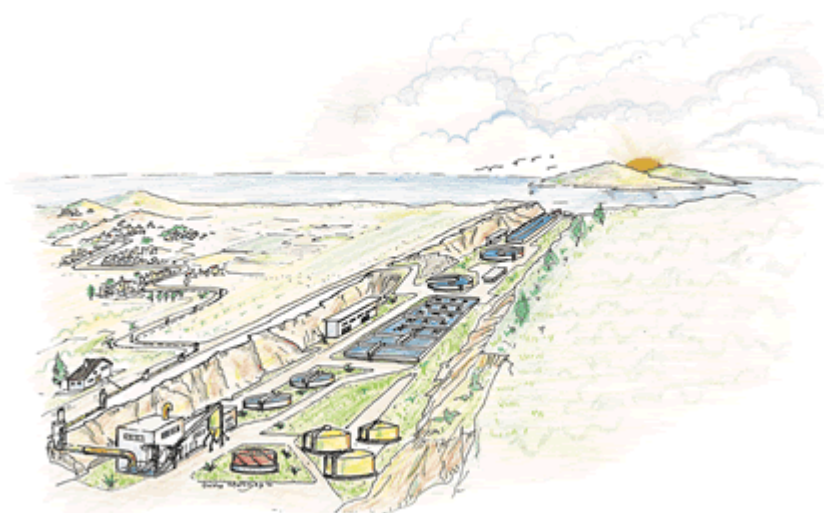


Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**“ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ”**



Επιβλέπων Καθηγητής: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΨΩΜΟΠΟΥΛΟΣ

Σπουδαστής: ΓΙΟΒΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ **ΑΜ:** 33862

ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ

ΙΟΥΛΙΟΣ - 2012

Copyright © Α. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Α. Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατά τη διάρκεια επεξεργασίας της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η καθοδήγηση του επιβλέποντος καθηγητή μου, κυρίου Κωνσταντίνου Ψωμόπουλου υπήρξε καίρια και πιστεύω αποτελεσματική. Οι υποδείξεις και οι οδηγίες για την εύρεση και επεξεργασία του υλικού ήταν ιδιαίτερα πολύτιμες και αρκετά χρήσιμες και αποτελεσματικές.

Επίσης, θα ήθελα να αναφέρω τη συμβολή και τη βοήθεια που προσέφεραν σε αυτή την εργασία οι συμφοιτητές μου από το τμήμα μου και όχι μόνο.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, προπάντων, για την δυνατότητα που μου προσέφεραν να πραγματοποιήσω τις σπουδές μου με κάθε πολυτέλεια και τη συμπαράσταση που μου έδειξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

Από τις ευχαριστίες δεν θα μπορούσα να παραλείψω τα άτομα του φιλικού μου περιβάλλοντος, οι οποίοι με στήριξαν ψυχολογικά και ανέχτηκαν την απουσία μου για αξιόλογο χρονικό διάστημα.

Τέλος, οφείλω ένα ευχαριστώ στους εργαζόμενους της Μεσόγειος Α.Τ.Ε.Ε. της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Μήλου που με εξυπηρέτησαν κατά τη διάρκεια συλλογής και επεξεργασίας του υλικού που χρησιμοποίησα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	ii
Λίστα σχημάτων και εικονων	iv
Λίστα πινάκων	v
Summary	1
Πρόλογος	3
1^ο Κεφάλαιο “ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ”	1
1.1. Το νερό	1
1.2. Κύκλος του νερού	2
1.3. Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ευρώπη	3
1.4. Διαχείριση υδάτινων πόρων	5
1.5. Διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων	7
1.6. Η κατάσταση της Ελλάδας	7
1.7. Ποιότητα υδάτινων πόρων και διαχρονικές μεταβολές της	9
1.8. Από τι μολύνεται το νερό	11
1.9. Πηγές και διαδικασίες ρύπανσης υπόγειων νερών	11
1.10. Συμπεράσματα	13
2^ο Κεφάλαιο “ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ”	15
2.1. Προέλευση και είδη λυμάτων	15
2.2. Ποσότητα λυμάτων	15
2.3. Εκτίμηση παροχών λυμάτων	15
2.4. Σύνθεση και σύσταση των λυμάτων	17
2.4.1 Βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD)	17
2.5. Βιολογικά χαρακτηριστικά λυμάτων	19
2.6. Επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα	20
2.7. Προτάσεις	22
3^ο Κεφάλαιο “ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ”	25
3.1. Επεξεργασία λυμάτων	25
3.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία	25
3.2.1. Εσχάρωση	26
3.2.2. Εξάμωση	27
3.2.3. Λιποσυλλογή	28
3.2.4. Καθίζηση	29
3.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία	30
3.3.1. Αερόβια συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	31
3.3.2. Η μέθοδος της αιωρούμενης βιομάζας (ενεργού ιλύος)	32
3.3.3. Παράμετροι διαστασιολόγησης αερόβιων βιοαντιδραστήρων αιωρούμενης βιομάζας	35
3.3.4. Η μέθοδος της προσκολλημένης βιομάζας	41
3.3.5. Δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης	44
3.3.6. Τα συστήματα SBR (Sequencing Batch Reactors) (Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας)	46
3.3.7. Αναερόβια συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	48
3.3.8. Αερόβια – αναερόβια συστήματα επεξεργασίας	50
3.3.9. Δεξαμενές (λίμνες) σταθεροποίησης	51
3.4. Τριτοβάθμια επεξεργασία	52
3.4.1. Διήθηση	53

3.4.2.	Προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα.....	54
3.4.3.	Ιοντοανταλλαγή.....	55
4°	Κεφάλαιο	56
	“ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ”	56
4.1.	Εξοικονόμηση ενέργειας	56
4.2.	Αντιμετώπιση τωρινών και μελλοντικών αναγκών.....	56
4.3.	Αξιοπιστία των μεθόδων επεξεργασίας και επιλογή των σχεδιαστικών αξιών.....	57
4.3.1.	Αξιοπιστία μηχανικής μεθόδου.....	57
4.4.	Αυτοματισμοί και συστήματα ελέγχου.....	58
4.4.1.	Διαταραχές διεργασίας.....	59
4.4.1.1.	Εξωτερικές διαταραχές.....	60
4.4.1.2.	Εσωτερικές διαταραχές.....	60
4.4.2.	Συστήματα ελέγχου για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	62
4.4.3.	Πλεονεκτήματα του αυτόματου ελέγχου.....	62
4.5.	Ενεργειακή αποδοτικότητα στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων	63
4.5.1.	Επισκόπηση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων 63	
4.5.2.	Μέτρα για βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.....	65
4.6.	Αναβάθμιση των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	66
4.6.1.	Αναβάθμιση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	67
4.6.1.1.	Λειτουργικές τροποποιήσεις.....	67
4.6.1.2.	Αναβάθμιση των φυσικών εγκαταστάσεων.....	69
4.6.2.	Κάλυψη δεξαμενών για τη μείωση των αναγκών θερμότητας.....	69
4.6.3.	Βελτίωση του συντελεστή ισχύος	70
4.6.4.	Κινητήρες υψηλής απόδοσης	71
4.7.	Ανάλυση δεδομένων της ροής φορτίων μάζας στα υγρά απόβλητα	72
4.7.1.	Συγκεντρώσεις των συστατικών των υγρών αποβλήτων	73
4.7.2.	Η επίδραση των μεταβολών του φορτίου μάζας στην απόδοση της μονάδας επεξεργασίας και έλεγχος των παροχών αιχμής.....	73
4.7.3.	Παράγοντες που οδηγούν στη μη ιδανική ροή στους αντιδραστήρες	74
4.8.	Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας μέσω τροποποιήσεων στο σύστημα φωτισμού, θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (ΘΕΚ).....	75
4.8.1.	Συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού υψηλής απόδοσης.....	76
4.8.2.	Συστήματα ελέγχου	76
4.8.3.	Σύστημα εξαερισμού	77
4.8.4.	Γενική λειτουργία και συντήρηση.....	77
4.8.5.	Σύστημα φωτισμού.....	77
4.8.5.1.	Προηγμένοι λαμπτήρες φθορισμού	78
4.8.5.2.	Λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης	78
4.8.5.3.	Συστήματα ελέγχου φωτισμού.....	79
4.8.5.4.	Γενική λειτουργία και συντήρηση	79
4.9.	Μονάδα συμπαραγωγής ενέργειας (Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας) ...	80
	Συμπεράσματα	82
	Βιβλιογραφία.....	84

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1. Το νερό.....	1
Εικόνα 1.2. Ο κύκλος του νερού.	2
Εικόνα 1.3. Μινωικό φίλτρο νερού.	5
Σχήμα 1.1. Η χρήση του νερού στην Ελλάδα.....	8
Σχήμα 2.1. Τυπική κατανομή στερεών αστικών λυμάτων.	18
Εικόνα 2.1. Απόρριψη αστικών λυμάτων σε ποταμό.....	19
Εικόνα 2.2. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στη Χαλκίδα.	23
Σχήμα 3.1. Μηχανική επεξεργασία υγρών αποβλήτων.....	26
Εικόνα 3.1. Κάθετες σχάρες.....	26
Εικόνα 3.2. Οριζόντιος αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης – λιποσυλλέκτης εγκαταστάσεως Μήλου	27
Σχήμα 3.2. Δεξαμενή τύπου DAF (Dissolved Air Flotation).....	28
Εικόνα 3.3. Κυκλική και ορθογώνια δεξαμενή καθίζησης.....	30
Σχήμα 3.3. Βιολογική επεξεργασία λυμάτων.....	31
Σχήμα 3.4. Αερόβια βιολογική επεξεργασία (αιωρούμενη βιομάζα).....	32
Εικόνα 3.4. Καθίζηση στερεών στο κώνο του Imhoff.....	36
Εικόνα 3.5. Αερισμός λυμάτων με επιφανειακούς αεριστήρες (Πλωτός – με ρότορα σε γέφυρα).....	39
Εικόνα 3.6. Σύστημα αερισμού λυμάτων με διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας στο πυθμένα.....	39
Εικόνα 3.7. Σύστημα αερισμού με κυλινδρικούς αεριστήρες τύπου βούρτσας (mamutrotor).....	40
Σχήμα 3.5. Δεξαμενές αερισμού.....	41
Σχήμα 3.6. Αερόβια βιολογική επεξεργασία (προσκολλημένη βιομάζα).....	41
Σχήμα 3.7. Αερόβια βιολογική επεξεργασία προσκολλημένης βιομάζας (Χαλικοδυλιστήριο)	42
Σχήμα 3.8. Αερόβια βιολογική επεξεργασία προσκολλημένη βιομάζας (Βιολογικός πύργος).....	43
Σχήμα 3.9. Σχηματική διάταξη δισκοδυλιστηρίου.....	44
Σχήμα 3.10. Κάτοψη και τομή δεξαμενών καθίζησης (Ορθογώνια, Κυκλική, Χωνοειδής).....	45
Εικόνα 3.8. Κυκλικές δεξαμενές καθίζησης Ερμιονίδας.....	45
Σχήμα 3.11. Τα πέντε βήματα στη λειτουργία ενός συστήματος SBR.....	47
Σχήμα 3.12. Αναερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων.....	49
Σχήμα 4.1. Σχηματικό διάγραμμα για τη βραχυκύκλωση ροής που προκαλείται από α) ρεύματα πυκνότητας που δημιουργούνται από θερμοκρασιακές διαφορές, β) τύποι ροής εξαιτίας της επίδρασης των ανέμων, γ) μη επαρκή ανάμιξη, δ)εξαναγκασμένη ροή και διασπορά.....	75

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 Απορροές λυμάτων κατά περίπτωση	16
Πίνακας 2.2 Ελάχιστα όρια εκροών	16
Πίνακας 2.3 Μέση ημερήσια παραγωγή ρυπαντικών φορτίων για κάθε άτομο	17
Πίνακας 2.4 Παραγόμενα ρυπαντικά φορτία κατά περίπτωση	18
Πίνακας 2.5 Ο απαιτούμενος χρόνος σε ημέρες για εξάλειψη κατά 99,9% μερικών εντερικής προέλευσης μικροοργανισμών στα λύματα θερμοκρασίας 4°C.....	20
Πίνακας 2.6 Σημαντικότερα έργα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα	22
Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά καθίζησης ορισμένων σωματιδίων.....	29
Πίνακας 3.2 Απομάκρυνση διαφόρων συστατικών υγρών αποβλήτων με τη χρήση μεμβρανών	53
Πίνακας 4.1 Σύνοψη στατιστικών τιμών της μηχανολογικής αξιοπιστίας στο Aqua III	58
Πίνακας 4.2 Χαρακτηριστικά παραδείγματα των εσωτερικών διαταραχών στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	61
Πίνακας 4.3 Χαρακτηριστικά παραδείγματα ελεγχόμενων και χειριζόμενων παραμέτρων....	62
Πίνακας 4.4 Ενεργειακές επιδράσεις των νέων τεχνολογιών στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων.....	64
Πίνακας 4.5 Σύνοψη συχνών συστάσεων ελέγχου για την εξοικονόμηση ενέργειας σε αρκετές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	66
Πίνακας 4.6 Παραδείγματα λειτουργικών αλλαγών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την απόδοση των εγκαταστάσεων	68

SUMMARY

A general presentation of energy saving methods in units of liquid processing is realised in this Bachelor thesis.

The potentiality of energy saving in the installations of sewages processing varies. As the cost of energy is increased, the knowledge of energy efficient technologies becomes continuously more precious. That is because the improvement of energy output constitutes a viable (feasible) choice for the sewages treatment installations in order to reduce their functional expenses. The methods of energy optimisation differs from installation to installation and depend on the special characteristics of installations, the operation strategy and the priorities of each unit. The quantity of energy that can be economised in each installation varies depending on the methods of treatment that are applied, the age and the situation of the equipment and the capital that is available to be invested for big modifications, that might be necessary.

Ways for energy saving in the sewages treatment installations exists, even if certain practices for energy savings are already applied. The effort for energy savings is considered as an important objective for sewages treatment installations, not only due to the reduction of functional expenses and the economisation of natural resources, but also due to of the improvement of processing methods and the increase of system's reliability.

Moreover, the reduction of energy consumption can help the facility to conform to the regulations for gas emissions. The determination of potential for energy savings in an installation becomes with systematised way, via the application of a plan of energy management, which between other, includes the daily measurement of energy consumption of individual systems, the creation of data-bases and the application of regular energy analyses. Energy analyses make possible the determination of maximum energy consumption and generally the weaknesses of installation, regarding to the energy consumption. The results of energy analyses are always examined in reference to an energy handbook, in which relative prices of total and individual energy consumption and applications for energy saving are proposed. The proposed relative prices are used as reference of energy consumption prices and help to the detection of critical energy consumption that need further examination. The energy analyses, thus, present a comparative picture of energy attribution of the unit and allow the determination of metres that can be applied for energy savings.

There are methods of energy-saving that progressively have been accepted by the industries of liquid waste treatment and that are widely applied. Other methods are applied rarely, because the technology, which they use, has decreased energy and/or economic efficiency or because they are still in an experimental stage.

The energy-saving methods, which can be applied in an installation of sewages treatment, vary, for example modifications of equipment and activities, functional modifications and modifications in the systems of lighting, heating, ventilation and air conditioning. An important energy profit with small or null cost of investment can be immediately achieved with the application of functional modifications. However, this requires detail knowledge of the type and the characteristics of the equipment which is used in an installation of sewages treatment, the way of its operation, the programs that needs and the energy which is consumed. On the other hand, the modifications in the systems of lighting, heating, ventilation and air conditioning presuppose usually a important cost of investment.

The effort for reduction the energy consumption in the installations does not appear to influent negatively the quality of processed sewages of flow. On the contrary, in certain cases the methods of energy-savings can improve the performance of treatment activities.

Moreover, in some cases, methods that are applied for energy-saving in an installation can simultaneously strengthen the regaining of energy.

The optimisation of energy performance in waste water treatment installations is a sector which has not been completely developed. Many installations have invested in the research and growth of energy-saving, which are, also, applied successfully. Even if the research and the application of energy optimisation measures is not a priority for the units, a progress becomes to this direction. This sector gains continuously the interest of installations, because of conditions as, the rapid increase of population, the increase of the energy cost, the climate change and the adoption of continuously stricter allowed limits.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν σύγγραμμα αναπτύσσεται στα πλαίσια της υποχρεωτικής εκπόνησης πτυχιακής εργασίας στο Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά του τμήματος Ηλεκτρολογίας, με θέμα "Δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων".

Ζούμε σε μία εποχή όπου αυξάνεται συνεχώς η ζήτηση για ενέργεια σε συνδυασμό με το χαμηλότερο κόστος, ακόμα αρκετοί επιστήμονες προειδοποιούν για επικείμενους πολέμους με αφορμή την έλλειψη νερού, και η παρούσα εργασία συνδέει τα παραπάνω δύο μεγάλα θέματα λύνοντας προβλήματα εξοικονόμησης ενέργειας σε μεγάλες και μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, κάνοντας οικονομικά αποδοτικές και συμφέρουσες τις εγκαταστάσεις αυτές.

Παρακάτω γίνεται μια γενική αναφορά και παρουσιάζονται διάφορα θέματα για τους υδάτινους πόρους, ακόμα στο επόμενο κεφάλαιο αναπτύσσονται ενότητες που αφορούν την παραγωγή και την διαχείριση λυμάτων στην Ελλάδα με αρκετές παραμέτρους της. Πολύ σημαντικό είναι το τρίτο κεφάλαιο που αναλύει τον τρόπο λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων όπου διαπιστώνεται πως απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας καθώς χρησιμοποιούνται μεγάλα φορτία, κάτι που μας προϊδεάζει για ανεύρεση οικονομικότερων μεθόδων και τρόπων λειτουργίας τους.

Στο τελευταίο κεφάλαιο πλέον αναπτύσσονται οι διεργασίες με δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις, όπου και παρουσιάζονται οι απαραίτητες τροποποιήσεις στον αρχικό σχεδιασμό, έτσι ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν η οικονομικότερη λειτουργία της. Ακόμα γίνεται αντιληπτό πώς πολλές τροποποιήσεις είναι εφικτό να γίνουν και σε υπάρχον εγκαταστάσεις.

Τέλος, καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται συνέχεια, θα ανακαλύπτονται ακόμα πιο αποδοτικοί τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας έτσι ώστε κάποια στιγμή το ποσοστό της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων να φτάσει στο 99% με την οικονομικότερη λειτουργία της εγκατάστασης.

Συντομογραφίες:

AOP	Διεργασίες προχωρημένης οξείδωσης
AVI	Υπάρχουσα διαθεσιμότητα
AVO	Λειτουργική διαθεσιμότητα
BOD	Βιομηχανικά απαιτούμενο οξυγόνο
CCA	Ανάλυση κρίσιμων στοιχείων
ETBF	Αναμενόμενος χρόνος πριν την αποτυχία
MLSS	Αιωρούμενα στερεά ανάμεικτου υγρού
MLVSS	Πτητικά στερεά ανάμεικτου υγρού
MTBF	Μέσος χρόνος πριν την αποτυχία
NAPL	Μη αναμίξιμα με το νερό υγρά
RBC	Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι
SBR	Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας
SVI	Δείκτης όγκου ιλύος
TDS	Συγκέντρωση των ολικά διαλυμένων στερεών
TSS	Συγκέντρωση των ολικά αιωρούμενων στερεών
VFD	Οδηγοί μεταβλητής συχνότητας
VOC	Πτητικές οργανικές ενώσεις
Bsu	Συνολική ποσότητα ενεργούς βιομάζας
ΔΕΥΑ	Δημοτικές επιχειρήσεις ύδρευσης και αποχέτευσης
ΔΟΙ	Δείκτης όγκου ιλύος
Ηιλ	Ηλικία ιλύος
ΘΕΚ	Σύστημα φωτισμού, θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού
ΣΗΘ	Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
ΦΒ	Οργανική φόρτιση

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ”

1.1. Το νερό

Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση που είναι απαραίτητη σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη μας . Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν στο σώμα τους 60-70% νερό (κατά βάρος), ενώ φθάνει μέχρι και το 90% εκείνου των κυττάρων. Το νερό αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου(H) και ένα άτομο οξυγόνου(O). Έχει χημικό τύπο H_2O αλλά σε διάφορες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και οι χημικοί τύποι HOH και OH_2 . Η σχετική αναλογία βαρών του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι 2,016:16,000 περίπου δηλ. 1:8.

Το νερό μέχρι το 18ο αιώνα θεωρούνταν ως στοιχείο. Πρώτος ο πατέρας της νεότερης χημείας Λαβουαζιέ απέδειξε ότι είναι ένωση του υδρογόνου και του οξυγόνου. Το όνομα νερό προέρχεται από τη βυζαντινή φράση νεαρόν ύδωρ το οποίο σήμαινε τρεχούμενο νερό (που μόλις βγήκε από την πηγή), η οποία με τη σειρά της προέρχεται από την αρχαία ελληνική (και την καθαρεύουσα) φράση νήρον ύδωρ για το νερό. Από το θέμα ύδωρ έχουν προκύψει πολλοί όροι, μεταξύ των οποίων και χημικοί, που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα, όπως ενυδρο άλας ή υδρογόνο (αυτό που γεννάει νερό).



Εικόνα 1.1. Το νερό.

Ο Ειρηνικός Ωκεανός καλύπτει τη μισή υδρόγειο, μια περιοχή αρκετά μεγάλη για να χωρέσει στο εσωτερικό της όλες τις ηπείρους. Πράγματι, το 75% του κόσμου καλύπτεται από νερό, έτσι αν και ονομάζουμε τον πλανήτη μας "Γη", ίσως θα έπρεπε αλήθεια να τον ονομαστεί "Νερό"! Το περισσότερο νερό στη Γη είναι αλμυρό. Μόνον το 3% περίπου είναι γλυκό νερό και ένα μέρος αυτού είναι παγωμένο σε παγετώνες και παγόβουνα. Το νερό είναι ουσιαστικό

για την επιβίωση των ζωντανών οργανισμών, όμως υπάρχει μια σχετικά μικρή ποσότητα για να καταμεριστεί παντού - κι αυτό το κάνει ιδιαίτερα πολύτιμο. Χρειάζεται να προσέξουμε περισσότερο αυτόν τον ανεκτίμητο πόρο. Φροντίζουμε ώστε το νερό μας να έχει πάντα μεγαλύτερο βάρος στην περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Από το 1992, η 22η Μαρτίου κάθε έτους έχει καθιερωθεί από τη Γενική Συνέλευση του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών ως η παγκόσμια μέρα για το νερό.

Το νερό είναι μοναδικός φυσικός πόρος, τόσο διότι είναι απαραίτητο για την επιβίωση του ανθρώπου και των άλλων οργανισμών, όσο και διότι, σε μακροχρόνια κλίμακα, θεωρητικά η συνολική διαθέσιμη ποσότητα νερού σε κάθε περιοχή, είναι περίπου σταθερή.

Το παραδοσιακό μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, όπως και οποιουδήποτε άλλου φυσικού πόρου, στηρίζεται στην τεχνοκρατική αντίληψη, σύμφωνα με την οποία σημασία έχει η οικονομική ανάπτυξη και η τεχνολογική πρόοδος και συνεπώς κάθε φυσικός πόρος αποτελεί μία από τις συνιστώσες της ανάπτυξης αυτής. Το αποτέλεσμα της μακροχρόνιας εφαρμογής του μοντέλου αυτού εκδηλώνεται τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες περιοχές, με την ανεπάρκεια νερού, η οποία οφείλεται στην αύξηση των απαιτήσεων σε νερό και την υποβάθμιση της ποιότητάς του.

Ο όρος «ποιότητα του νερού» δεν συνιστά από μόνος του μία συγκεκριμένη αξία διότι υπόκειται εννοιολογικά και πρακτικά σε συνεχείς μεταβολές και συνεπώς πρέπει να θεωρείται και να μελετάται σε σχέση με τα οικολογικά συστήματα και τις διαφορετικές χρήσεις του νερού. Μόνο μία λεπτομερής ανάλυση των ποσοτικών και ποιοτικών απαιτήσεων των διαφορετικών χρήσεων του νερού, μπορεί να οδηγήσει στην εκτίμηση της ποιότητας και της επάρκειας ή της ανεπάρκειας των διαθέσιμων υδατικών πόρων. [10]

1.2. Κύκλος του νερού

Ο κύκλος του νερού γνωστός και ως υδρολογικός κύκλος είναι η συνεχής ανακύκλωση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα και στην ατμόσφαιρα. Το συνεχές της κυκλικής διαδικασίας του κύκλου του νερού επιτυγχάνεται εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 1.2. Ο κύκλος του νερού.

Το νερό του πλανήτη αλλάζει συνεχώς φυσική κατάσταση, από τη στερεά μορφή των πάγων στην υγρή μορφή των ποταμών, λιμνών και της θάλασσας και την αέρια κατάσταση των υδρατμών.

Πιο συγκεκριμένα, λόγω της θέρμανσης και των ανέμων στην επιφάνεια της γης τα νερά της εξατμίζονται και μαζεύονται ως υδρατμοί δημιουργώντας τα σύννεφα. Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, υγροποιούνται και στη συνέχεια πέφτουν ως βροχή ή άλλες μορφές υετού, εμπλουτίζοντας έτσι τις αποθήκες νερού της γης, είτε είναι αυτές επιφανειακές, όπως οι θάλασσες και οι λίμνες, είτε είναι υπόγειες.

Ο κύκλος του νερού αποτελεί αντικείμενο του επιστημονικού κλάδου της υδρολογίας για ότι συμβαίνει ή παρατηρείται στο έδαφος και της Μετεωρολογίας για ότι συμβαίνει εξ αυτού στην ατμόσφαιρα.

Ειδικότερα στη Μετεωρολογία ο υδρολογικός κύκλος αποτελεί το σπουδαιότερο καιρικό φαινόμενο ως σύνολο επιμέρους φαινομένων. Αυτός ρυθμίζει την υγρασία του εδάφους, τη λαμπρότητα της ημέρας, και τέλος τη συχνότητα και ένταση της βροχής, εκτός του γιγάντιου εκείνου έργου της μεταφοράς ενέργειας από τα μικρά στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη.

1.3. Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ευρώπη

Η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση νερών, που έχουν υποστεί επεξεργασία σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού πόλεων ή και βιομηχανιών αναμένεται να χρησιμοποιηθούν όλο και περισσότερο στο μέλλον, κυρίως μέσω της προώθησης διπλών δικτύων ύδρευσης παροχής νερού: ενός δικτύου με καθαρό, υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό κι ένα παράλληλο δίκτυο με χαμηλότερης ποιότητας νερό, που προέρχεται από την επεξεργασία λυμάτων και τη συλλογή βρόχινου νερού. Το δεύτερο δίκτυο χρησιμοποιείται για την κάλυψη αναγκών πλυσίματος βεραντών και οχημάτων, ποτίσματος πάρκων και κήπων, χρήσης στα καζανάκια και στις τουαλέτες κι ακόμη στα πλυντήρια αυτοκινήτων κι αλλού.

Επίσης, σε πολλές περιοχές ενισχύεται και προωθείται η επιτόπου, σε επίπεδο κατοικίας, επαναχρησιμοποίηση του νερού από το νεροχύτη, την μπανιέρα και το νιπτήρα για χρήση στην λεκάνη της τουαλέτας, αντί για το καθαρό πόσιμο νερό, που χρησιμοποιείται σήμερα.

Η ανακύκλωση νερού, μολονότι είναι σήμερα περιορισμένη, αποκτά όλο και περισσότερο ενδιαφέρον για τις χώρες της Νότιας Ευρώπης, εξαιτίας της μείωσης των βροχοπτώσεων, ως αποτέλεσμα της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος. Στη Βόρεια Ευρώπη, αντιθέτως, τέτοιου είδους προγράμματα στοχεύουν πρωτίστως στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς πρόβλημα υδατικών αποθεμάτων δεν υφίσταται σε γενικές γραμμές μέχρι σήμερα.

Στο θέμα της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης του νερού δεν υπάρχουν ενιαίες ευρωπαϊκές προδιαγραφές ακόμα. Σε μερικές μάλιστα χώρες, μολονότι τέτοια προγράμματα εφαρμόζονται, δεν υπάρχει καν σχετικό εθνικό θεσμικό πλαίσιο.

Γαλλία

Στη Γαλλία, εδώ κι ένα περίπου αιώνα, τα χρησιμοποιημένα νερά της ευρύτερης περιοχής του Παρισιού ανακυκλώνονται και χρησιμοποιούνται στην άρδευση των καλλιεργειών των γύρω περιοχών. Η διαδικασία αυτή ήταν η μοναδική διαχείριση των χρησιμοποιημένων υδάτων της περιοχής ως το 1940. Στο προσεχές μέλλον, η διαδικασία αυτή αναμένεται να διακοπεί. Ωστόσο, σε άλλες περιοχές της Γαλλίας, 3000 εκτάρια αρδεύονται ήδη με ανακυκλωμένα νερά. Εθνικές προδιαγραφές σχετικά με την ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού υπάρχουν από το 1991 και συμπληρώθηκαν το 1996.

Ιταλία

Στην Ιταλία σήμερα αρδεύονται με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα 4000 εκτάρια, ενώ απροσδιόριστες είναι οι εκτάσεις στη Νότιο Ιταλία, που αρδεύονται με μη επεξεργασμένα ανακυκλωμένα νερά. Η επεξεργασία βασίζεται στις γενικές προδιαγραφές, που προβλέπει η ιταλική νομοθεσία για την ποιότητα των υδάτων.

Ισπανία

Επεξεργασμένο ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται σε πολλές περιοχές της Ισπανίας σε τέσσερις μορφές χρήσεων: πότισμα εγκαταστάσεων γκολφ, άρδευση καλλιιεργειών, ενίσχυση του υδροφόρου ορίζοντα των παράκτιων περιοχών για την αποφυγή της εισδοχής θαλασσινού νερού σε αυτόν ή και την αύξηση της ροής των ποταμών, προκειμένου να προστατευτούν τα παραποτάμια οικοσυστήματα. Εθνικές προδιαγραφές δεν υπάρχουν, ωστόσο τρεις τοπικές κυβερνήσεις, η Ανδαλουσία, οι Βαλεαρίδες και η Καταλονία έχουν θεσπίσει προδιαγραφές.

Βέλγιο

Στο Βέλγιο υφίσταται επεξεργασία και ανακυκλώνεται το 38% των χρησιμοποιημένων νερών, για να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές δραστηριότητες. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται το ποσοστό επεξεργασίας των χρησιμοποιημένων υδάτων να ανέλθει στο 60%. Η κυβέρνηση επεξεργάζεται εθνικές προδιαγραφές.

Πορτογαλία

Η ετήσια ποσότητα χρησιμοποιημένων νερών, που υφίστανται επεξεργασία ανέρχεται σε 580 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Αντιστοιχεί στο 10% των αναγκών σε νερό για άρδευση μιας χρονιάς με πολύ μικρή ποσότητα βροχοπτώσεων.

Ολλανδία

Η ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου νερού είναι περιορισμένη. Το ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται συνήθως, είτε από την Πυροσβεστική Υπηρεσία είτε διοχετεύεται στο έδαφος για την αποτροπή εισόδου θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα.

Ηνωμένο Βασίλειο

Η επεξεργασία και ανακύκλωση των χρησιμοποιημένων νερών είναι περιορισμένη. Το ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται, κυρίως, για τη διατήρηση της στάθμης των ποταμών και την προστασία των οικοσυστημάτων τους. Επίσης, χρησιμοποιείται για το πότισμα γηπέδων γκολφ και πάρκων ή για το πλύσιμο αυτοκινήτων.

Αυστρία

Η ανακύκλωση των χρησιμοποιημένων νερών, λόγω της αφθονίας νερού υψηλής ποιότητας, περιορίζεται σε ορισμένους εξαιρετικά υδροβόρους τομείς της βιομηχανίας (π.χ. χαρτοβιομηχανίες, βιομηχανίες ζάχαρης), στους οποίους η νομοθεσία απαγορεύει την απεριόριστη κατανάλωση πόσιμου νερού.

Γερμανία

Η ανακύκλωση χρησιμοποιημένων νερών γίνεται, μόνο, όπου προκύπτουν λόγοι προστασίας του περιβάλλοντος.

Κύπρος

Η Κύπρος αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα νερού. Η εξοικονόμηση νερού μέσω της συλλογής και επαναχρησιμοποίησης νερού από βιολογικούς καθαρισμούς, αλλά και της επαναχρησιμοποίησης χρησιμοποιημένου νερού οικιακής χρήσης είναι μέρος της πολιτικής για την εξασφάλιση του πολύτιμου αυτού αγαθού. Πρόσφατα, ξεκίνησε ένα πρόγραμμα ενθάρρυνσης της συλλογής νερού, κυρίως, από το νιπτήρα, το ντους και το νεροχύτη για την αξιοποίησή του στην τουαλέτα (αντί για πόσιμο νερό που χρησιμοποιείται σήμερα στα καζανάκια). Η δημιουργία σχετικών υποδομών επιδοτείται με το ποσό των 600 ευρώ

1.4. Διαχείριση υδάτινων πόρων

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες η προστασία του περιβάλλοντος καταλαμβάνει όλο και μεγαλύτερη θέση στις συνειδήσεις των πολιτών, στα πρωτοσέλιδα των εφημερίδων στις εξαγγελίες των ιθυνόντων του κόσμου.



Εικόνα 1.3. Μινωικό φίλτρο νερού.

Τα προβλήματα όμως δεν υποχωρούν, τα βήματα είναι δειλά και οι συγκρούσεις έντονες. Το θέμα είναι πολυδιάστατο, έχει την ρίζα του στην αναπτυξιακή πολιτική που ακολουθήθηκε και ακολουθείται, στην ταύτιση της ανάπτυξης με την οικονομική μεγέθυνση και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και του κέρδους, στην εκμετάλλευση της ανθρώπινης εργασίας και της φύσης.

Η πολιτική αειφόρου διαχείρισης του περιβάλλοντος όσο και αν έχει παγκόσμια χαρακτηριστικά αποτελεί το καταλληλότερο εργαλείο για το σχεδιασμό πολιτικής σε οποιαδήποτε περιοχή.

Η διαχείριση των υδατικών πόρων, του σημαντικότερου ίσως φυσικού πόρου, δεν θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί πέρα από αυτό το συνολικό πλαίσιο. Οι υδατικοί πόροι αποτελούν βασική παράμετρο της αναπτυξιακής διαδικασίας και της ισορροπίας των οικοσυστημάτων. Παγκοσμίως εντοπίζονται σημαντικότερα προβλήματα γύρω από την επάρκεια και την διαχείρισή τους που οδηγούν και σε χαρακτηριστικά τοπικών (πολεμικών) συγκρούσεων και σε διατάραξη διακρατικών σχέσεων.

Βασικοί παράγοντες αυτής της έντασης είναι η αύξηση της κατανάλωσης λόγω της πληθυσμιακής αύξησης, της αλλαγής των συνθηκών και των απαιτήσεων ζωής (καταναλωτικό μοντέλο) και της αλόγιστης κατανάλωσης, που είναι συνδυασμένη με ένα παραγωγικό και αναπτυξιακό μοντέλο αδηφάγο και αδιάφορο για τους φυσικούς πόρους. Τα φαινόμενα αυτά συντελούν δευτερογενώς και στην αύξηση της ρύπανσης με την ανέλεγκτη διάθεση εκροών.

Στην Ελλάδα, οι υδρολογικές και γεωμορφολογικές ανισότητες (άνιση χωροχρονική κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρηνισμάτων και κατά μείζονα λόγο των απορροών, έντονες γεωμορφολογικές διαφοροποιήσεις ανά υδατικό διαμέρισμα), σε συνδυασμό με τη χρονική αντιστροφή της κατανομής της ζήτησης και της υπερσυγκέντρωσής της σε περιορισμένους χώρους με ασήμαντους υδατικούς πόρους, δεν ευνοούν βέβαια από οικονομοτεχνική άποψη την τεχνικά αξιόπιστη και οικονομικά εφικτή κάλυψη των αναγκών στις διάφορες χρήσεις του νερού.

Η κρισιμότητα των θεμάτων διαχείρισης υδατικών πόρων εντείνεται από τις επιλογές χωρίς σχεδιασμό και πρόβλεψη, την υποτίμηση των προβλημάτων ποιότητας και ποσότητας των υδατικών πόρων και την καθυστέρηση εισαγωγής του περιβαλλοντικού παράγοντα στον αναπτυξιακό σχεδιασμό και στην διαδικασία της αγοράς.

Η πολυδιάσπαση και η ανταγωνιστικότητα των σχετικών με τους υδατικούς πόρους αρμοδιοτήτων σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, η απουσία προσωπικού και υλικοτεχνικής υποδομής, η έλλειψη σχεδιασμού και προγραμματισμού έχουν το προφανές αποτέλεσμα μιας περιστασιακής και μη ορθολογικής διαχείρισης.

Επτά Υπουργεία και παρακλάδια τους (Εξωτερικών, Εθνικής Άμυνας, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Ανάπτυξης, Γεωργίας, ΠΕΧΩΔΕ, Υγείας) πολυάριθμοι Δημόσιοι Οργανισμοί Ινστιτούτα και Ερευνητικά Κέντρα μελετούν, αξιοποιούν, διαχειρίζονται τους υδατικούς πόρους με συντονιστικό θεσμικό πλαίσιο τον Ν. 1739/87 ο οποίος ουσιαστικά δεν υλοποιήθηκε ακόμα στην πράξη.

Εικοσιτέσσερα χρόνια μετά την ψήφιση του Νόμου που καθορίζει την διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα διαπιστώνεται ότι δεν έχει ακόμα εφαρμοστεί. Στα πλαίσια του Ν.1739/87 καθορίστηκαν τα υδατικά διαμερίσματα της χώρας καθώς και οι βασικές αρχές προγραμματισμού, διαχείρισης, αξιοποίησης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων. Η σπατάλη χρηματικών αλλά και υδατικών πόρων έρχεται ως φυσική συνέπεια της απουσίας συνολικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης. Η ασυντόνιστη, και χωρίς υλική και τεχνική υποστήριξη, προσπάθεια αντιμετώπισης των υδατικών αναγκών, ιδιαίτερα των εποχικών, είχε ως αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση των τοπικών υδατικών πόρων - σχεδόν κατά αποκλειστικότητα των υπόγειων. Κύριες συνέπειες αυτής της κατάστασης ήταν η διαταραχή του υδατικού ισοζυγίου με ιδιαίτερα μεγάλες πτώσεις στάθμης στους υδροφορείς, η επέκταση του φαινομένου της υφαλμύρωσης των παράκτιων υδροφορέων και η ρύπανση των υπόγειων νερών από λιπάσματα, βιομηχανικά και αστικά λύματα κλπ..

Συμπληρωματικά στα παραπάνω πρέπει να αναφέρουμε το κυρίαρχο σημείο της καθυστέρησης της χώρας μας στα θέματα διαχείρισης και προστασίας του περιβάλλοντος, την απουσία ενός αξιόπιστου εθνικού συστήματος μέτρησης, ελέγχου και πρόληψης της

ρύπανσης, που θα συνδέει με επίσημες, αξιόπιστες και τεχνικά βέλτιστες μεθόδους όλους εκείνους τους φορείς που λειτουργούν ως εργαστήρια ή σταθμοί παρακολούθησης του περιβάλλοντος. [18]

1.5. Διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων

Φαινομενικά είναι άφθονο και υπάρχει παντού. Στην πραγματικότητα όμως, το νερό είναι ένας περιορισμένος φυσικός πόρος. Μόνο το 3% των παγκόσμιων αποθεμάτων είναι γλυκό, και το περισσότερο από αυτό βρίσκεται εγκλωβισμένο στους παγετώνες και στο υπέδαφος. Τελικά, το νερό που είναι πραγματικά διαθέσιμο στον άνθρωπο είναι ελάχιστο (μόλις 1%). Δεν είναι επομένως τυχαίο, που η λειψυδρία αποτελεί σημαντικό κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα για πολλές χώρες - ακόμα και αιτία πολέμων.

Για παράδειγμα, σε πολλές περιοχές της Μεσογείου η έλλειψη νερού οδηγεί ήδη σε κλιμακούμενες συγκρούσεις ανάμεσα στις διάφορες χρήσεις των υδάτινων πόρων, ενώ το 35% των κατοίκων της Μεσογείου αντιμετωπίζουν ήδη πρόβλημα έλλειψης ή ανεπάρκειας νερού. Τα φαινόμενα ξηρασίας, όσο και αν είναι αναμενόμενα στη λεκάνη της Μεσογείου, εντείνονται σε διάρκεια και συχνότητα και είναι χαρακτηριστικό ότι σε ευρωπαϊκό επίπεδο οι ετήσιες οικονομικές απώλειες λόγω ξηρασίας φτάνουν τα 5,3 δις €. Το 2003 με μεγάλη ξηρασία στη δυτική Ευρώπη οι οικονομικές απώλειες έφτασαν τα 7,5 δις €.

Αλλά και σε διεθνές επίπεδο τα νούμερα είναι ανησυχητικά:

- 1 στους 6 ανθρώπους (1,1 δις) δεν έχει πρόσβαση σε νερό.
- 1 στους 3 (2,4 δις) χωρίς βασικές εγκαταστάσεις υγιεινής.
- 4500 παιδιά (<5 ετών) πεθαίνουν την ημέρα από ασθένειες που προκαλούνται από μολυσμένο νερό.

