

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Πτυχιακή διατριβή

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ

Θεονίτσα Προκόπη

Λεμεσός, 2016

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή διατριβή

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ

Θεονίτσα Προκόπη

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Αλέξανδρος Χαραλαμπίδης

Λεμεσός 2016

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Θεονίτσα Προκόπη [2016]

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής διατριβής από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ...

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας Δρ. Χαραλαμπίδη Αλέξανδρο για τη στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αλλά και για την καθοδήγηση του κατά την διάρκεια της εκπόνησης της.

Εν συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση και ιδιαίτερα τις συγκατοίκους μου που μου συμπαραστήκονται ηθικά και διαμορφώνουν ένα άνετο περιβάλλον, μέσα στο οποίο μπορώ να εργαστώ.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ καθώς και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου, που μου συμπαραστήκεται ηθικά και με στηρίζει καθ'όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία για να συνταχθεί τέθηκε ως ουσιαστικής σκοπός η μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων βιομηχανιών στην Ευρώπη και κυρίως στην Κύπρο. Παράλληλα, επιπλέον στόχος τέθηκε η διερεύνηση τρόπων εξάλειψης των αρνητικών επιπτώσεων που προκαλούν τα απορρίμματα αυτά στο φυσικό περιβάλλον.

Πρωτίστως, στην εργασία αυτή αναφέρθηκαν τα γενικά χαρακτηριστικά του νερού, ο ορισμός της ρύπανσης - μόλυνσης του νερού καθώς και τι μπορεί να τις προκαλέσει. Γενικά στην παρούσα μελέτη παρουσιάστηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού (φυσικοχημικά, μικροβιολογικά και παθογένεια).

Για τη μελέτη της επεξεργασίας των υγρών απόβλητων, αρχικά προσδιορίστηκε ο ορισμός των υγρών αποβλήτων, ο νόμος που ισχύει στην Κύπρο καθώς και ποιες είναι οι κατηγορίες υγρών αποβλήτων που υπάρχουν (π.χ. αστικά, βιομηχανικά). Ωστόσο, για την εύρεση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων θα ήταν αδύνατο να προσδιοριστούν αν αρχικά δεν παρουσιάζονταν αναλυτικά οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην επεξεργασία τους. Η τελευταία παρουσιάστηκε σε τέσσερα στάδια την προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια επεξεργασία που η κάθε μία αναλύθηκε ξεχωριστά παρουσιάζοντας τις μεθόδους που αποτελούν το κάθε στάδιο.

Οι βιομηχανίες, που μελετήθηκαν, ήταν πετρελαίου και φυσικού αερίου, γαλακτοβιομηχανίες, ελαιοτριβεία και παραγωγής ζύθου (μπύρας). Από κάθε βιομηχανία έγινε μία μικρή περιγραφή λειτουργίας της. Ακολούθως, παρουσιάστηκαν οι τρόποι πρόκλησης των υγρών αποβλήτων καθώς και η μέθοδος με την οποία το επεξεργασμένο νερό θεωρείται ρύπος. Ακολουθούν οι τρόποι αντιμετώπισης που συμβάλλουν στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων που επηρεάζουν το φυσικό περιβάλλον καθώς και τη δημόσια υγεία, όπως τα αερόβια και αναερόβια συστήματα.

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους που συμβάλλουν στην ορθή χρήση και συντήρηση των τεχνικών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων καθώς και στη μείωση, όσο το δυνατό, των πηγών επεξεργασμένου νερού, ελαχιστοποιούνται όλο

και πιο πολύ οι αρνητικές επιπτώσεις. Οι τελευταίες συμβάλλουν άμεσα στην υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος καθώς και στην αρνητική επίδρασή τους στη δημόσια υγεία.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6-7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	8-10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13-14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ	
1.1 Γενικά χαρακτηριστικά του νερού.....	15
1.1.1 Υδρολογικός κύκλος	15-16
1.1.2 Σύσταση φυσικών νερών.....	17-18
1.2 Ρύπανση-μόλυνση νερού	18-20
1.2.1 Διάφοροι τρόποι ρύπανσης νερού.....	20
1.2.1.1 Ρύπανση νερού με οργανική ύλη.....	20-21
1.2.1.2 Ρύπανση νερού με θρεπτικά άλατα.....	21-22
1.2.1.3 Ρύπανση νερού με τοξικές ουσίες.....	22-23
1.2.1.4 Ρύπανση νερού με άλλα μέσα (π.χ. οξέα-βάσεις, βαρέα μέταλλα, θερμική ρύπανση).....	23-24
1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού (φυσικοχημικά, μικροβιολογικά και παθογένεια).....	24-30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	
2.1 Γενικά.....	31
2.2 Επεξεργασία αποβλήτων.....	32-33
2.3 Προεπεξεργασία.....	33

2.3.1 Εσχάρωση.....	33-34
2.3.2 Εξάμωση.....	34-35
2.3.3 Εξισορρόπηση.....	35-36
2.4 Πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	36
2.4.1 Καθίζηση.....	36-37
2.4.2 Φυσικοχημική Επεξεργασία.....	38-39
2.5 Δευτεροβάθμια επεξεργασία.....	39-40
2.5.1 Αερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων.....	40
2.5.2 Αναερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων.....	41
2.5.3 Αναερόβια χώνευση.....	42
2.5.4 Νιτροποίηση/ Απονιτροποίηση.....	42-43
2.6 Τριτοβάθμια επεξεργασία.....	43
2.6.1 Κροκίδωση- Συσσωμάτωση.....	43-44
2.6.2 Διύλιση/ Διήθηση- Φιλτράρισμα.....	45
2.6.3 Απολύμανση.....	45-46
2.6.3.1 Οζόνωση (O ₃).....	46-47
2.6.3.2 Χλωρίωση.....	47
2.6.3.3 Απολύμανση λυμάτων με χρήση υπεριώδης ακτινοβολίας (UV).....	47-48
2.7 Επεξεργασία και Διάθεση παραγόμενης λάσπης.....	48-48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ- ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΑΡΝΗΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	
3.1 Γενικά.....	49
3.2 Βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου.....	50-53

3.3 Διαχείριση αποβλήτων από γαλακτοβιομηχανίες.....	53-59
3.4 Διαχείριση υγρών αποβλήτων από ελαιοτριβεία.....	59-65
3.5 Διαχείριση αποβλήτων από την παραγωγή ζύθου (μπύρας).....	65-69
3.6 Διαχείριση αστικών αποβλήτων.....	69-72
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	73-75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76-79

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Μεταφορά ρυπαντών στο υδατικό περιβάλλον	20
Πίνακας 2: Ταξινόμηση νερού με βάση τη σκληρότητα	28
Πίνακας 3: Κυριότεροι παράμετροι που επηρεάζουν το πόσιμο νερό	29
Πίνακας 4: Οι καταλληλότεροι μέθοδοι απολύμανσης για την κάθε περίπτωση	46
Πίνακας 5: Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων και τα είδη ρυπαντών που εφαρμόζονται σε κάθε φάση επεξεργασίας του πετρελαίου.	53
Πίνακας 6: Υγρά απόβλητα μίας τυροκομικής μονάδας.	56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1: Υδρολογικός κύκλος.	16
Εικόνα 2: Πηγές ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών.	19
Εικόνα 3: Θολόμετρα (όργανα μέτρησης θολότητας).	27
Εικόνα 4: Απεικόνιση των σταδίων προεπεξεργασίας με την πρωτοβάθμια επεξεργασία.	33
Εικόνα 5: Σχάρες βιομηχανιών.	34
Εικόνα 6: Αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης με λιποσυλλέκτη.	35
Εικόνα 7: Εγκαταστάσεις ΣΑΛΑ-Λεμεσού.	38
Εικόνα 8: Σχηματική απεικόνιση α) κροκίδωση β) συσσωμάτωσης.	45

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί έντονα η ρύπανση του φυσικού περιβάλλοντος από την απόρριψη του επεξεργασμένου νερού και των υγρών αποβλήτων από τις βιομηχανίες. Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας μελέτης είναι να μελετηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις επεξεργασίας νερού και υγρών αποβλήτων από βιομηχανίες της Ευρώπης και συγκεκριμένα της Κύπρου. Παράλληλα, ως επιπλέον στόχος τέθηκε η διερεύνηση τρόπων εξάλειψης των αρνητικών επιπτώσεων που προκαλούν τα απορρίμματα στο φυσικό περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Έχει παρατηρηθεί ότι οι βιομηχανίες (π.χ. γαλακτοβιομηχανίες, παραγωγής ζύθου, ελαιοτριβεία και πετρελαίου και φυσικού αερίου) καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού. Το τελευταίο χρησιμοποιείται ως κύριο συστατικό, όπως και ως μέσο αρχικής και ενδιάμεσης έκπλυσης πρώτων υλών, μεταφοράς προϊόντων καθαρισμού του εξοπλισμού και των χώρων της παραγωγικής διαδικασίας. Πολύ σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το νερό χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή ως καταλύτης, δηλαδή είτε ως χημικό, είτε ως πρώτη ύλη, είτε ως απορρυπαντικό. Όμως στον τελικό αποδέκτη καταλήγει σε μορφή αποβλήτων.

Σε σχέση με όλα τα απορρίμματα που παράγονται από τις βιομηχανίες, τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τη διαδικασία παραγωγής αποτελούν ένα από τους σημαντικότερους παράγοντες ρύπανσης, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων και του αυξημένου ρυπαντικού επιπέδου. Εξαιτίας του ότι τέτοιου είδους απόβλητα είναι δύσκολο να απορρηφθούν στο περιβάλλον χωρίς επεξεργασία, ακόμη και αν υποστούν βιολογική επεξεργασία, δεν τα καθιστά εξολοκλήρου κατάλληλα για απόρριψη στο περιβάλλον. Είναι αναγκαίο να ακολουθούνται πιστά όλα τα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Τα υγρά λύματα χαρακτηρίζονται ως η σημαντικότερη πηγή σε ότι αφορά το ρυπαντικό τους φορτίο γι' αυτό και κατεργάζονται με συμβατικές τεχνολογίες επεξεργασίας αποβλήτων.

Οι διεργασίες που αναφέρονται για επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι οι πιο σημαντικές. Κύριο ρόλο διαδραματίζουν τα στάδια επεξεργασίας τους, όπως είναι η προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία.

Κάθε στάδιο αποτελείται από τις κύριες μεθόδους και τεχνικές που λαμβάνουν χώρα

σε αυτό. Μέσα από την περιγραφή των διεργασιών είναι σημαντικό να προσδιοριστεί ότι είναι βασικό να εφαρμόζονται σωστά οι τεχνικές καθώς και η γνώση τέτοιων μεθόδων.

Η παρούσα διπλωματική καταπιάνεται με τη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την επεξεργασία νερού και υγρών αποβλήτων βιομηχανιών. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι στο παρόν κείμενο γίνεται μία αναφορά για το πόσο σημαντικό είναι το νερό στη ζωή του ανθρώπου και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που διαθέτει. Τι είναι μόλυνση και ρύπανση, ποιος νόμος αντιστοιχεί στα υγρά απόβλητα και διάφοροι μέθοδοι επεξεργασίας τους.

Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την επεξεργασία νερού και υγρών αποβλήτων από τις βιομηχανίες. Ακολουθούν τρόποι αντιμετώπισης τέτοιων πιθανών προβλημάτων για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων του φυσικού περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας.

Εν συνέχεια, θα αναπτυχθούν αναλυτικότερα για το τι περιέχει κάθε κεφάλαιο ξεχωριστά.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσονται τα γενικά χαρακτηριστικά του νερού και συγκεκριμένα ο υδρολογικός κύκλος καθώς και η σύσταση των φυσικών νερών. Ακολουθώντας, παρουσιάζονται οι διάφοροι τρόποι ρύπανσης του νερού και ιδιαίτερα του νερού με οργανική ύλη, με θρεπτικά άλατα, με τοξικές ουσίες και με άλλα μέσα, όπως οξέα – βάσεις, βαρέα μέταλλα. Τέλος, προβάλλονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού τα οποία χωρίζονται σε φυσικοχημικά, μικροβιολογικά και την παθογένεια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματεύεται το θέμα των υγρών αποβλήτων. Ειδικότερα, αναλύεται η επεξεργασία των αποβλήτων και η προεπεξεργασία τους, όπως η εσχάρωση, η εξάμμωση και η εξισορρόπηση. Στην πρωτοβάθμια επεξεργασία αναπτύσσεται η καθίζηση και η φυσικοχημική επεξεργασία, ενώ στη δευτεροβάθμια προβάλλονται η αερόβια ή αναερόβια βιολογική επεξεργασία, η αναερόβια χώνευση και η νιτροποίηση / απονιτροποίηση. Στην τριτοβάθμια επεξεργασία σχολιάζονται η κροκίδωση – συσσωμάτωση και η δύλιση / διήθηση – φιλτράρισμα. Τέλος, παρουσιάζονται η απολύμανση που εφαρμόζεται για τα υγρά απόβλητα, όπως η οζόνωση, χλωρίωση και απολύμανση λυμάτων με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας.

Στο τελευταίο κεφάλαιο προβάλλονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου, τις γαλακτοβιομηχανίες, τα ελαιοτριβεία και από την παραγωγή ζύθου (μπύρας). Παράλληλα, αναπτύσσονται τρόποι διαχείρισης των αποβλήτων από τις διάφορες βιομηχανίες καθώς και για τα αστικά απόβλητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.1 Γενικά χαρακτηριστικά του νερού

Το νερό αποτελεί ένα από τους πιο σημαντικούς φυσικούς πόρους της Γης. Αποτελεί το κύριο συστατικό των ζωντανών οργανισμών. Βρίσκεται σε κάθε ανθρώπινο κύτταρο, όργανο, ιστό και συμμετέχει σε χιλιάδες βιοχημικές δραστηριότητες. Χωρίς νερό δεν θα υπήρχε ζωή στη Γη. Είναι η κατευθυντήριος δύναμη για την ύπαρξη ζωής, για ανάπτυξη και για υγιή διαβίωση. Η Γη θα ήταν πολύ αφιλόξενο μέρος για τη ζωή χωρίς τον υδρολογικό κύκλο.

1.1.1 Υδρολογικός κύκλος

Σύμφωνα με την αναφορά του Νταρακά (2014), ο υδρολογικός κύκλος ή αλλιώς κύκλος του νερού παρουσιάζει την κυκλοφορία του νερού τόσο στην επιφάνεια του όσο και πάνω και κάτω από αυτήν. Το νερό που βρίσκεται πάνω στη Γη είναι πάντα σε κίνηση και πάντα σε αλλαγή, δηλαδή από την υγρή μορφή στην αέρια ή σε πάγο και αντίστροφα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των υδατικών αποθεμάτων της γης ανήκει στους ωκεανούς (96,5%) και το υπόλοιπο κατανέμεται σε παγετώνες, υπόγειους υδροφορείς, λίμνες, ποταμούς, ρέματα.

Μπορεί οι ωκεανοί να περιέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό σε νερό ωστόσο λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης άλατος που περιέχουν, το νερό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αγροτική, οικιακή και βιομηχανική χρήση. Απαιτεί να υποστούν επεξεργασία για απομάκρυνση του άλατος π.χ. αφαλάτωση, η οποία είναι υψηλού κόστους γι' αυτό απορρίπτεται. Συνεπώς, χρησιμοποιείται ένας φυσικός μηχανισμός, ο ήλιος που εκτελεί τη διεργασία αφαλάτωσης εξατμίζοντας μεγάλες ποσότητες άλατος που περιέχονται σ' αυτούς. Το 50% της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από την επιφάνεια της Γης μετατρέπεται σε λανθάνουσα θερμότητα η οποία καταναλώνεται, ώστε να εξατμιστεί το επιφανειακό νερό και να μεταφερθεί στην ατμόσφαιρα. Μόνο το 10% του νερού μεταφέρεται πάνω από τη στεριά και πέφτει υπό μορφή κατακρημνισμάτων.

Ένα μεγάλο ποσοστό νερού μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα από τα φυτά μέσω της διαδικασίας της διαπνοής. Εκτιμάται ότι το 10% της υγρασίας της ατμόσφαιρας βασίζεται σε αυτή τη διαδικασία. Έπειτα ακολουθεί η εξάχνωση του νερού που πραγματοποιείται σε ξηρή ατμόσφαιρα και άνεμο, όπου το νερό μετατρέπεται από στερεό (π.χ. χιόνι, πάγο), σε υδρατμό χωρίς να λιώσει προηγουμένως, χωρίς δηλαδή ενδιάμεσα να πάρει υγρή μορφή.

Ανοδικά ρεύματα αέρα που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα της, όπου οι μικρότερες πιέσεις που επικρατούν μειώνουν τη θερμοκρασία. Σε χαμηλή θερμοκρασία ο αέρας δεν συγκρατεί όλη τη μάζα των υδρατμών, γι' αυτό ένα μέρος τους συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Τα ρεύματα του αέρα κινούν τα σύννεφα γύρω απ' την υδρόγειο. Παράλληλα, τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν τα σύννεφα συγκρούονται και μεγαλώνουν, και τελικά πέφτουν απ' τον ουρανό ως κατακρημνίσματα, όπου συναντώνται πιο συχνά σε μορφή βροχής. Το νερό των κατακρημνισμάτων δεν ρέει μόνο στους ποταμούς, αφού κάποια διαπερνούν το έδαφος με τη λειτουργία της διήθησης και σχηματίζουν το υπόγειο νερό.

Όλα τα πιο πάνω καταγράφονται και παρουσιάζονται στην εικόνα 1 σύμφωνα με το USGS science for a changing world, της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ.



Εικόνα 1: Υδρολογικός κύκλος του νερού

1.1.2 Σύσταση φυσικών νερών

Τα φυσικά νερά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τα γλυκά νερά, που απαντώνται τόσο στην επιφάνεια όσο και υπόγεια, και τα θαλάσσια νερά σύμφωνα με τον Νταρακά 2014 . Η πρώτη κατηγορία που αποτελείται από τα γλυκά επιφανειακά νερά συνήθως προέρχονται από ποταμούς, λίμνες ή ακόμα και θάλασσες. Περιέχουν διάφορες ουσίες οι οποίες είτε αιωρούνται είτε είναι διαλυμένες σε αυτά. Προέρχονται κυρίως από το γήινο υπόβαθρο, τη γεωργική ή βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής, επίσης, από την ατμόσφαιρα ή ακόμα από φυσικούς και ζωικούς οργανισμούς του νερού. Εκτός από το οξυγόνο (O), το υδρογόνο (H) και τον άνθρακα (C) που είναι τα πιο γνωστά φυσικά συστατικά του νερού, υπάρχουν και αρκετά άλλα ανόργανα συστατικά εξίσου σημαντικά, όπως όξινα ανθρακικά (HCO_3^-) και τα ανθρακικά (CO_2^-) ιόντα, το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), το νάτριο (Na), το κάλιο (K), τα θειικά (SO_4^{2-}), τα χλωριούχα (Cl^-), τα νιτρικά (NO_3^-) και τα πυριτικά (SiO_4^{4-}). Υπάρχουν και κάποια ιόντα που συναντώνται σε μικρές συγκεντρώσεις, αλλά επηρεάζουν τη βιολογία του νερού μέσω κάποιων βιομηχανικών εφαρμογών τους. Τα ιόντα αυτά είναι τα αμμωνιακά (NH_4^+), νιτρώδη (NO_2^-), φωσφορικά (PO_4^{3-}), σίδηρος (Fe), μαγγάνιο (Mn) και φθόριο (F). Κάποια από αυτά τα ιόντα, όπως τα αμμωνιακά (NH_4^+), νιτρώδη (NO_2^-), φωσφορικά (PO_4^{3-}), καθώς και κατιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}) και μαγνησίου (Mg^{2+}) αποτελούν θρεπτικά συστατικά του υδάτινου οικοσυστήματος. Στα φυσικά νερά βρίσκονται και κατιόντα μετάλλων σιδήρου (Fe^{2+}), μαγγανίου (Mn^{2+}), χαλκού (Cu^{2+}), ψευδαργύρου (Zn^{2+}) και κοβαλτίου (Co^{2+}). Συνήθως συναντώνται σε μικρές συγκεντρώσεις με εξαίρεση τον σίδηρο (Fe^{2+}), που απαιτείται σε μεγάλες συγκεντρώσεις από τους ίδιους τους οργανισμούς που ζουν μέσα στα νερά.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις που θα πρέπει να ισχύουν, για να θεωρείται το νερό κατάλληλο ως πόσιμο, τα όξινα ανθρακικά θα πρέπει να έχουν συγκέντρωση που να κυμαίνεται από 200-400 mg/L. Για τα υπόλοιπα στοιχεία οι συγκεντρώσεις θα πρέπει να κυμαίνονται από 1-100 mg/L, ενώ σε συγκεντρώσεις 0,01-1 mg/L συνήθως συναντώνται η αμμωνία (NH_3), τα νιτρώδη (NO_2^-), τα φωσφορικά (PO_4^{3-}), ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn) και το φθόριο (F). Το νερό της βροχής περιέχει πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων σε αντίθεση με τα υπόγεια και επιφανειακά νερά τα οποία περιέχουν μεγάλες ποσότητες.

Εκτός από τα παραπάνω, στο νερό είναι δυνατόν να βρεθεί κάθε στοιχείο του περιοδικού πίνακα. Τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα για τη ζωή και συμμετέχουν στις μεταβολικές διεργασίες των οργανισμών. Μπορεί να εμφανισθούν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (μερικών $\mu\text{g/L}$).

Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από το θαλασσινό νερό, το οποίο αποτελείται από χλώριο (Cl_2) που βρίσκεται διαλυμένο σε μορφή ανιόντων (Cl^-). Συνήθως βρίσκεται σε συγκέντρωση της τάξης των 19 g/kg . Ακόμη, το θαλασσινό νερό αποτελείται από ιόντα νατρίου (Na^+) 11 g/kg , μαγνησίου (Mg^{2+}) $1,3 \text{ g/kg}$ και θείου με τη μορφή των θεικών (SO_4^{2-}) $0,9 \text{ g/kg}$. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων του ασβεστίου (Ca^{2+}), του καλίου (K^+), των βρωμιούχων (Br^-) και των όξινων ανθρακικών (HCO_3^-) είναι της τάξης του $0,001\%$, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία βρίσκονται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Όπως και στα γλυκά επιφανειακά νερά και υπόγεια έτσι και τα θαλασσινά νερά περιέχουν διαλυμένα αέρια, όπως το οξυγόνο (O) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το πιο σημαντικό όμως στα θαλασσινά νερά είναι η σταθερότητα της τιμής του pH του θαλασσινού νερού το οποίο πρέπει να κυμαίνεται σταθερά από $7,5$ έως $8,5$. Η σταθερότητα του pH οφείλεται στην παρουσία ανθρακικών ιόντων (CO_3^{2-}), τα οποία δρουν ως ρυθμιστικά διαλύματα. Αν οι τιμές του pH είναι μικρότερες από $5,0$ ή μεγαλύτερες από $9,0$ τότε καθίστανται τοξικές για την υδρόβια ζωή.

