

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



Πτυχιακή εργασία

ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΕΚΡΟΩΝ

Ραφαέλλα Βαρνάβα

Λεμεσός 2014

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

Αποκεντρωμένη Μονάδα Επεξεργασίας Αστικών
Λυμάτων - Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων
Εκροών

Ραφαέλλα Βαρνάβα

Σύμβουλος καθηγητής ή καθηγήτρια
Δρ. Νικόλας Καθητζιώτης

Λεμεσός 2014

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Ραφαέλλα Βαρνάβα, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχάς τον επιβλέπον καθηγητή μου Νικόλα Καθητζιώτη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου αυτό το θέμα και για τον χρόνο που αφιέρωσε για την επίβλεψη αυτής της εργασίας. Με την πολύτιμη βοήθεια του και τις συμβουλές του αντιμετώπισα τις δυσκολίες της μελέτης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον κ. Θεοχάρους Κυριάκο και τον κ. Παπαμιχαήλ Γιάννη, που με την συνεργασία τους με βοήθησαν στην συλλογή δεδομένων και τον σχεδιασμό της μονάδα επεξεργασίας.

Αρκετές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον φίλο και συμφοιτητή μου Στέλιο Γεωργίου για την στήριξη και την βοήθεια του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στην αδερφή μου, Ιωάννα Βαρνάβα, για την συνεχή βοήθεια, στήριξη και εμπύχωση που μου έδωσε.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου που ήταν δίπλα μου και με στήριζαν καθημερινά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό λόγω της υπερκατανάλωσης και της αυξημένης ζήτησης του, κοστίζει ολοένα και πιο ακριβά. Το πρόβλημα αυτό, απασχολεί πολύ έντονα τα ξενοδοχεία, τα οποία αναγκάζονται να χρησιμοποιούν καθημερινά τεράστιους όγκους νερού ώστε να επιτελέσουν τις εργασίες τους. Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να προσδιορίσει μια λύση για τα ξενοδοχεία, μέσω μιας πρωτοποριακής μεθόδου επεξεργασίας λυμάτων.

Η δεδομένη εργασία δεν αφορά τα συνηθισμένα μεγάλα κεντρόμορφα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας. Αφορά ένα ιδιωτικό αποκεντρωμένο σύστημα που θα δέχεται λύματα από τέσσερα γειτονικά ξενοδοχεία, θα τα επεξεργάζεται κοντά στο χώρο παραγωγής τους και θα τα εκμεταλλεύονται από τα ίδια τα ξενοδοχεία. Η μονάδα θα είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η παρουσία δυσάρεστων οσμών και εικόνων.

Γενικά, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων συμβατικών συστημάτων, περιγράφονται τα τρία στάδια επεξεργασίας (Πρωτοβάθμια, Δευτεροβάθμια και Τριτοβάθμια επεξεργασία) και η επεξεργασία της ιλύος, μαζί με τα συστήματα που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο είδος μονάδας. Δίνονται τρόποι διάθεσης της ιλύς και του νερού, γίνεται αποθήκευση του βιοαερίου μετατροπή ως θερμική και ηλεκτρική ενέργεια για την εν μέρει αυτονομία της μονάδας.

Τέλος υπολογίζοντας το νερό που καταναλώνεται από το κάθε ξενοδοχείο, γίνεται ο σχεδιασμός του συστήματος. Γίνεται δηλαδή διαστασιολόγηση των διαφόρων συστημάτων και υπολογισμός της απόδοσης του (συνολική περιεκτικότητα σε BOD και SS).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	9
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1 Συστήματα συλλογής και επεξεργασίας αποβλήτων	15
1.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Συστημάτων	15
1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των δύο συστημάτων.....	16
2 Επεξεργασία υγρών αποβλήτων.....	19
2.1 Πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	23
2.1.1 Εσχάρωση.....	24
2.1.2 Εξάμωση (Αμμοσυλλογή και Λιποσυλλογή)	24
2.1.3 Πρωτοβάθμια Καθίζηση.....	26
2.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία:	27
2.3 Περιστρεφόμενοι αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας (RBC - Rotating Biological Contractors).....	30
2.4 Δευτεροβάθμια Καθίζηση	33
2.5 Επανακυκλοφορία ιλύς.....	34
3 Τριτοβάθμια Επεξεργασία.....	35
3.1 Φιλτράρισμα- Βιοαντιδραστήρας με Μεμβράνες (MBR).....	36
3.2 Απολύμανση	40
4 Διάθεση νερού.....	42
4.1 Νομικό πλαίσιο.....	44
4.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού από βιολογικούς καθαρισμούς στην Κύπρο	54

5	Επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση ιλύος.....	55
5.1	Βήματα επεξεργασίας ιλύος	55
5.2	Διάθεση ιλύος.....	58
5.3	Νομοθετικό πλαίσιο στην Ε.Ε.....	59
5.4	Παραγωγή Μεθανίου.....	61
5.4.1	Αναερόβια επεξεργασία	61
5.4.2	Λειτουργικά χαρακτηριστικά	64
6	Μονάδα	65
6.1	Υπολογισμός καταναλώσεων νερού από τα ξενοδοχεία.....	65
6.2	Σχεδιασμός Εγκαταστάσεων	76
6.2.1	Εσχάρες	76
6.2.2	Εξάμμωση (Αμμοσυλλογή και Λυποσυλλογή).....	79
6.2.3	Πρωτοβάθμια καθίζηση.....	80
6.2.4	Σύστημα RBC.....	81
6.2.5	Δευτεροβάθμια καθίζηση	82
7	Προτεινόμενες μέθοδοι μείωσης της κατανάλωσης σε νερό και των περιεχόμενων ρυπαντικών φορτίων.....	83
7.1	Χρήση τουαλετών κενού	83
7.2	Χρήση λιπο-παγίδων στις κουζίνες των εστιατορίων	85
7.3	Διαχωρισμός γκρίζου και μαύρου νερού.....	86
8	Συμπεράσματα	87
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά κεντρόμορφου και αποκεντρωμένου συστήματος	15
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κεντρόμορφου Συστήματος	16
Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αποκεντρωμένου Συστήματος	17
Πίνακας 4: Τυπική σύσταση ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων	19
Πίνακας 5: Τα βασικά συστήματα επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων	22
Πίνακας 6: Σύγκριση των παρουσιαζόμενων μεθόδων βιολογικού καθαρισμού	28
Πίνακας 7: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των συστημάτων RBC	30
Πίνακας 8: Απομάκρυνση διαφόρων συστατικών με τη χρήση μεμβρανών	36
Πίνακας 9: Σύγκριση μεθόδων απολύμανσης	40
Πίνακας 10: Κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων και ενδεχόμενοι περιορισμοί... ..	43
Πίνακας 11: Χαρακτηριστικά λυμάτων και συχνότητα αναλύσεων βάση την οδηγία 91/271/ΕΟΚ.....	45
Πίνακας 12: Απαιτούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένου νερού που χρησιμοποιεί ο ΣΑΛΑ στην Κύπρο	46
Πίνακας 13: Προτεινόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για άρδευση στην Ελλάδα.....	48
Πίνακας 14: Προτεινόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στη βιομηχανία, στην Ελλάδα.....	49
Πίνακας 15: Προτεινόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για αστική χρήση εκτός πόσης και χρήσεις αναψυχής στην Ελλάδα	51
Πίνακας 16: Προτεινόμενα μέγιστα όρια βαρέων μετάλλων σε ανακτημένα λύματα.....	51
Πίνακας 17: Οδηγίες για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση	52
Πίνακας 18: Συγκεντρωτικός πίνακας μεθόδων βιολογικής σταθεροποίησης της ιλύος.....	56

Πίνακας 19: Προτεινόμενα ανώτατα όρια για ορισμένους οργανικούς ρύπους στην ιλύ.....	59
Πίνακας 20: Λειτουργικές συνθήκες για αποδεκτή δραστηριότητα μεθανογενών βακτηρίων και παραγωγή βιοαερίου.....	64
Πίνακας 21: Δεδομένα.....	65
Πίνακας 22: Ελάχιστη κατανάλωση ανά κατηγορία ξενοδοχείου	66
Πίνακας 23: Ημερήσια κατανάλωση νερού για κάθε μήνα.....	67
Πίνακας 24: Ημερήσια κατανάλωση Four Seasons	69
Πίνακας 25: Ημερήσια κατανάλωση Amathus	71
Πίνακας 26: Ημερήσια κατανάλωση Mediterranean	72
Πίνακας 27: Ημερήσια κατανάλωση Golden Arches.....	74
Πίνακας 28: Συνολική κατανάλωση ξενοδοχείων.....	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Μηχανική και βιολογική επεξεργασία μικρών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων.....	21
Διάγραμμα 2: Διαδικασίες Πρωτοβάθμιας Επεξεργασίας.....	23
Διάγραμμα 3: Διάταξη Δευτεροβάθμιας Επεξεργασίας.....	29
Διάγραμμα 4: Τρισδιάστατη αναπαράσταση λειτουργίας συστήματος RBC.....	32
Διάγραμμα 5: Πλάγια όψη και πρόσοψη συστήματος RBC.....	32
Διάγραμμα 6: Περιγραφή λειτουργίας δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης.....	33
Διάγραμμα 7: Διάταξη Τριτοβάθμιας Επεξεργασίας.....	35
Διάγραμμα 8: Αποτελεσματικότητα των διεργασιών διήθησης με μεμβράνες.....	37
Διάγραμμα 9: Τοποθέτηση μεμβρανών εντός και εκτός της δεξαμενής αερισμού.....	38
Διάγραμμα 10: Σύστημα αυτοκαθαρισμού μεμβρανών με συνεχή παροχή αέρα.....	39
Διάγραμμα 11: Καθαρισμός μεμβράνης με αντίστροφη.....	39
Διάγραμμα 12: Διάθεση ανακυκλωμένου νερού στην Κύπρο 2004-2012.....	54
Διάγραμμα 13: Διάταξη διαδικασιών επεξεργασίας ιλύος.....	58
Διάγραμμα 14: Στάδια αναερόβιας αποδόμησης.....	62
Διάγραμμα 15: Διακύμανση κατανάλωσης νερού ανά έτος.....	66
Διάγραμμα 16: Ετήσια κατανάλωση νερού για κάθε ξενοδοχείο και αθροιστική.....	68
Διάγραμμα 17: Διακύμανση κατανάλωσης νερού ανά ημέρα.....	69
Διάγραμμα 18: Ημερήσια κατανάλωση Four Seasons.....	71
Διάγραμμα 19: Ημερήσια κατανάλωση Amathus.....	72
Διάγραμμα 20: Ημερήσια κατανάλωση Mediterranean.....	74
Διάγραμμα 21: Ημερήσια κατανάλωση Golden Arches.....	75
Διάγραμμα 22: Διάγραμμα ροής εγκαταστάσεων μονάδας.....	76
Διάγραμμα 23: Γραφική αναπαράσταση υπερχείλισης-BOD/SS.....	80

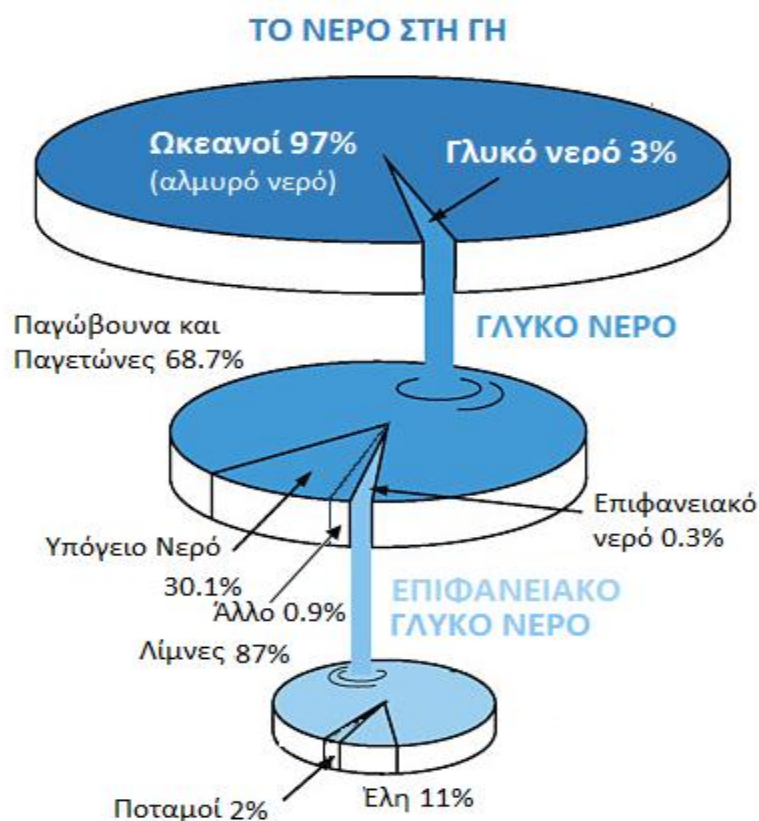
Διάγραμμα 24: Απόδοση συστήματος BRC..... 81

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΤΕΠΑΚ.:	Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΧΥΤΑ:	Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
ΕΕΛ:	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων
ΣΑΛΑ:	Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λεμεσού – Αμαθούντας
RBC:	Rotating Biological Contactor
MBR:	Membrane Biological Reactor
BOD ⁵ :	Biochemical Oxygen Demand occurring over a 5-day period
SS:	Suspended Solids
TSS:	Total Suspended Solids
Na:	Νάτριο
P:	Φώσφορος
UV	Υπεριώδης ακτινοβολία
O ₃	Οζόνωση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί βασικό ζωτικό στοιχείο για την επιβίωση του ανθρώπου καθώς και για τη διατήρηση και συντήρηση του φυσικού περιβάλλοντος. Παρά το γεγονός ότι η συνολική ποσότητα του στον πλανήτη είναι σταθερή, η φύση των υδάτινων πόρων αλλάζει με αποτέλεσμα όλο και λιγότερο νερό να είναι πλέον διαθέσιμο για πόση. Στο πιο κάτω διάγραμμα παρουσιάζεται μια λεπτομερή περιγραφή της κατανομής του νερού της γης, όπου παρατηρούμε ότι από τα 1.386.000.000 κυβικά χιλιόμετρα του νερού στη γη, περίπου τα 1.338.000.000 κυβικά χιλιόμετρα (το 97% , δηλαδή) είναι αποθηκευμένα στους ωκεανούς και μόνο το 3% του νερού που υπάρχει στη γη είναι καθαρό - γλυκό νερό. Το 68.7% αυτού του νερού είναι δεσμευμένο σε παγετώνες και παγόβουνα και το 30.1% βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς. Από το υπόλοιπο 1%, το 0.3% είναι επιφανειακό νερό. Οι βασικές πηγές νερού για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών είναι τα ποτάμια και οι λίμνες στα οποία βρίσκονται συνολικά 93.100 κυβικά χιλιόμετρα και αντιπροσωπεύει περίπου το 1/150 του 1% του συνολικού νερού στη γη.



Το νερό είναι κατά βάση μια ανανεώσιμη πηγή η οποία όμως είναι άνισα κατανεμημένη. Η αυξανόμενη αστικοποίηση οδηγεί σε επιπλέον διαρθρωτικές ανισοροπίες μεταξύ της ανάγκης για το νερό και τους διαθέσιμους πόρους, με αποτέλεσμα την δημιουργία του προβλήματος της λειψυδρίας. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να λυθεί εύκολα με τη μεταφορά νερού. Η λύση αυτή όμως είναι αρκετά ακριβή γι αυτό και πρέπει να δοθεί έμφαση στην καλύτερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων σε τοπικό επίπεδο. Αρχικά, πρέπει να γίνει καταπολέμηση της σπατάλης. Ωστόσο, η καταπολέμηση της σπατάλης δεν είναι πάντα επαρκής ώστε να διορθωθεί η ανισοροπία μεταξύ της ζήτησης και των διαθέσιμων πόρων. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να αυξηθεί η αποδοτικότητα των διαθέσιμων υδάτινων πόρων. Αυτό μπορεί να γίνει με:

- Βροχή. Εναλλακτική πηγή με περιορισμένη εφαρμογή
- Αφαλάτωση του νερού. Είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, η οποία όμως καταναλώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας
- Χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων. Είναι η διαδικασία που διαχωρίζει τις επικίνδυνες ουσίες από το νερό στα λύματα, ώστε το νερό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο περιβάλλον.

Η πρακτική επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης νερών που προκύπτουν από την επεξεργασία των λυμάτων είναι σχετικά πρόσφατη στη χώρα μας. Είναι όμως πραγματικότητα σε πολλές χώρες όπως ΗΠΑ, Αυστραλία, Γαλλία, Ισραήλ, Τυνησία, Γερμανία, Μαρόκο κλπ., οι οποίες αξιοποιούν νερά από βιολογικούς καθαρισμούς είτε για αστικές, είτε για γεωργικές χρήσεις.

Τα συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες, τα αποκεντρωμένα και τα κεντρόμορφα συστήματα. Στην Κύπρο, χρησιμοποιούνται μεγάλα κεντρόμορφα συστήματα βιολογικών σταθμών τα οποία είναι υπεύθυνα για τα λύματα όλης της πόλης. Σε μερικά απομακρυσμένα χωριά όπως είναι το Πελέντρι, η Κυπερούντα κλπ. χρησιμοποιούνται πιο μικρά αποκεντρωμένα συστήματα.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η δημιουργία ενός μικρού ιδιωτικού αποκεντρωμένου σταθμού ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία τεσσάρων ξενοδοχείων, περίπου 2000 Ι.Π. οι οποίοι θα επεξεργάζονται οι ίδιοι τα λύματα τους και θα έχουν οι ίδιοι τα πλεονεκτήματα της επαναχρησιμοποίησης τους.

1 Συστήματα συλλογής και επεξεργασίας αποβλήτων

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων περιλαμβάνει έργα για τη συλλογή, την επεξεργασία καθώς επίσης και τη διάθεσή τους. Σκοπός της, είναι η απομάκρυνση και επεξεργασία ανθρωπίνων περιττωμάτων και υγρών αποβλήτων από τις κατοικημένες περιοχές, ώστε να μειωθούν οι επιβλαβείς κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Τέτοια συστήματα υπάρχουν στον κόσμο εδώ και 37 αιώνες περίπου, τα οποία όμως με το πέρασ του χρόνου συνεχώς αναβαθμίζονται και βελτιστοποιούνται με την εμφάνιση νέων τεχνολογιών, πιο εξελιγμένων. Τα συστήματα διαχείρισης σήμερα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο γενικές κατηγορίες συστημάτων: τα κεντρόμορφα συστήματα, τα οποία συναντάμε πιο συχνά, όπου ένα σύστημα είναι υπεύθυνο για όλη τη πόλη ή μεγάλους οικισμούς και τα αποκεντρωμένα συστήματα τα οποία είναι πιο μικρά συστήματα και αφορούν συνήθως απομονωμένα χωριά, μικρούς οικισμούς ή συγκροτήματα ξενοδοχείων. Τα αποκεντρωμένα συστήματα είναι πιο πρόσφατα συστήματα αλλά παρά τις ικανότητες τους, δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί αρκετά.

1.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Συστημάτων

Στον πιο κάτω πίνακα περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των δύο αυτών συστημάτων, όπου μπορούν να διακριθούν οι διαφορές τους.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά κεντρόμορφου και αποκεντρωμένου συστήματος

Κεντρόμορφο	Αποκεντρωμένο
Παλαιό, διαδεδομένο σύστημα - διδάσκεται σε σχολές μηχανικής	Νέο σύστημα, δεν διδάσκεται σε σχολές μηχανικής ακόμη
Υψηλό κόστος αρχικού κεφαλαίου	Χαμηλότερο κόστος αρχικού κεφαλαίου
Μεταφορά νερού μακριά από την πηγή	Διατηρεί κοντά το νερό
Μεγάλης έκτασης κατασκευή	Μικρότερη κατασκευή

Συμβατικοί υπόνομοι βαρύτητας, μεγάλης διαμέτρου	Υπόνομοι πίεσης, μικρής διαμέτρου
Απαιτείται άρτια εκπαιδευμένο προσωπικό	Απαιτούνται βασικές δεξιότητες λειτουργίας
Καταστροφική αποτυχία, σοβαρές επιπτώσεις	Συνέπειες αποτυχίας αισθητές σε μικρότερη έκταση

Πηγή: (Hophmayer-Tokich 2006; Kreissl 2006)

1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των δύο συστημάτων

Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κεντρόμορφου Συστήματος

ΚΕΝΤΡΟΜΟΡΦΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Παλαιό, διαδεδομένο σύστημα - διδάσκεται σε σχολές μηχανικής	Υψηλό κόστος αρχικού κεφαλαίου
Μεταφορά νερού μακριά από την πηγή	Απαιτούνται μεγάλη διάμετροι σωλήνων μεταφοράς των αποβλήτων
Συμβατικοί υπόνομοι βαρύτητας, δεν απαιτείται μεγάλο ποσοστό ενέργειας για την μεταφορά των αποβλήτων	Απαιτείται μεγάλη έκταση για εγκατάσταση της μονάδας
	Επειδή είναι μεγάλο σύστημα η αποτυχία του προκαλεί σοβαρά προβλήματα
	Οποιοδήποτε πρόβλημα σε ένα σημείο του συστήματος (π.χ. απόφραξη ενός σωλήνα), δημιουργεί πρόβλημα και σε άλλα μέρη του συστήματος που ενώνονται με αυτό

	Υπάρχει μια αρμόδια αρχή για την επίλυση όλων των δυσκολιών/προβλημάτων που πιθανόν να υπάρξουν, με αποτέλεσμα να μην αντιμετωπίζονται άμεσα αλλά να πρέπει να αντιμετωπιστούν με σειρά προτεραιότητας
	Δύσκολος εντοπισμός του προβλήματος αφού είναι πολύ μεγάλο σύστημα
	Χάσιμο ενέργειας κατά τη μεταφορά τους σε μακρινές αποστάσεις, η οποία θα μπορούσε να αξιοποιηθεί

Πίνακας 3:Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αποκεντρωμένου Συστήματος

ΑΠΟΚΕΤΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χαμηλότερο κόστος αρχικού κεφαλαίου	Νέο σύστημα, δεν διδάσκεται σε σχολές μηχανικής ακόμη
Χρησιμοποιούνται μικροί διάμετροι σωλήνων μεταφοράς των αποβλήτων	Το νερό μένει κοντά την πηγή
Εύκολος εντοπισμός των προβλημάτων και γρηγορότερη αντιμετώπιση του	Υπόνομοι πίεσης, απαιτείται μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας για την μεταφορά των αποβλήτων
Απαιτείται μικρή έκταση για εγκατάσταση της μονάδας	Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, δεν υπάρχει ελεύθερος χώρος για την εγκατάσταση της μονάδας. Επίσης, τα οικόπεδα είναι πιο ακριβά σε κατοικημένες περιοχές
Η ενέργεια που δημιουργείται κατά τη	

μεταφορά των αποβλήτων μπορεί να αξιοποιηθεί αφού μεταφέρονται σε κοντινές αποστάσεις και δεν χάνεται μεγάλο μέρος της	
Σε τυχόν ατυχία, οι επιπτώσεις δεν είναι τόσο καταστροφικές. Αντιθέτως, μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη μεταφορά των αποβλήτων με βυτία σε άλλο σταθμό λόγω του ότι δεν είναι τόσο μεγάλες ποσότητες	
Γίνεται ξεχωριστή συγκέντρωση του μαύρου με του γκρίζου νερού	

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δύο συστημάτων τα αποκεντρωμένα συστήματα είναι πιο συμφέρουσα σε περιπτώσεις μικρών απομακρυσμένων οικισμών ή και συγκροτημάτων ξενοδοχείων, αφού μπορούν να εκμεταλλευτούν οι ίδιοι τα προϊόντα που παράγει η μονάδα, αντί να πληρώνουν φόρους στο κράτος. Συγκεκριμένα, τα ξενοδοχεία που είναι και το θέμα της συγκεκριμένης μελέτης, λόγω του αυξημένου ποσοστού BOD5 που παρουσιάζουν τα απόβλητα τους, πληρώνουν επιπρόσθετα πρόστιμα τα οποία είναι πολύ ακριβά. Το μειονέκτημα αυτό θεωρείται και ο κύριος λόγος για ανάγκη εύρεσης μιας πιο κερδοφόρας λύσης.

