ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χρήση αλόφυτων για την επεξεργασία αστικών λυμάτων με τεχνητό υγροβιότοπο υπό- επιφανειακής ροής.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Ζαφείρης Πέτρος

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Δρ. Μανιός Θρασύβουλος

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω….

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα ήθελα να ξεκινήσω λέγοντας κάποια πράγματα για την επιβάρυνση του φυσικού μας περιβάλλοντος και για τους κινδύνους, που δημιουργούνται και ελλοχεύουν από την διαρκώς αυξανόμενη αστικοποίηση. Κινδύνους και επιπτώσεις, όπου εμείς οι άνθρωποι των πόλεων βιώνουμε καθημερινά στο πετσί μας...

Από την πρώτη στιγμή που ο άνθρωπος εμφανίστηκε στον πλανήτη μας, παράλληλα με το να παράγει πολιτισμό άρχισε να παράγει και… ρύπους. Αυτό το 'αθώο' τότε περιβαλλοντικά ον, ο άνθρωπος δηλαδή, του οποίου το μόνο μέλημα ήταν το πώς θα επιβιώσει στις συνθήκες που επικρατούσαν στη γη, είχε ήδη αρχίσει να ρυπαίνει το περιβάλλον. Σκεφθείτε τί ποσοστό επιβάρυνσης για το φυσικό μας περιβάλλον είχε αρχίσει να προκαλείται από τη Βιομηχανική Επανάσταση και έπειτα.

Ταυτόχρονα, η καλύτερη διατροφή, το καθαρότερο νερό αλλά και η βελτιωμένη δημόσια υγεία, επέφεραν το 19ο αιώνα μια αλματώδη αύξηση του πληθυσμού, στην Ευρώπη και τη Βόρειο Αμερική, σε περιοχές δηλαδή που γνώρισαν την εκβιομηχάνιση και την οικονομική ανάπτυξη. Η αύξηση όμως του πληθυσμού καθώς και του βιοτικού επιπέδου, επιφέρει και τάση για κατανάλωση ενέργειας. Κατανάλωση ενέργειας προκαλεί ρύπανση. Ωστόσο, οι πληθυσμοί σ' αυτές τις περιοχές έχουν πλέον σταθεροποιηθεί.

Παράλληλα με τη μαζική αύξηση του πληθυσμού, κατά τις τελευταίες δεκαετίες διαμορφώθηκε μια σημαντική στροφή των κατοίκων από τις αγροτικές περιοχές στα μεγάλα αστικά κέντρα. «Όλοι οι μεγάλοι πολιτισμοί ξεκινάνε από τις πόλεις και ο άνθρωπος της ιστορίας πορεύεται σταθερά σαν κατασκευαστής πόλεων», έγραφε στις αρχές του περασμένου αιώνα ο Γερμανός φιλόσοφος Όσβαλντ Σπένγκλερ, ο οποίος θαύμαζε τον Πλάτωνα. «Στις μέρες μας, ο άνθρωπος παραμένει κατασκευαστής πόλεων και σε συντριπτικό ποσοστό κάτοικος τους, αλλά ο τρόπος με τον οποίο κτίζει και διαχειρίζεται τα νέα μοντέλα της κοινωνικής και παραγωγικής ζωής του τις τελευταίες δεκαετίες, παραπέμπει όχι στο να πορεύεται αλλά μάλλον να…παραπατάει από τη μέθη που του έχει προκαλέσει η απληστία του κέρδους και η συσσώρευση υλικών αγαθών.» Και όσο τα αστικά κέντρα διογκώνονται, τόσο οι απαιτήσεις τους σε φυσικούς πόρους, τεχνικές υποδομές και τεχνολογικό εξοπλισμό μεγαλώνουν. Για να ζήσουν και να λειτουργήσουν, χρειάζονται τροφή και νερό για τους κατοίκους τους, ενέργεια, καύσιμα και μέταλλα για τις παραγωγικές και αστικές λειτουργίες και πρώτες ύλες για τις βιομηχανικές και κατασκευαστικές δραστηριότητες.

Αποτελεί λοιπόν επιτακτική ανάγκη να υιοθετήσουμε ως στάση ζωής την επιστροφή του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον.Να υιοθετήσουμε την εφαρμογή μιας περιβαλλοντικής πολιτικής, η οποία με την συμβολή και αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών θα προωθήσει την φιλοσοφία επαναχρησιμοποίησης υλικών, διαφυλάττοντας τις φυσικές πρώτες ύλες του πλανήτη αλλά και την χρήση ήπιων, εναλλακτικών μορφών ενέργειας, (ηλιακή, αιολική, γεωθερμική) οι οποίες είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας, που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος και είναι ανεξάντλητες, οικονομικές και φιλικές προς το περιβάλλον. Να υιοθετήσουμε μια τέτοια πολιτική πρακτική, η οποία θα διευκολύνει την ενημέρωση του πολίτη και την πρόσβασή του σε πηγές πληροφόρησης, που σχετίζονται με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και η οποία θα προάγει την ενεργό συμμετοχή του σε μείζονος σημασίας Περιβαλλοντικά θέματα. Το γεγονός αυτό αποτελεί υποχρέωση της Πολιτείας και θα συμβάλει στο χτίσιμο της εμπιστοσύνης μεταξύ του πολίτη και των Δημοσίων Αρχών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7

2. ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ 8

3. ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ 10

3.1 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ 10

3.1.1Τεχνητός Υγροβιότοπος Οριζόντιας ροής (HF). 11

3.1.2 Τεχνητός Υγροβιότοπος Κάθετης ροής (VF). 11

3.2 ΑΛΟΦΥΤΑ 13

3.2.1 Αλόφυτα που χρησιμοποιήθηκαν 16

3.3ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ 21

3.3.1 Γενικά 21

3.3.3 Απομάκρυνση ολικών αιωρούμενων στερεών 23

3.3.3.1 Καθίζηση 24

3.3.3.2 Φίλτρανση/ Συγκράτηση 24

3.3.3.3Επαναιώρηση 25

3.4.1. Απομάκρυνση Αζώτου 26

3.4.1.1 Γενικά 26

3.4.1.2 Οργανικό άζωτο 26

3.4.1.3 Αμμωνιακό άζωτο 27

3.4.1.4 Βιολογική νιτροποίηση 27

3.4.1.5 Νιτρικό άζωτο 28

3.4.1.6 Βιολογική απονιτροποίηση 28

34.2Απομάκρυνση φωσφόρου 29

3.4.2.1 Γενικά 29

3.4.2.2 Φυσικοί – Χημικοί διαχωρισμοί 29

3.4.2.3 Βιολογικοί μετασχηματισμοί φωσφορικών 30

3.4.2.4Απομάκρυνση παθογόνων οργανισμών 31

3.4.3 Απομάκρυνση μετάλλων 32

4. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ 34

4.1 ΜΕΤΡΗΣΗ PH, ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ 34

4.2 ΜΕΤΡΗΣΗBOD5 37

4.3 ΜΕΤΡΗΣΗCOD 38

4.4ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ 39

4.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΝΙΤΡΙΚΟΥNO3 39

4.6ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΟΛΙΚΟΥ ΦΩΣΦΟΡΙΚΟΥ (PO_4 - P) 40

4.7 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ (NH_4^+) 40

5.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 41

5.1 ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ 42

5.2 ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ (FWS) 43

5.3 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ 43

5.4 ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ 43

6ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 44

6.1 ΜΕΤΡΗΣΗ PH 44
6.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ 44
6.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ 45
6.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ 47
6.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ 48
6.7 ΜΕΤΡΗΣΗ BOD5 49
6.8 ΜΕΤΡΗΣΗ COD 50

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 52

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως ήδη αναφέραμε παραπάνω είναι απόλυτη ανάγκη ο άνθρωπος του σήμερα να αποκτήσει περιβαλλοντική συνείδηση ώστε να διαφυλάξει τον πλανήτη και να τον παραδώσει στις επόμενες γενιές χωρίς επιβαρύνσεις. Αυτή λοιπόν η πτυχιακή εργασία έχει να κάνει με μία από τις βασικότερες μεθόδους επαναχρησιμοποίησης του νερού. Το νερό, ίσως το πιο σημαντικό συστατικό για την επιβίωση όλων των ζωντανών οργανισμών του πλανήτη μας, πρέπει άμεσα να διαφυλαχθεί και να μην γίνεται αλόγιστη χρήση αυτού.

Μία από τις πιο φυσικές διαδικασίες που μπορεί ο άνθρωπος να εφαρμόσει για την αποτελεσματική ανακύκλωση του νερού είναι μέσω των λεγόμενων τεχνιτών υγροβιότοπων, οι οποίοι αποτελούν το κεντρικό θέμα αυτής της εργασίας. Προκειμένου λοιπόν να εκπονηθεί η εργασία αυτή, έπρεπε να μελετήσω το αντικείμενο και ήρθα σε επαφή με τεχνητό υγροβιότοπο στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στο αγρόκτημα του ΤΕΙ Ηρακλείου. Πρόκειται για μία φυσική μέθοδο επεξεργασίας υγρών αποβλήτων η οποία στην Ελλάδα ,σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ευρώπη και την Αμερική, είναι ελάχιστα διαδεδομένη.

2. ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ

Τα αστικά λύματα εμπίπτουν στη γενικότερη κατηγορία των υγρών αποβλήτων. Ως υγρό απόβλητο χαρακτηρίζεται ένα νερό, το οποίο εξαιτίας της χρήσης του μέσω του ανθρώπου και των δραστηριοτήτων του υπέστη μια αλλαγή των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του και συνεπώς είτε είναι αδύνατο πλέον να χρησιμοποιηθεί όπως είναι για τον ίδιο σκοπό, είτε η χρήση του περιέχει κινδύνους. Συνεπώς το νερό των υγρών αποβλήτων έχει χάσει την ικανότητα της προηγούμενης αξιοποίησής του και είναι πλέον ένα υποβαθμισμένο υλικό.