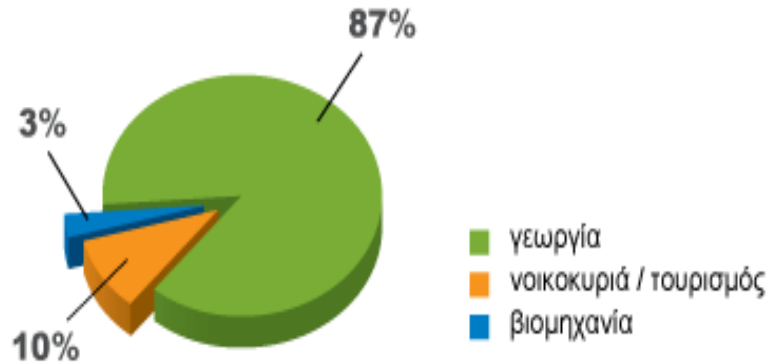
Σε 30 χρόνια, λόγω αύξησης του πληθυσμού, άλλα 2,1 δις ανθρώπων υπολογίζεται ότι θα αντιμετωπίσουν προβλήματα ανεπάρκειας νερού.

Το 54% του νερού της γης έχει εκτραπεί από τη φυσική του ροή με αποτέλεσμα το νερό που βρίσκεται σε δεξαμενές και ταμιευτήρες να είναι 3-6 φορές περισσότερο από το ελεύθερο νερό.

1.6. Η κατάσταση της Ελλάδας

Η Ελλάδα είναι μια μάλλον πλούσια σε νερό μεσογειακή χώρα αφού η μέση ετήσια βροχόπτωση φτάνει τα 700mm/χρόνο, μεγαλύτερη από ότι στην Ισπανία (636 mm/έτος) ή την Κύπρο (498mm/έτος). Το νούμερο αυτό κρύβει, ωστόσο, τις μεγάλες διαφορές που παρατηρούνται τοπικά, καθώς το κύριο χαρακτηριστικό των υδάτινων πόρων στην Ελλάδα είναι η άνιση κατανομή τους στο χώρο και το χρόνο. Το έντονο ανάγλυφο, οι πολλές και σχετικά μικρές λεκάνες απορροής, η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με τη συγκέντρωση του πληθυσμού και των κυριότερων δραστηριοτήτων (μεγάλες πόλεις, γεωργία, τουρισμός) στα ξηρότερα μέρη της χώρας, προκαλούν τελικά προβλήματα διαθεσιμότητας και κάνουν δύσκολη τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι ότι το 20% των επιφανειακών νερών της χώρας είναι εισαγόμενο, αφού τα μεγαλύτερα ποτάμια φτάνουν στην Ελλάδα από γειτονικές χώρες.

Όσον αφορά τις χρήσεις του νερού στη χώρα μας, η γεωργία καταναλώνει το 87%, τα νοικοκυριά (αστική χρήση) και ο τουρισμός το 10% και η βιομηχανία το 3%. Οι υψηλές αρδευτικές ανάγκες, ο τουρισμός που αυξάνεται την ξηρή καλοκαιρινή περίοδο, και οι οικιακές ανάγκες ασκούν σημαντική πίεση στα αποθέματα γλυκού νερού.



Σχήμα 1.1. Η χρήση του νερού στην Ελλάδα.

Σε πολλές περιπτώσεις αναγνωρίζεται ότι το πρόβλημα προκύπτει από την κακοδιαχείριση των υδάτινων πόρων και την κακή αξιολόγηση των αναγκών, και όχι από την πραγματική του ανεπάρκεια. Ο εκσυγχρονισμός των δικτύων άρδευσης, ώστε να μειωθούν οι σημερινές απαράδεκτες απώλειες που φτάνουν ως και το 50%, η επιλογή των βέλτιστων μεθόδων άρδευσης ανά καλλιέργεια, αλλά τελικά και η σωστή επιλογή των καλλιεργειών ανάλογα με την περιοχή και το υδατικό δυναμικό της είναι τα πλέον προφανή μέτρα ώστε να γίνει ορθολογική διαχείριση του νερού από τη γεωργία. Αλλά και η εξοικονόμηση ενέργειας στην οικιακή χρήση μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην επίλυση του προβλήματος, αν αναλογιστεί κανείς τον πληθυσμό της Αττικής (μιας σχετικά άνυδρης περιοχής) ή τον πολλαπλασιασμό του πληθυσμού στα νησιά, λόγω τουρισμού το καλοκαίρι (το 2010 για τις ανάγκες των άνυδρων νησιών των Δωδεκανήσων χρειάστηκε η μεταφορά 685.311 κυβικών νερού).

Τελικά, η μόνη μακροπρόθεσμα βιώσιμη λύση είναι η «διαχείριση της ζήτησης». Έχει υπολογιστεί ότι η διαχείριση της ζήτησης στη Μεσόγειο μπορεί να μειώσει την κατανάλωση νερού κατά 28% τα επόμενα 25 έτη (31 km³/έτος).

Η Ελλάδα, ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει στη διάθεσή της σύγχρονα εργαλεία ώστε να σχεδιάσει και να εφαρμόσει μακροπρόθεσμα τις κατάλληλες πολιτικές. Η κοινοτική Οδηγία 2000/60/EK για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων στοχεύει στην ολοκληρωμένη διαχείριση των επιφανειακών και των υπόγειων νερών, καθώς και στην προστασία, βελτίωση και αποκατάστασή τους, έτσι ώστε μέχρι το τέλος του 2015 όλα τα υδάτινα συστήματα να βρίσκονται σε καλή οικολογική κατάσταση. Ωστόσο, η ως τώρα πορεία της χώρας κάνει εξαιρετικά αμφίβολη την επίτευξη των στόχων της οδηγίας-πλαίσιο για το νερό.

Συγκεκριμένα η Ελλάδα:

Δεν έχει ολοκληρώσει την ανάλυση των χαρακτηριστικών και των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (πχ γεωργία, τουρισμός) στην κατάσταση των υδάτων.

Δεν έχει ασχοληθεί καθόλου με την οικονομική διάσταση των διαφόρων χρήσεων του νερού ώστε να μπορεί να προγραμματίσει και να επιλέξει στην κάθε περίπτωση τη λύση με το μικρότερο κόστος και για την κοινωνία αλλά και για τους φυσικούς πόρους. Δημοσίευσε την

προκήρυξη σχετικά με την ανάπτυξη προγράμματος παρακολούθησης ώστε κάθε στιγμή να υπάρχει μια συνεκτική και συνολική εικόνα της κατάστασης, της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων σε όλες τις λεκάνες.

Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων αλλά και οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Υδάτων συνεχίζουν να υπολειτουργούν χωρίς το απαραίτητο προσωπικό, εξοπλισμό και υποδομές.

Επικύρωσε, χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις αρχές της Οδηγίας-πλαίσιο για το Νερό, τροπολογίες της νομοθεσίας και όλα τα απαραίτητα προκειμένου να προχωρήσει η εκτροπή του Αχελώου, ένα έργο για το οποίο το ΣτΕ έχει εκδώσει επανειλημμένα καταδικαστικές αποφάσεις.

1.7. Ποιότητα υδάτινων πόρων και διαχρονικές μεταβολές της

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η φυσική ποιότητα των υδάτινων πόρων μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας των διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και χρήσεων του νερού. Οι περισσότερες περιπτώσεις ρύπανσης αναπτύχθηκαν βαθμιαία μέχρις ότου έγιναν φανερές και μετρήσιμες. Χρειάστηκε πολύς χρόνος μέχρι να φτάσει ο άνθρωπος στην αναγνώριση των προβλημάτων ρύπανσης και ακόμα περισσότερος για να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις και οι έλεγχοι. Στα μέσα του εικοστού αιώνα και ταυτόχρονα με τη μεγάλη βιομηχανική ανάπτυξη, εμφανίστηκε στα μεγάλα ποτάμια της Ευρώπης. Οφειλόταν στην υπερφόρτωση των ποταμών με αποικοδομούμενα οργανικά λύματα αστικής και βιομηχανικής προέλευσης. Το γεγονός αυτό προκάλεσε γενική υποβάθμιση της ποιότητας των νερών τους. Το πρόβλημα αυτό ακολούθησαν και άλλα διαφορετικής μορφής, έκτασης και έντασης ποιοτικά προβλήματα (ευτροφισμός, συσσώρευση βαρέων μετάλλων και οργανικών μικρορύπων, όξυνση και τέλος αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών).

Η υπερφόρτιση των υδατορευμάτων με βιοαποικοδομήσιμα οργανικά απόβλητα από τους παρόχθιους οικισμούς και βιομηχανίες αντιμετωπίστηκε με την εγκατάσταση βιολογικών σταθμών επεξεργασίας και το αποτέλεσμα ήταν η βαθμιαία αποκατάσταση της ποιότητας του νερού των ποταμών. Παράλληλα όμως εμφανίστηκε το πρόβλημα του ευτροφισμού, που οφείλεται στις εισροές κυρίως φωσφόρου και αζώτου. Ο έλεγχος του ευτροφισμού επιτεύχθηκε με την μείωση του φώσφορου, ενός από τα βασικά θρεπτικά συστατικά, αν και η αποκατάσταση των λιμνών και ταμιευτήρων γίνεται βραδέως και για την πλήρη αποκατάσταση τους απαιτείται αρκετός χρόνος.

Στη δεκαετία του 1970 νέα προβλήματα εμφανίζονται από τη βαθμιαία αύξηση των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα και στο νερό των ποταμών και λιμνών. Η βιοσυσσώρευση στα ψάρια είχε σαν αποτέλεσμα την ανάγκη επέμβασης στις πηγές τους, ιδιαίτερα των πιο επιβλαβών μετάλλων, όπως ο υδράργυρος και ο μόλυβδος. Την ίδια περίοδο η ρύπανση του περιβάλλοντος εισέρχεται σε μια νέα φάση από την παραγωγή και χρήση πολλών συνθετικών ουσιών. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν αυτές παντού σήμερα στα υπόγεια και επιφανειακά νερά. Οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων άρχισαν να μελετούνται εντατικά και η έρευνα για τον έλεγχο, μείωση ή περιορισμό τους αποτελούν την κύρια προσπάθεια των επόμενων ετών.

Άλλα προβλήματα που εμφανίστηκαν αυτή την περίοδο είναι η ατμοσφαιρική μεταφορά των αερίων ρύπων από τις καύσεις των ορυκτών καυσίμων, η οξύνιση των λιμνών και των ποταμών και η μεταφορά των ρύπων αυτών στα υπόγεια νερά.

Από τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του ογδόντα παρατηρήθηκε ότι τα νιτρικά στα υπόγεια και επιφανειακά νερά σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνουν τα συνιστώμενα όρια. Η αιτία είναι η εκτεταμένη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων και των στερεών αποβλήτων (ζώων

και λάσπης βιολογικών σταθμών). Τα τελευταία χρόνια τα περιβαλλοντικά προβλήματα επεκτείνονται σε παγκόσμια κλίμακα. Στα προβλήματα αυτά περιλαμβάνονται η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου από την αύξηση των εκπομπών κυρίως του CO₂, η αύξηση του επιπέδου της θάλασσας από το λιώσιμο των πάγων των πόλων, οι μεγάλες και καταστροφικές πλημμύρες λόγω της αύξησης της ραγδαιότητας των βροχών, και η ερημοποίηση νέων εκτάσεων λόγω των κλιματικών αλλαγών.

Από την ανασκόπηση αυτή γίνεται φανερό ότι τα προβλήματα παθογένειας, ελλείμματος οξυγόνου, ευτροφισμού και βαρέων μετάλλων με την έρευνα και την ανάπτυξη τεχνικών είναι υπό έλεγχο. Τα προβλήματα όμως των νιτρικών, των συνθετικών οργανικών ουσιών, της όξυνσης απαιτούν μια νέα και διαφορετική διαχείριση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η χώρα μας, η οποία δεν ακολούθησε την ίδια πορεία ανάπτυξης με αυτή των χωρών της Βόρειας Ευρώπης, δεν αντιμετώπισε με την ίδια χρονολογική ακολουθία και ένταση παρόμοια προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδατικών πόρων της. Όμως η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αυξανόμενη εισαγωγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων, η γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και η απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, φέρνουν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης δεύτερης και τρίτης γενιάς, τη στιγμή που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπιστεί επαρκώς τα «παραδοσιακά» προβλήματα ρύπανσης.

Η ρύπανση και η μόλυνση των υδατικών πόρων απασχολεί επί δεκαετίες τη διεθνή κοινότητα. Η μόλυνση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανση του νερού έχει ανακύψει σαν εξίσου σοβαρή απειλή σ' όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη.

Αυτοί οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον αναγνωρίστηκαν από τον Ο.Η.Ε. και το 1975, στα πλαίσια του προγράμματός του για το περιβάλλον (UNEP), ιδρύθηκε το Παγκόσμιο Περιβαλλοντικό Σύστημα Επιμελητείας (GEMS). Πολλά διεθνή προγράμματα ελέγχου εφαρμόστηκαν από την UNEP, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO), τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), τον Οργανισμό Εκπαίδευσης, Επιστήμης και Πολιτισμού (UNESCO) και άλλους διεθνείς και διακυβερνητικούς οργανισμούς.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ποιότητα και τη συμφωνία των στοιχείων που λαμβάνονται (ίδιες μεθοδολογίες μέτρησης), γεγονός που αυξάνει την αξία και την εγκυρότητα των μετρήσεων, έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά να καταστούν χρήσιμα δεδομένα για την εκτίμηση της κατάστασης του περιβάλλοντος.

Παρόμοια δράση ανέλαβε η ΕΟΚ (1977), θεσπίζοντας κοινή διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών νερών. Η απόφαση έχει τροποποιηθεί το 1986. Οι τρεις βασικοί στόχοι της απόφασης είναι: 1) Να χαρακτηριστεί ο βαθμός ρύπανσης των ποταμών της Κοινότητας και να χαραχθούν κατευθυντήριες γραμμές για τον έλεγχο της ρύπανσης και των οχλήσεων. 2) Να παρακολουθούνται οι μακροπρόθεσμες τάσεις και οι βελτιώσεις που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της εφαρμογής της εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας. 3) Να καταστεί δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που διενεργούνται στους σταθμούς δειγματοληψίας ή μετρήσεων.

Τα κράτη μέλη μετρούν 19 συγκεκριμένες φυσικές, χημικές, μικροβιολογικές και βιολογικές παραμέτρους σε 126 σταθμούς, που βρίσκονται κυρίως στους μεγάλους ποταμούς της Ευρώπης και διαβιβάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων στην Επιτροπή, κάθε χρόνο. Η Ελλάδα άρχισε να αναφέρει δεδομένα το 1982 από 6 σταθμούς. Οι παράμετροι αυτές είναι:

- Φυσικές: Παροχή, Θερμοκρασία, pH και Αγωγιμότητα στους 20 °C.
- Χημικές: Χλωριόντα, Νιτρικά, Αμμώνιο, Διαλυμένο οξυγόνο, BOD₅, COD, Ολικός φωσφόρος, Τασιενεργές ουσίες, Ολικό Κάδμιο και Υδράργυρος.
- Μικροβιολογικές: Κολοβακτηρίδια κοπράνων, Ολικά κολοβακτηρίδια, Στρεπτόκοκκοι κοπράνων και Σαλμονέλα.
- Βιολογικές: Βιολογικοί δείκτες (λειχήνες, ασπόνδυλα, ψάρια, πουλιά, πεταλούδες) .

Η Επιτροπή δημοσιεύει συγκεντρωτική έκθεση των δεδομένων αυτών κάθε τρία χρόνια. Η αξιολόγηση των χρονικών τάσεων των μετρούμενων παραμέτρων βασίζεται στις μέσες ετήσιες τιμές. Η από το 1971 εφαρμογή του προγράμματος εκτέλεσης ελέγχου ποιότητας αρδευτικών υδάτων από το Υπουργείο Γεωργίας, έχει δημιουργήσει ένα σημαντικό αρχείο στοιχείων ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων νερών της χώρας.

Η μελέτη της ποιότητας του νερού των υδατορευμάτων έχει απασχολήσει πολλούς ξένους και έλληνες επιστήμονες από το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου και μετά, οπότε εμφανίστηκαν και τα πρώτα προβλήματα ρύπανσης. Ιδιαίτερα όμως κατά την τελευταία τριακονταετία και επειδή τα προβλήματα αυτά συνεχώς εντείνονται ή αλλάζουν μορφή και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης αυξάνεται, το ζήτημα δεν περιορίζεται στα πλαίσια της επιστημονικής έρευνας, αλλά έγινε υπόθεση εθνική και διεθνής και η έρευνα βρίσκεται στην υπηρεσία διεθνών και εθνικών οργανισμών και φορέων θεσμοθέτησης, διαχείρισης και ελέγχου των υδατικών πόρων.

1.8. Από τι μολύνεται το νερό

Το μη επεξεργασμένο νερό περιέχει ρύπους, οι οποίοι δίνουν στο νερό χρώμα γεύση και οσμή. Αυτοί οι ρύποι περιλαμβάνουν ζωντανούς μικροοργανισμούς (ιούς, βακτήρια), οργανικά υλικά και ανόργανες ενώσεις. Μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες όπως γαστρεντερίτιδα, ηπατίτιδα, τυφοειδή πυρετό και δηλητηρίαση. Υπάρχουν τρία είδη μικροοργανισμών στο νερό: Ανθρώπινης Προέλευσης, από αγροτικές φάρμες και από τα φυτά τα δάση και γενικότερα την φύση.

1.9. Πηγές και διαδικασίες ρύπανσης υπόγειων νερών

Η διαμόρφωση της ποιότητας του νερού στο έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς εξαρτάται από τη μεταφορά μάζας των διαφόρων ουσιών και στοιχείων που την καθορίζουν. Η ποιότητα του υπόγειου και εδαφικού νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση, με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση, και στους μικροοργανισμούς. Η διαμόρφωση της σύστασης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, βιολογικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης, είτε με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα των υπόγειων νερών (π.χ. η εισροή θαλασσινού νερού). Η χημική σύσταση του φυσικού υπόγειου νερού εξαρτάται μόνο από τις φυσικές διαδικασίες και είναι αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής και γεωχημικής ιστορίας του. Η ανθρώπινη επέμβαση προσδιορίζεται σε περιοχές με σημαντική χρήση της γης, όπως στις αστικοποιημένες περιοχές, μεταλλεία και αγροτικές περιοχές.

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

Με την παρέλευση του χρόνου η ένταση της ρύπανσης του νερού είτε μειώνεται μέσα στο υδροφορέα ή το ρυπασμένο νερό οδηγείται προς ένα φρεάτιο ή ευκαιριακά εξέρχεται στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα).

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

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

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

Με την εφαρμογή των λιπασμάτων στο έδαφος, που συνήθως περιέχουν ανόργανα στοιχεία, προκαλείται αύξηση των λιπασματικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα. Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι για την υγεία του ανθρώπου, από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία με μεγάλη ευκολία μεταφέρονται με το νερό που διηθείται βαθιά δια μέσου της ακόρεστης ζώνης του εδάφους και της υπόγειας ροής στους υπόγειους υδροφορείς. Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτερη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές. Αλλά αύξησή τους μπορεί να παρατηρηθεί και σε μη αρδευόμενες περιοχές με οργανικά εδάφη. Σ' αυτή την περίπτωση τα νιτρικά απελευθερώνονται κατά την ανοργανοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων και των ζωικών αποβλήτων που ενσωματώνονται στο έδαφος. Τα στερεά απόβλητα (κοπριές) των ζώων είναι επίσης σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων.

Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στη γεωργία για την προστασία των καλλιεργειών από τα έντομα (εντομοκτόνα), μύκητες (μυκητοκτόνα) και βακτήρια (βακτηριοκτόνα) και την καταπολέμηση των ζιζανίων (ζιζανιοκτόνα) αποτελούν σημαντικό κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων νερών. Παρ' ότι οι οργανικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σαν φυτοφάρμακα είναι ταχείας αποικοδόμησης, σημαντικές ποσότητες αυτών και των προϊόντων της διάσπασής τους έχουν καταγραφεί στα υπόγεια νερά. Σημαντικό ρόλο για τη σοβαρότητα της ρύπανσης από τα αγροχημικά αποτελεί η τοξικότητα, η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής της ουσίας στο έδαφος καθώς και ο τρόπος εφαρμογής τους στο έδαφος.

Οι πιο σπουδαίοι μικροοργανισμοί στα υπόγεια νερά είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι μύκητες και διάφορα άλλα παράσιτα. Τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς του υπόγειου νερού είναι ο τύφος, η χολέρα και η ηπατίτιδα. Οι πηγές των μικροοργανισμών είναι τα ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα. Η ρύπανση των υπόγειων νερών προκαλείται από την εδάφια διάθεση των λυμάτων των σταθμών επεξεργασίας αστικών λυμάτων και σηπτικών δεξαμενών, τις εκπλύσεις από τους

σκουπιδότοπους, και τις ποικίλες γεωργικές πρακτικές, όπως η διάθεση στο έδαφος της ζωικής κόπρου για οργανική λίπανση.

Τα μη αναμίξιμα με το νερό υγρά (non-aqueous phase liquids NAPLs), είναι ρύποι, που η παρουσία τους στην ακόρεστη ζώνη παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Τα υγρά αυτά εμφανίζουν μία χωριστή υγρά φάση στο υδάτινο περιβάλλον.

Γενικά τα NAPLs είναι υγρά τα οποία έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη ή μικρότερη από του νερού. Διακρίνονται σε LNAPLs που είναι τα μη αναμίξιμα με το νερό υγρά με πυκνότητα μικρότερη από το νερό και σε DNAPLs που έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη από το νερό. Παράδειγμα ελαφρότερων από το νερό είναι τα υγρά καύσιμα των υδρογονανθράκων, όπως η βενζίνη, το πετρέλαιο θέρμανσης, η κηροζίνη. Στα DNAPLs περιλαμβάνονται οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες όπως οι τετραχλωράνθρακες, το τριχλωροαιθάνιο, οι χλωροφαινόλες, τα χλωροβενζόλια, τα τετραχλωροαιθυλένια και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).

Η σημασία των NAPLs στα υπόγεια νερά οφείλεται στην εμμονή τους κάτω από το έδαφος και την ικανότητα που έχουν να ρυπαίνουν μεγάλους όγκους νερού λόγω της μικρής δυνατότητας απομάκρυνσής του. Η μετακίνηση των ουσιών αυτών στο έδαφος εξαρτάται από την ποσότητα που ελευθερώνεται στο έδαφος, τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και τη δομή του εδάφους δια μέσου του οποίου μετακινούνται.

Η μεταβολή της υδραυλικής ισορροπίας λόγω της άντλησης και υπεράντλησης των υπόγειων νερών είναι η αιτία για την εισροή νερών χαμηλής ποιότητας, υφάλμυρων ή εμπλουτισμένων με ιχνοστοιχεία και βαριά μέταλλα από διπλανούς, επάλληλους υδροφορείς και από τη θάλασσα. Είναι η αιτία της υφαλμύρωσης των παραθαλάσσιων υδροφορέων.

Η εκτίμηση της ρύπανσης των υπόγειων νερών και της επικινδυνότητας γίνεται με τη χρησιμοποίηση μαθηματικών μοντέλων που περιγράφουν τη μεταφορά μάζας, τους μετασχηματισμούς και τις αλληλοεπιδράσεις με τα στερεά του εδάφους στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη. Λόγω της πληθώρας δεδομένων που απαιτούνται για την εφαρμογή των μοντέλων αυτών, την τελευταία δεκαετία, αναπτύσσονται απλοποιημένες διαδικασίες εκτίμησης της πιθανότητας ρύπανσης των υπόγειων νερών που μπορούν να εφαρμοστούν σε μεγάλη χωρική κλίμακα και για διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Απλά μοντέλα δείκτες που χρησιμοποιούνται την τελευταία δεκαετία για τον προσδιορισμό των ευπρόσβλητων περιοχών των υπόγειων νερών είναι το Drastic, οι παράγοντες εξασθένησης και επιβράδυνσης (AF, Rf) και ο δείκτης έκπλυσης (LI). Με τους δείκτες αυτούς μπορούν να παραχθούν χάρτες ευπρόσβλητικότητας των υπόγειων νερών που αποτελούν τη βάση για τη διαχείριση χρήσεων γης και εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι επέκτασης της υποβάθμισης των υπόγειων νερών.

1.10. Συμπεράσματα

Οι υδάτινοι πόροι υφίστανται μεγάλες πιέσεις ποιοτικής και ποσοτικής υποβάθμισης. Οι ανάγκες σε νερό εξασφαλίζονται κατά κύριο λόγο από τα υπόγεια νερά, γεγονός που σημαίνει ότι η αναφορά στην ποιότητα και τη ρύπανση των υδατικών πόρων αφορά κυρίως τα υπόγεια νερά.

Η υποβάθμιση των πηγών νερού οφείλεται κυρίως στην υπερεκμετάλλευση και τη δημιουργία υδραυλικών συνθηκών που ευνοούν την υφαλμύρωση και εισροή ρυπασμένων νερών στους υδροφόρους. Η μείωση των πιέσεων από τα υγρά απόβλητα θα επιτευχθεί με την κατασκευή συλλογικών αποχετευτικών συστημάτων, την επεξεργασία και την ασφαλή διάθεση τους και σύγχρονων χώρων επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Οι διάσπαρτες

οικιστικές μονάδες κυρίως σε νησιά και απομακρυσμένες περιοχές και η εποχιακή εγκατάσταση πληθυσμού είναι ένα πρόβλημα που θα πρέπει να λυθεί με την υποχρέωση για την εγκατάσταση ατομικών συστημάτων επεξεργασίας των λυμάτων σε όλες τις εγκαταστάσεις. Η ρύπανση από γεωργικές δραστηριότητες εντοπίζεται στις μικρές πεδινές εκτάσεις που είναι επίσης και οι περιοχές με τους υδροφόρους. Ο εντοπισμός των ευπρόσβλητων στην ρύπανση περιοχών των υπόγειων νερών θα βοηθήσει στην ορθολογική διαχείριση για την μείωση της ρύπανσης των υπόγειων νερών.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ”

2.1. Προέλευση και είδη λυμάτων

Ο όρος λύματα αναφέρεται στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (οικιακά λύματα) και τα υγρά απόβλητα από τις συνήθειες δραστηριότητες μιας πόλης (αστικά λύματα). Όταν τα υγρά απόβλητα μιας πόλης περιέχουν και σημαντικές ποσότητες υγρών βιομηχανικών αποβλήτων τότε ονομάζονται υγρά αστικά απόβλητα. Τα οικιακά λύματα παράγονται από τις συνηθισμένες ανάγκες των ανθρώπων όπως η αφόδευση, η χρήση του μπάνιου, η προετοιμασία του φαγητού, πλυσίματα, καθαριότητα κ.α. Κατά μέσο όρο παράγονται 180 – 300 λίτρα ανά άτομο κάθε ημέρα. Τα αστικά λύματα παράγονται από οικίες, δημόσια κτήρια, νοσοκομεία, σχολεία, μικρές επιχειρήσεις κλπ. Η ποιότητα και η ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων μεταβάλλεται συνεχώς και δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί, αφού πολλές βιομηχανίες ρίχνουν παρανόμως ανεπεξέργαστα τα απόβλητά τους στο αποχετευτικό δίκτυο μιας πόλης.

2.2. Ποσότητα λυμάτων

Η μέση ποσότητα που αποχετεύει ο άνθρωπος την ημέρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι η αφθονία ή η έλλειψη νερού στο σπίτι και την περιοχή, το κόστος του νερού, το πολιτιστικό επίπεδο, η οικονομική κατάσταση, η ποιότητα του οικιακού δικτύου, η αμέλεια, το βιοτικό επίπεδο, κλπ.

Οι μέσες αυτές τιμές παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις από περιοχή σε περιοχή και περίπτωση με περίπτωση. Μια τάξη μεγέθους των απορροών λυμάτων δίδεται στον πίνακα 2.1., ενώ τα ελάχιστα όρια υπολογισμού των εκροών λυμάτων που ορίζει η ελληνική νομοθεσία (Ε1β/221/65) δίδονται στο πίνακα 2.2.

2.3. Εκτίμηση παροχών λυμάτων

Με βάση τους παρακάτω πίνακες, όταν δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία μετρήσεων, γίνεται υπολογισμός της ημερήσιας παροχής λυμάτων Q με πολλαπλασιασμό του εξυπηρετούμενου πληθυσμού P επί την ειδική παροχή Q_e :

$$Q = P * Q_e \quad (m^3/d) \quad (2.1)$$

Για τον υπολογισμό της εγκατάστασης επεξεργασίας των λυμάτων, ορίζονται άλλες τρεις παροχές: η μέγιστη παροχή (Q_{max}), η παροχή σχεδιασμού (Q_d) και η παροχή αιχμής (Q_p).

$$Q_{max} = a * p * Q \quad (m^3/d) \quad (2.2)$$

Όπου:

a= συντελεστής απορροής (0.70-0.85) και

p= συντελεστής αιχμής που είναι το γινόμενο $1.5*1.5=2.25$ των συντελεστών εποχιακής και ωριαίας αιχμής

$$Q_d = Q_{\max} * n - 1 \quad (m^3/h) \quad (2.3)$$

Όπου:

n= 10 για εξυπηρετούμενο πληθυσμό ως 1000 άτομα

n=12 για εξυπηρετούμενο πληθυσμό 1000-10.000 άτομα

n=14 για εξυπηρετούμενο πληθυσμό 10.000-50.000 άτομα

n=16 για εξυπηρετούμενο πληθυσμό 50.000-150.000 άτομα

n=18 για εξυπηρετούμενο πληθυσμό πάνω από 150.000 άτομα

Για μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων που εξυπηρετούν πληθυσμό ως 1.000 άτομα, ο υπολογισμός αιχμής Q_p πρέπει να γίνεται με σημαντικό συντελεστή ασφαλείας, δηλαδή:

$$Q_p = 3 * Q_{\max} \quad (m^3/h) \quad (2.4)$$

	Ειδική παροχή Q_e
Σπίτια πολυτελείας	300-380 λίτρα/ άτομο και ημέρα
‘Καλές’ γειτονιές	250-340 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Μεσοαστικές γειτονιές	200-300 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Εργατικοί οικισμοί	150-270 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Εξοχικά σπίτια δεύτερης κατοικίας	150-190 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Σχολεία	35-60 λίτρα/ μαθητή και ημέρα
Γραφεία	50-70 λίτρα/ υπάλληλο και ημέρα
Εργοστάσια	50-130 λίτρα/ εργάτη και ημέρα
Νοσοκομεία	500-1000 λίτρα/ κρεβάτι και ημέρα
Καφενεία	5-8 λίτρα/ πελάτη και ημέρα
Αεροδρόμια σταθμοί κλπ.	15-20 λίτρα/ επιβάτη και ημέρα
Ξενοδοχεία	150-380 λίτρα/ κρεβάτι και ημέρα

Πίνακας 2.1 Απορροές λυμάτων κατά περίπτωση

	Ειδική παροχή Q_e
Κατοικίες	100 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Ξενοδοχεία	150 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Νοσοκομεία	200 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Ημερίσια σχολεία	50 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Οικοτροφεία	100 λίτρα/ άτομο και ημέρα
Κατασκηνώσεις	75 λίτρα/ άτομο και ημέρα

Πίνακας 2.2 Ελάχιστα όρια εκροών

2.4. Σύνθεση και σύσταση των λυμάτων

Η σύνθεση των λυμάτων μπορεί να προσδιορισθεί χρησιμοποιώντας φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες.

Η σύσταση των λυμάτων παρουσιάζονται σαν πολυφασικό μίγμα, στο οποίο συνυπάρχουν στερεά, τέλεια διαλύματα υγρά και κολλοειδείς διασπορές.

Η κύρια μάζα των λυμάτων είναι νερό. Το οργανικό περιεχόμενο των λυμάτων αποτελείται από πρωτεΐνες (40-60%), υδατάνθρακες (25-50%) και λιπαρές ενώσεις (5-10%). Οι οργανικές αυτές ενώσεις συνυπάρχουν με τα προϊόντα αποικοδόμησης τους που είναι: αμινοξέα, αμμωνία, υδρόθειο, αλκοόλες, λιπαρά οξέα, φαινόλες, ινδόλη, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υδρογόνο, νιτρικά και νιτρώδη άλατα, θείο και θειικά άλατα καθώς και διάφορες άλλες οργανικές ενώσεις, όπως απορρυπαντικά και άλατα (ορθοφωσφορικά, πολυφωσφορικά κα.). Το pH των λυμάτων είναι σχεδόν ουδέτερο (περίπου 7.00). Η θερμοκρασία τους παρουσιάζεται μερικούς βαθμούς μεγαλύτερη από εκείνη του περιβάλλοντος το χειμώνα και κάπως κατώτερη το καλοκαίρι.

2.4.1 Βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD)

Βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου ή BOD είναι η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται από την αερόβια επεξεργασία βιολογικών οργανισμών σε ένα υδατικό σύστημα να καταρρεύσει οργανική ύλη σε ένα δεδομένο δείγμα νερού σε ορισμένη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Ο όρος αναφέρεται επίσης σε μια διαδικασία χημικών εργασιών για τον καθορισμό αυτού του ποσού. Αυτό δεν είναι μια ακριβή ποσοτική δοκιμή, αν και χρησιμοποιείται ευρέως ως ένδειξη της οργανικής ποιότητας του νερού.

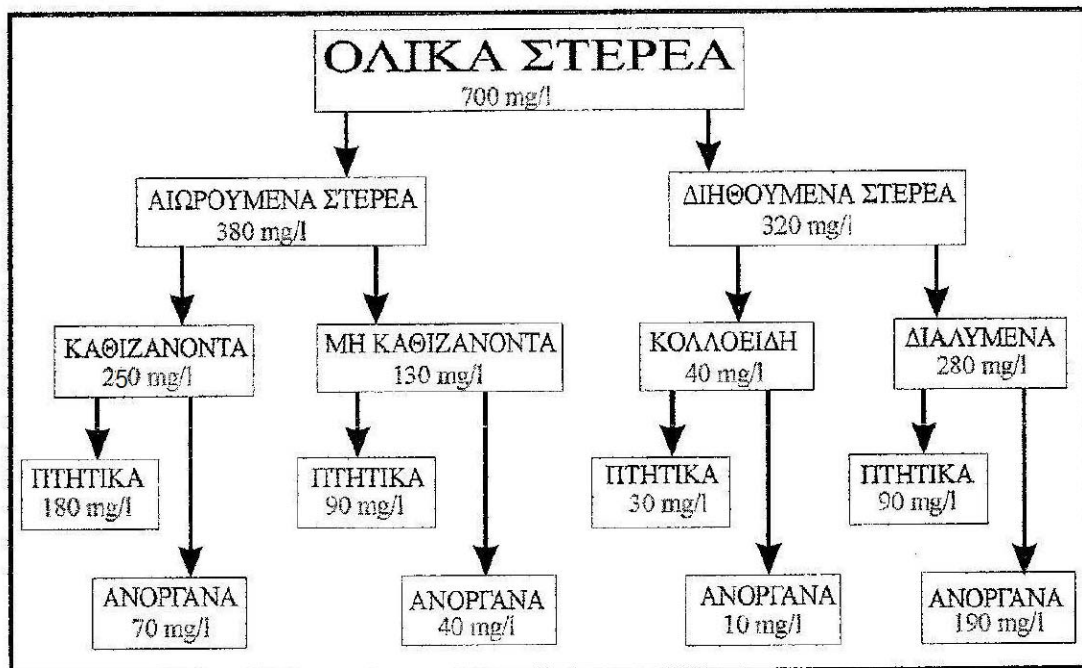
Η μέση ημερήσια παραγωγή ρυπαντικών φορτίων για κάθε άτομο φαίνεται στον πίνακα 2.3 ενώ στον πίνακα 2.4 παρουσιάζονται τα παραγόμενα ρυπαντικά φορτία BOD κατά περίπτωση ομάδας πληθυσμών.

Ολικά αιωρούμενα στερεά TTS	80 gr/ κάτοικο και ημέρα
Καθιζάνοντα αιωρούμενα στερεά	54 gr/ κάτοικο και ημέρα
BOD	65 gr/ κάτοικο και ημέρα
COD	165 gr/ κάτοικο και ημέρα
Ολικό άζωτο	10 gr/ κάτοικο και ημέρα
Ολικός φώσφορος	3,2 gr/ κάτοικο και ημέρα
Λίπη και έλαια	10 ml/ κάτοικο και ημέρα
Ανδρομερή μεγαλύτερα των 20mm	65 gr/ κάτοικο και ημέρα

Πίνακας 2.3 Μέση ημερήσια παραγωγή ρυπαντικών φορτίων για κάθε άτομο

	Μέσο ειδικό παροχή BOD _e
Σπίτια πολυτελείας	90 gr BOD/ άτομο και ημέρα
‘Καλές’ γειτονιές	83 gr BOD/ άτομο και ημέρα
Μεσοαστικές γειτονιές	76 gr BOD/ άτομο και ημέρα
Εργατικοί οικισμοί	89 gr BOD/ άτομο και ημέρα
Εξοχικά σπίτια δεύτερης κατοικίας	62 gr BOD/ άτομο και ημέρα
Σχολεία	14,5 gr BOD/ μαθητή και ημέρα
Γραφεία	20 gr BOD/ υπάλληλο και ημέρα
Εργοστάσια	27,5 gr BOD/ εργάτη και ημέρα
Νοσοκομεία	130 gr BOD/ κρεβάτι και ημέρα
Καφενεία	6,5 gr BOD/ πελάτη και ημέρα
Αεροδρόμια σταθμοί κλπ.	3,5 gr BOD/ επιβάτη και ημέρα
Ξενοδοχεία	65 gr BOD/ πελάτη και ημέρα

Πίνακας 2.4 Παραγόμενα ρυπαντικά φορτία κατά περίπτωση



Σχήμα 2.1. Τυπική κατανομή στερεών αστικών λυμάτων.

Η μέση παραγωγή BOD/ άτομο και ημέρα θεωρείται ότι είναι 65 gr.

Πολλές φορές, για τα παραγόμενα υγρά απόβλητα από διάφορες αστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες, θα θέλαμε να γνωρίζαμε την ισοδυναμία της ρύπανσης αυτής με μια παρόμοια αστική ρύπανση μεσοαστικού πληθυσμού. Έτσι ορίζεται μια νέα παράμετρος, ο ισοδύναμος πληθυσμός P_e :

$$P_e = (\text{Συνολική παραγόμενη ποσότητα BOD,gr})/65$$

Η γνώση του ισοδύναμου πληθυσμού μπορεί να διευκολύνει στον γρήγορο υπολογισμό μεγεθών που έχουν σχέση με την μονάδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (κόστος, όγκου αντιδραστήρα, έκταση μονάδας κα.).

Το περιεχόμενο σε στερεά των αστικών λυμάτων είναι τάξης μεγέθους των 700mg/l αν και υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις προς τα πάνω που καθορίζονται από τη σκληρότητα του πόσιμου νερού. Μία κατανομή των ολικών στερεών καθώς και της διαδικασίας υπολογισμού τους, δίδεται στο διάγραμμα του σχήματος 2.1.

2.5. Βιολογικά χαρακτηριστικά λυμάτων

Η βιολογική προέλευση των λυμάτων και η επαφή τους με το περιβάλλον των αγωγών προσαγωγής κτλ. η ύπαρξη οργανικού υποστρώματος σ' αυτά, που επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, καθώς και σωρεία άλλων παραγόντων συντελούν ώστε τα λύματα να βριθούν από μικροβιακούς πληθυσμούς.

Στα λύματα εκτός από τα συνηθισμένα χλωρίδα και πανίδα των νεκρών και του εδάφους, μπορούν να βρεθούν όλοι σχεδόν οι οργανισμοί που συμβιών ή παρασιτούν στους οργανισμούς. Το οργανικό υπόστρωμα επιτρέπει τη γρήγορη ανάπτυξη μικροβιακών οργανισμών που κατορθώνουν να επιζούν σε σχετικά αντίξοο περιβάλλον, όπως για παράδειγμα παθογόνων οργανισμών για τον άνθρωπο σε μορφή σπορίων.

Η οικολογία των υπονόμων είναι πολυσύνθετη (βρέθηκαν μέχρι και κροκόδειλοι στους υπονόμους της Νέας Υόρκης) και περιλαμβάνει ιούς, βακτήρια, φύκια, μούχλες, πρωτόζωα, δικοτυλήδονα, μέχρι και θηλαστικά.



Εικόνα 2.1. Απόρριψη αστικών λυμάτων σε ποταμό.

Πολύ εύκολα βρίσκονται σε λύματα οι παρακάτω οργανισμοί: *Aspergillums*, *Penicillium*, *Mucor*, *Bacillus Laticus*, *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*, *Beggiatoa*, *B. Coli*, *B. Pyocyanique*, *Leptothrix*, *Crenothrix*, *Calioneila*, *Desulfovibrio*, *Desulfluricans*, *Amebae*, *Zooglea*, *Thiobacillus*, *Comonnus*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Alcaligens*, *Peudomonas*, *Paramecie*, *Honotus*, *Coleps*, *Stentor*, *Arcella*, *Ploimides* κλπ.

Το πολυσύνθετο των σχέσεων ανάμεσα στους μικροοργανισμούς στα λύματα και η μεγάλη ποικιλία των ειδών που υπάρχουν σ' αυτά, είναι παράγοντες που δυσκολεύουν τρομακτικά και κάνουν πρακτικά αδύνατο τον προσδιορισμό των μικροοργανισμών στα λύματα.

