



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ & ΠΟΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΧΡΗΣΗ ΥΔΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΩΝ ΟΙΝΟΠΟΙΕΙΩΝ»**

ΣΥΓΓΡΑΦΗ: Μυτακίδου Αθηνά-Στεφανία

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. Παπακωνσταντίνου Σπύρος

Αιγάλεω 2021

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

**«ΧΡΗΣΗ ΥΔΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΩΝ ΟΙΝΟΠΟΙΕΙΩΝ»**

Μυτακίδου Αθηνά-Στεφανία

Τα μέλη της επιτροπής:

Παπακωνσταντίνου Σπύρος

Σεχάντε Αντνάν

Ταταρίδης Παναγιώτης

Αιγάλεω 2021

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μυτακίδου Αθηνά-Στεφανία με αριθμό μητρώου 131079 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου & Ποτών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου»

Η δηλούσα

Μυτακίδου Αθηνά Στεφανία

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα «Χρήση υδροβιότοπων στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων των οινοποιείων» πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας του τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, το έτος 2021.

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι το αποτέλεσμα μιας σειράς αλληλεπιδράσεων, που η κάθε μια τελικά έπαιξε πολύ σημαντικό ρόλο για την εκπόνησή της. Αξίζει λοιπόν να αφιερώσω τη συγκεκριμένη σελίδα, για να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με βοήθησαν.

Πρώτα από όλα, τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας, κύριο Σπύρο Παπακωνσταντίνου, για την αμέριστη υπομονή καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησής της, καθώς και για τις ουσιώδεις συμβουλές, τις εύστοχες διορθώσεις και παρατηρήσεις για την άριστη διεξαγωγή της.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους αυτούς τους αξιόλογους ανθρώπους και επαγγελματίες που συνάντησα στα χρόνια των σπουδών μου, τους καθηγητές μου.

Τέλος, τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στα αγαπημένα μου πρόσωπα, την οικογένεια μου, και ιδιαίτερα τους γονείς μου για την αμέριστη στήριξη, την αδιάκοπη παρουσία και τη συνεχή ενθάρρυνση, παρά τις όποιες δυσκολίες, χωρίς τους οποίους τίποτα από ότι έχω καταφέρει μέχρι σήμερα δεν θα ήταν πραγματικότητα.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----------|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ..... | iii |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 1 |
| Λέξεις κλειδιά: | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| Key Words: wine, vinification, waste, liquid waste, waste recovery | 2 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 3 |
| ΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΟΙΝΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ | 4 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΙΝΟΥ..... | 4 |
| 1.1.ΟΡΙΣΜΟΣ ΟΙΝΟΥ..... | 4 |
| 1.2.ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΟΙΝΩΝ | 4 |
| 1.3.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΟΙΝΟΥ | 5 |
| 1.4.ΠΗΓΕΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΟΥ..... | 9 |
| 1.5.ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ..... | 14 |
| • Αιωρούμενα Στερεά..... | 15 |
| • B.O.D..... | 16 |
| • Ολικός και διαλυμένος οργανικός άνθρακας | 17 |
| • Βιολογικός προσδιορισμός | 17 |
| • Παθογόνοι μικροοργανισμοί | 18 |
| ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ..... | 19 |
| • Άζωτο | 19 |
| • Φωσφόρος..... | 20 |
| • Νάτριο | 21 |
| • Κάλιο | 22 |
| ΡΥΠΟΙ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ..... | 22 |
| • Ανόργανα ιχνοστοιχεία | 22 |
| • Μέταλλα | 24 |
| • Χλωριούχα..... | 24 |
| • Βόριο | 24 |
| • Σελήνιο..... | 25 |
| • Αρσενικό | 26 |

| | |
|---|-----------|
| • Θείο | 27 |
| • Λίπη & Έλαια | 28 |
| 1.6.ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΙΝΟΠΟΙΕΙΩΝ..... | 28 |
| 1.6.1.ΠΟΙΟΤΙΚΑ & ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ..... | 33 |
| ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΦΑΣΕΩΝ | 33 |
| 1.6.2.ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ..... | 33 |
| 1.6.3.ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ..... | 34 |
| 1.6.4.ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ..... | 34 |
| 1.7. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ | 35 |
| 1.7.1. ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ..... | 35 |
| 1.7.2. ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ | 36 |
| 1.7.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 38 |
| ΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ & ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ..... | 41 |
| 2.1.ΤΥΠΟΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ..... | 41 |
| 2.1.1.ΒΡΑΔΕΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ..... | 42 |
| 2.1.2.ΤΑΧΕΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ | 42 |
| 2.1.3. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΡΟΗ | 43 |
| 2.2.ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ..... | 44 |
| 2.2.1.ΦΥΣΙΚΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ | 44 |
| 2.2.2.ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ | 44 |
| 2.2.3.ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ | 45 |
| 2.2.4.ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ..... | 45 |
| 2.3.ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥΣ..... | 46 |
| 2.4.ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΟΙΝΟΠΟΙΕΩΝ..... | 48 |
| 2.4.1.ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ..... | 49 |
| 2.4.2.ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΜΠΕΛΩΝΑ..... | 51 |
| 2.4.3.ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΔΑΦΗ | 53 |
| 2.5.ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ-ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ..... | 54 |
| • Περιβαλλοντικά οφέλη | 54 |
| • Οικονομικά οφέλη..... | 55 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 56 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 57 |

| | |
|----------------------|----|
| ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ..... | 57 |
| ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ..... | 58 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

| | |
|--|----|
| Figure 1 Διαγράμματα ροής παραγωγής λευκού και ερυθρού οίνου (Belitz, 2009) | 9 |
| Figure 2 Διάγραμμα παραγωγής οίνου και αποβλήτων στα εκάστοτε στάδια οινοποίησης (Oliveira Margarida, 2016) | 13 |
| Figure 3 Κατηγορίες επεξεργασίας και επιμέρους μέθοδοι για κάθε επιμέρους κατηγορία (Metcalf, Eddy et al, 2018) | 35 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας οίνου και παραγόμενων απόβλητων οινοποιείων (Γεωργακάκης, 2010) | 8 |
| Εικόνα 2. Μορφές αζώτου (Metcalf, Eddy et al, 2018)..... | 20 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|---|----|
| Πίνακας 1 Ταξινόμηση υγρών αποβλήτων σε φυσικό, χημικό και βιολογικό επίπεδο (Musee, 2004) | 11 |
| Πίνακας 2 Τυπικά χαρακτηριστικά λυμάτων οινοποιείων. Συγκεντρώσεις διαφόρων συστατικών (Musee, 2004)..... | 12 |
| Πίνακας 3 Επιμέρους συστατικά υγρών αποβλήτων (Metcalf, Eddy et al, 2018) | 14 |
| Πίνακας 4 Τυπικά χαρακτηριστικά μικροοργανισμών που απαντώνται σε υγρά απόβλητα (Metcalf, Eddy et al, 2018) | 19 |
| Πίνακας 5 Τυπικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων, χρήση και σημασία επιμέρους βαρέων μετάλλων (Metcalf, Eddy et al, 2018) | 23 |
| Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά των τελικών υγρών αποβλήτων που παράγονται από..... | 30 |
| Πίνακας 7 Η κατανομή της παραγωγής υγρών αποβλήτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Vlyssides et al, 2005)..... | 31 |
| Πίνακας 8 Παραγωγή αποβλήτων ανά επιμέρους στάδιο της παραγωγής οίνου (Vlyssides et al, 2005) | 32 |
| Πίνακας 9 Συγκέντρωση BOD ₅ ανά επιμέρους στάδιο της παραγωγής οίνου (Vlyssides et al, 2005) | 32 |
| Πίνακας 10 Συγκέντρωση COD ανά επιμέρους στάδιο της παραγωγής οίνου (Vlyssides et al, 2005) | 33 |
| Πίνακας 11 Μέθοδοι χημικής επεξεργασίας (Metcalf, Eddy et al, 2018) | 36 |
| Πίνακας 12 Μέθοδοι φυσικής επεξεργασίας (Metcalf, Eddy et al, 2018)..... | 36 |
| Πίνακας 13 Κύρια χαρακτηριστικά των αναερόβιων και αερόβιων μεθόδων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Jung, 2011) | 39 |
| Πίνακας 14 Σημαντικές διεργασίες βιολογικής επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων (Metcalf, Eddy et al, 2018)..... | 39 |
| Πίνακας 15 Τυπικά χαρακτηριστικά επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Tchobanoglous, 1997) 46 | |
| Πίνακας 16 Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Metcalf, Eddy et al, 2018)..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Πίνακας 17 Φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που απαιτούνται για την απομάκρυνση των συστατικών που εμπεριέχονται στα απόβλητα (Metcalf, Eddy et al, 2018) | 47 |
| Πίνακας 18 Ποσοστό διείσδυσης των υδάτων στα διάφορα εδάφη (Καραχάλιος, 2018)..... | 53 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εδαφική επέκταση των οινοποιητικών περιοχών σε γεωγραφικά μέρη πέραν του παραδοσιακού ευρωπαϊκού τόξου και η άνοδος των ποσοστών κατανάλωσης του οίνου στις αναπτυσσόμενες χώρες οδήγησε σε αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής οίνου και κατ' επέκταση και σε αύξηση των όγκων των αποβλήτων της οινοποιητικής διαδικασίας. Παρότι τα οινοποιεία δεν θεωρούνται ως ο πιο καθοριστικός δευτερογενής τομέας της βιομηχανικής ρύπανσης, ειδικά σε ζώνες που καλλιεργούνται οι άμπελοι και παράγεται ο οίνος, στις οποίες η συγκέντρωση των οινοποιητικών μονάδων είναι υψηλή, η μη εφαρμογή της νομοθεσίας και η ελλιπής επεξεργασία των υγρών αποβλήτων μπορεί να επιφέρει δυσμενείς συνέπειες στο περιβάλλον. Απόβλητα προκύπτουν σε όλα τα στάδια της οινοποιητικής διαδικασίας με κρισιμότερο το στάδιο όπου και παράγονται οι μεγαλύτερες ποσότητες με την υψηλότερη συγκέντρωση οργανικών ενώσεων καθώς και τη περίοδο του τρύγου. Τα υγρά απόβλητα των οινοποιείων αποτελούνται στην πλειονότητα από νερό και πιο συγκεκριμένα περίπου σε ποσοστό 78% είναι νερό, ενώ στο υπόλοιπο 22% περιλαμβάνονται τα οργανικά οξέα, τα σάκχαρα, οι αλκοόλες και οι υψηλού μοριακού βάρους πολυφαινόλες.

Τα δεδομένα ερευνών όσον αφορά τις ποσότητες αποβλήτων που παράγονται ποικίλουν αρκετά και κυμαίνονται από 1-7 λίτρα υγρών αποβλήτων για κάθε λίτρο οίνου που παράγεται. Παράλληλα σημαντική πληροφορία αποτελεί πως το 25-80% των ποσοτήτων των υγρών αποβλήτων παράγεται κατά την χρονική διάρκεια του τρύγου. Οι επιπτώσεις από την αλόγιστη απόθεση των αποβλήτων οίνου στο περιβάλλον επιφέρει μια σειρά δυσμενών επιπτώσεων. Οι επιπτώσεις αυτές οδήγησαν στην επιτακτική ανάγκη για τη θέσπιση της νομοθεσία όπως ο νόμος Κ.Δ.Π. 38/2007 για τη προστασία των υδάτων από την ρύπανση. Προκειμένου να μπορέσει να περιορισθεί και να ελεγχθεί η αλόγιστη απόθεση των αποβλήτων από τα οινοποιεία, υπάρχουν διαθέσιμες τεχνικές επεξεργασίας αυτών με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους. Μια από τις πιο διαδεδομένες εξ' αυτών είναι η επαναχρησιμοποίησή τους ως μέσο άρδευσης στον αμπελώνα.

Λέξεις κλειδιά: οίνος, οινοποίηση, απόβλητα, υγρά απόβλητα, αξιοποίηση αποβλήτων

ABSTRACT

The territorial expansion of wine regions in geographical areas beyond the traditional European arc and the increase in wine consumption rates in developing countries have led to an increase in world wine production and consequently to an increase in the volume of waste from the winemaking process. Although wineries are not considered to be the most crucial secondary sector of industrial pollution, especially in areas where vines are grown and wine is produced, where the concentration of wineries is high, non-enforcement and inadequate wastewater treatment may adversely effects on the environment. Waste occurs at all stages of the winemaking process, with the most critical stage being the one where the largest quantities are produced with the highest concentration of organic compounds as well as the harvest period. The liquid waste of wineries consists mostly of water and more specifically about 78% is water, while the remaining 22% includes organic acids, sugars, alcohols and high molecular weight polyphenols.

Survey data regarding the quantities of waste produced vary considerably and range from 1-7 liters of liquid waste for each liter of wine produced. At the same time, important information is that 25-80% of the quantities of liquid waste are produced during the harvest. The effects of the reckless dumping of wine waste on the environment have a number of adverse effects. These effects led to the urgent need to enact legislation such as the KDP law. 38/2007 on the protection of water against pollution. In order to be able to reduce and control the reckless disposal of waste from wineries, there are techniques available for their treatment in order to reuse them. One of the most common of these is their reuse as a means of irrigation in the vineyard.

Key Words: wine, vinification, waste, liquid waste, waste recovery

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο οίνος στον Ελλαδικό χώρο διανύει μία μακρόχρονη πορεία, όπου βασικό στοιχείο της αποδοχής του ακόμη και από τα παλαιότερα χρόνια, πέραν των επιθυμητών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του, είναι τα γνωστά οφέλη του στην ανθρώπινη υγεία. Τα πρώτα επίσημα στοιχεία παραγωγής και κατανάλωσης οίνου χρονολογούνται περίπου το 2.000 π.Χ. μέσω ευρημάτων που ανασκάφηκαν στην Κρήτη (Cobbold Durand-Viel et al, 2018). Ενώ, η κύρια χρήση του ως φάρμακο, επιβεβαιώνεται από χημικά στοιχεία που εντοπίστηκαν σε αγγεία από τον τάφο των 5.000 ετών του Φαραώ (Borrell, 2009). Πέραν όμως κυρίως της ευεργετικής επίδρασης των φαινολικών συστατικών στην ανθρώπινη υγεία, έχει πλέον διαμορφωθεί μία εναλλακτική μορφή αγροτουρισμού, ο οινοτουρισμός, ο οποίος συμβάλλει καθοριστικά στην οικονομία των περιοχών που αναπτύσσεται. Κάποια ακόμη σημαντικά στοιχεία είναι ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ο παγκόσμιος ηγέτης στην παραγωγή οίνου, ενώ πιο συγκεκριμένα η Ελλάδα κατέχει την έβδομη θέση όσον αφορά τους παραγόμενους όγκους (περίπου 2 τοις εκατό της συνολικής παραγωγής) (Vlachos, 2017). Άμεση συνέπεια της ανοδικής τάσης είναι και η αύξηση των αποβλήτων του οίνου με ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον για τα υγρά απόβλητα που θα αναλυθούν εκτενώς.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΟΙΝΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΙΝΟΥ

1.1.ΟΡΙΣΜΟΣ ΟΙΝΟΥ

Ως οίνος χαρακτηρίζεται το προϊόν που παράγεται αποκλειστικά με αλκοολική ζύμωση, ολική ή μερική, νωπών σταφυλιών, που έχουν σπασθεί ή όχι, ή γλεύκους σταφυλής. Σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία (ΕΚ)1601/1991 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως σύνθετος όρος σε προϊόντα που το κύριο συστατικό δεν είναι τα σταφύλια. Αυτό όμως σημαίνει ότι δεν περιλαμβάνεται στον βασικό ορισμό του οίνου (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2020).

1.2.ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΟΙΝΩΝ

Κύρια κριτήρια κατάταξης των επιμέρους παραγόμενων κρασιών είναι το χρώμα τους, η περιεκτικότητα σε αλκοόλ, αν υπέστη το προϊόν ή όχι δευτερεύουσα ζύμωση καθώς και σύμφωνα με τον τύπο σταφυλιού από τον οποίο έχουν παραχθεί. Με κριτήριο το χρώμα τα κρασιά χαρακτηρίζονται ως λευκά, κόκκινα ή ροζ. Κρασιά που περιέχουν ποσοστό 7-14% αιθανόλη περιγράφονται ως επιτραπέζιοι οίνοι, ενώ το ποσοστό μεγαλύτερο από το 14% αιθανόλης χαρακτηρίζει τα ενισχυμένα κρασιά. Τα κρασιά επιπλέον, χαρακτηρίζονται ως ξηρά, ημίξηρα, ημίγλυκα και γλυκά. Ακόμα κρασιά που υπέστη δευτερεύουσα ζύμωση στη φιάλη ή σε δεξαμενή για την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα υπό πίεση ονομάζονται «αφρώδεις οίνοι». Εκτός των Ηνωμένων Πολιτειών, ο όρος «σαμπάνια» προορίζεται νόμιμα για χρήση μόνο σε αφρώδη κρασιά που παρασκευάζονται στην περιοχή της Καμπανίας της Γαλλίας. Τέλος, τα κρασιά χαρακτηρίζονται επίσης, κατά καιρούς, από τον τύπο του σταφυλιού από τον οποίο έχουν παραχθεί. Υπάρχουν χιλιάδες ποικιλίες ειδών *Vitis*. Το κλίμα και το έδαφος στο οποίο η ποικιλία σταφυλιών μεγαλώνει, όπως και το συγκεκριμένο αναπτυσσόμενο έτος μπορεί να έχει έντονη επίδραση στη γεύση του προκύπτοντος οίνου (Steinkraus, 2009).

1.3.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΟΙΝΟΥ

Η παραγωγή ενός καλού και ποιοτικού κρασιού ξεκινά όπως κάθε τελικό ποιοτικό προϊόν από μία υψηλής ποιότητας πρώτη ύλη. Η υψηλή ποιότητα του οίνου για να επιτευχθεί εξαρτάται από κάποιους κύριους παράγοντες: τη ποικιλία, την αμπελοκομική τεχνική που εφαρμόζεται και το αμπελουργικό περιβάλλον (ΜΠΙΝΙΑΡΗ ΚΑΤΕΡΙΝΑ). Στη συνέχεια θα γίνει λεπτομερής ανάλυση για το πως επηρεάζει ο κάθε παράγοντας την πρώτη ύλη της αμπέλου. Αφού λοιπόν γίνει η συγκομιδή, ως πρώτο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας του οίνου, ακολουθούν επόμενα στάδια με τελικό στάδιο την παλαίωση. Αναλυτικότερα,

- **ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ**

Τα σταφύλια πρέπει να συλλέγονται όταν βρίσκονται στην κορύφωση της ωριμότητας τους και όταν πλέον έχουν αποκτήσει την επιθυμητή γεύση με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και την επιθυμητή οξύτητα. Εν συνεχεία, πρέπει όσο το δυνατόν πιο άθικτα να υποβάλλονται σε επεξεργασία γρήγορα.

- **ΑΠΟΒΟΣΤΡΥΧΩΣΗ Ή ΜΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗ**

Για τη παραγωγή λευκών κρασιών, οι φλοιοί των ραγών και τα γίγαρτα αφαιρούνται και τα σταφύλια συνθλίβονται. Αντίθετα, οι φλοιοί των ραγών παραμένουν για τη παραγωγή κόκκινων οίνων. Σαυτό το στάδιο κάποιες φορές γίνεται προσθήκη θειωδών ουσιών με σκοπό να ανασταλεί η οξειδωση και η ανάπτυξη της φυσικής μικροβιακής χλωρίδας (Figure 1.). Η συμπίεση είναι ο διαχωρισμός του χυμού από τους φλοιούς των ραγών, τους σπόρους και την πούλπα. Η πηκτινάση μπορεί να προστεθεί για να διευκολύνει την εκχύλιση του χυμού. Ο ελεύθερος χυμός, ο χυμός που τρέχει από την πρέσα πριν ασκηθεί πίεση, θεωρείται ο καλύτερος για τα κρασιά υψηλής ποιότητας.

- **ΖΥΜΩΣΗ**

Ακολουθεί η ζύμωση, η οποία μπορεί να προχωρήσει είτε μέσω της δράσης της φυσικής ζύμης είτε μέσω εμβολιασμού μιας επιλεγμένης καλλιέργειας καθαρής ζύμης. Σύμφωνα με τις συνθήκες κατά τη ζύμωση, η θερμοκρασία πρέπει να ρυθμίζεται μεταξύ 10-15°C για τα λευκά κρασιά και ελαφρώς υψηλότερη για τα κόκκινα κρασιά έως περίπου 30°C.

Όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία τόσο ταχύτερα πραγματοποιείται η ζύμωση. Παρ' όλα αυτά, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες ζύμωσης θεωρείται ότι οδηγούν σε κρασιά υψηλότερης ποιότητας, επειδή χάνεται λιγότερο πτητικό άρωμα. Καθώς εξελίσσεται η ζύμωση, οι ζυμομύκητες μέσω του μεταβολισμού τους παράγουν θερμότητα και η θερμοκρασία του γλεύκους τείνει να αυξάνεται. Εάν δεν ελεγχθεί, η θερμοκρασία μπορεί να φθάσει σε ένα επίπεδο στο οποίο να θανατωθούν τα κύτταρα ζύμης ή ακόμη η παραγόμενη αιθανόλη να δρα ανασταλτικά. Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα του χυμού πρέπει να είναι επαρκής για να δώσει ένα κρασί με την επιθυμητή περιεκτικότητα σε αλκοόλ. Αυτό απαιτεί περιεκτικότητα σε σάκχαρα περίπου 13% w/v για να δώσει 7% v/v αλκοολούχο οίνο ή περίπου 22% για να αποδώσει αλκοόλη 12% v/v. Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα του χυμού μπορεί να αυξηθεί πριν ή κατά τη διάρκεια της ζύμωσης για να ρυθμιστεί η τελική περιεκτικότητα σε αιθανόλη. Παράλληλα, μπορεί να γίνει προσθήκη νερού για να μειώσει την οξύτητα όπου αυτό είναι συμβατό με την εκάστοτε νομοθεσία. Ένα βάρος αερίου διοξειδίου του άνθρακα σχεδόν ισοδύναμο με το βάρος της παραγόμενης αιθανόλης απελευθερώνεται κατά τη ζύμωση. Αυτό προκαλεί τη ζύμωση να «βράσει» κατά τις πιο ενεργές φάσεις της. Η ζύμωση σταματά σταδιακά καθώς καταναλώνονται τα ζυμούμενα σάκχαρα. Τελικά, ο διαχωρισμός της πούλπας επιτυγχάνεται με την αποστράγγιση και τη πίεση του γλεύκους. Για τα λευκά κρασιά, η πούλπα έχει ήδη αφαιρεθεί κατά τη συμπίεση πριν από τη ζύμωση.

- **ΜΕΤΑΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΨΥΧΡΗ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ**

Καθώς η διαδικασία της ζύμωσης ολοκληρώνεται, τα κύτταρα ζύμης τείνουν να καθιζάνουν. Το κρασί λοιπόν μπορεί να μεταγγιστεί ή να σιφονιστεί (ράφι) έως ότου να διαχωριστούν τα περισσότερα ή όλα τα κύτταρα ζύμης, οι οινολάσπες, οι τρυγικοί κρύσταλλοι και όλες οι υπόλοιπες αδιάλυτες ουσίες από το κρασί. Αυτό μπορεί να συνδυαστεί με ψυχρή σταθεροποίηση, η οποία επιτυγχάνεται με την αποθήκευση του κρασιού στους περίπου 2°C. Η ψυχρή σταθεροποίηση απομακρύνει την περίσσεια τρυγικών και άλλων υλικών που μπορεί να προκαλέσουν θολότητα στη φιάλη σε μεταγενέστερο στάδιο.

- **ΔΙΑΥΓΑΝΣΗ**

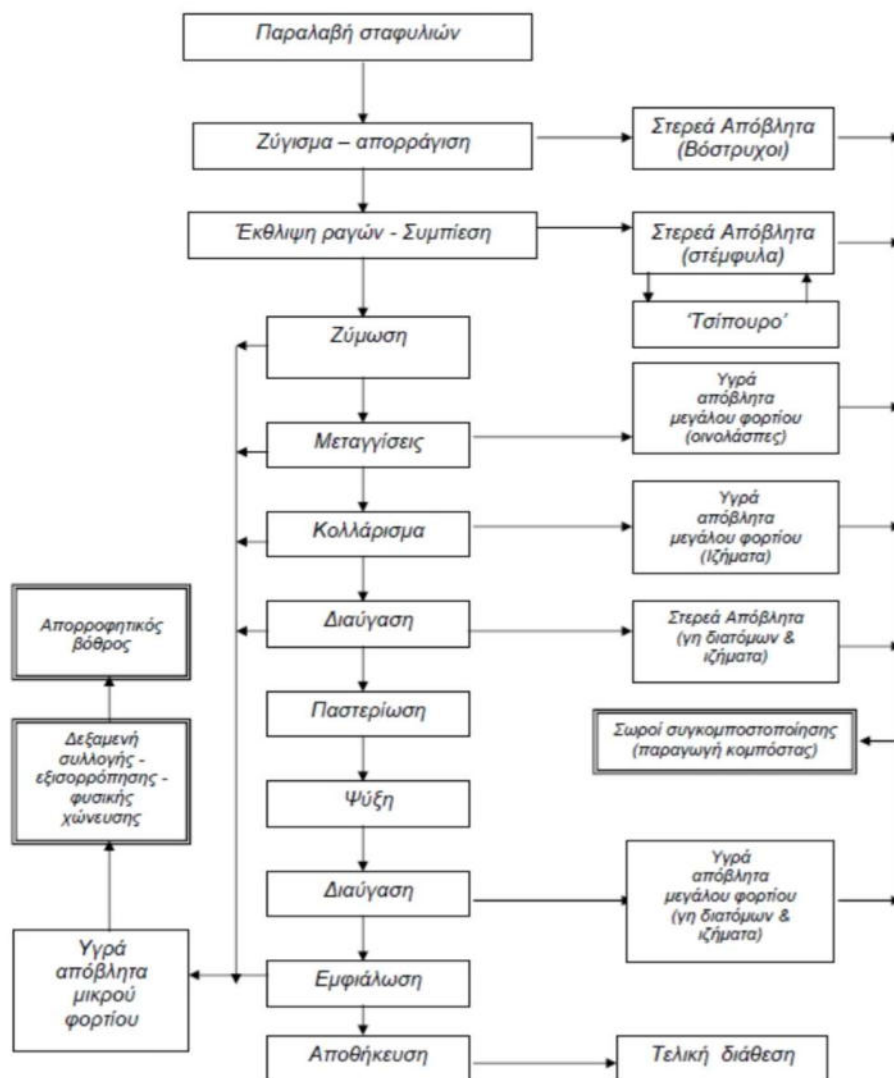
Οι περισσότεροι καταναλωτές κρασιού προτιμούν ένα διαυγές κρασί χωρίς θολερότητα ή ιζήματα. Για να επιτευχθεί αυτό υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες όπως η προσθήκη ζελατίνης ή ασπράδι αυγού. Αυτά τα συστατικά συνδυάζονται με ταννίνες και σχηματίζουν ένα λεπτό ίζημα που αφαιρεί μερικά από τα υλικά που μπορεί να προκαλέσουν θολερότητα. Τα λευκά κρασιά ενδέχεται να μην περιέχουν επαρκή τανίνη. Σε αυτήν την περίπτωση, μπορεί να είναι απαραίτητη κάποια προστιθέμενη τανίνη επαρκής για να αντιδράσει με την προστιθέμενη πρωτεΐνη για την παραγωγή του ιζήματος και τη σταθεροποίηση του κρασιού. Ο μπεντονίτης, ένας άργιλος, χρησιμοποιείται επίσης ευρέως για διαύγανση. Η ανταλλαγή ιόντων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αλλαγή του καλίου σε τρυγικό νάτριο, αυξάνοντας έτσι τη διαλυτότητα και μειώνοντας την πιθανότητα καθίζησης αργότερα.

- **ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ**

Για την εμφιάλωση συνήθως επιλέγονται φιάλες σκούρου χρώματος για να μειώσουν τις επιβλαβείς επιπτώσεις στην ποιότητα που μπορεί να προκληθεί από το φως του ήλιου. Επιπρόσθετα, σ' αυτό το στάδιο μπορούν να προστεθούν μικρές ποσότητες θειώδους για την αναστολή της οξειδωσης είτε και να εμπλουτιστούν με αιθανόλη (18-20%) ή τα κρασιά μπορεί να παστεριωθούν ή να αποστειρωθούν (για κρασιά υψηλής ποιότητας) για αποφυγή μικροβιακής ανάπτυξης.

- **ΠΑΛΑΙΩΣΗ**

Η παλαίωση πραγματοποιείται σε δεξαμενές, σε βαρέλια ή σε φιάλες. Η γεύση μπορεί να βελτιωθεί μέσω αντιδράσεων εστεροποίησης στις οποίες μικρές ποσότητες αιθανόλης συνδυάζονται με οργανικά οξέα στο κρασί. Η παλαίωση βελτιώνει ορισμένα κρασιά, αλλά έχει μικρή επίδραση σε άλλα. Ο μεγάλος εχθρός της σταθερότητας στο κρασί είναι το οξυγόνο και η οξειδωση. Τα βαρέλια, οι δεξαμενές ή τα μπουκάλια που κρατούν το κρασί πρέπει να διατηρούνται χωρίς οξυγόνο. Αυτό γίνεται κυρίως διατηρώντας τα δοχεία γεμάτα ή αντικαθιστώντας την ατμόσφαιρα στο δοχείο με άζωτο ή διοξείδιο του άνθρακα. Ο χρόνος παλαίωσης καθορίζεται από το εκάστοτε κρασί (Steinkraus, 2009).



Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας οίνου και παραγόμενων απόβλητων οινοποιείων (Γεωργακάκης, 2010)

Παρατηρείται μια ειδοποιός διαφορά μεταξύ παραγωγής κόκκινου και λευκού οίνου. Πιο συγκεκριμένα,

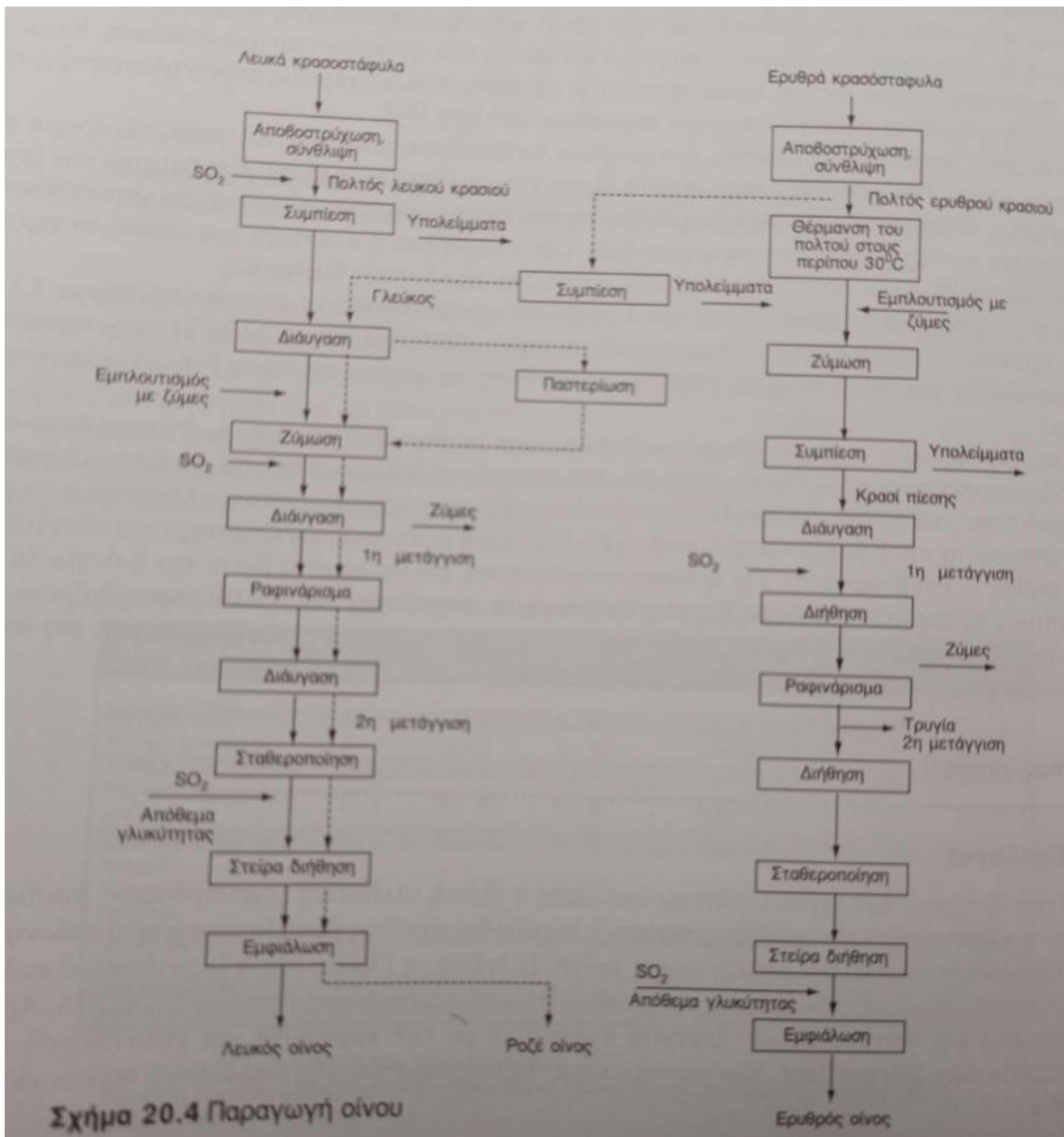


Figure 1 Διαγράμματα ροής παραγωγής λευκού και ερυθρού οίνου (Belitz, 2009)

1.4. ΠΗΓΕΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΟΥ

Προκειμένου να ληφθούν προληπτικά μέτρα για τη μείωση των αποβλήτων, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τα χαρακτηριστικά των παραγόμενων ροών αποβλήτων. Αναλυτικά, οι χαρακτηρισμοί των υγρών αποβλήτων σε φυσικό, χημικό και βιολογικό επίπεδο, τα οποία παράγονται από μια τυπική επιχείρηση οινοποίησης παρουσιάζονται

στον (Πίνακα 1.). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα παραγόμενα λύματα χαρακτηρίζονται από μεταβλητούς ρυθμούς ροής που εξαρτώνται από την εποχή και κυρίως από την ένταση. Για παράδειγμα, με βάση μελέτες σχετικά με τον χαρακτηρισμό των λυμάτων του κρασιού από διαφορετικές οινοποιητικές περιοχές παγκοσμίως υπάρχουν ενδείξεις υψηλού περιεχομένου οργανικής ύλης (Musee, 2004). Τυπικά χαρακτηριστικά εκροής από ένα οινοποιείο για ορισμένες από τις μετρούμενες παραμέτρους απεικονίζονται στον (Πίνακα 2.).

Αναλυτικότερα οι κυριότερες πηγές υγρών αποβλήτων ανά στάδιο παραγωγής του οίνου είναι οι εξής:

- Παραλαβή πρώτων υλών (πραγματοποιείται από αρχές Αυγούστου μέχρι αρχές Οκτώβρη ανάλογα την περιοχή)
Κατά τη παραλαβή των αμπέλων, προκύπτουν απόβλητα από το πλύσιμο του εξοπλισμού καθώς και από τις διαρροές της σταφυλομάζας.
- Πίεση των στέμφυλων. Από αυτή τη διαδικασία παράγονται και προκύπτουν δύο μέρη το γλεύκος και τα στέμφυλα. Η αναλογία είναι περίπου 80 L γλεύκους ανά 100 kg σταφυλιών. Τα παραγόμενα απόβλητα προκύπτουν όπως και στο πρώτο στάδιο από το πλύσιμο των μηχανημάτων και του εξοπλισμού καθώς και από τις φύρες.
- Κατά την ζύμωση δεν παράγονται υγρά απόβλητα.
- Απολάσπωση:
Αφότου ολοκληρωθεί η διαδικασία της ζύμωσης προκύπτουν δύο μέρη οι οινολάσπες και ο υπερκείμενος οίνος. Οι οινολάσπες εντοπίζονται σε συγκέντρωση 5% v/v. Τα παραγόμενα απόβλητα προκύπτουν όπως και στο πρώτο στάδιο από το πλύσιμο των μηχανημάτων και του εξοπλισμού καθώς και από τις φύρες.
- Κατεργασίες σταθεροποίησης και ωρίμανση του οίνου: Διαρκεί προσεγγιστικά 15 ημέρες για κάθε μία δεξαμενή. Σε αυτό το στάδιο, δεν παράγονται απόβλητα.
- Διήθηση: Ο οίνος που παράγεται φιλτράρεται με τη χρήση φίλτρων και μεταγγίζεται. Η διήθηση εφαρμόζεται περίπου στις αρχές Δεκεμβρίου ανάλογα την περιοχή. Τα παραγόμενα απόβλητα προκύπτουν όπως και στο πρώτο στάδιο από το πλύσιμο των μηχανημάτων και του εξοπλισμού καθώς και από τις φύρες.

- Εμφιάλωση – μεταφορά: Τα παραγόμενα απόβλητα προκύπτουν όπως και στο πρώτο στάδιο από το πλύσιμο των μηχανημάτων και του εξοπλισμού καθώς και από τις φύρες.

Από το σύνολο των διαδικασιών, αυτές που λαμβάνουν χώρα κατά την περίοδο του τρύγου επιφέρουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αποβλήτων και έπεται το φιλτράρισμα (Figure 2.) (Vlyssides et al, 2005)

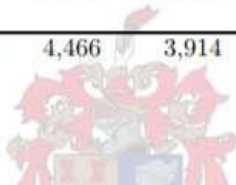
Πίνακας 1 Ταξινόμηση υγρών αποβλήτων σε φυσικό, χημικό και βιολογικό επίπεδο (Musee, 2004)

| Physical | Chemical | Biological |
|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Temperature | <i>Organic</i> | <i>Algae</i> |
| Odor | Proteins | Molds |
| Color | Carbohydrates | Protozoa |
| Suspended solids | Phenols | Fungi |
| | Fats, oils | <i>Pathogenic organisms</i> |
| | Volatile organic compounds | Viruses |
| | <i>Inorganic</i> | Bacteria |
| | Alkalinity | Helmiths |
| | pH | |
| | Oxygen | |
| | Sodium | |
| | Magnesium | |
| | Calcium | |
| | Potassium | |
| | Phosphate | |
| | Electrical Conductivity | |

Πίνακας 2 Τυπικά χαρακτηριστικά λυμάτων οινοποιείων. Συγκεντρώσεις διαφόρων συστατικών (Musee, 2004)

| No. | pH | C ^a (mS/m) | COD (mg/l) | TDS (mg/l) | TSS (mg/l) | K (mg/l) | Na (mg/l) | Mg (mg/l) | Ca (mg/l) |
|-------------------|------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 1. | 3.58 | 55.70 | 2,975 | 1,800 | 3,148 | 174.54 | 3.77 | 1.56 | 4.22 |
| 2. | 3.55 | 56.40 | 4,085 | 1,588 | 14,164 | 143.77 | 3.95 | 1.86 | 3.55 |
| 3. | 3.62 | 50.20 | 1,970 | 884 | 8,292 | 77.48 | 3.48 | 0.09 | 1.91 |
| 4. | 3.66 | 30.00 | 980 | 524 | 444 | 34.19 | 2.46 | 0.00 | 0.51 |
| 5. | 3.72 | 20.20 | 2,720 | 1,132 | 588 | 126.26 | 3.78 | 0.90 | 2.85 |
| 6. | 3.80 | 314.00 | 189,000 | 37,224 | 15,776 | 11.92 | 0.00 | 16.78 | 4.58 |
| 7. | 3.49 | 36.40 | 3,180 | 724 | 300 | 966.29 | 20.96 | 52.45 | 41.83 |
| 8. | 3.89 | 119.90 | 18,800 | 3,592 | 1,952 | 0.00 | 3.52 | 0.00 | 0.36 |
| 9. | 3.91 | 91.90 | 13,800 | 2,740 | 1,592 | 532.00 | 7.76 | 7.16 | 8.39 |
| 10. | 3.95 | 98.10 | 14,800 | 3,444 | 1,868 | 365.36 | 6.62 | 4.48 | 6.28 |
| 11. | 4.01 | 57.70 | 9,100 | 1,640 | 964 | 240.39 | 4.55 | 2.85 | 4.49 |
| 12. | 4.08 | 20.40 | 3,200 | 640 | 600 | 14.22 | 4.08 | 1.02 | 2.89 |
| 13. | 3.97 | 83.20 | 11,900 | 2,064 | 1,192 | 47.60 | 3.68 | 0.00 | 1.28 |
| Avg. value | 3.79 | 79.55 | 21,270 | 4,466 | 3,914 | 220.23 | 5.28 | 6.86 | 6.40 |

