

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και
Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Παραγωγή Βιοαερίου από Απόβλητα Ελαιοτριβείου
Ματθαίος Κοντονίκας

Επιβλέπων Καθηγητής
Ασπασία Ευθυμιάδου

Δεκέμβριος 2018

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Παραγωγή Βιοαερίου από Απόβλητα Ελαιοτριβείου

Ματθαίος Κοντονίκας

**Επιβλέπων Καθηγητής
Ασπασία Ευθυμιάδου**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και εφαρμοσμένων επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Δεκέμβριος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία με θέμα Παραγωγή Βιοαερίου από απόβλητα ελαιοτριβείου έχει ως σκοπό να μπορέσει να αναλύσει την έννοια του βιοαερίου, της αναερόβιας χώνευσης, την διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου, τα απόβλητα που σχηματίζονται από αυτή την διαδικασία, η μεταχείριση αυτών και να περιγραφεί μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου. Αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση της έννοιας του βιοαερίου, των ιδιοτήτων και της χρήσης καθώς και τα πλεονεκτήματα αυτού . Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει μια ανάλυση της διαδικασίας παραγωγής ελαιολάδου και των συστημάτων που χρησιμοποιούνται για αυτή την διαδικασία. Επιπλέον θα γίνει αναφορά στους τύπους των αποβλήτων των ελαιοτριβείων και στις επιπτώσεις που προκαλούνται στο περιβάλλον. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι τρόποι επεξεργασίας και μεταχείρισης αυτών των αποβλήτων καθώς και αναλύετε η έννοια της αναερόβιας χώνευσης. Ακολουθεί το τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο όπου γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστεί μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου από τα απόβλητα ενός ελαιοτριβείου. Ακολουθούν τα συμπεράσματα και η Βιβλιογραφία.

SUMMARY

The present paper "Biogas production from waste oil" aims to analyze the concept of biogas, arabic fertilization, the wine production process, the waste generated by this process, how to deal with it and the description of a biogas biogas plant. Initially, the first chapter will analyze the concept of biogas, its properties and its use as well as its advantages. In the next chapter we will analyze the production process of the olive oil and the systems used for this process. In addition, reference will be made to the types of oil mill waste and to the environmental impact. The third chapter analyzes the ways of treatment and treatment of these wastes as well as the analysis of the anaerobic digestion term. Here is the fourth and final chapter where an attempt is made to present a biogas plant from the waste of an olive press. Here are the conclusions and the Bibliography.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Εισαγωγή | 9 |
| 1.1 | Γενικά | 9 |
| 1.2 | Το Βιοαέριο | 9 |
| 1.3 | Ιστορική Αναδρομή | 11 |
| 1.4 | Χρήση βιοαερίου στην Ε.Ε | 13 |
| 1.5 | Η χρήση Βιοαερίου στην Ελλάδα | 14 |
| 1.6 | Χρήση του βιοαερίου | 17 |
| 1.6.1 | Άμεση καύση και χρήση της θερμότητας | 17 |
| 1.6.2 | Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) | 18 |
| 1.6.3 | Μηχανές αερίου Otto | 19 |
| 1.7 | Πλεονεκτήματα του βιοαερίου | 20 |
| 1.8 | Μειονεκτήματα του βιοαερίου | 25 |
| 2 | Βιβλιογραφική Ανασκόπηση | 27 |
| 2.1 | Γενικά | 27 |
| 2.2 | Επεξεργασία και Τεχνολογίες Παραγωγής Ελαιολάδου | 28 |
| 2.2.1 | Παραδοσιακή μέθοδος παραγωγής λαδιού | 29 |
| 2.2.2 | Συνεχής Φυγοκεντρικές Μέθοδοι | 30 |
| 2.2.3 | Στάδιο Πλυσίματος και Αποφύλλωσης ελαιοκάρπου | 32 |
| 2.2.4 | Σύνθλιψη | 32 |
| 2.2.5 | Μάλαξη | 34 |
| 2.2.6 | Η Οριζόντια φυγοκέντρωση | 35 |
| 2.2.7 | Τελικός διαχωρισμός ελαιολάδου | 36 |
| 2.3 | Κατανάλωση νερού για την παραγωγή του ελαιολάδου | 37 |
| 2.4 | Παραγωγή Στερεών και Υγρών Αποβλήτων κατά τη διαδικασία Παραγωγής του ελαιολάδου | 38 |
| 2.5 | Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Υγρών Αποβλήτων | 41 |
| 2.5.1 | Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα | 43 |
| 2.5.2 | Επιπτώσεις στους υδροφόρους ορίζοντες και στην υδρόβια πανίδα | 44 |
| 2.5.3 | Επιπτώσεις στις Καλλιέργειες και στο Έδαφος | 46 |
| 2.6 | Νομικό πλαίσιο για Απόβλητα Ελαιοτριβείων | 47 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.7 | Το Νομικό Πλαίσιο στην Ελλάδα | 47 |
| 3 | Μονάδα παραγωγής βιοαερίου..... | 49 |
| 3.1 | Τμήματα μιας μονάδας βιοαερίου | 49 |
| 3.2 | Μονάδα παραλαβής πρώτης ύλης | 52 |
| 3.3 | Αποθήκευση της πρώτης ύλης | 52 |
| 3.4 | Βελτίωση της πρώτης ύλης | 54 |
| 3.5 | Σύστημα τροφοδοσίας | 58 |
| 3.6 | Αντλίες για τη μεταφορά των υγρών αποβλήτων του Ελαιοτριβείου | 59 |
| 3.7 | Μεταφορά στοιβάσιμης πρώτης ύλης | 62 |
| 3.8 | Παρελκόμενα και σωληνώσεις | 64 |
| 3.9 | Σύστημα θέρμανσης | 64 |
| 3.10 | Χωνευτές | 65 |
| 3.10.1 | Χωνευτές ασυνεχούς τύπου | 65 |
| 3.10.2 | Χωνευτές συνεχούς τύπου | 67 |
| 3.11 | Συντήρηση των χωνευτών | 70 |
| 3.12 | Τεχνολογίες ανάδευσης | 72 |
| 3.13 | Μηχανική ανάδευση | 73 |
| 3.13.1 | Πνευματική ανάδευση | 75 |
| 3.13.2 | Υδραυλική ανάδευση | 75 |
| 3.14 | Αποθήκευση του βιοαερίου | 76 |
| 3.14.1 | Δεξαμενές χαμηλής πίεσης | 76 |
| 3.14.2 | Αποθήκευση βιοαερίου μέσης και υψηλής πίεσης | 77 |
| 3.15 | Πυρσοί βιοαερίου | 78 |
| 3.16 | Καθαρισμός του βιοαερίου | 78 |
| 3.16.1 | Αποθείωση | 80 |
| 3.17 | Σχεδιασμός και κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου | 81 |
| 3.18 | Εξασφάλιση συνεχούς εφοδιασμού με πρώτη ύλη | 82 |
| 3.19 | Χωροθέτηση της μονάδας βιοαερίου | 82 |
| 3.20 | Ασφάλεια των μονάδων βιοαερίου | 82 |
| 4 | Μεθοδολογία-Μέθοδοι διαχείρισης στερεών και υγρών αποβλήτων..... | 85 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.1 | Γενικά | 85 |
| 4.2 | Βιολογική επεξεργασία | 85 |
| 4.2.1 | Αερόβιες διαδικασίες | 85 |
| 4.2.2 | Αναερόβιες διεργασίες | 87 |
| 4.2.3 | Φυσικοχημική επεξεργασία | 89 |
| 4.3 | Φυσική μεταχείριση | 92 |
| 4.4 | Η διαδικασία αναερόβιας χώνευσης | 93 |
| 4.5 | Υδρόλυση | 94 |
| 4.6 | Οξυγένωση | 94 |
| 4.7 | Οξικογένωση | 95 |
| 4.8 | Μεθανογένωση | 95 |
| 4.9 | Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση | 96 |
| 4.9.1 | Θερμοκρασία | 97 |
| 4.9.2 | pH | 97 |
| 4.9.3 | Θρεπτικά | 97 |
| 4.9.4 | Τοξικές ουσίες | 97 |
| 4.9.5 | Αλκαλικότητα | 98 |
| 4.10 | Η πολυκριτηριακή ανάλυση | 98 |
| 4.11 | Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας | 101 |
| 4.12 | Η εξέλιξη της πολυκριτηριακής ανάλυσης | 102 |
| 4.13 | Η κατάσταση σήμερα και η πολυκριτηριακή ανάλυση | 103 |
| 4.14 | Η κατάσταση σήμερα και η πολυκριτηριακή ανάλυση | 104 |
| 4.15 | Σύγκριση μεθόδων - Πολυκριτηριακή ανάλυση | 106 |
| 5 | Αποτελέσματα..... | 109 |
| 5.1 | Αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης | 109 |
| 5.2 | Πλεονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης | 110 |
| 6 | Συμπεράσματα..... | 111 |
| 6.1 | Αειφόρος διαχείριση αποβλήτων ελαιοτριβείου | 111 |
| 6.2 | Συμπεράσματα | 114 |

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

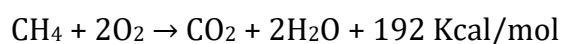
Τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της αυξημένης παραγωγής αποβλήτων από την κατανάλωση προϊόντων αλλά και από την διαδικασία παραγωγής και τυποποίησης απασχολεί τόσο τον επιστημονικό τομέα όσο και την κοινωνία η αξιοποίηση αυτών των παραγόμενων αποβλήτων. Παρότι έχουν γίνει προσπάθειες για την προληπτική αντιμετώπιση εντούτοις το πρόβλημα καθίσταται όλο και πιο σημαντικό. Συνέπεια των παραπάνω είναι να πραγματοποιούνται μελέτες όσο αφορά την ανακύκλωση αυτών των υπολειμμάτων καθώς και την χρήση τους για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Η παραγωγή Βιοαερίου μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της αναερόβιας χώνευσης των οργανικών αποβλήτων π.χ. στερεή και υδαρή κοπριά. Προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο και το χωνεμένο υπόλειμμα. Με τον όρο αναερόβια χώνευση εννοείται η μικροβιακή αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, η οποία πραγματοποιείται απουσίας οξυγόνου σε χωνευτές. Οι χωνευτές είναι μεγάλες αεροστεγείς δεξαμενές, οι οποίες λειτουργούν ως αντιδραστήρες. (Al Seadi et al. 2008).

1.2 Το Βιοαέριο

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το βιοαέριο σχηματίζεται από την αναερόβια μικροβιακή αποσύνθεση οργανικών ενώσεων και θεωρείται ένα εύφλεκτο μείγμα αερίων. Τα αέρια από τα οποία αποτελείται είναι κυρίως από μεθάνιο

(CH₄) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), τα οποία σχηματίζονται από την μικροβιακή αποσύνθεση των αποβλήτων και η σύνθεση αυτών των αερίων εξαρτάται από την ουσία που αποσυντίθεται. Συνεπώς εάν το υλικό αποτελείται κυρίως από υδατάνθρακες, όπως γλυκόζη και άλλα απλά σάκχαρα καθώς και υψηλού μοριακού βάρους ενώσεις π.χ. πολυμερή όπως η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη, η παραγωγή μεθανίου είναι χαμηλή. Στην περίπτωση όμως όπου η περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι υψηλή, τότε η παραγωγή μεθανίου είναι επίσης υψηλή (Syed et al, 2013).

Σχετικά με το μεθάνιο είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο με σημείο βρασμού - 162 ° C και έχει μπλε φλόγα κατά τη διάρκεια της καύσης του. Επιπλέον, το μεθάνιο είναι το κύριο συστατικό (77-90%) του φυσικού αερίου. Χημικά, το μεθάνιο ανήκει στα αλκάνια και είναι η απλούστερη δυνατή μορφή αυτών. Σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, το μεθάνιο έχει πυκνότητα περίπου 0,75 kg / m³. Λόγω του ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι κάπως βαρύτερο, το βιοαέριο έχει ελαφρώς μεγαλύτερη πυκνότητα η οποία είναι 1,15 kg / m³. Το καθαρό μεθάνιο έχει ανώτερη θερμογόνο δύναμη 39,8 MJ / m³, που αντιστοιχεί σε 11,06 kWh / m³. Το μεθάνιο (CH₄) είναι η βασική ένωση στο μίγμα του βιοαερίου και είναι αυτό που του προσδίδει ιδιότητες καυσίμου. Το μεθάνιο καίγεται με μεγάλη ευκολία σύμφωνα με την εξώθερμη αντίδραση καύσης



Στην περίπτωση όπου πραγματοποιηθεί ανάμιξη του βιοαερίου με 10-20% αέρα τότε καθίσταται ως εκρηκτικό . Παρακάτω στον Πίνακα 1 δίνεται η σύσταση και η περιεκτικότητα των αερίων τα οποία αποτελούν το Βιοαέριο (Jørgensen, 2009).

Πίνακας 1.Σύσταση και περιεκτικότητα των αερίων που αποτελούν το Βιοαέριο

| Gas | % |
|---|---------|
| Μεθάνιο (CH ₄) | 55 – 70 |
| Διοξείδιο του άνθρακα(CO ₂) | 30 – 45 |
| Υδρόθειο (H ₂ S) Ηδρογόνο (H ₂) Αμμωνία (NH ₃) | 1 – 2 |
| Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) | ίχνη |
| Άζωτο (N ₂) | ίχνη |
| Οξυγόνο (O ₂) | Ίχνη |

1.3 Ιστορική Αναδρομή

Η ύπαρξη του φυσικού βιοαερίου έγινε γνωστή από τον 17ο αιώνα , ενώ πειράματα τα οποία σχετίζονταν με την κατασκευή συστημάτων και εγκαταστάσεων βιοαερίου άρχισαν ήδη από τα μέσα του 19ου αιώνα. Ένα από τα παλαιότερα συστήματα βιοαερίου θεωρείται η σηπτική δεξαμενή, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία λυμάτων από τα τέλη του 19ου αιώνα και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για ιδιοκτησίες όπου δεν υπάρχει αποχετευτικό σύστημα.

Στη δεκαετία του 1890, ο Άγγλος Donald Cameron έκτισε μια ειδική σηπτική δεξαμενή, από την οποία συλλέχθηκε το αέριο και εν συνεχεία χρησιμοποιήθηκε για το φωτισμό του δρόμου. Στη Δανία, η κατασκευή εγκαταστάσεων βιοαερίου για την επεξεργασία λυμάτων άρχισε μόλις τη δεκαετία του 1920. Το αέριο αρχικά χρησιμοποιήθηκε για τη θέρμανση της δεξαμενής όπου ο κύριος σκοπός του δεν ήταν να εξαχθεί ενέργεια αλλά να αποσυντεθεί η οργανική ύλη στα λύματα και έτσι να μειωθεί και να σταθεροποιηθεί η λάσπη, η οποία είναι προϊόν

της διαδικασίας επεξεργασίας. Στη συνέχεια την επόμενη περίοδο και μέχρι λίγο μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, σημειώθηκε ουσιαστική αύξηση της βιομηχανίας βιοαερίου, ιδίως στη Γερμανία, τη Βρετανία και τη Γαλλία, και η τεχνολογία βρήκε προοδευτικά το δρόμο της στη γεωργία με κύριο σκοπό την παραγωγή ενέργειας (Jørgensen, 2009). Στα τέλη της δεκαετίας του 1950, η ανάπτυξη σχεδόν σταμάτησε, εντούτοις, λόγω της οικονομίας των ορυκτών καυσίμων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Το ενδιαφέρον για το βιοαέριο αναζωπυρώθηκε μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970 μετά την πετρελαϊκή κρίση το 1973 (Comparetti et al, 2013)..

Παράλληλα στην Ασία σε χώρες όπως η Κίνα, το Βιετνάμ, η Ινδία το Νεπάλ κ.λ.πέχουν εγκατασταθεί εκατομμύρια χωνευτές βιοαερίου, χαρακτηριζόμενοι ως απλοί και μικρής κλίμακας, οι οποίοι έχουν σκοπό την παραγωγή βιοαερίου για την κάλυψη των βασικών τους αναγκών όπως ο φωτισμός και μαγείρεμα (Nijaguna, 2006). Όσον αφορά την Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική έχουν εγκατασταθεί αρκετές χιλιάδες αγροτικές μονάδες βιοαερίου κάποιες εκ των οποίων είναι μεγάλης κλίμακας και χρησιμοποιούν υψηλή τεχνολογία. Για παράδειγμα στη Γερμανία οι μονάδες που λειτουργούσαν σε αγροτικές περιοχές για την παραγωγή βιοαερίου το 2007 ξεπερνούσαν τις 3.700 (Syed et al, 2013).

Συγκεκριμένα στη Δανία το κράτος ξεκίνησε ένα πρόγραμμα έρευνας και ανάπτυξης που έχει ως στόχο τη δοκιμή και την κατασκευή διαφορετικών τύπων μονάδων παραγωγής βιοαερίου χρησιμοποιώντας τη ζωική κοπριά ως την κύρια πηγή βιομάζας. Σήμερα πλέον υπάρχουν περίπου 60 εγκαταστάσεις βιοαερίου σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Αυτές οι μονάδες παραγωγής βιοαερίου λαμβάνουν επίσης μεγάλες ποσότητες οργανικών αποβλήτων από τη βιομηχανία τροφίμων και τα σφαγεία, όπου από τα απόβλητα εξάγεται η ενέργεια και τα θρεπτικά συστατικά, τα οποία ανακυκλώνονται στον αγροτικό τομέα. Εκτός αυτού, υπάρχουν και ορισμένες μονάδες παραγωγής βιοαερίου που συνδέονται με χώρους υγειονομικής ταφής και με διαφορετικές βιομηχανίες που παράγουν λύματα υψηλής οργανικής περιεκτικότητας ενέργειας (Jørgensen, 2009).

Στην Αμερική και σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, ο Καναδάς αλλά και πολλές της Λατινικής Αμερικής έχουν ξεκινήσει τόσο την ανάπτυξη όσο και την

εγκατάσταση σύγχρονων μονάδων παραγωγής βιοαερίου ενώ παράλληλα εφαρμόζονται ευνοϊκές πολιτικές με σκοπό για την υλοποίηση των στόχων (Agapitidis and Zafiris, 2006)

1.4 Χρήση βιοαερίου στην Ε.Ε

Η χρήση του βιοαερίου στην Ε.Ε είναι πάρα πολύ διαδεδομένη με αποτέλεσμα να έχουν κατασκευαστεί πάνω από 3000 μονάδες βιοαερίου, οι οποίες λειτουργούν σε εμπορική κλίμακα στις χώρες της ΕΕ. Την τριετία 2004 έως 2007 παρατηρήθηκε μια αξιοσημείωτη αύξηση της παραγωγής βιοαερίου, δηλαδή από 4 εκ. TΠΠ το 2004, σε 4,9 εκ TΠΠ το 2005 και 5,35 εκ TΠΠ το 2006. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο το 2006 έφτασε σε 17.272 GWh. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο για το 2010 προσδιορίστηκε σε 8,6 εκ TΠΠ. Ως ιδιαίτερη περίπτωση εμφανίζεται η χώρα της Σουηδίας. Σύμφωνα με Swedish Gas Center, το 2007 λειτούργησαν 233 μονάδες, όπου η συνολική παραγωγή βιοαερίου έφτασε τα 1,3 TWh/y. Από αυτές; Τις μονάδες οι 139 είναι βιολογικοί καθαρισμοί, οι 70 είναι ΧΥΤΑ, ενώ υπάρχουν και 13 κεντρικές μονάδες συνδυασμένης χώνευσης, με τη συνολική παραγωγή βιοαερίου να φτάνει τα 0.56 TWh/y, 0.46 TWh/y και 0,16 TWh/y αντίστοιχα. Επιπλέον οι μονάδες αναβάθμισης του βιοαερίου σε βιομεθάνιο φτάνουν σε 31, οι δημόσιοι σταθμοί διανομής βιοαερίου σε 63, οι σταθμοί διανομής βιοαερίου αποκλειστικά για λεωφορεία σε 18. Ακόμη συνολικά κινούνται με μεθάνιο 5298 οχήματα από τα οποία 4519 είναι επιβατικά, 225 είναι φορτηγά και 554 είναι λεωφορεία. Το 54% από τις συνολική ποσότητα αερίου που χρησιμοποιείται στη Σουηδία είναι βιοαέριο, ενώ το υπόλοιπο είναι φυσικό αέριο. Το κόστος παραγωγής βιοαερίου κυμαίνεται από 0,17 - 0,50€/m³, ενώ η τιμή αγοράς του αναβαθμισμένου βιοαερίου ανέρχεται από 0,70 έως 0,90€/m³. Στη Σουηδία δίνεται μια σειρά παροχών για όσους πολίτες έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν ως καύσιμο στο αυτοκίνητο τους βιοαέριο όπως:

- ✓ η ελεύθερη στάθμευση σε πολλές πόλεις,
- ✓ απαλλαγή τόσο από τα τέλη κυκλοφορίας όσο και από τα διόδια στην πόλη της Στοκχόλμης,

- ✓ τους παρέχεται ετήσια φοροαπαλλαγή στο ποσό των 450 € αν τα οχήματα τους είναι επαγγελματικά, ενώ τα ταξί κινούνται σε ειδικές λωρίδες,
- ✓ μείωση φόρου έως 40% σε εταιρείες που έχουν οχήματα κίνησης με βιοαέριο.
- ✓ δεν υπάρχει φορολογία στο βιοαέριο παρά μόνο ΦΠΑ.

Τα τελευταία χρόνια στη Δανία επικρατεί η κατεύθυνση δημιουργίας κεντρικών μονάδων συνδυασμένης χώνευσης αποβλήτων, ενώ στην Γερμανία έχουν αναπτυχθεί μικρής κλίμακας αγροτοκτηνοτροφικές με σκοπό τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου για μεταφορές ή την διοχέτευση του στο δίκτυο του φυσικού αερίου σε χώρες όπως η Σουηδία, η Ελβετία και η Αυστρία. (Agaritidis I. and Zafiris C. 2006, Al Seadi T. 2001, Rutz D. et al. 2008)

Το Ινστιτούτο Ενέργειας και Περιβάλλοντος της Γερμανίας αναφέρει ότι το δυναμικό του βιοαερίου στην Ευρώπη βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα έχοντας τη δυνατότητα της αντικατάστασης του φυσικού αερίου από το αναβαθμισμένο βιοαέριο, δηλαδή το βιομεθάνιο. Η εκτίμηση της δυναμικότητας του βιοαερίου στην Ευρώπη εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες όπως για παράδειγμα η διαθεσιμότητα των γαιών για γεωργικές χρήσεις, η οποία δεν θα έχει επιπτώσεις στην παραγωγή τροφίμων, η απόδοση των ενεργειακών καλλιιεργειών, η παραγωγή μεθανίου από τα υποστρώματα των πρώτων υλών και η ενεργειακή αποδοτικότητα της τελικής χρήσης του βιοαερίου. (AlSeadi, T. 2001, RutzD. et al. 2008).

1.5 Η χρήση Βιοαερίου στην Ελλάδα

Κατά την δεκαετία του '80, στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν μία σειρά από έργα για την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου με κύρια πρώτη ύλη τα κτηνοτροφικά απόβλητα και τα απόβλητα βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων, όπως για παράδειγμα τα απόβλητα των ελαιοτριβείων. Κάποια από αυτά τα έργα μη έχοντας εξασφαλίσει την επιστημονική κατάρτιση και υποστήριξη έπειτα από ένα χρονικό διάστημα σταμάτησαν την λειτουργία τους (Μρourke and Xatziathanasiou , 2000).

Η παραγωγή του βιοαερίου αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στις περιπτώσεις των ΧΥΤΑ και των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Εντούτοις, υπάρχει ακόμη έλλειψη τόσο της γνώσης αλλά και της πληροφόρησης σε ομάδες πολιτών που θα μπορούσαν να παράγουν βιοαέριο, όπως οι αγρότες οι κάτοχοι βιομηχανιών και το ευρύτερο κοινού γενικότερα, σχετικά με τις δυνατότητες της ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, της τελικής τους χρήσης (π.χ. παραγωγή ηλεκτρισμού, κάλυψη θερμικών αναγκών, έγχυση στο δίκτυο του φυσικού αερίου, χρήση ως καύσιμο στις μεταφορές) και των πλεονεκτημάτων τους.

Είναι δεδομένο ότι η αναερόβια χώνευση είναι μια μέθοδος, η οποία χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των αποβλήτων και στη χώρα μας δε συνοδεύεται από την παραγωγή βιοαερίου και ενέργειας τουλάχιστον όχι σε ευρεία κλίματα μέχρι στιγμής. Αυτό που γίνεται στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η διάθεση των αποβλήτων μετά από κάποια μορφή επεξεργασίας, - για την παράλληλη παραγωγή βιοαερίου και τη χρήση του υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικού αντί να υιοθετηθεί μια γνωστή και ολοκληρωμένη τεχνολογία όπως αυτής της αναερόβιας χώνευσης.

Ένας άλλος παράγοντας που μειώνει την δημιουργία εγκαταστάσεων αξιοποίησης των αποβλήτων για παραγωγή βιοαερίου είναι ότι ακόμη δεν έχουν δημιουργηθεί σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα για τη διάθεση των ανεπεξέργαστων αποβλήτων όπως αυτά της Δυτικής Ευρώπης. Ένας ακόμη ανασταλτικός παράγοντας είναι η μη εφαρμογή των νόμων όπως και σε αυτή όπου «ο ρυπαίνων πληρώνει» αφού παρότι η ελληνική περιβαλλοντική νομοθεσία είναι αυστηρή, σε πολλές περιπτώσεις δεν εφαρμόζεται επαρκώς.

Κατά το έτος 2006 οι ΑΠΕ συνεισέφεραν 1,8 ΜΤΠΠ της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης. Η βιομάζα συνεισέφερε το 56% αυτού καλύπτοντας κυρίως θερμικές ανάγκες (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2008). Το βιοαέριο που παρήχθη από ΕΕΛ, ΧΥΤΑ και λίγες βιομηχανικές εφαρμογές συνεισέφερε 36 χιλιάδες ΤΠΠ, κυρίως μέσω της ηλεκτροπαραγωγής. Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων βιοαερίου ανήλθε σε 24MW, ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ ήταν 3.894 MW. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο ανήλθε σε 92 GWh (1,1% στο σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ) (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2007).

Το έτος 2007 στην Ελλάδα λειτουργούσαν δεκαπέντε μονάδες βιοαερίου, όπου στις περισσότερες περιπτώσεις η εκμετάλλευση του βιοαερίου κάλυψε τις θερμικές

ανάγκες των μονάδων. Όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο ανήλθε σε 37,4 MW και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε 155,9 GWh8. Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας παρήχθη στην περιοχή της Αττικής, λόγω της λειτουργίας μονάδων βιοαερίου στην ΕΕΛ της Ψυτάλλειας και στον ΧΥΤΑ των Άνω Λιοσίων, χώροι στους οποίους πραγματοποιείται η επεξεργασία τόσο των υγρών όσο και των στερεών απόβλητα αντίστοιχα (ΚΑΠΕ, Βάση δεδομένων Δ/νσης Ενεργειακής Πολιτικής & Σχεδιασμού. 8 ΔΕΣΜΗΕ (www.desmie.gr)).

Η κύρια αγορά βιοαερίου στην Ελλάδα αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή από ΧΥΤΑ και Βιολογικούς Καθαρισμούς, ενώ η κάλυψη των θερμικών αναγκών είναι περιορισμένη και πραγματοποιείται μόνο για εσωτερική χρήση στις μονάδες όπου γίνεται Αναερόβια Χώνευση. Σήμερα υπάρχει η πεποίθηση ότι η ενεργειακή αγορά στην Ελλάδα είναι αρκετά ώριμη σχετικά με το βιοαέριο. Όμως είναι δεδομένο ότι απαιτείται περαιτέρω η ενδυνάμωση της εγχώριας ενεργειακής βιομηχανίας, έχοντας ως στόχο να προωθήσει τόσο την ανάπτυξη έργων βιοαερίου όσο και να μειώσει τα κόστη για τέτοιου είδους επένδυση (Sioulaset.al. , 1999 ; Chatziathanassiouetal 2002).

