

Επεξεργασία υγρών αποβλήτων εργοστασίου παραγωγής ινοσανίδων (MDF)

Διπλωματική εργασία

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΑΜ:2012050015

ΧΑΝΙΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2019

<<Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης>>

Επεξεργασία υγρών αποβλήτων εργοστασίου παραγωγής ινοσανίδων (MDF)

Διπλωματική εργασία

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΑΜ:2012050015

ΧΑΝΙΑ ,ΙΟΥΛΙΟΣ 2019

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Κ.ΓΚΙΚΑΣ ΠΕΤΡΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Κ.ΚΟΜΝΙΤΣΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Κ.ΒΕΝΙΕΡΗ ΔΑΝΑΗ (ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΙΚΟ ΜΕΛΟΣ)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο τομέα της βιομηχανίας σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η επεξεργασία των υγρών και στερεών αποβλήτων. Σημαντικό ρόλο για την εύρυθμη λειτουργία κάθε βιομηχανίας αποτελεί η εξειδικευμένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων της έτσι ώστε να πληροί τις πολύ υψηλές περιβαλλοντικές προδιαγραφές για ασφαλή διάθεση αυτών των αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα στον τομέα της ξυλοβιομηχανίας η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων αποτελούσε ένα μείζον πρόβλημα για δεκαετίες λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου το οποίο περιλαμβάνεται στα παραγόμενα υγρά απόβλητα. Τα τελευταία χρόνια μέσω κάποιων ειδικών διεργασιών (MBR, DAF) και την εισαγωγή τους στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων κάθε ξυλοβιομηχανίας το πρόβλημα έχει μειωθεί. Ο Βιοαντιδραστήρας Μεμβρανών (Membrane Bio-Reactor, MBR) είναι μια σύγχρονη τεχνολογία που εφαρμόζεται τόσο στην επεξεργασία των αστικών λυμάτων και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων. Η διάταξη των συστημάτων MBR λειτουργεί είτε με μια εμβαπτισμένη μεμβράνη εντός της δεξαμενής αερισμού, είτε με μια μεμβράνη εκτός της δεξαμενής αερισμού με παράπλευρη ροή. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως μικροδιήθησης ή υπερδιήθησης. Στα συστήματα αυτά, λόγω της σταθερής συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου που επικρατεί εντός στη δεξαμενή αερισμού επιτυγχάνονται γενικά υψηλά ποσοστά νιτροποίησης, ενώ για την ολοκληρωμένη απομάκρυνση του αζώτου απαιτείται η χρήση ανοξικού αντιδραστήρα στον οποίο λαμβάνει χώρα απονιτροποίηση. Η τεχνολογία MBR φέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη μέθοδο ενεργού ιλύος και πιο συγκεκριμένα, έχει να κάνει με τη καλύτερη ποιότητα εκροής, τη μείωση του απαιτούμενου χώρου και τη μικρότερη περίσσεια ιλύος κ.ά. Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκαν πειραματικές διαδικασίες με σκοπό την εξάλειψη σε μεγάλο βαθμό του ποσοστού των στερεών (TSS) καθώς και αυτό του ψευδαργύρου που εμπεριέχονται μέσα στα λύματα από ένα εργοστάσιο παραγωγής MDF. Αυτό που παρατηρήθηκε μέσω των πειραμάτων μας είναι πως με τη χρήση ενός ανιονικού πολυμερούς (Κροκιδωτικού) απομακρύνεται το 98% των στερεών και το 97% της συγκέντρωσης του ψευδαργύρου των αρχικών δειγμάτων μας. Ακολούθως πειραματικές διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν και για τη μείωση του οργανικού φορτίου, της αμμωνίας και των νιτρικών με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης λειτουργίας των ΕΕΛ σε ένα

εργοστάσιο παραγωγής MDF (ινোসανίδων μέσης πυκνότητας) ,όπου παρατηρήθηκε ότι για μια περαιτέρω μείωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου υγρού αποβλήτου πριν την είσοδο στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών κρίνεται απαραίτητη η χρήση ενός κροκιδωτικού(FeCl_3) για τη μείωση του COD , TOC ενώ για τη μείωση της αμμωνίας η χρήση του όζοντος κρίνεται απαραίτητη.

ABSTRACT

In the field of industry, the treatment of liquid and solid waste plays an important role. An important role for the smooth operation of each industry is the specialized treatment of its wastewater in order to meet the very high environmental standards for safe disposal of this waste. More specifically in the wood industry the treatment of wastewater has been a major problem for decades because of the high organic load included in the produced wastewater. In recent years through some special processes (MBR, DAF) and their introduction to the wastewater treatment plants of each wood industry the problem has been reduced. The bioreactor membrane (Membrane Bio-Reactor, MBR) is a modern technology that applies both to the treatment of urban wastewater and industrial wastewater. The arrangement of the MBR systems works either with a membrane immersed inside the aeration tank, or with a membrane outside the ventilation tank with a lateral flow. The membranes used are usually microfiltration or ultrafiltration. In these systems, due to the constant concentration of dissolved oxygen prevailing in the aeration tank generally high nitrification percentages are achieved, while for the complete removal of nitrogen is required the use of anoxic reactor in which a denitrification takes place. The MBR technology has significant advantages over the method of active sludge and more specifically, it has to do with the best quality of outflow, the reduction of the required space and the smallest excess sludge etc. in this diploma thesis Experimental procedures were carried out in order to eliminate to a large extent the percentage of solids (TSS) as well as that of zinc contained in the effluent. What was observed through our experiments is that with the use of an anionic Polymer (coagulation) removes 98% of solids and 97% of the zinc concentration of our original specimens. Subsequent experimental procedures were also carried out for the reduction of the organic load of ammonia and nitrates in order to improve the operation performance of the WWTP in an MDF production plant (medium density fiberboard) where it was observed that for a further reduction of the quality characteristics of this liquid waste before entering the bioreactor membrane, the use of a flocculant (FeCl_3) is necessary to reduce COD, TOC while for the reduction of ammonia the use of ozone is deemed necessary.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ .Πέτρο Γκίκα για την αμέριστη συμπαράσταση που μου έδειξε , τη βοήθεια καθώς και την μεγάλη υπομονή που διέθεσε κατά τη διάρκεια της εκπόνηση της.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την μεγάλη αμερικανική βιομηχανία παραγωγής MDF για την πρόσκληση την φιλοξενία της και την πραγματοποίηση του δεύτερου πειράματος στις εγκαταστάσεις της στις Η.Π.Α.

Καταλήγοντας ευχαριστώ την οικογένεια μου από καρδιάς για την απέραντη συμπαράσταση που μου έδειξε κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Περιεχόμενα

1^ο Κεφάλαιο

Περίληψη	σελ.3
Abstract	σελ.5
Ευχαριστίες	σελ.6
Κατάλογος Πινάκων	σελ.10
Κατάλογος Εικόνων	σελ.11
Κατάλογος Διαγραμμάτων	σελ.12
1.1 Εισαγωγή	σελ.13
1.2 Στερεά Απόβλητα	σελ.13
1.3 Υγρά Απόβλητα	σελ.14

2^ο Κεφάλαιο

2.1 Διεργασία παραγωγής MDF	σελ.16
2.2 Ιστορική Αναδρομή	σελ.18
2.3 Συγκολλητικές Ουσίες	σελ.19
2.4 Τεχνολογία Παραγωγής	σελ.21
2.5 Βήματα για την Δημιουργία της MDF	σελ.22
2.6 Παραγωγή υγρών αποβλήτων MDF	σελ.25

3^ο Κεφάλαιο

3.1 Γενικές διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βιομηχανιών	σελ.27
3.2 Εξισορρόπηση Αποβλήτων	σελ.29
3.3 Μέθοδος της επεξεργασίας ιλύος	σελ.30
3.4 Μέθοδος MBR	σελ.31
3.4.1 Σύγκριση της τεχνολογίας MBR με την μέθοδο ενεργού ιλύος	σελ.32
3.4.2 Κατηγορίες μεμβρανών στα συστήματα MBR	σελ.33
3.4.3 Μέγεθος των πόρων	σελ.34

3.4.3.1 Μικροδιήθηση	σελ.34
3.4.3.2 Υπερδιήθηση	σελ.35
3.4.3.3 Νανοδιήθηση	σελ.35
3.4.3.4 Αντίστροφη Όσμωση	σελ.36
3.4 Μέθοδος DAF	σελ.37
3.5 Τα κυριότερα σημεία της διεργασίας DAF	σελ.40
3.5.1 Διατάξεις κροκίδωσης	σελ.40
3.5.2 Κυρίως Δεξαμενή επίπλευσης	σελ.40
3.5.3 Πάχυνση ιλύος	σελ.41
3.6 Δεξαμενή υποδοχής της απομακρυσμένης ιλύος	σελ.42
<u>4^ο Κεφάλαιο</u>	
4.1 Μελέτη βιομηχανίας παραγωγής MDF στις Η.Π.Α	σελ.43
4.2 Περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας	σελ.44
4.3 Περιγραφή των Ε.Ε.Λ	σελ.47
4.3.1 Ε.Ε.Λ πρώτης γραμμής παραγωγής MDF	σελ.47
4.3.2 Ε.Ε.Λ δεύτερης γραμμής παραγωγής MDF	σελ.49
4.4. Μέθοδοι και υλικά	σελ.52
4.4.1. Υλικά και μέθοδοι 1 ^{ης} Πειραματικής διαδικασίας	σελ.52
4.4.2 Υλικά και μέθοδοι 2 ^{ης} Πειραματικής διαδικασίας	σελ.54
4.5 Λήψη δειγμάτων και πειραματικής διαδικασίας	σελ.56
4.5.1. Πείραμα 1 ^ο	σελ.56
4.5.2. Πείραμα 2 ^ο	σελ.62
4.6 Αποτελέσματα και συζήτηση	σελ.65
4.6.1 Αποτελέσματα 1 ^{ου} Πειράματος	σελ.65

4.6.2 Αποτελέσματα 2 ^{ου} Πειράματος	σελ.71
4.7 Συμπεράσματα	σελ.73
4.7.1 Απομάκρυνση Στερεών και μείωση συγκέντρωσης Zn	σελ.73
4.7.2 Μείωση COD,TOC,Nitrate,Ammonia	σελ.73
Βιβλιογραφία	
Ελληνική	σελ.75
Ξένη	σελ.75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- 1. ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 :** Παραγωγή MDF στην Ευρώπη (1999-2003) σε σύγκριση με τα άλλα προϊόντα ξύλου (1000 m^3) (Γρηγορίου 2005) (Σελ 18)
- 2. ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 :** Παραγωγή MDF στη Βόρεια Αμερική (1999-2003) σε σύγκριση με τα άλλα προϊόντα ξύλου (1000 m^3) (Γρηγορίου 2005)(Σελ 18)
- 3. ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 :** Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά εξόδου υγρών αποβλήτων από ένα εργοστάσιο παραγωγής MDF μεσαίας κλίμακας της Βόρειας Αμερικής. Πηγή. Environmental Protection Agency (EPA) (Αμερικανική υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος) (Σελ 26)
- 4. ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 :** Σύγκριση βασικών λειτουργικών παραμέτρων στα συστήματα MBR και ASP (Yoon 2016). (Σελ 33)
- 5. ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 :** Όρια και προϋποθέσεις για τις συγκεντρώσεις που πρέπει να τηρούνται (EPA) (Σελ 43)
- 6. ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:** Ποιοτικά χαρακτηριστικά αρχικών δειγμάτων από ΕΕΛ MDF 1 (Σελ 56)
- 7. ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.:**Ανάλυση χημικών δόσεων και πολυμερών που χρησιμοποιήθηκαν για τη δεξαμενή(5D) (Σελ 59)
- 8. ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4:**Ανάλυση χημικών δόσεων και πολυμερών που χρησιμοποιήθηκαν για τη δεξαμενή (MDF) (Σελ 60)
- 9. ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5:** Αρχική ανάλυση δείγματος (ΕΕΛ MDF 2).(Σελ 62)
- 10. ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6:**Αποτελέσματα καθιζήσεων για το δείγμα 5D δεξαμενής (Σελ 65)
- 11. ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7:** Αποτελέσματα καθιζήσεων για δείγμα MDF δεξαμενής(Σελ 69)
- 12. ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8:** Πειραματικά αποτελέσματα 2^{ης} Πειραματικής διαδικασίας(ΕΕΛ MDF 2) (Σελ 71)

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. **EIKONA 2.1** :Παραγωγή συγκολλητικής ουσίας Ουρίας Φορμαλδεΐδης με συμπύκνωση (Γρηγορίου 2005). (Σελ 19)
2. **EIKONA 2.2**: Συγκολλητική ουσία Ουρίας Μελαμίνης και Φορμαλδεΐδης. (Γρηγορίου 2005) (Σελ 20)
3. **EIKONA 2.3** : Μονομερής (α) και πολυμερής (Β) Ισοκυανικός Εστέρας του Διφαινυλομεθανίου (Γρηγορίου 2005) (Σελ 20)
4. **EIKONA 2.4**: Τυπικό διάγραμμα ροής για ένα εργοστάσιο παραγωγής MDF. Environmental Protection Agency (EPA) (Αμερικανική υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος) (Σελ 24)
5. **EIKONA 3.1** : Διεργασία ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης. (Yoon 2016) (Σελ 31)
6. **EIKONA 3.2** : Βασικές κατηγορίες διήθησης ανάλογα με το μέγεθος πόρων της μεμβράνης. (Yoon 2016) (Σελ 34)
7. **EIKONA 4.1** : Διάγραμμα ροής ΕΕΛ εργοστασίου δεύτερης Γραμμής παραγωγής MDF (**ΕΕΛ MDF 2**) (Σελ 45)
8. **EIKONA 4.2** :Απεικόνιση συλλογής υγρών αποβλήτων πρώτης γραμμής παραγωγής MDF Environmental Protection Agency (EPA) (Αμερικανική υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος) (Σελ 46)
9. **EIKONA 4.3** : Διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ MDF 1(Πηγή:Εταιρεία Η.Π.Α) (Σελ47)
10. **EIKONA 4.4** : Διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ MDF 2(Πηγή:Εταιρεία Η.Π.Α) (Σελ49)
11. **EIKONA 4.5**: Απεικόνιση των επιμέρους τμημάτων της ΕΕΛ MDF 2 της εταιρίας (Σελ 51)
12. **EIKONA 4.6** Αρχικό δείγμα από δεξαμενή 5D(Σελ 67)
13. **EIKONA 4.7** (100G) 500 ppm FeCl_3 , pH στο 9.0, Alum floc 5 ppm), (100H) 500 ppm FeCl_3 , pH στο 9.0, Polyacrylamide 5 ppm(Σελ 67)
14. **EIKONA 4.8** :(2D)(1000 ppm FeCl_3 , Alum floc 1 ppm) (Σελ 67)
15. **EIKONA 4.9**:(1A) (1000 ppm FeCl_3 , pH στο 9.0, Alum floc 5 ppm,) (1B) (1000 ppm FeCl_3 , pH στο 9.0, Polyacrylamide 5 ppm) (Σελ 67)
16. **EIKONA 4.10** :(1C)(1000 ppm pDADMAC, Alum floc) (Σελ 68)
17. **EIKONA 4.11**: (1D) (1000 ppm $\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5$ (Σελ 68)
18. **EIKONA 4.12** :(3E) (750 ppm ACH) (Σελ 68)
19. **EIKONA 4.13** :(3A) (1000 ppm ACH+DADMAC) (Σελ 70)
20. **EIKONA 4.14**: (11198) Αρχικό δείγμα από δεξαμενή MDF(Σελ 70)
21. **EIKONA 4.15**:(3C) (1000 ppm ACH+DADMAC) (Σελ 70)
22. **EIKONA 4.16**:(3D)(1000 ppm FeCl_3 , Alum floc) (Σελ 70)

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- 1. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1** : ΕΕΛ εργοστασίου η οποία συνδυάζει τις διεργασίες υπερδιήθησης και μικροδιήθησης. . Environmental Protection Agency (EPA) (Αμερικανική υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος) (Σελ 30)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε κάθε ξυλοβιομηχανία(MDF, partical board,osb,plywood) η παραγωγή αποβλήτων είναι αναπόφευκτη . Τα απόβλητα από την επεξεργασία ξύλου μπορούν να χωριστούν σε δύο τύπους, δηλαδή τα απόβλητα από την πρωτογενή επεξεργασία ξύλου και τα απόβλητα από τη δευτερογενή επεξεργασία ξύλου.(Λυκίδης 2008) Τα απόβλητα από την πρωτογενή επεξεργασία ξύλου προκύπτουν από βιομηχανίες όπως η βιομηχανία πριονιστηρίων (πριονίδια) ξυλείας , ξυλοβιομηχανίας πανελ και τέλος βιομηχανίας χαρτοπολτού και χαρτιού. Τα απόβλητα από τις ξυλοβιομηχανίες μπορεί να είναι υπό τη μορφή πριονιδίων , σκόνης κτλ. Σε γενικές γραμμές, τα απόβλητα από μια ξυλοβιομηχανία αποτελούν το 57% της βιομηχανίας . Σχεδόν όλες οι διεργασίες μιας ξυλοβιομηχανίας συμβάλλουν στην παραγωγή αποβλήτων με διαφορά στον αριθμό και τα χαρακτηριστικά αυτών . Οι τύποι και οι πηγές αποβλήτων ξυλοβιομηχανίας περιλαμβάνουν:

1.2 Στερεά απόβλητα

Τα στερεά απόβλητα που παράγονται από μια ξυλοβιομηχανία υπάρχουν σχεδόν σε κάθε μηχανή της παραγωγικής μονάδας με αποτέλεσμα η ποσότητα τους να είναι πολύ μεγάλη, φθάνοντας στο 40 % του όγκου των εισερχόμενων κορμών. Τα στερεά απόβλητα των ξυλοβιομηχανιών περιλαμβάνουν πριονίδι, το φλοιό των κορμών, την εναπομείναντα φλούδα, τα εναπομείναντα κομμάτια του κούτσουρου, τα εναπομείναντα κομμάτια του καπλαμά κτλ. Στα στερεά απόβλητα ξυλοβιομηχανίας επικρατούν τα απόβλητα ξύλου κατά κύριο λόγο. Εκτός από τα απόβλητα ξύλου, υπάρχουν και αστικά στερεά απόβλητα, τα οποία είναι τα απόβλητα από τις εργασιακές δραστηριότητες, καθώς μια ξυλοβιομηχανία χρησιμοποιεί γενικά έναν μεγάλο αριθμό ανθρώπινων πόρων. Τα αστικά στερεά απόβλητα έχουν τη μορφή χαρτιού, ιστού και πλαστικού.

Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή στερεών αποβλήτων των ξυλοβιομηχανιών είναι (α). ο αριθμός και η κατάσταση του κορμού που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία , (β). οι μέθοδοι επεξεργασίας και ο αριθμός των αποβλήτων ξύλου που ανακατασκευάζονται για περαιτέρω παραγωγή , (γ). τα μηχανήματα παραγωγής (εξοπλισμός) (δ). Ο αριθμός των εργατών στη βιομηχανία που επηρεάζουν τον αριθμό των αστικών στερεών αποβλήτων.(Wang 2007)

1.3 Υγρά απόβλητα

Τα υγρά απόβλητα στην ξυλοβιομηχανία παράγονται γενικά μόνο από τις διαδικασίες πλύσης των μηχανών της βιομηχανικής μονάδας και γενικότερα όλου του εξοπλισμού παραγωγής. Αυτό κάνει τη σύνθεση των υγρών αποβλήτων να αποτελείται μόνο από νερό και υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή συγκολλητικών ουσιών καθώς και λιγνίνη που πολλές φορές απορρίπτεται.

Η ποιοτική και ποσοτική σύσταση που έχουν τα υγρά απόβλητα εξαρτάται από την πηγή προέλευσής τους. Ως υγρό απόβλητο μπορεί να χαρακτηριστεί το νερό το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί σε ανθρώπινες δραστηριότητες και αποτελείται από ανεπιθύμητα συστατικά, τα οποία συντελούν στο να μην μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν εάν δεν υποστούν κάποια επεξεργασία. Τα ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα όταν συσσωρεύονται και υφίστανται σήψη, η αποσύνθεση της οργανικής τους ύλης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή δύσσομων αερίων καθώς εγκυμονείτε κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία λόγω του ότι εξαπλώνονται παθογόνοι μικροοργανισμοί. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με απώτερο σκοπό την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων συστατικών που συσσωρεύονται και τη διασφάλιση της ποιότητάς τους πριν καταλήξουν στο περιβάλλον κρίνεται απολύτως απαραίτητη (Metcalf and Eddy, 2014).

Πιο συγκεκριμένα, στην συγκεκριμένη διατριβή τα υγρά απόβλητα που παράγονται στην ξυλοβιομηχανία προκύπτουν μόνο από τις διαδικασίες πλύσης των μηχανών της βιομηχανικής μονάδας και γενικότερα όλου του εξοπλισμού παραγωγής. Έχουμε πολλές κατηγορίες υγρών αποβλήτων, αυτές είναι τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα, τα απόβλητα που παράγονται σε διάφορες βιομηχανίες όπως είναι για παράδειγμα μεταλλουργικές, ηλεκτροπαραγωγικές ή κλωστοϋφαντουργικές. Υπάρχουν τα οικιακά υγρά απόβλητα, είναι τα απόβλητα που παράγονται από τις διάφορες ατομικές δραστηριότητες όπως είναι το μπάνιο και τα απόνερα τόσο σε οικιακό όσο και σε ξενοδοχειακό επίπεδο όσο και σε εμπορικό, για παράδειγμα υγρά απόβλητα αεροδρομίων και εμπορικών καταστημάτων. Τέλος, έχουμε τα οικιακά υγρά απόβλητα, όπου σ' αυτή την περίπτωση τα απόβλητα που παράγονται από τις διάφορες ατομικές δραστηριότητες όπως είναι το μπάνιο και τα απόνερα τόσο σε οικιακό και ξενοδοχειακό επίπεδο όσο και σε εμπορικό, για παράδειγμα υγρά απόβλητα αεροδρομίων και εμπορικών καταστημάτων.

Τα υγρά απόβλητα μπορούν να χαρακτηριστούν από τη φυσική, χημική και τη βιολογική τους σύσταση. Πιο συγκεκριμένα, τα φυσικά υγρά απόβλητα τα χαρακτηριστικά και οι παράμετροι που τα περικλείουν είναι η θερμοκρασία, η οσμή, τα Φυσικά Χρώμα που παρουσιάζουν, η πυκνότητα και η ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά. Όσον αφορά τα χημικά υγρά απόβλητα οι παράμετροι που τα καθορίζουν είναι οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, τα οργανικά συστατικά (N και P) Λίπη και έλαια Βαρέα μέταλλα, τα ιχνοστοιχεία, βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών (BOD5), τα χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) και ο Ολικός Οργανικός άνθρακας. Η τελευταία κατηγορία είναι τα βιολογικά τα οποία φέρουν ως

παραμέτρους τα κολοβακτηρίδια ,τα πρωτόζωα , τα βακτήρια ,τους Ιούς και τους μύκητες .