2 Επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Ως υγρό απόβλητο χαρακτηρίζεται το νερό, το οποίο εξαιτίας της χρήσης του μέσω του ανθρώπου και των δραστηριοτήτων του υπέστη μια αλλαγή των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του και συνεπώς είτε είναι αδύνατο πλέον να χρησιμοποιηθεί όπως είναι για τον ίδιο σκοπό, είτε η χρήση του εμπεριέχει κινδύνους. Συνεπώς, το νερό των υγρών αποβλήτων έχει χάσει την ικανότητα της προηγούμενης αξιοποίησης του και είναι πλέον ένα υποβαθμισμένο υλικό (Τσουνίδης 2005).

Τα απόβλητα προκύπτουν από τις καθημερινές δραστηριότητες (διαδικασίες καθαριότητας, μαγειρεία, πλυντήρια, μπάνιο κλπ.) σε μια κατοικημένη περιοχή (κατοικίες, γραφεία, ιδρύματα, βιομηχανίες, ξενοδοχεία κλπ.). Συνεπώς, η αυξημένη συγκέντρωση πληθυσμών στα αστικά κέντρα και η ραγδαία ανάπτυξη οδήγησε σε υπερκατανάλωση του νερού από τον άνθρωπο και μετατροπή του πολύτιμου αυτού αγαθού σε “βρώμικο νερό”. Μια τυπική σύσταση των επεξεργασμένων λυμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 4, ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκουν.

Πίνακας 4: Τυπική σύσταση ανεπεξεργαστων αστικών λυμάτων

Συστατικό	Συγκέντρωση (mg/l)		
	Ισχυρά	Μεσαία	Αδύνατα
Ολικά στερεά	1200	720	350
BOD5	400	220	110
COD	1000	500	250
TOC	290	160	80
Ολικό Άζωτο	85	40	20
Ολικός Φώσφορος	15	8	4
Χλωρικά	100	50	30
Θειικά	50	30	20

Αλκαλικότητα	200	100	50
Λίπη - Έλαια	150	100	50

Πηγή:(Metcalf and Eddy 2003)

Για να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ή να διατεθεί αυτό το νερό πρέπει να αφαιρεθούν αυτές οι ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες που περιέχει. Η διαδικασία αυτή γίνεται με τη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, σκοπός της οποίας είναι η επαναφορά του χρησιμοποιούμενου νερού στη φύση ή στο κύκλωμα παραγωγής με αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα είναι συμβατά με τις επιθυμητές χρήσεις, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία και τα φυσικά οικοσυστήματα, να διατηρηθεί το περιβάλλον και να μην υποβαθμισθούν οι υδατικοί πόροι του πλανήτη (Νταρακάς 2014; Τσουνίδης 2005; Χουρδάκης 2007). Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα παρακάτω (Νταρακάς 2014):

Προεπεξεργασία: απομακρύνονται υλικά όπως πανιά, χαλίκια, άμμος, μικρά τεμάχια ξύλου και πλαστικού, λάδια, λίπη κ.λ.π. τα οποία συνήθως προκαλούν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και προβλήματα στη συντήρηση και τη λειτουργία του.

Πρωτοβάθμια επεξεργασία: απομακρύνεται ένα μέρος των αιωρούμενων στερεών και ένα μέρος των οργανικών ουσιών. Αυτό επιτυγχάνεται με τα φυσικό φαινόμενο της καθίζησης.

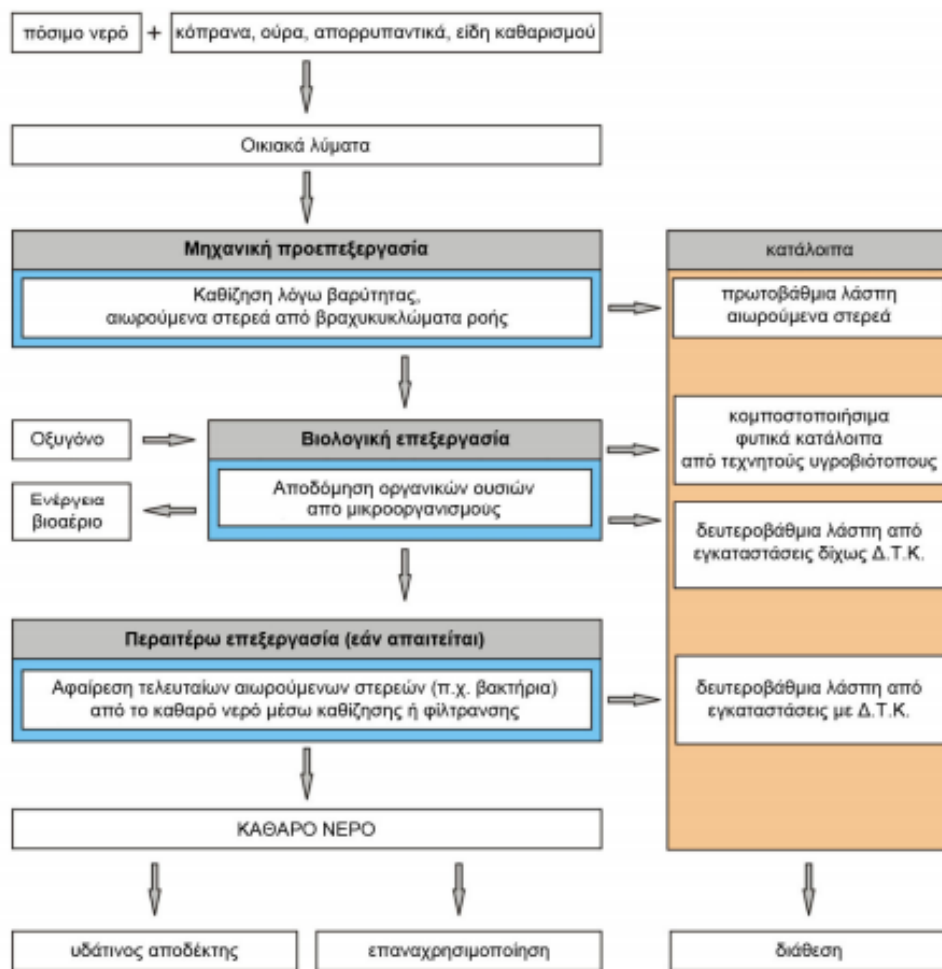
Δευτεροβάθμια επεξεργασία: απομακρύνονται οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες, τα αιωρούμενα στερεά και οι θρεπτικές ουσίες του αζώτου και του φωσφόρου με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών. Σημειώνεται ότι και η απολύμανση περιλαμβάνεται στον τυπικό ορισμό της συμβατικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.

Τριτοβάθμια επεξεργασία: απομακρύνονται οι εναπομείνουσες από την δευτεροβάθμια επεξεργασία αιωρούμενες ουσίες, συνήθως με χρήση μέσου διήθησης.

Προχωρημένη επεξεργασία: απομακρύνονται τα αιωρούμενα αλλά και οι διαλυμένες ουσίες που παραμένουν στα απόβλητα μετά τη συνηθισμένη βιολογική επεξεργασία όταν αυτή απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών και συνήθως

περιλαμβάνει διήθηση, χρήση μεμβρανών, αντίστροφη ώσμωση, προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, ιοντοεναλλαγή κ.ά.

Ο καθαρισμός των λυμάτων βασίζεται σήμερα στις ίδιες αρχές όπως και πριν 100 χρόνια. Έτσι, αξιοποιήθηκε στις μικρές εγκαταστάσεις η εμπειρία και οι γνώσεις από τις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού. Η συγκέντρωση των λυμάτων με την βοήθεια αποχετευτικού δικτύου σε κεντρική εγκατάσταση επεξεργασίας ήταν μεγάλο επίτευγμα. Οι μέθοδοι επεξεργασίας που εφαρμόζονται στις περισσότερες μικρές εγκαταστάσεις αντιστοιχούν σε αυτές των συμβατικών βιολογικών. Το Διάγραμμα 1 αποτυπώνει τη διαδρομή των οικιακών λυμάτων, από τη δημιουργία τους, στο καθαρισμό τους στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, έως την τελική τους διάθεση (Ντοκούτση 2011).



Διάγραμμα 1: Μηχανική και βιολογική επεξεργασία μικρών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων

Πηγή: (Ντοκούτση 2011)

Τα στάδια που ακολουθούνται για την επεξεργασία των λυμάτων έχουν τυποποιηθεί. Παρόλα αυτά, για το κάθε στάδιο μπορούν να επιλεγεί μια πληθώρα συνδυασμών διαδικασιών ώστε να επιτευχθεί το αποτέλεσμα. Οι διαδικασίες επιλέγονται με βάση τα χαρακτηριστικά των λυμάτων και των απαιτήσεων, λόγω του τρόπου που θα διατεθούν. Στον πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα διάφορα συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κάθε βαθμό επεξεργασίας.

Πίνακας 5: Τα βασικά συστήματα επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων

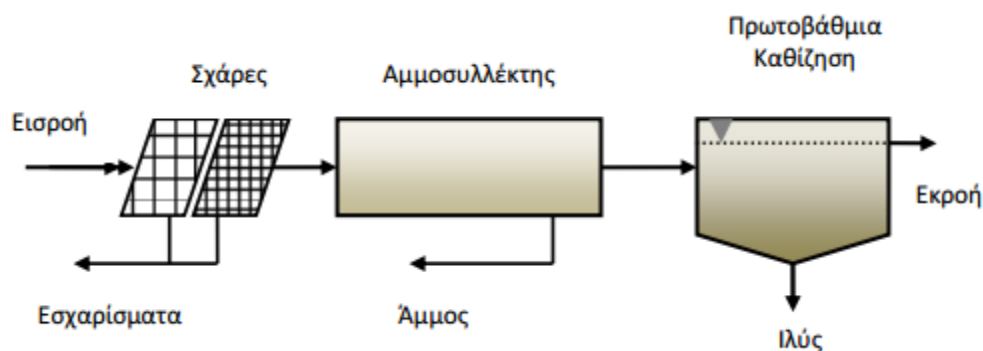
Συστήματα προεπεξεργασίας ή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας	<ul style="list-style-type: none"> - Εσχάρωση - Εξάμωση (Αμμοσυλλέκτης) - Επίπλευση - Λιποσυλλογή (Λιποσυλλέκτης) - Πρωτοβάθμια καθίζηση 				
Συστήματα δευτεροβάθμιας ή βιολογικής επεξεργασίας	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top; width: 30%;"> Αερόβια συστήματα </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας (Ενεργός ιλύς) - Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας (Βιολογικοί υμένες σε χαλικοδυλιστήρια, ή δισκοδυλιστήρια) </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top; border-top: 1px solid black;"> Αναερόβια συστήματα </td> <td style="border-top: 1px solid black;"> <ul style="list-style-type: none"> - Σηπτικές δεξαμενές - Δεξαμενές Imhoff - Λίμνες και δεξαμενές σταθεροποίησης </td> </tr> </table>	Αερόβια συστήματα	<ul style="list-style-type: none"> - Αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας (Ενεργός ιλύς) - Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας (Βιολογικοί υμένες σε χαλικοδυλιστήρια, ή δισκοδυλιστήρια) 	Αναερόβια συστήματα	<ul style="list-style-type: none"> - Σηπτικές δεξαμενές - Δεξαμενές Imhoff - Λίμνες και δεξαμενές σταθεροποίησης
Αερόβια συστήματα	<ul style="list-style-type: none"> - Αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας (Ενεργός ιλύς) - Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας (Βιολογικοί υμένες σε χαλικοδυλιστήρια, ή δισκοδυλιστήρια) 				
Αναερόβια συστήματα	<ul style="list-style-type: none"> - Σηπτικές δεξαμενές - Δεξαμενές Imhoff - Λίμνες και δεξαμενές σταθεροποίησης 				
Συστήματα χημικής επεξεργασίας (προαιρετικό)	<ul style="list-style-type: none"> - Οξειδωση - Αναγωγή - Κροκίδωση / Συσσωμάτωση - Χημική κατακρήμνιση / Ιζηματοποίηση 				
Συστήματα τριτοβάθμιας επεξεργασίας	<ul style="list-style-type: none"> - Διήθηση - Μembrάνες - Αντίστροφη ώσμωση - Προσρόφηση - Ιοντοεναλλαγή 				
Μέθοδοι απολύμανσης	<ul style="list-style-type: none"> - Χλωρίωση - Υπεριώδης ακτινοβολία (UV) - Οζόνωση (O₃) 				

Τεχνολογίες επεξεργασίας ιλύος	- Πάχυνση - Βιολογική σταθεροποίηση (αερόβια ή αναερόβια) -Αφυδάτωση (Κλίνες ξήρανσης, ταινιοφιλτρόπρεςες, φυγοκέντριση)
-----------------------------------	---

Πηγή: (Νταρακάς 2014)

2.1 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία χωρίζεται σε δύο επιμέρους στάδια, την προεπεξεργασία και την πρωτοβάθμια καθίζηση. Κατά την προεπεξεργασία τα λύματα περνούν αρχικά από τις εσχάρες προκειμένου να κατακρατηθούν τα μεγάλα αντικείμενα που αιωρούνται (π.χ. πέτρες χαλίκια, πλαστικά υλικά) και στη συνέχεια περνούν από τους αμμοσυλλέκτες, όπου αφαιρείται η άμμος και άλλα ανόργανα στερεά. Ακολουθεί το δεύτερο στάδιο, όπου τα λύματα παραμένουν για ένα χρονικό διάστημα (2-3 ώρες) σε ηρεμία στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, έτσι ώστε να απομακρυνθούν τα στερεά ως πρωτοβάθμια ιλύς. Από την πρωτοβάθμια επεξεργασία επιτυγχάνεται απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών σε ποσοστό 50-70% και μείωση του οργανικού φορτίου σε ποσοστό 25-40%. Ωστόσο, το υγρό που προκύπτει δεν είναι ακόμη κατάλληλο για διάθεση, για αυτό και υπόκειται σε επιπλέον επεξεργασία (Σαμαράς 2013).(Gerardi 2003; Τσώνης 2004)



Διάγραμμα 2: Διαδικασίες Πρωτοβάθμιας Επεξεργασίας

Πηγή: (Νταρακάς 2014)

2.1.1 Εσχάρωση

Αρχικά, τα λύματα διέρχονται από σχάρες, ο στόχος των οποίων είναι να συγκρατούν ευμεγέθη στερεά όπως τεμάχια ξύλου, πανιά, γυαλιά, πλαστικά, φλοιούς φρούτων και λαχανικών κτλ, ώστε να αποτρέπονται πιθανές εμφράξεις στις σωληνώσεις και τις αντλίες του συστήματος και να σε θέση να προστατέψουν τα μετέπειτα μηχανήματα και εξαρτήματα της εγκατάστασης. Τα εσχαρίσματα που προκύπτουν από τον εσχαρισμό των λυμάτων συμπίεζονται ελαφρά, αφυδατώνονται και οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων. Συνήθως οι σχάρες τοποθετούνται σε κλειστό χώρο, όπου γίνεται απόσπηση, για να αποφευχθούν οι δυσάρεστες οσμές που προκαλούν. Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από το άνοιγμα των σχαρών και την κατά μέγεθος κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων των αποβλήτων. Όσο πιο λεπτές είναι οι σχάρες, τόσο πιο καλύτερες/μεγαλύτερες αποδόσεις παρουσιάζονται. Τα συνήθη αποτελέσματα που παρουσιάζονται με την χρήση τους είναι η μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 5 – 10 % και η μείωση οργανικού φορτίου ως BOD5 κατά 0 – 10 % (Νταρακάς 2014).

Κατά τον σχεδιασμό των διατάξεων της εσχάρωσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι παράμετροι για την απομάκρυνση των εσχαρισμάτων. Οι σχάρες είναι ουσιαστικά διατάξεις, συνήθως από κεκλιμένες ράβδους ανοξειδωτού χάλυβα ορθογωνικής διατομής με στρογγυλεμένες ακμές. Υπάρχουν όμως διάφορα είδη εσχάρων, τα οποία επιλέγονται ανάλογα για το κάθε σύστημα αλλά και την θέση που θα τοποθετηθούν. Ποικίλουν ανάλογα με την απόσταση μεταξύ των ράβδων η οποία μπορεί να είναι από μερικά χιλιοστά έως μερικά εκατοστά. Υπάρχουν σχάρες με μεγάλο άνοιγμα (απόσταση ράβδων 40 – 100 mm) οι οποίες καθαρίζονται χειρονακτικά, σχάρες με μικρό άνοιγμα (απόσταση ράβδων 6 – 40mm) και σχάρες με πολύ μικρό άνοιγμα (απόσταση ράβδων 3 – 6 mm) οι οποίες καθαρίζονται με μηχανικά μέσα. Σε μερικές περιπτώσεις, τοποθετούνται στη σειρά διαδοχικά σχάρες με μεγάλο και μετά σχάρες με μικρό άνοιγμα ώστε να επιτευχθεί καλύτερο αποτέλεσμα (Metcalf and Eddy 2003; Μαρκαντωνάτος 1990; Νταρακάς 2014; Στάμου 2004).

2.1.2 Εξάμωση (Αμμοσυλλογή και Λιποσυλλογή)

Ακολούθως, τα λύματα περνούν στους αμμοσυλλέκτες όπου απομακρύνονται από τα λύματα σωματίδια άμμου και λάσπης, τέφρα, τσόφλια αυγών, καφές, αλεσμένα σκουπίδια κλπ, έτσι

ώστε να μην προκαλέσουν στα μετέπειτα στάδια διάφορα προβλήματα, όπως φθορά στις αντλίες, απόφραξη των σωληνώσεων ύψους και να μην συσσωρευτούν στις δεξαμενές καθίζησης και αερισμού. Ο σκοπός της αμμοσυλλογής δηλαδή, είναι ο διαχωρισμός των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων αδρανών υψηλής πυκνότητας, με διάμετρο μεγαλύτερη από 0,2 mm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών (Καθητζιώτης 2012; Νταρακάς 2014).

Η λειτουργία του συστήματος γίνεται είτε με την επίδραση της βαρύτητας είτε με την επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης. Οι αμμοσυλλέκτες είναι ουσιαστικά δεξαμενές καθίζησης στις οποίες τα διακεκριμένα στερεά, τα οποία βρίσκονται σε υγρό με μικρότερη πυκνότητα, επιταχύνονται μέχρις ότου φθάσουν να κινούνται με μια τερματική ή οριακή ταχύτητα. Τότε, η δύναμη βαρύτητας εξισορροπείται με την οπισθέλκουσα δύναμη με αποτέλεσμα την καθίζηση των στερεών. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει τα λύματα να βρίσκονται σε συνεχή ροή και στρωτή. Με στρωτή ροή η καθίζηση της άμμου γίνεται ομαλά, με την ίδια ταχύτητα όπως και στα στάσιμα νερά, αντιθέτως, όταν η ροή δεν είναι στρωτή η καθίζηση της άμμου επιβραδύνεται και δημιουργούνται προβλήματα στον αμμοσυλλέκτη. Γενικά, οι υπερβολικά μικρές ταχύτητες οδηγούν στη καθίζηση οργανικών σωματιδίων με επακόλουθο τη σήψη των οργανικών ενώσεων και τις δυσάρεστες οσμές.

Οι κυριότεροι τύποι αμμοσυλλεκτών είναι οι οριζόντιοι, οι κατακόρυφοι και οι κυκλικοί. Επίσης, οι αμμοσυλλέκτες μπορεί να είναι αεριζόμενοι ή μη και η απομάκρυνση της άμμου γίνεται με το χέρι σε μικρές εγκαταστάσεις και με αντλίες ή ξέστρα που αναρτώνται σε κινούμενες γέφυρες σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Αφού αφαιρεθεί η άμμος από τα λύματα, πλένεται, αφυδατώνεται και απομακρύνεται από την εγκατάσταση.

Τα λίπη και τα έλαια τα οποία υπάρχουν στα υγρά απόβλητα δημιουργούν προβλήματα στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων και για αυτό μπορούν να αφαιρεθούν κατά το στάδιο της αμμοσυλλογή με τη μέθοδο της επίπλευσης. Τα λίπη έχουν την ικανότητα να επιπλέουν στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων όταν αυτά βρίσκονται σε ηρεμία, λόγω του ότι είναι ελαφρύτερα από το νερό. Απομακρύνονται συνήθως με ξέστρα επιφανείας ή με αναρρόφηση. Τα λίπη και τα έλαια όταν δεν μπορούν να ανακυκλωθούν, καίγονται σε

ειδικούς κλιβάνους. (Νταρακάς 2014; Τσουνίδης 2005).

2.1.3 Πρωτοβάθμια Καθίζηση

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία ολοκληρώνεται με τη διαδικασία της πρωτοβάθμιας καθίζησης, όπου απομακρύνεται ένα μέρος των αιωρούμενων στερεών, ένα μέρος των οργανικών ουσιών, ένα μέρος του BOD καθώς και ένα μέρος των θρεπτικών συστατικών αζώτου και φωσφόρου. Αυτό επιτυγχάνεται με το φυσικό φαινόμενο της καθίζησης, για την απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων και την επίπλευση για την απομάκρυνση ελαφρών στερεών. Για σωματίδια με μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 0,1 mm και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50 mg/l, η καθίζηση είναι η κατ' εξοχήν εφαρμοζόμενη μέθοδος διαχωρισμού. Τα παραπροϊόντα της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι μία πρωτογενή λάσπη η οποία επεξεργάζεται και διαθέτεται. Η αφαίρεση της λάσπης μπορεί να γίνει και με αντλία στο κάτω μέρος της δεξαμενής (Λέκκα 2013; Νταρακάς 2014).

Ο χρόνος παραμονής των υγρών στις δεξαμενές κυμάνεται από 1,5-3 ώρες με βάση την μέση παροχή λυμάτων. Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τη μεταβολή της πυκνότητας του νερού (συγκέντρωση αλάτων, θολότητα, θερμοκρασία), τις διατάξεις ηρεμίας, δηλαδή κατά πόσο μειώνονται οι αναταράξεις/αναδεύσεις που δημιουργούνται κατά την εισροή του νερού, τους ανέμους και τους μηχανισμούς απομάκρυνσης της ιλύος. Η απόδοση της πρωτοβάθμιας καθίζησης στην επεξεργασία των λυμάτων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 40 – 50 % και τη μείωση οργανικού φορτίου ως BOD5 κατά 25 – 30 % (Νταρακάς 2014).

