα σε έναν υγροβιότοπο. Στα περισσότερα συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων και οι δυο διεργασίες μπορούν να φέρουν αποτελέσματα. Η αποικοδόμηση της οργανικής ύλης προκύπτει και στα ιζήματα και στο στρώμα των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στη φυτική βλάστηση (Reed et al., 2002).

Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης των ολικών αιωρούμενων στερεών είναι η συσσωμάτωση και η καθίζηση στο κυρίως υγρό, και η φίλτρανση στα διάκενα του υποστρώματος. Τα περισσότερα από τα στερεά που έχουν καθιζάνει απομακρύνονται στα 50 με 100 Ω από το σημείο εφαρμογής. 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.

Επαναιώρηση

Στους τεχνητούς υγροβιότοπους 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 υγροβιότοπων με μεγάλο λόγο μήκους ανά πλάτος που λαμβάνουν μεγάλα φορτία.

Υπάρχουν τρεις μηχανισμοί που μπορούν να προκαλέσουν επαναιώρηση σε υγροβιότοπους 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.

Οι παθογόνοι οργανισμοί που εισέρχονται σε ένα τεχνητό υδροβιότοπο μπορεί να είναι ενσωματωμένα στα ολικά αιωρούμενα στερεά ή μπορεί να αιωρούνται στην εισροή του αποβλήτου. Αυτοί που είναι ενσωματωμένοι στα ολικά στερεά απομακρύνονται με μηχανισμούς όπως είναι της καθίζησης, της φίλτρανσης και της ρόφησης. 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. Ανεξάρτητα από το πού θα βρεθούν, πρέπει να ανταγωνιστούν με το σύνολο των οργανισμών που τους περιβάλλουν. Σαν εντερικοί οργανισμοί, συνήθως απαιτούν πλούσιο υπόστρωμα και υψηλές θερμοκρασίες. Οι περισσότεροι δεν μπορούν να επιζήσουν τον ανταγωνισμό αυτό. Οι περισσότεροι θα καταστραφούν σαν θηράματα άλλων οργανισμών ή από την ακτινοβολία UV, αν βρεθούν κοντά στην επιφάνεια του νερού. (Reed et al., 1995, Vymazal., 2007)

Τα μέταλλα που εισέρχονται σε έναν τεχνητό υδροβιότοπο σαν αδιάλυτα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται με μηχανισμούς όπως 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. Τα δεσμευμένα μέταλλα παραμένουν στα ανοξικά ιζήματα όπου προκύπτουν. 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. (Karvelas et al., 2003).

Όλοι οι τύποι φυσικών συστημάτων επεξεργασίας απαιτούν προεπεξεργασία των χρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων, με κάποια μηχανική ή συμβατική διεργασία. Η ελάχιστη προεπεξεργασία που συνιστάται είναι η εσχάρωση ή η πρωτοβάθμια καθίζηση, με σκοπό την απομάκρυνση των στερεών, που θα μπορούσαν να προξενήσουν προβλήματα στα δίκτυα διανομής ή να δημιουργήσουν ενοχλητικές συνθήκες στον περιβάλλοντα χώρο.

Οι τύποι των φυσικών συστημάτων είναι οι παρακάτω (Αγγελάκης & Tchobanoglou., 1995, Tsonis., 2004, Στασινάκης, 2008):

1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΡΑΔΕΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

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 υδροφόρα, αλλά είναι δυνατό να συναντηθεί με επιφανειακό νερό ή να ανακτηθεί με στραγγιστικά ή φρεατικά έργα. Η εφαρμογή του υγρού αποβλήτου στο έδαφος μπορεί να γίνει με ποικιλία μεθόδων, όπως είναι οι επιφανειακές μέθοδοι (λεκάνες, αύλακες, και άλλες) ή με καταιονισμό. Με σκοπό την επικράτηση ακόρεστων συνθηκών στο έδαφος επιβάλλεται η μη συνεχής εφαρμογή του αποβλήτου σε αυτό.

2.ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΧΕΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

Τα συστήματα αυτά ονομάζονται επίσης SAT .Με τα συστήματα αυτά το υγρό απόβλητο, που έχει υποστεί προεπεξεργασία, εφαρμόζεται σε αβαθείς επιφανειακές λεκάνες διήθησης και επαναλαμβάνόμενους 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.

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: α) εμπλουτισμό υπόγειου υδροφόρα για αναπλήρωση ή προστασία του κυρίως από διείσδυση και ανάμειξη με αλμυρό νερό, β) ανάκτηση με στραγγισή ή άντληση και γ) φυσική ροή του υπόγειου και απόληξη σε επιφανειακή πηγή,

Συμπέρασμα.

Οι υγροβιότοποι αποτελούν ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων, στο οποίο έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή τα τελευταία χρόνια. Η ελκυστικότητα του συστήματος σχετίζεται με το χαμηλό λειτουργικό κόστος, αλλά και τα οικολογικά του χαρακτηριστικά, καθώς οι διαδικασίες απορρύπανσης πραγματοποιούνται με φυσικούς μηχανισμούς. Με την έννοια αυτή οι υγροβιότοποι συχνά, αν και πολλές φορές άκριτα, θεωρείται ότι μπορεί να συμβάλλουν στην αναβάθμιση και διεύρυνση των φυσικών οικοσυστημάτων και με τον τρόπο αυτό στην αναβάθμιση του περιβάλλοντος.

Συχνά παραβλέπεται το γεγονός ότι οι τεχνητοί υδροβιότοποι είναι πιο αποτελεσματικοί όταν συνδέονται με φυσικούς υδροβιότοπους. Κρίσιμες παράμετροι είναι επίσης η θερμοκρασία και τα τοπογραφικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Βιβλιογραφία

1.Αγγελάκης Α. και Τσαγκαράκης Κ., -Σημειώσεις Παραδόσεων στο Τμήμα Ενεργειακής & Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας, Προγράμματα Σπουδών Επιλογής. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σελ. 34, 35,103, (Κρήτη 2002).

2.Αγγελάκης, Α.Ν., Τσομπάνογλου, Γ., «Υγρά απόβλητα-Φυσικά συστήματα Επεξεργασίας και Αντικατάσταση,Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση Εκροών>>», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, (Ηράκλειο ,1995).

3.Μανιός Θρασύβουλος, (2007) Επεξεργασία και αξιοποίηση υγρών αποβλήτων. Σημειώσεις, ΤΕΙ Κρήτης.

4.Στασινάκης Α., -«Σχεδιασμός Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων», Σημειώσεις & διαλέξεις μαθήματος, ΠΜΣ Θεοφράσειο, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, (Μυτιλήνη 2008).

5.Σωτηροπούλου Μαρία, -«Φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων», εργασία για τα μάθημα «Διαχείριση οικοσυστημάτων » του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών του τμήματος περιβάλλοντος του πανεπιστημίου Αιγαίου, (Μυτιλήνη 2008).