1.2 Ρύπανση-μόλυνση νερού

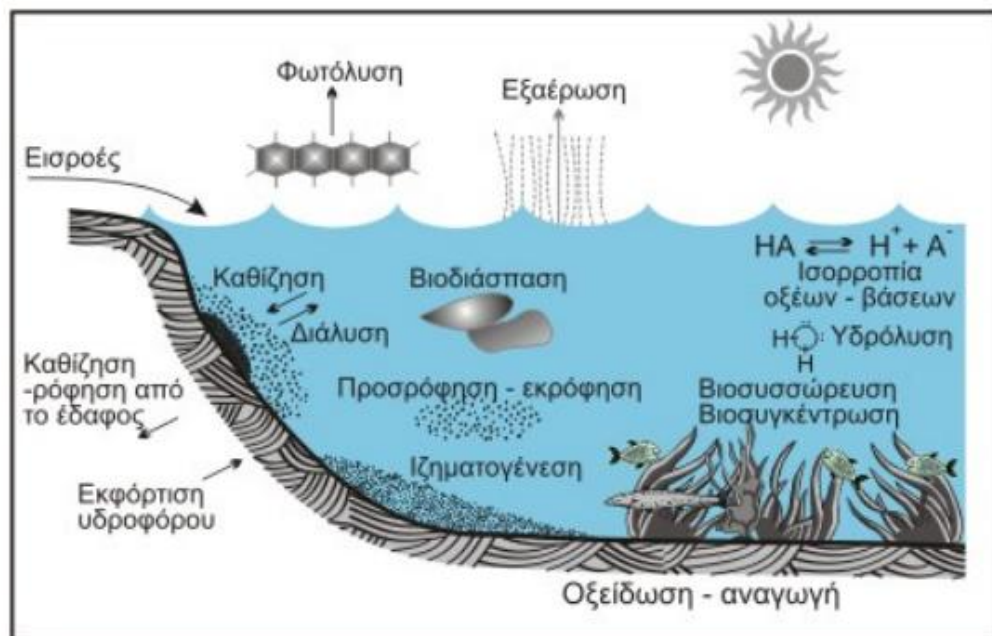
Ρυπαντής ή ρύπος ή ρυπαντική ουσία είναι κάθε διαλυτή ή αδιάλυτη στο νερό ουσία, η οποία κατά την είσοδο της στο περιβάλλον από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλεί δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι πιο συνηθισμένοι ρυπαντές που με διάφορους τρόπους καταλήγουν στα νερά είναι βαρέα μέταλλα (Hg , Pd , Cd κ.ά.), ανόργανες ενώσεις (NO_3^- , PO_4^{3-} , NO_2^- κ.ά.), τοξικά στοιχεία και ενώσεις (As , Se , CN^- κ.ά.), οργανικές ενώσεις, απορρυπαντικά, παρασιτοκτόνα, ραδιενεργές ουσίες και παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Ρύπανση θεωρείται οποιαδήποτε υποβάθμιση της φυσικής ποιότητας του νερού. Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60 της Ε.Ε για την πολιτική των νερών, η ρύπανση ορίζεται ως η συνέπεια των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, η άμεση ή έμμεση εισαγωγή στον αέρα, το νερό ή το έδαφος, ουσιών ή θερμότητας που

μπορούν να βλάψουν την υγεία του ανθρώπου ή την ποιότητα των υδατικών οικοσυστημάτων ή των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται άμεσα από υδατικά οικοσυστήματα.

Μόλυνση ονομάζεται η παρουσία στο νερό παθογόνων μικροοργανισμών ή και μικροοργανισμών δεικτών. Αυτά υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας παθογόνων, εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Στον πιο κάτω πίνακα 1 καταγράφονται οι κυριότεροι τρόποι ρύπανσης του νερού, το είδος των ρύπων και η επίδραση της ρύπανσης στο περιβάλλον. Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται ένα παραστατικό διάγραμμα, όπου αποτυπώνονται οι κυριότερες διαδικασίες μεταφοράς των ρύπων στο υδατικό περιβάλλον σύμφωνα με τον Νταρακά, 2014.



Εικόνα 2: Πηγές ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών.

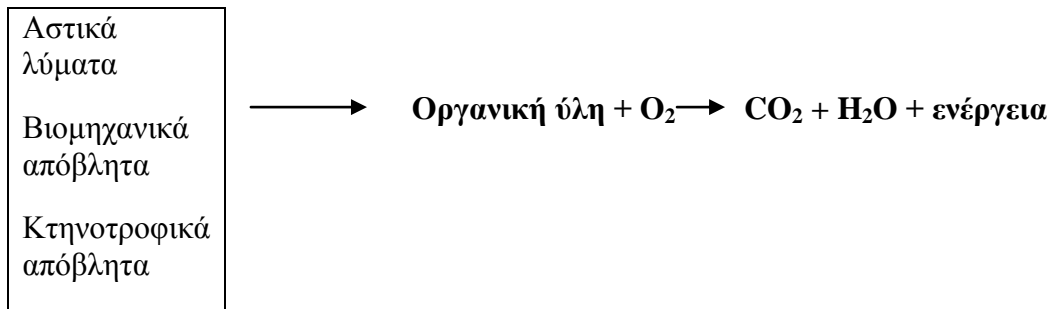
Πηγή	Είδος ρύπου	Επίδραση
Χημικές βιομηχανίες Μεταλλουργεία	Cu, Pb, Zn, Cd, Hg Co, Cr, Ag, As, CN	Συσσωρευση στις τροφικές αλυσίδες
Χημικές βιομηχανίες Βιομηχανίες τροφίμων Φαρμακευτικές βιομηχανίες Χαρτοποιεία	Φαινόλες, Αμμωνία Απορρυπαντικά, Τινες χαρτιού	Ελαττώνουν το οξυγόνο Φαινόμενα ευτροφισμού Τοξικά προϊόντα (αμμωνία, φαινόλες) Ελάττωση της οικολογικής ποικιλότητας
Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)	Βαρέα μέταλλα, Αέρια Οργανικές ενώσεις, Ανόργανες ενώσεις	Ρύπανση υπόγειων υδροφόρων
Αγροτικές δραστηριότητες	Λιπάσματα, Εντομοκτόνα Παρασιτοκτόνα	Αύξηση νιτρικών ιόντων Καρκινογενέσεις
Κτηνοτροφικές δραστηριότητες Σφαγεία	Άζωτο, Φωσφόρος Βακτήρια, Μύκητες	Ρύπανση και μόλυνση υπόγειων και επιφανειακών νερών
Οξίνη βροχή	Οξειδία S και N	Καταστροφή καλλιεργιών, δασών κ.λπ.
Πυρηνικοί σταθμοί	Ραδιενέργεια στο νερό	Γενετικές αλλοιώσεις Συσσωρευση στις τροφικές αλυσίδες
Διυλιστήρια Διαρροές υδρογονανθράκων	Υδρογονάνθρακες Πετρέλαιο, Άσφαλτος	Καταστροφή πανίδας και χλωρίδας Εμποδίζουν την οξυγόνωση του νερού
Μεταλλευτικές Δραστηριότητες	Αιωρούμενα στερεά, Ορυκτές ενώσεις Οξίνα απόβλητα	Ρύπανση αέρα και υπόγειων νερών Καθιζήσεις εδάφους
Ενεργειακοί σταθμοί Βιομηχανίες	Θερμό νερό	Θανάτωση των αυγών των ψαριών Ελάττωση του O ₂ , αύξηση του ρυθμού μεταβολισμού των οργανισμών
Διείσδυση της θάλασσας	Άλατα	Καταστροφή παράκτιων υδροφόρων οριζόντων

Πίνακας 1: Μεταφορά ρυπαντών στο υδατικό περιβάλλον

1.2.1 Διάφοροι τρόποι ρύπανσης νερού

1.2.1.1 Ρύπανση νερού με οργανική ύλη

Το νερό μπορεί να ρυπανθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους όπως αναφέρθηκαν στο βιβλίο του «Ρύπανση και τεχνολογίες προστασίας περιβάλλοντος» του Αλμπάνη (2009). Ο πρώτος τρόπος είναι η ρύπανση του νερού με οργανική ύλη. Όταν βρεθούν οργανικά συστατικά στα φυσικά νερά αυτό δείχνει τη φυσική αποικοδόμηση υλικών. Η ρύπανση του νερού προέρχεται από φυσική, ζωική και από αγροτική, αστική ή βιομηχανική δραστηριότητα. Η ρύπανση του νερού από οργανική ύλη είναι πολύ επικίνδυνη, αφού προκαλεί αποξυγόνωση του νερού που αυτό με τη σειρά του επιφέρει μείωση ή ακόμη και εξαφάνιση των υδρόβιων οργανισμών. Ακόμη, οι οργανικές ουσίες χρησιμοποιούνται ως τροφή των ετεροτροφικών - χημειοσυνθετικών μικροοργανισμών οι οποίοι, όταν καταναλώσουν διαλυμένο οξυγόνο, τις διασπούν. Η αερόβια διάσπαση της οργανικής ύλης παρίσταται από την πιο κάτω αντίδραση:



Για τη μέτρηση του οργανικού φορτίου μέσα στα απόβλητα συνήθως πραγματοποιούνται μετρήσεις του BOD (Βιοχημικός απαιτούμενο οξυγόνο) με τη χρήση μικροοργανισμών και COD (Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο).

Οι μετρήσεις του TOC (Ολικού οργανικού άνθρακα) στοχεύουν στον προσδιορισμό υψηλών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης και είναι σημαντικές για την παραγωγή και την ποιότητα του πόσιμου νερού. Η μέθοδος για προσδιορισμό του TOC είναι πολύ απλή. Ο αυτόματος αναλυτής TOC απαιτεί μικρή ποσότητα υγρού δείγματος το οποίο εισάγεται σε μία στήλη με καταλύτη που στη συνέχεια καίγεται σε υψηλή θερμοκρασία και μετατρέπει τον οργανικό άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα. Το αποτέλεσμα που προκύπτει εκφράζεται σε mg/L ολικού οργανικού άνθρακα (TOC).

1.2.1.2 Ρύπανση νερού με θρεπτικά άλατα

Ο δεύτερος τρόπος είναι η ρύπανση του νερού με θρεπτικά άλατα (ευτροφισμός). Η ρύπανση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων με αμμωνιακό (NH₄⁺) είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα φαινόμενα. Οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες και συνήθως βρίσκονται μέσα στα αστικά λύματα (απορρίμματα κλπ), στα κτηνοτροφικά απόβλητα, σε μερικά βιομηχανικά απόβλητα και σε γεωργικές απορροές που περιέχουν λιπάσματα λόγω των αποπλύσεων των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Ιδιαίτερα τοξική καθίσταται η ελεύθερη αμμωνία (NH₃) για τα ψάρια και οι ψηλές συγκεντρώσεις των νιτρικών στο πόσιμο νερό μπορούν να επιφέρουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων και ιδιαίτερα στα παιδιά, όπως τη νιτρική αδυναμία μεταφοράς του οξυγόνου από το αίμα.

Σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού των φυσικών αποδεκτών έχουν τα θρεπτικά άλατα του αζώτου (αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά) και του φωσφόρου

(φωσφορικά). Το πιο συχνό πρόβλημα που παρατηρείται είναι ο ευτροφισμός. Η υπερβολική αύξηση της πρωτογενούς παραγωγικότητας (π.χ. φυτοπλαγκτόν, υδρόβια και υδροχαρής βλάστηση) της υδάτινης μάζας έχει δυσμενή αποτελέσματα στα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού και της χρήσης τους, δημιουργώντας έτσι ευτροφισμό. Μπορεί, όμως, να δημιουργείται και από φυσικούς παράγοντες, όπως γεωγραφικούς, γεωμορφολογικούς, κλιματολογικούς, μορφομετρικούς και υδροδυναμικούς. Θεωρείται μία από τις σοβαρότερες διαταραχές που μπορούν να υποστούν τα υδατικά οικοσυστήματα, αφού επιφέρει δυσμενείς συνέπειες, όπως μείωση της διαφάνειας, αποξυγόνωση και δυσοσμία του νερού.

Ο ευτροφισμός συνήθως εμφανίζεται με την παρουσία του φυτοπλαγκτόν, κατά την περίοδο της άνοιξης και του φθινοπώρου καθώς επίσης και μέσω της υπέρμετρης ανάπτυξης υδρόβιων μικρόφυτων. Επίσης, με τη χαμηλή τιμή του διαλυμένου οξυγόνου κατά τις πρώτες πρωινές ώρες της ημέρας, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και η δυσοσμία είναι συχνά συμπτώματα του ευτροφισμού.

Διαπιστώνεται με φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς δείκτες. Στους φυσικούς δείκτες λαμβάνουν μέρος η μείωση του βάθους του υδάτινου οικοσυστήματος και η μείωση της διαφάνειας του νερού. Στους χημικούς δείκτες ανήκουν ο υπερκορεσμός του οξυγόνου στην επιφάνεια, αύξηση ανόργανου αζώτου και φωσφόρου, αύξηση ολικού αζώτου και φωσφόρου, αύξηση του λόγου N/P, μεταβολή του pH του νερού. Στους βιολογικούς δείκτες λαμβάνουν μέρος η μείωση της ποικιλίας των φυτοπλαγκτικών ειδών, η αύξηση της πρωτογενούς παραγωγικότητας, η αύξηση της βακτηριακής πυκνότητας, η αύξηση της βιομάζας των φυκιών και της χερσαίας βλάστησης.

1.2.1.3 Ρύπανση νερού με τοξικές ουσίες

Ο τρίτος τρόπος είναι η ρύπανση του νερού με τοξικές ουσίες. Συνήθως οι τελευταίες είναι οι ουσίες που δημιουργούνται από τον άνθρωπο για διάφορες χρήσεις του, όπως παρασιτοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα τα οποία καταλήγουν στο νερό μέσα από την ευρεία χρήση τους στη γεωργία και τη βιομηχανία.

Σημαντικό είναι ότι μία ουσία καθίσταται τοξική από τη δόση την οποία θα χρησιμοποιηθεί. Ακόμη, η τοξικότητά της εξαρτάται από τη συγκέντρωση του στοιχείου ή της ουσίας, τη φύση της και τη χημική σύσταση του περιβάλλοντος της.

Δηλαδή, την παρουσία άλλων χημικών ουσιών στο εσωτερικό του οργανισμού καθώς και τα γενετικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παίζουν το στάδιο ανάπτυξης και η φυσιολογία του ατόμου.

Σημαντική είναι η εξέλιξη της αντικατάστασης των χλωριωμένων υδρογονανθράκων (π.χ. DDT) που χρησιμοποιούνταν στη γεωργία με καρβαμδικά και οργανοφωσφορικά τα οποία έχουν μεν τοξική δράση αλλά είναι ασταθή και δεν έχουν την τάση να συσσωρεύονται και να επηρεάζουν την τροφική αλυσίδα, καθώς επίσης να προκαλούν προβλήματα στους οργανισμούς.

1.2.1.4 Ρύπανση νερού με άλλα μέσα (π.χ. οξέα-βάσεις, βαρέα μέταλλα, θερμική ρύπανση)

Εκτός από τις τοξικές ουσίες, τόσο τα οξέα όσο και οι βάσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύπανση του νερού. Συνήθως προέρχονται από τις βιομηχανίες και προκαλούν αλλαγή της οξύτητας του νερού. Ακόμη και η όξινη βροχή μπορεί να γίνει αιτία για την καταστροφή των λιμναίων οικοσυστημάτων. Όλοι οι υδρόβιοι αλλά και χερσαίοι οργανισμοί δεν μπορούν να ανεχθούν τιμές pH του νερού κάτω από 6,0 ή πάνω από 8,5 γι' αυτό πρέπει να το διατηρούν ουδέτερο.

Επίσης, τα βαρέα μέταλλα που εισέρχονται στα υδάτινα οικοσυστήματα τόσο από φυσικές (π.χ. διάβρωση πετρωμάτων, ηφαιστειακή δραστηριότητα) όσο και από τεχνητές πηγές (π.χ. εξόρυξη ορυκτών, διυλιστήρια πετρελαίου, παραγωγή λιπασμάτων) και διαδικασίες μπορούν να προκαλέσουν τη ρύπανση των υδάτων. Τα πιο συνηθισμένα βαρέα μέταλλα που μπορούν να παρουσιαστούν στα νερά είναι ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg). Στους μη συμβατικούς ρύπους του νερού περιλαμβάνονται και ελαφρύτερα στοιχεία, όπως αργίλιο (Al) και βηρύλλιο (Be) και μεταλλοειδή, όπως αρσενικό (As), σελήνιο (Se) και αντιμόνιο (Sb). Ο σίδηρος (Fe) και το τρισθενές χρώμιο (Cr^{3+}) είναι απαραίτητα ιχνοστοιχεία για τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα υπόλοιπα βαρέα μέταλλα μπορεί να παρουσιάζουν υψηλή τοξικότητα ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Η τοξικότητα τους αλλάζει ανάλογα με το είδος του μετάλλου και τη μορφή με την οποία συναντώνται στο περιβάλλον (Αλμπάνης, 2009).

Τέλος, με την αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτινων σωμάτων εξαιτίας της αποχέτευσης θερμών αποβλήτων, συνήθως νερού ψύξης ενεργειακών σταθμών και

άλλων εργοστασίων οδηγούν σε θερμική ρύπανση. Με την άνοδο της θερμοκρασίας μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αυξάνεται ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου από τους ποικιλόθερμους υδρόβιους οργανισμούς. Σύμφωνα με οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν επιτρέπεται η απόρριψη θερμών αποβλήτων στα γλυκά επιφανειακά νερά προστατεύοντας τα από την ανύψωση της θερμοκρασίας.

1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού (φυσικοχημικά, μικροβιολογικά και παθογένεια)

Για μια σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού θα πρέπει να αποτελούν βασική προϋπόθεση οι θεμελιώδεις γνώσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του. Με βάση τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, θα πραγματοποιείται ο σωστός προσδιορισμός του βαθμού, των σταδίων, καθώς και των μεθόδων επεξεργασίας του νερού που θα προορίζεται για πόση, όπως επίσης και για τα νερά που προέρχονται από τα υγρά απόβλητα. Με βάση την ποιότητα των νερών, προσδιορίζεται ο ορθός τρόπος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων για την προστασία της ποιότητας των νερών των φυσικών αποδεκτών και της δημόσιας υγείας. Συνήθως τα ποιοτικά χαρακτηριστικά χωρίζονται σε τρεις μεγάλες ομάδες δηλαδή τα φυσικοχημικά, βιοχημικά και μικροβιολογικά (Μήτρακας, 2001).

Στα **φυσικοχημικά** χαρακτηριστικά ανήκουν η θερμοκρασία, το χρώμα, η οξύτητα, η αλκαλικότητα, η αγωγιμότητα, η αλατότητα, η θολότητα, η οσμή, η γεύση, οι στερεές ουσίες, που και καθορίζονται από τις ανθρώπινες αισθήσεις (π.χ. αφή, όραση, όσφρηση, γεύση). Για παράδειγμα το χρώμα, η θολότητα και τα αιωρούμενα στερεά είναι χαρακτηριστικά που καθορίζονται από την όραση, ενώ η θερμοκρασία από την αφή. Επιπρόσθετα, σε αυτή την κατηγορία ανήκουν διάφορα άλατα, η σκληρότητα του νερού, καθώς και διάφορα κατιόντα (π.χ. ασβεστίου (Ca^{2+}), μαγνησίου (Mg^{2+}), νατρίου (Na^+) και καλίου (K^+)). Υπάρχουν και κάποια ανιόντα, όπως τα ανθρακικά (CO_3^{2-}), τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), τα χλωριούχα (Cl^-), τα θειικά (SO_4^{2-}). Επίσης, σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και θεραπευτικά συστατικά, όπως τα άλατα του αζώτου αμμωνιακά (NH_4^+), νιτρώδη (NO_2^-), νιτρικά (NO_3^-), τα άλατα του φωσφόρου (PO_4^{3-}), του θείου (S) και του πυριτίου (Si), καθώς και διάφορα

ιχνοστοιχεία και βαριά μέταλλα (π.χ. μόλυβδος (Pb), υδράργυρος (Hg), κάδμιο (Cd), χρώμιο (Cr)).

Στα **βιοχημικά** χαρακτηριστικά του νερού ανήκουν το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.) και η οργανική ύλη, που την αποτελούν ουσίες οι οποίες προσδιορίζονται με το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) και τον ολικό οργανικό άνθρακα (TOC). Ενώ στα **микροβιολογικά** χαρακτηριστικά του νερού ανήκουν οι μικροοργανισμοί που αποτελούνται από βακτήρια, ιούς, μύκητες, φύκια (άλγη), πρωτόζωα, έλμινθες (σκουλήκια) και μαλακόστρακα.

Αναλύοντας με βάση τον καθηγητή Γεωλογίας Βουδουρή (χ.χ), κάποια από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού παρατηρείται ότι η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει αρκετές από τις σημαντικότερες φυσικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του νερού, όπως είναι η θερμική χωρητικότητα, η πυκνότητα, το ειδικό βάρος, το ιξώδες, η επιφανειακή τάση, η ειδική αγωγιμότητα, η αλατότητα και η διαλυτότητα των διαλυμένων αερίων και χημικών. Κάποια από τα ποσοστά της βιολογικής αντίδρασης αυξάνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα όρια της θερμοκρασίας του νερού σε ρέματα και ποτάμια σε όλο τον κόσμο είναι από 0 έως 35 ° C.

Το χρώμα του νερού πρέπει να είναι άχρωμο για να θεωρείται κατάλληλο για χρήση. Αν το νερό έχει οποιοδήποτε χρώμα τότε καθίσταται ακατάλληλο για πόση, ακόμα και αν έχει κριθεί ασφαλές για χρήση από το κοινό. Το χρώμα συνήθως χρησιμοποιείται για την ποσοτική εκτίμηση παρουσίας επικίνδυνων ή τοξικών οργανικών υλών στο νερό.

Η γεύση και η οσμή για την ποιότητα του νερού καθίστανται στις ανθρώπινες αισθήσεις αντιληπτές. Η γεύση διακρίνεται σε ξινή (υδροχλωρικό οξύ), αλμυρή (χλωριούχο νάτριο), γλυκιά (σακχαρόζη) και πικρή (καφεΐνη). Η οσμή των νερών στους επιφανειακούς ταμιευτήρες μπορεί να οφείλεται σε φυσικά ή ανθρωπογενή αίτια. Κατά τις αναερόβιες συνθήκες, τα προϊόντα της διάσπασης της οργανικής ύλης είναι το υδρόθειο (H₂S), η αμμωνία (NH₄), το μεθάνιο (CH₄), η αέρια δυσοσμία, τα τοξικά και τα εκρηκτικά. Η ένταση των οσμών δεν εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ουσιών που την προκαλούν πάντα. Η μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για την ποσοτική ανίχνευση της οσμής είναι οι διαδοχικές αραιώσεις, που το δείγμα

αραιώνεται σταδιακά. Το όριο που καταγράφεται είναι αυτό στο οποίο η οσμή είναι ελάχιστα αντιληπτή (Λαϊνά, 2015).

Η οξύτητα (pH) που θεωρείται ένα από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού είναι ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου. Η κλίμακα μέτρησης του κυμαίνεται από 0 έως 14,0 όπου το 7,0 αντιστοιχεί σε ουδέτερα δείγματα. Τιμές μικρότερες από το 7,0 υποδεικνύουν υπερίσχυση κατιόντων υδρογόνου (H^+), ενώ μεγαλύτερες από το 7,0 αντιστοιχούν σε αλκαλικά νερά δηλαδή νερά όπου τα υδροξύλια (OH^-) υπερισχύουν. Συνήθως οι τιμές του pH των φυσικών νερών κυμαίνονται μεταξύ 4,0 - 9,0 ενώ για τους υδρόβιους οργανισμούς οι καταλληλότερες τιμές του pH είναι από 6,5 - 8,5.