Χρησιμοποιούνται όμως προσδιορισμοί ορισμένων οργανισμών που είναι δείκτες. Έτσι ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός δείκτη επιτρέπει εκτιμήσεις της μικροβιακής κατάστασης του λύματος. Οι συνηθισμένοι δείκτες που ανιχνεύονται στα λύματα, ή σε αποδέκτες όπου εικάζεται η ύπαρξη λυμάτων, είναι: κολοβακτηριδιοειδή και κολοβακτηρίδια, εντερόκοκκοι και σαλμονέλες. Σπάνια ανιχνεύονται ειδικοί νοσογόνοι παράγοντες όπως συγκεκριμένοι αιτιολογικοί παράγοντες νόσων, κτλ. Συχνά χρησιμοποιείται έμμεσος προσδιορισμός του μικροβιακού φορτίου ως η ταχύτητα αποχρωματισμού του κυανού μεθυλενίου. Ο πιο συνηθισμένος δείκτης στα λύματα, με υγειονομική σημασία είναι τα Coli. Ανάλογα με τη διάλυση βρίσκονται σε συγκέντρωση ως 10⁹ ολικά Coli/100 ml λύματος, απ' όπου 10⁷-10⁸ κοπρικά Coli/100 ml λύματος, κοπρικοί στρεπτόκοκκοι/100ml, 1.000 εντεροϊοί DCT50/100ml.

Η σχέση των Coli/Salmonella είναι γύρω στις 24.500-100.000/1.

Συγκριτικά, το μικροβιακό φορτίο (σε κύτταρα) στα νερά είναι:

Πόσιμο νερό που έχει υποστεί επεξεργασία 1/1.000ml

Νερό ρέματος 104/100ml

Νερό «καθαρού» ποταμού 105/100ml

Νερό μολυσμένου ποταμού 106/100ml

Λύματα (σε υπόνομο) 109/100ml

Μικροοργανισμός	Ημέρες
Salmonella	-
Entameba histolytica	-
Aerobacter aerogenes	56
Streptococcus fecalis	48
E.Coli	48
Echo 7 virus	130
Echo 12 virus	60
Coxsackie A9 virus	12
Poliomyelitis I virus	110

Πίνακας 2.5 Ο απαιτούμενος χρόνος σε ημέρες για εξάλειψη κατά 99,9% μερικών εντερικής προέλευσης μικροοργανισμών στα λύματα θερμοκρασίας 4°C.

2.6. Επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα

Η υπάρχουσα κατάσταση για τη διαχείριση των αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, όπως και στα υπόλοιπα κράτη-μέλη της Ε.Ε. διέπεται από την οδηγία 91/271/EEC (EU, 1991). Με την αριθ. 5673/400/14.3.97 κοινή υπουργική απόφαση, η επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα εναρμονίζεται πλήρως μ' αυτή της Ε.Ε. Σύμφωνα με αυτήν, έχουν τεθεί χρονικά όρια προσαρμογής και τήρησης των όρων επεξεργασίας. Επίσης, εκτιμάται ότι ευρωπαϊκές οδηγίες για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών αστικών υγρών αποβλήτων είναι βέβαιο ότι θα θεσπιστούν σύντομα. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται στη διαφορετικότητα νοτίων και βορείων χωρών σε ότι αφορά τη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων. Όπως αναφέρεται ρητά στην οδηγία, «επεξεργασμένα υγρά απόβλητα θα επαναχρησιμοποιούνται οποτεδήποτε θεωρούνται κατάλληλα».

Ο Ν. 1739/87 (Υπουργείο Ανάπτυξης, 1987) αποτελούσε το βασικότερο νομοθέτημα που έχει εκδοθεί στον τομέα διαχείρισης των υδατικών πόρων. Ο νόμος αυτός εκσυγχρόνισε σε κάποιο βαθμό η ισχύουσα νομοθεσία σε ότι αφορά στην ορθολογική διαχείριση του συστήματος «υδατικός πόρος-χρήση του». Αυτός διαμόρφωσε ένα νέο θεσμικό πλαίσιο και τους αναγκαίους μηχανισμούς για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας μας το οποίο όμως δεν έτυχε ουσιαστικής εφαρμογής.

Μάλιστα, ο Ν. 3199/03 (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2003) επιχειρεί εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας Υδατικών Πόρων με αυτή της ΕΕ (Οδηγία 60/2000/ΕΚ). Όμως ούτε σ' αυτό το νόμο γίνεται αναφορά σε αντικείμενα ανακύκλωσης υγρών αποβλήτων. Έτσι, το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία των οικοσυστημάτων, που εξαρτάται από αυτούς της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας διέπεται από την Οδηγία 60/2000/ΕΚ (ΕΥ, 2000). Παρόλο που στην οδηγία αυτή δεν γίνεται ουσιαστικά αναφορά στην ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων πιστεύεται ότι η ευαισθητοποίηση των Ευρωπαίων πολιτών σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος, θα συμβάλει θετικά στην προώθηση, ανάπτυξη και θέσπιση κριτηρίων για χρήση περιθωριακών νερών. Όμως, οι νομοθετικές διαδικασίες στην Ε.Ε. είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες. Έτσι, λαμβανομένου υπόψη ότι οι ελλειμματικές περιοχές σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους εντοπίζονται κυρίως στον ευρωπαϊκό νότο και όχι στο σύνολο των χωρών μελών της Ε.Ε., πιθανόν να υπάρξει σχετική ολιγωρία και καθυστέρηση νομοθετικής ρύθμισης. Με το δεδομένο ότι τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα αποτελούν έναν νέο υδατικό πόρο και μία σταθερή πηγή νερού για άρδευση, θα ήταν δυνατό:

- Να υπάρξει νομοθετική τροποποίηση του Ν. 3199/03, έτσι, ώστε να προβλεφθεί η διαχείρισή τους με τρόπο, που να εναρμονίζεται με τα προαναφερθέντα στη ενότητα των νομικών θεμάτων και να συνδέεται με αυτά (σύστημα αδειοδότησης, περιορισμοί κατά χρήση, αποζημιώσεις, μηχανισμοί τιμολόγησης, έκδοση κανονισμών λειτουργίας και διαχείρισης για κάθε έργο ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης κ.α.).
- Να εκδοθεί υγειονομική διάταξη με βάση τη διεθνή εμπειρία και τεχνογνωσία, που να ορίζει τις προδιαγραφές καταλληλότητας εκροών υγρών αποβλήτων.
- Να ληφθεί υπόψη ότι η νέα οδηγία για τα βιοστερεά που παράγονται από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και προωθείται από την ευρωπαϊκή επιτροπή θα μπορούσε να συμπεριλάβει και την επαναχρησιμοποίηση των εκροών, αφού και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για αξιοποίηση υποπροϊόντων των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Η επικρατούσα κατάσταση στην Ελλάδα απ' άποψη έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 6.

Από τον Πίνακα 6 συμπεραίνεται ότι επαναχρησιμοποιούνται 198.250 m³/d εκροές την θερινή περίοδο και αρδεύονται περίπου 50.000 στρ. γεωργικής γης, καθώς επίσης 10.250 m³/d εκροές και αρδεύονται 1.500 στρ. χώροι πρασίνου. Τέλος, υπολογίζεται ότι επαναχρησιμοποιούνται έμμεσα από τους φυσικούς αποδέκτες, κυρίως ποταμούς μέσω της διάθεσης εκροών σ' αυτούς περισσότερα από 132.500 m³/d για την άρδευση γεωργικών καλλιεργειών. Αρδευόμενη έκταση στην μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της Χαλκίδας, ένα από τα πρώτα και σπουδαιότερα έργα επαναχρησιμοποίησης της χώρας μας φαίνεται στην Εικόνα 2.2.

Είναι αξιοσημείωτο ότι στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κριτήρια διάθεσης για δευτεροβάθμια εκροή βάσει απόφασης των υπουργείων εσωτερικών και δημόσιας υγείας του 1965 (Υπουργεία Εσωτερικών και Δημόσιας Υγείας, 1965), στα οποία δεν γίνεται αναφορά σε θέματα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης. Επίσης, όπως προαναφέρεται δεν υπάρχουν κανονισμοί για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών σε επίπεδο ΕΕ. Έτσι, η ανάγκη για τη ανάπτυξη και εφαρμογή κανονισμών για την ανακύκλωση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο είναι εμφανής. [7]

	Έργο	Δυναμικότητα (m ³ /d)	Έκταση (στρ.)	Αρδευόμενα είδη
Αρδευση γεωργικών εκτάσεων 198.250 στρεμάτων	Θεσσαλονίκη	175.000	25.000	Αραβόσ., τεύτλα, ρύζι, κ.α.
	Λιβαδειά	3.500		Ελιές, αραβόσιτος, κ.α.
	Αμφισσα	400		Ελιές, βαμβάκι, κ.α.
	Ν. Καλικράτεια	800	1.500	Αραβόσιτος, ελιές, κ.α.
	Χερσόνησος	4.500	1.000	Ελιές, κ.α.
	Αρχάνες	550	14.500	Ελιές, αμπέλια, κ.α.
	Κώς	3.500	5.000	Εσπεριδοειδή, ελιές, κ.α.
	Άλλα	10.000		
Αρδευση άλλων εκτάσεων 10.250 στρεμάτων	Χαλκίδα	4.000	500	
	Χερσόνησος	500	80	
	Α. Κωνσταντίνος	200	100	
	Κένταρχος	100	50	
	Κώς	500	100	
	Κάρυστος	1.450	300	
	Ιερισσό	1.500	250	
	Άλλα	2.000		
Έμμεση επαναχρησιμοποίησης	Λάρισα	28.000		Αραβόσιτος, βαμβάκι, κ.α.
	Καρδίτσα	22.500		Αραβόσιτος, βαμβάκι, κ.α.
	Τρίκαλα	12.000		Αραβόσιτος, βαμβάκι, κ.α.
	Λαμία	15.000		Ελιές, αραβόσιτος, κ.α.
	Τρίπολη	18.000		Μηλοειδή, πατάτες, κ.α.
	Θήβα	3.500		
	Τύρναβος	3.500		
	Άλλα	30.000		
Σύνολο	341.000 ή 8.150 Mm ³ χρησιμοποιούμενο νερό/gr ή 0,9%			

Πίνακας 2.6 Σημαντικότερα έργα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα

2.7. Προτάσεις

Στην Ελλάδα, όπως, και σε άλλες χώρες του κόσμου, έχει υιοθετηθεί η πρακτική της ανακύκλωσης εκροών υγρών αποβλήτων προοδευτικά, χωρίς την απαρχή θεσμοθέτηση

σχετικών κριτηρίων. Όμως, σήμερα, όπως προαναφέρεται, πολλές χώρες έχουν θεσπίσει εθνικές οδηγίες ή κανονισμούς προσαρμοσμένες στις τοπικές κοινωνικοοικονομικές και φυσικές συνθήκες ή έχουν εναρμονισθεί με αυτές διεθνών οργανισμών. Στη χώρα μας οι βασικές χρήσεις που ενδιαφέρουν είναι η άρδευση καλλιεργειών και χώρων πρασίνου (πρανών δρόμων, πάρκων κ.ά.) και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων για την προστασία τους κυρίως από την υφαλμύρωση. Για κάθε κατηγορία όμως, θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ποσοτικοποιητικά κριτήρια καθώς, επίσης και κάθε ιδιαίτερη θεώρηση σε περιπτώσεις που μια παραδοσιακή υδατική πηγή, αντικαθίσταται με ανακτώμενο νερό από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Όπως είναι φυσικό, ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται σε χρήσεις που συνεπάγονται αυξημένη επαφή με τον άνθρωπο. Έτσι, τα αναγκαία κριτήρια ποιότητας θα πρέπει να διαφοροποιούνται όχι μόνο μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης, αλλά ακόμη και στην ίδια κατηγορία ανάλογα στις επιμέρους χρήσεις (όπως είναι η άρδευση εδώδιμων και βιομηχανικών φυτικών ειδών).

Όπως είναι γνωστό τα τελευταία έτη προτείνονται, σχεδιάζονται και υλοποιούνται σε πολλές χώρες και με επιτυχία και ταχύτατους ρυθμούς όλο και περισσότερα έργα επαναχρησιμοποίησης εκροών αστικών υγρών αποβλήτων. Διεθνείς οργανισμοί, όπως η Διεθνής Τράπεζα, ο Οργανισμός Γεωργίας και Τροφίμων (FAO) του ΟΗΕ και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO), εκτιμούν ότι η μέση ετήσια αύξηση του όγκου επαναχρησιμοποίησης τέτοιων νερών στις ΗΠΑ, Κίνα, Ιαπωνία, Ισπανία, Ισραήλ και Αυστραλία κυμαίνεται από 25 έως 65%. Η Ευρώπη δυστυχώς σε τέτοια αντικείμενα παραμένει ουραγός. Καμιά σχετική οδηγία δεν θεωρεί τους μη συμβατικούς υδατικούς πόρους. Ευτυχώς που τα τελευταία έτη οι διευθυντές Νερού της Μάλτας, της Κύπρου και άλλων χώρων άρχισαν να εισηγούνται και να ζητούν επιτακτικά σε αρμόδια Ε.Ε.-συμβούλια να θεωρηθούν οι μη συμβατικοί υδατικοί πόροι, ως η βέλτιστη λύση αντιμετώπισης της ξηρασίας, τουλάχιστο σε αστικές και ημιαστικές περιοχές. Επίσης, αρκετές χώρες της Ε.Ε. , όπως η Ιταλία, η Γαλλία, η Ισπανία, η Κύπρος και η Πορτογαλία, έχουν πλέον θεσπίσει νομοθετικά πλαίσια χρήσης τέτοιων υδατικών πόρων.

Γι' αυτούς τους λόγους η πρόταση για θέσπιση ειδικών προδιαγραφών και στη χώρα μας θεωρείται πολύ χρήσιμη και απόλυτα αναγκαία. Σημειώνεται, ότι, ένα τέτοιο μέτρο αφορά κυρίως την Τοπική Αυτοδιοίκηση στο σύνολο της και ιδιαίτερα τις Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ). Με τη θέσπιση ενός τέτοιου θεσμικού πλαισίου, θα ενισχυθεί η προσπάθεια πολλών ΔΕΥΑ να προωθήσουν έργα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των εκροών των υγρών αποβλήτων και φυσικά αξιοποίησης τους με την άρδευση γεωργικών καλλιεργειών και ανάπτυξη αστικού και υπεραστικού πρασίνου. Τέτοια έργα θα συμβάλουν σημαντικά: στην εξοικονόμηση φυσικών υδατικών πόρων, στη συμβολή αντιμετώπισης της ξηρασίας και φυσικά στην ανάπτυξη αειφόρου εγχώριας τεχνολογίας.



Εικόνα 2.2. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στη Χαλκίδα.

Τέλος, η περιβαλλοντική κρίση και ιδιαίτερα η αυξημένη ζήτηση νερού υποχρεώνει τις σημερινές ανθρώπινες κοινωνίες να αλλάξουν πρότυπα διαβίωσης. Η επιβίωση ανθρώπων στη γη θα εξαρτηθεί από το πόσο γρήγορα και πόσο αποτελεσματικά θα προσαρμοσθούν στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες. Πρωταρχικό μέλημα θα πρέπει να είναι η κατάργηση των όρων «απόρριμμα» και «απόβλητο». Σήμερα, που όλοι οι φυσικοί πόροι φτάνουν στα όρια της ελλειμματικότητας τους, η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση φυσικών πόρων γίνεται απόλυτη προτεραιότητα. Ιδιαίτερα για τους υδατικούς πόρους αυτό αποτελεί αναγκαιότητα, που είναι να τεθούν έγκαιρα οι βάσεις για μια εναρμονισμένη και αποτελεσματική νομοθετική ρύθμιση της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίηση υδατικών (μη συμβατικών) πόρων σε πανευρωπαϊκό επίπεδο και φυσικά στην Ελλάδα. Είναι απορίας άξιον πως η διαμόρφωση μιας σημαντικής για το περιβάλλον διαδικασίας όπως είναι η ανάκτηση υγρών αποβλήτων, εξακολουθεί να μη ρυθμίζεται νομοθετικά τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και εθνικό επίπεδο. Την ίδια στιγμή, άλλες χώρες λαμβάνουν μέτρα και θεσμούς που ευαισθητοποιούν τους πολίτες για τη χρήση μη συμβατικών υδατικών πόρων και προσαρμόζουν ανάλογα τις υδατικές νομοθεσίες τους.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

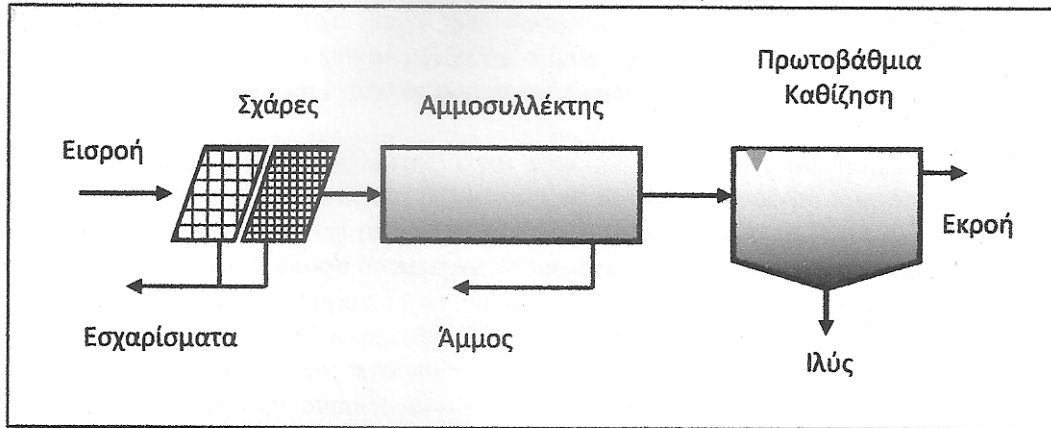
“ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ”

3.1. Επεξεργασία λυμάτων

Η επεξεργασία των λυμάτων για την αφαίρεση του ρυπαντικού φορτίου του νερού μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα στάδια επεξεργασίας. Όλα τα διαδοχικά στάδια επεξεργασίας (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή και τριτοβάθμια επεξεργασία) περιλαμβάνουν μετατροπή ή διαχωρισμό των αιωρούμενων στερεών από το υγρό ρεύμα και το σχηματισμό μιας υδαρούς ιλύος. Τις περισσότερες φορές η ιλύς αυτή έχει μια συγκέντρωση της τάξης μερικών γραμμαρίων ανά λίτρο και είναι αρκετά βιοδιασπώμενη. Όλη η ποσότητα των βιοστερεών που παράγεται πρέπει αρχικά να διατηρηθεί στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας για ξεχωριστή επεξεργασία και ύστερα να αποθεθεί ή να χρησιμοποιηθεί εξωτερικά των εγκαταστάσεων αυτών. Μέσω των συμβατικών μεθόδων επεξεργασίας των λυμάτων, σχεδόν όλο από το οργανικό και το ανόργανο ρυπαντικό φορτίο που εισέρχεται αρχικά με τα λύματα, καταλήγει στην ιλύ που αποτελούν τα βιοστερεά. Ένα μόνο σχετικά μικρό κλάσμα του άνθρακα της οργανικής ύλης των αρχικών λυμάτων, μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα μέσω της βιολογικής οξείδωσης κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Ένα επίσης μικρό κλάσμα υπολειμματικού αιωρούμενου και διαλυμένου οργανικού άνθρακα εξέρχεται με τη τελική απορροή. Τα βασικά στάδια επεξεργασίας των λυμάτων έχουν σχεδιαστεί για την αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών αλλά και του βιολογικού απαιτούμενου οξυγόνου (BOD). Ωστόσο, για την αποφυγή του φαινομένου του ευτροφισμού σε υδάτινους αποδέκτες χρειάζεται πρόσθετη (τρίτου βαθμού) επεξεργασία σε πολλές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, για την απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου. Αυτή η τριτοβάθμια επεξεργασία αυξάνει λίγο την ποσότητα των συνολικών παραγόμενων βιοστερεών.

3.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Η πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία περιλαμβάνει τον εσχαρισμό, την αμμοσυλλογή, την λιποσυλλογή και την πρωτοβάθμια καθίζηση. Σ' αυτό το τμήμα της εγκατάστασης απομακρύνονται από τα λύματα όλες οι ανόργανες φερτές ύλες και από τις οργανικές ουσίες αυτές που καθιζάνουν και αυτές που επιπλέουν. Υπολογίζεται ότι κατά το στάδιο του μηχανικού καθαρισμού επιτυγχάνεται μείωση του οργανικού φορτίου (BOD₅) κατά 25–40 % και των αιωρούμενων σωματιδίων κατά 40–70 %.

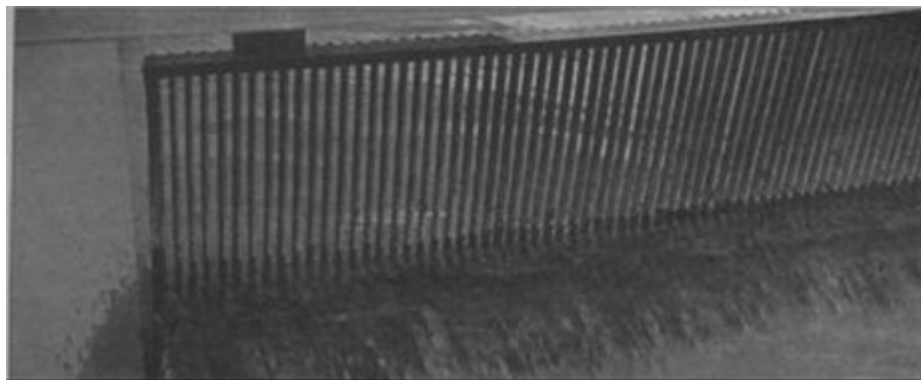


Σχήμα 3.1. Μηχανική επεξεργασία υγρών αποβλήτων

3.2.1. Εσχάρωση

Με την είσοδό τους στην εγκατάσταση επεξεργασίας τα λύματα διέρχονται από σχάρες όπου συγκρατούνται τα ευμεγέθη στερεά όπως τεμάχια ξύλου, πανιά, γυαλιά, πλαστικά, φλοιοί φρούτων και λαχανικών κλπ. τα οποία είναι δυνατόν να προκαλέσουν εμφράξεις στις σωληνώσεις και τις αντλίες της εγκατάστασης παρεμποδίζοντας την επεξεργασία των λυμάτων. Τα εσχαρίσματα συμπιέζονται ελαφρά, αφυδατώνονται και οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων. Οι σχάρες είναι διατάξεις οι οποίες κατασκευάζονται συνήθως από κεκλιμένες ράβδους από ανοξείδωτο χάλυβα ορθογώνιας διατομής με στρογγυλεμένες ακμές. Η απόσταση των ράβδων ποικίλει από μερικά χιλιοστά έως μερικά εκατοστά (0,2 - 25 mm). Υπάρχουν σχάρες απλές που καθαρίζονται με τα χέρια και σχάρες μηχανικές που καθαρίζονται με αυτόματα ξέστρα. Οι διατάξεις που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι μηχανικά αυτοκαθαριζόμενες σχάρες.

Οι αποδόσεις των διατάξεων αυτών εξαρτώνται από το άνοιγμα των σχαρών και την κατά μέγεθος κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων των αποβλήτων. Η απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών είναι της τάξης 5 – 10 % και η απομάκρυνση οργανικού φορτίου ως BOD₅ είναι της τάξης 0 – 10 %. Μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται με πιο λεπτές σχάρες.



Εικόνα 3.1. Κάθετες σχάρες

3.2.2. Εξάμμωση

Η άμμος που υπάρχει στα λύματα πρέπει να απομακρυνθεί μόλις τα λύματα εισέλθουν γιατί δημιουργεί προβλήματα στην λειτουργία της μονάδας. Κατακάθεται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης και φθείρει τον μηχανολογικό εξοπλισμό των δεξαμενών (αναδευτήρες, σαρωτές, αντλίες κλπ.). Επίσης αυξάνει τον απαιτούμενο όγκο των δεξαμενών επεξεργασίας ιλύος. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την εξάμμωση ονομάζονται αμμοσυλλέκτες και η λειτουργία τους βασίζεται είτε στην επίδραση της βαρύτητας είτε στην επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης. Η διάταξη της εξάμμωσης (αμμοσυλλέκτης) είναι στην πραγματικότητα μια δεξαμενή καθίζησης στην οποία 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 τη οπισθέλκουσα δύναμη με αποτέλεσμα την καθίζηση των στερεών. Ο στόχος είναι ο διαχωρισμός των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων αδρανών υψηλής πυκνότητας, με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. Η ταυτόχρονη καθίζηση και μικρής ποσότητας οργανικών ουσιών αντιμετωπίζεται με διατάξεις πλύσης της άμμου οι οποίες τοποθετούνται στους αμμοσυλλέκτες. Οι κόκκοι της άμμου καθιζάνουν με ταχύτητες που εξαρτώνται από τις διαστάσεις και το ειδικό τους βάρος. Στους αμμοσυλλέκτες τα λύματα δεν είναι στάσιμα αλλά βρίσκονται σε συνεχή ροή. Συνεπώς και η ροή (στρωτή ή τυρβώδης) παίζει σημαντικό ρόλο καθώς επίσης και η θερμοκρασία των λυμάτων. Με στρωτή ροή η καθίζηση της άμμου γίνεται ομαλά, με την ίδια ταχύτητα όπως και στα στάσιμα νερά. Όταν όμως η ροή δεν είναι στρωτή η καθίζηση της άμμου επιβραδύνεται και δημιουργούνται προβλήματα στον αμμοσυλλέκτη.



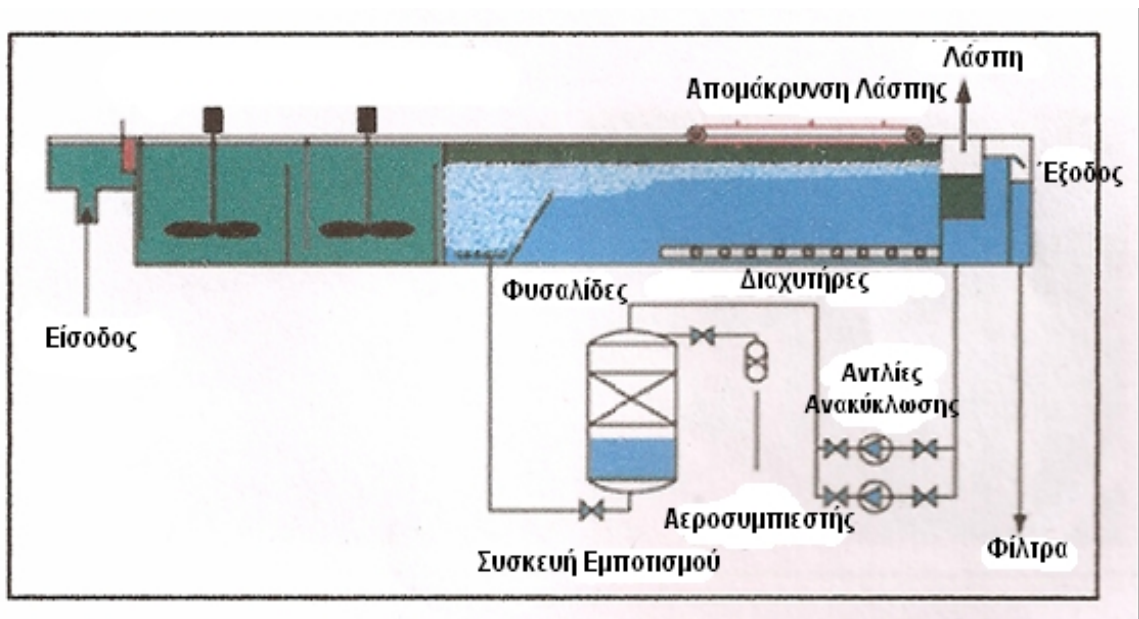
Εικόνα 3.2. Οριζόντιος αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης – λιποσυλλέκτης εγκαταστάσεως Μήλου

Οι αμμοσυλλέκτες είναι απολύτως απαραίτητοι σε παντοροϊκά συστήματα αποχέτευσης, επειδή σε περιπτώσεις μεγάλης βροχής συμπαρασύρονται μεγάλες ποσότητες άμμου, οι

οποίες λόγω μεγάλου στροβιλισμού παραμένουν σε αιώρηση. Οι κυριότεροι τύποι αμμοσυλλεκτών είναι οι οριζόντιοι, οι κατακόρυφοι, οι κυκλικοί, οι αεριζόμενοι κ.ά. Η απομάκρυνση της άμμου γίνεται με το χέρι σε μικρές εγκαταστάσεις και με αντλίες ή ξέστρα που αναρτώνται σε κινούμενες γέφυρες σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Η άμμος αφυδατώνεται σε κλίνες ξήρανσης, ή σε ειδικές δεξαμενές με καθίζηση, όπου αφαιρείται το υπερκείμενο νερό με σιφωνισμό ή υπερχειλίση, ή σε ειδικές διατάξεις μηχανικών διαχωριστών.

3.2.3. Λιποσυλλογή

Η διεργασία αυτή στοχεύει στην απομάκρυνση των ελαίων και λιπών, τα οποία επίσης προκαλούν προβλήματα στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων. Η λιποσυλλογή μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν ή και ταυτόχρονα με την αμμοσυλλογή. Συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος της επίπλευσης επειδή τα λίπη έχουν την ικανότητα να επιπλέουν στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων, απ' όπου απομακρύνονται συνήθως με ξέστρα επιφανείας και με αναρρόφηση. Η επίπλευση των ελαίων και των λιπών με τη βοήθεια του αέρα (Dissolved Air Flotation, DAF) εφαρμόζεται συνήθως σε υγρά απόβλητα με μεγάλη περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες και εκμεταλλεύεται το φαινόμενο μείωσης της φαινόμενης πυκνότητας των συσσωματωμάτων που δημιουργούν τα αιωρούμενα σε υγρή μορφή λίπη με εμφύσηση λεπτών φυσαλίδων αέρα στην υγρή μάζα των αποβλήτων. Τα συσσωματώματα ακολουθούν ανοδική πορεία και ανέρχονται στην επιφάνεια δημιουργώντας επίπαγο, ο οποίος απομακρύνεται με τη ροή ή με μηχανικές διατάξεις σάρωσης. Η απαιτούμενη παροχή αέρα συνήθως εξασφαλίζεται με εκτόνωση υπέρκορου σε αέρα νερού που παράγεται συμπιέζοντας σε πιεστικό θάλαμο νερό ή απόβλητα και ατμοσφαιρικό αέρα σε πίεση 4 - 5 atm. Το υπέρκορο σε αέρα νερό ή απόβλητο διοχετεύεται, μέσω βαλβίδας εκτόνωσης, σε διαχυτήρες, τοποθετημένους στον πυθμένα της δεξαμενής επίπλευσης πλησίον της εισόδου των υγρών, απελευθερώνοντας πολύ λεπτές φυσαλίδες αέρα που ανέρχονται προς την επιφάνεια.



Σχήμα 3.2. Δεξαμενή τύπου DAF (Dissolved Air Flotation)

3.2.4. Καθίζηση

Η καθίζηση είναι μια φυσική διεργασία διαχωρισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, το ειδικό βάρος των οποίων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού. Για σωματίδια με μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 100 μm και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50 mg/l, η καθίζηση είναι η κατ' εξοχήν εφαρμοζόμενη μέθοδος διαχωρισμού.

Υλικό	Μέγεθος (μm)	Χρόνος καθίζησης (1m)
Χαλαζίας	10.000	1 δευτερόλεπτο
	1.000	10 δευτερόλεπτα
	100	125 δευτερόλεπτα
Ίλύς	10	108 λεπτά
Βακτήρια	1	180 ώρες
Κολλοειδή σωματίδια	0.1	755 ημέρες

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά καθίζησης ορισμένων σωματιδίων

Τα σωματίδια καθιζάνουν με βαρύτητα και η ταχύτητα καθίζησης σε ηρεμία εξαρτάται από το μέγεθος, το ειδικό βάρος, την πυκνότητα και το σχήμα των σωματιδίων καθώς και την κινηματική συνεκτικότητα του ρευστού, η οποία είναι συνάρτηση και της θερμοκρασίας. Η ταχύτητα καθίζησης καθορίζει και την επιφάνεια που απαιτείται για το διαχωρισμό μιας δεδομένης παροχής ενός υδατικού διαλύματος. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση, δηλαδή την απόδοση των δεξαμενών, πέραν της μεταβολής της πυκνότητας του νερού (συγκέντρωση αλάτων, κολλοειδή, θερμοκρασία), είναι οι διατάξεις ηρεμίας κατά την εισροή του νερού, οι άνεμοι (ιδιαίτερα σε ανοικτές δεξαμενές) και οι μηχανισμοί απομάκρυνσης της ίλύος. Η ευρεία χρήση της καθίζησης οφείλεται στην απλότητα της μεθόδου και στη μικρή κατανάλωση ενέργειας, παρά τις περιπλοκές που παρουσιάζουν πολλές φορές διάφορες δεξαμενές καθίζησης. Με τη καθίζηση επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός από τα λύματα των ουσιών που καθιζάνουν και αυτών που επιπλέουν. Απομακρύνονται δηλαδή οι αιωρούμενες ουσίες, οι οποίες δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 5 - 50 mg/l ανάλογα με την φύση του αποδέκτη στον οποίο καταλήγουν τα κατεργασμένα λύματα. Η πρωτοβάθμια καθίζηση γίνεται σε ορθογώνιες, κυκλικές και χωνοειδείς δεξαμενές όπου τα στερεά καθιζάνουν σε συνθήκες ηρεμίας κάτω από την επίδραση της βαρύτητας. Ο χρόνος παραμονής κυμαίνεται από 1,5 - 2,0 ώρες, με βάση τη μέση παροχή των λυμάτων. Η απόδοση της πρωτοβάθμιας καθίζησης στη μείωση του οργανικού φορτίου (BOD₅) και των αιωρούμενων στερεών είναι σημαντική (25 - 40 % και 50 - 70 % αντίστοιχα).



Εικόνα 3.3. Κυκλική και ορθογώνια δεξαμενή καθίζησης

Ο βαθμός απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης καθορίζεται από τη μέθοδο επεξεργασίας που θα εφαρμοστεί περαιτέρω. Όταν εφαρμόζεται μόνο μηχανική επεξεργασία, η καθίζηση θέτει αυστηρά όρια και έτσι στην εκροή από τις δεξαμενές, δεν επιτρέπεται μεγαλύτερη περιεκτικότητα από $0.3 \text{ cm}^3/\text{lt}$ σε καθιζάνουσα ύλη. Στην περίπτωση της βιολογικής επεξεργασίας με τη μέθοδο της αιωρούμενης βιομάζας οι απαιτήσεις στο βαθμό απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι σχετικά μικρές. Πολλές φορές αρκεί μόνο η απομάκρυνση των πλέον μεγάλων σωματιδίων. Αντίθετα οι απαιτήσεις στην εκροή από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης οι οποίες τοποθετούνται μετά τη χημική και βιολογική επεξεργασία για να συγκρατήσουν τους χημικούς και βιολογικούς θρόμβους είναι πολύ αυστηρές.

Η ιλύς που προκύπτει από τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (συνήθως $45 \text{ gr} / \text{κατ. ημ.}$) περιέχει κυρίως ανόργανες ουσίες, δηλαδή πολλά αδρανή υλικά όπως άμμο, γυαλιά, χώμα κλπ. Πρόκειται για ιλύ η οποία αφυδατώνεται σχετικά εύκολα. Η περιεκτικότητά της σε στερεά είναι συνήθως $2,5 - 3,0 \%$. Με δεδομένο ότι τα λύματα στο στάδιο του μηχανικού καθαρισμού δεν έχουν ακόμα υποστεί βιολογική επεξεργασία, η ιλύς της πρωτοβάθμιας καθίζησης περιέχει και μεγάλο ποσοστό οργανικών ουσιών.

3.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια και αποσκοπεί στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών, 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. Διακρίνεται ανάλογα με τους μικροοργανισμούς οι οποίοι παίζουν το σπουδαιότερο ρόλο και είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών 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 του υποστρώματος (της τροφής) 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. [1]

3.3.1. Αερόβια συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η απομάκρυνση και η σταθεροποίηση της διαλυμένης και της σωματιδιακής οργανικής ύλης που βρίσκεται στα υγρά απόβλητα επιτυγχάνεται βιολογικά με τη χρήση αερόβιων μικροοργανισμών, κυρίως βακτηρίων. Οι μικροοργανισμοί λαμβάνουν ενέργεια καταναλώνοντας στοιχειακό οξυγόνο (O_2) και οξειδώνουν το οργανικό υλικό των αποβλήτων (την τροφή τους) σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), νερό (H_2O) και επιπρόσθετη βιομάζα (νέα κύτταρα). Η αμμωνία (NH_3) και τα φωσφορικά (PO_{3-4}) χρησιμοποιούνται στο σχήμα για να αναπαραστήσουν τα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε απλά τελικά προϊόντα. Ο όρος νέα κυτταρική μάζα χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη βιομάζα που παράγεται ως αποτέλεσμα της οξείδωσης της οργανικής ύλης των υγρών αποβλήτων.



Σχήμα 3.3. Βιολογική επεξεργασία λυμάτων

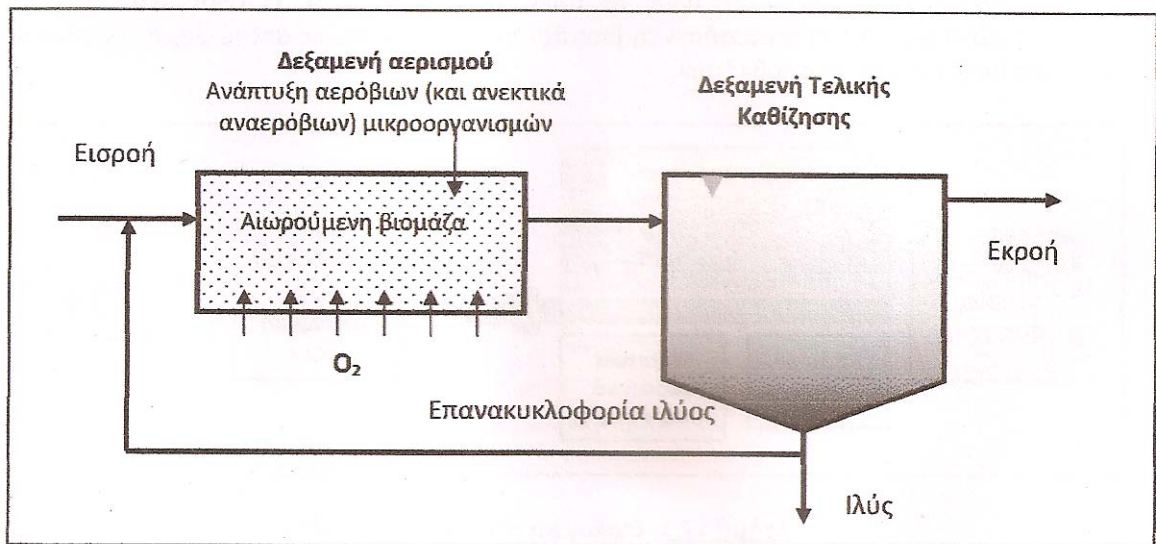
Η αμμωνία (NH_3) που υπάρχει στα απόβλητα οξειδώνεται από ειδικά βακτήρια σε νιτρώδη (NO_2) και νιτρικά (NO_3) άλατα σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται νιτροποίηση και τα νιτρικά άλατα μετατρέπονται από άλλα ειδικά βακτήρια σε αέριο άζωτο (N_2) σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται απονιτροποίηση. Έτσι απομακρύνεται το άζωτο από τα απόβλητα. Για την απομάκρυνση του φωσφόρου, οι βιολογικές διεργασίες διαμορφώνονται έτσι ώστε να προάγουν την ανάπτυξη βακτηρίων με την ικανότητα να απορροφούν και να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά ανόργανου φωσφόρου.

Η μέθοδος της αερόβιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων βασίζεται στην ανάμιξη και τον αερισμό των αποβλήτων υπό συνθήκες που επιτρέπουν την επικράτηση κατάλληλων αερόβιων μικροοργανισμών, σε βιοαντιδραστήρες, όπου τα διαλυτά και κolloειδή ρυπαντικά φορτία (εκπεφρασμένα ως οργανικό φορτίο μετρούμενο με το BOD_5 , ολικό άζωτο, ολικός

φώσφορος κλπ.) μετατρέπονται σε προϊόντα αποσύνθεσης (CO_2 , N_2) και προϊόντα σύνθεσης (νέα κυτταρική μάζα), τα οποία μπορούν εύκολα να διαχωριστούν και να απομακρυνθούν από την υγρή φάση. Η βιομάζα που παράγεται έχει σχετική πυκνότητα ελαφρώς μεγαλύτερη απ' αυτή του νερού και μπορεί να απομακρυνθεί από τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα με καθίζηση με βαρύτητα στις δεξαμενές τελικής καθίζησης. Εάν δεν απομακρυνθεί δεν επιτυγχάνεται ολοκληρωμένη επεξεργασία γιατί η βιομάζα είναι εκ φύσεως οργανικό υλικό και θα προσμετρηθεί ως BOD στην εκροή. Οι βιοαντιδραστήρες σχεδιάζονται κατάλληλα, ώστε να παρέχουν ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών (θερμοκρασία, pH, συγκέντρωση οξυγόνου, αλκαλικότητα, ανάδευση, κ.α.) και διαστασιολογούνται από την ένταση και το είδος των διεργασιών (αερόβιοι, αναερόβιοι) ενώ οι δεξαμενές καθίζησης είναι κοινές σε όλες τις περιπτώσεις.