Στο πεδίο μελέτης , που έχουμε επιλέξει τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων από μια ξυλοβιομηχανία αφορούν γενικά την τιμή του pH, του BOD, COD, TSS, της φαινόλης, και της συνολικής αμμωνίας. Το σύστημα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων καθορίζεται από τις παραμέτρους των παραγόμενων υγρών αποβλήτων. Γνωρίζοντας τους τύπους παραμέτρων στα υγρά απόβλητα, μπορούν να οριστούν οι μέθοδοι επεξεργασίας και η επιλογή των τύπων εξοπλισμού που απαιτούνται για την επεξεργασία .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Διεργασία παραγωγής MDF

Οι ινοσανίδες είναι προϊόντα ξύλου με μορφή πλάκας τα οποία παράγονται από ίνες ή συσσωματώματα ινών ξύλου ή άλλων λιγνινοκυτταρινικών πρώτων υλών τα οποία κατά το στάδιο της στρωμάτωσης έχουν υγρασία $<20\%$ και τελική πυκνότητα $\geq 0,450 \text{ g/cm}^3$. ινοσανίδες που ανήκουν στην κατηγορία αυτή και φέρουν το όνομα:

ινοσανίδες Μέσης Πυκνότητας γνωστές ως MDF (Medium Density Fiberboard) παράγονται με την προσθήκη συνθετικής συγκολλητικής ουσίας και συμπίεση σε θερμή πρέσα. Η ινοσανίδα μέσης πυκνότητας ευρωπαϊκής παραγωγής παράγεται σε πάχη 1,5 mm και άνω και πυκνότητα που συνήθως κυμαίνεται σε $\geq 0,600 \text{ g/cm}^3$. Η πυκνότητα όμως δεν αποτελεί κατάλληλο κριτήριο ταξινόμησης ινοσανίδων που παράγονται με ξηρή στρωμάτωση δεδομένου ότι οι υπάρχουσες τεχνολογικές μέθοδοι παραγωγής καθιστούν δυνατή τη διακύμανση της πυκνότητας ανεξάρτητα από το πάχος των πλακών. Έτσι σήμερα με ξηρή στρωμάτωση παράγονται ινοσανίδες για ειδικές χρήσεις χαμηλής πυκνότητας π.χ. $0,150 \text{ g/cm}^3$ (ως μονωτικά υλικά).

Σύμφωνα με το σχετικό πρότυπο της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι ινοσανίδες ανάλογα με το σκοπό και τους χώρους χρήσης ταξινομούνται ως ακολούθως: Ανάλογα με το σκοπό χρήσης :

- Γενικές χρήσεις
- Ως φέροντα στοιχεία σε δομικές κατασκευές.
Ανάλογα με τους χώρους χρήσεις
- Χώροι όπου η υγρασία ισορροπίας της ινοσανίδας αντιστοιχεί σε θερμοκρασία 20°C και σχετική υγρασία 65%
- Χώροι όπου η υγρασία ισορροπίας της ινοσανίδας αντιστοιχεί σε θερμοκρασία 20°C και σχετική υγρασία η οποία μόνο μερικές εβδομάδες του χρόνου υπερβαίνει το 85%
- Χώροι όπου η ινοσανίδα είναι εκτεθειμένη σε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες (επαφή με νερό ή υδρατμό).

Η ινοσανίδα μέσης πυκνότητας είναι ένα προϊόν του οποίου η τεχνολογική ανάπτυξη έγινε στις ΗΠΑ.(Γρηγορίου 2009) Τα μειονεκτήματα της σκληρής

ινοσανίδας (υγρή στρωμάτωση) όπως , η μη λεία επιφάνεια (αποτύπωση δικτυωτού πλέγματος), η μη ικανοποιητική διαστασιακή σταθερότητα, η σχετικά χαμηλή μηχανική αντοχή, το μεγάλο ειδικό βάρος και τα μικρά πάχη σε συνδυασμό με την έλλειψη στην αγορά ενός προϊόντος μεγάλης ομοιογένειας (η μοριοσανίδα δεν ικανοποιούσε αυτή την ιδιότητα) ήταν οι κύριοι λόγοι οι οποίοι οδήγησαν στην ανάπτυξη του νέου προϊόντος . Η μέθοδος της υγρής στρωμάτωσης, η οποία επικρατούσε στη Σκανδιναβία , δεν υιοθετήθηκε στα εργοστάσια παραγωγής ινοσανίδων μέσης πυκνότητας λόγω των υποδεέστερων ιδιοτήτων του παραγομένου με τη μεθοδολογία αυτή προϊόντος (ασυμμετρία προφίλ πυκνότητας στο πάχος της πλάκας, χαμηλή μηχανική αντοχή) αφ' ενός, και αφ' ετέρου των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση και ρύπανση μεγάλων ποσοτήτων νερού.

(Γρηγορίου 2005)Για τους ανωτέρω λόγους υιοθετήθηκε κατά τη παραγωγή της MDF η ξηρή μέθοδος στρωμάτωσης (με μηχανικά μέσα ή αέρα)

Το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής MDF ιδρύθηκε στις ΗΠΑ το 1966 ενώ το πρώτο εργοστάσιο της Ευρώπης στη Γερμανία το 1973 .(Maloney 1977)

Οι κύριες εφαρμογές – χρήσεις της ινοσανίδας μέσης πυκνότητας αφορούν την επιπλοποιία και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων. Στους τομείς αυτούς το προϊόν ανταγωνίζεται επιτυχώς και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων. Στους τομείς αυτούς το προϊόν ανταγωνίζεται επιτυχώς όχι μόνο τα άλλα σύνθετα προϊόντα ξύλου με τη μορφή πλάκας (αντικολλητά, μοριοσανίδες, πηχοπλάκες κ.α) αλλά και το συμπαγές ξύλο (μασίφ). Τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα της MDF σε σύγκριση με τους ανταγωνιστές της είναι : η λεπτή δομή και η ομοιογένεια πυκνότητας και οι απορρέουσες από αυτή δυνατότητες κατ' ευθείαν μηχανικής κατεργασίας με κοπτικά μηχανήματα (φρέζες ψηφιακού ελέγχου τύπου CNC, παντογράφο κτλ.) τόσο των όψεων όσο και κατά την έννοια του πάχους (εγκάρσιας τομής), η κατ' ευθείαν επάλειψη με βερνίκια, η καλή επεξεργασιμότητα των διατομών χωρίς την ανάγκη επικόλλησης ειδικών ταινιών από πλαστικό ή ξύλο. Για τους ανωτέρω λόγους η εξέλιξη του προϊόντος στην παγκόσμια αγορά χαρακτηρίζεται από μια συνεχή και διαρκή αύξηση της παραγωγής (Γρηγορίου 2009).

2.2 Ιστορική Αναδρομή

Το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής MDF ιδρύθηκε στις ΗΠΑ το 1966 ενώ το πρώτο εργοστάσιο της Ευρώπης στη Γερμανία το 1973. Οι κύριες εφαρμογές – χρήσεις της ινοσανίδας μέσης πυκνότητας αφορούν την επιπλοποιία και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων. Στους πίνακες 2.2 και 2.2 παρουσιάζεται η παραγωγή MDF παγκοσμίως.

	1999	2000	2001	2002	2003	2003-1999 (Μεταβολή %)
MDF	7545	8446	9104	10162	10907	+ 44,5
*Σκληρές Ινοπλάκες	2385	2496	2062	2048	1922	- 19,41
Μοριοπλάκες	34810	37896	37079	36638	38068	+ 9,36
Αντικολλητά	4195	4275	4284	4290	4226	+ 0,74
OSB	1123	1585	1658	2258	2543	+ 126,45
Πριστή ξυλεία	104452	110950	107751	109978	112941	+ 8,13

*Παραγωγή με την υγρή μέθοδο

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 : Παραγωγή MDF στην Ευρώπη (1999-2003) σε σύγκριση με τα άλλα προϊόντα ξύλου (1000 m³) (Γρηγορίου 2009)

Στους τομείς αυτούς το προϊόν ανταγωνίζεται επιτυχώς και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων. Στους τομείς αυτούς το προϊόν ανταγωνίζεται επιτυχώς όχι μόνο τα άλλα σύνθετα προϊόντα ξύλου με τη μορφή πλάκας (αντικολλητά, μοριοσανίδες πηχοσανίδες κ.α) αλλά και το συμπαγές ξύλο (μασίφ). (Maloney 1977)

	1999	2000	2001	2002	2003	2003-1999 (Μεταβολή %)
MDF	3618	3768	3842	4135	3928	+ 8,57
*Σκληρές Ινοπλάκες	1361	1379	1153	1047	1469	+ 7,94
Μοριοπλάκες	13132	11773	10340	9955	10013	- 23,75
Αντικολλητά	19779	19515	17745	17783	17353	- 12,27
OSB	17971	19753	19028	20243	20805	+ 15,77
Πριστή ξυλεία	143026	141541	139723	147124	146588	+ 2,49

*Παραγωγή με την υγρή μέθοδο

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 : Παραγωγή MDF στη Βόρεια Αμερική (1999-2003) σε σύγκριση με τα άλλα προϊόντα ξύλου (1000 m³) (Γρηγορίου 2009)

Τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα της MDF σε σύγκριση με τους ανταγωνιστές της είναι : η λεπτή δομή και η ομοιογένεια πυκνότητας και οι απορρέουσες από αυτή δυνατότητες κατ' ευθείαν μηχανικής κατεργασίας με κοπτικά μηχανήματα (φρέζες ψηφιακού ελέγχου τύπου CNC, παντογράφο κτλ.) τόσο των όψεων όσο και κατά την έννοια του πάχους (εγκάρσιας τομής), η κατ' ευθείαν επάλειψη με βερνίκια, η καλή επεξεργασία των διατομών χωρίς την ανάγκη επικόλλησης ειδικών ταινιών από πλαστικό ή ξύλο. Για τους ανωτέρω λόγους η εξέλιξη του προϊόντος στην παγκόσμια αγορά χαρακτηρίζεται από μια συνεχή και διαρκή αύξηση της παραγωγής. (Γρηγορίου 2009)

2.3 Συγκολλητικές ουσίες

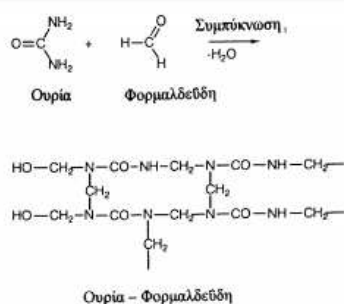
Η κυριότερη συγκολλητική ουσία η οποία χρησιμοποιείται (περίπου 90 % της παγκόσμιας παραγωγής) στην παραγωγή ξυλοπλακών MDF είναι η ουρία – φορμαλδεΰδη (Ο-Φ) και ως υδρόφοβη ουσία η παραφίνη (ΕΙΚΟΝΑ 2.1). Για κατασκευές ανθεκτικές σε υγρές συνθήκες η MDF συγκολλείται συνήθως με τη συγκολλητική ουσία ουρία – μελαμίνη- φορμαλδεΰδη (Ο-Μ-Φ) δηλ. τροποποιημένη ουρία – φορμαλδεΰδη στην οποία η μελαμίνη συμμετέχει σε ποσοστό 30 έως 50% (ΕΙΚΟΝΑ 2.2). Ως σκληρυντής χρησιμοποιείται συνήθως άλας του θειικού αμμωνίου. (Γρηγορίου 2009)

Για τη χρήση σε ειδικές κατασκευές (ανθεκτικότητα σε συνθήκες υψηλής υγρασίας και υψηλή μηχανική αντοχή) ως συγκολλητικές ουσίες χρησιμοποιούνται η φαινόλη – φορμαλδεΰδη (Φ-Φ) και οι πολυισοκυανικοί εστέρες (ΠΙ-Ε) (ΕΙΚΟΝΑ 2.3). Η σχέση κόστους των ανωτέρω συγκολλητικών ουσιών είναι η ακόλουθη: (Ο-Φ): (Φ-Φ): (ΠΙ-Ε)=1:2:4. Ανάλογα με τον τύπο της συγκολλητικής ουσίας τα ποσοστά ανά ξηρή μάζα ινών που χρησιμοποιούνται στην πράξη έχουν ως εξής:

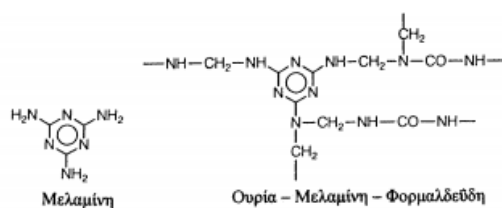
Ουρία – Φορμαλδεΰδη : 8-12 %

Φαινόλη – Φορμαλδεΰδη: 6-8 %

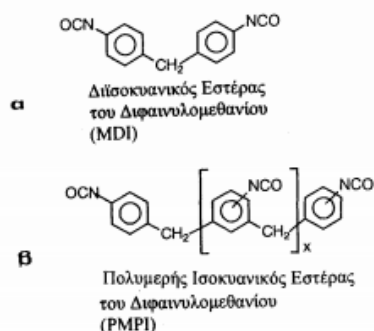
Πολυισοκυανικός εστέρας: 2-6%



ΕΙΚΟΝΑ 2.1 :Παραγωγή συγκολλητικής ουσίας Ουρίας Φορμαλδεΰδης με συμπύκνωση (Γρηγορίου 2009).



ΕΙΚΟΝΑ 2.2: Συγκολλητική ουσία Ουρίας Μελαμίνης και Φορμαλδεΰδης. (Γρηγορίου 2009)



ΕΙΚΟΝΑ 2.3 : Μονομερής (Α) και πολυμερής (Β) Ισοκυανικός Εστέρας του Διφαινυλομεθανίου (Γρηγορίου 2009)

Εκτός των ανωτέρω συγκολλητικών ουσιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι ταννίνες (φαινολικού χαρακτήρα εκχυλίσματος του φλοιού ή του ξύλου ορισμένων δασικών ειδών καταλλήλως τροποποιημένα) στη συγκόλληση της MDF. Επίσης σε ερευνητικό επίπεδο καταβάλλονται προσπάθειες ενεργοποίησης (κατόπιν υδροθερμικού χειρισμού των ινών του ξύλου υπό πίεση) ορισμένων χημικών συστατικών του ξύλου όπως είναι οι ημικυτταρίνες ώστε να δράσουν ως συγκολλητικές ουσίες .

Η παραφίνη προστίθεται σε ρευστή κατάσταση κατά την παραγωγή ινοπολτού στο μηχάνημα αποτριβής ή και ως αιώρημα στη συγκολλητική ουσία (περίπτωση ουρίας – φορμαλδεΰδης) σε ποσοστό 0,3 έως 2% (με βάση το ξηρό βάρος των ινών).

Εκτός της παραφίνης άλλα πρόσθετα που προστίθενται κατά την παραγωγή, όπου κρίνεται απαραίτητο, είναι οι δεσμευτές φορμαλδεϋδης και οι αντιπυρικές και μυκητοκτόνες ουσίες. Ως δεσμευτής φορμαλδεϋδης (μείωση της έκλυσης φορμαλδεϋδης από το τελικό προϊόν) χρησιμοποιείται κυρίως η ουσία η οποία προστίθεται στο διάλυμα της συγκολλητικής ουσίας σε ποσοστό 0,5 έως 5% . Οι αντιπυρικές ουσίες με κύριο εκπρόσωπο το φωσφορικό αμμώνιο προστίθεται σε ποσοστό 10 έως 20% με βάση το ξηρό βάρος των ινών .(Γρηγορίου 2009)

2.4 Τεχνολογία παραγωγής

Η τεχνολογία παραγωγής της MDF με τη ξηρή μέθοδο διαφέρει ως προς την τεχνολογία παραγωγής αντίστοιχης ποιότητας ινοσανίδων της υγρής μεθόδου κυρίως στο ότι στη δεύτερη περίπτωση τόσο κατά την πολτοποίηση του ξύλου (παραγωγή ινόμαζας) όσο και κατά τη στρωμάτωση είναι απαραίτητη η παρουσία νερού.

Η τεχνολογία και τα μηχανήματα παραγωγής των πρώτων εργοστασίων ινοσανίδων μέσης πυκνότητας στηρίχθηκαν αρχικά στην εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη βιομηχανική παραγωγή των μοριοσανίδων. Όμως κατά την αρχική φάση λειτουργίας των εργοστασίων αυτών διαπιστώθηκαν προβλήματα που κύρια οφείλονταν στο ότι οι ίνες των ινοσανίδων είναι ένα εντελώς διαφορετικό υλικό και συνεπώς συμπεριφέρονται διαφορετικά απ' ότι τα ξυλοτεμαχίδια.. Ξυλοτεμαχίδια των μοριοσανίδων : Οι κύριες διαφορές των ινών από τα ξυλοτεμαχίδια είναι, η διαφορετική μορφολογία, οι πολύ μικρότερες διαστάσεις και η μικρότερη φαινομενική πυκνότητά τους. Συγκεκριμένα μεταξύ των προβλημάτων που εμφανίστηκαν στα πρώτα εργοστάσια παραγωγής MDF ήταν ότι συχνά οι αεραγωγοί μεταφοράς των ινών βούλωναν από ίνες με αποτέλεσμα να διακόπτεται η συνεχής παραγωγή του προϊόντος. (Maloney 1977) (Γρηγορίου 2009)

Επίσης δυσκολίες παρουσιάστηκαν κατά τη ξήρανση των ινών και την ομοιόμορφη ανάμιξή τους με τη συγκολλητική ουσία. Ακόμη, νέα προβλήματα αποτελούσαν η σημαντική ρύπανση του αέρα με ίνες όχι μόνο των χώρων παραγωγής αλλά και του εξωτερικού περιβάλλοντος και επιπλέον οι συχνές πυρκαγιές και εκρήξεις στα ξηραντήρια των ινών. Πολύ γρήγορα όμως- γύρω στα μέσα της δεκαετίας του '70 – τα παραπάνω προβλήματα βρήκαν ικανοποιητικές λύσεις και κατά το μεγαλύτερο

μέρος ξεπεράσθηκαν με την ανάπτυξη κατάλληλης τεχνολογίας και μηχανημάτων προσαρμοσμένων στις ιδιομορφίες του νέου προϊόντος κυρίως όσο αφορούσε τις αποφάσεις της ανάμιξης με τη συγκολλητική ουσία, της ξήρανσης και της στρωμάτωσης των ινών (Maloney 1977)(Γρηγορίου 2009).

2.5 Βήματα για την δημιουργία της MDF

Τα γενικά βήματα που ακολουθούνται για την παραγωγή MDF περιλαμβάνουν τη μηχανική πολτοποίηση των ξύλινων τσιπ σε ίνες (διύλισης), την ξήρανση, την ανάμειξη των ινών με ρητίνη καθώς και με κερί (παραφίνη), την επίστρωση των κολλαρισμένων ινών καθώς και τη συνεχή πρέσα υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.

Η πρώτη ύλη για την παραγωγή πάνελ MDF είναι ξύλινα τσιπς τα οποία προέρχονται από τον τεμαχισμό κορμών δέντρου . Τα ξύλινα αυτά τσιπ αν δεν τεμαχίζονται από το ίδιο το εργοστάσιο παραδίδονται συνήθως στις μονάδες παραγωγής (εργοστάσια) από διάφορες άλλες ξυλοβιομηχανίες. Εάν αυτά τα ξύλινα τσιπς τεμαχίζονται επιτόπου, οι κορμοί αποφλοιώνονται, κόβονται σε πιο διαχειρίσιμα μήκη και ύστερα στέλνονται στους θρυμματιστές .

Τα καθαρά πλέον τσιπ μαλακώνουν σε ένα χωνευτήριο υπό την πίεση ατμού, κατόπιν μεταφέρονται σε μια υπό πίεση αίθουσα αποίνωσης. Στο θάλαμο αποίνωσης, υπάρχουν περιστρεφόμενοι δίσκοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την κατάλληλη προετοιμασία των ινών. Από τον αποινωτή, οι ίνες κινούνται προς την ξήρανση και την περιοχή ανάμειξης. Ένα περιστροφικό στεγνωτήριο υπάρχει πιθανότητα να χρησιμοποιηθεί για την αρχική ξήρανση των σχετικά υγρών ινών. Ανεξάρτητα από το αν ένα Προ-στεγνωτήριο χρησιμοποιείται, η κύρια μέθοδος για να επέλθει η επιθυμητή υγρασία στις ίνες είναι η χρήση σωληνών ξήρανσης. Τα συστήματα ξήρανσης σωληνών αποτελούνται είτε από ένα στάδιο η περισσότερα. Τα περισσότερα συστήματα ξήρανσης μέσω σωλήνα ενσωματώνουν δύο στάδια(Maloney 1977) .

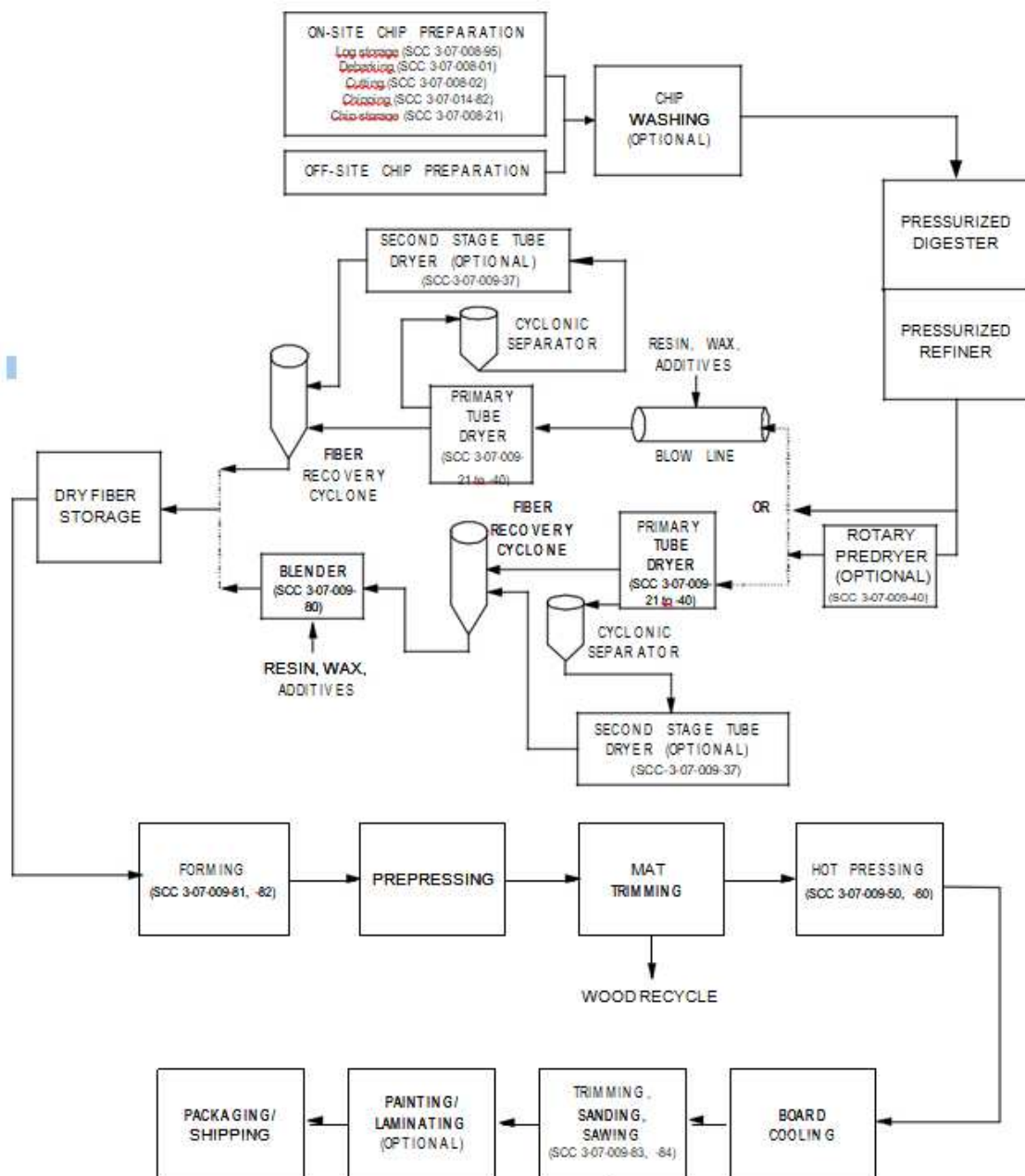
Η ακολουθία των λειτουργιών ξήρανσης και ανάμειξης εξαρτάται από τη μέθοδο με την οποία οι ρητίνες και τα υπόλοιπα πρόσθετα αναμειγνύονται με τις ίνες. Οι ρητίνες ουρίας-φορμαλδεΐδης (UF) είναι οι πιο κοινές ρητίνες που χρησιμοποιούνται

στην κατασκευή MDF. Χρησιμοποιούνται επίσης φαινολικές ρητίνες, ρητίνες μελαμίνης και ισοκυανικά . Μερικές εγκαταστάσεις εγχέουν τις ρητίνες σε ένα μπλέντερ μικρής συγκράτησης, ενώ οι περισσότερες εγκαταστάσεις εγχέουν τα σκευάσματα ρητίνης σε ένα blowline σύστημα. Εάν η ρητίνη προστίθεται σε ένα χωριστό μπλέντερ, οι ίνες ξεραίνονται πρώτα και χωρίζονται από το ρεύμα αερίου μέσω ενός σιλό συγκέντρωσης κολλαρισμένων ινών, κατόπιν μεταφέρεται στο μπλέντερ. Οι ίνες έπειτα αναμειγνύονται με τη ρητίνη, το κερί, και οποιεσδήποτε άλλες πρόσθετες ουσίες και ύστερα μεταβιβάζονται σε ένα ξηρό δοχείο αποθήκευσης ινών.