Στην Ελλάδα υπεύθυνοι για τη συλλογή, επεξεργασία και τελική διάθεση των υγρών και στερεών οικιακών αποβλήτων αλλά και για τη χάραξη πολιτικής είναι η Τοπική Αυτοδιοίκηση και Περιφερειακοί-Εθνικοί Φορείς Σε αυτές τις περιπτώσεις η διαθεσιμότητα των αποβλήτων είναι σταθερή και δεδομένη με εξαίρεση εποχιακές διακυμάνσεις λόγω του τουρισμού (Chatziathanassiouetal 2002).

Στην περίπτωση των γεωργοκτηνοτροφικών απόβλητων υπάρχει ιδιαίτερο ζήτημα, λόγω του υψηλού δυναμικού τους και της χωρικής τους διασποράς σε ολόκληρη την χώρα. Επιπλέον σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη γνώσης τόσο για τη δυναμικότητα των αποβλήτων όσο και για την εναλλακτική δυνατότητα εκμετάλλευσης του βιοαερίου. Για τη βιολογική διαδικασία και την παραγωγή βιοαερίου, παράμετροι όπως η σταθερή διαθεσιμότητα των αποβλήτων και η σύνθεσή τους είναι σημαντικοί. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, η εποχιακή παραγωγή αποβλήτων π.χ., ελαιοτριβείων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιτυχή υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου (AlSeadiandSioulas, 2008).

Παρότι στην Ελλάδα υπάρχει σημαντικό δυναμικό οργανικών αποβλήτων κυρίως από ζωικά απόβλητα στα αγροκτήματα δεν λειτουργούν μικρές μονάδες βιοαερίου . Αξίζει να σημειωθεί ότι λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους εκτρεφόμενους πληθυσμούς ζώων στην Ελλάδα των βοοειδών και των χοίρων έχει εκτιμηθεί ότι η θεωρητική παραγωγή ζωικών αποβλήτων σε ετήσια βάση ανέρχεται σε 10-17 εκατομμύρια τόνους.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), υπολογίζεται ότι η Αναερόβια Χώνευση ζωικών αποβλήτων και αποβλήτων σφαγείων καθώς και γαλακτοβιομηχανιών θα μπορούσε να τροφοδοτήσει μονάδες συμπαραγωγής συνολικής ισχύος 350 MW με μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 1.121.389 MWh(ZafiridisC. ,2007).

1.6 Χρήση του βιοαερίου

Το βιοαέριο παρέχει πολλές ενεργειακές χρήσεις, οι οποίες είναι ανάλογες της φύσης της πηγής και της τοπικής ζήτησης για μια συγκεκριμένη μορφή ενέργειας. Είναι αποδεκτό ότι το βιοαέριο δύναται να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας μέσω της άμεσης καύσης, για την παραγωγή ηλεκτρισμού από κυψέλες καυσίμου ή μικροστροβίλους για την συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) ακόμη και ως καύσιμο οχημάτων(Butz, 2014)

1.6.1 Άμεση καύση και χρήση της θερμότητας

Ο πιο απλός τρόπος για να χρησιμοποιηθεί το βιοαέριο είναι η άμεση καύση του σε είτε σε λέβητες είτε σε καυστήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται επι τω πλείστων, για το βιοαέριο που παράγεται σε μικρούς οικογενειακούς χωνευτές.

Η εφαρμογή της άμεσης καύσης πραγματοποιείται σε αρκετές χώρες, σε καυστήρες φυσικού αερίου. Το βιοαέριο δύναται να καεί για την παραγωγή θερμότητας είτε επί τόπου, είτε να μεταφερθεί μέσω σωληνώσεων στους τελικούς αποδέκτες. Όσον αφορά τις εφαρμογές θέρμανσης το βιοαέριο δεν χρειάζεται καμία αναβάθμιση, ενώ το επίπεδο μόλυνσής του είναι αρκετά μικρό

με αποτέλεσμα να μην περιορίζεται η χρήση του αερίου τόσο όσο στην περίπτωση άλλων εφαρμογών. Όμως το βιοαέριο πρέπει να υποβληθεί στη διαδικασία της συμπύκνωσης και της αφαίρεση των σωματιδίων, της συμπίεσης, της ψύξης και της ξήρανσης (Simeonovetal. , 2006 ;vanForeest, 2012).

1.6.2 Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)

Η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) μέσω της παραγωγής Βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση εφαρμόζεται σε πολλές χώρες και θεωρείται ως μια πολύ αποδοτική χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας. Πριν από τη μετατροπή του το βιοαέριο στραγγίζεται και ξηραίνεται. Οι περισσότερες μηχανές αερίου έχουν μέγιστα όρια για το υδρόθειο, τους αλογονικούς υδρογονάνθρακες και τις ενώσεις οργανοπυριτίου στο βιοαέριο. Σε μια τέτοια μονάδα που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης η αποδοτικότητα μπορεί να φτάσει μέχρι 90% και να παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.

Η πιο συνήθης εφαρμογή αυτών των μονάδων είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου συστοιχίας (BTTP), με κινητήρες καύσης, οι οποίοι συνδέονται με μια γεννήτρια. Συνήθως η γεννήτρια έχει μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής (1.500 στροφές/λεπτό) έτσι ώστε να είναι συμβατή με τη συχνότητα του δικτύου. Οι κινητήρες μπορεί να είναι μηχανές έγχυσης τύπου Otto, Ντίζελ ή πιλοτικές. Τόσο οι μηχανές αερίου Ντίζελ όσο και οι Otto λειτουργούν χωρίς πετρέλαιο ανάφλεξης, σύμφωνα με την αρχή του Otto. Η διαφορά αυτών των μηχανών έγκειται μόνο στη συμπίεση. Οι εναλλακτικές τεχνολογίες είναι ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης όπως οι μικροί αεριοστρόβιλοι, οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου. (Simeonovetal , 2006).

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο χρησιμοποιείται ως ενέργεια διεργασίας για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπως είναι οι αντλίες, τα συστήματα ελέγχου και οι αναδευτήρες.

Η χρήση της παραγόμενης θερμότητας αποτελεί σημαντικό ζήτημα για την ενεργειακή και την οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων του βιοαερίου. Είναι δεδομένο ότι ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται για τη

θέρμανση των χωνευτών, ενώ περίπου τα δύο τρίτα όλης της παραγόμενης ενέργειας έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές χρήσεις. Σε πολλές μονάδες βιοαερίου, όπως στη Γερμανία, έχουν σχεδιαστεί μόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς όμως να προβλεφθεί η διάθεση θερμότητας. Όμως πλέον σήμερα για την επίτευξη της οικονομικής βιωσιμότητας της μονάδας είναι υποχρεωτική η χρήση της θερμότητας. Οι νέες μονάδες βιοαερίου πρέπει να περιλαμβάνουν πάντα στο γενικό σχεδιασμό τους και τη διάθεση της θερμότητας. Η θερμότητα που παράγεται από βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις βιομηχανικές διεργασίες, στις αγροτικές δραστηριότητες ή στη θέρμανση κτιρίων.

Θεωρείται ότι ο καταλληλότερος χρήστης είναι η βιομηχανία λόγω του ότι η ζήτηση είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Όσον αφορά τη χρήση της θερμότητας από βιοαέριο για τη θέρμανση κτιρίων και νοικοκυριών η επιλογή δεν είναι η ιδανικότερη εξαιτίας της μεγάλης διακύμανσης που παρουσιάζει, δηλαδή χαμηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και υψηλή κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Μια άλλη χρήση της θερμότητας που προερχόμενης από το βιοαέριο είναι η ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου. Τέλος, η θερμότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμένα συστήματα «ηλεκτρισμού, θερμότητας, δροσισμού». Αυτή η διεργασία είναι γνωστή από τα ψυγεία και γίνεται η χρήση π.χ. για την ψυχρή αποθήκευση τροφίμων ή τον κλιματισμό. Η θερμότητα μετατρέπεται σε ψύξη μέσω της διεργασίας απορρόφησης. Προς το παρόν η χρήση του συνδυασμού «ηλεκτρισμός-θερμότητα-δροσισμός» στις μονάδες βιοαερίου είναι υπο εξέταση μέσω ερευνητικών προγραμμάτων (Karagiannidis et al, 2012)..

1.6.3 Μηχανές αερίου Otto

Οι μηχανές αυτού του τύπου αναπτύσσονται για τη χρήση του βιοαερίου σύμφωνα με την αρχή του Otto. Οι μηχανές λειτουργούν με πλεόνασμα αέρα, με σκοπό να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα. Συνέπεια αυτού είναι η μικρότερη κατανάλωση αερίου και η μειωμένη απόδοση του κινητήρα, τα οποία αντισταθμίζονται με τη χρήση ενός στροβιλοφουσητήρα

καυσαερίων. Το βιοαέριο που απαιτείται για αυτού του τύπου τις μηχανές πρέπει να περιέχει 45% σε μεθάνιο. Οι μικρότερες μηχανές, μέχρι 100 kWel, είναι συνήθως μηχανές Otto. Για την επίτευξη υψηλότερης ηλεκτρικής απόδοσης γίνεται η χρήση συστοιχιών, οι οποίες προσαρμόζονται σε ντιζελοκινητήρες. Και οι δύο τύποι μηχανών ονομάζονται «Μηχανές Αερίου Otto», διότι η βασική λειτουργία τους βασίζεται στην αρχή του Otto. Οι μηχανές Otto μπορούν να λειτουργούν είτε με βιοαέριο είτε με φυσικό αέριο. Συνεπώς η διπλή χρήση της μηχανής είναι ιδανική κυρίως κατά την φάση της εκκίνησης των μονάδων βιοαερίου, όπου αρχικά η θερμότητα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτών (Al Seadi et al, 2008).

1.7 Πλεονεκτήματα του βιοαερίου

Παρακάτω παρατίθενται τα πλεονεκτήματα της χρήσης Βιοαερίου από αναερόβια συγχώνευση (Sioulasetal.,2003):

- Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας:

Η παγκόσμια ενεργειακή τροφοδοσία εξαρτάται από τις ορυκτές πηγές ενέργειας όπως το αργό πετρέλαιο, ο λιγνίτης, ο λιθάνθρακας και το φυσικό αέριο. Οι πηγές αυτές προέρχονται από τα απολιθωμένα κατάλοιπα νεκρών ζώων και φυτών, τα οποία είχαν εκτεθεί σε συνθήκες θερμότητας και πίεσης στο φλοιό της γης κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα ορυκτά καύσιμα είναι μη ανανεώσιμοι πόροι και τα αποθέματα τους μειώνονται πολύ γρηγορότερα λόγω της συνεχούς αυξανόμενης ζήτησης. Από την άλλη το βιοαέριο που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς έχει παραχθεί από βιομάζα, η οποία είναι μία έμβια αποθήκη της ηλιακής ενέργειας μέσω της φωτοσύνθεσης. Το βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση δεν βελτιώνει μόνο το ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας αλλά συμβάλλει εξίσου σημαντικά τόσο στη διατήρηση των φυσικών πόρων όσο και στην προστασία του περιβάλλοντος (Surroop & Begue, 2012).

- Είναι φιλικό προς το περιβάλλον:

Εξαιτίας της χρήσης των ορυκτών καυσίμων κατά την καύση τους απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα. Όπως είναι γνωστό η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα προκαλεί την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα την ύπαρξη του φαινομένου του θερμοκηπίου. Κατά την καύση του βιοαερίου απελευθερώνει CO₂, αλλά η κύρια διαφορά είναι ότι ο άνθρακας του βιοαερίου ελήφθη πρόσφατα από την ατμόσφαιρα από την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών, δηλαδή η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται κατά τη χρήση του βιοαερίου είναι ίση με την ποσότητα που απαιτείται για την ανάπτυξη των φυτών. Αυτό, κατά κάποιο τρόπο, εξισορροπεί το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς, ο κύκλος άνθρακα του βιοαερίου είναι κλειστός σε ένα βραχύ χρονικό διάστημα (Ottinger et al, 2013).

Η παραγωγή βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση μειώνει τις εκπομπές του μεθανίου (CH₄) και του νιτρώδους οξειδίου (N₂O) λόγω της αποθήκευσης και χρήσης της ζωικής στερεής κοπριάς ως εδαφοβελτιωτικό. Η χρήση του βιοαερίου υποκαθιστά τα ορυκτά καύσιμα από την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές και μειώνει έτσι τις εκπομπές του CO₂, του CH₄ και του N₂O (Butz, 2014)..

- Αξιόπιστος:

Το γεγονός ότι παράγεται από ανανεώσιμες πηγές το καθιστά αξιόπιστο. Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή και η ηλιακή ενέργεια εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες ή τους παράγοντες της ημέρας που παράγουν συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή βιοαερίου συνεχίζεται ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες. Η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου συνεχίζεται χωρίς διακοπή (Al Seadi et al, 2008).

- Μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που εισέρχονται σε χώρους υγειονομικής ταφής:

Όλοι γνωρίζουμε ότι ο αυξημένος όγκος απορριμμάτων στους χώρους υγειονομικής ταφής προκαλεί περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως οι μυρωδιές και τα τοξικά υγρά που εκρέουν σε υπόγειες πηγές. Αντί να απορρίπτονται αυτά

τα οργανικά υλικά σε χώρους υγειονομικής ταφής, μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου.

- Απαιτεί χαμηλή κεφαλαιακή επένδυση

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαερίου είναι αρκετά φτηνή. Οι μονάδες βιοαερίου μπορούν να αναπτυχθούν ακόμη και στο σπίτι χρησιμοποιώντας υλικά που προέρχονται από τοπικά υλικά. Το παραγόμενο αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για το μαγείρεμα και την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το βιοαέριο μπορεί να συμπιεστεί για να επιτύχει την ποιότητα του φυσικού αερίου και να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αυτοκινήτων. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαερίου, όπως κοπριά, υπολείμματα καλλιέργειών, απορρίμματα τροφίμων και λάσπη λυμάτων, είναι απολύτως δωρεάν. Αυτό καθιστά το κόστος παραγωγής βιοαερίου σημαντικά χαμηλό.

- Δημιουργεί πράσινες εργασίες:

Οι μονάδες παραγωγής βιοαερίου έχουν δημιουργήσει εκατομμύρια θέσεις εργασίας στις περισσότερες χώρες, ιδίως στον τομέα της συλλογής αποβλήτων και της παραγωγής βιοαερίου. Για παράδειγμα, στην Ινδία, η βιομηχανία βιοαερίου δημιουργεί πάνω από 10 εκατομμύρια εργάσιμες μέρες κάθε χρόνο σε αγροτικές περιοχές.

- Ελαχιστοποιεί την υπεραντιστάθμιση των ορυκτών καυσίμων:

Πολλές χώρες όπως η Ινδία και η Κίνα έχουν επενδύσει πολλά χρήματα στον τομέα του βιοαερίου. Αυτό βοήθησε τις χώρες αυτές να περιορίσουν τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η πράξη αυτή βοήθησε ιδιαίτερα την Κίνα, τον κορυφαίο καταναλωτή ενέργειας στον κόσμο, να περιορίσει τη χρήση πηγών ενέργειας από ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας.

- Βελτιώνει το περιβάλλον :

Η συλλογή και διαχείριση αποβλήτων βελτιώνεται σημαντικά το αισθητικό τοπίο σε περιοχές με εγκαταστάσεις βιοαερίου. Περισσότεροι άνθρωποι ασχολούνται με τη συλλογή αποβλήτων προκειμένου να αποκτήσουν μια

περαιτέρω πηγή εισοδήματος. Αυτό οδηγεί σε συνολική υγιεινή και υγιεινή των περιοχών.

- Παράγει εμπλουτισμένη οργανική κοπριά:

Η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου αφήνει πίσω εμπλουτισμένη οργανική κοπριά (digestate), η οποία είναι ένα τέλειο συμπλήρωμα ή αντικατάσταση χημικών λιπασμάτων.

- Ευέλικτη και αποδοτική τελική χρήση του βιοαερίου:

Το βιοαέριο είναι ένας ευέλικτος ενεργειακός φορέας, κατάλληλος για πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Μία από τις απλούστερες εφαρμογές του βιοαερίου είναι το μαγείρεμα και ο φωτισμός, αλλά σε πολλές χώρες το βιοαέριο χρησιμοποιείται για τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας ή αναβαθμίζεται και τροφοδοτείται στα δίκτυα φυσικού αερίου ή ακόμη χρησιμοποιείται ως καύσιμο οχημάτων ή σε κυψέλες καυσίμου (Butz, 2014).

- Χαμηλές ανάγκες σε νερό:

Κατά την σύγκριση με άλλα βιοκαύσιμα, το βιοαέριο ακόμη και στη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης χρειάζεται τη μικρότερη ποσότητα νερού. Αυτή η πτυχή είναι πολύ σημαντική λόγω των μελλοντικών ελλείψεων υδάτινων πόρων σε πολλές περιοχές του κόσμου (Al Seadi et al, 2008).

Όσον αφορά τα περαιτέρω οφέλη που μπορούν να αποκομίσουν και να επωφεληθούν οι ίδιοι οι γεωργοί παρατίθενται παρακάτω:

- Πρόσθετη πηγή εσόδων για τους εμπλεκόμενους γεωργούς:

Η παραγωγή της πρώτης ύλης για τη λειτουργία των μονάδων βιοαερίου καθιστά τις τεχνολογίες του βιοαερίου οικονομικά ελκυστικές για τους γεωργούς καθώς συμβάλλει στην αύξηση του εισοδήματός τους. Χαρακτηρίζονται ως προμηθευτές ενέργειας και ως υπεύθυνοι για την επεξεργασία των αποβλήτων(Butz, 2014)..

- Χρήση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό:

Το χωνεμένο υπόστρωμα, που συνήθως ονομάζεται “χωνεμένο υπόλειμμα”, μετά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης είναι ένα πολύτιμο εδαφοβελτιωτικό

εδάφους, πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο και θρεπτικούς μικροοργανισμούς και μπορεί να εφαρμοστεί στα εδάφη με σκοπό την βελτίωση τους. Σε σχέση με την ακατέργαστη ζωική κοπριά, το χωνεμένο υπόλειμμα έχει βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης εξαιτίας της ομοιογένειας και της υψηλότερης διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών, την καλύτερη αναλογία C/N και τις σημαντικά μειωμένες οσμές (Al Seadi et al, 2008; Weiland, 2010).

- Κλειστός κύκλος θρεπτικών συστατικών:

Από την παραγωγή της πρώτης ύλης έως την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό, το βιοαέριο παρέχει ένα κλειστό κύκλο θρεπτικών συστατικών και άνθρακα. Το μεθάνιο (CH₄) χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και ξαναδεσμεύεται από τα φυτά κατά τη φάση της φωτοσύνθεσης. Η παραγωγή βιοαερίου μπορεί να ενσωματωθεί τέλεια στη συμβατική και οργανική γεωργία, όπου το χωνεμένο υπόλειμμα αντικαθιστά τα χημικά λιπάσματα, που παράγονται με την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας από ορυκτά καύσιμα.

- Ευελιξία χρήσης διαφορετικών πρώτων υλών:

Ως πρώτη ύλη μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι για την παραγωγή του βιοαερίου, όπως: στερεή ζωική και υδαρής κοπριά, υπολείμματα καλλιεργειών, οργανικά απόβλητα από την παραγωγή γαλακτοκομικών, τις βιομηχανίες τροφίμων και τις αγροτοβιομηχανίες, ιλύς υγρών αποβλήτων, οργανικό κλάσμα των δημοτικών στερεών αποβλήτων, τα οργανικά απόβλητα από τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις εστίασης, ενεργειακές καλλιέργειες. Βιοαέριο μπορεί επίσης να συλλεχθεί, με ειδικές εγκαταστάσεις, από τις χωματερές.

- Μειωμένες οσμές και μύγες:

Τόσο η αποθήκευση όσο και η εφαρμογή της υγρής κοπριάς, της ζωικής κοπριάς και πολλών οργανικών αποβλήτων αποτελούν την πηγή έμμονων, δυσάρεστων οσμών και προσέλκυσης μυγών. Η αναερόβια χώνευση μειώνει αυτές τις οσμές κατά 80% . Το χωνεμένο υπόλειμμα είναι σχεδόν άοσμο και οι υπόλοιπες

αναθυμιάσεις αμμωνίας εξαφανίζονται σε λίγες ώρες μετά από την εφαρμογή (Al Seadi et al, 2008).

- Κτηνιατρική ασφάλεια

Η χρήση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό βελτιώνει την κτηνιατρική ασφάλεια, όταν συγκρίνεται με τη μη επεξεργασμένη στερεή και υδαρή κοπριά. Η “απολύμανση” του χωνεμένου υπολείμματος επιτυγχάνεται μέσω της ίδιας της αναερόβιας χώνευσης καθώς υπάρχει ένας ελάχιστος χρόνος παραμονής του υποστρώματος μέσα στο χωνευτή, σε θερμόφιλη θερμοκρασία, ενώ μπορεί επίσης να επιτευχθεί σε επιμέρους τμήμα της διαδικασίας, με παστερίωση ή αποστείρωση υπό πίεση, ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης. Σε όλες τις περιπτώσεις, σκοπός είναι να αδρανοποιηθούν τα παθογόνα, να καθαριστούν οι σπόροι και οι άλλοι βιολογικοί κίνδυνοι και να αποφευχθεί η μετάδοση ασθενειών μέσω της εφαρμογής του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό.

1.8 Μειονεκτήματα του βιοαερίου

Τα μειονεκτήματα για την ανάπτυξη του βιοαερίου αναπτύσσονται παρακάτω (www.conserve-energy-future.com) :

- Μικρή εξέλιξη της τεχνολογίας

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή βιοαερίου σήμερα είναι υπο μελέτη και έρευνα. Δεν υπάρχουν ακόμη νέες τεχνολογίες για την απλούστευση της διαδικασίας και την άφθονη παραγωγή χαμηλού κόστους. Αυτό σημαίνει ότι η παραγωγή μεγάλης κλίμακας για να ικανοποιήσει μεγάλο πληθυσμό δεν είναι ακόμα δυνατή. Παρόλο που οι εγκαταστάσεις βιοαερίου που είναι διαθέσιμες σήμερα είναι σε θέση να καλύψουν ορισμένες ενεργειακές ανάγκες, τα περισσότερα άτομα και οι κυβερνήσεις δεν είναι διατεθειμένες να επενδύσουν σε μεγάλο βαθμό στον τομέα.

- Περιέχει προσμίξεις:

Το βιοαέριο εξακολουθεί να περιέχει ακαθαρσίες ακόμη και μετά από εξουγενισμό και συμπίεση. Όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο για να τροφοδοτεί αυτοκίνητα, μπορεί να διαβρώσει τις μηχανές σας και να οδηγήσει σε επιπλέον κόστος συντήρησης

- Δεν μπορεί να λειτουργήσει σε όλες τις τοποθεσίες:

Η παραγωγή βιοαερίου είναι εφικτή μόνο σε ορισμένες περιοχές όπου οι πρώτες ύλες βρίσκονται σε άφθονη προσφορά. Οι αγροτικές περιοχές παρέχουν τις καλύτερες τοποθεσίες για την κατασκευή μονάδων βιοαερίου. Ωστόσο, δεν είναι πρακτικό να κατασκευαστούν μονάδες βιοαερίου σε μεγάλες πόλεις.

- Δεν είναι οικονομικά βιώσιμη:

Σε σύγκριση με άλλα βιοκαύσιμα, η παραγωγή βιοαερίου δεν είναι ελκυστική οικονομικά, ειδικά σε μεγάλη κλίμακα. Είναι δύσκολο να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα των εγκαταστάσεων βιοαερίου, γεγονός που εξηγεί γιατί οι άνθρωποι και οι περισσότερες κυβερνήσεις είναι πρόθυμοι να επενδύσουν σε αυτόν τον τομέα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ

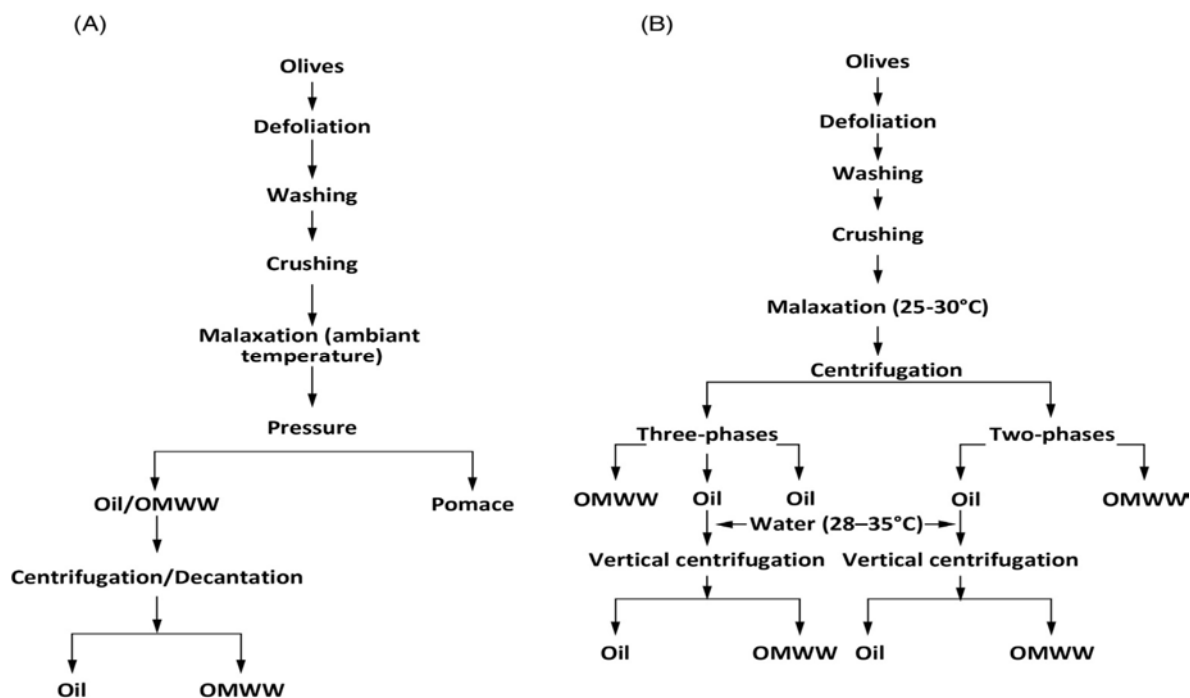
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Το ελαιόλαδο παράγεται από ελαιόδεντρα τα περισσότερα από τα οποία βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Υπάρχουν περίπου 25.000 ελαιοτριβεία παγκοσμίως και το 97% της συνολικής παραγωγής ελαιολάδου να παράγεται στις χώρες της Μεσογείου, ενώ συνολικά η Ευρωπαϊκή Ένωση παράγει το 80-84%. Οι μεγαλύτερες χώρες παραγωγής ελαιολάδου είναι η Ισπανία, η Ιταλία, και η Ελλάδα ακολουθούμενες από την Τουρκία, την Τυνησία, την Πορτογαλία, το Μαρόκο και την Αλγερία. Εκτός της λεκάνης της Μεσογείου, καλλιεργούνται ελιές στη Μέση Ανατολή, στις ΗΠΑ, στην Αργεντινή και στην Αυστραλία (Paraskeva and Diamadopoulos, 2006).

Η παραγωγή ελαιολάδου τείνει να αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες λόγω του ότι αποτελεί σημαντική πηγή αντιοξειδωτικών και βασικών λιπαρών οξέων στην ανθρώπινη διατροφή. Τα συστήματα εξαγωγής ελαιολάδου μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες: την παραδοσιακή διαδικασία συμπίεσης (Kapellakis et al., 2008), που χρησιμοποιήθηκε για πολλούς αιώνες με μικρές τροποποιήσεις και φυγόκεντρη διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει δύο συστήματα φυγοκέντρωσης, τα οποία ονομάζονται τριφασικά και διφασικά. Παράλληλα με την εξαγωγή του ελαιολάδου παράγονται και τεράστιες ποσότητες αποβλήτων όπου υπάρχει η άποψη ότι προκαλούν μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον γενικά και ειδικότερα στο έδαφος, στο νερό και στα φυτά λόγω της υψηλής φυτοτοξικότητάς τους. Τα περισσότερα ρυπογόνα και φυτοτοξικά απόβλητα είναι γνωστά ως απόβλητα ελαιοτριβείων (OMW). Κατά την παραγωγή ελαιολάδου, σχεδόν όλη η φαινολική περιεκτικότητα που

περιέχει ο καρπός της ελιάς περίπου σε ποσοστό 98% παραμένει στα υποπροϊόντα ελαιολιβίου (Rodis et al., 2002). Εκτός του ότι είναι ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα, η OMW αντιπροσωπεύει σήμερα μια πολύτιμη πηγή χρήσιμων ενώσεων οι οποίες μπορούν να ανακτηθούν και να αξιοποιηθούν (Hamza and Sayadi, 2015, Skaltsounis et al., 2015, Chiaiese et al., 2011)



Εικόνα 2.1. Μέθοδοι παραγωγής του ελαιόλαδου. (A) Παραδοσιακή διαδικασία (B) Νέες μέθοδοι.