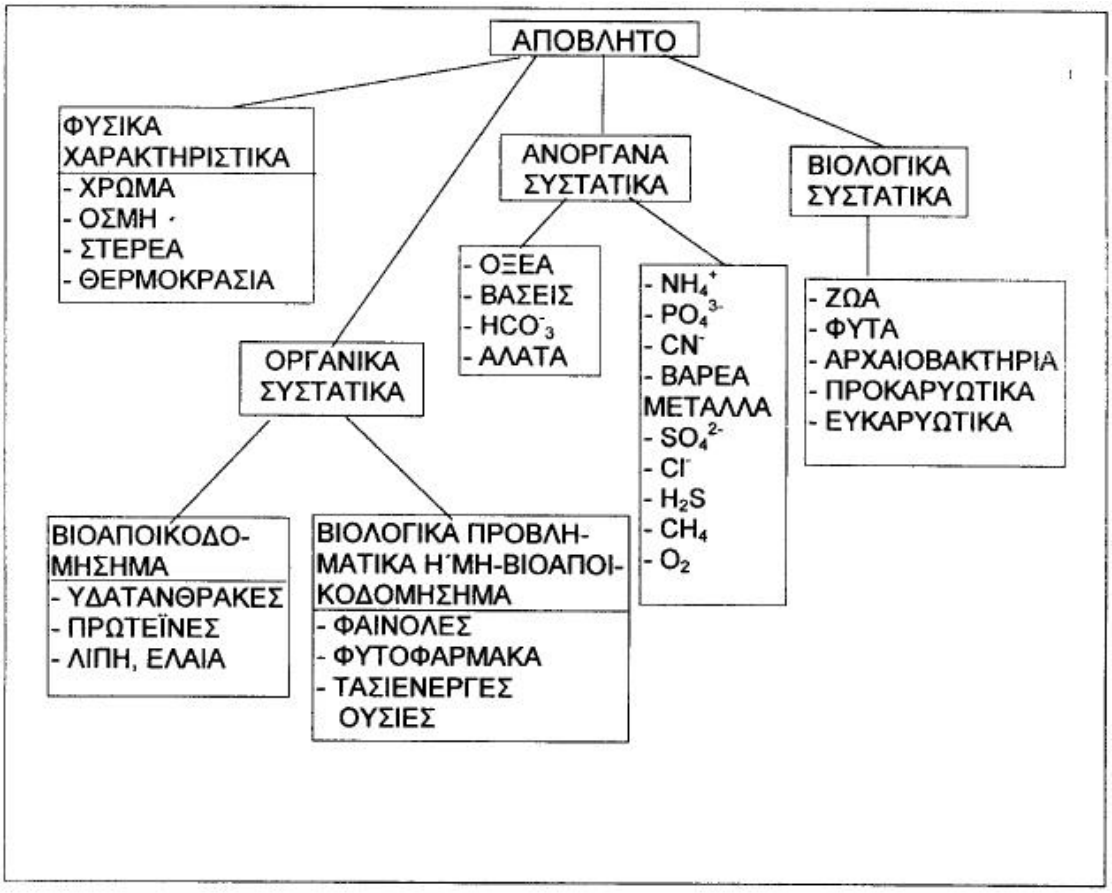
Έτσι μπορούμε να ορίσουμε για τα αστικά λύματα ότι είναι τα υγρά απόβλητα, που δημιουργούνται κατά τις διαδικασίες καθαριότητας (χώροι υγιεινής, μαγειρεία, πλυντήρια κ.α.) σε μια κατοικημένη περιοχή (κατοικίες, γραφεία, ιδρύματα, βιομηχανίες κλπ.). Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το νερό, με ορισμένες ξένες προσμίξεις, που το καθιστούν ακατάλληλο για διάφορες χρήσεις και επηρεάζουν δυσμενώς τους τελικούς αποδέκτες.

Σκοπός της επεξεργασίας καθαρισμού των υγρών αποβλήτων είναι η επαναφορά του χρησιμοποιούμενου νερού στη φύση ή στο κύκλωμα παραγωγής με αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά, που θα είναι συμβατά με τις επιθυμητές χρήσεις, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία και τα φυσικά οικοσυστήματα, να διατηρηθεί το περιβάλλον και να μην υποβαθμιστούν οι υδατικοί πόροι του πλανήτη, που παρά τη φαινομενική τους αφθονία, δεν είναι ανεξάντλητοι μπροστά στο συνεχώς αυξανόμενο ανθρώπινο πληθυσμό και τις πολλαπλάσιες ανάγκες του.

Η κατανόηση της φύσης των αποβλήτων είναι βασικής σημασίας στη διαστασιολόγηση, διαμόρφωση και λειτουργία συστημάτων περιβαλλοντικής μηχανικής για συλλογή επεξεργασία και διάθεση αυτών.

.

Τα υγρά απόβλητα χαρακτηρίζονται από τη φυσική, χημική και βιολογική τους σύσταση.



Πρέπει να πούμε πως πολλές από τις επιμέρους παραμέτρους των τριών αυτών χαρακτηριστικών αλληλεπιδρούν, π.χ. η θερμοκρασία, μια φυσική παράμετρος επηρεάζει και την βιολογική δραστικότητα αλλά και την περιεκτικότητα διαλελυμένων αερίων στα απόβλητα. Όσον αφορά τα ανόργανα συστατικά, τα οποία μετρώνται υπό μορφή αθροιστικών παραμέτρων (COD, BOD_5), διακρίνονται σε βιολογικά εύκολα αποικοδομήσιμα μέχρι και βιολογικά προβληματικά ή ακόμα και μη – βιοαποικοδομήσιμα. Κατά τον προσδιορισμό οργανικών συστατικών χρησιμοποιούμε τις αναφερθέντες αθροιστικές παραμέτρους, γιατί η πληθώρα των επιμέρους συστατικών (χημικών ενώσεων) ή δεν επιτρέπει μια τέτοια ανάλυση ή τέτοιου είδους αναλύσεις θα ήταν χρονοβόρες και θα είχαν υψηλό κόστος.

3. ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

Οι υγροβιότοποι είναι περιοχές με χαρακτηριστικα εδάφη οι οποίες ή πλημμυρίζουν από επιφανειακο νερο ή τα εδάφη τους ευρίσκονται σε κατάσταση κορεσμού υγρασίας λόγο της υψηλής στάθμης του υπόγειου νερού, τόσο συχνά και με τέτοια διάρκεια, ώστε να υποστηρίζουν βλάστηση πού έχει προσαρμοστεί σε υγρές συνθήκες και λαμβάνουν χώρα σ' αυτές τις περιοχές βιολογικές λειτουργίες και δραστηριότητες προσαρμοσμένες στο υγρό περιβάλλον. Οι υγροβιότοποι θεωρούνται σήμερα από τα πιο σημαντικά οικοσυστήματα στην Γη. Η αξία τους όμως δεν αναγνωρίστηκε παρά μόνο πρόσφατα. Στο παρελθόν, σημαντικές καταστροφές φυσικών υγροβιότοπων έλαβαν χώρα σε όλο τον κόσμο λόγω πίεσης για επέκταση των αστικών και αγροτικών περιοχών.

3.1 Τεχνητοί υγροβιότοποι

Τεχνητός Υγροβιότοπος είναι μια ρηχή λεκάνη γεμάτη με κάποια υλικά φιλτραρίσματος (υπόστρωμα), συνήθως χαλίκι ή άμμο, και φυτεμένη με βλάστηση ανεκτική σε κορεσμένες συνθήκες. Λύματα εισάγονται στη λεκάνη και ρέουν πάνω από την επιφάνεια ή μέσω του υποστρώματος, και εκκενώνεται από την λεκάνη διαμέσου μιας κατασκευής η οποία ελέγχει το βάθος των λυμάτων στον υγρότοπο.

Ο Τεχνητός Υγροβιότοπος αποτελείται από τα παρακάτω πέντε κύρια μέρη.

- Τη λεκάνη
- Το υπόστρωμα
- Τη βλάστηση
- Την αδιαπέραστη μεμβράνη
- Το σύστημα Εισόδου/Εξόδου

Υπάρχουν διάφορες διατάξεις του σχεδιασμού των Τεχνητών και μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τα ακόλουθα στοιχεία :

♦ Μορφή ζωής των επικρατέστερων μακρόφυτων (επιπλέοντα, αναδυόμενα, βυθισμένα).
♦ Τύπος ροής των υγροβιοτοπικών συστημάτων (ελεύθερη ροή των επιφανειακών υδάτων, Υπόγεια ροής, οριζόντια και κάθετη).
♦ Τύπος διαμόρφωσης των κυττάρων των υγροβιότοπων (υβριδικά συστήματα, συστήματα ενός σταδίου, συστήματα πολλαπλών σταδίων).
♦ Τύπος των λυμάτων προς επεξεργασία.
♦ Το επίπεδο επεξεργασίας των λυμάτων (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια).

♦ Τον τύπο της προεπεξεργασίας.
♦ Το είδος δομών εισροής και εκροής.
♦ Τον τύπο υποστρώματος (χαλίκι , χώμα , άμμος , κλπ) και
♦ Τον τύπο της τροφοδοσίας (συνεχής ή διαλείπουσα φόρτωση).

3.1.1Τεχνητός Υγροβιότοπος Οριζόντιας ροής (HF).

Ονομάζεται υγροβιότοπος οριζόντιας ροής (HF), επειδή το ακάθαρτο νερό τροφοδοτείται στην είσοδο και ρέει αργά μέσω του πορώδους υποστρώματος κάτω από την επιφάνεια της κλίνης σε μία περισσότερο οριζόντια διαδρομή μέχρι να φθάσει στη ζώνη εξόδου. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδρομής τα λύματα θα έρθουν σε επαφή με ένα δίκτυο αερόβιων, ανοξικών και αναερόβιων ζώνών . Οι αερόβιες ζώνες βρίσκονται γύρω από τις ρίζες και τα ριζώματα της βλάστησης του υγροβιότοπου και ελευθερώνουν οξυγόνο στο υπόστρωμα . Κατά τη διάρκεια της διόδου των λυμάτων μέσω της ριζόσφαιρα , τα λύματα καθαρίζονται με μικροβιολογική υποβάθμιση και με φυσικές και χημικές διεργασίες. Ο υγροβιότοπος οριζόντιας ροής (HF) μπορεί να απομακρύνει αποτελεσματικά τους οργανικούς ρύπους (TSS , BOD5 και COD) από το ακάθαρτο νερό . Λόγω της περιορισμένης μεταφορά οξυγόνου στο εσωτερικό του υγροβιότοπου, η απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών (κυρίως αζώτου) είναι περιορισμένη, ωστόσο, ο υγροβιότοπος οριζόντιας ροής (HF) αφαιρεί τα νιτρικά άλατα στα λύματα.

3.1.2 Τεχνητός Υγροβιότοπος Κάθετης ροής (VF).

Ο τεχνητός υγροβιότοπος κάθετης ροής **(VF)** περιλαμβάνει ένα επίπεδο στρώμα από άμμος/χαλίκι που καλύπτεται με άμμο/χαλίκι και της βλάστησης. Τα Λύματα τροφοδοτούνται από την κορυφή και στη συνέχεια σταδιακά διεισδύουν κάτω από τις στρώσεις και συλλέγονται από ένα δίκτυο αποχέτευσης στη βάση. Οι τεχνητοί υγροβιότοποι κάθετης ροής **(VF)** τροφοδοτούνται κατά διαστήματα με μια μεγάλη ποσότητα λυμάτων που κατακλύζουν την επιφάνεια. Το υγρό αποστραγγίζεται σταδιακά προς τα κάτω μέσω της κλίνης και συλλέγεται από ένα δίκτυο αποχέτευσης στη βάση. Η κλίνη αποστραγγίζεται εντελώς και επιτρέπει στον αέρα να ξαναγεμίσει την κλίνη. Η επόμενη δόση υγρού παγιδεύει αυτόν τον αέρα και αυτό μαζί με αερισμό που προκαλείται από την ταχεία πλήρωση πάνω στην κλίνη οδηγεί σε έντονη μεταφορά οξυγόνου και ως εκ

τούτου οδηγεί στην ικανότητα για νιτροποίηση. Η διάχυση οξυγόνου από τον αέρα που δημιουργείται από το σύστημα διαλείπουσα τροφοδοσίας συμβάλλει πολύ περισσότερο στην οξυγόνωση της κλίνης διήθησης σε σύγκριση με τη μεταφορά οξυγόνου μέσω φυτών. Ο Platzer (1998) έδειξε ότι το διακοπτόμενο σύστημα δοσολογίας έχει δυνατότητα μεταφοράς οξυγόνου από 23 έως 64g O2/m2.d, ενώ ο Brix (1997) έδειξε ότι η μεταφορά οξυγόνου μέσω των φυτών (κοινά είδη καλαμιών) έχει μια πιθανή μεταφορά οξυγόνου των 2g O2/m2.d προς το ριζικό σύστημα , που κυρίως χρησιμοποιείται από τις ρίζες και ριζώματα.