Οι δεξαμενές καθίζησης μπορεί να είναι (Τσουνίδης 2005):

- Κυλινδρικές (χρησιμοποιούνται για μικρές παροχές, μέχρι 20 m³/h, τόσο για το πόσιμο νερό όσο και για τα απόβλητα. Οι δεξαμενές του τύπου αυτού, είναι σχετικά απλές από κατασκευαστικής πλευράς, ενώ δεν απαιτείται μηχανολογικός εξοπλισμός ή δαπάνη ενέργειας κατά τη λειτουργία τους)

- Στατικές με κεκλιμένα επίπεδα (είναι δυνατό να συνυπάρχει και η κροκίδωση/συσσωμάτωση. Η ιλύς από τα κεκλιμένα επίπεδα συγκεντρώνεται στο δοχείο ιλύος με τη βαρύτητα)
- Στατικές με Ξέστρο Ιλύος (το ξέστρο συγκεντρώνει την ιλύ στο σημείο άντλησής της και συγχρόνως τη συμπυκνώνει)
- Κυκλικές (συνήθως εξοπλίζονται μ' έναν συσσωματωτή στο κεντρικό τους τμήμα, όπου αργοί αναδευτήρες προκαλούν συσσωμάτωση με στόχο την αποδοτικότερη καθίζηση)
- Ορθογωνικές (ευκολότερες στην κατασκευή από τις κυκλικές και έχουν καλύτερη κατανομή ροής)

Η μέθοδος της καθίζησης μπορεί να εφαρμοστεί (Νταρακάς 2014):

- για την απομάκρυνση της άμμου στους αμμοσυλλέκτες
- για την απομάκρυνση των TSS
- για την απομάκρυνση των βιολογικών κροκίδων μετά από βιολογική επεξεργασία (δευτεροβάθμια καθίζηση)
- για την απομάκρυνση των χημικών κροκίδων (μετά από χημική κροκίδωση)
- για την πάχυνση (πύκνωση) των στερεών στους παχυντές ιλύος.

2.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία:

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων αποσκοπεί στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών (S.S.), ενώ ακόμα μπορεί να στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων, που μπορεί να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Με δεδομένο ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος (σε ποσοστό περίπου 70 %) οργανικής σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση. Ανάλογα με τους μικροοργανισμούς οι οποίοι παίζουν το σπουδαιότερο ρόλο και είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών διακρίνεται σε:

- αερόβια, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς,
- αναερόβια, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς και
- αερόβια-αναερόβια, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση και από τα τρία είδη των οργανισμών (αερόβιοι, αναερόβιοι και επαμφοτερίζοντες).

Κατά τη βιολογική διεργασία οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν ένα μέρος της τροφής (του υποστρώματος) σε διεργασίες αποσύνθεσης, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη για τις λειτουργικές τους ανάγκες ενέργεια, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν ένα άλλο μέρος του υποστρώματος για τη σύνθεση της κυτταρικής τους δομής (Νταρακάς 2014).

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δευτεροβάθμια επεξεργασία. Οι πιο συνηθισμένες διαδικασίες είναι:

- Επεξεργασία ενεργούς ιλύος
- Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι (RBC)
- Τεχνητοί υγρότοποι (Φυσικές μέθοδοι)

Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου για την κάθε περίπτωση είναι ανάλογη από μια σειρά παραγόντων και απαιτήσεων οι οποίοι θέτονται ανάλογα με το σκοπό του έργου και το περιβάλλον που θα τοποθετηθεί. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι οι απαιτήσεις στην ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων, το μέγεθος του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, η έκταση της εγκατάστασης, το αρχικό και το λειτουργικό κόστος της κλπ. Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των τριών αυτών μεθόδων, ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση τους με ευκολία (Αραβώσης et al. 2003).

Πίνακας 6: Σύγκριση των παρουσιαζόμενων μεθόδων βιολογικού καθαρισμού

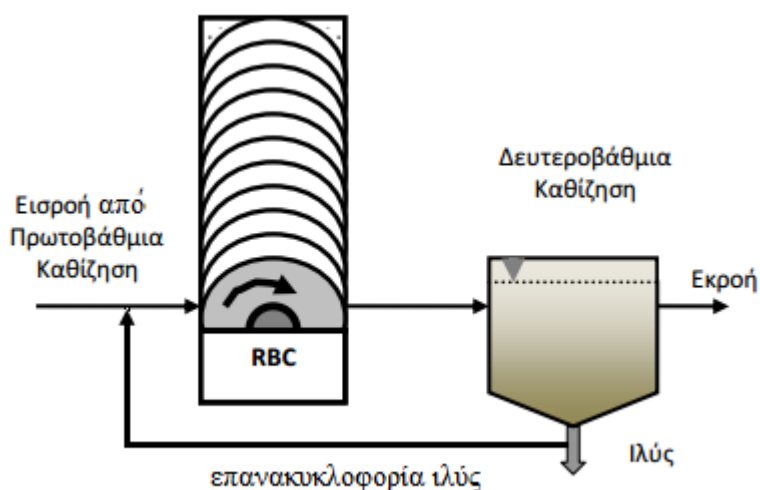
Μέθοδοι/Παράμετροι	Ενεργός ιλύς	Βιοδίσκοι	Τεχνητοί υγροβιότοποι
Η/Μ εξοπλισμός	+++++	+++	-
Δυνατότητα επεξεργασίας φορτίων	+	++++	++++

αιχμής			
Συντήρηση – έλεγχος λειτουργίας	+++++	+++	+
Έξοδα λειτουργίας	++++	++	-
Έξοδα κατασκευής	+++++	+++	++++
Ανάγκη σε επιφάνεια	+++	++	+++++
Πεδίο εφαρμογής	+++++	++	+
Θόρυβος	+++	+	-
Οσμές – Όχληση στην ευρύτερη περιοχή	+++	+	++++

(+++++) πολύ, μεγάλο, υψηλή απαίτηση, (+) λίγο, μικρό, χαμηλή απαίτηση

Πηγή: (Αραβώσης et al. 2003)

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία για την συγκεκριμένη μονάδα θα αποτελείται από το σύστημα RBC και την δευτεροβάθμια καθίζηση. Επίσης θα γίνεται επανακυκλοφορία της λάσπης που θα αφαιρείται από την δευτεροβάθμια καθίζηση.



Διάγραμμα 3: Διάταξη Δευτεροβάθμιας Επεξεργασίας

2.3 Περιστρεφόμενοι αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας (RBC - Rotating Biological Contractors)

Το σύστημα RBC, γνωστό και ως βιολογικός δίσκος ή βιοδίσκος, είναι ένα σύστημα που συνδυάζει αρκετά από τα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών συστημάτων της ενεργού ιλύος (όπως μικρή απαιτούμενη έκταση) αλλά και των βιολογικών φίλτρων (όπως η απλότητα λειτουργίας του και το χαμηλό λειτουργικό του κόστος). Ουσιαστικά, οι περιστρεφόμενοι δίσκοι, αντίθετα με τους βιολογικούς πύργους, απαιτούν πολύ μικρότερες εκτάσεις καθώς η διαμόρφωση των δίσκων επιτρέπει τη συγκράτηση μεγάλων ποσοτήτων βιομάζας σε σχετικά περιορισμένο όγκο. Επιπρόσθετα, δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα προσέλευσης εντόμων λόγω του γεγονότος ότι η εναλλασσόμενη βύθιση των δίσκων στο υγρό εμποδίζει την ανάπτυξη εντόμων. Τέλος, ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι τα συστήματα αυτά βρίσκονται σε κλειστά κουτιά, με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζονται άσχημες οσμές στον γειτονικό χώρο. Τα παραπάνω πλεονεκτήματα καθώς και αυτά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 είναι και οι κύριοι λόγοι που επιλέχθηκε να τοποθετηθεί το συγκεκριμένο σύστημα στη συγκεκριμένη μονάδα.

Πίνακας 7: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των συστημάτων RBC

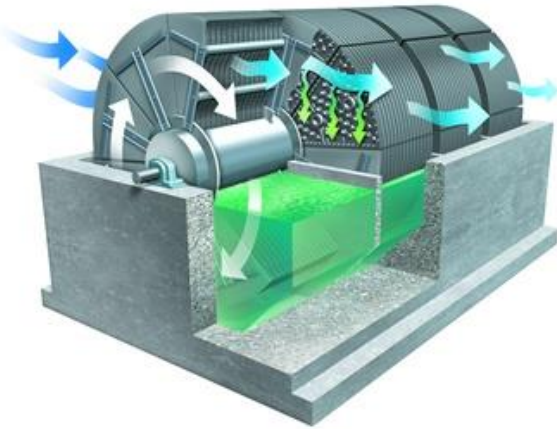
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Απαιτούν μικρό χώρο εγκατάστασης	Περιορισμοί στο μέγεθος
Δουλεύουν κλασματικά	Δεν χρησιμοποιούνται σε όλα τα είδη αποβλήτων
Έχουν μικρή κατανάλωση ρεύματος, μικρό κόστος λειτουργίας και κόστος εγκατάστασης	
Είναι εύκολη η αύξηση δυναμικότητας της εγκατάστασης, τοποθετώντας παράλληλα R.B.C	
Έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης, αντοχή στις αιχμές και αθόρυβη λειτουργία	

Δεν έχουν λειτουργικά προβλήματα.	
Δεν χρειάζονται εξειδίκευση	
Παρακολούθηση από 1 άτομο (υδραυλικός ή ηλεκτρολόγος) περί την μια ώρα την ημέρα	
Έχουν εύκολη τοποθέτηση	
Δεν έχουν οσμές και θόρυβο κατά τη λειτουργία τους	
Έχουν μικρή συντήρηση και μικρή παραγωγή λάσπης	
Ευκολία στη διαχείριση παροχών με σημαντικές αυξομειώσεις	

Πηγή: (Αραβώσης et al. 2003)

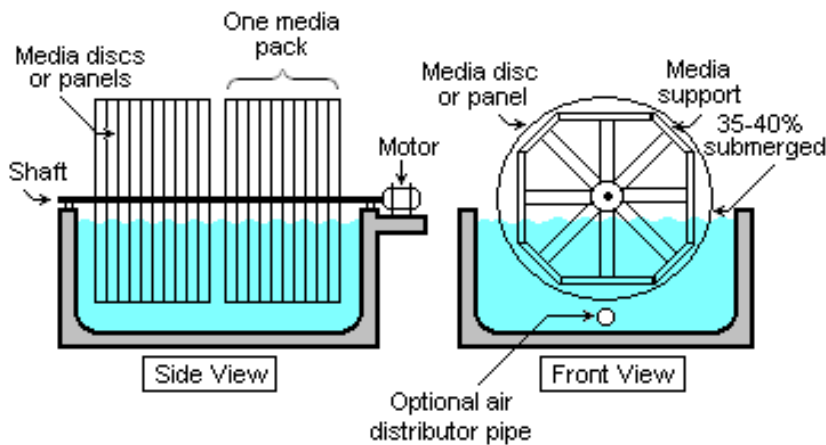
Το κύριο πεδίο εφαρμογής των εγκαταστάσεων αυτών είναι τα αστικά απόβλητα και ιδιαίτερα αυτά μικρών οικισμών με προβλήματα χώρου και πρόσβασης (νησιά, ορεινές περιοχές, ξενοδοχεία, κατασκηνώσεις κ.λ.π). Οι εγκαταστάσεις βιοδίσκων θεωρούνται οι ιδανικές για την εφαρμογή μη συγκεντρωτικών στρατηγικών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις μπορούν να αποδειχθούν σωτήριες τόσο από τεχνικής, οικονομικής αλλά και κοινωνικής άποψης.

Το σύστημα αποτελείται από μια ημικυλινδρική σκάφη, κατά μήκος της οποίας υπάρχει ένας οριζόντιος άξονας στον οποίο είναι στερεωμένοι κυκλικοί δίσκοι μεγάλης διαμέτρου από ελαφρύ πλαστικό υλικό. Το 35-40% των δίσκων είναι βυθισμένο στη σκάφη όπου εισέρχονται τα λύματα. Ο οριζόντιος άξονας περιστρέφεται αργά με αποτέλεσμα να βυθίζεται περιοδικά όλη η επιφάνεια των δίσκων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται επαφή λυμάτων και βιομάζας και ακολούθως έκθεση στον ατμοσφαιρικό αέρα με αποτέλεσμα την υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου (90-95%) και σε ορισμένες περιπτώσεις νιτροποίηση.



Διάγραμμα 4: Τρισδιάστατη αναπαράσταση λειτουργίας συστήματος RBC

Πηγή: (Walker Process Equipment 2012)



Διάγραμμα 5: Πλάγια όψη και πρόσοψη συστήματος RBC

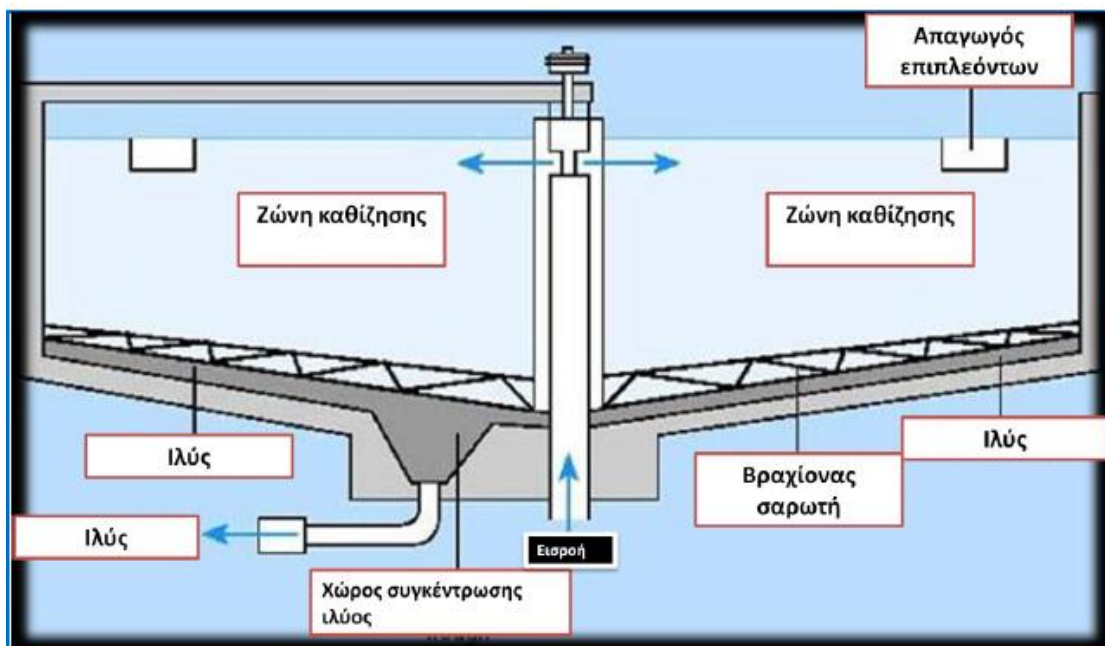
Πηγή: (E.Williams 2012)

Όταν τα βακτήρια είναι βυθισμένα στα λύματα προσροφούν τις διαλυμένες σε αυτά οργανικές ουσίες και τις χρησιμοποιούν σαν τροφή. Με την περιστροφή του δίσκου εξέρχονται τα βακτήρια από τα λύματα και έρχονται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα από τον οποίο παίρνουν το απαιτούμενο οξυγόνο για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων. Η παραγόμενη βιομάζα αποκολλάται από τις επιφάνειες των δίσκων λόγω της ταχύτητας περιστροφής των δίσκων και των δυνάμεων τριβής που αναπτύσσονται στην διεπιφάνεια νερού (Ανδρέας Ανδρεαδάκης 2012; Νταρακάς 2014).

2.4 Δευτεροβάθμια Καθίζηση

Η δευτεροβάθμια καθίζηση αποτελείται από δεξαμενή ή δεξαμενές πανομοιότυπες με αυτές της πρωτοβάθμιας καθίζησης. Αυτό όμως που διαχωρίζει τις δύο κατηγορίες καθίζησης είναι το ποσοστό αφαίρεσης οργανικών και αιωρούμενων σωματιδίων. Κατά την δευτεροβάθμια καθίζηση συνήθως χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες δεξαμενές και περισσότερες, ώστε να παραμένει περισσότερο χρόνο μέσα το επεξεργασμένο υγρό. Οι δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης συνήθως αποτελούνται από κυκλικές δεξαμενές. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνονται αναλυτικά οι τέσσερις επιμέρους ζώνες οι οποίες εξυπηρετούν τέσσερις διαφορετικούς σκοπούς σε μια τομή μια τυπικής δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης:

- Ζώνη καθαρού νερού. Βρίσκεται στο πάνω μέρος της δεξαμενής
- Ζώνη καθίζησης. Είναι η δεύτερη ζώνη και γίνεται ο διαχωρισμός των καθιζανουσών ουσιών
- Αποθηκευτικός χώρος. Ο χώρος που συγκρατείται η βιομάζα η οποία φεύγει από τις δεξαμενές αερισμού λόγω αύξησης της παροχής κατά τις περιόδους βροχών στις εγκαταστάσεις παντοροϊκών δικτύων
- Ζώνη πάχυνσης. Βρίσκεται πάνω από τον πυθμένα και συγκεντρώνεται η ιλύς η οποία έχει κατακαθίσει



Διάγραμμα 6: Περιγραφή λειτουργίας δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης

Πηγή: (Νταρακάς 2014)

2.5 Επανακυκλοφορία ιλύς

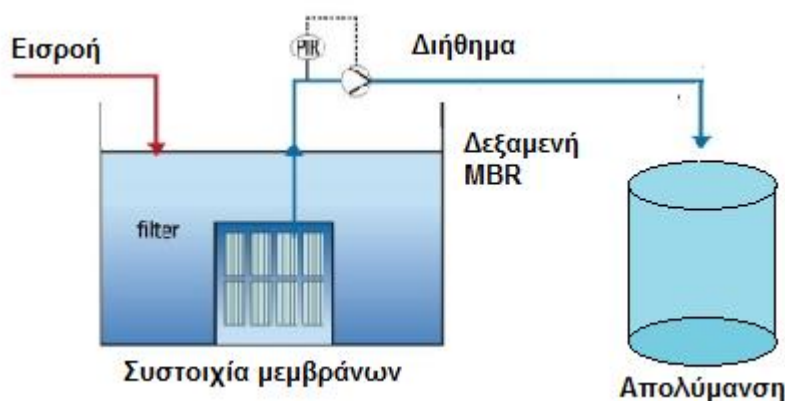
Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο είναι η διάταξη για την επιστροφή ενός μέρους της εκροής της ιλύς πίσω στο φίλτρο για να επαναεπεξεργαστεί. Οι κύριοι λόγοι χρησιμοποίησης της μεθόδου αυτής είναι (Καθητζιώτης 2012):

- Αύξηση αποτελεσματικότητας φέροντας σε επαφή τα λύματα και το ενεργό βιολογικό υλικό περισσότερες από μια φορά
- Άμβλωση των διακυμάνσεων φόρτισης για χρονικό διάστημα 24 ωρών. Η δύναμη της ανακυκλωμένης ροής υστερεί σε σχέση με εκείνη των εισερχόμενων λυμάτων. Έτσι, η επανακυκλοφορία αραιώνει την ισχυρή εισροή και συμπληρώνει αδύναμα εισρέοντα λύματα.
- Αύξηση διαλυμένου οξυγόνου (DO) εισροής
- Βελτίωση της διανομής στην επιφάνεια, μειώνοντας έτσι την τάση να φράξει και την τάση σύναψης εντόμων
- Αποφυγή στεγνώματος της βιολογικής μάζας κατά τη διάρκεια της νύχτας και των περιόδων χαμηλών ροών

3 Τριτοβάθμια Επεξεργασία

Στο τελευταίο στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων εφαρμόζεται ένας συνδυασμός φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών, ώστε να μειωθούν συστατικά των λυμάτων που δεν έχουν μειωθεί σημαντικά κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Στις φυσικές διεργασίες περιλαμβάνονται η απομάκρυνση της αμμωνίας με εκρόφηση, των ολικών στερεών με διήθηση και των διαλυμένων στερεών με ηλεκτροδιάλυση ή αντίστροφη ώσμωση. Στις χημικές διεργασίες περιλαμβάνεται η απομάκρυνση των νιτρικών και της αμμωνίας με ιοντοεναλλαγή, του φωσφόρου με χημική επεξεργασία και καθίζηση και των διαλυμένων οργανικών ουσιών, χλωρίου και βαρέων μετάλλων με ενεργό άνθρακα. Από τις βιολογικές διεργασίες η σημαντικότερη είναι η νιτροποίηση – απονιτροποίηση, η οποία χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των ενώσεων του αζώτου. Η τριτοβάθμια επεξεργασία διαδικασία είναι απαραίτητη όταν το νερό προορίζεται να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, αναψυχή και για προσθήκη στο πόσιμο νερό. (Metcalf and Eddy 2003; Χουρδάκης 2007).

Για την τριτοβάθμια επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι. Μια βέλτιστη διαδικασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην μονάδα αυτή αποτελείται από δύο στάδια: Το επεξεργασμένο υγρό αρχικά περνά από τις μεμβράνες και έπειτα μεταφέρετε το υγρό για απολύμανση πριν από τη διάθεση του.



Διάγραμμα 7: Διάταξη Τριτοβάθμιας Επεξεργασίας

3.1 Φιλτράρισμα- Βιοαντιδραστήρας με Μεμβράνες (MBR)

Η εφαρμογή των μεμβρανών στην προχωρημένη επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία αλλά πολύ υποσχόμενη και κερδίζει συνεχώς έδαφος έναντι άλλων διεργασιών. Βασικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, τα αποτελέσματα του όμως είναι εκπληκτικά (Πίνακας 8).

Οι μεμβράνες κατασκευάζονται συνήθως από οξική κυτταρίνη (rayon) ή από ιδιοσκευάσματα πολυμερών, όπως τα πολυαμίδια. Κάθε μεμβράνη παρουσιάζει βέλτιστες τιμές απόδοσης σε ορισμένο εύρος θερμοκρασίας, pH και ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός υγρού, γεγονός που απαιτεί πειραματικά στοιχεία για την επιλογή της. Ενδεικτικά στις μεθόδους διαχωρισμού στερεών με μεμβράνες αναφέρεται :

- η μικροδιήθηση (MF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,05 – 2,0 μm
- η υπερδιήθηση (UF), με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 2,0 – 0,05 μm
- και η νανοδιήθηση (NF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,5 – 2,0 nm

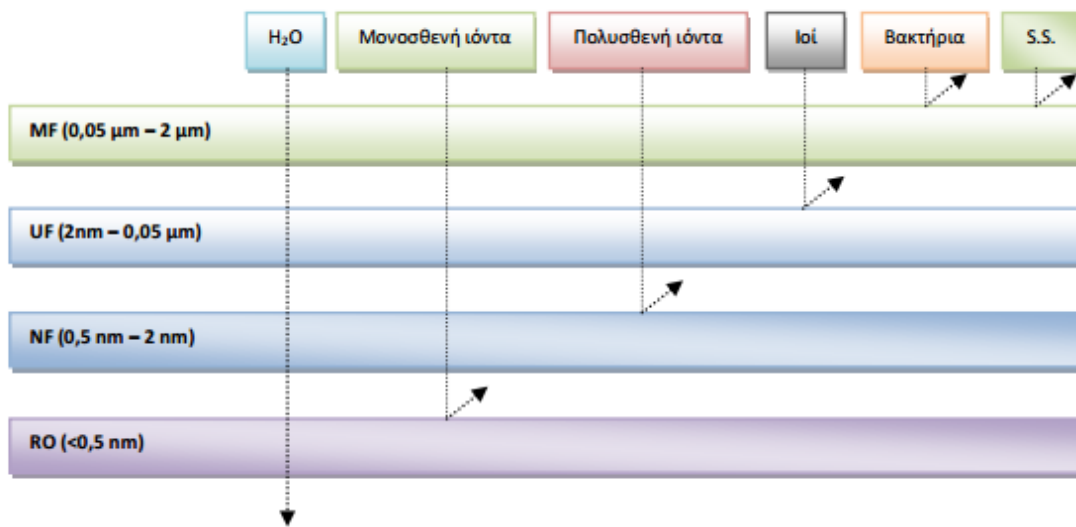
Υπάρχουν επίσης, οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην αντίστροφη ώσμωση (RO), οι οποίες θεωρητικά δεν έχουν πόρους.