Η θολότητα του νερού παίζει και αυτή με τη σειρά της σημαντικό ρόλο για την καταλληλότητα του νερού. Ορίζεται ως η αντίσταση στη διέλευση του φωτός και οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη λεπτόκοκκων σωματιδίων είτε ανόργανων είτε οργανικών υλικών τα οποία αιωρούνται ή βρίσκονται σε κolloειδή μορφή και διασπώνται εύκολα στην υγρή φάση. Αν παρατηρηθεί θολό νερό τότε πραγματοποιείται έλεγχος για ρύπανση των συγκεκριμένων νερών. Από την άλλη η απολύμανση τέτοιου είδους νερού ως πόσιμο δεν είναι αποτελεσματική. Αυτό οφείλεται στον εγκλωβισμό παθογόνων οργανισμών στα σωματίδια που αιωρούνται και προστατεύονται από το απολυμαντικό. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το πόσιμο νερό που φτάνει στον καταναλωτή χρειάζεται να είναι διαυγές και όχι θολό. Η μέτρηση της θολότητας διεξάγεται με τη βοήθεια του θολόμετρου. Η διαδικασία αυτή βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που υφίσταται διάχυση περνώντας μέσα από ένα δείγμα νερού (ή αποβλήτων) με την ένταση του φωτός που υφίσταται διάχυση κατά τη διέλευσή του από ένα πρότυπο αιώρημα κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Στις πιο κάτω εικόνες παρουσιάζονται τα πιο γνωστά θολόμετρα που χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 3: Θολόμετρα (Όργανα μέτρησης θολότητας)

Σύμφωνα με την Λαϊνά (2015), η αλκαλικότητα και η σκληρότητα του νερού καθίστανται και αυτές σημαντικές για την καταλληλότητα του νερού, αφού είναι από τα πιο σημαντικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Η αλκαλικότητα θεωρείται ως μέτρο της ικανότητας που έχει το νερό να εξουδετερώνει ορισμένη ποσότητα των υδρογονοκατιόντων, που οφείλεται στην παρουσία των ιόντων OH^- , CO_3^{2-} και HCO_3^- . Επίσης, για τον καθαρισμό της αλκαλικότητας των υπόγειων νερών δρουν οι συζυγείς βάσεις του φωσφορικού και πυριτικού οξέος και η παρουσία οργανικής ύλης. Τα χλωριούχα, θειικά και νιτρικά ιόντα δεν συμβάλλουν στην αλκαλικότητα.

Εν συνεχεία, η σκληρότητα του νερού προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα κατιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}) και μαγνησίου (Mg^{2+}) και διακρίνεται σε ολική, προσωρινή και μόνιμη. Ο προσδιορισμός της σκληρότητας είναι πολύ σημαντικός, γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις του νερού. Συνήθως αν είναι σκληρό το νερό φαίνεται από τον σχηματισμό ανθρακικών στις σωληνώσεις και στις οικιακές συσκευές, την άσχημη γεύση του καθώς και στο μη καλό βράσιμο των τροφών. Ακόμη και στις βιομηχανίες μπορεί να προκληθούν προβλήματα από τη σκληρότητα του νερού. Το πιο σύνηθες πρόβλημα είναι η δημιουργία στερεών αποθεμάτων, σε σημαντικές ποσότητες, στους ατμολέβητες μετά την εξάτμιση του σκληρού νερού.

Έτσι, συγκρίνοντας την αλκαλικότητα με τη σκληρότητα παρατηρείται ότι αν η αλκαλικότητα είναι μεγαλύτερη από την ολική σκληρότητα τότε η μη ανθρακική σκληρότητα, δηλαδή η μόνιμη, θα είναι μηδέν. Έτσι η ολική σκληρότητα θα ισούται με την ανθρακική σκληρότητα, δηλαδή την προσωρινή. Αν η αλκαλικότητα είναι μικρότερη από την ολική σκληρότητα, η προσωρινή σκληρότητα θα είναι ίση με την αλκαλικότητα. Συνεπώς, η μόνιμη θα είναι η διαφορά μεταξύ της ολικής σκληρότητας και της αλκαλικότητας (Νταρακάς, 2014).

Στον **πίνακα 2** που ακολουθεί αναγράφονται τα νερά με βάση τη σκληρότητα τους.

Ισοδύναμο CaCO ₃ (mg/L)	Γαλλικοί Βαθμοί	Χαρακτηρισμός του νερού
0-100	0-10	Μαλακό
101-200	10-20	Μέτρια σκληρό
201-300	20-30	Σκληρό
>300	>30	Πολύ σκληρό

Πίνακας 2: Ταξινόμηση νερού με βάση τη σκληρότητα

Η αποσκλήρυνση του νερού γίνεται με χημικές διεργασίες (ιζηματοποίηση). Ακόμη, μπορεί να πραγματοποιηθεί με αντίστροφη όσμωση, ηλεκτροδιάλυση ή περιορισμένη εξάτμιση, καθώς και με χρήση ιοντοανταλλακτών (ρητίνες ή ζεόλιθοι).

Στον **πίνακα 3** που ακολουθεί καταγράφονται οι κυριότερες παράμετροι του πόσιμου νερού, όπως έχουν καθοριστεί με βάση τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

α/α	Παράμετρος	Μονάδα έκφρασης αποτελεσμάτων	Παραμετρική τιμή*
1	Ιόντα υδρογόνου	μονάδα pH	6.5≤pH≤9.5
2	Αγωγιμότητα	μS/cm	2500
3	Χλωριούχα άλατα	mg/l	250
4	Θειικά άλατα	mg/l	250
5	Νάτριο	g/l	200
6	Αργίλιο	μg/l	200
7	Νιτρικά άλατα	mg/l	50
8	Νιτρώδη άλατα	mg/l	0,50
9	Βρωμικά άλατα	mg/l	10
10	Κυανιούχα άλατα	μg/l	50
11	Αμμώνιο	mg/l	0,50
12	Φθοριούχα άλατα	mg/l	1,5
13	Σίδηρος	μg/l	200
14	Μαγγάνιο	μg/l	50
15	Χαλκός	mg/l	2,0
16	Αρσενικό	μg/l	10
17	Χρόμιο	μg/l	50
18	Υδράργυρος	μg/l	1,0
19	Μόλυβδος	μg/l	10
20	Νικέλιο	μg/l	20
21	Κάδμιο	μg/l	5,0

Πίνακας 3: Κυριότεροι παράμετροι που επηρεάζουν το πόσιμο νερό

*Παραμετρική τιμή σύμφωνα με την οδηγία 98/83/EK αναφέρεται στη συγκέντρωση καταλοίπων μονομερούς στο νερό.

Σημαντικό ρόλο παίζουν και οι μικροοργανισμοί στον έλεγχο της ποιότητας του νερού και των αποβλήτων. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι υπεύθυνοι για την οσμή και τη γεύση που έχει το πόσιμο νερό, τη διάβρωση μετάλλων και του σκυροδέματος, καθώς επίσης και για πολλές ασθένειες που μεταδίδονται μέσω του νερού. Παράλληλα, ευθύνονται για τον σχηματισμό του ευτροφισμού σε υδάτινα οικοσυστήματα. Οι μικροοργανισμοί δεν έχουν μόνο αρνητικές επιδράσεις, αλλά και θετικές, αφού λαμβάνουν μέρος στον βιολογικό αυτοκαθαρισμό του νερού που χρησιμοποιείται για την αφομοίωση των ρύπων, κυρίως των οργανικών ουσιών στα υδάτινα οικοσυστήματα. Αυτή τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών χρησιμοποιείται και για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί είναι είτε αυτότροφοι-φωτοσυνθετικοί, είτε ετερότροφοι-χημικοσυνθετικοί. Αποτελούνται από βακτήρια, ιούς, μύκητες, φύκια (άλγη), πρωτόζωα, έλμινθες (σκουλήκια) και μαλακόστρακα. Τα βακτήρια θεωρούνται μία από τις σημαντικότερες ομάδες των μικροοργανισμών και είναι μονοκύτταροι οργανισμοί. Συνδέεται άμεσα με την τεχνική περιβάλλοντος, γιατί παίζουν σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Τα πιο συνηθισμένα παθογόνα βακτήρια (π.χ. *Vibrio cholerae*, *Salmonella* sp, *Campylobacter* sp, *Shigella* sp, *Staphylococcus aureus*), είναι αυτά του τύφου και του παράτυφου, δηλαδή η σαλμονέλα που στον άνθρωπο προκαλούν δυσεντερία και χολέρα. Ταυτόχρονα, το *mycobacterium avium complex* μπορεί να προκαλέσει ναυτία, εμετό και διάρροια. Όσον αφορά τους ιούς λειτουργούν ως παράσιτα μεγαλύτερων κυττάρων. Συνήθως τα αιωρούμενα στερεά και η θολότητα του νερού δρουν προστατευτικά στην επιβίωση τους. Στα μολυσμένα νερά συναντώνται πιο συχνά εντερικοί ιοί (π.χ. *norovirus hepatitis A*, *rotavirus*, *enterovirus*), οι οποίοι προκαλούν ασθένειες με πιο συνηθισμένο σύμπτωμα τη διάρροια. Τα φύκια και τα πρωτόζωα ανήκουν στην κατηγορία των μονοκύτταρων ή πολυκύτταρων οργανισμών με μέγεθος πολλαπλάσιο του βακτηρίου έχοντας ως διαφορά την τελειότερη οργάνωση του κυττάρου. Η διαφορά τους αυτή οφείλεται στις πηγές άνθρακα και ενέργειας (Μήτρακας, 2001).

Άξιο αναφοράς αποτελούν οι σπουδαιότεροι οργανισμοί δείκτες που είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή (TC), τα περιττωματικά κολοβακτηριοειδή (FC), οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι και οι εντερόκοκκοι. Οι πιο γνωστοί μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την καταμέτρηση των οργανισμών δεικτών είναι η καταμέτρηση σε τρυβλίο με διηθητική μεμβράνη (CFU/100 mL), η καλλιέργεια σε πολλαπλούς σωλήνες (MPN/100 mL) και η απευθείας καταμέτρηση με μικροσκόπιο. Τα ανώτερα επιτρεπτά όρια κολοβακτηριοειδών κοπράνων (FC) σε νερά είναι:

A) Για πόσιμο νερό → 0 CFU/100 mL

B) Για νερό κολύμβησης → 100 CFU/100 mL

Γ) Για αλιεία → 1000 CFU/100 mL

Δ) Εκροή επεξεργασμένων λυμάτων → 200 CFU/100 mL

Κεφάλαιο 2:

ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

2.1 Γενικά

Τα υγρά απόβλητα αποτελούνται ουσιαστικά από νερό το οποίο έχει χρησιμοποιήσει ο άνθρωπος μέσα από διάφορες εφαρμογές. Κύριες πηγές προέλευσης τους καθίστανται οι κατοικίες, τα ιδρύματα και οι διάφορες εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού στα αστικά κέντρα και η ταυτόχρονη βιομηχανική ανάπτυξη οδήγησαν στην υπερκατανάλωση νερού από τον άνθρωπο και στην άμεση μετατροπή αυτού του πολύτιμου για τη ζωή του ανθρώπου αγαθού σε απόβλητο.

Συνήθως τα υγρά απόβλητα εγκυμονούν αρκετές ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες. Επομένως, η απευθείας διάθεση τους σ' ένα φυσικό υδάτινο αποδέκτη μπορεί να προκαλέσει προβλήματα τόσο στον αποδέκτη όσο και στα έμβια όντα. Επιφέρει δε συνέπειες κυρίως στον άνθρωπο.

Ωστόσο σημαντικό για την προστασία τόσο του περιβάλλοντος όσο και της δημόσιας υγείας είναι οι απαραίτητες θεμελιώδεις γνώσεις των χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων. Παράλληλα, σημαντικό θεωρείται η αντίληψη της επίδρασης τους στο περιβάλλον, τις μεθόδους επεξεργασίας που μπορούν να εφαρμοστούν για την απομάκρυνση και την εξουδετέρωση συστατικών και μεθόδων για την αξιοποίηση ή την ασφαλή διάθεση των στερεών που εμφανίζονται κατά την επεξεργασία τους.

Για την προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης των υγρών αποβλήτων και την πλήρη διαχείριση τους εκδόθηκε η **Οδηγία 91/271/ ΕΟΚ 21.05.1991**. Σύμφωνα με αυτή τα αστικά λύματα είναι υγρά απόβλητα που προέρχονται από χώρους υγιεινής, από διαδικασίες καθαριότητας κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, υπολείμματα τουαλέτας, απόνερα κουζίνας και λουτρού. Τα υγρά απόβλητα περιλαμβάνουν ως συστατικά τους οργανικές ουσίες σε διάλυση ή αιωρούμενα σωματίδια, λίπη, έλαια, ανόργανες ουσίες και σε μικρές ποσότητες διαλυμένα αέρια όπως η αμμωνία (NH_3) και το υδρόθειο (H_2S).

2.2 Επεξεργασία αποβλήτων

Σύμφωνα με τον Κούγκολο (2007), για πιο αποτελεσματική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων κατασκευάζονται ειδικές μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (ΜΕΥΑ) που χαρακτηρίζεται από το βαθμό επεξεργασίας και υποδηλώνει ποια από τα βλαβερά συστατικά μπορεί να απομακρύνει. Η ΜΕΥΑ αποτελείται από τρία στάδια, την πρωτοβάθμια, τη δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια επεξεργασία. Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνονται σχεδόν όλα τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα σωματίδια μέσω της μεθόδου της καθίζησης. Στη δευτεροβάθμια επεξεργασία λαμβάνει χώρα η βιολογική επεξεργασία που αποσκοπεί στην απομάκρυνση των οργανικών συστατικών, ακόμα και των παθογόνων μικροοργανισμών. Στο στάδιο αυτό εφαρμόζεται χλωρίωση και ανοξικές συνθήκες. Τέλος, κατά την τριτοβάθμια επεξεργασία, πραγματοποιείται απομάκρυνση των θρεπτικών στοιχείων, όπως το άζωτο και ο φώσφορος. Οι εφαρμοζόμενες κατά την τριτοβάθμια επεξεργασία διεργασίες είναι είτε φυσικές (π.χ. αερισμός για την απομάκρυνση της NH_3 ή αντίστροφη ώσμωση για NO_3 ΚΑΙ PO_4) είτε χημικές (π.χ. ιζηματοποίηση για απομάκρυνση PO_4) και είτε βιολογικές (π.χ. η ανάπτυξη μικροφυκών και η απονιτροποίηση). Ακόμη, το στάδιο αυτό αποσκοπεί στη μείωση της θολότητας, έτσι ώστε να οδηγεί στην πλήρη απομάκρυνση των παθογόνων στοιχείων όταν κρίνεται απαραίτητο. Συνεπώς, μπορούν τα επεξεργασμένα νερά να επαναχρησιμοποιηθούν.

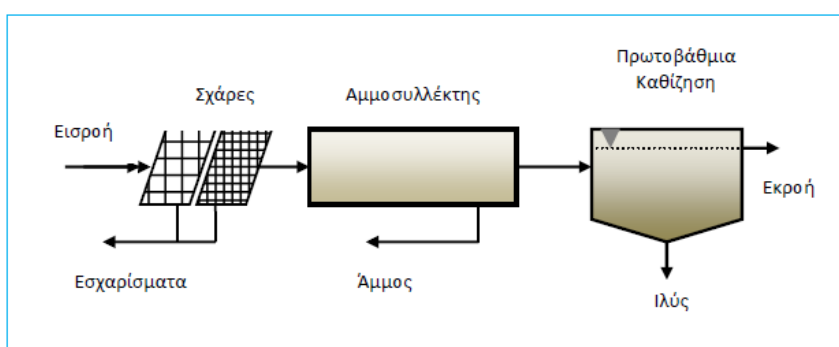
Όσον αφορά τα βιομηχανικά απόβλητα είναι τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους οι οποίοι χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα. Είναι υγρά απόβλητα βιομηχανικών ή βιοχημικών εγκαταστάσεων που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και ίσως να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται. Σε αυτή την κατηγορία δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού τα οποία κατατάσσονται στην κατηγορία των αστικών λυμάτων.

Τα βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να προέρχονται ή από φυσικούς ρυπαντές είτε από χημικούς ρυπαντές βιομηχανικών αποβλήτων. Οι φυσικοί ρυπαντές βιομηχανικών αποβλήτων προσδίδουν στα απόβλητα χρώμα, οσμή και θολότητα. Σε αυτή την κατηγορία εκτός από τη θερμοκρασία ανήκουν οι αδιάλυτες ουσίες (π.χ. αιωρούμενες, καθιζάνουσες, επιπλέουσες), οι διαλυτές (π.χ. ζάχαρη, αλάτι, διάφορα άλατα, άλλες γλυκαντικές ύλες) και οι κολλοειδείς ουσίες σε λεπτό καταμερισμό,

όπως είναι οι ουσίες που προσδίδουν θολότητα. Στους χημικούς ρυπαντές βιομηχανικών αποβλήτων ανήκουν οι οργανικές ουσίες (π.χ. αλκοόλες, υδρογονάνθρακες, λίπη και έλαια, πρωτεΐνες, εντομοκτόνα), οι ανόργανες (π.χ. άζωτο, φώσφορο, χλωριούχα ιόντα, βαρέα μέταλλα) και τα ραδιενεργά στοιχεία και οι ενώσεις τους. Με την παρουσία των χημικών ρυπαντών στα απόβλητα αλλοιώνουν και επηρεάζουν τα βιολογικά και τα χημικά χαρακτηριστικά του νερού σύμφωνα με την ιστοσελίδα του Τμήματος Περιβάλλοντος Κύπρου για τον Έλεγχο Ρύπανσης.

2.3 Προεπεξεργασία

Στην προεπεξεργασία απομακρύνονται υλικά τα οποία μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό ή ακόμα και προβλήματα στη συντήρηση και τη λειτουργία του όπως αναφέρεται στο βιβλίο των Metcalf & Eddy, Inc., (2006). Γι' αυτό απομακρύνονται λίπη και άμμος, ενώ πραγματοποιείται εξισορρόπηση της παροχής και εξομάλυνσης του ρυπαντικού φορτίου. Συνήθως στο στάδιο αυτό χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι όπως εσχάρωση, εξάμμιση και εξισορρόπηση παροχής όπως φαίνεται και στην πιο κάτω εικόνα.



Εικόνα 4: Απεικόνιση σταδίων προ-επεξεργασίας σε σχέση με την πρωτοβάθμια επεξεργασία.

2.3.1. Εσχάρωση

Η διεργασία αυτή χρησιμοποιείται για τη συγκράτηση μεγάλων υλικών ούτως ώστε να προστατευτούν οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός από μηχανικές εμφράξεις και τυχόν φθορές. Οι σχάρες που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες φαίνονται στην εικόνα 5. Υπάρχουν δύο είδη εσχάρωσης:

A) Εσχάρωση αδρομερών: χρησιμοποιείται για την επίτευξη της συγκράτησης μεγάλων σε μέγεθος στερεών για αποφυγή πιθανών προβλημάτων έμφραξης-δυσλειτουργίας. Τα είδη των εσχάρων που χρησιμοποιούνται σε αυτή την κατηγορία είναι χονδρές εσχάρες με διάκενα (40-150 mm), μεσαίες εσχάρες με διάκενα (20-40 mm) και λεπτές εσχάρες με διάκενα (5-20mm).

B) Εσχάρωση λεπτοφυών (Κοσκίνισμα): χρησιμοποιείται για την επίτευξη της συγκράτησης μικρότερων στερεών. Χρησιμοποιείται κόσκινο κεκλιμένου δίσκου ή τυμπάνου το οποίο αποτελείται από πλέγμα κατασκευασμένο από ανοξείδωτο σύρμα ή νήμα με ανοίγματα.



Εικόνα 5: Σχάρες βιομηχανιών.

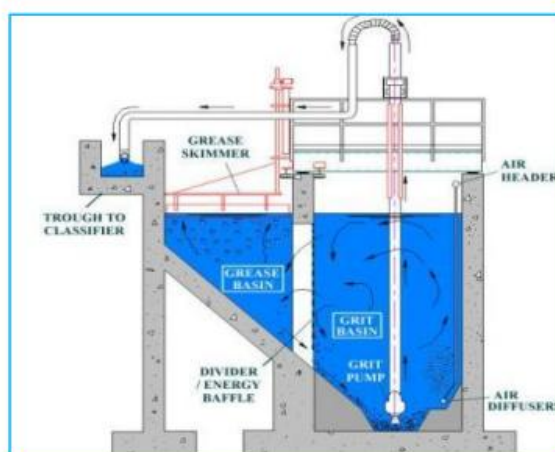
Ο μηχανισμός απομάκρυνσης ξεκινά να κινείται αυτόματα όταν οι τοπικές απώλειες, λόγω μείωσης της διατομής του καναλιού από τα στερεά, φθάσουν στα 10-15 cm. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας τα εσχάρισματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με την ποιοτική τους σύσταση, για υγειονομική ταφή, άλεση, καύση και διάθεση τους με τα απορρίμματα σύμφωνα με τον Νταρακά (2014) στην εργασία του για τις «Διεργασίες των υγρών αποβλήτων».

2.3.2. Εξάμμωση

Η άμμος που τυχόν μπορεί να περιέχουν τα λύματα θα πρέπει να απομακρύνεται μόλις εισέλθουν στη μονάδα επεξεργασίας γιατί η παρουσία ίσως δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργία τους. Το πιο συχνό πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί είναι η άμμος να κατακάθεται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης και επομένως να φθείρει τον μηχανολογικό εξοπλισμό των δεξαμενών (π.χ. σαρωτές, αντλίες, αναδευτήρες) ή ακόμα να αυξηθεί ο απαιτούμενος όγκος των δεξαμενών

επεξεργασίας υλούς. Για την υλοποίηση της εξάμμωσης χρησιμοποιούνται αμμοσυλλέκτες, δηλαδή δεξαμενές καθίζησης στις οποίες τα διακεκριμένα στερεά τα οποία βρίσκονται σε υγρό με μικρή πυκνότητα, επιταχύνονται μέχρις ότου φθάσουν να κινούνται με μια οριακή ταχύτητα. Έχουν ως στόχο τον διαχωρισμό των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή άλλων αδρανών υψηλής πυκνότητας με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης μεγαλύτερες από των οργανικών στερεών. Στους αμμοσυλλέκτες τοποθετούνται διατάξεις πλύσης της άμμου για αντιμετώπιση της ταυτόχρονης καθίζησης και μικρής ποσότητας οργανικών ουσιών. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα λύματα να μην είναι στάσιμα αλλά να βρίσκονται σε συνεχή ροή. Επίσης, καθοριστικό παράγοντα έχει και η θερμοκρασία τους, καθώς και αν η ροή είναι στρωτή ή τυρβώδη. Υπάρχουν τρία είδη αμμοσυλλεκτών που είναι οι κατακόρυφοι, οριζόντιοι και κυκλικοί. Μπορεί να είναι αεριζόμενοι ή μη.

Όσον αφορά τα λίπη και τα έλαια που μπορεί να βρεθούν στα υγρά απόβλητα, πιθανόν να δημιουργήσουν προβλήματα στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων. Γι' αυτό η λιποσυλλογή πραγματοποιείται ταυτόχρονα ή πριν της αμμοσυλλογής και χρησιμοποιείται η μέθοδος της επίπλευσης εφόσον τα λίπη έχουν την ικανότητα να μένουν στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων. Το πιο κάτω σχήμα απεικονίζει την τομή ενός αεριζόμενου αμμοσυλλέκτη με ένα λιποσυλλέκτη.



Εικόνα 6: Αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης με λιποσυλλέκτη.