Η τελευταία γενιά των τεχνητών υγροβιότοπων έχει αναπτυχθεί ως κάθετο σύστημα ροής με διαλείπουσα φόρτιση . Ο λόγος για το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση συστημάτων κάθετης ροής είναι:

- ♦ Έχουν πολύ μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου με αποτέλεσμα την καλή νιτροποίηση.
- ♦ Είναι σημαντικά μικρότερα από το σύστημα HF.
- ♦ Μπορούν να αφαιρέσουν αποτελεσματικά BOD5 , COD και τα παθογόνα.

Σχεδιασμός του Τεχνητού Υγροβιότοπου.

Πριν από το σχεδιασμό ενός τεχνητού υγροβιότοπου, πρέπει να υπομνησθεί ότι το υπόστρωμα του τεχνητού υγροβιότοπου μπορεί γρήγορα να γεμίσει με σκουπίδια , χαλίκι, και στερεά από το πρωτογενές λύμα, αν αυτά τα υλικά δεν απομακρυνθούν πριν από τον τεχνητό υγροβιότοπο . Συνεπώς, μια ελάχιστη προκαταρκτική / πρωτοβάθμια επεξεργασία θα πρέπει να παρέχονται για την απομάκρυνση των στερεών που καθιζάνουν . Ωστόσο , ορισμένα συστήματα στη Γαλλία έχουν αποφύγει τις κύριες μονάδες επεξεργασίας και χρησιμοποιούν τεχνητούς υγροβιότοπους κάθετη ροής, που λειτουργούν αντί αυτού παράλληλα .

Προκαταρκτική επεξεργασία.

Η προκαταρκτική επεξεργασία διαχωρίζει κυρίως τα χοντροκομμένα διεσπαρμένα στερεά από την υγρή φάση . Η προκαταρκτική επεξεργασία προετοιμάζει την εισροή των λυμάτων για περαιτέρω επεξεργασία στην περιοχή του τεχνητού υγροβιότοπου με τη μείωση ή την αφαίρεση των προβληματικών χαρακτηριστικών των λυμάτων που θα μπορούσαν να εμποδίσουν την λειτουργία ή να αυξήσουν αδικαιολόγητα τη συντήρηση του υγροβιότοπου και των αντλιών (εάν υπάρχουν). Τα τυπικά προβληματικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν μεγάλα στερεά, κουρέλια, χαλίκια, οσμές κλπ.

Η προκαταρκτική επεξεργασία των λυμάτων περιλαμβάνει κυρίως το θάλαμο φιλτραρίσματος και συγκράτησης χαλικιών . Το φίλτρο είναι μια συσκευή με ανοίγματα, γενικά ομοιόμορφου μεγέθους, που χρησιμοποιείται για να συγκρατήσει τα στερεά που βρέθηκαν στα εισρέοντα λύματα, και η οποία αφαιρεί χονδροειδή υλικά από το ακάθαρτο νερό . Ο θάλαμος αφαίρεση χαλικιών, αφαιρεί την άμμο, το χαλίκι ή άλλα βαριά στερεά υλικά που έχουν ειδικές βαρύτητες πολύ μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών στο λύματα.

Πρωτοβάθμια επεξεργασία.

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία χωρίζει τα αιωρούμενα σωματίδια με φυσικές διεργασίες, κυρίως καθίζηση . Τα αρχικά απόβλητα περιέχουν αιωρούμενα σωματιδία βαρύτερα από το νερό. Αυτά τα σωματίδια τείνουν να καθιζήσουν με τη βαρύτητα κάτω από συνθήκες ηρεμίας. Η πρωτοβάθμια επεξεργασία μειώνει τα αιωρούμενα στερεά , το οργανικό φορτίο στον υγροβιότοπο , αλλά και εξισώνει την ποιότητα και τη ροή των αρχικών αποβλήτων.

Η σηπτική δεξαμενή.

Η σηπτική δεξαμενή είναι η συνηθέστερη αρχική κατεργασία που χρησιμοποιείται σε μικρής κλίμακας τεχνητούς υγροβιότοπους σε όλο τον κόσμο . Μία σηπτική δεξαμενή δύο διαμερισμάτων θα αφαιρέσει περισσότερα στερεά από μια ενιαία δεξαμενή ενός διαμερίσματος. Στις σηπτικές δεξαμενές θα πρέπει γενικά να γίνεται απολάσπωση, αλλιώς παράγουν πολύ κακά λύματα με υψηλό περιεχόμενο σε αιωρούμενα στερεά, τα οποία μπορεί να είναι επιζήμια για τον τεχνητό υγροβιότοπο (απόφραξη των κλινών). Επομένως για να διασφαλιστεί η συνεχής αποτελεσματική λειτουργία, το συσσωρευμένο υλικό πρέπει να αδειάζει περιοδικά. Αυτό πρέπει να πραγματοποιείται όταν η λάσπη και ο αφρός συνολικά υπερβαίνουν το 30 τοις εκατό του υγρού όγκου της δεξαμενής.

3.2 Αλόφυτα

Ως αλόφυτα, χαρακτηρίζονται τα φυτά, τα οποία φύονται και ευδοκιμούν σε αλμυρά – αλατούχα εδάφη. Τα αλατούχα εδάφη είναι εχθρικοί βιότοποι για τα υπόλοιπα φυτά, γιατί, αν και είναι υγρά, πολλές φορές συμπεριφέρονται σαν ξηρά από φυσιολογική άποψη. Αυτό συμβαίνει **α)** γιατί το νερό, που βρίσκεται μέσα σ’αυτά, συγκρατείται από πολλά ιόντα με

φυσικοχημικές δυνάμεις (άλατα) και δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά και **β)** γιατί τα άλατα σε μεγάλη συγκέντρωση είναι τοξικά για τα περισσότερα φυτά.

Η προέλευση των αλμυρών εδαφών μπορεί να είναι **εδαφική**, όπως τα παραθαλάσσια αλίπεδα, τα οποία περιέχουν πολύ NaCL από το θαλασσινό νερό, που τα πλημμυρίζει σε ορισμένες περιόδους, αλλά μπορεί να είναι και **κλιματική**, όπως τα αλίπεδα των ερήμων και των στεπών. Εκεί η έντονη ξηρασία προκαλεί μεγάλη εξάτμιση και έτσι προκύπτει αύξηση της περιεκτικότητας σε θειικά και ανθρακικά άλατα νατρίου, μαγνησίου και ασβεστίου.

Τα αλόφυτα μπορούν να ζήσουν στα παραπάνω δυσμενή περιβάλλοντα με προσαρμογές και μηχανισμούς τέτοιους, ώστε να μπορούν να αντλούν νερό από τα φυσιολογικώς ξηρά εδάφη, αλλά και να εξουδετερώνουν την τοξική υπερτονική δράση των διαφόρων αλάτων και ιόντων που είναι διαλυμένα μέσα σε αυτά.

Τα αλόφυτα διακρίνονται σε **γνήσια** ή **υποχρεωτικά** αλόφυτα και σε **προαιρετικά**. Τα γνήσια φυτρώνουν αποκλειστικά σε αλατούχα εδάφη και σε αλμυρά ή υφάλμυρα νερά, ενώ τα προαιρετικά ευδοκιμούν και σε εδάφη απαλλαγμένα από άλατα.

Τα γνήσια αλόφυτα παρουσιάζουν ορισμένες διαφοροποιήσεις και προσαρμογές, προκειμένου να ανταπεξέλθουν στο τοξικό περιβάλλον και στη φυσιολογική ξηρασία των αλατούχων εδαφών, δηλαδή να μπορούν να αντλούν νερό από τα φυσιολογικώς ξηρά εδάφη, αλλά και να εξουδετερώνουν την τοξική υπερτονική δράση των διαφόρων αλάτων και ιόντων, τα οποία είναι διαλυμένα μέσα σε αυτά. Έτσι υπάρχει η άποψη, ότι τα αλόφυτα ανυψώνουν την ωσμωτική τους πίεση αποθηκεύοντας άλατα. Όσο περισσότερο μπορεί το πρωτόπλασμα να υποφέρει άλατα, τόσο περισσότερο νερό μπορεί να απορροφήσει το φυτό. Αυτό ακριβώς συμβαίνει με τα είδη των γενών Σαλικόρνια (Salicornia), Αρθρόκνημον (Arthrocnemum) και Σουαίδα (Suaeda), τα κοινά αρμιρίδια. Συγκεκριμένα, αυξάνουν την ωσμωτική πίεσή τους περισσότερο από την πίεση των διαλύσεων του εδάφους, αποθηκεύοντας μέσα στον κυτταρικό χυμό τους διάφορα άλατα. Αποτέλεσμα αυτής της προσαρμογής είναι η σαρκώδης μορφή, την οποία παίρνουν τα φυτά αυτά (π.χ. κρίταμο), όπως επίσης και οι ανατομικές και μορφολογικές διαφοροποιήσεις τους. Μερικά είδη μπορούν να καταλήξουν στο ίδιο αποτέλεσμα με παραγωγή οργανικών ουσιών, δηλαδή η αύξηση της ωσμωτικής πίεσης γίνεται με συγκέντρωση οργανικών ουσιών και όχι αλάτων

. Άλλα γνήσια αλόφυτα αντιδρούν στην τοξική δράση των αλατούχων εδαφών με τους εξής τρόπους: **1)** ελαττώνουν την είσοδο των αλάτων, **2)** επιλέγουν ορισμένα μόνο ιόντα, και **3)** δεν αποθηκεύουν, αν και απορροφούν, άλατα στον κυτταρικό χυμό τους, αλλά τα εκκρίνουν με πολυάριθμους αδένες (με απέκκριση των αλάτων). Παραδείγματα τέτοιων ειδών είναι διάφορα είδη Λειμώνιου (Limonium), Στατικής (Statice), ήτοι το κοινό αμάραντο ή θαλασσόγαμπρος, και Ταμάριξ (Tamarix), ήτοι τα κοινά αρμυρίκια. Αυτά τα είδη φυτών δεν αποθηκεύουν τα άλατα στο χυμό τους, αλλά τα εκκρίνουν με πολλούς αδένες των βλαστών και των φύλλων, όπου και κρυσταλλώνονται και είναι εμφανή ακόμη και με γυμνό μάτι.

Πράγματι, επάνω σ’αυτά τα φυτά διακρίνονται κρυσταλλωμένα επανθίσματα αλάτων, που επιδρούν και από αυτή τη θέση στην απορρόφηση του νερού από το έδαφος. Στην Ελλάδα υπάρχουν αλόφυτα σε όλες τις ακτές, αλλά ιδιαίτερα ανεπτυγμένες φυτοκοινωνίες υπάρχουν στην Ηλεία, στη Λακωνία, στην Άρτα (Αμβρακικός κόλπος – δέλτα Αράχθου), στο Μεσολόγγι, στο Σχοινιά, στο Μαραθώνα, στις εκβολές του Σπερχειού, στο δέλτα των ποταμών της Βορείου Ελλάδας (π.χ. Έβρου, κλπ.), κ.α.

3.2.1 Αλόφυτα που χρησιμοποιήθηκαν

Tamarixparviflora ,(αλμυρίκι)

Το **αλμυρίκι** ή **αρμυρίκι** αποτελεί γένος αγγειόσπερμων, δικότυλων φυτών, που ανήκει στην τάξη των Ιωδών, στην οικογένεια των Ταμαριδοειδών. Είναι δενδρύλλια που βρίσκονται αυτοφυή σε πολλές παραθαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας και της Μεσογείου, κοντά σε παραλίες, όχθες ποταμών και ρέματα που ο υδάτινος ορίζοντας είναι υφάλμυρος.