2.2 Επεξεργασία και Τεχνολογίες Παραγωγής Ελαιολάδου

Πριν από την παραγωγή του ελαιόλαδου ο καρπός της ελιάς υπόκειται σε διάφορες διεργασίες, όπως η αφαίρεση φύλλων, το πλύσιμο, το σπάσιμο και η άλεση του ελαιοκάρπου, η μάλαξη και τέλος η παραλαβή του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη. Η ποσότητα καθώς και οι φυσικοχημικές ιδιότητες των παραγόμενων αποβλήτων εξαρτώνται από τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ελαιόλαδου. Το ελαιόλαδο εξάγεται απευθείας από τους

νωπούς καρπούς της ελιάς χρησιμοποιώντας μόνο μηχανικές μεθόδους, προκειμένου να διατηρήσει τα φυσικά οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά σύμφωνα με τον κανονισμό 1513/2001 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (EC, 2001). Οι καρποί θα πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά τη συγκομιδή για να ελαχιστοποιηθεί η οξείδωση και να διατηρηθεί η χαμηλή οξύτητα. (Gimeno et al., 2002, Kiritsakis et al., 1998). Οι μηχανικές διεργασίες που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή ελαιολάδου περιλαμβάνουν τη σύνθλιψη των ελιών, την πήξη του ελαιοπολτού και τον διαχωρισμό της ελαιώδους φάσης είτε με πίεση είτε με φυγοκέντρηση. Όσον αφορά τη φυγοκέντρηση χρησιμοποιούνται συνήθως τρία διαφορετικά συστήματα:

- η παραδοσιακή όπου εξάγεται το ελαιόλαδο με τη χρήση υδραυλικών πιεστηρίων
- φυγοκεντρικά τριών φάσεων
- φυγοκεντρικά 2 φάσεων

2.2.1 Παραδοσιακή μέθοδος παραγωγής λαδιού

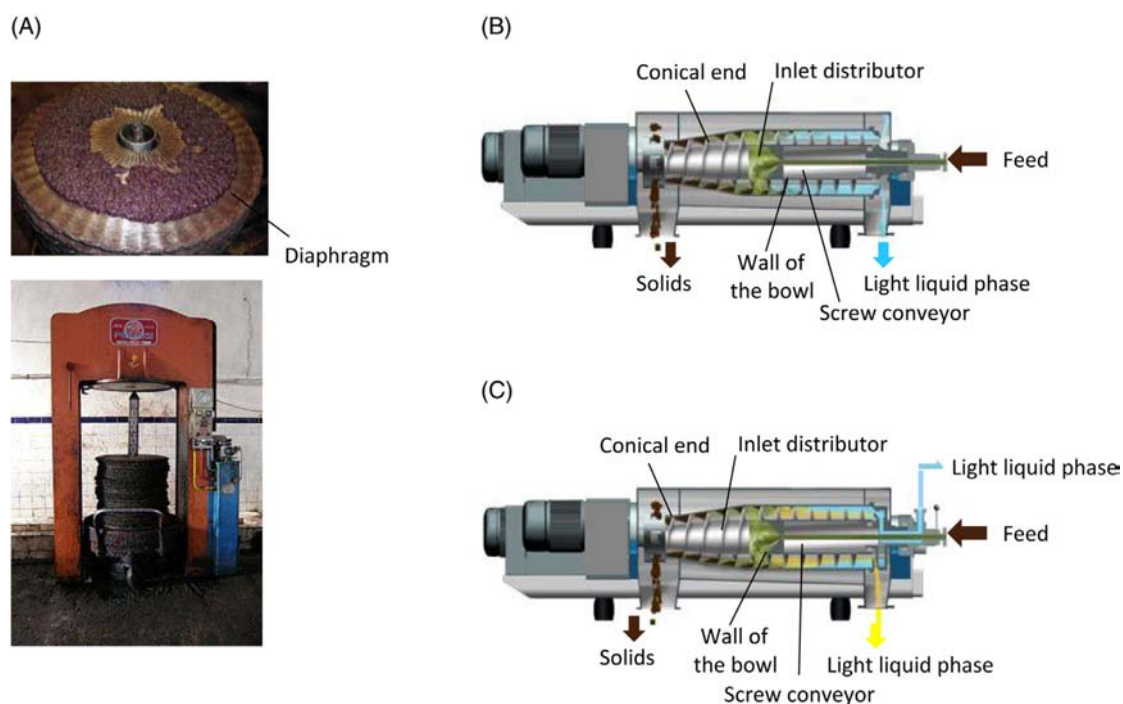
Παραδοσιακή πρέσα εξαγωγής χρησιμοποιείται ακόμα σε μερικά ελαιοτριβεία. Είναι μια ασυνεχής διαδικασία όπου πραγματοποιείται η άλεση των ελιών σε μύλους πέτρας, και η πάστα που δημιουργείται απλώνεται σε διαφράγματα ινών, τα οποία στοιβάζονται το ένα πάνω από το άλλο και στη συνέχεια τοποθετούνται στην πρέσα. Ασκώντας υδραυλική πίεση στους δίσκους παρατηρείται συμπύκνωση της στερεάς φάσης της πάστας ελιάς και έπειτα διήθηση των υγρών φάσεων δηλαδή του λαδιού και των υγρών. Για να διευκολυνθεί ο διαχωρισμός των υγρών φάσεων, το νερό περνάει από τις πλευρές των δίσκων με στόχο να αυξηθεί η ταχύτητα διήθησης. Οι δίσκοι κατασκευάζονται από συνθετικές ίνες, επιτρέποντας ευκολότερα τον καθαρισμό και συντήρηση αυτών (Kapellakis et al., 2008).

Αυτή η διαδικασία παράγει ένα στερεό κλάσμα που ονομάζεται ελαιοπυρήνας, ένα γαλάκτωμα που περιέχει το ελαιόλαδο και μια υδατική φάση. Το ελαιόλαδο τελικά διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα με απόχυση ή με κάθετη φυγοκέντρηση. Η

παραδοσιακή μέθοδος παράγει ελαιόλαδο υψηλής ποιότητας ωστόσο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιοι παράγοντες όπως ο καλός καθαρισμός των δίσκων καθώς και η ταχεία επεξεργασία της πάστας για την αποφυγή ζυμώσεων, με συνέπεια τη δημιουργία ανεπιθύμητων γεύσεων και τελικά τη τάγγιση του ελαιολάδου. Σήμερα, εξαιτίας της ανάγκης επεξεργασίας μεγάλων ποσοτήτων ελιών η μέθοδος αυτή εγκαταλείφθηκε με αποτέλεσμα την αντικατάσταση των παραδοσιακών ελαιοτριβείων με σύγχρονα συνεχή φυγοκεντρικά συστήματα.

2.2.2 Συνεχής Φυγοκεντρικές Μέθοδοι

Μετά από τα στάδια της πλύσης, της σύνθλιψης και της μάλαξης, ακολουθεί η εξαγωγή του ελαιολάδου, η οποία διεξάγεται κυρίως με τη χρήση μίας συνεχούς διαδικασίας βασισμένης σε φυγοκέντρωση με ένα διαχωριστή. Ο διαχωριστής έχει σχεδιαστεί με κοχλιοφόρο μεταφορέα και περιστρεφόμενο κύπελλο, επιτρέποντας έτσι την επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων ελαιοκάρπου σε σύντομο χρονικό διάστημα (Catalano et al., 2003)



Εικόνα 2.2. Διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου. (A) Σύστημα πίεσης. (B) Διαχωριστής (δυο φάσεων). (C) Διαχωριστής (τριών φάσεων). (flottweg.com).

Χρησιμοποιούνται δύο τύποι: η φυγόκεντρωση δύο φάσεων και η φυγοκέντρωση τριών φάσεων. Το συνεχές σύστημα των τριών φάσεων εισήχθη κατά τη δεκαετία του '70, προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγική ικανότητα και η απόδοση της εκχύλισης και να μειωθεί η εργασία (Demicheli and Bontoux, 1997). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας των τριών φάσεων απαιτείται προσθήκη ζεστού νερού για την πλύση του λαδιού. Η διαδικασία αποδίδει τρεις φάσεις: ελαιώδη φάση, στερεά κατάλοιπα, τα οποία ονομάζονται ελαιόπαστα και τα υγρά απόβλητα (OMWW). Το στερεό υπόλειμμα διαχωρίζεται από τις άλλες δύο φάσεις του διαχωριστή. Οι υγρές φάσεις στη συνέχεια υποβάλλονται σε κάθετη φυγοκέντρωση για το διαχωρισμό του ελαιόλαδο από την OMWW.

Ένα μειονέκτημα αυτής της διεργασίας είναι οι μεγάλες ποσότητες παραγόμενων αποβλήτων που οφείλονται στην υψηλή κατανάλωση νερού, δηλαδή 1,25-1,75 φορές περισσότερο νερό από την παραδοσιακή μέθοδο (Vlyssides et al., 2004). Η αποτυχία να αναπτυχθεί μια κατάλληλη τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων σε αυτό το σύστημα οδήγησε τους κατασκευαστές στην ανάπτυξη του συστήματος των δύο φάσεων τη δεκαετία του 1990. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί μόνο νερό πλύσης οπότε στην υγρή φάση παράγεται μόνο λάδι και ένα πολύ υγρό υπόστρωμα ελαιοπυρήνα με νερό σε ημιστερεά φάση που ονομάζεται διφασικό OMW (Vlyssides et al., 2004). Αυτή η μέθοδος έχει μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων σε νερό και της ποσότητας αποβλήτων που παράγονται, αλλά απαιτείται επιπλέον ενέργεια για την ξήρανση. Με το πέρασμα των χρόνων τα ελαιοτριβεία γίνονται μεγαλύτερα, αυξάνοντας έτσι τις πιθανότητες αυτοματοποίησης, γεγονός που αντανάκλα τη βελτίωση της απόδοσης και της ποιότητας του ελαιολάδου. Από τα παραπάνω απορρέει το συμπέρασμα ότι η λεπτομερής γνώση ολόκληρης της διαδικασίας παραγωγής ελαιολάδου είναι ζωτικής σημασίας για τον κατάλληλο σχεδιασμό στρατηγικών ελέγχου των αποβλήτων (Bordons and Nunez-Reyes, 2008).

2.2.3 Στάδιο Πλύσιματος και Αποφύλλωσης ελαιοκάρπου

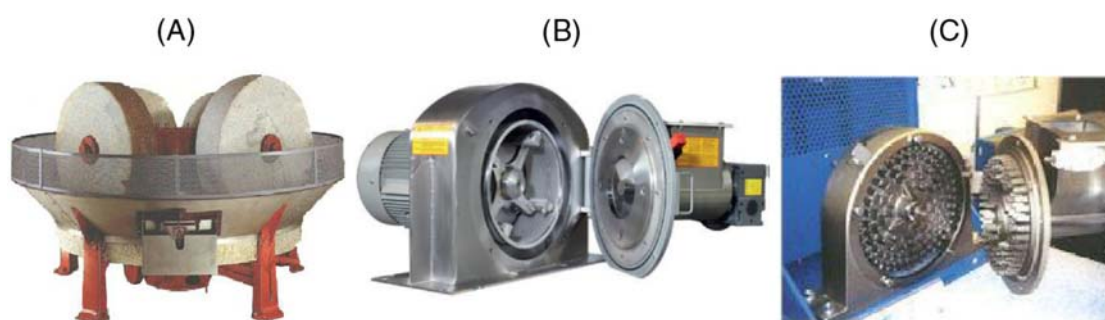
Το πρώτο βήμα στη διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου είναι ο καθαρισμός των καρπών και η αφαίρεση των στελεχών, των φύλλων, των κλαδιών και άλλων υπολειμμάτων που έχουν απομείνει μαζί με τις ελιές. Το πλύσιμο αποσκοπεί επίσης στην απομάκρυνση φυτοφαρμάκων και ακαθαρσιών. Οι μολυσματικές ουσίες απομακρύνονται με βαριά ροή αέρα και βαριά αντικείμενα, τα οποία βυθίζονται κατά το πλύσιμο. Το πλύσιμο των ελιών σε κλειστό σύστημα είναι ένα κρίσιμο σημείο ελέγχου στο ελαιοτριβείο λόγω της ανάπτυξης μικροβιακής μόλυνσης που μπορεί να προκύψει από τις ήδη υπάρχουσες βλάβες στους καρπούς. Επιπλέον, όταν οι ελιές αποθηκεύονταν βραχυπρόθεσμα τότε διαφοροποιούνται οι φαινόλες και οι λιπογενάσες με αρνητική επίδραση στην ποιότητα του λαδιού (Vichi et al., 2015).

2.2.4 Σύνθλιψη

Η διαδικασία της σύνθλιψης αποσκοπεί στη διάσπαση των κυτταρικών μεμβρανών των καρπών ελιάς και στην απελευθέρωση του ελαιολάδου (Rodis et al., 2002). Μέσω αυτής της διαδικασίας παράγεται ένα μίγμα δύο διακριτών υγρών φάσεων ακατέργαστου ελαιολάδου και νερού και μιας εξαιρετικά ετερογενούς στερεάς φάσης. Η σύνθλιψη μπορεί να θεωρηθεί κρίσιμο σημείο που επηρεάζει την ποιότητα του παραγόμενου ελαιολάδου, ιδιαίτερα όσον αφορά την περιεκτικότητα σε φαινόλες και τις πτητικές ενώσεις (Servili et al., 2015). Ο πολτός της ελιάς είναι πλούσιος σε φαινολικές ενώσεις ενώ αντίθετα ο σπόρος περιέχει χαμηλή συγκέντρωση φαινολών (Servili et al., 2004, 2007). Δύο ένζυμα, η Πολυφαινολική οξειδάση και υπεροξειδάση, βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στον πυρήνα της ελιάς. Συνεπώς, με τη διαδικασία της σύνθλιψης υπάρχει η άμεση επαφή των ενζύμων υπεροξειδάσης και πολυφαινολοξειδάσης (POD) με φαινολικές ενώσεις και προκαλείται η οξείδωσή τους. Σε αυτή τη φάση, δημιουργούνται οι κύριες υδρόφιλες φαινόλες του VOO. Ο έλεγχος της ενζυματικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια του σταδίου σύνθλιψης είναι μια καλή στρατηγική για τη διατήρηση μιας υψηλής φαινολικής συγκέντρωσης στο προκύπτον ελαιόλαδο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται

μέθοδοι σύνθλιψης όπου οι σπόροι δεν υπόκεινται μεγάλη σύνθλιψη οι ιστοί των σπόρων και έτσι περιορίζεται η απελευθέρωση του POD στην πάστα και μειώνεται ο ρυθμός οξείδωσης των υδρόφιλων φαινολικών ενώσεων (Servili et al., 2007, 2015).

Η σύνθλιψη πραγματοποιείται γενικά χρησιμοποιώντας παραδοσιακό μύλο πέτρας ή με θραυστήρες δίσκου ή με σφυρόμυλο (Εικόνα. 2.3). Ο σφυρόμυλος παράγει ελαιόλαδο με μεγαλύτερες ποσότητες φαινολικών ενώσεων σε σύγκριση με τους θραυστήρες πέτρας (Leone et al., 2015). Όσον αφορά την ποιότητα του ελαιολάδου, οι Leone et al. (2016) ανέφερε ότι μια θερμική επεξεργασία της πάστας ελιάς μετά τη σύνθλιψη βελτιώνει σημαντικά τις φαινολικές ενώσεις του ελαιολάδου σε σύγκριση με την παραδοσιακή διαδικασία.



Εικόνα 2.3 Τύποι θραυστήρων. (A) πέτρας (B) θραυστήρες δίσκοι (C) σφυρόμυλος. Φωτογραφίες : courtesy of Alfa Laval, Italy alfalaval.com.

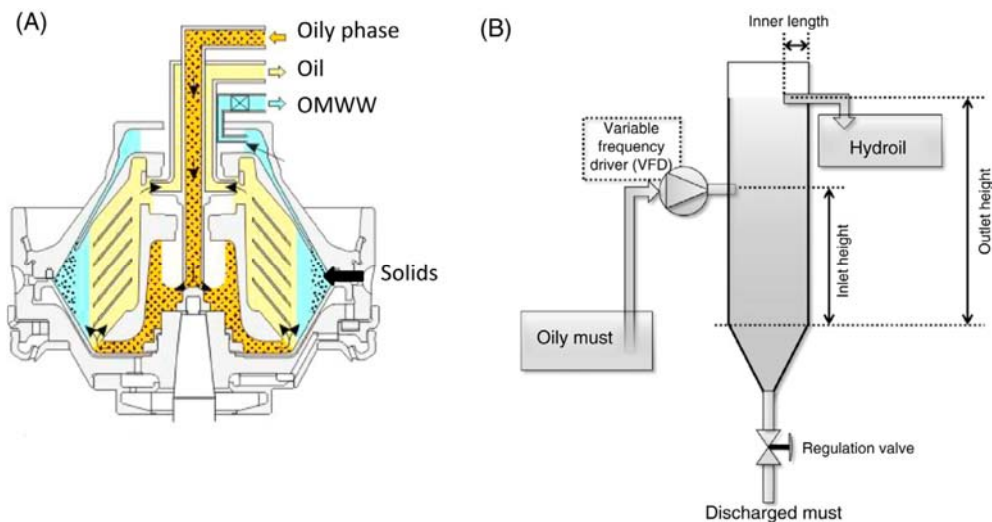
2.2.5 Μάλαξη

Με τη διαδικασία της μάλαξης παρατηρείται βραδεία και συνεχή ζύμωση της πάστας ελιάς με στόχο να διευκολυνθεί η συνοχή των μικρών σταγονιδίων ελαίου, τα οποία λαμβάνονται κατά τη διάρκεια του σταδίου σύνθλιψης, οδηγώντας με αυτό τον τρόπο στο διαχωρισμό του ελαίου από την υδατική φάση. Αυτό το βήμα είναι απαραίτητο για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων παραγωγής. Ο χρόνος και οι θερμοκρασίες της διαδικασίας της μάλαξης έδειξαν ότι επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα του ελαιόλαδου ιδιαίτερα το αρωματικό και φαινολικό προφίλ (Jiménez et al., 2014; Reboredo-Rodríguez et al., 2014). Οι Aliakbarian et al. (2008) έδειξαν ότι η αύξηση του χρόνου πήξης

από 90 σε 150 λεπτά μείωσε τη θρεπτική ποιότητα του ελαιολάδου, κυρίως λόγω της αυξημένης οξειδωσης των φαινολικών ενώσεων. Προκειμένου να υπάρχει συμβατότητα με την ποιότητα και την απόδοση του ελαιολάδου, συνιστάται μια χαμηλή θερμοκρασία πήξης και ένας χρόνος διεργασίας μεταξύ 30 και 45 λεπτών (Clodoneo et al., 2014). Ο παλιός τύπος μηχανών μαλάκυνσης έχει σχεδιαστεί με ένα κλείστρο σχαρών από ανοξείδωτο χάλυβα, το οποίο αναφέρθηκε ότι προκαλεί απώλεια των φαινολικών και πτητικών ενώσεων του πετρελαίου, λόγω των κυλίνδρων της άνω σχάρας (Amirante et al., 2006). Η ερμητική σφράγιση βελτιώνει τη μεταφορά θερμότητας που οδηγεί σε μείωση του χρόνου πήξης και επομένως μικρότερη απώλεια πτητικών ουσιών καθώς και πλήρη έλεγχο της ατμόσφαιρας που έρχεται σε επαφή με την πάστα (Leone et al., 2014). Πρόσφατα, οι Catania et al. (2016) έχουν αναπτύξει ένα σύστημα για τον έλεγχο της ατμόσφαιρας στον κεντρικό χώρο του μηχανήματος πήξης και τη βελτίωση της σύνθεσης λιπαρών οξέων του ελαιολάδου. Η αποτελεσματικότητα της πήξης μπορεί επίσης να βελτιωθεί με την προσθήκη συν-βοηθητικών ουσιών για να αυξηθεί η απόδοση ανάκτησης του ελαίου (Espinola et al., 2015, Guermazi et al., 2015).

2.2.6 Η Οριζόντια φυγοκέντρωση

Η διαδικασία της οριζόντιας φυγοκέντρωσης βασίζεται στη διαφορά της πυκνότητας των συστατικών της ελιάς, δηλαδή ελαιολάδου, νερού και αδιάλυτων στερεών. Οι διαχωριστήρες αποτελούνται από ένα κυλινδρικό κωνικό κύπελλο με κύλινδρο, όπου υπάρχει ένας κοχλίας, ο οποίος περιστρέφεται με διαφορεική ταχύτητα (Εικόνα 2.4B) (Skaltsounis et al., 2015).



Εικόνα 2.4 Σύστημα κατακόρυφης φυγοκέντρωσης και (B) πρωτότυπο υδροκυκλώνα (Altieri et al., 2015)

Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται λόγω της φυγόκεντρης δύναμης που αναπτύσσεται στο τύμπανο. Η πάστα ελιάς μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία είτε με φυγοκεντρικό διαχωριστή δύο φάσεων είτε με φυγοκεντρικό διαχωριστή τριών φάσεων. Στον διαχωριστή δύο φάσεων, το προϊόν διαχωρίζεται σε υγρή φάση, το ελαιόλαδο και σε στερεά φάση, τα θραύσματα από τον πυρήνα, τον ελαιοπολτό και το νερό. Στον τριφασικό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα το προϊόν διαχωρίζεται σε ελαφρά υγρή φάση, το ελαιόλαδο, σε βαριά υγρή φάση, το νερό και σε στερεά φάση, τα θραύσματα πυρήνα και τον πολτό. Και στις δύο περιπτώσεις η ελαιώδης φάση εκκενώνεται με βαρύτητα. Στη μέθοδο των τριών φάσεων η υδατική φάση εκκενώνεται χρησιμοποιώντας μια κεντρομόλο αντλία ή μια αντλία βαρύτητας. Η στερεά φάση εκκενώνεται στον κωνικό ακροδέκτη του τυμπάνου μετά την ώθηση του από τον τροφοδότη. Στη μέθοδο των δύο φάσεων δεν απαιτεί αραίωση κατά τη διάρκεια του σταδίου πήξης. Ωστόσο, στην τριφασική διαδικασία, προστίθενται μεγάλες ποσότητες νερού στην πάστα. Μετά την πήξη, το ελαιόλαδο είναι είτε εντελώς ελεύθερο είτε με τη μορφή μικρών σταγονιδίων μέσα σε μικροπήγματα ή γαλακτωματοποιείται στην υδατική φάση (Clodoneo, 2012). Η προσθήκη νερού κατά τη διάρκεια της φυγοκέντρωσης βελτιώνει την απελευθέρωση του κλάσματος ελαίου (Clodoneo, 2012).

Επειδή η εκχύλιση ελαιολάδου με φυγοκεντρική εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ρεολογικές ιδιότητες της πάστας, όπως την περιεκτικότητα σε νερό, την ποικιλία και τη θερμοκρασία (Altieri et al., 2013) είναι ζωτικής σημασίας ο έλεγχος της διαδικασίας, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η απόδοση της εκχύλισης διατηρώντας παράλληλα μια υψηλή ποιότητα ελαιολάδου. Νέες μελέτες περιλαμβάνουν το σχεδιασμό ενός αυτόματου συστήματος σχετικά με το διαχωριστικό όπου μπορεί να ρυθμίσει τις παραμέτρους λειτουργίας του μηχανήματος σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της πάστας ελιάς και επομένως να εξασφαλίσει μια σταθερή τροφοδοσία της φυγόκεντρης συσκευής διαχωρισμού ακόμη και όταν στην πάστα ελιάς παρουσιαστούν φυσικές αλλαγές (Altieri et al., 2013, 2014).

2.2.7 Τελικός διαχωρισμός ελαιολάδου

Αυτό είναι το τελικό στάδιο καθαρισμού του ελαιολάδου με το οποίο επιδιώκεται να διαχωρίσει το υπόλοιπο νερό και τις ακαθαρσίες που υπάρχουν στο εκχυλισμένο έλαιο. Αυτή η λειτουργία είναι απαραίτητη για να αποφευχθεί η ζύμωση, η υδρόλυση και οι αντιδράσεις οξείδωσης, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα να προκληθούν αλλοιώσεις στις οργανοληπτικές ιδιότητες του ελαιολάδου (Baiano et al., 2014). Το τελικό στάδιο καθαρισμού γενικά πραγματοποιείται με διήθηση ή με κατακόρυφη φυγοκέντρωση. Όσον αφορά τη διήθηση είναι η πιο κοινή τεχνική που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του λαδιού. Μια νέα διάταξη επεξεργασίας μελετήθηκε και δοκιμάστηκε από τους Guerrini et al. το 2015 που αποτελείται από την εισαγωγή ενός προφίλτρου χάλυβα στο σύστημα, το οποίο διατηρεί μέρος της ανάρτησης. Κατά συνέπεια, η πρέσα φίλτρου πλάκας συγκρατεί μόνο υπολείμματα στερεών και νερού. Η πρέσα φίλτρου πλάκας με το προστιθέμενο προφίλτρο είναι ικανή να επεξεργαστεί περίπου 1,8 φορές την ποσότητα ελαιολάδου που υποβλήθηκε σε επεξεργασία κανονικά (Guerrini et al., 2015).

Η κάθετη φυγοκέντρωση συμβάλλει σε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του διαλελυμένου οξυγόνου στο ελαιολάδο με αποτέλεσμα να επιταχύνει την οξείδωση του. Για να μειωθεί ο ρυθμός οξυγόνωσης του ελαιολάδου κατά την

κάθετη φυγοκέντρωση, οι Masella et al (2012) πρότειναν την επίστρωση της κάθετης φυγοκέντρου με αδρανές αέριο. Η φυσική καθίζηση θεωρείται καλή εναλλακτική λύση για την κάθετη φυγοκέντρωση, αλλά ακατάλληλη για σύγχρονες διαδικασίες λόγω του παρατεταμένου χρόνου που απαιτείται για την εκτέλεση της λειτουργίας (Gila et al., 2016).. Νεότερες μελέτες υποδεικνύουν τη χρήση δεξαμενών καθίζησης πυθμένα για το στάδιο καθαρισμού. Αυτές οι κωνικές δεξαμενές έχουν χωρητικότητα η οποία κυμαίνεται μεταξύ 400 και 10.000 λίτρων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όλο το σύνολο παραγωγής (Altieri et al., 2014). Οι Altieri et al. (2015) εισήγαγε μια καινοτόμο εγκατάσταση καθίζησης για τον διαχωρισμό υψηλής ποιότητας VOO σε βιομηχανική κλίμακα, η οποία βασίζεται στην ήπια δράση υδροκυκλώνων. Το σύστημα υδροκυκλώνων εισήχθη προκειμένου να καθοριστούν οι απαιτήσεις σχεδιασμού για μια νέα μηχανή έχοντας ως στόχο τη βελτίωση της ποιότητας, της ασφάλειας και της ικανότητας επεξεργασίας του ελαίου (Altieri et al., 2015). Ο υδροκυκλώνας θα πρέπει να ρυθμιστεί με ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η χρήση του. Οι σημαντικότεροι παράμετροι, οι οποίοι επηρεάζουν αυτό το στάδιο είναι η διαφορά πυκνότητας μεταξύ των υγρών και των στερεών σωματιδίων, το μέγεθος των σωματιδίων καθώς και το ιξώδες του υγρού. Οι φυσικές αυτές ιδιότητες εξαρτώνται από τη σύνθεση των λιπαρών οξέων του ελαίου και επηρεάζονται έντονα από τη θερμοκρασία (Gila et al., 2015). Οι Gila et al. (2016) απέδειξαν ότι η θερμοκρασία είναι επίσης μια σημαντική παράμετρος για αυτό το στάδιο. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η θερμοκρασία στους 30 °C έδειξε υψηλότερες τιμές αποδοτικότητας καθίζησης σε σύγκριση με χαμηλότερες θερμοκρασίες μεταξύ 15 και 20 ° C χρησιμοποιώντας τόσο πειραματικές όσο και υπολογιστικές διαδικασίες δυναμικής ρευστότητας.