Πίνακας 8: Απομάκρυνση διαφόρων συστατικών με τη χρήση μεμβρανών

Συστατικό προς απομάκρυνση	MF	UF	NF	RO
Βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ενώσεις	-	✓	✓	✓
TDS (Ολικά διαλυμένα στερεά)	-	-	✓	✓
TSS (Ολικά αιωρούμενα στερεά)	✓	✓	-	-
Βαριά μέταλλα	-	-	✓	✓
Σκληρότητα	-	-	✓	✓
Νιτρικά ιόντα	-	-	✓	✓
Συνθετικές οργανικές ενώσεις	-	-	✓	✓
Οργανικοί ρύποι προτεραιότητας	-	✓	✓	✓
Ιοί	-	-	✓	✓
Βακτήρια	✓	✓	✓	✓
Κύστες πρωτόζωων, ωοκύστες και ωάρια ελμίνθων	✓	✓	✓	✓

Πηγή:(Νταρακάς 2014)

Με τις μεμβράνες επιτυγχάνεται πλήρης απομάκρυνση διαλυτών οργανικών και ανόργανων ρύπων από το νερό (Διάγραμμα 10). Το νερό διαβιβάζεται σε συνθήκες υπερπίεσης στην ημιπερατή μεμβράνη, οπότε τα μόρια του νερού και μικρό μέρος των διαλυτών ενώσεων διέρχονται από τη μεμβράνη ενώ το μεγαλύτερο μέρος των διαλυτών ενώσεων δεν διέρχεται και συμπυκνώνεται (Νταρακάς 2014).



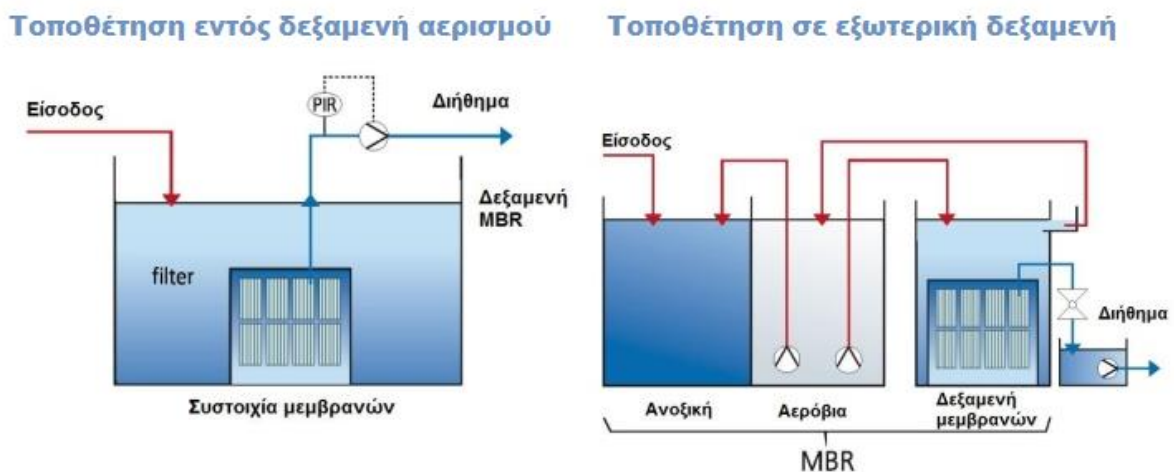
Διάγραμμα 8: Αποτελεσματικότητα των διεργασιών διήθησης με μεμβράνες

Πηγή: (Νταρακάς 2014)

Μια μεμβράνη αποτελεί ένα φράγμα που επιτρέπει διαμέσου των πόρων της τη διέλευση ορισμένων συστατικών του τροφοδοτούμενου ρεύματος, ενώ από την άλλη κατακρατεί άλλα συστατικά της τροφοδοσίας όπως στερεά σωματίδια, βακτήρια κλπ., ανάλογα με το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης που θα επιλεγθεί. Το ρεύμα της τροφοδοσίας που διαπερνάει τη μεμβράνη ονομάζεται διήθημα, ενώ το ρεύμα που κατακρατείται από αυτήν ονομάζεται συμπύκνωμα. Στην μεμβράνη εφαρμόζεται διαφορά πίεσης που δίνει την ώθηση (driving force), ώστε να υπάρξει ροή διαμέσου της μεμβράνης και να διαχωριστεί η τροφοδοσία σε διήθημα και συμπύκνωμα. Η αρχή λειτουργίας τους είναι παραπλήσια με αυτή του συστήματος της ενεργού ιλύος, με τη διαφορά ότι η διήθηση στα συστήματα MBR καταργεί την ανάγκη χρησιμοποίησης δεξαμενής τελικής καθίζησης. Κάτι τέτοιο έχει σημαντικές συνέπειες, αφού εξαλείφεται η ανάγκη για καλή καθιζησιμότητα της ιλύος και όλα τα

συνεπαγόμενα προβλήματα που αντιμετωπίζει ένα κλασικό σύστημα της ενεργού ιλύος (Λιάκου 2011).

Οι βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (Membrane Bioreactors, MBR) μπορούν να σχεδιαστούν είτε με μεμβράνες τοποθετημένες μέσα στη δεξαμενή αερισμού (κυρίως σε μικρά, αποκεντρωμένα συστήματα) ή σε εξωτερικά τοποθετημένη δεξαμενή (για μεγαλύτερα συστήματα και καλύτερη δυνατότητα καθαρισμού) (MICHOS 2009)



Διάγραμμα 9: Τοποθέτηση μεμβρανών εντός και εκτός της δεξαμενής αερισμού

Πηγή: (MICHOS 2009)

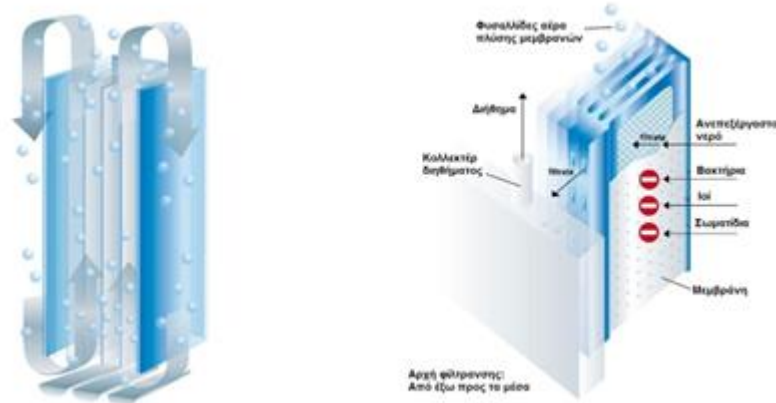
Καθαρισμός μεμβράνων

Ο καθαρισμός των μεμβράνων μπορεί να είναι (MICHOS 2009):

Καθαρισμός της μεμβράνης με συνεχή παροχή αέρα

Υπάρχουν και συστήματα τα οποία με φυσαλίδες αέρος σε καθορισμένο μέγεθος δημιουργούν ένα μηχανισμό αυτοκαθαρισμού ώστε οι μεμβράνες να είναι μονίμως καθαρές και να χρειάζεται χημικός καθαρισμός μόνο 1-2 φορές τον χρόνο. Ο καθαρισμός της μεμβράνης εξασφαλίζεται αρχικά με τη συνεχή παροχή αέρα. Ο βελτιστοποιημένος αερισμός με συνεχή άνοδο αέρα, με το κατάλληλο μέγεθος φυσαλίδας που ταιριάζει στην απόσταση μεταξύ των πλακών, έχει ως αποτέλεσμα τον αυτοκαθαρισμό των πλακών του φίλτρου και τη

μείωση της ανάγκης για χημικό καθαρισμό σε ένα απόλυτο ελάχιστο. Αυτό ταυτόχρονα παρέχει οξυγόνο στην ενεργό ιλύ που περιέχεται στον βιοαντιδραστήρα μεμβρανών.

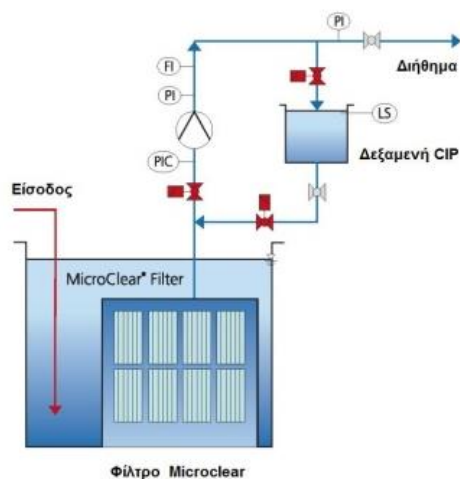


Διάγραμμα 10: Σύστημα αυτοκαθαρισμού μεμβρανών με συνεχή παροχή αέρα

Πηγή: (MICHOS 2009)

Καθαρισμός της μεμβράνης με αντίστροφη πλύση

Ο καθαρισμός της μεμβράνης γίνεται αυτόματα ή χειροκίνητα, σε τακτά διαστήματα, μέσα στη δεξαμενή, χωρίς να χρειάζεται αυτή να εκκενωθεί. Η χρήση αραιού χημικού διαλύματος ενδείκνυται για καλύτερο αποτέλεσμα. Ο απαιτούμενος όγκος για αντίστροφη πλύση είναι πολύ μικρός και η διαδικασία πολύ σύντομη.



Διάγραμμα 11: Καθαρισμός μεμβράνης με αντίστροφη

Πηγή: (MICHOS 2009)

Ετήσιος ή εξαμηνιαίος καθαρισμός μεμβρανών

Ο προγραμματισμένος ετήσιος ή εξαμηνιαίος καθαρισμός γίνεται εντός της δεξαμενής, αφού αυτή εκκενωθεί. Τοποθετούνται στη δεξαμενή διαδοχικά τα κατάλληλα αραιά διαλύματα χημικών, τα οποία αφήνονται να δράσουν για καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Ο προγραμματισμένος καθαρισμός είναι εύκολος και οικονομικός, με μικρές καταναλώσεις χημικών.

3.2 Απολύμανση

Σκοπός της απολύμανσης στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι να μειωθεί σημαντικά ο αριθμός των μικροοργανισμών στο νερό που θα διατεθεί πίσω στο περιβάλλον για τη μεταγενέστερη χρήση του (πόσιμο, άρδευση, κλπ.). Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης εξαρτάται από την ποιότητα του νερού που θα επεξεργαστεί (π.χ., θολερότητα, pH, κλπ.), το είδος της απολύμανσης που χρησιμοποιείται, τη δόση απολυμαντικού (συγκέντρωση και χρόνος), και άλλες περιβαλλοντικές μεταβλητές. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι απολύμανσης που χρησιμοποιούνται είναι η χλωρίωση, η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) και η οζόνωση. Η κάθε μια έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Πίνακας 9) . Μετά από πολλά στάδια απολύμανσης, το επεξεργασμένο νερό είναι έτοιμο να απελευθερωθεί πίσω στον κύκλο νερού (Λέκκα 2013).

Πίνακας 9: Σύγκριση μεθόδων απολύμανσης

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ		
	ΧΛΩΡΙΩΣΗ	UV	ΟΖΟΝΩΣΗ
Απομάκρυνση κολοβακτηριδίων	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή
Απομάκρυνση ιόν	Μέτρια	Καλή	Πολύ καλή
Πιθανότητες να ξανά-αναπτυχθούν μικροοργανισμοί	Ελάχιστη	Σημαντική	Καμία
Επίδραση στο υδάτινο περιβάλλον του αποδέκτη	Αύξηση	Καμία	Καμία

Παραπροϊόντα απολύμανσης	Αλογονοφόρμα	Κανένα	Κανένα
Επικινδυνότητα παραπροϊόντων	Μεγάλη	Μηδενική	Μηδενική
Επικινδυνότητα χρησιμοποιούμενων χημικών	Μεγάλη	Καμία	Καμία
Κόστος εγκατάστασης	Μέσο	Σημαντικό	Σημαντικό
Κόστος λειτουργίας - συντήρησης	Μέσο	Σημαντικό	Μέσο
Προσωπικό λειτουργίας	1 άτομο/βάρδια	1 άτομο/βάρδια	Δεν απαιτείται

Πηγή: (Λέκκα 2013)

4 Διάθεση νερού

Γενικά, το επεξεργασμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- Άρδευση (καλλιεργειών, πάρκων, γηπέδων)
- Βιομηχανική χρήση (ψύξη μηχανών, τροφοδοσία λεβήτων)
- Μη πόσιμες αστικές χρήσεις (πυρόσβεση, καθαρισμός χώρων, κλιματισμός)
- Δημιουργία χώρων αναψυχής (τεχνητές λίμνες, αύξηση παροχής χειμάρρων, ανάπτυξη αλιευτικών χώρων)
- Αποκατάσταση απερημωμένων περιοχών
- Εμπλουτισμό υπόγειων υδροφόρων οριζόντων
- Απόρριψη στη θάλασσα (συνήθως κατά τους χειμερινούς μήνες όταν δεν υπάρχει ζήτηση και επάρκεια χώρου αποθήκευσης, μερικές ποσότητες απορρίπτονται στη θάλασσα)

Ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης του επεξεργασμένου νερού υπάρχουν ενδεχόμενη περιορισμοί και βαθμός επεξεργασίας που πρέπει να γίνει ώστε να μην υπάρξουν αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον.

Πίνακας 10: Κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων και ενδεχόμενοι περιορισμοί

Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων	Ενδεχόμενοι περιορισμοί
<p>1. Άρδευση αγροτικών καλλιεργειών</p> <ul style="list-style-type: none"> - άρδευση συγκομιδής - εμπορικά φυτώρια <p>2. Άρδευση περιστατικού πρασίνου</p> <ul style="list-style-type: none"> - πάρκα - αυλές σχολείων - διαχωριστική ζώνη (νησίδα) αυτοκινητοδρόμων - γήπεδα γκολφ - νεκροταφεία - ζώνες πρασίνου κατοικιών 	<ul style="list-style-type: none"> - Επίδραση της ποιότητας νερού, ιδιαίτερα, των αλάτων στο έδαφος και στη συγκομιδή. - Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σε σχέση με τους μικροοργανισμούς (βακτηρίδια, ιούς και παράσιτα). - Ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών αν δεν γίνει κατάλληλη διαχείριση. - Εμπορικότητα της σοδειάς και δημόσια αποδοχή.
<p>3. Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία</p> <ul style="list-style-type: none"> - ψύξη - τροφοδοσία λέβητα - νερό επεξεργασίας 	<ul style="list-style-type: none"> - Τα συστατικά των επεξεργασμένων λυμάτων σχετίζονται με τον σχηματισμό πουρί, τη διάβρωση, τη βιολογική ανάπτυξη και τη δυσσομία. - Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία, ιδιαίτερα μεταφορά μικροσταγονιδίων (aerosols) με οργανικά και παθογόνους μικροοργανισμούς στο νερό ψύξης και παθογόνους μικροοργανισμούς στα νερά διαφόρων επεξεργασιών.
<p>4. Ενίσχυση και εξευγενισμός υπόγειων υδροφορέων</p> <ul style="list-style-type: none"> - ανανέωση υπόγειων υδροφορέων 	<ul style="list-style-type: none"> - Ίχνη οργανικών στα επεξεργασμένα λύματα και η τοξικολογική επίδρασή τους. - Ολικά διαλυμένα στερεά, μέταλλα, νιτρικά ιόντα και παθογόνοι μικροοργανισμοί στα επεξεργασμένα λύματα.
<p>5. Περιβαλλοντικές χρήσεις/Αναψυχή</p> <ul style="list-style-type: none"> - λίμνες - ιχθυοκαλλιέργειες - αύξηση παροχής ρευμάτων 	<ul style="list-style-type: none"> - Ανησυχίες για την υγεία λόγω των βακτηριδίων και των ιών. - Ευτροφισμός εξ απτίας του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P). - Αισθητική (οσμές).
<p>6. Αστικές χρήσεις πλην ύδρευσης</p> <ul style="list-style-type: none"> - πυροπροστασία - κλιματισμός - πλύσιμο τουαλέτας 	<ul style="list-style-type: none"> - Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σχετικά με τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών από μικροσταγονίδια (aerosols). - Επίδραση της ποιότητας νερού στο σχηματισμό πουρί, στη διάβρωση, στη βιολογική ανάπτυξη και τη δυσσομία. - Πιθανές διασταυρώσεις-συνδέσεις με το δίκτυο ύδρευσης.
<p>7. Επαναχρησιμοποίηση για ύδρευση</p> <ul style="list-style-type: none"> - σύμμιξη στην παροχή νερού 	<ul style="list-style-type: none"> - Ίχνη οργανικών στα επεξεργασμένα λύματα και οι τοξικολογικές επιδράσεις τους. - Υπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών. - Αισθητική και δημόσια αποδοχή. - Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σχετικά με τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και των ιών.

Πηγή: (Τασούλα 2007)

Όσο αφορά την μονάδα που μελετείται σε αυτή την εργασία, το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα ξενοδοχεία στους ακόλουθους τομείς:

- Άρδευση γηπέδων, χώρων πρασίνου
- Καθαρισμός χώρων ξενοδοχείου

Η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση των επεξεργασμένων λυμάτων θεωρείται πλέον η πιο χρησιμοποιημένη και περιζήτητη μέθοδος, αφού παρουσιάζει άφθονα πλεονεκτήματα. Με την άρδευση αποφεύγεται η υποβάθμιση της ποιότητας των αποδεκτών και γίνεται εξοικονόμηση νερού, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου οι υδατικοί πόροι είναι σε ανεπάρκεια. Επίσης, γίνεται φυσική προσθήκη θρεπτικών συστατικών στο έδαφος, όπως άζωτο, φωσφόρος, κάλιο, ψευδάργυρος, βόριο και θείο, που βοηθούν την ανάπτυξη των φυτών. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της ποσότητας λίπανσης που χορηγείται στις καλλιέργειες με τις κλασσικές μεθόδους. Άλλες θετικές επιπτώσεις είναι η δυνατότητα δημιουργίας ζωνών πρασίνου, η αποφυγή της ερημοποίησης γόνιμων εδαφών και η βελτίωση υποβαθμισμένων εκτάσεων. Από τις υφιστάμενες έρευνες προκύπτει ότι η διάθεση αστικών λυμάτων σε δασικές φυτείες επιτρέπει την ανάπτυξη βιολογικών δασών με άριστα προϊόντα ξυλείας. Η παραγόμενη ξυλεία παρουσιάζει καλύτερες μηχανικές, θερμικές και ακουστικές ιδιότητες. Επιπρόσθετα, τα αστικά λύματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση δενδροστοιχιών πλησίον των εθνικών οδών, αλλά και εντός πόλεων (Χαρτζουλάκης & Μπερτάκη 2013). Επιπλέον, το νερό μπορεί χρησιμοποιηθεί για καθαρισμό των χώρων όπως οι αυλές, τα πατώματα του ξενοδοχείου κλπ., αφού είναι καθαρό και άοσμο.

4.1 Νομικό πλαίσιο

Όσο αφορά τους νομοθετικούς κανόνες σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, δεν έχουν οριστεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο, αλλά η κάθε χώρα εφαρμόζει συγκεκριμένες εθνικές ή και περιφερειακές οδηγίες, τις οποίες καθορίζει η ίδια. Παρόλα αυτά, δίνεται ένας προσανατολισμός/κατεύθυνση από Ευρωπαϊκές οδηγίες οι οποίες ενθαρρύνουν την ασφαλή εφαρμογή προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων.

Πιο κάτω φαίνονται τα μέγιστα επιτρεπτά όρια και οι απαιτήσεις για ανάλυση των χαρακτηριστικών του επεξεργασμένου νερού όπως τα θέτει η οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Υπουργείο Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος – ΤΑΥ). Τα χαρακτηριστικά αυτά πρέπει να ικανοποιούν το επεξεργασμένο νερό έπειτα από την τριτοβάθμια επεξεργασία.

Πίνακας 11:Χαρακτηριστικά λυμάτων και συχνότητα αναλύσεων βάση την οδηγία 91/271/ΕΟΚ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Μέγιστα Επιτρεπτά Όρια	Συχνότητα Αναλύσεων
BOD5 (mg/l)	10	1/15 μέρες
COD (mg/l)	70	1/15 μέρες
Αιωρούμενα Στερεά (mg/l)	10	1/15 μέρες
Αγωγιμότητα (μS/cm)	2200	1/15 μέρες
Ολικό Αζωτο (mg/l)	15 *	1/15 μέρες
Ολικός Φωσφόρος (mg/l)	10**	1/15 μέρες
Χλωριούχα (mg/l)	300	1/15 μέρες
Λίπη και Ελαία (mg/l)	5	1/15 μέρες
Ψευδάργυρος(mg/l)	1***	3/χρόνο
Χαλκός (mg/l)	0,1	3/χρόνο
Μόλυβδος (mg/l)	0,15	3/χρόνο
Κάδμιο (mg/l)	0,01	3/χρόνο
Υδράργυρος (mg/l)	0,05	3/χρόνο
Χρώμιο (mg/l)	0,1	3/χρόνο
Νικέλιο (mg/l)	0,2	3/χρόνο
Βόριο (mg/l)	0,75	3/χρόνο
Εντερικά Κολοβακτηρίδια	50 / 100ml	1/15 μέρες
Αυγά Εντερικών Παρασίτων	τίποτε/l	4/χρόνο
Υπολειπόμενο Χλώριο (mg/l)	1****	1/15 μέρες
pH	6,5 – 8,5	3/βδομάδα

* για απόρριψη σε ευαίσθητες περιοχές και στη θάλασσα μέγιστο όριο 10 mg/l
 ** για απόρριψη σε ευαίσθητες περιοχές και στη θάλασσα μέγιστο όριο 2 mg/l
 *** για απόρριψη στη θάλασσα μέγιστο όριο 0,1 mg/l
 **** για ευαίσθητες περιοχές και θάλασσα 0,5 mg/l

Πηγή: (Υπουργείο Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος – ΤΑΥ)

Όσο αφορά τις απαιτήσεις για απορρίψεις σε ευαίσθητες περιοχές και περιοχές για άρδευση καθορίζονται σε ξεχωριστό πίνακα από το σταθμό επεξεργασίας αστικών λυμάτων ΣΑΛΑ.

Πίνακας 12: Απαιτούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένου νερού που χρησιμοποιεί ο ΣΑΛΑ στην Κύπρο

Χαρακτηριστικά νερού	Διάθεση νερού προς ευαίσθητες περιοχές	Διάθεση νερού προς άρδευση
BOD ₅	10 mg/l	10 mg/l
COD	70 mg/l	70 mg/l
SS	10 mg/l	10 mg/l
NH ₄ -N (αμμωνία)	2 mg/l	2 mg/l
Total N (άζωτο)	< 10 mg/l	< 15 mg/l
Total P (φωσφόρος)	< 2 mg/l	< 10 mg/l

Πηγή: (Θεοχάρους 2014)

Η εταιρία (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΕ 2003) στην Ελλάδα ορίζει τα κατώτατα αποδεκτά όρια για διάθεση του νερού ως εξής:

1) Άρδευση

Απαιτείται αρχικά, διαχωρισμός μεταξύ περιορισμένης και απεριόριστης άρδευσης βάσει των αρδευόμενων καλλιεργειών και του τρόπου εφαρμογής του νερού:

Η περιορισμένη άρδευση αφορά σε καλλιέργειες όπως δάση, εκτάσεις όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα (συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος), καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Ως προς τους τρόπους εφαρμογής του νερού, η μέθοδος του καταιονισμού δεν επιτρέπεται. Η ελάχιστη επεξεργασία λυμάτων που απαιτείται για την περιορισμένη άρδευση είναι δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία για την παραγωγή εκροής με συγκεντρώσεις BOD₅ και SS χαμηλότερες από 25 και 35 mg/l αντίστοιχα, για το 95% των δειγμάτων και συγκεντρώσεις περιττωματικών κολοβακτηριδίων χαμηλότερες από 200 FC/100 ml, ως διάμεση τιμή και 800 FC/100 ml για το 95% των δειγμάτων. Η απαίτηση ως προς την απομάκρυνση αζώτου αφορά σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 30 mg/l, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με μερική απονιτροποίηση. Σε περιπτώσεις μεγάλων χρόνων αποθήκευσης των λυμάτων σε επιφανειακούς ταμιευτήρες, απαιτείται προχωρημένη επεξεργασία για την απομάκρυνση θρεπτικών ώστε η τελικά παραγόμενη εκροή να περιέχει συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου μικρότερες από 15 mg/l και 4 mg/l αντίστοιχα. Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν τα συστήματα ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Άλλα συστήματα όπως φυσικά ή επί τόπου συστήματα που παράγουν εκροή με ισοδύναμη ποιότητα (BOD/SS = 25/35) είναι αποδεκτά κατόπιν επαρκούς τεκμηρίωσης.