2.3.3 Εξισορρόπηση

Η εξισορρόπηση παροχής εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, κυρίως όταν η παροχή δεν έχει σταθερή ροή είτε όταν η

λειτουργία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων περιορίζεται σε μία ή δύο βάρδιες ή επηρεάζεται από την εποχή. Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις τα απόβλητα παράγονται ταυτόχρονα σε πολλά ρεύματα διαφορετικής σύστασης που εξαρτάται από την παραγωγική διεργασία, με αποτέλεσμα πριν τη βιολογική επεξεργασία να πρέπει να γίνει ανάμιξη και ομογενοποίηση όλων των ρευμάτων που έχουν παραχθεί για τη δημιουργία ενός ομοιόμορφου ποιοτικά αποβλήτου. Αυτή η διαδικασία έχει τη δυνατότητα να εξασφαλίζει την καλή ανάμιξη των αποβλήτων με ανάδευση ή αερισμό (επάρκειας 0.5-1.0 m³ αέρα / m³ δεξαμενής), επιτυγχάνοντας έτσι την ομογενοποίησή τους. Σε περίπτωση μεγάλου χρόνου παραμονής του αποβλήτου στη δεξαμενή εξισορρόπησης θα πρέπει να προσφέρεται αερισμός των αποβλήτων για αποφυγή παρουσίας αναερόβιων συνθηκών. Επιπρόσθετα, η διαδικασία της εξισορρόπησης δεν απαιτείται μόνο στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας, αλλά απαιτείται και σε περιπτώσεις μονάδων επεξεργασίας που λαμβάνει χώρα η φυσικοχημική μέθοδος, ώστε να διατηρούνται σταθερές οι συνθήκες λειτουργίας, καθώς επίσης συμβάλλει και στη μείωση της ροής σχεδιασμού άρα και του μεγέθους των εγκαταστάσεων.

Τέλος, στο στάδιο της προεπεξεργασίας, τα στερεά παραπροϊόντα που εμφανίζονται διατίθενται με μεθόδους διάθεσης των στερεών απορριμμάτων. Σε αντίθεση με τα λίπη και τα έλαια, όταν δεν μπορούν να ανακυκλωθούν τότε καίγονται μέσα σε ειδικούς κλίβανους (Νταρακάς, 2014).

2.4 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνεται μέρος από τα αιωρούμενα στερεά, των οργανικών ουσιών, μέρος του BOD όπως επίσης μέρος από τα θρεπτικά συστατικά φωσφόρου και αζώτου. Για την επίτευξη των πιο πάνω πραγματοποιείται καθίζηση που θεωρείται ένα από τα φυσικά φαινόμενα, για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων και μέσω της επίπλευσης για απομάκρυνση των ελαφρών στερεών.

2.4.1 Καθίζηση

Η καθίζηση θεωρείται μία από τις φυσικές διεργασίες διαχωρισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, αφού το ειδικό βάρος τους είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού. Μέσω της καθίζησης πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των

ουσιών που καθιζάνουν και αυτών που επιπλέουν από τα λύματα. Συγκεκριμένα, η μέθοδος αυτή κρίνεται απαραίτητη, όταν τα σωματίδια έχουν μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 100 μm και συγκέντρωση 50 mg/L για τον διαχωρισμό τους. Η εφαρμογή της στηρίζεται στο φαινόμενο της βαρύτητας. Συνήθως εφαρμόζεται για την απομάκρυνση της άμμου στους αμμοσυλλέκτες, για απομάκρυνση χημικών κροκίδων που προκύπτουν μετά τη χημική κροκίδωση, για την πύκνωση των στερεών στους παχυντές ιλύος και για απομάκρυνση των TSS που προκύπτουν. Είναι ευρεία η χρήση της λόγω του ότι είναι μία απλή μέθοδος παρά τα προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν στις δεξαμενές καθίζησης και στη μικρή κατανάλωση ενέργειας. Οι δεξαμενές που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο αυτή θα πρέπει να είναι ορθογώνιες ή κυκλικές, απ' όπου τα στερεά καθιζάνουν σε συνθήκες ηρεμίας κάτω από την επίδραση της βαρύτητας με χρόνο παραμονής να κυμαίνεται από 1,5 - 3,0 ώρες με βάση τη μέση παροχή των λυμάτων.

Συμπληρωματικά, με τα πιο πάνω, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκεκριμένη μέθοδο, την καθίζηση, δηλαδή την απόδοση των δεξαμενών, είναι η μεταβολή της πυκνότητας του νερού (θολότητα, θερμοκρασία, συγκέντρωση αλάτων), οι άνεμοι, οι διατάξεις ηρεμίας κατά την εισροή του νερού και οι μηχανισμοί για την απομάκρυνση της ιλύος. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι ο βαθμός απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης καθορίζεται από τη μέθοδο επεξεργασίας που θα εφαρμοστεί πιο πολύ. Δηλαδή αν εφαρμόζεται μηχανική επεξεργασία, η καθίζηση θέτει κάποια όρια. Συγκεκριμένα στην εκροή από τις δεξαμενές δεν επιτρέπεται μεγαλύτερη περιεκτικότητα από 0,3 cm^3/L σε καθιζάνουσα ιλύς. Στην εφαρμογή της βιολογικής επεξεργασίας με τη μέθοδο της αιωρούμενης βιομάζας, οι απαιτήσεις στο βαθμό απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι σχετικά μικρές, αρκεί μόνο να απομακρύνονται τα μεγάλα σωματίδια. Οι εκροές των δεξαμενών τελικής καθίζησης που τοποθετούνται μετά από τη βιολογική και χημική επεξεργασία, για να συγκρατούν τους βιολογικούς και χημικούς θρόμβους, είναι πολύ απαιτητικές. Τέλος η ιλύς που προκύπτει από τις δεξαμενές της πρωτοβάθμιας καθίζησης (συνήθως 45 gr / κατ.ημ.) περιέχει σε μεγάλο ποσοστό ανόργανες ουσίες, δηλαδή πολλά αδρανή υλικά (άμμο, χόμα), η οποία έχει την ικανότητα να αφυδατώνεται εύκολα. Έτσι τα λύματα που προκύπτουν από το στάδιο του μηχανικού καθαρισμού δεν έχουν υποστεί ακόμη βιολογική επεξεργασία, και η ιλύς που προκύπτει κατά την πρωτοβάθμια καθίζηση περιέχει μεγάλο ποσοστό

οργανικών ουσιών, όποτε θα πρέπει να σταθεροποιούνται πριν την τελική τους διάθεση. Παρακάτω στην εικόνα 7 παρουσιάζονται η μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (ΣΑΛΑ-Λεμεσού) που περιέχει τα στάδια που αναγράφονται στη μελέτη.



Εικόνα 7: Εγκαταστάσεις ΣΑΛΑ-Λεμεσού.

2.4.2 Φυσικοχημική Επεξεργασία

Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να επιτευχθεί η μείωση του οργανικού φορτίου που παρουσιάζεται σε μεγάλο βαθμό και εξαρτάται από τη φύση των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα απόβλητα. Κυρίως χρησιμοποιείται για επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων, αφού μπορεί να περιέχουν ποσότητες οργανικών και ανόργανων χημικών ουσιών που παρεμποδίζουν τη βιολογική δραστηριότητα. Στη συγκεκριμένη μέθοδο παράγονται μεγάλες ποσότητες ιλύος σε σύγκριση με τη βιολογική επεξεργασία και η παραγόμενη ιλύς περιέχει όλο το αρχικό ρυπαντικό φορτίο και τα χημικά που προστίθενται υπό μορφή ιζημάτων. Δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η καταστροφή των οργανικών ενώσεων, όπως πραγματοποιείται στη μέθοδο της βιολογικής επεξεργασίας με τη δράση των μικροοργανισμών, αλλά συμβάλλει ώστε να απομακρυνθεί το ρεύμα των αποβλήτων προς την παραγόμενη ιλύς. Επιπλέον, είναι αρκετά περιορισμένη η ικανότητα απομάκρυνσης κολλοειδών, μη προσροφημένων οργανικών ουσιών και διαλυτών ενώσεων φωσφόρου και αζώτου μέσα από αυτή τη μέθοδο. Βασικό ρόλο παίζει η κροκίδωση κατά τη φυσικοχημική επεξεργασία και αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της κροκίδωσης, με την προσθήκη κροκιδωτικών υπό ανάδευση, αφού η απόδοση της διεργασίας εξαρτάται από την επιλογή του κατάλληλου κροκιδωτικού με βάση τη χημική σύσταση των

αποβλήτων, όπου οι μεγάλες ποσότητες κροκιδωτικών έχουν ως συνέπεια την παραγωγή ιλύος. Με την προσθήκη κροκιδωτικών επιτυγχάνεται η συσσωμάτωση των αιωρούμενων στερεών, ενώ με την προσθήκη ιόντων σιδήρου και ασβεστίου δημιουργούνται ιζήματα, μετατρέποντας τις διαλυμένες ουσίες σε αδιάλυτες που απομακρύνονται ευκολότερα με καθίζηση ή επίπλευση σύμφωνα με το βιβλίο των Metcalf & Eddy, Inc. (2006).

Εκτός από την κροκίδωση υπάρχει και η μέθοδος της επίπλευσης. Η τελευταία χρησιμοποιείται για επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων που περιέχουν σημαντικό φορτίο λεπτών σωματιδίων και λιπών (π.χ. απόβλητα σφαγείου, διυλιστηρίου πετρελαίου, κονσερβοποιείων τροφίμων), δηλαδή απόβλητα που δημιουργούν αφρισμό. Με τη μέθοδο της επίπλευσης επιτυγχάνεται η απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών με μεγάλο ειδικό βάρος, γι' αυτό απαιτούν μεγάλης διάρκειας καθίζησης σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Η μέθοδος της επίπλευσης χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες που είναι η επίπλευση με αέρα και η επίπλευση με διαλυμένο αέρα. Κατά την επίπλευση με αέρα, δημιουργούνται φυσαλίδες μέσω της χρήσης της περιστρεφόμενης έλικας ή με ένα σύστημα διάχυσης, αέρα στα απόβλητα. Αν τα απόβλητα δεν εμφανίζουν αφρισμό τότε ο αερισμός για σύντομο διάστημα και δεν είναι αποτελεσματικός για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Κατά την επίπλευση με διαλυμένο αέρα, στο σύστημα που λαμβάνει χώρα, διαλύεται ο ατμοσφαιρικός αέρας στα υγρά απόβλητα, ο οποίος βρίσκεται υπό πίεση αρκετών ατμοσφαιρών και στη συνέχεια η πίεση διακόπτεται απότομα, οπότε ο υπερκορεσμένος αέρας ελευθερώνεται σε μορφή μικροσκοπικών φυσαλίδων. Τα συσσωματωμένα στερεά στην επιφάνεια της δεξαμενής, που παρουσιάζονται, μπορούν να απομακρυνθούν με διάφορες μεθόδους. Η πιο δημοφιλής μέθοδος είναι η άνοδος της στάθμης που μέσω αυτής μπορεί να επιτευχθεί η υπερχειλίση της επιφανειακά συγκεντρωμένης ιλύος και του διαχωρισμού της.

Στο στάδιο, λοιπόν, της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας το παραπροϊόν που παράγεται είναι η πρωτογενής λάσπη. Η τελευταία θα πρέπει να σταθεροποιηθεί, να παχυνθεί και να αξιοποιηθεί ενεργειακά με διάφορες διεργασίες, όπως αναερόβια ή αερόβια χώνευση (βιοαέριο) και έπειτα αν θεωρηθεί μη τοξική να διατεθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής.

2.5 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η διαδικασία της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των αστικών λυμάτων πραγματοποιείται αμέσως μετά τη διαδικασία της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, με στόχο την περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών, χρησιμοποιώντας φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Ακόμα, μπορεί να μειώσει αρκετά τις ποσότητες των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων που μπορεί να εμφανιστούν μέσα στα υγρά απόβλητα. Γνωρίζοντας ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο που εμφανίζεται στα αστικά λύματα προέρχεται από την οργανική σύνθεση. Η τελευταία μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία ακολούθως απομακρύνονται μέσω της μεθόδου της καθίζησης. Με βάση, λοιπόν, τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών που περιέχονται από τους μικροοργανισμούς που παίζουν σημαντικό ρόλο, διακρίνονται σε αερόβια, αναερόβια και αερόβια - αναερόβια διαδικασία.

Όσον αφορά τη βιολογική διαδικασία που πραγματοποιείται, οι μικροοργανισμοί που λαμβάνουν μέρος χρησιμοποιούν ένα κομμάτι της τροφής, δηλαδή του υποστρώματος, για αποσύνθεση. Έτσι εξασφαλίζεται η ενέργεια που απαιτείται για τις λειτουργικές ανάγκες τους. Ένα άλλο μέρος της τροφής τους το χρησιμοποιούν για τη σύνθεση της κυτταρικής τους δομής (Δεληγιάννης, 2009).

2.5.1 Αερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων

Για τη σταθεροποίηση και την απομάκρυνση της σωματιδιακής και διαλυμένης οργανικής ύλης που περιέχεται στα λύματα, μπορεί να επιτευχθεί βιολογικά μέσω αερόβιων μικροοργανισμών (π.χ. βακτήρια). Οι μικροοργανισμοί έχουν την ικανότητα να λαμβάνουν ενέργεια μέσα από την κατανάλωση στοιχειακού οξυγόνου και την οξειδωση της οργανικής ύλης των αποβλήτων σε νερό, διοξείδιο του άνθρακα και βιομάζα (σχηματισμός νέων κυττάρων). Η μέθοδος της αερόβιας επεξεργασίας βασίζεται κυρίως στον αερισμό και έπειτα στην ανάμιξη του υγρού αποβλήτου, σε συνθήκες που επιτρέπεται η επικράτηση κατάλληλων αερόβιων μικροοργανισμών σε βιοαντιδραστήρες, ώστε τα διαλυτά και κολλοειδή ρυπαντικά φορτία (π.χ. ολικό άζωτο, ολικό φώσφορο, BOD) του αποβλήτου να μπορούν να

μετατραπούν σε προϊόντα που θα έχουν την ικανότητα να διαχωρίζονται εύκολα από την υγρή φάση (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, σχηματισμός νέας βιομάζας). Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η βιομάζα που παράγεται έχει λίγο μεγαλύτερη σχετική πυκνότητα απ' αυτή του νερού και μπορεί να απομακρυνθεί από τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μέσω της καθίζησης με βαρύτητα σε δεξαμενές τελικής καθίζησης. Αν δεν απομακρυνθεί, τότε δεν επιτυγχάνεται ολοκληρωμένη επεξεργασία, γιατί θα προστεθεί ως BOD στην εκροή, αφού θεωρείται εκ φύσεως οργανικό υλικό. Επίσης, οι βιοαντιδραστήρες θα πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ευνοείται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών (π.χ. θερμοκρασία, ανάδευση, συγκέντρωση οξυγόνου, pH, αλκαλικότητα).

2.5.2 Αναερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων

Η βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού συντελείται, χωρίς την παρουσία του οξυγόνου, με τη δράση των αναερόβιων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται με μόνη πηγή ενέργειας τις οργανικές ενώσεις, κατά την αναερόβια επεξεργασία. Η μέθοδος αυτή κατατάσσεται στις πιο αργές και ευαίσθητες διαδικασίες, στην οποία συμμετέχουν υποχρεωτικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί (π.χ. μεθανοβακτήρια, αρχαιοβακτήρια). Τέτοιοι μικροοργανισμοί χαρακτηρίζονται από αρκετά χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, μύκητες και πρωτόζωα. Υπάρχουν και θετικά στοιχεία αυτής της μεθόδου, αφού παράγεται μεθάνιο (CH_4). Το μεθάνιο (CH_4) μαζί με διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) συνθέτουν το βιοαέριο, στις περιπτώσεις που δεν χρειάζεται αερισμός, όταν επιτυγχάνεται αποικοδόμηση δύσκολων βιοαποικοδομήσιμων ουσιών και όταν είναι αρκετά χαμηλή η παραγωγή ιλύος. Συνήθως η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τη ζύμωση ή χώνευση της ιλύος που προκύπτει από τα συστήματα καθίζησης και από την επεξεργασία πυκνών βιομηχανικών ή άλλων αποβλήτων. Επίσης, η ζύμωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση του οργανικού φορτίου στην τροφοδοσία και είναι ευρεία γνωστή η χρήση της για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων που έχουν υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου (π.χ. βιομηχανίες παραγωγής ζυμών, αμύλου). Επιπρόσθετα, έχει την ικανότητα να πετύχει υψηλή βιοαποδόμηση, για την επεξεργασία της βιομάζας που προκύπτει από αερόβια επεξεργασία. Λαμβάνει χώρα σε ανοιχτές ή κλειστές δεξαμενές, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και

ανάμιξης. Η πιο δημοφιλής μέθοδος της αναερόβιας επεξεργασίας είναι η αναερόβια χώνευση σύμφωνα με τον Δεληγιάννης, (2009).

2.5.2 Αναερόβια χώνευση

Μέθοδος ευρέως γνωστή, που κατατάσσεται στην κατηγορία της αναερόβιας επεξεργασίας. Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται σε κλειστές δεξαμενές, χωρίς την παρουσία οξυγόνου, με συνεχή την ανάμιξη μέσω της ανακυκλοφορίας του βιοαερίου ή με μηχανική ανάμιξη, αλλά και με ταυτόχρονο έλεγχο του pH, της θερμοκρασίας και των αιωρούμενων στερεών. Οι δεξαμενές έχουν κυκλικό σχήμα και στον πυθμένα υπάρχει μέσο για συλλογή της ιλύς. Η συλλεγμένη ιλύς επανακυκλοφορεί και θερμαίνεται με τη βοήθεια εναλλακτών για τη διατήρηση της θερμοκρασίας στους 35-37 °C. Τα στερεά έχουν χρόνο παραμονής γύρω στις 20 μέρες ως μέσο όρο ημερών. Ακόμα το βιοαέριο που προκύπτει φυλάγεται μέσα σε αεριοφυλάκιο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύση σε καυστήρες ή boiler θέρμανσης του νερού κυκλώματος ιλύος. Αυτό που περισσεύει οδηγείται προς καύση ή για ενεργειακή αξιοποίηση.

2.5.3 Νιτροποίηση/ Απονιτροποίηση

Τα συστήματα ενεργούς ιλύος έχουν ως στόχο να μειώσουν σε μεγάλο βαθμό τους βασικούς ρυπαντές του αποβλήτου, όπως το βιομηχανικό απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), το ολικό άζωτο, το ολικό φώσφορο και τα αιωρούμενα σωματίδια, σ' ένα επιτρεπτό όριο. Στους αερόβιους βιοαντιδραστήρες θα πρέπει να ισχύουν οι ιδανικές συνθήκες για pH, θερμοκρασία, θρεπτικών και οξυγόνου, για μεγαλύτερη ανάπτυξη μικροοργανισμών και έπειτα να χρησιμοποιείται το BOD του αποβλήτου σαν υπόστρωμα για μείωση του σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Το πιο συχνό συστατικό που περιέχουν τα υγρά απόβλητα είναι η αμμωνία, η οποία δημιουργεί αρκετά προβλήματα με την παρουσία της στους υγρούς αποδέκτες που διατίθεται. Το πιο συχνό πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί είναι ο ευτροφισμός.

Ακολούθως, υπάρχουν περιπτώσεις που η προσθήκη χλωρίου σαν απολυμαντικό στα ήδη επεξεργασμένα απόβλητα, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας σειράς χλωραμίνων, οι οποίες κατατάσσονται στην κατηγορία των απολυμαντικών ενώσεων με μεγάλη διάρκεια ζωής και άσχημη οσμή. Στην περίπτωση που έχουμε τη θάλασσα ως αποδέκτη, η παρουσία αμμωνίας σε αυξημένες

συγκεντρώσεις θεωρείται τοξική για τα ψάρια. Γι' αυτό θα πρέπει να δεσμεύονται μεγάλες ποσότητες οξυγόνου από τον αποδέκτη για την καταστροφή της από τους μικροοργανισμούς που περιέχονται μέσα σε αυτό. Πλέον οι σχετικές νομοθεσίες είναι πιο αυστηρές ως προς τα επιτρεπτά όρια συγκεντρώσεων των αμμωνιακών. Η πιο συχνή εφαρμογή για απομάκρυνση τους είναι η βιολογική νιτροποίηση/απονιτροποίηση, ή διεργασία stripping, ή συστήματα άβαφων λιμνών με υδρόβια φυτά. Αξίζει να αναφερθεί ότι η βιολογική μέθοδος της νιτροποίησης/απονιτροποίησης συμβάλλει άμεσα στη μείωση των αμμωνιακών που μπορεί να εμφανιστούν στα απόβλητα και μαζί με τη βιολογική οξείδωση του BOD εφαρμόζεται στα συστήματα ενεργούς ιλύος, αφού περιέχει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως σταθερότητα, αξιοπιστία, υψηλό βαθμό απόδοσης, χαμηλό κόστος και αρκετά εύκολο έλεγχο.

Από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία προκύπτουν κάποια παραπροϊόντα, όπως είναι το βιοαέριο. Περιέχει υψηλή ποσότητα μεθάνιο (CH_4), που φτάνει μέχρι το 75% και ποσότητα λάσπης, η οποία έχει παχυνθεί και πλέον οδηγείται σε μονάδες αερόβιας σταθεροποίησης, ή σε μονάδες αναερόβιας σταθεροποίησης και ενεργειακής αξιοποίησης. Αφού υποστεί αφυδάτωση μέσω των τεχνικών διήθησης (π.χ. ξήρανσης) ή φυγοκέντρωσης και εφόσον δεν είναι τοξική οδηγείται σε μονάδες κομποστοποίησης ή θάβεται με υγειονομικό τρόπο με τα αστικά απορρίμματα. Το πιο συνηθισμένο φαινόμενο είναι η λάσπη, που προκύπτει από την πρωτογενή και δευτερογενή επεξεργασία, οι οποίες επεξεργάζονται μαζί.

2.6 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Κατά το βιβλίο των Metcalf & Eddy, Inc.(2006), η τριτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνονται όσες ουσίες έχουν διαφύγει από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία και έχουν προκαλέσει κάποια μόλυνση, όπως ενώσεις φωσφόρου, αζώτου και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε αυτή την κατηγορία είναι η διύλιση-φιλτράρισμα, προσθήκη κροκιδωτικών - συσσωμάτωση κροκίδωσης και η απολύμανση.

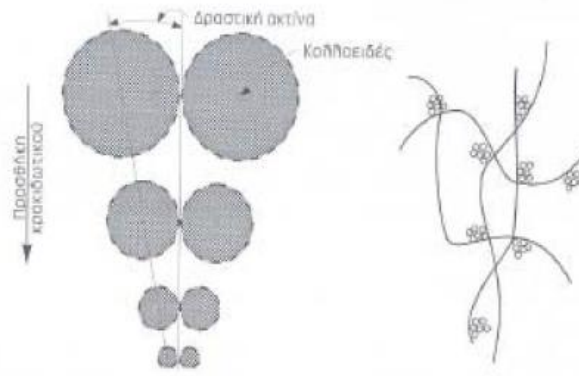
2.6.1 Κροκίδωση- Συσσωμάτωση

Η κροκίδωση σε συνεργασία με τη συσσωμάτωση θεωρούνται από τις σημαντικότερες διεργασίες που χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία των

αποβλήτων. Απαιτούν ένα συνδυασμό μεταξύ φυσικών και χημικών συμβάντων για τη δημιουργία νερού που θα είναι κατάλληλη η χρήση του από τον άνθρωπο. Με λίγα λόγια είναι τεχνικές απομάκρυνσης αιωρούμενων στερεών σχετικά μικρού μεγέθους, δηλαδή μεγέθους γύρω στο 10 μm. Κατά τη διαδικασία της κροκίδωσης πραγματοποιείται προσθήκη χημικών ουσιών στα λύματα με θετικό όφελος την επίτευξη της μεταβολής της φυσικής κατάστασης των διαλυμένων και αιωρούμενων σωματιδίων για μεγαλύτερη διευκόλυνση της απομάκρυνσης τους μέσω της καθίζησης τους σύμφωνα με τον Χουρδάκη (2007).