2.3 Κατανάλωση νερού για την παραγωγή του ελαιολάδου

Σύμφωνα με μελέτες κατά την επεξεργασία των καρπών της ελιάς με σκοπό την παραγωγή ελαιολάδου καταναλώνονται περίπου 3,51 λίτρα νερού για κάθε λίτρο ελαιολάδου που παράγεται. Σε αυτό το στάδιο παράγονται 4,34 kg OMWW

και 2,07 kg στερεών αποβλήτων για κάθε λίτρο ελαιολάδου που παράγεται (Anraamides and Fatta, 2008). Η υδατική αραίωση της πάστας ελιάς επηρεάζει την κατανομή των υδρόφιλων φαινολών μεταξύ ελαίου και νερού και ενισχύει την απελευθέρωσή τους στην υδατική φάση. Η μείωση της αραίωσης νερού κατά τη διαδικασία των τριών φάσεων οδηγεί επίσης σε αύξηση της συγκέντρωσης φαινολών στο ελαιόλαδο (Amirante et al., 2002). Συνεπώς, η νέα γενιά διαχωριστών στην μέθοδο των τριών φάσεων (διαχωριστής νερού) σχεδιάστηκε για χαμηλότερη κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια της διαδικασίας φυγοκέντρησης και κατά συνέπεια λιγότερη παραγωγή νερού. Κατά τη διάρκεια της κάθετης φυγοκέντρησης, προστίθεται νερό της βρύσης για την ενίσχυση του διαχωρισμού υγρού-υγρού (Masella et al., 2009). Ωστόσο, αρκετές έρευνες έχουν αναφέρει ότι η προσθήκη νερού σε αυτό το στάδιο επιφέρει μείωση επίσης την υδρόφιλη φαινολική περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο (Masella et al., 2012).

2.4 Παραγωγή Στερεών και Υγρών Αποβλήτων κατά τη διαδικασία Παραγωγής του ελαιολάδου

Τόσο κατά την καλλιέργεια των δέντρων της ελιάς όσο και κατά τη διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου παράγονται μεγάλες ποσότητες παραπροϊόντων, όπως για παράδειγμα, μόνο η διαδικασία κλαδέματος παράγει ετησίως 25 κιλά κλαδιών και φύλλων (Niaounakis and Halvadakis, 2006). Ωστόσο, τα παραγόμενα απόβλητα ενός ελαιοτριβείου (OMW) είναι το κύριο σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα της βιομηχανίας ελαιολάδου, καθώς τα φύλλα αντιπροσωπεύουν μόνο το 5% του βάρους της ελιάς στην διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου. Σύμφωνα με τα δεδομένα η ετήσια παγκόσμια παραγωγή OMW εκτιμάται ότι κυμαίνεται από 10 έως και πάνω από 30 εκατομμύρια m³ (McNamara et al., 2008).

Τόσο η ποσότητα όσο και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων αποβλήτων εξαρτώνται από παράγοντες όπως από το σύστημα εκχύλισης που χρησιμοποιείται για να παραχθεί το ελαιόλαδο, από τα ποιοτικά

χαρακτηριστικά των καρπών της ελιάς καθώς και από τις συνθήκες λειτουργίας του ελαιοτριβείου, για παράδειγμα το νερό που προστίθεται, η θερμοκρασία κ.λπ. Μία περιορισμένη ποσότητα στερεών αποβλήτων όπως φύλλα και μικρά κλαδιά παράγονται κατά τον καθαρισμό των ελιών πριν από την διαδικασία της άλεσης. Παρ'όλα αυτά, αυτά τα υποπροϊόντα δεν παρουσιάζουν σημαντικό πρόβλημα διαχείρισης. Η ποσότητα των Υγρών Αποβλήτων των Ελαιοτριβείων(OMWW) είναι το κύριο απόβλητο που προκύπτει τόσο από το σύστημα εξαγωγής των τριών φάσεων του ελαιοτριβείου όσο και από τα παραδοσιακά ελαιοτριβεία. Τα Υγρά απόβλητα αποτελούνται κυρίως από τα υγρά του καρπού όσο και από το νερό που χρησιμοποιείται στα διάφορα στάδια παραγωγής του ελαιολάδου. Εξάλλου, το σύστημα εξαγωγής των τριών φάσεων παράγει στερεά απόβλητα όπως φαίνεται στον Πίνακας 2.1, τα οποία επαναχρησιμοποιούνται για την παραγωγή πυρηνέλαιου.

Πίνακας 2.1 Σύνθεση (σε ποσοστό) του ελαιοτριβείου των ΣτερεώνΑπόβλητων (πάστες / κέικ) (Vlyssides and Iaconidou, 2003)

| Parameters | Press Process | Three-Phase Process | Two-Phase Process |
|---|---------------|---------------------|-------------------|
| Moisture | 27.2 ± 1.048 | 50.23 ± 1.935 | 56.80 ± 2.188 |
| Fats and oils | 8.72 ± 3.254 | 3.89 ± 1.449 | 4.65 ± 1.736 |
| Proteins | 4.77 ± 0.024 | 3.43 ± 0.017 | 2.87 ± 0.014 |
| Total sugars | 1.38 ± 0.016 | 0.99 ± 0.012 | 0.83 ± 0.010 |
| Cellulose | 24.1 ± 0.283 | 17.37 ± 0.203 | 14.54 ± 0.170 |
| Hemicellulose | 11.0 ± 0.608 | 7.92 ± 0.438 | 6.63 ± 0.366 |
| Ash | 2.36 ± 0.145 | 1.70 ± 0.105 | 1.42 ± 0.088 |
| Lignin | 14.1 ± 0.291 | 10.21 ± 0.209 | 8.54 ± 0.175 |
| Kjendahl nitrogen | 0.71 ± 0.010 | 0.51 ± 0.007 | 0.43 ± 0.006 |
| Phosphorous asP ₂ O ₅ | 0.07 ± 0,005 | 0.05 ± 0.004 | 0.04 ± 0.003 |
| Phenolic compounds | 1.14 ± 0.060 | 0.326 ± 0.035 | 2.43 ± 0.150 |
| Potassium asK ₂ O | 0.54 ± 0.045 | 0.39 ± 0.033 | 0.32 ± 0.027 |
| Calcium asCaO | 0.61 ± 0.059 | 0.44 ± 0.043 | 0.37 ± 0.036 |
| Total carbon | 42.9 ± 3.424 | 29.03 ± 2.317 | 25.37 ± 2.025 |

Από την άλλη μεριά, η ελαιόπαστα που προκύπτει από τα συστήματα παραγωγής ελαιολάδου δύο φάσεων και του παραδοσιακού ελαιοτριβείου είναι ένα στερεό απόβλητο με πολύ δυνατή οσμή και ζυμαρώδη υφή που δυσχεραίνει κατά πολύ τη διαχείριση και τη μεταφορά του. Όπως προκύπτει από τον Πίνακας 2.1 η μορφή του είναι αρκετά υγρή και πολύ δύσκολο για να διαχειριστεί. Το απόβλητο αυτό γενικά υποβάλλεται σε ηλιακή ξήρανση και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την εξαγωγή ελαιολάδου κατώτερης ποιότητας, το

οποίο περιέχει διαλύτες. Παρακάτω στον Πίνακα 2.3 παρουσιάζονται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των Υγρών Αποβλήτων των Ελαιοτριβείων (OMWW) σύμφωνα με διάφορους συγγραφείς. Η σύνθεση των υγρών αποβλήτων (OMWW) είναι αρκετά μεταβαλλόμενη και εξαρτάται από την ποικιλία της ελιάς, την ωριμότητα των καρπών, τον όγκο του προστιθέμενου νερού και τη διαδικασία παραγωγής του ελαιολάδου, δηλαδή αν το ελαιολάδο προέρχεται από πίεση ή από φυγοκέντρηση (Ben Sassi et al., 2006). Μια τυπική σύνθεση υγρών αποβλήτων (OMWW) κατά βάρος είναι: 83-94% νερό, 4-16% οργανικές ενώσεις και 0.4-2.5% ανόργανα άλατα (Davies et al., 2004). Όμως πέρα από αυτά τα συστατικά το οργανικό κλάσμα περιέχει, μεταξύ άλλων συστατικών, φαινολικών ενώσεων σε ποσοστό 2-15%, οι οποίες διαχωρίζονται σε χαμηλού μοριακού βάρους όπως τυροσόλη, υδροξυτυροσόλη, ρ-κουμαρικό οξύ, φερουλικό οξύ, συριγγικό οξύ, πρωτοκολουχικού οξέος, κλπ. καθώς και σε μεγάλο μοριακού βάρους ενώσεις όπως ταννίνες, ανθοκυανίνες κ.λ.π. γνωστά και ως κατεχολικά μελανικά πολυμερή (Obied et al., 2007). Χαρακτηρίζονται από σκούρο χρώμα εξαιτίας του πολυμερισμού της λιγνίνης με φαινολικές ενώσεις, αυξημένη οξύτητα με την τιμή του pH να είναι περίπου 5 και υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (Πίνακας 2.2). Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ποικίλλει ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άλατα των υγρών αποβλήτων του ελαιοπολτού (OMWW), η οποία εξαρτάται από τις πρακτικές που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της ελιάς πριν την διαδικασία της άλεσης.

Πίνακας 2.2 Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά των αποβλήτων των ελαιοτριβείων

| Parameters | Unit | Paraskeva et al. (2007) | Asses et al. (2009) | Karpouzias et al. (2010) | El-Abbassi et al. (2013b) | Mekki et al. (2013) | Khoufi et al. (2015) | Range of Values |
|----------------|-------|-------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| pH | — | 5.2 | 5.1 | 5.7 | 5.3 | 5 | 4.8 | 4.8–5.7 |
| Conductivity | mS/cm | 5 | — | 11 | 24 | 81 | 17.5 | 5–81 |
| COD | g/L | 16.5 | 95 | 48 | 156 | 53 | 150 | 16.5–156 |
| BOD | g/L | — | — | — | — | 13.4 | 37.5 | 13.4–37.5 |
| Dry residue | g/L | 11.5 | 84.2 | — | 90 | 39.4 | 53.16 | 11.5–90 |
| Lipids | g/L | — | — | — | 7 | — | — | 7 |
| Phenols | g/L | 0.8 | 4.82 | 8.8 | 4.1 | 8.6 | 8.9 | 0.8–8.9 |
| Sugar | g/L | 1.3 | — | — | 4.3 | — | — | 1.3–4.3 |
| Total nitrogen | g/L | 0.06–0.3 | — | 0.9 | — | 0.5 | — | 0.06–0.9 |

Σχετικά με το ανόργανο περιεχόμενο των υγρών αποβλήτων(OMWW) αποτελείται κυρίως από μέταλλα. Η περιεκτικότητα σε μέταλλα παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.3. Κύρια στοιχεία σε αυτά τα λύματα είναι η περιεκτικότητα σε Κάλιο, η οποία κυμαίνεται από 0,73-8,6 g / L, ακολουθείτο ασβέστιο και νάτριο με συγκεντρώσεις 0,03-1,1 και 0,05-0,8 g / L, αντίστοιχα. Τα μέταλλα είναι σημαντικά τόσο από θρεπτική όσο και από τοξικολογική άποψη. Μερικά μέταλλα, ιδιαίτερα ο σίδηρος, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος, είναι απαραίτητα για τον μεταβολισμό των φυτών. Πρέπει να επισημανθεί ότι τα υγρά απόβλητα(OMWW)παρουσιάζουν υψηλό δυναμικό για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα αν η ρυπογόνος δύναμή του ήταν ελεγχόμενη.

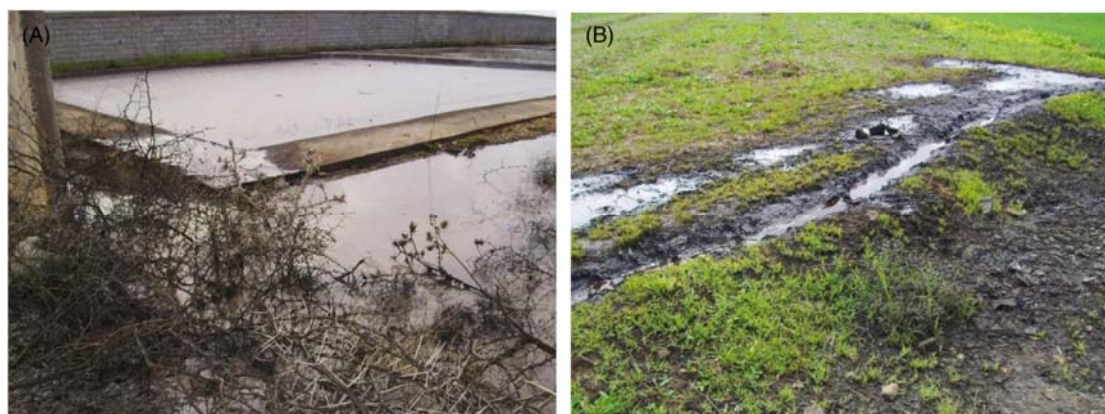
2.5 Οι Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις των Υγρών Αποβλήτων (OMWW)

Τα υγρά απόβλητα συχνά τοποθετούνται σε λίμνες εξάτμισης ή σε διάφορους περιβαλλοντικούς υποδοχείς με συνέπεια την ισχυρή οσμή, τη ρύπανση του εδάφους, την αναστολή ανάπτυξης φυτών λόγω τοξικότητας, τη ρύπανση

ποταμιών, των λιμνών, των υδροφόρων οριζόντων καθώς και σοβαρές επιπτώσεις στην υδρόβια πανίδα και στο οικοσύστημα (Komnitsas et al., 2016).

Πίνακας 2.3 Η συγκέντρωση των στοιχείων στα απόβλητα ελαιοτριβείων

| Element | Unit | Mekki et al. (2006) | Karrouzas et al. (2010) | Moraitis et al. (2011) | Danellakis et al. (2011) | Piotrowska et al. (2011) | Range of Values |
|---------|-------|---------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| Pb | μg/l. | — | — | 6.7 | 10 | — | 6.7–10 |
| Cd | μg/l. | — | — | 0.03 | 1 | — | 0.03–1 |
| Fe | mg/l. | 23 | 6.5 | — | 8.88 | 20 | 6.5–23 |
| Zn | mg/l. | — | 3.4 | 2.94 | 4.98 | — | 2.94–4.98 |
| Cu | mg/l. | — | 2.4 | — | 2.96 | — | 2.4–2.96 |
| Mn | mg/l. | — | 0.9 | 1.61 | 2.7 | 20 | 0.9–20 |
| Mg | g/l. | 0.19 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.03 | 0.03–0.19 |
| Ca | g/l. | 0.9 | 1.1 | 0.15 | 0.29 | 0.03 | 0.03–1.1 |
| K | g/l. | 8.6 | 6.1 | 4.22 | 0.73 | 3.47 | 0.73–8.6 |
| Na | g/l. | 0.8 | 0.07 | — | 0.15 | 0.05 | 0.05–0.8 |



Εικόνα 2.5 Εναπόθεση Υγρά Αποβλήτων σε ανοιχτές δεξαμενές χωρίς προηγούμενη επεξεργασία

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω τα υγρά απόβλητα είναι ένα από τα πιο ρυπογόνα απόβλητα που παράγονται από τις βιομηχανίες αγροτικών τροφίμων λόγω του υψηλού οργανικού τους φορτίου και της περιεκτικότητας ενός ευρέος φάσματος ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των οργανο-αλογονωμένων ρύπων, των λιπαρών οξέων, των φαινολικών ενώσεων και των ταννίνων (Ntougias et al. 2013). Λόγω της υψηλής τους περιεκτικότητας σε φαινόλες και σε οργανικά συστατικά το καθιστούν ιδιαίτερα ανθεκτικό στη βιοαποικοδόμηση (Zirehpour et al., 2014). Τα υγρά απόβλητα (OMWW) παρουσιάζουν κακή βιοδιασπασιμότητα και υψηλή φυτοτοξικότητα λόγω της παρουσίας

φαινολικών ενώσεων. Ομοίως, η παρουσία μειωμένων σακχάρων μπορεί να διεγείρει τη μικροβιακή αναπνοή και τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου (McNamara et al., 2008). Επιπλέον τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων παρουσιάζουν υψηλότερες απαιτήσεις σε οξυγόνο για τη διεξαγωγή χημικών και βιολογικών αντιδράσεων σε σύγκριση με τις απαιτήσεις σε οξυγόνο των οικιακών αποβλήτων. Οι απαιτήσεις αυτές κυμαίνονται από 80 έως 200 g / L και από 12 έως 63 g / L, αντίστοιχα (AdhoumandMonser, 2004). Όπως φαίνεται οι τιμές αυτές είναι υψηλότερες από τους δείκτες ρύπανσης των οικιακών λυμάτων.

2.5.1 Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα

Τα ελαιοτριβεία προκαλούν εκπομπές αερίων, οι οποίες κυρίως προκύπτουν από σοβαρές παρατυπίες. Πολλές οργανικές ενώσεις χαμηλού σημείου ζέσεως και πτητικά οργανικά οξέα παράγουν χαρακτηριστικές οσμές στην ευρύτερη περιοχή πέριξ του ελαιοτριβείου. Τα υγρά απόβλητα απορρίπτονται γενικά σε φυσικά ύδατα ή στη γη ή μπορεί και να αποθηκεύεται σε μικρές ανεπαρκώς κατασκευασμένες δεξαμενές εξάτμισης. Στη συνέχεια αυτά τα απόβλητα υφίσταται φυσική ζύμωση με αποτέλεσμα να εκπέμπονται αέρια με έντονη οσμή, όπως φαινόλες, διοξείδιο του θείου και υδρόθειο. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε σημαντική ρύπανση οσμής ιδιαίτερα κατά την περίοδο παραγωγής του ελαιολάδου (Lagoudianaki et al., 2003).

Ο πυρήνας ελιάς έχοντας υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία αποτελεί επίσης πηγή οχλήσεων, ιδίως κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι. Κατά την ξήρανση του ελαιοπυρήνα απελευθερώνονται εξαιρετικά έντονες οσμές. Μια ανάλυση των συμπυκνωμάτων από την ξηρή απόσταξη της ακατέργαστης ελαιοπάστας έδειξε ότι οι λιπαρές ενώσεις, τα οργανικά οξέα, π.χ. βουτυρικό, καπροϊκό, βαλερικό και ισοβουτυρικό οξύ και οι ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους, ιδιαίτερα η 4-αιθυλφαινόλη, αποτελούν το κύριο συστατικό των οσμών ελαιολάδου (Ruiz-Mendez et al., 2013). Η οξίνιση των καρπών ελιάς κατά την αποθήκευση σε αεριζόμενο χώρο είναι γνωστό ότι μειώνουν τον σχηματισμό 4-αιθυλοφαινόλης

και στη συνέχεια περιορίζει περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω οσμής (Ruiz-Mendez et al., 2013).

2.5.2 Επιπτώσεις στους υδροφόρους ορίζοντες και στην υδρόβια πανίδα

Σημαντικές επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων παρατηρούνται και στα φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα. Αυτές οι επιπτώσεις σχετίζονται κυρίως με τη συγκέντρωση, τη σύνθεση και την εποχιακή παραγωγή. Το πιο ορατό αποτέλεσμα είναι ο αποχρωματισμός των ρευμάτων και των ποταμών. Αυτή η αλλαγή χρώματος οφείλεται κυρίως στην οξείδωση και στη συνέχεια στον πολυμερισμό των ταννίνων που δίνουν σκούρες χρωματισμένες φαινόλες (Niaounakis and Halvadakis, 2006). Η υψηλή περιεκτικότητα σε μειωμένα σάκχαρα στα υγρά απόβλητα διεγείρει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό και κατά συνέπεια τη μείωση του πληθυσμού των ζώντων οργανισμών λόγω έλλειψης διαθέσιμου οξυγόνου. Άλλες επιβλαβείς επιπτώσεις μπορεί να προκύψουν λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης φωσφόρου, η οποία επιταχύνει την ανάπτυξη των φυκών και οδηγεί στο Φαινόμενο του Ευτροφισμού όπου καταστρέφεται ολόκληρη η οικολογική ισορροπία στα υδάτινα οικοσυστήματα. Σε αντίθεση με τον άνθρακα και το άζωτο, τα οποία εξατμίζονται στην ατμόσφαιρα μετά την αποικοδόμηση ως διοξείδιο του άνθρακα και ατμοσφαιρικό άζωτο, στον φωσφόρο δεν πραγματοποιείται αυτό. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο φώσφορος απορροφάται μόνο σε ένα μικρό επίπεδο μέσω της τροφικής αλυσίδας, των φυτών-ασπόνδυλων-ψαριών-πτηνών.

Η παρουσία σημαντικής ποσότητας θρεπτικών συστατικών στα υγρά απόβλητα παρέχει ένα κατάλληλο υπόστρωμα για τους παθογόνους παράγοντες να πολλαπλασιάζονται και να μολύνουν τους υδροφόρους ορίζοντες όπου προκαλούνται σημαντικές αρνητικές συνέπειες τόσο στην υδρόβια ζωή τόσο και στους ανθρώπους, οι οποίοι έρχονται σε επαφή με το μολυσμένο νερό. Οι επιπτώσεις της απόρριψης υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (OMWW) στα γλυκά ύδατα και στα oligotroφικά θαλάσσια περιβάλλοντα αξιολογήθηκαν από

τους Pavlidou et al. (2014). Σε αυτή τη μελέτη, ο εμπλουτισμός των γλυκών υδάτων και της παράκτιας ζώνης του Μεσσηνιακού κόλπου με αμμωνία, νιτρώδη, φαινόλες, ολικό οργανικό άνθρακα, χαλκό, μαγγάνιο και νικέλιο συσχετίστηκαν άμεσα με την απόρριψη των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε αυτή την περιοχή. Δοκιμές τοξικότητας με τη χρήση γαρίδων LC50 Palaemonidae 24 ωρών επιβεβαίωσαν ότι τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων έχουν πολύ υψηλή τοξικότητα στο υδάτινο περιβάλλον (Pavlidou et al., 2014).

Σε μεταγενέστερη μελέτη προέκυψε η χωρική και χρονική διαρθρωτική επιδείνωση του υδάτινου συστήματος λόγω της ρύπανσης από τα υγρά απόβλητα (OMWW) με επακόλουθη μείωση της ικανότητας του ποταμού για εξισορρόπηση του οικοσυστήματος με μείωση των επιπτώσεων των ρυπογόνων ενώσεων κατά τον αυτοκαθαρισμό. Ακόμη και αραιές ποσότητες των υγρών αποβλήτων παρουσιάζουν σημαντικές επιπτώσεις στους υδρόβιους ζώντες οργανισμούς και στα οικοσυστήματα των ποταμών. Το οργανικό φορτίο της εκροής, η μόλυνση του υποστρώματος και η απόσταση από την έξοδο του ελαιοτριβείου, είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τον πληθυσμό των μακροσπονδύλων. Είναι γεγονός ότι η τοποθεσία και η μορφολογία των υδροφόρων συστημάτων καθώς και ο όγκος της εκροής είναι οι σημαντικότεροι καθοριστικοί παράγοντες των διαδικασιών αυτοκαθαρισμού τους (Karaouzas et al., 2011).

2.5.3 Επιπτώσεις στις Καλλιέργειες και στο Έδαφος

Είναι δεδομένο ότι τα υγρά απόβλητα ενός ελαιοτριβείου περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων φαινολικών ενώσεων, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις κατά την εφαρμογή τους στο έδαφος. Εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων της οργανικής ύλης και ανόργανων θρεπτικών συστατικών, τα υγρά απόβλητα θα μπορούσαν να αποτελέσουν ιδανικό λίπασμα για τις καλλιέργειες. Οι Ayoub et al. (2014) έπειτα από έρευνα συνέστησαν την εφαρμογή 10 L OMWW / m² για τη βελτίωση τόσο της γονιμότητας του εδάφους όσο και της απόδοσης των ελαιώνων. Πράγματι,

παρατηρήθηκε μια σημαντική αύξηση στην ανάπτυξη των βλαστών, τη φωτοσύνθεση, στην καρποφορία και στην απόδοση της καλλιέργειας . Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις K, οργανικής ύλης, φαινολικών ενώσεων και ολικού μικροβιακού αριθμού αυξήθηκαν σημαντικά σε έδαφος στο οποίο είχε προηγουμένως ενσωματωθεί OMWW (Ayoub et al., 2014). Όμως η βραχυπρόθεσμη εφαρμογή OMWW παρουσιάζει αρνητικές επιπτώσεις στις χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους, αλλά μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα μετά από μια κατάλληλη επεξεργασία και περίοδο αναμονής (Di Bene et al., 2013). Σε πρόσφατη μελέτη, οι μελετητές συνέστησαν την ενσωμάτωση στο έδαφος με OMWW 6 μήνες πριν τη σπορά του αραβοσίτου για την μείωση της τοξικότητας (Belaqziz et al., 2016). Μαζί με τη σωστή επιλογή κατάλληλων εδαφών, κυρίως ασβεστολιθικών και ανθεκτικών καλλιεργειών, όπως ο αραβόσιτος, αυτή η μέθοδος θα μπορούσε να αποτελέσει μια αποτελεσματική προσέγγιση για την αποφυγή προβλημάτων που αποδίδονται στην ανεξέλεγκτη διάθεση του OMWW και αντιπροσωπεύει μια οικονομική εναλλακτική λύση που παρέχει ένα εδαφοβελτιωτικό.

2.6 Νομικό πλαίσιο για Απόβλητα Ελαιοτριβείων

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή πολιτική για τα λύματα, η κύρια αναφορά στα λύματα (WW) δίνεται στην οδηγία 271/91 για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (EU, 1991) , η οποία τροποποιήθηκε αργότερα με την οδηγία 15/98. Στόχος της παρούσας οδηγίας ήταν η προστασία του περιβάλλοντος από τις δυσμενείς επιπτώσεις της απόρριψης αστικών λυμάτων και των λυμάτων από βιομηχανικούς κλάδους και της βιομηχανίας γεωργικών προϊόντων. Μεταξύ άλλων, ορίζει ότι οι απορρίψεις βιοαποικοδομήσιμων βιομηχανικών λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς κλάδους που δεν εισέρχονται σε σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων προτού απορριφθούν σε ύδατα υποδοχής πρέπει να υπόκεινται στην κατάλληλη μεταχείριση. Επίσης, πρέπει να ενθαρρύνεται η ανακύκλωση της ιλύος που προέρχεται από την επεξεργασία λυμάτων. αν και είναι απαραίτητο να παρακολουθούνται τα ύδατα και η διάθεση της ιλύος για να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος από

οποιοσδήποτε δυσμενείς επιπτώσεις. Επομένως, τα επεξεργασμένα απόβλητα των ελαιοτριβείων θα μπορούν να απελευθερώνεται στα ύδατα της περιοχής μόνον εφόσον πληρούνται τα σχετικά πρότυπα ποιότητας . Στην οδηγία αναφέρει επίσης ότι τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να επαναχρησιμοποιούνται όποτε κρίνεται σκόπιμο. Οι οδοί διάθεσης πρέπει να ελαχιστοποιούν τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο όσον αφορά τα απόβλητα των ελαιοτριβείων υπογραμμίζει δύο σημαντικά προβλήματα. Πρώτον, την έλλειψη κοινής και συγκεκριμένης πολιτικής μεταξύ των μελών της ΕΕ. καθώς τα απόβλητα αυτά παράγονται μόνο στην περιοχή της Μεσογείου, με αποτέλεσμα η ΕΕ να μην έχει θέσει σε ισχύ κοινές κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση αυτών των αποβλήτων. Συνέπεια της έλλειψης κοινής πολιτικής έχει οδηγήσει σε διαφορετικά νομικά πλαίσια που αφορούν τους γεωργο-βιομηχανικούς συντελεστές, τα οποία εφαρμόζονται σε όλη την περιοχή της Μεσογείου. Για παράδειγμα οι κατευθυντήριες γραμμές για την εφαρμογή του νομικού πλαισίου έχουν υιοθετηθεί στην Ιταλία (Tamburino et al., 1999) και στην Ισπανία (Cabrerá et al., 1996) από καιρό, αλλά στην Ελλάδα ακόμη όχι. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η πολιτική μεταξύ ακόμη και των νομαρχιακών αυτοδιοικήσεων είναι ακόμη αντιφατική (Karellakis et al., 2003). Το δεύτερο πρόβλημα σχετίζεται με την έλλειψη πλαισίου για τον διαχωρισμό του εδάφους από τους υδάτινους δέκτες. Η παρουσία οργανικών ουσιών καθώς και πολλών ανόργανων ενώσεων όπως άζωτο, φώσφορος, κάλιο προκαλεί σοβαρή ρύπανση όταν τα απόβλητα απορρίπτεται σε υδάτινα φορείς, αλλά στο έδαφος προκαλεί ευεργετικές επιπτώσεις π.χ. εμποδίζει τη διάβρωση και ενισχύει τη γονιμότητα του.