3.3.2. Η μέθοδος της αιωρούμενης βιομάζας (ενεργού ιλύος)

Στα αερόβια συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κυριαρχεί η μέθοδος της «ενεργού ιλύος». Η ενεργός ιλύς αποτελείται από μια συσσωμάτωση ζωντανών και νεκρών μικροοργανισμών που δεν έχουν ακόμα αποσυντεθεί, οργανικών αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν έχουν απομακρυνθεί στο στάδιο της προεπεξεργασίας των αποβλήτων, οργανικών ουσιών κολλοειδούς υφής, ενδιάμεσων προϊόντων βιολογικής αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων και αδρανών στερεών που δεν επιδέχονται αποσύνθεση. Η μέθοδος της ενεργού ιλύος εφαρμόζεται σε έναν αριθμό παραλλαγών που παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, είναι όμως κατά περίπτωση επιλέξιμες για την ικανοποίηση των ιδιαιτεροτήτων κάθε εφαρμογής. Η διαδικασία συνίσταται από δύο βασικές διεργασίες, τον αερισμό και την καθίζηση (σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4. Αερόβια βιολογική επεξεργασία (αιωρούμενη βιομάζα)

Στη δεξαμενή αερισμού (βιοαντιδραστήρα) παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος για την ανάμιξη και τον αερισμό των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων με το μικροβιακό εναιώρημα, το οποίο γενικά αναφέρεται ως αιωρούμενα στερεά ανάμικτου υγρού (Mixed Liquor Suspended Solids MLSS) και πτητικά στερεά ανάμικτου υγρού (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids

MLVSS) που είναι ουσιαστικά το οργανικό περιεχόμενο των MLSS. Ο βιοαντιδραστήρας προσφέρει το κατάλληλο περιβάλλον όπου η αιωρούμενη βιολογικά ενεργός μάζα, αυξάνεται συνεχώς. Τα κροκιδωμένα σωματίδια ή βιολογικοί θρόμβοι κυμαίνονται σε μέγεθος από 50 έως 200 μm . Οι μικροοργανισμοί προσροφούν διαλυμένες οργανικές ενώσεις, τις οξειδώνουν και τις απομακρύνουν από το ρεύμα των αποβλήτων. Στη δεξαμενή καθίζησης η οποία ακολουθεί, η αιωρούμενη βιολογική μάζα, δηλαδή οι οργανικές ενώσεις που δεν οξειδώθηκαν προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό, αλλά μετατράπηκαν σε βακτηριακή μάζα καθιζάνει και απομακρύνεται από το σύστημα. Ένα μέρος όμως αυτής της βακτηριακής μάζας επιστρέφει από τη δεξαμενή καθίζησης στη δεξαμενή αερισμού (επανακυκλοφορία). Ο σκοπός της επανακυκλοφορίας είναι να διατηρηθεί επαρκής συγκέντρωση ενεργού ιλύος στη δεξαμενή αερισμού έτσι ώστε να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας στο χρονικό διάστημα που είναι επιθυμητό. Με αυτόν δηλαδή τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλή συγκέντρωση μικροοργανισμών ικανή για την προσρόφηση και αποικοδόμηση του εισερχόμενου οργανικού φορτίου. Η επανακυκλοφορία της βιομάζας είναι σημαντικότερη λειτουργική παράμετρος ελέγχου που ρυθμίζει τη λειτουργία της διεργασίας. Η ελεγχόμενη δηλαδή αυξομείωση της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στον βιοαντιδραστήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτευχθεί απόκριση σε μεταβαλλόμενες συνθήκες εισόδου. Σημειώνεται τέλος, ότι η ορθή λειτουργία της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης παίζει σπουδαίο ρόλο στην βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Οι συνθήκες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν κατά κύριο λόγο την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος είναι η θερμοκρασία και το pH. Η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στην ταχύτητα βιοαποικοδόμησης των οργανικών ουσιών. Συνεπώς η παράμετρος αυτή συνδέεται με τον χρόνο παραμονής των αποβλήτων στη δεξαμενή αερισμού, αυτός όμως καθορίζει και το μέγεθος αυτής της δεξαμενής. Ακόμα, για τη σωστή λειτουργία του βιολογικού συστήματος απαιτείται η ύπαρξη θρεπτικών συστατικών σε σωστές αναλογίες. Εκτός από άνθρακα, άζωτο και φώσφορο απαιτούνται και διάφορα άλλα ιχνοστοιχεία. Όταν η απαιτούμενη αναλογία C/N/P δεν υπάρχει στα απόβλητα ή η συγκέντρωση ενός στοιχείου είναι μικρότερη από την απαιτούμενη, πρέπει να προστεθεί το στοιχείο που λείπει. Η ύπαρξη διαφόρων χημικών με τοξική επίδραση στους μικροοργανισμούς επηρεάζει αρνητικά την αύξηση των μικροοργανισμών και υπό ορισμένες συνθήκες την αποκλείει τελείως προκαλώντας παρεμποδίσεις. Η θεωρητική απαίτηση σε οξυγόνο υπολογίζεται κυρίως με βάση το BOD₅ των ανθρακούχων και των αζωτούχων ενώσεων των αποβλήτων. Επειδή όμως ένα μέρος του οργανικού φορτίου των αποβλήτων μετατρέπεται σε βιομάζα η οποία απομακρύνεται καθημερινά από το σύστημα, η θεωρητική απαίτηση σε οξυγόνο είναι μικρότερη κατά την ποσότητα του οξυγόνου που θα απαιτείτο για την οξείδωση αυτής της βιομάζας. Στη πράξη όμως και με στόχο την ομαλή λειτουργία και τον υψηλό βαθμό απόδοσης του συστήματος, απαιτούνται πάντα πολύ μεγαλύτερες ποσότητες οξυγόνου από τις θεωρητικές τιμές. Γενικά η απόδοση του συστήματος όσον αφορά την αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου ως BOD ανέρχεται ως και 95 %.

Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών της ενεργού ιλύος, εξαρτάται από το χρόνο που επιτρέπει το σύστημα να παραμένουν οι μικροοργανισμοί σε αυτό. Μικροί χρόνοι παραμονής επιβάλλουν την επικράτηση βακτηρίων, ενώ μεγάλοι χρόνοι παραμονής επιβάλλουν την επικράτηση πρωτόζωων. Η επικράτηση των βακτηρίων έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη βιοαποικοδόμηση του οργανικού φορτίου εξαιτίας του μικρού χρόνου διπλασιασμού των πληθυσμών (20-30 min), όμως εξαιτίας του ταχύτερου ρυθμού θανάτου των βακτηρίων, εύκολα δημιουργείται δευτερογενές οργανικό φορτίο από την αποσύνθεση των νεκρών κυττάρων και η απόδοση της επεξεργασίας εμφανίζεται σημαντικά μειωμένη. Αντίθετα, με επικράτηση των πρωτόζωων, οι πληθυσμοί τόσο των ζωντανών όσο και των νεκρών βακτηρίων ελέγχονται από τα πρωτόζωα γιατί τα πρωτόζωα τρέφονται με βακτήρια, με αποτέλεσμα τα επεξεργασμένα απόβλητα να μην περιλαμβάνουν δευτερογενές οργανικό

φορτίο και η επεξεργασία να εμφανίζει υψηλές αποδόσεις καθαρισμού. Συνεπώς, τα ταχύρρυθμα συστήματα απαιτούν μικρούς βιοαντιδραστήρες και μικρή μεταφορά οξυγόνου στην υγρή φάση, αλλά το ποσοστό βιοαποικοδόμησης του οργανικού φορτίου είναι χαμηλό (50 - 80 %), ενώ στα αργόρρυθμα συστήματα επιτυγχάνονται υψηλά ποσοστά καθαρισμού (> 90 %), αλλά απαιτούνται μεγάλοι βιοαντιδραστήρες και υψηλή παροχή οξυγόνου. Ένα ενδιάμεσο σύστημα, όπου δεν επικρατούν ούτε πρωτόζωα ούτε βακτήρια, αποτελεί το συμβατικό σύστημα. Επίσης τονίζεται ότι όσο πιο αργό είναι το σύστημα, δηλαδή μεγάλος χρόνος παραμονής μικροοργανισμών, τόσο πιο σταθεροποιημένη είναι η παραγόμενη βιομάζα, λόγω της ολοένα αυξανόμενης απαίτησης οξυγόνου για την ενδογενή αναπνοή.

Τα ταχύρρυθμα συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων λειτουργούν με συνήθη χρόνο παραμονής των μικροοργανισμών στο βιοαντιδραστήρα μικρότερο από 12 ώρες. Μεγάλες ποσότητες οξυγόνου καταναλώνονται από τους μικροοργανισμούς για αντιδράσεις σύνθεσης με αποτέλεσμα τη μεγάλη παραγωγή ιλύος. Εξαιτίας του χαμηλού χρόνου παραμονής των μικροοργανισμών, σχεδόν όλοι οι μικροοργανισμοί είναι βακτήρια και το φαινόμενο της ενδογενούς αναπνοής είναι σχεδόν ανύπαρκτο. Η παραγωγή δευτερογενούς BOD είναι αρκετά μεγάλη και η επεξεργασμένη εκροή, αν και διαυγής, παρουσιάζει υψηλό BOD λόγω υψηλού δείκτη όγκου ιλύος. Τα αιωρούμενα στερεά υπερχειλίζουν και απομακρύνονται από το σύστημα μαζί με την εκροή. Ο μεγάλος όγκος ιλύος συνεπάγεται μεγάλη παροχή επανακυκλοφορίας από τη δεξαμενή καθίζησης προς την δεξαμενή αερισμού, έτσι ώστε η συγκέντρωση των μικροοργανισμών να είναι υψηλή για να επιτυγχάνονται μεγάλες αποδόσεις. Ωστόσο με τον τρόπο αυτό αυξάνεται υπερβολικά και η απαίτηση για μεγάλη επιφάνεια στη δεξαμενή καθίζησης εξουδετερώνοντας τα θετικά οικονομικά οφέλη της ταχύρρυθμης λειτουργίας. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται ως το πρώτο στάδιο βιολογικού καθαρισμού για απόβλητα με υψηλό BOD και μεγάλη υδραυλική παροχή ώστε να μην είναι αναγκαία η χρήση δεξαμενής καθίζησης. Εξαιτίας όμως του μικρού υδραυλικού χρόνου παραμονής και των μικρών βιοαντιδραστήρων οξείδωσης, δεν μπορεί να επιτευχθεί υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου στα υγρά απόβλητα. Έτσι το σύστημα αυτό δεν επιτυγχάνει καλές συνθήκες νιτροποίησης αλλά μόνο συνθήκες απονιτροποίησης. Τα συστήματα ταχύρρυθμου αερισμού αποτελούν συνδυασμό μεγάλου υδραυλικού και οργανικού φορτίου και υψηλής συγκέντρωσης αιωρούμενων στερεών στο μικτό υγρό (MLSS). Απαιτούν έντονη ανάμιξη στον αντιδραστήρα για τη μεταφορά του οξυγόνου και τον έλεγχο του μεγέθους των βιολογικών θρόμβων. Στα συστήματα αυτά παράγονται μεγάλες ποσότητες ιλύος ανά μονάδα αποδομούμενου οργανικού φορτίου και καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια. Τα ταχύρρυθμα συστήματα απαιτούν μικρούς βιοαντιδραστήρες και μικρή σχετικά μεταφορά οξυγόνου στα υγρά απόβλητα, αλλά το ποσοστό βιοαποικοδόμησης του οργανικού φορτίου BOD είναι της τάξης του 50 – 80 %. Τα συστήματα αυτά ενδείκνυται συνήθως ως το πρώτο στάδιο για βιολογική επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων με υψηλό BOD και μικρή υδραυλική παροχή.

Τα συστήματα παρατεταμένου αερισμού στηρίζονται στην συνεχή προσφορά οξυγόνου, χωρίς ανάλογη προσφορά τροφής οδηγώντας την ιλύ στο στάδιο της ενδογενούς αναπνοής (αυτοκατανάλωσης) με αποτέλεσμα τη δημιουργία ελάχιστης ή καθόλου περίσσειας ιλύος. Τα συστήματα απαιτούν περισσότερο αερισμό, άρα μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Ο χρόνος παραμονής στη δεξαμενή αερισμού (βιοαντιδραστήρα) είναι ≤ 24 h. Χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτών των συστημάτων που βασίζονται στον πρωτοζωϊκό έλεγχο των βακτηρίων, είναι η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας και η μικρή παραγωγή ιλύος. Γενικότερα τα συστήματα παρατεταμένου αερισμού επιτυγχάνουν υψηλά ποσοστά βιοαποικοδόμησης του περιεχόμενου οργανικού φορτίου BOD απαιτώντας μεγάλους βιοαντιδραστήρες και υψηλή παροχή οξυγόνου. Σημειώνεται ότι όσο πιο αργό είναι το σύστημα (μεγάλη ηλικία ιλύος) τόσο πιο σταθεροποιημένη είναι η παραγόμενη βιομάζα λόγω της ολοένα αυξανόμενης απαίτησης για ενδογενή αναπνοή. Στο σύστημα αυτό οι χρόνοι παραμονής των αποβλήτων

στους βιοαντιδραστήρες κυμαίνονται από 18 – 36 ώρες, ενώ η ηλικία της ιλύος κυμαίνεται από 20 – 30 ημέρες. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονται υψηλού βαθμού αποδόσεις βιοαποικοδόμησης του οργανικού φορτίου BOD μέχρι και 97 %. Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού επιτυγχάνει επίσης πλήρη νιτροποίηση των αμμωνιακών, ενώ ταυτόχρονα παράγει τη λιγότερη και την πιο σταθεροποιημένη ιλύ. Η απαίτηση μεγάλων όγκων βιοαντιδραστήρων και κατά συνέπεια το πάγιο κόστος των εγκαταστάσεων είναι υψηλό. Απαιτείται επίσης μεγαλύτερη προσφορά οξυγόνου, γιατί το οικοσύστημά του (μικροοργανισμοί) επιβιώνει κυρίως από την οξείδωση της ενδογενούς βιομάζας (δευτερογενές BOD). Εξαιτίας της μεγάλης βιολογικής οξείδωσης της ενδογενούς βιομάζας, καθώς επίσης και της χαμηλής αναλογίας τροφής / μικροοργανισμών (F/M), η στοιβάδα πολυσακχαριτών γύρω από τους μικροοργανισμούς είναι από ελάχιστη έως ανύπαρκτη, με αποτέλεσμα την αδυναμία της ενεργού ιλύος να ενσωματώσει τα αιωρούμενα αδρανή στερεά, μέρος των οποίων παρασύρονται και υπερχειλίζουν με τα επεξεργασμένα απόβλητα. Η τεχνολογία παρατεταμένου αερισμού έχει τον χαμηλότερο συντελεστή παραγωγής ιλύος από τις αερόβιες επεξεργασίες, ενώ ο χαμηλότερος συντελεστής παραγωγής ιλύος από όλες τις βιολογικές επεξεργασίες απαντάται στην αναερόβια επεξεργασία.

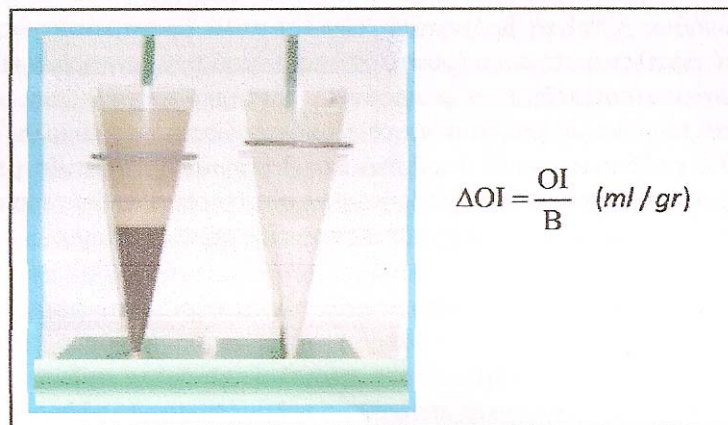
Όταν τα απόβλητα περιέχουν υψηλό οργανικό φορτίο BOD καθώς επίσης και υψηλή συγκέντρωση οργανικού αζώτου, ενδείκνυται η χρήση βιολογικών συστημάτων οξείδωσης δύο σταδίων, ενός ταχύρυθμου ακολουθούμενου από ένα σύστημα παρατεταμένου αερισμού. Στο σύνθετο αυτό σύστημα μπορεί να συνδυαστεί τόσο η υψηλή απόδοση μείωσης του οργανικού φορτίου και του οργανικού αζώτου όσο και η χαμηλή παραγωγή βιολογικής ιλύος και μάλιστα σταθεροποιημένης. Τα συστήματα δύο σταδίων ενδείκνυται όταν τα απόβλητα περιέχουν υψηλό βιολογικό φορτίο καθώς επίσης και τοξικές ενώσεις που παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των οικοσυστημάτων βιολογικής επεξεργασίας. Συνήθως η τοξική δράση εκδηλώνεται πολύ δραστηρότερα στα πρωτόζωα παρά στα βακτήρια και αυτό οφείλεται στο ότι ο χρόνος διπλασιασμού των βακτηρίων είναι πολύ μικρότερος από ότι στα πρωτόζωα με αποτέλεσμα να μπορούν τα βακτήρια να επιβιώσουν ευκολότερα στο τοξικό περιβάλλον και ταυτόχρονα να μπορούν να το εξουδετερώσουν πιο εύκολα. Στα συστήματα των δύο σταδίων, το πρώτο στάδιο το οποίο βασίζεται στη βακτηριακή ανάπτυξη μπορεί να εξουδετερώσει πλήρως ή μερικώς την τοξικότητα των αποβλήτων με αποτέλεσμα το δεύτερο στάδιο να είναι πολύ πιο αποτελεσματικό από την περίπτωση χρησιμοποίησης ενός μόνο σταδίου.

3.3.3. Παράμετροι διαστασιολόγησης αερόβιων βιοαντιδραστήρων αιωρούμενης βιομάζας

Οι βασικές παράμετροι που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς για τη διαστασιολόγηση και τη σωστή λειτουργία ενός συστήματος βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος είναι:

- η συγκέντρωση της βιομάζας στον αντιδραστήρα (Kg/m^3),
- ο δείκτης όγκου ιλύος (ml/gr),
- η ηλικία της ιλύος (ημέρες),
- το ημερήσιο οργανικό φορτίο που εισέρχεται στον αντιδραστήρα ($\text{Kg BOD}_5/\eta\mu$),
- η χωρική επιβάρυνση του αντιδραστήρα με οργανικό φορτίο ($\text{Kg BOD}_5/\text{m}^3 \text{ δεξ } \eta\mu$),
- η φόρτιση της βιομάζας με οργανικό φορτίο ($\text{Kg BOD}_5/\text{Kg } \eta\mu$)
- η διάρκεια αερισμού,
- η κατανάλωση οξυγόνου,
- το ποσοστό επανακυκλοφορίας ιλύος.

Η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος κυμαίνεται συνήθως από 2,0 – 5,0 Kg/m³ και αποτελεί ίσως την πιο σπουδαία παράμετρο για τη σωστή λειτουργία του συστήματος. Για υψηλό βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων και γρήγορη αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου απαιτείται υψηλή συγκέντρωση βιομάζας. Εάν η συγκέντρωσή της είναι χαμηλή απαιτείται μεγαλύτερος όγκος δεξαμενής ενεργού ιλύος για το ίδιο αποτέλεσμα. Αύξηση της συγκέντρωσης της βιομάζας επιτυγχάνεται με την επανακυκλοφορία της ιλύος από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης προς τη δεξαμενή ενεργού ιλύος. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης τόσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος. Τέλος όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα επανακυκλοφορίας τόσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος. Σημειώνεται βέβαια ότι οι υψηλοί ρυθμοί επανακυκλοφορίας επιβαρύνουν υδραυλικά τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης. Όπως προαναφέρθηκε τα λύματα αποτελούνται από μίγμα διαφορετικών οργανικών ουσιών. Στη σύστασή τους περιλαμβάνονται ανθρακούχες οργανικές ενώσεις (υδατάνθρακες, λίπη, κλπ.), αζωτούχες (ουρία, πρωτεΐνες, αμινοξέα, κλπ.) καθώς και θειούχες (θειόλες, θειοπρωτεΐνες κλπ.). Κάθε μια από τις ενώσεις αυτές έχει διαφορετική ταχύτητα αποικοδόμησης. Η ποσότητα της βιομάζας η οποία παράγεται από κάθε γραμμάριο οργανικών ουσιών το οποίο αποικοδομείται, μετρούμενη ως BOD₅, ονομάζεται πλεονάζουσα βιομάζα. Όταν η τιμή της οργανικής φόρτισης είναι υψηλή προκύπτει μεγάλη παραγωγή βιομάζας γιατί πρώτα αποικοδομούνται οι εύκολα αποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες (δηλαδή οι ανθρακούχες ενώσεις). Τότε προκύπτει και μεγάλη παραγωγή ιλύος. Εάν ελαττωθεί η τιμή της οργανικής φόρτισης μειώνεται και η ταχύτητα αποικοδόμησης. Η ποιότητα του περιβάλλοντος των βακτηρίων χειροτερεύει με αποτέλεσμα την καταστροφή τους με αυξανόμενους ρυθμούς. Στη θέση τους αναπτύσσονται άλλοι μικροοργανισμοί κυρίως πρωτόζωα, οι οποίοι τρέφονται από τα βακτήρια. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η ελάττωση της παραγόμενης ποσότητας ιλύος λόγω αδρανοποίησής της. Ο Δείκτης Όγκου Ιλύος (ΔΟΙ) ή Sludge Volume Index (SVI) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της καταλληλότητας των διαστάσεων των βιολογικών θρόμβων και εκφράζει τον όγκο που καταλαμβάνει ένα γραμμάριο ξηράς ουσίας ενεργού ιλύος σε ενυδατωμένη κατάσταση μετά από καθίζηση 30 λεπτών στον κώνο του Imhoff.



Εικόνα 3.4. Καθίζηση στερεών στο κώνο του Imhoff

Η τιμή του δείκτη υπολογίζεται διαιρώντας τον όγκο της ιλύος (ml/l) που προκύπτει μετά από καθίζηση 30 λεπτών στον κώνο του Imhoff προς τη βιομάζα (mg/l) στη μονάδα στη μονάδα όγκου ιλύος μετά από ξήρανση στους 105 °C. Δείκτης Όγκου Ιλύος 100 ml/gr σημαίνει βιολογική ιλύ με περιεκτικότητα 99% νερό και 1% ξηρά ουσία. Η ξηρά ουσία

προκύπτει μετά από ξήρανση της ιλύος στους 105 °C. Για κανονικές συνθήκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας ιλύος οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται μεταξύ 80 και 120 ml/gr.

Η ηλικία ιλύος (H_{ιλ}) δίνει προσεγγιστικά το χρόνο για τον οποίο η βιομάζα, δηλαδή οι ενεργοί μικροοργανισμοί, παραμένει στη δεξαμενή αερισμού. Όσο μεγαλύτερος είναι ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων τόσο αυξάνεται και η ηλικία της ιλύος που απαιτείται. Εάν για παράδειγμα δεν πρόκειται να γίνει νιτροποίηση η απαιτούμενη ηλικία της ιλύος είναι 5 ημέρες, εάν πρόκειται να γίνει νιτροποίηση και απονιτροποίηση ο χρόνος είναι τριπλάσιος (15 ημέρες). Σημειώνεται τέλος ότι όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία του περιεχομένου της δεξαμενής τόσο μεγαλύτερη είναι η απαιτούμενη ηλικία της ιλύος. Αυτό συμβαίνει γιατί σε χαμηλές θερμοκρασίες οι διεργασίες παραγωγής της βιομάζας εξελίσσονται με βραδύτερους ρυθμούς. Ως ηλικία ιλύος (H_{ιλ}) ορίζεται ο λόγος της συνολικής ποσότητας ενεργού βιομάζας της δεξαμενής αερισμού (B_{σν}) προς την ημερήσια παραγωγή βιομάζας στην δεξαμενή (B_{ημ.πα}). Δηλαδή

$$H_{ιλ} = \frac{B_{σν}}{B_{ημ}} \left(\frac{kg}{kg / ημ} = ημ \right) \quad (3.1.)$$

Οι τιμές B_{σν} και B_{ημ} δίνονται σε Kg ξηράς ουσίας. Γενικά όταν αναφέρεται παρακάτω ποσότητα βιομάζας εννοείται το βάρος της σε ξηρή κατάσταση. Επίσης $\mu_{μμεσ} \times B_{σν} = B_{ημ}$. Όπου $\mu_{μμεσ}$ η μέση τιμή του συντελεστή αύξησης της βιομάζας κατά την διάρκεια μιας ημέρας. Συνεπώς

$$\mu_{μμεσ} = \frac{B_{ημ.πα}}{B_{σν}} = \frac{1}{H_{ιλ}} (\etaμ^{-1}) \quad (3.2.)$$

Οργανική φόρτιση (ΦB) ονομάζεται ο λόγος των οργανικών ουσιών που διοχετεύονται σε έναν βιοαντιδραστήρα (δεξαμενή ενεργού ιλύος) προς την ενεργό βιομάζα που αυτός περιέχει. Το μέγεθος αυτό οδηγεί στον υπολογισμό της ημερήσιας παραγωγής βιομάζας.

Όταν ο λόγος δίνεται σαν ποσότητα (σε Kg) οργανικών ουσιών μετρούμενων ως BOD₅ που διοχετεύεται στη δεξαμενή ανά Kg βιομάζας και ημέρα, δηλαδή σε Kg / Kg d, χρησιμοποιείται ο συμβολισμός ΦB. Όταν ο λόγος δίνεται σαν ποσότητα (σε Kg) οργανικών ουσιών μετρούμενων ως BOD₅ που διοχετεύεται στην μονάδα όγκου των δεξαμενών, δηλαδή σε Kg / m³ d, χρησιμοποιείται ο συμβολισμός Φ. Η παράμετρος της οργανικής φόρτισης των δεξαμενών ουσιαστικά καθορίζει την λειτουργία των δεξαμενών αερισμού και έχει άμεση επίπτωση στην απόδοση των εγκαταστάσεων και επηρεάζει σχεδόν όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους λειτουργίας των δεξαμενών καθώς και τη βιολογική σύνθεση της ενεργού ιλύος δηλαδή τα είδη που την αποτελούν και τις συγκεντρώσεις ενός εκάστου εξ αυτών στην σύνθεσή της. Σημειώνεται επίσης ότι η μείωση της τιμής της οργανικής φόρτισης συνεπάγεται αύξηση της ηλικίας της ιλύος.

Οι εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος των οποίων η οργανική φόρτιση ΦB είναι μεγαλύτερη από 0,6 Kg/Kg d χαρακτηρίζεται σαν "υψηλής φόρτισης", ενώ στην αντίθετη περίπτωση σαν "χαμηλής φόρτισης".

Η επίδραση της οργανικής φόρτισης στο δείκτη όγκου ιλύος δεν είναι επιστημονικά θεμελιωμένη. Η εμπειρία όμως έδειξε ότι για τιμές ΦB=0.3 - 2,0 Kg/Kg d επιτυγχάνονται τιμές δείκτη 80 - 120 ml/gr οι οποίες θεωρούνται ικανοποιητικές. Για τιμές ΦB>2.0 Kg/Kg d παρατηρείται ανάπτυξη κλωστοειδών βακτηρίων στις δεξαμενές αερισμού, τα οποία δεν καθίζουν στις δεξαμενές καθίζησης αλλά αντίθετα επιπλέουν. Επίσης για τιμές ΦB<0.3 Kg/Kg d οι βιολογικοί θρόμβοι διαλύονται σε πολλούς μικρών διαστάσεων οι οποίοι έχουν μικρές ταχύτητες καθίζησης. Το αποτέλεσμα είναι η ελάττωση της απόδοσης των δεξαμενών καθίζησης και συνεπώς η χειροτέρευση της ποιότητας των εκρεόντων λυμάτων.

Το ποσοστό επανακυκλοφορίας της ιλύος εξαρτάται από την παροχή των εισρεόντων στην εγκατάσταση λυμάτων και τη βιομάζα της ιλύος επανακυκλοφορίας. Όσον αφορά τη διάρκεια αερισμού των λυμάτων σε μια εγκατάσταση ενεργού ιλύος υπενθυμίζεται πάλι ότι τα λύματα αποτελούνται από μίγμα διαφορετικών οργανικών ουσιών και ότι κάθε μια από τις ενώσεις αυτές έχει διαφορετική ταχύτητα αποικοδόμησης. Μικρότερος για παράδειγμα χρόνος απαιτείται για τη βιολογική οξείδωση ενός μονοσακχαρίτη και πολύ μεγαλύτερος για την οξείδωση ενός λιπαρού οξέος ή μιας πρωτεΐνης. Στην πράξη κατά την λειτουργία των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας η αποικοδόμηση των λυμάτων γίνεται στην αρχή ταχύτερα και μετά βραδύτερα γιατί μερικές ουσίες προσροφώνται από τους βιολογικούς θρόμβους και κατ' αυτόν τον τρόπο διαχωρίζονται από τα λύματα ενώ δεν έχουν ακόμη αποικοδομηθεί. Είναι επίσης προφανές ότι και η ποσότητα της βιομάζας επιδρά στην ταχύτητα αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών των λυμάτων.

Η κατανάλωση οξυγόνου (O_2) είναι συνάρτηση της ποσότητας των οργανικών ουσιών των λυμάτων οι οποίες οξειδώνονται στις δεξαμενές αερισμού. Όσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή της βιομάζας τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται για την αποικοδόμηση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων γιατί μικρό μόνο μέρος αυτών των ουσιών οξειδώνεται σε ανόργανες ουσίες, ενώ το μεγαλύτερο μετατρέπεται σε οργανικές ουσίες άλλης μορφής (βιομάζα). Η κατανάλωση οξυγόνου στη μονάδα όγκου των δεξαμενών ανά ημέρα ($Kg/m^3 d$) εξαρτάται από την κατανάλωση οξυγόνου για την αδρανοποίηση των οργανικών ουσιών, από την κατανάλωση οξυγόνου για την ενδογενή αναπνοή της βιομάζας και από την ξηρή βιομάζα στην μονάδα όγκου των δεξαμενών αερισμού (Kg /m^3). Σε γενικές γραμμές το απαιτούμενο οξυγόνο κυμαίνεται από 1,5 - 2,5 $Kg O_2/Kg BOD_5$, ανάλογα με τις απαιτήσεις επεξεργασίας.

Η ποσότητα του οξυγόνου που πρέπει να διαλυθεί στα λύματα εξαρτάται από πολλές παραμέτρους όπως από το συντελεστή διάλυσης οξυγόνου στο μίγμα λύματα-ενεργός ιλύς, από το οξυγόνο που είναι δυνατόν να διαλυθεί στο καθαρό νερό, από την τιμή κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού και από τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού. Εξαρτάται επίσης από το εάν θα πραγματοποιηθεί οξείδωση μόνο των ανθρακούχων οργανικών ενώσεων ή από το εάν θα πραγματοποιηθεί νιτροποίηση – απονιτροποίηση.

Οι θεωρητικές τιμές της ποσότητας του οξυγόνου που πρέπει να διαλυθεί στα λύματα για την αερόβια επεξεργασία τους απέχουν από τις πραγματικές τιμές. Η διάλυση του οξυγόνου στα λύματα είναι δυσκολότερη και επομένως η ποσότητα του οξυγόνου που πρέπει να διοχετευθεί στις δεξαμενές αερισμού είναι πάντα μεγαλύτερη από τις θεωρητικές τιμές. Οι τιμές του συντελεστή διάλυσης οξυγόνου ελαττώνονται όταν αυξάνεται το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων και επηρεάζονται από τον τρόπο και την ένταση της ανάδευσης των λυμάτων.

Η πρόσδοση οξυγόνου στις δεξαμενές ενεργού ιλύος επιτυγχάνεται με:

- επιφανειακούς περιστρεφόμενους αεριστήρες σταθερού άξονα,
- επιφανειακούς περιστρεφόμενους πλωτούς αεριστήρες,
- διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας (σε όλη την επιφάνεια ή με πλατιά δέσμη),
- κυλινδρικούς αεριστήρες τύπου βούρτσας (Mammutrotor),
- πρόσδοση καθαρού οξυγόνου.

Το μέγεθος των φυσαλίδων που δημιουργούνται κατά τον αερισμό των λυμάτων ποικίλει από μικρής ($d < 1.5 \text{ mm}$), μέσης ($1.5 < d < 18 \text{ mm}$) και μεγάλης διαμέτρου ($d > 120 \text{ mm}$). Η εκλογή εξαρτάται από την ποιότητα των λυμάτων, το μέγεθος των εγκαταστάσεων και τις δυνατότητες συντήρησης της εγκατάστασης.



Εικόνα 3.5. Αερισμός λυμάτων με επιφανειακούς αεριστήρες (Πλωτός – με ρότορα σε γέφυρα)

Γενικά ισχύει ότι όσο μικρότερες είναι οι φυσαλίδες που δημιουργούνται και όσο μεγαλύτερο το βάθος τοποθέτησης των αεριστήρων τόσο καλύτερη είναι η εκμετάλλευση του οξυγόνου των φυσαλίδων και επομένως τόσο μικρότερη ποσότητα αέρος πρέπει να διοχετευθεί στις δεξαμενές. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος τοποθέτησης των αεριστήρων τόσο περισσότερη ποσότητα οξυγόνου διαχέεται στα λύματα αλλά αυτό σημαίνει αυξημένη κατανάλωση ενέργειας από τις αεραντλίες λόγω αυξημένης συμπίεσης του αέρα. Για τη σμίκρυνση της διαμέτρου των φυσαλίδων χρησιμοποιούνται ειδικοί αεριστήρες (διαχυτήρες) από κεραμικά ή πλαστικά αφρώδη υλικά. Το μειονέκτημά τους είναι το υψηλό κόστος συντήρησης και αντικατάστασης τους σε τακτά χρονικά διαστήματα γιατί βουλώνουν σχετικά εύκολα. Στις δεξαμενές με αεριστήρες κοντά στον πυθμένα χρησιμοποιούνται φυσαλίδες μικρής ή μέσης διαμέτρου ενώ στις δεξαμενές με αεριστήρες στην επιφάνεια φυσαλίδες με μέση ή μεγάλη διάμετρο.



Εικόνα 3.6. Σύστημα αερισμού λυμάτων με διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας στο πυθμένα

Το σχήμα των δεξαμενών αερισμού εξαρτάται από τους αεριστήρες οι οποίοι επιλέγονται. Οι βασικοί τύποι αεριστήρων είναι οι επιφανειακοί αεριστήρες και οι αεριστήρες εμφύσησης

φυσαλίδων αέρα. Συνεχώς όμως αναπτύσσονται νέα συστήματα αερισμού τα οποία ορισμένες φορές παρουσιάζουν πλεονεκτήματα σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους αερισμού.



Εικόνα 3.7. Σύστημα αερισμού με κυλινδρικούς αεριστήρες τύπου βούρτσας (mamutrotor)

Οι αεριστήρες εμφύσησης φυσαλίδων αέρα τοποθετούνται σε καθορισμένο βάθος και θέση εντός των δεξαμενών η διατομή των οποίων είναι ορθογώνια. Ο ατμοσφαιρικός αέρας συμπιέζεται με αεραντλίες και μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων στο τέλος των οποίων βρίσκονται οι αεριστήρες, διοχετεύεται στις δεξαμενές υπό μορφή φυσαλίδων. Οι φυσαλίδες αέρος ανέρχονται προς την επιφάνεια των δεξαμενών και αναδεύουν τα λύματα. Ταυτόχρονα γίνεται ο εμπλουτισμός των λυμάτων με το οξυγόνο που περιέχεται στις φυσαλίδες. Έχουν αναπτυχθεί τρεις διαφορετικοί τύποι δεξαμενών οι οποίοι διαφέρουν ως προς την θέση τοποθέτησης των αεριστήρων. Υπάρχουν δηλαδή δεξαμενές με αυλακωτούς πυθμένες, δεξαμενές με αεριστήρες κοντά στον πυθμένα και δεξαμενές με αεριστήρες κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια.

Οι δεξαμενές με τους αυλακωτούς πυθμένες είναι ορθογώνιες. Οι αεριστήρες είναι διάτρητοι σωλήνες (διαχυτήρες) οι οποίοι τοποθετούνται μέσα στους αύλακες και σε ύψος 30 cm πάνω από το κάτω άκρο τους. Οι δεξαμενές με αεριστήρες κοντά στον πυθμένα είναι επίσης ορθογώνιες. Οι αεριστήρες τοποθετούνται στην μια πλευρά και σε όλο το μήκος της. Τα λύματα συμπαρασύρονται από τις φυσαλίδες του αέρα και τίθενται σε κυκλική κίνηση στην εγκάρσια διεύθυνση. Με αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται η καθίζηση των βιολογικών θρόμβων στον πυθμένα των δεξαμενών. Για τον περιορισμό των δαπανών κατασκευής των δεξαμενών είναι δυνατόν να αυξηθεί το πλάτος τους και να τοποθετηθούν οι αεριστήρες και από τις δύο κατά μήκος πλευρές τους. Η τοποθέτηση και μιας τρίτης σειράς αεριστήρων κατά μήκος του άξονα των δεξαμενών οδηγεί σε δεξαμενές με ακόμη μεγαλύτερο πλάτος και συνεπώς σε φθηνότερες λύσεις. Το βάθος των δεξαμενών επιλέγεται μεταξύ 2,5 και 5,0 μέτρα. Όσον αφορά τις δεξαμενές αερισμού με αεριστήρες κοντά στην επιφάνεια, αυτοί τοποθετούνται 80 cm κάτω από την επιφάνεια των λυμάτων. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται αεραντλίες χαμηλής πίεσης με σαφή οικονομικά πλεονεκτήματα. Παρ' όλα αυτά το μικρό βάθος τοποθέτησης των αεριστήρων έχει σαν αποτέλεσμα την κακή εκμετάλλευση του οξυγόνου των φυσαλίδων και απαιτείται πολλαπλάσια παροχή αέρα από αυτήν που διοχετεύεται στις δεξαμενές με αεριστήρες τοποθετημένους κοντά στον πυθμένα.

Ο συντελεστής απόδοσης μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος συνδέεται με την παράμετρο της οργανικής φόρτισης των δεξαμενών και πιο συγκεκριμένα με το οργανικό φορτίο εκροής και το οργανικό φορτίο εισροής.

Η σχέση αυτών των μεγεθών είναι η εξής:

$$\eta = \left(1 - \frac{\phi_{εκ}}{\phi_{ει}} \right) \times 100 (\%) \quad (3.3.)$$



Σχήμα 3.5. Δεξαμενές αερισμού

3.3.4. Η μέθοδος της προσκολλημένης βιομάζας

Στις διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας, οι μικροοργανισμοί οι οποίοι οξειδώνουν την οργανική ύλη των υγρών αποβλήτων είναι προσκολλημένοι σε ένα αδρανές υλικό. Η οργανική ύλη και τα θρεπτικά άλατα απομακρύνονται από τα υγρά απόβλητα καθώς αυτά ρέουν πάνω στην προσκολλημένη βιομάζα, η οποία είναι επίσης γνωστή ως βιολογική στιβάδα ή βιολογικός υμένας.

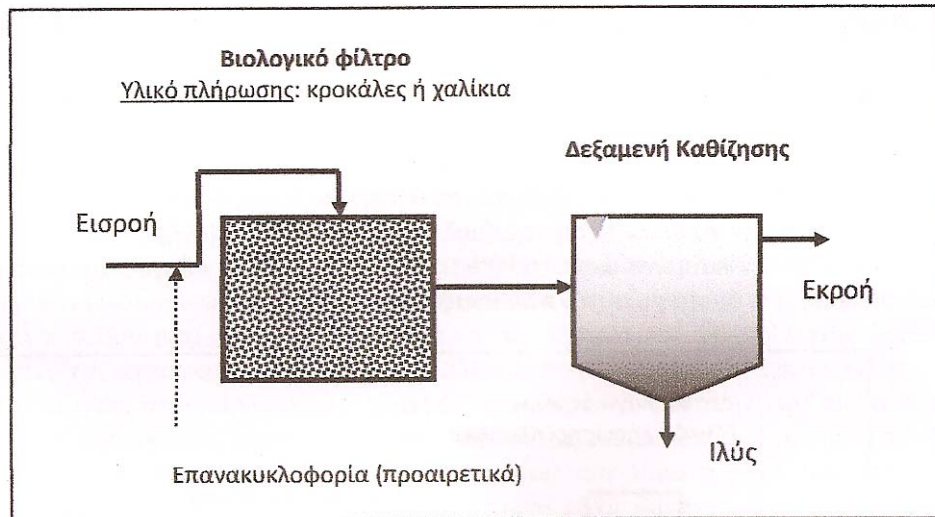


Σχήμα 3.6. Αερόβια βιολογική επεξεργασία (προσκολλημένη βιομάζα)

Τα υλικά πλήρωσης που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου είδους επεξεργασία περιλαμβάνουν κροκάλες, χαλίκια, σκωρίες, άμμο, ξύλα, πλαστικά και διαφόρων ειδών συνθετικά υλικά. Οι διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ως αερόβιες ή αναερόβιες διεργασίες. Το υλικό πλήρωσης μπορεί να είναι τελείως εμβαπτισμένο στο υγρό ή να μην είναι εμβαπτισμένο, με κενό χώρο αέρα ή αερίου πάνω από το υγρό στρώμα της βιολογικής στιβάδας (υμένα).

Τα βιολογικά φίλτρα ή χαλικοδιωλιστήρια αποτελούν βιοαντιδραστήρες στα τοιχώματα των οποίων αναπτύσσεται με το χρόνο βιολογική μάζα η οποία περιβάλλει όλες τις ελεύθερες

επιφάνειες και χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Είναι κατάλληλα διαμορφωμένες δεξαμενές μέσα στις οποίες τοποθετούνται τα χαλίκια. Οι βιολογικοί υμένες αναπτύσσονται πάνω στις στερεές επιφάνειες των υλικών πλήρωσης (χαλίκια). Τα κενά μεταξύ των χαλικιών πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα προκειμένου να μην φράσσονται εύκολα από τη βιομάζα που αναπτύσσεται στις επιφάνειές τους. Συνεπώς η διάμετρος των χαλικιών δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ μεγάλη γιατί έτσι ελαττώνεται η επιφάνεια των στερεών, αλλά ούτε και πολύ μικρή γιατί έτσι ελαττώνεται ο όγκος των κενών χώρων.