^aC: Conductivity



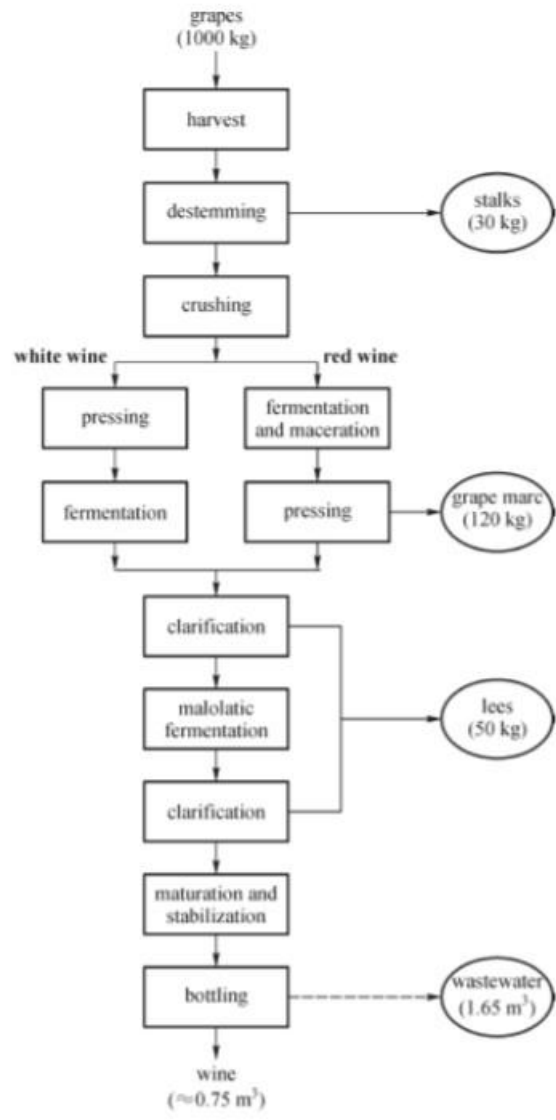


Figure 2 Διάγραμμα παραγωγής οίνου και αποβλήτων στα εκάστοτε στάδια οινοποίησης (Oliveira Margarida, 2016)

1.5.ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η παρούσα ενότητα αφιερώνεται στην ανάλυση των επιμέρους συστατικών των υγρών αποβλήτων (Πίνακας 3.). Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στα Συστήματα Εδαφικής Διάθεσης-Επεξεργασίας διενεργείται με φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον «έδαφος - υγρό απόβλητο - φυτό». Ευρύτερα, τα συστήματα αυτά είναι ικανά για απομάκρυνση όλων των κύριων και δευτερευόντων ρυπαντικών συστατικών των υγρών αποβλήτων. Απαραίτητη καθίσταται λοιπόν σε αυτό το στάδιο η κατανόηση των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στις ρυπαντικές παραμέτρους των υγρών αποβλήτων και το σύστημα εδαφικής επεξεργασίας. Συνεπώς, τα συστατικά των υγρών αποβλήτων που πρέπει να λαμβάνουμε υπόψιν μας, για την επεξεργασία τους είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 3 Επιμέρους συστατικά υγρών αποβλήτων (Metcalf, Eddy et al, 2018)

| Συστατικό | Εξήγηση της σημασίας |
|---------------------------------|--|
| Αιωρούμενα στερεά | Τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη συσσωματωμάτων ιλύος, καθώς και στη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών, όταν τα ανεπεξέργαστα απόβλητα διατίθενται σε υδάτινο περιβάλλον. |
| Βιοαποικοδομήσιμα οργανικά | Αποτελούμενα κυρίως από πρωτεΐνες, υδρογονάνθρακες και λίπη, τα βιοαποικοδομήσιμα οργανικά συστατικά μετρώνται συνήθως με όρους BOD (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο) και COD (χημικά απαιτούμενο οξυγόνο). Εάν διατεθούν στο περιβάλλον χωρίς προηγουμένη επεξεργασία, η βιολογική αποικοδόμηση τους μπορεί να οδηγήσει στην ελάττωση των φυσικών πηγών οξυγόνου και στην ανάπτυξη σηπτικών συνθηκών. |
| Παθογόνοι παράγοντες | Μεταδοτικές ασθένειες μπορούν να μεταδοθούν από παθογόνους οργανισμούς που μπορεί να υπάρχουν στα απόβλητα. |
| Θρεπτικά συστατικά | Τόσο το άζωτο, όσο και ο φώσφορος, σε συνδυασμό με τον άνθρακα, είναι τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη. Όταν διατίθενται σε υδάτινο περιβάλλον, αυτά τα θρεπτικά μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη ανεπιθύμητης υδροχαρούς βλάστησης. Όταν διατίθενται σε μεγάλες ποσότητες στο έδαφος, μπορούν επίσης να οδηγήσουν στη ρύπανση των υπόγειων νερών. |
| Ρύποι προτεραιότητας | Οργανικά και ανόργανα συστατικά, των οποίων είναι γνωστή ή πιθανολογούμενη η ικανότητα καρκινογένεσης, τερατογένεσης, ή μεταλλαξιογόνος ικανότητα, καθώς και η υψηλή οξεία τοξικότητα. Πολλά από αυτά τα συστατικά βρίσκονται μέσα στα υγρά απόβλητα. |
| Δύσκολα αποικοδομήσιμα οργανικά | Αυτά τα οργανικά συστατικά τείνουν να αντιστέκονται στις τυπικές μεθόδους επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν τα απορρυπαντικά, οι φαινόλες και τα φυτοφάρμακα. |
| Βαρέα μέταλλα | Βαρέα μέταλλα προστίθενται συνήθως στα υγρά απόβλητα από εμπορικές ή βιομηχανικές δραστηριότητες και θα πρέπει να απομακρύνονται, εάν τα επεξεργασμένα απόβλητα θα επαναχρησιμοποιηθούν. Ανόργανα συστατικά, όπως το ασβέστιο, το νάτριο και οι θειικές ρίζες προστίθενται στο πόσιμο νερό και μπορεί να χρειάζεται να απομακρυνθούν, εάν τα επεξεργασμένα απόβλητα πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν. |
| Διαλυμένα ανόργανα συστατικά | |

- Αιωρούμενα Στερεά

Η μικροβιακή αποσύνθεση του οργανικού C και η κινητικότητα διαφόρων ενώσεων άνθρακα (C) δημιουργούν χωρικές και χρονικές κατανομές του C εντός των προφίλ του εδάφους που επηρεάζουν την παραγωγή των καλλιεργειών, την επεξεργασία αποβλήτων, τη προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και τη φυσική, τη χημική και τη βιολογική συμπεριφορά του εδάφους. Η αποσύνθεση ενός οργανικού υλικού εξαρτάται κυρίως από τη σύνθεση και το μοριακό του βάρος. Ουσίες με χαμηλό μοριακό βάρος ή διαλυτές ουσίες άνθρακα χρησιμοποιούνται ως πηγή ενέργειας από τη μικροχλωρίδα και οξειδώνονται σε CO₂, μέσω ενδοκυτταρικών ενζύμων ή ενσωματώνονται προσωρινά σε κυτταρικό υλικό. Ο ρυθμός της οργανικής αποσύνθεσης του άνθρακα πρέπει να περιγραφεί σε δύο ή πιθανώς σε τρία στάδια. Οι πρώτες δύο φάσεις αντιπροσωπεύουν την ταχεία ανοργανοποίηση του ενεργού οργανικού και η τρίτη φάση αντιπροσωπεύει την αποσύνθεση της σταθερής κατάστασης του C στο σύστημα του εδάφους. Οι διαδικασίες έχουν περιγραφεί ότι υπακούουν στην κινητική πρώτης τάξης (ταχύτητα αντίδρασης). Οι τεχνικές αναμίξιμης μετατόπισης απέκτησαν ευρεία αποδοχή από τους επιστήμονες που μελετούν την κινητικότητα του εδάφους. Έκτοτε, έχουν εφαρμοστεί πολλά πειράματα για τη μελέτη της επίδρασης των φυσικοχημικών ιδιοτήτων στο εδάφος κατά τη μεταφορά και τους μετασχηματισμούς διαφόρων διαλυμάτων υπό διαφορετικές συνθήκες. Αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν για την ερμηνεία πειραματικών δεδομένων. Στα συστήματα Επιφανειακής Ροής, τα οποία αντικατοπτρίζουν την πορεία των υγρών αποβλήτων προς το έδαφος, τα αιωρούμενα στερεά αποβάλλονται μερικώς είτε με καθίζηση, η οποία ευνοείται από τις μικρές ταχύτητες ροής και το μικρό βάθος νερού είτε μερικώς με διήθηση διαμέσου της φυτικής βλάστησης. Παρότι στα συστήματα Βραδείας Εφαρμογής και Ταχείας Διήθησης, η ροή των υγρών αποβλήτων εξελίσσεται υπό την επιφάνεια, τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται κυρίως μέσω της διήθησής τους στο έδαφος (Angelakis & Rolston, 1985).

- B.O.D.

Το βιοχημικό απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα κριτήρια για την αξιολόγηση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων. Ο Δείκτης αυτός παρέχει πληροφορίες σχετικά για το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα του οργανικού φορτίου στο νερό ή σε κάθε υγρό διάλυμα (Jouanneau et al, 2014). Ένα απόβλητο με ένα υψηλό BOD μπορεί να είναι επιβλαβές για ένα ρεύμα εάν η κατανάλωση οξυγόνου είναι μεγάλη αρκετά για να προκαλέσει αναερόβιες καταστάσεις (Peirce, J. & Jeffrey, 1998). Το πλήθος των συστημάτων που επεξεργάζονται τα εδάφη είναι πολύ ικανά στην απομάκρυνση αυτών των ουσιών, μέσω βιολογικής αποδόμησης, με ταυτόχρονη διήθηση και προσρόφηση. Οι μικροοργανισμοί που διενεργούν την αποδόμηση, αναπτύσσονται σε γλοιώδεις επιφάνειες ή μεμβράνες στην επιφάνεια των εδαφικών σωματιδίων και της φυτικής βλάστησης και αναπτύσσονται υπό αερόβιες συνθήκες. Ευρύτερα, τα συστήματα εδαφικής επεξεργασίας σχεδιάζονται και λειτουργούν υπό αερόβιες συνθήκες, με σκοπό να ευνοούνται οι συνθήκες της αποδόμησης, οι οποίες πραγματοποιούνται με τη βοήθεια των αερόβιων μικροοργανισμών, των οποίων η αποδόμηση είναι πιο ταχεία και ολοκληρωμένη διεργασία, σε σχέση με την αναερόβια.

Η ζωή του εδάφους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές φυσικές διεργασίες που καθορίζουν τη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και νερού για τη γεωργική παραγωγικότητα. Οι κύριες δραστηριότητες όλων των ζωντανών οργανισμών είναι πως αναπτύσσονται και αναπαράγονται, ενώ τα υποπροϊόντα από αναπτυσσόμενες ρίζες και τα υπολείμματα φυτών τροφοδοτούν τους οργανισμούς του εδάφους. Με τη σειρά τους, οι οργανισμοί του εδάφους υποστηρίζουν την υγεία και τη ζωή των φυτών καθώς αποσυνθέτουν οργανική ύλη, ενισχύουν τη δομή του εδάφους και ελέγχουν τους πληθυσμούς των εδαφικών οργανισμών, τόσο ωφέλιμων όσο και επιβλαβών (παράσιτα και παθογόνα) όσον αφορά την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Το ζωντανό μέρος της οργανικής ύλης του εδάφους περιλαμβάνει μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών όπως βακτήρια, ιούς, μύκητες και πρωτόζωα. Το ζωντανό τμήμα αντιπροσωπεύει περίπου το 5% της συνολικής οργανικής ύλης του εδάφους. Οι μικροοργανισμοί, οι γαιοσκώληκες και τα έντομα βοηθούν στη διάσπαση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών και της κοπριάς με την κατάποση τους και την ανάμιξή τους με τα ορυκτά του εδάφους.

Έτσι, το ζωντανό μέρος του εδάφους είναι υπεύθυνο με τη σειρά του για τη διατήρηση του αέρα και το διαθέσιμο νερό, την παροχή θρεπτικών συστατικών στα φυτά, την καταστροφή των ρύπων και τη διατήρηση της δομής του εδάφους (FAO).

- Ολικός και διαλυμένος οργανικός άνθρακας

Τα οργανικά συστατικά εντοπίζονται τόσο στο πόσιμο νερό όσο και στα επεξεργασμένα απόβλητα, ενώ για να προσδιοριστεί το περιεχόμενο σε οργανικό άνθρακα απαιτείται να γίνει ανάλυση TOC. Ακόμη, να σημειωθεί πως οι οργανικοί ρύποι μπορούν να ταξινομηθούν και ως πτητικά οργανικά συστατικά (BOC). Αυτή η κατηγορία οργανικών συστατικών προσδιορίζεται αφότου έχουν σημείο βρασμού μικρότερο ή ίσο με 100°C ή/και η πίεση ατμών είναι μεγαλύτερη από 1mm Hg στους 25°C (Metcalf, Eddy et al, 2018). Στα συστήματα εδαφικής επεξεργασίας τα οργανικά ιχνοστοιχεία θα πρέπει να εξετάζονται για τις επιδράσεις που έχουν στην δημόσια υγεία, είτε μέσω της συσσώρευσης και παραμονής τους στο έδαφος, είτε με την μεταφορά τους σε υδατικούς αποδέκτες ή/και στην τροφική αλυσίδα. Οι κύριες μέθοδοι που εφαρμόζονται για την απομάκρυνσή τους είναι η εξάτμιση, η προσρόφηση, η φωτοχημική διάσπαση και η βιολογική αποδόμηση. Η προσρόφηση στο οργανικό μέρος αποτελεί τον κύριο φυσικοχημικό μηχανισμό απομάκρυνσης των οργανικών ιχνοστοιχείων, ενώ σε πολλές περιπτώσεις η μικροβιακή δράση αποδομεί την προσροφημένη ύλη (Στυλιανός, 2006).

- Βιολογικός προσδιορισμός

Αποτελούν κύρια κατηγορία που εντοπίζεται στα υγρά απόβλητα και καθίσταται απαραίτητη για δύο σημειακούς λόγους. Αρχικά, η αναγνώρισή τους στα υγρά απόβλητα έχει άμεση συνέπεια στον άνθρωπο, ο οποίος πρέπει να προστατεύεται από τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Δεύτερος λόγος είναι ότι οι μικροοργανισμοί έχουν θεμελιώδη σημασία για την αποικοδόμηση και την σταθεροποίηση της οργανικής ύλης. Οι κύριοι οργανισμοί που εντοπίζονται στα απόβλητα είναι τα βακτήρια, τα πρωτόζωα, τα φύκη, τα φυτά, τα ζώα, οι μύκητες και οι ιοί (Metcalf, Eddy et al, 2018).

- Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Αδιαμφισβήτητα, η ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών στα υγρά απόβλητα είναι προβληματική (Πίνακας 4.). Ωστόσο, το γεγονός ότι υφίστανται κάποιες μορφές (πρωτοβάθμια) επεξεργασία ή/και αποθήκευση, περιορίζει την ανησυχία. Κατά την επεξεργασία ένας κάποιες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται είναι η καθίζηση, η προσρόφηση, η ακτινοβολία, η διήθηση, η θήρευση και ευρύτερα η έκθεση σε δυσμενείς συνθήκες. Να σημειωθεί παράλληλα πως οι ιοί καθίστανται ιδιαίτερα ανθεκτικοί και η μόνη αποτελεσματική μέθοδος είναι η προσρόφηση και η επακόλουθη θανάτωση τους.

Σε συστήματα ΒΕ και ΤΔ, που χαρακτηρίζονται από ροή των υγρών αποβλήτων διαμέσου του εδαφικού στρώματος η απομάκρυνση των μικροοργανισμών θεωρείται σχεδόν πλήρης και οι διεργασίες επεξεργασίας εφαρμόζονται σε βάθος τουλάχιστον 1,5 m. Ακόμη, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως στα συστήματα ΤΔ απαιτούνται μεγαλύτερες αποστάσεις μεταφοράς, ενώ από την άλλη μεριά στα συστήματα ΕΡ παρατηρούνται διαφοροποιούμενα ποσοστά απομάκρυνσης των μικροοργανισμών, αλλά γενικά, όχι σε τέτοιο βαθμό που να μην απαιτείται απολύμανση της τελικής εκροής, ιδίως όταν αυτά τείνουν να επαναχρησιμοποιηθούν (Στυλιανός, 2006).

Πίνακας 4 Τυπικά χαρακτηριστικά μικροοργανισμών που απαντώνται σε υγρά απόβλητα (Metcalf, Eddy et al, 2018)

| Οργανισμός | Περιγραφή |
|-------------------------|---|
| Βακτήρια | Μονοκύτταροι προκαρυωτικοί οργανισμοί. Το εσωτερικό του κυττάρου που ονομάζεται κυτταρόπλασμα αποτελείται από ένα κολλοειδές αιώρημα από πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, και άλλα οργανικά σύμπλοκα. Η κυτταροπλασματική περιοχή περιέχει ριβονουκλεϊκό οξύ. το οποίο είναι βασικό συστατικό της πρωτεϊνοσύνθεσης. Επίσης περιέχει και δεσοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA) που περιέχει απαραίτητες πληροφορίες για την αναπαραγωγή όλων των κύτταρων συστατικών. Το DNA μπορεί να θεωρηθεί ως πρότυπο του κυττάρου. Η αναπαραγωγή γίνεται κυρίως με διχοτόμηση μερικά όμως είδη αναπαράγονται με εγγενή αναπαραγωγή ή με εκβλάστηση. |
| Αρχαιεϊδή | Το μέγεθος και οι κυτταρικές δομές τους είναι ίδια με τα βακτήρια, αλλά η σύσταση του κυτταρικού τοιχώματος κα του RNA είναι διαφορετική. Είναι πολύ σημαντικοί οργανισμοί για τις αναερόβιες διαδικασίες και μπορούν να βρεθούν σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και χημικής σύστασης. |
| Μύκητες/ ζυμομύκητες | Είναι ευκαρυωτικοί, πολυκύτταροι, μη φωτοσυνθετικοί ετερότροφοι οργανισμοί. Οι περισσότεροι είναι υποχρεωτικά αναερόβιοι. Αναπαράγονται σπυρίδια ή εγγενώς, με διχοτόμηση, εκβλάστηση ή με δημιουργία σπορίων. Οι μούχλες σχηματίζουν μια λεπτοφυή ίνα (υφή). Πολλές από αυτές τις ίνες σχηματίζουν το μυκήλιο. Οι ζυμομύκητες δεν μπορούν να σχηματίσουν το μυκήλιο και για αυτό είναι μονοκύτταροι. Οι μύκητες αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες σχετικής υγρασίας, μικρής συγκέντρωσης αζώτου και μπορούν να επιβιώσουν σε χαμηλό pH. Η ικανότητα επιβίωσης κάτω από περιορισμένη συγκέντρωση αζώτου και χαμηλό pH, σε συνδυασμό με την ικανότητά τους να αποικοδομούν κυτταρίνη καθιστά τους μύκητες ικανούς για την κομποστοποίηση της ίλως. |
| Πρωτόζωα | Είναι συνήθως μονοκύτταροι, μικροσκοπικοί, ευκαρυωτικοί οργανισμοί. Στην πλειοψηφία τους είναι αερόβιοι και ετερότροφοι, αλλά υπάρχουν και προαιρετικά αναερόβιοι (αναερόβιοι οργανισμοί που μπορούν όμως να επιβιώσουν σε αερόβιες συνθήκες). Τα πρωτόζωα είναι μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερα από τα βακτήρια και για αυτό καταναλώνουν βακτήρια ως πηγή ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό απομακρύνουν τα βακτήρια και την οργανική ύλη στις εκροές επεξεργασμένων αποβλήτων. |
| Τροχόζωα | Είναι μια κλάση μικροσκοπικών ευκαρυωτικών ζώων. Το όνομά τους προέρχεται από τη φυσιολογία τους. Τα τροχόζωα έχουν μια βλεφαριδωτή πρόσθαη συσκευή που χρησιμεύει στη μετακίνηση και τη συλλογή τροφής. Τα τροχόζωα να καταναλώνουν ελεύθερα βακτήρια και συσσωματώματα καθώς και σωματίδια οργανικής ύλης. Η παρουσία επεξεργασμένη εκροή δηλώνει την υψηλή αποτελεσματικότητα μιας αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας. |
| Φύκη | Τα φύκη είναι ευκαρυωτικοί, αυτότροφοι. φωτοσυνθετικοί. μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι οργανισμοί. Είναι ιδιαίτερα σημαντικός ο ρόλος τους σε λίμνες επεξεργασίας αποβλήτων, γιατί με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης παράγουν οξυγόνο, απαραίτητο για τη διατήρηση της οικολογίας του υδάτινου περιβάλλοντος. Τα κυανοβακτήρια είναι προκαρυωτικοί οργανισμοί. |
| Ιοί | Οι ιοί αποτελούνται από ένα πυρήνα DNA ή RNA που περιβάλλεται από ένα πρωτεϊνικό κάλυμμα. Οι ιοί είναι υποχρεωτικά παράσιτα τα οποία πολλαπλασιάζονται μόνο εντός ενός κυττάρου ξενιστή, του οποίου ¹ βιοχημικές του διαδικασίες. Οι ιοί μπορούν να υπάρξουν και εκτός του ξενιστή αλλά είναι ανενεργοί. Οι βακτηριοφάγοι είναι οι ιοί που χρησιμοποιούν για ξενιστές βακτήρια και δεν είναι υπεύθυνοι για ανθρώπινες μολύνσεις |

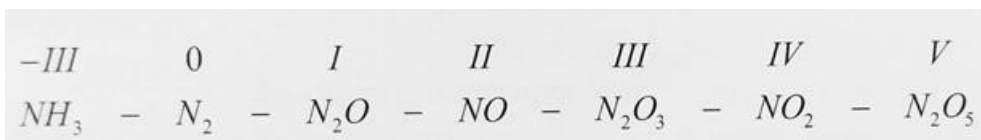
ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

- **Αζωτο**

Η απονιτροποίηση είναι η μικροβιακή διαδικασία αναγωγής νιτρικών και νιτρωδών σε αέριες μορφές αζώτου, κυρίως νιτρώδους οξειδίου (N₂O) και αζώτου (N₂). Ένα μεγάλο εύρος μικροοργανισμών μπορεί να απονιτροποιήσει. Η απονιτροποίηση είναι μια απόκριση στις αλλαγές στη συγκέντρωση οξυγόνου (O₂) στο άμεσο περιβάλλον τους. Μόνο όταν το O₂ είναι περιορισμένο, οι απονιτροποιητές θα αλλάξουν από αερόβια αναπνοή σε αναερόβια αναπνοή, χρησιμοποιώντας τα νιτρώδη (NO₂) ως δέκτη

ηλεκτρονίων. Η απονιτροποίηση είναι μια διαδικασία πανταχού παρούσα σε όλα τα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματά μας και συμβαίνει σε τροπικά και εύκρατα εδάφη, σε φυσικά και εντατικά διαχειριζόμενα οικοσυστήματα, σε θαλάσσια και γλυκά νερά καθώς και σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Είναι μια ευεργετική διαδικασία για την απομάκρυνση του νιτρικού (NO_3) από τα λύματα, αλλά έχει αρνητική επίδραση στην απομάκρυνση πολύτιμων λιπασμάτων αζώτου από το έδαφος και την απελευθέρωση του αερίου του θερμοκηπίου N_2O και του τροποσφαιρικού ρύπου NO (Hayley, 2008).