2.7 Το Νομικό Πλαίσιο στην Ελλάδα

Οι κύριες αρχές για τη διαχείριση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων βασίζονται στον Νόμο 1650/86 «Για την Προστασία του Περιβάλλοντος» (Government Journal 160 / A / 86). Σύμφωνα με τον νόμο αυτό, οι ΟΜ περιλαμβάνουν δραστηριότητες με υψηλό δυναμικό πρόκλησης περιβαλλοντικής υποβάθμισης και οι ιδιοκτήτες των ελαιοτριβείων είναι υποχρεωμένοι να εκπονήσουν μελέτη

εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ο νόμος αριθ. Ε1b / 221/65 «Δράση για τη ρύθμιση της υγείας» (Υπουργείο Δημόσιας Υγείας του 1965) επικεντρώνεται στο θέμα της διάθεσης του επεξεργασμένου προϊόντος. Επιπλέον, η υπουργική απόφαση 5673/400/97 σχετικά με τους περιορισμούς και τις προϋποθέσεις που απαιτούνται για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Υπουργείο Δημόσιας Υγείας 1997) υιοθετήθηκε πλήρως από την ελληνική νομοθεσία με την οδηγία 271/91 της ΕΕ (ΕΕ 1991). Υπό την αρμοδιότητα της Υπουργικής Απόφασης, η ελληνική νομοθεσία έδωσε πρόσθετες αρμοδιότητες στις Νομαρχίες. Κάθε νομαρχία ήταν τότε υπεύθυνη για την υιοθέτηση των διαφόρων πρακτικών διαχείρισης των αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Για παράδειγμα, η διοίκηση στο νομό Μεσσηνίας βασίζεται στην τροποποίηση συστήματος τριών φάσεων σε δύο φάσεις, ενώ στο Νομό Λέσβου τα απόβλητα μέχρι πρότινος απορρίπτονταν χωρίς επεξεργασία στα υδάτινα οικοσυστήματα (Halvadakis 2000), ενώ η Νομαρχία του Ηρακλείου απαγόρευσε τόσο τα διαφασικά συστήματα όσο και τη διάθεση των αποβλήτων στο υδάτινο περιβάλλον. Στην Κρήτη, μέχρι το 1987, τα απόβλητα εναποθέτονταν ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον. Έχει εκτιμηθεί ότι μέχρι τότε το 80-90% του συνολικού παραγόμενου αποβλήτου διατέθηκε σε ποτάμια της περιοχής (Voreadou 1994). Από τότε, οι τοπικές δημόσιες αρχές απαγόρευσαν την ανεξέλεγκτη διάθεση σε υδάτινες μάζες και υποχρέωσαν τους ιδιοκτήτες των ελαιοτριβείων να κατασκευάσουν μονάδες επεξεργασίας (υποχρεωτικές από το 1987) και ανοιχτές δεξαμενές εξάτμισης (υποχρεωτική από το 1993) (Kapellakis et al., 2002)

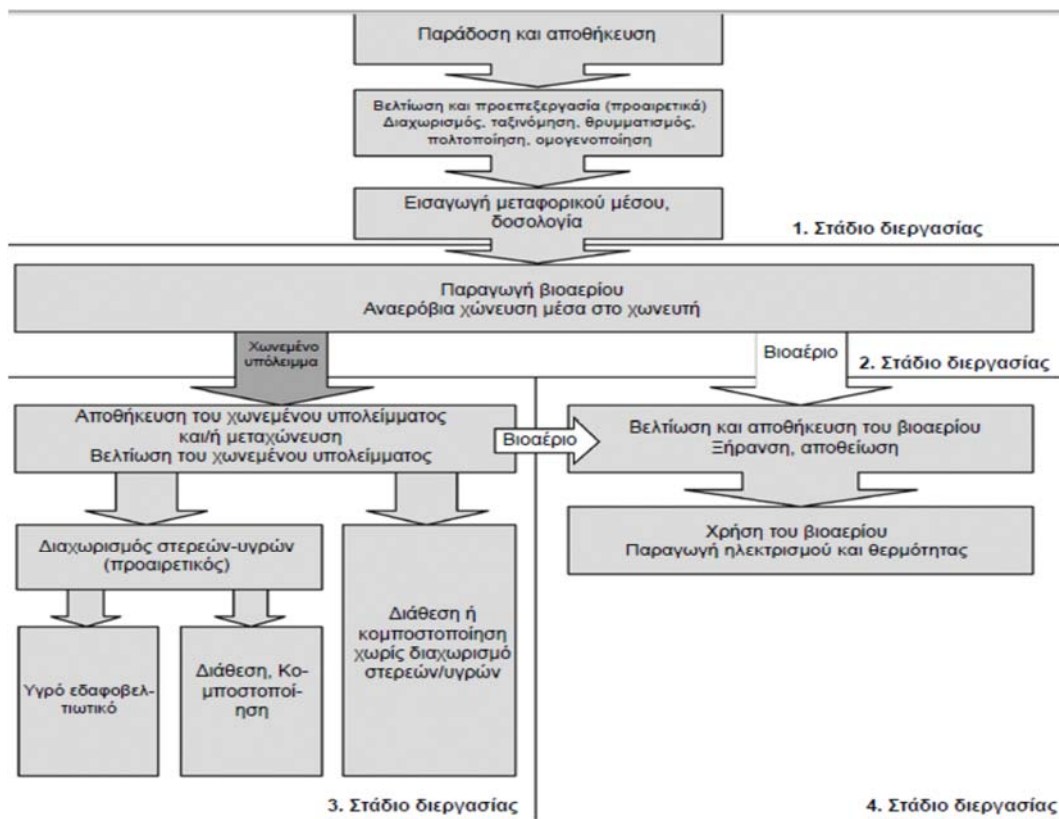
Αμέσως μετά την παραγωγή αποβλήτων θα πρέπει να περάσουν από τη μονάδα επεξεργασίας και στη συνέχεια πρέπει να αποτεθεί σε λεκάνες εξάτμισης. Οι προτεινόμενες μονάδες περιλαμβάνουν χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας και συντήρησης, ενώ δεν απαιτούν απασχόληση εξειδικευμένου προσωπικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μονάδα παραγωγής βιοαερίου

3.1 Τμήματα μιας μονάδας βιοαερίου

Είναι γεγονός ότι η μονάδα παραγωγής βιοαερίου είναι σύνθετη και αποτελείται από διάφορα τμήματα. Η διάταξη μιας τέτοιας μονάδας σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται τόσο από τον τύπο όσο και από την ποσότητα της παρεχόμενης πρώτης ύλης. Έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνικές για το χειρισμό των αποβλήτων αλλά και διαφορετικές κατασκευές χωνευτών καθώς και συστημάτων λειτουργίας, λόγω του ότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι πρώτης ύλης, διαφορετικής προέλευσης, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για τη χώνευση σε μονάδες βιοαερίου. Επιπρόσθετα, ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος και τις συνθήκες λειτουργίας της κάθε μονάδας βιοαερίου, υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστούν διάφορες τεχνολογίες με στόχο για τη βελτίωση, την αποθήκευση και τη χρήση του βιοαερίου. Όσον αφορά την αποθήκευση και τη χρήση του χωνεμένου υπολείμματος, αυτό που ενδιαφέρει κυρίως είναι η χρήση του ως εδαφοβελτιωτικό. Παρακάτω θα περιγραφεί και θα αναλυθεί μια μονάδα παραγωγής Βιοαερίου από τα απόβλητα ελαιοτριβείου. Τα κύρια βήματα της διεργασίας σε μια μονάδα βιοαερίου γενικά παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα 3.1 (JÄKEL, 2002).



Σχήμα3.1.Στάδια διεργασίας των αγροτικών μονάδων βιοαερίου (JÄKEL 2002)

Σε μια αγροτική μονάδα παραγωγής βιοαερίου υπάρχουν συνήθως τέσσερα διαφορετικά στάδια διεργασίας (LORENZ, 2000):

- Μεταφορά, παράδοση, αποθήκευση και προεπεξεργασία της πρώτης ύλης
- Παραγωγή βιοαερίου (Αναερόβια Χώνευση)
- Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος, ενδεχόμενη βελτίωση και χρήση
- Αποθήκευση του βιοαερίου, βελτίωση και χρήση

Όπως φαίνεται και από το σχήμα τα στάδια είναι τα ακόλουθα:

1. Το πρώτο στάδιο της διεργασίας είναι η αποθήκευση, η βελτίωση, η μεταφορά και εισαγωγή της πρώτης ύλης

Περιλαμβάνει :

- ✓ τη δεξαμενή αποθήκευσης των υγρών αποβλήτων του ελαιοτριβείου
- ✓ τα δοχεία συλλογής
- ✓ τη δεξαμενή υγιεινής

- ✓ τις δεξαμενές αποθήκευσης με είσοδο οχήματος
- ✓ και το σύστημα τροφοδοσίας της στερεής πρώτης ύλης

2. Το δεύτερο στάδιο της διεργασίας περιλαμβάνει την παραγωγή του βιοαερίου στον αντιδραστήρα βιοαερίου, ο οποίος είναι γνωστός και ως χωνευτής.

3. Το τρίτο στάδιο της διεργασίας περιλαμβάνει τη δεξαμενή αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος και τη χρησιμοποίηση αυτού του υλικού ως εδαφοβελτιωτικό.

4. Το τέταρτο στάδιο της διεργασίας είναι η αποθήκευση, η βελτίωση και η χρήση του βιοαερίου. Αποτελείται από:

- ✓ τη δεξαμενή αποθήκευσης αερίου και
- ✓ τη μονάδα συνδυαζόμενης παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

Κατά την κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου ο τύπος της μονάδας καθώς και ο σχεδιασμός αυτής εξαρτώνται τόσο από την ποσότητα όσο και από τον τύπο των αποβλήτων που θα χρησιμοποιηθούν για να παραχθεί βιοαέριο. Ανάλογα με την ποσότητα του αποβλήτου καθορίζεται και το μέγεθος του χωνευτή, οι δυναμικότητες αποθήκευσης και η μονάδα ΣΗΘ. Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία και της δομής των αποβλήτων καθορίζεται και η τεχνολογία της διεργασίας που θα εφαρμοστεί. Για παράδειγμα μπορεί να χρειαστεί η προσθήκη νερού, ο διαχωρισμός προβληματικών υλικών ή να προστεθεί ένα στάδιο υγιεινής.

Στην περίπτωση όπου θα αναπτυχθεί υγρή αναερόβια χώνευση χρησιμοποιούνται μονοβάθμιες εγκαταστάσεις, οι οποίες λειτουργούν ως «διαμέσου της ροής». Στην περίπτωση διπλής βαθμίδας, τοποθετείται ένας προ-χωνευτής πριν από τον κύριο χωνευτή, όπου έχει στόχο να δημιουργήσει τις βέλτιστες συνθήκες για τα πρώτα στάδια της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης που είναι η υδρόλυση και ο σχηματισμός οξέων. Τα απόβλητα εισάγονται στον κύριο χωνευτή, όπου πραγματοποιούνται τα επόμενα στάδια της αναερόβιας χώνευσης.

Το χωνεμένο υπόστρωμα θα αντληθεί από το χωνευτή και θα αποθηκευτεί σε ειδικές δεξαμενές τις δεξαμενές αποθήκευσης. Οι δεξαμενές αυτές θα πρέπει να είναι καλυμμένες με αεροστεγείς μεμβράνες, όπου υπάρχει η δυνατότητα της συνέχισης της παραγωγής και της συλλογής του βιοαερίου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Υπάρχει και η περίπτωση όπου το χωνεμένο υπόλειμμα μπορεί να τοποθετηθεί σε ανοικτά δοχεία με επιπλέον στρώμα είτε φυσικό είτε τεχνητό για να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση των επιφανειακών εκπομπών. Ακολουθεί η αποθήκευση, η βελτίωση του παραγόμενου βιοαερίου και η χρησιμοποίηση αυτού για την παραγωγή ενέργειας (Γεωργακάκης Δ., 1995)

3.2 Μονάδα παραλαβής πρώτης ύλης

Για τη σωστή λειτουργία μιας μονάδας βιοαερίου είναι σημαντικός ο χρόνος μεταφοράς και παράδοσης των αποβλήτων ενός ελαιοτριβείου. Καθοριστικό ρόλο παίζει ο συνεχής και σταθερός εφοδιασμός της μονάδας με την κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα αποβλήτων. Στην περίπτωση όπου ο χειριστής της μονάδας βιοαερίου είναι συγχρόνως και ο παραγωγός της πρώτης ύλης, τότε θεωρείται ως εγγυημένος ο εφοδιασμός με υψηλής ποιότητας πρώτη ύλη.

Επιπλέον οι μονάδες βιοαερίου μπορούν να προμηθευτούν πρόσθετες πρώτες ύλες , οι οποίες παράγονται από άλλα κτήματα, βιομηχανίες ή νοικοκυριά. Τότε είναι απαραίτητη η διαχείριση της πρώτης ύλης, για τον έλεγχο, τον υπολογισμό και της ανάλυσης του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί. Αρχικά πραγματοποιείται οπτικός έλεγχος και ακολουθεί η καταγραφή του βάρους και των στοιχείων της πρώτης ύλης, δηλαδή προμηθευτής, ημερομηνία, ποσότητα, τύπος αποβλήτου, ο τύπος συστήματος του ελαιοτριβείου από όπου προέρχεται η πρώτη ύλη (Γιακουμέλος,., 2012).

3.3 Αποθήκευση της πρώτης ύλης

Η ενέργεια αυτή κυρίως χρησιμεύει στο να αντισταθμιστούν οι εποχιακές διακυμάνσεις του εφοδιασμού της πρώτης ύλης. Επιπλέον διευκολύνει και την ανάμειξη διαφορετικών υποστρωμάτων για τη συνεχή λειτουργία του χωνευτή.

Ο τύπος των εγκαταστάσεων αποθήκευσης εξαρτώνται από την μορφή της πρώτης ύλης. Οι εγκαταστάσεις αυτές ταξινομούνται κυρίως σε αποθήκες τύπου σιλό για τα στερεά απόβλητα και σε δεξαμενές αποθήκευσης της υγρής πρώτης ύλης. Η χρονική περίοδος αποθήκευσης στα σιλό είναι παραπάνω του ενός έτους, ενώ οι δεξαμενές αποθήκευσης της κοπριάς έχουν την ικανότητα να αποθηκεύσουν τα υγρά απόβλητα μόνο για κάποιες ημέρες. Σε κάποιες περιπτώσεις γίνεται η χρήση και των κάθετων κυλινδρικών σιλό. Το μέγεθος των εγκαταστάσεων αποθήκευσης καθορίζεται από τις ποσότητες που πρόκειται να αποθηκευτούν, τις περιόδους παράδοσης των αποβλήτων, και τέλος από τις ποσότητες που καθημερινά τροφοδοτούνται στο χωνευτή (Γιακουμέλος, 2012).

Αποθήκες τύπου σιλό : Αρχικά οι αποθήκες αυτού του τύπου είχαν χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση της χορτονομής για ζωοτροφή με σκοπό τη ρύθμιση της εποχιακής διαθεσιμότητας. Πλέον αυτές οι αποθήκες χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για την αποθήκευση της πρώτης ύλης στερεάς μορφής για την παραγωγή βιοαερίου. Στην περίπτωση των αποβλήτων του ελαιοτριβείου εδώ μπορούν να αποθηκευτούν τα φύλλα, τα κλαδιά και άλλες ξένες προσμίξεις που μπορούν να υπάρξουν κατά την παραλαβή και το πλύσιμο των καρπών της ελιάς καθώς και του ελαιοπυρηνόξυλου.

Η πρώτη ύλη μπορεί να έχει την κατάλληλη περιεκτικότητα σε υγρασία από 55-70%, ανάλογα με το βαθμό συμπίεσης και την περιεκτικότητα σε νερό που θα τα στερεά απόβλητα του καρπού της ελιάς. Η ύλη αυτή περνά από μια διεργασία ζύμωσης όπου τα ανάλογα βακτήρια χρησιμοποιούν ενέργεια για την παραγωγή των πτητικών λιπαρών οξέων (VfA), όπως το οξικό άλας, τα προπιονικά άλατα, κ.α.. Για αυτού του τύπου τις δεξαμενές λαμβάνεται υπόψη ότι με τη διεργασία ζύμωσης των στερεών υπολειμμάτων απελευθερώνει υγρά που μπορούν να μολύνουν τους διαύλους του νερού, εκτός εάν λαμβάνονται τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα. Η υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό, ενώ τα υγρά απόβλητα του σιλό μπορεί να περιέχουν νιτρικό οξύ (HNO_3), το οποίο είναι διαβρωτικό. Τα στερεά απόβλητα θα αποθηκευτούν σε σιλό από γαλβανισμένο χάλυβα (Εικόνα) ενώ τα υγρά απόβλητα θα αποθηκευτούν σε σφραγισμένες υδατοστεγείς δεξαμενές για

κατασκευασμένες από ενισχυμένο σκυρόδεμα ή κυλινδρικές δεξαμενές από γαλβανιζέ ατσάλι.



Εικόνα 3.1 Αποθήκη τύπου σιλό

Δεξαμενές αποθήκευσης για αντλήσιμη πρώτη ύλη (Υγρά απόβλητα): Όταν η πρώτη ύλη είναι υγρά απόβλητα τότε επι τω πλείστων αποθηκεύονται σε σφραγισμένες, υδατοστεγείς και κατασκευασμένες από ενισχυμένο σκυρόδεμα δεξαμενές μέσα στο έδαφος. Αυτού του τύπου οι δεξαμενές είναι παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία, για την αποθήκευση της υγρής κοπριάς και έχουν ικανοποιητική χωρητικότητα για χρονικό διάστημα κάποιων ημερών. Για την αποφυγή εκπομπών, όλες οι δεξαμενές θα πρέπει να είναι καλυμμένες. Για την κάλυψη αυτών των αποβλήτων θα πρέπει το άνοιγμα της δεξαμενής να είναι εύκολο για να μπορούν να δημιουργούνται τα ιζήματα που θα δημιουργηθούν. Στην περίπτωση όπου η δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετηθεί σε ένα υψηλότερο επίπεδο σε σχέση με το χωνευτή τότε η υδραυλική κλίση μηδενίζει την ανάγκη για εξοπλισμό μεταφοράς (αντλίες) και έτσι παρέχεται εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 3.2 Σιλό αποθήκευσης για υγρά απόβλητα

Τα ομο-υποστρώματα είτε είναι υγρά είτε είναι στοιβάσιμα μπορούν να αναμειχθούν με τα κύρια υποστρώματα στη δεξαμενή αποθήκευσης, να θρυμματισθούν, ομογενοποιηθούν και να μετατραπούν σε ένα μείγμα που καθίσταται αντλήσιμο. Διάφορα φαινόμενα που μπορεί να δημιουργηθούν όπως αυτό της απόφραξης, της ιζηματογένεσης, της δημιουργίας επιπλεόντων στρωμάτων, και του διαχωρισμού φάσης του μείγματος της πρώτης ύλης καλό θα είναι να αποφεύγονται. Συνεπώς οι δεξαμενές αποθήκευσης εξοπλίζονται με κατάλληλους αναδευτήρες που συχνά συνδυάζονται με εργαλεία απόσχισης και κοπής για την θραύση της πρώτης ύλης. Η ανάδευση στις δεξαμενές αποθήκευσης γίνεται με την ίδια τεχνική ανάδευσης που χρησιμοποιείται για την ανάδευση στους χωνευτές.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης απαιτούν περιορισμένη συντήρηση, για την αφαίρεση ιζηματικών στρωμάτων όπως για π.χ. από άμμο και πέτρες που μειώνουν την ικανότητα αποθήκευσης των δεξαμενών. Η αφαίρεση των ιζημάτων πραγματοποιείται με τη χρήση δαπέδων καθαρισμού, μεταφορικούς κοχλίες, αντλίες φρεατίων, δεξαμενές συλλογής.

Για να ελαχιστοποιηθεί η εκπομπή οσμών από τις μονάδες βιοαερίου, αλλά και για πρακτικούς λόγους, η παράδοση, η αποθήκευση και η προετοιμασία της πρώτης ύλης πρέπει να πραγματοποιούνται σε κλειστές αίθουσες εξοπλισμένες με εξαερισμό βιοδιύλισης. Έτσι παρέχεται προστασία στον εξοπλισμό και επιπλέον μπορούν να πραγματοποιούνται οι δραστηριότητες όπως της λειτουργίας και του ελέγχου ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν..

3.4 Βελτίωση της πρώτης ύλης

Στόχος της βελτίωσης της πρώτης ύλης είναι πρώτον να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις υγιεινής και δεύτερον να αυξηθεί η δυνατότητα και η απόδοση της χώνευσης.

Μέσω της βελτίωσης της πρώτης ύλης δίνεται η δυνατότητα βελτιστοποίησης της διεργασίας, αυξάνοντας τόσο τους ρυθμούς χώνευσης όσο και της παραγωγής βιοαερίου. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για τη βελτίωση της

πρώτης ύλης και τη βελτιστοποίηση του οργανικού φορτίου της μονάδας, όπως είναι:

- ✓ η μηχανική σύνθλιψη,
- ✓ οι διεργασίες αποσύνθεσης και
- ✓ το στάδιο της ανάντη υδρόλυσης.

Ταξινόμηση και διαχωρισμός της πρώτης ύλης

Ο διαχωρισμός των ακαθαρσιών και των προβληματικών υλικών από το υπόστρωμα της πρώτης ύλης εξαρτάται από την προέλευση αυτής. Συνεπώς τα απόβλητα από ελαιοτριβείο θα περιέχουν ακαθαρσίες όπως πέτρες χώμα κ.λ.π.. Συνήθως διαχωρίζονται με ιζηματογένεση στις δεξαμενές αποθήκευσης και στην περίπτωση της άμμου, ακόμη και μέσα στους χωνευτές. Αυτά τα υπολείμματα θα πρέπει να αφαιρούνται από το κατώτατο σημείο των δεξαμενών ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Υπάρχει η περίπτωση της χρήσης μια προ-δεξαμενής, εξοπλισμένη με ειδικές σχάρες για να συγκρατεί τις πέτρες και άλλες φυσικές ακαθαρσίες πριν αντληθεί η πρώτη ύλη μέσα στην κύρια δεξαμενή αποθήκευσης.

Υγιεινή: Ο χειρισμός, η επεξεργασία και η ανακύκλωση της πρώτης ύλης πρέπει να γίνεται χωρίς να προκαλείται δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων, στα ζώα και γενικότερα στο περιβάλλον. Τόσο οι ευρωπαϊκές και όσο και οι εθνικές νομοθεσίες ρυθμίζουν τις πρακτικές επεξεργασίας των αποβλήτων όσον αφορά στους επιδημικούς και υγειονομικούς κινδύνους, όπου ανάλογα καθορίζεται η θερμική προ-επεξεργασία που απαιτείται για τα κρίσιμα υλικά. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της αποστείρωσης υπό πίεση και της παστερίωσης πριν αντληθεί η αντίστοιχη πρώτη ύλη στο χωνευτή. Στόχος αυτής της διεργασίας είναι η αποφυγή μόλυνσης ολόκληρου του φορτίου της πρώτης ύλης και η διατήρηση των δαπανών υγιεινής σε χαμηλά επίπεδα. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται σε θερμαινόμενες δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα, οι οποίες συνδέονται με το σύστημα τροφοδοσίας του χωνευτή. Οι παράμετροι ελέγχου περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, το χρόνο παραμονής (ΕΕΧΠ), την πίεση και τον όγκο των αποβλήτων.

Έπειτα από τη διεργασία υγιεινής το υλικό έχει υψηλότερη θερμοκρασία από αυτή της αναερόβιας χώνευσης. Συνεπώς πριν τροφοδοτηθεί στον χωνευτή, θα πρέπει το αποστειρωμένο υλικό να διέρχεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, για να συντελείται μέρος της μεταφοράς θερμότητας στην κρύα πρώτη ύλη, όπου στη συνέχεια ακολουθείται η είσοδος της στο χωνευτή.

Θραύση: Με τη διαδικασία της θραύσης προετοιμάζεται η πρώτη ύλη για τη βιολογική διεργασία της αποσύνθεσης και την στη συνέχεια την παραγωγή μεθανίου. Είναι κανόνας ότι, η διεργασία της αποσύνθεσης είναι γρηγορότερη όταν το μέγεθος των σωματιδίων είναι μικρότερο, επηρεάζοντας μόνο το χρόνο της χώνευσης, και δεν αυξάνει απαραίτητα την παραγωγή μεθανίου. Η θραύση της πρώτης ύλης συνήθως συνδέεται άμεσα με το σύστημα τροφοδοσίας. Τα συστήματα μπορούν να τροφοδοτηθούν από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ή από τον άξονα κίνησης ενός τρακτέρ.

Πολτοποίηση – ομογενοποίηση: Η διαδικασία της πολτοποίησης της πρώτης ύλης μπορεί να κριθεί απαραίτητη προκειμένου να ληφθεί η πρώτη ύλη με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, η οποία έπειτα να τροφοδοτηθεί στο χωνευτή μέσω αντλιών. Η πολτοποίηση πραγματοποιείται στις δεξαμενές αποθήκευσης ή στους προ-χωνευτές, προτού να αντληθεί το υλικό στον κύριο χωνευτή. Τα υγρά που χρησιμοποιούνται για αυτή τη διεργασία εξαρτώνται από την περιεκτικότητα της υγρασίας της πρώτης ύλης, το νερό που χρησιμοποιήθηκε για τα πρώτα στάδια της παραγωγής του ελαιολάδου κ.λ.π.

Το πλεονέκτημα της χρήσης του χωνεμένου υπολείμματος για την πολτοποίηση έγκειται στη μείωση της κατανάλωσης γλυκού νερού και στον εμποτισμό του υποστρώματος με μικροοργανισμούς αναερόβιας χώνευσης από το χωνευτή. Αυτό μπορεί να είναι σημαντικό μετά από τη διεργασία υγιεινής. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί χωνεμένο υπόλειμμα για την πολτοποίηση μπορεί να αυξηθεί η περιεκτικότητα σε θρεπτικές ουσίες και άλατα στο υπόστρωμά και αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι να υπάρξει αστάθεια ή παρεμπόδιση της διεργασίας.

Ακριβώς τα ίδια μέτρα θα πρέπει να λαμβάνονται στην περίπτωση που πραγματοποιείται χρήση νερού για την πολτοποίηση κατά τη διεργασία

καθαρισμού, δεδομένου ότι τα απολυμαντικά μπορούν να έχουν αρνητική επίδραση στους μικροοργανισμούς της αναερόβιας χώνευσης. Η χρήση πόσιμου νερού όπου μπορεί καλό θα είναι να αποφεύγεται λόγω της αύξησης του κόστους.

Ένας άλλος παράγοντας που θεωρείται σημαντικός για την σταθερότητα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι η ομοιογένεια του υποστρώματος. Τα υγρά απόβλητα ομογενοποιούνται κατά την ανάδευση τους στη δεξαμενή αποθήκευσης, ενώ τα στερεά απόβλητα των ελαιοτριβείων πρέπει να ομογενοποιούνται κατά τη διαδικασία της τροφοδοσίας. Οι μεγάλες διακυμάνσεις της ποιότητας και της σύνθεσης της πρώτης ύλης προκαλούν πρόβλημα στους μικροοργανισμούς αναερόβιας χώνευσης, λόγω του ότι οι μικροοργανισμοί θα πρέπει να προσαρμοστούν στα νέα υποστρώματα και στις νέες υπάρχουσες συνθήκες. Τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα να οδηγηθούν σε χαμηλότερους ρυθμούς παραγωγής βιοαερίου, ενώ θα πρέπει να υπάρχει ένας σταθερός και συνεχής εφοδιασμός σε πρώτη ύλη, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, για να υπάρξει μια σταθερή και ισορροπημένη διεργασία αναερόβιας χώνευσης, με αποτέλεσμα έναν υψηλό ρυθμό παραγωγής μεθανίου.