Εάν ένα σύστημα blowline χρησιμοποιείται, οι ίνες αναμειγνύονται πρώτα με τη ρητίνη, το κερί, και άλλες πρόσθετες ουσίες σε ένα blowline, το οποίο είναι ένας αγωγός που εκφορτίζει τις κολλαρισμένες ίνες στο στεγνωτήρα. Μετά τη ξήρανση, οι ίνες χωρίζονται από το ρεύμα αερίου από τον κυκλώνα αποκατάστασης ινών και ύστερα μεταφέρονται σε ένα ξηρό δοχείο αποθήκευσης ινών

Ο αέρας (gas flow) μεταβιβάζει τις κολλαρισμένες ίνες από το ξηρό δοχείο αποθήκευσης στη μηχανή διαμόρφωσης πάνελ, όπου κατατίθενται σε ένα συνεχές σύστημα . Το σχηματιζόμενο ματ πρέπει να είναι προ-πιεσμένο πριν να εισέλθει στη συνεχή πρέσα μεταβαλλόμενης θερμοκρασίας και πίεσης. Μετά την προ-πίεση γίνεται μια αναδιαμόρφωση του σχήματος έτσι ώστε οι περισσεύοντες ίνες που δε διαμορφώθηκαν σωστά να ανακυκλώνονται στη μηχανή διαμόρφωσης και να μη χάνονται.

Τα προ-πιεσμένα και διαμορφωμένα πλέον πάνελ μεταφέρονται στη συνεχή καυτή πρέσα. Η συνεχής πρέσα εφαρμόζει τη θερμότητα και την πίεση για να ενεργοποιήσει τη ρητίνη και να συνδέσει τις ίνες σε μια ενιαία σανίδα. Μετά την έξοδο από την πρέσα, τα πάνελ ψύχονται , ραφινάρονται, καθαρίζονται, και κόβονται στις τελικές επιθυμητές διαστάσεις . Οι σανίδες μπορεί επίσης είτε να βαφούν είτε να πλαστικοποιηθούν με laminate. Κατόπιν, το τελικό προϊόν συσκευάζεται για αποστολή. Στην εικόνα 2.4 παρουσιάζεται ένα τυπικό διάγραμμα ροής παραγωγής MDF.



ΕΙΚΟΝΑ 2.4: Τυπικό διάγραμμα ροής για ένα εργοστάσιο παραγωγής MDF.
Environmental Protection Agency (EPA) (Αμερικανική υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος)

2.6 Παραγωγή υγρών αποβλήτων MDF

Όπως προαναφέρθηκε, τα υγρά απόβλητα στην ξυλοβιομηχανία παράγονται γενικά μόνο από τις διαδικασίες πλύσης των μηχανών της βιομηχανικής μονάδας και γενικότερα του εξοπλισμού παραγωγής. Ειδικότερα σε ένα εργοστάσιο παραγωγής MDF ο εξοπλισμός από τον οποίο συλλέγουμε τα υγρά απόβλητα είναι συγκεκριμένοι, κύριες πηγές παραγωγής των υγρών αποβλήτων προκύπτουν από τις πλύσεις των παρακάτω σταθμών ενός εργοστασίου:

- Έκπλυση τεμαχισμένων τσιπς (chip washing)
- Χωνευτήριο τσιπ υπό πίεση ατμού (Pressurized Digester)
- Θάλαμος από-ίνωσης (Pressurized Refiner)
- Περιστροφικό Στεγνώτήριο (Rotary Predryer)
- Σύστημα ξήρανσης σωληνώσεων (Primary and secondary stage Tube dryer)
- Σιλό συγκέντρωσης κολλαρισμένων Ινών (Fiber recovery cyclone)

Η πλύση των παραπάνω σταθμών αποτελούν την κύρια πηγή παραγωγής των υγρών αποβλήτων, ενώ στην παραγωγή υγρών αποβλήτων επίσης συμβάλλουν σε ένα πολύ μικρό βαθμό και αστικά υγρά απόβλητα που δημιουργούνται από τους ανθρώπινους πόρους κάθε εργοστασίου. Η έκλυση αυτού του είδους των σταθμών, καθιστά τα υγρά απόβλητα ενός εργοστασίου MDF να έχουν ιδιαίτερα υψηλό οργανικό φορτίο. Αυτό προκύπτει εξαιτίας των λιγνοκυτταρινούχων ινών που υπάρχουν μέσα στο ξύλο. Έτσι λοιπόν κατά τη διάρκεια της έκπλυσης των τσιπς, της χώνευσης τους καθώς και του στεγνώματος τους οι ενώσεις αυτές εισέρχονται στο νερό έκπλυσης. Το υψηλό οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων ενός εργοστασίου MDF καθιστά ιδιαίτερα απαιτητική την επεξεργασία του. Παρακάτω στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται κάποια γενικά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά ενός εργοστασίου MDF. Οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές διότι μπορούν να μεταβάλλονται (σε μικρή κλίμακα) ανάλογα με το είδος του ξύλου που χρησιμοποιείται, τη θερμοκρασία καθώς και άλλους εξωτερικούς παράγοντες.

MDF(m ³ /d)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS	PH	Zn(mg/l)
380	31.000	11.000	7.000	5	1.7

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 : Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά εξόδου υγρών αποβλήτων από ένα εργοστάσιο παραγωγής MDF μεσαίας κλίμακας της Βόρειας Αμερικής.
Πηγή. Environmental Protection Agency (EPA) (Αμερικανική υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Γενικές διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βιομηχανιών

Η επεξεργασία των αποβλήτων αποβλέπει στην απομάκρυνση, την εξουδετέρωση ή την κατάλληλη τροποποίηση των επιβλαβών χαρακτηριστικών τους έτσι ώστε να εξαιρεθούν ή ακόμη και να ελαττωθούν σε αποδεκτό επίπεδο οι δυσμενείς για τον τελικό αποδέκτη συνέπειες. Κάθε επεξεργασία υγρών αποβλήτων πρέπει να εξετάζεται μεμονωμένα και συνήθως δεν εφαρμόζονται ταυτόχρονα όλα τα στάδια που αναφέρονται παρακάτω, ωστόσο ο καταλληλότερος συνδυασμός, είναι η επιλογή η οποία προκύπτει μετά από την εκτίμηση της ποιότητας αλλά και της ποσότητας των αποβλήτων καθώς και των επιθυμητών χρήσεων του αποδέκτη (Metcalf and Eddy, 2014).

Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα εξής:

- Προεπεξεργασία
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία
- Δευτεροβάθμια επεξεργασία
- Τριτοβάθμια επεξεργασία
- Απολύμανση
- Διάθεση

Οι τεχνολογίες διαχείρισης των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: στις χημικές, στις φυσικές και στις βιολογικές μεθόδους.

- Οι χημικές διεργασίες περιλαμβάνουν την χημική κατακρήμνιση, την χημική οξείδωση ή αναγωγή, τον σχηματισμό αδιάλυτου αερίου που ακολουθείται από την διοχέτευση αέρα στο υδροφόρο στρώμα (air stripping) και άλλες χημικές αντιδράσεις που σχετίζονται με την ανταλλαγή ή την κατανομή των ηλεκτρονίων μεταξύ των ατόμων.
- Στις φυσικές διεργασίες συγκαταλέγονται η καθίζηση, η επίπλευση, η διήθηση, η προσρόφηση και άλλες διαδικασίες, οι οποίες επιτυγχάνουν την απομάκρυνση διαλυμένων και μη διαλυμένων ουσιών, χωρίς απαραίτητα να προκαλούν αλλαγές στις χημικές δομές τους.

-
- Ως βιολογικές διεργασίες ορίζονται εκείνες που περιλαμβάνουν ζωντανούς οργανισμούς, οι οποίοι χρησιμοποιούν οργανικές –ή σε ορισμένες περιπτώσεις και ανόργανες– ουσίες ως τροφή. Έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν με τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται όταν το έδαφος, το νερό, ο αέρας και τα φυτά αλληλεπιδρούν. Τέτοιες διεργασίες είναι το φιλτράρισμα, η καθίζηση και η μεταφορά αερίων.

Οι γραμμές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι δύο . Η πρώτη αφορά την επεξεργασία των αποβλήτων , δηλαδή την απομάκρυνση ουσιών , επιβλαβών κυρίως για τον τελικό αποδέκτη , από την υγρή μάζα των αποβλήτων και η δεύτερη αφορά την επεξεργασία επιβλαβών ουσιών που απομακρύνθηκαν στην πρώτη γραμμή και στην τελική διάθεση τους στο περιβάλλον . Όλα τα στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων , εκτός από το στάδιο της απολύμανσης παράγουν στερεά τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν από τη μονάδα . Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται εκτενέστερα τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων . (Metcalf and Eddy, 2014).

Η εξέλιξη της τεχνολογίας σε συνδυασμό με τη βιομηχανική εντατικοποίηση τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν ως συνέπεια, εκτός από τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων, την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων υγρών αποβλήτων, τα οποία συμβάλουν σημαντικά στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η απόρριψη τους δε στους υδάτινους αποδέκτες, συντελεί στην υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, στην αχρήστευση πηγών νερού και στη διάδοση ασθενειών. Τα κράτη, αντιλαμβανόμενα την κρισιμότητα της κατάστασης και στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης, έχουν επικεντρώσει την περιβαλλοντική πολιτική τους στην προσπάθεια μείωσης, επεξεργασίας, ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων. Η διαχείριση (συλλογή, επεξεργασία, διάθεση) των υγρών αποβλήτων γίνεται μέσω των μονάδων επεξεργασίας. Οι συγκεκριμένες μονάδες έχουν σκοπό τον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων από τα επιβλαβή συστατικά που περιέχουν, ώστε να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον. (Metcalf and Eddy, 2014).

Όσον αφορά τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα ο στόχος είναι να απομακρυνθούν ή να ελαττωθούν οι συγκεντρώσεις συγκεκριμένων οργανικών αλλά και ανόργανων ενώσεων. Μερικές ενώσεις που βρίσκονται στα βιομηχανικά υγρά απόβλητα είναι τοξικές για τους μικροοργανισμούς , είναι επιτακτική η ανάγκη για μια ειδική προεπεξεργασία πριν από τη διάθεση τους σε ένα σύστημα συλλογής αστικών λυμάτων. Πιο συγκεκριμένα , η βιοαποικοδόμηση της οργανικής ύλης η οποία υπάρχει στα υγρά απόβλητα επιτυγχάνεται με τη χρήση μικροοργανισμών όπως είναι τα βακτήρια .

Οι μικροοργανισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούνται συντελούν και στην απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Ειδικά βακτήρια οξειδώνουν την αμμωνία σε αρχικό στάδιο σε νιτρώδη και σε επόμενο στάδιο σε νιτρικά ιόντα και συγκεκριμένα μέσω της νιτροποίησης, ενώ άλλα βακτήρια ανάγουν τα νιτρικά ιόντα σε οξείδια του αζώτου και αέριο άζωτο μέσω της απονιτροποίησης. Όσον αφορά την απομάκρυνση του φωσφόρου οι βιολογικές διεργασίες διαμορφώνονται έτσι ώστε να ευνοήσουν την ανάπτυξη των βακτηρίων, τα οποία απορροφούν και αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες ανόργανου φωσφόρου. Χωρίς την απομάκρυνση της βιομάζας από το επεξεργασμένο υγρό η μόνη επεξεργασία που επιτυγχάνεται είναι η βακτηριακή οξείδωση ενός μέρους μόνο της αρχικής οργανικής ύλης (Metcalf and Eddy, 2014).

3.2 Εξισορρόπηση Αποβλήτων

Ανάμεσα στις πιο αποτελεσματικές διαδικασίες διαχείρισης αποβλήτων συγκαταλέγεται η εξισορρόπηση του ρεύματός τους. Η εξισορρόπηση αυτή είναι δύο ειδών: εξισορρόπηση της ροής και εξισορρόπηση της συγκέντρωσης των συστατικών των αποβλήτων. Η πρώτη αναφέρεται στη ρύθμιση των μεταβολών της παροχής των αποβλήτων καθ' όλη την διάρκεια των κύκλων επεξεργασίας και καθαρισμού και την σταθεροποίησή της σε έναν συγκεκριμένο ρυθμό, σχεδόν ίσο με τον μέσο ρυθμό παροχής της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Η δεύτερη αναφέρεται στην συγκέντρωση που έχουν οι ρύποι στο ρεύμα των αποβλήτων. Κατά την διάρκεια μιας ημέρας (24 ώρες), οι συγκεντρώσεις που έχουν τα συστατικά σε ένα ρεύμα βιομηχανικών αποβλήτων συνήθως μεταβάλλονται σε ευρείες κλίμακες, καθώς οι διαδικασίες ξεκινούν, λειτουργούν, τελειώνουν και απορρυπαίνουν. Τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων που έχουν σχεδιαστεί για συγκεκριμένες κλίμακες συγκέντρωσης ρύπων συνήθως δεν λειτουργούν ορθώς όταν τα εν λόγω ρυπογόνα συστατικά βρίσκονται σε συγκεντρώσεις σημαντικά διαφορετικές από τις αρχικές τιμές μελέτης. (Wang 2007)

Η εξισορρόπηση μπορεί να είναι είτε online είτε off-line. Στην online εξισορρόπηση ροής, τα λύματα ρέουν σε μία δεξαμενή εξισορρόπησης και από εκεί με ρυθμιζόμενη, σταθερή ροή καταλήγουν στην μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων η καταλήγουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Θεμελιώδεις απαιτήσεις για την δεξαμενή είναι να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μην υπερχειλίζει ποτέ και να περιέχει πάντα

αρκετά απόβλητα ώστε να μην είναι ποτέ άδεια προς αποφυγήν πρόκλησης διακοπής της ροής στην μονάδα καθαρισμού.

3.3 Μέθοδος της ενεργούς ιλύος

Οι περισσότερες διεργασίες της αιωρούμενης βιομάζας δρουν παρουσία διαλυμένου οξυγόνου με αερόβιες διεργασίες ή νιτρικών ή νιτρωδών ιόντων με ανοξικές διεργασίες. Σε Μερικές εφαρμογές χρησιμοποιούν αναερόβιους αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας οι οποίες χαρακτηρίζονται ως αναερόβιες διεργασίες, όπως γίνεται για παράδειγμα σε βιομηχανικά υγρά απόβλητα με υψηλή συγκέντρωση οργανικών ουσιών και ιλύος. Η πιο κοινή διεργασία αιωρούμενης βιομάζας που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία αστικών λυμάτων είναι η μέθοδος της ενεργού ιλύος (Activated Sludge Process, ASP). Η ονομασία του προέρχεται από την παραγωγή μιας "ενεργής" μάζας μικροοργανισμών ικανών να σταθεροποιούν ένα απόβλητο κάτω από αερόβιες συνθήκες.

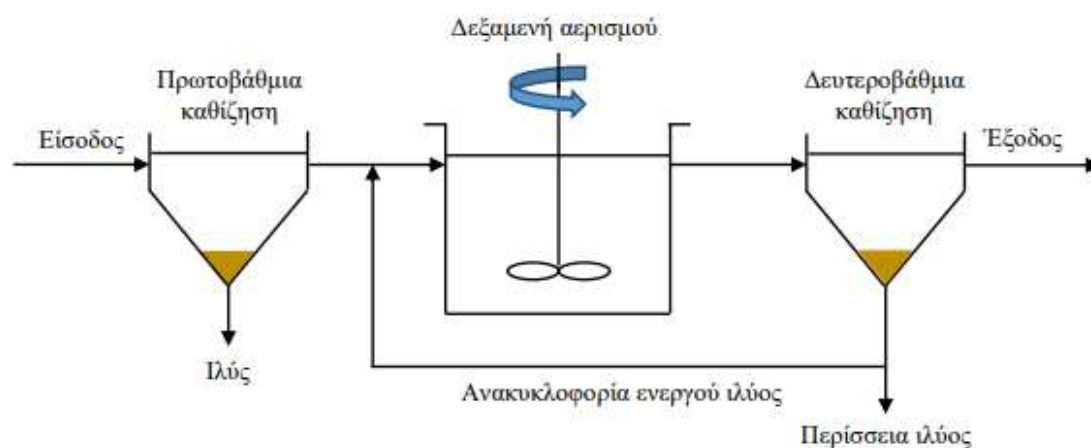
Η μέθοδος της ενεργού ιλύος αποτελείται από τρεις δομικές μονάδες (Εικόνα 3.1):

- Ένα βιοαντιδραστήρα (ή δεξαμενή αερισμού) μέσα στον οποίο διατηρούνται σε αιώρηση και αερίζονται οι μικροοργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τη βιοαποικοδόμηση της οργανικής ύλης
- Μια δεξαμενή καθίζησης όπου γίνεται ο διαχωρισμός του επεξεργασμένου αποβλήτου από τη βιομάζα.
- Ένα σύστημα ανακυκλοφορίας για την επιστροφή της βιομάζας που διαχωρίζεται στην καθίζηση προς το βιοαντιδραστήρα. Στο βιοαντιδραστήρα παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος για την αποικοδόμηση των αποβλήτων από τους μικροοργανισμούς, οι οποίοι αναφέρονται γενικά ως αιωρούμενα στερεά μικτού υγρού (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS).

Για την ανάμιξη και μεταφορά του οξυγόνου χρησιμοποιείται ένας μηχανικός εξοπλισμός. Το μικτό υγρό στη συνέχεια οδηγείται σε μια δεξαμενή καθίζησης όπου εκεί τα στερεά καθιζάνουν και υφίστανται πάχυνση. Η βιομάζα που καθιζάνει

επιστρέφει πίσω στη δεξαμενή αερισμού προκειμένου να συνεχιστεί η βιοαποικοδόμηση του οργανικού υλικού της εισροής. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της διεργασίας της ενεργού ιλύος είναι ο σχηματισμός βιοκροκίδων στην ιλύ, μεγέθους περίπου 50-200 mm, τα οποία βέβαια απομακρύνονται με ευκολία με την καθίζηση με αποτέλεσμα να προκύπτει μια σχετικά καθαρή και διαυγής επεξεργασμένη εκροή. Στις περισσότερες περιπτώσεις η μέθοδος της ενεργού ιλύος

χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες φυσικές ή χημικές διεργασίες που εφαρμόζονται κατά την προ-επεξεργασία, την 1^η πρωτοβάθμια και την προχωρημένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων (Metcalf and Eddy, 2014).



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 : Διεργασία ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης. (Yoon 2016)

3.4 Μέθοδος MBR (Membrane bioreactor)

Η τεχνολογία βιοαντιδραστήρα μεμβράνης (MBR), είναι μια διαδικασία η οποία συνδυάζει τη διαδικασία βιολογικής ενεργής ιλύος και τη διήθηση μεμβρανών, έχει γίνει αρκετά δημοφιλής και αποδεκτή τα τελευταία χρόνια για την επεξεργασία πολλών τύπων λυμάτων όπως για παράδειγμα υγρών αποβλήτων MDF .

Η διαδικασία MBR μπορεί να λειτουργήσει με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με το συγκεκριμένο υγρό απόβλητο που πρέπει να επεξεργαστεί . Οι ανοξικές ζώνες πριν ή μετά την αερόβια επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για απονιτροποίηση, ανάλογα με τις ανάγκες των νερών καθώς και του επιθυμητού ολικού αζώτου στο απόβλητο. Οι αναερόβιες ζώνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθεί αυξημένη απομάκρυνση του βιολογικού φωσφόρου σε οποιαδήποτε από τις πιθανές διαμορφώσεις του. (Yoon 2016)

3.4.1 Σύγκριση της τεχνολογίας MBR με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος - αρχή λειτουργίας

Η μέθοδος της ενεργού ιλύος αποτελεί μια απλή και σχετικά οικονομική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, ωστόσο παρουσιάζει περιορισμούς οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω .

- Η δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης αν και απομακρύνει σχετικά εύκολα τα ογκώδη βιολογικά συσσωματώματα της ενεργού ιλύος, δεν μπορεί να απομακρύνει τα μικρά αιωρούμενα σωματίδια και κολλοειδή συστατικά με αποτέλεσμα να μην εξασφαλίζεται υψηλή ποιότητα εκροής
- Η λειτουργία του συστήματος σε χαμηλές συγκεντρώσεις βιομάζας, ώστε να είναι δυνατή επίτευξη υψηλών ρυθμών καθίζησης, επιβάλλει τη χρησιμοποίηση δεξαμενών καθίζησης που είναι μεγάλες σε όγκο.
- Η απόδοση που έχουν οι βιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στη δεξαμενή αερισμού και εξαρτάται από τις λειτουργικές συνθήκες που επικρατούν στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Οι παραπάνω περιορισμοί μπορούν να εξαλειφτούν με τη χρήση της τεχνολογίας του Βιοαντιδραστήρα Μεμβρανών (Membrane Bio-Reactor, MBR) η οποία εφαρμόζεται περισσότερο τα τελευταία χρόνια, τόσο στην επεξεργασία αστικών λυμάτων και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, όσο και σε εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Πρόκειται για μια τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιεί μια μέθοδο διαχωρισμού τη διήθηση και όχι την καθίζηση, όπως γίνεται και στην περίπτωση των συστημάτων ενεργού ιλύος. Η βιολογική επεξεργασία των αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών υγρών αποβλήτων πραγματοποιείται στο βιοαντιδραστήρα και στη συνέχεια μέσω του μικτού υγρού διηθείται ώστε να γίνει ο διαχωρισμός του διαυγασμένου υγρού από την ιλύ (Yoon 2016) (Metcalf and Eddy, 2014).

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η τεχνολογία MBR συγκριτικά με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος είναι τα εξής:

- Υψηλή ποιότητα εκροής, η οποία είναι απαλλαγμένη από την παρουσία αιωρούμενων στερεών καθώς και κολλοειδών σωματιδίων λόγω της πλήρους κατακράτησής που γίνεται από τη μεμβράνη.
- Μειώνεται ο απαιτούμενος χώρος λόγω της δυνατότητας λειτουργίας του συστήματος σε υψηλές συγκεντρώσεις βιομάζας.
- Η λειτουργία δεν επηρεάζεται από προβλήματα που σχετίζονται με την καθιζησησιμότητα της ιλύος.

- Μικρότερη παραγωγή περίσσειας ιλύος λόγω των μεγαλύτερων χρόνων παραμονής στερεών που μπορούν να εφαρμοστούν.
- Χαμηλότερο κόστος απολύμανσης της εκροής με χρήση χημικών αντιδραστηρίων λόγω της ικανότητας της μεμβράνης να συγκρατεί τους παθογόνους μικροοργανισμούς (Yoon 2016) (Judd, 2011).

Ωστόσο, η τεχνολογία MBR παρουσιάζει προς το παρόν δύο σημαντικά μειονεκτήματα:

- Υψηλότερο πάγιο και ενεργειακό κόστος
- Έμφραξη των μεμβρανών που επιβαρύνει το λειτουργικό κόστος συνολικά. (Πίνακας 3.1)

Παράμετρος σχεδιασμού	Μονάδα μέτρησης	MBR	ASP
F/M	g COD/g MLSS/d	0,08-0,24	0,32-0,48
	g BOD ₅ /g MLSS/d	0,04-0,12	0,16-0,24
	g COD/g MLVSS/d	0,1-0,3	0,4-0,6
	g BOD ₅ /g MLVSS/d	0,05-0,15	0,2-0,3
F/V ή OLR	g COD/L/d	1,0-3,0	1,2-1,8
	g BOD ₅ /L/d	0,5-1,5	0,6-0,9
MLSS	g/L	8-12	2-4
MLVSS	g/L	6-10	1,7-3,4
SRT	d	10-30	5-10
SOUR	mg O ₂ /g MLVSS/h	2-5	6-12
OUR	mg O ₂ /L/h	15-60	20-40
DO	mg/L	1-2	1-2

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 : Σύγκριση βασικών λειτουργικών παραμέτρων στα συστήματα MBR και ASP (Yoon 2016).

3.4.2 Κατηγορίες μεμβρανών στα συστήματα MBR

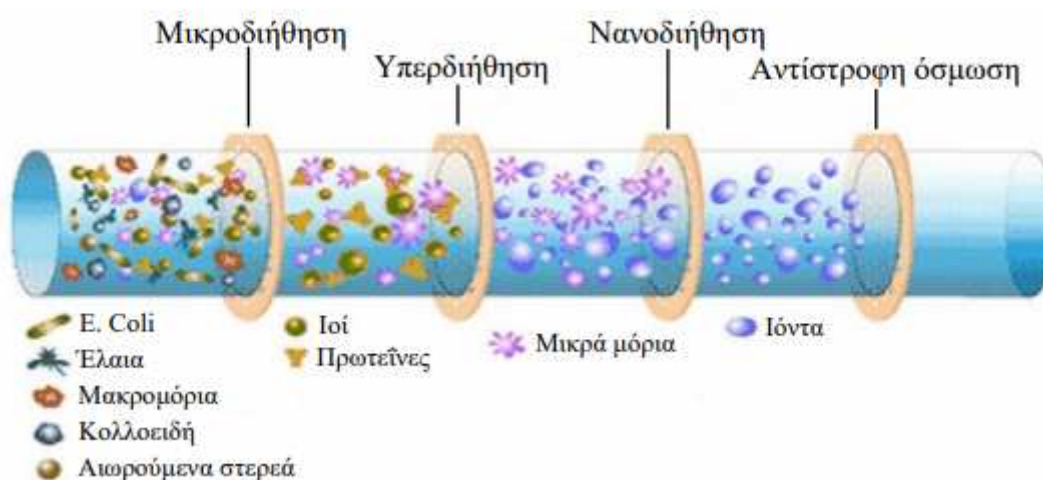
Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται συνήθως στα συστήματα MBR κατηγοριοποιούνται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- το μέγεθος πόρων
- το υλικό κατασκευής
- τη γεωμετρική διαμόρφωση.

(Yoon, 2016).

3.4.3 Το μέγεθος των πόρων

Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να αποτελέσει αυτοτελή εγκατάσταση επεξεργασίας με προσθήκη προεπεξεργασίας ή ακόμα μπορεί να συμπληρώσει υφιστάμενες εγκαταστάσεις για τριτοβάθμια επεξεργασία. Οι βασικές αρχές που ακολουθούνται και στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων MDF μέσω MBR είναι οι εξής όπως φαίνονται στην εικόνα 3.2:



ΕΙΚΟΝΑ 3.2 : Βασικές κατηγορίες διήθησης ανάλογα με το μέγεθος πόρων της μεμβράνης. (Yoon 2016)

3.4.3.1 Μικροδιήθηση

Μικροδιήθηση (microfiltration, MF) είναι η διήθηση που πραγματοποιείται μέσω μιας μεμβράνης με ονομαστικό μέγεθος πόρων μεταξύ 0,1-1 μm . Εφαρμόζεται κυρίως για να διαχωριστούν αιωρούμενα στερεά καθώς και για την κατακράτηση των βακτηρίων και των γαλακτωμάτων. Πρόκειται, δηλαδή για μια διεργασία η οποία έχει χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις δεδομένου ότι λειτουργεί σε χαμηλές πιέσεις (< 2 bar).

Οι μεμβράνες μικροδιήθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προδιήθηση για την παράταση της ζωής των μεμβρανών μικρότερου πορώδους (νανοδιήθηση, αντίστροφη όσμωση) ή για την τελική διήθηση ανάλογα με το μέγεθος των διαχωριζόμενων ενώσεων. (Yoon 2016)

3.4.3.2 Υπερδιήθηση

Υπερδιήθηση (Ultrafiltration, UF) είναι μια φυσικοχημική διαδικασία επεξεργασίας διαχωρισμού αρκετά μικρών σωματιδίων και διαλυμένων μορίων μεγάλου μοριακού βάρους από υγρά απόβλητα. Η υπερδιήθηση αποτελεί μέθοδο διαχωρισμού μόνο των μορίων τα οποία διαφέρουν κατά το μέγεθός τους κατά τουλάχιστον μια τάξη μεγέθους. Μόρια με παρόμοιο μέγεθος δεν μπορούν να διαχωριστούν μέσω υπερδιήθησης. Κατά την υπερδιήθηση τα περατά συστατικά ενός υδατικού διαλύματος διέρχονται διαμέσου της μεμβράνης, ενώ τα μη περατά συστατικά παραμένουν στην πλευρά της μεμβράνης με υψηλή πίεση. Μη περατά συστατικά είναι ουσίες με υψηλό μοριακό βάρος ή κολλοειδή σωματίδια. Περαιτά συστατικά είναι το νερό και χαμηλού μοριακού βάρους ενώσεις. Η υπερδιήθηση έχει εφαρμογή για την απομάκρυνση ουσιών με μοριακό βάρος από 500 έως 300 000. Για μικρότερο βάρος ή κυρίως χρησιμοποιούμενη διεργασία μεμβρανών είναι η αντίστροφη όσμωση.

Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι η κατακράτηση ουσιών από τις μεμβράνες δεν εξαρτάται αποκλειστικά από το μέγεθος των πόρων, αλλά και από άλλους παράγοντες όπως το σχήμα των ουσιών και το βαθμό της έμφραξης της μεμβράνης (Yoon 2016). Ιδιαίτερα ο βαθμός έμφραξης είναι καθοριστικό στοιχείο καθώς η συσσώρευση σωματιδίων μειώνει το σημείο αποκοπής.

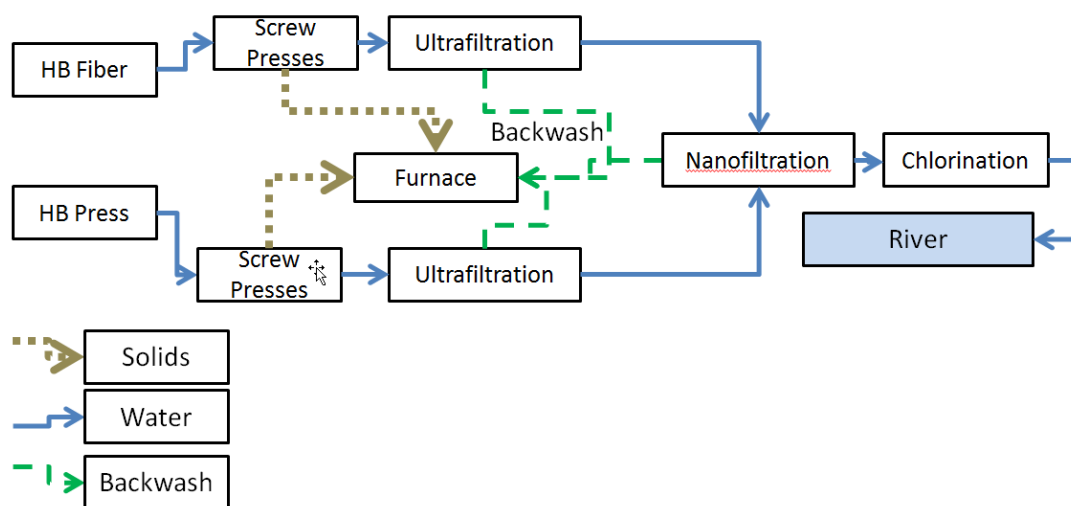
3.4.3.3 Νανοδιήθηση

Οι μεμβράνες νανοδιήθησης επιτρέπουν την απομάκρυνση πολυσθενών αλλά και δισθενών ιόντων σε υψηλό ποσοστό περίπου από 70% έως 99% , ενώ η αποδοτικότητά τους όσον αφορά την απομάκρυνση μονοσθενών ιόντων και οργανικών ενώσεων μικρού μοριακού βάρους είναι αρκετά χαμηλότερη με ποσοστά από 30% έως 80 % . Η χρήση τους προτιμάται κυρίως σε περιπτώσεις όπου η παρουσία μονοσθενών ιόντων στο διήθημα δεν είναι απαγορευτική, όπως συμβαίνει για παράδειγμα κατά την ανακύκλωση νερού σε πύργους ψύξης ή κατά την επεξεργασία επιφανειακών ή υπόγειων νερών με σκοπό την παραγωγή πόσιμου ύδατος .

Η πίεση λειτουργίας των μεμβρανών νανοδιήθησης κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 6-35 bar. Σχετικά , με τα μονοσθενή ιόντα και το χαμηλό μοριακό βάρος διέρχονται ενώσεις στο διήθημα ενώ αντίθετα μεγαλύτερες ενώσεις απορρίπτονται.

3.4.3.4 Αντίστροφη Όσμωση

Όταν 2 διαλύματα που έχουν 2 διαφορετικές συγκεντρώσεις διαλυμένων ουσιών διαχωρίζονται με μια ημιπερατή μεμβράνη, υπάρχει μια διαφορά χημικού δυναμικού διαμέσου της μεμβράνης. Το νερό θα τείνει να διαχυθεί μέσω της μεμβράνης από την πλευρά της χαμηλότερης συγκέντρωσης (υψηλότερο δυναμικό) προς την πλευρά της υψηλότερης συγκέντρωσης (χαμηλότερο δυναμικό). Σε ένα σύστημα με πεπερασμένο όγκο, η ροή συνεχίζεται μέχρι η διαφορά πίεσης να εξισώσει τη διαφορά των χημικών δυναμικών. Αυτή η διαφορά πίεσης ονομάζεται και οσμωτική πίεση και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της διαλυμένης ουσίας τη συγκέντρωση καθώς και τη θερμοκρασία. Αν σε μια μεμβράνη ασκηθεί μια πίεση αντίθετης διεύθυνσης μεγαλύτερη από την οσμωτική, θα πραγματοποιηθεί ροή από την πιο συμπυκνωμένη προς τη λιγότερο συμπυκνωμένη περιοχή φαινόμενο που ονομάζεται αντίστροφη όσμωση. (Metcalf and Eddy, 2014)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1 : ΕΕΛ εργοστασίου η οποία συνδυάζει τις διεργασίες υπερδιήθησης και μικροδιήθησης. . Environmental Protection Agency (EPA) (Αμερικανική υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος)

3.4 Μέθοδος DAF (DISSOLVED AIR FLOTATION)

Η μονάδα επίπλευσης με διαλυμένο αέρα (DAF) χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των υδρογονανθράκων που βρίσκονται σε μορφή γαλακτώματος και των αιωρούμενων στερεών των αποβλήτων . Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με τη ρύθμιση του PH, την προσθήκη κροκιδωτικών για τη δημιουργία συσσωμάτων και επίπλευση αυτών με την βοήθεια διαλυμένου αέρα .

Η βασική τεχνολογία της DAF είναι κροκίδωση-συσσωμάτωση η οποία είναι από τις σημαντικότερες φυσικοχημικές διεργασίες που βρίσκουν ευρύτατη εφαρμογή στην επεξεργασία τόσο του νερού όσο και των υγρών αποβλήτων καθώς και άλλες παραγωγικές διαδικασίες. Σύμφωνα με τον Bratby 2006 η λειτουργία της κροκίδωσης είναι να υπερνικηθούν οι παράγοντες που συνιστούν τη σταθερότητα των σωματιδίων. Η κροκίδωση (flocculation) είναι ο σχηματισμός αρχικά των μικρο-κροκίδων, από τα προηγούμενα αποσταθεροποιημένα κολλοειδή, οι οποίες στη συνέχεια σχηματίζουν με συσσωμάτωση μεγαλύτερου μεγέθους κροκίδες, που επομένως, μπορούν να διαχωριστούν στη συνέχεια ευκολότερα με την εφαρμογή της διεργασίας της καθίζησης (με βαρύτητα). Η εισαγωγή ενός ειδικού αντιδραστηρίου, γνωστού σαν βοηθητικό κροκίδωσης (flocculant ή flocculant aid), έχει βρεθεί ότι μπορεί επίσης να βελτιώσει σε σημαντικό βαθμό το σχηματισμό των κροκίδων. Πρέπει να τονιστεί ακόμη, ότι όλοι οι επιμέρους μηχανισμοί μπορούν να λάβουν χώρα ταυτόχρονα, αλλά σε μία διαφορετική έκταση και πιθανόν με διαφορετικούς ρυθμούς αντίδρασης. Επίσης ότι είναι δυνατό να συμβούν αλλαγές από τον ένα μηχανισμό στον άλλο, εφόσον αυτό επιτρέπεται από τη χημική κατάσταση του συστήματος. Η καθίζηση είναι διεργασία που σχεδόν πάντα εφαρμόζεται τόσο στις εγκαταστάσεις καθαρισμού του πόσιμου νερού, όσο και σε εκείνες των υγρών αποβλήτων. Με την καθίζηση απομακρύνονται από το πόσιμο νερό τα αιωρούμενα στερεά γαιώδους προέλευσης, όπως τεμαχίδια αργίλου, τα ιζήματα που δημιουργούνται από την προσθήκη κροκιδωτικών, όπως το θειικό αργίλιο και ο θειικός σίδηρος και από την αποσκλήρυνση με τη χρήση υδρασβέστου. Η καθίζηση εφαρμόζεται όταν τα αιωρούμενα στερεά έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο του νερού. Επειδή η ταχύτητα καθίζησης είναι μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερα είναι τα στερεά, στις περισσότερες περιπτώσεις καθαρισμού του νερού εφαρμόζεται κροκίδωση και συσσωμάτωση για την αύξηση του μεγέθους των στερεών πριν τη δεξαμενή καθίζησης (Dobias 2005)

Διάφορες σύγχρονες τεχνικές επίπλευσης έχουν αναπτυχθεί από πολλούς μηχανικούς σε όλο τον κόσμο κι έχουν αναδειχθεί σε σημαντικές περιβαλλοντικές τεχνολογίες που συμβάλλουν καθοριστικά στην απορρύπανση των υπόγειων υδάτων, στην επεξεργασία και των βιομηχανικών λυμάτων αλλά και των οικιακών αποβλήτων και στον αποτελεσματικό καθαρισμό του νερού. Αυτό το κεφάλαιο μελετά τις τεχνολογίες Επίπλευσης Διαλυμένου Οξυγόνου (DAF) .

Ένα τυπικό μηχάνημα DAF βασίζεται στον κορεσμό (α) μέρους ή ολόκληρης της εισερχόμενης ύλης ή (β) ενός τμήματος των ανακυκλωμένων αποβλήτων, με αέρα σε

πίεση 25-70 lb/in² (1,70-4,76 atm). Η πίεση που φτάνει τις 6 atm έχει επίσης αποβεί λειτουργική για ορισμένους μηχανικούς εργοστασίων. Η συμπιεσμένη ύλη διατηρείται σε δοχείο πίεσης με τις προαναφερθείσες συνθήκες για 0,2-3 λεπτά και στη συνέχεια, απελευθερώνεται στον θάλαμο επίπλευσης, όπου επικρατούν συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης. Η απότομη μείωση της πίεσης οδηγεί στην απελευθέρωση μικροφυσαλίδων, οι οποίες οξειδώνουν τον διαλυτό σίδηρο σχηματίζοντας αδιάλυτο σίδηρο και προσκολλώνται στις πτητικές οργανικές ενώσεις (ΠΟΕ), στις επιφανειοδραστικές ουσίες, στο πετρέλαιο και στα σωματίδια που βρίσκονται στο εισερχόμενο στον θάλαμο επίπλευσης νερό. Αυτές οι παραγόμενες μικροφυσαλίδες αέρος προκαλούν συσσώρευση, διοχέτευση αέρα στο υδροφόρο στρώμα (air stripping). Οι ΠΟΕ απομακρύνονται λόγω του air stripping και καταλήγουν σε έναν προσροφητή κοκκώδους ενεργού άνθρακα (GAC) προς καθαρισμό, ενώ τα επιπλέοντα υλικά (επιφανειοδραστικά, TSS) ανέρχονται στην επιφάνεια με κατακόρυφους ρυθμούς ανόδου –περίπου 0,5-2 ft/λεπτό (15-61 cm/λεπτό), σχηματίζοντας μια πλωτή επένδυση. Η ανύψωση της τελευταίας αποσκοπεί στην απομάκρυνσή της μέσω ειδικά σχεδιασμένων τεχνητών μέσων (πχ. μηχανημάτων απόξεσης και αποξένωσης). Κατόπιν, το διαυγές απόβλητο που είναι σχεδόν πλήρως απαλλαγμένο από αιωρούμενα στερεά και έλαια εκκενώνεται κοντά στον πυθμένα του θαλάμου επίπλευσης. (Wang 2007)

Ο χρόνος κατακράτησης και παραμονής στους θαλάμους επίπλευσης ήταν συνήθως 20-60 λεπτά, αλλά καινοτόμες λύσεις έχουν οδηγήσει στην μείωσή της συνολικής διάρκειας σε μόλις 3-15 λεπτά. Η αποτελεσματικότητα της DAF εξαρτάται από την επιτυχία της οξείδωσης του αέρα και της προσκόλλησης των φυσαλίδων στα έλαια, στα πτητικά οργανικά συστατικά, στα επιφανειοδραστικά και στα λοιπά σωματίδια, τα οποία πρόκειται να απομακρυνθούν από το εισερχόμενο υγρό.

Φαινόμενα επίπλευσης μπορούν να συμβούν με τουλάχιστον τρεις τρόπους: (α) οι φυσαλίδες αέρος προσκολλώνται στα αδιάλυτα στερεά με ηλεκτρική έλξη, (β) οι φυσαλίδες αέρος παγιδεύονται φυσικά στην αρχική ή κροκιδώδη δομή των αδιάλυτων στερεών και (γ) οι φυσαλίδες αέρος προσκολλώνται χημικά στην αρχική ή κροκιδώδη δομή των αδιάλυτων στερεών. Η έλξη μεταξύ της φυσαλίδας αέρος και των στερεών προσμείξεων θεωρείται ότι είναι κυρίως αποτέλεσμα των ηλεκτρικών φορτίων της επιφάνειας των σωματιδίων και της κατανομής του μεγέθους των φυσαλίδων. Το βάθος της μονάδας επίπλευσης εξαρτάται από την ομοιόμορφη κατανομή τόσο του νερού όσο και των μικροφυσαλίδων. (Wang 2007)

Κατά γενική ομολογία, το βάθος των αποτελεσματικότερων μονάδων επίπλευσης κυμαίνεται από 3 έως 9 ft (90-270cm). Οι μονάδες αυτές μπορούν να είναι στρογγυλές, τετράγωνες ή ορθογώνιες. Πέρα από αέρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλου είδους αέρια. Ενδεικτικά, η βιομηχανία πετρελαίου έχει χρησιμοποιήσει άζωτο, με κλειστά δοχεία, ώστε να αποκλεισθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η πιθανότητα φωτιάς. Το όζον μπορεί επίσης να τροφοδοτηθεί μέσω του αέρα για αποτελεσματικότερη μείωση του διαλυτού σιδήρου, των ΠΟΕ, κ.ά. (Wang 2007).

Έχουν αναπτυχθεί αρκετοί διαυγαστήρες επίπλευσης υψηλής ταχύτητας (τόσο Διήθησης Διαλυμένου Αέρα όσο και Επίπλευσης με Διασκορπισμένο Αέρα) για την απορρύπανση υπογείων υδάτων, την επεξεργασία βιομηχανικών λυμάτων, την ανάκτηση πόρων και την αποκατάσταση των υδάτων, οι οποίοι έχουν χρόνο κράτησης μικρότερο των 15 λεπτών. Και οι αδιάλυτες αλλά και οι διαλυτές ακαθαρσίες όπως ΠΟΕ, ενεργός λάσπη, ίνες, έλαια και γράσα (O & G), γαλακτωματοποιημένα έλαια, λιγνίνη, πρωτεΐνη, χουμικό οξύ, τανίνη, άλγη, βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), ιόντα σιδήρου, ιόντα μαγνησίου, διοξείδιο τιτανίου, φωσφορικά άλατα, βαρέα μέταλλα κτλ μπορούν να διαχωριστούν από το επιζητούμενο υγρό.