Η απεριόριστη άρδευση μεταξύ άλλων, αφορά σε όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια, ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμικά. Κατά την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι εφαρμογής του νερού συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού. Η ελάχιστη επεξεργασία που απαιτείται για απεριόριστη άρδευση είναι δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, που ακολουθείται από τριτοβάθμια (συνήθως κροκίδωση, συσσωμάτωση, καθίζηση, διύλιση) και απολύμανση, για την παραγωγή εκροής με συγκεντρώσεις BOD₅ και SS μικρότερες από 10 mg/l για το 80% των δειγμάτων και τιμές θολότητας μικρότερες από 2 NTU ως διάμεση τιμή. Η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων θα πρέπει να διατηρείται μικρότερη από 5 FC/100 ml για το 80% των δειγμάτων και μικρότερη από 15 FC/100 ml για το 95% των δειγμάτων χωρίς να υπερβαίνει την τιμή 100 FC/100 ml για

κανένα δείγμα. Οι απαιτήσεις ως προς την απομάκρυνση αζώτου είναι κοινές με τις αντίστοιχες στην περίπτωση της απεριόριστης άρδευσης, όπως και οι μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Στις περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση των SS είναι χαμηλότερη από 20 mg/l για το 80% των δειγμάτων, η τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να γίνει είτε με απευθείας διύλιση (κροκίδωση, συσσωμάτωση και διύλιση) ή με διύλιση επαφής (κροκίδωση, και διύλιση), ακολουθούμενη από απολύμανση. Άλλες μέθοδοι τριτοβάθμιας επεξεργασίας μπορεί να εφαρμοσθούν κατόπιν επαρκούς τεκμηρίωσης και με δεδομένο την ποιότητα επεξεργασίας, η οποία πρέπει να είναι ισοδύναμη με το τυπικό σύστημα τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

Τα όρια για περιορισμένη και απεριόριστη άρδευση παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Επιπρόσθετα πρέπει να τηρούνται και τα όρια μετάλλων του Πίνακα 16. Η καταλληλότητα του ανακτημένου νερού για σκοπούς άρδευσης θα πρέπει να επαληθευθεί βάσει των γενικών ποιοτικών χαρακτηριστικών του Πίνακα 17.

Πίνακας 13: Προτεινόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για άρδευση στην Ελλάδα

	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια /FC 100 ml	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολό τητα (NTU)	Προτεινόμενη Επεξεργασία
Περιορισμένη άρδευση	200 διάμεση τιμή 800 για το 95% των δειγμάτων	25 για το 95% των δειγμάτων	35 για το 95% των δειγμάτων	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ^α Απολύμανση ^β
Απεριόριστη άρδευση	5 για το 80% των δειγμάτων 15 για το 95% των δειγμάτων 100 μέγιστη τιμή	10 για το 80% των δειγμάτων	10 για το 80% των δειγμάτων	2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ^α Τριτοβάθμια επεξεργασία ^β Απολύμανση ^γ

α) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Άλλα συστήματα

όπως φυσικά και επί τόπου συστήματα που παράγουν εκροή με ισοδύναμη ποιότητα (BOD/SS=25/35) είναι αποδεκτά κατόπιν επαρκούς τεκμηρίωσης. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να διατηρούνται χαμηλότερα από 30 mg/l, με εξαίρεση στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των λυμάτων σε ταμειυτήρες, όπου οι συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου πρέπει να διατηρούνται σε 15 mg/l και 4mg/l αντίστοιχα.

β) Χλωρίωση, οζόνωση ή άλλου είδους απολυμαντικές ενώσεις, υπεριώδεις ακτινοβολία (UV), μέθοδοι μεμβρανών

γ) Το τυπικό σύστημα περιλαμβάνει: κροκίδωση, συσσωμάτωση, καθίζηση, διύλιση. Απευθείας διύλιση ή διύλιση επαφής μπορεί να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις όπου η δευτεροβάθμια εκροή περιέχει λιγότερα από 20 mg/l SS για το 80% των δειγμάτων.

2) Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη βιομηχανία περιλαμβάνει νερά ψύξης, λεβήτων και χρήσης κατά τις διάφορες διεργασίες. Σε περιπτώσεις νερών ψύξης μιας χρήσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα, τα οποία μετά από απολύμανση περιέχουν συγκεντρώσεις περιττωματικών κολοβακτηριδίων μικρότερες από 200 FC /100 ml (διάμεση τιμή). Για όλες τις άλλες περιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένου του νερού που ανακυκλώνεται στα αντίστοιχα συστήματα ψύξης, η ελάχιστη απαίτηση επεξεργασίας είναι η τριτοβάθμια. Πρόσθετη επεξεργασία μπορεί να απαιτηθεί σε ειδικές περιπτώσεις. Ο Πίνακας 14 συνοψίζει τα προτεινόμενα όρια και μεθόδους επεξεργασίας κατά την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη βιομηχανία.

Πίνακας 14: Προτεινόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στη βιομηχανία, στην Ελλάδα

	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια /FC 100 ml	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Προτεινόμενη επεξεργασία
Νερό ψύξης μιας χρήσης	200 διάμεση τιμή 800 για το 95% των δειγμάτων	25 για το 95% των δειγμάτων	35 για το 95% των δειγμάτων	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ^β απολύμανση ^γ
Επανακυκλο	5 για το 80% των	10 για το	10 για το	2 διάμεση	Δευτεροβάθμια

φορούμενο νερό ψύξης, λέβητας και νερό χρήσης	δειγμάτων 15 για το 95% των δειγμάτων 100 μέγιστη τιμή	80% των δειγμάτων	80% των δειγμάτων	τιμή	βιολογική επεξεργασία Τριτοβάθμια επεξεργασία ^δ Απολύμανση ^γ
---	--	-------------------	-------------------	------	--

α) Πρόσθετη επεξεργασία μπορεί να απαιτείται ανάλογα με τις ειδικές κατά περίπτωση απαιτήσεις.

β) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Άλλα συστήματα όπως φυσικά και επί τόπου συστήματα που παράγουν εκροή με ισοδύναμη ποιότητα (BOD/SS=25/35) είναι αποδεκτά κατόπιν επαρκούς τεκμηρίωσης. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να διατηρούνται χαμηλότερα από 30 mg/l, με εξαίρεση στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των λυμάτων σε ταμιευτήρες όπου οι συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου πρέπει να διατηρούνται σε 15 mg/l και 4mg/l αντίστοιχα.

γ) Χλωρίωση, οζόνωση ή άλλου είδους απολυμαντικές ενώσεις, υπεριώδεις ακτινοβολία (UV), μέθοδοι μεμβρανών.

δ) Το τυπικό σύστημα περιλαμβάνει: κροκίδωση, συσσωμάτωση, καθίζηση, διύλιση. Απευθείας διύλιση ή διύλιση επαφής μπορεί να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις όπου η δευτεροβάθμια εκροή περιέχει λιγότερα από 20 mg/l SS για το 80% των δειγμάτων.

3) Αστική χρήση πλυν πόσης και χρήσεις αναψυχής

Οι τρόποι αυτοί επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν το πότισμα μεγάλων εκτάσεων (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκόλφ, δημόσια πάρκα) και εγκαταστάσεων αναψυχής, την κατάσβεση πυρκαγιών, νερό για τη συμπύκνωση εδαφών, νερό για τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, νερό για διακοσμητικά σιντριβάνια και νερό για καθαρισμό τουαλετών. Ως προς την απαιτούμενη επεξεργασία η περιορισμένη αστική χρήση απαιτεί δευτεροβάθμια επεξεργασία, ενώ η απεριόριστη προϋποθέτει επιπρόσθετα τριτοβάθμια επεξεργασία.

Ο διαχωρισμός μεταξύ περιορισμένης και απεριόριστης αστικής χρήσης είναι μια αξιόπιστη και ασφαλής διαδικασία υπό την προϋπόθεση ότι τα θεσμικά, οργανωτικά κι διαχειριστικά μέσα μπορούν να εξασφαλίσουν τη σωστή εφαρμογή της. Η εκπλήρωση αυτής της προϋπόθεσης είναι ωστόσο αμφίβολη στην περίπτωση της Ελλάδας. Προτείνονται λοιπόν, κοινά όρια τόσο για την περιορισμένη όσο και για την απεριόριστη αστική χρήση και τις χρήσεις αναψυχής, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 15. Και στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να πληρούνται οι απαιτήσεις του Πίνακα 16.

Πίνακας 15: Προτεινόμενα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για αστική χρήση εκτός πόσης και χρήσεις αναψυχής στην Ελλάδα

	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια /FC 100 ml	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Προτεινόμενη επεξεργασία
Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκόλφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπύκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά σιντριβάνια, νερό για καθαρισμό τουαλέτας.	5 για το 80% των δειγμάτων 15 για το 95% των δειγμάτων 100 μέγιστη τιμή	10 για το 80% των δειγμάτ ων	10 για το 80% των δειγμάτ ων	2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ^α Τριτοβάθμια επεξεργασία ^β Απολύμανση ^γ

α) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Άλλα συστήματα όπως φυσικά και επί τόπου συστήματα που παράγουν εκροή με ισοδύναμη ποιότητα (BOD/SS=25/35) είναι αποδεκτά κατόπιν επαρκούς τεκμηρίωσης. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να διατηρούνται χαμηλότερα από 30 mg/l, με εξαίρεση στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των λυμάτων σε ταμιευτήρες όπου οι συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου πρέπει να διατηρούνται σε 15 mg/l και 4mg/l αντίστοιχα.

β) Το τυπικό σύστημα περιλαμβάνει: κροκίδωση, συσσωμάτωση, καθίζηση, διύλιση. Απευθείας διύλιση ή διύλιση επαφής μπορεί να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις όπου η δευτεροβάθμια εκροή περιέχει λιγότερα από 20 mg/l SS για το 80% των δειγμάτων.

γ) Χλωρίωση, οζόνωση ή άλλου είδους απολυμαντικές ενώσεις, υπεριώδεις ακτινοβολία (UV), μέθοδοι μεμβρανών.

Πίνακας 16: Προτεινόμενα μέγιστα όρια βαρέων μετάλλων σε ανακτημένα λύματα

Βαρέα Μέταλλα	Μέγιστη συγκέντρωση (μg/L)
Al (αργίλιο)	5000
As (αρσενικό)	100
Be (βηρύλλιο)	100

Cd (κάδμιο)	10
Co (κοβάλτιο)	50
Cr (χρώμιο)	100
Cu (χαλκός)	200
F (φθόριο)	1000
Fe (σίδηρος)	5000
Li (λίθιο)	2500
Mn (μαγγάνιο)	200
Mo (μολυβδαίνιο)	10
Ni (νικέλιο)	200
Pb (μόλυβδος)	5000
Se (σελήνιο)	20
V (βανάδιο)	100
Zn (ψευδάργυρος)	2000
Hg (υδράργυρος)	5

Πίνακας 17: Οδηγίες για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	Μικρός-Μέτριος	Σηπτικός
Αλατότητα				
EC_w^1	dS/m	<0,7	0,7-3,0	>3,0
Or				

TDS (ολικά διαλυμένα)	mg/l	<450	450-2000	>2000
Διαπερατότητα				
SAR ² = 0 - 3 και EC _w		>0,7	0,7-0,2	<0,2
3-6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
6-12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
12-20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
20-40		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Ειδική τοξικότητα ιόντων				
<i>Νάτριο (Na)</i>				
Επιφανειακή άρδευση	SAR	<3	3-9	>9
Καταιονισμός	mg/l	<70	>70	
<i>Χλωριόντα (Cl)</i>				
Επιφανειακή άρδευση	mg/l	<140	140-350	>350
Καταιονισμός	mg/l	<100	>100	
<i>Βόριο (B)</i>	mg/l	<0,7	0,7-3,0	>3,0
Άλλες επιπτώσεις				
Άζωτο (NO ₃ -N) ³	mg/l	<5	5-30	>30
HCO ₃	mg/l	<90	90-500	>500
pH	Τυπικό διάγραμμα 6,5-8,0			
Υπολειμματικό Cl (καταιονισμός)		<1	1-5	>5

¹ EC_w ηλεκτρική αγωγιμότητα σε deciSiemens ανά μέτρο στους 25°C

² SAR βαθμός απορρόφησης νατρίου

³ NO₃-N νιτρικό άζωτο σε όρους στοιχείων αζώτου

4.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού από βιολογικούς καθαρισμούς στην Κύπρο

Σήμερα η τριτοβάθμια παραγωγή επεξεργασμένου νερού στην Κύπρο φτάνει τα 14.6 εκατομμύρια κυβικά μέτρα τον χρόνο. Από αυτό το ποσό καλύπτεται το 8% της ζήτησης του νερού για τη γεωργία. Μικρότερες ποσότητες του νερού αυτού διατίθενται για εμπλουτισμό υπόγειων υδροφόρων οριζόντων, εμπλουτισμό φραγμάτων καθώς και διοχέτευση τους στη θάλασσα. Πιο κάτω φαίνεται ο μέσος όρος των ποσοστών διάθεσης του ανακυκλωμένου νερού για κάθε κατηγορία από το 2004 μέχρι το 2012 (Γιαννακού 2013).



Διάγραμμα 12: Διάθεση ανακυκλωμένου νερού στην Κύπρο 2004-2012

Πηγή: (Γιαννακού 2013)

5 Επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση ιλύος

Η ιλύς προέρχεται από μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και είναι το υπόλειμμα που παράγεται κατά την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Επειδή η ιλύς περιέχει βαρέα μέταλλα, δεν μπορεί να διατεθεί ως έχει, γιατί υπάρχει κίνδυνος της εκχύλισης των μετάλλων αυτών με επιπτώσεις στα εδάφη και τον υδροφόρο ορίζοντα. Για τον λόγο αυτό, γίνεται η επεξεργασία της ιλύος η οποία στοχεύει στην μείωση του όγκου, στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και στη μείωση του οργανικού φορτίου οσμών. Μετά την επεξεργασία, η ιλύς συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαερίου και στη γεωργία καθώς περιέχει άζωτο, φωσφόρο και άλλα θρεπτικά συστατικά (Σαμαράς 2013).

5.1 Βήματα επεξεργασίας ιλύος

Η επιλογή των βημάτων επεξεργασίας της ιλύος εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων, το σχεδιασμό του συστήματος επεξεργασίας τους και τη μέθοδο που επιλέγεται για τελική διάθεση της ιλύος. Μια τυπική επεξεργασία της ιλύος αποτελείται από τα πιο κάτω βήματα:

Προκαταρτική Επεξεργασία: Στο στάδιο αυτό γίνεται μίξη διαφόρων ειδών ιλύος, συνήθως από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια καθίζηση, με σκοπό τη δημιουργία μιας ομοιόμορφης ιλύος. Στόχος της είναι να διευκολύνει τα παρακάτω στάδια της σταθεροποίησης και της αφυδάτωσης (Σαμαράς 2013).

Πάχυνση: Κατά το στάδιο αυτό η ιλύς υποβάλλεται σε πάχυνση. Η πάχυνση είναι διαδικασία που χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η περιεκτικότητα στερεών στην ιλύ με την απομάκρυνση κάποιας ποσότητας υγρού κλάσματος. Εάν για παράδειγμα η ιλύς από τη δευτεροβάθμια καθίζηση η οποία έχει περιεκτικότητα στερεών 0,7 - 0,8 %, μπορεί με πάχυνση να αποκτήσει περιεκτικότητα στερεών 4,0 %, επιτυγχάνεται πενταπλάσια μείωση του όγκου της ιλύος. Ταυτόχρονα, επιτυγχάνεται απομάκρυνση των περιεχομένων υγρών, βελτίωση των χαρακτηριστικών της ιλύος και έτσι οι μετέπειτα διεργασίες καθίστανται πιο αποτελεσματικές.

Οι δεξαμενές που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι δεξαμενές συνεχούς ροής ή δεξαμενές περιοδικής πλήρωσης. Οι παχυντές βαρύτητας είναι συνήθως κυκλικές δεξαμενές, με μεγάλες κλίσεις πυθμένα, ώστε να διευκολύνεται η συσσώρευση και συμπύκνωση των στερεών στη χοάνη συλλογής απ' όπου και απομακρύνονται. Οι παχυντές αυτοί έχουν την μεγαλύτερη εφαρμογή μέχρι σήμερα, και επιτυγχάνουν συμπύκνωση σε περιεκτικότητα στερεών 2,5 – 5,0 % (συνήθως 2,0 – 3,0 %) (Νταρακάς 2014; Σαμαράς 2013).

Χώνευση/Σταθεροποίηση: Η σταθεροποίηση μπορεί να γίνει με αναερόβια ή αερόβια χώνευση. Στόχος της, είναι ο σημαντικός μετριασμός των βιολογικών αντιδράσεων ή άλλων μετατροπών που προκαλούν οσμές και η θανάτωση/αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών. Επιπρόσθετα μειώνει τον όγκο, παράγει βιοαέριο και βελτιώνει τα χαρακτηριστικά αφυδάτωσης της ιλύος (Metcalf and Eddy 2003). Οι μέθοδοι βιολογικής σταθεροποίησης της ιλύος παρουσιάζονται στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18: Συγκεντρωτικός πίνακας μεθόδων βιολογικής σταθεροποίησης της ιλύος

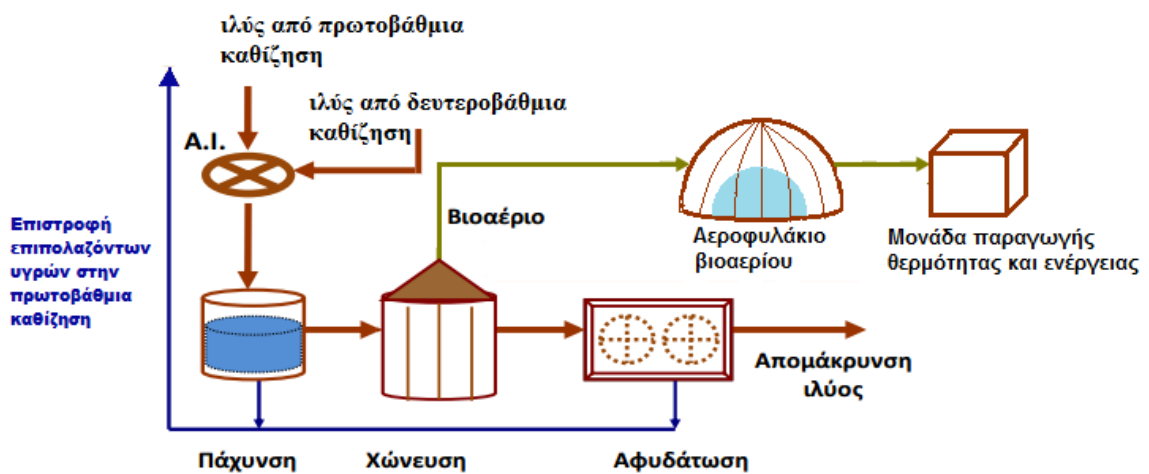
Μέθοδος επεξεργασίας	Είδος ιλύος	Παροχή θερμότητας	Διαδικασία	Πεδίο εφαρμογής σε εγκαταστάσεις
Αερόβια	Υγρή μορφή	Χωρίς θερμότητα	Παρατεταμένος αερισμός	Μικρές
		Με πρόσδοση θερμότητας	Αερόβια-θερμόφιλη σταθεροποίηση	Μικρές και μεσαίες
	Αφυδατωμένη	Με πρόσδοση θερμότητας	Κομποστοποίηση	Μικρές και μεσαίες
Αναερόβια	Υγρή μορφή	Χωρίς εξωτερική θερμότητα	Δεξαμενές Imhoff	Μικρές
		Με πρόσδοση	Ανεξάρτητη θερμαινόμενη	Μέτριες έως μεγάλες

		θερμότητας	δεξαμενή	
Συνδυασμός αερόβιας και αναερόβιας	Υγρή μορφή	Με πρόσδοση Θερμότητας	Συνδυασμός αντιδραστήρων αερόβιου θερμοφίλου και αναερόβιου μεσόφιλου	Μέτριες Εγκαταστάσεις

Πηγή: (Νταρακάς 2014)

Στη μονάδα θα χρησιμοποιηθεί αναερόβια μέθοδος επεξεργασίας, όπου θα χρησιμοποιηθούν οι δεξαμενές Imhoff. Η αναερόβια σταθεροποίηση (ή αναερόβια χώνευση ή αναερόβια ζύμωση) είναι η βιολογική μετατροπή της οργανικής ύλης της ιλύος, με ζύμωση μέσα σε θερμαινόμενο αντιδραστήρα χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Η ανάμιξη του περιεχομένου του αντιδραστήρα είναι συνεχής και υπάρχει συνεχής έλεγχος της θερμοκρασίας, του pH, και των αιωρούμενων στερεών. Οι δεξαμενές είναι κυλινδρικές ή ωοειδείς με σιλό συλλογής της ιλύος στον πυθμένα. Η ιλύς ανακυκλοφορεί και θερμαίνεται με εναλλακτές θερμότητας, για τη διατήρηση της θερμοκρασίας στους 33 – 37 °C. Ο χρόνος παραμονής της ιλύος στη δεξαμενή κυμαίνεται από 10 έως 20 ημέρες. Παράγεται μίγμα αερίων, το γνωστό βιοαέριο, με χημική σύσταση περίπου 65 - 60 % μεθάνιο (CH₄), 35 - 40 % διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), υδρόθειο (H₂S) κ.λ.π. Το βιοαέριο (400 – 500 L/Kg οργανικών ουσιών) αποθηκεύεται σε αεριοφυλάκιο και θα χρησιμοποιείται για την λειτουργία της μονάδας (Νταρακάς 2014).

Αφυδάτωση: Στο στάδιο αυτό μειώνεται το νερό που υπάρχει, μέχρι να προκύψει ένα στερεόμορφο υλικό. Το βήμα αυτό, μπορεί να γίνει είτε με φυσική εξάτμιση και αποστράγγιση του νερού της ιλύος σε κλίνες και λίμνες ξήρασης, είτε με διάφορα μηχανικά μέσα όπως φυγοκέντριση και ταινιοφιλτρόπρεσσα. Η αφυδάτωση είναι απαραίτητη στην περίπτωση μας αφού θα χρησιμοποιηθεί για κομποστοποίηση (Σαμαράς 2013).