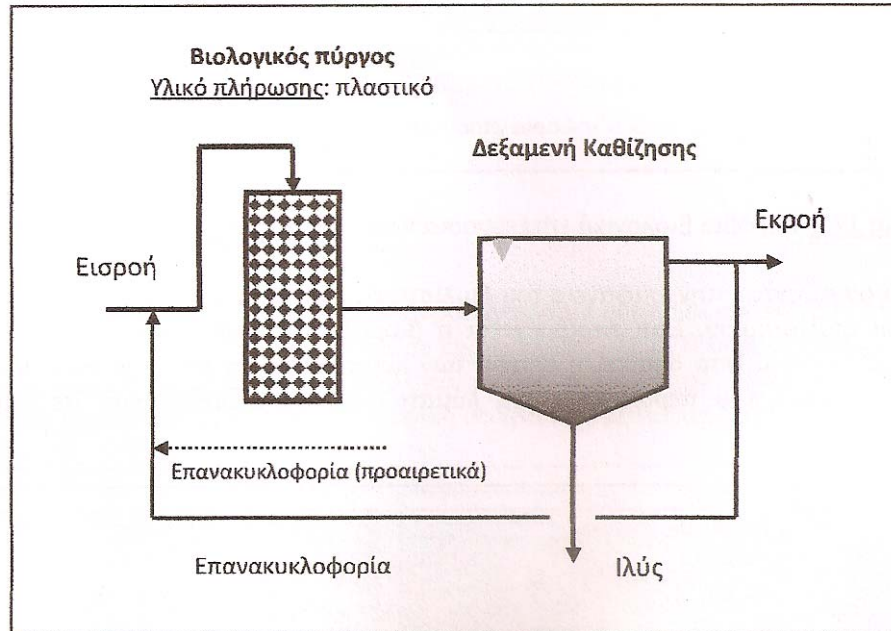
Σχήμα 3.7. Αερόβια βιολογική επεξεργασία προσκολλημένης βιομάζας (Χαλικοδυλιστήριο)

Τα λύματα ραντίζονται στην επιφάνεια του δυλιστηρίου και ρέουν προς τα κάτω δια μέσου των κενών χώρων του δυλιστηρίου. Έτσι περιβρέχεται η βιομάζα που έχει αναπτυχθεί στις επιφάνειες των χαλικιών με λύματα. Όσο διαρκεί η επαφή των λυμάτων με τη βιομάζα, γίνεται προσρόφηση των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα λύματα είτε σε αιώρηση είτε σε διάλυση, από τους βιολογικούς υμένες.

Τα βακτήρια που σχηματίζουν τους βιολογικούς υμένες αποικοδομούν τις οργανικές ουσίες των λυμάτων. Αποτέλεσμα της διεργασίας είναι η παραγωγή βιομάζας και καταλοίπων της βιοαποικοδόμησης, δηλαδή ανόργανες ουσίες. Οι ανόργανες αυτές ουσίες αποβάλλονται από τα κύτταρα των μικροοργανισμών με τις εκκρίσεις. Η παραγωγή βιομάζας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του πάχους των βιολογικών υμένων και κατά συνέπεια την ελάττωση των κενών χώρων του δυλιστηρίου. Ένα τμήμα της βιομάζας χρησιμοποιείται σαν τροφή από τους μικροοργανισμούς που διαβιώνουν στο εσωτερικό των δυλιστηρίων.

Το απαιτούμενο οξυγόνο για την οξείδωση των οργανικών ουσιών λαμβάνεται από τον αέρα. Με κατάλληλη διαμόρφωση του πυθμένα του δυλιστηρίου, δηλαδή πολλές οπές για την εκροή των λυμάτων και την κυκλοφορία του αέρα, εξασφαλίζεται καλός αερισμός του εσωτερικού του δυλιστηρίου. Με την αύξηση του πάχους των βιολογικών υμένων περιορίζεται ο όγκος των κενών χώρων του δυλιστηρίου και το οξυγόνο που εισέρχεται στο εσωτερικό του δεν αρκεί για να φθάσει στα εσωτερικά στρώματα των βιολογικών υμένων. Έτσι η αποικοδόμηση από αερόβια μετατρέπεται σε αναερόβια. Με την πάροδο του χρόνου η αδρανποιημένη βιομάζα χάνει την ικανότητα πρόσφυσής της στις στερεές επιφάνειες, αποκολλάται από αυτές και συμπαρασύρεται προς την έξοδο του δυλιστηρίου. Η αύξηση της βιομάζας στο εσωτερικό του δυλιστηρίου έχει σαν αποτέλεσμα και τη μείωση του ελεύθερου χώρου μεταξύ των χαλικιών. Συνέπεια αυτού είναι ο κίνδυνος απόφραξης του χαλικοδυλιστηρίου.

Τα πιο σύγχρονα βιολογικά φίλτρα κυμαίνονται σε ύψος από 5 έως 10 m και είναι γεμάτα με πλαστικό υλικό πλήρωσης για την προσκόλληση της βιολογικής στοιβάδας. Το πλαστικό υλικό πλήρωσης είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε το 90 – 95 % του όγκου του πύργου να αποτελείται από κενό χώρο. Η διεργασία είναι όμοια με αυτήν που αναφέρεται παραπάνω.



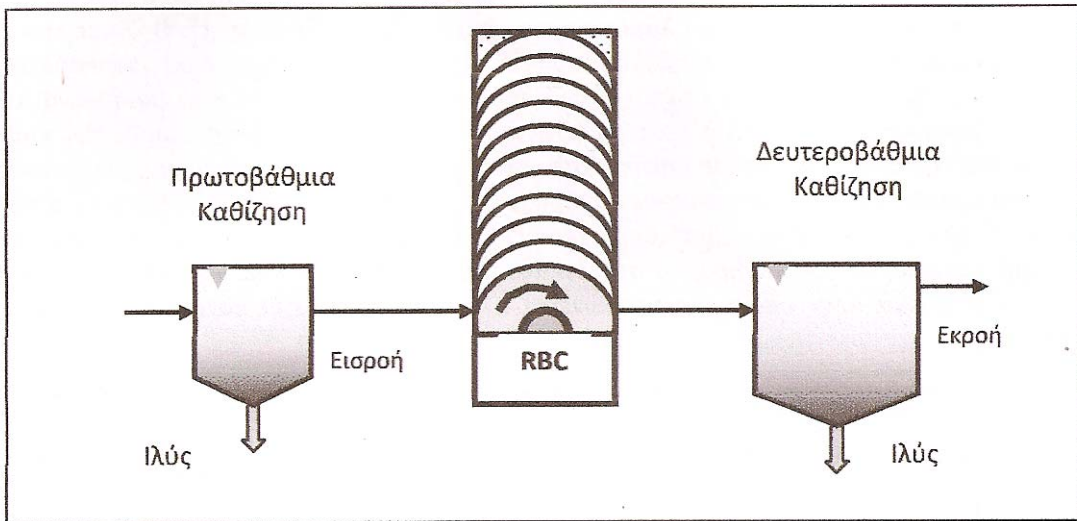
Σχήμα 3.8. Αερόβια βιολογική επεξεργασία προσκολλημένη βιομάζας (Βιολογικός πύργος)

Οι περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι (Rotating Biological Contactors RBC) ή δισκοδυλιστήρια λειτουργούν επίσης με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας και αποτελούνται από μια ημικυλινδρική σκάφη κατά μήκος της οποίας υπάρχει ένας περιστρεφόμενος άξονας στον οποίο είναι στερεωμένοι κυκλικοί δίσκοι σε κατάλληλη μεταξύ τους απόσταση. Οι δίσκοι είναι ημιβυθισμένοι στη σκάφη εντός της οποίας εισέρχονται τα λύματα. Οι βιολογικοί υμένες αναπτύσσονται πάνω στις επιφάνειες των δίσκων. Όταν τα βακτήρια είναι βυθισμένα στα λύματα προσροφούν τις διαλυμένες σε αυτά οργανικές ουσίες και τις χρησιμοποιούν σαν τροφή. Στη συνέχεια 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 - βιολογικού υμένα. Στη συνέχεια εκρέουν μαζί με τα λύματα από το δυλιστήριο και φθάνουν στις δεξαμενές τελικής καθίζησης όπου και κατακρατούνται. Τα δισκοδυλιστήρια κατασκευάζονται συνήθως σαν δεξαμενές οι οποίες αποτελούνται από περισσότερες σκάφες στη σειρά. Η σύσταση των μικροοργανισμών που αποτελούν τους βιολογικούς υμένες διαφέρει από σκάφη σε σκάφη. Επίσης από σκάφη σε σκάφη διαφέρει και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα λύματα. Έτσι ενώ στην πρώτη σκάφη έχουμε συγκέντρωση οξυγόνου 1,5 mg/lt στην τέταρτη είναι δυνατόν αυτή να είναι 6,0 mg/lt.

Το βασικό πλεονέκτημα των δισκοδυλιστηρίων είναι οι χαμηλές δαπάνες λειτουργίας τους οι οποίες ουσιαστικά περιορίζονται στις δαπάνες για την κίνηση του άξονα των δίσκων. Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια στις εγκαταστάσεις αυτού του τύπου είναι το 20 – 30 % της αντίστοιχης των εγκαταστάσεων ενεργού ιλύος. Επίσης οι δαπάνες συντήρησής τους

είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες των χαλικοδυλιστηρίων και των εγκαταστάσεων ενεργού ιλύος.

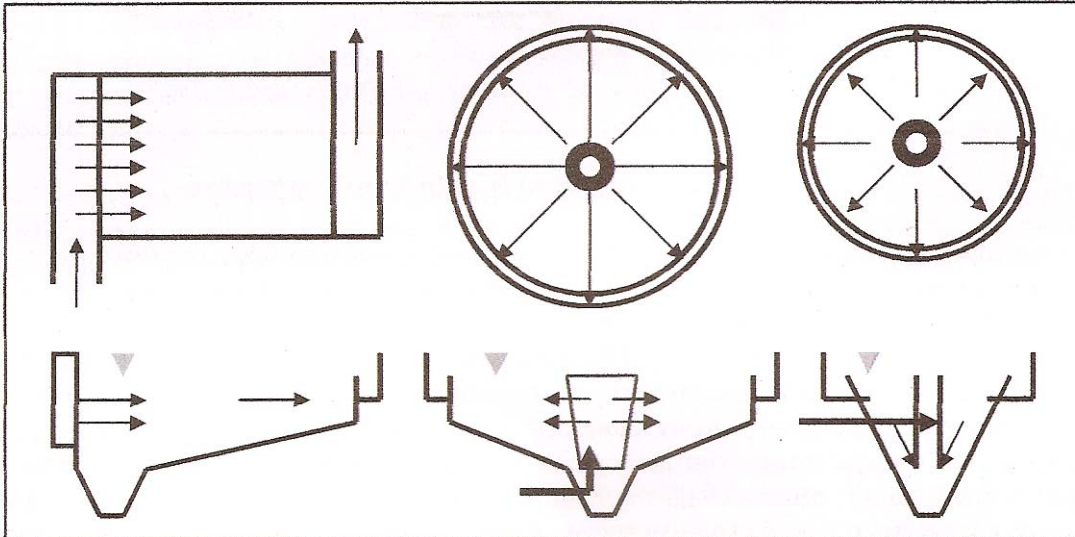


Σχήμα 3.9. Σχηματική διάταξη δισκοδυλιστηρίου

3.3.5. Δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης

Οι δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης ορθογωνικές, κυκλικές, χωνοειδείς, αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα όλων των συστημάτων αερόβιας επεξεργασίας. Το συνολικό βάθος των δεξαμενών τελικής καθίζησης δεν πρέπει να είναι μικρότερο από τα 2,5 m και μετρείται σε απόσταση $2/3 L$ από το σημείο εισόδου των λυμάτων στις δεξαμενές (L =μήκος ροής). Ο όγκος των δεξαμενών κατανέμεται σε τέσσερις επιμέρους ζώνες οι οποίες εξυπηρετούν τέσσερις διαφορετικούς σκοπούς. Στο πάνω μέρος της δεξαμενής βρίσκεται η ζώνη καθαρού νερού, το βάθος της οποίας είναι τουλάχιστον 0,5 m. Η ζώνη καθίζησης είναι η δεύτερη ζώνη στην οποία γίνεται ο διαχωρισμός των καθιζανουσών ουσιών και της οποίας το βάθος πρέπει κατά κανόνα να είναι 1,0 m αλλά στην περίπτωση εγκαταστάσεων που δέχονται λύματα παντοροϊκών δικτύων μπορεί να περιορισθεί σε 0,5 m. Ακολουθεί ο αποθηκευτικός χώρος για τη συγκράτηση της βιομάζας η οποία φεύγει από τις δεξαμενές αερισμού λόγω αύξησης της παροχής κατά τις περιόδους βροχών στις εγκαταστάσεις παντοροϊκών δικτύων. Τέλος η ζώνη πάνω από τον πυθμένα στην οποία συγκεντρώνεται η ιλύς η οποία έχει κατακαθίσει ονομάζεται ζώνη πάχυνσης.

Ο τρόπος εισόδου και εξόδου των λυμάτων στις δεξαμενές καθίζησης είναι πολύ σημαντική υπόθεση. Η ομοιόμορφη, ομαλή και ήρεμη ροή ιδίως κατά την είσοδο με ειδικές διατάξεις ηρεμίας, με τις οποίες επιδιώκεται αφενός η καταστροφή της ενέργειας των εισερχομένων λυμάτων στις δεξαμενές και αφετέρου η ισομερής κατανομή τους σε όλο το πλάτος ή την περίμετρό τους, αλλά και κατά την έξοδο των λυμάτων εξασφαλίζει την καλή λειτουργία των δεξαμενών καθίζησης. Αυτό επιτυγχάνεται με τα έργα εισόδου (προσαγωγοί αύλακες εισροής) και εξόδου (υπερχειλιστές). Το ίδιο ισχύει και για τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση της ιλύος που έχει κατακαθίσει στον πυθμένα των δεξαμενών (σαρωτές ιλύος και ξέστρα).



Σχήμα 3.10. Κάτοψη και τομή δεξαμενών καθίζησης (Ορθογώνια, Κυκλική, Χωνοειδής)

Η αύλακα εισροής πρέπει να εξασφαλίζει ομοιόμορφη τροφοδότηση της δεξαμενής σε όλο το πλάτος της χωρίς τη δημιουργία δευτερογενών ρευμάτων. Η κατακρήνη φερτών στον πυθμένα της αύλακας των ορθογώνιων δεξαμενών είναι δυνατόν να αποφευχθεί με τεχνητή ανάδευση (εμφύσηση αέρα), διαφορετικά θα πρέπει να διαμορφωθεί ο πυθμένας της αύλακας κατάλληλα ώστε η ιλύς που καθιζάνει να συμπαρασύρεται μέσα στη δεξαμενή μαζί με τα εισρέοντα λύματα.

Στις κυκλικές δεξαμενές καθίζησης κατασκευάζεται στο κέντρο ένας θάλαμος ηρεμίας στον οποίο καταλήγει ο προσαγωγός σωλήνας ο οποίος λειτουργεί σαν σίφοντας. Η έξοδος των λυμάτων από τις δεξαμενές καθίζησης γίνεται με υπερχειλιστές οι οποίοι τοποθετούνται στο τέλος των ορθογώνιων δεξαμενών καθίζησης και στην εξωτερική περιφέρεια των κυκλικών δεξαμενών καθίζησης. Υπάρχουν δύο είδη υπερχειλιστών, οι υπερχειλιστές ευθείας και οδοντωτής στέψης.



Εικόνα 3.8. Κυκλικές δεξαμενές καθίζησης Ερμιονίδας

Η οδοντωτή στέψη παρουσιάζει το πλεονέκτημα της ομοιόμορφης ροής σε όλο το μήκος του υπερχειλιστή ακόμα και όταν η οριζοντίωση της στέψης δεν είναι τελειώς ακριβής. Η ιλύς που καθιζάνει στον πυθμένα των δεξαμενών μπορεί να κυλήσει προς τον θάλαμο συγκέντρωσης μόνον όταν η κλίση του πυθμένα των δεξαμενών είναι κατάλληλη. Μεγάλες κλίσεις πυθμένα υπάρχουν μόνο στις χωνοειδείς δεξαμενές. Στις άλλες περιπτώσεις η μετακίνηση της ιλύος προς τον θάλαμο συγκέντρωσης γίνεται με μηχανικά μέσα.

Στις ορθογώνιες και κυκλικές δεξαμενές οι κλίσεις των πυθμένων είναι μικρές και συνεπώς οι δεξαμενές αυτές πρέπει να εξοπλίζονται με συστήματα σάρωσης της ιλύος προς τους θαλάμους συγκέντρωσης. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται σαρωτές ιλύος. Η ταχύτητα σάρωσης της ιλύος πρέπει να επιλέγεται κατά τρόπο που να μην εμποδίζεται το φαινόμενο της καθίζησης και κατά μείζονα λόγο να μην γίνεται ανάδευση της ιλύος που έχει ήδη κατακαθίσει. Η σάρωση των ορθογωνίων δεξαμενών είναι δυνατόν να είναι συνεχής ή διακοπτόμενη. Στις κυκλικές δεξαμενές η σάρωση είναι συνεχής.

Ο θάλαμος συγκέντρωσης της ιλύος πρέπει να είναι σε θέση να αποθηκεύσει ποσότητα ιλύος μισής ημέρας. Η ιλύς που συγκεντρώνεται στους θαλάμους συγκέντρωσης ιλύος απομακρύνεται είτε με βαρύτητα είτε με άντληση στις δεξαμενές συγκέντρωσης ιλύος οι οποίες βρίσκονται εκτός των δεξαμενών καθίζησης. Ο όγκος των δεξαμενών υπολογίζεται για να αποθηκεύει ποσότητα ιλύος μιας ημέρας.

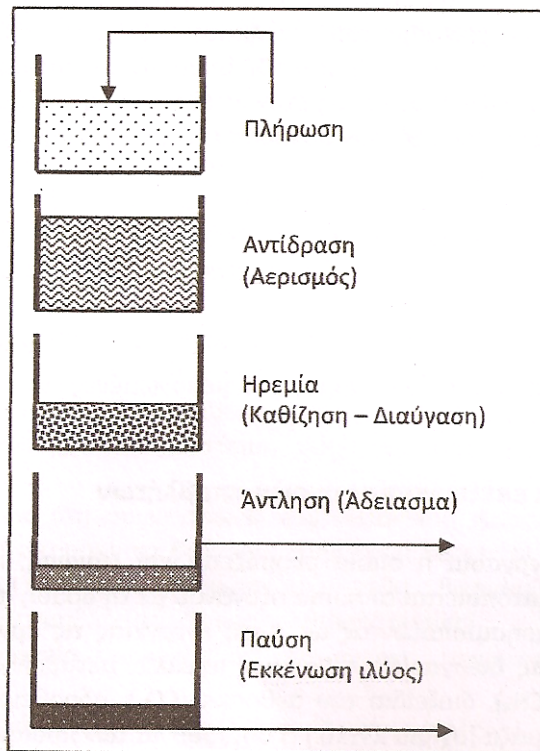
Ο βαθμός απόδοσης των δεξαμενών δευτεροβάθμιας ή τελικής καθίζησης είναι ικανοποιητικός όταν η επανακυκλοφορία της ιλύος είναι μικρότερη του 50 % της παροχής λυμάτων. Στην αντίθετη περίπτωση δηλαδή για μεγάλες παροχές επανακυκλοφορίας η ηρεμία στις δεξαμενές καθίζησης διαταράσσεται και η απόδοση των δεξαμενών ελαττώνεται. Στις περιπτώσεις αυτές, π.χ. σε εγκαταστάσεις με νιτροποίηση - απονιτροποίηση, η επανακυκλοφορία γίνεται αμέσως μετά την εκροή από τις δεξαμενές αερισμού αποφορτίζοντας έτσι τις δεξαμενές καθίζησης. Η τελική καθίζηση επηρεάζεται από πολλές παραμέτρους όπως είναι ο χρόνος πάχυνσης, το ύψος της στρώσης πάχυνσης, οι μετακινήσεις της ιλύος μέσα στις δεξαμενές με τη βοήθεια των ξέστρων, η επανακυκλοφορία κλπ.

3.3.6. Τα συστήματα SBR (Sequencing Batch Reactors) (Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας)

Τα συστήματα SBR χρησιμοποιούνται σαν παραλλαγή της μεθόδου της ενεργού ιλύος για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (αλλά και βιομηχανικών αποβλήτων). Είναι κατάλληλα κυρίως για εφαρμογές επεξεργασίας λυμάτων που χαρακτηρίζονται από χαμηλή ή διακεκομμένη ροή. Σε ένα τέτοιο σύστημα τα υγρά απόβλητα εισάγονται σε έναν μόνο αντιδραστήρα, επεξεργάζονται ώστε να απαλλαγούν από τις ανεπιθύμητες ουσίες και εκρέουν. Εξισορρόπηση, αερισμός και καθίζηση μπορούν να επιτευχθούν σε ένα και μόνο αντιδραστήρα. Για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο ή περισσότεροι αντιδραστήρες σε μια προκαθορισμένη αλληλουχία λειτουργιών. Πρόκειται για ένα σύστημα ενεργού ιλύος το οποίο λειτουργεί σε διαφορετικούς χρόνους και όχι σε διαφορετικούς χώρους, δηλαδή οι φάσεις της επεξεργασίας διαχωρίζονται χρονικά και όχι χωρικά. Η διαφορά μεταξύ των δύο τεχνολογιών είναι ότι οι αντιδραστήρες SBR εκτελούν εξισορρόπηση, βιολογική επεξεργασία και δευτεροβάθμια καθίζηση σε μια μόνο δεξαμενή με ελεγχόμενη χρονική αλληλουχία. Αυτός ο τύπος συστήματος, σε ορισμένες περιπτώσεις, πραγματοποιεί και πρωτοβάθμια καθίζηση. Σε ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος, οι εν λόγω μεμονωμένες διεργασίες εκτελούνται με τη χρήση χωριστών δεξαμενών.

Αφού ολοκληρωθεί η προεπεξεργασία των λυμάτων, αυτά εισέρχονται σε ένα μερικώς γεμάτο αντιδραστήρα, που περιέχει βιομάζα και έχει εγκλιματιστεί στα συστατικά των λυμάτων κατά τους προηγούμενους κύκλους. Μόλις ο αντιδραστήρας γεμίσει, συμπεριφέρεται όπως ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος, αλλά χωρίς συνεχόμενη εισροή ή εκροή σταθερής παροχής λυμάτων. Ο αερισμός και η ανάμειξη διακόπτεται αφού οι βιολογικές αντιδράσεις ολοκληρωθούν, η βιομάζα καθιζάνει και το επεξεργασμένο υλικό από την επιφάνεια απομακρύνεται. Η περίσσεια της βιομάζας απομακρύνεται σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του κύκλου. Η συχνή απομάκρυνση έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση του δείκτη μάζας του υποστρώματος των εισρεόντων λυμάτων σε βιομάζα σχεδόν σταθερή από κύκλο σε κύκλο. Μετά τον αντιδραστήρα SBR, τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να μεταφερθούν σε μια μονάδα εξίσωσης παροχών μέσω της οποίας ο ρυθμός ροής ελέγχεται. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα λύματα διηθούνται για να αφαιρεθούν τα επιπλέον στερεά και στη συνέχεια απολυμαίνονται πριν διατεθούν στο περιβάλλον.

Οι αντιδραστήρες SBR χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρές παροχές καθώς σε μεγάλες απαιτείται πιο εξειδικευμένη λειτουργία. Δεδομένου ότι τα συστήματα καταλαμβάνουν σχετικά μικρό χώρο, είναι χρήσιμα για τις περιοχές όπου η διαθέσιμη γη είναι περιορισμένη. Επιπλέον, οι εναλλασσόμενοι κύκλοι του συστήματος μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν για την απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών στο μέλλον, εάν αυτό καθίσταται απαραίτητο. Αυτό καθιστά εξαιρετικά ευέλικτα τα συστήματα SBR ώστε να προσαρμόζονται στις αλλαγές των παραμέτρων των εκρεόντων λυμάτων. Τα συστήματα SBR είναι επίσης πολύ αποδοτικά σε άλλες μη βιολογικές διεργασίες, όπως η διήθηση.



Σχήμα 3.11. Τα πέντε βήματα στη λειτουργία ενός συστήματος SBR

Τα πλεονεκτήματα των αντιδραστήρων SBR συνοψίζονται στα εξής:

– Η εξισορρόπηση, η πρωτοβάθμια καθίζηση (στις περισσότερες περιπτώσεις), η βιολογική επεξεργασία και η δευτεροβάθμια καθίζηση μπορούν να επιτευχθούν σε ένα μόνο αντιδραστήρα.

- Γίνεται πιο απλοποιημένη η μέθοδος επεξεργασίας και απαιτεί λιγότερη παρακολούθηση.
- Εμφανίζουν λειτουργική ευελιξία και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αντιμετώπιση διακυμάνσεων στα εισερχόμενα ρυπαντικά φορτία, αφού αρκεί η ρύθμιση του κύκλου λειτουργίας (χρονική ρύθμιση) ανάλογα με τις ανάγκες.
- Απαιτούν ελάχιστη κάλυψη χώρου.
- Πιθανή μείωση του κόστους κεφαλαίου με την κατάργηση ορισμένου εξοπλισμού.
- Δεν απαιτείται επανακυκλοφορία ιλύος καθώς όλη η βιομάζα παραμένει στην δεξαμενή αερισμού.
- Αποφεύγονται τα φαινόμενα διόγκωσης της ιλύος λόγω της ανάπτυξης νηματοειδών μικροοργανισμών, καθώς με μεταβολή του κύκλου λειτουργίας μπορούν να δημιουργηθούν κατάλληλες συνθήκες επιλογής των υγιών βακτηρίων σε βάρος των νηματοειδών.
- Επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός απονιτροποίησης καθώς και καλύτερη ποιότητα βιομάζας.

Τα μειονεκτήματα των αντιδραστήρων SBR συνοψίζονται στα εξής:

- Απαιτείται υψηλότερο επίπεδο πολυπλοκότητας σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα και ιδίως για τα μεγαλύτερα συστήματα, των μονάδων χρόνου και των ελέγχων.
- Απαιτείται ανώτερο επίπεδο συντήρησης σε σύγκριση με συμβατικά συστήματα, που συνδέεται με περισσότερο εξελιγμένους ελέγχους, αυτοματοποιημένους διακόπτες, και αυτοματοποιημένες βαλβίδες.
- Πιθανή διαφυγή της καθιζάνουσας ιλύος κατά τη διαδικασία της εκκένωσης.
- Πιθανή έμφραξη συσκευών αερισμού κατά τη διάρκεια των εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας, ανάλογα με το σύστημα αερισμού που χρησιμοποιείται από τον κατασκευαστή.
- Απαιτήση για εξισορρόπηση μετά το σύστημα SBR, ανάλογα με τις κατάντη διαδικασίες.

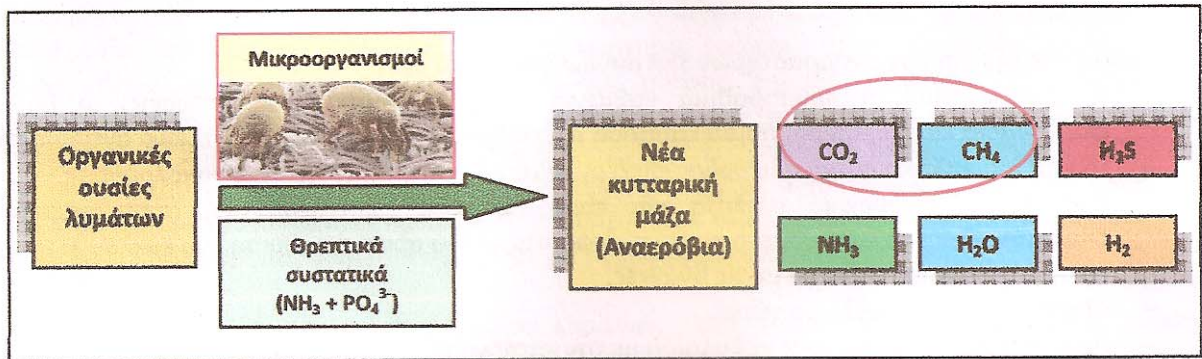
Η απόδοση των συστημάτων SBR είναι συνήθως συγκρίσιμη με τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος και εξαρτάται από το σχεδιασμό του συστήματος καθώς και από άλλα ειδικά κριτήρια. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, τα συστήματα SBR μπορούν να επιτύχουν ικανοποιητική απομάκρυνση BOD και θρεπτικών συστατικών. Η απόδοση στην απομάκρυνση του BOD κυμαίνεται συνήθως από 85 - 95 %. Οι κατασκευαστές SBR προσφέρουν συνήθως εγγύηση για την παραγωγή εκρεόντων λυμάτων με χαρακτηριστικά μικρότερα από:

- 10 mg/l BOD,
- 10 mg/l TSS,

Τα συστήματα SBR βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε μεμονωμένες κατοικίες και οικισμούς με τη μορφή μονάδων compact. [5]

3.3.7. Αναερόβια συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Κατά την αναερόβια διεργασία η οποία ονομάζεται και ζύμωση, η βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού πραγματοποιείται απουσία οξυγόνου με τη δράση αναερόβιων μικροοργανισμών, οι οποίοι αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας τις οργανικές ενώσεις. Τα βασικότερα προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας, είναι μια ποικιλία μεταβολικών προϊόντων όπως αλκοόλες, λιπαρά οξέα, μεθάνιο (CH₄), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), υδρόθειο (H₂S), υδρογόνο (H₂), αμμωνία (NH₃) και αναερόβια βιομάζα (σχήμα 3.12.) Η δημιουργία των προϊόντων εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας, τα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας και τα εμπλεκόμενα είδη των μικροοργανισμών.



Σχήμα 3.12. Αναερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων

Η αναερόβια αποικοδόμηση είναι μια πολύ αργή και ευαίσθητη διαδικασία στην οποία συμμετέχουν υποχρεωτικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί όπως τα αρχαιοβακτήρια και τα μεθανοβακτήρια, τα οποία χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης (χρόνοι υποδιπλασιασμού από 3 – 50 ημέρες), καθώς και μύκητες και πρωτόζωα. Τα θετικά της αναερόβιας διαδικασίας είναι η παραγωγή μεθανίου (CH_4), το οποίο μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) συνθέτει το βιοαέριο (δηλαδή ενέργεια), ότι δεν απαιτείται αερισμός, ότι επιτυγχάνεται αποικοδόμηση δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων ουσιών και ότι υπάρχει πολύ χαμηλή παραγωγή ιλύος. Επειδή η αναερόβια διεργασία ξεκινά από υπόστρωμα υψηλής συγκέντρωσης, η βιοαποικοδόμηση ακόμη και όταν γίνεται σε υψηλά ποσοστά, αφήνει μια συγκέντρωση οργανικών μη αποδεκτών για διάθεση στο περιβάλλον. Σε αυτήν την περίπτωση, η αναερόβια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πρέπει να συμπληρώνεται και με μια αερόβια. Όταν χρησιμοποιείται για επεξεργασία της παραγόμενης από την μέθοδο ενεργού ιλύος λάσπης, το υγρό υπόλειμμα επιστρέφει από τη δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης στην αρχή των εγκαταστάσεων της ενεργού ιλύος για περαιτέρω αερόβια επεξεργασία και τα επεξεργασμένα απόβλητα με την μέθοδο αυτή μπορεί να έχουν συγκέντρωση BOD ίση με 150 mg/l καθώς επίσης και υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας (NH_3) και φωσφόρου (P). Αναερόβια επεξεργασία εφαρμόζεται ως επί το πλείστον για τη χώνευση της ιλύος η οποία προκύπτει από τα συστήματα καθίζησης και για την επεξεργασία πυκνών βιομηχανικών ή άλλων αποβλήτων. Η διεργασία αποικοδόμησης πραγματοποιείται σε δυο στάδια από διαφορετικές ομάδες μικροοργανισμών. Στο πρώτο στάδιο γίνεται υδρόλυση και ζύμωση των σύνθετων οργανικών ενώσεων με παραγωγή απλών οργανικών οξέων από επαμφοτερίζοντα και αναερόβια βακτήρια (οξεοπαραγωγή), ενώ κατά το δεύτερο στάδιο μετατρέπονται τα οργανικά οξέα σε μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) από αναερόβια βακτήρια.

Τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας επεξεργασίας ως μεθόδου επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα ακόλουθα:

- Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί, σε αντίθεση με τους αερόβιους, μπορούν να επιβιώσουν χωρίς τροφή για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, χωρίς να σημειώνεται σημαντική μείωση στην ενεργότητάς τους.
- Δεν υπάρχει περιορισμός στη συγκέντρωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων. Με την αναερόβια επεξεργασία μπορούν να βιοαποικοδομηθούν ουσίες οι οποίες παρουσιάζουν υψηλό οργανικό φορτίο και δεν βιοαποικοδομούνται με αερόβιες διεργασίες (όπως η κυτταρίνη) καθώς και υλικά που προκαλούν προβλήματα (όπως οι λιπαρές ουσίες).
- Η αναερόβια επεξεργασία οδηγεί σε παραγωγή μειωμένης ποσότητας περίσσειας σταθεροποιημένης ιλύος.
- Οι απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά (όπως N και P) είναι μικρές.

- Καταναλώνεται ελάχιστη σχετικά ενέργεια, κυρίως για θέρμανση, η οποία εφαρμόζεται για να επιτευχθεί μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών. Συνεπώς κατά την εφαρμογή της αναερόβιας επεξεργασίας εξοικονομείται ενέργεια, το αντίστοιχο κόστος λειτουργίας είναι μικρότερο σε σχέση με τις αερόβιες επεξεργασίες και επί πλέον παράγεται μεθάνιο (CH_4) το οποίο χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας (καύσιμο) καλύπτοντας μέρος των αναγκών της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.
- Δεν παρουσιάζονται προβλήματα όχλησης στην περιοχή εφαρμογής (όπως οσμές, έντομα, καταιονισμός σταγονιδίων, θόρυβος κλπ.), τα οποία είναι συναφή με τις αερόβιες μεθόδους επεξεργασίας, γιατί η επεξεργασία πραγματοποιείται σε τελείως κλειστές δεξαμενές για αποκλεισμό της επαφής του αέρα με τα απόβλητα.

Τα μειονεκτήματα της αναερόβιας επεξεργασίας ως μεθόδου επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα ακόλουθα:

- Η αναερόβια βιοαποικοδόμηση είναι πολύ αργή διεργασία. Σε σχέση με την αερόβια απαιτούνται μεγαλύτερες δεξαμενές ώστε να εξασφαλίζεται ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής των αποβλήτων. Οι δεξαμενές πρέπει να είναι κλειστές για αποκλεισμό του αέρα, με αποτέλεσμα το κόστος κατασκευής των μονάδων αυτών να είναι μεγάλο σε σύγκριση με το αντίστοιχο κόστος των αερόβιων δεξαμενών.
- Απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα για την εκκίνηση της διεργασίας (από 8 έως και 12 εβδομάδες). Παρ' όλα αυτά το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται καθώς οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων λειτουργούν σε ετήσια βάση και έτσι επιτυγχάνεται η δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων αναερόβιων μικροοργανισμών, οι οποίοι είναι διαθέσιμοι ως «μαγιά» για τη λειτουργία νέων αντιδραστήρων.
- Η μεγάλη ευαισθησία των μεθανογόνων μικροοργανισμών σε πλήθος τοξικών ενώσεων.
- Το αναερόβιο περιβάλλον ευνοεί την επιβίωση των μικροοργανισμών που ανάγουν το θείο (S) και συνεπώς την παραγωγή υδρόθειου (H_2S). Η παραγωγή θειούχων ανιόντων (S_2) έχει μεν ευνοϊκή επίδραση στην καθίζηση των μετάλλων ως θειούχα άλατα τα οποία έχουν πολύ μικρή διαλυτότητα, συγχρόνως όμως μειώνει το pH και επηρεάζει αρνητικά την αύξηση των μικροοργανισμών.
- Η σχετικά χαμηλή ευστάθεια των αναερόβιων συστημάτων επεξεργασίας, η οποία όμως τείνει να εξαλειφθεί με την ολοκληρωμένη γνώση των βασικών αρχών της διεργασίας.
- Η αναερόβια αποικοδόμηση είναι ευαίσθητη στις μεταβολές του pH και παρεμποδίζεται από μια σειρά ουσιών όπως μέταλλα, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, ανιοντικά απορρυπαντικά και θειούχα ανιόντα, που περιέχονται κυρίως στα βιομηχανικά απόβλητα και την ιλύ.

3.3.8. Αερόβια – αναερόβια συστήματα επεξεργασίας

Πρόκειται για μικτή επεξεργασία η οποία πραγματοποιείται σε δεξαμενές σταθεροποίησης με αρκετό βάθος, όπου στο ανώτερο στρώμα διατηρούνται αερόβιες συνθήκες εξαιτίας του ατμοσφαιρικού οξυγόνου ή του παραγόμενου από τα φύκια οξυγόνου με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης, ενώ στο κατώτερο στρώμα όπου δεν διεισδύει το φως επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.

3.3.9. Δεξαμενές (λίμνες) σταθεροποίησης

Οι δεξαμενές σταθεροποίησης είναι σχετικά μικρού βάθους λεκάνες με επίπεδο πυθμένα και συνήθως κατασκευάζονται με χωμάτινο ανάχωμα. Το σχήμα και οι ακριβείς διαστάσεις των λιμνών ποικίλουν ανάλογα με τη διεργασία, τον τύπο των αποβλήτων (ποσότητα, ποιοτικά χαρακτηριστικά) και το κλίμα της περιοχής. Το σχήμα μπορεί να είναι στρογγυλό, τετράγωνο ή ορθογώνιο με στρογγυλεμένες γωνίες και το μήκος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το τριπλάσιο του πλάτους.

Ο πυθμένας των δεξαμενών πρέπει να είναι επίπεδος, εκτός από το σημείο εισροής, για να διευκολύνεται η συνεχής ροή των αποβλήτων. Η στρογγύλευση των γωνιών βοηθά επίσης τη διατήρηση του υδραυλικού τύπου και αποτρέπει τα νεκρά σημεία στη ροή που μπορεί να δημιουργήσουν επιπτώσεις στην επεξεργασία. Κατά το σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες της περιοχής της εγκατάστασης όπως ο τύπος του εδάφους, το κλίμα κλπ., η διαθέσιμη έκταση, η ποσότητα και η ποιότητα των αποβλήτων και το απαιτούμενο επίπεδο επεξεργασίας. Τα τοιχώματα και ο πυθμένας των λιμνών επενδύονται συνήθως με υλικά όπως η άργιλος ή ένα τεχνητό επικαλυπτικό (μπετονίτης, πλαστικό, ελαστικό, σκυρόδεμα ή άλλο υλικό), για να αποτραπεί η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα από τυχόν διαρροές. Όλες αυτές οι κατασκευές διακρίνονται σε:

- δεξαμενές σταθεροποίησης ή οξείδωσης (αερόβιες, αερόβιες-αναερόβιες, αναερόβιες) και σε
- αεριζόμενες δεξαμενές (αερόβιες, αερόβιες-αναερόβιες, παρατεταμένου αερισμού).

Οι λίμνες σταθεροποίησης είναι κατάλληλες για μικρές εγκαταστάσεις, εφόσον υπάρχει αρκετή εδαφική έκταση με πρόσφορη τοπογραφική διαμόρφωση και κατάλληλη φύση του εδάφους για την αποφυγή ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και λειτουργούν υπό συνθήκες φυσικού ή τεχνητού αερισμού ή και αναερόβια. Ο φυσικός αερισμός στηρίζεται στη διάλυση και διάχυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στην ανεπτυγμένη επιφάνεια και στη διαδικασία της παραγωγής οξυγόνου με φωτοσύνθεση από τα φύκια.

Μια αεριζόμενη λίμνη είναι στην ουσία ένας βιολογικός αντιδραστήρας πλήρους ανάμιξης, χωρίς επανακυκλοφορία, όπου πραγματοποιείται οξείδωση του οργανικού φορτίου. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων κυμαίνεται από 3 έως 6 ημέρες. Ανάλογα με τη ποσότητα του αέρα που προστίθεται κατά τη διεργασία διακρίνονται σε αερόβιες και αερόβιες / αναερόβιες. Όταν ο αερισμός δεν δημιουργεί συνθήκες πλήρους ανάμιξης στον πυθμένα της λίμνης μπορεί να εμφανιστούν αναερόβιες συνθήκες. Η εκροή περιέχει το 1/2 έως 1/3 της ποσότητας του BOD εισόδου υπό μορφή βακτηριακής μάζας ενώ το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου απομακρύνεται με καθίζηση. Εάν ανακυκλωθεί η ιλύς από τη δεξαμενή καθίζησης, η μέθοδος μετατρέπεται σε μέθοδο ενεργού ιλύος. Η εκροή των επεξεργασμένων αποβλήτων χαρακτηρίζεται από το απομένον φορτίο του BOD και από τη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών. Κατά το σχεδιασμό μιας λίμνης αερισμού οι παράμετροι που πρέπει να εξετάζονται είναι η απομάκρυνση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD), τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, η απαίτηση σε οξυγόνο, η θερμοκρασία, η ενέργεια για ανάμιξη και ο διαχωρισμός των στερεών. Ο τεχνητός αερισμός γίνεται συνήθως με επιπλέοντες αναμικτήρες (αεριστήρες). Οι δεξαμενές μεγάλου βάθους χωρίς μηχανικό αερισμό παρουσιάζουν είτε μικτή βιολογική δράση (αερόβια κοντά στην επιφάνεια, αναερόβια στον πυθμένα και επαμφοτερίζουσα στη μέση) είτε λειτουργούν πρακτικά ως αναερόβιες, λόγω του υψηλού φορτίου και της φύσης των αποβλήτων.