Για την επίπλευση διαλυμένων ρύπων, απαιτείται η προσθήκη βοηθημάτων/επιπλέον μέσων επίπλευσης στους διαυγαστήρες. Τα ανωτέρω προϊόντα περιλαμβάνουν το θειικό αργίλιο, το χλωριούχο σίδηρο, το οργανικό πολυμερές, το πολυχλωριούχο αργίλιο, χλωριούχο ασβέστιο, υδροξείδιο του ασβεστίου, , ενεργός άνθρακας σε σκόνη (PAC), αργλικό νάτριο, επιφανειοδραστικά και χημικές ουσίες ρύθμισης του pH. Στη συνέχεια αναλύονται πιο διεξοδικά τα κυριότερα σημεία μιας διεργασίας DAF. (Wang 2005)

3.5 Τα κυριότερα σημεία της διεργασίας DAF

3.5.1 Διατάξεις κροκίδωσης

Οι κροκιδώσεις εκτελούνται σε δύο δεξαμενές που διαθέτουν αναδευτήρες. Η πρώτη δεξαμενή με το πολύστροφο αναδευτήρα χρησιμοποιείται για την περικινητική κροκίδωση όπου τα στερεά δημιουργούν μικρού μεγέθους συσσωματώσεις με την βοήθεια ειδικών χημικών προσθέτων (κροκιδωτικών). Η δεύτερη δεξαμενή χρησιμοποιείται ώστε με αργή ανάδευση και την προσθήκη διαφορετικών χημικών υλών οι συσσωματώσεις να διογκωθούν. Ο νέος σχηματισμός των συσσωματώσεων είναι εύκολα ορατός. Οι υπολογισμοί του μεγέθους των δεξαμενών κροκίδωσης ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής, της ταχύτητας περιστροφής των αναδευτήρων καθώς του είδους και της ποσότητας των χημικών προσθέτων εξαρτώνται από την ποιότητα και την προέλευση των προς επεξεργασία υγρών αποβλήτων και το επιθυμητό μέγεθος διόγκωσης .(koutsoukos-athanasios.gr)

3.5.2 Κυρίως δεξαμενή επίπλευσης (FLOTATION TANK)

Εντός της δεξαμενής εισρεεί συγκεκριμένη ποσότητα νερού πίεσης 5atm. Στο νερό ανακύκλωσης έχει διαχυθεί ορισμένη ποσότητα αέρα σε ειδική συσκευή ανάμειξης νερού-αέρος υπό πίεση. Το τμήμα εισόδου της παροχής ανακυκλοφορίας είναι ένας θάλαμος με λειτουργικό σκοπό, αφενός μεν να φέρει σε επαφή το προς επεξεργασία νερό με την παροχή που περιέχει τον αέρα, αφετέρου δε να οδηγήσει σε ομαλή ανάμιξη και μεταφορά της κινητικής ενέργειας. Είναι σημαντικό το ύψος της εισαγωγής από το τμήμα θρόμβωσης στο τμήμα τροφοδοσίας της δεξαμενής επίπλευσης για να εξασφαλίζεται η σταθερότητα στην επεξεργασία(koutsoukos-athanasios.gr)

Ο μηχανισμός της επίπλευσης ακολουθώντας το νόμο του Stokes εξαναγκάζει τους κροκιδωμένους σχηματισμούς να αναδυθούν. Η διεργασία είναι ταχύτατη και ο χρόνος άφιξης στην επιφάνεια είναι περίπου ίσος με 20 min. Το μέγεθος των φυσαλίδων είναι μικρότερο των 80μm. Οι δημιουργούμενες επιφανειακές τάσεις στο σύστημα υγρού-αερίου- στερεών καθορίζουν την ταχύτητα ανόδου των στερεών.(Wang 2005)

Οι φυσαλίδες αέρος διοχετεύονται διαμέσου ειδικών κεφαλών διασποράς (διαχυτήρες) και η καλή λειτουργία της επίπλευσης διαπιστώνεται από το χρώμα του

γαλακτώματος που σχηματίζει ο αέρας στο νερό. Η σχηματιζόμενη επιπλέουσα στοιβάδα στην επιφάνεια της δεξαμενής από την επιπλέουσα λάσπη απομακρύνεται με την βοήθεια περιστρεφόμενου ξέστρου με κατάλληλη ρύθμιση του βάθους εμβάπτισης στη μάζα της ιλύος .(koutsoukos-athanasios.gr)

3.5.3 Πάχυνση ιλύος

Όταν η επιπλέουσα ιλύ δεν είναι πυκνή και εύκολα διασκορπίζεται, δε συμπιέζεται το κύριο ρεύμα εισόδου, παρά ένα μέρος από τα απόβλητα που εκρέουν από τη μονάδα επίπλευσης, τα οποία ανακυκλώνονται, συμπιέζονται με αέρα και αναμιγνύονται με το κύριο ρεύμα λυμάτων πριν τη δεξαμενή επίπλευσης στο σημείο εκτόνωσης. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων και για πάχυνση της ιλύος .(Wang 2007)

3.6 Δεξαμενή υποδοχής της απομακρυσμένης ιλύος

Η επιπλέον στοιβάδα που σχηματίζεται από την αναδυόμενη λάσπη απομακρύνεται από την επιφάνεια της δεξαμενής με την βοήθεια του ξέστρου.. Στην περίπτωση της κυκλικής γεωμετρίας η λάσπη οδηγείται εκτός της δεξαμενής με την βοήθεια ακτινικών καναλιών. Σε περίπτωση δεξαμενής ορθογωνικής γεωμετρίας η λάσπη αποβάλλεται άμεσα από την πλευρά του αγωγού εισόδου. Η πυκνότητα της απομακρυνόμενης λάσπης είναι στο ελάχιστο 4%. Σε περιπτώσεις χρήσης της επίπλευσης με την πάχυνση ιλύος η πυκνότητα ανέρχεται σε 7%.(Wang 2007) (koutsoukos-athanasios.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Μελέτη βιομηχανίας παραγωγής MDF στις Η.Π.Α.

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα μελετηθεί η περίπτωση μιας βιομηχανίας παραγωγής MDF η οποία βρίσκεται στις Η.Π.Α. Η συγκεκριμένη εταιρία αυτή διαθέτει δύο μεγάλες γραμμές παραγωγής MDF και εξαιτίας του αυστηρού νομικού πλαισίου των Η.Π.Α περιέχει εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που προκύπτουν από τις δύο αυτές μεγάλες γραμμές παραγωγής. Δεδομένου του υψηλού οργανικού φορτίου που περιέχεται στα υγρά απόβλητα ενός εργοστασίου παραγωγής MDF απαιτείται μια πολύ καλή επεξεργασία. Η διεργασία που χρησιμοποιείται για τη μεγαλύτερη δυνατή μείωση της συγκέντρωσης του οργανικού αυτού φορτίου στις ΕΕΛ είναι η DAF (DISSOLVED AIR FLOTATION).

Ο κύριος στόχος που έχει θέσει η εταιρία για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων ήταν αρχικά η απευθείας διάθεση τους στον υδροφόρο ορίζοντα αμέσως μετά την επεξεργασία τους. Για το λόγο αυτό είχε δοκιμαστεί πιλοτικά μια επεξεργασία μέσω ενός συστήματος MBR (Membrane bioreactor). Τα αποτελέσματα αυτά του πιλοτικού συστήματος έδειξαν ότι τα υγρά απόβλητα ήταν επεξεργάσιμα σε πολύ μεγάλο βαθμό, ένα μεγάλο ποσοστό αζώτου (recalcitrant nitrogen) παρέμενε στο απόβλητο το οποίο ήταν αρκετά υψηλότερο από τα επιτρεπτά όρια. Για το λόγο αυτό η εταιρία απευθύνθηκε στη δημόσια Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) για τη διάθεση των μερικώς επεξεργασμένων αποβλήτων. Η ΕΕΛ αυτή δέχτηκε να λάβει το σύνολο των υγρών αποβλήτων του εργοστασίου παραγωγής MDF, υπό την προϋπόθεση ότι θα πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις όσον αφορά τη συγκέντρωση των TSS καθώς και τη συγκέντρωση ιόντων ψευδαργύρου (Zn). Εάν οι συγκεντρώσεις των πιο πάνω μετρηθούν πάνω από τα επίπεδα που συμφωνήθηκαν, τότε θα επιβάλλονται πρόστιμα, όπως αυτά αναφέρονται στον Πίνακα 4.1.

Παράμετροι	Όρια	Πρόστιμα
TSS (mg/l)	< 200	\$220 / 1,000 lb
Zn (mg/l)	< 1.24	\$380 / 1,000 lb

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 : Όρια και προϋποθέσεις για τις συγκεντρώσεις που πρέπει να τηρούνται (EPA)

Ένα ιδιαίτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η ΕΕΛ της πρώτης γραμμής παραγωγής MDF (ΕΕΛ MDF 1) είναι τα επίπεδα του ψευδαργύρου τα οποία είναι υψηλά με

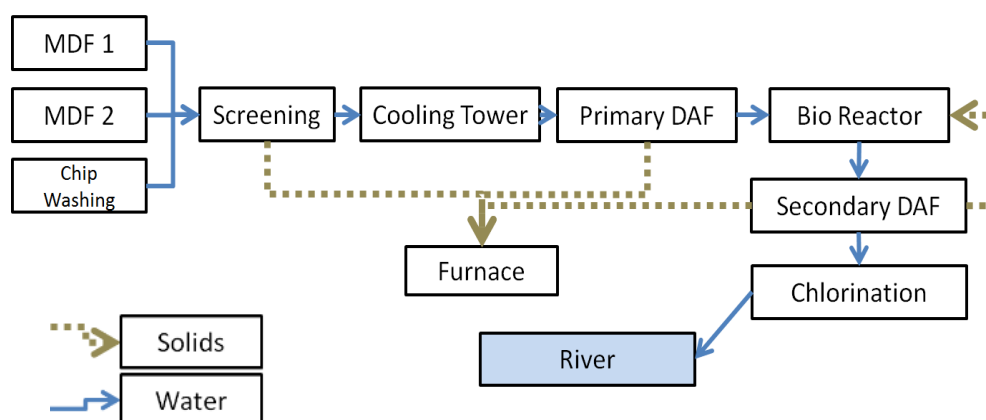
αποτέλεσμα να καθίσταται επιτακτική η ανάγκη να επεξεργαστούν ώστε να βρεθούν εντός των επιτρεπτών ορίων. Κατόπιν , δειγματοληψίας λάβαμε δείγματα των ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών από τις γραμμές MDF έτσι ώστε να διεξάγουμε πειράματα που αφορούν τη μείωση του επιπέδου του ψευδαργύρου για να εμπίπτει στα σχετικά όρια. Ο κύριος στόχος του πρώτου πειράματος είναι , όπως αναφέρθηκε η μείωση της συγκέντρωσης των TSS ενώ ταυτόχρονα και η μείωση της συγκέντρωσης των ιόντων ψευδαργύρου .Υψίστης σημασίας είναι ο καθορισμός της ποσότητας και της συγκέντρωσης του πολυμερούς (κροκιδωτικού)το οποίο είναι αναγκαίο έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος του πρώτου πειράματος.

Το δεύτερο πείραμα το οποίο πραγματοποιήθηκε , αφορά τη δεύτερη γραμμή παραγωγής MDF η οποία βρίσκεται σε διαφορετικό σημείο και διαθέτει τη δική της ανεξάρτητη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων(ΕΕΛ MDF 2) . Σε αυτή την περίπτωση η εταιρία έχει καταφέρει μέσω της εγκατάστασης να διαθέτει απευθείας τα υγρά απόβλητά της στον υδροφόρο ορίζοντα. Για το λόγο αυτό η συγκεκριμένη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων διαθέτει δύο μονάδες DAF και έναν αεριζόμενο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών έτσι ώστε να επιτύχει τα επιθυμητά επίπεδα για την απευθείας διάθεση των υγρών αποβλήτων στον υδροφόρο ορίζοντα . Το πείραμά μας αυτό έχει ως στόχο την επεξεργασία του εισερχόμενου στον αεριζόμενο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών υγρού αποβλήτου έτσι ώστε να βρεθεί μια αξιόπιστη λύση για την περεταίρω μείωση του οργανικού φορτίου COD TOC της αμμωνίας αλλά και των νιτρικών με κύριο στόχο τη βελτίωση της απόδοσης του βιοαντιδραστήρα..Στα επόμενα υποκεφάλαια θα αναφερθούμε στη διαδικασία παραγωγής υγρών αποβλήτων από αυτήν την εταιρεία καθώς και στην παρουσίαση των 2 Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας των λυμάτων που διαθέτει η εταιρεία στις 2 γραμμές παραγωγής MDF (ΕΕΛ MDF 1 και ΕΕΛ MDF 2)

4.2 Περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας των υγρών αποβλήτων MDF

Η εταιρία όπως έχει σημειωθεί διαθέτει 2 γραμμές παραγωγής MDF : Η μία λειτουργεί με μία συνεχή πρέσα τύπου Siempelkamp (2002) ενώ η δεύτερη με μία

πρέσα τύπου multi-opening Washington Iron Works press (1988). Οι κύριες πηγές λυμάτων που παράγονται στις MDF εγκαταστάσεις είναι νερά ξεπλύματος από τα διυλιστήρια ραφινάρισματος την εκτόνωση και την υγροποίηση από το συνεχές σύστημα εξαγωγής ατμού των πρεσών, τα συστήματα καθαρισμού και ξεπλύματος των μηχανημάτων ρητίνης καθώς και το νερό πλύσης των τσιπ. Οι 2 γραμμές συνδυαστικά παράγουν περίπου 1515 m³/d υγρά απόβλητα.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1 : Διάγραμμα ροής ΕΕΛ εργοστασίου δεύτερης Γραμμής παραγωγής MDF (ΕΕΛ MDF 2)

Σύμφωνα με την Εκόνα 4.1, που αφορά τη δεύτερη γραμμή παραγωγής MDF έχουμε τρεις παροχές που καταλήγουν στην ΕΕΛ MDF 2 . Πιο αναλυτικά έχουμε 2 παροχές υγρών αποβλήτων MDF και την παροχή chip washing που αφορά την αρχική πλύση των τσιπ πριν μετατραπούν σε ίνες . Όσον αφορά , την Α γραμμή παραγωγής (MDF) οι κύριες πηγές παραγωγής υγρών αποβλήτων είναι ίδιες σε ένα μεγάλο βαθμό με την Β γραμμή με ειδοποιό διαφορά ότι στη γραμμή Α στα υγρά απόβλητα προστίθεται ένα πολύ μικρό ποσοστό αναλογικά με την παραγωγή υγρών αποβλήτων MDF το οποίο αφορά λύματα τα οποία προέρχονται από μια γραμμή παραγωγής μοριοσανίδων και προστίθενται στο ρεύμα υγρών αποβλήτων της γραμμής MDF. Παρακάτω παρατίθεται μια απεικόνιση της συλλογής των υγρών αποβλήτων της πρώτης γραμμής παραγωγής MDF (Εικόνα 4.2) Στην εικόνα αυτή βλέπουμε τις κυριότερες διεργασίες στις οποίες παράγονται υγρά απόβλητα.

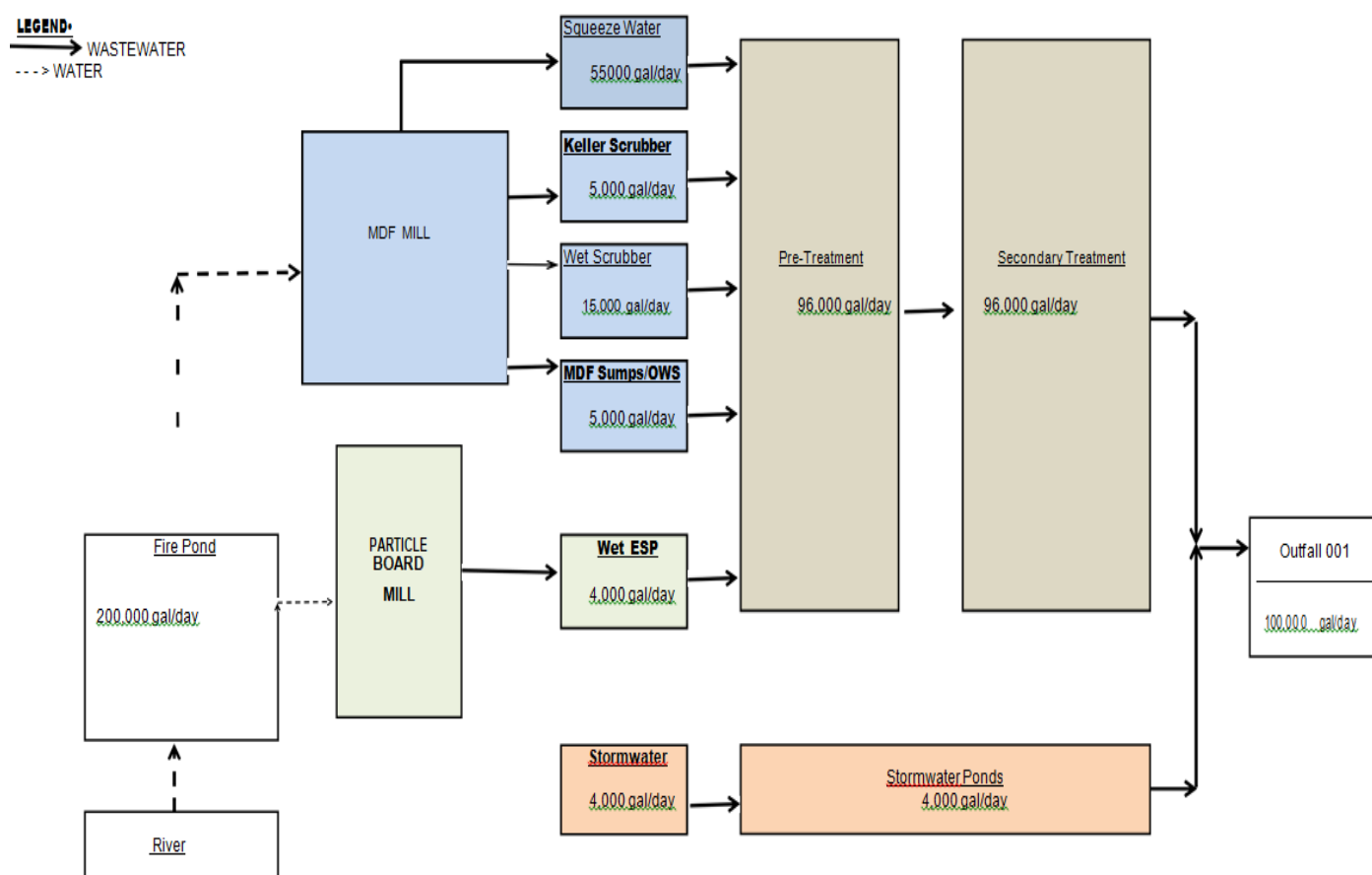
MDF:

- Squeeze Water (Ξέπλυμα μηχανημάτων, συμπιεσμένα υγρά) 209 m³/d
- Keller Scrubber (Ξέπλυμα ραφινάρισματος) 19 m³/d
- Wet Scrubber (Ξέπλυμα συστήματος υγροποίησης ατμών) 57 m³/d

- MDF Sumps (Ξέπλυμα αποινωτή) 19 m³/d (Σύνολο παροχής :304 m³/d)

Particle Board (Μοριοσανίδες)

- WET ESP (Ξέπλυμα από τη μονάδα ESP (**electrostatic precipitator**) 15 m³/d
Σύνολο παροχής υγρών αποβλήτων συμπεριλαμβανομένων και των μοριοσανίδων 319 m³/d)



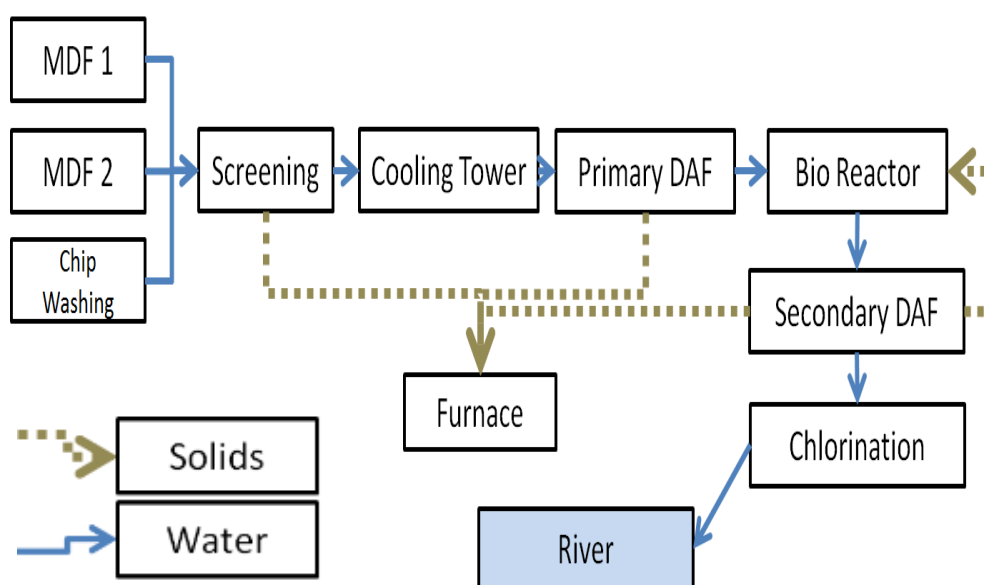
ΕΙΚΟΝΑ 4.2 :Απεικόνιση συλλογής υγρών αποβλήτων πρώτης γραμμής παραγωγής MDF Environmental Protection Agency (EPA) (Αμερικανική υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος)

Στην ΕΕΛ MDF 1 τα υγρά απόβλητα από την παραγωγή των MDF αλλά και τα υγρά απόβλητα από τη μικρή γραμμή παραγωγής των μοριοσανίδων διοχετεύονται όπως φαίνεται στο διάγραμμα ροής στην δεξαμενή 5D (POND 5D)(Εικόνα 4.3) η οποία αποτελεί μια δεξαμενή ομογενοποίησης . Στη συνέχεια τα ομογενοποιημένα πια απόβλητα προχωρούν στη δεξαμενή 4(POND 4) η οποία αποτελεί μια πρώτη δεξαμενή καθίζησης (settling basin) . Η δεξαμενή 4 αποτελεί την προεπεξεργασία για τη δεξαμενή 2 (POND 2) που είναι μια δεξαμενή αερισμού που δημιουργεί φυσαλίδες και έχει ως στόχο τη βιολογική οξείδωση του αποβλήτου. Η δεξαμενή αυτή λειτουργεί με τη χρήση φυσητήρων και τροφοδοτείται με αέρα .