Διάγραμμα 13: Διάταξη διαδικασιών επεξεργασίας ιλύος

5.2 Διάθεση ιλύος

Τις τελευταίες δεκαετίες σημειώνεται μια σημαντική αλλαγή στους τρόπους διάθεσης της επεξεργασμένης ιλύος. Μέχρι το 1998 η επεξεργασμένη ιλύος χρησιμοποιείτο για:

- Διάθεση στη θάλασσα
- Χρήση ως λίπασμα στην αγροτική γη
- Αποτέφρωση
- Διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ)

Το 1998 η Ευρωπαϊκή νομοθεσία απαγόρευσε τη διάθεση της ιλύος στη θάλασσα, ώστε να προστατεύσει το θαλάσσιο περιβάλλον και σιγά σιγά καταργείται και η διάθεση της σε ΧΥΤΑ. Σήμερα, η κύρια μέθοδος χρήσης της είναι στη γεωργία. Πιο κάτω φαίνονται οι τομείς όπου χρησιμοποιείται η επεξεργασμένη ιλύς στην Ευρώπη:

- Γεωργία (χρήση ως λίπασμα)
- Αποτέφρωση
- Διάθεση σε ΧΥΤΑ
- Κομποστοποίηση
- Εφαρμογές άλλες περιοχές όπως η δασοκομία και η αποκατάσταση εδαφών
- Παραγωγή ενέργειας

Στην Ευρώπη το ξηρό βάρος των στερεών που προέρχεται από την πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία υπολογίζεται σε μια μέση τιμή 50 γραμμαρίων ανά άτομο ανά ημέρα (Kelessidis and Stasinakis 2012).

5.3 Νομοθετικό πλαίσιο στην Ε.Ε.

Η διάθεση της ιλύος στην Ευρωπαϊκή Ένωση καθορίζεται από την οδηγία 86/287/ΕΕ και έχει ως σκοπό την ενθάρρυνση της χρησιμοποίησης της στη γεωργία, με τέτοιο τρόπο όμως ώστε να αποτρέπεται οποιαδήποτε επιβλαβή επίδραση στο έδαφος, τη βλάστηση, τα ζώα και τα ανθρώπινα όντα. Η χρήση της μη επεξεργασμένης λάσπης απαγορεύεται από τον νόμο εκτός και αν εγγέται ή ενσωματώνεται στο έδαφος.

Ο όρος επεξεργασμένη ιλύς στην οδηγία ορίζεται σαν η ιλύς που έχει υποβληθεί σε βιολογική, χημική ή θερμική επεξεργασία, μακροπρόθεσμη αποθήκευση ή οποιαδήποτε άλλη κατάλληλη διεργασία για να μειώσει σημαντικά τους κινδύνους υγείας ως αποτέλεσμα της χρήσης της

Στο Πίνακα 19 φαίνονται τα όρια για τις συγκεντρώσεις οργανικών ρύπων στην ιλύ, όπως τα θέτει η οδηγία. Σε άλλα κράτη-μέλη έχουν θεσπιστεί αυστηρότερες νομοθεσίες από αυτή, με χαμηλότερες οριακές τιμές.

Πίνακας 19: Προτεινόμενα ανώτατα όρια για ορισμένους οργανικούς ρύπους στην ιλύ

<i>Οργανικοί ρύποι</i>	<i>Ανώτερη επιτρεπόμενη συγκέντρωση mg kg⁻¹ ξηρού βάρους ιλύος</i>
Εννευλφαινόλες και παράγωγα αυτών	50
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)	6
Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB)	0.8
Ενώσεις θειικού αλκυλοβενζολίου (LAS)	2600
Πρσοφημένα οργανικά αλογόνα (AOX)	500
Πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες/διβενζοφουράνια (PCDD/F)	100
Δι-εθυλ-εξυλ-φθαλίδια (Di(2-ethylhexyl)phthalate – DEHP)	100

Πηγή:(EU 2000)

Στην οδηγία 86/278/ΕΕ συμπεριλαμβάνεται επίσης και μια σειρά από άλλες νομοθεσίες:

- Το 1975 απαιτείται διαχωρισμός των αποβλήτων με την ενθάρυνση πρόληψης και της φιλικής προς το περιβάλλον διάθεση
- Αυστηρότερα ποιοτικά πρότυπα για τα υγρά απόβλητα που διατίθενται στο υδατικό περιβάλλον
- Η Ε.Ε. έθεσε ως στόχο τη μείωση των διοξινών κατά ποσοστό 90% μεταξύ 1985 και 2000. Μια νέα οδηγία που εγκρίθηκε το 2000 και τέθηκε σε εφαρμογή το 2005 περιορίζει τις εκπομπές των διοξινών και τη διάρκεια της αποτέφρωσης.
- Υιοθετείται έλεγχος παρουσίας 33 οργανικών ενώσεων που θεωρείται ότι αποτελούν κίνδυνο για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία λόγω πιθανής βιοσυσσώρευσης τους στην τροφική αλυσίδα. Οι ενώσεις αυτές περιλαμβάνουν φθαλικούς εστέρες φυτοφάρμακα, πολυχρωρωμένα διαφαινώλια, διοξίνες, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, αλκυλοφαινόλες και διασφαινόλες.

Κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων η διάθεση της παραγόμενης ιλύος αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα συνεισφέροντας μέχρι και στο 50% των λειτουργικών δαπάνων της μονάδας. Εντούτοις, η αναερόβια χώνευση διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο, λόγω τη δυνατότητας της να μετασχηματίσει την οργανική ύλη σε βιοαέριο. Με τη μετατροπή αυτή εκτός του ότι πετυγχάινεται μείωση της ιλύς προς διάθεση, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η δυνατότητα αυτή του βιοαερίου είναι ευρέως αναγνωρισμένη και τρέχουσες τεχνικές αναπτύσσονται για να αναβαθμίσουν την ποιότητα και να ενισχύσουν την ενεργειακή του χρήση. Η μέθοδος της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο για την επεξεργασία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας ιλύς μέχρι σήμερα.

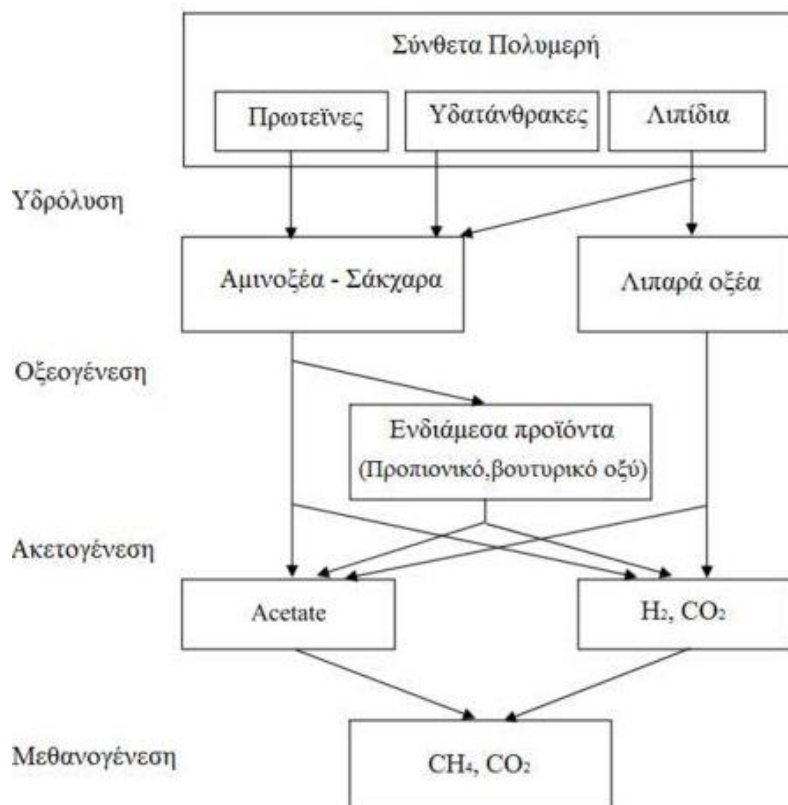
Στην μονάδα από την ιλύ θα παράγεται βιοαέριο το οποίο θα χρησιμοποιείται για ένα μέρος των ενεργειακών δαπανών που απαιτεί για να λειτουργήσει και στην συνέχεια η ιλύς θα ξηραίνεται και θα πωλείται σε διάφορους αγρότες για να την χρησιμοποιούν στα χωράφια τους ή αν δεν καλύπτει τις ανάγκες των ξενοδοχείων το επεξεργασμένο νερό, θα χρησιμοποιείται ως λύπασμα για τα δέντρα, τα λουλούδια και γενικά την πρασινάδα του ξενοδοχείου. Η κομποστοποίηση δεν είναι απαραίτητη, αφού η ιλύς ακόμη και μετά την αναερόβια διάσπαση η ιλύς περιέχει μέσα της θρεπτικά συστατικά.

5.4 Παραγωγή Μεθανίου

Οι παραδοσιακές μέθοδοι διάθεσης και σταθεροποίησης των αποβλήτων πλέον έχουν γίνει λιγότερο ελκυστικές εξαιτίας του αυξημένου κόστους και των ανάλογων περιβαλλοντικών ανησυχιών και προβλημάτων που προκύπτουν. Από την άλλη, η ανάκτηση πηγών ενέργειας από τα απόβλητα, έχει τεράστια πλεονεκτήματα και αποτελεί μια σημαντική στρατηγική διαχείριση των αποβλήτων. Είναι μια καινούργια μέθοδος και βρίσκεται ακόμη σε ανάπτυξη, έχοντας περιθώρια βελτιστοποίησης. Η διεργασία αυτή γίνεται συνήθως με τη μέθοδο της αναερόβιας επεξεργασίας.

5.4.1 Αναερόβια επεξεργασία

Αναερόβια χώνευση είναι η βιολογική διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη, απουσία οξυγόνου, μετατρέπεται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα (Toerien and Hattingh 1969). Συνήθως από τη διαδικασία αυτή πετυγχάνεται μέχρι και 40% μείωση του όγκου της ιλύς, ενώ παράλληλα το μεθάνιο που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μηχανικής και ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία της μονάδας. Η επεξεργασία γίνεται κάτω από ελεγχόμενη θερμοκρασία, pH, συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου και φυσικής και βιολογικής εξισορρόπησης. Η αναερόβια χώνευση μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις κύριες βιολογικές επάλληλες φάσεις, όπως φαίνονται και στο Διάγραμμα 14, της υδρόλυσης, της οξυγένεσης και της μεθανογένεσης.



Διάγραμμα 14: Στάδια αναερόβιας αποδόμησης

Πηγή: (Σαμαράς 2013)

Υδρόλυση: Αποτελεί το πρώτο στάδιο κατά το οποίο ουσίες υψηλού μοριακού βάρους (λιπίδια, πολυσακχαρίτες, υδατάνθρακες και πρωτεΐνες) υδρολύονται με την βοήθεια ενζύμων προς χαμηλού μοριακού βάρους (λιπαρά οξέα, μονοσακχαρίτες, αμινοξέα, πυρίνες και πυριδίνες). Οι χαμηλού μοριακού βάρους ουσίες κατά ένα μεγάλο βαθμό είναι υδατοδιαλυτές και αποτελούν κατάλληλο υπόστρωμα βιολογικής αύξησης. Ακολούθως, οι ενώσεις αυτές μετατρέπονται σε πτητικά λιπαρά οξέα κατά την οξεογένεση. Στο στάδιο της υδρόλυσης πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη θερμοκρασία και το pH, αφού η διεργασία είναι ευαίσθητη σε αλλαγές τους και αναπτύσσεται με αργό ρυθμό (Appels et al, 2008).

Οξεογένεσης: Αποτελεί το δεύτερο στάδιο κατά το οποίο γίνεται παραγωγή ενδιάμεσων ουσιών χαμηλότερου μοριακού βάρους με την δράση των οξυγενών βακτηρίων που περιέχουν H₂, CO₂, NH₃, πτητικά λιπαρά οξέα (βουτυρικό οξύ, οξικό οξύ) και άλλα παραπροϊόντα (μεθανόλη, μεθυλαμίνη). Τα προϊόντα που σχηματίζονται είναι ανάλογα με

τον τύπο των βακτηρίων και τις συνθήκες που επικρατούν. Τα οξυγενή βακτήρια, σε αντίθεση, είναι πολύ ανθεκτικά σε αλλαγές της θερμοκρασίας και του pH. Αποτελεί την πιο γρήγορη φάση της αναερόβιας χώνευσης. Τα πτητικά λιπαρά οξέα ανήκουν στα οργανικά οξέα που σχηματίζονται σε αυτό το στάδιο της οξυγένεσης. Αποτελούν πολύ σημαντικά ενδιάμεσα προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης, γι'αυτό η παρακολούθηση των συγκεντρώσεων τους έχει σημαντικό ρόλο για την επιτυχία του συτήματος.

Ακετογένεση: Σε αυτό το στάδιο πολλά από τα οξέα και τις αλκοόλες που έχουν παραχθεί κατά την οξεογένεση, διασπώνται σε οξικό οξύ, το οποίο παράγεται από τα ακετογενή βακτήρια και χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα από τα μεθανογενή βακτήρια στο επόμενο στάδιο (Gerardi 2003).

Μεθανογένεση: Αποτελεί το τελευταίο στάδιο, όπου γίνεται μετατροπή των ενδιάμεσων ουσιών όπως το οξικό οξύ, οι αλκοόλες, το διοξείδιο του άνθρακα και αέριο υδρογόνο σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα με τη δράση μεθανογόνων μικροοργανισμών. Το στερεό υλικό που απομένει, αποτελεί τα υποπροϊόντα του μεταβολισμού των μικροοργανισμών, τα οποία σε τελικό στάδιο της αποδόμησης τους, η ενέργεια που έχουν είναι τόσο χαμηλή που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κανένα οργανισμό (Metcalf and Eddy 2003). Οι μεθανογενείς οργανισμοί είναι ευαίσθητοι στην μεταβολή του pH και αν μειωθεί στο 6-6.2 αναστέλουν την λειτουργία τους, τα πτητικά οξέα συνεχίζουν να αυξάνονται και προκύπτει μια δυσάρεστη οσμή στην ιλύ.

Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η δυναμική ισοροπία μεταξύ των προαναφερόμενων φάσεων, κυρίως η παραγωγή και η κατανάλωση ενδιάμεσων οξέων, για την ομαλή λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης. Όταν το στάδιο της υδρόλυσης αναχαιτίζεται μειώνεται το υπόστρωμα των επόμενων σταδίων και γίνεται παραγωγή μεθανίου. Αντίθετα, όταν το στάδιο της μεθανογένεσης αναχαιτίζεται υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αστοχήσει μέσω της μείωσης της αλκαλότητας και του pH (Gerardi 2003).

5.4.2 Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Η ομαλή λειτουργία των αναερόβιων αντιδραστήρων επηρεάζεται από αρκετές λειτουργικές παραμέτρους. Οι κυριότεροι παραμέτροι είναι η θερμοκρασία, το pH, η αλκαλικότητα, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, η χημική σύσταση της τροφοδοσίας και η παρουσία τοξικών ουσιών. Τα μεθανογενή βακτήρια είναι αυστηρώς αναερόβιοι οργανισμοί και είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στις αλλαγές των παραμέτρων αυτών, γι'αυτό και οι συνθήκες λειτουργίας του χωνευτή πρέπει να ελέγχονται ώστε να διατηρούνται στις βέλτιστες τιμές. Πιο κάτω στον Πίνακα 20 φαίνεται αναλυτικά η αποδεκτή δραστηριότητα των μικροοργανισμών των κύριων αυτών παραμέτρων.

Πίνακας 20: Λειτουργικές συνθήκες για αποδεκτή δραστηριότητα μεθανογενών βακτηρίων και παραγωγή βιοαερίου

Μεταβλητή	Βέλτιστη Τιμή	Ακραίες τιμές
pH	6.8 – 7.4	6.4 – 7.8
Αλκαλικότητα ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$)	1500 – 3000	1000 - 5000
Θερμοκρασία		
- Μεσόφιλη	30 – 35°C	20 – 40°C
- Θερμόφιλη	50 – 56°C	45 – 60°C
Υδραυλικός χρόνος παραμονής (d)	10 – 15	7 – 30
Σύσταση βιοαερίου		
CH ₄ (% κ.ο.)	65 – 70	60 - 75
CO ₂ (% κ.ο.)	30 – 35	25 - 40
Πτητικά οξέα (mg L^{-1} οξικού οξέος)	50 -500	> 2000

Πηγή: (Gerardi 2003)

6 Μονάδα

Ο υπό μελέτη σχεδιασμός της μονάδας θα γίνει βάση τέσσερα ξενοδοχεία στη τουριστική περιοχή της Λεμεσού κοντά στον Άγιο Τύχωνα. Τα τέσσερα ξενοδοχεία είναι:

- Four Seasons (5 αστέρων)
- Amathus (5 αστέρων)
- Mediterranean (4 αστέρων)
- Golden Arches (3 αστέρων)

6.1 Υπολογισμός καταναλώσεων νερού από τα ξενοδοχεία

Παρακάτω φαίνονται οι μέγιστες ημερήσιες καταναλώσεις, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως αρχικά δεδομένα για τους μετέπειτα υπολογισμούς. Τα δεδομένα αυτά δόθηκαν από τον κ. Γιάννη Παπαμιχαήλ, Λογιστή και Αναπληρωτή Διευθυντή του ξενοδοχείου Miramare στη Λεμεσό. Αρχικά από τα δεδομένα, υπολογίστηκε εύκολα η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο για το κάθε ξενοδοχείο και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα με την ελάχιστη κατανάλωση όπως ορίζεται από την Ελληνική νομοθεσία ανά κατηγορία ξενοδοχείου. Επειδή στην Κύπρο θεωρείται ότι υπάρχει παρόμοιος τρόπος ζωής με αυτό της Ελλάδας, δεν επηρεάζει το γεγονός ότι δεν είναι από την Κυπριακή νομοθεσία.

Πίνακας 21: Δεδομένα

Δεδομένα				Μέγιστη Κατανάλωση (lt/άτομο/ημέρα)
Όνομα Ξενοδοχείου	Δυναμικότητα φιλοξενίας	Μεγιστό Προσωπικό	Μέγιστη κατανάλωση (m3/ημέρα)	
Four Seasons	574	520	450	411.3346
Amathus	488	280	325	423.1771
Mediterranean	582	220	300	374.0648
Golden Arches	209	80	90	311.4187
Άθροισμα	1853	1100	1165	1519.9952

Πηγή: Παπαμιχαήλ Γ.(2014)

Πίνακας 22: Ελάχιστη κατανάλωση ανά κατηγορία ξενοδοχείου

Ελάχιστη κατανάλωση ανά κατηγορία ξενοδοχείου	
Εστιατόριο	50 lt/άτομο/ημέρα
Κάμπινγκ	150 lt/άτομο/ημέρα
Ξενοδοχείο 1*	150 lt/άτομο/ημέρα
Ξενοδοχείο 2*	250 lt/άτομο/ημέρα
Ξενοδοχείο 3*	300 lt/άτομο/ημέρα
Ξενοδοχείο 4*	350 lt/άτομο/ημέρα
Ξενοδοχείο 5*	400 lt/άτομο/ημέρα

Πηγή: (ecomec n.d.)

Όπως παρατηρείται, οι υπολογισμοί της ημερήσιας κατανάλωσης ανά άτομο είναι πολύ κοντά βάση της κατηγορίας του ξενοδοχείου που ανήκουν.

Στην συνέχεια με τη βοήθεια του επιβλέπον καθηγητή μου, Δρ. Νικόλα Καθητζιώτη, καταλήξαμε σε κάποιους συντελεστές, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τις μηνιαίες διακυμάνσεις κατανάλωσης νερού σε ένα έτος. Οι συντελεστές αυτοί επιλέχθηκαν θέτοντας τους υψηλότερους συντελεστές κατά τις τουριστικές περιόδους, τους πιο καλοκαιρινούς μήνες δηλαδή, και τους χαμηλότερους στους πιο χειμερινούς μήνες.

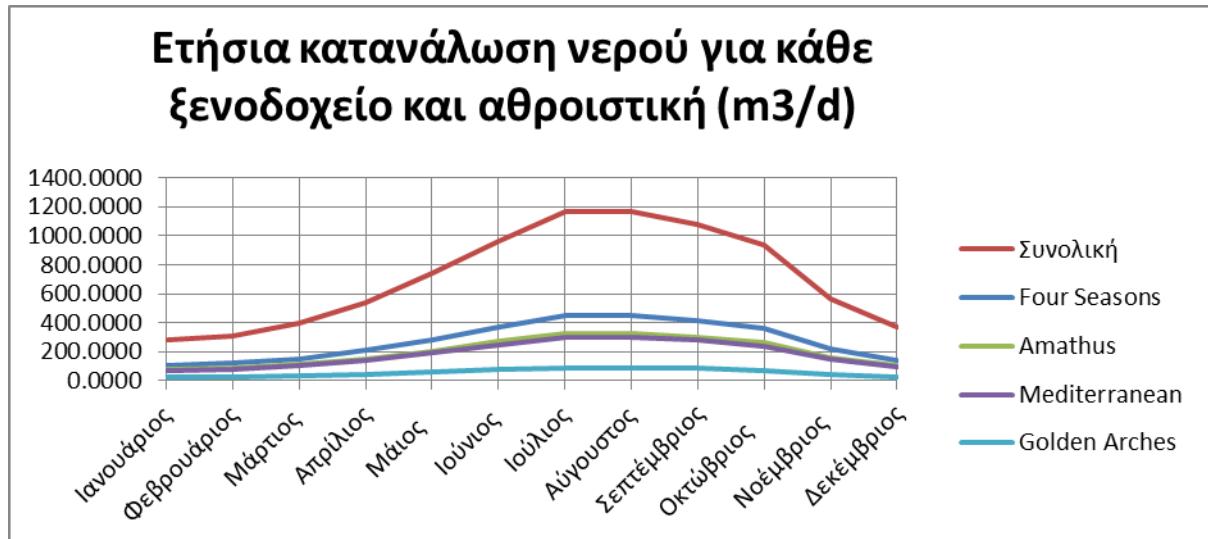


Διάγραμμα 15: Διακύμανση κατανάλωσης νερού ανά έτος

Ακολουθως, με την μέθοδο της αριθμητικής παλινδρόμησης υπολογίστηκαν οι διακυμάνσεις για το κάθε ξενοδοχείο. Ο υπολογισμός αυτός έγινε με την βοήθεια των συντελεστών του μήνα και της μέγιστης κατανάλωσης ανά ημέρα. Επίσης, ως δεδομένο πάρθηκε ότι ο μεγαλύτερος συντελεστής του μήνα, δηλαδή στην περίπτωση αυτή το 4.1 αντιστοιχεί στην μέγιστη ημερήσια κατανάλωση του κάθε ξενοδοχείου. Ουσιαστικά υπολογίστηκε μια τυπική ημέρα για τον κάθε μήνα, η οποία αντιστοιχεί υποθετικά στη μέγιστη ημέρα αυτού. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν η μέση, η μέγιστη και η ελάχιστη ημερήσια τιμή για το κάθε ξενοδοχείο, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν σε μετέπειτα στάδιο. Τέλος, παρουσιάζεται σχετικό συγκριτικό διάγραμμα με τα αποτελέσματα.