Το αλμυρίκι έχει δυνατό ριζικό σύστημα και οι ρίζες του διακλαδώνονται φτάνοντας σε μεγάλο βάθος. Τα κλαδιά του είναι λεπτά και τα φύλλα του είναι πολυάριθμα σχηματίζοντας λέπια. Τα άνθη του είναι πολύ μικρά ρόδινα ή λευκορόδινα, διατάσσονται δε σε μακριές ταξιανθίες και φύονται στα άκρα των κλαδιών.

Εξαιρετικά ανθεκτικό στη ξηρασία και στην αλατότητα του εδάφους ευνοείται κιόλας από το ράντισμα με θαλασσινό νερό. Καλλιεργείται κατά μήκος των ακτών ως καλλωπιστικό, για τη δημιουργία ανεμοφρακτών, αλλά και για τη σκιά του στις παραλίες.

Το Κρητικό αρμυρίκι ή Ταμαρίς η μικρανθής (T. cretica ή T. parviflora) είναι Θάμνος ή μικρό δέντρο, που εξαπλώνεται σε έκταση (καλύπτει μέχρι και τα έξι μέτρα μήκος) και, συνήθως, δεν ξεπερνά τα τρία μέτρα ύψος (δύναται, όμως, να φθάσει και τα πέντε μέτρα ύψος). Τα κλαδιά του έχουν πορφυρό χρώμα και σχήμα αψιδωτό – καμπυλωτό. Έχει στενόμακρα σκούρα πράσινα φύλλα, μήκους 3mm περίπου, και ρόδινα άνθη με 4 πέταλα, τα οποία εμφανίζονται την Άνοιξη (συνήθως στα τέλη της Ανοίξεως) σε πυκνές πλάγιες ταξιανθίες, μήκους 5cm, πάνω σε παλαιότερα κλαδιά. Απαντάται – φύεται στις όχθες ποταμών, ρυακιών και ρεμάτων της Κρήτης και εν γένει της νοτιοανατολικής Ευρώπης.

Limoniastrummonopetalum (λιμονίαστρο)

Ανήκει στηνοικογένεια plumbaginaceae. Είναι ένας ανθεκτικός, πολύκλαδος και αειθαλής θάμνος το ύψος του οποίου φθάνει το ενάμιση μέτρο. Φυτρώνει παραπλεύρως της θάλασσας, σε πετρώδεις ή αμμουδερές παραλίες, και οι ρίζες του συχνά συναντούν το θαλασσινό νερό. Αποτελείται από πολλούς παλιούς ξυλώδεις βλαστούς και νέους τρυφερούς στην καλοκαιρινή περίοδο. Τα φύλλα του είναι μυτερά στην άκρη και πεπλατυσμένα στη μέση με αρκετές γραμμώσεις. Εξωτερικά υπάρχει ένας υμένας που προφυλάσσει την αφύγρανση από υψηλές θερμοκρασίες, και εσωτερικά είναι πολύ σαρκώδη. Ο θάμνος το περισσότερο χρονικό διάστημα βρίσκεται σε ένα είδος νάρκης ,ενώ προς το τέλος της άνοιξης εντυπωσιακά βγαίνουν από το θάμνο νέοι πολύκλαδοι βλαστοί με κοκκινωπό χρώμα στις άκρες. Και σε λίγο χρονικό διάστημα από αυτούς ανθίζουν τα ροδαλά άνθη του λειμονίαστρου, αρκετά ανα μήκος του βλαστού, με ένα ωραίο σύνολο δίπλα στη θάλασσα. Συνήθως υπάρχει στη νότια Ελλάδα και σε αρκετά νησιά του αιγαίου.

Sarcocornia perennis

Sarcocornia είναι ένα γένος ανθοφόρων φυτών τηςοικογένειας αμάραντο , Amaranthaceae . Είναι κοινώς γνωστό ως samphires, glassworts ή saltworts. Ένα ξυλώδες πολυετές φυτό θάμνος, ανθίζει κατά τον Αύγουστο με πολύ μικρά άνθη σε ομάδες των τριών σε φύλλα-μασχάλες.

Φυτρώνει σε σκληρά και αλατούχα εδάφοι. Φτάνει σε ύψος τα 30-40 cm.

Juncusspp (βούρλα)

Κοινή ονομασία των μονοκοτυλήδονων φυτών του γένους γιούγκος, της οικογένειας των γιουγκιδών. Είναι φυτά αγρωστιδόμορφα που ζουν κυρίως σε υγρές και τελματώδεις περιοχές της εύκρατης ζώνης. Το β. έχει άνθη πρασινωπά ή καστανά, σε ανθοταξίες επάκριες ή φαινομενικά πλευρικές, κατά κεφάλια, κύματα ή ανθήλες. Οι βλαστοί του είναι κυλινδρικοί, απλοί, ενωμένοι από τη βάση κατά δέσμες, συχνά εφοδιασμένοι με αερέγχυμα. Τα φύλλα είναι λεία, είτε παράρριζα περιοριζόμενα μόνο στον κολεό είτε σωληνοειδή και μοιάζουν με τους βλαστούς. Ο καρπός είναι κάψα με πολλά και μικρά σπέρματα. Η ελληνική χλωρίδα περιλαμβάνει 18 από τα 200 είδη του γένους, από τα οποία κυριότερα είναι ο γιούγκος ο παράλιος, πολυετές ποώδες φυτό με ρίζωμα σε παραθαλάσσια τέλματα ολόκληρης της Ελλάδας και ο γιούγκος ο γλαυκός, που φυτρώνει σε ορεινές υγρές τοποθεσίες της ηπειρωτικής Ελλάδας, της Πελοποννήσου και της Κρήτης. Άλλα είδη είναι ο γιούγκος ο ακιδωτός, ο γιούγκος ο συμπαγής, ο γιούγκος ο γραμμωτός και ο γιούγκος ο αρθρωτός. Ο βλαστός τους είναι ακατάλληλος για χορτονομή, αλλά χρησιμοποιείται επίσης στην κατασκευή ειδών πλεκτικής. Η οικογένεια των γιουγκιδών περιλαμβάνει μονοκοτυλήδονα φυτά, που αναπτύσσονται κυρίως σε υγρές περιοχές και έχουν την κοινή ονομασία βούρλα.

Ο δικός μας υγροβιότοπος με τα 4 είδη αλόφυτων…!

3.3Μηχανισμοί απομάκρυνσης ρυπαντών

3.3.1 Γενικά

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. Η παροχή του οξυγόνου γίνεται μέσω της ελεύθερης επιφάνειας του νερού και των αλγών που είναι προσκολλημένα στην επιφάνεια των αναδυόμενων φυτών. Σαν συνέπεια των παραπάνω, οι διεργασίες στη στήλη του νερού είναι αερόβιες κατά τη διάρκεια της μέρας, ενώ γίνονται αναερόβιες τη νύχτα.
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.

3.3.2Απομάκρυνση 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 προσρόφησή 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.

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. Η φύση των πηγών του άνθρακα διαφέρει. Παραδείγματος χάριν, ο οργανικός άνθρακας στα αστικά απόβλητα μπορεί να είναι εύκολα βιοαποικοδομήσιμος και δημιουργεί άμεσα υψηλό BOD. Αντίθετα τα υπολείμματα των φύλλων που πέφτουν από τα φυτά είναι δύσκολα βιοαποικοδομήσιμα και διασπώνται αργά.

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.

3.3.3 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 αξιοσημείωτα. Σωματίδια διαφορετικού μεγέθους και πυκνότητας απομακρύνονται 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. Τα περισσότερα από τα στερεά που έχουν καθιζάνει απομακρύνονται στα 50 με 100 ft 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.

Τα μεγαλύτερα και βαρύτερα σωματίδια κατακάθονται στη ζώνη του υγροβιότοπου που εισρέει το απόβλητο. Ελαφρότερα και μικρότερα σωματίδια κατακάθονται με τη βοήθεια της φυτικής βλάστησης. Η φυτική βλάστηση του υγροβιότοπου προωθεί την κατακάθιση μειώνοντας την ανάμιξη της στήλης νερού και την επαναιώρηση των σωματιδίων. Τα μικρότερα σωματίδια (βακτήρια, άργιλοι, κολλοειδή κ.λ.π.) δε συσσωματώνονται ώστε να κατακαθίσουν όσο βρίσκονται στον υγροβιότοπο. 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.

3.3.3.1 Καθίζηση

Η διαδικασία της καθίζησης εξαρτάται από το σχήμα και το μέγεθος του σωματιδίου που καθιζάνει, τη βαρύτητα και το ιξώδες. Λαμβάνει χώρα τόσο από μεμονωμένα σωματίδια, όσο και από συσσωματωμένα σωματίδια. Η αντίσταση που επηρεάζει την ταχύτητα καθίζησης εξαρτάται από το μέγεθος του σωματιδίου την τύρβη και το ιξώδες. Όσον αφορά στα σωματίδια που έχουν προκύψει από συσσωματώσεις, η ταχύτητα καθίζησης αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, καθώς η μάζα τους μεγαλώνει συνεχώς.

3.3.3.2 Φίλτρανση/ Συγκράτηση

Η απομάκρυνση εξαιτίας της φίλτρανσης δεν είναι σημαντική στους υγροβιότοπους επιφανειακής ροής. Το σώμα των αναφυόμενων φυτών και των φυτικών καταλοίπων δεν παγιδεύει σε μεγάλο βαθμό τα σωματίδια της εισροής. Η συγκράτηση όμως και η συγκόλληση των σωματιδίων στην επιφάνεια της φυτικής βλάστησης αποτελεί σημαντικό μηχανισμό απομάκρυνσης. Η αποτελεσματικότητα του μηχανισμού αυτού εξαρτάται από το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων, την ταχύτητα ροής και την επιφάνεια της φυτικής βλάστησης στην οποία προσκρούουν τα σωματίδια. 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.

Η συσσωμάτωση λαμβάνει χώρα είτε εξαιτίας φυσικών διεργασιών, είτε εξαιτίας της χημικής προσρόφησης. Ο σχηματισμός ολοένα και μεγαλύτερων σωματιδίων εξαρτάται από την ηλεκτρική φόρτιση στην επιφάνεια της συσσώρευσης. 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.

3.3.3.3Επαναιώρηση

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 διαβρωτέων 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 υγροβιότοπου με αντίθετη κατεύθυνση.

Πολλά ζώα διάφορων ειδών και μεγεθών μπορούν να προκαλέσουν επαναιώρηση των ιζημάτων σε ένα υγροβιότοπο. Παραδείγματα τέτοιων ζώων που έχουν παρατηρηθεί είναι ψάρια όπως κυπρίνοι και ψάρια του γένους alosa. 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 υγροβιότοπους 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.

Η ποσότητα TSS στην εκροή του υγροβιότοπου συνήθως αποτελείται από στερεά τα οποία δημιουργούνται εντός του συστήματος και σπάνια από σωματίδια τα οποία δεν μπορούν να απομακρυνθούν από την εισροή. Για το λόγο αυτό οι συγκεντρώσεις των TSS στην εκροή δεν μπορούν να είναι μηδενικές, κυμαίνονται όμως κοντά στις ελάχιστες συγκεντρώσεις που παράγονται από το σύστημα (συγκεντρώσεις υποβάθρου). Οι συγκεντρώσεις υποβάθρου κυμαίνονται από 2 έως 10 mg/L

3.4.1. Απομάκρυνση Αζώτου

3.4.1.1 Γενικά

Η απομάκρυνση αζώτου στους τεχνητούς υγροβιότοπους επιτυγχάνεται με νιτροποίηση και απονιτροποίηση. Η πρόσληψη 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.