Κατόπιν τα απόβλητα κατευθύνονται στη δεξαμενή 3(POND 3) όπου με τη βοήθεια αντλιών εισέρχεται στην δεξαμενή DAF . Η ιλύς που απομακρύνεται από τη διεργασία της DAF προωθείται σε μια ξεχωριστή δεξαμενή και από εκεί κατευθύνεται στις ταινιοφιλτρόπρεσες στις οποίες παραλαμβάνεται η ξηραμένη λάσπη, ή οποία διαθέτεται σε άλλες εγκαταστάσεις στις οποίες παράγεται κομπόστ . Το νερό που απομακρύνεται στις ταινιοφιλτρόπρεσες επιστρέφει στην αρχή του συστήματος πριν από τη δεξαμενή 5D. Ύστερα από την απομάκρυνση του μεγαλύτερου ποσοστού των στερεών των υγρών αποβλήτων μέσω της DAF το λύμα προχωράει προς διάθεση στη δημόσια ΕΕΛ αστικών λυμάτων (POTW) Η οποία αναλαμβάνει την περαιτέρω επεξεργασία του. Καλό θα ήταν να αναφερθεί ότι ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η συγκεκριμένη ΕΕΛ MDF 1 είναι πως λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων της συγκεκριμένης DAF και καθότι δε διατίθεται η απομακρυσμένη ιλύς στη δεξαμενή 2(POND 2) , η μονάδα δε λειτουργεί ως ένα σύστημα ενεργούς ιλύς. Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η ΕΕΛ είναι η συγκέντρωση του ψευδαργύρου που είναι αναγκαίο να βρίσκεται στα επιτρεπτά όρια .

4.3.2 Ε.Ε.Λ Δεύτερης γραμμής παραγωγής MDF (ΕΕΛ MDF 2)

Στη δεύτερη γραμμή παραγωγής MDF η ΕΕΛ βρίσκεται σε πιο εξελιγμένο στάδιο έτσι τα υγρά της απόβλητα μετά την επεξεργασία διατίθενται στον υδροφόρο ορίζοντα. Αυτό συμβαίνει διότι στην ΕΕΛ υπάρχουν δύο δεξαμενές DAF και ένας βιοαντιδραστήρας μεμβρανών.







ΕΙΚΟΝΑ 4.4 : Διάγραμμα ροής ΕΕΛ MDF 2(Πηγή:Εταιρεία Η.Π.Α)

Τα υγρά απόβλητα και αυτής της μονάδας MDF παρουσιάζουν αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις στο, COD ,TOC στα νιτρικά , καθώς και στην αμμωνία. Παρουσιάζουν ομοιότητες με τα απόβλητα που παράγονται σύμφωνα με την πρώτη γραμμή παραγωγής MDF .Το σύνολο των υγρών αποβλήτων αναμιγνύεται και συλλέγεται εξωτερικά σε ένα μεγάλο βόθρο. Το πρώτο βήμα της διαδικασίας επεξεργασίας είναι ένας διαχωριστής τύπου *side hill screening*σχάρες ,ο οποίος απομακρύνει μεγάλες ίνες καθώς και θραύσματα μέσω ενός κόσκινου με ανοίγματα διατομής 0,3 χιλιοστών. Στη συνέχεια τα λύματα μέσω αντλιών προωθούνται σε θαλάμους ψύξης έτσι ώστε το απόβλητο να λάβει τη σωστή θερμοκρασία η οποία κατά μέσο όρο κυμαίνεται στους 10-21 °C πριν από την εισαγωγή του στην πρώτη δεξαμενή DAF. Στην πρώτη δεξαμενή DAF το υγρό απόβλητο που πλέον έχει ψυχθεί το pH του προσαρμόζεται και προστίθεται κροκιδωτικό μέσο για τη μείωση των

αιωρούμενων συστατικών αλλά και του BOD πριν την εισαγωγή τους στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών .

Στη συνέχεια τα λύματα εισέρχονται στον βιοαντιδραστήρα μεμβρανών ο οποίος είναι αεριζόμενος. Μέσα σε αυτόν τον βιοαντιδραστήρα γίνεται ρύθμιση του pH καθώς και του διαλυμένου οξυγόνου. Ύστερα από την επεξεργασία στον βιοαντιδραστήρα το νερό εισέρχεται στη δεύτερη δεξαμενή DAF, όπου επιπλέον κροκιδωτικά προστίθενται για την περαιτέρω απομάκρυνση στερεών. Τα στερεά απόβλητα τα οποία δεν απομακρύνονται από τη δεύτερη δεξαμενή DAF ρέουν πίσω στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών. Η απομακρυσμένη ιλύ της πρώτης και της δεύτερης δεξαμενής DAF οδηγούνται σε μια ταινιοφιλτρόπρεσσα για την απομάκρυνση των υδάτων και περαιτέρω διάθεση. Τα λύματα ύστερα από τη δεύτερη δεξαμενή DAF ρέουν σε μια δεξαμενή χλωρίωσης όπου υπόκεινται στην τελευταία επεξεργασία τους πριν από τη διάθεσή τους στον υδροφόρο ορίζοντα. Απεικόνιση των επιμέρους τμημάτων της ΕΕΛ MDF 2 της εταιρίας παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.5

	
Παράλληλες πλευρικές σχάρες για την απομάκρυνση μεγάλων ινών από τα λύματα.	Παράλληλες πλευρικές σχάρες για την απομάκρυνση μεγάλων ινών από τα λύματα.
	
Διπλοί πύργοι θερμοκρασίας πριν από κατεργασία.	Ο πύργος ψύξης της DAF. Μειώνει τις απαιτήσεις χημικής προσθήκης πολυμερών

 <p>Η πρώτη δεξαμενή DAF στην οποία γίνεται απομάκρυνση στρεών.Χρησιμοποιείται ανιονικό κροκιδωτικό.</p>	 <p>Ή δεύτερη δεξαμενή DAF .Στην οποία χρησιμοποιείτε κατιονικό κροκιδωτικό.</p>
 <p>Εξωτερική λεκάνη αερισμού του βιοαντιδραστήρα.</p>	 <p>Εσωτερικός θάλαμος εισροής του βιοαντιδραστήρα.</p>
 <p>Δεξαμενές αποθήκευσης έκτακτης ανάγκης με χωρητικότητα 3+ ημερών για τις εγκαταστάσεις σε περίπτωση βλάβης.</p>	 <p>Απόρριψη λυμάτων στην χλωρίωση.</p>

ΕΙΚΟΝΑ 4.5: Απεικόνιση των επιμέρους τμημάτων της ΕΕΛ MDF 2 της εταιρίας

4.4. Μέθοδοι και υλικά.

4.4.1. Υλικά και μέθοδοι 1^η Πειραματικής διαδικασίας

Το 1^ο πείραμα το οποίο αφορά την πρώτη γραμμή παραγωγής MDF καθώς και την ΕΕΛ MDF 1(Εικόνα 4.3) αφορά την προσπάθεια για μείωση των συγκεντρώσεων των TSS ,καθώς και της συγκέντρωσης των ιόντων ψευδαργύρου από τα υγρά απόβλητο το οποίο συγκεντρώνεται στην MDF δεξαμενή(Εικόνα 4.3) καθώς και από τη δεξαμενή ομογενοποίησης (POND 5D)(Εικόνα 4.3).Τα δείγματα επιλέχθηκαν από αυτά τα σημεία διότι αποτελούν τα αρχικά ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα της γραμμής παραγωγής τα οποία επιθυμούμε να επεξεργαστούμε . Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τη μείωση των συγκεντρώσεων TSS και του ψευδαργύρου είναι αυτή της κροκιδώσης με τη χρήση πολυμερών κροκιδωτικών. Στα επόμενα υποκεφάλαια καταγράφεται αναλυτικά το σύνολο των κροκιδωτικών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι συγκεντρώσεις με τις οποίες αυτά χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό τη βέλτιστη μείωση των συγκεντρώσεων των TSS και του ψευδαργύρου .Για την εκπόνηση αυτού του πειράματος λάβαμε δείγματα από την εταιρεία.Από αυτά τα δείγματα, κάθε δείγμα μετρήθηκε ξεχωριστά για pH, TSS και ψευδάργυρο πριν και μετά απο τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας.. Η πειραματική διαδικασία θα αναλυθεί στα επόμενα υποκεφάλαια.

Μεθοδολογία μετρήσεων 1^ο πειράματος:

1. Μέτρηση pH:

Η μέτρησή του έγινε με ηλεκτροχημική μέθοδο. Το σχετικό όργανο έχει ηλεκτροχημικό αισθητήρα που περιλαμβάνει ένα ηλεκτρόδιο μέτρησης και ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς. Κάθε δείγμα σταθεροποιήθηκε στη θερμοκρασία των 25° C .Μόλις η θερμοκρασία έφτανε στα επιθυμητά επίπεδα το δείγμα τοποθετούταν σε μια μικρή συσκευή σταθερής ανάδευσης. Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε είναι η **HQ411D Laboratory Starter pH Meter**. Οι ικανοποιητικές συνθήκες ανάδευσης φαίνονται από τη σταθερότητα της ένδειξης του οργάνου.

2. Μέτρηση TSS :

Για τη μέτρηση των TSS η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε ήταν η **TSS Portable Hand-held Turbidity, Suspended Solids, and Sludge Level System**. Με τη χρήση της συσκευής αυτής ο υπολογισμός της συγκέντρωσης των TSS γίνεται με ένα διαφορετικό και σαφέστατα πιο γρήγορο τρόπο από την κοινή μέτρηση των TSS που πραγματοποιείται με τη μέθοδο της διήθησης. Η μέθοδος μέτρησης που χρησιμοποιεί αυτή τη συσκευή είναι μια συνδυασμένη τεχνική εναλλασσόμενου φωτός πολλαπλής δέσμης με σύστημα διόδου IR και εστίασης δέσμης. Πρακτικά αποτελεί μία τροποποιημένη μέτρηση απορρόφησης στο πρότυπο DIN EN 27027 / ISO 7027. Κάθε δείγμα σταθεροποιήθηκε στη θερμοκρασία των 25° C .Πριν από κάθε μέτρηση ήταν απαιτούμενη η βαθμονόμηση της συσκευής στην σωστή καμπύλη. Η συσκευή

αυτή διαθέτει 4 καμπύλες βαθμονόμησης. Κατόπιν τοποθετήθηκε σε συσκευή συνεχούς ανάδευσης όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις με τη χρήση ηλεκτροδίου.

3. Μέτρηση Zn και Zn,tot:

Για τις μετρήσεις των ιόντων ψευδαργύρου καθώς και του ολικού ψευδαργύρου χρησιμοποιήθηκαν 2 HACH TEST KITS της σειράς EZ 6000. Για τη μέτρηση του ψευδαργύρου χρησιμοποιήθηκε το **EZ6104 Cadmium Cd(II), dissolved & Zinc Zn(II), dissolved**. Ενώ για τη μέτρηση του ολικού ψευδαργύρου χρησιμοποιήθηκε το **EZ6308 Cadmium, total & Lead, total & Zinc, total**. Οι 2 αυτές συσκευές λειτουργούν με βάση τη βολταμετρία για την ανίχνευση των ιόντων μετάλλων σε υγρά απόβλητα ενώ διαθέτουν ηλεκτρόδιο με γραφίτη και συσκευή πλήρωσης για το αντιδραστήριο (reagent). Για τη συγκεκριμένη μέτρηση το αντιδραστήριο που χρησιμοποιήσαμε ήταν Νιτρικό οξύ σε διάλυμα 65%. Για Κάθε δείγμα σταθεροποιήθηκε στη θερμοκρασία των 25° C. Κατόπιν για τις μετρήσεις αραιώσαμε το δείγμα μας ¼ για το διαλυμένο ψευδάργυρο και ενώ για τον ολικό αραιώσαμε το δείγμα μας κατά 1/6. Για τη μέτρηση του διαλυμένου ψευδαργύρου ο χρόνος παραμονής στη συσκευή ήταν 15min ενώ για τον ολικό ήταν 25 min.

4. Χρήση κροκιδωτικών.:

Τα χημικά πολυμερή όπως είναι το υπεροξείδιο του υδρογόνου, το καυστικό νάτριο και τον τριχλωριούχο σίδηρο προμηθευτήκαμε από μια εταιρία παραγωγής χημικών προϊόντων CHEMTREAT. Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την κροκίδωση των δειγμάτων μας είναι η **BENT JAR TEST 4 SPINDLE**. Τα δοχεία που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δειγμάτων είναι γυάλινα και έχουν χωρητικότητα 500ml. Η ταχύτητα ανάδευσης είναι ρυθμιζόμενη από 5 έως 200rpm. Το δείγμα σε κάθε δοχείο ήταν 200ml. Ύστερα από την προσθήκη των αντιδραστηρίων και την ρύθμιση του pH. Ο χρόνος αναμονής για την καθίζηση ήταν 30 min. Κατόπιν σε όσα δείγματα η καθίζηση ήταν επιτυχημένη, το υπερκείμενο υγρό αναλύθηκε για TSS και Ψευδάργυρο. Τα χημικά πολυμερή κροκιδωτικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν είναι τα συνήθη που χρησιμοποιούνται σε αντίστοιχες ΕΕΛ εργοστασίων παραγωγής MDF του εξωτερικού, χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός ανόργανων κροκιδωτικών ενώσεων καθώς και οργανικών (ανιονικοί πολυηλεκτρολύτες). Συγκεκριμένα τα πολυμερή που χρησιμοποιήθηκαν για την κροκίδωση είναι:

- Alum flocc (ALUMINIUM SULFATE) ($Al_2(SO_4)_3$)
- Polyacrylamide (PAM)

- FeCl_3 Iron(III) chloride
- pDADMAC (Polydiallyldimethylammonium chloride) ($\text{C}_8\text{H}_{16}\text{NCl}$)_n
- Aluminum chloride hydroxide ($\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5$)
- NaOH (Sodium Hydroxide)
- ACH+DADMAC Aluminum chlorohydrate + diallyldimethylammonium chloride)
- (ACH) Aluminum chlorohydrate

4.4.2. Υλικά και μέθοδοι 2^{ης} Πειραματικής διαδικασίας

Το 2^ο πείραμα το οποίο αφορά τη δεύτερη γραμμή παραγωγής MDF έχει ως στόχο την επεξεργασία του εισερχόμενου υγρού αποβλήτου στον αεριζόμενο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών υγρού αποβλήτου έτσι ώστε να βρεθεί μια αξιόπιστη λύση για την περεταίρω μείωση του οργανικού φορτίου COD, TOC της αμμωνίας των νιτρικών, αλλά και τρόποι για να βελτιωθεί η απόδοση του βιολογικού αντιδραστήρα με τη διάχυση όζοντος και τη χρήση λαμπτήρα UV. Το όζον είναι πολύ ασταθές, αντιδρά και οξειδώνει το περισσότερο οργανικό υλικό με το οποίο έρχεται σε επαφή, καταστρέφοντας έτσι πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς. Επίσης, θεωρείται ότι είναι ασφαλέστερη μέθοδος απολύμανσης από το χλώριο επειδή, σε αντίθεση με το χλώριο το οποίο πρέπει να αποθηκεύεται στο χώρο, και είναι εξαιρετικά δηλητηριώδες σε περίπτωση τυχαίας απελευθέρωσης, το όζον παράγεται επιτόπου, όταν απαιτείται. Στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν χημικά κροκιδωτικά όπως το FeCl_3 Iron(III) chloride το NaOH(50%) για ρύθμιση του pH. Κατόπιν χρησιμοποιήθηκε και hydrogen peroxide. Σε συγκέντρωση 500 mg/l με κύριο στόχο την αντίδραση του με το όζον και τη δημιουργία peroxone, το οποίο προκαλεί μεγαλύτερη οξείδωση στο δείγμα. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκε μια στήλη ανακυκλοφορίας της οποίας η διάταξη αποτελείτο από μία κυλινδρική κλίνη από γυαλί, εσωτερικής διαμέτρου και ύψους ίσα με 10 cm x 100 cm, αντίστοιχα και χωρητικότητας ίσης με 7.8 L ενώ Η λάμπα UV(phillips) που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα είχε ισχύ 165watt και εκπέμπει μήκος κύματος 280 nm .. Η παροχή ήταν $Q=1\text{L/h}$ ενώ ίδιος ήταν και ο ρυθμός ανακυκλοφορίας. Οι αντλίες που χρησιμοποιήθηκαν για την παροχή και την ανακυκλοφορία είναι η PERCOM-I και η ISMATEC 404-B Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της εταιρείας στις Η.Π.Α ύστερα από πρόσκληση των ιδίων.

Μεθοδολογία μετρήσεων 2^{ου} Πειράματος:

1. Μέτρηση COD:

Για την μέτρηση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου COD, χρησιμοποιήθηκε η πλήρης μέθοδος της εταιρίας HACH με χρήση αντιδραστηρίων , ειδικού φούρνου και φασματοφωτόμετρου της ίδιας εταιρίας. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορα αντιδραστήρια της εταιρίας, σε μορφή φιαλιδίων και αντίστοιχα διάφορες αραιώσεις των δειγμάτων .Συγκεκριμένα τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα **Chemical Oxygen Demand (COD) TNTplus Vial Test, UHR (250-15,000 mg/L COD)** ενώ οι αραιώσεις των δειγμάτων όπου χρειάστηκε ήταν 1/2. Μετά από καλή ανάδευση των φιαλιδίων ,τα τοποθετούσαμε στον ειδικό φούρνο (HACH Lange LT200) για 2 ώρες, στους 150 °C. Στη συνέχεια τα φιαλίδια αφαιρούνταν από το φούρνο ,αφήνονταν για λίγο να κρυώσουν πριν τοποθετηθούν στο φασματοφωτόμετρο (HACH Lange DR2800),το οποίο μετρούσε την συγκέντρωση του COD σε mg/l.

2. Μέτρηση TOC:

Για τη μέτρηση του ολικού οργανικού άνθρακα χρησιμοποιήθηκε η συσκευή **TOC Analyzer Shimadzu model A1**. Η συσκευή αυτή προκαλεί οξείδωση και το παραγόμενο CO₂ προσδιορίζεται αυτομάτως με IR.Το δείγμα εισήλθε στη συσκευή με μικροσύριγγα σε ακριβή ποσότητα 350 μg.Κάθε δείγμα παρέμεινε στη συσκευή για 10,5 min. Η απομάκρυνση του ανόργανου άνθρακα γίνεται με οξίνιση του δείγματος και διαβίβαση αδρανούς αερίου.Με αυτόν τον τρόπο το σχηματιζόμενο CO₂ από το HCO₃⁻ και CO₃⁼ απομακρύνεται.

3. Μέτρηση αμμωνίας και νιτρικών.

Για τη μέτρηση της αμμωνίας και των νιτρικών χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχα Hach test kits με αντιδραστήρια. Για τα νιτρικά χρησιμοποιήθηκε το **Nitrate test kit, model NI-11** ενώ για την αμμωνία χρησιμοποιήθηκε το **HI-733 Ammonia High Range Handheld Colorimeter**.

4.5 Λήψη δειγμάτων και πειραματική διαδικασία

4.5.1 Πείραμα 1^ο

Για τη διεξαγωγή του πρώτου πειράματος ζητήθηκε και παραχωρήθηκε από την εταιρία που είχαμε ως κεντρικό άξονα μελέτης 3 μπιτόνια των 5 Lt με δείγματα από τη δεξαμενή 5D καθώς και από τη δεξαμενή του αρχικού αποβλήτου του MDF από την πρώτη γραμμή παραγωγής MDF(Εικόνα 4.3).

Στόχος πειράματος.

Με την μέτρηση της ποιότητας των λυμάτων πραγματοποιήθηκε μία σειρά δειγματοληψιών και πειραματικών μετρήσεων (Πίνακας 4.2). Τα δείγματα συλλέχτηκαν από τις δεξαμενές MDF καθώς και από τη δεξαμενή 5D (Εικόνα 4.3). . Ο στόχος αυτού του πειράματος είναι η μείωση της συγκέντρωσης των στερεών αποβλήτων καθώς και η μείωση της συγκέντρωσης των ιόντων ψευδαργύρου που παρατηρούνται στα υγρά απόβλητα. Στα υγρά αυτά απόβλητα θα εξετάσουμε το pH που έχουν , το TSS ,το Zn (sol) και αντίστοιχα το Zn(tot) . Η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται είναι τα mg/l . Τα δείγματα επιλέχθηκαν από αυτά τα σημεία διότι αποτελούν τα αρχικά ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα της γραμμής παραγωγής στα οποία επιθυμούμε να επεξεργαστούμε .Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τη μείωση των συγκεντρώσεων TSS και του ψευδαργύρου είναι αυτή της κροκιδώσης με τη χρήση πολυμερών κροκιδωτικών Τα χημικά πολυμερή κροκιδωτικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν είναι τα συνήθη που χρησιμοποιούνται σε αντίστοιχες ΕΕΛ εργοστασίων παραγωγής MDF του εξωτερικού (Kronospan,Uniboard,Clarion,Ankara etc.) .Οι συγκεντρώσεις των πολυμερών που παρουσιάζουμε στη συνέχεια καθορίστηκαν ύστερα από πολυάριθμες πειραματικές μετρήσεις έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι ικανοποιητικά για τα εν λόγω δείγματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Ποιοτικά χαρακτηριστικά αρχικών δειγμάτων από ΕΕΛ MDF 1

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	pH	TSS (mg/l)	Zn,sol(mg/l)	Zn,tot(mg/l)
Pond 5D	Αρκετά καφέ στερεά σώματα, Οσμή θείου	6.95	1900	0.12	1.94

MDF tank Tank	Ανοιχτά καφέ στερεά σώματα,οσμή τανίνης	4,14	3880	1,38	1,70

Μεθοδολογία πειράματος

- 200 ml από κάθε δείγμα
- Προσθήκη πολυμερούς για την εκκίνηση της καθίζησης
- Προσθήκη NaOH για ρύθμιση pH ανάλογα με το πολυμερές που χρησιμοποιήθηκε ,διότι κάθε αντιδραστήριο αποδίδει το βέλτιστο σε διαφορετικό pH ανάλογα με το είδος του. Η τιμή του pH ιδιαίτερα, είναι μία σημαντική παράμετρος για την αποτελεσματική απομάκρυνση των κολλοειδών στερεών. Όταν χρησιμοποιείται σαν κροκιδωτικό κάποιο άλας του Al^{3+} , τότε το βέλτιστο pH είναι 6-7.5, ενώ όταν χρησιμοποιείται κάποιο άλας του Fe^{3+} , το βέλτιστο pH πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το 5.
- Αναμονή 30 λεπτών για καθίζηση-κροκίδωση
- Ανάλυση υπερκείμενου υγρού για Zn και TSS (εάν η καθίζηση είναι επιτυχημένη).