3.5 Σύστημα τροφοδοσίας

Έπειτα από τα στάδια της αποθήκευσης και της προ επεξεργασίας, η πρώτη ύλη για την αναερόβια χώνευση τροφοδοτείται στο χωνευτή. Η τεχνική τροφοδοσίας που θα ακολουθηθεί εξαρτάται από τον τύπο της πρώτης ύλης καθώς και από την ικανότητα άντλησής της. Η αντλήσιμη πρώτη ύλη μεταφέρεται με αντλίες από τις δεξαμενές αποθήκευσης στο χωνευτή. Αυτή η κατηγορία συμπεριλαμβάνει τα υδαρή απόβλητα π.χ. η επιπλέουσα ιλύς, τα απόβλητα γαλακτοκομίας, τα ιχθυέλαια κλπ. Όσον αφορά την πρώτη ύλη που δεν είναι αντλήσιμη π.χ. ινώδη υλικά, χλόη, χορτονομή, στερεή κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο, κλπ. μπορούν να μεταφερθούν με τη βοήθεια ενός φορτωτή στο σύστημα τροφοδοσίας και έπειτα να διοχετευθούν στο χωνευτή π.χ. μέσω ενός συστήματος κοχλιωτού σωλήνα. Τόσο τα στερεά όσο και τα υγρά απόβλητα, δηλαδή αντλήσιμα και μη αντλήσιμα μπορούν να τροφοδοτηθούν

ταυτόχρονα στο χωνευτή. Σε αυτή την περίπτωση είναι προτιμότερο να τροφοδοτείται η μη αντλήσιμη πρώτη ύλη μέσω παρακάμψεων.

Από μικροβιολογική άποψη, η ιδανική κατάσταση για να υπάρχει μια σταθερή αναερόβια χώνευση είναι η συνεχής ροή της πρώτης ύλης στο χωνευτή. Πρακτικά η πρώτη ύλη προστίθεται σχεδόν συνέχεια στο χωνευτή, σε αρκετές δόσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αποτέλεσμα αυτού είναι να εξοικονομείται ενέργεια και να μειώνεται το κόστος καθώς τα συστήματα τροφοδοσίας δεν λειτουργούν συνεχώς. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος τροφοδοσίας εξαρτάται από την ποιότητα της πρώτης ύλης και στη συγκεκριμένη περίπτωση από την αντλησιμότητά της, και από τα διαστήματα τροφοδοσίας.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται και στη θερμοκρασία της πρώτης ύλης που τροφοδοτείται στο χωνευτή. Μπορούν να παρατηρηθούν μεγάλες διαφορές μεταξύ της θερμοκρασίας της εισερχόμενης πρώτης ύλης και της θερμοκρασίας λειτουργίας του χωνευτή στην περίπτωση όπου η πρώτη ύλη έχει υποστεί υγειονομική επεξεργασία μέχρι 130°C ή κατά τη διάρκεια του χειμώνα κάτω από 0°C. Αυτές οι μεγάλες και απότομες διαφορές θερμοκρασίας διαταράσσουν τη μικροβιολογία της διεργασίας για την παραγωγή βιοαερίου, προκαλώντας έτσι μείωση της παραγωγής αερίου και για αυτό θα πρέπει να αποφεύγονται. Για την αποφυγή της εμφάνισης αυτού του φαινομένου υπάρχουν τεχνικές λύσεις, όπως η χρήση αντλιών ή εναλλακτών θερμότητας για την προθέρμανση της πρώτης ύλης πριν από την εισαγωγή της στο χωνευτή.

3.6 Αντλίες για τη μεταφορά των υγρών αποβλήτων του ελαιοτριβείου

Για τη μεταφορά του υποστρώματος των υγρών αποβλήτων από τη δεξαμενή αποθήκευσης στο χωνευτή πραγματοποιείται με αντλίες. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι αντλιών που χρησιμοποιούνται: είναι οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι αντλίες μετατόπισης. Οι φυγοκεντρικές ή περιστροφικές αντλίες είναι συχνά βυθιζόμενες, αλλά μπορούν να τοποθετηθούν σε έναν στεγνό άξονα, δίπλα στο χωνευτή. Σε ειδικές περιπτώσεις διατίθενται οι αντλίες κοπής, οι οποίες

χρησιμοποιούνται για υλικά με μακριές ίνες όπως το άχυρο, κουρεμένη χλόη, ζιζάνια, βλαστοί. Οι αντλίες μετατόπισης ή αλλιώς αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου, ή αντλίες έκκεντρου κοχλία είναι ανθεκτικότερες στην πίεση σε σύγκριση με τις περιστροφικές αντλίες. Αναρροφούν από μόνες τους, λειτουργούν προς δύο κατευθύνσεις και επιτυγχάνουν σχετικά μεγάλες πιέσεις, με μειωμένη όμως την ικανότητα μεταβίβασης. Ωστόσο, λόγω της χαμηλότερης τιμής τους, οι φυγοκεντρικές αντλίες επιλέγονται συχνότερα από τις αντλίες μετατόπισης.

Φυγοκεντρικές αντλίες: Είναι μία δυναμική αντλία, που χρησιμοποιεί ένα περιστρεφόμενο στροφείο για να αυξήσει την ταχύτητα του ρευστού. Το ρευστό, το οποίο εισέρχεται στο στροφείο της αντλίας είτε κατά μήκος είτε κοντά στον περιστρεφόμενο άξονά της επιταχύνεται από το στροφείο ρέοντας ακτινικά προς τα έξω σε έναν διασκορπιστή ή σε έναν ελικοειδή θάλαμο, από όπου βγαίνει στο κατάντη σύστημα σωληνώσεων. Αυτού του τύπου οι αντλίες χρησιμοποιούνται συνήθως για να κινηθούν τα υγρά μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων, οπότε συχνά χρησιμοποιούνται για το χειρισμό των υγρών και υδαρών αποβλήτων.

Αντλίες μετατόπισης πίεσης: Για την επίτευξη της μεταφοράς της «παχιάς» υγρής πρώτης ύλης, η οποία έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία, συχνά χρησιμοποιούνται οι αντλίες μετατόπισης πίεσης ή οι αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου και έκκεντρου κοχλία. Η ποσότητα που μεταφέρεται εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής, με την οποία επιτυγχάνεται ο καλύτερος έλεγχος της αντλίας και η ακριβή δοσολογία της αντλούμενης ποσότητας αποβλήτων. Οι αντλίες μετατόπισης έχουν τη δυνατότητα να αναρροφούν μόνες τους και παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευστάθεια ως προς την πίεση από τις φυγοκεντρικές αντλίες. Επειδή οι αντλίες μετατόπισης πίεσης είναι σχετικά επιρρεπείς σε προβλήματα, τα οποία προκαλούνται από το πλούσιο περιεχόμενο σε ίνες των αντλούμενων υλικών, είναι απαραίτητο να εξοπλίζονται με κόπτες και διαχωριστές, για να προστατεύονται από το μεγάλο μέγεθος των υλικών αυτών.

Η επιλογή των κατάλληλων αντλιών και της τεχνολογίας άντλησης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των υλικών όπως ο τύπος του υλικού, η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσίατο μέγεθος των σωματιδίων και το επίπεδο προετοιμασίας. Το

φαινόμενο των εμφράξεων τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο μπορεί να αποτραπεί από την επιλογή ικανοποιητικής διαμέτρου των σωλήνων. Οι υπό πίεση σωλήνες που χρησιμοποιούνται για την διαδικασία της πλήρωσης ή της μείξης θα πρέπει η διάμετρο τους να είναι τουλάχιστον 150 mm, ενώ οι σωλήνες υπερχειλίσης ή αυτοί της εξόδου, πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 200 mm για τη μεταφορά των στερεών αποβλήτων και 300 mm εάν παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε ξένες ύλες .

Τα κινητά μέρη των αντλιών υφίστανται σημαντικές φθορές και πρέπει να αντικαθίστανται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτό θα πρέπει να πραγματοποιείται χωρίς να διακόπτεται η παραγωγή του βιοαερίου. Συνεπώς, οι αντλίες πρέπει να είναι εφοδιασμένες με βαλβίδες διακοπής, όπου θα επιτρέπουν την τροφοδοσία και την εκκένωση τόσο των χωνευτών όσο και των σωληνώσεων. Ακόμη θα πρέπει να υπάρχει εύκολη πρόσβαση και να εξασφαλίζεται χώρος, ο οποίος είναι απαραίτητος για τις εργασίες συντήρησης. Η όλη διαδικασία της λειτουργίας ελέγχεται αυτόματα, μέσω υπολογιστών και χρονομέτρων, ενώ η μεταφορά της πρώτης ύλης πραγματοποιείται από μία ή δύο αντλίες που βρίσκονται στο αντλιοστάσιο (Σχήμα 7.8 δεξιά και Σχήμα 7.9).



Εικόνα 3.3 Βαλβίδες διακοπής (αριστερά) και σύστημα άντλησης (δεξιά) (RUTZ 2006)



Εικόνα 3.4 Συστήματα άντλησης (AGRINZ 2008)

3.7 Μεταφορά στοιβάσιμης πρώτης ύλης

Η στοιβάσιμη πρώτη ύλη, όπου στα απόβλητα ελαιοτριβείου είναι τα φυτικά υπολείμματα και ο ελαιοπυρήνας θα πρέπει να μεταφέρονται από τα σιλό φόρτωσης στο σύστημα τροφοδότησης του χωνευτή. Αυτό πραγματοποιείται είτε με φορτωτές είτε με τρακτέρ (Εικόνα 4.5 και Εικόνα 4.6) και η πρώτη ύλη τροφοδοτείται στο χωνευτή χρησιμοποιώντας για παράδειγμα ένα σύστημα μεταφοράς κοχλιωτού σωλήνα, όπως αυτά που παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.12.



Εικόνα 3.5 Σύστημα κιβωτίων τροφοδοσίας για ξηρή πρώτη ύλη χορτονομή αραβοσίτου και στερεή κοπριά πουλερικών (αριστερά) και μηχανήμα φόρτωσης με χορτονομή αραβοσίτου (δεξιά) (RUTZ 2008)



Εικόνα 3.6 Σύστημα μεταφοράς κοχλιωτής σωλήνας (αριστερά) και μεταφορικοί κοχλίες έτοιμοι για εγκατάσταση (δεξιά) (RUTZ 2007)

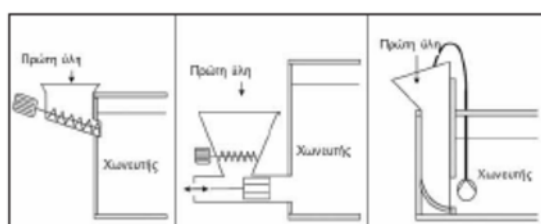
Στο σύστημα τροφοδότησης περιλαμβάνεται ένα κιβώτιο στο οποίο φορτώνεται η στοιβάσιμη πρώτη ύλη από ένα τρακτέρ και ένα σύστημα μεταφοράς, όπου τροφοδοτείται ο χωνευτής. Το σύστημα μεταφοράς και αποτελείται από δάπεδα τριβής, κινούμενα δάπεδα, ράβδους ώθησης και μεταφορικούς κοχλίες και ελέγχεται αυτόματα

Τόσο τα δάπεδα τριβής όσο και οι υπερυψωμένες ράβδοι ώθησης χρησιμοποιούνται για την μεταφορά της πρώτης ύλης στους μεταφορικούς κοχλίες. Με αυτό τον τρόπο μεταφέρονται όλα τα απόβλητα είτε οριζόντια είτε

με μια ελαφριά κλίση, τοποθετούνται στα προσωρινής αποθήκευσης κιβώτια, τα οποία δεν είναι κατάλληλα για τροφοδοσία σε δόσεις.

Οι μεταφορικοί κοχλίες μεταφέρουν την πρώτη ύλη σχεδόν σε όλες τις κατευθύνσεις αρκεί να μην υπάρχουν μεγάλοι λίθοι και άλλες φυσικές ακαθαρσίες. Για τη βέλτιστη λειτουργία, η χονδροειδής πρώτη ύλη τεμαχίζεται με σκοπό να μπορέσει να αγκιστρωθεί στον κοχλία. Η εισαγωγή των υλικών στο χωνευτή πρέπει να γίνεται αεροστεγώς και να αποφεύγεται η διαρροή βιοαερίου. Αυτός είναι και ο λόγος όπου το σύστημα τροφοδοσίας εισάγει την πρώτη ύλη κάτω από την επιφάνεια του στρώματος του χωνεμένου υπολείμματος. Υπάρχουν τρία τέτοια συστήματα(Εικόνα 3.7) (FAL 2006). :

- ✓ τα φρεάτια απόπλυσης επιτρέπουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων οποιαδήποτε χρονική στιγμή και άμεσα στον χωνευτή;
- ✓ τα έμβολα τροφοδοσίας: όπου πρώτη ύλη εισάγεται άμεσα στο χωνευτή από υδραυλικούς κυλίνδρους, οι οποίοι ωθούν την πρώτη ύλη μέσω ενός ανοίγματος στον τοίχο του χωνευτή. Με αυτό τον τρόπο διαβρέχεται η πρώτη ύλη με το υγρό περιεχόμενο του χωνευτή, μειώνοντας τον κίνδυνο σχηματισμού στρώματος επίπλευσης. Ο εξοπλισμός με αντίθετα περιστρεφόμενους κυλίνδρους μείξης, έχει σαν αποτέλεσμα τα ομο-υποστρώματα να κατευθύνονται στους χαμηλότερους οριζόντιους κυλίνδρους και ταυτόχρονα να συνθλίβουν τα υλικά
- ✓ οι μεταφορικοί κοχλίες: μεταφέρουν τα ομο-υποστρώματα στο χωνευτή με αποτέλεσμα το υλικό τροφοδοτείται κάτω από το επίπεδο του υγρού στο χωνευτή. Μέσω αυτής της μεθόδου προλαμβάνεται η διαφυγή αερίου κατά τη διάρκεια της τροφοδοσίας με την τοποθέτηση ενός οδοντωτούελάσματος στο χωνευτή. Η τροφοδοσία πραγματοποιείται σε κιβώτια προσωρινής αποθήκευσης με ή χωρίς εργαλεία σύνθλιψης.



Εικόνα 3.7 Φρεάτιο απόπλυσης, έμβολα τροφοδοσίας και μεταφορικό σύστημα εισαγωγής της πρώτης ύλης μέσα στο χωνευτή (FAL 2006)

3.8 Παρελκόμενα και σωληνώσεις

Τα υλικά αυτά θα πρέπει να είναι αντιδιαβρωτικά και κατάλληλα για το χειρισμό υλικών αυτού του είδους. Τα υλικά των σωληνώσεων εξαρτώνται από το μεταφερόμενο φορτίο και το επίπεδο της πίεσης, και περιλαμβάνονται το PVC, το HDPE, ο χάλυβας ή ο ανοξείδωτος χάλυβας. Τα παρελκόμενα, π.χ. οι βαλβίδες τύπου πεταλούδας, τα ανοίγματα καθαρισμού και τα μανόμετρα, πρέπει για λόγους συντήρησης να είναι προσπελάσιμα και προστατευμένα από τον παγετό. Σε κάποιες περιπτώσεις η μόνωση των σωλήνων θεωρείται απαραίτητη. Κατά την εγκατάσταση των σωλήνων, πρέπει να υπάρχει μια κλίση της τάξης του 1-2%, για να μπορεί να περατωθεί ο πλήρης καθαρισμός. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην κατάλληλη στεγανοποίηση της μονάδας, διότι σωληνώσεις μεγάλου μήκους και με γωνίες είναι εύκολο να υποστούν απώλειες πίεσης.

Οι σωλήνες του αερίου πρέπει να εγκαθίστανται υπό κλίση και να εξοπλίζονται με βαλβίδες, για να μπορεί να απελευθερώνεται το συμπύκνωμα. Ακόμη και πολύ μικρές ποσότητες συμπυκνώματος μπορούν να οδηγήσουν στη πλήρη έμφραξη των γραμμών αερίου λόγω, της ύπαρξης χαμηλής πίεσης στο σύστημα.

3.9 Σύστημα θέρμανσης

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η διατήρηση σταθερής θερμοκρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για τη σταθερή λειτουργία της μονάδας και την υψηλή παραγωγή βιοαερίου.

Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασία, λαμβάνοντας υπόψη και τις χρονικές διακυμάνσεις λόγω εποχής και καιρικών συνθηκών, πρέπει να κρατηθούν όσο το δυνατόν μικρές. Μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας οδηγούν σε αστάθεια της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης όπου μπορεί να

προκληθεί ακόμη και διακοπή αυτής. Οι αιτίες της διακύμανσης της θερμοκρασίας μπορεί να είναι:

- Προσθήκη νέας πρώτης ύλης έχοντας διαφορετική θερμοκρασία από αυτήν της διεργασίας
- Σχηματισμός θερμοκρασιακών στρωμάτων ή ζωνών λόγω ανεπαρκούς μόνωσης, λανθασμένης διαστασιολόγησης του συστήματος θέρμανσης ή ανεπαρκούς ανάδευσης
- Λάθος τοποθέτηση των θερμαντικών στοιχείων
- Ακραίες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος
- Αποτυχία της δυναμικής αλληλουχίας.

Για την αποφυγή των παραπάνω θα πρέπει οι χωνευτές να μονώνονται και να θερμαίνονται από εξωτερικές πηγές θέρμανσης (Σχήμα 7.16). Συνήθως χρησιμοποιείται η απορριπτόμενη θερμότητα από τη μονάδα ΣΗΘ της εγκατάστασης του βιοαερίου.

Τα απόβλητα μπορεί να θερμαίνονται είτε κατά τη φάση της τροφοδοσίας μέσω εναλλακτών θερμότητας είτε μέσα στο χωνευτή, με τη βοήθεια θερμαντικών στοιχείων π.χ. καυτού ατμού κ.λπ. Με την προθέρμανση αποφεύγονται οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μέσα στο χωνευτή. Υπάρχουν μονάδες βιοαερίου όπου χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό και των δύο τύπων θέρμανσης της πρώτης ύλης.

3.10 Χωνευτές

Ο χωνευτής θεωρείται ο πυρήνας μιας μονάδας βιοαερίου. Είναι ένας αεροστεγής αντιδραστήρας μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η αποσύνθεση απουσία οξυγόνου και παράγεται το βιοαέριο. Τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των χωνευτών είναι η αεροστεγανότητα, ότι διαθέτουν ένα σύστημα τροφοδότησης της πρώτης ύλης, καθώς και συστήματα εξαγωγής του βιοαερίου και του χωνεμένου υπολείμματος. Στις διάφορες κλιματικές συνθήκες οι αναερόβιοι χωνευτές πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται. Υπάρχουν

διάφοροι τύποι χωνευτών βιοαερίου, οι οποίοι κατασκευάζονται από σκυρόδεμα, χάλυβα, τούβλο ή πλαστικό και είναι διαμορφωμένοι ως σιλό, σκάφες, λεκάνες ή λιμνούλες, και μπορεί να είναι τοποθετημένοι υπόγεια ή επιφανειακά. Το μέγεθος των μονάδων βιοαερίου εξαρτάται από το μέγεθος των χωνευτών και μπορεί να είναι από λίγα κυβικά μέτρα π.χ. οικιακές εγκαταστάσεις έως μερικές χιλιάδες κυβικά μέτρα π.χ. εγκαταστάσεις με αρκετούς χωνευτές.

Η επιλογή του τύπου του χωνευτή καθορίζεται από την περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία του χωνευόμενου υποστρώματος. Η αναερόβια χώνευση λειτουργεί με βασικούς τρόπους: ως υγρή χώνευση, όταν το μέσο περιεχόμενο ξηρής ουσίας (ΞΟ) του υποστρώματος είναι κάτω του 15% και ως ξηρή χώνευση, όταν η περιεκτικότητα σε ΞΟ του υποστρώματος είναι μεγαλύτερη από 15% και κυμαίνεται μεταξύ 20 και 40%.

Η υγρή χώνευση περιλαμβάνει συνήθως την αναερόβια χώνευση στερεών και υγρών αποβλήτων, ενώ η ξηρή χώνευση εφαρμόζεται στην παραγωγή βιοαερίου από στερεά απόβλητα. (Vavouraki Aikaterini, 2010).

3.10.1 Χωνευτές ασυνεχούς τύπου

Η λειτουργία των χωνευτών ασυνεχούς τύπου βασίζεται στην πλήρωση με ένα μέρος υγρής πρώτης ύλης, το οποίο αφήνεται να χωνευθεί και έπειτα αφαιρείται εντελώς. Ένα νέο μέρος αυτής της ποσότητας τροφοδοτείται στο χωνευτή και η διεργασία επαναλαμβάνεται. Οι χωνευτές ασυνεχούς τύπου είναι απλοί στην κατασκευή τους και χρησιμοποιούνται συνήθως για ξηρή χώνευση.

Ένα παράδειγμα χωνευτών ασυνεχούς τύπου είναι οι αποκαλούμενοι χωνευτές «τύπου γκαράζ» οι οποίοι κατασκευάζονται από σκυρόδεμα και χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των διαχωριζόμενων στην πηγή βιοαποβλήτων, της στερεής κοπριάς και των ενεργειακών καλλιεργειών. Η οργανική ουσία εμβολιάζεται με το χωνεμένο υπόλειμμα και τροφοδοτείται στο χωνευτή. Ο συνεχής εμβολιασμός της πρώτης ύλης με βακτηριακή βιομάζα γίνεται μέσω της επανακυκλοφορίας του υγρού διήθησης, το οποίο ψεκάζεται επάνω από το υπόστρωμα στο χωνευτή.

Η ξηρή χώνευση δεν χρειάζεται ανάδευση ή ανάμειξη του υποστρώματος της κατά τη διάρκεια της χώνευσης. Η θερμοκρασία της διεργασίας και του υγρού διήθησης ρυθμίζεται μέσα στο χωνευτή από ένα ενσωματωμένο στο δάπεδο σύστημα θέρμανσης, και έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος λειτουργεί ως δεξαμενή για το υγρό διήθησης. Η σταδιακή χώνευση έχει διάφορα πλεονεκτήματα, όπως το χαμηλότερο κόστος της διεργασίας και του αναγκαίου μηχανολογικού εξοπλισμού αλλά έχει ως μειονέκτημα την υψηλή κατανάλωση ενέργειας και τις υψηλές δαπάνες συντήρησης. Μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για την πλήρως ξηρή τεχνολογία αναερόβιας χώνευσης είναι η χρήση πλαστικών σάκων ή σωλήνων από φύλλα αλουμινίου.

Για το συνδυασμό ξηρής και υγρής χώνευση στην περίπτωση στοιβάσιμων τύπων πρώτης ύλης, χρησιμοποιείται νερό ή υγρό διήθησης σε μεγαλύτερες ποσότητες για την υπερχείλιση ή τη διήθηση.

3.10.2 Χωνευτές συνεχούς τύπου

Σε ένα χωνευτή συνεχούς τύπου τα υποστρώματα της πρώτης ύλης τροφοδοτούνται στο χωνευτή συνεχώς. Το υλικό κινείται μέσα στο χωνευτή είτε μηχανικά είτε υπό την πίεση του νεο-τροφοδοτούμενου υποστρώματος που εξωθεί το χωνεμένο υλικό. Αντίθετα από τους χωνευτές ασυνεχούς τύπου οι συνεχείς χωνευτές παράγουν βιοαέριο χωρίς διακοπή για τη φόρτωση νέας πρώτης ύλης και την εκφόρτωση των χωνεμένων υπολειμμάτων. Η παραγωγή βιοαερίου είναι σταθερή και προβλέψιμη.

Υπάρχουν τρία βασικά είδη συνεχών χωνευτών: κατακόρυφοι, οριζόντιοι και συστήματα πολλαπλών δεξαμενών. Ανάλογα με τη λύση που επιλέγεται για την ανάδευση του υποστρώματος ΑΧ, οι συνεχείς χωνευτές μπορούν να ταξινομηθούν στους χωνευτές πλήρους ανάμειξης και τους χωνευτές στρωτής ροής (Πίνακας 7.1). Οι χωνευτές πλήρους ανάμειξης είναι κυρίως κατακόρυφοι και οι χωνευτές στρωτής ροής οριζόντιοι.

Κατακόρυφοι χωνευτές

Είναι οι πιο διαδεδομένη κατηγορία και κατασκευάζονται επι τόπου (Σχήμα 7.19). Αποτελούνται από στρογγυλές δεξαμενές χάλυβα ή από ενισχυμένο σκυρόδεμα και συνήθως ο πυθμένας είναι κωνικός για εύκολη ανάδευση και εκκένωση των ιζημάτων άμμου. Χαρακτηρίζονται ως αεροστεγείς, μονωμένοι, θερμαινόμενοι και εξοπλισμένοι με αναδευτήρες ή αντλίες. Το επάνω μέρος καλύπτεται από σκυρόδεμα ή χάλυβα και το βιοαέριο που παράγεται διοχετεύεται με σωλήνες σε μια εξωτερικής μονάδα αποθήκευσης, κοντά στο χωνευτή. Το επάνω μέρος μπορεί να είναι μία αεροστεγής μεμβράνη, η οποία διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο ή μπορεί να είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό (Εικόνα 4.8).



Εικόνα 3.8 Επιτόπου κατασκευή κατακόρυφων χωνευτών από σκυρόδεμα και Κατακόρυφοι χωνευτές καλυμμένοι από αεροστεγείς μεμβράνες. Η μεμβράνη διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο (AGRINZ 2008)

Οι χωνευτές από ενισχυμένο σκυρόδεμα είναι αρκετά αεροστεγείς λόγω του κορεσμού του σκυροδέματος σε νερό από την υγρασία που υπάρχει στην πρώτη ύλη και το βιοαέριο. Οι δεξαμενές από σκυρόδεμα μπορούν να τοποθετηθούν πλήρως ή μερικώς μέσα στο έδαφος. Υπάρχει περίπτωση να δημιουργηθούν ραγίσματα, διαρροές, διάβρωση ακόμη και κατάρρευση του χωνευτή σε μια προβληματική κατασκευή εξαιτίας της ποιότητας του σκυροδέματος και του μη σωστού σχεδιασμού και κατασκευής του χωνευτή. Οι χαλύβδινοι χωνευτές εγκαθίστανται σε μια βάση από σκυρόδεμα επάνω στο έδαφος και οι χαλύβδινες πλάκες είτε συγκολλούνται είτε συρράβονται μεταξύ με στεγανοποίηση των ραφών.

Το πλεονέκτημα των κατακόρυφων χωνευτών στις ήδη υπάρχουσες δεξαμενές μπορεί να μετατραπούν σε χωνευτές βιοαερίου με την προσθήκη μόνωσης και

συστήματος θέρμανσης. Για περεταίρω μόνωση είτε αδιάβροχες μονωτικές πλάκες από πολυστυρένιο συνδέονται με σφήνες στα εσωτερικά τοιχώματα της δεξαμενής είτε δημιουργείται μια επίστρωση με αφρό του εσωτερικού της δεξαμενής, για αεροστεγανότητα. Οι δεξαμενές καλύπτονται στο τέλος με μια αεροστεγή οροφή μονής ή διπλής μεμβράνης (Κάλφας, 2007).