Όσο για την πρακτική απομάκρυνση του αζώτου από το έδαφος, η επεξεργασία είναι ιδιαίτερα πολυσύνθετη λόγω των πολλών μορφών αζώτου (N_2 , οργανικό N , NH_3 , NH_4^+ , NO_2/NO_3) (Εικόνα 2.). Το άζωτο, στα υγρά απόβλητα εντοπίζεται σε δύο κύριες μορφές ως οργανικό άζωτο (40%) και ως αμμωνιακό (60%), ενώ η επεξεργασία που επιλέγεται για την απομάκρυνση του αζώτου εξαρτάται από τις μορφές που απαντώνται στα εκάστοτε απόβλητα. Αναφορικά με τα τρία προτεινόμενα συστήματα, όσο λιγότερο οξειδωμένο είναι το άζωτο που εισέρχεται στο σύστημα, τόσο πιο αποτελεσματική τείνει να είναι η απομάκρυνση του (Στυλιανός, 2006).



Εικόνα 2. Μορφές αζώτου (Metcalf, Eddy et al, 2018)

- Φωσφόρος

Η απόρριψη φωσφόρου (P) από ανθρωπογενείς πηγές είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για τον ευτροφισμό πολλών υδάτινων συστημάτων (Eneborn et al, 2014). Ο ευτροφισμός ορίζεται ως μια αύξηση της εισροής θρεπτικών ουσιών στα επιφανειακά ύδατα στο βαθμό του υπερβολικού εμπλουτισμού, με αντίστοιχη αύξηση στην πρωτογενή παραγωγικότητα και τις σχετικές αρνητικές επιπτώσεις. Ο ευτροφισμός αναγνωρίζεται ευρέως ως ένα σοβαρό, κυρίως ανθρωπινό (ανθρωπογενές) περιβαλλοντικό ζήτημα. Η διαδικασία μεταφοράς θρεπτικών συστατικών διερευνάται ξεκινώντας από το νερό τόσο ως μόριο όσο και ως ουσία. Δύο είναι τα κύρια ανόργανα στοιχεία που σχετίζονται με το φαινόμενο,

ο φώσφορος (P) και το άζωτο (N), των οποίων οι συγκεντρώσεις και οι αναλογίες θρεπτικών ουσιών (N:P) εξετάζονται για τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον (Serediak, 2014).

Στα αστικά υγρά απόβλητα, ο φωσφόρος εντοπίζεται είτε με τη μορφή ορθοφωσφορικών, είτε πολυφωσφορικών αλάτων είτε και υπό τη μορφή οργανικού φωσφόρου για τα βιομηχανικά απόβλητα. Οι βασικοί μηχανισμοί απομάκρυνσής του είναι η χημική κατακρήμνιση και η προσρόφηση, ενώ μικρότερες ποσότητες περίπου το 20-30% μπορεί να το απορροφήσουν οι φυτικοί οργανισμοί. Γενικά, η χημική κατακρήμνιση θεωρείται μια σημαντική διεργασία απομάκρυνσης του φωσφόρου. Ο βαθμός απομάκρυνσης του φωσφόρου στα εδαφικά συστήματα, εξαρτάται από τον βαθμό επαφής των υγρών αποβλήτων με την στερεά μάζα τους και τον χρόνο παρακράτησής τους. Έτσι, τα συστήματα ΕΡ έχουν πιο περιορισμένο δυναμικό απομάκρυνσής του (Στυλιανός, 2006).

- **Νάτριο**

Το νάτριο εντοπίζεται στο σύνολο των υγρών αποβλήτων. Το νάτριο παρουσιάζει ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον καθώς η υπερκατανάλωση του συνδέεται με καθοριστικές ανθρώπινες παθήσεις. Για αυτό το λόγο δίνεται ως προδιαγραφή η ύπαρξη του στο πόσιμο νερό στην Ελλάδα (Ε.Ε.) από 20 mg/L με μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση τα 175 mg/L. Όπως και τα υπόλοιπα στοιχεία, έτσι και το νάτριο καθώς το ασβέστιο πέραν κάποιον αποδεκτών ορίων θεωρούνται άμεσα τοξικά για τα φυτά με κύριο πρόβλημα την αύξηση της αλατότητας (ή αλκαλικότητα) του εδάφους. Επιπλέον, η ανάπτυξη ευαίσθητων φυτικών οργανισμών γίνεται ανέφικτη όπου η περιεκτικότητα του εδάφους σε άλατα υπερβαίνει το 0,1% κ.β. . Η αλατότητα έχει άμεση σχέση με την ωσμωτική πίεση της εδαφικής διάλυσης, η οποία ελέγχει την ικανότητα των φυτών να προσλαμβάνουν νερό.

Το νάτριο συνδέεται στενά με αντιδράσεις ιοντοανταλλαγής, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις περίσσειας νατρίου με ταυτόχρονη ύπαρξη ασβεστίου και μαγνησίου, η συσσωμάτωση και η διόγκωση των αργιλικών μορίων μπορεί να μειώσει την αγωγιμότητα του εδάφους. Τα προβλήματα αλατότητας που συχνά εμφανίζονται πιο έντονα σε ξηρές

και ημίξηρες περιοχές, όπου τα εφαρμοζόμενα υγρά απόβλητα μπορεί ήδη να έχουν υψηλή περιεκτικότητα αλάτων. Έτσι τα συστήματα σχεδιάζονται για να ικανοποιηθούν οι ελάχιστες ανάγκες των φυτών, ώστε αυτά να μπορέσουν να αναπτυχθούν (Στυλιανός, 2006).

- **Κάλιο**

Το κάλιο θεωρείται κύριο θρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών και συνήθως εντοπίζεται σε χαμηλές έως μέτριες συγκεντρώσεις στα αστικά υγρά απόβλητα. Ομοίως με το νάτριο, το κάλιο συμμετέχει σε αντιδράσεις ιοντοανταλλαγής, αλλά δεν συγκρατείται εύκολα ούτε συσσωρεύεται στο έδαφος. Σημαντικό είναι να διευκρινιστεί πως στα συστήματα εδαφικής επεξεργασίας κύρια σημασία έχει η δυσμενής επίδραση που μπορεί να έχει στην απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου και όχι η απομάκρυνσή του από το έδαφος. Κάθε καλλιέργεια απαιτεί συγκεκριμένη αναλογία θρεπτικών, ώστε να βελτιστοποιηθεί η ανάπτυξή της, οπότε και η απομάκρυνση των N και P, επιφέρει καθοριστικές αλλαγές. Λύση αποτελεί η προσθήκη κατάλληλων λιπασμάτων (Στυλιανός, 2006).

ΡΥΠΟΙ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

- **Ανόργανα ιχνοστοιχεία**

Τα χημικά συστατικά των υγρών αποβλήτων ταξινομούνται κυρίως σε ανόργανα και οργανικά. Στην κατηγορία των ανόργανων περιλαμβάνονται τόσο τα θρεπτικά συστατικά, τα αμέταλλα συστατικά, τα μέταλλα και τα αέρια. Αυτά θα αναλυθούν παρακάτω και πιο συγκεκριμένα τα χλωριούχα, το άζωτο, ο φώσφορος και το θείο (Πίνακας 5.) (Metcalf, Eddy et al, 2018). Η κύρια επίδραση των στοιχείων αυτών, στα συστήματα εδαφικής επεξεργασίας, είναι στα φυτικά μέρη τους. Μερικά, όπως είναι το κάλιο, είναι βασικά θρεπτικά συστατικά των φυτών, ενώ άλλα είναι ιδανικά ως μικροστοιχεία σε χαμηλές συγκεντρώσεις, όμως μπορεί να γίνουν τοξικά για τα φυτά σε μεγαλύτερα επίπεδα (Στυλιανός, 2006).

Πίνακας 5 Τυπικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων, χρήση και σημασία επιμέρους βαρέων μετάλλων (Metcalf, Eddy et al, 2018)

| | | | |
|------------|----|---|--|
| Αρσενικό | As | Προσθετικό κραμάτων μετάλλων, ειδικά μόλυβδου και χαλκού, ηλεκτρόδια μπαταριών, περιβλήματα καλωδίων, σωλήνες θερμοαντήρων. Υψηλής καθαρότητας μέταλλο (ημιαγωγός). | Καρκινογόνο και μεταλλαξογόνο. Σε μακροχρόνια βάση μπορεί να προκαλέσει κάματο, ή απώλεια ενέργειας. Δερματίτιδες. |
| Βάριο | Ba | Κράμα μετάλλων σε ηλεκτρονικές λυχνίες, αντιοξειδωτικό του χαλκού, λιπαντικό ανοδικών στροφένων ηλεκτρικών λυχνιών, κράμα μετάλλων στο μπουζί των αυτοκινήτων, ιατρική χρήση για ακτίνες Χ. | Εύφλεκτο σε θερμοκρασίες δωματίου, αυξημένη πίεση αίματος και νευρικός κλονισμός |
| Κάδμιο | Cd | Επίστρωμα μετάλλων συνθετικό κραμάτων που λιώνουν εύκολα, επιγαλκωμένα κράματα, συστήματα πυρασφάλειας, συσσωρευτές νικελίου-καδμίου, καλώδια μπαταριών, βαφές για υαλώδη επίστρωση κεραμικών αντικειμένων, μκητοκτόνα, υλικά φωτογραφίας, λιθογραφίας, ηλεκτρόδια για λάμπες καδμίου, φωτοηλεκτρικά κύτταρα. | Εύφλεκτο σε μορφή σκόνης. Τοξικό κατά την εισπνοή σκόνης ή καπνού. Καρκινογόνο. Τα διαλυτά συστατικά του καδμίου είναι εξαιρετικά τοξικά. Σε μακροχρόνια βάση δημιουργεί βλάβες στο συκώτι, στους νεφρούς, στο πάγκρεας και στους θυροειδείς αδένες. Επίσης είναι πιθανή η πρόκληση υπέρτασης. |
| Χρώμιο | Cr | Υλικό κράματος που χρησιμοποιείται για την επίστρωση πλαστικών υποστρομάτων που χρησιμοποιούνται για την πρόληψη της διάβρωσης, συστατικό ανοξειδωτων χαλύβων, προστατευτικό επίστρωμα εξαρτημάτων αυτοκινήτου, πυρηνική έρευνα, συστατικό ανόργανων βαφών. | Οι ενώσεις του εξασθενούς χρωμίου δημιουργούν καρκινογένεση. Επίσης είναι διαβρωτικές. Σε μακροχρόνια βάση δημιουργεί δερματικές παθήσεις και βλάβες των νεφρών. |
| Μόλυβδος | Pb | Συσσωρευτές μπαταριών, προσθετικό βενζίνης, επίστρωμα καλωδίων, πυρομαχικά, σωληνοργία, συστατικό εσωτερικής επένδυσης δεξαμενών, συγκολλητικό κραμάτων μετάλλων, ελάσματα επίστρωμα κουζινέτου αυτοκινήτου | Τοξικό κατά την εισπνοή του καπνού ή ατμών. Σε μακροχρόνια βάση προκαλεί βλάβες στον εγκέφαλο και στους νεφρούς. Γενετικές δυσμορφίες. |
| Υδράργυρος | Hg | Αμαγάλματα, ηλεκτρικοί καταλύτες, παραγωγή χλωρίου και καυστικής σόδας, λάμπες υδραργύρου, επίστρωμα καθρεφτών, τοξοειδείς λαμπτήρες, λέβητες | Ιδιαίτερα τοξικό κατά την απορρόφηση από το δέρμα ή κατά την εισπνοή καπνού ή ατμών. Σε μακροχρόνια βάση προκαλεί διαταραχές του κεντρικού νευρικού συστήματος και γενετικές δυσμορφίες. |
| Σελήνιο | Se | Ηλεκτρονικά, ξηρογραφικές πλάκες, τηλεοπτικές κάμερες, φωτοκύτταρα, μαγνητικοί πυρήνες υπολογιστών, ηλιακές μπαταρίες, κεραμικά, ατσάλι και χαλκός, επιταχυντές ελαστικών, καταλύτες, ιχνοστοιχείο σε ζωοτροφές. | Σε μακροχρόνια βάση δημιουργεί κόκκινα σημάρια στα δάχτυλα, τα δόντια και τα μαλλιά. Γενική αδυναμία. Ερεθισμός της μύτης και του στόματος. |
| Άργυρος | Ag | Κατασκευή του νιτρικού αργύρου, του βρωμιούχου αργύρου και των φωτοχημικών. Εσωτερική επένδυση βαρελιών μούστου και άλλων εξαρτημάτων δοχείων που χρησιμοποιούνται για χημικές αντιδράσεις, αποστάξεις κλπ. Καθρέφτες, ηλεκτρικοί αγωγοί, ηλεκτρονικές συσκευές, αποστειρωτικά διαλύματα, επεξεργασία του νερού, κόλλες χειρουργείου, καταλύτες, ειδικές μπαταρίες, ηλιακά κύτταρα, ανακλαστήρες ηλιακών πύργων, κράματα που λιώνουν σε χαμηλές θερμοκρασίες, μαχαιροπήρουνα, κοσμήματα, οδοντικά εργαλεία, ηλεκτρικές συνδέσεις, ανθεκτικά μέταλλα, μαγνητικά ελάσματα, οδοντιατρικά αμαγάλματα. Ο κολοειδής άργυρος χρησιμοποιείται στην φωτογραφία και στην ιατρική συχνά συνδυασμένος με πρωτεΐνες. | Τοξικό μέταλλο. Σε μακροχρόνια βάση προκαλεί μόνιμο αποχρωματισμό του δέρματος, των ματιών και των βλεννωδών μεμβρανών. |

- **Μέταλλα**

Τα βαρέα μέταλλα είναι φυσικά στοιχεία που έχουν υψηλό ατομικό βάρος και πυκνότητα τουλάχιστον 5 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του νερού. Οι πολλαπλές βιομηχανικές, οικιακές, γεωργικές, ιατρικές και τεχνολογικές εφαρμογές τους έχουν οδηγήσει στην ευρεία διανομή τους στο περιβάλλον διεγείροντας με αυτό τον τρόπο τις ανησυχίες για τις πιθανές επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία καθώς και το περιβάλλον. Λόγω του υψηλού βαθμού τοξικότητάς τους, το αρσενικό, το κάδμιο, το χρώμιο, ο μόλυβδος και ο υδράργυρος κατατάσσονται μεταξύ των μετάλλων προτεραιότητας που έχουν σημασία για τη δημόσια υγεία. Αυτά τα μεταλλικά στοιχεία θεωρούνται συστηματικά τοξικά που είναι γνωστό ότι προκαλούν βλάβη σε πολλά όργανα, ακόμη και σε χαμηλότερα επίπεδα έκθεσης. Κατατάσσονται επίσης ως καρκινογόνοι στον άνθρωπο (γνωστοί ή πιθανοί) σύμφωνα με τον Οργανισμό Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ και τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον Καρκίνο (Tchounpou et al, 2012).

Είναι σημαντικό λοιπόν τα ίχνη μετάλλων να απομακρύνονται από το έδαφος είτε με προσρόφηση, είτε χημική κατακρήμνιση ή ιοντική εναλλαγή. Να σημειωθεί ωστόσο πως στα αστικά υγρά απόβλητα, τα μέταλλα βρίσκονται σε ιδιαίτερα χαμηλές συγκεντρώσεις και ταυτόχρονα η επεξεργασία για την απομάκρυνση τους καθορίζεται από τη συγκέντρωσή τους στην εφαρμοζόμενη εκροή και τις τοπικές συνθήκες. Τα ποσοστά απομάκρυνσης τους κυμαίνονται από 80-95% (Στυλιανός, 2006).

- **Χλωριούχα**

Τα χλωριούχα αποτελούν κύρια χημικά συστατικά των υγρών αποβλήτων και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το πώς θα επεξεργαστούν αυτά τα απόβλητα καθώς και τι απώτερη χρήση θα έχουν (Metcalf, Eddy et al, 2018).

- **Βόριο**

Η υψηλή περιεκτικότητα σε βόριο (A) σε αφαλατωμένο θαλασσινό νερό και όχι μόνο αποτελεί πρόβλημα για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Ωστόσο, παρά τη σημασία της

μικροβιακής κοινότητας του εδάφους στη γονιμότητα του εδάφους, οι επιπτώσεις του B στο έδαφος είναι ακόμη άγνωστες. Ωστόσο γνωστό στην επιστημονική κοινότητα είναι πως, η υψηλότερη δόση B έχει αισθητή επίδραση στον κύκλο αζώτου (N) του εδάφους, όπως καταδεικνύεται από την αύξηση της υδατοδιαλυτής περιεκτικότητας σε N και τη μείωση της δραστηριότητας ουρεάσης. Ακόμη, να σημειωθεί ότι η επίδραση του B στη μικροβιακή βιομάζα του εδάφους εξαρτάται από τη χημική μορφή που χρησιμοποιείται. Φαίνεται πως οι υψηλές δόσεις B μειώνουν τη μικροβιακή αναπνοή του εδάφους και επηρεάζουν τη σύνθεση των βακτηριακών και μυκητιακών κοινοτήτων, ενώ η μυκητιακή ποικιλότητα μειώνεται σε καθοριστικό βαθμό (Vera et al, 2019).

Παρότι λοιπόν το βόριο θεωρείται βασικό μικροθρεπτικό συστατικό για τα φυτά, η τοξικότητα του επέρχεται σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις. Ακόμη, το έδαφος έχει κάποια προσροφητική ικανότητα, εάν είναι παρόντα τα οξειδία του αργιλίου και του σιδήρου. Οι αντιδράσεις είναι όμοιες με αυτές που ισχύουν για τον φωσφόρο, με τη σημειακή διαφορά πως για το βόριο, η ικανότητα απομάκρυνσης είναι μικρή. Μια ασφαλής προσέγγιση στον σχεδιασμό του συστήματος, θα είναι πως το βόριο προσλαμβάνεται από τα φυτά και διαχέεται στο νερό κατείσδυσης (Metcalf, Eddy et al, 2018).