Επεξεργασία δειγμάτων δεξαμενής 5D(POND 5D) και MDF(MDF TANK)

Για την επεξεργασία των δειγμάτων μας ακολουθήθηκε η μέθοδος JAR TEST. Στόχος της επεξεργασίας των δειγμάτων είναι να προσδιορισθεί το είδος και η συγκέντρωση (δοσολογία) των αποσταθεροποιητικών (ανόργανα άλατα Al και Fe) και των κροκιδωτικών αντιδραστηρίων (οργανικές πολυμερισμένες ενώσεις - πολυηλεκτρολύτες), που εξαρτάται από το αρχικό επιφανειακό φορτίο των κολλοειδών στερεών και από τη συγκέντρωσή τους καθώς και η βέλτιστη τιμή του pH. Τα αντιδραστήρια και τα πολυμερή που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία του δείγματος της δεξαμενής 5D είναι:

-
- PAM (Polyacrilamide) ως αρχικό αντιδραστήριο σε συγκέντρωση (10ppm, 5ppm)
 - Alum floc ως αρχικό αντιδραστήριο. (ALUMINIUM SULFATE) σε συγκέντρωση (10ppm, 2 ppm) Τα αντιδραστήρια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σαν αποσταθεροποιητικά (coagulants), είτε σαν κροκιδωτικά (flocculants). Έχουν σχεδιαστεί για να παρουσιάζουν ισχυρές ελκτικές δυνάμεις με τις επιφάνειες των στερεών. Προσροφώνται λοιπόν ισχυρά και μη-αντιστρεπτά στην επιφάνεια των (αποσταθεροποιημένων) μικρο-κροκιδών και τις ενώνουν προκαλώντας μεγάλη αύξηση στο μέγεθός τους με τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης δομής. Ο γενικός κανόνας που εφαρμόζεται είναι, ότι όσο μεγαλύτερο το μοριακό βάρος τους, τόσο πιο αποτελεσματικά είναι τα αντιδραστήρια αυτά, καθώς με το μεγαλύτερο μέγεθός τους θα προσροφηθούν ταυτόχρονα σε περισσότερες μικροκροκίδες. Επίσης τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο ρυθμός καθίζησης/ διαχωρισμού τους
 - FeCl₃ Iron(III) chloride σε συγκέντρωση (200 ppm ,500ppm,1000ppm.)
 - pDADMAC (Polydiallyldimethylammonium chloride) σε συγκέντρωση 1000 ppm
 - (ACH)Aluminum chloride hydroxide σε συγκέντρωση 1000 ppm
 - ACH+DADMAC (Aluminum chloride hydroxide) + diallyldimethylammonium chloride σε συγκέντρωση (500ppm,750 ppm,1000 ppm)

Στον (Πίνακα 4.3) παρουσιάζονται αναλυτικά οι χημικές δόσεις και συγκεντρώσεις των αντιδραστηρίων, των πολυμερών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και του καυστικού νατρίου (NaOH) το οποίο ήταν αναγκαίο για τη ρύθμιση του pH .

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.:Ανάλυση χημικών δόσεων και πολυμερών που χρησιμοποιήθηκαν για τη δεξαμενή(5D)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	FeCl ₃ (mg/l)	NaOH (mg/l)	pH	Πολυμερές σε χρήση	Πολυμερές (mg/l)	Alu m floc (mg/l)	PAM (mg/l)
Alum floc	-	-	-	-	-	10	-
Polyacrylamide (PAM)	-	-	-	-	-	-	10
pH στο 9.0 Alum floc	-	291	9	-	-	10	-
pH στο 9.0 Polyacrylamide	-	291	9	-	-	-	10
200 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Alum floc	200	402	9	-	-	10	-
200 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Polyacrylamide	200	402	9	-	-	-	10
500 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Alum floc	500	604	9	-	-	5	-
500 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Polyacrylamide	500	568	9	-	-	-	5
1000 ppm FeCl ₃ , Alum floc	1000	-	6.1	-	-	1	-
1000 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Alum floc	1000	970	9	-	-	5	-
1000 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Polyacrylamide	-	873	9	-	-	-	5
1000 ppm pDADMAC, Alum floc	-	360	9	PDADMAC	1000	2	-
1000 ppm (ACH)Al ₂ Cl(OH) ₅	-	388	9	Al ₂ Cl(OH) ₅	1000	-	-
500 ppm ACH+DADMAC	-	-	6.8	ACH+DAD MAC	500	-	-
750 ppm ACH+DADMAC	-	-	7	ACH+DAD MAC	750	-	-
1000 ppm(pH 9) ACH+DADMAC	-	333	9	ACH+DAD MAC	1000	-	-
1000 ppm ACH+DADMAC	-	-	6.9	ACH+DAD MAC	1000	-	-

Τα αντιδραστήρια και τα πολυμερή που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία του δείγματος της δεξαμενής MDF είναι:

- PAM (Polyacrilamide) ως αρχικό αντιδραστήριο σε συγκέντρωση 10ppm
- Alum floc ως αρχικό αντιδραστήριο (ALUMINIUM SULFATE) σε συγκέντρωση 10ppm Τα αντιδραστήρια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σαν αποσταθεροποιητικά (coagulants), είτε σαν κροκιδωτικά (flocculants). Έχουν σχεδιαστεί για να παρουσιάζουν ισχυρές ελκτικές δυνάμεις με τις επιφάνειες των στερεών. Προσροφώνται λοιπόν ισχυρά και μη-αντιστρεπτά στην επιφάνεια των (αποσταθεροποιημένων) μικρο-κροκίδων και τις ενώνουν προκαλώντας μεγάλη αύξηση στο μέγεθός τους με τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης δομής. Ο γενικός κανόνας που εφαρμόζεται είναι, ότι όσο μεγαλύτερο το μοριακό βάρος τους, τόσο πιο αποτελεσματικά είναι τα αντιδραστήρια αυτά, καθώς με το μεγαλύτερο μέγεθός τους θα προσροφηθούν ταυτόχρονα σε περισσότερες μικροκροκίδες. Επίσης τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο ρυθμός καθίζησης/ διαχωρισμού τους.
- FeCl₃ Iron(III) chloride σε συγκέντρωση (200 ppm ,500ppm,1000ppm.)
- pDADMAC (Polydiallyldimethylammonium chloride) σε συγκέντρωση 1000 ppm
- (ACH)Aluminum chloride hydroxide σε συγκέντρωση 1000 ppm
- ACH+DADMAC (Aluminium chloride hydroxide) + diallyldimethylammonium chloride) σε συγκέντρωση(750 ppm,1000 ppm)

Στον (Πίνακα 4.4) παρουσιάζονται αναλυτικά οι χημικές δόσεις και συγκεντρώσεις των αντιδραστηρίων, των πολυμερών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και του καυστικού νατρίου(NaOH) το οποίο ήταν αναγκαίο για τη ρύθμιση του pH.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4:Ανάλυση χημικών δόσεων και πολυμερών που χρησιμοποιήθηκαν για τη δεξαμενή (MDF)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	FeCl ₃ (mg/l)	NaOH (mg/l)	PH	Πολυμερές σε χρήση	Πολυμερές (mg/l)	Alum floc (mg/l)	PAM (mg/l)
Alum floc	-	-	-	-	-	10	-
Polyacrylamide (PAM)	-	-	-	-	-	-	10

1000 ppm FeCl ₃ Alum floc	1000	1497	6.1	-	-	1	-
1000 ppm (ACH)Al ₂ Cl(OH) ₅	-	1004	7.4	Al ₂ Cl(OH) ₅	1000	-	-
500 ppm ACH+DADMAC	-	878	6.8	ACH+DADMAC	500	-	-
750 ppm ACH+DADMAC	-	904	7	ACH+DADMAC	750	-	-
1000 ppm ACH+DADMAC	-	943	6.5	ACH+DADMAC	1000	-	-

4.5.2 Πείραμα 2^ο

Στόχος πειράματος

Σκοπός του πειράματος είναι η επεξεργασία του εισερχόμενου στον αεριζόμενο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών υγρού αποβλήτου έτσι ώστε να βρεθεί μια αξιόπιστη λύση για την περεταίρω μείωση του οργανικού φορτίου COD, TOC των νιτρικών καθώς και της αμμωνίας αλλά και τρόποι για να βελτιωθεί η βιολογική δράση του αντιδραστήρα με τη δοσολογία όζοντος και τη χρήση λαμπτήρα UV.

Περιγραφή του πειράματος

Το δεύτερο πείραμα που πραγματοποιήθηκε αφορά τη δεύτερη γραμμή παραγωγής MDF η οποία διαθέτει τις δύο δεξαμενές DAF και τον βιοαντιδραστήρα μεμβρανών, ενώ η κατάληξη των επεξεργασμένων λυμάτων είναι στον υδροφόρο ορίζοντα. Για το πείραμα αυτό λήφθηκε δείγμα από ένα μπιτόνι των 5L με το υγρό απόβλητο να συλλέγεται πριν από την είσοδο του στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αρχικού δείγματος παρουσιάζονται στον πίνακα 4.5

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5: Αρχική ανάλυση δείγματος (ΕΕΛ MDF 2).

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Nitrate (mg/L)	Ammonia (mg/L)
1	Bioreactor influent	5220	1514,7	40	62

Διαδικασία πειράματος

- Οι μετρήσεις που θα πραγματοποιήσουμε είναι οι εξής(COD,TOC,NITRATE,AMMONIA,) Όλες οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με χρήση HACH TEST KIT Αναλυτικότερα:
- **METPHΣΗ COD: Chemical Oxygen Demand (COD) TNTplus Vial Test, UHR (250-15,000 mg/L COD)**
- **METPHΣΗ AMMONIA, NITROGEN: HI-733 Ammonia High Range Handheld Colorimeter, Nitrate test kit, model NI-11**
- **METPHΣΗ TOC: TOC Analyzer Shimadzu model A1**

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για το δείγμα 2

Προστέθηκε 1000 mg/l FeCl_3 στο αρχικό μ δείγμα των 200mL σε συνεχή ανάδευση , αφέθηκε 10 λεπτά να αντιδράσει, ρυθμίστηκε το pH στο 7,5 με χρήση NaOH και έπειτα προστέθηκε alum flocc 1mg/l το αφέθηκε να καθιζάνει για 1 ώρα και ύστερα αναλύθηκε το υπερκείμενο υγρό .

Για το δείγμα 3

Τοποθετήθηκε το δείγμα μας σε μια στήλη ανακυκλοφορίας η διάταξη της οποίας αποτελείτο από μία κυλινδρική κλίνη από γυαλί, εσωτερικής διαμέτρου και ύψους ίσα με 10 cm x 100 cm, αντίστοιχα και χωρητικότητας ίσης με 7,8 L και προστέθηκε σε αυτό μέσω ενός διαχυτήρα ο οποίος βρισκόταν στη βάση της στήλης ανακυκλοφορίας 100 mg/l όζον ,όπου προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του με τη βοήθεια φωτόμετρου και διατηρήθηκε στη στήλη αυτή για 30 λεπτά. Η παροχή μας ήταν $Q=1\text{L/h}$ ενώ ίδιος ήταν και ο ρυθμός ανακυκλοφορίας.

Για το δείγμα 4

Τοποθετήθηκε το δείγμα μας σε μια στήλη ανακυκλοφορίας η διάταξη της οποίας αποτελείτο από μία κυλινδρική κλίνη από γυαλί, εσωτερικής διαμέτρου και ύψους ίσα με 10 cm x 100 cm, αντίστοιχα και χωρητικότητας ίσης με 7,8L και προστέθηκε σε αυτό μέσω ενός διαχυτήρα ο οποίος βρισκόταν στη βάση της στήλης ανακυκλοφορίας 990mg/l όζον όπου προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του με τη βοήθεια φωτόμετρου και διατηρήθηκε στη στήλη αυτή για 30 λεπτά. Η παροχή μας ήταν $Q=1\text{L/h}$ ενώ ίδιος ήταν και ο ρυθμός ανακυκλοφορίας.

Για το δείγμα 5

Τοποθετήθηκε το δείγμα μας σε μια στήλη ανακυκλοφορίας η διάταξη της οποίας αποτελείτο από μία κυλινδρική κλίνη από γυαλί, εσωτερικής διαμέτρου και ύψους ίσα με 10 cm x 100 cm, αντίστοιχα και χωρητικότητας ίσης με 7,8 L και προστέθηκε σε αυτό μέσω ενός διαχυτήρα 100mg/l όζον και διατηρήθηκε στη στήλη αυτή για 30 λεπτά, ενώ ταυτόχρονα υπήρχε και λάμπα UV μέσα στη στήλη . Η λάμπα UV(phillips) που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα είχε ισχύ 165watt και εκπέμπει μήκος κύματος 280 nm . Η παροχή μας ήταν $Q=1\text{L/h}$ ενώ ίδιος ήταν και ο ρυθμός ανακυκλοφορίας.

Για το δείγμα 6

Τοποθετήθηκε το δείγμα μας σε μια στήλη ανακυκλοφορίας η διάταξη της οποίας αποτελείτο από μία κυλινδρική κλίνη από γυαλί, εσωτερικής διαμέτρου και ύψους ίσα με 10 cm x 100 cm, αντίστοιχα και χωρητικότητας ίσης με 7,8 L και προστέθηκε σε αυτό μέσω ενός διαχυτήρα ο οποίος βρισκόταν στη βάση της στήλης ανακυκλοφορίας 990mg/l όζον και διατηρήθηκε στη στήλη αυτή για 30 λεπτά όπου προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του με τη βοήθεια φωτόμετρου, ενώ ταυτόχρονα υπήρχε και λάμπα UV μέσα στη στήλη. Η λάμπα UV(phillips) που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα είχε ισχύ 165watt και εκπέμπει μήκος κύματος 280 nm . Η παροχή μας ήταν $Q=1L/h$ ενώ ίδιος ήταν και ο ρυθμός ανακυκλοφορίας.

Για το δείγμα 7

Προστέθηκε στο δείγμα μας 500 mg/l hydrogen peroxide .Τοποθετήθηκε το δείγμα μας σε μια στήλη ανακυκλοφορίας η διάταξη της οποίας αποτελείτο από μία κυλινδρική κλίνη από γυαλί, εσωτερικής διαμέτρου και ύψους ίσα με 10 cm x 100 cm, αντίστοιχα και χωρητικότητας ίσης με 7,8 L και προστέθηκε σε αυτό μέσω ενός διαχυτήρα 990mg/l όζον και διατηρήθηκε στη στήλη αυτή για 30 λεπτά όπου προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του με τη βοήθεια φωτόμετρου, ενώ ταυτόχρονα υπήρχε και λάμπα UV μέσα στη στήλη . Η λάμπα UV(phillips) που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα είχε ισχύ 165watt και εκπέμπει μήκος κύματος 280 nm . Η παροχή μας ήταν $Q=1L/h$ ενώ ίδιος ήταν και ο ρυθμός ανακυκλοφορίας.

Για το δείγμα 8

Προστέθηκε στο δείγμα μας 500 mg/l hydrogen peroxide .Τοποθετήθηκε το δείγμα μας σε μια στήλη ανακυκλοφορίας η διάταξη της οποίας αποτελείτο από μία κυλινδρική κλίνη από γυαλί, εσωτερικής διαμέτρου και ύψους ίσα με 10 cm x 100 cm, αντίστοιχα και χωρητικότητας ίσης με 7,8L και προστέθηκε σε αυτό μέσω ενός διαχυτήρα ο οποίος βρισκόταν στη βάση της στήλης ανακυκλοφορίας 990mg/l όζον και διατηρήθηκε στη στήλη αυτή για 30 λεπτά όπου προσδιορίσαμε τη συγκέντρωση του με τη βοήθεια φωτόμετρου, ενώ ταυτόχρονα υπήρχε και λάμπα UV μέσα στη στήλη. Η λάμπα UV(phillips) που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα είχε ισχύ 165watt και εκπέμπει μήκος κύματος 280 nm . Η παροχή μας ήταν $Q=1L/h$ ενώ ίδιος ήταν και ο ρυθμός ανακυκλοφορίας.

4.6 Αποτελέσματα και συζήτηση

4.6.1 Αποτελέσματα 1^{ου} Πειράματος

Όπως αναφέρθηκε στα κεφάλαια 4.4.1 και 4.4.2 κύριος στόχος της πρώτης πειραματικής διαδικασίας ήταν η μείωση των συγκεντρώσεων των TSS και του ψευδαργύρου που είχαμε στο αρχικό μας ανεπεξέργαστο δείγμα που εισέρχεται στην ΕΕΛ MDF 1. Στον πίνακα 4.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των JAR TEST διεξήχθη για το αρχικό ανεπεξέργαστο δείγμα της δεξαμενής 5D (POND 5D)

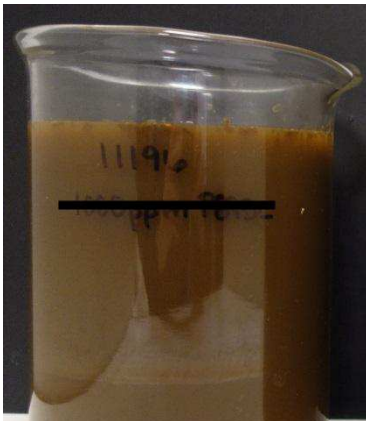
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6: Αποτελέσματα καθιζήσεων για το δείγμα 5D δεξαμενής

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	TSS (mg/l)	Zn,sol (mg/l)	Zn,tot (mg/l)	Παρατηρησεις	EIKONES (δοχεία)
Pond 5D Ανεπεξέργαστο δείγμα	1900	0.12	1.94	Μεγάλη ποσότητα καφέ στερεών	4.6(1196)
Alum floc(Aluminum Sulfate)	-	-	-	Καμία κροκίδωση, καθίζηση	-
Polyacrylamide (PAM)	-	-	-	Καμία κροκίδωση, καθίζηση	-
pH στο 9.0 Alum floc	-	-	-	Καμία κροκίδωση, καθίζηση	-
pH στο 9.0 Polyacrylamide	-	-	-	Καμία κροκίδωση, καθίζηση	-
200 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Alum floc	-	-	-	Καμία κροκίδωση, καθίζηση	-
200 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Polyacrylamide	-	-	-	Καμία κροκίδωση, καθίζηση	-
500 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Alum floc	-	-	-	Μικρή καθίζηση, κροκίδωση, Θολό υπερκείμενο υγρό	4.7(100G)
500 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Polyacrylamide	-	-	-	Μικρή καθίζηση, κροκίδωση, Θολό υπερκείμενο υγρό	4.7(100H)
1000 ppm FeCl ₃ , Alum floc	-	-	-	Μεγαλύτερη καθίζηση, κροκίδωση, Θολό υπερκείμενο υγρό	4.8(2D)
1000 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Alum floc	-	-	-	Μικρή καθίζηση, κροκίδωση, Θολό υπερκείμενο υγρό	4.9(1A)
1000 ppm FeCl ₃ , pH στο 9.0, Polyacrylamide	-	-	-	Μικρή καθίζηση, κροκίδωση, Θολό υπερκείμενο υγρό	4.9(1B)
1000 ppm pDADMAC, Alum floc	-	-	-	Μικρή καθίζηση, κροκίδωση, Θολό υπερκείμενο υγρό	4.10(1C)

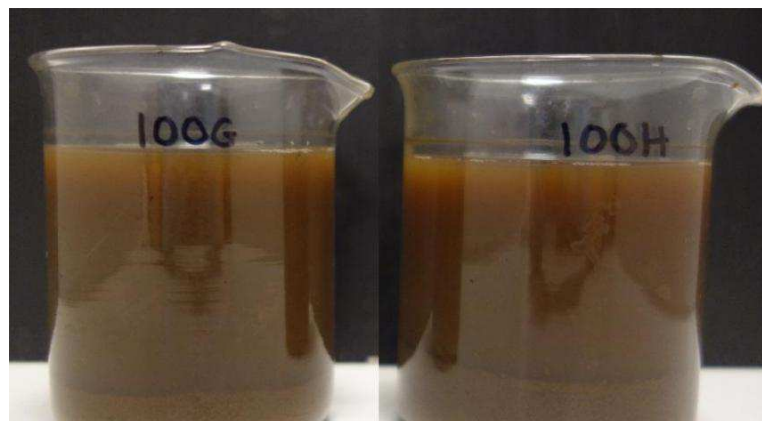
1000 ppm(ACH) $Al_2Cl(OH)_5$	-	-	-	Μεγαλύτερη καθίζηση, κροκίδωση, Θολό υπερκείμενο υγρό	4.11(1D)
500 ppm ACH+DADMAC	330	-	0.12	Πολύ καλή καθίζηση, αρκετά θολό υπερκείμενο υγρό	-
750 ppm ACH+DADMAC	225	-	0,083	Πολύ καλή καθίζηση, αρκετά θολό υπερκείμενο υγρό	4.12(3E)
1000 ppm(pH 9) ACH+DADMAC	180	-	0.067	Πολύ καλή καθίζηση, θολό υπερκείμενο υγρό	-
1000 ppm ACH+DADMAC	129	-	0.038	Πολύ καλή καθίζηση, σχεδόν διαυγές Υπερκείμενο υγρό (με μερικά επιπλέοντα στερεά)	4.13(3A)

Αρχικά όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.6 το δείγμα μας (Εικόνα 4.6) επεξεργάστηκε μόνο με την προσθήκη των αντιδραστηρίων PAM(10 ppm) και Aluminum Sulfate(10 ppm) όπου δεν παρατηρήθηκε καμία απολύτως κροκίδωση. Κατόπιν η μετατροπή του δείγματος σε αλκαλικό(pH 9) και η επεξεργασία του με τα ίδια αντιδραστήρια δεν οδήγησε το σύστημα σε κάποια κροκίδωση. Στη συνέχεια το δείγμα μας αρχικά μετατράπηκε εκ νέου σε αλκαλικό(pH 9) και στη συνέχεια επεξεργάστηκε με 200 ppm $FeCl_3$ και 10 ppm Aluminum Sulfate το οποίο δεν οδήγησε σε κροκίδωση. Το ίδιο αποτέλεσμα παρατηρήθηκε και με τη χρήση 200 ppm $FeCl_3$ και 10 ppm PAM σε αλκαλικό περιβάλλον (pH =9). Μικρή καθίζηση με αρκετά θολό υπερκείμενο υγρό παρατηρήθηκε όταν σε αλκαλικό περιβάλλον το δείγμα μας επεξεργάστηκε με μεγαλύτερη συγκέντρωση $FeCl_3$ (500ppm) σε συνδυασμό με τα 2 αντιδραστήρια(με κάθε ένα ξεχωριστά) σε συγκέντρωση (5ppm) όπως φαίνεται (Εικόνα 4.7). Στην εικόνα 4.8 παρατηρήθηκε πως με την αύξηση της συγκέντρωσης του $FeCl_3$ (1000 ppm), Aluminum Sulfate (1 ppm) και χωρίς ρύθμιση του pH το σύστημα παρουσιάζει μεγάλη κροκίδωση και καθίζηση το υπερκείμενο υγρό όμως είναι αρκετά θολό. Μικρή κροκίδωση διαφαίνεται και στην Εικόνα 4.9 όπου υπάρχει ρύθμιση pH στο 9 με τιμή συγκέντρωσης $FeCl_3$ (1000ppm) σε συνδυασμό με τα 2 αντιδραστήρια σε συγκέντρωση (5ppm). Η επεξεργασία του δείγματος με 1000 ppm pDADMAC δεν έδειξε κάποια μεγάλη κροκίδωση (Εικόνα 4.10). Στην εικόνα 4.11 η επεξεργασία του δείγματος πραγματοποιήθηκε με ACH(1000 ppm) σε αλκαλικό περιβάλλον, η κροκίδωση ήταν μεγάλη, το υπερκείμενο υγρό αρκετά θολό. Τα πρώτα σημαντικά και μετρήσιμα αποτελέσματα με σημαντικές κροκιδώσεις και καθιζήσεις παρουσιάστηκαν όταν το δείγμα επεξεργάστηκε με το μίγμα πολυμερών (ACH+DADMAC). Το μίγμα είναι (50-50). Το δείγμα επεξεργάστηκε σε 3 συγκεντρώσεις (500 ppm, 750 ppm, 1000 ppm). Αρχικά για 500 ppm το TSS μετρήθηκε 330 mg/l ενώ ο ολικός ψευδάργυρος Zn tot στο 0,12 mg/l. Με τη συγκέντρωση στα 750 ppm(Εικόνα 4.12) τα αντίστοιχα αποτελέσματα ήταν TSS:225 mg/l και Zn tot: 0.083 mg/l. Για τη μεγαλύτερη συγκέντρωση 1000ppm έγιναν 2 δοκιμές 1 με ρύθμιση pH στο 9 και μια χωρίς. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν πως η κροκίδωση και η καθίζηση είναι πιο αποτελεσματική χωρίς τη ρύθμιση του

pH(Εικόνα 4.13) καθώς και η μείωση της συγκέντρωσης των TSS και του Zn tot είναι μεγαλύτερη TSS:129mg/l και Zn tot:0,038 mg/l (TSS:180mg/l και Zn tot:0,067mg/l με ρύθμιση pH). Η τιμή του pH ρυθμιζόταν στο 9 για να παρατηρηθεί αν η καθίζηση έχει πιο επιθυμητά αποτελέσματα σε αλκαλικό περιβάλλον, δηλαδή ουσιαστικά αν ο μηχανισμός των αντιδραστηρίων θα δρούσε πιο αποτελεσματικά σε αυτό το pH. Με τη βέλτιστη δόση κροκιδωτικού ή μείωση των TSS έφτασε το ποσοστό των 93% ενώ η μείωση του ψευδαργύρου το 98%.