3.4.1.2 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 και λιγνίνη, μπορεί να ενσωματώνεται κατ' ευθείαν στην οργανική μάζα ή στο χούμο του εδάφους. Ένα ποσοστό του οργανικού αζώτου υδρολύεται σε διαλυτά αμινοξέα και μπορεί να υποστεί περαιτέρω διάσπαση κατά την οποία ελευθερώνεται ιονισμένο αμμώνιο (NH4+).

3.4.1.3 Αμμωνιακό άζωτο

Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να ακολουθεί διάφορους διόδους 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 και/ ή παραγόμενου αμμωνίου προσροφάται 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.

3.4.1.4 Βιολογική νιτροποίηση

Το αμμώνιο μπορεί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, να δράσει και σαν υπόστρωμα για μικροβιακούς μετασχηματισμούς. Η νιτροποίηση είναι μια αερόβια οξείδωση 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 οξείδωση του αμμωνίου σε νιτρώδη, κυρίως από βακτήρια του γένους Nitrosomas, ενώ το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την οξείδωση 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, pH και 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.

3.4.1.5 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.

3.4.1.6 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 μεγιστοποίηση, όμως, της απονιτροποίησης θα πρέπει να βελτιστοποιούνται οι απαιτούμενες συνθήκες γι’ αυτή τη διεργασία. Για την ολοκλήρωση της βιολογικής απονιτροποίησης, εντός των ανοξικών συνθηκών, απαιτείται και μια αυξημένη αναλογία άνθρακα/ αζώτου. Μια αναλογία άνθρακα/ αζώτου 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.

34.2Απομάκρυνση φωσφόρου

3.4.2.1 Γενικά

Ο φώσφορος στα φυσικά νερά και στα υγρά απόβλητα συναντάται κυρίως υπό τη μορφή φωσφορικών. Τα φωσφορικά ταξινομούνται σε ορθοφωσφορικά, συμπυκνωμένα (πυρο-μετα-, και πολύ-) φωσφορικά και οργανικά δεσμευμένα φωσφορικά και εμφανίζονται στο σύστημα τόσο σε σωματιδιακή μορφή, όσο και σε διαλυτή μορφή. 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.

3.4.2.2 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 οξείδια και υδροξείδια.

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.

Τα ροφημένα φωσφορικά στα σωματίδια ιλύος και ένυδρα οξείδια μπορούν επίσης να επιστρέψουν στην υδάτινη στήλη μέσω της ανταλλαγής ιόντων. Αν το pH του συστήματος μειωθεί, ως αποτέλεσμα του βιολογικού σχηματισμού 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.

3.4.2.3 Βιολογικοί μετασχηματισμοί φωσφορικών

Τα διαλυμένα οργανικά φωσφορικά και τα μη διαλυμένα οργανικά και ανόργανα φωσφορικά δεν είναι συνήθως διαθέσιμα για τη βλάστηση μέχρις ότου 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.

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.

3.4.2.4Απομάκρυνση παθογόνων οργανισμών

Οι παθογόνοι οργανισμοί που εισέρχονται σε ένα τεχνητό υγροβιότοπο 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 τους ίδιους μηχανισμούς που απομακρύνονται και τα TSS. Οι μηχανισμοί αυτοί έχουν αναλυθεί παραπάνω και είναι η καθίζηση, η φίλτρανση 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. Ανεξάρτητα από το πού θα βρεθούν, πρέπει να ανταγωνιστούν με το σύνολο των

οργανισμών που τους περιβάλουν. 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.

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. 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. Επίσης τέτοιοι οργανισμοί μπορούν να βρεθούν ακόμα και στους φυσικούς υγροβιότοπους. Η ποσότητα αυτή των μικροοργανισμών μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την εποχή και άλλες λειτουργικές παραμέτρους του συστήματος. Θα έπρεπε επίσης 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.

3.4.3 Απομάκρυνση μετάλλων

Παρόλο που ίχνη μερικών μετάλλων είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη φυτών και ζώων αυτά τα ίδια 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 υγροβιότοπο 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 υγροβιότοπου, 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 φάση.

Τα μέταλλα ενσωματώνονται στη βιομάζα των υγροβιότοπων. 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. 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 υγροβιότοπους 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.

4. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Μετά τη συλλογή των δειγμάτων, γίνονταν στο εργαστήριο οι παρακάτω μετρήσεις: μέτρηση PH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), ολικός φώσφορος (P), ολικό άζωτο (N), νιτρικά (NO^3), αμμωνιακά (NH^4), ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS), χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), βιολογικα απαιτούμενου οξυγόνο (BOD). Παρακάτω γίνεται ανάλυση της κάθε μεθόδου. Για κάθε σύστημα του υδροβιοτόπου γίνονταν ξεχωριστή μέτρηση.

4.1 Μέτρηση PH, Αγωγιμότητας

Η μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας των δειγμάτων υγρών αποβλήτων πραγματοποιήθηκε με πεχάμετρο της εταιρείας ***CRISON (pHMeterGLP21)*** και με αγωγιμόμετρο της ίδιας εταιρείας ***(ConductivityMeterS25)***.

Ο βαθμός οξύτητας (pH) είναι από τα πλέον σημαντικά χημικά χαρακτηριστικά του νερού και των υγρών αποβλήτων. Ως pH ορίζεται «ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου pH= $-\log[H^+]$. Η κλίμακα μέτρησης του pH εκτείνεται από 0 ως 14. Η ενεργός οξύτητα (pH) επηρεάζει πολλές βιολογικές και χημικές αντιδράσεις και πολλές φορές χρησιμεύει σαν δείκτης ρύπανσης. Το σύνολο των βιοχημικών αντιδράσεων στο εσωτερικό των κυττάρων πραγματοποιείται σε ουδέτερο pH.
Όξινα ή αλκαλικά περιβάλλοντα δυσχεραίνου την πορεία των αντιδράσεων ή αναστέλλουν την πραγματοποίηση τους. Τα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 4 και 9, ενώ τιμές 6,5-8,5 είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι καταλληλότερες για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι εξ ‘ορισμού η ικανότητα ενός υλικού να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Ιδιαίτερα η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητάτουναμεταφέρει–άγειηλεκτρικάφορτία.Ηικανότηταταυτήεξαρτάταιαπό:

-την παρουσία ιόντων (κατ’ επέκταση αλάτων),

-τη συγκέντρωση των ιόντων,

-την ευκινησία των ιόντων,

-το σθένος των ιόντων και

-τη θερμοκρασία του διαλύματος.

Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές για την ποιότητα των φυσικών νερών. Απόβλητα και ρύποι που εισέρχονται στους υδάτινους αποδέκτες τροποποιούν την αγωγιμότητα ειδικότερα αν οι ρύποι περιλαμβάνουν ιόντα όπως ανθρακικά, θειικά, χλωρίου,μαγνησίου,νατρίου,καλίουκαιφωσφόρου.Απότομηαύξησητηςαγωγιμότητας του νερού ενός φυσικού αποδέκτη αποτελεί ένδειξη ρύπανσης.

Η αύξηση της αγωγιμότητας συνδέεται με την ενηλικίωση (παλαίωση) μιας υδάτινης μάζας εξαιτίας της αύξησης των θρεπτικών συστατικών της (ευτροφισμός).

Η τιμή της αγωγιμότητας (S/cm ή με υποδιαιρέσεις: mS/cm και μS/cm) προκύπτει με πολλαπλασιασμό της ένδειξης του οργάνου με ένα συντελεστή διόρθωσης με βάση τη θερμοκρασία..

Εικόνα:*CRISON(ConductivityMeterS25).*

Εικόνα: *CRISON(pHMeterGLP21)*

4.2 ΜΕΤΡΗΣΗ BOD5

Η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου ή το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand ,BOD)είναι η ποσότητα του οξυγόνου πού απαιτείται από μικροοργανισμούς προκειμένου να αποικοδομήσουν βιολογικά τα απόβλητα και ενδιαφέρει η μέτρηση BOD-πέντε ημερών ή BOD5. Το BOD συνήθως εκφράζεται σε χιλιοστογραμμάρια απαιτούμενου οξυγόνου ανά λίτρο αποβλήτου (mg/L) ή ισοδύναμες μονάδες :γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο (g/m^3). Η βιοχημική οξείδωση είναι βραδεία. Σε χρόνο 20 ημερών έχει οξειδωθεί το 95-99%τηςοργανικήςύληςτωνλυμάτων.Δεδομένου ότι ο χρόνος αυτός είναι πολύ μεγάλος, συνήθως μετράται το BOD των πρώτων 5 ημερών (BOD5),όπουέχειδιασπασθείτο70-80%τωνοργανικώνενώσεωνπουπεριέχουνμόνο C,H,O,ενώδενέχειαρχίσειακόμηηνιτροποίησητωναζωτούχωνοργανικώνενώσεων.
Η μεγάλη αξία του BOD βρίσκεται στο ότι μετρά κατευθείαν το κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα της οργανικής ύλης δηλαδή, την κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου που πραγματοποιούν οι μικροοργανισμοί κατά την οξείδωση τους.
Το BOD είναι η σημαντικότερη παράμετρος μέτρησης της ισχύος της οργανικής ρύπανσης το BOD σε μία μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι ένας από τους δείκτες-κλειδιά προκειμένου να εκτιμηθεί η απόδοση της επεξεργασίας.
Στην προκειμένη περίπτωση ,η μέτρηση του BOD βασίσθηκε στη μέθοδο του συστήματος μέτρησης BOD Oxi Top τηςWTW. Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση της πίεσης (διαφορά πίεσης). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν προστέθηκε κάποια ποσότητα ενεργού ιλύος ως εμβόλιο, καθώς τα συνθετικά τεχνητά απόβλητα περιείχαν και ποσότητα αποβλήτων κουζίνας/νεροχύτη(kitcheneffluent), που αποτελούσαν την πηγή των απαραίτητων μικροοργανισμών.

- Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση του BOD5 είναι τα εξής: Nitrification Inhibitor (5g/LC4H8N2S).
- Παστίλιες καθαρού NaOH–Sodium hydroxide.

Στη φιάλη μέτρησης προστίθενται σταγόνες Nitrification Inhibitor αφού απομακρυνθούν οι ειδικές θήκες για το NaOH, στη συνέχεια επανατοποθετούνται οι ειδικές θήκες και προστίθενται, για κάθε δείγμα,4-5παστίλιεςNaOH.

Στη συνέχεια βιδώνονται οι μετρητές πάνω στα μπουκάλια και μετά μηδενίζεται η πίεση πατώντας ταυτόχρονα το S και M μέχρι η τιμή της ένδειξης να γίνει μηδέν. Έπειτα οι φιάλες τοποθετούνται στο ψυγείο-μέτρησης BOD και μετά από 5 ημέρες με το κουμπί S προκύπτει η τιμή του BOD για την 5η ημέρα.