- Σελήνιο

Το σελήνιο (Se) απαιτείται ως μικροθρεπτικό συστατικό για διάφορες φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες κυρίως ως συστατικό των σεληνοπρωτεϊνών και των αμινοξέων όπως η σεληνομεθειονίνη και σεληνοκυστεΐνη. Όσον αφορά δε τη συνιστάμενη ημερήσια πρόσληψη για το σελήνιο αυτή προσδιορίζεται ως 55 g d⁻¹ για άτομα άνω των 14 ετών και το ανεκτό ανώτερο επίπεδο πρόληψης (TUL) είναι 400 g d⁻¹. Η υπέρβαση του TUL μπορεί να οδηγήσει σε χρόνια ή οξεία σελήνωση. Ακόμη, το σελήνιο μπαίνει στην τροφική αλυσίδα κυρίως μέσω του συστήματος εδάφους-φυτού. Αν και είναι ακόμα ασαφές εάν το Se είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών, το υψηλό επίπεδο Se σε ορισμένα τρόφιμα και φυτά καθίστανται τοξικά για τα ζώα και τους ανθρώπους (Bajaj et al, 2011). Συγκεκριμένα, φυτικοί οργανισμοί που περιέχουν 4-5 ppm σελήνιο θεωρούνται τοξικοί για τα ζώα, ενώ παράλληλα αυτό έχει την ικανότητα να προσροφείται ασθενώς από τα

υδροξειδία του εδάφους (Στυλιανός, 2006). Σε φυσικά περιβάλλοντα, είναι γνωστά τέσσερα ανόργανα είδη Se. Αυτά είναι τα σεληνικά (SeO_4^{2-}), ο σεληνίτης (SeO_3^{2-}), το στοιχειακό Se (Se^0) και το σεληνίδη (Se^{2-}). Γενικά, το Se (IV) (σεληνίτης) έχει πολύ μεγαλύτερη συγγένεια με την προσρόφηση σωματιδίων του εδάφους σε σύγκριση με το Se (VI) (σεληνικό) (Bajaj et al, 2011).

- Αρσενικό

Το αρσενικό είναι ένα φυσικό ιχνοστοιχείο που βρίσκεται στο περιβάλλον, ενώ παράλληλα είναι γεγονός πως σε ορισμένες περιπτώσεις και μέρη, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξήσει τη συγκέντρωση του στο έδαφος σε επίπεδα που υπερβαίνουν τα όρια κινδύνου. Μεταξύ των κύριων πηγών που συμβάλλουν στη ρύπανση του εδάφους και του νερού είναι οι ακόλουθες: γεωλογική προέλευση, πυρηνικοποίηση, γεωργία και καύση άνθρακα. Η αρσενική κερδοσκοπία στα εδάφη εμφανίζεται και είναι σχετικά περίπλοκη. Τα εδάφη περιέχουν τόσο οργανικά όσο και ανόργανα αρσενικά είδη. Ως ανόργανα είδη περιλαμβάνονται ο αρσενίτης και το αρσενικό, που είναι οι πιο άφθονες μορφές που εντοπίζονται στο περιβάλλον. Η πλειονότητα του Ar στα αεριούχα εδάφη υπάρχει ως H_2AsO_4^- (όξινα εδάφη) ή HAsO_2 (ουδέτερα είδη και βασικά). Ωστόσο, το $\text{HA}_3\text{S}_3\text{O}_3$ είναι το κυριότερο στα αναερόβια εδάφη, όπου η διαθεσιμότητα αρσενικού είναι υψηλότερη και το Ar (III) διατηρείται ασθενέστερα στη μήτρα εδάφους από ό, τι το Ar (V).

Η διαθεσιμότητα του Ar στα εδάφη εξαρτάται συνήθως από πολλούς παράγοντες. Μεταξύ αυτών των παραγόντων είναι η παρουσία οξειδίων Fe και/ή παρουσία φωσφόρου καθώς και η κατακρήμνιση σε άλατα, το pH, η υπάρχουσα οργανική ύλη, η περιεκτικότητα σε άργιλο και η συχνότητα βροχόπτωσης. Το αρσενικό δεν έχει γνωστή βιολογική λειτουργία στα φυτά. Μόλις προσροφηθεί μέσα στα ριζικά κύτταρα, το Ar (V) μειώνεται γρήγορα σε As (III) και σε πολλά είδη φυτών εξελίσσονται πολύπλοκες διαδικασίες. Παράλληλα, η

ύπαρξη του φωσφόρου επηρεάζει τη λήψη As (V) και την τοξικότητα στα φυτά, ενώ το πυρίτιο παρουσιάζει παρόμοιες επιδράσεις με το Ar (III).

Φυτοτοξικές επιδράσεις παρατηρούνται συνήθως από το Ar και περιλαμβάνουν αναστολή ανάπτυξης, αποικοδόμηση χλωροφύλλης, εξάντληση θρεπτικών ουσιών και οξειδωτικό στρες. Τα φυτά ποικίλλουν ως προς την ικανότητά τους να συσσωρεύουν και να ανέχονται το αρσενικό (από ανεκτικούς υπερσυσσωρευτές έως ευαίσθητους αποκλειστές) και ορισμένα φυτά είναι χρήσιμα για την αποκατάσταση του εδάφους και τη βιώσιμη γεωργία. Η κατάσταση των τωρινών επιστημονικών γνώσεων επιτρέπει το διαχωρισμό της μόλυνσης, στο σύστημα εδάφους-φυτού, και για τον μετριασμό των επιπτώσεων του αρσενικού (Whitacre & David, 2012). Τέλος, στην περιοχή της εδαφικής επεξεργασίας η τροφική αλυσίδα προστατεύεται, εφόσον τα φυτά παρουσιάζουν δυσμενείς επιπτώσεις από το αρσενικό πριν αυτό φτάσει σε επικίνδυνα επίπεδα στα βρώσιμα μέρη τους. Το αρσενικό απομακρύνεται με προσρόφηση από τα κolloειδή του εδάφους (Στυλιανός, 2006).

- **Θείο**

Οι θειούχες ενώσεις εντοπίζονται στην πλειονότητα των υγρών αποβλήτων είτε ως θειώδη (SO_3) είτε ως θειικά (SO_4). Το συγκεκριμένο στοιχείο αποτελεί δομικό λίθο της σύνθεσης των πρωτεϊνών και κατά συνέπεια απελευθερώνεται όταν αυτές αποδομούνται. Το θείο μπορεί και δημιουργεί σύμπλοκα τα οποία μπορούν να διασπαστούν από τους μικροοργανισμούς κάτω από αναερόβιες συνθήκες και πιο συγκεκριμένα τα θειικά να μετατραπούν σε θειούχα. Ομοίως τα θειικά έχουν την δυνατότητα να διασπαστούν σε σουλφίδια κατά την χώνεψη των αποβλήτων και αυτό να επιφέρει με την σειρά του πρόβλημα στην βιολογική διεργασία όταν η συγκέντρωση των σουλφιδίων ξεπερνάει τα 200mg ανά λίτρο (Metcalf, Eddy et al, 2018).

Τα θειικά δεν παρακρατούνται με ευκολία από τα εδάφη, αλλά συχνά εντοπίζονται στο εδαφικό διάλυμα. Παράλληλα, δίνεται ως προδιαγραφή η ύπαρξη τους στο πόσιμο νερό στην Ελλάδα (Ε.Ε.) από 25 mg/L με μέγιστο όριο τα 500 mg/L, ενώ για νερό άρδευσης συνίσταται από 200-600 mg/L, ανάλογα με τον τύπο της βλάστησης. Όταν το σύστημα

σχετίζεται με τους υδροφόρους ορίζοντες, το επίπεδο των 25 mg/L για τα θειικά θα πρέπει να επιτυγχάνεται στα όρια της θέσης του συστήματος (Στυλιανός, 2006).

- **Λίπη & Έλαια**

Τα λίπη και τα έλαια καθώς και άλλα σχετικά συστατικά εντοπίζονται στα απόβλητα. Η περιεκτικότητά τους στα υγρά απόβλητα προσδιορίζεται με τη μέθοδο της εκχύλισης του δείγματος αποβλήτων σε διάλυμα τριχλωρο-τριφθοροαιθάνιο, στο οποίο είναι διαλυτά. Τα έλαια και τα λίπη είναι παρόμοια ως προς τη χημική τους σύσταση και πιο συγκεκριμένα είναι ενώσεις (εστέρες) αλκοόλης ή γλυκερόλης (γλυκίνη) συνδεδεμένα με λιπαρά οξέα. Η διάκριση μεταξύ ελαίων και λιπών γίνεται ως προς το αν είναι υγρά ή στερεά αντίστοιχα σε θερμοκρασία δωματίου. Τα λίπη απαντώνται σε πλήθος τροφίμων, ενώ παράλληλα λόγω της χαμηλής υδατοδιαλυτότητας τους δεν έχουν την δυνατότητα να αποδομηθούν από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Ωστόσο, υπάρχει η εξαίρεση των σαπωνίνων, οι οποίες σχηματίζονται αφότου τα λιπαρά οξέα μετατραπούν σε αλκαλικά άλατα παρουσία αλκαλίων και παρότι είναι μη διαλυτοί καθιζάνουν με ευκολία (Metcalf, Eddy et al, 2018).

Αναλυτικότερα, για την απομάκρυνση τους από το έδαφος ενδείκνυνται επεξεργασία που αφορά είτε το πτητικό μέρος, το οποίο απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα είτε το απομένον το οποίο τελικά αποδομείται από τη φυσική χλωρίδα του εδάφους. Ακόμη, είναι αξιοσημείωτο πως η απελευθέρωση των ελαίων στο περιβάλλον επηρεάζει σημαντικά την αναλογία άνθρακα/αζώτου. Έλαια σε επίπεδα 1% του εδαφικού βάρους, φαίνεται να είναι το «κατώφλι» για μειωμένες αποδόσεις και σε επίπεδα 1,5 - 2%, η μείωση της απόδοσης της βλάστησης συχνά υπερβαίνει το 50%. Οι επιδράσεις αυτές συμβαίνουν με την άμεση εφαρμογή των ελαίων, πριν την απώλεια των (πτητικών) υδρογονανθράκων (Στυλιανός, 2006).

1.6. ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΙΝΟΠΟΙΕΙΩΝ

Τόσο η ποσότητα όσο και η ποιότητα των αποβλήτων που παράγονται από ένα οινοποιείο, καθορίζονται από ποικίλους παράγοντες όπως είναι ο τύπος του

παραγόμενου οίνου, οι διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθήθηκαν για την παραγωγή του οίνου καθώς επίσης και ο όγκος των δεξαμενών που χρησιμοποιούνται. Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα υγρά απόβλητα είναι (Πίνακας 6.): το pH, τα Ολικά Στερεά (mg/L), τα Ολικά Πτητικά Στερεά (TVS)) (mg/L), τα Αιωρούμενα στερεά (mg/L), τα Πτητικά αιωρούμενα στερεά (mg/L), το Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD₅) (mg/L), η χημική απαίτηση σε οξυγόνο (COD) (mg/L), το Ολικό άζωτο (mg/L), ο Ολικός φώσφορος (mg/L), τα λίπη και έλαια (fats and oils) (mg/L), οι Φαινολικές ενώσεις (mg/L) και τα Βαρέα μέταλλα, τα οποία αναλύθηκαν εκτενώς στην προηγούμενη ενότητα. Ακόμη, όπως θα γίνει αντιληπτό από τους παραπάνω πίνακες, το ρυπαντικό φορτίο των υγρών αποβλήτων μπορεί να διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα την εποχή, το μήνα, καθώς και το αν παράγεται κόκκινος ή λευκός οίνος, με τον κόκκινο λόγω του πιο υψηλού φαινολικού περιεχομένου να θεωρείται πιο ρυπογόνος κατά την απελευθέρωση των αποβλήτων του στο περιβάλλον.

Χαρακτηριστικά την περίοδο της έναρξης του τρύγου παρατηρούνται πολύ υψηλές συγκεντρώσεις των COD και BOD₅ λόγω των υψηλών επιπέδων των οργανικών ενώσεων που περιέχουν τα υγρά απόβλητα. Κατά το πέρασμα του χρόνου, τα επίπεδα της οργανικής ύλης μειώνονται. Πέραν όμως του οργανικού φορτίου και τα ανόργανα στοιχεία που εμπεριέχονται στα υγρά απόβλητα απαιτούν την σωστή διαχείριση τους (Πίνακας 6., Πίνακας 7., Πίνακας 8., Πίνακας 9., Πίνακας 10.) (Vlyssides et al, 2005)

Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά των τελικών υγρών αποβλήτων που παράγονται από όλα τα στάδια της παραγωγής κρασιού (Vlyssides et al, 2005)

| Parameter | | White wines | Red wines |
|-----------|------------------------------------|-------------|-----------|
| 1. | pH | 6.0 | 6.2 |
| 2. | Total solids (mg/l) | 3900 | 4100 |
| 3. | Total volatile solids (TVS) (mg/l) | 3400 | 3750 |
| 4. | Suspended solids (mg/l) | 140 | 220 |
| 5. | Suspended volatile solids (mg/l) | 128 | 200 |
| 6. | BOD ₅ at 20° C (mg/l) | 1740 | 1970 |
| 7. | COD (mg/l) | 3112 | 3997 |
| 8. | Total Kjeldahl nitrogen (mg/l) | 67 | 71 |
| 9. | Total phosphorous (mg/l) | 7 | 8.5 |
| 10. | Fats and oils (mg/l) | 27 | 25 |
| 11. | Total phenolic compounds (mg/l) | 280 | 1450 |

Βασισμένοι στην Οδηγία IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν κατά την οινοποίηση διακρίνονται σε πέντε βασικούς τύπους:

- **Υγρά απόβλητα από αποβαλλόμενα νερά ψύξης**

Τα υγρά απόβλητα αυτής της κατηγορίας προκύπτουν όταν δεν υπάρχει κλειστό ψυκτικό κύκλωμα. Είναι πολύ χαμηλού βιολογικού φορτίου και τις περισσότερες φορές σχετικά μικρού υδραυλικού φορτίου.

- **Υγρά από εγκαταστάσεις εμφιάλωσης κρασιού**

Τα υγρά απόβλητα αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται από υψηλή οξύτητα pH και χαμηλό υδραυλικό φορτίο.

- **Υγρά απόβλητα από καθαρισμούς δαπέδων και εξοπλισμού**

Τα υγρά απόβλητα αυτής της κατηγορίας προέρχονται από το πλύσιμο των δεξαμενών, ευρύτερα του εξοπλισμού και των δαπέδων. Τα απόβλητα αυτά χαρακτηρίζονται για το υψηλό βιολογικό τους φορτίο και το σχετικά χαμηλό υδραυλικό φορτίο.

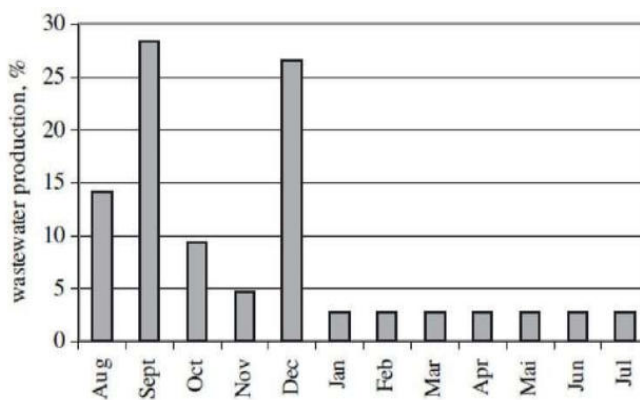
- **Υγρά από διεργασίες παραγωγής**

Τα υγρά απόβλητα αυτής της κατηγορίας προέρχονται από τις ποικίλες διεργασίες παραγωγής του κρασιού, όπως είναι η ζύμωση (οινολάσπες), ο καθαρισμός του εξοπλισμού, οι μεταγγίσεις, οι αναμίξεις, οι εμφιαλώσεις των κρασιών, οι φύρες, καθώς και η συμπύκνωση του γλεύκους. Τα απόβλητα αυτά χαρακτηρίζονται για το υψηλό βιολογικό τους φορτίο.

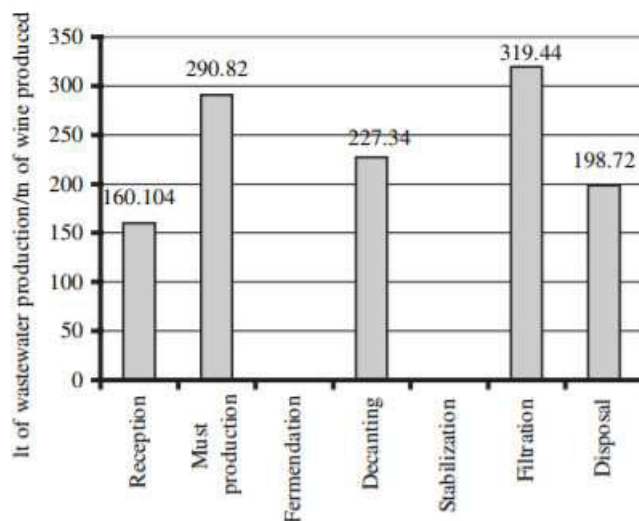
- **Υγρά απόβλητα από το λεβητοστάσιο**

Τα απόβλητα αυτά είναι πολύ χαμηλού βιολογικού φορτίου (περιέχουν ανόργανα άλατα), αλλά και υδραυλικού φορτίου (Μιντσούδη, 2018).

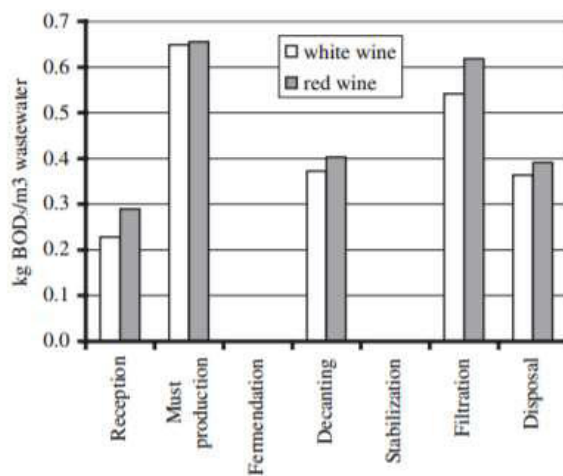
Πίνακας 7 Η κατανομή της παραγωγής υγρών αποβλήτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Vlyssides et al, 2005).



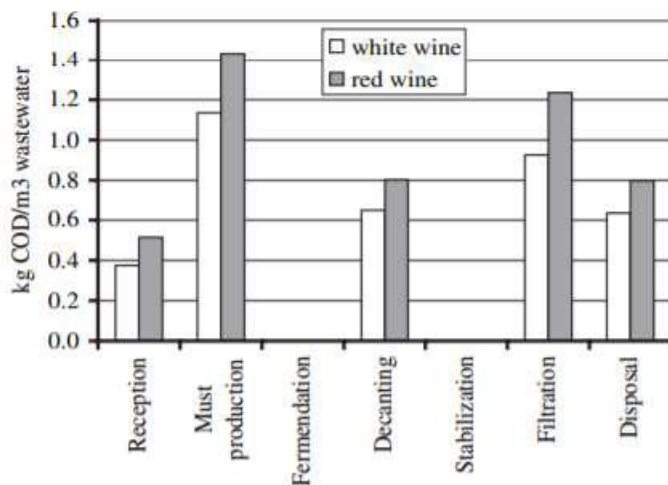
Πίνακας 8 Παραγωγή αποβλήτων ανά επιμέρους στάδιο της παραγωγής οίνου
(Vlyssides et al, 2005)



Πίνακας 9 Συγκέντρωση BOD₅ ανά επιμέρους στάδιο της παραγωγής οίνου (Vlyssides et al, 2005)



Πίνακας 10 Συγκέντρωση COD ανά επιμέρους στάδιο της παραγωγής οίνου
(Vlyssides et al, 2005)



1.6.1.ΠΟΙΟΤΙΚΑ & ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Για να γίνει ορθός σχεδιασμός ενός συστήματος επεξεργασίας αποβλήτων είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι παράγοντες εκείνοι οι οποίοι καθορίζουν τα ποσοτικά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων. Αφότου προηγηθεί ο σχεδιασμός, θα γίνει η εφαρμογή του σχεδιασμού διαμέσου της χρήσης των βέλτιστων μεθόδων επεξεργασίας με σκοπό τον καθορισμό της ογκομετρικής παροχής των αποβλήτων τα οποία θα αφεθούν στο περιβάλλον (Κούγκολος, 2005).

ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΦΑΣΕΩΝ

1.6.2.ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η διαδικασία αυτή επικεντρώνεται στον διαχωρισμό των στερεών από τα υγρά απόβλητα καθώς και στο φυσικό διαχωρισμό των σωματιδίων μεγάλου μεγέθους. Αυτό πραγματοποιείται αφότου το απόβλητο διέρχεται από μια σειρά μεταλλικών κόσκινων

(σχαρών), τις περισσότερες φορές ή με χρήση άλλων μέσων με κοινό απώτερο στόχο. Απώτερος λοιπόν σκοπός της προ επεξεργασίας είναι η προστασία του μηχανολογικού εξοπλισμού από τα ογκώδη σωματίδια καθώς και η επακόλουθη διαδικασία επεξεργασίας. Στη συνέχεια, ο διαχωρισμός του μεγαλύτερου μέρους των αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να γίνει με φυσική απόχυση ή με καθίζηση με τους μηχανισμούς πήξης/κροκίδωσης. Στο στάδιο αυτό απομακρύνεται η οργανική ύλη σε ποσοστό 30-40% (Ζαγγανά).

1.6.3.ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Ο δευτερογενής καθαρισμός αποτελεί τη βασική βιολογική διεργασία, κατά την οποία αποικοδομείται η πλειονότητα των οργανικών ενώσεων και παράλληλα ελαττώνεται σε μεγάλο βαθμό και ο αριθμός των παθογόνων μικροοργανισμών. Η ιδανική επεξεργασία καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της αρχικής ροής που πρόκειται να υποστεί επεξεργασία καθώς και από τον προορισμό των επεξεργασμένων αποβλήτων. Σε κάθε περίπτωση θα είναι διαθέσιμη μια γραμμή νερού και μια γραμμή ιλύος. Η γραμμή νερού περιλαμβάνει τον βιολογικό αντιδραστήρα και τις βαθμίδες πριν από αυτό, ενώ από την άλλη μεριά στην γραμμή ιλύος περιλαμβάνεται ένα στάδιο πάχυνσης και ένα στάδιο αφυδάτωσης (Ζαγγανά).

1.6.4.ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η τριτοβάθμια επεξεργασία στοχεύει στην επιπλέον επεξεργασία της δευτεροβάθμιας εκροής εάν η τελική εκροή χρησιμοποιηθεί για ειδικούς σκοπούς και περιλαμβάνει όλες τις επιπλέον επεξεργασίες τόσο φυσικές όσο και χημικές και βιοχημικές διεργασίες. Οι τύποι απολύμανσης που είναι πιο συμβατοί με τις μεταγενέστερες χρήσεις αυτού του νερού είναι η οξειδωση με βάση το όζον και η υπεριώδης ακτινοβολία. Αν η ποιότητα της εκροής είναι υποβαθμισμένη χρησιμοποιείται περαιτέρω επεξεργασία όπως είναι το φιλτράρισμα (χρησιμοποιώντας κοκκώδη κλίνη άμμου ή παρόμοια υλικά), ως μια προ επεξεργασία πριν από την τελική διαδικασία διήθησης με την βοήθεια-χρήση μεμβρανών. Η τεχνολογία μεμβρανών με υπερδιήθηση και πιθανότατα ακολουθούμενη από

αντίστροφη ώσμωση αυξάνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την ποιότητα του διηθήματος καθιστώντας το κατάλληλο ποιοτικά και κατ' επέκταση ασφαλές για οποιαδήποτε χρήση (Ζαγγανά).

1.7. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κατηγορίες επεξεργασίας είναι οι εξής (Figure 3.):



Figure 3 Κατηγορίες επεξεργασίας και επιμέρους μέθοδοι για κάθε επιμέρους κατηγορία (Metcalf, Eddy et al, 2018)

1.7.1. ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Ως χημική επεξεργασία χαρακτηρίζεται κάθε μέθοδος που συνεπάγεται με μετατροπή μέσω χημικών αντιδράσεων. Οι χημικές διεργασίες συνήθεστερα εφαρμόζονται συνδυαστικά με τις φυσικές διεργασίες (Metcalf, Eddy et al, 2018).

Στις πρώιμες τεχνολογίες επεξεργασίας αποβλήτων, η χημική επεξεργασία προηγείται της βιολογικής. Ωστόσο, με πιο πρόσφατα επιστημονικά δεδομένα, η βιολογική επεξεργασία προηγείται της χημικής επεξεργασίας. Οι κύριες εφαρμοζόμενες διαδικασίες χημικής επεξεργασίας είναι: η χημική καθίζηση, η εξουδετέρωση, η προσρόφηση, η απολύμανση (χλώριο, όζον, υπεριώδες φως) και η ανταλλαγή ιόντων. Περιγράφονται εκτενέστερα στον παρακάτω πίνακα (Samer & Mohamed, 2015).

Πίνακας 11 Μέθοδοι χημικής επεξεργασίας (Metcalf, Eddy et al, 2018)

| | |
|---|---|
| Προηγμένες οξειδωτικές διεργασίες Χημική κροκίδωση | Απομάκρυνση δύσκολα αποικοδομήσιμων οργανικών ουσιών Χημική αποσταθεροποίηση των σωματιδίων των υγρών αποβλήτων για τη συσσωμάτωσή τους κατά τη διάρκεια περικινητικής και ορθοκινητικής συσσωμάτωσης |
| Χημική απολύμανση | Απολύμανση με χλώριο, χλωριούχες ενώσεις, βρώμιο και όζον Έλεγχος ανάπτυξης βιολογικού στρώματος σε υπονόμους Έλεγχος οσμών |
| Χημική Εξουδετέρωση | Έλεγχος pH |
| Χημική οξείδωση | Απομάκρυνση BOD, λιπών, κτλ Απομάκρυνση αμμωνίας (NH ₄) Καταστροφή μικροοργανισμών Έλεγχος οσμών σε υπονόμους, αντλιοστάσια και σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας Απομάκρυνση δύσκολα αποικοδομήσιμων οργανικών ουσιών |
| Χημική κατακρήμνιση | Αύξηση της απομάκρυνσης των ολικών αιωρούμενων στερεών και του BOD σε εγκαταστάσεις πρωτοβάθμιας καθίζησης Απομάκρυνση φωσφόρου Απομάκρυνση βαρίων μετάλλων Φυσικοχημική επεξεργασία Έλεγχος της διάβρωσης υπονόμων εξαιτίας του H ₂ S |
| Χημικός έλεγχος των επικαθίσεων σταθεροποίηση | Έλεγχος της δημιουργίας επικαθίσεων λόγω αποθέσεων ανθρακικού ασβεστίου και άλλων συναφών ουσιών Σταθεροποίηση των επεξεργασμένων εκροών |
| Ανταλλαγή ιόντων | Απομάκρυνση αμμωνίας (NH ₄), βαρέων μετάλλων και ολικών διαλυμένων στερεών Απομάκρυνση οργανικών ουσιών |

1.7.2. ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Ως φυσική επεξεργασία καθορίζεται κάθε μέθοδος, κατά την οποία εφαρμόζονται φυσικές δυνάμεις και αποτελούν τις πρώτες μεθόδους επεξεργασίας που εφαρμόστηκαν καθώς προήλθαν από παρατήρηση του φυσικού κόσμου (Πίνακας 12.) (Metcalf, Eddy et al, 2018).

Πίνακας 12 Μέθοδοι φυσικής επεξεργασίας (Metcalf, Eddy et al, 2018)

| Διεργασία | Εφαρμογή | Διάταξη |
|--------------------------|--|------------------|
| Εσχάρωση χονδρών στερεών | Απομάκρυνση στερεών μεγάλου μεγέθους όπως κλαδιά, κουρέλια και άλλα υπολείμματα που βρίσκονται σε ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα με ανακοπή | Σχάρα με ράβδους |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| | πορείας (επιφανειακή κατακράτηση) | |
| Εσχάρωση λεπτών στερεών | Απομάκρυνση μικρών σωματιδίων | Λεπτή σχάρα |
| Μικροεσχάρωση | Απομάκρυνση λεπτόκοκκων στερεών αιωρούμενων υλικών και φυτών | Μικροσχάρα |
| Τεμαχισμός | Άλεση των χόνδρων στερεών εκτός της γραμμής τροφοδοσίας | Τεμαχιστής |
| Άλεση/Θραύση | Προσωρινή αποθήκευση της ροής με σκοπό την εξισορρόπηση της παροχής του οργανικού φορτίου BOD και των αιωρούμενων στερεών | Συσκευή άλεσης εσχαρισμάτων Θραυστήρας |
| Εξισορρόπηση ροής | Ανάμιξη των υγρών αποβλήτων με χημικά και ομογενοποίηση και διατήρηση των στερεών σε αιώρηση | Δεξαμενή εξισορρόπησης |
| Ανάμιξη | Συσσωμάτωση των μικρών σωματιδίων σε μεγαλύτερα για την επίτευξη μεγαλύτερης απομάκρυνσης με καθίζηση λόγω βαρύτητας | Δεξαμενή ταχείας ανάμιξης |
| Συσσωμάτωση | Απομάκρυνση άμμου | Δεξαμενή κροκίδωσης |
| Επιταχυνόμενη κατακάθιση | Απομάκρυνση άμμου και στερεών μεγάλου μεγέθους | Εξαμμωτής Διαχωριστής δίνης |

Συνέχεια πίνακα 12.

| Διεργασία | Εφαρμογή | Διάταξη |
|-----------|---|---|
| Καθίζηση | Απομάκρυνση στερεών που καθιζάνουν | Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης Δεξαμενή καθίζησης υψηλού ρυθμού |
| | Πάχυνση στερεών και βιοστερεών | Παχυντής βαρύτητας |
| Επίπλευση | Απομάκρυνση των λεπτά διαμερισμένων αιωρούμενων στερεών και σωματιδίων με πυκνότητα παρόμοια του νερού, επίσης πάχυνση βιοστερεών, Απομάκρυνση λιπών και ελαίων | Επίπλευση με αέρα (Dissolved Air Flotation, DAP) |
| Αερισμός | Προσθήκη οξυγόνου στη βιολογική διεργασία | Αερισμός με διάχυση ή μηχανικός αερισμός |

| | | |
|------------------------------------|--|--|
| | Μετά αερισμός των επεξεργάσιμων αποβλήτων | Αεριστήρας με βαθμίδες Απογύμνωση αερίου |
| Έλεγχος πτητικών οργανικών ενώσεων | Απομάκρυνση πτητικών και ημι-πτητικών οργανικών ενώσεων από τα υγρά απόβλητα | Αερισμός με διάχυση ή μηχανικός αερισμός |
| Διάθεση χώρου | Απομάκρυνση των υπολειμμάτων αιωρούμενων στερεών | Φίλτρα χώρου |
| Διάθεση επιφάνειας | Απομάκρυνση των υπολειμμάτων αιωρούμενων στερεών | Disk filter Cloth-Media Dish filter |
| Διάθεση με μεμβράνες | Απομάκρυνση αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών και διαλύτης ανόργανης και οργανικής ύλης | Μικροδιήθηση, υπερδιήθηση, νανοδιήθηση και αντίστροφη ώσμωση |
| Απογύμνωση με αέρα | Απομάκρυνση αμμωνίας, υδρόθειου και άλλων αερίων από τα υγρά απόβλητα και το υπερκείμενο υγρό της δεξαμενής χώνευσης | Πύργος με πληρωτικό υλικό |

1.7.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η πλειονότητα των υγρών αποβλήτων περιέχουν βιοαποικοδομήσιμα συστατικά, τα οποία βιοαποικοδομούνται μέσω της βιολογικής επεξεργασίας. Οι κύριες κατηγορίες διεργασιών απεικονίζονται στον (Πίνακα 13). και είναι οι αερόβιες διεργασίες, οι ανοξικές, οι συνδυασμένες αερόβιες, αναερόβιες και ανοξικές και τέλος οι διεργασίες με λιμνοδεξαμενές (Πίνακας 14.) (Metcalf, Eddy et al, 2018).

Πίνακας 13 Κύρια χαρακτηριστικά των αναερόβιων και αερόβιων μεθόδων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Jung, 2011)

| <i>Anaerobic treatment</i> | <i>Aerobic treatment</i> |
|---|------------------------------|
| COD > 1000 mg l ⁻¹ | High amount of excess sludge |
| Low amount of excess sludge | High energy demand |
| Energy generation by use of biogas | High required space |
| Low energy demand | Fully biological degradation |
| Low required space | |
| Sensitive against high sulfate and calcium concentrations | |
| No fully biological degradation | |

Πίνακας 14 Σημαντικές διεργασίες βιολογικής επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων (Metcalf, Eddy et al, 2018)

| Τύπος | Τυπικό όνομα | Χρήση |
|---|--|--|
| Αερόβιες διεργασίες | | |
| Αιωρούμενης βιομάζας | Διεργασίες ενεργού ιλύος | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, νιτροποίηση |
| | Αεριζόμενες λιμοδεξαμενές | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, νιτροποίηση |
| | Αερόβια χώνευση | Σταθεροποίηση, Απομάκρυνση BOD του άνθρακα |
| Προσκολλημένης βιομάζας | Βιολογικά φίλτρα | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, νιτροποίηση |
| | Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, νιτροποίηση |
| | Αντριδραστήρες σταθερής κλίνης | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, νιτροποίηση |
| Υβριδικές (συνδυασμένες) διεργασίες αιωρούμενης και προσκολλημένης βιομάζας | Βιολογικά φίλτρα/ ενεργός ιλύς | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, νιτροποίηση |
| Ανοξικές διεργασίες | | |
| Αιωρούμενης βιομάζας | Απονιτροποίηση αιωρούμενης βιομάζας | Απονιτροποίηση |
| Προσκολλημένης βιομάζας | Απονιτροποίηση προσκολλημένης βιομάζας | Απονιτροποίηση |
| Αναερόβιες διεργασίες | | |
| Αιωρούμενης βιομάζας | Διεργασίες αναερόβιας επαφής | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα |

| | | |
|---|--|--|
| | Αναερόβια χώνευση | Σταθεροποίηση, καταστροφή στερεών θάνατος παθογόνων |
| Προσκολλημένης βιομάζας | Αναερόβια σταθερή και ρευστοποιημένη κλίση | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, σταθεροποίηση αποβλήτων, απονιτροποίηση |
| Στρώμα ιλύος | Αναερόβιο στρώμα ιλύος ανοδικής ροής | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, ειδικό για απόβλητα υψηλού φορτίου |
| Υβριδικές | Στρώμα ιλύος ανοδικής ροής/ προσκολλημένη βιομάζα | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα |
| Συνδυασμένες αερόβιες, ανοξικές και αναερόβιες διεργασίες | | |
| Αιωρούμενης βιομάζας | Διεργασίες ενός ή πολλαπλών σταδίων, διάφορες διεργασίες κατοχυρωμένης με πατέντα | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, νιτροποίηση, απονιτροποίηση και απομάκρυνση φωσφόρου |
| Υβριδικές | Διεργασίες ενός ή πολλαπλών σταδίων με υλικό πλήρωσης για την ανάπτυξη προσκολλημένης βιομάζας | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, νιτροποίηση, απονιτροποίηση και απομάκρυνση φωσφόρου |
| Διεργασίες με λιμνοδεξαμενές | | |
| Αερόβιες λιμνοδεξαμενές | Αερόβιες λιμνοδεξαμενές | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα |
| Λιμνοδεξαμενές ωρίμανσης (τριτοβάθμιες) | Λιμνοδεξαμενές ωρίμανσης | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα |
| Λιμνοδεξαμενές | Λιμνοδεξαμενές | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα |
| Αναερόβιες λιμνοδεξαμενές | Αναερόβιες λιμνοδεξαμενές | Απομάκρυνση BOD του άνθρακα, σταθεροποίηση αποβλήτων |

ΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ & ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

2.1. ΤΥΠΟΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Οι φυσικές τεχνολογίες επεξεργασίας λυμάτων χρησιμοποιούν τροποποιημένες φυσικές διαδικασίες αυτοκατεργασίας που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος, το νερό και το υγρότοπο περιβάλλον. Αυτοί οι τρόποι διαχείρισης ταξινομούνται σύμφωνα με την τεχνολογία επεξεργασίας και τη γενική ρύθμιση (Rozkošný et al, 2014). Αναλυτικότερα, σε συνέχεια της προηγούμενης ενότητας στην οποία αναλύθηκαν οι μέθοδοι φυσικής επεξεργασίας, τα φυσικά συστήματα κατατάσσονται με ακόμη μεγαλύτερη εξειδίκευση σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Αυτά που βασίζονται στο έδαφος ή τα γήινα συστήματα επεξεργασίας. Μετά την εφαρμογή προ επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην επιφάνεια του εδάφους, επιτυγχάνεται περαιτέρω επεξεργασία τους δια μέσου των φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, που συμβαίνουν στο έδαφος και βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Τα φορτία εφαρμογής των αποβλήτων πρέπει να είναι συμβατά με το δυναμικό του κάθε συστήματος.
- Τα συστήματα που βασίζονται στα υδροχαρή φυτά, όπως είναι οι φυσικοί και οι τεχνητοί υγρότοποι και τα συστήματα των επιπλεόντων υδροχαρών φυτών.

Σύνολο φυσικών τύπων:

- α) βραδεία εφαρμογή
- β) ταχεία διήθηση
- γ) επιφανειακή ροή
- δ) υγρότοποι
- ε) επιπλέοντα υδροχαρή φυτά και
- δ) συνδυασμένοι τύποι (Στυλιανός, 2006).

2.1.1.ΒΡΑΔΕΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελεί τον κύριο τύπο φυσικού συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που έχει επικρατήσει σήμερα και περιλαμβάνει την εφαρμογή του προεπεξεργασμένου αποβλήτου στο έδαφος με φυτική βλάστηση υπό έλεγχο, με στόχο την εκτενέστερη επεξεργασία του. Αναλυτικότερα, η επεξεργασία του αποβλήτου εξελίσσεται καθώς αυτό διαχέεται στο περιβάλλον. Καθοριστική είναι και η ταχύτητα εφαρμογής του αποβλήτου, δηλαδή το υδραυλικό φορτίο εφαρμογής καθώς και η επιλογή και η διαχείριση της φυτικής βλάστησης. Το πρώτο σκέλος του συστήματος που αφορά την διάχυση του αποβλήτου στο έδαφος μπορεί να γίνει είτε με επιφανειακές μεθόδους (λεκάνες, αύλακες και άλλες) ή με καταιονισμό. Τέλος, η σχετικά βραδεία εφαρμογή του αποβλήτου, σε συνδυασμό με την παρουσία της φυτικής βλάστησης και την ενδογενή δυνατότητα του εδαφικού οικοσυστήματος, δημιουργούν στα συστήματα βραδείας εφαρμογής υψηλό δυναμικό επεξεργασίας (Aggelakis & Tchobanoglous, 1995).

2.1.2.ΤΑΧΕΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ

Μια επιπρόσθετη ονομασία των συστημάτων ταχείας διήθησης είναι SAT (Soil-Aquifer-Treatment). Διαμέσου αυτού του συστήματος το υγρό απόβλητο εφαρμόζεται σε αβαθείς επιφανειακές λεκάνες διήθησης και επαναλαμβανόμενους κύκλους με τη συμβολή εκτοξευτών υψηλής ταχύτητας. Στην πλειονότητα αυτών των περιπτώσεων δεν καθίσταται απαραίτητη η ύπαρξη φυτικής βλάστησης πέραν της περιπτώσεως όπου η εφαρμογή του αποβλήτου διενεργείται με εκτοξευτές. Τα συστήματα ταχείας διήθησης ακολουθούν μια σειρά επεξεργασιών και συγκεκριμένα: α) Εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα για αναπλήρωση και/ή προστασία του κυρίως από διείσδυση και ανάμειξη με αλμυρό νερό, β) ανάκτηση με στράγγιση ή άντληση και τέλος γ) φυσική ροή του υπόγειου νερού και απόληξη σε επιφανειακή πηγή. Συγκριτικά με το δυναμικό επεξεργασίας των συστημάτων βραδείας είναι μικρότερο λόγω της μικρότερης κατακράτησης σε πιο περατά εδάφη εφαρμογής και με μεγαλύτερες ταχύτητες του υδραυλικού φορτίου (Aggelakis & Tchobanoglous, 1995).