Οριζόντιοι χωνευτές

Οι οριζόντιοι χωνευτές (Εικόνα 4.9) διαθέτουν έναν οριζόντιο άξονα και έχουν σχήμα κυλινδρικό. Αυτός ο τύπος χωνευτή συνήθως μεταφέρεται στη μονάδα βιοαερίου ως ένα κομμάτι, οπότε είναι περιορισμένος τόσο στο μέγεθος όσο και στον όγκο. Για τις μικρής κλίμακας χωνευτές ο πλέον διαδεδομένος τύπος είναι μία οριζόντια δεξαμενή από χάλυβα όγκου 50-150 m³, που χρησιμοποιείται ως κύριος χωνευτής για μικρότερες μονάδες βιοαερίου ή ως προ-χωνευτής για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Μια εναλλακτική λύση από σκυρόδεμα είναι ο χωνευτής τύπου καναλιού, ο οποίος μπορεί να διαχειρίζεται μεγαλύτερους όγκους μέχρι 1.000 m³. Για την επίτευξη μεγαλύτερων τιμών μπορούν να λειτουργούν παράλληλα. Λόγω της μορφής τους, εφαρμόζεται αυτόματα το ρεύμα στρωτής ροής. Η πρώτη ύλη ρέει αργά από την πλευρά εισόδου στην πλευρά εκκένωσης, διαμορφώνοντας μια στρωτή ροή στον χωνευτή. Μέσω αυτής της λειτουργίας ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος της εκκένωσης μη χωνεμένου υποστρώματος και εξασφαλίζεται ένας συγκεκριμένος χρόνος παραμονής για όλο το υπόστρωμα μέσα στο χωνευτή.

Οι οριζόντιοι χωνευτές συνεχούς ροής συνήθως χρησιμοποιούνται για πρώτες ύλες όπως τα φυτικά υπολείμματα, η κοπριά ζώων κ.λ.π.. Ο μονωμένος χωνευτής είναι εξοπλισμένος με ένα σύστημα θέρμανσης, με σωλήνες στερεής κοπριάς και με έναν αναδευτήρα. Το σύστημα θέρμανσης αποτελείται από κινούμενους θερμοσωλήνες, με περιστρεφόμενη τροφοδοσία - αποχέτευση ζεστού νερού, ή από διαγώνια ενσωματωμένα θερμαντικά σώματα. Οι βραχίονες του αργά κινούμενου αναδευτήρα με πτερύγια διευθετούνται ελικοειδώς στον άξονα ανάδευσης, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ίση κατανομή της ροπής.

Ο μεγάλος αριθμός αναδευτήρων έχει το μειονέκτημα της μεταφοράς ποσοτήτων άμμου στις δεξαμενές αποστράγγισης. Με την εξασφάλιση μιας

συνεχούς ροής προς τα μέσα και προς τα έξω της πρώτης ύλης, μπορεί να επιτευχθεί ένας μέσος χρόνος παραμονής 15-30 ημερών.. Ο χωνευτής αυτού του τύπου είτε είναι εφοδιασμένος με ένα στεγανό κάλυμμα ή τοποθετείται κάτω από μία στέγη. Υπάρχει η δυνατότητα συναρμολόγησης είτε επιτόπου είτε να κατασκευαστεί κατά παραγγελία. Οι χωνευτές από χάλυβα και ανοξείδωτου χάλυβα κατασκευάζονται πάντα στην επιφάνεια του εδάφους και τοποθετούνται σε μία βάση από σκυρόδεμα όπου και στερεώνονται πάνω σε αυτή. Οι συνδέσεις με βίδες πρέπει να σφραγίζονται (Κάλφας ., 2007).



Εικόνα 3.9 Οριζόντιος χωνευτής στρωτής ροής (RUTZ 2006)

Συστήματα πολλαπλών δεξαμενών

Στην περίπτωση μεγάλων εγκαταστάσεων χρησιμοποιείται το σύστημα των πολλαπλών δεξαμενών. Χρησιμοποιούνται ως ένα σύστημα συνεχούς ροής, και περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους κύριους χωνευτές και μετα-χωνευτές. Οι χωνευτές μπορεί να είναι μόνο κατακόρυφοι ή συνδυασμός από κατακόρυφους και οριζόντιους. Οι δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος λειτουργούν επίσης ως μετα-χωνευτές και θα πρέπει πάντα να καλύπτονται με αεροστεγή μεμβράνη.

3.11 Συντήρηση των χωνευτών

Για τη συντήρηση των χωνευτών θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η αφαίρεση των ιζημάτων από το χωνευτή . Είναι δεδομένο ότι στο εσωτερικό των χωνευτών συνεχούς τύπου μπορεί να συσσωρευτούν ιζήματα βαρέων υλικών,

όπως της άμμου και άλλων μη χωνευόμενων υλικών. Τα περισσότερα από αυτά τα υλικά αφαιρούνται κατά τη διαδικασία της προ-αποθήκευσης ή κατά την τροφοδοσία. Υπάρχει όμως η πιθανότητα η άμμος να προσκολληθεί πολύ στενά στις οργανικές ουσίες και παρουσιάζεται μεγάλη δυσκολία να διαχωριστεί πριν από τη χώνευση. Συνεπώς, ένα μεγάλο μέρος της άμμου απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της βιολογικής διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης στο χωνευτή.

Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα τα απόβλητα του ελαιοτριβείου να περιέχουν άμμο. Με την συσσώρευση της άμμου μέσα στις δεξαμενές και τους χωνευτές μειώνεται ο ενεργός όγκος τους. Η παρουσία άμμου κατά τη ροή της βιομάζας επιβαρύνει σημαντικά αρκετές εγκαταστάσεις όπως τα συστήματα ανάδευσης, τις αντλίες και τους εναλλάκτες θερμότητας έχοντας ως αποτέλεσμα την πρόκληση ρύπανσης, απόφραξης αλλά και σημαντική φθορά. Εάν τα στρώματα ιζήματος που δημιουργηθούν κατά τη διαδικασία της παραγωγής βιοαερίου δεν αφαιρεθούν περιοδικά τότε θα σκληρύνουν και θα μπορούν να αφαιρεθούν μόνο με βαρύ εξοπλισμό. Η συνεχής αφαίρεση των στρωμάτων ιζήματος από τους χωνευτές πραγματοποιείται με τη χρήση αυλακιών ή ενός οχετού δαπέδου. Στην περίπτωση όπου ο σχηματισμός ιζήματος είναι πάρα πολύ μεγάλος υπάρχει η πιθανότητα να μη λειτουργήσουν τα συστήματα αφαίρεσης ιζήματος και τότε θα πρέπει ο χωνευτής να τεθεί εκτός λειτουργίας, να ανοιχτεί και να αφαιρεθεί με το χέρι ή με μηχάνημα το στρώμα ιζήματος, ανάλογα με το μέγεθος του χωνευτή. Η στατική πίεση των πολύ ψηλών χωνευτών π.χ. πάνω από 10 m μπορεί να είναι επαρκής για την αφαίρεση της άμμου, των επικαθίσεων και της ιλύος (Σεβστού, 2014).

Οι αρνητικές επιπτώσεις μπορούν να ελαχιστοποιηθούν εάν ληφθούν βασικά μέτρα όπως:

- ✓ Τακτική εκκένωση των δεξαμενών προ-αποθήκευσης και αποθήκευσης
- ✓ Εγκατάσταση δεξαμενής προ-αποθήκευσης μεγάλης χωρητικότητας
- ✓ Επαρκής μέθοδος ανάδευσης
- ✓ Σωστή τοποθέτηση των βάσεων των σωλήνων άντλησης, προκειμένου να αποφευχθεί η κυκλοφορία της άμμου
- ✓ Αποφυγή των τύπων πρώτων υλών με υψηλή περιεκτικότητα σε άμμο

- ✓ Χρήση ειδικά αναπτυγμένων μεθόδων εκκένωσης της άμμου από τους χωνευτές.

Μέτρα κατά των στρωμάτων αφρού

Η δημιουργία τόσο στρωμάτων αφρού αλλά και υλικών που επιπλέουν εξαρτάται από τους τύπους της παρεχόμενης πρώτης ύλης ή μπορεί να προκληθεί από αστάθεια της διαδικασίας. Η εμφάνιση τους στην επιφάνεια του χωνευτή μπορεί να προκαλέσει την απόφραξη των γραμμών του αερίου. Για αυτό τον λόγο θα πρέπει οι γραμμές του αερίου να εγκαθίστανται όσο το δυνατόν υψηλότερα μέσα στο χωνευτή. Οι παγίδες αφρού μπορούν να αποτρέψουν τη διείσδυση του αφρού στους σωλήνες πρώτης ύλης προς τον μετα-χωνευτή ή τις λεκάνες αποθήκευσης. Υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης ενός αισθητήρα αφρού στο επάνω μέρος του χωνευτή για να αρχίσει αυτόματα να ψεκάζει κάποιον επιβραδυντή αφρού στο χωνευτή, εάν εμφανιστεί μεγάλη ποσότητα αφρού στην επιφάνεια. Οι επιβραδυντές χρησιμοποιούνται μόνο σε έκτακτη ανάγκη, διότι συνήθως είναι ενώσεις πυριτικών αλάτων που μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στις εγκαταστάσεις ΣΗΘ (Σεβαστού, 2014).

3.12 Τεχνολογίες ανάδευσης

Η ελάχιστη ανάδευση της βιομάζας μέσα στο χωνευτή πραγματοποιείται με παθητικό τρόπο, η οποία προκαλείται μέσω της εισαγωγή νέας πρώτης ύλης και από τα επακόλουθα ρεύματα θερμικής μεταφοράς, καθώς επίσης και από τη ροή προς τα επάνω των φυσαλίδων αερίου. Επειδή η παθητική ανάδευση δεν επαρκεί για τη βέλτιστη λειτουργία του χωνευτή, πρέπει να εφαρμοσθεί ενεργητική ανάδευση με τη χρήση μηχανικού, υδραυλικού ή πνευματικού εξοπλισμού. Στο 90% περίπου των μονάδων βιοαερίου γίνεται μηχανική ανάδευση. Για να μην δημιουργούνται προβλήματα καθίζησης ή διαχωρισμού θα πρέπει το περιεχόμενο του χωνευτή να αναδεύεται αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας με στόχο να γίνει πλήρης ανάμιξη της νέας πρώτης ύλης με το υπάρχον υπόστρωμα μέσα στο χωνευτή. Με τη διαδικασία της ανάδευσης αποτρέπεται ο σχηματισμός κρούστας και ιζημάτων, ενώ διευκολύνεται η μεταφορά των βακτηρίων στα σωματίδια της νέας πρώτης ύλης, την ανοδική

ροή των φυσαλίδων αερίου και την ομογενοποίηση της κατανομής της θερμότητας και των θρεπτικών ουσιών.

Η λειτουργία των αναδευτήρων μπορεί να είναι συνεχόμενη ή κατά. Η εμπειρία δείχνει ότι τα διαστήματα ανάδευσης μπορούν να βελτιστοποιηθούν εμπειρικά και να προσαρμοστούν στις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε μονάδας βιοαερίου, όπως είναι το μέγεθος της δεξαμενής, η ποιότητα της πρώτης ύλης, η τάση δημιουργίας επιπλέοντων στρωμάτων κ.λπ.. Η εμπειρία και ο έλεγχος είναι αυτοί οι παράγοντες που καθορίζουν τη βέλτιστη διάρκεια και τη συχνότητα των διαστημάτων ανάδευσης, καθώς επίσης και τις ρυθμίσεις στους αναδευτήρες.

Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στη Δανία δείχνουν ότι οι βυθιζόμενοι, ηλεκτρικά οδηγούμενοι αναδευτήρες μέσης ταχύτητας απεδείχθησαν ακριβοί στη λειτουργία τους και δύσκολα προσβάσιμοι για συντήρηση και επιθεώρηση. Όσον αφορά τους περιστρεφόμενους αναδευτήρες, που εγκαθίστανται κεντρικά, στο επάνω μέρος των χωνευτών, αποδείχθηκαν μια καλή εναλλακτική λύση, παρότι η χρήση τους απαιτεί ένα σωστά ρυθμισμένο επίπεδο βιομάζας στο χωνευτή, με σκοπό να αποφευχθούν τα επιπλέοντα στρώματα (Λυμπεράτος, 2000).

3.13 Μηχανική ανάδευση

Η μηχανική ανάδευση των χωνευτών πραγματοποιείται με αναδευτήρες, οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν:

- ως ταχέως περιστρεφόμενοι αναδευτήρες,
- αναδευτήρες μέσης ταχύτητας περιστροφής και
- αργά περιστρεφόμενοι αναδευτήρες.



Εικόνα 3.10 Αναδευτήρας έλικας με καταδύόμενο μοτέρ και αναδευτήρες κρεμασμένων πτερυγίων (αριστερά) και η αντίστοιχη μηχανή ανάδευσης (AGRINZ 2006)

Στους κατακόρυφους χωνευτές χρησιμοποιούνται συχνά οι αναδευτήρες με έλικα και βυθιζόμενο μοτέρ (Σχήμα 7.22). Βυθίζονται τελείως στην πρώτη ύλη και συνήθως έχουν δύο ή τρεις πτερωτές όπου οδηγούνται από ηλεκτρικά μοτέρ, με υδατοστεγή κουβούκλια και αντιδιαβρωτικά επιχρίσματα, τα οποία ψύχονται από το ρευστό περιβάλλον. Λόγω του συστήματος οδήγησής τους οι αναδευτήρες μπορούν συνήθως να προσαρμοστούν ως προς το ύψος, την κλίση και ως προς την κατεύθυνση. Οι αναδευτήρες με πτερύγια έχουν έναν οριζόντιο, κατακόρυφο ή διαγώνιο άξονα και το μοτέρ τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του χωνευτή. Οι συνδέσεις, εκεί όπου ο άξονας διέρχεται από την οροφή του χωνευτή, η στέγη από μεμβράνη ή τα τοιχώματα του χωνευτή πρέπει να είναι στεγανές

Μια άλλη κατηγορία είναι οι αξονικοί αναδευτήρες, οι οποίοι συνήθως λειτουργούν συνεχώς και τοποθετούνται σε άξονες που εγκαθίστανται κεντρικά στην οροφή του χωνευτή. Η ταχύτητα του μοτέρ αυξομειώνεται μέσω ενός συστήματος μετάδοσης της κίνησης. Οι αναδευτήρες πρέπει να δημιουργήσουν ένα σταθερό ρεύμα στο χωνευτή που να ρέει από τον πυθμένα προς τα τοιχώματα.

Στους οριζόντιους χωνευτές χρησιμοποιούνται αναδευτήρες αργά περιστρεφόμενοι πτερυγίων-πηνίου, οι οποίοι μπορούν επίσης να εγκατασταθούν και στους κατακόρυφους χωνευτές. Τα πτερύγια αυτών στερεώνονται στον οριζόντιο άξονα ανάδευσης, ο οποίος αναμειγνύει και προωθεί τη στρωτή ροή της πρώτης ύλης της αναερόβιας χώνευσης. Η ανάδευση επιδρά αφορά μόνο την κατακόρυφη μείξη της πρώτης ύλης. Το

οριζόντιο ρεύμα στρωτής ροής διασφαλίζεται από την εισαγωγή νωπής πρώτης ύλης στο χωνευτή. Σωλήνες θέρμανσης της πρώτης ύλης στην αναερόβια είναι συνήθως ενσωματωμένοι στον άξονα κίνησης και στους βραχίονες του αναδευτήρα. Οι αναδευτήρες έλικα ή πηνίου λειτουργούν αρκετές φορές την ημέρα, με σύντομες περιόδους και χαμηλή ταχύτητα (Λυμπεράτος, 2000).

3.13.1 Πνευματική ανάδευση

Η πνευματική ανάδευση πραγματοποιείται μέσω του βιοαέριου που αναβλύζει από τον πυθμένα του χωνευτή από την μάζας των αποβλήτων. Οι φυσαλίδες του ανερχόμενου αερίου προκαλούν μια κατακόρυφη μετακίνηση και αναδύουν την πρώτη ύλη. Αυτό το σύστημα έχει το πλεονέκτημα ότι οι αντλίες και οι συμπιεστές τοποθετούνται στην εξωτερική πλευρά του χωνευτή, οπότε η φθορά αυτών είναι μικρότερη. Αυτή η τεχνολογία δεν είναι κατάλληλη για την αποδόμηση των στρωμάτων επιπλέοντων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για λεπτή υγρή πρώτη ύλη με χαμηλή τάση δημιουργίας επιπλέοντος στρώματος.

3.13.2 Υδραυλική ανάδευση

Κατά την υδραυλική ανάδευση η πρώτη ύλη συμπιέζεται από αντλίες και απο περιστρεφόμενα ανοίγματα, στο χωνευτή. Η αναρρόφηση και η εκκένωση της πρώτης ύλης στην αναερόβια χώνευση πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε το περιεχόμενο του χωνευτή να αναδύεται όσο το δυνατόν περισσότερο. Αυτά τα συστήματα έχουν το πλεονέκτημα ότι τα μηχανικά μέρη των αναδευτήρων είναι τοποθετημένα εξωτερικά του χωνευτή, οπότε υφίστανται λιγότερη φθορά και μπορούν να συντηρηθούν εύκολα. Η υδραυλική ανάδευση είναι κατάλληλη μόνο περιστασιακά για την αποδόμηση των επιπλέοντων στρωμάτων και χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση λεπτής υγρής πρώτης ύλης με χαμηλή τάση δημιουργίας επιπλέοντος στρώματος (Λυμπεράτος, 2000).

3.14 Αποθήκευση του βιοαερίου

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η παραγωγή του βιοαερίου πρέπει να όσο το δυνατόν σταθερή και συνεχής. Το βιοαέριο κατά τον σχηματισμό του μέσα στον χωνευτή παράγεται σε κυμαινόμενες ποσότητες και με αιχμές απόδοσης. Για να υπάρχει αντιστάθμιση είναι απαραίτητο να αποθηκεύεται προσωρινά το παραγόμενο βιοαέριο σε κατάλληλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης.

Η πιο απλή λύση αποθήκευσης είναι το βιοαέριο να αποθηκεύεται στο επάνω μέρος των χωνευτών με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κάλυμμα του χωνευτή. Στην περίπτωση μεγάλων εγκαταστάσεων δημιουργούνται ξεχωριστές δεξαμενές αποθήκευσης του βιοαερίου. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του βιοαερίου μπορούν να λειτουργούν σε χαμηλή, μέση ή υψηλή πίεση.

Η σωστή επιλογή και διαστασιολόγηση του συστήματος αποθήκευσης έχει ουσιαστική συμβολή στην αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια των μονάδων βιοαερίου, παρέχοντας ένα σταθερό εφοδιασμό με βιοαέριο και μειώνοντας τις απώλειες.

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης βιοαερίου θα πρέπει να είναι αεροστεγείς και, ανθεκτικές στην πίεση, και ανθεκτικές στη θερμοκρασία, τις καιρικές συνθήκες και την υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Πριν τη λειτουργία της μονάδας θα πρέπει να γίνει έλεγχος ως προς τη στεγανότητά τους για την αποφυγή διαρροών. Για λόγους ασφάλειας πρέπει να είναι εξοπλισμένες με βαλβίδες για την αποφυγή ζημιών. Πρέπει επίσης να είναι εγγυημένη η προστασία από έκρηξη και είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός πυρσού έκτακτης ανάγκης. Η δεξαμενή πρέπει να έχει την ικανότητα να αποθηκεύει τουλάχιστον το ένα τέταρτο της ημερήσιας παραγωγής βιοαερίου. Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να αποθηκεύεται για μια ή δυο ημέρες (Γιακουμέλος, 2012)



Εικόνα 3.11 Εγκαταστάσεις πίεσης και βαλβίδες ασφαλείας (AGRINZ 2006)

3.14.1 Δεξαμενές χαμηλής πίεσης

Κατασκευάζονται από ειδικές μεμβράνες, οι οποίες πρέπει να πληρούν μία σειρά απαιτήσεων ασφάλειας και εγκαθίστανται ως εξωτερικοί ταμιευτήρες αερίου ή ως θόλοι / καλύμματα αερίου επάνω από το χωνευτή. Οι εξωτερικές δεξαμενές χαμηλής πίεσης μπορούν να σχεδιαστούν με τη μορφή μαξιλαριών από μεμβράνη / μπαλονιών αερίου. Τα μαξιλάρια από μεμβράνη τοποθετούνται σε κτίρια για προστασία από τα καιρικά φαινόμενα

Στην περίπτωση όπου για την αποθήκευση βιοαερίου χρησιμοποιείται ο χωνευτής ή ο μετα-χωνευτής, αυτοί πρέπει να καλύπτονται με αεροστεγείς θόλους μεμβράνης, οι οποίοι στερεώνονται στο άνω άκρο του χωνευτή και εγκαθίστανται ένα πλαίσιο στήριξης με σκοπό την συγκράτηση της μεμβράνης όταν ο χωνευτής είναι κενός. Η μεμβράνη εκτείνεται ανάλογα με τον όγκο του περιεχόμενου αερίου.

3.14.2 Αποθήκευση βιοαερίου μέσης και υψηλής πίεσης

Υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης του βιοαερίου σε δεξαμενές μέσης και υψηλής πίεσης σε χαλύβδινες δεξαμενές πίεσης και φιάλες. Αυτά τα είδη αποθήκευσης χαρακτηρίζονται από υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Λόγω του μεγάλου κόστους τους, αυτά τα είδη αποθήκευσης του βιοαερίου χρησιμοποιούνται σπάνια στις αγροτικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου (Swedish Gas Centre., 2001.).

3.15 Πυρσοί βιοαερίου

Είναι δεδομένο ότι η παραγόμενη ποσότητα βιοαέριο παρουσιάζει διακυμάνσεις με αρκετές φορές η ποσότητα να είναι πολύ μεγαλύτερη από τα προβλεπόμενα. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η ύπαρξη εφεδρικών λύσεων, όπως η πρόσθετη αποθήκευση βιοαερίου ή πρόσθετα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Η αποθήκευση του βιοαερίου για μικρές χρονικές περιόδους είναι δυνατή χωρίς συμπίεση, αλλά για περιόδους της τάξης των μερικών ωρών γενικά δεν είναι εφικτή, λόγω του μεγάλου όγκου του αερίου. Εξαιτίας του υψηλού κόστους για την εγκατάσταση πρόσθετων συστημάτων ανάκτησης της ενέργειας, κάθε μονάδα βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με έναν «πυρσό» βιοαερίου. Όταν κατά την αναερόβια χώνευση παρατηρηθεί περίσσεια βιοαερίου που δεν μπορεί ούτε να αποθηκευτεί ούτε να χρησιμοποιηθεί, η ανάφλεξη είναι η ιδανική λύση για την εξάλειψη οποιονδήποτε κινδύνων ασφάλειας και για την προστασία του περιβάλλοντος..

Η διεργασία της καύσης καθορίζει τα πλεονεκτήματα ενός τύπου πυρσού σε σχέση με κάποιον άλλον. Η φλόγα του πυρσού ρυθμίζεται από τα πρότυπα εκπομπών και τα κριτήρια απόδοσης του εκάστοτε χρησιμοποιούμενου πυρσού. Δύο παράμετροι, η θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής, διαμορφώνουν τις προδιαγραφές απόδοσης για τους σύγχρονου τύπου πυρσούς. Ο σχεδιασμός των πυρσών πρέπει να στοχεύει στη μεγιστοποίηση της μετατροπής του μεθανίου προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απελευθέρωση άκαυστου μεθανίου και κάθε άλλου υποπροϊόντος της ατελούς καύσης (π.χ. το μονοξείδιο του άνθρακα). Ανάλογα με το λόγο του αέρα, τη θερμοκρασία και την κινητική των αντιδράσεων της καύσης, ενδέχεται να σχηματισθούν αρκετά ανεπιθύμητα υποπροϊόντα της καύσης του βιοαερίου. Προκειμένου να μεγιστοποιηθούν οι επιθυμητές αντιδράσεις και να ελαχιστοποιηθούν οι ανεπιθύμητες το εύρος της θερμοκρασίας, πρέπει να είναι 850-1.200 οC και ο χρόνος παραμονής 0,3 δευτερόλεπτα το ελάχιστο.

Ανεξάρτητα από τον τύπο του πυρσού, η ασφαλής και αξιόπιστη λειτουργία του απαιτεί πέρα από την ύπαρξη του καυστήρα και του θαλάμου, έναν αναστολέα

φλόγα, μία βαλβίδα ασφαλείας και ένα σύστημα ανάφλεξης, με ενσωματωμένο ανιχνευτή φλόγας. Είναι επίσης αναγκαίος ένας ανεμιστήρας αερίου για να αυξάνεται η πίεση του αερίου στον καυστήρα. Για τον καθαρισμό ή τη βελτίωση του αερίου επηρεάζεται από την ποιότητα του αερίου και εάν το αέριο χρησιμοποιείται σε μια εγκατάσταση ανάκτησης της ενέργειας, όπου υπάρχει χαμηλότερη ανοχή για τα παρασυρόμενα σωματίδια τα διάφορα όξινα αέρια που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της καύσης. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι πυρσών βιοαερίου (Rutz, 2008):

- οι ανοικτού: είναι απλοί καυστήρες, με έναν μικρό ανεμοφράκτη για να προστατεύεται η φλόγα. Ο έλεγχος του αερίου είναι στοιχειώδης και συνήθως πραγματοποιείται με μια κοινή χειροκίνητη βαλβίδα. Το πλούσιο σε αέριο μείγμα, η έλλειψη μόνωσης και η φτωχή ανάμειξη οδηγούν σε ατελή καύση και μια φωτεινή φλόγα, η οποία συχνά είναι εμφανής επάνω από τον ανεμοφράκτη. Η απώλεια θερμότητας ακτινοβολίας είναι σημαντική και αυτό οδηγεί σε ψυχρές περιοχές στην άκρη της φλόγας και τον τερματισμό των αντιδράσεων καύσης, με αποτέλεσμα να παράγονται πολλά ανεπιθύμητα υποπροϊόντα. Παλιά χρησιμοποιούνταν λόγω χαμηλού κόστους όμως οι αυστηροί κανονισμοί και ο έλεγχος των εκπομπών είναι πιθανό να περιορίσουν τη χρήση τους.
- οι κλειστού τύπου: συνήθως τοποθετούνται στο έδαφος, σε μόνιμες εγκαταστάσεις που στεγάζουν είτε ένα μόνο καυστήρα είτε μια σειρά καυστήρων οι οποίοι είναι τοποθετημένοι μέσα σε ένα κυλινδρικό περίβλημα που καλύπτεται από πυρίμαχο υλικό, το οποίο αποτρέπει την διακοπή με αποτέλεσμα η καύση είναι ομοιόμορφη και οι εκπομπές χαμηλές. Ο έλεγχος της είναι απλός και περιλαμβάνει συνεχή παρακολούθηση της θερμοκρασίας, των υδρογονανθράκων και του μονοξειδίου του άνθρακα.



Εικόνα 3.12 Σύγχρονοι πυρσοί βιοαερίου (RUTZ 2008)

3.16 Καθαρισμός του βιοαερίου

Όταν το βιοαέριο εξέρχεται από το χωνευτή είναι διαποτισμένο με υδρατμούς και περιέχει, εκτός από μεθάνιο (CH_4), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και ποσότητες υδρόθειου (H_2S). Το υδρόθειο είναι τοξικό, με δυσάρεστη οσμή, και συνδυαζόμενο με τους υδρατμούς στο βιοαέριο, δημιουργείται θειικό οξύ. Το θειικό οξύ είναι διαβρωτικό και μπορεί να προκαλέσει φθορές στις μηχανές ΣΗΘ, τις σωληνώσεις του αερίου και τις καμινάδες και για αυτό απαιτείται η αποθείωση και η ξήρανση του βιοαερίου.

Οι κατασκευαστές των μονάδων ΣΗΘ παρέχουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές για τις ιδιότητες του καυσίμου. Οι ιδιότητες της καύσης πρέπει να είναι εγγυημένες προκειμένου να αποτραπεί η φθορά των μηχανών. Το ίδιο ισχύει και για τη χρήση του βιοαερίου (Angelidaki, 2004).

3.16.1 Αποθείωση

Το ξηρό βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση περιέχει 1.000-3.000 ppm σε υδρόθειο (H_2S). Ένα το βιοαέριο θα χρησιμοποιηθεί σε μηχανές αερίου, η συγκέντρωση του υδρόθειου θα πρέπει να είναι κάτω από 700 ppm, για την αποφυγή διάβρωσης. Η αφαίρεση του υδρόθειου (H_2S) από το βιοαέριο καλείται αποθείωση και έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μέθοδοι: βιολογικές ή χημικές στο εσωτερικό ή εξωτερικά του χωνευτή. Η αποθείωση εξαρτάται από

την περιεκτικότητα σε H₂S και την τιμή του ρυθμού απόδοσης όλου του εξοπλισμού αποθείωσης. Η μεγαλύτερη παραγωγή βιοαερίου και οι υψηλότερες τιμές απόδοσης εμφανίζονται από την εισαγωγή της νέας πρώτης ύλης στο χωνευτή και κατά τη διάρκεια της ανάδευσης (Agelidaki, 2003).