4.3 ΜΕΤΡΗΣΗ COD

Η χημική απαίτηση οξυγόνου ή το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση των αποβλήτων. Το COD είναι μία μετρήσιμη ποσότητα η οποία δεν εξαρτάται ούτε από την ικανότητα βιοαποικοδόμησης των μικροοργανισμών ούτε από την γνώση της χημικής σύστασης και δομής των μορίων που υπάρχουν σε ένα απόβλητο/δείγμα.
Κατά τη μέτρηση του COD, χρησιμοποιείται ένα ισχυρό οξειδωτικό αντιδραστήριο για να οξειδώσει ποσοτικά την οργανική ύλη. Το αποτέλεσμα που προκύπτει από τη μέτρηση του COD αναφέρεται στην συνολική απαίτηση του αποβλήτου σε οξυγόνο. Με το αποτέλεσμα αυτό δεν μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ των βιοαποικοδομήσιμων και μη ενώσεων που περιέχονται σε ένα απόβλητο/ δείγμα. Επίσης, η μέτρηση του δε δίνει πληροφορίες για την ταχύτητα οξείδωσης των ενώσεων.
Το COD χρησιμοποιείται σαν μέτρηση της μόλυνσης των φυσικών νερών και των υγρών αποβλήτων και για να εκτιμηθεί η δύναμη του απόβλητου όπως τα οικιακά και τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα. Το COD έχει επιπλέον εφαρμογές σε επιχειρήσεις παραγωγής ενέργειας, παραγωγής χημικών, περιβαλλοντικές μελέτες κλπ.
Η μέθοδος προσδιορισμού του COD που χρησιμοποιήθηκε στηρίζεται στην οξείδωση της οργανικής ύλης από διχρωμικά ιόντα. Το αποτέλεσμα είναι η αλλαγή του χρωμίου από την εξασθενή στην τρισθενή κατάσταση. Τα χρωμικά ιόντα απορροφούν έντονα στα 600nm ενώ τα διχρωμικά έχουν σχεδόν μηδενική απορρόφηση. Η τεχνική μέτρησης που ακολουθήθηκε είναι η *Closed Reflux, Colorimetric Method*.

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Πρότυπο διάλυμα πέψης Διχρωμικού Καλίου ($K_2Cr_2O_7$)
- Αντιδραστήριοθειικούοξέος
- Πρότυπο διάλυμα όξινου φθαλικού καλίου(KHP)

4.4Μέτρηση ολικού αζώτου

ΗμέτρησηtωνTNbπραγματοποιήθηκε μεχρήσηπροϊόντωντηςεταιρείαςHACHLANGE τεστσε φιαλίδια(LATONOλικόΆζωτο,τεστσε φιαλίδια5-40mg/lTNb,Αριθμός προϊόντος:LCK238).Τα φιαλίδια τα μετρούσαμε σε φασματομετριτή της ίδιας εταιρείας:HachlangeDR 2800 στα 340 nm

4.5 Μέτρηση νιτρικούNO3

Η μέτρηση των νιτρικών (Nitrate) NO_3^- πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (LCK339 Νιτρικά, τεστ σε φιαλίδια 0.23-13.5mg/lNO_3-N,Αριθμόςπροϊόντος:LCK3. Τα φιαλίδια τα μετρούσαμε σε φασματομετριτή της ίδιας εταιρείας: HachlangeDR 2800 στα 340 nm

4.6*Μέθοδος μέτρησης ολικού φωσφορικού (PO_4 - P)*

Η μέτρηση των PO_4^{3-} πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (LCK350 Ολικός Φωσφόρος και Ορθοφωσφορικά, τεστ σε φιαλίδια2.0-20.0mg/lPO4-P,Αριθμόςπροϊόντος:LCK350).Τα φιαλίδια τα μετρούσαμε σε φασματομετριτή της ίδιας εταιρείας: στα 800 nm

7

4.7 Μέθοδος μέτρησης αμμωνιακών (NH_4^+)

Η μέτρηση των NH_4^+πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (LCK303Ολικός Φωσφόρος και Ορθοφωσφορικά, τεστ σε φιαλίδια2.0-47.0mg/lPO4-P,Αριθμόςπροϊόντος:LCK303). Τα φιαλίδια τα μετρούσαμε σε φασματομετριτή της ίδιας εταιρείας:HachlangeDR 2800.

Εικόνα : φασματομετριτής HachlangeDR 280

5.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Κρήτης στον τεχνητό υγροβιότοπο. Διήρκησε περίπου 4 μήνες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου παίρναμε δείγματα λυμάτων (σε πλαστικά μπουκάλια χωρητικότητας 1lt), από την είσοδο και την έξοδο του συστήματος ανά τακτά διαστήματα. Σε αυτά τα δείγματα γίνονταν αναλύσεις και μετρήσεις, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Τα δείγματα τα παίρναμε μέρες, κατά τις οποίες θα είχαμε τη μικρότερη πιθανότητα να πάρουμε αλλοιωμένα αποτελέσματα (δεν παίρναμε δείγματα τις μέρες που έβρεχε και για λίγες μέρες μετά τη βροχή). Παρακάτω θα γίνει μια αναφορά στα επιμέρους συστήματα του τεχνητού υγροβιότοπου

.

Το σύστημα αποτελείται από: μια είσοδο λυμάτων που έρχονται από το κέντρο βιολογικής επεξεργασίας, έναν υγροβιότοπο επιφανειακής ροής (ελεύθερης επιφάνειας FWS), έναν υγροβιότοπο υποεπιφανειακής ροής (SSF) με τα αλόφυτα και μια δεξαμενή απορροής.

5.1 Υγροβιότοπος υποεπιφανειακής ροής

Για τα συστήματα υγροβιότοπου SSF χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση σχεδιασμού (Tchobanoglous και Burton (1991)):

$$t_p = (L\ W\ a\ d\ ) / Q$$

Όπου: t_p = χρόνος παραμονής στο πορώδες υπόστρωμα (σε αυτήν την περίπτωση HRT), L = μήκος λεκανών, W = πλάτος λεκανών, α = περατότητα δια μέσου των λεκανών ως ποσοστό, d = βάθος της λεκάνης και Q = παροχή ροής (m^3/d)

Η μέση περατότητα του χαλικιού είναι 0.45 και το βάθος της λεκάνης 0.45 m. Έτσι με βάση και ότι ο HRT είναι 0.5d όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση (1) η επιφάνεια του υγροβιότοπου βρέθηκε 37 m^2. Για ασφάλεια και κατασκευαστικούς λόγους η επιφάνεια έγινε στα 40 m^2 με πλάτος 8 m και μήκος 5 m. Αρχικά 1 m κατά μήκος είναι με χαλίκι 60-100mm καθώς και το τελευταίο 1 m (ζώνη εξόδου). Στην μέση τοποθετήθηκε χαλίκι 30 mm με την κορυφή να καλύπτεται για 5 cm με χαλίκι 10 mm για την φύτευση των αλόφυτων.

5.2 Υγροβιότοπος επιφανειακής ροής (FWS)

Για να κατασκευαστεί ο υδροβιότοπος έπρεπε πρώτα να υπολογιστεί ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των λυμάτων, καθώς και η επιφάνεια του. Βάση τύπων ο υπολογιζόμενος υδραυλικός χρόνος παραμονής υπολογίστηκε 0,44d το χειμώνα και 0,34d το καλοκαίρι, ενώ η επιφάνεια στα 32 m^2. Για να πληρούνται τα όρια ασφαλείας αποφασίστηκε ο υδροβιότοπος να έχει επιφάνεια 36 m^2 με πλάτος 3 m και μήκος 12 m, στην οποία συμπεριλαμβάνεται η είσοδος με χαλίκι, η έξοδος και η βαθειά ανοξική ζώνη στο κέντρο.

5.3 Δεξαμενή απορροής

Η δεξαμενή απορροής είναι εκεί που καταλήγουν τα λύματα μετά από την επεξεργασία στον υδροβιότοπο, ώστε να επιστρέψουν στο βιολογικό.

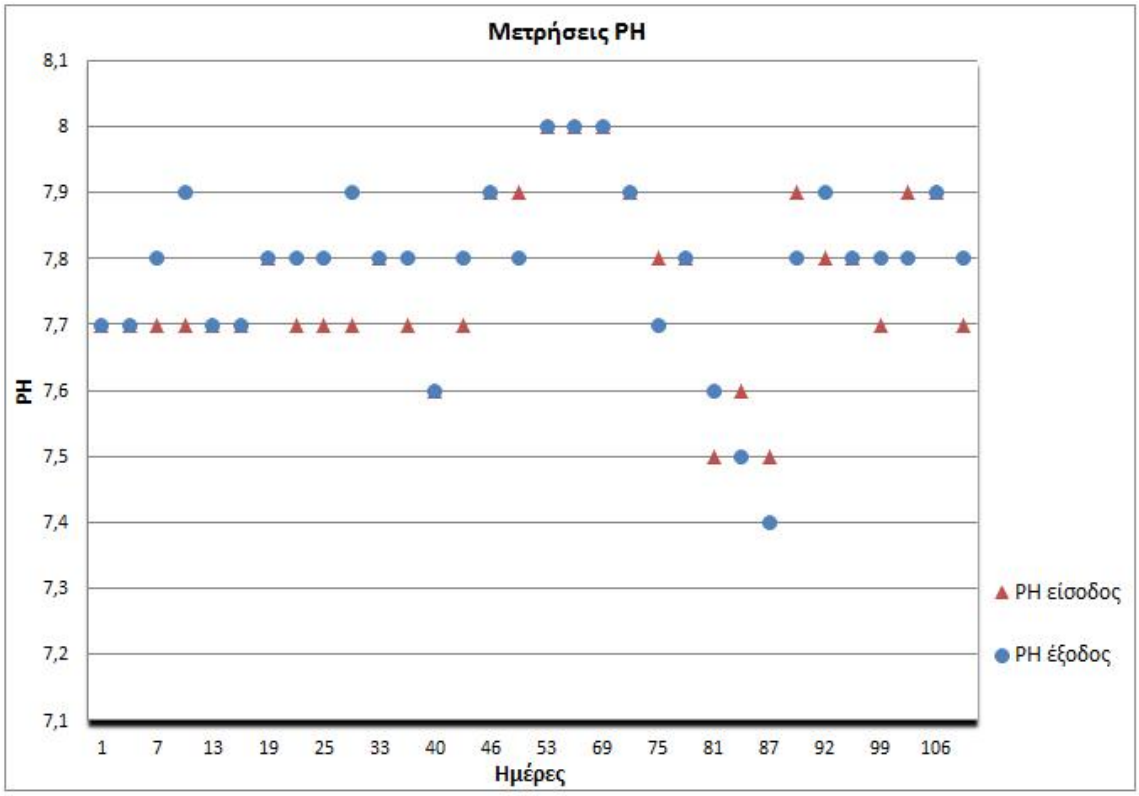
5.4 Σημεία δειγματοληψίας

Στον υγροβιότοπο τοποθετήθηκαν 3 σημεία άντλησης πληροφοριών. Μια παροχή λυμάτων από κάθε υγροβιότοπο, για την λήψη δείγματος λυμάτων απο είσοδο και έξοδο. Και ένα σημείο ανάμεσα στα αλοφυτα για την θερμοκρασία τα αιωρουμενα στερεά κ.α στα νερά του υγροβιότοπου υποεπιφανειακης ροης.

6ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Μέτρηση PH

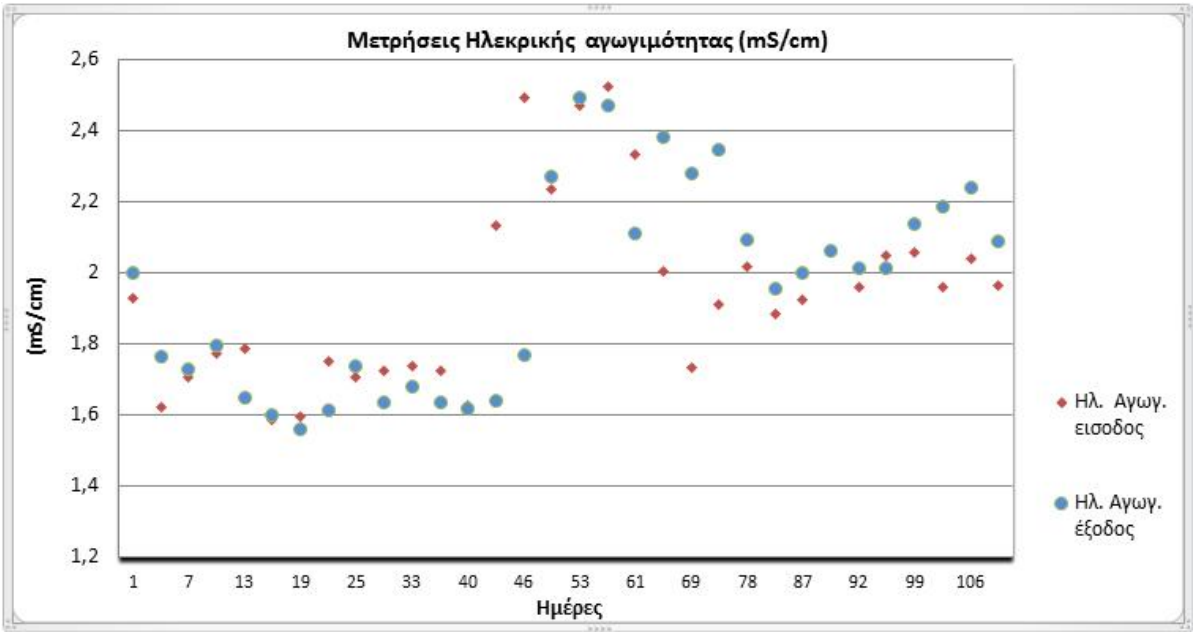
Στο διάγραμμα 1 δίνεται η γραφική παράσταση των μετρήσεων p*H* εσόδου και εξόδου αντίστοιχα. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από την παράσταση η τιμές του PH στηνείσοδο και έξοδο του υγροβιότοπου δεν έχουν μεγάλη απόκλιση, το PH παραμένει στα ιδια επίπεδα . Ο μέσος όρος της εισόδου είναι 7,76 και της εξόδου 7,78 για 109 ημέρες λειτουργίας.



Διάγραμμα 1: Γραφική απεικόνιση μετρήσεων pH

6.2 Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας

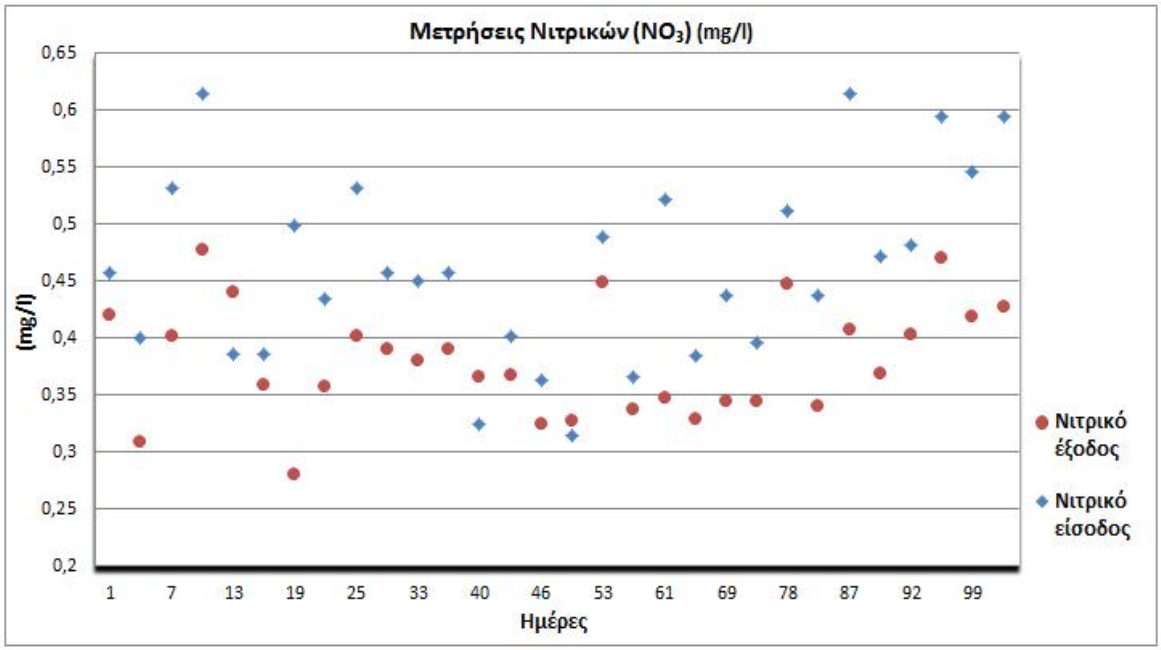
Αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα 2 θα διαπιστώσουμε ότι οι τιμές του δείγματος στην είσοδο και στην έξοδο της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δεν έχουν μεγάλη απόκλιση, παραμένουν στα ίδια επίπεδα. Ο μέσος όρος της εισόδου είναι 1,93mS/cm και 1,95mS/cm στην έξοδο αντίστοιχα, για 109 ημέρες λειτουργίας.



Διάγραμμα 2: Γραφική απεικόνιση μετρήσεων Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας

6.3 Μέτρηση νιτρικών

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 3, παρατηρείται μια μείωση των συγκεντρώσεων των ΝΟτων δειγμάτων του υγροβιότοπου στην έξοδο του συστήματος. Κατά μήκος όλου του διαγράμματος οι τιμές στην έξοδο του συστήματος εμφανίζονται μειωμένες χωρίς πολλές και άστατες μεταβολές. Ο μέσος όρος στην είσοδο ανέρχεται στα 0,46mg/l, ενώ στην έξοδο στα 0,38 mg/l. Αυτό μας δίνει ένα ποσοστό απομάκρυνσης 18% των νιτρικών για το σύνολο των μετρήσεων

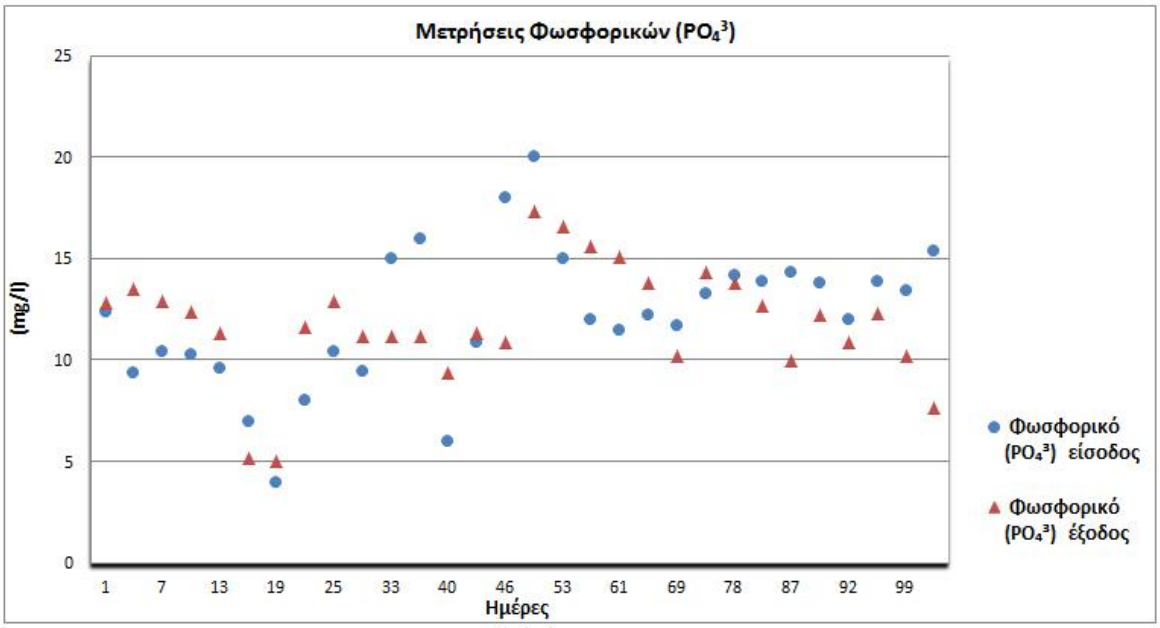


Διάγραμμα 7: Γραφική απεικόνιση μετρήσεωνNO_3

6.4 Μέτρηση φωσφορικών

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 4, παρατηρείται ελάχιστη απομάκρυνση των PO4των δειγμάτων του υγροβιότοπου από το σύστημα. Ο μέσος όρος της συγκέντρωσης των PO4για τα δείγματα στην είσοδο του συστήματος, είναι: 12,11 mg/L, ενώ η αντίστοιχη τιμή για την έξοδο του συστήματος είναι: 11,8mg/L και το αντίστοιχο ποσοστό απομάκρυνσης ισούται με: 2 %.

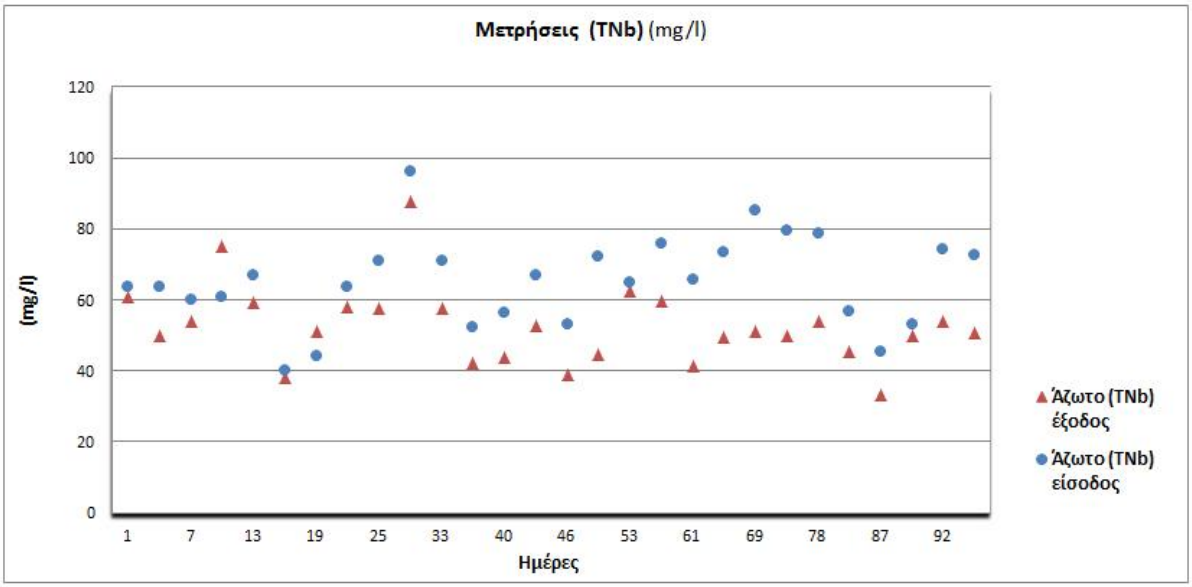
Η είσοδος του συστήματος εμφανίζεται με μεγαλύτερες μεταβολές από ότι στην έξοδο που οι τιμές εμφανίζονται πιο ομαλές με μικρότερες αποκλίσεις, παρ ’όλα αυτά οι μέσοι όροι εισόδου και εξόδου του συστήματος είναι σχεδόν ταυτόσημες.