Τα πλεονεκτήματα των αεριζόμενων λιμνών συνοψίζονται στα εξής:

- Χαμηλό κόστος κατασκευής - λειτουργίας. (Τα συστήματα είναι οικονομικά αποδεκτά εάν

κατασκευαστούν σε περιοχές όπου το κόστος εδαφικής έκτασης είναι μικρό και ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτούν λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τις περισσότερες μεθόδους επεξεργασίας).

- Απλή λειτουργία και μικρές απαιτήσεις συντήρησης.
- Ρύθμιση της εκροής και έλεγχος της ρύπανσης για μια κρίσιμη περίοδο (κατάλληλα συστήματα για παροδική ή εποχιακή παραγωγή αποβλήτων).
- Αντοχή σε μεγάλες μεταβολές της ποιότητας των εισερχόμενων αποβλήτων λόγω αραίωσης. (Ρυθμίζουν καλύτερα τις φορτίσεις σε σχέση με πολλά άλλα συστήματα και αποτελούν μια καλή επιλογή σε ορισμένες περιπτώσεις).
- Ένα ποσοστό του οργανικού φορτίου αποικοδομείται αναερόβια, το υπόλοιπο αερόβια, ενώ το οξυγόνο για τα αερόβια βακτήρια μεταφέρεται από την ατμόσφαιρα μέσω της επιφάνειας και επίσης παράγεται από τη φωτοσύνθεση. (Η φωτοσυνθετική δράση δημιουργεί αιωρούμενα στερεά τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν).
- Μείωση οργανικού φορτίου σε ικανοποιητικά επίπεδα.
- Ικανοποιητική απομάκρυνση φωσφόρου.

Τα μειονεκτήματα των αεριζόμενων λιμνών συνοψίζονται στα εξής:

- Αβαθείς δεξαμενές με απαίτηση μεγάλης έκτασης εγκατάστασης και δυσκολία απομάκρυνσης των φυτών που παράγονται από τη βιολογική δράση στη λίμνη.
- Μεγάλος χρόνος παραμονής.
- Μικρή δυνατότητα αποδόμησης ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων (π.χ. η ύπαρξη τοξικών ουσιών, βαρέων μετάλλων είναι δυνατόν να σταματήσει τη βιολογική δράση).
- Πιθανό πρόβλημα ενοχλητικών οσμών και εντόμων (π.χ. κουνουπιών).
- Δημιουργία αιωρούμενων στερεών (SS) με αποτέλεσμα η εκροή να μην ικανοποιεί συνήθως τις απαιτήσεις για τα αιωρούμενα στερεά.
- Επιρροή από αλλαγές κλίματος (μικρότερη απόδοση σε κρύα κλίματα με αποτέλεσμα να απαιτείται είτε μεγαλύτερη εδαφική έκταση είτε μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής).

3.4. Τριτοβάθμια επεξεργασία

Η τριτοβάθμια επεξεργασία είναι μια πρόσθετη επεξεργασία που ακολουθεί τη δευτεροβάθμια επεξεργασία και έχει σχεδιαστεί για την αφαίρεση υπολειπόμενων ανεπιθύμητων χημικών στοιχείων, όπως το αμμωνιακό άζωτο, ο φώσφορος, οργανικά φορτία, βαριά μέταλλα, τοξικές οργανικές ενώσεις και θειούχα μέσα από υψηλής απόδοσης βιολογικές ή χημικές διεργασίες.

Αυτή η επεξεργασία είναι απαραίτητη όταν απαιτείται ένα υψηλό επίπεδο απορρύπανσης, ειδικά όταν τα λύματα διατίθενται σε ευαίσθητους αποδέκτες, όπως αυτοί αναγνωρίζονται από τα κράτη μέλη.

Το άζωτο καταναλώνει οξυγόνο όταν η αντίδραση της νιτροποίησης λαμβάνει χώρα στο φυσικό περιβάλλον. Είναι όμως τοξικό στην αμμωνιακή ή νιτρική μορφή του και είναι υπεύθυνο για τα φαινόμενα του ευτροφισμού. Η απομάκρυνση του αζώτου είναι μία βιολογική διεργασία. Κάθε βήμα πραγματοποιείται από συγκεκριμένα βακτήρια, τα οποία χρειάζονται και διαφορετικές συνθήκες για να αναπτυχθούν.

Η αφαίρεση του φωσφόρου μπορεί να γίνει μέσω χημικών διεργασιών ή βιολογικής επεξεργασίας. Οι χημικές διεργασίες περιλαμβάνουν κυρίως τη χημική καταβύθιση με την προσθήκη κατάλληλων χημικών αντιδραστηρίων. Αυτή η διεργασία όμως αυξάνει την

ποσότητα της ιλύος η οποία παράγεται από μια εγκατάσταση ενεργού ιλύος, κατά περίπου 30%. Η βιολογική επεξεργασία που μπορεί να εφαρμοσθεί για την αφαίρεση του φωσφόρου περιλαμβάνει ειδικούς μικροοργανισμούς οι οποίοι μπορούν και αποθηκεύουν το φώσφορο. Με αυτόν τον τρόπο ο τελευταίος συσσωρεύεται εντός των βακτηρίων και απομακρύνεται μαζί με την υπόλοιπη ιλύ.

Άλλες συνήθειες διατάξεις και τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι:

- η διήθηση με πολλές παραλλαγές όπως η διήθηση χώρου, η διήθηση επιφάνειας κλπ με διάφορους συνδυασμούς διηθητικών μέσων όπως η άμμος, ο ανθρακίτης και διάφορες συνθετικές ίνες και μεμβράνες. Σημειώνεται ότι στις εφαρμογές μεμβρανών διήθησης ανήκει η μικροδιήθηση (MF), η υπερδιήθηση (UF), η νανοδιήθηση (NF) και η αντίστροφη όσμωση (RO).
- η προσρόφηση (κυρίως σε ενεργό άνθρακα),
- η ιοντοεναλλαγή,
- η απογύμνωση αερίου, η οποία συνίσταται στη μεταφορά μάζας ενός αερίου από την υγρή στην αέρια φάση και εφαρμόζεται κυρίως για την απομάκρυνση αερίων όπως το υδρόθειο (H₂S), η αμμωνία (NH₃) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds VOC),
- οι διεργασίες προχωρημένης οξειδωσης (Advanced Oxidation Process AOP) και
- η απόσταξη.

3.4.1. Διήθηση

Η διήθηση σε πολλαπλή κλίνη αποτελεί την πιο διαδεδομένη διάταξη προχωρημένης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και αποσκοπεί κυρίως στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, τα οποία διαφεύγουν από τις δεξαμενές καθίζησης. Οι συνήθειες διατάξεις βασίζονται στη διήθηση των επεξεργασμένων αποβλήτων, με βαρύτητα ή υπό πίεση, σε κλίνες αποτελούμενες από αλληπάλληλα στρώματα άμμου και ανθρακίτη.

Η εφαρμογή των μεμβρανών στην προχωρημένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία πολλά υποσχόμενη, που κερδίζει συνεχώς έδαφος έναντι άλλων διεργασιών. Βασικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Τα αποτελέσματα όμως είναι εκπληκτικά (πίνακας 3.2).

Συστατικά	MF	UF	NF	RO
Βιοαποικοδομήσιμες οργ. Ενώσεις		v	v	v
TDS			v	v
TSS	v	v		
Βαριά μέταλλα			v	v
Σκληρότητα			v	v
Νιτρικά ιόντα			v	v
Συνθετικές οργανικές ενώσεις			v	v
Οργανικοί ρύποι προτεραιότητας		v	v	v
Βακτήρια	v	v	v	v
Κύστες πρωτόζωων & ωοκύστες	v	v	v	v
Ιοί			v	v

Πίνακας 3.2 Απομάκρυνση διαφόρων συστατικών υγρών αποβλήτων με τη χρήση μεμβρανών

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. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην αντίστροφη όσμωση (RO) θεωρητικά δεν έχουν πόρους. Μ' αυτές επιτυγχάνεται πλήρης απομάκρυνση διαλυτών οργανικών και ανόργανων ρύπων από τα απόβλητα. Τα απόβλητα διαβιβάζονται 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. Η καλή λειτουργία των διατάξεων αντίστροφης όσμωσης επηρεάζεται από την ύπαρξη κολλοειδών και αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία φράζουν τους πόρους της μεμβράνης. Σε περίπτωση λοιπόν υψηλών απαιτήσεων απομάκρυνσης σωματιδίων και κολλοειδών οι διατάξεις αντίστροφης όσμωσης ακολουθούν τις διατάξεις διάλυσης που είναι οι διεργασίες καθίζησης, θρόμβωσης, αμμοδιύλισης και προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης μεμβρανών κατά την τρίτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι ο μεγάλος βαθμός απομάκρυνσης οργανικού φορτίου και διαλυτών αλάτων, ενώ τα σημαντικότερα μειονεκτήματα τα οποία περιορίζουν την ευρεία εφαρμογή της, είναι το υψηλό κόστος των διατάξεων και το υψηλό κόστος λειτουργίας που οφείλεται κυρίως στις μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας για την επίτευξη της απαιτούμενης υπερπίεσης και στις απαιτήσεις για τακτικές αντικαταστάσεις ή καθαρισμό των μεμβρανών, η δυσκολία και το υψηλό κόστος στην επεξεργασία και διάθεση του παραγόμενου πυκνού διαλύματος. Το διάλυμα αυτό αντιπροσωπεύει σε όγκο το 20 – 25 % του αρχικά διηθούμενου υγρού, ενώ η περιεκτικότητά του σε διαλυτά άλατα είναι περίπου τετραπλάσια της αρχικής, γεγονός που καθιστά δυσχερή την τελική του διάθεση.

3.4.2. Προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα

Προσρόφηση είναι το φαινόμενο μεταφοράς μάζας από την υγρή ή αέρια φάση στην επιφάνεια ενός στερεού. Πρόκειται για διεργασία συσσώρευσης των συστατικών τα οποία βρίσκονται σε ένα διάλυμα πάνω σε μια κατάλληλη επιφάνεια. Η προσρόφηση των συστατικών στο προσροφητικό μέσο πραγματοποιείται δια μέσου των ηλεκτροστατικών δυνάμεων που έλκουν το προσροφούμενο συστατικό από το διάλυμα στη στερεά επιφάνεια του προσροφητικού. Οι δυνάμεις ή ο μηχανισμός με τον οποίο το προσροφούμενο συστατικό έλκεται στην επιφάνεια του προσροφητικού υλικού, μπορεί να είναι φυσικές ή χημικές χωρίς σαφή προσδιορισμό μεταξύ των φυσικών και χημικών ηλεκτροστατικών δυνάμεων που αναπτύσσονται. Τα σπουδαιότερα προσροφητικά μέσα είναι ο ενεργός άνθρακας, τα συνθετικά πολυμερή και κάποια προσροφητικά μέσα που βασίζονται στο πυρίτιο. Τα δύο τελευταία είναι ακριβά υλικά και σπάνια χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Ο ενεργός άνθρακας παράγεται από ποικίλες οργανικές πρώτες ύλες (ύλες με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα), όπως ξύλο, λιγνίτη κ.ά. Η πρώτη ύλη απανθρακώνεται απουσία αέρα στους 650°C περίπου ή οξειδώνεται με κατάλληλους ατμούς και αέρια, όπως ο

υδρατμός και το διοξείδιο του άνθρακα, στους 850°C περίπου. Με τη θερμική επεξεργασία ο άνθρακας αποκτά πόρους με πολύ μεγάλη ειδική επιφάνεια (800-1200 m²/g). Στην επιφάνεια αυτή μπορεί να γίνει προσρόφηση των διαλυμένων οργανικών ουσιών οι οποίες υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Υπάρχουν δύο είδη ενεργού άνθρακα, ο κοκκοποιημένος (Granular Activated Carbon GAC) και ο κονιορτοποιημένος (Powdered Activated Carbon PAC). Ο κοκκώδης (κοκκοποιημένος) ενεργός άνθρακας έχει συνήθως την κοκκομετρική σύνθεση της άμμου των διωλιστηρίων (0.1 – 1,0 mm άνθρακα κυμαίνεται μεταξύ 0.050 - 0.075 mm). Η προσροφητική ικανότητά του είναι μεγάλη γιατί μισό κιλό λεπτού κονιορτοποιημένου ενεργού άνθρακα περιέχει 10¹³ κόκκους ενώ 30 περίπου λίτρα κόκκων έχουν ολική επιφάνεια περίπου 28 Km². Ο κοκκώδης ενεργός άνθρακας απομακρύνει αποτελεσματικά τα διαλυμένα οργανικά συστατικά ακόμα και όταν αυτά βρίσκονται στα απόβλητα σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Οι οργανικές ουσίες προσροφώνται στη μεγάλη ειδική επιφάνεια του άνθρακα ενώ, παράλληλα, η βιολογική αποδόμηση ανοίγει ξανά τους πόρους και τις διόδους μεταξύ των κόκκων. Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι με τη χρήση του ενεργού άνθρακα, για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου από τα απόβλητα, τα οργανικά συστατικά μικρού μοριακού βάρους δεν δεσμεύονται από το σύστημα του ενεργού άνθρακα. Συνήθως χρησιμοποιείται στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είτε για τριτοβάθμια επεξεργασία μετά το στάδιο της βιολογικής βαθμίδας, είτε σαν δεύτερο στάδιο επεξεργασίας στις εγκαταστάσεις φυσικοχημικού καθαρισμού. Η προσρόφηση των ρύπων εξασφαλίζεται σε κλίνες, οι οποίες περιέχουν ενεργό άνθρακα σε κοκκώδη μορφή. Οι κλίνες που περιέχουν κονιορτοποιημένο ενεργό άνθρακα παρουσιάζουν προβλήματα απόφραξης των πόρων τους από τα σωματίδια που ενδέχεται να περιέχουν τα υγρά απόβλητα. Μετά από αρκετές χρήσεις ο άνθρακας πρέπει να αναγεννηθεί. Αυτό επιτυγχάνεται με τη θέρμανσή του στους 750 – 95°C. Οι μονάδες επαφής του άνθρακα με τα απόβλητα αποτελούνται είτε από κλίνες με καθοδική ροή, που προσροφούν και διωλίζουν ταυτόχρονα τα αιωρούμενα στερεά είτε από στήλες με ανοδική ή καθοδική ροή. Ο χρόνος επαφής πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περιορισμένος διότι οι αυξημένοι χρόνοι, παρ' όλο που δεν βελτιώνουν ουσιαστικά την απόδοση, οδηγούν στη δημιουργία ανεπιθύμητων αναερόβιων συνθηκών με παραγωγή υδρόθειου (H₂S).

3.4.3. Ιοντοανταλλαγή

Η ιοντοεναλλαγή είναι μια φυσικοχημική διεργασία με την οποία επιτυγχάνεται μεταφορά ιόντων από ένα αδιάλυτο στερεό σε μια υγρή φάση και αντίστροφα. Πιο απλά, ιόντα ενός είδους που βρίσκονται σε ένα αδιάλυτο μέσο ανταλλάγουν αντικαθίστανται από ιόντα διαφορετικού είδους που βρίσκονται στο διάλυμα. Το αδιάλυτο στερεό διαθέτει ευκίνητα ανιόντα ή κατιόντα ικανά για αντιστρεπτή και στοιχειομετρική εναλλαγή με ιόντα ίδιου φορτίου από το διάλυμα ενός ηλεκτρολύτη με το οποίο έρχεται σε επαφή. Η διεργασία αυτή βασίζεται στην ικανότητα κάποιων υλικών όπως οι ρητίνες, να δεσμεύουν εκλεκτικά διάφορα ιόντα. Μέσα από μια υψίκορμη κυλινδρική δεξαμενή που περιέχει τη ρητίνη δηλαδή τον ιοντοεναλλάκτη, διέρχεται το νερό και ο ιοντοεναλλάκτης δεσμεύει τα προς απομάκρυνση ιόντα. Ένα ιόν ανταλλάσσεται με κάποιο άλλο, κρατείται προσωρινά στο μέσο και κατόπιν απελευθερώνεται στο διάλυμα αναγέννησης. Μετά από πολλές χρήσεις η ρητίνη αναγεννιέται για να επαναχρησιμοποιηθεί. Η εκλεκτικότητα των ρητινών εξαρτάται από το σθένος, τον ατομικό αριθμό και την ακτίνα των ενυδατωμένων ιόντων, καθώς και από τη συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών (TDS). Στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων η ιοντοεναλλαγή εφαρμόζεται κυρίως για την απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων, των αμμωνιακών ιόντων (NH₄⁺) και των ολικών διαλυμένων στερεών.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ”

4.1. Εξοικονόμηση ενέργειας

Εξοικονόμηση ενέργειας ονομάζεται οποιαδήποτε προσπάθεια με την οποία επιτυγχάνεται περιορισμός της σπατάλης των ενεργειακών αποθεμάτων.

Γενικά σήμερα ιδιαίτερα στις μεγαλουπόλεις απαιτείται πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας για θέρμανση, φωτισμό, κλιματισμό, ψύξη, κλπ. πέρα από εκείνη της τροφοδοσίας των διαφόρων μηχανών των βιομηχανιών. Για την απρόσκοπτη όμως εξασφάλιση αυτής της ενέργειας γίνεται εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση κυρίως σε καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, γαιάνθρακες και φυσικό αέριο. Όμως τα αποθέματα αυτών των καυσίμων είναι περιορισμένα. Έτσι καθίσταται αναγκαία η λήψη διαφόρων μέτρων περιορισμού τουλάχιστον της σπατάλης ώστε να διαρκέσουν αυτά περισσότερο ή ακόμα και να βρεθούν νέες τεχνολογίες ανεξάρτησης από αυτά.

Αυτό μπορεί να συμβεί με επιλογή οικονομικότερων μηχανών σε καύσιμη ύλη, αποδοτικότερων οικιακών εγκαταστάσεων (μονώσεις κλπ) αλλά και οικονομικότερη (λιγότερη) κατανάλωση ενέργειας. Αναμφίβολα τέτοια μέτρα είναι γεγονός ότι ανεξάρτητα των οικονομικών κερδών, επιφέρουν και πολύ μικρότερη ατμοσφαιρική ρύπανση.

Όσον αφορά τα ζητήματα που αφορούν την απόδοση της μονάδας επεξεργασίας, για να είναι δυνατή η ανταπόκριση στις σημερινές και μελλοντικές απαιτήσεις των επιτρεπόμενων ορίων εκροών, ακόμη και σε πιο αυστηρές τιμές αυτών για την επαναχρησιμοποίηση τους, θα πρέπει οι περισσότερες διατάξεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων να υποβληθούν σε σημαντικές τροποποιήσεις και βελτιώσεις.

4.2. Αντιμετώπιση τωρινών και μελλοντικών αναγκών

Στον 20^ο αιώνα ο πρωταρχικός στόχος της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ήταν η απομάκρυνση των στερεών που επιπλέουν και καθιζάνουν, της οργανικής ύλης εκφρασμένης σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), σε ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) και σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Αργότερα στον ίδιο αιώνα, παρουσιάστηκε η ανάγκη για την απομάκρυνση των θρεπτικών ουσιών και των οσμών. Στον 21^ο αιώνα, η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων θα περιλαμβάνει, εκτός από τα προαναφερθέντα συστατικά, ένα ευρύ φάσμα από αντιβιοτικά για ανθρώπους και για ζώα που ελήφθησαν με ιατρική συνταγή, προϊόντα των βιομηχανικών και οικιακών υγρών αποβλήτων και στεροειδείς και ορμόνες φύλου. Για να είναι δυνατή η επεξεργασία αυτών των επιβαρύνσεων, είναι αναγκαία η βελτιστοποίηση και αναβάθμιση των υπαρχουσών εγκαταστάσεων και λειτουργιών

επεξεργασίας. Σε μερικές περιπτώσεις, θα απαιτείται πρόσθετη επεξεργασία πέρα από τη δευτεροβάθμια, όπως λόγου χάριν, η τριτοβάθμια επεξεργασία που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3. Για παράδειγμα, θα απαιτείται μια αξιολογη αναβάθμιση για την αντιμετώπιση των νέων οσμών που προέρχονται από τις υπάρχουσες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Σε μερικές περιπτώσεις, θα είναι αναγκαίος ο σχεδιασμός και η κατασκευή νέων εγκαταστάσεων.

4.3. Αξιοπιστία των μεθόδων επεξεργασίας και επιλογή των σχεδιαστικών αξιών

Η αξιοπιστία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας ή των μεθόδων επεξεργασίας μπορεί να οριστεί ως η πιθανότητα της ικανοποιητικής απόδοσης για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις ή, σε όρους απόδοσης της επεξεργασίας, το ποσοστό επί τοις εκατό της συχνότητας που οι συγκεντρώσεις των εκροών θα τηρούν τις καθορισμένες επιτρεπόμενες προδιαγραφές.

Παραδείγματος χάριν, μια μέθοδος επεξεργασίας με αξιοπιστία 99% αντιστοιχεί στην τήρηση των προδιαγραφών απόδοσης του 99 φορές στις εκατό. Δηλαδή, για μία φορά, ή τρεις με τέσσερις φορές τον χρόνο, τα επιτρεπόμενα ημερήσια όρια θα αναμένεται να υπερβαίνονται. Τέτοιο επίπεδο απόδοσης θα είναι ή όχι αποδεκτό αναλόγως των επιτρεπόμενων ορίων. Για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση όπου θα εφαρμόζεται ο κανόνας της αξιοπιστίας, τα επίπεδα της αξιοπιστίας θα πρέπει να υπολογίζονται σε σχέση με το κόστος των εγκαταστάσεων που θα χρειασθούν για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα και τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης.

4.3.1. Αξιοπιστία μηχανικής μεθόδου

Εκτός από την μεταβλητότητα στον ρυθμό εισροής, τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων εισροής και την ενδογενή μεταβλητότητα των μεθόδων επεξεργασίας, η μεταβλητότητα που σχετίζεται με τον μηχανολογικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις των μονάδων επεξεργασίας πρέπει επίσης να συνυπολογίζεται στην ανάλυση των σχεδιαστικών τιμών και στην εκτίμηση του αναγκαίου εξοπλισμού που πρέπει να βρίσκεται σε εφεδρεία για να αντιμετωπισθούν τα αυστηρά επίπεδα συγκεκριμένων τιμών αξιοπιστίας (π.χ. 99% ή 99.9%). Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για την ανάλυση της μηχανολογικής αξιοπιστίας των μονάδων επεξεργασίας όπως:

Ανάλυση κρίσιμων στοιχείων, τμημάτων, συνιστωσών (μηχανολογικού εξοπλισμού) (Critical component analysis, CCA), ανάλυση αποτυχημένων επιρροών και επιδράσεων, ανάλυση κλιμάκωσης (δενδροειδής) γεγονότων, ανάλυση κλιμάκωσης (δενδροειδής) σφαλμάτων.

Η προσέγγιση της ανάλυσης των κρίσιμων συνιστωσών (Critical component analysis, CCA) αναπτύχθηκε για να προσδιοριστεί στην πράξη η αξιοπιστία, η βιωσιμότητα και η λειτουργική διαθεσιμότητα συγκεκριμένων κρίσιμων συνιστωσών των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Ο σκοπός της CCA είναι να καθορισθούν ποία μηχανολογικά τμήματα στις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων θα έχουν την πιο άμεση επίδραση στην ποιότητα των απορροών όταν εμφανισθεί βλάβη. Αυτές είναι ο Μέσος χρόνος πριν την αποτυχία (Mean time before failure, MTBF), ο Αναμενόμενος χρόνος πριν

την αποτυχία (Expected time before failure, ETBF), η Υπάρχουσα διαθεσιμότητα (Inherent availability, AVI) και η Λειτουργική διαθεσιμότητα (Operating availability, AVO). Σε μελέτη της μονάδας επεξεργασίας Aqua III του San Pasqual στο San Diego, πραγματοποιήθηκε ολοκληρωμένη ανάλυση την αξιοπιστίας της μεθόδου. Η μονάδα επεξεργασίας Aqua III σχεδιάστηκε για να παράγει 3.800 m³/d επεξεργασμένων υδάτων. Οι διατάξεις επεξεργασίας περιλαμβάνουν προκαταρκτική επεξεργασία, πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία και τριτοβάθμια επεξεργασία. Στην προχωρημένη επεξεργασία υγρών αποβλήτων συνιστάται η χρήση απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία, αντίστροφης όσμωσης, απαέρωσης και προσρόφησης κοκκώδους μέσου σε ενεργό άνθρακα. Το υποχλωριώδες νάτριο χρησιμοποιείται για την απολύμανση των εισροών και εφαρμόζεται για τον απαιτούμενο χρόνο επαφής στο σύστημα διανομής. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αξιοπιστίας της μεθόδου παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

	Στατιστικά μέτρα			
	MTBF	90% CL ⁵ MTBF	AVO	AVI
Προκαταρκτική (επεξεργασία)	0,35	0,57	0,995	0,999
Πρωτοβάθμια	0,82	0,65	0,996	0,998
Δευτεροβάθμια	2,12	1,75	0,975	0,995
Τριτοβάθμια	2,24	1,78	0,999	0,999
Απολύμανση	0,58	0,25	0,999	0,998
Αντίστροφη όσμωση	1,22	0,99	0,99	0,99
Πύργος αερισμού	1,16	0,5	0,783	0,999
Πύργος άνθρακα	1,86	1,02	0,996	0,999
Παραγόμενο νερό	0,56	0,45	0,977	0,996

Πίνακας 4.1 Σύνοψη στατιστικών τιμών της μηχανολογικής αξιοπιστίας στο Aqua III

Όπως φαίνεται, η προκαταρκτική μέθοδος επεξεργασίας έχει την χαμηλότερη τιμή MTBF. Τυπικά προβλήματα που παρουσιάζονται στις εγκαταστάσεις προκαταρκτικής επεξεργασίας είναι τα λανθασμένα φράγματα, οι διαρροές και η αποτυχία των κιβώτιων ταχυτήτων. Με την εξαίρεση των τριών μεθόδων επεξεργασίας, η AVO των υπόλοιπων μεθόδων ήταν υψηλότερη από 0.99. Παράλληλα, η AVI ήταν υψηλότερη από 0.99 για όλες τις μεθόδους. Τα στοιχεία του Πίνακα 4.1. χρησιμοποιήθηκαν για την διατήρηση χρονοδιαγραμμάτων και τις απαιτήσεις ανταλλακτικών και εφεδρειών. [2]

4.4. Αυτοματισμοί και συστήματα ελέγχου

Ο σκοπός των περισσότερων συστημάτων αυτόματου ελέγχου των υγρών αποβλήτων είναι να διατηρηθούν ένας ή οι περισσότεροι παράμετροι της διεργασίας σε μια σταθερή τιμή. Εάν δεν υπήρχε καμία αλλαγή στις εξωτερικές συνθήκες, όπως η μεταβλητότητα του ρυθμού ροής, ο έλεγχος της διεργασίας θα ήταν απλή υπόθεση. Εντούτοις, οι εξωτερικές συνθήκες αλλάζουν συνεχώς, και κατά συνέπεια, απαιτείται κάποιος δυναμικός έλεγχος των διαδικασιών επεξεργασίας.

Η εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού και συστημάτων ελέγχου σε μία εγκατάσταση μπορεί να μειώσει τις δαπάνες, να βελτιώσει την λειτουργική απόδοση και αξιοπιστία και να

εξοικονομήσει ενέργεια. Με τα συστήματα αυτά είναι δυνατή η αυτόματη μέτρηση, καταγραφή και ρύθμιση διαφόρων παραμέτρων λειτουργίας του εξοπλισμού και των διεργασιών. Επίσης, είναι δυνατή η μέτρηση και καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας στις επιμέρους μονάδες της εγκατάστασης. Με την εγκατάσταση συστημάτων παρακολούθησης των διεργασιών, οι χειριστές αποκτούν περισσότερες πληροφορίες πάνω στις οποίες μπορούν να στηρίξουν και να εφαρμόσουν αποφάσεις ελέγχου. Με τη χρήση αυτόματων ελέγχων μπορεί να διατηρηθεί ή και να βελτιωθεί η απόδοση λειτουργίας μίας εγκαταστάσεως. Επιπλέον, με τη χρήση δεδομένων μέτρησης σε πραγματικό χρόνο και τον έλεγχο τροφοδοσίας μπορεί να επιτευχθεί βελτιστοποίηση των διεργασιών με αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας των χημικών, της ενέργειας και της χρήσης νερού και τη μείωση των παραγόμενων υπολειμμάτων των λυμάτων που απαιτούν επεξεργασία και διάθεση. Οι υψηλότερες δυνατότητες εξοικονόμησης εμφανίζονται στις εγκαταστάσεις με υψηλή διακύμανση της ποιότητας και ροής των λυμάτων.

Η εξοικονόμηση ενέργειας από την εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου προκύπτει από τη δυνατότητα προσαρμογής της λειτουργίας του εξοπλισμού στις απαιτήσεις του εκάστοτε συστήματος. Ο χρόνος αποπληρωμής ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με την πολυπλοκότητα των συστημάτων αυτοματισμού ή/και ελέγχου που εγκαθίστανται. Τέτοια συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου είναι το Scada, τα συστήματα ελέγχου παραμέτρων λειτουργίας διεργασιών (π.χ. σύστημα ελέγχου διαλυμένου οξυγόνου), οι οδηγιοί μεταβλητής συχνότητας (VFDs), οι ηλεκτρικές συσκευές παρακολούθησης φορτίου, οι μετρητές παροχής, οι χρονοδιακόπτες για τη διακοπή λειτουργίας μεγάλων μερών του εξοπλισμού κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής κ.α.

Μέσω της τεχνολογίας πληροφοριών, οι πληροφορίες για τον έλεγχο των διεργασιών, το σύστημα Scada, τα εργαστηριακά δεδομένα και άλλες πληροφορίες μπορούν να συνδεθούν έτσι ώστε όλες οι πληροφορίες να είναι διαθέσιμες στο προσωπικό άμεσα (on-line) και σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, με τα δεδομένα που συλλέγονται δημιουργούνται βάσεις δεδομένων οι οποίες είναι χρήσιμες για τη οργάνωση των προγραμμάτων λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού και των διεργασιών και για τη διεξαγωγή ενεργειακών αναλύσεων.

Ένα παράδειγμα εξοικονόμησης ενέργειας με την εγκατάσταση ενός συστήματος αυτοματισμού είναι η ρύθμιση του ρυθμού ανακυκλοφορίας ιλύος, η οποία επιτρέπει σε μία μονάδα επεξεργασίας λυμάτων να διατηρήσει βέλτιστα επίπεδα του στρώματος ιλύος στις δευτεροβάθμιες δεξαμενές. Συνέπεια αυτού είναι η μείωση του ρυθμού άντλησης της ανακυκλοφορούμενης ιλύος και άρα η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

4.4.1. Διαταραχές διεργασίας

Οι παράγοντες που προκαλούν αλλαγές στη λειτουργία ή την απόδοση μιας διεργασίας επεξεργασίας ορίζονται ως διαταραχές. Υπάρχουν δύο σημαντικοί τύποι διαταραχών:

οι εξωτερικές, όπως οι μεταβολές στα χαρακτηριστικά της ροής των εισρεόντων και των υγρών αποβλήτων και οι εσωτερικές, όπως οι ενέργειες χειρισμού ή οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εγκαταστάσεων διεργασίας μέσα στις μονάδες επεξεργασίας.

4.4.1.1. Εξωτερικές διαταραχές

Οι συνεχείς αλλαγές της ροής των εισρεόντων, της σύνθεσης του υγρού απόβλητος και της θερμοκρασίας εισάγουν τις εξωτερικές διαταραχές σχεδόν σε κάθε διεργασία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Παραδείγματος χάριν, η αναλογία μέγιστης προς ελάχιστης απαίτησης οξυγόνου, καθώς επίσης και η παροχή των στερεών, ποικίλει συνήθως από 3:1 σε 5:1 μεταξύ των πρωινών ωρών (ώρες αιχμής) και των νυχτερινών ωρών (εκτός των ωρών αιχμής). Για τις μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αυτή η αναλογία είναι μερικές φορές υψηλότερη φτάνοντας στο 16:1. Μεγάλες μεταβολές μπορούν να οδηγήσουν σε ασυμβίβαστη απόδοση, υποφόρτωση ή υπερφόρτωση μονάδων επεξεργασίας και λανθασμένο σχεδιασμό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Η απόδοση της διεργασίας μειώνεται περαιτέρω κατά τη διάρκεια των έντονων καιρικών φαινομένων (καταιγίδες) καθώς αυξάνονται οι υδραυλικές εισροές σε μέγεθος, προκαλώντας απώλεια βιολογικών στερεών και πιθανές παραβιάσεις των επιτρεπόμενων ορίων εκροών.

Για να ελεγχθεί μια διαταραχή που προκαλείται από τις κυμαινόμενες ροές και παροχές, μπορεί να κατασκευασθεί μια δεξαμενή εξισορρόπησης για να διανείμει το εισερχόμενο μαζικό φορτίο πιο ομοιόμορφα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να μειώσει τις εισροές κατά τη διάρκεια της καταιγίδας ή των γεγονότων μέγιστης ροής. Η δεξαμενή γεμίζει με τα υγρά απόβλητα κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής, όταν η ζήτηση ροής και οξυγόνου είναι υψηλή, και αδειάζει κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν η ροή και η ζήτηση οξυγόνου είναι χαμηλή. Ένας στόχος της λειτουργίας των δεξαμενών εξισορρόπησης είναι να μετριάσει η ένταση του εισερχόμενου υδραυλικού φορτίου στις εγκαταστάσεις. Με την εισαγωγή των συσκευών ανάλυσης της ποιότητας του νερού εντός του συστήματος, μερικές φορές απαιτείται περισσότερο ωφέλιμο οξυγόνο για την εξισορρόπηση. Η χρήση της ημερήσιας εξισορρόπησης φορτίων απλοποιεί και μειώνει το κόστος λειτουργίας των εγκαταστάσεων, μειώνει τις κύριες δαπάνες για τις συσκευές εμπλουτισμού σε διοξειδίο του άνθρακα, τους ανεμιστήρες, τις αντλίες και του άλλου εξοπλισμού και μπορεί να μειώσει τη μεταβλητότητα των συγκεντρώσεων των συστατικών στις εισροές. Η ίδια δεξαμενή εξισορρόπησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειώσει τη ροή σε εγκαταστάσεις κατά τη διάρκεια των καταιγίδων. Μια άλλη μέθοδος για να μειωθεί η μέγιστη ροή που έρχεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας κατά τη διάρκεια καταιγίδας είναι η χρησιμοποίηση του εφεδρικού όγκου του συστήματος συλλογής. Τα περίπλοκα συστήματα ελέγχου ροής χρησιμοποιούνται για να μεγιστοποιήσουν την ικανότητα αποθήκευσης των συστημάτων συλλογής. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούν εκτενώς συσκευές παρακολούθησης και ελέγχου όπως τα υδραυλικά φρένα ρύθμισης και συχνά ρυθμίζονται από ένα δυναμικό μοντέλο υπολογιστών.

4.4.1.2. Εσωτερικές διαταραχές

Εκτός από τις εξωτερικές υπάρχουν και οι εσωτερικές διαταραχές που μερικές φορές έχουν μεγαλύτερη επίδραση από τις εξωτερικές διαταραχές. Ένα παράδειγμα μιας εσωτερικής διαταραχής στην διεργασία είναι η αλλαγή στην αύξηση των νηματοειδών οργανισμών στο υγρό μίγμα που μειώνει την συμβατική απόδοση των τελικών διαυγαστήρων. Για τον επιτυχή σχεδιασμό και τη λειτουργικότητα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πρέπει να αναγνωρισθεί ότι κάθε διεργασία επεξεργασίας δεν είναι μια απομονωμένη μονάδα, αλλά ένα στοιχείο ενός σύνθετου συστήματος. Η αλλαγή στην λειτουργία ενός στοιχείου έχει επιπτώσεις όχι μόνο στην συγκεκριμένη μονάδα επεξεργασίας, αλλά και σε

ολόκληρο το σύστημα. Οι ενέργειες ενός χειριστή, όπως η αλλαγή του αριθμού των μονάδων διεργασίας που βρίσκονται σε λειτουργία, αλλάζοντας τα καθορισμένα σημεία (των στόχων των λειτουργικών τιμών για τις ελεγχόμενες μεταβλητές) και η αλλαγή της δρομολόγησης της ροής, εάν δεν εφαρμόζεται προσεκτικά, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές εσωτερικές διαταραχές.

Μια άλλη πηγή εσωτερικών διαταραχών είναι ο τρόπος λειτουργίας μιας μεμονωμένης μονάδας επεξεργασίας. Κάθε μια από τις μονάδες διεργασίας πρέπει όχι μόνο να είναι αξιόπιστη και αποτελεσματική στην εκτέλεση τη λειτουργία της, αλλά πρέπει και να ελαχιστοποιεί τις διαταραχές σε άλλες μονάδες διεργασίας ή, ακόμα καλύτερα, να αντισταθμίζει αυτές τις μονάδες από τις εξωτερικές διαταραχές. Παραδείγματος χάριν, το φορτίο αμμωνίας στο υπερκείμενο νερό της ιλύος από τις εγκαταστάσεις αφυδάτωσης που ανακυκλώνεται ώστε να υποστεί βιολογική επεξεργασία μπορεί να αυξήσει τη ζήτηση οξυγόνου τουλάχιστον κατά 30 τοις εκατό.

Πηγή	Παράμετρος που επηρεάζεται	Άμεσα επηρεασθείς διεργασία
Διαλείπουσα λειτουργία των αντλιών και άλλου μηχανολογικού εξοπλισμού	Ροή	Όλες οι διεργασίες των καθοδικών ρευμάτων
Άνιση διανομή ροής μεταξύ των παράλληλων μονάδων διεργασίας	Ροή, TSS, απαίτηση σε οξυγόνο	Μονάδες παράλληλης επεξεργασίας
Αλλαγή στην εισερχόμενη συγκέντρωση αμμωνίας και νιτροδών	Απαίτηση σε χλώριο	Απολύμανση
Αλλαγή στη μάζα των άχρηστων στερεών	Παροχή στερεών	Διεργασίες ιλύος
Αλλαγή σε βάθος των στρωμάτων των πρωτοβάθμιων και δευτεροβάθμιων διαυγαστήρων	TSS εισροής, BOD, συγκέντρωση ιλύος TSS	Διεργασίες των υγρών των καθοδικών ρευμάτων, παχυντές
Αλλαγή στον ρυθμό ανακύκλωσης της ροής και της κομποστοποίησης	Παροχή στερεών και απαίτηση σε οξυγόνο	Όλες οι διεργασίες που βρίσκονται στα καθοδικά ρεύματα της σύνδεσης της ανακυκλωμένης ροής και της κύριας ροής

Πίνακας 4.2 Χαρακτηριστικά παραδείγματα των εσωτερικών διαταραχών στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Εάν αυτό το φορτίο εισάγεται για επεξεργασία κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών, θα διανεμηθεί πιο ομοιόμορφα η απαίτηση οξυγόνου και θα χρησιμοποιηθεί η νυχτερινή ενέργεια που είναι λιγότερο δαπανηρή. Η ανακύκλωση του υπερκείμενου νερού κατά τη διάρκεια των ωριών αιχμής μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στον έλεγχο, την ποιότητα των εκροών και το κόστος του αερισμού. Ένας κατάλογος μερικών διαταραχών που προκαλούνται από αλλαγές στις λειτουργικές μεθόδους των διεργασιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

4.4.2. Συστήματα ελέγχου για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Ακόμη και με τις καλύτερες προσπάθειες είναι αδύνατο να εξαλειφθούν πλήρως οι διαταραχές. Κατά συνέπεια, για να διατηρηθεί η βέλτιστη αποδοτικότητα και αξιοπιστία της διεργασίας, είναι απαραίτητο να αντισταθμισθούν οι διαταραχές με την αλλαγή μερικών παραμέτρων της διεργασίας. Οι παράμετροι διεργασίας που πρόκειται να διατηρηθούν στις τιμές των στόχων καλούνται ελεγχόμενοι παράμετροι. Οι παράμετροι της διεργασίας που μπορούν να αλλαχθούν άμεσα για να διατηρήσουν τις ελεγχόμενες παραμέτρους στις τιμές στόχου καλούνται χειριζόμενοι παράμετροι. Παραδείγματα των ελεγχόμενων και χειριζόμενων παραμέτρων για τις διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων δίνονται στον Πίνακα 4.3.