Πίνακας 23: Ημερήσια κατανάλωση νερού για κάθε μήνα

Κατανάλωση Νερού						
Μήνας	Συντελεστής Μήνα	Ενδεικνύομενη ημερήσια κατανάλωση νερού για κάθε μήνα (m ³ /ημέρα)				
		Four Seasons	Amathus	Mediterranean	Golden Arches	Συνολική
Ιανουάριος	1	109.7561	79.2683	73.1707	21.9512	284.1463
Φεβρουάριος	1.1	120.7317	87.1951	80.4878	24.1463	312.5610
Μάρτιος	1.4	153.6585	110.9756	102.4390	30.7317	397.8049
Απρίλιος	1.9	208.5366	150.6098	139.0244	41.7073	539.8780
Μάιος	2.6	285.3659	206.0976	190.2439	57.0732	738.7805
Ιούνιος	3.4	373.1707	269.5122	248.7805	74.6341	966.0976
Ιούλιος	4.1	450.0000	325.0000	300.0000	90.0000	1165.0000
Αύγουστος	4.1	450.0000	325.0000	300.0000	90.0000	1165.0000
Σεπτέμβριος	3.8	417.0732	301.2195	278.0488	83.4146	1079.7561
Οκτώβριος	3.3	362.1951	261.5854	241.4634	72.4390	937.6829
Νοέμβριος	2	219.5122	158.5366	146.3415	43.9024	568.2927
Δεκέμβριος	1.3	142.6829	103.0488	95.1220	28.5366	369.3902
Μέση Τιμή		274.3902	198.1707	182.9268	54.8780	710.3659
Μέγιστη τιμή		450.0000	325.0000	300.0000	90.0000	1165.0000
Ελάχιστη τιμή		109.7561	79.2683	73.1707	21.9512	284.1463



Διάγραμμα 16: Ετήσια κατανάλωση νερού για κάθε ξενοδοχείο και αθροιστική

Στο σημείο αυτό, με πανομοιότυπο τρόπο με αυτόν του υπολογισμού των συντελεστών του κάθε μήνα, υπολογίστηκαν και οι συντελεστές ώρας. Όπως παρατηρείται και στη τυπική διακύμανση, υπάρχουν αυξήσεις κατανάλωσης το πρωί κατά τις 07:30-09:30, το μεσημέρι κατά τις 12:00-15:00 και το απόγευμα προς βράδυ κατά τις 17:30-20:00. Στις ώρες αυτές παρατηρούνται μεγαλύτερες καταναλώσεις αφού είναι οι ώρες που δουλεύουν τα εστιατόρια. Επίσης μετά τις 17:30 ο ήλιος αρχίζει να δύει το καλοκαίρι και συνήθως οι τουρίστες φεύγουν από την πισίνα και πάνε στα δωμάτια τους να κάνουν μπάνιο και να ετοιμαστούν για την βραδυνή τους έξοδο. Μεταξύ των ωρών 00:00-05:00 από την άλλη, παρατηρείται η χαμηλότερη κατανάλωση, λόγω του ότι κατά τις ώρες αυτές κοιμούνται οι πλήστοι επισκέπτες ή έχουν βγει εκτός ξενοδοχείου.



Διάγραμμα 17: Διακύμανση κατανάλωσης νερού ανά ημέρα

Όπως και προηγουμένος με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίζεται η μέση, η μέγιστη και η ελάχιστη κατανάλωση, παίρνοντας τις αντίστοιχες τιμές μεσης, μεγιστης και ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης του κάθε ξενοδοχείου. Η διαδικασία αυτή γίνεται και για τα τέσσερα ξενοδοχεία και ακολούθως παρουσιάζεται συγκριτικό διάγραμμα διακύμανσης των ωρών της μέρας για μέση, μέγιστη και ελάχιστη κατανάλωση.

Πίνακας 24: Ημερήσια κατανάλωση Four Seasons

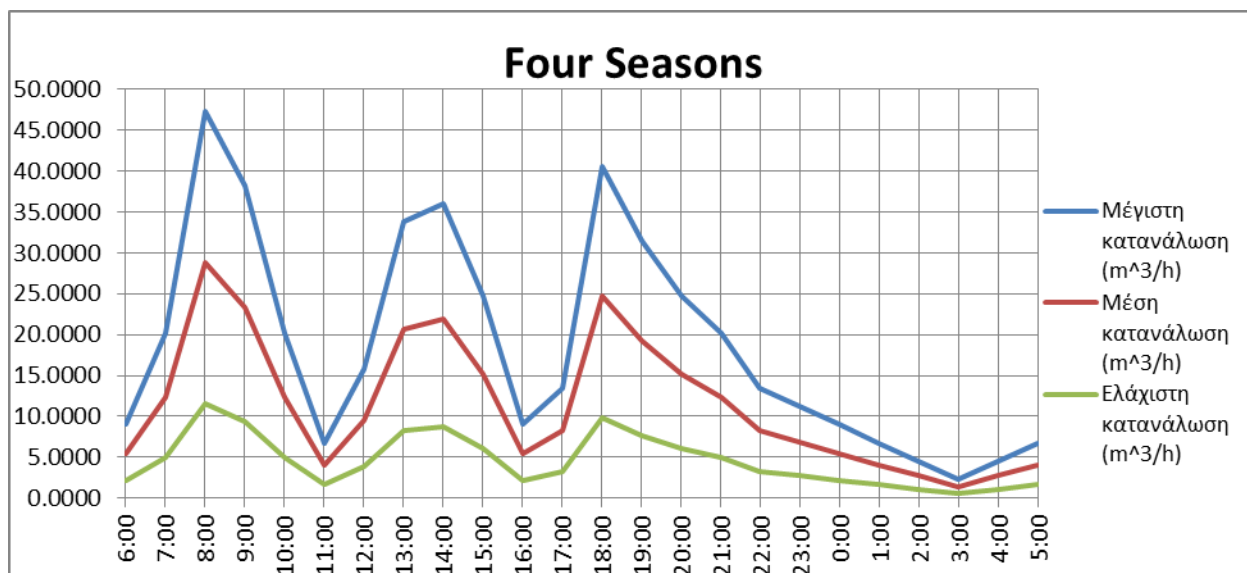
Four Seasons				
Ωρα	Συντελεστής Ωρας	Μέση κατανάλωση (m ³ /h)	Μέγιστη κατανάλωση (m ³ /h)	Ελάχιστη κατανάλωση (m ³ /h)
6:00	2.0	5.4878	9.0000	2.1951
7:00	4.5	12.3476	20.2500	4.9390
8:00	10.5	28.8110	47.2500	11.5244
9:00	8.5	23.3232	38.2500	9.3293
10:00	4.5	12.3476	20.2500	4.9390
11:00	1.5	4.1159	6.7500	1.6463
12:00	3.5	9.6037	15.7500	3.8415
13:00	7.5	20.5793	33.7500	8.2317

14:00	8.0	21.9512	36.0000	8.7805
15:00	5.5	15.0915	24.7500	6.0366
16:00	2.0	5.4878	9.0000	2.1951
17:00	3.0	8.2317	13.5000	3.2927
18:00	9.0	24.6951	40.5000	9.8780
19:00	7.0	19.2073	31.5000	7.6829
20:00	5.5	15.0915	24.7500	6.0366
21:00	4.5	12.3476	20.2500	4.9390
22:00	3.0	8.2317	13.5000	3.2927
23:00	2.5	6.8598	11.2500	2.7439
0:00	2.0	5.4878	9.0000	2.1951
1:00	1.5	4.1159	6.7500	1.6463
2:00	1.0	2.7439	4.5000	1.0976
3:00	0.5	1.3720	2.2500	0.5488
4:00	1.0	2.7439	4.5000	1.0976
5:00	1.5	4.1159	6.7500	1.6463

Μέση Τιμή	11.4329
------------------	---------

Μέγιστη τιμή	47.2500
---------------------	---------

Ελάχιστη τιμή	0.5488
----------------------	--------



Διάγραμμα 18: Ημερήσια κατανάλωση Four Seasons

Πίνακας 25: Ημερήσια κατανάλωση Amathus

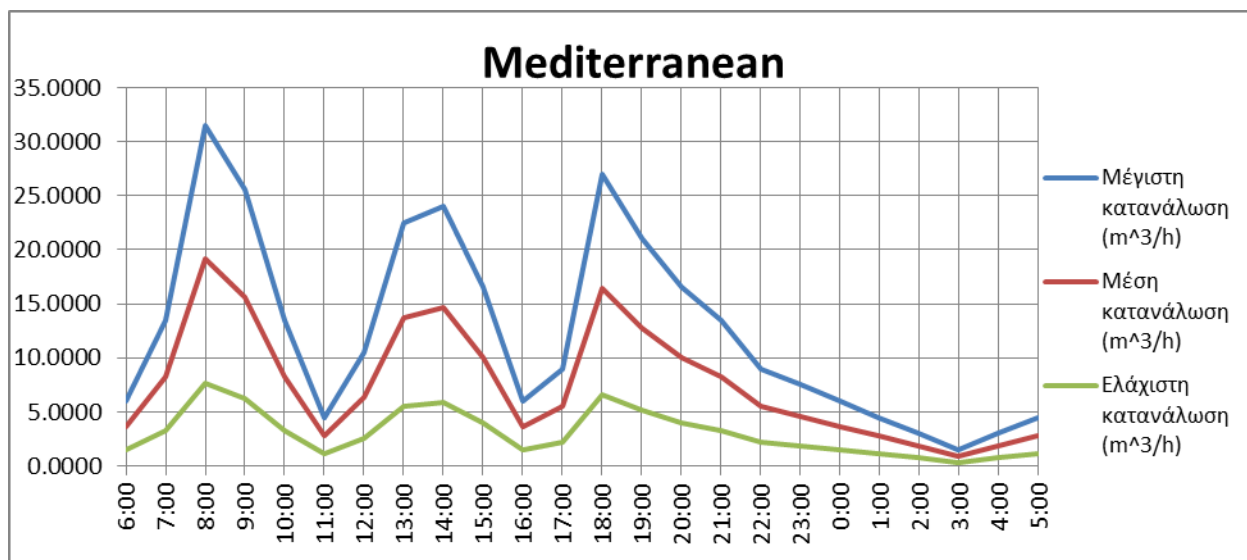
Amathus				
Ωρα	Συντελεστής Ωρας	Μέση κατανάλωση (m ³ /h)	Μέγιστη κατανάλωση (m ³ /h)	Ελάχιστη κατανάλωση (m ³ /h)
6:00	2.0	3.9634	6.5000	1.5854
7:00	4.5	8.9177	14.6250	3.5671
8:00	10.5	20.8079	34.1250	8.3232
9:00	8.5	16.8445	27.6250	6.7378
10:00	4.5	8.9177	14.6250	3.5671
11:00	1.5	2.9726	4.8750	1.1890
12:00	3.5	6.9360	11.3750	2.7744
13:00	7.5	14.8628	24.3750	5.9451
14:00	8.0	15.8537	26.0000	6.3415
15:00	5.5	10.8994	17.8750	4.3598
16:00	2.0	3.9634	6.5000	1.5854
17:00	3.0	5.9451	9.7500	2.3780
18:00	9.0	17.8354	29.2500	7.1341
19:00	7.0	13.8720	22.7500	5.5488
20:00	5.5	10.8994	17.8750	4.3598
21:00	4.5	8.9177	14.6250	3.5671

6:00	2.0	3.6585	6.0000	1.4634
7:00	4.5	8.2317	13.5000	3.2927
8:00	10.5	19.2073	31.5000	7.6829
9:00	8.5	15.5488	25.5000	6.2195
10:00	4.5	8.2317	13.5000	3.2927
11:00	1.5	2.7439	4.5000	1.0976
12:00	3.5	6.4024	10.5000	2.5610
13:00	7.5	13.7195	22.5000	5.4878
14:00	8.0	14.6341	24.0000	5.8537
15:00	5.5	10.0610	16.5000	4.0244
16:00	2.0	3.6585	6.0000	1.4634
17:00	3.0	5.4878	9.0000	2.1951
18:00	9.0	16.4634	27.0000	6.5854
19:00	7.0	12.8049	21.0000	5.1220
20:00	5.5	10.0610	16.5000	4.0244
21:00	4.5	8.2317	13.5000	3.2927
22:00	3.0	5.4878	9.0000	2.1951
23:00	2.5	4.5732	7.5000	1.8293
0:00	2.0	3.6585	6.0000	1.4634
1:00	1.5	2.7439	4.5000	1.0976
2:00	1.0	1.8293	3.0000	0.7317
3:00	0.5	0.9146	1.5000	0.3659
4:00	1.0	1.8293	3.0000	0.7317
5:00	1.5	2.7439	4.5000	1.0976

Μέση Τιμή	7.6220
------------------	--------

Μέγιστη τιμή	31.5000
---------------------	---------

Ελάχιστη τιμή	0.3659
----------------------	--------



Διάγραμμα 20: Ημερήσια κατανάλωση Mediterranean

Πίνακας 27: Ημερήσια κατανάλωση Golden Arches

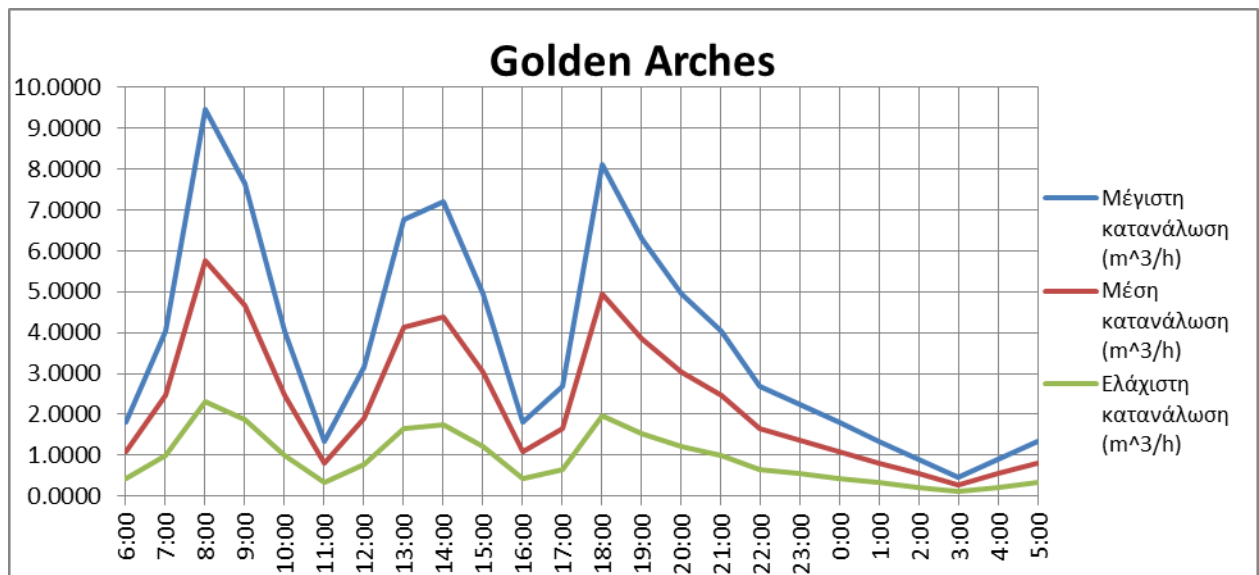
Golden Arches				
Ωρα	Συντελεστής Ωρας	Μέση κατανάλωση (m ³ /h)	Μέγιστη κατανάλωση (m ³ /h)	Ελάχιστη κατανάλωση (m ³ /h)
6:00	2.0	1.0976	1.8000	0.4390
7:00	4.5	2.4695	4.0500	0.9878
8:00	10.5	5.7622	9.4500	2.3049
9:00	8.5	4.6646	7.6500	1.8659
10:00	4.5	2.4695	4.0500	0.9878
11:00	1.5	0.8232	1.3500	0.3293
12:00	3.5	1.9207	3.1500	0.7683
13:00	7.5	4.1159	6.7500	1.6463
14:00	8.0	4.3902	7.2000	1.7561
15:00	5.5	3.0183	4.9500	1.2073
16:00	2.0	1.0976	1.8000	0.4390
17:00	3.0	1.6463	2.7000	0.6585
18:00	9.0	4.9390	8.1000	1.9756
19:00	7.0	3.8415	6.3000	1.5366
20:00	5.5	3.0183	4.9500	1.2073

21:00	4.5	2.4695	4.0500	0.9878
22:00	3.0	1.6463	2.7000	0.6585
23:00	2.5	1.3720	2.2500	0.5488
0:00	2.0	1.0976	1.8000	0.4390
1:00	1.5	0.8232	1.3500	0.3293
2:00	1.0	0.5488	0.9000	0.2195
3:00	0.5	0.2744	0.4500	0.1098
4:00	1.0	0.5488	0.9000	0.2195
5:00	1.5	0.8232	1.3500	0.3293

Μέση Τιμή	2.2866
------------------	--------

Μέγιστη τιμή	9.4500
---------------------	--------

Ελάχιστη τιμή	0.1098
----------------------	--------



Διάγραμμα 21: Ημερήσια κατανάλωση Golden Arches

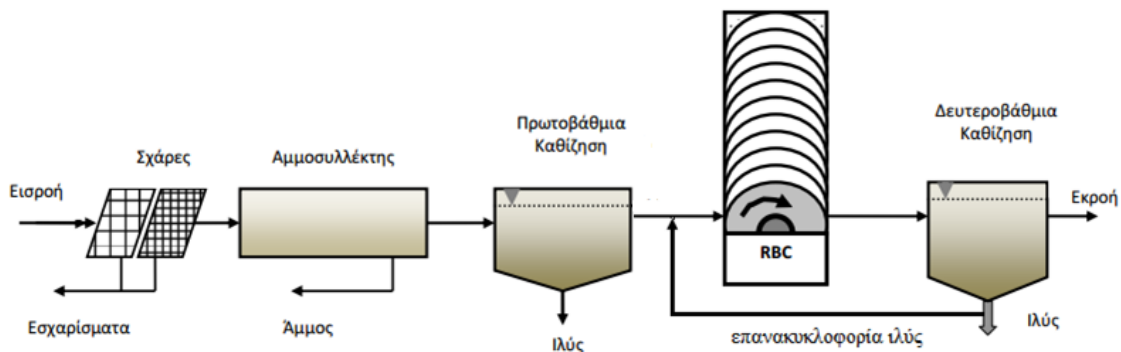
Τέλος, προσθέτοντας τις τέσσερις μέσες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές των τεσσάρων ξενοδοχείων και διαιρώντας με τα λεπτά και τα δευτερόλεπτα (/60/60), υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση ανά δευτερόλεπτο. Στη μέγιστη τιμή κατανάλωσης συμπεριλαμβάνεται και ένας συντελεστής ασφάλειας 1.25 ώστε να καλύπτεται το σύστημα σε περιπτώσεις διάφορων εκδηλώσεων ή σε μελλοντικές επεκτάσεις του ξενοδοχείου.

Πίνακας 28: Συνολική κατανάλωση ξενοδοχείων

Συνολική κατανάλωση ξενοδοχείων (m ³ /s)	
Μέση τιμή	0.0082
Μέγιστη τιμή	0.0425
Ελάχιστη τιμή	0.0004

6.2 Σχεδιασμός Εγκαταστάσεων

Η υπό μελέτη μονάδα θα αποτελείται από πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία. Μπορεί να γίνει και τριτοβάθμια επεξεργασία με τη χρήση μεμβρανών MBR. Παρόλα αυτά, η προχωρημένη αυτή επεξεργασία δεν είναι απαραίτητη να γίνει αφού τα όρια επαναχρησιμοποίησης καλύπτονται και από την δευτεροβάθμια επεξεργασία.



Διάγραμμα 22: Διάγραμμα ροής εγκαταστάσεων μονάδας

6.2.1 Εσχάρες

Αρχικά στην πρωτοβάθμια επεξεργασία συναντάται η διαδικασία της εσχάρωσης. Η μονάδα θα περιλαμβάνει δύο είδη εσχάρων, μια κανονική και στη συνέχεια μια λεπτή σχάρα. Η διάταξη αυτή παρέχει καλύτερα αποτελέσματα αφού περνώντας αρχικά από τη μεσαία σχάρα, κατακρατούνται τα μεγαλύτερα, επικίνδυνα σωματίδια και στη συνέχεια περνώντας από τη λεπτή αφαιρούνται υλικά όπως οι τρίχες που μαζεύονται στα μηχανήματα και προκαλούν λειτουργικά προβλήματα στο σύστημα. Απαραίτητη είναι παρουσία εφεδρικής εσχάρας δίπλα από την κανονική ώστε να μπορεί να λειτουργεί το σύστημα σε περιόδους

όπου η εσχάρα θα πρέπει να συντηρηθεί ή σε περιπτώσεις που υπάρξει κάποιο απρόβλεπτο πρόβλημα το οποίο δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί άμεσα.

Σχεδιαστικοί Παράμετροι

Μεσαίες σχάρες

Απόσταση μεταξύ ράβδων: 10 mm

Πλάτος (πάχος) ράβδου σχάρας: 5 mm

Λεπτές σχάρες

Απόσταση μεταξύ ράβδων: 5 mm

Πλάτος (πάχος) ράβδου σχάρας: 3 mm

Μεσαίες και Λεπτές σχάρες

Κλίση: 70° από το οριζόντιο του καναλιού

Βάθος βρεγμένης επιφάνειας: 0,6 m(υποθέτουμε)

Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα δια-μέσου των ράβδων της σχάρας: 0,9 m/s

Από τα δεδομένα θα βρούμε το πλάτος και την κατά κεφαλή απώλεια. Εάν η απώλεια είναι μικρότερη του 0,15m, τότε το βάθος που υποτέθηκε παίρνεται όπως είναι αλλιώς πρέπει να αλλαχτεί.

Τύποι για υπολογισμό διαστάσεων συστήματος:

Απαιτούμενο πλάτος σχάρας:

$$W = \frac{b + s}{s} \times \frac{Q}{V \times d} + W_o$$

Όπου:

W = πλάτος καναλιού σχάρας (m)

b = πλάτος (πάχος) ράβδου σχάρας (mm)

s = ελάχιστη απόσταση μεταξύ ράβδων της σχάρας (mm)

Q = μέγιστη παροχή λυμάτων (m^3/sec)

V = μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα διαμέσου των ράβδων της σχάρας (m/sec)

d = μέγιστο βάθος ροής στη σχάρα (m)

W_o = ανοχή πλάτους για πλευρική στήριξη ($0,30m$ για επίπεδη και 0 για καμπύλη σχάρα)

Απώλειες (m) για καθαρή σχάρα:

$$h_L = \frac{V^2 - V_1^2}{0.7 \times 2g}$$

όπου:

$V = \mu$ = μέγιστη ταχύτητα διαμέσου των ράβδων της σχάρας (m/sec)

$V_1 = \mu$ = μέγιστη ταχύτητα προσαγωγής στο κανάλι της σχάρας (m/sec)

Διαστασιολόγηση συστήματος

Μεσαίες σχάρες

Βάθος βρεγμένης επιφάνειας: $0.6m$

Πλάτος βρεγμένης επιφάνειας: $0.41m$

Λεπτές σχάρες

Βάθος βρεγμένης επιφάνειας: $0.6m$

Πλάτος βρεγμένης επιφάνειας: $0.51m$

Απόδοση συστήματος

Μεσαίες σχάρες

αφαίρεση BOD5 5% (από $220 mg/l$ μειώνεται στα $209 mg/l$)

αφαίρεση SS 5% (από $720 mg/l$ μειώνεται στα $684 mg/l$)

Λεπτές σχάρες

αφαίρεση BOD5 10% (από $209 mg/l$ μειώνεται στα $188 mg/l$)

αφαίρεση SS 10% (από $684 mg/l$ μειώνεται στα $616 mg/l$)

(Νταρακάς 2014)

6.2.2 Εξάμμωση (Αμμοσυλλογή και Λυποσυλλογή)

Ακολουθεί η εξάμμωση η οποία περιλαμβάνει δύο αμμοσυλέκτες, ένα κανονικό και ένα εφεδρικό. Κατά το σύστημα η άμμος καθιζάνει, ενώ τα λίπη και τα έλαια επιπλέουν. Τα λίπη και τα έλαια αφαιρούνται με ειδικά ξύστρα επιφάνειας.