Διάγραμμα 4: Γραφική απεικόνιση μετρήσεων PO4

6.5 Μέτρηση ολικού αζώτου

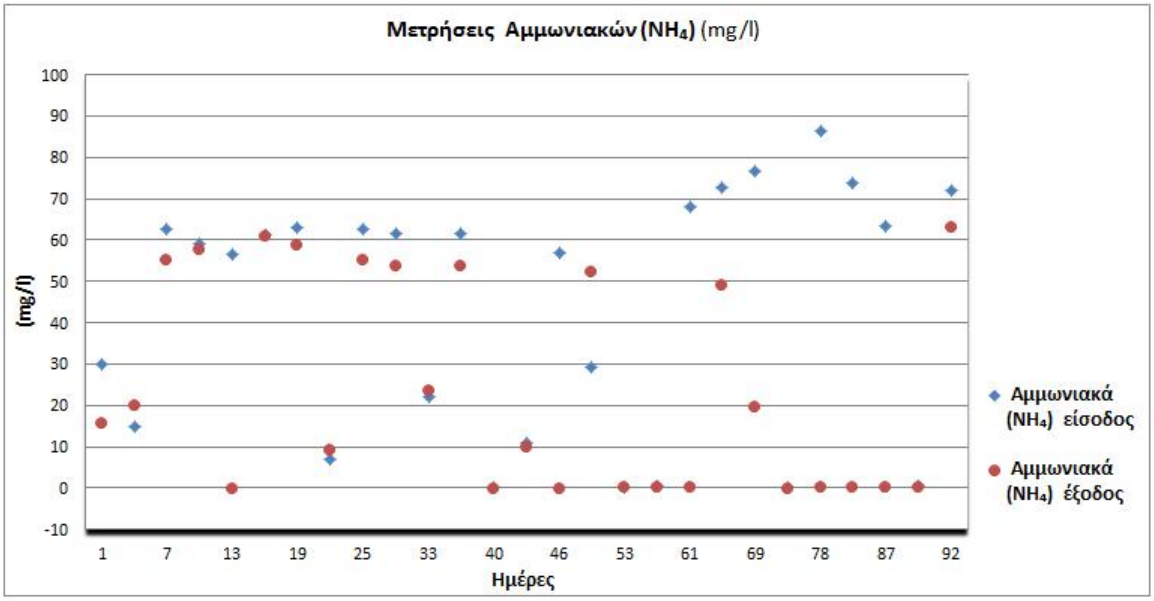
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5, παρατηρείται μια ικανοποιητική απομάκρυνση του TN των δειγμάτων του υγροβιότοπου από το σύστημα . Ο μέσος όρος της συγκέντρωσης TN για τα δείγματα στην είσοδο είναι: 65,32 mg/L, ενώ η αντίστοιχη τιμή στην έξοδο είναι 52,6 mg/L.Το ποσοστό της απομάκρυνσης TN ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 19% για το συνολικό διάστημα τον 109 ημερών λειτουργίας.



Διάγραμμα 5: Γραφική απεικόνιση μετρήσεων TN

6.6 Μέτρηση αμμωνιακών

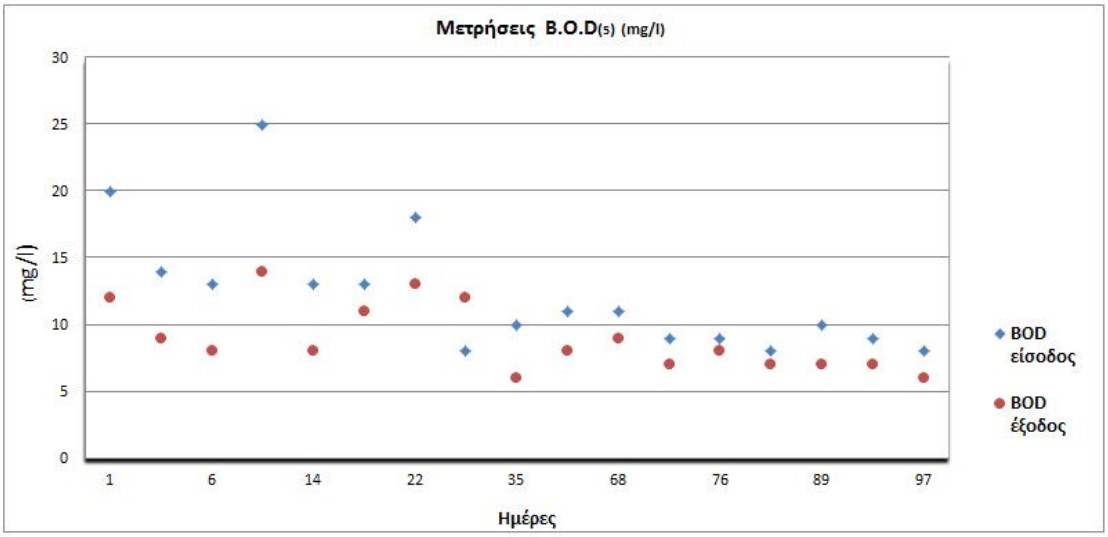
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 6, παρατηρείται μια ικανοποιητική απομάκρυνση των NH_4 των δειγμάτων του υγροβιότοπου από το σύστημα . Ο μέσος όρος της συγκέντρωσης NH_4 για τα δείγματα στην είσοδο είναι: 44 mg/L, ενώ η αντίστοιχη τιμή στην έξοδο είναι 23,8 mg/L.Το ποσοστό της απομάκρυνσης NH_4 ανέρχεται κατά μέσο όρο στο46 % για το συνολικό διάστημα τον 109 ημερών λειτουργίας.



Διάγραμμα 6: Γραφική απεικόνιση μετρήσεων NH_4

6.7 Μέτρηση BOD5

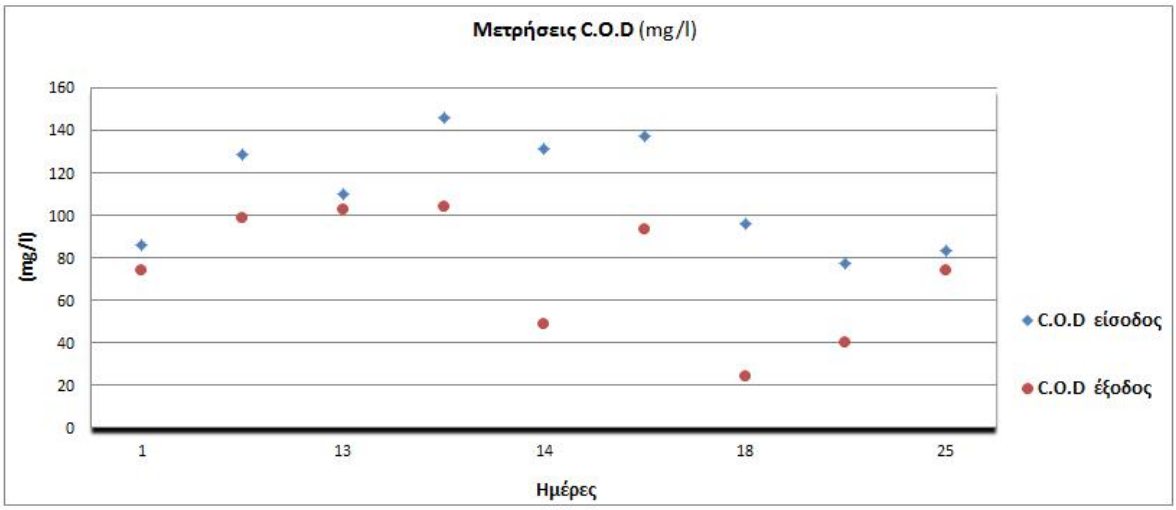
Παρατηρώντας το διάγραμμα 7 βλέπουμε μια αρκέτα αποτελεσματική απομάκρυνση του BOD5 των δειγμάτων του υγροβιότοπου από το σύστημα. Ο μέσος όρος των τιμών BOD5 στην είσοδο του συστήματος είναι: 12,3 8 mg/L και 9 mg/L στην έξοδο του συστήματος, αυτό μας δίνει ένα μέσο ποσοστό απομάκρυνσης που ανέρχεται στο 27%



Διάγραμμα 7:Γραφική απεικόνιση μετρήσεων BOD_5

6.8 Μέτρηση COD

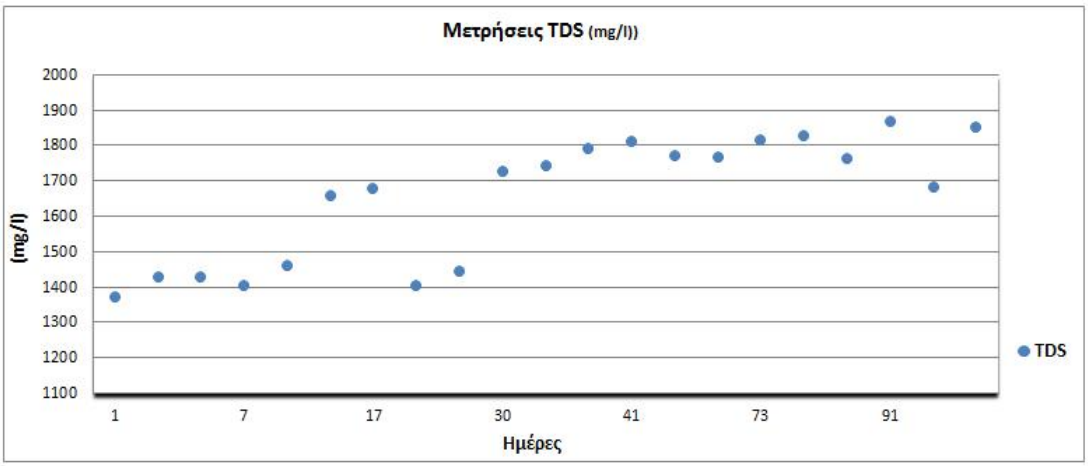
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 8, παρατηρείται μια αποτελεσματική απομάκρυνση του COD των δειγμάτων του υγροβιότοπου από το σύστημα. Ο μέσος όρος των τιμών στην είσοδο του συστήματος είναι: 110,8 mg/L, ενώ στην έξοδο του συστήματος είναι: 73,5 mg/L. Αυτό μας δίνει ένα μέσο ποσοστό απομάκρυνσης της τάξης του 34 %.



Διάγραμμα 8:Γραφική απεικόνιση μετρήσεωνCOD

6.9 Μέτρηση TDS

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα των μετρήσεων των ολικών διαλυτών στερεών.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ευθύμιος Νταρακάς, 2010, Διεργασίες επεξεργασίας υγρώναποβλήτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ΤμήμαΠολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής& ΤεχνικήςΠεριβάλλοντος.

Μιχαήλ Σ. Φουντουλάκης, 2005, Τύχη και επίδραση ξενοβιοτικών ουσιών στην αναερόβια χώνευση υγρών αποβλήτων και ιλύος, ΔιδακτορικήΔιατριβή, ΠανεπιστήμιοΠατρών

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

Τσώνης Στυλιανός, (2004) Επεξεργασία λυμάτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Αγγελάκης Ανδρέας, Υγρα απόβλητα, Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και διάθεση εκροών

ΥΠΕΚΑ, http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=6JHn73G37JA%3D&tabid=247&language=el-GR

http://www.hach-lange.gr