Διεργασία	Ελεγχόμενη παράμετρος	Χειριζόμενη παράμετρος
Πρωτοβάθμια επεξεργασία και πάχυνση με βαρύτητα	Βάθος ιλύος	Ρυθμός αφαίρεσης ιλύος
	Διαλυμένη συγκέντρωση οξυγόνου σε μια συσκευή εμπλουτισμού Οξυγόνου	Ρυθμός παροχής οξυγόνου
Ενεργός ιλύς	Βάθος ιλύος σε έναν διαυγαστήρα	Ρυθμός ροής της ιλύος ανακυκλοφορίας
	Χρόνος παραμονής στερεών	Ρυθμός αφαίρεσης ιλύος
Χλωρίωση	Υπόλοιπο χλωρίου	Δόση χλωρίου
Επίπλευση διαλυμένου οξυγόνου	Αέρας σε αναλογία στερεών TSS στο υπερκείμενο νερό	Ροή πολυμερούς Φόρτωση ταινίας στερεών
Πάχυνση με ταινία βαρύτητας	Στερεά τοις εκατό Συγκράτηση τοις εκατό	Ρυθμός ροής πολυμερών

Πίνακας 4.3 Χαρακτηριστικά παραδείγματα ελεγχόμενων και χειριζόμενων παραμέτρων

4.4.3. Πλεονεκτήματα του αυτόματου ελέγχου

Βάση αρχείων απόδοσης από πολυάριθμες εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, τα συστήματα αυτόματου ελέγχου όχι μόνο μειώνουν το φόρτο εργασίας, αλλά και

επιτρέπουν τον ακριβέστερο έλεγχο των παραμέτρων της διεργασίας. Ο βελτιωμένος έλεγχος των παραμέτρων διεργασίας σταθεροποιεί και βελτιώνει τη λειτουργία όχι μόνο μιας διεργασίας που έγκειται υπό έλεγχο, αλλά και τις διεργασίες που ακολουθούν. Παραδείγματος χάριν, η αυτοματοποίηση βελτιώνει τη λειτουργία όχι μόνο της διεργασίας της ενεργού ιλύος, αλλά και των διεργασιών πάχυνσης της ιλύος λόγω του σταθερότερου μαζικού φορτίου ιλύος στις εγκαταστάσεις πάχυνσης.

Η αποτυχία οποιουδήποτε στοιχείου (συχνότερα ενός οργάνου) ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα εάν ένας αλγόριθμος ελέγχου δεν αναγνωρίζει αυτόματα μια έλλειψη που έχει εμφανιστεί ώστε να αντισταθμισθεί. Ένας αλγόριθμος ελέγχου είναι ένα σύνολο οδηγιών ή λογισμικού που χρησιμοποιείται από τον ελεγκτή για να επιφέρει μια αλλαγή σε έναν ελέγξιμο παράμετρο. Στο παρελθόν, η χαμηλή αξιοπιστία ήταν ένας σημαντικός παράγοντας για την περιορισμένη χρησιμοποίηση του αυτόματου ελέγχου στη βιομηχανία υγρών αποβλήτων. Η πρόοδος του ηλεκτρομηχανολογικού μέρους των υπολογιστών, και ιδιαίτερα του λογισμικού, έχουν καταστήσει τα σύγχρονα συστήματα ελέγχου να λειτουργούν αξιόπιστα, ακόμα κι αν ένα από τα στοιχεία αποτυγχάνει. Άλλα πλεονεκτήματα του αυτόματου ελέγχου είναι η μείωση του λειτουργικού προσωπικού, οι μειωμένες βάρδιες παρακολούθησης της λειτουργίας και η αυτόματη καταγραφή και αρχειοθέτηση των δεδομένων.

4.5. Ενεργειακή αποδοτικότητα στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Οι επιχειρήσεις διαχείρισης υδάτινων πόρων και υγρών αποβλήτων καταναλώνουν περίπου το 2% του συνολικού ποσού ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στις ΗΠΑ. Χαρακτηριστικά, το 30% της λειτουργικής δαπάνης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων προϋπολογίζονται για την ενεργειακή χρήση. Κατά τη διάρκεια των επόμενων 20 έως 30 ετών, οι απαιτήσεις για ηλεκτρική ενέργεια στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων αναμένεται να αυξηθούν κατά 30-40%. Σε μια εποχή όπου υπάρχουν ανησυχίες για την επάρκεια των αποθεμάτων των καυσίμων, του κόστους της ενέργειας και τα όλο και υψηλότερα επίπεδα επεξεργασίας που έχουν ως αποτέλεσμα την αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας, ο σχεδιασμός και η λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στρέφονται όλο και περισσότερο στη βελτίωση της αποδοτικότητας της ηλεκτρικής ενεργειακής χρήσης και τη μείωση του κόστους της επεξεργασίας. Μια επισκόπηση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας στη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και τα μέτρα που μπορούν να υιοθετηθούν για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και του κόστους της λειτουργίας παρουσιάζονται σε αυτήν την ενότητα.

4.5.1. Επισκόπηση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Οι λειτουργικές απαιτήσεις για τα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ποικίλλουν άμεσα ως προς το φορτίο των υγρών αποβλήτων. Η μέγιστη ενεργειακή ζήτηση εμφανίζεται από τη μεσημβρία μέχρι τις πρώτες βραδινές ώρες όπου και εμφανίζονται οι μέγιστες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια στην κοινωνία. Καθώς το φορτίο των υγρών αποβλήτων αλλάζει κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι απαιτήσεις για την άντληση, τον

αερισμό και την επεξεργασία των στερεών μεταβάλλεται αναλόγως. Μερικές εγκαταστάσεις τροποποιούν τα προγράμματα λειτουργίας του εξοπλισμού τους για να ικανοποιήσουν τις συνθήκες παροχής, άλλες εγκαταστάσεις θέτουν τα τμήματα των συστημάτων τους (όπως οι ανεμιστήρες αερισμού) σε πλήρη λειτουργία συνεχώς, ανεξάρτητα από την παροχή.

Περίπου το 85 τοις εκατό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στ παρέχουν δευτεροβάθμια ή υψηλότερα επίπεδα επεξεργασίας. Στη δευτεροβάθμια επεξεργασία, το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη βιολογική επεξεργασία με τη διεργασία της ενεργού ύλης που απαιτεί ενέργεια για τον αερισμό ή τις βιολογικές κλίνες που με την σειρά τους απαιτούν ενέργεια για την άντληση των εισροών και την επανακυκλοφορία των εκροών, τα συστήματα άντλησης που μεταφέρουν τα υγρά απόβλητα, την υγρή ύλη, τα βιοστερεά και τα υγρά των διεργασιών και για τον εξοπλισμό της επεξεργασίας, της αφυδάτωσης και της ξήρανσης των στερεών και των βιοστερεών.

Στην επεξεργασία ενεργού ύλης, περίπου 1100 έως 2400 MJ ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούνται για την επεξεργασία κάθε 1.000 m³ των υγρών αποβλήτων. Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται ποικίλλει γενικά ανάλογα με το μέγεθος των εγκαταστάσεων και τον τύπο του συστήματος επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται.

Συνδυασμοί φυσικών (όπως η άντληση, η εσχάρωση, η καθίζηση και η διήθηση), χημικών και βιολογικών διεργασιών χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση των συστατικών. Χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι ηλεκτρικών μηχανοκίνητων εξοπλισμών στις διεργασίες και στις λειτουργίες άντλησης, αερισμού, ανάμιξης, συλλογής ύλης και φυγοκέντρισης.

Οι εγκαταστάσεις της προχωρημένης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων απαιτούν ακόμα μεγαλύτερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εγκαταστάσεις που εφαρμόζουν βιολογική επεξεργασία για τη διήθηση και αφαίρεση θρεπτικών χρησιμοποιούν συνήθως 30-50% περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για τον αερισμό, την άντληση και την επεξεργασία των στερεών από μια συμβατική επεξεργασία υγρών αποβλήτων.

Τεχνολογία	Ενεργειακή επίδραση	
	kWh	MJ/1000m ³
Διάχυτες λεπτών πόρων (για τον αερισμό)	125-150	120-140
Διάχυτες πολύ λεπτών πόρων	180-220	170-210
Συστήματα ελέγχου διαλυμένου οξυγόνου (σε σύγκριση με το χειρωνακτικό έλεγχο)	50-150	48-95
Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα ελέγχου φυσητήρων, δηλ., οδηγοί βανών εισόδου, βαλβίδες πεταλούδων εισόδου ή οδηγοί ρύθμισης ταχύτητας	50-150	48-140
Ενεργειακά αποδοτικοί φυσητήρες αερισμού (σε σύγκριση με τους φυσητές με οδηγούς βανών εισόδου) UV (υπεριώδης) απολύμανση	100-150	95-140
Μεμβράνες	50-200	48-190
Μικροδιήθηση	200-400	190-380
Αντίστροφη όσμωση	1000-2000	950-1900

Πίνακας 4.4 Ενεργειακές επιδράσεις των νέων τεχνολογιών στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Με την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, οι ανάγκες σε ενέργεια θα αλλάξουν το μέγεθος των πιθανών επιδράσεων παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.4. Οι επιδράσεις μπορεί να είναι είτε μειώσεις της ενεργειακής χρήσης λόγω του αποδοτικότερου εξοπλισμού και των συστημάτων, είτε αυξήσεις λόγω των αλλαγών στις απαιτήσεις της επεξεργασίας, υψηλότερα επίπεδα επεξεργασίας ή νέων τεχνολογιών των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην ηλεκτρική ενέργεια, δηλ. επεξεργασία μεμβρανών, απολύμανση UV και αυτοθερμαινόμενη αερόβια χώνευση.

4.5.2. Μέτρα για βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Δυνατότητες στη διαχείριση της ενεργειακής χρήσης στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων υπάρχουν με την υιοθέτηση της έννοιας της διαχείρισης της πλευρικής ζήτησης. Η βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας έχει αναγνωρίσει από καιρό τη σημασία του παραδοσιακού προγραμματισμού της πλευρικής προσφοράς με τη διαχείριση της πλευρικής ζήτησης για να μειώσει τη μέγιστη ζήτηση. Ο στόχος της διαχείρισης της πλευρικής ζήτησης είναι να αλλαχθούν τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών παροχών (το ποσό της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε διαφορετικές ώρες της ημέρας) με τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και τη διαχείριση της λειτουργίας του εξοπλισμού. Στη διαχείριση της πλευρικής ζήτησης, αναγνωρίζεται ότι θα εμφανιστεί αύξηση των παροχών δεδομένου ότι τα συστήματα επεκτείνονται για να καλύψουν τις νέες οικιακές και βιομηχανικές ανάγκες συλλογής και επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Τα μέτρα για την ενεργειακή αποδοτικότητα απαιτούν τη γνώση του ποσού της ενέργειας που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων από τα διάφορα στοιχεία των διεργασιών της επεξεργασίας. Ένας από τους καλύτερους τρόπους να γίνει κατανοητή η ενεργειακή χρήση και το δυναμικό της αποδοτικότητας και της διαχείρισης της ενέργειας είναι να διεξαχθεί ένας ενεργειακός έλεγχος της υπάρχουσας εγκατάστασης. Τα διαφορετικά επίπεδα ενός ενεργειακού ελέγχου μπορούν να εκτελεσθούν με ένα προκαταρκτικό έλεγχο για να εξαχθεί μια επισκόπηση της κατανάλωσης ενέργειας του κύριου εξοπλισμού ή με έναν λεπτομερή έλεγχο της διεργασίας στον οποίο αξιολογείται η ενεργειακή χρήση των τμημάτων της διεργασίας. Γενικά, ένας από τους αρχικούς στόχους σε έναν έλεγχο είναι η αξιολόγηση των διεργασιών με την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας ή των διεργασιών, όπως ο αερισμός στις εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος. Περίπου το 50% της συνολικής ενέργειας των εγκαταστάσεων της ενεργού ιλύος χρησιμοποιείται για τον αερισμό. Έτσι, στον αερισμό, η ενέργεια πρέπει να διαχειριστεί εναλλακτικά ώστε να επιτευχθεί μείωση της ενεργειακής χρήσης και του κόστους. Άλλες συστάσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας, που βασίζονται στον έλεγχο των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, συνοψίζονται στον Πίνακα 4.5.

Η εφαρμογή των λειτουργικών αλλαγών ή η βελτίωση των διεργασιών και του εξοπλισμού μπορεί να μειώσει την ενεργειακή χρήση και το κόστος. Οι λειτουργικές αλλαγές μπορούν να γίνουν σε μια διεργασία ή σε ένα σύστημα με ελάχιστη ή καμία αύξηση του κόστους. Η βελτίωση των διεργασιών ή του εξοπλισμού, εντούτοις, συχνά απαιτεί σημαντικές δαπάνες για την τροποποίηση ή την αντικατάσταση του υπάρχοντος εξοπλισμού, την κατασκευή νέων εγκαταστάσεων και την εγκατάσταση του εξοπλισμού. Μια λεπτομερής ανάλυση των δαπανών πρέπει να γίνεται για κάθε αλλαγή ώστε να καθορίζεται εάν η εξοικονόμηση που παράγεται με την αλλαγή μπορεί να δικαιολογήσει το κύριο κόστος της αλλαγής.

Εγκατάσταση οδηγών ρύθμισης ταχύτητας στις αντλίες και τους φυσητήρες για τις διεργασίες μεταβλητής ροής
Εγκατάσταση συσκευής παρακολούθησης και ελέγχου της διαδικασίας στις δεξαμενές αερισμού
Διεξαγωγή περιοδικών δοκιμών των αντλιών και επισκευή ή αντικατάσταση των αντλιών που υπολειπόμενες
Ενεργοποίηση των γεννητριών έκτακτης ανάγκης κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής για να μειωθεί η απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια
Εγκατάσταση ηλεκτρικών συσκευών παρακολούθησης του φορτίου
Εγκατάσταση πυκνωτών για να βελτιωθεί ο παράγοντας της ενέργειας
Αλλαγή ή μείωση τις λειτουργίας άντλησης
Αντικατάσταση των μηχανών μεγάλου μεγέθους

Πίνακας 4.5 Σύνοψη συχνών συστάσεων ελέγχου για την εξοικονόμηση ενέργειας σε αρκετές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

4.6. Αναβάθμιση των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η αναβάθμιση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ορίζεται ως η τροποποίηση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων και λειτουργιών ώστε να βελτιωθεί η λειτουργία, η συντήρηση και η απόδοση, και η προσθήκη νέων εγκαταστάσεων που ενισχύουν την απόδοση, βελτιώνουν την αποδοτικότητα της επεξεργασίας και παρέχουν υψηλότερα επίπεδα επεξεργασίας με συμμόρφωση στους νέους κανονισμούς για την επαναχρησιμοποίηση, την απαλλαγή, ή τη διάθεση.

Η καθιέρωση του κατάλληλου ελέγχου των διεργασιών επεξεργασίας θεωρείται πάντα το αρχικό καθήκον του προσωπικού λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Στο παρελθόν, το κριτήριο του καλού ελέγχου και λειτουργίας ήταν να παράγονται εκροές με τον μέσο όρο των δεικτών της ποιότητας υδάτων να μην υπερβαίνουν τα όρια που είχαν καθιερωθεί από μια ρυθμιστική αρχή. Οι λειτουργικές παράμετροι και οι διεργασίες επιλέγονταν συνήθως βάσει της διαισθητικής προσέγγισης και μη δημοσιευμένων στοιχείων.

Τα τελευταία χρόνια, πολλές δευτεροβάθμιες εγκαταστάσεις επεξεργασίας μετατράπηκαν σε βιολογικές εγκαταστάσεις αφαίρεσης των θρεπτικών και αποκατάστασης του ύδατος. Σε μερικές εγκαταστάσεις απαιτείται ακόμη να παραγάγουν εκροές ίσης ποιότητας με αυτή του πόσιμου νερού. Σε διάφορες περιπτώσεις, λόγω των περιορισμών χρηματοδότησης για την επέκταση των εγκαταστάσεων, μερικές εγκαταστάσεις λειτουργούν υπερβαίνοντας τη σχεδιαστική τους ικανότητα. Συγχρόνως, περισσότερη έμφαση δίνεται στη λειτουργική αξιοπιστία και σε μερικές περιπτώσεις, οι εγκαταστάσεις αναστέλλουν την λειτουργία τους και τους επιβάλλονται πρόστιμα. Τέλος, λόγω της ανάγκης για βελτίωση της αποδοτικότητας των εγκαταστάσεων και μείωση των κύριων λειτουργικών δαπανών, η ιδιωτικοποίηση της κατασκευής και της λειτουργίας των εγκαταστάσεων έχει μπει τον τομέα των υγρών αποβλήτων, με συνέπεια να δημιουργούνται ανταγωνιστικές τάσεις μεταξύ των δημόσιων και ιδιωτικών λειτουργούντων φορέων. Ως αποτέλεσμα αυτών των κοινωνικών, οικονομικών και τεχνολογικών αλλαγών, το προσωπικό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βρίσκεται αντιμέτωπο με πολλές προκλήσεις. Συχνά, αυτές οι προκλήσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων της διεργασίας και των λειτουργιών, εκσυγχρονίζοντας τις εγκαταστάσεις και βελτιώνοντας τον υφιστάμενο εξοπλισμό. Η

ανάπτυξη τέτοιων βελτιώσεων απαιτεί συνήθως τη χρήση περίπλοκων εργαλείων και πρωτοκόλλων χωρίς τις διαισθητικές προσεγγίσεις.

4.6.1. Αναβάθμιση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η αναβάθμιση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μπορεί να περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό ή μόνο ελάχιστους παράγοντες. Το φάσμα αυτού του κειμένου δεν μπορεί να περιλάβει τον προσδιορισμό και την εξέταση όλων των παραγόντων που μπορούν να αναβαθμίσουν μια συγκεκριμένη εγκατάσταση, αλλά προσδιορίζει πολλά από τα ζητήματα που αντιμετωπίζουν διάφορες εγκαταστάσεις. Τα παραδείγματα των σημαντικών ζητημάτων που παρουσιάζονται παρακάτω περιλαμβάνουν την πιθανή επίλυση ενός λειτουργικού ή φυσικού προβλήματος μιας εγκατάστασης. Τα διάφορα ζητήματα σχετικά με την αναβάθμιση διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες:

Στις λειτουργικές αλλαγές που βελτιώνουν την απόδοση των εγκαταστάσεων, στην αναβάθμιση των φυσικών εγκαταστάσεων της επεξεργασίας των υδάτων και των στερεών, και στις πιθανές τροποποιήσεις των διεργασιών για την κάλυψη των νέων απαιτήσεων αφαίρεσης των συστατικών και συζητούνται στις ακόλουθες παραγράφους.

4.6.1.1. Λειτουργικές τροποποιήσεις

Μερικά από τα συχνά προβλήματα που αντιμετωπίζονται στη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αφορούν τη μεταβαλλόμενη φύση των υγρών αποβλήτων, τις μεταβολές στις ροές και τα φορτία, την χρησιμοποίηση και την διατήρηση κάθε τμήματος της διεργασίας ώστε να επιτύχει τη μέγιστη αποδοτικότητα και την διατήρηση του ποιοτικού ελέγχου έτσι ώστε οι επεξεργασμένες εκροές να συναντούν τις απαιτήσεις των αυστηρών όρων επαναχρησιμοποίησης ή των επιτρεπόμενων ορίων. Τα παραδείγματα των λειτουργικών τροποποιήσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιλύσουν τα ζητήματα της απόδοσης των εγκαταστάσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.

Ζήτημα	Πιθανά διορθωτικά μέτρα
Γενικές εγκαταστάσεις	
Οσμές από ανοικτά κανάλια και δεξαμενές	Μείωση των στροβιλισμών με τον έλεγχο των σταθμών ύδατος για να περιοριστούν οι ελεύθερες πτώσεις και ο παφλασμός
	Πρόσθεση χημικών ουσιών (όπως χλώριο, χλωριούχος σίδηρος, ή υπεροξείδιο του υδρογόνου) στο εισρέον υγρό απόβλητο
	Τροποποίηση της παροχής της διεργασίας
Ευρείες μεταβολές της ροής των εισροών	Διεξαγωγή έρευνας στα συστήματα συλλογής διήθησης / εισροής για να προσδιοριστούν οι πηγές ξένης ροής
Βραχυκυκλώματα στους διαυγαστήρες και τις δεξαμενές επαφής χλωρίου	Διεξαγωγή δοκιμής χρωστικών ουσιών
Εγκαταστάσεις εκτροπής	

Ζήτημα	Πιθανά διορθωτικά μέτρα
Οσμώδης άμμος	Ρύθμιση του ρυθμού ροής του αέρα στις δεξαμενές αερισμού της άμμου για να παραχθεί καθαρότερη άμμος
	Πρόσθεση ασβέστη στην αφυδατωμένη άμμο
Οσμές και φορείς στις εγκαταστάσεις εκτροπής	Κάλυψη των δοχείων άμμου και εσχαρισμάτων
	Πρόσθεση ασβέστη στην αφυδατωμένη άμμο και τα εσχαρίσματα
	Ανάλυση της υδραυλικής των καναλιών και των δεξαμενών άμμου
Ανεπαρκής απομάκρυνση άμμου	Ρύθμιση της διανομής ροής στην δεξαμενή άμμου
	Πρόσθεση προσωρινών διαφραγμάτων για να αποτραπεί το βραχυκύκλωμα
	Ρύθμιση του ρυθμού ροής του αέρα στις αερισμένες δεξαμενές άμμου
Απόθεση άμμου στα κανάλια	Τροποποίηση / ρύθμιση της ροής των καναλιών μέσω της ταχύτητας
Πρωτοβάθμιοι διαυγαστήρες	
	Έλεγχος για βραχυκύκλωμα / τροποποίηση του παφλασμού
Χαμηλή αφαίρεση στερεών	Βελτίωση της διανομής ροής
	Πρόσθεση χημικών ουσιών στις εισροές
	Μείωση των ροών ανακυκλοφορίας από άλλες διεργασίες
Χαμηλή συγκέντρωση στερεών στην πρωτοβάθμια ιλύ	Τροποποίηση του ποσοστού άντλησης ιλύος /εγκατάσταση χρονομετρών
	Αύξηση του γενικού χώρου της ιλύος
Δεξαμενές αερισμού	
	Καθορισμός περιγράμματος της διαδικασίας στη δεξαμενή και ρύθμιση του ρυθμού ροής του αέρα
	Διεξαγωγή δοκιμής μεταφοράς οξυγόνου
	Αξιολόγηση βουλωμένου διασκορπιστή / καθαρισμός βουλωμένου διασκορπιστή
	Αλλαγή της συμβατικής λειτουργίας εμβολικής ροής με απότομη τροφοδότηση βημάτων (εάν είναι δυνατόν)
	Έλεγχος των χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων
	Κλείσιμο του εξοπλισμού αερισμού κατά τη διάρκεια των χαμηλών περιόδων ροής και παροχής
	Εγκατάσταση χρονομέτρων για τον έλεγχο του φυσητήρα ή τη μηχανική λειτουργία αερισμού

Πίνακας 4.6 Παραδείγματα λειτουργικών αλλαγών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την απόδοση των εγκαταστάσεων

4.6.1.2. Αναβάθμιση των φυσικών εγκαταστάσεων

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας περιλαμβάνουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για να επιτύχουν τους στόχους της επεξεργασίας. Σε μερικές περιπτώσεις, κάποιες μονάδες υποχρησιμοποιούνται ή υπερτροφοδοτούνται, προκαλώντας υδραυλικές δυσχέρειες που περιορίζουν την αποτελεσματική και αποδοτική λειτουργία. Οι σχεδιαστικές ατέλειες των εγκαταστάσεων έχουν επιπτώσεις στις διεργασίες των εγκαταστάσεων και την διατήρηση τους. Σε μερικές περιπτώσεις, απαιτείται αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας στην οποία ένα πραγματικού μεγέθους πρόγραμμα δοκιμής καθορίζει την ικανότητα των κρίσιμων στοιχείων της διεργασίας της επεξεργασίας. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να υπάρξει ένα βραχυκύκλωμα στους πρωτοβάθμιους διαυγαστήρες, με συνέπεια τη μεταφορά του υλικού καθίζησης στις βιολογικές μονάδες επεξεργασίας προκαλώντας συνθήκες υπερφόρτωσης ή αύξησης του κόστους της επεξεργασίας.

Η δοκιμή πίεσης στα τμήματα της διεργασίας είναι απαραίτητη για να καθορισθούν τα όρια της λειτουργικής ικανότητας των βασικών εγκαταστάσεων. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορεί να υιοθετηθεί η δοκιμή των χρωστικών ουσιών στις υδραυλικές ροές ή η μέτρηση των ρυθμών μεταφοράς του διαλυμένου οξυγόνου για να καθορισθεί η αποδοτικότητα του αερισμού. Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον σχεδιασμό και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας για την επεξεργασία των υδάτων λόγω των επιτρεπόμενων ορίων της επαναχρησιμοποίησης και εκροής σε αντίθεση με την επεξεργασία των στερεών. Η επεξεργασία των στερεών είναι συχνά το μεγαλύτερο πρόβλημα για πολλές εγκαταστάσεις εξαιτίας των λειτουργικών δυσκολιών, των όλο και περισσότερο αυστηρών ορίων επαναχρησιμοποίησης και των περιορισμένων επιλογών διάθεσης. Εντούτοις, μερικές από τις νέες τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναβαθμίσουν τον σχεδιασμό και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των στερεών.

4.6.2. Κάλυψη δεξαμενών για τη μείωση των αναγκών θερμότητας

Στα βόρεια κλίματα, οι δεξαμενές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων συχνά καλύπτονται για να αποφευχθεί το πάγωμα του περιεχομένου τους. Αυτή η πρακτική μειώνει, ή ενδεχομένως εξαλείφει, την ενέργεια που καταναλώνεται για την αναθέρμανση του εξοπλισμού και των δεξαμενών. Οι δεξαμενές που βρίσκονται σε χώρους όπου απαιτείται συχνή αλλαγή του αέρα μπορούν να καλυφθούν για να μειωθεί ο απαιτούμενος όγκος αέρα. Η ανάκτηση της απορριπτόμενης θερμότητας από τα απαέρια ή η ανάμιξη με τον εξωτερικό αέρα μπορεί να επιφέρει επιπλέον εξοικονόμηση. Πρόσθετα πλεονεκτήματα της κάλυψης των δεξαμενών είναι η μείωση του ελέγχου των οσμών και των απαερίων και η βελτίωση των λειτουργιών λόγω της διατήρησης μίας πιο σταθερής θερμοκρασίας.

Η πρακτική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε ανοιχτή δεξαμενή συμπεριλαμβανομένου των δεξαμενών απομάκρυνσης άμμου, μείωσης του μεγέθους των στερεών, καθίζησης, αερισμού, των παχυντών βαρύτητας, των αερόβιων χωνευτών, των δεξαμενών αποθήκευσης βιοστερεών και των δεξαμενών απολύμανσης. Οι περιορισμοί της εφαρμογής σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες. Γενικά, όσο πιο κρύο είναι το κλίμα, τόσο το καλύτερο για την εφαρμογή.

Η εγκατάσταση των καλυμμάτων διακόπτει μόνο για ένα περιορισμένο διάστημα τη χρήση των δεξαμενών. Η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει ποικίλλει ανάλογα με τον αριθμό των ανοιχτών δεξαμενών και τον συνολικό όγκο αποθήκευσης. Ο χρόνος απόσβεσης

εξαρτάται από τον αριθμό των δεξαμενών και το καύσιμο που καταναλώνεται για τη αναθέρμανση των παγωμένων στοιχείων, ή από το μέγεθος του κλειστού χώρου στον οποίο βρίσκονται οι δεξαμενές. Ο χρόνος απόσβεσης αυξάνεται με την ποσότητα του εξοπλισμού στον οποίο απαιτείται να εφαρμοστεί αυτή η πρακτική.

4.6.3. Βελτίωση του συντελεστή ισχύος

Ο συντελεστής ισχύος, γνωστός και ως άεργος ισχύς, αντανακλά το βαθμό που το ηλεκτρικό ρεύμα και η τάση κάνουν κύκλο λειτουργίας με διαφορά φάσης. Η άεργος ισχύς είναι ανεπιθύμητη διότι δεν παράγει κανένα έργο, επιβαρύνει τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με μια επιπλέον ποσότητα ρεύματος που αναλογεί απλά σε αντίστοιχες θερμικές απώλειες και αλλοιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας. Μεγάλη άεργος ισχύς επίσης σημαίνει μεγαλύτερες βυθίσεις τάσεως, μεγαλύτερες απώλειες σε μετασηματιστές και μικρότερη διάρκεια ζωής για τους κινητήρες. Πολλές εταιρίες ηλεκτροδότησης χρεώνουν επιπλέον τον χαμηλό συντελεστή ισχύος λόγω του κόστους παροχής του πρόσθετου ηλεκτρικού ρεύματος, με αποτέλεσμα οι καταναλωτές να πληρώνουν ηλεκτρική ενέργεια που δεν χρησιμοποιείται πουθενά.

Ο χαμηλός συντελεστής ισχύος στις εγκαταστάσεις συχνά προκαλείται από ηλεκτρικές μηχανές που λειτουργούν σε μερικό φορτίο με αποτέλεσμα η απόδοση του κινητήρα να μειώνεται και να σπαταλάται ενέργεια. Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος των ηλεκτρικών μηχανών (με στόχο την επίτευξη $\cos(\varphi) > 0.95$) μπορεί να γίνει με την ελαχιστοποίηση της λειτουργίας των μηχανών σε μερικό φορτίο, με την αποφυγή της λειτουργίας εξοπλισμού πάνω από την ονομαστική του τάση, με την αντικατάσταση των μη αποδοτικών ή υπερδιαστασιοποιημένων μηχανών με ενεργειακά αποδοτικές μηχανές που λειτουργούν κοντά στην ονομαστική τους τάση και με την εγκατάσταση πυκνωτών διόρθωσης του συντελεστή ισχύος. Τα δύο πρώτα μέτρα βελτίωσης του συντελεστή ισχύος δεν έχουν κανένα κόστος. Τα δύο τελευταία μέτρα όμως μπορεί να έχουν σημαντικό κόστος επένδυσης.

Η απόδοση ενός κινητήρα τείνει να μειώνεται σημαντικά όταν λειτουργεί σε φορτίο κάτω από το 50% του ονομαστικού του, και ο συντελεστής ισχύος τείνει επίσης να μειώνεται με τη λειτουργία σε μερικό φορτίο. Η τακτική παρακολούθηση της απόδοσης ισχύος και του συντελεστή φορτίου μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες όσον αφορά τη μη αποδοτική λειτουργία ενός κινητήρα ή τη δυνητική εμφάνιση βλάβης σε ένα κινητήρα. Τα συστήματα των κινητήρων θα πρέπει να εξετάζονται τακτικά για να καθορίζεται αν κάποιος κινητήρας χρειάζεται να αλλάξει μέγεθος, αν χρειάζεται να προστεθεί ένας μικρότερος κινητήρας για να ικανοποιήσει τα χαμηλότερα φορτία ή αν χρειάζεται να αντικατασταθεί με έναν ενεργειακά αποδοτικό κινητήρα.

Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να γίνει με την προσθήκη φορτίων πυκνωτών ή με την προσθήκη καταναλώσεων επαγωγικών ρευμάτων (πηνίων) ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μιας εγκατάστασης (επαγωγική συμπεριφορά ή χωρητική αντιστοίχως). Αυτή η εφαρμογή είναι ιδιαίτερα επωφελής σε εγκαταστάσεις που διαθέτουν μεγάλες ηλεκτρικές μηχανές.

Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης παρουσιάζει αρκετά τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Η διόρθωση του συντελεστή ισχύος βελτιώνει τον παράγοντα ενέργειας, με αποτέλεσμα να μειώνεται το ενεργειακό κόστος και κατά συνέπεια το κόστος λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης. Επίσης, η βελτίωση του συντελεστή ισχύος επιτρέπει τη χρήση μικρότερων μετασηματιστών, διακοπτικού υλικού, καλωδίων κλπ., ενώ επίσης ελαττώνει τις απώλειες ισχύος και την πτώση τάσης μιας εγκατάστασης.

Η ενεργειακή εξοικονόμηση που προκύπτει με τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος ποικίλλει, αλλά γενικά κατ'ελάχιστο κυμαίνεται στο 5 με 10% της ενέργειας που καταναλώνεται από τις μηχανές χαμηλού συντελεστή ισχύος. Το οικονομικό όφελος επίσης ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος των ηλεκτρικών μηχανών και τα τιμολόγια χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

4.6.4. Κινητήρες υψηλής απόδοσης

Με τον όρο κινητήρες υψηλής απόδοσης αναφερόμαστε γενικότερα σε μηχανές υψηλής απόδοσης, οι οποίες σε μία εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να είναι αντλίες υψηλής απόδοσης, ενεργειακά αποδοτικοί φυσητήρες αερισμού και διάφοροι άλλοι κινητήρες κίνησης (όπως οι κινητήρες κίνησης των γεφυρών με τα ξέστρα).

Οι κινητήρες είναι συχνά διαθέσιμοι σε τυποποιημένα (συμβατικά) μοντέλα ή σε μοντέλα υψηλής απόδοσης. Οι κινητήρες υψηλής απόδοσης είναι 2-8% αποδοτικότεροι από τους συμβατικούς κινητήρες. Η διαφορά στην απόδοση είναι μεγαλύτερη για τους μικρότερους κινητήρες από ότι είναι για τους μεγαλύτερους, αν και ακόμη και μία διαφορά 1 -2% στην απόδοση μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στο ενεργειακό κόστος ενός μεγάλου κινητήρα που βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία.

Οι ενεργειακά αποδοτικοί κινητήρες οφείλουν την υψηλή τους επίδοση σε βασικές σχεδιαστικές βελτιώσεις και σε πιο ακριβή όρια ανοχής κατασκευής. Η επιμήκυνση του ρότορα και η χρήση χάλυβα χαμηλής ηλεκτρικής απώλειας, λεπτών ελασμάτων στάτορα και τυλιγμάτων με περισσότερο χαλκό μειώνουν τις ηλεκτρικές απώλειες. Τα πιο εξελιγμένα ρουλεμάν και οι μικρότεροι και πιο αεροδυναμικοί ανεμιστήρες ψύξης αυξάνουν περαιτέρω την απόδοση. Επίσης, οι κινητήρες υψηλής απόδοσης κάνουν πιο αποδοτική χρήση ενέργειας, και ο βελτιωμένος σχεδιασμός τους παρέχει υψηλότερο συντελεστή ισχύος, με αποτέλεσμα να απαιτούν λιγότερη συντήρηση και να είναι πιο αξιόπιστοι.

Οι κινητήρες υψηλής απόδοσης έχουν γενικά καλύτερη μόνωση και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής ρουλεμάν, εκπέμπουν λιγότερη θερμότητα και έχουν λιγότερους κραδασμούς. Επιπλέον, οι κινητήρες αυτοί έχουν μεγαλύτερη ανοχή σε συνθήκες υπερφόρτωσης και σε έλλειψη σταθερότητας φάσης. Το αποτέλεσμα είναι μικρά ποσοστά αστοχίας, γεγονός που έχει οδηγήσει τους κατασκευαστές να προσφέρουν εγγυήσεις μεγαλύτερης διάρκειας για τους κινητήρες αυτούς.

Όπως σε όλους τους κινητήρες, τα κατασκευαστικά υλικά και εξαρτήματα μπορεί να επηρεαστούν κατά την διάρκεια επισκευών και αντικαταστάσεων, μειώνοντας τον αρχικό βαθμό απόδοσης. Η επιμονή τήρησης των συνιστώμενων προτύπων ποιότητας από το συνεργείο επισκευής των κινητήρων μπορεί να συμβάλλει στη διατήρηση του βαθμού απόδοσης του κινητήρα κοντά ή στα αρχικά επίπεδα.

Οι ενεργειακά αποδοτικοί κινητήρες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για όλες τις νέες εγκαταστάσεις, για αντικατάσταση κινητήρων που αστόχησαν, ή ως ανταλλακτικά. Συχνά αποτελούν μία οικονομικά αποδοτική εναλλακτική λύση ως ανταλλακτικά, και ορισμένες φορές αποτελούν μία οικονομικά αποδοτική λύση για αντικατάσταση κινητήρων που λειτουργούν καλά σε εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων.

Ακόμη, είναι οικονομικά αποδοτικοί σε εφαρμογές με υψηλό συντελεστή δυναμικού. Ωστόσο, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η μεγαλύτερη ταχύτητά τους οδηγεί σε υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας, χωρίς ουσιαστικά να προσφέρουν επιπλέον χρήσιμο έργο, οι κινητήρες αυτοί μπορεί να μην αποτελούν μία οικονομική επιλογή. Μία σύγκριση κόστους θα καθορίσει εάν η αντικατάσταση ενός κινητήρα είναι οικονομικά αποδοτική, και μία ανάλυση του συνολικού συστήματος - συμπεριλαμβανομένου της διαδικασίας κίνησης, του

συστήματος κίνησης και των ελέγχων - θα αποκαλύψει εάν άλλες αλλαγές θα μπορούσαν να προσφέρουν περισσότερα οφέλη.

Στις αντλίες και στους φυσητήρες αναλογεί το 80-90% του ενεργειακού κόστους των εγκαταστάσεων, ενώ το ενεργειακό κόστος ζωής για τη μόνιμη λειτουργία ενός κινητήρα είναι 10 με 20 φορές υψηλότερο από το αρχικό κόστος αγοράς του κινητήρα. Οι κινητήρες υψηλής απόδοσης έχουν αναγνωρισμένο ιστορικό υψηλής επίδοσης, με αποδεδειγμένα μικρότερα ποσοστά αστοχίας και ως εκ τούτου μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στη μείωση του λειτουργικού κόστους μιας εγκατάστασης. Παρόλο που το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός κινητήρα υψηλής απόδοσης είναι 10-15% υψηλότερο, η χαμηλότερη ενεργειακή του κατανάλωση και το μικρό ποσοστό αστοχίας του μπορεί να μειώσει δραματικά το ενεργειακό κόστος της μονάδας. Η ενεργειακή εξοικονόμηση της εφαρμογής αυτής ποικίλλει, αλλά κατ'ελάχιστο ισούται με το 5 με 10% της κατανάλωσης ενέργειας των κινητήρων χαμηλής απόδοσης που πρόκειται να αντικατασταθούν. Η περίοδος απόσβεσης είναι γενικά μικρή, συχνά μικρότερη από δύο χρόνια, αν ο κινητήρας βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία, ωστόσο, αν οι ετήσιες ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού είναι λίγες, ο χρόνος απόσβεσης της εφαρμογής μπορεί να παραταθεί.

Ορισμένοι κανόνες που μπορούν να βοηθήσουν στον καθορισμό της επισκευής ενός κινητήρα ή της αντικατάστασης του με έναν καινούριο είναι οι εξής:

- Αντικατάσταση ενός υπάρχοντος κινητήρα υψηλής απόδοσης εάν το κόστος επισκευής είναι πάνω από το 60% του κόστους αγοράς ενός καινούριου κινητήρα.
- Για διακοπτόμενες ή εφαρμογές ελάχιστης χρήσης, συστήνεται η εφαρμογή της επιλογής με το χαμηλότερο κόστος η οποία θα ανταποκρίνεται στις λειτουργικές ανάγκες.
- Για λειτουργίες μονής βάρδιας (λειτουργία 2000 ώρες/έτος), συστήνεται η αντικατάσταση των κινητήρων χαμηλής απόδοσης κάτω των 30 ίππων με κινητήρες υψηλής απόδοσης και η επισκευή των κινητήρων άνω των 30 ίππων.
- Για λειτουργίες διπλής βάρδιας (λειτουργία 4000 ώρες/έτος), συστήνεται η αντικατάσταση των κινητήρων χαμηλής απόδοσης κάτω των 100 ίππων με κινητήρες υψηλής απόδοσης και η επισκευή των κινητήρων άνω των 100 ίππων.
- Για κινητήρες που βρίσκονται σε μόνιμη λειτουργία (λειτουργία 8760 ώρες/έτος ή παραπάνω), όπως είναι οι φυσητήρες αερισμού και το σύστημα απολύμανσης, συστήνεται η αντικατάσταση όλων των κινητήρων χαμηλής απόδοσης με κινητήρες υψηλής απόδοσης.

4.7. Ανάλυση δεδομένων της ροής φορτίων μάζας στα υγρά απόβλητα

Η ανάλυση των δεδομένων των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει τον καθορισμό των μεταβολών των παροχών και των φορτίων μάζας, τον καθορισμό των συγκεντρώσεων συγκεκριμένων συστατικών, φορτίων μάζας (συγκεντρώσεις παροχών με το χρόνο), ή των διατηρούμενων φορτίων μάζας, φορτίων που συμβαίνουν πέρα από έναν ορισμένο χρόνο.

Από την πλευρά των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, μια από τις πιο σημαντικές ελλείψεις των αποτελεσμάτων, είναι ότι ο σχεδιασμός της μονάδας επεξεργασίας στηρίζεται στις μέσες παροχές και στο μέσο φορτίου του BOD και των TSS, με λίγη ή καθόλου αναγνώριση των συνθηκών μεγιστοποίησης. Σε πολλές κοινότητες, η συνιστώσα των μέγιστων παροχών και των φορτίων του BOD και των TSS μπορεί να φθάσει δυο ή περισσότερες φορές τις μέσες τιμές. Οι μέγιστες παροχές και τα φορτία του BOD και των TSS, δε συμβαίνουν την ίδια στιγμή. Η ανάλυση των σύγχρονων δεδομένων είναι η καλύτερη μέθοδος για να υπολογισθεί η κατάλληλη μεγιστοποίηση και τα διατηρούμενα φορτία μάζας.