Σχεδιαστικοί Παράμετροι

$$Q= 0.0425\text{m}^3/\text{s}$$

$$V_h= 0,3\text{m}/\text{s}$$

Λόγος βάθους (D) προς πλάτος (W) 1,5 προς 1

Άμμος:

$$\rho_p=1520 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$R= 0,0001\text{m}$$

Τύποι για υπολογισμό διαστάσεων συστήματος:

Νόμος του Stoke:

$$V_s = \frac{2}{9} \times \frac{(\rho_p - \rho_f)}{\mu} \times g \times R^2$$

Όπου:

V_s = η ταχύτητα καθίζησης του σωματιδίου (m /s) (κατακόρυφα προς τα κάτω εάν $\rho_p > \rho_f$, προς τα πάνω, αν $\rho_p < \rho_f$)

g = είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2)

ρ_p = είναι η πυκνότητα μάζας του σωματιδίου (kg/m^3)

ρ_f = είναι η πυκνότητα μάζας του ρευστού (kg/m^3)

μ = είναι το δυναμικό ιξώδες ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$)

Διαστασιολόγηση συστήματος

$$V_s=0,011\text{m}/\text{s}$$

$$A= 1,5W^2 \text{ και } Q=AV$$

$$\Rightarrow W= 0.31\text{m}, D=0.47\text{m}$$

Χρόνος καθίζησης= $0,47/0,011=42,73s$

Μήκος αμμοσυλλέκτη= $42,73*0,3 = 12,82m$

Απόδοση συστήματος

αφαίρεση BOD5 10% (από 188 mg/lt μειώνεται στα 169 mg/lt)

αφαίρεση SS 35% (από 616 mg/lt μειώνεται στα 400 mg/lt)

(Θεοχάρους 2014)

6.2.3 Πρωτοβάθμια καθίζηση

Σχεδιαστικοί Παράμετροι

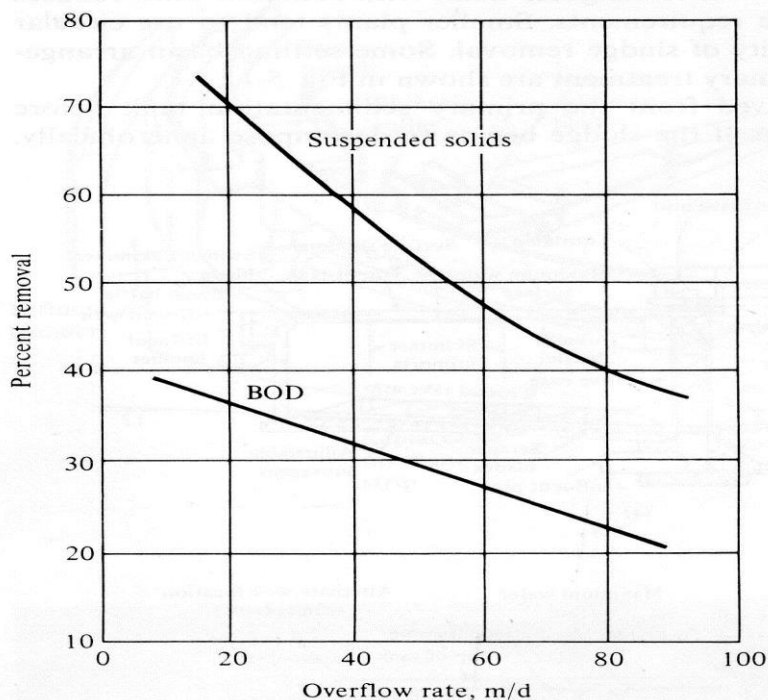
Θέτω:

- διάμετρο δεξαμενής: 7.5m (A=44.18m²)
- βάθος δεξαμενής : 2,5m

MAXQperday=1165m³/d

συντελεστής ασφαλείας 1,25

Διάγραμμα για υπολογισμό διαστάσεων συστήματος:



Διάγραμμα 23: Γραφική αναπαράσταση υπερχείλισης-BOD/SS

Διαστασιολόγηση συστήματος

$$Q = 1165 \cdot 1,25 = 1456,25 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$V_{\text{δεξαμενής}} = 110,45 \text{ m}^3$$

$$\text{Χρόνος παραμονής} = V / Q = 1,82 \text{ h}$$

$$Q_{\text{overflow}} = Q / A = 32,97 \text{ m}/\text{d}$$

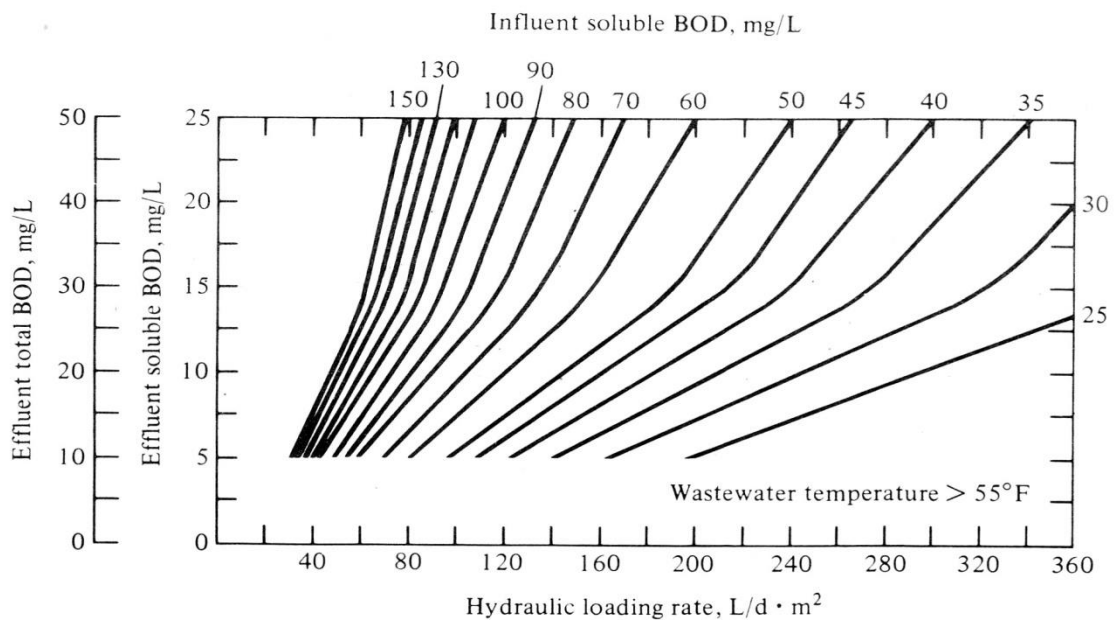
Απόδοση συστήματος

αφαίρεση BOD5 35% (από 169mg/lt μειώνεται στα 110mg/lit)

αφαίρεση SS 64% (από 400mg/lit μειώνεται στα 144mg/lit)

6.2.4 Σύστημα RBC

Διάγραμμα για υπολογισμό διαστάσεων συστήματος



Διάγραμμα 24: Απόδοση συστήματος BRC

Διαστασιολόγηση συστήματος

Για την διαστασιολογική θέτω BOD₅ = 10 mg/lit

$$Q = 1456,25 \text{ m}^3/\text{d}$$

υδραυλική φόρτιση= 0,065 m/d

απαιτούμενο εμβαδό βιολογικών δίσκων=22404m²

Θέτω:

- διάμετρο του κάθε βιολογικού δίσκου=4m.
- εμβαδό του κάθε δίσκου (και από τις 2 πλευρές) = 25,133m

6 μονάδες με 150 δισκουση κάθε μια

πλάτος δίσκου = 10mm

απόσταση μεταξύ δίσκων = 30mm

μήκος του άξονα = 6m

Απόδοση συστήματος

αφαίρεση BOD5 (από 110mg/l μειώνεται στα 10mg/l)

αφαίρεση SS 90% (από 144mg/l μειώνεται στα 14mg/l)

(Abdel and Amr 2011)

6.2.5 Δευτεροβάθμια καθίζηση

Η δευτεροβάθμια καθίζηση έχει τα ίδια σχεδιαστικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά με την πρωτοβάθμια, γι' αυτό δεν χρειάζεται να γίνουν επιπρόσθετοι υπολογισμοί.

Απόδοση συστήματος

αφαίρεση BOD5 (από 10mg/l μειώνεται στα 5mg/l)

αφαίρεση SS (από 14mg/l μειώνεται στα 6,5mg/l)

7 Προτεινόμενες μέθοδοι μείωσης της κατανάλωσης σε νερό και των περιεχόμενων ρυπαντικών φορτίων

7.1 Χρήση τουαλετών κενού

Οι τουαλέτες κενού χρησιμοποιούν διάφορες πιέσεις αέρα για τη μεταφορά και τη συλλογή των υγρών αποβλήτων μέσα στα κτήρια. Τα υγρά απόβλητα από υγειονομικές εγκαταστάσεις, όπως τουαλέτες, νεροχύτες, νιπτήρες, μπανιέρες κλπ., μεταφέρονται μέσω συστημάτων σωληνώσεων μικρής διατομής ανεξάρτητα από την κλίση τους. Αντί να χρησιμοποιεί δηλαδή την ενέργεια του νερού που ρέει για να ωθήσει τα απόβλητα κάτω από ένα μεγάλο σωλήνα, ένα σύστημα τουαλέτας κενού χρησιμοποιεί αέρα για να κινήσει τα απόβλητα μέσω ενός μικροσκοπικού σωλήνα. Δημιουργώντας έτσι ένα ισχυρό κενό, τα απόβλητα αναρροφούνται έξω από την τουαλέτα και μεταφέρονται στην εγκατάσταση χειρισμού των αποβλήτων. Ίσως το πιο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του συστήματος τουαλέτας κενού είναι ότι μας δίνει τη δυνατότητα για την εξοικονόμηση νερού και την ελαχιστοποίηση της παραγωγής αποβλήτων, την ίδια στιγμή. Είναι μια παλιά τεχνολογία που χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια στα αεροπλάνα τα τραίνα και τα πλοία αλλά είναι επίσης και μια καινούργια και οικονομική λύση όσο αφορά τα κτήρια.

Καινοτόμα χαρακτηριστικά:

- Τουαλέτες κενού με την κατανάλωση μόνο ενός λίτρου νερού ανά εκκένωση σε αντίθεση με συμβατικές τουαλέτες 8 λίτρων
- Συσκευές εκκένωσης για όλες τις εγκαταστάσεις υγρών αποβλήτων
- Δυνατότητα ξεχωριστής συλλογής και επεξεργασίας του μαύρου και γκρίζου ύδατος: χρήση του επεξεργασμένου γκρίζου ύδατος για την άρδευση ή την υπόγεια διήθηση, αναερόβια επεξεργασία του συγκεντρωμένου μαύρου ύδατος συμπεριλαμβανόμενης της παραγωγής βιοαερίων και της παραγωγής ενέργειας και τελική χρήση του βιοστερεού προϊόντος ως λίπασμα
- Οικονομική τεχνολογία
- Χωρίς οσμές με υψηλή ασφάλεια υγιεινής

- Εύκολη εγκατάσταση μέσα σε τοίχους, χρησιμοποιώντας πλαστικούς σωλήνες μικρής διατομής
- Μείωση κόστους για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων

Κύρια πλεονεκτήματα:

- Αθόρυβες τουαλέτες κενού με υγιεινό και σύγχρονο σχεδιασμό, εύκολες στον καθαρισμό τους
- Μείωση κατανάλωσης καθαρού νερού κατά 80%
- Καμιά απαίτηση κλίσεων
- Ιδανική τεχνολογία για περιοχές όπου το πόσιμο νερό είναι περιορισμένο
- Μείωση κόστους και είναι οικολογικά για μεγάλα κτηριακά συγκροτήματα, όπως ξενοδοχεία, εργοστάσια ή δημόσια κτήρια

Κυριότερα εξαρτήματα συστήματος:

- Ο σταθμός κενού: Μια αντλία κενού παράγει υποατμοσφαιρική πίεση μέσα στη δεξαμενή κενού. Αυτή η πίεση επιλέγεται και διατηρείται από ένα διακόπτη πίεσης. Τα υγρά απόβλητα εκκενώνονται από τις τουαλέτες κενού, τα ντους κλπ., και συλλέγονται στη δεξαμενή κενού. Μια αντλία υγρών αποβλήτων τα διοχετεύει στο δημόσιο σύστημα αποχέτευσης
- Οι μονάδες διεπαφών για την εκκένωση των υγρών αποβλήτων από άλλες υγειονομικές εγκαταστάσεις: Περιλαμβάνουν μια βαλβίδα διεπαφών και ένα μηχανισμό ελέγχου πεπιεσμένου αέρα. Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή, απομονώνει την υγειονομική εγκατάσταση από το σύστημα κενού. Τα υγρά απόβλητα διοχετεύονται στη μονάδα διεπαφής και συλλέγονται σε ένα μικρό φρεάτιο.
- Οι τουαλέτες κενού: Περιλαμβάνουν βαλβίδα διεπαφής που ρυθμίζεται μέσω πεπιεσμένου αέρα και μια βαλβίδα εκκένωσης νερού, που τοποθετείται στο πίσω τμήμα της τουαλέτας. Πριν από τη χρήση υπάρχει νερό στη λεκάνη. Μετά τη χρήση της τουαλέτας ενεργοποιείται εκκένωση νερού πιέζοντας ένα κουμπί. Η βαλβίδα διεπαφής ανοίγει όταν απελευθερώνεται το μπετόν και το περιεχόμενο της λεκάνης εκκενώνεται. Η βαλβίδα εκκένωσης νερού ανοίγει ταυτόχρονα και παραμένει

ανοικτή για 2 δευτερόλεπτα αφότου κλείσει η βαλβίδα διεπαφής, έτσι ώστε να παραμένει στη λεκάνη μια ποσότητα νερού.

(Vacuum Toilets Australia Pty Ltd 2013; Γυπάκης 2012)

Υπολογισμός εξοικονόμησης νερού

Αν θεωρήσουμε ότι ένας μέσος άνθρωπος επισκέπτεται την τουαλέτα κατά μέσο όρο 6 φορές την ημέρα, εάν αυτή η τουαλέτα είναι συμβατική, των 8lt δηλαδή ανά εκροή, τότε συνολικά (6 φορές/ημέρα* 8 λίτρα *365 ημέρες) 17.520lt καθαρού νερού καταλήγει στους υπονόμους σε ένα χρόνο από έναν άνθρωπο. Βάση τα πιο πάνω στοιχεία εάν θεωρήσουμε ότι κατά μέσο όρο το συγκρότημα των ξενοδοχείων που μελετάται φιλοξενεί 2000 άτομα την ημέρα συμπεριλαμβανόμενου του προσωπικού και διάφορων άλλων φιλοξενούμενων από γάμους και άλλες εκδηλώσεις, συνεπάγεται ότι το ποσοστό έκπλυσης του νερού της τουαλέτας είναι 35.040.000lt τον χρόνο.

Εάν θεωρήσουμε ότι υπάρχει ένα πανομοιότυπο ξενοδοχείο με ίδια χαρακτηριστικά με την διαφορά ότι χρησιμοποιεί ένα σύγχρονο σύστημα τουαλέτας κενού 1 lt αντί για συμβατικές 8lt ανά εκροή, τότε κατά μέσο όρο υπολογίζεται ότι χρησιμοποιούνται (2.190*2000) 4.380.000lt νερό για την έκπλυση της τουαλέτας σε ένα χρόνο. Εξοικονομούνται δηλαδή 30.660.000lt νερό/χρόνο(Vacuum Toilets Australia Pty Ltd 2013; Παπαμιχαήλ 2014).

7.2 Χρήση λιπο-παγίδων στις κουζίνες των εστιατορίων

Τα εστιατόρια των ξενοδοχείων είναι ένας από τους σημαντικούς παράγοντες όσο αφορά το ρυπαντικό φορτίο των αποβλήτων. Λόγω των μεγάλων απορρίψεων φαγητών, λιπών και ελαίων, τα απόβλητα περιέχουν μεγάλο οργανικό φορτίο. Αυτός είναι ουσιαστικά και ο κυριότερος λόγος των αυξημένων προστίμων. Η τοποθέτηση ή ενίσχυση λιποπαγίδων είναι μια πρόταση που θα βοηθήσει την ξενοδοχειακή μονάδα είτε αποφασίσει να ακολουθήσει την πρόταση για αποκεντρωμένη μονάδα, είτε παραμείνει με εγκατεστημένο το κεντρόμορφο σύστημα που διαθέτει η πόλη.

7.3 Διαχωρισμός γκρίζου και μαύρου νερού

Μια πολύ έξυπνη λύση ώστε τα υγρά απόβλητα να μην χρειάζεται να περάσουν από όλα τα στάδια επεξεργασίας, είναι ο διαχωρισμός των γκρίζων και των μαύρων νερών σε διαφορετικές σωλήνες, αντί για κατάληξη τους σε μια κοινή. Με τον όρο γκρίζα νερά εννοούνται τα νερά από τους νεροχύτες, τα μπάνια κλπ., ενώ με τον όρο μαύρα νερά, αυτά από τις τουαλέτες.

8 Συμπεράσματα

Τα αποκεντρωμένα συστήματα παρέχουν περισσότερα πλεονεκτήματα από τα κεντρόμορφα όταν αφορά εγκατάσταση 3-4 ξενοδοχείων,, τα οποία ισοδυναμούν σε 2000 Ι.Π.

Με την χρήση αποκεντρωμένων μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων αποφεύγονται τα υψηλά πρόστιμα που αναγκάζονται να πληρώνουν τα ξενοδοχεία ώστε να μπορούν να παρέχουν τις υπηρεσίες τους, όπως επίσης να μπορούν να επωφεληθούν οι ίδιοι με την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων τους.

Ένα σημαντικό ενεργειακό μέρος της μονάδας (περίπου 40-50%) μπορεί να είναι αυτόνομο χρησιμοποιώντας το παραγόμενο μεθάνιο το οποίο παράγεται κατά την επεξεργασία της ιλύος. Επιπρόσθετα, οι δεξαμενές αναερόβιας διάσπασης δεν θα χρειάζονται μεγάλο ποσοστό ενέργειας για να θερμανθούν, αφού τα λύματα βρίσκονται κοντά στην πηγή του, διατηρώντας έτσι τη θερμοκρασία χρήσης του.

Η μονάδα μπορεί να βγάζει επιπρόσθετο κέρδος πωλώντας την επεξεργασμένη ιλύ σε γεωργούς ως εδαφοβελτιωτικό. Η ιλύς αυτή έχει μεγάλη ζήτηση στην γεωργία λόγω του γεγονός ότι δεν προστίθενται χημικά συστατικά στο έδαφος, με αποτέλεσμα να καθιστά την ιλύ ασφαλή για χρήση.

Τα αποκεντρωμένα συστήματα αναπτύσσονται ραγδαία, αφού οι κοινωνίες κατανοούν τα θετικά και τις προοπτικές που έχει ένα τέτοιο σύστημα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abdel, K., and Amr, M. (2011). "STUDYING THE EFFICIENCY OF GREY WATER TREATMENT BY USING ROTATING BIOLOGICAL CONTACTORS SYSTEM." *Fifteenth International Water Technology Conference*, Alexandria.

2. Appels, L., Baeyens, J., Degreève, J., and Dewil, R. (2008). "Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge."
3. E. Williams, S. (2012). "Energy usage comparison between activated sludge treatment and rotating biological contactor treatment of municipal wastewater."
4. ecomec. (n.d.). "Επιλογή συστήματος επεξεργασίας λυμάτων για ξενοδοχείο." <<http://www.ecomec.gr/wwthotels>> (May 5, 2014).
5. EU. (2000). *Working document on sludge 3rd draft-European Commission, 2000.*
6. Gerardi, M. H. (2003). *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. Vasa, Wiley & Sons, Incorporated, John.
7. Hophmayer-Tokich, S. (2006). *Wastewater Management Strategy: centralized v. decentralized technologies for small communities.*
8. Kelessidis, A., and Stasinakis, A. S. (2012). "Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries." *Waste management (New York, N.Y.)*, 32(6), 1186–95.
9. Kreissl, J. (2006). "CENTRALIZED vs DECENTRALIZED WASTEWATER MANAGEMENT FOR CAPE COD." *USEPA ORD, retired.*
10. Metcalf, and Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill.
11. MICHOS. (2009). "Τριτοβάθμια Επεξεργασία, Επανάχρηση Νερού." <http://www.michos.gr/index.php?lang=gr&option=contents&task=view_tag&category=208&id=225&tag=535> (May 5, 2014).
12. Toerien, D. F., and Hattingh, W. H. J. (1969). *Anaerobic digestion: The microbiology of anaerobic digestion*. Water Research, 385–416.
13. Vacuum Toilets Australia Pty Ltd. (2013). "Vacuum toilets vacuum toilet systems." <<http://www.vacuumtoiletsaustralia.com.au/>> (Jan. 6, 2014).
14. Walker Process Equipment. (2012). "Fixed Film: Rotating Biological Contactors (RBC)." <http://www.walker-process.com/prod_bio_RBC.htm> (Apr. 26, 2014).
15. ANATOLIKH AE. (2003). "Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, Διαμόρφωση προδιαγραφών Life99/ENV/GR/000590." <<http://www.anatoliki.gr/life/>> (Feb. 18, 2014).
16. Ανδρέας Ανδρεαδάκης. (2012). *Κείμενο Κατευθυντήριων Γραμμών για τη Διαχείριση Λυμάτων Μικρών Οικισμών*. Ελλάδα.
17. Αραβώσης, Κ., Κούγκολος, Α., Λέγκας, Κ., Αναστάσιος, Μ., and Πατσή, Κ. (2003). *Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Αξιολόγηση των Εναλλακτικών Μεθόδων Επεξεργασίας Υγρών Απόβλητων με τη χρήση της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης*.
18. Γιαννακού, Α. (2013). "Χρήση Ανακυκλωμένου Νερού στην Κύπρο." *Επεξεργασία και Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων στην Κύπρο*, Τμήμα Αναπτυξεως Υδάτων Λευκωσίας, Κυπριακή Δημοκρατία.
19. Γυπάκης, Α. (2012). "Υγειονομικά συστήματα κενού - μια εναλλακτική λύση για την οικοδόμηση κτηρίων." *Νέες Τεχνολογίες*, 5–6.
20. Θεοχάρους, Κ. (2014). "ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΛΕΜΕΣΟΥ-ΑΜΑΘΟΥΝΤΑΣ." ΣΑΛΑ, Λεμεσός.
21. Καθητζιώτης, Ν. (2012). *Σημειώσεις μαθήματος Διαχείριση Λυμάτων και Αποχετεύσεις*. Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.
22. Λέκκα, Θ. (2013). "Επεξεργασία υγρών αποβλήτων - Περιγραφή και Λειτουργία Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων Ιωαννίνων." Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.

23. Λιάκου, Μ. (2011). “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ.” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
24. Μαρκαντωνάτος, Γ. (1990). *Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα, ζωικά απορρίματα*. Univarsity Studio Press.
25. Νταρακάς, Ε. (2014). *Σημειώσεις Μαθήματος Τεχνική Περιβάλλοντος: Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
26. Ντοκούτση, Ε. (2011). “Αξιολόγηση εναλλακτικών αποκεντρωμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας.” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
27. Σαμαράς, Β. Γ. (2013). “Ανάπτυξη μεθόδου ταυτόχρονου προσδιορισμού φαρμακευτικών ουσιών και ενδοκρινικών διαταρακτών, μελέτη της τύχης τους κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με έμφαση στην αναερόβια χώνευση της ιλύος.” Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
28. Στάμιου, Α. (2004). *Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων*. Παπασωτηρίου.
29. Τασούλα, Α. (2007). “Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων.” *Τεχνικά Χρόνια*, 6(Νοέμ.-Δεκ.), 1–15.
30. Τσουνίδης, Γ. (2005). “Συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων για μικρούς και απομονωμένους οικισμούς. Εφαρμογή στη Λέσβο.” Πανεπιστήμιο Αιγέων.
31. Τσώνης, Σ. (2004). *Επεξεργασία λυμάτων*. Παπασωτηρίου.
32. Χατζουλιάκης, Κ., and Μπερτάκη, Μ. (2013). *ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ: ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ*. Χανιά, Κρήτη.
33. Χουρδάκης, Ν. (2007). “ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ.” Πολυτεχνείο Κρήτης.
34. Καθητζιωτης, Ν. (2012). *Μάθημα Διαχείριση Λυμάτων και αποχετεύσεις*. Προσωπική Συλλογή του Ν. Καθητζιωτη, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός, Κύπρος.
35. Ευάγγελος, Α. (2012). *Μάθημα Αειφορία και Περιβάλλον*. Προσωπική Συλλογή του Ε. Ακύλα, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός, Κύπρος.