Τα τρία βασικότερα στάδια που ακολουθούνται για μία σωστή και πλήρη διαδικασία της κροκίδωσης είναι η προσθήκη χημικών μέσων, οι οποίες θα διασπώνται μέσα στο υγρό διάλυμα κάτω από συνθήκες γρήγορης ανάμιξης και θα αποσκοπεί στην αποσταθεροποίηση του αρχικού διαλύματος μέσω της εξουδετέρωσης των φορτίων που περιέχουν τα κολλοειδή σωματίδια. Ακόμη, μέσα από τις ενδομοριακές συγκρούσεις, τα αποσταθεροποιημένα κολλοειδή σωματίδια που προκύπτουν, πλησιάζουν το ένα το άλλο και συσσωματώνονται. Έπειτα τα συσσωματώματα, που είναι μεγάλου μεγέθους, απομακρύνονται μέσω της μεθόδου της καθίζησης. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το φορτίο που έχουν τα κολλοειδή σωματίδια, που περιέχονται μέσα στα απόβλητα, είναι ένα καθαρό αρνητικό επιφανειακό φορτίο. Το μέγεθος τους (0.01 έως 1 μm) είναι τέτοιο ώστε οι ελκτικές δυνάμεις που εμφανίζονται μεταξύ των σωματιδίων να είναι μικρότερες από τις απωστικές δυνάμεις του ηλεκτρικού φορτίου.

Η κροκίδωση ορίζεται ως η διαδικασία αποσταθεροποίησης των κολλοειδών σωματιδίων με αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου τους ως συνέπεια των συγκρούσεων που δημιουργούνται μεταξύ τους. Η θεωρία των αντιδράσεων της χημικής κροκίδωσης είναι πολύπλοκη. Συνήθως οι αντιδράσεις κροκίδωσης είναι ατελής. Υπάρχει περίπτωση να δημιουργηθούν πολλές αντιδράσεις με άλλα συστατικά που περιέχονται στο απόβλητο, τα οποία θα έχουν σχέση με τα χαρακτηριστικά του, που αλλάζουν ανάλογα με την εποχή και την διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 8: Σχηματική απεικόνιση α) κροκίδωσης β) συσσωμάτωσης

2.6.2 Διύλιση/ Διήθηση- Φιλτράρισμα

Η διήθηση ή αλλιώς διύλιση είναι και αυτή με τη σειρά της μία μέθοδος καθαρισμού των λυμάτων. Είναι συμπληρωματική της κροκίδωσης και σκοπός της είναι η πλήρης απομάκρυνση όλων των μικρών σωματιδίων που ίσως έχουν παραμείνει στα λύματα. Είναι πολύ σημαντική διαδικασία, αφού βελτιώνει αρκετά την ποιότητα των λυμάτων, με το διήθημα να πραγματοποιείται με μειωμένα τεχνικά και λειτουργικά προβλήματα κατά την υλοποίησή του. Στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας γίνεται η είσοδος του υλικού μέσα από ένα φίλτρο υπό πίεση, όπου τα σωματίδια συγκρατούνται μηχανικά είτε στο πάνω μέρος του φίλτρου είτε μέσα από τους πόρους του. Οι πιο συχνοί τύποι φίλτρων που εφαρμόζονται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού των λυμάτων είναι τρεις και αναφέρονται πιο κάτω.

A) Διήθηση με φίλτρα, πλάκες και πλαίσια: Η διαδικασία πραγματοποιείται μέσα σε κλίνες διήθησης, οι οποίες αποτελούνται από δύο ή περισσότερα υλικά (π.χ. ανθρακίτη, κόκκων γραφίτη, ενεργός άνθρακας), τα οποία είναι συνδυασμένα μεταξύ τους. Για πιο μεγάλη απόδοση μπορούν να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός 3-4 κλινών τοποθετημένες σε σειρά.

B) Διήθηση υπό κενό. Τα φίλτρα κενού που χρησιμοποιούνται είναι φίλτρα οριζόντιας επιφάνειας ή φίλτρα περιστρεφόμενων δίσκων ή περιστρεφόμενα τυμπανοειδή.

Γ) Διήθηση βαθέως στρώματος. Λαμβάνουν χώρα σε δεξαμενές, που στον πυθμένα τοποθετείται στρώμα διηθητικού, πιο συχνά άμμου και το δάπεδο είναι πορώδες, με αποτέλεσμα να μπορούν εύκολα να διαπεράσουν τα λύματα.

Κύριος παράγοντας για σωστή λειτουργία των φίλτρων είναι η καλή έκπλυνσή τους. Υπάρχουν τα φίλτρα άμμου, ευρέως γνωστά, που αποτελούνται από διαδοχικά στρώματα χοντλής ή λεπτής άμμου με ένα ομοιόμορφο μέγεθος των κόκκων (1-1,6 mm) ή στρώματα λεπτού χαλικιού (4-8 mm) (Νταρακάς, 2014).

2.6.3 Απολύμανση

Σύμφωνα με το βιβλίο του Λυμπεράτος (1998), κατά την απολύμανση των υγρών αποβλήτων ή ακόμη και να καταστραφούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που αποτελούν κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων. Οι κυριότεροι τρόποι απολύμανσης των υγρών λυμάτων είναι οζόνωση (O_3), χλωρίωση (Cl_2 , ClO_2 , $NaOCl$, $NaOCl_2$) και η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Ο πιο κάτω πίνακας που ακολουθεί αναγράφει ποια από τις μέθοδος απολύμανσης είναι πιο κατάλληλη για την κάθε περίπτωση που μπορεί να προκύψει.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ		
	ΟΖΟΝΩΣΗ	UV	ΧΛΩΡΙΩΣΗ
Απομάκρυνση κολοβακτηριδίων	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή
Απομάκρυνση ιών	Πολύ καλή	Καλή	Μέτρια
Πιθανότητες να ξανααναπτυχθούν μικροοργανισμοί	Καμία	Σημαντική	Ελάχιστη
Επίδραση στο υδάτινο περιβάλλον του αποδέκτη	Καμία	Καμία	Αύξηση διαλυτών στερεών
Παραπροϊόντα απολύμανσης	Κανένα	Κανένα	Αλογονοφόρμια
Επικινδυνότητα παραπροϊόντων	Μηδενική	Μηδενική	Μεγάλη
Επικινδυνότητα χρησιμοποιούμενων χημικών	Καμία	Καμία	Μεγάλη
Κόστος εγκατάστασης	Σημαντικό	Σημαντικό	Μέσο
Κόστος λειτουργίας-συντήρησης	Μέσο	Σημαντικό	Μέσο
Προσωπικό λειτουργίας	Δεν απαιτείται	1 άτομο/βάρδια	1 άτομο/βάρδια

Πίνακας 4: Οι καταλληλότεροι μέθοδοι απολύμανσης για την κάθε περίπτωση.

2.6.1 Οζόνωση (O₃)

Η διεργασία με το όζον (O₃) χρησιμοποιείται πιο συχνά για την απολύμανση του πόσιμου νερού. Λόγω της υψηλής οξειδωτικής της ικανότητας, καθίσταται ιδιαίτερα ελκυστική η χρήση της για τη χημική διάσπαση των πιο πολύπλοκων οργανικών ουσιών που παραμένουν μέσα στα υγρά απόβλητα μετά από το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας. Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του όζοντος είναι ότι κατατάσσεται στην κατηγορία των χημικά ασταθών αερίων, με μία αρκετά γρήγορη διάσπαση αμέσως μετά την παραγωγή του από το υγρό οξυγόνο με τη βοήθεια των ηλεκτρικών εκκενώσεων. Ακόμη, κατά την υλοποίηση της πιο πάνω διαδικασίας καταναλώνεται αρκετά μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Σημαντικό ρόλο παίζουν κάποιοι παράγοντες στη διάσπαση των υπολειμματικών οργανικών ουσιών από το όζον, αφού οδηγούν σ' ένα καλό αποτέλεσμα. Οι παράγοντες αυτοί είναι το pH των αποβλήτων, η συγκέντρωση και η δόση του οργανικού φορτίου. Κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος τόσο στην εγκατάσταση παραγωγής, όσο και του κόστους λειτουργίας της. Κύριο πλεονέκτημα της είναι ότι ο χρόνος που απαιτείται για την αντίδραση όζοντος με βιολογικά κατεργασμένα υγρά απόβλητα είναι περίπου 15-30 λεπτά. Επίσης, πραγματοποιείται σε περιπτώσεις κατά τις οποίες τα υγρά απόβλητα που έχουν επεξεργαστεί δεν πρέπει να περιέχουν υπολείμματα της χλωρίωσης ή ακόμα όταν απαιτείται μία διεργασία ακριβώς μετά την αποχλωρίωση.

2.6.2 Χλωρίωση

Η μέθοδος της χλωρίωσης είναι μία από τις πιο συχνές διεργασίες απολύμανσης των υγρών αποβλήτων που επιτυγχάνεται με χλώριο (π.χ. ελεύθερο χλώριο ή ενώσεις χλωρίου). Οι ποσότητες χλωρίου που απαιτούνται είναι διαφορετικές, αφού εξαρτώνται από τον τύπο των λυμάτων που θα επεξεργαστούν. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της είναι το χαμηλό κόστος και η αποτελεσματικότητα της. Το πιο συχνό πρόβλημα από τη χρήση των ισχυρών οξειδωτικών μέσων απολύμανσης, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το χλώριο, θεωρείται η ανάπτυξη ανεπιθύμητων παραπροϊόντων απολύμανσης. Τα παραπροϊόντα που αναπτύσσονται δυστυχώς έχουν αρκετές αρνητικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην υγεία των ανθρώπων. Οι πιο συχνές αρνητικές επιπτώσεις που εμφανίζονται είναι οι χρωμοσωμικές ανωμαλίες, διαταραχές και καρκινογενέσεις. Λόγω της τοξικότητας του υπολειμματικού χλωρίου ως προς τα υδρόβια είδη, θα

ήταν καλό αν τα λύματα που έχουν υποστεί επεξεργασία αφαιρείται πλήρως το χλώριο τους με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους της επεξεργασίας.

2.6.3 Απολύμανση λυμάτων με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV)

Κύριο χαρακτηριστικό της διεργασίας αυτής, είναι να μην χρησιμοποιούνται χημικά. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τα επεξεργασμένα ύδατα να μην έχουν καμία αρνητική επίδραση στους οργανισμούς, αμέσως μετά την απομάκρυνση από τον βιολογικό καθαρισμό και τη διάθεσή τους στο περιβάλλον, όπως γίνεται σε άλλες μεθόδους. Με τη χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας καταστρέφεται η γενετική δομή των βακτηρίων, ιών και διάφορων παθογόνων, μηδενίζοντας έτσι την αναπαραγωγή τους. Η δόση της ενέργειας, δηλαδή η δόση που απορρόφα ο μικροοργανισμός, είναι αυτή που καθορίζει αν η απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία είναι αποτελεσματική. Γι' αυτό σε μία πιθανή αύξηση της δόσης υπάρχει το ενδεχόμενο να προκύψει μειωμένη απολύμανση, λόγω της προσρόφησης των βακτηρίων στα αιωρούμενα σωματίδια. Σημαντική παράμετρος είναι, όταν ορισμένες ανόργανες και οργανικές ενώσεις που υπάρχουν στα απόβλητα, απορροφούν το ίδιο μήκος κύματος με την εκπεμπόμενη υπεριώδη ακτινοβολία.

Τα πλεονεκτήματα της διεργασίας είναι αρκετά. Θεωρείται αποτελεσματική για ποικίλα είδη μικροοργανισμών και δεν έχει οποιαδήποτε επίπτωση στον υδάτινο αποδέκτη, αφού δεν περιέχει χημικές μεταβολές στα απόβλητα. Δεν περικλείει τοξική υπολειμματική συγκέντρωση, είναι σχετικά οικονομική, καθώς επίσης ο εξοπλισμός της καταλαμβάνει σχετικά μικρό χώρο. Εκτός από πλεονεκτήματα, δεν θα μπορούσε να μην έχει και κάποια μειονεκτήματα. Το πιο σημαντικό απ' όλα τα μειονεκτήματα της είναι ότι μειώνεται η απόδοση των συσκευών ακτινοβολίας, όπως επίσης και η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων. Για μία σωστή και ολοκληρωμένη απολύμανση με τη μέθοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας θα πρέπει να γίνεται κατά διαστήματα καθαρισμός των λαμπτήρων και να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα η ποσότητα των αιωρούμενων στερεών στα απόβλητα (Λυμπεράτος, 1998).

Τα παραπροϊόντα από την τριτοβάθμια επεξεργασία είναι είτε λάσπες είτε παραγωγή βιομάζας. Στις περιπτώσεις που οι λάσπες δεν περιέχουν οποιαδήποτε ποσότητα βαρέων μετάλλων, μπορούν να διατεθούν στους χώρους εναπόθεσης των

αστικών απορριμμάτων. Σε αντίθεση η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί με βάση την ενέργεια.

2.7 Επεξεργασία και Διάθεση παραγόμενης λάσπης

Με βάση την εργασία του Νταρακά (2014) με τίτλο «Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων», είναι πολύ σημαντική η διαχείριση της παραγόμενης λάσπης (ιλύος) που προκύπτει μέσα από την επεξεργασία των αποβλήτων. Θεωρείται ως μία μέθοδος ανακύκλωσης των συστατικών της με υψηλή γεωργική αξία και αρκετά οφέλη. Αναπόσπαστο κομμάτι είναι ο έλεγχος και η ρύθμιση της λάσπης πριν τη διάθεσή της στον αποδέκτη για περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η χώνευση της λάσπης μειώνει σε μεγάλο βαθμό την οργανική ύλη και την ποσότητα των παθογόνων μικροοργανισμών που μπορεί να εμπεριέχονται, ενώ η σταθεροποίηση της λάσπης πραγματοποιείται μέσα από τις διεργασίες αερόβιας ή αναερόβιας ή αερόβιας -αναερόβιας επεξεργασίας. Μετά τη σταθεροποίηση της λάσπης ακολουθεί η τελική διάθεση της με τις κυριότερες την υγειονομική ταφή (ΧΥΤΑ). Αυτό κυρίως συμβαίνει όταν δεν μπορούν να διατεθούν με κάποιο τρόπο στο περιβάλλον είτε με καύση ή αποτέφρωση, γιατί μπορεί να δώσει τέφρα η οποία να θεωρείται τοξική κατά κάποιο τρόπο στο περιβάλλον. Άρα θα πρέπει να θαφτεί σε χωματερή ή ακόμα και να αξιοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία. Υπάρχουν όμως και κάποιες εναλλακτικές μέθοδοι διάθεσης της λάσπης που προκύπτουν με βάση τα κριτήρια επιλογής του τρόπου χρήσης (περιβαλλοντικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί), όπως είναι η αεριοποίηση, η κομποστοποίηση, η πυρόλυση και η υγρή οξείδωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από βιομηχανίες & Τρόποι αντιμετώπισης αρνητικών επιπτώσεων

3.1 Γενικά

Κατά τη λειτουργία των βιομηχανιών είναι αδύνατο να μην εμφανιστεί οποιοδήποτε πρόβλημα ή έστω κάποια ατέλεια, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται το σύστημα λειτουργίας καθώς και εξωτερικοί παράγοντες άμεσα συνδεδεμένοι με τις βιομηχανίες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα μελετηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την επεξεργασία νερού καθώς και από τα υγρά απόβλητα που απορρίπτονται από τις βιομηχανίες. Οι τελευταίες, που θα αναπτυχθούν πιο κάτω, είναι πετρελαίου και φυσικού αερίου, γαλακτοβιομηχανίες, ελαιοτριβεία και βιομηχανίες παραγωγής ζύθου (μπύρας). Ταυτόχρονα θα εισηγηθούν και τρόποι αντιμετώπισης ή λύσεις για τη μείωση των πιθανών προβλημάτων που δημιουργούνται από τη μη σωστή διαχείριση ή λειτουργία τους.

3.2 Βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου

Το πετρέλαιο είναι μείγμα υδρογονανθράκων που χρησιμοποιείται ευρέως από τον άνθρωπο σ' όλο τον κόσμο σε διάφορους τομείς. Η χρήση του έχει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου, χαμηλότερη τιμή πώλησης πετρελαίου κίνησης, μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και αξιοπιστία και αρκετά μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Δεν παύει όμως να περιέχει και κάποια αρνητικά στοιχεία που καθίστα επικίνδυνα τη χρήση του. Το σημαντικότερο μειονέκτημα του είναι οι αυξημένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου γι' αυτό απαιτείται η αντικατάσταση του από ένα άλλο συμβατικό καύσιμο, όπως το φυσικό αέριο. Τα τελευταία χρόνια έχει κάνει αισθητή την παρουσία του το φυσικό αέριο που είναι και αυτό ένα μείγμα υδρογονανθράκων αέριας μορφής με υψηλό ποσοστό μεθανίου (~90%) και δεν είναι τοξικό. Η καύση του προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον, αλλά σε μικρότερα επίπεδα απ' ό,τι τα συμβατικά καύσιμα. Συμβάλλει αρκετά στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, αφού παράγει μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα απ' ό,τι το πετρέλαιο. Ακόμη, δεν προκαλεί όξινη βροχή, καθώς δεν

περιέχει θείο. Είναι πολύ εύφλεκτο λόγω της μεγάλης ποσότητας που περιέχει σε μεθάνιο γι' αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επεξεργασία και χρήση του.

Από τις βιομηχανίες επεξεργασίας πετρελαίου και φυσικού αερίου το πιο γνωστό ρεύμα απόβλητου που παράγεται είναι το παραγόμενο νερό. Τα υγρά απόβλητα, λοιπόν, που παράγονται είναι προϊόν από τον καθαρισμό των διαφόρων δοχείων και σωληνώσεων που περιέχουν πετρέλαιο. Το παραγόμενο νερό ή κοιτάσματα πετρελαίου σε μορφή λυμάτων περιέχουν μείγμα διαφορετικών οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Την τελευταία δεκαετία έχει γίνει αισθητή η αύξηση του όγκου των απορριμμάτων σε όλο τον κόσμο, όπως επίσης και της απόρριψης παραγόμενου νερού στο περιβάλλον. Έχει αρχίσει να θεωρείται ένα περιβαλλοντικό θέμα για ανησυχία, αφού μπορεί να προκληθεί ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων καθώς και του εδάφους. Ανέκαθεν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο στον σύγχρονο πολιτισμό είναι πολύ σημαντικά, όμως οι περισσότερες δραστηριότητες παραγωγής τους προκαλούν την αύξηση των υγρών αποβλήτων.

Σύμφωνα με στοιχεία, που τεκμηριώθηκαν μέσα από το άρθρο «Review of technologies for oil and gas produced water treatment» (2009), τα επιτρεπόμενα όρια κατά την επεξεργασία λαδιού και πετρελαίου που ισχύουν κατά την αλλαγή τους σε νερό, στην Αυστραλία ανέρχονται στα 30 mg/L ημερησίως κατά μέσο όρο και 50 mg/L στιγμιαία. Στην Αμερική με βάση την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος (USEPA) και τους κανονισμούς που ισχύουν, το μέγιστο επιτρεπτό όριο για το λάδι και το πετρέλαιο είναι 42 mg/L, ενώ το μέσο μηνιαίο όριο ανέρχεται στα 29 mg/L. Λόγω της περιβαλλοντικής ανησυχίας που προκλήθηκε, πολλές χώρες έχουν εφαρμόσει αυστηρότερα ρυθμιστικά πρότυπα για την εκκένωση του παραγόμενου νερού που προκύπτει.

Πολλές χώρες με κοιτάσματα πετρελαίου επικεντρώνονται όλο και πιο πολύ σε προσπάθειες για εξεύρεση οικονομικά και γενικά αποτελεσματικών μεθόδων. Αυτό οφείλεται λόγω του μεγάλου όγκου του παραγόμενου νερού και γενικά της μεγάλης πίεσης που ασκείται στα υπόγεια ύδατα των χωρών αυτών. Έτσι ώστε να γίνεται πιο γρήγορη η απομάκρυνση των ρύπων που εμφανίζονται.

Βασικοί μέθοδοι για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων είναι ο περιορισμός της συμπλήρωσης των πόρων με γλυκό νερό. Επιπρόσθετα, η επαναχρησιμοποίηση

και ανακύκλωση του παραγόμενου νερού περιλαμβάνει υπόγειο εμβολιασμό για αύξηση της παραγωγής του πετρελαίου. Το ανακυκλωμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιείται στην άρδευση, για τα ζώα, για πότισμα των οικοτόπων και για άλλες βιομηχανικές χρήσεις, για παράδειγμα στον έλεγχο της σκόνης, στο πλύσιμο των αυτοκινήτων και για έλεγχο τυχόν πυρκαγιάς.

Επίσης, το παραγόμενο νερό μπορεί να επεξεργαστεί μέσω διαφορετικών φυσικών, χημικών και βιολογικών μεθόδων. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν υπεράκτιες πλατφόρμες λόγω του περιορισμένου χώρου που υπάρχει, θα χρησιμοποιείται συνδυασμός φυσικών και χημικών συστημάτων. Ακόμη, πολλές από τις υφιστάμενες τεχνολογίες δεν έχουν αποκτήσει την ικανότητα να αφαιρούν πλήρως τα αιωρούμενα σωματίδια που περιέχονται μέσα στο πετρέλαιο, γι' αυτό επικρατέστερη μέθοδος είναι η χημική επεξεργασία. Κατά τη χημική επεξεργασία τόσο η αρχική τιμή όσο και το λειτουργικό κόστος είναι υψηλό, με αποτέλεσμα να διαλύονται τα στοιχεία που είναι ανεπιθύμητα, αλλά υπάρχει κίνδυνος παράγωγης ποσότητας επικίνδυνης ιλύος προς το περιβάλλον. Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις, που βρίσκονται σε χερσαίες περιοχές και ασχολούνται με την επεξεργασία υγρών λυμάτων κυρίως με λιπαρά, χρησιμοποιούν τη μέθοδο της βιολογικής επεξεργασίας που είναι μία μέθοδος οικονομικά αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον.

Σε περιπτώσεις που επικρατεί υψηλή συγκέντρωση άλατος ή ακόμα παρουσιάζονται διάφορες παραλλαγές στα χαρακτηριστικά εισροής, αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη θολότητα των λυμάτων στην εκροή, αφού οι λειτουργίες της εισόδου με αυτές της εξόδου του συστήματος επεξεργασίας αλληλεπιδρούν. Για την αποφυγή οποιουδήποτε προβλήματος, που μπορεί να εμφανιστεί κατά την εκροή των επεξεργασμένων λυμάτων από το σύστημα, θα ήταν καλό να ενσωματωθεί μια φυσική διεργασία, όπως είναι για παράδειγμα οι μεμβράνες, με σκοπό τη βελτίωση της τελικής εκροής τους από το σύστημα.

Αναμφισβήτητα, όλες οι μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες που θα πραγματοποιηθούν είναι πολύ σημαντικές. Θα έχουν ως κύριο στόχο τους τη βελτίωση των υφιστάμενων τεχνολογιών, καθώς επίσης και τη χρήση συνδυασμένων φυσικοχημικών ή βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας του παραγόμενου νερού προκειμένου να γίνει ευρέως γνωστή η επαναχρησιμοποίηση τους καθώς και η απαλλαγή τους από ανεπιθύμητα υποπροϊόντα που τα καθιστούν τοξικά.

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 5) παρουσιάζονται οι ποσότητες και οι ποιότητες των υγρών αποβλήτων και τα είδη των ρυπαντών για κάθε μία από τις φάσεις εξόρυξης, μεταφοράς και διύλισης του πετρελαίου.