2.1.3. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΡΟΗ

Τα συστήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας στηρίζονται στην εφαρμογή του προεπεξεργασμένου υγρού αποβλήτου κατά μήκος της υψηλότερης πλευράς μιας διαβαθμισμένης και κεκλιμένης επιφάνειας με έντονη φυτική βλάστηση, η οποία επιτρέπει την ροή του σε όλη την έκταση της καθώς και τη συλλογή της επεξεργασμένης εκροής στο τέλος της κλίσης της. Στις περισσότερες των περιπτώσεων τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται σε θέσεις με εδάφη σχετικά αδιαπέραστα, αν και οι διεργασίες αυτών των συστημάτων έχουν εφαρμογή σε μια ποικιλία εδαφικών τύπων και κυρίως υδραυλικών αγωγιμοτήτων. Σχετικά με το βασικό όγκο του εφαρμοζόμενου αποβλήτου συλλέγεται ως επιφανειακή απορροή και παράλληλα μέρος αυτού εξατμισοδιαπνέεται. Αναφορικά δε με τις συνολικές απώλειες του λύματος, αυτές καθορίζονται από την εποχή του έτους, τις κλιματολογικές συνθήκες καθώς το είδος της φυτικής βλάστησης που επικρατεί. Τέλος, τα συστήματα αυτά λειτουργούν με εναλλασσόμενες περιόδους "εφαρμογής και ανάπαυσης (ξήρανσης) και η χρονική διάρκεια της κάθε περιόδου εξαρτάται από το σκοπό της επεξεργασίας (Aggelakis & Tchobanoglous, 1995).

2.2.ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

Οι υγροβιότοποι είναι τμήματα εδάφους κατακλυζόμενα με νερό συνήθως μικρού βάθους (< 0,6 m), στα οποία αναπτύσσονται φυτά. Η φυτική βλάστηση είναι καθοριστική για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, καθώς αποτελεί το βασικό υπόστρωμά ανάπτυξης των βακτηριακών μεμβρανών, βοηθά στο φιλτράρισμα και την προσρόφηση συστατικών του αποβλήτου, μεταφέρει οξυγόνο στη ροή του νερού και παράλληλα περιορίζει την ανάπτυξη αλγών με τον έλεγχο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Εκτενέστερα οι υγρότοποι διακρίνονται τόσο στους τεχνητούς, όσο και στους φυσικούς υγροτόπους. Ωστόσο, οι φυσικοί υγροβιότοποι παρουσιάζουν περιορισμένη χρήση στην αποδοχή και/ή περαιτέρω επεξεργασία εκροών δευτεροβάθμιας ή ακόμη προωθημένης επεξεργασίας (Aggelakis & Tchobanoglous, 1995).

2.2.1.ΦΥΣΙΚΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

Οι φυσικοί υγροβιότοποι επάγονται στην κατηγορία των υδάτινων αποδεκτών. Έτσι, εμπειροχόμενοι στις κανονιστικές προδιαγραφές οι φυσικοί υγροβιότοποι δέχονται εκροές δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας, οι οποίες πληρούν κανονιστικές απαιτήσεις. Τροποποιήσεις σε υπάρχοντες υγροβιότοπους με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών επεξεργασίας είναι καλό να αποφεύγονται, καθώς εγκυμονεί ο κίνδυνος να προξενήσουν προβλήματα στο φυσικό οικοσύστημα (Aggelakis & Tchobanoglous, 1995).

2.2.2.ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

Οι υγροβιότοποι της συγκεκριμένης κατηγορίας παρουσιάζουν το σύνολο των δυνατοτήτων των φυσικών υγροβιότοπων, πέραν των περιορισμών που αφορούν τη διάθεση εκροών στα φυσικά οικοσυστήματα. Τα συστήματα των τεχνητών υγροβιότοπων εφαρμόζονται σε δύο τύπους: α) Αυτά της ελεύθερης επιφάνειας (FWS) και β) τα υποεπιφανειακής ροής (SFS). Τα πρώτα αποτελούνται, συνήθως, από παράλληλες λεκάνες, κανάλια ή τάφρους με αδιαπέραστους πυθμένες, με αναφυόμενη φυτική βλάστηση και μικρό βάθος νερού (0,1-0,6 m). Σε τέτοια συστήματα (FWS) η

περαιτέρω επεξεργασία των υγρών αποβλήτων διενεργείται, καθώς η εφαρμοζόμενη εκροή ρέει με χαμηλή ταχύτητα διαμέσου των στελεχών και των ριζωμάτων της υφιστάμενης φυτικής βλάστησης καθώς και του υφιστάμενου υποστρώματος. Από την άλλη μεριά, τα συστήματα τύπου SFS σχεδιάζονται με στόχο την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας και σαν επιπρόσθετη ονομασία χαρακτηρίζονται ως συστήματα "ριζόσφαιρας" ή "φίλτρων εδάφους-καλαμιών". Τέλος, αυτά αναπτύσσονται εντός καναλιών ή τάφρων με σχετικά στεγανούς πυθμένες που περιέχουν άμμο ή άλλα γήινα μέσα υποστήριξης της αναπτυσσόμενης (επιφανειακά) φυτικής βλάστησης (Aggelakis & Tchobanoglous, 1995).

2.2.3.ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Υδατοκαλλιέργεια χαρακτηρίζεται η ανάπτυξη θαλάσσιων ειδών και άλλων υδρόβιων οργανισμών σε εκροές υγρών αποβλήτων με σκοπό την παραγωγή πηγών φυτικών τροφών και ιδιαίτερα βιομάζας. Σε ποικίλες χώρες, τα υγρά απόβλητα έχουν αξιοποιηθεί εκτενώς σε πολλαπλές περιπτώσεις υδατοκαλλιέργειών. Στις περισσότερες όμως εξ αυτών των περιπτώσεων το κύριο αντικείμενο τέτοιων συστημάτων ήταν η παραγωγή βιομάζας, ενώ η επεξεργασία του υγρού αποβλήτου ήταν δευτερεύον μέλημα (Aggelakis & Tchobanoglous, 1995).

2.2.4.ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ

Τα συνδυασμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων αποτελούνται από μηχανική προκατεργασία, φιλτράρισμα καλαμιώνων ως κύρια εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας και δεξαμενής σταθεροποίησης (ένα ή περισσότερα) που χρησιμοποιούνται ως στίλβωση, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των αποβλήτων, ιδίως στην αφαίρεση αζώτου και φωσφόρου. Ένας πιθανός συνδυασμός είναι τα φίλτρα εδάφους, αποχετεύσεις διείσδυσης ή εγκαταστάσεις άρδευσης, συμπεριλαμβανομένης της ταχείας ανάπτυξης άρδευσης δέντρων. Τέλος, μια άλλη επιλογή είναι ο συνδυασμός εγκαταστάσεων υγροτόπων και υδατοκαλλιέργειας (Rozkošný et al, 2014).

Η κάθε κατηγορία παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά (Πίνακας 15.)

Πίνακας 15 Τυπικά χαρακτηριστικά επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Tchobanoglous, 1997)

| Χαρακτηριστικά | Βραδεία εφαρμογή | Ταχεία διήθηση | Επιφανειακή ροή | Υγρότοποι | Επιπλέοντα Υδροχαρή φυτά |
|------------------------------|--|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Επιδιωκόμενοι Σκοποί | Β/βάθμια ή Προωθημένη Επεξεργασία και μηδενική εκροή | Β/βάθμια ή προωθημένη επεξ/σία ή εμπλουτισμός Υδροφόρων | Β/βάθμια ή επεξεργασία με υψηλή Απομάκρυνση N | Β/βάθμια ή Προωθημένη Επεξεργασία | Β/βάθμια ή προωθημένη επεξεργασία |
| Τεχνική Εφαρμογής | Καταιονισμός ή Επιφανειακά | Συνήθως επιφανειακά | Καταιονισμός ή επιφανειακά | Καταιονισμός ή επιφανειακά | Επιφανειακά |
| Υδραυλικό φορτίο (m/έτος) | 0,61 – 6,10 | 6,0 – 90,0 | 7,3 – 56,7 | 5,5 – 18,3 | 5,5 – 18,3 |
| Απαιτούμενη επιφάνεια (στρ.) | 60 – 590 | 4,0 – 60 | 6,5 – 48,1 | 19,2 – 66,3 | 19,2 – 66,3 |
| Ελάχιστη Προεπεξεργασία | Α/βάθμια Επεξεργασία (καθίζηση) | Α/βάθμια Επεξεργασία (καθίζηση) | Α/βάθμια επεξεργασία (εσχάρωση) | Α/βάθμια επεξεργασία | Α/βάθμια επεξεργασία |
| Διάθεση αποβλήτου | Εξατμισοδιαπνοή και διήθηση-κατείδυση | Κυρίως διήθηση-κατείδυση – διαπνοή | Κυρίως επιφανειακή απορροή και εξατμισοδιαπνοή | Εξατμισοδιαπνοή-κατείδυση & απορροή | Μερική εξατμισοδιαπνοή |
| Φυτική Βλάστηση | Αναγκαία | Προαιρετική | Αναγκαία | Αναγκαία | Αναγκαία |

2.3.ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥΣ

Στηριζόμενοι στα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων που αναλύονται στον (Πίνακα 16.), εφαρμόζονται κατάλληλες μέθοδοι (Πίνακας 17.) για κάθε στοιχείο ή ομάδα χημικών συστατικών που πρέπει να απομακρυνθεί από το σύνολο του υγρού αποβλήτου.

Πίνακας 16 Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Metcalf, Eddy et al, 2018)

| Στάδιο επεξεργασίας | Περιγραφή |
|---|---|
| Προεπεξεργασία | Απομάκρυνση των υλικών που περιέχονται στα απόβλητα όπως κουρέλια, ξύλα, επιπλέοντα υλικά, χαλίκια-άμμος, και γράσο, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα συντήρησης ή λειτουργίας στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, στις διεργασίες και στα βοηθητικά συστήματα |
| Πρωτοβάθμια | Απομάκρυνση μέρους των αιωρούμενων στερεών και του οργανικού υλικού από τα υγρά απόβλητα |
| Προχωρημένη Πρωτοβάθμια | Ενισχυμένη απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του οργανικού υλικού από τα υγρά απόβλητα. Τυπικά πραγματοποιείται με προσθήκη χημικών και διήθηση. |
| Δευτεροβάθμια | Απομάκρυνση των βιοαποικοδομήσιμων οργανικών υλικών (διαλυμένων ή αιωρούμενων) και των αιωρούμενων στερεών. Η απολύμανση περιλαμβάνεται επίσης στον τυπικό ορισμό της συμβατικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. |
| Δευτεροβάθμια με απομάκρυνση θρεπτικών ουσιών | Απομάκρυνση των βιοαποικοδομήσιμων οργανικών υλικών, των αιωρούμενων στερεών και των θρεπτικών ουσιών (άζωτο, φώσφορος, ή και τα δύο μαζί). |
| Τριτοβάθμια | Απομάκρυνση των υπολειπόμενων αιωρούμενων στερεών (μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία) συνήθως με χρήση μέσου διήθησης ή μικροσφάρας. Η απολύμανση είναι επίσης μέρος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Σε αυτόν τον ορισμό συμπεριλαμβάνεται συνήθως η απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών. |
| Προχωρημένη | Απομάκρυνση των διαλυμένων και αιωρούμενων υλικών που παραμένουν μετά τη συνηθισμένη βιολογική επεξεργασία όταν απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. |

Πίνακας 17 Φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που απαιτούνται για την απομάκρυνση των συστατικών που εμπριέχονται στα απόβλητα (Metcalf, Eddy et al, 2018)

| Συστατικά | Φυσική διεργασία ή βιολογική-χημική διεργασία |
|----------------------------|---|
| Αιωρούμενα στερεά | Εσχάρωση |
| | Απομάκρυνση άμμου |
| | Καθίζηση |
| | Υψηλού ρυθμού καθίζηση |
| | Επίπλευση |
| | Χημική κατακρήμνιση |
| | Διήθηση χώρου |
| | Διήθηση επιφάνειας |
| Βιοαποικοδομήσιμα οργανικά | Παραλλαγή αερόβιων συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας |
| | Παραλλαγή αερόβιων συστημάτων προσκολλημένης βιομάζας |
| | Παραλλαγή αναερόβιων συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας |
| | Παραλλαγή αναερόβιων συστημάτων προσκολλημένης βιομάζας |
| | Παραλλαγές επεξεργασίας σε λιμνοδεξαμενές |

| | |
|-------------------------|---|
| | Φυσικο-χημικά συστήματα |
| | Χημική οξείδωση |
| | Προχωρημένη οξείδωση |
| | Μεμβράνη διήθησης |
| Θρεπτικά στοιχεία Άζωτο | Χημική οξείδωση(χλωρίωση έως το κρίσιμο σημείο) |

| | |
|------------------------------|--|
| Συστατικά | Φυσική διεργασία ή βιολογική-χημική διεργασία |
| | Παραλλαγή συστημάτων νιτροποίησης-απονιτροποίησης αιωρούμενης βιομάζας |
| | Παραλλαγή συστημάτων νιτροποίησης-απονιτροποίησης σταθερής κλίνης |
| | Απαέρωση |
| | Ιοντοεναλλαγή |
| Φώσφορος | Χημική επεξεργασία |
| | Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου |
| Άζωτο και φώσφορος | Παραλλαγές βιολογικής απομάκρυνσης θρεπτικών |
| Παθογόνοι μικροοργανισμοί | Ενώσεις χλωρίου |
| | Διοξειδίο του χλωρίου |
| | Όζον |
| | Υπεριώδης ακτινοβολία |
| Κολλοειδή και διαλυτά στερεά | Μεμβράνες |
| | Χημική επεξεργασία |
| | Προσρόφηση σε άνθρακα |
| | Ιοντοεναλλαγή |
| Πτητικές οργανικές ενώσεις | Απαέρωση |
| | Προσρόφηση άνθρακα |
| | Προχωρημένη οξείδωση |
| Οσμές | Χημικές πλυντρίδες |
| | Προσρόφηση σε άνθρακα |
| | Βιοφίλτρα |
| | Φίλτρα με υλικό βιοαποικοδόμησης |

2.4.ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΟΙΝΟΠΟΙΕΩΝ

Το υγρό μέρος που έχει υποστεί επεξεργασία μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί με ποικίλους τρόπους, όπως για τη ψύξη (επιανακυκλοφορούμενων ή μιας χρήσης), για την αναπλήρωση του νερού σε λέβητες είτε μέσω αξιοποίησης για βιομηχανικές διεργασίες. Ωστόσο, να υπογραμμιστεί η απαγόρευση της χρήσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για ανθρώπινη κατανάλωση σύμφωνα με τη νομοθεσία.

Από την άλλη μεριά, οι βιομηχανίες οινοποίησης είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν το επαναχρησιμοποιούμενο νερό που προέρχεται για αγροτικούς σκοπούς, όπως η γεωργία και συγκεκριμένα για άρδευση των αμπελώνων, του γεωγραφικού πλαισίου γύρω από το οινοποιείο και τυχόν άλλων περιοχών. Ένας επιπρόσθετος τρόπος του

επεξεργασμένου υγρού αποβλήτου είναι για σκοπούς ψύξης, όπως για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και διυλιστηρίων πετρελαίου, για εγκαταστάσεις όπως χαρτοβιομηχανίες και χαλυβουργεία, για κατασκευαστικές δραστηριότητες, για μίξη σκυροδέματος, για τεχνητές λίμνες και για προστασία από τον παγετό και τη πυροπροστασία.

Οι εκροές υγρών, που προκύπτουν από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των οινοποιείων κατηγοριοποιούνται σε τρεις τύπους επαναχρησιμοποίησης ανάλογα με την επεξεργασία που απαιτούν για την απώτερη χρήση τους:

- Οι εκροές που είναι σχετικά καθαρές και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς να επεξεργαστούν περαιτέρω.
- Οι εκροές που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν μετά από περιορισμένη επεξεργασία.
- Οι εκροές που απαιτούν πλήρη επεξεργασία και διάθεση (Καραχάλιος, 2018)

2.4.1.ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Μία από τις πιο διαδεδομένες χρήσεις των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που προέρχονται από οινοποιεία είναι για άρδευση. Το απόβλητο, το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία και βρίσκεται εντός νομοθετικών ορίων και κατ'επέκταση θεωρείται ασφαλές για άρδευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση: αμπελώνων, του παρακείμενου στο οινοποιείο χώρου, για γέμισμα σε σιντριβάνια, για έλεγχο της σκόνης και για άλλες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης νερού ώστε να συμβάλλει τόσο στη διατήρηση των φυσικών πόρων, όσο και στη προστασία του εδάφους και παράλληλα στη βελτίωση των αναγκών της γης.

Για να καθίσταται ένα σύστημα άρδευσης αποτελεσματικό, το οποίο αξιοποιεί υγρά απόβλητα, απαιτούνται φυσικές, χημικές και μικροβιακές ιδιότητες του εδάφους καθώς και ιδιότητες της υπερκείμενης βλάστησης για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών από τα απόβλητα. Ο οδηγός για την επίτευξη της μέγιστης αποτελεσματικότητας είναι η αντιστοίχιση του χρόνου και του όγκου της εφαρμογής, με τις ανάγκες του ύδατος,

παράλληλα των θρεπτικών συστατικών της βλάστησης καθώς και η ύπαρξη αρκετών αρδευτικών εκτάσεων για την εξυπηρέτηση του όγκου των αποβλήτων. Ένα ορθό και αποτελεσματικό σύστημα άρδευσης εφαρμόζει τα απόβλητα σε ρυθμούς που δεν ξεπερνούν την υδραυλική και τη ρυθμιστική ικανότητα της βλάστησης ή του εδάφους και παράλληλα κατορθώνει με αυτό τον τρόπο να ελαχιστοποιεί τις αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των υπογείων υδάτων. Οι ιδανικές διαθέσιμες πρακτικές συμβάλλουν στην ανάπτυξη και την διατήρηση του συστήματος άρδευσης αποβλήτων. Κατά τον σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος άρδευσης εξετάζονται ποικίλοι παράγοντες που καθορίζουν τον τρόπο επεξεργασία των αποβλήτων. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Το έδαφος

Τα επιμέρους χαρακτηριστικά του εδάφους καθορίζουν τον τρόπο επεξεργασίας των αποβλήτων και παράλληλα την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Αναφερόμενοι στα χαρακτηριστικά εννοούνται οι χημικές ιδιότητες του εδάφους, η διαπερατότητα, το βάθος των υπόγειων υδροφορέων καθώς και το βάθος των γεωτρήσεων πόσιμου νερού. Τα επιμέρους χαρακτηριστικά του εδάφους τόσο χημικά όσο και φυσικά απαιτούν αξιολόγηση για το προσδιορισμό των επιπέδων ρύπανσης και παράλληλα με σκοπό τον υπολογισμό των ποσοτήτων που θα προκύψουν μακροπρόθεσμα. Τέλος, είναι βασικός παράγοντας, το έδαφος να έχει πλάτος και επαρκή διαπερατότητα να αποθηκεύεται το νερό της άρδευσης και των βροχοπτώσεων ώστε να μην προκαλείται έκπλυση αλάτων και βαρέων μετάλλων πέρα από τη ζώνη της ρίζας.

- Η απόσταση από τις κατοικημένες περιοχές και η τοπογραφία των αρδευτικών εκτάσεων καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να αξιοποιηθούν τα απόβλητα στα αρδευτικά εδάφη καθώς παράλληλα επηρεάζουν και την ποσότητα των αποβλήτων που μπορούν να απορριφθούν.

- Η βλάστηση

Η βλάστηση αποτελεί των αποδέκτη των θρεπτικών συστατικών τα οποία εμπεριέχουν τα υγρά απόβλητα ώστε να διατηρήσουν ή να αυξήσουν τη ποσότητα της διήθησης και τη μείωση της διάβρωσης του εδάφους. Κατά το σχεδιασμό των φυσικών ειδών είναι

καλό να λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις των φυσικών οργανισμών σε θρεπτικά συστατικά, το μέγιστο βάθος που εισέρχονται οι ρίζες στο έδαφος και οι ρυθμοί πρόσληψης νερού των φυτών. Τέλος, καθοριστικοί παράγοντες είναι το κλίμα, η οργανική φόρτιση και ο όγκος των λυμάτων.

- Η ποιότητα και η ποσότητα των αποβλήτων και του νερού άρδευσης

Το οργανικό υλικό στα απόβλητα μπορεί να βελτιώσει τη δομή του εδάφους, να προάγει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και να βοηθήσει τα φυτά προσφέροντας θρεπτικά συστατικά. Υπερσυσσώρευση θρεπτικών, αλάτων και αιωρούμενων στερεών μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη βλάστηση και στα εδάφη. Πρέπει να εξετάζεται η ποιότητα και η ποσότητα των αποβλήτων που απορρίπτονται στα αρδευόμενα εδάφη.

- Ο χρόνος εφαρμογής

Ο χρόνος εφαρμογής στο έδαφος καθίσταται κρίσιμος παράγοντας με σκοπό την αποφυγή υπερφόρτωσης των εδαφών σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων.