Οι κύριοι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για τις μεταβολές των φορτίων είναι:

- οι καθιερωμένες συνθήκες των κατοίκων μιας κοινότητας, οι οποίες προκαλούν βραχυπρόθεσμες (ωριαίες, ημερήσιες και εβδομαδιαίες) μεταβολές,
- οι εποχιακές συνθήκες, που συνήθως προκαλούν μεγαλύτερης διάρκειας μεταβολές και
- οι βιομηχανικές δραστηριότητες, που προκαλούν και μικρής και μεγάλης διάρκειας μεταβολές. [2]

4.7.1. Συγκεντρώσεις των συστατικών των υγρών αποβλήτων

Τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων ποικίλλουν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο επαρκής καθορισμός των χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων, θα έχει αποτέλεσμα μόνο εάν το δείγμα το οποίο εξετάστηκε είναι αντιπροσωπευτικό. Συνήθως χρησιμοποιούνται, σύνθετα δείγματα, που αποτελούνται από ποσοστά δειγμάτων, που συλλέγονται σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το ποσό του υγρού που χρησιμοποιείται από κάθε δείγμα είναι σε αναλογία με το ρυθμό ροής την ώρα που συλλέγεται το δείγμα. Ο επαρκής χαρακτηρισμός των υγρών αποβλήτων, είναι θεμελιώδους σημασίας στο σχεδιασμό της επεξεργασίας και των διαδικασιών διάθεσης. [2]

4.7.2. Η επίδραση των μεταβολών του φορτίου μάζας στην απόδοση της μονάδας επεξεργασίας και έλεγχος των παροχών αιχμής

Κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, το φορτίο μάζας που παραλαμβάνεται από μια μονάδα επεξεργασίας μπορεί να ποικίλλει ευρύτατα. Οι μεταβολές είναι πιο έντονες σε μικρά συστήματα συλλογής, όπου η ικανότητα αποθήκευσης του συστήματος συλλογής δεν παρέχει σημαντική επίδραση υποβάθμισης. Η επίπτωση αυτών των μεταβολών φορτίου φαίνεται πιο δραματικά στις επιπτώσεις, που έχει στις λειτουργικές συνθήκες της βιολογικής επεξεργασίας. Το μέγιστο ωριαίο φορτίο του BOD μπορεί να ποικίλει έως και 3 με 4 φορές το ελάχιστο ωριαίο φορτίο του BOD για μια περίοδο 24 ωρών. Για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, τα φορτία μάζας μπορούν να ποικίλλουν ευρύτατα. Σε ακραίες περιπτώσεις, μπορεί να είναι αναγκαία η εξισορρόπηση της ροής.

Ενέργειες που περιλαμβάνει ο σχεδιασμός εγκαταστάσεων των υγρών αποβλήτων για να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις μέγιστες παροχές:

- βελτιώσεις στο σύστημα συλλογής για τη μείωση των μέγιστων ροών που σχετίζονται με την εισροή/ διήθηση,
- εγκατάσταση μονάδων εξισορρόπησης της ροής ώστε να παρέχεται δυνατότητα μεγάλης αποθηκευτικού χώρου είτε στο σύστημα συλλογής είτε στη μονάδα επεξεργασίας.

Βελτιώσεις στο σύστημα συλλογής μπορεί να περιλαμβάνουν μια μεγάλη και πολυδάπανη διαδικασία και μπορεί να μην έχουν μια άμεση επίδραση στη σημαντική μείωση των μέγιστων παροχών. Σε μερικές περιπτώσεις, το ποσό της μείωσης της ροής που είναι

αποτέλεσμα της αποκατάστασης του συστήματος συλλογής είναι μικρότερο από το προσδοκώμενο.

Η εξισορρόπηση της ροής μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό μέτρο για τη μείωση των ροών αιχμής. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την αντίθετη εξισορρόπηση της ροής, περιλαμβάνουν

- τη μείωση του υδραυλικού φορτίου σε ήδη υπερφορτισμένες εγκαταστάσεις συλλογής,
- τη μείωση των υπερχειλίσεων του συστήματος συλλογής (και τη μείωση των κινδύνων για τη δημόσια υγεία),
- τη μείωση του μέγιστου υδραυλικού φορτίου της μονάδας επεξεργασίας.

Η εξισορρόπηση εξαρτάται από το διαθέσιμο όγκο και μπορεί να είναι περιορισμένη σε συνθήκες ακραίων μέγιστων ροών. Η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων εξισορρόπησης στο σύστημα συλλογής είναι συχνά δύσκολη, εξαιτίας του περιορισμένου διαθέσιμου χώρου στις τοποθεσίες που είναι συμβατές με το σύστημα των υδραυλικών. Η λειτουργία και η συντήρηση μπορεί να είναι δύσκολες στη διαχείριση, ειδικότερα σε απόμακρες περιοχές. Οι λόγοι για τους οποίους υπάρχουν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αρκετές μονάδες εξισορρόπησης, περιλαμβάνουν τη διευκόλυνση της λειτουργίας, της συντήρησης και του ελέγχου, καθώς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

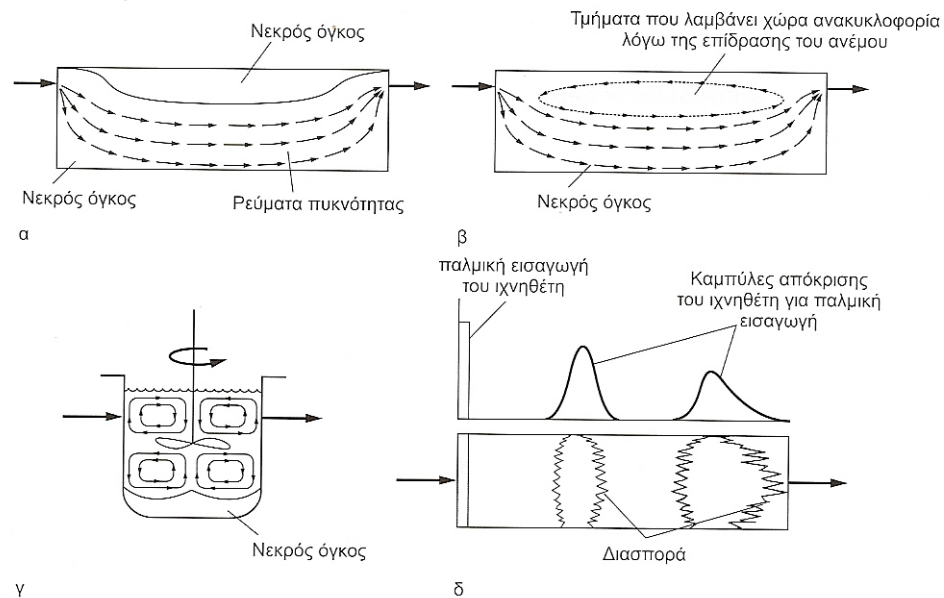
4.7.3. Παράγοντες που οδηγούν στη μη ιδανική ροή στους αντιδραστήρες

Μη ιδανική ροή ορίζεται συχνά ως βραχυκυκλώσεις, η οποία συμβαίνει όταν ένα τμήμα της ροής που εισέρχεται στον αντιδραστήρα φθάσει στην έξοδο σε ορισμένο χρονικό διάστημα πριν από το κύριο σώμα της ροής που είχε εισέλθει στον αντιδραστήρα κατά την ίδια χρονική περίοδο. Οι παράγοντες που οδηγούν σε μη-ιδανική ροή σε αντιδραστήρες περιλαμβάνουν:

- Διαφορές θερμοκρασίας. Η μη ιδανική ροή μπορεί να προκληθεί από ρεύματα πυκνότητας εξαιτίας θερμοκρασιακών διαφορών. Όταν το νερό που εισέρχεται στον αντιδραστήρα είναι ψυχρότερο ή θερμότερο από το νερό στη δεξαμενή, ένα τμήμα του νερού μπορεί να διασχίσει τον αντιδραστήρα κατά μήκος του πυθμένα ή κατά μήκος της επιφάνειας έως την έξοδο χωρίς να αναμιχθεί πλήρως.
- Τύποι ροής εξαιτίας της επίδρασης των ανέμων. Σε ρηχούς αντιδραστήρες μπορεί να εμφανιστούν τύποι ροής με τη μορφή κυκλοφορίας ανέμων που θα μεταφέρουν τμήμα του εισερχόμενου νερού στην έξοδο του αντιδραστήρα σε χρόνο μικρότερο του πραγματικού χρόνου παραμονής.
- Ανεπαρκής ανάμιξη. Εάν δεν δοθεί ικανοποιητική ενέργεια, ορισμένα τμήματα του περιεχομένου του αντιδραστήρα μπορεί να μην αναμιγνύονται με το εισερχόμενο νερό.
- Ανεπαρκής σχεδιασμός. Ανάλογα με το σχεδιασμό της εισόδου και της εξόδου του αντιδραστήρα και τις αναλογίες των διαστάσεων του αντιδραστήρα μπορούν να αναπτυχθούν νεκρές ζώνες μέσα στον αντιδραστήρα οι οποίες δεν θα αναμιγνύονται με το εισερχόμενο νερό.

Τελικά, η μη πλήρης χρήση του συνολικού όγκου του αντιδραστήρα που οφείλεται σε βραχυκυκλώσεις της ροής εξαιτίας διαφορών θερμοκρασίας, παρουσία νεκρών ζωνών λόγω

ανεπαρκούς σχεδιασμού, ανεπαρκούς ανάμιξης και διασποράς μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση της επεξεργασίας.



Σχήμα 4.1. Σχηματικό διάγραμμα για τη βραχυκύκλωση ροής που προκαλείται από α) ρεύματα πυκνότητας που δημιουργούνται από θερμοκρασιακές διαφορές, β) τύποι ροής εξαιτίας της επίδρασης των ανέμων, γ) μη επαρκή ανάμιξη, δ) εξαναγκασμένη ροή και διασπορά.

4.8. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας μέσω τροποποιήσεων στο σύστημα φωτισμού, θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (ΘΕΚ)

Τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (ΘΕΚ) εγκαταστάσεων, όπως είναι οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, καταναλώνουν σημαντικό ποσό ενέργειας. Οι μονάδες μπορούν να μειώσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις των κτιριακών τους εγκαταστάσεων λειτουργώντας τον εξοπλισμό των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού πιο αποδοτικά ή αντικαθιστώντας παλιές μονάδες με σύγχρονα συστήματα υψηλής απόδοσης. Οι βελτιώσεις στα συστήματα ΘΕΚ μπορούν να παρέχουν άμεσα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και γενικά την άνεση στον εργασιακό χώρο. Η πραγματική εξοικονόμηση, βέβαια, διαφέρει από εγκατάσταση σε εγκατάσταση και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι το κλίμα, οι ενεργειακές ανάγκες και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται. Οι τροποποιήσεις στα συστήματα ΘΕΚ μπορούν, επιπλέον, να επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού και να μειώσουν το κόστος συντήρησης.

4.8.1. Συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού υψηλής απόδοσης

Ο σωστός σχεδιασμός των συστημάτων και η επιλογή ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων μπορεί να μειώσει το ενεργειακό κόστος και να παρέχει μία καλή απόδοση επένδυσης. Τα συστήματα ΘΕΚ τελευταίας τεχνολογίας μπορούν να μειώσουν θεαματικά την ενεργειακή χρήση συγκρινόμενα με συμβατικά συστήματα 10-20 χρόνων. Τα σύγχρονα συστήματα κλιματισμού έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης και μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό σε ποσοστό ίσο με 30-40%. Οι αντλίες θέρμανσης με αέρα είναι επίσης πολύ αποδοτικές και μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σε ποσοστό ίσο με 20-35%. Οι αντλίες θέρμανσης με νερό έχουν ακόμη υψηλότερο βαθμό απόδοσης και μπορούν να αξιοποιήσουν τη θερμότητα των επεξεργασμένων λυμάτων (εκροής) για τη θέρμανση χώρων (ή τη θέρμανση νερού). Τα τελευταία συστήματα μπορεί να είναι πολύ πιο αποδοτικά από τις αντλίες θέρμανσης με αέρα, ειδικά όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέφτει κάτω από τους -7°C (τότε οι αντλίες θέρμανσης με αέρα είναι πάνω από 30% λιγότερο αποδοτικές από όταν η θερμοκρασία είναι 10°C).

Οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν μεγάλους, παλιούς ψύκτες μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση αντικαθιστώντας τις παλιές μονάδες με πολλά μικρότερα μοντέλα ή χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο πύργο ψύξης. Η μετάβαση σε μικρούς ηλεκτρικούς ψύκτες βελτιώνει την απόδοση και επιτρέπει στους χρήστες να συνδέσουν τις μονάδες ώστε να καλύψουν τη ζήτηση φορτίου, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση.

Μία μονάδα συμπαραγωγής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιεί καύσιμο βιοαέριο για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, μπορεί επιπλέον να παρέχει θερμότητα για τη θέρμανση χώρων των κτιριακών εγκαταστάσεων - σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί και να εξαλείψει το συμβατικό σύστημα θέρμανσης. Οι ψύκτες απορρόφησης, οι οποίοι χρησιμοποιούν θερμότητα ως πηγή ενέργειας, μπορούν να αντλήσουν αυτή τη θερμότητα από την μονάδα συμπαραγωγής ενέργειας μίας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.

4.8.2. Συστήματα ελέγχου

Η εγκατάσταση συσκευών, λογισμικών και συστημάτων διαχείρισης για τη ρύθμιση και την καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας των συστημάτων και του εξοπλισμού ΘΕΚ ή η αντικατάσταση υφιστάμενων ελεγκτών μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργία των συστημάτων ΘΕΚ και να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση. Υπάρχει μια ποικιλία ελεγκτών που μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση των νέων αλλά και των υφιστάμενων συστημάτων ΘΕΚ. Συσκευές όπως οι χρονοδιακόπτες και τα ηλεκτρονικά ρολόγια μπορούν να διακόπτουν τη λειτουργία εξοπλισμού εκτός ωρών εργασίας, έτσι ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής απασχόλησης. Εναλλακτικά, η χρήση ηλεκτρονικών θερμοστατών μπορεί αυτόματα να μειώνει τις ρυθμισμένες τιμές των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής απασχόλησης, θέτοντας αποτελεσματικά τον εξοπλισμό εκτός λειτουργίας. Η εγκατάσταση ενός ηλεκτρονικού συστήματος ενεργειακής διαχείρισης μπορεί να διαχειριστεί την κατανάλωση ενέργειας σε ένα κτίριο ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, τα πρότυπα κατανάλωσης του κτιρίου και ένα πλήθος άλλων μεταβλητών, ενδεχομένως μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου κατά 10-20%. Το νέο σύστημα μπορεί να παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον εργασίας ικανό να προγραμματίζει θερμοκρασίες, ώρες λειτουργίας, προειδοποιήσεις κινδύνου, θερμοκρασίες ζεστού νερού στους λέβητες, και να εντοπίζει σημειακές τάσεις.

4.8.3. Σύστημα εξαερισμού

Τα κτίρια απαιτείται να αερίζονται με μία ορισμένη ποσότητα αέρα περιβάλλοντος προκειμένου να απομακρυνθούν οι κακοσμίες και οι ρύποι, όμως ο υπερβολικός αερισμός τις περισσότερες φορές αυξάνει το κόστος θέρμανσης και ψύξης. Η εγκατάσταση ενός οικονομητήρα εξωτερικού αέρα ο οποίος θα ελέγχει αυτόματα τη ροή αέρα για την ψύξη ενός κτιρίου μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Για συσκευές που ρυθμίζονται χειροκίνητα, η ρύθμιση των επιπέδων ροής αέρα ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες εξαερισμού θα μειώσει τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη. Στα εργαστήρια, ο προσεχτικός έλεγχος των απορροφητήρων καυσαερίων μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή απωλειών αέρα.

4.8.4. Γενική λειτουργία και συντήρηση

Η βελτίωση της μόνωσης των κτιρίων, ο εντοπισμός και η επισκευή διαρροών, η μείωση των απωλειών κλιματισμού (π.χ. με το κλείσιμο των πορτών) και η αποφυγή ηλιακής εισόδου (π.χ. με τη χρήση αντηλιακών τεντών, περσίδων) μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας των συστημάτων ΘΕΚ. Επίσης, για τα παλιότερα συστήματα κλιματισμού χώρων, η αντικατάσταση των ενδεικτικών λυχνιών με ηλεκτρονικές συσκευές διακοπτόμενου φωτισμού μπορεί να εξαλείψει την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, η τροποποίηση των προγραμμάτων λειτουργίας των συστημάτων ΘΕΚ, ώστε να μειωθεί η ενεργειακή τους κατανάλωση κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής, και η μετατόπιση του φορτίου λειτουργίας τους εκτός ωρών αιχμής μπορεί να μειώσει το ενεργειακό κόστος.

Η τακτική συντήρηση των συστημάτων ΘΕΚ μπορεί να αυξήσει την ενεργειακή απόδοση. Για να μειωθούν οι ενεργειακές απώλειες που προκαλούνται από τη σκόνη, οι προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης θα πρέπει να περιλαμβάνουν τακτικό καθαρισμό του συμπυκνωτή, των ελασμάτων του εξαεριωτή και των περσίδων του αεραγωγού. Η τακτική συντήρηση των ανεμιστήρων αερισμού είναι απαραίτητη για τη βέλτιστη λειτουργία του. Επίσης, είναι αναγκαίος ο καθαρισμός και η λίπανση όλων των κινούμενων μερών του εξοπλισμού και ο περιοδικός έλεγχος της κίνησης του εκκινητή για να διασφαλιστεί η ορθή λειτουργία και να διατηρηθεί η μέγιστη απόδοση του συστήματος. Ο τακτικός καθαρισμός των φίλτρων αέρα μπορεί από μόνος του να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας έως και 20% και να επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού. Οι οικονομητήρες εξωτερικού αέρα θα πρέπει να καθαρίζονται τακτικά και να ελέγχονται για να διασφαλιστεί ότι λειτουργούν σωστά.

4.8.5. Σύστημα φωτισμού

Ο φωτισμός μίας βιομηχανικής εγκατάστασης, όπως είναι οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, δεν καταναλώνει σημαντικό ποσό ενέργειας, είναι όμως μία από τις ενεργειακές δαπάνες που μπορεί εύκολα να αντιμετωπιστεί. Τα φώτα τα οποία λειτουργούν σχεδόν όλες τις εργάσιμες ημέρες είναι οι καταλληλότεροι υποψήφιοι για αντικατάσταση με νέα ενεργειακά αποδοτικά μοντέλα. Οι εγκαταστάσεις μπορούν άμεσα να μειώσουν το κόστος λειτουργίας τους απλά και μόνο εγκαθιστώντας λαμπτήρες και φωτιστικά υψηλής απόδοσης

και αλλάζοντας τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα φώτα. Ο μετεξοπλισμός των υφιστάμενων συστημάτων φωτισμού με εναλλακτικές λύσεις υψηλής απόδοσης είναι μία στρατηγική προσέγγιση για τη βελτίωση της αποδοτικότητας μιας εγκατάστασης. Οι πρόσφατες τεχνολογικές πρόοδοι στους λαμπτήρες, στα φωτιστικά σώματα, στα συστήματα ελέγχου και στο σχεδιασμό των διατάξεων φωτισμού παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συστήματα που είναι εξαρχής εγκατεστημένα σε πολλές εγκαταστάσεις. Τα συστήματα φωτισμού υψηλής απόδοσης μπορούν να ενισχύσουν τα επίπεδα φωτισμού, να βελτιώσουν την αίσθηση άνεσης και ασφάλειας στο χώρο εργασίας, και να μειώσουν τα συνήθη έξοδα συντήρησης. Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες φωτισμού οι οποίες βελτιώνουν τα επίπεδα φωτισμού, εξαλείφουν το τρεμόπαιγμα, μειώνουν τις αντανάκλασεις και μπορούν ενδεχομένως να αυξήσουν την παραγωγικότητα των εργαζομένων μειώνοντας την κόπωση των ματιών.

4.8.5.1. Προηγμένοι λαμπτήρες φθορισμού

Στους περισσότερους εσωτερικούς χώρους, τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα μπορούν να αντικατασταθούν ή να αναβαθμιστούν με λαμπτήρες φθορισμού υψηλής απόδοσης, ηλεκτρονικά μπάλλαστ, ειδικά σχεδιασμένους ανακλαστές και κατάλληλους φακούς ή περσίδες. Τα νέα συστήματα είναι ιδιαίτερος ευεργετικά σε χώρους που γίνεται έντονη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών όπου τα παλιότερα συστήματα φωτισμού μπορεί να προκαλέσουν αντανάκλασεις στις οθόνες των. Η αντικατάσταση ή αναβάθμιση μεμονωμένων συστημάτων λαμπτήρων φθορισμού προσφέρει μεγάλες δυνατότητες για ενεργειακή εξοικονόμηση. Η πιο οικονομικά αποδοτική εφαρμογή μετεξοπλισμού είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων και των παλιών μαγνητικών μπάλλαστ με λαμπτήρες T-8 και ηλεκτρονικά μπάλλαστ. Παρόλο που οι λαμπτήρες υψηλής απόδοσης κοστίζουν ελαφρώς παραπάνω, παρέχουν φωτισμό καλύτερης ποιότητας ενώ καταναλώνουν 34% λιγότερη ενέργεια.

4.8.5.2. Λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης

Στους εξωτερικούς χώρους, στις αποθήκες και στους εσωτερικούς χώρους με οροφές ύψους άνω των 4,5 μέτρων, οι άκρως αναποτελεσματικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως ή λαμπτήρες εκκένωσης ατμού υδραργύρου μπορούν να αντικατασταθούν με λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων και λαμπτήρες εκκένωσης νατρίου υψηλής πίεσης. Οι λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης παράγουν φωτισμό υψηλής απόδοσης, καταναλώνουν μόνο ένα κλάσμα της ενέργειας που απαιτείται για τους λαμπτήρες πυρακτώσεως και τους λαμπτήρες εκκένωσης ατμού υδραργύρου και έχουν σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Συγκεκριμένα, οι συμπαγείς λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων ή εκκένωσης νατρίου υψηλής πίεσης είναι 3 με 5 φορές πιο αποδοτικοί από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως και παράγουν τριπλάσιο φωτισμό. Εξαιτίας της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής των λαμπτήρων, τα έξοδα συντήρησης και αντικατάστασης είναι χαμηλότερα. Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων μπορούν να προσεγγίσουν τους λαμπτήρες πυρακτώσεως ή τους λαμπτήρες φθορισμού ως προς την ποιότητα του χρώματος τους φωτός και την ωφέλιμη διάρκεια ζωής (2.000 -20.000 ώρες). Οι λαμπτήρες εκκένωσης νατρίου υψηλής πίεσης παράγουν ένα λευκό-χρυσό χρώμα φωτός το οποίο είναι προτιμότερο σε αποθήκες και εξωτερικούς χώρους όπου η

χρωματική απόδοση δεν είναι κρίσιμης σημασίας και έχουν μεγάλη ωφέλιμη διάρκεια ζωής (16.000 -24.000 ώρες).

4.8.5.3. Συστήματα ελέγχου φωτισμού

Η εγκατάσταση απλών συστημάτων ελέγχου μπορεί να καταργήσει τον περιττό φωτισμό σε πολλούς χώρους μιας εγκαταστάσεως οι οποίοι δεν απαιτούν συνεχή φωτισμό. Οι αισθητήρες κίνησης ανιχνεύουν την παρουσία προσωπικού σε ένα χώρο και ανάβουν/σβήνουν τα φώτα αναλόγως. Κατάλληλοι χώροι για την χρήση τους είναι οι αποθηκευτικοί χώροι, οι τουαλέτες, τα μικρά γραφεία και άλλοι βοηθητικοί χώροι. Η εγκατάσταση τους μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 25-50% σε σύγκριση με το χειροκίνητο διακόπτη. Οι χρονοδιακόπτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις εξωτερικές σημάσεις, στο φωτισμό ασφαλείας και στους διαδρόμους για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των συστημάτων φωτισμού. Επίσης, η εγκατάσταση συστημάτων ρύθμισης της έντασης φωτισμού με ροοστάτη μπορεί να μειώσει περαιτέρω την κατανάλωση ενέργειας και τις δαπάνες, καθώς τα συστήματα αυτά εκμεταλλεύονται το φως της ημέρας. Τα ηλεκτρονικά μπάλλαστ με ροοστάτη, αν και σχετικά καινούρια, έχουν αποδειχθεί αρκετά επιτυχημένα. Τέλος, η εγκατάσταση συστημάτων φωτισμού με φωτοκύτταρο παρέχει εύκολη και αποτελεσματική ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του φωτισμού εξωτερικών χώρων και μπορεί να συνδυαστεί και με χρονοδιακόπτες στους χώρους που δεν απαιτείται φωτισμός καθ'όλη τη διάρκεια της νύχτας.

4.8.5.4. Γενική λειτουργία και συντήρηση

Ένα πρόγραμμα τακτικού καθαρισμού, αντικατάστασης και συντήρησης των λαμπτήρων και των φωτιστικών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Ένας τυπικός λαμπτήρας, καθώς φτάνει το 80% της ωφέλιμης ζωής του, παράγει 15-35% λιγότερο φως λόγω της υποβάθμισης του λαμπτήρα. Η σκόνη, οι ρύποι και άλλα υλικά που επικάθονται στους λαμπτήρες, τους ανακλαστήρες και τους φακούς μπορούν να μειώσουν την παραγωγή φωτισμού κατά 30% ή και περισσότερο. Τα φωτοκύτταρα που χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση του υπαίθριου φωτισμού πρέπει επίσης να καθαρίζονται τακτικά. Οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων που σχεδιάζουν να ακολουθήσουν ένα τακτικό πρόγραμμα συντήρησης του συστήματος φωτισμού μπορούν να σχεδιάσουν συστήματα φωτισμού με λιγότερους λαμπτήρες. Η εφαρμογή ομαδικής αντικατάστασης λαμπτήρων και ο ετήσιος καθαρισμός θα μειώσει την ποσότητα φωτισμού που απαιτείται για να επιτευχθούν τα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους αγοράς και εγκατάστασης και την εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 15%.

Τα συστήματα φωτισμού που εξετάζονται για την εφαρμογή βελτιώσεων θα πρέπει να προσεγγίζονται ως αλληλοσυνδεδεμένα συστήματα, και όχι ως μεμονωμένα στοιχεία, για να επιτευχθούν πιο ικανοποιητικά και ενεργειακά αποδοτικά αποτελέσματα. Ο μετεξοπλισμός των συστημάτων φωτισμού θα εξοικονομήσει αρκετή ηλεκτρική ενέργεια ώστε να γίνει απόσβεση σε δύο με τρία χρόνια, ίσως και λιγότερο εφόσον είναι διαθέσιμα οικονομικά κίνητρα. Πολλές εταιρίες ηλεκτροδότησης προσφέρουν εκπτώσεις και υπηρεσίες ώστε να βοηθήσουν τις εγκαταστάσεις να εντοπίσουν και να εφαρμόσουν μεθόδους για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των συστημάτων φωτισμού.

4.9. Μονάδα συμπαραγωγής ενέργειας (Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας)

Η συμπαραγωγή ενέργειας είναι συνηθισμένη στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και έχει αποδειχθεί ως μία ανεξάρτητη, αποδοτική και οικονομικά συμφέρουσα μέθοδος παραγωγής ενέργειας. Το βιοαέριο συνηθίζεται να χρησιμοποιείται ως καύσιμο στους κινητήρες και στις γεννήτριες της μονάδας συμπαραγωγής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην εγκατάσταση, αλλά και την παραγωγή θερμικής ενέργειας για την κάλυψη ιδίων αναγκών, όπως είναι η θέρμανση των κτιριακών εγκαταστάσεων ή και των δεξαμενών χώνευσης.

Τα οικονομικά στοιχεία της συμπαραγωγής ενέργειας είναι μεταβλητά, δεδομένου ότι οι αλλαγές στη λειτουργία μιας μονάδας μπορεί να επηρεάσουν την κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια της εικοσαετούς διάρκειας ζωής μιας τυπικής μονάδας συμπαραγωγής. Για το λόγο αυτό οι φορείς λειτουργίας πρέπει να αξιολογούν τα συστήματα κάθε ένα ή δύο χρόνια ώστε να εκτιμήσουν τα οικονομικά οφέλη της συμπαραγωγής και να εντοπίσουν νέες ευκαιρίες εξοικονόμησης.

Η δημιουργία χώρων αποθήκευσης βιοαερίου είναι μία εφαρμογή που μπορεί να βελτιστοποιήσει τη χρήση του παραγόμενου βιοαερίου σε μία μονάδα. Η εγκατάσταση ή η αύξηση της χωρητικότητας δεξαμενών αποθήκευσης βιοαερίου επιτρέπει τη συλλογή και μετέπειτα χρήση του βιοαερίου με αποτέλεσμα οι εγκαταστάσεις να αποκτούν επιπρόσθετη λειτουργική ευελιξία και να ανταποκρίνονται σε αυξομειώσεις των ενεργειακών απαιτήσεων της εγκατάστασης. Οι ανάγκες χωρητικότητας αποθήκευσης υπολογίζονται με βάση την ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα και η εγκατάσταση περιλαμβάνει μία δεξαμενή αποθήκευσης βιοαερίου, μία πλυντρίδα βιοαερίου, έναν συμπιεστή και μία διάταξη απαγωγής υγρασίας. Το κόστος κεφαλαίου και ο χρόνος αποπληρωμής της εγκατάστασης χώρων αποθήκευσης βιοαερίου είναι σχετικά μικρά σε σχέση με τα οικονομικά και ενεργειακά οφέλη που αποφέρει σε μία εγκατάσταση. Η αύξηση της χωρητικότητας αποθήκευσης του βιοαερίου μπορεί να επιτευχθεί εναλλακτικά με την εγκατάσταση εύκαμπτων καλυμμάτων στους χωνευτές, τα οποία θα αποθηκεύουν το παραγόμενο βιοαέριο κατά τη διάρκεια της νύχτας, δημιουργώντας ένα προσωρινό απόθεμα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής της ζήτησης.

Η κυριότερη αιτία απωλειών σε μία μονάδα συμπαραγωγής είναι η έλλειψη ενός διακόπτη αυτόματης μετάβασης από βιοαέριο σε φυσικό αέριο και αντιστρόφως κατά τις περιόδους χαμηλής παραγωγής βιοαερίου. Η εγκατάσταση ενός νέου συστήματος ελέγχου σε μία υφιστάμενη μονάδα συμπαραγωγής μιας εγκατάστασης επιτρέπει τη συνεχή λειτουργία της στα επίπεδα που απαιτούνται καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ο συνδυασμός της εγκατάστασης μιας δεξαμενής αποθήκευσης βιοαερίου και ενός τέτοιου συστήματος ελέγχου επιτρέπει τη μη διακοπτόμενη λειτουργία της μονάδας με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής ενέργειας. Επίσης, η εγκατάσταση ενός προγράμματος διαχείρισης φορτίου μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργία μίας μονάδας συμπαραγωγής καθώς είναι δυνατό να ρυθμίσει τη λειτουργία των μονάδων με βάση τις απαιτήσεις της εγκατάστασης, την τιμή αγοράς του καυσίμου και τη διαθεσιμότητα του βιοαερίου, ενώ βοηθάει και στον καθορισμό των αναγκών συντήρησης των μηχανών της μονάδας.

Η εγκατάσταση επιπρόσθετων μηχανών συμπαραγωγής ή η τροποποίηση των υφισταμένων μπορεί είτε να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας είτε να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας, επιτρέποντας στην εγκατάσταση να μειώσει το ενεργειακό της κόστος. Οι υπάρχουσες συμβατικές μηχανές μπορούν να αντικατασταθούν με (εμβολοφόρες) μηχανές υψηλής απόδοσης. Οι ενεργειακά αποδοτικές μηχανές έχουν υψηλότερη απόδοση και ενισχύουν την

ανάκτηση θερμότητας από τα καυσαέρια, το λιπαντικό, το νερό της μηχανής και το σύστημα ψύξης, γεγονός που μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια.

Εναλλακτικά, οι υφιστάμενοι συμβατικοί κινητήρες μιας μονάδας συμπαραγωγής μπορούν να αντικατασταθούν με μικροτουρμπίνες. Γενικά, οι μικροτουρμπίνες είναι λιγότερο αποδοτικές από τους εμβολοφόρους κινητήρες, ωστόσο, μπορούν να παράγουν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες ανακτώμενης απόβλητης θερμότητας ανά μονάδα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες. Οι μικροτουρμπίνες υποδιαστασιολογούνται, από άποψη παραγωγικής ικανότητας, έτσι ώστε να ανταποκριθούν στις ανάγκες θέρμανσης μίας εγκατάστασής και να βελτιστοποιήσουν την απόδοσή τους. Επιπλέον, οι εκπομπές από τις μικροτουρμπίνες μπορεί να είναι χαμηλότερες από τους συμβατικούς κινητήρες, γεγονός το οποίο μπορεί να είναι μελλοντικά σημαντικό σε περίπτωση επιβολής από την Ε.Ε. αυστηρότερων κριτηρίων αέριων εκπομπών για τα συστήματα συμπαραγωγής που τροφοδοτούνται με βιοαέριο. Το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης των μικροτουρμπίνων είναι υψηλό με μεγάλο χρόνο αποπληρωμής, για το λόγο αυτό θα πρέπει πρώτα να εξετάζεται η εφαρμογή των υπολοίπων εναλλακτικών προτάσεων που έχουν σχετικά μικρότερους χρόνους αποπληρωμής.

Επίσης, η τροποποίηση των υφιστάμενων μηχανών μιας μονάδας συμπαραγωγής ώστε να λειτουργούν με την τεχνολογία καύσης φτωχού μίγματος σε συνδυασμό με την αναβάθμιση του συστήματος διαχείρισης βιοαερίου ώστε να βελτιωθεί η ποιότητά του βιοαερίου μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση της καύσης και να μειώσουν τις αέριες εκπομπές. Συνέπεια αυτού είναι να μην παραβιάζονται τα όρια αέριων εκπομπών που τίθενται σε κάθε εγκατάσταση και να γίνεται δυνατή η λειτουργία όλων των μηχανών βιοαερίου, με αποτέλεσμα τη μέγιστη αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου και την αύξηση της παραγωγής ενέργειας. Γενικά, ακόμα και αν οι προτάσεις βελτιστοποίησης της μονάδας συμπαραγωγής προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη λειτουργία μίας υφιστάμενης μονάδας, πολλές φορές η εφαρμογή νέου εξοπλισμού κρίνεται συμφέρουσα μόνο στο τέλος της ωφέλιμης διάρκειας ζωής της υφιστάμενης μονάδας συμπαραγωγής (περίπου 20 χρόνια).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι να παρέχει ένα σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, που θα είναι ικανό να ανταπεξέλθει σε ένα μεγάλο εύρος πιθανών συνθηκών υγρών αποβλήτων ενώ παράλληλα να ικανοποιούνται οι συνολικές απαιτήσεις απόδοσης της μονάδας για την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Η ικανότητα των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι συνήθως βασισμένη στη μέση ετήσια ημερήσια παροχή για το έτος σχεδιασμού με μια επιπλέον αύξηση για τη μελλοντική ανάπτυξη. Στην πράξη, οι μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πρέπει να σχεδιάζονται για να πληρούν έναν αριθμό από συνθήκες, που επηρεάζονται από τις παροχές, τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, και των συγκεντρώσεων των συστατικών τους, και ένα συνδυασμό και των δυο (φορτίο μάζας). Οι συνθήκες που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν τις μέγιστες και ελάχιστες υδραυλικές παροχές και τα μέγιστα, ελάχιστα και διατηρούμενα φορτία μάζας των συστατικών. Επιπρόσθετα, πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό και οι περίοδοι της αρχικής λειτουργίας, οι χαμηλές ροές και τα φορτία.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων της δεκαετίας του '80 και μέχρι σήμερα (2012), το σημείο εστίασης της τεχνολογίας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων έχει μετακινηθεί από την αφαίρεση των ποσοστών των στερεών και της οργανικής ουσίας σε συγκεκριμένες απαιτήσεις για την αφαίρεση συστατικών που έχουν αντίκτυπο στην υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος. Κατά τη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας θα υπάρξει ανάγκη για ποιότητα και ποσότητα εθνικών παροχών ύδατος και θα δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην διατήρηση των υψηλών προτύπων απόδοσης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Σε πολλές περιπτώσεις, οι επεξεργασμένες εκροές θα πρέπει να πλησιάζουν ή να ανταποκρίνονται στα επιτρεπόμενα όρια του πόσιμου νερού ή θα πρέπει να συμμορφώνονται με τα μη υπερβαίνοντα όρια που η παραβίαση τους περιέχει σκληρές ποινικές κυρώσεις. Δεδομένου ότι η επιστημονική έρευνα συνεχίζεται για να καθορίσει τα συστατικά των υγρών αποβλήτων που μπορούν να προκαλέσουν δυσμενή αποτελέσματα, θα απαιτηθούν πιο προηγμένα επίπεδα επεξεργασίας και σε μερικές περιπτώσεις θα απαιτηθεί η χρήση νέων τεχνολογιών.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει ο σχεδιαστής των νέων εγκαταστάσεων είναι οι υπερβολικές εκροές στο σύστημα συλλογής. Το σημείο εστίασης του σχεδιασμού των εγκαταστάσεων επεξεργασίας είναι η φύση και η μεταβλητότητα των συστατικών των υγρών αποβλήτων και των διεργασιών που θα απαιτηθούν για να επιτευχθούν οι στόχοι της επεξεργασίας. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να είναι απαραίτητη η ανάπτυξη προγραμμάτων ελέγχου της πηγής ώστε να περιοριστούν οι επιπτώσεις της ροής και των συγκεντρώσεων των συστατικών στις εισροές του συστήματος συλλογής. Το πρόγραμμα ελέγχου πηγής μπορεί επίσης να συμβάλει στη μείωση της υπερβολικής ξένης ροής, όπως οι αλλαγές διήθησης / εισροής και του υγρού καιρού στο σύστημα συλλογής και ακόμη μπορεί και να βοηθήσει στην εξίσωση της αντίθετης ροής. Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει επίσης να εξετασθούν, ώστε να χειρισθούν οι εσωτερικές μεταβολές των ροών και των φορτίων, συμπεριλαμβανομένης και της ανακυκλοφορίας των ροών, πιο αποδοτικά.

Στην επιλογή των κατάλληλων μεθόδων επεξεργασίας, επαναχρησιμοποίησης και διάθεσης των στερεών, πρέπει να δοθεί προσοχή στους κανονισμούς που έχουν ως σκοπό να προστατεύσουν τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον από οποιαδήποτε δυσμενή αποτελέσματα των ρύπων που περιλαμβάνονται στα βιοστερεά. Δεδομένου ότι πολλές κοινότητες ερευνούν τις επιλογές για την επεξεργασία των στερεών, την επαναχρησιμοποίηση και την διάθεση, μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στην παραγωγή ενός καθαρότερου προϊόντος και την κάλυψη των απαιτήσεων των βιοστερεών. Ο έλεγχος των

παθογόνων μικροοργανισμών και φορέων είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Η δημόσια αποδοχή για την τοποθέτηση νέων εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων θα εξαρτηθεί, σε μεγάλο βαθμό, από τις ανησυχίες της εκάστοτε κοινότητας σχετικά με τις οσμές. Η πρόληψη, ο έλεγχος και η επεξεργασία των οσμών είναι τώρα υποχρεωτικό μέρος του σχεδιασμού των νέων εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Ο κατάλληλος προγραμματισμός για τη διαχείριση των οσμών μπορεί να μετριάσει τις αντιδράσεις σχετικά με τις οσμές και μπορεί να βοηθήσει στην αποκατάσταση τη δημόσιας εμπιστοσύνης για την λειτουργία των εγκαταστάσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ Π. ΤΣΩΝΗΣ "ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ"
- [2] GEORGE TCOBANPGLOUS "WASTEWATER ENGIENEERING: TREATMENT AND REUSE, 4TH EDITION (METCALF &EDDY)"
- [3] <http://kireas.org/smf/index.php?topic=291.0>
- [4] <http://www.eydap.gr/media/stagonoulis/stagonoulispopup/gr/025.htm>
- [5] ΚΑΡΑΜΑΝΗ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ "ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ"
- [6] http://ec.europa.eu/atoz_el.htm
- [7] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=251>
- [8] Θ. ΜΠΟΒΟΛΟΣ Δ. ΨΥΧΑΡΗΣ "ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ"
- [9] ΤΣΕΡΠΕΛΗ ΕΛΕΝΗ "ΠΛΗΡΗΣ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΟΙΚΙΣΜΟΥ 4.000 ΚΑΤΟΙΚΩΝ"
- [10] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C>
- [11] http://www.engineer.gr/engineers/company.php?company_id=9609
- [12] Δεληγιάννης, Ανδρέας Θ. "Βιολογική επεξεργασία λυμάτων"
- [13] ΤΣΟΓΚΑΣ, ΧΡΗΣΤΟΣ Ε. "ΔΙΚΤΥΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ"
- [14] [http://translate.google.gr/translate?hl=el&sl=en&u=http://www.epa.gov/region9/waterinfrastructure/technology.html&ei=zKPKToe0OsX44QSEqJkm&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=1&ved=0CCgQ7gEwADgK&prev=/search%3Fq%3Denergy%2Befficiency%2B\(saving\)%2Bin%2Bwastewater%2Btreatment%2Bfacilities%26start%3D10%26hl%3Del%26sa%3DN%26biw%3D1279%26bih%3D622%26prmd%3Dimvns](http://translate.google.gr/translate?hl=el&sl=en&u=http://www.epa.gov/region9/waterinfrastructure/technology.html&ei=zKPKToe0OsX44QSEqJkm&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=1&ved=0CCgQ7gEwADgK&prev=/search%3Fq%3Denergy%2Befficiency%2B(saving)%2Bin%2Bwastewater%2Btreatment%2Bfacilities%26start%3D10%26hl%3Del%26sa%3DN%26biw%3D1279%26bih%3D622%26prmd%3Dimvns)
- [15] Rogoff, Marc J. "Waste-to-Energy: Technologies and Project Implementation"
- [16] Λυμπεράτος, Γεράσιμος, Βαγενάς, Δημήτριος "Διαχείριση υγρών αποβλήτων"
- [17] Stensel, H.David "WASTEWATER ENGINEERING"
- [18] Εφημερίδα 'Τα Νέα'

**ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ
ΙΟΥΛΙΟΣ - 2012**