EIKONA 4.6 Αρχικό δείγμα από δεξαμενή 5D

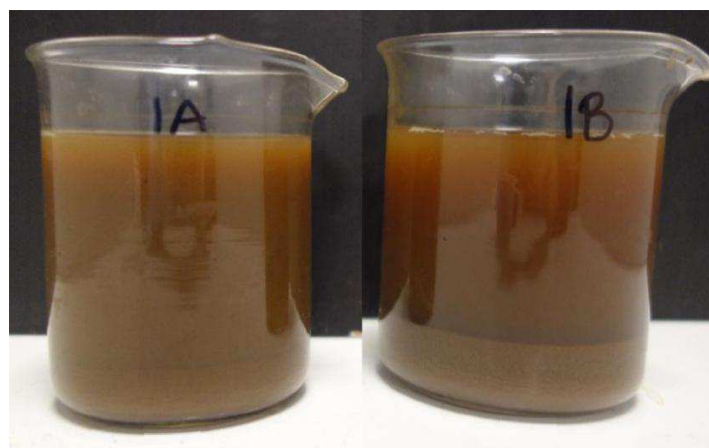


EIKONA 4.7 (100G) 500 ppm FeCl₃, pH στο 9.0, Alum floc 5 ppm),

(100H) 500 ppm FeCl₃, pH στο 9.0, Polyacrylamide 5 ppm)



EIKONA 4.8 : (2D) (1000 ppm FeCl₃, Alum floc 1 ppm)



EIKONA 4.9: (1A) (1000 ppm FeCl₃, pH στο 9.0, Alum floc 5 ppm,) (1B) (1000 ppm FeCl₃, pH στο 9.0, Polyacrylamide 5 ppm)



EIKONA 4.10 :(1C)(1000
ppm
pDADMAC, Alum floc)



EIKONA 4.11: (1D) (1000
ppm $\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5$)



EIKONA 4.12 :(3E) (750 ppm
ACH)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7: Αποτελέσματα καθιζήσεων για δείγμα MDF δεξαμενής

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	TSS (mg/l)	Zn,sol (mg/l)	Zn,tot (mg/l)	Παρατηρήσεις	EΙΚΟΝΕΣ (δοχεία)
MDF	3880	1.4	1.7	Μεγάλη ποσότητα ανοιχτών καφέ στερεών	4.14(11198)
Alum floc	-	-	-	Καμία κροκίδωση, καθίζηση	-
Polyacrylamide (PAM)	-	-	-	Καμία κροκίδωση, καθίζηση	-
1000 ppm FeCl ₃ , Alum floc	-	-	-	Μεγάλη καθίζηση, κροκίδωση, Θολό και σκούρο υπερκείμενο υγρό	4.16(3D)
1000 ppm (ACH)Al ₂ Cl(OH) ₅	-	-	-	Μεγαλύτερη καθίζηση, κροκίδωση, Θολό υπερκείμενο υγρό	-
500 ppm ACH+DADMAC	315	-	0.23	Πολύ καλή καθίζηση, αρκετά θολό υπερκείμενο υγρό	-
750 ppm ACH+DADMAC	292	-	0,19	Πολύ καλή καθίζηση, αρκετά θολό υπερκείμενο υγρό	-
1000 ppm ACH+DADMAC	78	-	0.057	Πολύ καλή καθίζηση, σχεδόν διαυγές Υπερκείμενο υγρό	4.15(3C)

Για το δείγμα της δεξαμενής MDF (MDF TANK) ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως και για το δείγμα της δεξαμενής 5D(Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Πίνακας 4.7) με ειδοποιό διαφορά πως για το δείγμα MDF δεν υπήρξε ρύθμιση pH σε αλκαλικό περιβάλλον διότι παρατηρήθηκε πως δεν υπάρχει κάποιο ουσιαστικό καλύτερο αποτέλεσμα με τη συγκεκριμένη σύσταση υγρού αποβλήτου καθώς και με τη σύσταση των κροκιδωτικών που χρησιμοποιήθηκαν. (Ιδιαίτερα υψηλό οργανικό φορτίο για τα υγρά απόβλητα).Η μόνη ρύθμιση pH που πραγματοποιήθηκε ήταν για να βρεθούν οι τιμές του pH στο όριο 6 με 7,5 έτσι ώστε η κροκίδωση να είναι επιτυχημένη.Η ρύθμιση αυτή ήταν αναγκαία διότι το αρχικό μας δείγμα(Εικόνα 4.14) ήταν εξαιρετικά όξινο (pH=4.14) .Αρχικά το δείγμα μας επεξεργάστηκε μόνο με την προσθήκη των αντιδραστηρίων PAM(10 ppm) και Aluminum Sulfate(10 ppm) όπου δεν παρατηρήθηκε καμία απολύτως κροκίδωση .Κατόπιν, διαβάζοντας τα αποτελέσματα της επεξεργασίας του δείγματος της δεξαμενής 5D,για λόγους οικονομίας υλικών και εξαιτίας της ομοιότητας στη σύσταση των υγρών αποβλήτων των 2 δεξαμενών .Η επεξεργασία περιορίστηκε στη χρήση του FeCl₃ (1000ppm) με 1 ppm aluminum sulfate με κανένα μετρήσιμο αποτέλεσμα. Καλή καθίζηση με αρκετά θολό υπερκείμενο υγρό έδωσε επεξεργασία του δείγματος με ACH(1000 ppm) χωρίς όμως και εδώ μετρήσιμο αποτέλεσμα. Τα καλύτερα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε αυτό το δείγμα όταν επεξεργάστηκε με το μίγμα πολυμερών (ACH+DADMAC).Το μίγμα είναι (50-50).Το δείγμα επεξεργάστηκε σε 3 συγκεντρώσεις (500 ppm,750 ppm,1000 ppm).Η κροκίδωση και η καθίζηση με τη συγκέντρωση 1000ppm κρίθηκαν εξαιρετικά επιτυχημένες δίδοντας ένα σχεδόν

διαυγές υπερκείμενο υγρό. Οι πειραματικές μετρήσεις ήταν εξίσου επιτυχημένες με τη συγκέντρωση των TSS να μειώνεται στα 78mg/l τον Zn tot στα 0,057 mg/l. Από την ανάγνωση των αποτελεσμάτων στην επεξεργασία των 2 αυτών δειγμάτων αυτό που γίνεται αντιληπτό είναι πώς για μια επιτυχημένη κροκίδωση και καθίζηση σε μια τέτοιας σύστασης υγρό απόβλητο επιτακτική κρίνεται η χρήση ανιονικών πολυμερών σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από 800 ppm. σε κατά προτίμηση ουδέτερο περιβάλλον. (pH=7) Με τη βέλτιστη δόση κροκιδωτικού, μείωση των TSS έφτασε το ποσοστό των 98% ενώ η μείωση του ψευδαργύρου το 97%.



EIKONA 4.13 :(3A) (1000 ppm ACH+DADMAC)



EIKONA 4.14: (11198)
Αρχικό δείγμα από δεξαμενή
MDF



EIKONA 4.15:(3C) (1000 ppm ACH+DADMAC)



EIKONA 4.16:(3D)(1000 ppm FeCl₃, Alum floc)

4.6.2 Αποτελέσματα 2^{ου} Πειράματος

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8: Πειραματικά αποτελέσματα 2^{ης} Πειραματικής διαδικασίας(ΕΕΛ MDF 2)

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Νιτρικά (mg/L)	Αμμωνία (mg/L)
1	Bioreactor influent	5.220	1.515	40	62
2	FeCl ₃	3.075	1.242	14,3	54,8
3	Ozone only	3.815	1.499	---	50,4
4	Ozone only	4.140	1.494	---	24
5	UV/Ozone	4.760	1.412	---	29
6	UV/Ozone	3.420	1.382	---	31
7	UV/Peroxone	3.350	1.470	---	26
8	UV/Peroxone	3.620	1.469	---	30

Η 2^η πειραματική διαδικασία η οποία πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της εταιρείας στις Η.Π.Α είχε ως κύριο στόχο την επεξεργασία του εισερχόμενου υγρού αποβλήτου στον αεριζόμενο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών υγρού αποβλήτου έτσι ώστε να βρεθεί μια αξιόπιστη λύση για την περεταίρω μείωση του οργανικού φορτίου COD, TOC της αμμωνίας των νιτρικών ,αλλά και τρόποι για να βελτιωθεί η απόδοση του βιολογικού αντιδραστήρα με τη διάχυση όζοντος και τη χρήση λαμπτήρα UV.Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν 7 επεξεργασίες του αρχικού μας δείγματος(Κεφάλαιο 4.4.2.2) .Τα αναλυτικά αποτελέσματα των μετρήσεων συγκεντρωτικά αναγράφονται στον Πίνακα 4.8.Η πρώτη μας επεξεργασία ήταν μια κροκίδωση-καθίζηση με κροκιδωτικό μέσο το FeCl₃ σε συγκέντρωση 1000ppm και αντίδραστήριο Aluminum Sulfate 1ppm . Η ανάλυση του υπερκείμενου υγρού μας έδωσε μια μείωση του COD της τάξης του 41% ενώ του TOC της τάξης του 18% .Η αμμωνία μειώθηκε ελάχιστα 11.2% ενώ τα νιτρικά μειώθηκαν αισθητά 64%.

Οι επόμενες 6 επεξεργασίες του δείγματος μας πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια μια στήλης ανακυκλοφορίας της οποίας η διάταξη αποτελείτο από μία κυλινδρική

κλίνη από γυαλί, εσωτερικής διαμέτρου και ύψους ίσα με 10 cm x 100 cm, αντίστοιχα και χωρητικότητας ίσης με 7.8 L. Ο Η παροχή μας ήταν $Q=1\text{L/h}$ ενώ ίδιος ήταν και ο ρυθμός ανακυκλοφορίας σταθερά και για τις 6 περιπτώσεις. Η παραμονή στη στήλη ήταν 30 min. Όσον αφορά τα δείγματα 3 και 4 στο δείγμα μας διαχεόταν 110 mg/l και 990 mg/l όζον αντίστοιχα στη στήλη ανακυκλοφορίας. Για το δείγμα οι μειώσεις ανήλθαν σε 27%, 1% και 19% για COD, TOC, Αμμωνία αντίστοιχα. Για το δείγμα 4 σε 21% COD, 1% TOC και 61% Αμμωνία ποσοστό σαφέστατα μεγαλύτερο σε σύγκριση με τη μικρή συγκέντρωση όζοντος. Το Hach kit όπου μετρήθηκαν τα νιτρικά παρουσίασε κάποια σφάλματα μετά τη μέτρηση του δείγματος 2 για το λόγο αυτό οι υπόλοιπες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αποσύρθηκαν ως μη ασφαλείς. Για τα δείγματα 5 και 6 οι συνθήκες επεξεργασίας ήταν παρόμοιες με τα δείγματα 3, 4 με τη μόνη διαφορά πώς τοποθετήθηκε μια ειδική λάμπα UV στο εσωτερικό της στήλης. Η μοναδική παράμετρος που παρουσίασε σημαντική μείωση ήταν η αμμωνία σε ποσοστά που πλησιάζουν το 50% και για το δείγμα 5 και για το δείγμα 6. Παρόλα αυτά το οργανικό φορτίο παρέμεινε σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα. Όσον αφορά τα δείγματα 7 και 8 προστέθηκε στο δείγμα μας 500mg/l υπεροξείδιο του υδρογόνου (Hydrogen peroxide) με σκοπό να αντιδράσει με το όζον και να οξειδώσει το δείγμα μας (Peroxone) σε συνδυασμό με τη λάμπα UV. Στην πραγματικότητα αυτή η επεξεργασία δεν έδωσε κάποιο σημαντικό αποτέλεσμα καθώς τα αποτελέσματα ήταν πανομοιότυπα με τα δείγματα 5 και 6. Πολύ υψηλό οργανικό φορτίο με μεγάλη μείωση στη συγκέντρωση της αμμωνίας της τάξεως του 60%. Συνοπτικά παρατηρώντας τις πειραματικές μετρήσεις, την πιο ικανοποιητική μείωση οργανικού φορτίου μας τη δίνει η κλασική μέθοδος της κροκίδωσης. Η χρήση του όζοντος είναι σημαντική για τη μείωση της συγκέντρωσης της αμμωνίας όχι όμως και για τη μείωση του οργανικού φορτίου. Με τη χρήση της λάμπας UV και με το υπεροξείδιο του Υδρογόνου δεν παρατηρήθηκαν περεταίρω μεταβολές ούτε στη μείωση του οργανικού φορτίου αλλά ούτε και της αμμωνίας.

4.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.7.1 Απομάκρυνση Στερεών και μείωση συγκέντρωσης Zn

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο συμπεραίνουμε πως μια δοσολογία περίπου ίση με 1000 ppm από ένα ανιονικό πολυμερές (πηκτικό) χρειάζεται για να απομακρύνει τα στερεά σε ποσοστό ίσο σχεδόν με το 98% του αρχικού μας δείγματος από όλα τα εξεταζόμενα μας δείγματα. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτές οι συγκεντρώσεις του πολυμερούς που χρησιμοποιήθηκαν είναι αρκετά υψηλότερες από τις τυπικές συγκεντρώσεις πολυμερών που χρησιμοποιούνται σε άλλες εγκαταστάσεις ΕΕΛ για την επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων. Αυτό συμβαίνει διότι η σύνθεση των υγρών αποβλήτων της συγκεκριμένης εταιρίας αποτελείται από πάρα πολλά κολλοειδή στερεά κάτι το οποίο έχει μεγάλη επίπτωση στις ποσότητες των χημικών πολυμερών οι οποίες είναι αναγκαίες για την απομάκρυνση στερεών και του ψευδαργύρου. Το πείραμα μας , μας απέδειξε πως περίπου το 97% από τον ψευδάργυρο ο οποίος βρίσκεται στη σύνθεση των υγρών αποβλήτων μπορεί να απομακρυνθεί επιτυχώς μέσω του διαχωρισμού στερεών . Από τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι η συγκέντρωση του ψευδαργύρου είναι μικρότερη από 0,1 mg/l έτσι είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Για να λειτουργήσει σωστά η συγκεκριμένη ΕΕΛ πρέπει ο διαχωρισμός στερεών που προτείνουμε να είναι όσο το δυνατόν ακριβής όσον αφορά τις συγκεντρώσεις που επιδιώκουμε έτσι ώστε να απομακρύνεται όσο περισσότερα στερεά γίνεται πριν τα απόβλητα να εισέλθουν στην DAF της ΕΕΛ MDF 1. Συμπερασματικά ο διαχωρισμός στερεών που προτείνουμε για τη βελτίωση της ΕΕΛ MDF 1 μέσω αυτού του πειράματος είναι να χρησιμοποιήσει το συνδυασμό πολυμερών ACH (Aluminium chlorohydrate) + DADMAC (diallyldimethylammonium chloride) σε συγκέντρωση 1000 ppm με ρύθμιση του pH κοντά στην τιμή του 7.

4.7.2 Μείωση COD,TOC,Nitrate,Ammonia

Το δεύτερο πείραμα πραγματοποιήθηκε με καταβολή μεγαλύτερης προσπάθειας προκειμένου να επιτευχθεί βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών που φέρουν τα υγρά απόβλητα που εισέρχονται στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών της ΕΕΛ. Από τις 7 μεθοδολογίες μετρήσεων που πραγματοποιήσαμε μπορούμε να συμπεράνουμε , πως τα σημαντικότερα αποτελέσματα όσον αφορά τη μείωση του οργανικού φορτίου (TOC,COD) έγινε με την χρήση του FeCl_3 , οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας έμειναν σε υψηλά επίπεδα. Στη συνέχεια παρατηρήσαμε πως το όζον που διοχετεύσαμε μέσω των διαχυτήρων διατήρησε το οργανικό φορτίο σε υψηλα επίπεδα. Το όζον με τη μικρότερη συγκέντρωση (100 mg/l) μείωσε περισσότερο το COD ,σε σύγκριση με το όζον με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση (990 mg/l,)ενώ αντίθετα η αμμωνία έμεινε

σε υψηλά επίπεδα. Το όζον σε υψηλή συγκέντρωση όμως μείωσε σημαντικότερα τη συγκέντρωση της αμμωνίας μέσα στο απόβλητο ενώ το COD παρέμεινε υψηλό.

Με τη χρήση των λαμπτήρων UV η αμμωνία διατηρείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα ενώ αντίθετα το COD σε υψηλά. Με τη χρήση του υπεροξειδίου του υδρογόνου δεν παρατηρείται κάποια ουσιαστική μεταβολή. Οι μετρήσεις αυτές μα αποδεικνύουν πως είναι ικανή μια περεταίρω μείωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου υγρού αποβλήτου πριν την είσοδο στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών με τη χρήση του FeCl_3 (1000 ppm) για τη μείωση του (οργανικού φορτίου) COD, TOC ενώ για τη μείωση της αμμωνίας η χρήση του όζοντος κρίνεται απαραίτητη. Μια επεξεργασία του υγρού αποβλήτου με υπεριώδη ακτινοβολία και υπεροξείδιο του υδρογόνου δεν θα οδηγούσε σε επιθυμητά αποτελέσματα ενώ ταυτόχροα το κόστος επεξεργασίας θα ήταν μεγάλο. Για την καλύτερη επαλήθευση των αποτελεσμάτων μας θα ήταν σημαντική η είσοδος του επεξεργασμένου από εμάς δείγματος στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών έτσι ώστε να δούμε αν υπάρξει σημαντικά καλύτερο αποτέλεσμα από το ήδη υπάρχον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Α. Γρηγορίου(2005) <<MDF Ινόπλακα Μέσης ποιότητας.Τεχνολογία και ιδιότητες>>, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Α. Γρηγορίου(2009) <<Συγκολλημένα Προϊόντα ξύλου .Τεχνολογία και ιδιότητες>>, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- koutsoukos-athanasios.gr (9/2018).

Ξένη Βιβλιογραφία

- Lawrence K. Wang, Yung-Tse Hung,(2007),<<Advanced physicochemical treatment>>,Humana press INC,Volume 5.
- Carl-Fredrik Mandenius (2016) ,<<Bioreactors: Design,Operation and Novel Applications>> ,Wiley-VCH.
- Crites, R., J. Middlebrooks, and S. Reed, (2006), <<Natural Wastewater Treatment Systems>>, CRC/Taylor & Francis, Boca Raton, FL.
- H .Stechemesser,B. Dobias (2005) ,<<Coagulation and Flocculation>> CRC press,2nd Edition.
- Yong H.Kim,(1995)<<Coagulants and Flocculants : Theory and Practice >>1st edition.
- Flack, Ernest J (1976), <<Design of Water and Wastewater Systems>>, Environmental Resource Center, Colorado State University, Fort Collins.

-
- J.Radjenovic,M . Matosic,I. Mijatovic ,M. Petrovic,(2007),<<Membrane bioreactor as an advanced Wastewater Treatment technology>>.
 - Elsevier (2006),<<Industrial Waste Treatment Handbook>> ,Woodard & CurranINC,2nd Edition.
 - Robert J.Young,Peter A.Lovell (1981), <<Introduction to Polymers>>,CRC Press,3rd Edition.
 - Joint Task Force of WEF and ASCE,(1998), <<Design of Wastewater Treatment Plants>>, Water Environment Federation.2nd Edition.
 - Judd S. (2011),<< The MBR book. Principles and applications of membrane bioreactors for water and wastewater treatment>>, Elsevier, Oxford, U.K.2nd Edition.
 - Kim S, Kim J-A, Kim H-J, Hyoung Lee H, Yoon D-W.(2016), <<The effects of edge sealing treatment applied to wood-based composites on formaldehyde emission by desiccator test method>>. Polym Test.
 - L K. Wang , Hung Y, Howard H. Lo , C. Yapijakis , (2005),<<Waste Treatment in the Process Industries >>1st Edition.
 - Lee, Byoung-Ho, et al.(2011),<<Evaluating the flammability of wood-based panels and gypsum particleboard using a cone calorimeter."Construction and Building Materials>>, Vol. 25.
 - Tchobanoglous G., Tsuchihashi R., Stensel H.D. (2014) ,<<Wastewater Engineering: treatment and resource recovery,> Metcalf and Eddy, Inc, Burton F.L., 5th Edition, McGrawHill, New York, U.S.A.

-
- T M. Maloney ,(1977) ,<<Modern Particle Boas and Dry process Fiberboard Manufacturing>> , Backbeat Books.
 - Lawrence K. Wang,Yun Tse Hung,Nazih K. Shammass (2005),<<Physicochemical treatment processes>> ,Humana press INC,Volume 3.
 - Yoon S.-H. (2016) <<Membrane Bioreactor Processes: Principles and Applications>>, CRC Press, Boca Raton, U.S.A.
 - Mc Graw Hill(2005),<<Water Treatment Plant Design>>,American Water Works Association and American society of Civil engineers,5th Edition.
 - Weber, Walter Jr, (1972), <<Physicochemical Processes for Water Quality Control>>, Wiley-Interscience, New York.
 - Dilek and S. Bese, (2001) <<Treatment of pulping effluents by using alum and clay – color removal and sludge characteristics>>, Water SA .
 - S. Beulker and M. Jekel(1993), <<Precipitation and coagulation of organic substances >>,Water Sci. Technol.
 - M. Mänttari, K. Viitikko, and M. Nyström, (2006) <<Nanofiltration of biologically treated effluents>>, J. Membr. Sci. 272 .
 - S.Sourirajan and T.Matsuura,(1985)<<Reverse Osmosis/Ultrafiltration Process Principles>>, National Research Council Canada, Ottawa.
 - J.Bratby (2016),<<Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment>> ,IWA,2nd Edition.