Τέλος, είναι σημαντικό να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις για τη χρήση των επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση:

1. το pH να είναι εντός του εύρους 6,0 και 9,0
2. Η εβδομαδιαία μέση τιμή BOD₅ να ισούται με 34 kg/ στρέμμα/ ημέρα.
3. Η εβδομαδιαία συχνότητα εφαρμογής να είναι 4 ημέρες /εβδομάδα.

Λύση αποτελεί για τις βροχερές μέρες η αποθήκευση του νερού ώστε να μην κορεστεί το έδαφος και παράλληλα για να μην σπαταλούνται οι ποσότητες αλλά να συγκρατούνται (Καραχάλιος, 2018).

2.4.2.ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΜΠΕΛΩΝΑ

Πιο αναλυτικά, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων οίνου για άρδευση, εφαρμόζεται ιδίως σε χώρες όπου επικρατεί ξηρό κλίμα με χαμηλή υγρασία

και οι κατακρημνίσεις δεν καλύπτουν επαρκώς τις απαιτήσεις του βλαστικού κύκλου της αμπέλου. Στηριζόμενοι σε επιστημονικά δεδομένα για την κλιματική αλλαγή, η κλιματική αλλαγή συνεπάγεται με αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης και παράλληλα με μείωση των βροχοπτώσεων σε παγκόσμια βάση. Αυτό πιθανότητα μπορεί να επιφέρει έλλειψη υγρού στοιχείου στους αμπελώνες, δηλαδή λειψυδρία και προβλήματα στην παραγωγή και γι' αυτό η επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων φέρνει την "πράσινη" λύση, ως μια οικονομική, προσιτή πρόταση και ασφαλή όταν εφαρμόζεται με αυστηρές προϋποθέσεις συνυπολογίζοντας διάφορους παράγοντες.

Για να επιτευχθεί η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για άρδευση και με ασφάλεια απαιτείται η διεκπεραίωση συγκεκριμένων ποσοτικών και ποιοτικών περιορισμών. Παράλληλα, απαιτείται και ο ορθός προγραμματισμός της εφαρμογής του νερού, ο οποίος υλοποιείται μέσω υπολογισμού των απαιτήσεων της καλλιέργειας των υδάτων (π.χ. την εξάτμιση και τις βροχοπτώσεις), της παρακολούθησης της υγρασίας του εδάφους και της ριζικής ζώνης καθώς και την παρακολούθηση των φυτών.

Το επεξεργασμένο νερό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για άρδευση είναι σημαντικό να περιέχει χαμηλή συγκέντρωση αλάτων, θρεπτικών και οργανικών συστατικών. Ευρύτερα σαν γενική πληροφορία τα ελληνικά εδάφη διακρίνονται με έλλειψη σε περιεκτικότητα οργανικής ουσίας κάτω από 2%, το οποίο έχει ως συνέπεια την εύκολη έκπλυση συστατικών. Ωστόσο, όταν η συγκέντρωση των εδαφών σε οργανικά και θρεπτικά ξεπερνάει τα προσχεδιασμένα όρια αυτό θέτει σε κίνδυνο τα φυτά αλλά και το ευρύτερο περιβάλλον. Τέλος αναφορικά με το BOD, είναι καλό το BOD των αποβλήτων να προσδιορίζεται στις αναλύσεις μικρότερο από το 50 πριν από την εφαρμογή για άρδευση στα αμπέλια.

Επιπρόσθετα, αναφορικά με τις συγκεντρώσεις νατρίου και καλίου, οι οποίες φαίνεται πως προέρχονται κυρίως από τα προϊόντα καθαριότητας που χρησιμοποιούνται για το πλύσιμο του οινοποιητικού εξοπλισμού, στον αντίποδα του οργανικού κλάσματος δεν απομακρύνονται από τα υγρά απόβλητα των οινοποιείων καθιστώντας την εκροή μη κατάλληλη για επαναχρησιμοποίηση μέσω άρδευσης. Σε αυτό λύση είναι η αντικατάσταση κάποιων ουσιών με πιο φιλικές προς το περιβάλλον όπως και η

αντικατάσταση των απολυμαντικών και των καθαριστικών με ουσίες που δεν αφήνουν τέτοια υπολείμματα, για παράδειγμα το όζον, μπορεί να είναι αποτελεσματικό στη μείωση τόσο της ηλεκτρικής αγωγιμότητας όσο και του βιολογικού φορτίου COD των υγρών αποβλήτων και να τα καθιστά μέσω αυτού καταλληλότερα για επαναχρησιμοποίηση. Τις περισσότερες εκ των περιπτώσεων τα επίπεδα των αλάτων που προκύπτουν από την οينوποίηση προσδιορίζονται κάτω από τα αποδεκτά όρια (Καραχάλιος, 2018).

2.4.3.ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΔΑΦΗ

Ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, τα υγρά απόβλητα των οينوποιείων συμπεριφέρονται διαφορετικά όταν αποτίθενται σε αυτά. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 18.) αποτυπώνεται η συσχέτιση της ταχύτητας διείσδυσης με τον τύπο του εδάφους.

Πίνακας 18 Ποσοστό διείσδυσης των υδάτων στα διάφορα εδάφη (Καραχάλιος, 2018)

| Τύπος εδάφους | Ποσοστό διείσδυσης (mm/ ώρα) |
|---------------|------------------------------|
| Αμμώδες | >30 |
| Αμμοαργιλώδες | 20-30 |
| Αργιλώδες | 10-20 |
| Αργιλοπηλώδες | 5-10 |
| Πηλώδες | 1-5 |

Σύμφωνα με τον τύπο του εδάφους καθορίζεται και η ποσότητα εφαρμογής. Για παράδειγμα για αμμώδη εδάφη ο μέγιστος ρυθμός φόρτισης του εδάφους πρέπει να είναι 100.000 γαλόνια/ στρέμμα/ εβδομάδα (10,16 cm/εβδομάδα) και παράλληλα μια ημέρα εφαρμογής απαιτείται να ακολουθείται από έξι ημέρες ανάπαυσης ώστε να επιτυγχάνεται αποστράγγιση και ξήρανση. Από την άλλη μεριά, ορισμένοι τύποι εδαφών που έχουν υπερσυγκέντρωση στοιχείων, εκ των οποίων χαρακτηριστικά παραδείγματα ο σίδηρος και το αλουμίνιο, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε απόβλητα που περιέχουν φωσφόρο να ακινητοποιηθούν. Αυτή η ικανότητα ρύθμισης, η οποία χαρακτηρίζεται ως απορροφητική ικανότητα P των εδαφών, επηρεάζεται και από άλλους

περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το pH. Τέλος, από τον τύπο του εδάφους μπορεί να εξαρτηθεί και η επιλογή του συστήματος επεξεργασίας (Καραχάλιος, 2018).

2.5.ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ-ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα οφέλη της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ταυτίζονται με τα οφέλη της κυκλικής οικονομίας καθώς η αξιοποίηση των αποβλήτων και η επαναχρησιμοποίησή τους είναι μέρος του σχεδιασμού-έννοιας της κυκλικής οικονομίας.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ (CE)

Η κυκλική οικονομία είναι ένα σύστημα που υποστηρίζει την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης, των αποβλήτων και της χρήσης πόρων σε σύγκριση με το γραμμικό μοντέλο λήψης, κατασκευής και διάθεσης. Η έννοια της κυκλικότητας υπάρχει εδώ και χρόνια, αλλά έχει ερευνηθεί, υπογραμμιστεί και υιοθετηθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια από χώρες και μάλιστα σε κάποιες από αυτές και με νομικά καθορισμένο πλαίσιο (Modgil et al, 2021). Αναλυτικότερα, η Κυκλική Οικονομία (CE) είναι μια προσέγγιση για την κυκλική χρήση των πόρων. Τα τελευταία χρόνια, η CE έχει εγκριθεί ως πολιτική για την ελαχιστοποίηση των επιβαρύνσεων για το περιβάλλον και την τόνωση της οικονομίας. Η CE είναι μια ιδέα ομπρέλας που περιλαμβάνει τη μείωση της εισαγωγής και την ελαχιστοποίηση της δημιουργίας αποβλήτων, ενώ διάφορα έθνη έχουν υιοθετήσει την έννοια της CE σε ολόκληρο τον κόσμο (Moraga et al, 2019).

- Περιβαλλοντικά οφέλη

Η επαναχρησιμοποίηση κάθε μορφής αποβλήτου μπορεί να αποτρέψει το να σπαταληθούν πόροι νωρίς στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό σημαίνει ότι οι εταιρείες μπορούν να εξοικονομήσουν πόρους, εργασία και ενέργεια (Circular food supply chains, 2020). Η επαναχρησιμοποίηση παρέχει μια εξαιρετική, φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση σε σχέση με άλλες μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων, επειδή μειώνει τη ρύπανση του αέρα, του νερού και της γης, περιορίζει την ανάγκη για νέους φυσικούς

πόρους, όπως ξυλεία, πετρέλαιο, ίνες και άλλα υλικά. Η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος προσδιόρισε πρόσφατα τη μείωση των αποβλήτων ως σημαντική μέθοδο μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη (ΣΕΒ, 2018).

- Οικονομικά οφέλη

Τα οικονομικά οφέλη από την τοπική εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας είναι προφανή. Πράγματι, στις περισσότερες περιπτώσεις, οι πρώτες ύλες τοπικής προέλευσης είναι φθηνότερες από τις εξαγόμενες και λιγότερο επιρρεπείς σε προβλήματα μεταβλητότητας, τα οποία βοηθούν κατ' επέκταση στη μείωση του μήκους των αλυσίδων εφοδιασμού, στην αύξηση της κερδοφορίας και περαιτέρω στην εξασφάλιση ολόκληρης της αλυσίδας αξίας της βιομηχανικής, γεωργικής ή οποιασδήποτε άλλης. Επίσης, η τοπική διαχείριση αντίστροφης εφοδιαστικής είναι επίσης ευαίσθητη στην αύξηση των κερδών μέσω της λειτουργίας πιο ρευστής και πολύ λιγότερο καταστροφικής ανάκαμψης. Μαζί με τα οικονομικά πλεονεκτήματα, η τοπική εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας παρουσιάζει ενδιαφέρον και μακροπρόθεσμα κοινωνικά οφέλη (Sillanpää & Mika, 2019).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας αυτή τη στιγμή είναι ζωτικής σημασίας καθώς είναι ένα σύστημα που μπορεί να επιβραδύνει τον επιταχυνόμενο ρυθμό κατανάλωσης αγαθών και υπηρεσιών. Μαθαίνοντας ξανά την αξία των πόρων και έχοντας αναπτύξει μια υγιή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, η εισαγωγή της έννοιας της κυκλικής οικονομίας θα πρέπει να επεκτείνει το φάσμα εφαρμογής της αλλά και την αποτελεσματικότητά της.

Μέρος αυτής είναι και η αξιοποίηση των υγρών αποβλήτων, η οποία όπως έγινε αντιληπτό διαμέσου της ανασκόπησης, αποτελεί μείζον ζήτημα τόσο για τις βιομηχανίες των τροφίμων όσο και ως πολιτικό ζήτημα ευρύτερα για τον τρόπο που θα διαχειριστούν τα απόβλητα των οινοποιών. Δεδομένου ότι η συνολική παραγωγή υγρών αποβλήτων από ένα οινοποιείο είναι περίπου 1,2 φορές μεγαλύτερη από την παραγωγή του οίνου και παράλληλα η παραγωγή λυμάτων αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της οινοποίησης η διαχείριση της καθίσταται καθοριστική τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική άποψη.

Τα τεχνολογικά άλματα των μεθόδων αντιρρύπανσης υιοθετήθηκαν σταδιακά στις προηγμένες τεχνολογικές χώρες και από τις οινοποιητικές βιομηχανίες. Η χρήση των υδροβιοτόπων, ως φυσικός τρόπος επεξεργασίας των λυμάτων είναι μία δοκιμασμένη και βιώσιμη πρόταση, με κύρια προτερήματά της, την απλότητα του σχεδιασμού, το χαμηλό κόστος κατασκευής, τις μηδενικές ανάγκες σε τεχνητή προσθήκη ενέργειας αλλά κυρίως την ελαχιστοποίηση των εκροών προς το περιβάλλον. Κύρια χρήση αποτελεί η άρδευση. Το απόβλητο, το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία και βρίσκεται εντός νομοθετικών ορίων και κατ'επέκταση θεωρείται ασφαλές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση. Ακόμη οι υδροβιοτόποι δημιουργούν τις προϋποθέσεις για ένα οικοσύστημα με μεγάλη ποικιλία πανίδας και χλωρίδας. Τέλος, να σημειωθεί πως οι υγρότοποι αποτελούν ένα πολύτιμο κομμάτι της βιοποικιλότητας και θεωρούνται σημαντικές ασπίδες απέναντι στην αλλαγή του κλίματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ

Belitz H. -D, Grosch W., Schieberle P. (2009), Χημεία Τροφίμων, 4η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα

Metcalf & Eddy Inc. (2018), Μηχανική Υγρών Αποβλήτων: Επεξεργασία Και Επαναχρησιμοποίηση, Εκδόσεις Τζιόλα, Isbn: 978-960-418-746-1

Γεωρακάκης Δ. (2010), "Διαχείριση Αποβλήτων", Περιβάλλον και Γεωργός - Βιομηχανικά Απόβλητα, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής

Ζαγγανά Ε., Ενότητα 9: Υγρά Αστικά Απόβλητα – Διάθεση Λυμάτων στο Έδαφος (Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας) (Μέρος 1ο), Διάθεση Στερεών και Υγρών Αποβλήτων στο Γεωλογικό Περιβάλλον, Σχολή: Θετικών Επιστημών, Τμήμα : Γεωλογίας, <https://Eclass.Upatras.Gr/Modules/Document/File.Php/Geo361/%Ce%94%Ce%99%Ce%91%Ce%9b%Ce%95%Ce%9e%Ce%97%209.Pdf>

Καραχάλιος Δ. (2018), 'Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αποβλήτων Οινοποιείων', Διπλωματική Εργασία, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Κούγκολος Α.Γ. (2005), "Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική", Εκδόσεις Τζιόλη, Θεσσαλονίκη

Μιντσούδη Κ. (2018), Ανάκτηση Χρήσιμων Υλικών από Ρεύματα Αγροτοβιομηχανικών Υγρών Αποβλήτων, Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων- Καινοτόμες Τεχνολογίες για την Επεξεργασία και Αξιοποίηση Υγρών Αγροτοβιομηχανικών Αποβλήτων, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Μπινιάρη Κ., Γηγενείς Ποικιλίες του Ελληνικού Αμπελώνα, Εργαστήριο Αμπελοκομίας
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΣΕΒ. (4 Ιανουάριου 2018), Ναι Στην Κυκλική Οικονομία (Όχι Στην Ανακύκλωση
Εσφαλμένων Πολιτικών)

Στυλιανός Μ. (2006), 'Φυσικά Συστήματα, Τεχνητοί Υγρότοποι Επεξεργασίας Υγρών
Αποβλήτων, Εφαρμογές και Συγκριτικά Αποτελέσματα', Διπλωματική Εργασία,
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Περιβάλλοντος

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2020, Νομοθεσία Οίνου,
[Http://www.Minagric.Gr/Index.Php/EI/For-Farmer-2/Crop-Production/Ampeli/Oin/353-
Oinos](http://www.Minagric.Gr/Index.Php/EI/For-Farmer-2/Crop-Production/Ampeli/Oin/353-Oinos)

ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ

(2020). Circular Food Supply Chains. *Food Science and Technology*, 34(1), 48–
51. Doi:10.1002/Fsat.3401_13.X

Angelakis N., Rolston. E. (1985). Transient Movement and Transformation of Carbon
Species in Soil During Wastewater Application. *Water Resources Research*, 21(8), 1141–
1148. Doi:10.1029/Wr021i008p01141

Bajaj M., Eiche E., Neumann T., Winter J., Gallert C. (2011). Hazardous Concentrations
of Selenium in Soil and Groundwater in North-West India. 189(3), 640–
646. Doi:10.1016/J.Jhazmat.2011.01.086

Brendan B. (20 August 2009), The Origin of Wine, Imbibing the Liquid of Fermented Fruit
May Have Had Its Start in Medicinal Traditions

Cobbold D. & Durand-Viel S. (2018), Larousse Wine

Eveborn D., Gustafsson J. P., Elmefors E., Yu L., Eriksson A.-K., Ljung E., Renman G.
(2014). Phosphorus in Soil Treatment Systems: Accumulation and Mobility. *Water
Research*, 64, 42–52. Doi:10.1016/J.Watres.2014.06.034

FAO, [Http://Www.Fao.Org/3/A0100e/A0100e05.Htm](http://www.fao.org/3/A0100e/A0100e05.htm)

Jouanneau S., Recoules L., Durand M.J., Boukabache A., Picot V., Primault Y., Lakel A., Sengelin M., Barillon B., Thouand G. (2014). Methods for Assessing Biochemical Oxygen Demand (Bod): A Review. *Water Research*, 49(), 62–82. Doi:10.1016/J.Watres.2013.10.066

Jung H. (2011). *Treatise on Water Science || Water in The Pulp and Paper Industry.*, 667–683. Doi:10.1016/B978-0-444-53199-5.00100-7

Modgil S., Gupta S., Sivarajah U., Bhushan B., May 2021, Big Data-Enabled Large-Scale Group Decision Making For Circular Economy: An Emerging Market Context, *Technological Forecasting And Social Change*, Volume 166, 120607, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120607>

Moraga G., Huysveld S., Mathieux F., Blengini G. A., Alaerts, Luc V.A., Karel, De M., Dewulf, Jo (2019). Circular Economy Indicators: What Do They Measure?. *Resources, Conservation and Recycling*, 146(), 452–461. Doi:10.1016/J.Resconrec.2019.03.045

Mosse K.P.M., Patti A.F., Christen E.W. and Cavagnaro T.R. (2011), Review "Winery Wastewater Quality and Treatment Options in Australia", Australian Society of Viticulture and Oenology Inc, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Vol. 17, Pp.: 111–122, <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00132.x>

Musee N. (December 2004), *An Integrated Approach to Waste and Energy Minimization in the Wine Industry: A Knowledge-Based Decision Methodology*, In the Department of Process Engineering at The University of Stellenbosch

Oliveira Margarida, D. E. (2016). *Integrated Approach to Winery Waste: Waste Generation and Data Consolidation*. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 168-176.

Peirce, J. Jeffrey (1998). *Environmental Pollution and Control || Measurement of Water Quality.*, 57–76. Doi:10.1016/B978-075069899-3/50005-5

Richard C., Kati M. (2009). Contribution of Wastewater Treatment Plant Effluents to Nutrient Dynamics in Aquatic Systems: A Review., 44(2), 205–217. Doi:10.1007/S00267-009-9309-5

Rozkošný M., Kriška M., Šálek J., Bodík I., Istenič D., February 2014, Natural Technologies of Wastewater Treatment

Samer M. (2015). Wastewater Treatment Engineering || Biological and Chemical Wastewater Treatment Processes., 10.5772/59384(Chapter 1), -. Doi:10.5772/61250

Serediak N.A. (2014). Treatise on Geochemistry || Eutrophication of Freshwater Systems, 305–323. Doi:10.1016/B978-0-08-095975-7.00908-6

Sillanpää M. (2019). The Circular Economy || Circular Economy., 37–68. Doi:10.1016/B978-0-12-815267-6.00002-5

Skiba U. (2008). Encyclopedia of Ecology || Denitrification., 866–871. Doi:10.1016/B978-008045405-4.00264-0

Steinkraus K.H. (2009), Encyclopedia of Microbiology (Third Edition), Pages 138-143

Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles And Management Issues First Edition, 1997, Isbn-13: 978-0070632370, Isbn-10: 0070632375

Tchounwou P., Yedjou C., Patlolla A., Sutton D., 2012, Heavy Metals Toxicity And The Environment, Doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6

Vera A., Moreno J.L., García C., Morais D., Bastida F. (2019). Boron in Soil: The Impacts on The Biomass, Composition and Activity of The Soil Microbial Community. Science of The Total Environment, 685, 564–573. Doi:10.1016/J.Scitotenv.2019.05.375

Vlachos V. (7 March 2017), A Macroeconomic Estimation of Wine Production in Greece, <https://doi.org/10.1016/J.Wep.2017.03.001>

Vlyssides A.G., Barampouti E.M. and Mai S. (2005), "Wastewater Characteristics from Greek Wineries and Distilleries", Water Science and Technology, Vol. 51, Pp.:53–60
Whitacre, David M. (2012). [Reviews of Environmental Contamination and Toxicology] Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 215 || The Fate of Arsenic in Soil-Plant Systems., 10.1007/978-1-4614-1463-6(Chapter 1), 1–37. Doi:10.1007/978-1-4614-1463-6_1