Δραστηριότητα	Όγκος αποβλήτων % του όγκου του πετρελαίου	Υδρογον/κες H/C (mg/l)	Άλλοι Ρυπαντές
Παραγωγή νερού από τη Πετρελαιοπηγή	0 - 800	200 - 1000	NaCl, άμμος, άργιλος
Μεταφορά - Νερό Ballast - Νερό καθαρισμού δεξαμενόπλοιων	(25-30% της χωρητικότητας των δεξαμενών)	50 - 80 500 - 1000	NaCl, άμμος Απορρυπαντικά αλκαλικότητα
Διύλιση - Αφαλατωτής - Πυρόλυση (FCC)	5 - 8 8 - 10	50 - 150 100 - 150	NaCl, ελαφρείς HC, πιθανώς S ²⁻ Φαινόλες RSH, NH ₄ ⁺
Νερά Βροχής - Συμπυκνώματα από ατμοσφαιρική απόσταξη - Συμπυκνώματα από απόσταξη εν κενό	2 - 2.5 1 - 1.5	50 150	Φαινόλες, NH ₄ ⁺ Φαινόλες, NH ₄ ⁺

Πίνακας 5: Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων και τα είδη ρυπαντών που εφαρμόζονται σε κάθε φάση επεξεργασίας του πετρελαίου.

3.3 Διαχείριση αποβλήτων από γαλακτοβιομηχανίες

Τα απόβλητα που προκύπτουν από τις γαλακτοβιομηχανίες ανήκουν σε μία από τις μεγαλύτερες κατηγορίες αποβλήτων σε όλο τον κόσμο, αλλά κυρίως στην Κύπρο σύμφωνα με το Τμήμα Περιβάλλοντος Κύπρου, Διαχείρισης αποβλήτων γαλακτοβιομηχανιών. Γι' αυτό είναι πολύ σημαντικό τα γαλακτοβιομηχανικά απόβλητα να διαχειρίζονται με σωστό τρόπο, ώστε να αποφεύγεται η παρουσία δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως επίσης και τυχόν αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία.

Στη δημιουργία μιας νέας εγκατάστασης και σύμφωνα με τον περί Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον από Ορισμένα Έργα Νόμο 140 (I)/ 2005, οι βιομηχανίες γάλακτος ανήκουν στην κατηγορία των βιομηχανιών τροφίμων. Απαιτείται εκτός των άλλων και μία Προκαταρκτική Έκθεση Επιπτώσεων στο Περιβάλλον.

Η διαχείριση των γαλακτοβιομηχανικών υγρών αποβλήτων, για τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις, πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην παρουσιάζεται κανένας κίνδυνος στην ανθρώπινη υγεία και να μην προκαλείται καμία αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον π.χ. στα νερά και στο έδαφος. Όπως αναγράφεται και στον περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμον του 2002 έως το 2009, απαγορεύεται αυστηρώς η διάθεση ή εναπόθεση ή απόρριψη τους σε επιφανειακά νερά, ρυάκια, σε κοίτες ποταμών, σε υπεδαφικούς λάκκους ή στο έδαφος, που μπορεί να προκληθεί ρύπανση στα νερά ή στο έδαφος.

Σύμφωνα με τον Καραδήμα (2009), ένα από τα κυριότερα είδη υγρών αποβλήτων που προκύπτουν από την παραγωγική διαδικασία επεξεργασίας γάλακτος είναι ο νορρός γάλακτος ή τυρόγαλο όπως λέγεται. Υπάρχουν και άλλα είδη απόβλητων, όπως αυτά της άλμης, τα ξεπλύματα από χώρους παραγωγής (π.χ. ο καθαρισμός επιφανειών, δεξαμενών, αντλιών και του εξοπλισμού) ή αυτά που προκύπτουν κατά τη διαδικασία της ψύξης τους.

Το τυρόγαλο καθίσταται ένας από τους σημαντικότερους ρυπαντές που εξέρχεται από βιομηχανίες γάλακτος προς το περιβάλλον. Είναι το υγρό υπόλειμμα που απομένει από την καθίζηση και απομάκρυνση της καζεΐνης του γάλακτος, όταν παράγεται τυρί, από το οποίο εξαρτάται και το είδος του κάθε φορά. Διακρίνεται είτε σε όξινο ($\text{pH} < 5$), το οποίο περιέχει λιγότερες πρωτεΐνες και χρησιμοποιείται πολύ περιορισμένα για βρώση λόγω της όξινης γεύσης του και της υψηλής περιεκτικότητας σε άλατα, είτε σε βασικό ($\text{pH} 6-7$), αφού έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη. Οι τιμές του τυρογάλακτος σε βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) κυμαίνονται από 30 000 - 50 000 ppm και σε χημικά απαιτούμενο οξυγόνο από 60 000 - 80 000 ppm σύμφωνα με τον Ανυφαντάκη (2004).

Με βάση την έρευνα των Cimino & Caristi (1990), που πραγματοποιήθηκε, βρέθηκαν σε πολύ μικρές ποσότητες και μερικά από τα είδη που αποτελούν τα βαρέα μέταλλα τα οποία μπορεί να συναντήσουμε σε απόβλητα γαλακτοβιομηχανίας. Συγκεκριμένα σε δεξαμενή με απόβλητο τυρόγαλο μαζί με νερό που είχαν χρησιμοποιήσει για καθαριστικούς σκοπούς, βρέθηκαν ποσότητες καδμίου, χαλκού, μολύβδου, χρωμίου, υδραργύρου και ψευδαργύρου. Το αποτέλεσμα αυτό επαληθεύτηκε από την έρευνα του 2009 του Ayar et al, όπου βρέθηκε πάλι ποσότητα βαρέων μετάλλων (π.χ. μόλυβδος, κάδμιο και αλουμίνιο) μέσα στα υγρά απόβλητα

των γαλακτοβιομηχανιών. Γνωρίζοντας, λοιπόν, τις αρνητικές επιπτώσεις και κυρίως τις τοξικές επιδράσεις που ασκούν τα βαρέα μέταλλα στους οργανισμούς, κρίνεται απαραίτητη η παρακολούθηση τέτοιων αποβλήτων, αφού πλέον το τυρόγαλο θεωρείται και επισήμως ρυπαντής.

Ακόμη, η οργανική προέλευση των αποβλήτων των τυροκομείων, το αυξημένο οργανικό τους φορτίο μαζί με το γεγονός ότι δεν μπορούν να διαλυθούν στο νερό, τα καθιστά ανάμεσα στα ιδιαίτερα ρυπογόνα απόβλητα. Η απόρριψη τους στους κοντινούς υδάτινους αποδέκτες, όπως είναι τα ποτάμια, οι ρεματιές και οι λίμνες, χωρίς κάποια επεξεργασία τους σε κάποιο βιολογικό σταθμό, τις περισσότερες φορές μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση των υπόγειων υδάτων λόγω της τοξικότητας των αποβλήτων, καθώς σε δυσοσμία και σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος γύρω από τα τυροκομεία. Αναντίρρητα, υπάρχει περίπτωση να εμφανιστούν κρούσματα σοβαρών επιπτώσεων στους υδρόβιους ζωικούς οργανισμούς. Το πιο συχνό φαινόμενο που παρατηρείται μετά από τέτοιες ενέργειες είναι ο ευτροφισμός κυρίως στα σημεία απόρριψης τέτοιων αποβλήτων, μιας και παρατηρείται έλλειψη οξυγόνου, μετά από τη δέσμευση του από ομάδες μικροοργανισμών που αναπτύσσονται και επικρατούν σε τέτοιους αποδέκτες. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η πρόκληση του θανάτου πολλών ειδών ψαριών και ασπόνδυλων.

Μεγάλες είναι οι ποσότητες αποβλήτων που παράγονται κατά τη διαδικασία της ψύξης, η οποία για να πραγματοποιηθεί χρειάζονται κάποιες ποσότητες νερού. Τα απόβλητα αυτά παρουσιάζουν υψηλές θερμοκρασίες και υψηλή αγωγιμότητα. Από τα απορρίμματα νορρού γάλακτος παρατηρείται η παρουσία μεγάλου οργανικού φορτίου, όπως επίσης και από την επαναχρησιμοποίηση της άλμης παρουσιάζεται παραγωγή περιοδικών απορριμμάτων που περιέχουν μεγάλο οργανικό φορτίο. Κατά την απόρριψη γαλακτοκομικών προϊόντων, εκτός από τα συστατικά του γάλακτος μπορεί να περιέχουν σάκχαρα, άλατα, χρωστικές ουσίες, σταθεροποιητές ανάλογα με την τεχνολογία παραγωγής που χρησιμοποιείται. Όλα τα πιο πάνω συστατικά που αναφέρθηκαν εμφανίζονται στα βιομηχανικά υδατικά απόβλητα σε έναν μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, είτε μέσω της διάλυσης τους είτε από τη μεταφορά τους από τον καθαρισμό του ύδατος. Οι μεγαλύτερες ποσότητες αποβλήτων σε μία τυροκομική μονάδα προέρχονται και από τον καθαρισμό σωληνώσεων, του εξοπλισμού, των

δεξαμενών αποθήκευσης καθώς επίσης και από δυσλειτουργίες ή λανθασμένους χειρισμούς. Βασικό χαρακτηριστικό τέτοιων αποβλήτων είναι το γεγονός ότι μπορούν να παρουσιάσουν σημαντικές αλλαγές ως προς τα χαρακτηριστικά και τη σύσταση τους. Ανάλογα με τον όγκο του γάλακτος που υποβάλλεται σε επεξεργασία, συναντώνται υψηλές εποχικές διακυμάνσεις, αφού κατά το καλοκαίρι είναι μεγαλύτερος ο όγκος, ενώ κατά τον χειμώνα είναι μικρότερος. Το pH διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, αφού μέσα από τη χρήση όξινων και αλκαλικών καθαριστικών οδηγεί σε αρκετά εμφανείς διακυμάνσεις του.

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 6) προσδιορίζονται τα υγρά απόβλητα τυροκομικής μονάδας.

Προέλευση αποβλήτων	Περιγραφή	Χαρακτηριστικά	Όγκος, m ³ /t γάλακτος
Καθαρισμός και επεξεργασία	Καθαρισμός επιφανειών, δεξαμενών, αντλιών, Η/Μ εξοπλισμού. Απώλεια προϊόντος, άλμης, ενζύμων κ.λ.π.	Μεγάλο pH, υψηλό οργανικό φορτίο (BOD, COD), έλαια και λίπη, στερεά	0,8 – 1,5
Ψύξη	Νερό από τους ψυκτικούς πύργους κ.λ.π.	Υψηλές θερμοκρασίες, Υψηλή αγωγιμότητα	2 – 4

Πίνακας 6: Υγρά απόβλητα τυροκομικής μονάδας.

Η κατανάλωση νερού παίζει και αυτή με τη σειρά της μεγάλο ρόλο στις βιομηχανίες παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων, αφού χρησιμοποιείται κυρίως για καθαρισμό. Τα μηχανήματα, τα δοχεία μεταφοράς του γάλακτος, οι γραμμές παραγωγής, καθώς και η διατήρηση κανόνων υγιεινής απαιτούν την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Η κατανάλωση αυτή ανέρχεται σε ένα τυροκομείο γύρω στο 4,2 kg νερού για κάθε kg παραγόμενου τυριού. Το αλάτισμα θεωρείται διαδικασία με υψηλό ποσοστό κατανάλωσης νερού κατά τη διεκπεραίωση της. Σε κάποιες δευτερεύουσες παραγωγικές διαδικασίες π.χ. ψύξη, καθαρισμός, απολύμανση και παραγωγή ατμού μπορεί να παρατηρηθεί μεγάλη κατανάλωση ύδατος. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται μαζί με τις διάφορες προσμίξεις κυρίως από τα καθαριστικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται,

καταλήγουν στα υγρά απόβλητα. Τόσο η χρήση όξινων όσο και αλκαλικών καθαριστικών προϊόντων επηρεάζει πολύ τη σύσταση των υγρών αποβλήτων και οδηγεί σε απόβλητα με υψηλό pH (Ανυφαντάκης, 2004).

Τα απόβλητα άλμης και ο νορρός γάλακτος θα ήταν καλό να αποθηκεύονται σε μία στεγανή δεξαμενή και έπειτα να διατίθεται σε κτηνοτροφικές μονάδες για υγρή τροφή. Επιπρόσθετα, τα υγρά απόβλητα μιας γαλακτοβιομηχανίας, για παράδειγμα τα ξεπλύματα της παραγωγικής διαδικασίας, θα έπρεπε λόγω του υψηλού φορτίου που περιέχουν να αποθηκεύονται αρχικά σε μία στεγανή δεξαμενή και μετά να διατίθενται σε μια αδειοδοτημένη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με ή χωρίς ιδιοκτήτη. Τέτοιου είδους απόβλητα θα πρέπει να επεξεργάζονται κατάλληλα για την αφαίρεση λιπών, στερεών, όπως επίσης και για μείωση του οργανικού και μικροβιολογικού φορτίου σύμφωνα με τον Β. Μαργαρίτη (χ.χ).

Σύμφωνα με τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, που αναφέρεται στη χρήση ανακυκλωμένου νερού για σκοπούς άρδευσης, όλα τα απόβλητα που έχουν υποστεί επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιούνται για άρδευση αγροτεμαχίων. Τα απόβλητα που έχουν συλλεχτεί στις λιποπαγίδες, δηλαδή τα εσχαρίσματα ή ακόμα και στερεά υλικά που αφαιρέθηκαν κατά την προεπεξεργασία, θα πρέπει να μεταφέρονται σε εγκεκριμένο χώρο διαχείρισης ή απόρριψης. Όσον αφορά τη λάσπη που προκύπτει κατά τη βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων θα πρέπει να πραγματοποιείται κατάλληλη επεξεργασία της και στη συνέχεια να διατίθενται ως εδαφοβελτιωτικό ή ακόμα μπορεί να μεταφέρεται σε μία αδειοδοτημένη εγκατάσταση επεξεργασίας και διάθεσης της.

Για την απομάκρυνση των υψηλών οργανικών φορτίων που περιέχονται στα υγρά απόβλητα μπορεί να γίνει με την εφαρμογή κάποιων μεθόδων ή ακόμα και κάποιου βιοαντιδραστήρα. Πιο κάτω γίνεται αναφορά μεθόδων που παρουσιάστηκαν στο άρθρο του Burak Bemirel, Orhan Yenigun and Turgut T. Onay (2004), που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματά τους. Αρχικά δοκιμάστηκε η εφαρμογή ενός συστήματος αερόβιου ενεργούς ιλύος για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου, αλλά λόγω του υψηλού κόστους της και της υψηλής συγκέντρωσης των λιπών δεν βοηθά στην ανάπτυξη μίας ικανοποιητικής ποσότητας μικροβιακής μάζας, όποτε και απορρίπτεται. Η επόμενη μέθοδος που μπορεί να ελαττώσει το οργανικό φορτίο, ώστε μία αερόβια βιολογική επεξεργασία να συνεχίζει να αποδίδει το ίδιο, είναι η

αναερόβια βιολογική χώνευση. Με παραγωγή μεθανίου μπορεί να καταστεί βιώσιμη, όμως και αυτή η μέθοδος απορρίπτεται λόγω δύο σημαντικών παραγόντων που καθιστούν την εφαρμογή της στις γαλακτοβιομηχανίες δύσκολη. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

α) η υψηλή συγκέντρωση οργανικού αζώτου σε σχέση με τον οργανικό άνθρακα του αποβλήτου καθιστά μη δυνατή την ανάπτυξη της μεθόδου αερόβιας νιτροποίησης – απονιτροποίησης που ακολουθεί τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης.

β) η υψηλή συγκέντρωση λιπών, άνω των 40 mg/L, καθιστούν τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης ανίκανη.

Μέσα από πειράματα, που έγιναν στο Εργαστήριο Οργανικής και Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην Ελλάδα, ανακαλύφθηκαν δύο τεχνικές που με τον συνδυασμό τους μπορεί να καταστήσει τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης των υγρών αποβλήτων των γαλακτοβιομηχανιών (π.χ. τυροκομείων) όχι μόνο αποτελεσματική αλλά και βιώσιμη, αφού θα εξάγεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσα από αυτή τη διαδικασία. Οι δύο τεχνικές είναι αρχικά η τεχνική με την οξειδωτική διαδικασία με αντιδραστήρια Fenton και η δεύτερη με τη χρήση ιόντων Fe^{++} για τη δημιουργία κοκκώδους βιολογικής λάσπης με υψηλή ενεργότητα μέσα σε ένα αναερόβιο χωνευτήρα τύπου κλίνης λάσπης ανοδικής ροής UASBR (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor).

Για την υλοποίηση της όλης διεργασίας λαμβάνονται υπόψη τέσσερις σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα της. Αυτοί οι παράγοντες είναι το pH, οι ποσότητες που προστίθενται του υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) και θειικός σίδηρος ($FeSO_4$), αφού επηρεάζουν άμεσα το ποσοστό του COD που οξειδώνεται, τη θερμοκρασία (βέλτιστη τιμή $30^\circ C$) και τέλος τον χρόνο οξείδωσης που εξαρτάται με τη θερμοκρασία, για να δώσει αποτελεσματική οξείδωση. Ένα πλεονέκτημα της διεργασίας αυτής είναι η πλήρης διάσπαση των λιπαρών οργανικών ενώσεων σε προϊόντα εύκολα να βιοαποικομηθούν. Παράλληλα, η προσθήκη των χημικών για τη λειτουργία των αντιδράσεων Fenton δεν αυξάνουν την τοξικότητα των αποβλήτων λόγω του ότι το υπεροξείδιο του υδρογόνου που απομένει διασπάται σε οξυγόνο και νερό, ενώ οι ποσότητες σιδήρου και θεικών που

παραμένουν χρησιμοποιούνται ως θρεπτικά συστατικά για περισσότερη βιολογική μετατροπή των οργανικών προϊόντων της οξείδωσης.

Επίσης, η βιοαποικοδόμιση του αποβλήτου αυξάνεται μετά από τις οξειδωτικές αντιδράσεις Fenton, αφού μειώνεται αρκετά ο λόγος COD/ BOD του αποβλήτου. Αυτό οφείλεται στην αύξηση του διαλυμένου οξυγόνου λόγω της διάσπασης του υπεροξειδίου του υδρογόνου σε οξυγόνο και νερό και τη μετατροπή των οργανικών ουσιών σε απλούστερες και πιο βιοαποικοδομήσιμες. Ο εξοπλισμός της διεργασίας είναι απλός, όπως και η λειτουργικότητα της μονάδας, όποτε καθίσταται προσιτή τόσο οικονομικά όσο και λειτουργικά. Τέλος, τα υποπροϊόντα που απομένουν μετά την οξείδωση του Fenton οδηγούνται σε μονάδα αναερόβιας χώνευσης για παραγωγή μεθανίου, επιφέροντας σημαντικά έσοδα από τις πωλήσεις του όπως αναφέρεται στην εργασία του Β. Μαργαρίτη.

Πλέον όλες οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις επεξεργασίας γάλακτος υποχρεώνονται να λαμβάνουν όλα τα κατάλληλα μέτρα. Επιπλέον, αναγκάζονται να διαχωρίζουν τα απόβλητα της εγκατάστασης με τέτοιο τρόπο ώστε να τηρούνται οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμοι, για διασφάλιση της προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Σημαντική είναι και η άμεση χρήση των μεθόδων που προαναφέρθηκαν από τις υφιστάμενες ή ακόμη και από τις νέες βιομηχανίες γάλακτος για μείωση όσο το δυνατό περισσότερο του ποσοστού των υγρών αποβλήτων τους.

3.4 Διαχείριση υγρών αποβλήτων από ελαιοτριβεία

Στην Κύπρο ανέκαθεν λειτουργούσαν ελαιοτριβεία λόγω της μεγάλης ποσότητας ελιών που υπάρχουν στη χώρα. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970 λειτουργούσαν τα παραδοσιακά τύπου, κλασσικά ελαιοτριβεία πολύ μικρής δυναμικότητας, στα οποία η διάθεση των αποβλήτων που προέκυπταν από την παραγωγική διαδικασία ήταν ανεξέλεγκτη σε ρυάκια, ποτάμια, στο έδαφος και το υπέδαφος, χωρίς κανένα ηθικό φραγμό, οδηγώντας έτσι στην εμφάνιση αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Τη δεκαετία του 1980 έκαναν την εμφάνιση τους φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία μεγαλύτερης δυναμικότητας, στα οποία οι ποσότητες αποβλήτων που προέκυπταν από τη διαδικασία παραγωγής ήταν αυξημένες. Περισσότερες ήταν και οι επιπτώσεις της διάθεσης τους στο περιβάλλον, δηλαδή στα

ρυάκια, στα ποτάμια και στο έδαφος σε σχέση με τις ποσότητες που προέκυπταν από τη λειτουργία των παραδοσιακών ελαιοτριβείων. Το 2005 πραγματοποιήθηκε ψήφισμα του Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Γενικοί Όροι Απόρριψης Αποβλήτων Ελαιοτριβείων) Διάταγμα (Κ.Π.Δ. 270/2005), σύμφωνα με το οποίο ενσωματώθηκαν βελτιωμένοι και πιο λεπτομερείς όροι απόρριψης αποβλήτων στις Άδειες Απόρριψης Αποβλήτων. Από το 2009 έχουν βελτιωθεί αρκετά οι όροι απόρριψης των αδειών απόρριψης αποβλήτων, οι οποίοι αναφέρονται στο Διάταγμα. Είναι θετικό στοιχείο λόγω του ότι με την τήρηση των Όρων των Αδειών Απόρριψης Αποβλήτων από τους Φορείς Εκμετάλλευσης των ελαιοτριβείων είναι ότι διασφαλίζεται αρκετά η προστασία των υπόγειων και επιφανειακών νερών, όπως επίσης και του εδάφους από τη ρύπανση. Από τα ελαιοτριβεία η κατά όγκο αναλογία αποβλήτων και ελαιόλαδου που προκύπτουν από την παραγωγή ελαιόλαδου ανέρχεται στο 50%, που αποτελεί σημαντικό ποσοστό. Γενικά οι μέσες ποσότητες των υγρών αποβλήτων (τζίζουρου) που προκύπτουν από 30 ελαιοτριβεία τα οποία λειτουργούν στην ελεύθερη Κύπρο ανέρχονται στις 50 000 κυβικά μέτρα, ενώ στις χώρες της Μεσογείου που ασχολούνται με την επεξεργασία των ελίων γενικά προκύπτουν 10 με 12 εκατομμύρια κυβικά μέτρα υγρά απόβλητα ανά έτος.

Όσον αφορά το τζίζουρο / κασίγαρο που είναι ένα από τα πιο σημαντικά ρυπογόνα απόβλητα των ελαιοτριβείων που ρυπαίνουν την περιοχή της Μεσογείου και την Κύπρο, οι υψηλές συγκεντρώσεις του BOD και COD σε 100 και 200 kg/m³ αντιστοίχως, το καθιστούν υπεύθυνο για την παρουσία ρύπων. Αδιαμφισβήτητα, η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων πολυαρωματικών ουσιών (π.χ. φαινόλες) συνδυασμένες με υψηλές συγκεντρώσεις λιπαρών και πτητικών οξέων (ψηλής οξύτητας) και των υψηλών συγκεντρώσεων σε άλατα, οδηγούν σε αύξηση της φυτοτοξικότητας των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων όπως αναφέρεται στο άρθρο των Paraskeva P. and E. Diamadoroulos (2006). Ακόμη, από την φυτοτοξικότητα επηρεάζονται τα άλγη που χρειάζονται για την αειφόρο ανάπτυξη και διατήρηση των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις φαινόλες. Με την άμεση διάθεση των αποβλήτων χωρίς κανένα έλεγχο μειώνει αρκετά τη διαπερατότητα του από το νερό, προκαλώντας αντιμικροβιακές δράσεις σε ωφέλιμους μικροβιακούς πληθυσμούς του εδάφους από φαινόλες που περιέχουν τα υγρά απόβλητα, καθιστώντας τα σε μη βιο-αποικοδομήσιμα. Επίσης, στους ζωντανούς οργανισμούς που ζουν στα νερά, η μεγάλη συγκέντρωση οργανικών και ανόργανων

ουσιών που περιέχουν τα απόβλητα τους δημιουργεί παρενέργειες. Έτσι οι οργανισμοί δεν θα μπορούν να επιβιώσουν σε τέτοιου είδους νερά που έχουν μολυνθεί με τα συγκεκριμένα απόβλητα, καθώς έχουν ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια επιβίωσης τους. Σημαντικές είναι οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται για τα ξεπλύματα από χώρους παραγωγής, δηλαδή ο καθαρισμός επιφανειών, δεξαμενών, αντλιών και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στα ελαιοτριβεία.

Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί αρκετές τεχνικές για τη μείωση των υγρών αποβλήτων με βάση το κόστος τους, των εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης αλλά και με τον συνδυασμό τους. Οι πιο γνωστές που έχουν εφαρμοστεί είναι οι φυσικές, χημικές, βιολογικές και θερμικές μέθοδοι και οι συνδυασμοί τους. Παράδειγμα εφαρμογής μεθόδου για μείωση των υγρών αποβλήτων ήταν στην Κρήτη με τη χρήση εξατμισοδεξαμενών. Ουσιαστικά τα απόβλητα αποθηκεύονται μέσα σε δεξαμενές, που στεγανοποιούνται κατά την περίοδο του καλοκαιριού (3 μήνες) και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του ελαιοτριβείου με αποτέλεσμα το υγρό κλάσμα να εξατμίζεται. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής ήταν ότι απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις γης για την υλοποίηση της. Οι δυσοσμίες, η παρουσία διάφορων εντόμων λόγω του ότι οι δεξαμενές δεν πληρούν τις συνθήκες της σωστής χρήσης τους, όπως και οι μικρές διαστάσεις των δεξαμενών οδηγούν στην υπερχειλίση τους με αποτέλεσμα να μην συμβάλλουν στην άμεση προστασία του περιβάλλοντος, αλλά στην περαιτέρω επιβάρυνση του.

Τα συχνότερα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη διαχείριση υγρών αποβλήτων από ελαιοτριβεία είναι η συνεχής αύξηση χρόνου με τον χρόνο της παραγωγής ελαιόλαδου. Άρα κατά συνέπεια αυξάνεται και ο αριθμός των αποβλήτων τους καθώς και το ότι δεν υπάρχουν αρκετές εγκαταστάσεις διαχείρισης τους σύμφωνα με το άρθρο των Zaharaki D. και K., Komnitsas (2009).

Για τη μείωση των πιο πάνω προβλημάτων πραγματοποιήθηκαν αρκετές εργαστηριακές μελέτες και εφαρμόστηκαν διάφορες πιλοτικές εγκαταστάσεις. Δυστυχώς δεν βρέθηκε καμία λύση, άμεσα εφαρμόσιμη, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποδεκτή, λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης οργανικών συστατικών που περιέχονται στα απόβλητα και απαιτούν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου για την αποικοδόμηση τους. Επιπλέον, η εποχή που λαμβάνει χώρα η παραγωγή των αποβλήτων παίζει σημαντικό ρόλο, αφού αυξάνει και δυσκολεύει το κόστος της

αποθήκευσης, της μεταφοράς και της επεξεργασίας τους. Επιπρόσθετα, η αργή αποδόμηση των φαινολικών ενώσεων που συναντάμε στα υγρά απόβλητα κατά την επεξεργασία του ελαιόκαρπου διαδραματίζει και αυτή σημαντικό ρόλο στα πιο πάνω σημεία. Οι πιο γνωστές μέθοδοι και τεχνικές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που προέρχονται από ελαιοτριβεία και που έχουν εφαρμοστεί σε πολλές χώρες τα τελευταία χρόνια είναι οι φυσικοχημικές, βιολογικές, διαχωρισμός με μεμβράνες, θερμικές και απευθείας εφαρμογή των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου. Πιο κάτω αναλύονται οι μέθοδοι και τα μέσα που χρησιμοποιούνται σε κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις σύμφωνα με το βιβλίο « Methods of integrated management of olive oil mill wastewater (OMW) in the framework of the EU environmental quality standards (EQS)».

Η πρώτη κατηγορία είναι οι φυσικοχημικοί μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων που αποτελούνται από την κατεργασία με οξείδιο ή υδροξείδιο του ασβεστίου (CaO ή Ca(OH)_2) και από τη χρήση λιμνών επεξεργασίας ή εξατμισοδεξαμενών. Η κατεργασία με οξείδιο ή υδροξείδιο του ασβεστίου (CaO ή Ca(OH)_2) είναι ευρέως γνωστή στη σημερινή εποχή, αφού συμβάλλει άμεσα στη μείωση του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Εφαρμόζει εξουδετέρωση της οξύτητας σε συνδυασμό με κροκίδωση και ακολουθεί η καθίζηση. Επιτυγχάνεται άμεσα ο καθαρισμός των αποβλήτων σε υψηλό ποσοστό γύρω στο 70%. Η διεργασία της εξουδετέρωσης σε συνεργασία με την κροκίδωση πραγματοποιείται με προσθήκη ασβέστη, που στοχεύει στην αύξηση του pH των αποβλήτων και στην εξουδετέρωση των οξέων. Λαμβάνει χώρα μέσα σε μία σπητική δεξαμενή συγκρατήσεως που περιέχει μηχανική ανάδευση. Τα κατακρημνισμένα άλατα, που απομένουν, συμπαρασύρουν ποσότητα των διαλυμένων ή αυτών που βρίσκονται σε αραίωση οργανικών ουσιών με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου και τον αποχρωματισμό ενός ποσοστού του αποβλήτου. Η δημιουργία λάσπης, που προκύπτει, θεωρείται σοβαρό μειονέκτημα της μεθόδου καθώς και πρόβλημα λόγω του όγκου της και της δυσοσμίας που προκαλεί.

Όσον αφορά τη χρήση λιμνών επεξεργασίας ή εξατμισοδεξαμενές είναι μία από τις πρώτες μεθόδους επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που εφαρμόστηκαν. Σήμερα η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρέως από τα ελαιοτριβεία της Κρήτης. Αρκετά είναι τα μειονεκτήματα από τη χρήση δεξαμενών εξάτμισης, όπως οι μεγάλες εκτάσεις γης που χρειάζονται για τη δημιουργία τους και ο αυξημένος χρόνος που απαιτούν για υλοποίηση της. Έχουν όμως και αρκετά πλεονεκτήματα, όπως χαμηλό

κόστος κατασκευής και λειτουργίας, σχετικά υψηλή αποτελεσματικότητα και ευκολία στη συντήρησή τους. Επιπρόσθετα, μετά την εξάτμιση των υγρών αποβλήτων, τα στερεά που απομένουν από τον διαχωρισμό τους από την υγρή φυσική καθίζηση στην επιφάνεια χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα. Σε περίπτωση που υπάρξει οποιαδήποτε διαρροή ή μη σωστή μόνωση των δεξαμενών μπορεί να προκληθεί ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Στη σημερινή εποχή τέτοιου είδους δεξαμενές χρησιμοποιούνται για αποθήκευση, αλλά και για εξάτμιση του νερού.

Η δεύτερη κατηγορία, αν και δεν χρησιμοποιείται λόγω του ότι παρέμεινε σε πειραματικά στάδια, είναι η θερμική μέθοδος επεξεργασίας των αποβλήτων και συγκεκριμένα η θερμική συμπύκνωση. Μέσω της μεθόδου αυτής γίνεται εξάτμιση των αποβλήτων που βρίσκονται μαζεμένα σε πολυβάθμιους συμπυκνωτές με στόχο τον περιορισμό του τελικού όγκου. Επιτυγχάνεται άμεσα η επαναχρησιμοποίηση του εξετασμένου συμπυκνωμένου νερού μέσα στο ελαιοτριβείο που εφαρμόζεται η διεργασία για επανάκτηση ελαιόλαδου από τα απόβλητα.

Η τρίτη κατηγορία αναφέρεται στις βιολογικές μεθόδους που στόχο έχουν τη βιομετατροπή των αποβλήτων με τη χρήση μικροοργανισμών για τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου καθώς και για ανάπτυξη προϊόντων με υψηλή εμπορική αξία που θα μπορούσαν να επιφέρουν αρκετά κέρδη για την κάλυψη των αναγκών της διαχείρισής τους. Η μέθοδος αυτή μπορεί να ευδοκιμήσει εύκολα λόγω του ότι τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τα καθιστούν εκλεκτικά υποστρώματα για ανάπτυξη μικροοργανισμών. Τη βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων αποτελούν δύο μεγάλες υποομάδες που είναι η αερόβια βιολογική επεξεργασία και η αναερόβια βιολογική επεξεργασία. Στην αερόβια βιολογική επεξεργασία μπορεί να γίνει ανάπτυξη ζυμών με άωτερο σκοπό την ανάπτυξη των σακχάρων των αποβλήτων σε αδιάλυτες πρωτεΐνες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τροφή ζώων, αφού έχουν υψηλή περιεκτικότητα στα αμινοξέα αλλά και σε βιταμίνες του συμπλέγματος Β, αντικαθιστώντας το αλεύρι σόγιας.

Η τεχνική της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά στην Ισπανία όταν εμφανίστηκε παραγωγή μονοκυτταρικών πρωτεϊνών από τα υγρά απόβλητα μέσω της ζύμης *Candida utilis*. Δυστυχώς όμως δεν επικράτησε λόγω του υψηλού κόστους της όπως επίσης και η ταχεία αποδόμηση των σακχάρων κατά

την αποθήκευση των ελαιόκαρπων. Στις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Ισπανία χωρίς όμως να αποδώσουν καρπούς, χρησιμοποιήθηκαν ποσότητες απόνερων για υπόστρωμα ανάπτυξης της ζύμης *Torulopsis Utilis* στο οποίο προστέθηκε θειούχο αμμώνιο για περαιτέρω χρήση της στις βιομηχανίες τροφίμων. Κατά τον αερόβιο βιολογικό καθαρισμό χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι οξειδωτικοί οργανισμοί με στόχο τη διάσπαση του οργανικού φορτίου που περιέχεται στα υγρά απόβλητα. Ούτε αυτή η τεχνική δεν κατάφερε να ευδοκιμήσει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε οργανική ουσία των αποβλήτων και του υψηλού κόστους της ενέργειας που θα χρειαζόταν για τη διάσπαση της. Η διεργασία της βιολιπασματοποίησης έχει στόχο την παραγωγή βελτιωτικού εδάφους και λιπάσματος από τα υγρά απόβλητα, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες της κάθε χώρας που θα εφαρμοστεί σε οργανική ουσία, τις δυνατότητες των μικροοργανισμών του εδάφους και τις απαραίτητες ποσότητες θρεπτικών συστατικών για τα φυτά. Μέσα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε αποδείχθηκε ότι τα απόβλητα των ελαιοτριβείων κάτω από αερόβιες συνθήκες εμπλουτισμού έχουν τη δυνατότητα να ευδοκιμήσουν τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια του γένους *Azotobacter*.

Το πιο πάνω αποτέλεσμα βρέθηκε μετά την υλοποίηση δύο σταδίων. Στο πρώτο στάδιο τα απόβλητα υποβλήθηκαν σε εξουδετέρωση της οξύτητας τους με υδροξείδιο του ασβεστίου (CaO), ενώ στο δεύτερο στάδιο το επεξεργασμένο ρευστό, που απομένει, παρέχεται το κατάλληλο βακτήριο του *Azotobacter* και αερίζεται σε διάρκεια 3-5 ημερών. Με το πέρας των ημερών τα απόβλητα αποκτούν ένα καστανοκίτρινο χρώμα με παχύρευστη υφή και pH 7,5 – 8,0, πλούσιο σε αζωτοδεσμευτικά. Έτσι κρίνεται κατάλληλο για βελτιωτικό του εδάφους μετά από τη χρήση του ως λίπασμα σε ελιές και πατάτες με άριστα αποτελέσματα.

Τα απόβλητα από τα ελαιοτριβεία έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται και για παραγωγή compost, δηλαδή τη βιολογική οξειδωτική διαδικασία αποδομήσεως και σταθεροποίησης οργανικών υλικών υπό συνθήκες με θερμοκρασία πέραν των 45°C . Η τεχνική αυτή δοκιμάστηκε, αφού πρώτα τα απόβλητα αναμίχθηκαν με αγροτικά, δασικά και ανθρώπινα υπολείμματα. Αλλά και αυτή η μέθοδος απορρίφθηκε λόγω της ανάγκης για συνεχή έλεγχο των συνθηκών της διαδικασίας (π.χ θερμοκρασία, υγρασία και λόγω O_2/ CO_2) οδηγώντας έτσι σε αύξηση του κόστους της τεχνικής.

Στην αναερόβια επεξεργασία πραγματοποιείται αναερόβια ζύμωση αποβλήτων ελαιοτριβείων για την παραγωγή βιοαερίου, δηλαδή βιομεθανοποίηση. Ουσιαστικά αυτή η τεχνική έχει στόχο τον καθαρισμό των αποβλήτων υπό αναερόβιες συνθήκες και την ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας με τη μετατροπή των οργανικών υλικών σε μεθάνιο. Πιο συχνά η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για επεξεργασία αποβλήτων με υψηλό ρυπαντικό φορτίο δηλαδή με COD 5000 - 40000 mg/L. Αντίθετα, η τεχνική της αερόβιας επεξεργασίας για απόβλητα σε μικρότερες συγκεντρώσεις δηλαδή 5000 ppm COD. Η διαδικασία πραγματοποίησης της τεχνικής αυτής γίνεται μέσα σε βιοαντιδραστήρες με τα βακτήρια, που λαμβάνουν μέρος να είναι κυρίως οξεογόνα και μεθανογόνα, τα οποία έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται σε θερμοφιλή και μεσόφιλη φάση και σε pH 6-9 σύμφωνα με το άρθρο των Chatjiravidis, M. Antonakou, D. Demou, F. Flouri, C. Balis (1996).

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων αναμφισβήτητα θεωρούνται κατάλληλα για αναερόβια επεξεργασία, αφού το ρυπαντικό τους φορτίο αποτελείται από διαλυτές και οργανικές ουσίες (π.χ. πηκτίνη, σάκχαρα). Η βιολογική επεξεργασία τους παρεμποδίζεται συχνά από την παραγωγή μεθανίου. Ακόμη, η απουσία ποσοτήτων αζώτου και φωσφόρου, οι υψηλές συγκεντρώσεις COD και BOD και η παρουσία πολυφαινόλων ή λιπαρών οξέων οδηγούν σε αστάθεια στον μεταβολισμό των μικροοργανισμών και οδηγούν στη συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων. Όμως η τεχνική αυτή έχει ως μειονεκτήματα το υψηλό κόστος του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων της, το εξειδικευμένο προσωπικό για συνεχή ρύθμιση των απαραίτητων λειτουργιών της αναερόβιας ζύμωσης (π.χ. pH, θερμοκρασία, περιοχή δράσης των βακτηρίων) σύμφωνα με το άρθρο των Paraskeva P. and E. Diamadopoulos (2006).

Συμπερασματικά, λοιπόν, η χρήση δεξαμενών επεξεργασίας ή εξατμισοδεξαμενές θεωρείται ως η πιο κατάλληλη τεχνική επεξεργασίας υγρών αποβλήτων προερχόμενων από τα ελαιοτριβεία παρά τα προβλήματα που ίσως εμφανιστούν. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια κυρίως στην Κρήτη που έχει αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με την Κύπρο. Άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο νησί, φτάνει να ληφθούν υπόψη όλα τα μέτρα και οι ανάγκες για σωστή χρήση και διαχείριση της.

3.5 Διαχείριση αποβλήτων από την παραγωγή ζύθου (μπύρας)

Στην Κύπρο είναι υψηλά τα ποσοστά κατανάλωσης του ζύθου (μπύρας). Τα ποσοστά αυτά αποτελούν άμεσο κίνδυνο για αρνητικές επιπτώσεις προς το περιβάλλον από τη μη σωστή ή έγκυρη διαχείριση των υγρών αποβλήτων τους καθώς και τη μη σωστή χρήση του νερού κατά τις διάφορες διεργασίες που προκύπτουν στα υφιστάμενα εργοστάσια παραγωγής μπύρας. Υπάρχουν τρία βασικά στάδια για τη σωστή παραγωγή του ζύθου. Το πρώτο στάδιο είναι η βυνοποίηση, που πραγματοποιείται καθαρισμός του κριθαριού, διαβροχή του και έπειτα αφήνεται να βλαστήσει και τελικά σχηματίζονται ένζυμα, που χρησιμοποιούνται για τη διάσπαση του αμύλου. Το δεύτερο στάδιο είναι η ζυθοποίηση, κατά την οποία η βύνη, που προκύπτει από το πρώτο στάδιο, αλέθεται και έπειτα διεξάγεται η εκχύλιση της με ζεστό νερό. Στο τέλος γίνεται διήθηση του εκχυλίσματος που δημιουργήθηκε και σχηματίζεται ο ζυθογλεύκος. Το τρίτο στάδιο αποτελεί η ζύμωση κατά την οποία γίνεται ψύξη του ζυθογλεύκου και προστίθεται ζύμη για την επίτευξη της αλκοολικής ζύμωσης και παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και αλκοόλης. Ο ζύθος αποθηκεύεται για να ωριμάσει, και στο τέλος διεξάγεται φιλτράρισμα της μπύρας πριν από την εμφιάλωση και τη προώθηση της προς τον καταναλωτή. Δηλαδή η μπύρα διηθείται αρχικά σε φίλτρο σκόνης γης διατομών. Μετά περνά από το φίλτρο σταθεροποίησης, το οποίο περιέχει αδρανή σκόνη πολυμερούς PVPP και κατά την έξοδο της από αυτό το φίλτρο της σταθεροποίησης εισέρχεται σ' ένα τελευταίο φίλτρο, το χάρτινο και τελικά αποθηκεύεται σε διάφορα δοχεία. Αναπόσπαστο κομμάτι είναι αυτό της εμφιάλωσης της μπύρας, αφού περιλαμβάνει καθαρίσματα των φιαλών, την εμφιάλωση, την παστερίωση και τέλος την αποθήκευση των φιαλών. Σημαντικό είναι να αναφερθούν οι μεγάλες ποσότητες νερού που καταναλώνονται, με το μεγαλύτερο μέρος τους, γύρω στο 65-70% να αποβάλλεται στα υγρά απόβλητα. Η παρασκευή της μπύρας, η καθαριότητα, το νερό που χρησιμοποιείται για ψύξη και για άλλες χρήσεις είναι τα πιο συχνά μέσα σπατάλης μεγάλων ποσοτήτων νερού (Νταρακάς, 2006).

Όσον αφορά τα υγρά απόβλητα, που προκύπτουν σε μεγάλο βαθμό, είναι αυτά από τη διαδικασία της εμφιάλωσης, λόγω του πλυσίματος των φιαλών (γύρω στο 60%) και από την επεξεργασία της βύνης (γύρω στο 25%). Οι διαδικασίες επεξεργασίας της βύνης και της διεργασίας της ζύμωσης της μπύρας, έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση υψηλού οργανικού φορτίου (BOD και TSS). Κύρια

χαρακτηριστικά τέτοιων υγρών αποβλήτων είναι η θερμοκρασία που ανέρχεται στους 30-40°C και το pH που εξαρτάται άμεσα από τα καθαριστικά που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των φιαλών. Σύμφωνα με την παγκόσμια οργάνωση υγείας θα πρέπει τα υγρά απόβλητα να είναι περιορισμένου αριθμού, δηλαδή γύρω στο 3 – 5 m³ σε αντίθεση με τη βιβλιογραφία που το όριο είναι άνω των 5 m³. Οι πιο συχνές ουσίες που περιέχονται σε υγρά απόβλητα των εγκαταστάσεων παραγωγής μύρας είναι δεξτρόζη, ζυθογλεύκος, μαλτόζη, μαγιά, εξαντλημένους σπόρους και υπολείμματα από το φιλτράρισμα. Ο ζυθόγλευκος καταλαμβάνει ποσοστό περίπου 2-6% του συνολικού όγκου τους, αλλά θεωρείται αρκετά σημαντικό για τα υγρά απόβλητα, αφού αυξάνει την συγκέντρωση του BOD. Τα νερά έκπλυσης αποτελούν αρκετά υψηλό ποσοστό σε σχέση με τον ζυθόγλευκο στον συνολικό όγκο νερού που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία. Αποτέλεσμα των πιο πάνω είναι η εμφάνιση μεγάλων συγκεντρώσεων οργανικού φορτίου και στερεών. Για τον πλήρη προσδιορισμό του οργανικού φορτίου, δηλαδή το BOD και το COD, που περιέχεται στα υγρά απόβλητα εφαρμόζεται ο λόγος της ποσότητας των υγρών αποβλήτων προς την παραγόμενη μύρα. Συνήθως οι μύρες που παράγονται με χαμηλή ποσότητα αλκοόλ έχουν ως αποτέλεσμα τη δυσμενή επιβάρυνση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων. Για τις σύγχρονες εγκαταστάσεις παραγωγής μύρας ισχύουν τα πιο κάτω όρια που είναι τιμές μικρότερες από το 0,3 kg BOD, όπως και μικρότερο από το 0,3 kg TSS ανά m³ της μύρας.

Ταυτόχρονα, τα υγρά απόβλητα, που προκύπτουν από τη ζυθοποιία, έχουν υψηλές ποσότητες αζώτου και φωσφόρου. Η ποσότητα αζώτου που εμφανίζεται προκύπτει από τη βύνη, τις διάφορες ουσίες που μπορεί να προστίθενται και το νιτρικό οξύ το οποίο μπορεί να χρησιμοποιήθηκε για τον καθαρισμό. Η ποσότητα φωσφόρου προέρχεται από τη βυνοποίηση και τη χρήση καθαριστικών, που εμφανίζεται περίπου σε συγκεντρώσεις των 30-100 g/m³ και έχει άμεση σχέση με το νερό που χρησιμοποιείται στο στάδιο του καθαρισμού. Τα υγρά απόβλητα δεν θα μπορούσαν να λείπουν φυσικά από τις εγκαταστάσεις στις οποίες διεξάγεται η εμφιάλωση της μύρας. Κατά τη συσκευασία και καθαρισμό των φιαλών παράγονται κάποια όξινα και βασικά απόβλητα που οδηγούν αλλαγές στο pH, αφού επηρεάζεται από τα χημικά καθαριστικά. Το pH για τα απόβλητα κυμαίνεται από 7 έως 12 και είναι συνάρτηση των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα.

Για την ελαχιστοποίηση του προβλήματος που εμφανίζεται λόγω της αυξημένης ποσότητας υγρών αποβλήτων κατά την παραγωγή μύρας, όπως επίσης και για μείωση της κατανάλωσης νερού για τις διάφορες διεργασίες, χρησιμοποιούνται ποικίλες μέθοδοι με απώτερο στόχο την επαναχρησιμοποίηση των νερών αυτών, αφού πρώτα μειωθούν τα ποσοστά οργανικών ρύπων που περιέχουν. Υπάρχουν ποικίλες συμβατικές μέθοδοι για τη μείωση τους, όπως είναι η χρήση αερόβιων ή αναερόβιων συστημάτων, η χρήση ενεργού άνθρακα, βιοαντιδραστήρα με μεμβράνες, διήθηση με μεμβράνες, ηλεκτροχημικές μεθόδους, δημιουργία τεχνητών υδροτόπων ή λιμνών με φύκη. Το σπουδαιότερο παράδειγμα προς μίμηση για ελαχιστοποίηση των ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιούνται από τις εγκαταστάσεις παράγωγης μύρας, θεωρείται η νοτιοαφρικάνικη εταιρεία ζυθοποιίας Breweries που μετά από συγχώνευση της με τη Miller Brewing των ΗΠΑ μετονομάστηκε σε SABMiller. Με βάση τα δεδομένα που παρουσίασε σε έρευνα που διεξήγαγε κατέληξε στο ότι 4,6 L νερού καταναλώνονται για 1L μύρας, οδηγώντας έτσι στο συμπέρασμα ότι το ποσό των υγρών αποβλήτων που απορρίπτονται είναι πολύ μεγαλύτερο από την ποσότητα της μύρας που παράγεται, όποτε χρειάζεται άμεση επίλυση του προβλήματος.

Κατά την περίοδο του 2008 με 2015 η SABMiller όπως αναφέρεται στο άρθρο των Adesoji T. Jaiyeola¹, Joseph K. Bwarwal (2015), κατάφερε να φέρει εις πέρας τον στόχο της μειώνοντας την κατανάλωση του νερού κατά 28% μέσα από την επεξεργασία των λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση τους. Σημαντική παράμετρος της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων ζυθοποιίας είναι ότι το νερό που παράγεται θα πρέπει να πληροί τα πρότυπα των γλυκών νερών που είναι πολύ σημαντικά. Μέχρι σήμερα ο τρόπος διάθεσης των υγρών αποβλήτων από εγκαταστάσεις παραγωγής μύρας ήταν η απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων τους απευθείας στο περιβάλλον χωρίς καμία επεξεργασία λόγω της πίεσης για την ικανοποίηση των αυξημένων ζητήσεων από τους καταναλωτές για παραγωγή μύρας. Οι βιομηχανίες ζυθοποιίας αναγκάστηκαν να λάβουν κάποια αυστηρά μέτρα για τη μείωση των λυμάτων που απορρίπτονταν στο περιβάλλον χωρίς κάποια επεξεργασία, εφαρμόζοντας την προ-επεξεργασία τους, η οποία περιείχε απομάκρυνση όλων των στερεών καθώς και στη μείωση των ρύπων στο νερό. Το μείγμα που προκύπτει περνά μέσα από μία παραδοσιακή διαδικασία επεξεργασίας αστικών λυμάτων που αποτελείται από πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή διεργασίες, οι οποίες

κατατάσσονται στις φυσικοχημικές και βιολογικές μεθόδους απορρύπανσης των λυμάτων. Ακόμη, η ποσότητα COD των λυμάτων ζυθοποιίας είναι σχετικά υψηλό, αφού ανέρχεται μεταξύ 2000 mg/L με 6000 mg/L, λόγω των οργανικών παραπροϊόντων που σχηματίζονται, οδηγώντας σε εξάντληση του οξυγόνου που περιέχεται μέσα στο νερό και που προκύπτει από την οξειδωτική χημική διεργασία που διασπάται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Δυστυχώς τα λύματα που προκύπτουν από τη ζυθοποιία εξακολουθούν να χρειάζονται άμεσες λύσεις για την αποκατάστασή τους χωρίς όμως να έχουν βρεθεί ακόμη. Υπάρχουν ποικίλες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση τέτοιων λυμάτων, όμως η καθεμιά έχει τα μειονεκτήματά της που πρέπει να ξεπεραστούν για να μπορέσουν να θεωρηθούν κατάλληλες. Ένα παράδειγμα είναι ο ενεργός άνθρακας που αποτελεί φθηνή λύση με εύκολη απομάκρυνση οργανικών ρυπαντών από τα λύματα όμως μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στη δημόσια υγεία. Οι παραγωγοί μύρας έχουν ως βασικό σκοπό την παραγωγή όσον το δυνατό μεγαλύτερων ποσοτήτων μύρας παρά στην εύρεση ενός τρόπου επαναχρησιμοποίησης του νερού που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία λυμάτων ως πόρο εμπορεύματος και όχι ως απόβλητο. Γι' αυτό απαιτείται μία λεπτομερής ανάλυση του κόστους των διαφόρων διαδικασιών επεξεργασίας για την επιλογή της καταλληλότερης και της πιο οικονομικής μεθόδου μείωσης των λυμάτων ζυθοποιίας.

3.6 Διαχείριση αστικών λυμάτων

Τα αστικά λύματα θεωρούνται μία από τις μεγαλύτερες κατηγορίες που απαιτεί άμεση διαχείριση για μείωση όσο το δυνατό περισσότερο των ρύπων που προκαλούνται καθώς και προστασία του περιβάλλοντος, των υδάτινων πόρων, της άγριας ζωής και της δημόσιας υγείας, από τις αρνητικές τους επιπτώσεις. Έτσι στόχος της επεξεργασίας τέτοιων λυμάτων είναι η απομάκρυνση μη επιθυμητών θρεπτικών ουσιών, βαρέων μετάλλων και αντικειμένων που ίσως να περιέχουν.

Αναμφισβήτητα η παρουσία ενός συστήματος αποχέτευσης πρέπει να υπάρχει σε όλες τις αστικές περιοχές που έχουν αυξημένο αριθμό κατοίκων σύμφωνα με τον Δεληγιάννη (2009). Επίσης, και η συλλογή των λυμάτων απαιτεί τουλάχιστον μία βιολογική επεξεργασία τους πριν τη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Πολύ σημαντικές είναι οι «ευαίσθητες» περιοχές, δηλαδή οι περιοχές που εμφανίζουν το φαινόμενο του ευτροφισμού. Σε τέτοιες περιοχές τα θρεπτικά συστατικά τους, δηλαδή αζώτου και

φωσφόρου είναι σε αυξημένες ποσότητες, μεγιστοποιώντας έτσι την ανάπτυξη φυκιών και άλλων ειδών φυτών οδηγώντας στην καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος. Γι' αυτό στις περιοχές αυτές οι αυξημένες απορρίψεις λυμάτων πρέπει να περιορίζονται μέσω της μείωσης του φορτίου των θρεπτικών συστατικών τους. Η ανακύκλωση και η ανάκτηση σημαντικών συστατικών που περιέχονται μέσα στα λύματα (π.χ. φώσφορος ή άλλα μέταλλα) είναι εξίσου σημαντική και απαραίτητη, αφού μειώνεται αρκετά ο όγκος των αποβλήτων με την ταυτόχρονη επαναχρησιμοποίηση πολύτιμων πόρων που αυξάνει το οικονομικό όφελος.

Συνοπτικά τα επιθυμητά αποτελέσματα από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι η μετατροπή των υλικών που περιέχονται στα λύματα σε προϊόντα με σταθερή ποσότητα οξυγόνου για χρήση του στα εσωτερικά ύδατα χωρίς την πρόκληση οποιαδήποτε αρνητικής οικολογικής επίδρασης. Η διάθεση τους πρέπει να γίνεται σε τακτή βάση και να πραγματοποιείται ανακύκλωση και ανάκτηση όλων των σημαντικών συστατικών τους. Επιπλέον, η μέθοδος που θα χρησιμοποιείται για τη διάθεση τους να είναι συμφέρουσα οικονομικά και να προστατεύει άμεσα τη δημόσια υγεία.

Οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των οικιακών λυμάτων είναι αρκετά διαφορετικές στον σχεδιασμό τους απ' ότι οι εγκαταστάσεις μεγάλων μονάδων σύμφωνα με την Λέκκα (2013). Για τον σχεδιασμό τέτοιων εγκαταστάσεων μικρού μεγέθους λαμβάνεται υπόψη το υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης τους, αφού οι τοπικές αρχές αδυνατούν να το καλύψουν όποτε πραγματοποιούνται τεχνοοικονομικές μελέτες για εύρεση μεθόδων με χαμηλό κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης καθώς και το γεγονός ότι είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Οι πιο γνωστές μέθοδοι στο ευρύ κοινό είναι τα συστήματα σηπτικών δεξαμενών ή βόθρων, συστήματα τεχνητών υγροτόπων, εδαφικά συστήματα και συστήματα δεξαμενών σταθεροποίησης.

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων από παλιά είναι τα συστήματα σηπτικών δεξαμενών ή βόθρων που συνήθως τα συναντάμε σε μεμονωμένες οικίες ή σε μικρά συγκροτήματα οικιών. Η τεχνική αυτή επιτυγχάνει την καθίζηση ποσότητας αιωρούμενων στερεών και την ταυτόχρονη αναερόβια χώνευση της λάσπης που δημιουργείται στον πυθμένα. Σήμερα έχει αντικατασταθεί

από αδιαπέραστες δεξαμενές βόθρου και εφαρμόζεται κυρίως για μικρού μεγέθους παροχές λυμάτων για ευρύ προστασία των υπόγειων υδάτων.

Στη συνέχεια υπάρχουν τα εδαφικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων που στοχεύουν στον πλήρη έλεγχο των ποσοτήτων των λυμάτων που απελευθερώνονται στο έδαφος σε σχέση με τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που βρίσκονται εν δράση στο έδαφος. Για τον σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, του εδάφους, ο τρόπος εφαρμογής τους και κάποιοι σημαντικοί παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη. Τέτοιοι παράμετροι είναι τα αιωρούμενα στερεά, τα διαλυμένα άλατα, τα θρεπτικά συστατικά (άζωτο και φώσφορο), οι τοξικές ουσίες και η οργανική ύλη. Η πιο γνωστή επεξεργασία των λυμάτων που υπάρχουν στην αγορά με βάση τον τρόπο που εφαρμόζονται είναι τα εξής: συστήματα επιφανειακής απορροής, συνδυασμένων τύπων, ταχείας διήθησης και βραδείας διήθησης ή εφαρμογής.

Όσον αφορά τα συστήματα δεξαμενών σταθεροποίησης χρησιμοποιούνται μία ή περισσότερες σειρές διεργασιών με βάση τη μικροβιακή ζωή τους καθώς και τα κατώτερα ζώα και φυτά που αναπτύσσονται σε τέτοια συστήματα. Στα συστήματα αυτά λαμβάνουν χώρα πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία για απομάκρυνση όλων των αιωρούμενων στερεών, μείωση του BOD με χρήση φυκιών και ετερότροφων βακτηρίων και παθογόνων και θρεπτικών συστατικών (π.χ. άζωτο). Κύριοι τύποι δεξαμενών σταθεροποίησης είναι αερόβιες δεξαμενές, μερικής ανάμειξης αεριζόμενων δεξαμενών και δεξαμενές ελεγχόμενης παροχής (Λέκκα 2013).

Τελειώνοντας με την περιγραφή των συστημάτων επεξεργασίας αστικών αποβλήτων, θα γίνει αναφορά στα συστήματα τεχνητών υγροτόπων. Τα συστήματα αυτά όπως και όλα τα προαναφερμένα φυσικά συστήματα χρησιμοποιούνται για περαιτέρω προ-επεξεργασία των λυμάτων. Είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένο ώστε να εκμεταλλεύονται στο έπακρο όλες τις διεργασίες (φυσικές, χημικές και βιολογικές) που λαμβάνουν χώρα κατά την αλληλεπίδραση του αέρα, του νερού, του εδάφους και των φυτών. Οι διεργασίες που προκύπτουν από τις πιο πάνω αλληλεπιδράσεις είναι η καθίζηση, το φιλτράρισμα και η μεταφορά αερίων. Δύο είναι τα είδη τεχνητών υγροτόπων που επικρατούν μέχρι σήμερα, το σύστημα ελεύθερης ή επιφανειακής ροής (FWS) λεκάνες με επίμηκες σχήμα, μεταβλητό βάθος που

σχετίζονται με τα μακρόφυτα που χρησιμοποιούνται) και το σύστημα υποεπιφανειακής ροής (SSF) με τη χρήση αδρανούς υλικού που τοποθετείται στη λεκάνη για υποστήριξη της ανάπτυξης μακρόφυτων φυτών). Η πιο διαδεδομένη μέθοδος στην Ευρώπη είναι τα συστήματα υποεπιφανειακής ροής (SSF).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναμφισβήτητα, η αύξηση του πληθυσμού του νησιού καθώς και η ανάπτυξη όλων και περισσότερων βιομηχανιών επιφέρουν κινδύνους τόσο για το περιβάλλον όσο και στη δημόσια υγεία. Για τον λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση στις ποσότητες των υγρών αποβλήτων που προέρχονται είτε από βιομηχανίες (π.χ. πετρελαίου και φυσικού αερίου, γαλακτοβιομηχανίες, ελαιοτριβεία, παραγωγής ζύθου (μπύρας) είτε από τα αστικά απόβλητα (π.χ. οικιακά). Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι αρχίζει να δημιουργείται μια κοινή συνείδηση όσον αφορά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τα υγρά απόβλητα και την επεξεργασία νερού. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί την έρευνα και τη χάραξη μέτρων που αφορούν στην άμεση μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την επεξεργασία νερού και υγρών αποβλήτων κυρίως βιομηχανιών καθώς επίσης και αστικών λυμάτων.

Το νερό στη ζωή του ανθρώπου αποτελεί πολύ σημαντικό, όμως αυτό μπορεί να μετατραπεί σ' ένα τοξικό παράγοντα, με τον πιο γνωστό τη ρύπανση με οργανική ύλη που οδηγεί στην αποξυγόνωση του νερού. Αποτέλεσμα ενός τέτοιου φαινομένου είναι η εξαφάνιση των υδρόβιων οργανισμών. Τη μείωση της υδρόβιας ζωής επηρεάζει και η ρύπανση από αμμωνιακό που προέρχεται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Το φαινόμενο του ευτροφισμού είναι το πιο συχνό φαινόμενο που παρουσιάζεται στα νερά από ρύπανση ή μόλυνση τους. Γι' αυτό είναι πολύ σημαντική η γνώση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού.

Τα υγρά απόβλητα με τη σειρά τους περιέχουν και αυτά αρκετές ρυπαντικές ουσίες λόγω της μη σωστής εφαρμογής των σταδίων επεξεργασίας τους. Η λανθασμένη εξισορρόπηση παροχής στις βιομηχανίες επεξεργασίας αποβλήτων καθώς και η διεξαγωγή καθίζησης που στόχο έχει τη μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων οδηγούν στην αύξηση των ποσοτήτων των υγρών αποβλήτων. Σημαντικό είναι αυτό που προαναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ότι κάθε διεργασία που χρησιμοποιείται για επεξεργασία των αποβλήτων σε κάθε είδος βιομηχανίας ξεχωριστά είναι διαφορετικές με βάση τα πλεονεκτήματά τους. Για παράδειγμα το σημαντικότερο πλεονέκτημα σε όλες είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας των μεθόδων επεξεργασίας και το κυριότερο

μειονέκτημα τους είναι ο μεγάλος χρόνος που απαιτούν για τη διεκπεραίωση τους. Στην περίπτωση της οζόνωσης τα υγρά απόβλητα δεν χρειάζονται να προέρχονται από υπολείμματα χλωρίωσης γι' αυτό πραγματοποιείται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, σημαντική είναι η αναφορά σε παραδείγματα εφαρμογών των μεθόδων σε άλλες χώρες όπως και σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν για τον καθορισμό τους.

Έχει αποδειχθεί ότι κάθε βιομηχανία συμπεριφέρεται με διαφορετικό τρόπο. Στη βιομηχανία επεξεργασίας πετρελαίου, το πετρέλαιο είναι μείγμα οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Μέχρι τώρα δεν έχει βρεθεί κάτι για να το καθιστά επαναχρησιμοποιήσιμο προϊόν και απαλλαγμένο από τοξικά υποπροϊόντα, γι' αυτό συνεχίζονται οι έρευνες και οι μελέτες γύρω από αυτό. Στις γαλακτοβιομηχανίες το τυρόγαλο που προκύπτει θεωρείται ρύπος, αφού έχει αυξημένο ρυπαντικό φορτίο. Αποτέλεσμα της απόρριψη του είναι οι σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στους υδρόβιους ζωικούς οργανισμούς. Γι' αυτό απαιτείται η αποθήκευση τέτοιων αποβλήτων σε σηπτικές δεξαμενές και ακολούθως επεξεργασία τους για τη μείωση των επιβλαβών ουσιών. Οι πιο γνωστές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τέτοιους σκοπούς είναι η αερόβια ή αναερόβια επεξεργασία μέσα σε βιοαντιδραστήρες.

Στα ελαιοτριβεία η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων πολυαρωματικών ουσιών (π.χ. φαινόλες) σε συνδυασμό με υψηλές συγκεντρώσεις λιπαρών και πτητικών οξέων οδηγούν σε φυτοτοξικότητα. Επομένως, πρέπει τα απόβλητα να αποθηκεύονται μέσα σε δεξαμενές, όπου στεγανοποιούνται, με αποτέλεσμα το υγρό κλάσμα να εξατμίζεται. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής ήταν ότι απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις γης για την υλοποίησή της. Οι πιο γνωστές μέθοδοι και τεχνικές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων που έχουν εφαρμοστεί σε πολλές χώρες τα τελευταία χρόνια είναι φυσικοχημικές, βιολογικές, διαχωρισμός με μεμβράνες. Υψηλά ποσοστά αζώτου και φωσφόρου προκύπτουν από τη ζυθοποιία και περιέχονται στα υγρά απόβλητα. Αρκετές είναι οι μέθοδοι για απομάκρυνση τέτοιων ποσοτήτων και για μείωση του προβλήματος. Ο ενεργός άνθρακας είναι η πιο φθηνή λύση με εύκολη απομάκρυνση οργανικών ρυπαντών από τα λύματα όμως μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στη δημόσια υγεία.

Συμπερασματικά, αρκετές εναλλακτικές λύσεις έχουν προταθεί για την εξάλειψη των προβλημάτων. Παράλληλα, όμως απαιτείται άμεσα να εντοπιστούν

περαιτέρω εναλλακτικές λύσεις για αντιμετώπιση τους ούτως ώστε να προληφθεί η ρύπανση και η μόλυνση του περιβάλλοντος.

Στον πιο κάτω πίνακα αναγράφονται συγκεντρωμένες όλες οι μέθοδοι που αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία καθώς και σε ποιες βιομηχανίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί η καθεμιά.

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ - ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΥΘΟΥ (ΜΠΥΡΑΣ)	ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
Διαχείριση με μεμβράνες	✓	-	✓	✓	-
Σύστημα αερόβιας ενεργός ιλύος	-	✓	-	-	-
Αερόβια βιολογική επεξεργασία	-	✓	-	-	-
Εξατμισοδεξαμενές	✓	-	✓	-	-
Αερόβια ή αναερόβια συστήματα	-	✓	-	✓	-
Φυσικοχημικές μεθόδους	✓	✓	✓	-	-
Ενεργός Άνθρακας	-	-	-	✓	-
Βιολογική επεξεργασία	-	✓	-	-	✓
Σύστημα σηπτικών δεξαμενών	-	✓	-	-	✓
Συστήματα τεχνητών υγροτόπων	-	-	-	✓	✓

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Μ. Μήτρακας, 2001, «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού», ISBN 9789608050464, Εκδόσεις Τζίολα.
- 2) Τ. Αλμπάνης, 2009, «Ρύπανση και τεχνολογίες προστασίας περιβάλλοντος», ISBN 9789604182060, Εκδόσεις Τζίολα.
- 3) Ε. Νταρακάς, 2014, «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και Διεργασίες επεξεργασίας του νερού», «Διεργασίες Υγρών Αποβλήτων», Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- 4) Κ. Βουδουρής, «Ηλεκτρονικό μάθημα: Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος», Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- 5) Δ. Λαϊνά, 2015, «Αποσκλήρυνση Υπόγειων Νερών Με Χρήση Προσροφητικών Υλικών», Τμήμα Μηχανολογίας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.
- 6) Α. Κούγκολος, 2007, « Εισαγωγή στην περιβαλλοντική μηχανική», ISBN 9789604180776, Εκδόσεις Τζίολα.
- 7) Metcalf & Eddy, Inc., 2006, «Μηχανική υγρών αποβλήτων, Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση», 4^η έκδοση, ISBN 9604181084, Εκδόσεις Τζίολα.
- 8) Οδηγία 96/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21/5/91 για την Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων.
- 9) Οδηγία 86/278/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12/6/86 για τη χρησιμοποίηση της Ιλύος Καθαρισμού Λυμάτων στην Γεωργία.
- 10) Ν. Χουρδάκης, 2007, « Επεξεργασία αστικών αποβλήτων με κροκίδωση», Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος Χανίων.
- 11) Ανδρέας Θ. Δεληγιάννης, 2009, «Βιολογική επεξεργασία λυμάτων», University StudioPress, Θεσσαλονίκη.
- 12) Γεωλογική Υπηρεσία ΗΠΑ, Ο Υδρολογικός Κύκλος, USGS science for a changing world, μετάφραση Χρήστος Μακρόπουλος- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. <http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html> (Εικόνα 1)
- 13) Zaharaki D. and K., Komnitsas ,2009, « Existing and emerging technologies for the treatment of olive oil mill wastewaters», International Conference

- AMIREG 2009, « Towards sustainable development: Assessing the footprint of resource utilization and hazardous waste management» Athens, Greece, 7-9 September.
- 14) Paraskeva P. and E. Diamadopoulos, 2006, Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review, *J Chem Technol Biotechnol* 81, 1475-1485.
- 15) Γ. Λυμπεράτος 1998. Εισαγωγή στη Βιοχημική Μηχανική. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών.
- 16) Τμήμα Περιβάλλοντος Κύπρου, Έλεγχος Ρύπανσης, Διαχείριση Αποβλήτων Γαλακτοβιομηχανιών.
<http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/A5FC70466CB06E8C225794B004381FA?OpenDocument>
- 17) Κ. Καραδήμα, 2009, «Εκτίμηση της τοξικότητας διαφόρων σταδίων επεξεργασίας αποβλήτων τυροκομικών μονάδων με χρήση βιοδεικτών», Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας-Τομέας Βιολογίας Ζώων.
- 18) Adesoji T. Jaiyeola¹, Joseph K. Bwapwa¹, 2015, «Treatment technology for brewery wastewater in a water-scarce country: A review», ¹Department of Civil Engineering and Surveying, Mangosuthu University of Technology, Durban, South Africa.
- 19) Αλκηστη. Θ. Λέκκα, 2013 «Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων- Περιγραφή Και Λειτουργία Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων Ιωαννίνων», Τμήμα Μηχανολογίας, Τεχνολογικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.
- 20) Chatjipavlidis, M. Antonakou, D. Demou, F. Flouri, C. Balis, «Bio-fertilization of olive oil mills liquid wastes. The pilot plant in Messinia, Greece», 1996, Pages 183–187.
- 21) Ε. Ανυφαντάκης, 2004, «Τυροκομία: χημεία, φυσικοχημεία, μικροβιολογία», ISBN 9603515159, Εκδόσεις Σταμούλης.
- 22) Β. Μαργαρίτη, «Παραγωγή Ενέργειας Από Υγρά Απόβλητα Τυροκομείων», Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- 23) Burak Demirel, OrhanYenigun, TurgutT.Onay, ,2004, Anaerobic treatment of dairy wastewaters: areview, Institute of Environmental Sciences, Bogazici University, Istanbul,Turkey.

- 24) Fakhru'l-Razi Ahmaduna,b,*, Alireza Pendashteha, Luqman Chuah Abdullaha, Dayang Radiah Awang Biaka, Sayed Siavash Madaenic, Zurina Zainal Abidina, 2009, Review of technologies for oil and gas produced water treatment.
- 25) C. Israilides¹, A. Vlyssides², P. Galiatsatou³, D. Iconomou¹, D. Arapoglou¹, N.Christopoulou³ and M. Bocari¹, «METHODS OF INTEGRATED MANAGEMENT OF OLIVE OIL MILL WASTEWATER (OMW) IN THE FRAMEWORK OF THE EU ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARDS (EQS)».
- 26) Ε. Νταρακάς, 2006, «Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.