3.17 Σχεδιασμός και κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου

Η κατασκευή μίας μονάδας βιοαερίου μπορεί να δημιουργείται για διαφορετικούς σκοπούς, όπως η προστασία του περιβάλλοντος και η μείωση των αποβλήτων, η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας κ.λπ. Αυτοί που συνήθως ξεκινούν τις διαδικασίες για την κατασκευή μονάδας βιοαερίου είναι οι γεωργοί καθώς και τοπικές οργανώσεις οι δήμοι, οι παραγωγοί ενέργειας κ.α. Η διαδικασία που ακολουθείται για την δημιουργία μιας παραγωγικής μονάδας είναι::

- Σύλληψη της ιδέας του έργου
- Προ-μελέτη σκοπιμότητας
- Μελέτη σκοπιμότητας
- Λεπτομερής σχεδιασμός της μονάδας βιοαερίου
- Διαδικασία αδειοδότησης
- Κατασκευή της μονάδας βιοαερίου
- Λειτουργία και συντήρηση
- Επανεπένδυση, ανανέωση και αντικατάσταση των επιμέρους τμημάτων
- . Αποσυναρμολόγηση ή αναβάθμιση.

Για να συγκεκριμενοποιηθεί η δημιουργία μιας μονάδας βιοαερίου θα πρέπει να απαντηθούν οι ακόλουθες ερωτήσεις:

- Ο στόχος του έργου του βιοαερίου;
- Η ικανότητα του επενδυτή να υλοποιήσει το έργο
- Η εξασφάλιση του συνεχή εφοδιασμού της πρώτης ύλης

- Η περιοχή εγκατάστασης της μονάδα βιοαερίου

Η βασικότερη προϋπόθεση για την δημιουργία μονάδας παραγωγής βιοαερίου είναι η ύπαρξη και η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης. Ακολουθώς θα πρέπει να εξασφαλιστεί η δυνατότητα πώλησης ή χρήσης των τελικών προϊόντων της μονάδας βιοαερίου, δηλαδή τα αέρια το βιοαέριο/ βιομεθάνιο, ο ηλεκτρισμός, η θερμότητα και το χωνεμένο υπόλειμμα καθώς και η αξιολόγηση της βιωσιμότητας της εγκατάστασης. Επομένως, θα πρέπει να γίνει:

- Καθορισμός και αξιολόγηση ενός επιχειρηματικού σχεδίου και μιας στρατηγικής χρηματοδότησης
- Εμπλοκή μιας πεπειραμένης εταιρείας σχεδιασμού
- Συμμετοχή, από τα πρώτα στάδια υλοποίησης του έργου, άλλων βασικών εμπλεκομένων, όπως οι τοπικές αρχές, οι δήμοι, οι προμηθευτές πρώτης ύλης, οι χρηματοδότες και το ευρύ κοινό.

3.18 Εξασφάλιση συνεχούς εφοδιασμού με πρώτη ύλη

Το πρώτο βήμα είναι η καταγραφή των διαθέσιμων τύπων και ποσοτήτων οργανικής πρώτης ύλης στην περιοχή. Επομένως, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η συνολική ποσότητα των αποβλήτων του ελαιοτριβείου που παράγονται στην περιοχή καθώς και αν υπάρχουν και άλλοι τύποι αποβλήτων, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην μονάδα παραγωγής βιοαερίου .

3.19 Χωροθέτηση της μονάδας βιοαερίου

Για να γίνει σωστή επιλογή της τοποθεσίας της μονάδας παραγωγής Βιοαερίου θα πρέπει να υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις:

- Η θέση πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλη απόσταση από κατοικημένες περιοχές προκειμένου να αποφευχθούν αναστατώσεις, οχλήσεις και ως εκ

τούτου διενέξεις σχετικές με τις οσμές και την αυξημένη κυκλοφορία από και προς τη μονάδα βιοαερίου

- Πρέπει να εξεταστεί η κατεύθυνση των κύριων ανέμων προκειμένου να αποφευχθεί να φθάσουν σε κατοικημένες περιοχές οι οσμές που μεταφέρονται από τον αέρα
- Η θέση πρέπει να έχει εύκολη πρόσβαση σε υποδομές όπως είναι το δίκτυο ηλεκτρισμού, προκειμένου να διευκολυνθεί η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, και το οδικό δίκτυο προκειμένου να διευκολυνθεί η μεταφορά της πρώτης ύλης και του χωνεμένου υπολείμματος
- Πρέπει να διερευνηθούν τα εδαφολογικά στοιχεία της θέσης πριν αρχίσει η κατασκευή
- Η επιλεγμένη θέση δεν πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή που μπορεί να πληγεί από πλημμύρα
- Η θέση πρέπει να βρίσκεται σχετικά κοντά (στο κέντρο) στην παραγωγή αγροτικής πρώτης ύλης (στερεή κοπριά, υδαρής κοπριά, ενεργειακές καλλιέργειες) στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των αποστάσεων, του χρόνου και των δαπανών για τη μεταφορά της πρώτης ύλης στη μονάδα
- Για λόγους οικονομικής αποδοτικότητας, η μονάδα του βιοαερίου πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στους δυνητικούς χρήστες της παραγόμενης θερμότητας. Εναλλακτικά, μπορούν να μεταφερθούν πιο κοντά στη θέση της μονάδας βιοαερίου άλλοι δυνητικοί χρήστες της θερμότητας, όπως βιομηχανίες με απαιτήσεις σε θερμότητα, θερμοκήπια κ.λπ.
- Το μέγεθος του οικοπέδου πρέπει να είναι κατάλληλο για τις προβλεπόμενες δραστηριότητες και τη διακίνηση-αποθήκευση της βιομάζας.

3.20 Ασφάλεια των μονάδων βιοαερίου

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας μιας μονάδας παραγωγής Βιοαερίου θα πρέπει να πληρούνται κάποιες σημαντικές προφυλάξεις και μέτρων ασφαλείας, τα οποία θα συμβάλουν σημαντικά στην εξασφάλιση μιας ασφαλούς

λειτουργίας της μονάδας. Συνεπώς θα λαμβάνονται κάποια προληπτικά μέτρα και ελέγχου των βλαβών όπως:

- Πρόληψη έκρηξης
- Πρόληψη πυρκαγιάς
- Μηχανικοί κίνδυνοι
- Στατικότητα της κατασκευής
- Ηλεκτρική ασφάλεια
- Αντικεραυνική προστασία
- Θερμική ασφάλεια
- Προστασία από εκπομπές θορύβου
- Πρόληψη για ασφυξία, δηλητηρίαση
- Υγιεινή και κτηνιατρική ασφάλεια
- Αποφυγή των ρυπογόνων εκπομπών αερίων
- Πρόληψη των διαρροών στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα
- Αποφυγή της απελευθέρωσης ρύπων κατά τη διάρκεια της διάθεσης των αποβλήτων
- Αντιπλημμυρική ασφάλεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μεθοδολογία-Μέθοδοι διαχείρισης στερεών και υγρών αποβλήτων

4.1 Γενικά

Σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν εκδοθεί περισσότερες από 1.000 μελέτες σχετικά με τις μεθόδους μεταχείρισης των αποβλήτων των ελαιοτριβείων (OMW) (Niaungakis and Halvadakis 2006b). Αξίζει να σημειωθεί ότι η πρώτη αναφορά στη διοίκηση της OMW δημοσιεύθηκε το 1953 από τον Fiestas Ros de Ursinos στο περιοδικό *Grasas y Aceites* στην Ισπανία. Λόγω του γεγονότος ότι σε αυτή την κατηγορία αποβλήτων υπάρχει μεγάλη ποικιλία συστατικών, μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές για την επεξεργασία τους, με βάση βιολογικές, φυσικές και φυσικοχημικές μεθόδους. Οι φυσικές και οι φυσικοχημικές μέθοδοι μπορούν να συνδυαστούν και μπορούν να εμπεριέχουν φθορισμό / καθαρισμό, τεχνολογία μεμβράνης, αντίδραση Fenton, ηλεκτροχημική οξείδωση, προσρόφηση και διεργασίες ανταλλαγής ιόντων.

4.2 Βιολογική επεξεργασία

4.2.1 Αερόβιες διαδικασίες

Η επεξεργασία με βάση την αερόβια διαδικασία στηρίζεται σε εκείνα τα βακτήρια που ευδοκίμούν σε συνθήκες όπου υπάρχει επάρκεια οξυγόνου και ρύπων για να ανοικοδομηθούν. Η οργανική ύλη μπορεί να βρεθεί στα απόβλητα ελαιοτριβείου με τη μορφή σωματιδιακού οργανικού άνθρακα. Αυτή η μορφή

άνθρακα υδρολύεται και παράγονται οργανικές ενώσεις χαμηλότερου μοριακού βάρους. Υπό αερόβιες συνθήκες, αυτές οι ενώσεις οξειδώνονται από μικρόβια σε CO₂, νερό και οξειδωμένες μορφές N και S.

Οι βιοαντιδραστήρες στους οποίους συμβαίνει η αερόβια διαδικασία είναι οι γυάλινες στήλες ή οι πλαστικές γλάστρες γεμάτες με κοσκινισμένο χώμα, όπου μετά την πραγματοποίηση των αερόβιων αντιδράσεων, οι περισσότεροι ρύποι στο υπολοπόμενο κλάσμα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή νέων βακτηριακών κυττάρων, τα οποία στη συνέχεια θα απομακρυνθούν από το νερό. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι βιοαντιδραστήρες πρέπει να διατηρήσουν το δυναμικό τους στη φυσιολογική κατάσταση των ακινητοποιημένων κυττάρων. Στην πραγματικότητα, οι βιοαντιδραστήρες με ακινητοποιημένα κύτταρα, όπως τα στελέχη του *Aspergillus* είναι γενικά τα πιο αποτελεσματικά στη βιολογική επεξεργασία των μολυσμένων από ρύπους οργανικών ρύπων (Bertin et al., 2001). Με την παρουσία μύκητα το ενζυματικό τους σύστημα ενεργοποιείται από την παρουσία οργανικών ενώσεων που περιέχονται από τα απόβλητα του ελαιολιτριβείου, η βιοδιάσπαση των οποίων οδηγεί σε μείωση της τοξικότητας αυτών (Fountoulakis et al., 2002). Τα άλλα μυκητιακά είδη που χρησιμοποιούνται είτε αποκλειστικά είτε σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους για τη μείωση της φαινολικής περιεκτικότητας περιλαμβάνουν το *Geotrichum candidum*, *Lactobacillus plantarum*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Panus tigrinus* (Dhouib et al., 2006).

Οι πιο γνωστές αερόβιες διεργασίες είναι τα συστήματα ενεργοποιημένης ιλύος, οι αντιδραστήρες ακολουθίας, ο περιστρεφόμενος βιολογικός μετασχηματιστής και οι φιάλες διανομής. Αυτοί μπορεί να λειτουργήσουν αποτελεσματικά μόνο εάν η συγκέντρωση της τροφής είναι σχετικά χαμηλή, της τάξης του 1 g / l COD (Baourakis et al., 2000). Ωστόσο, έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό ακόμα και σε υψηλότερα ποσοστά φόρτωσης. Οι Eusebio et al., (2005) πέτυχαν περίπου 70% μείωση COD για φορτίο 40 g / l σε υδραυλικό χρόνο κατακράτησης 3 ημερών. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορούν να γίνουν ανεκτές μόνον εάν η εγκατάσταση λειτουργεί με μακρά υδραυλική διάρκεια κατακράτησης και / ή με μεγάλη ανακύκλωση. Επομένως, η υψηλή αρχική συγκέντρωση των αποβλήτων και ο μικρός ρυθμός απομάκρυνσης του κλάσματος αυτών των ρύπων καθιστά

την διαδικασία αυτή ακατάλληλη για την άμεση επεξεργασία με αερόβιες συνθήκες (Niaounakis and Halvadakis 2004). Ορισμένες φυσικοχημικές προεπεξεργασίες έχουν επομένως διερευνηθεί: Η ακτινοβολία υπερήχων χαμηλής συχνότητας και ο οζονισμός μειώνουν την αντιοξειδωτική δράση των αποβλήτων αφαιρώντας έως και 50% των φαινολικών ενώσεων, με αποτέλεσμα να διευκολύνουν τις τελευταίες βιολογικές επεξεργασίες. Μια εναλλακτική μέθοδος για τη βελτίωση της απόδοσης της αερόβιας επεξεργασίας είναι η ανάμειξη των αποβλήτων με τα αστικά λύματα. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων καθώς και οι συναφείς εγκαταστάσεις για την επεξεργασία των πρόσθετων αποβλήτων με μειωμένο κόστος (Atanassova et al., 2005).

4.2.2 Αναερόβιες διεργασίες

Στη δεκαετία του 1970 και του 80, η αναερόβια χώνευση αποδείχθηκε μια υποσχόμενη εναλλακτική λύση στην καθιερωμένη αερόβια επεξεργασία. Μόνο της ή σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο για την επεξεργασία λυμάτων, διότι ανακτάται ένα αξιόλογο κλάσμα της χημικής ενέργειας στα απόβλητα ως μεθάνιο και η ποσότητα ιλύς που παράγεται είναι πολύ μικρότερη από αυτή της αερόβιας διεργασίας. Λόγω του υψηλού οργανικού περιεχομένου είναι κατάλληλα για αναερόβια επεξεργασία, ακόμη και αν δεν μπορούν να επιτευχθούν υψηλές αποδόσεις καθαρισμού (Erguder et al., 2000).

Η αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων πραγματοποιείται σε αεροστεγή δοχεία από αναερόβια βακτήρια σε μία διαδικασία τριών σταδίων. Στο πρώτο στάδιο, τα βακτήρια αποικοδομούν πολύπλοκα οργανικά υλικά σε απλούστερες ενώσεις, δηλαδή οι πολυσακχαρίτες και οι πολυφαινόλες μετατρέπονται στα μονομερή τους σε μονοσακχαρίτες και σε φαινόλες, αντίστοιχα. Κατά το δεύτερο στάδιο, τα ακετογονικά βακτήρια μετατρέπουν τις φαινόλες και τον μονοσακχαρίτη σε οργανικά οξέα, όπως οξικό, γαλακτικό και μυρμηκικό οξύ, και αλκοόλη. Τέλος, στο τρίτο στάδιο, τα μεθανογόνα βακτήρια, τα οποία χαρακτηρίζονται από την ευαισθησία τους στο pH, μετατρέπουν τα οργανικά

οξέα σε βιοαέριο, το οποίο είναι όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι ένα μίγμα αποτελούμενο από μεθάνιο σε ποσοστό 60-80% καθώς και σε άλλα αέρια, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα. (Sabbah κ.ά., 2004)

Αρκετές αναερόβιες διεργασίες έχουν δοκιμαστεί για επεξεργασία των αποβλήτων αυτής της κατηγορίας. Οι μέθοδοι, διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο διατηρούνται οι μικροοργανισμοί στον ζυμωτήρα, είναι οι εξής : αναερόβια επαφή, αναρρόφηση αναερόβιας λάσπης (UASB) και αναερόβια φίλτρα.

Αναερόβια επαφή:

Η διεργασία της αναερόβιας επαφής έχει δοκιμαστεί από διάφορους ερευνητές. Όλες αυτές οι μελέτες αναφέρονται στην πέψη των αποβλήτων ΟΜW η οποία κυμαίνεται από 15 έως 70 kg COD / m³ . Τα αποτελέσματα των μελετών δείχνουν ότι αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεταχείριση απομάκρυνσης των ακατάλληλων προσμίξεων με αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης του COD να φτάνει έως και 70-80% σε ογκομετρικές ταχύτητες φόρτωσης στην περιοχή 2-4 kg COD / m³ d (Beccari et al. 1996). Ο υδραυλικός χρόνος κατακράτησης κυμαίνεται από 20 ημέρες έως 25 ημέρες (Rozzi and Malpei 1996).

Αναρρόφηση αναερόβιας λάσπης:

Σε σύγκριση με τη διεργασία αναερόβιας επαφής, είναι πιο γρήγορη (Borja et al., 1996), αποτελεσματικότερη απομάκρυνση του COD και υψηλότερη ανάκτηση βιοενέργειας. Όμως, η διαδικασία είναι ασταθής, ειδικά σε υψηλές συγκεντρώσεις COD, λόγω της ανασταλτικής επίδρασης των πολυφαινολών στα απόβλητα, της έλλειψης αμμωνίας και της χαμηλής αλκαλικότητας των αποβλήτων (Angelidaki et al., 2002). Συνεπώς, η χρήση της μεθόδου απαιτεί είτε την προσθήκη ουρίας ως συμπλήρωμα αζώτου και την αραιώση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων με σημαντικές ποσότητες νερού, έχοντας μεγάλες ποσότητες, είτε με ταυτόχρονη συμπύκνωση μαζί με άλλους τύπους αποβλήτων. Έχει αποδειχθεί ότι η συν-πέψη με την κοπριά θα μπορούσε να είναι μια οικονομικά αποδοτική μέθοδος καθώς το άζωτο δεν έχει προστεθεί στην επεξεργασία (Angelidaki and Ahring 1997).

Αναερόβια φίλτρα:

Μπορούν να λειτουργούν είτε ως αντιδραστήρες αναρρόφησης είτε προς τα κάτω, με τις πρώτες να χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον. Ο λόγος είναι ότι οι αντιδραστήρες σταθερής κλίνης που λειτουργούν σε κατεύθυνση προς τα πάνω φέρουν υψηλότερο COD φόρτωσης και αφαίρεσης και πολύ πιο γρήγορη εκκίνηση από εκείνες που λειτουργούν σε κατηφορική κατεύθυνση. Τα αναερόβια φίλτρα προτιμούνται επειδή απαιτούν πολύ μικρό έλεγχο της διαδικασίας, λόγω του μικρότερου χρόνου έναρξης λειτουργίας και μπορούν να αντέξουν σε υψηλές προσωρινές υπερφορτώσεις. Οι σύντομοι χρόνοι εκκίνησης είναι κατάλληλοι για τα ελαιοτριβεία, τα οποία λειτουργούν εποχιακά. Αυτά τα πλεονεκτήματα υποδεικνύουν ότι αυτή η διαδικασία είναι η πλέον κατάλληλη για την μεταχείριση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων (Rozzi et al., 1989). Όσον αφορά τη σταθερότητα της διεργασίας, η αναερόβια χώνευση εξακολουθεί να υστερεί από την αερόβια, τη βιολογική και τις φυσικοχημικές επεξεργασίες (Mechichi and Sayadi 2005).

4.2.3 Φυσικοχημική επεξεργασία

Θερμικές διεργασίες - Διαδικασίες απόσταξης και εξάτμισης:

Σε αυτές τις διεργασίες παράγεται συμπυκνωμένο διάλυμα, δηλαδή συμπυκνωμένη πάστα και ένα πτητικό μίγμα που αποτελείται από υδρατμούς και πτητικές ουσίες, όπου παρατηρούνται μεγάλες μειώσεις έως και 90% σε COD και 70-75% του όγκου (Di Giacomo et al., 1991). Συνεπώς, όσο πιο συγκεντρωμένα είναι τα απόβλητα τόσο πιο οικονομική είναι η επεξεργασία απόσταξης ανά μονάδα μάζας συμπυκνωμένου COD (Niaounakis and Halvadakis 2006b).

Καύση:

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την ταχεία χημική αντίδραση μεταξύ του υποστρώματος και του οξυγόνου για τον σχηματισμό CO₂, νερού και θερμότητας. Δεδομένου ότι χρησιμοποιείται ευρέως για την απόρριψη αποβλήτων, μπορεί να είναι κατάλληλο για ισχυρά λύματα, όπως αυτά των

ελαιοτριβείων με την ικανότητα να διατηρούν την καύση χωρίς προ-ξήρανση. Λόγω της εποχιακής παραγωγής αυτών των αποβλήτων ο αποτεφρωτήρας θα πρέπει είτε να λειτουργεί για αυτή την περίοδο είτε να απαιτεί και άλλα είδη καυσίμων για το υπόλοιπο έτος.

Κροκίδωση:

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη χρήση διαφορετικών ανόργανων πηκτικών ενώσεων, όπως ο χλωριούχος σίδηρος, του θειικού αργιλίου, του χλωριούχου σιδήρου, του χλωριούχου ασβεστίου και του θειικού σιδήρου καθώς η διαδικασία αυτή δεν είναι πολύ αποτελεσματική όταν χρησιμοποιείται μόνη της, διότι οι περισσότερες οργανικές ουσίες που απαντώνται στα απόβλητα των ελαιοτριβείων δυσκολεύονται να καταβυθιστούν π.χ. σάκχαρα και πτητικά οξέα. Επομένως, χρησιμοποιείται με αναερόβιες βιολογικές διεργασίες, είτε ως προεπεξεργασία είτε ως στάδιο μετά την επεξεργασία.

Διαδικασίες μεμβράνης:

Στις διεργασίες της μεμβράνης, τα λύματα υποβάλλονται σε πίεση από μια αντλία και κατόπιν φιλτράρονται μέσω ειδικής μεμβράνης. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να διαχωριστεί τεχνικά από μια ουσία εναιωρήματος / γαλακτώματος μεγέθους μεγαλύτερης από μία συγκεκριμένη τιμή, ονομάζεται «αποκοπή μεμβράνης». Αυτές οι ουσίες είναι είτε οργανικές ενώσεις είτε σταγονίδια ελαιολάδου (Economou et al., 1994). Οι κύριες μέθοδοι που εφαρμόζονται στην τεχνολογία μεμβράνης για την επεξεργασία με τα απόβλητα είναι το μικροφιλτράρισμα, η μικροδιήθηση και η αντίστροφη ώσμωση. Στο μικροφιλτράρισμα, οι πόροι έχουν διάμετρο 2 mm, επομένως επιτυγχάνεται η πλήρης απομάκρυνση των κολλοειδών συστατικών. (Halet et al, 1997). Ωστόσο, αυτή η μέθοδος δεν είναι αποτελεσματική στην απομάκρυνση των διαλυμένων ουσιών, όπως αυτές που προσδιορίζονται με το COD. Λόγω του μικρού μεγέθους πόρου, εμφανίζεται σοβαρή ρύπανση της μεμβράνης, η οποία επηρεάζει την απόδοση. Για την επίτευξη καλύτερης απόδοσης, η διαδικασία του μικροφιλτράρισματος συνδυάζεται με φυγοκέντρηση όπου έχει αναφερθεί αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης COD μέχρι 90% ή με προηγμένη διεργασία

οξειδωσης ή με αντίστροφη όσμωση όπου είναι δυνατόν να επιτευχθεί μία μείωση COD περίπου 99% (Drouiche et al., 2004).

Αντίδραση Fenton:

Είναι μια μέθοδος χημικής οξειδωσης και πήξης των οργανικών ενώσεων που όταν προστεθεί υπεροξείδιο του υδρογόνου και θειικό σίδηρο (αντιδραστήριο Fenton). Μελέτες αποδεικνύουν ότι το αντιδραστήριο Fenton θα μπορούσε να μειώσει μετρίως το COD και σε μεγαλύτερο βαθμό τις φαινολικές ενώσεις (Rivas et al., 2001).

Διεργασία ηλεκτροχημικής οξειδωσης:

Αν και η χρήση ηλεκτρισμού για την επεξεργασία νερού προτάθηκε αρχικά στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1889, η ηλεκτροχημική οξείδωση είναι μια σχετικά νέα υποσχόμενη διαδικασία σε αυτό τον τομέα. Σε αυτή τη διαδικασία, οι ρύποι καταστρέφονται είτε με άμεση είτε έμμεση διαδικασία οξείδωσης. Στην πρώτη, όταν οι ρύποι προστίθενται στον αντιδραστήρα, αρχικά απορροφούνται στην επιφάνεια ανόδου του ηλεκτροδίου και στη συνέχεια καταστρέφονται από την αντίδραση μεταφοράς ηλεκτρονίων. Στην τελευταία, δημιουργούνται ηλεκτροχημικά ισχυρά οξειδωτικά όπως υποχλωριώδες / χλώριο. Στη συνέχεια, οι ρύποι καταστρέφονται στο μεγαλύτερο μέρος του διαλύματος με ηλεκτροπαραγωγή ενεργού χλωρίου (Rajkumar and Palanivelu 2004).

Λόγω της υψηλής αγωγιμότητας των αποβλήτων των ελαιοτριβείων και της ύπαρξης ιόντων χλωρίου, η ηλεκτροχημική επεξεργασία αυτών έχει αναφερθεί ότι είναι πολύ αποτελεσματική. Οι Panizza και Gerisola (2006) αντιμετώπισαν τέτοιου είδους απόβλητα με ηλεκτροχημική οξείδωση και διαπίστωσαν ότι η διαδικασία αυτή μπορεί να μειώσει την COD από 26,5 g / l σε λιγότερο από 1 g / l και να αφαιρέσει εντελώς το αρωματικό περιεχόμενο και το χρώμα του OMW. Οι Gotsi et al (2005) επέμειναν ότι η αποτελεσματικότητα της θεραπείας επηρεάζεται από τις λειτουργικές παραμέτρους, όπως η αλατότητα, ο ρυθμός ανακυκλοφορίας και η αρχική συγκέντρωση του των αποβλήτων

Προσρόφηση:

Μέσω αυτής της διαδικασίας προσροφώνται όλες οι διαλυμένες ενώσεις, οι οποίες είναι προσκολλημένες στην επιφάνεια του προσροφητή, όπως ο ενεργός άνθρακας ή ο μπεντονίτης. Τα προσροφητικά είναι χρωστικές ουσίες που είναι μη ή ελάχιστα βιοαποικοδομήσιμες. Χρησιμοποιείται κυρίως σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους μεταχείρισης.

Ανταλλαγή ιόντων:

Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την υποκατάσταση ιόντων σε διάλυμα χρησιμοποιώντας χημικά αντιδραστήρια. Η έρευνα για την ανταλλαγή ιόντων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξάλειψη των φαινολών και των πολυφαινολών.

4.3 Φυσική μεταχείριση

Η εφαρμογή γης είναι η παλαιότερη πρακτική για τη διάθεση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Είναι γεγονός ότι ο Marcus Porcius Cato (234-149 π.Χ.) συνέστησαν την εφαρμογή των αποβλήτων για τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους (Tomati and Galli 1992). Έχουν δημοσιευθεί πολλές μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις της ενσωμάτωσης αυτών των αποβλήτων σε εδάφη με διάφορες καλλιέργειες, τα αποτελέσματα των οποίων δείχνουν ότι η πρακτική αυτή έχει γενικά θετικά αποτελέσματα τόσο για τα φυτά όσο και για τα εδάφη (Di Gionacchino et al., 1997). Ωστόσο, εμφανίζονται αρνητικές επιπτώσεις στην περίπτωση όπου δεν έχουν ληφθεί παράμετροι για τη σωστή εφαρμογή των υλικών αυτών όπως οι ιδιότητες του εδάφους, ο υδροφόρος ορίζοντας, ο τύπος καλλιέργειας και η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία. Αυτός ο τρόπος εφαρμογής εξυπηρετεί τρεις κύριους στόχους όπως:

- α) τον περιορισμό του κόστους διαχείρισης των αποβλήτων,
- β) την επανασύνδεση των φυσικών κύκλων της οργανικής ύλης και των θρεπτικών συστατικών και
- γ) την αξιοποίηση των ιδιοτήτων των αποβλήτων

Τα τελευταία 20 χρόνια, η εφαρμογή των αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε γεωργικές εκτάσεις αποτέλεσε αντικείμενο πολλών ερευνών, ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσογείου με το γενικό συμπέρασμα ότι η αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου επηρεάζεται από την επιλογή των φυτών, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και τέλος από τις κλιματικές συνθήκες.

4.4 Η διαδικασία αναερόβιας χώνευσης

Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιολογική διαδικασία κατά την οποία το οργανικό υλικό αποσυντίθεται απουσία οξυγόνου και παρουσίας αναερόβιων μικροοργανισμών. Η αναερόβια χώνευση είναι συνέπεια μίας σειράς μεταβολικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ διαφόρων ομάδων μικροοργανισμών (Chen et al. 2008). Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων (OMWW) θεωρούνται κατάλληλα για αναερόβια επεξεργασία, αφού το ρυπαντικό φορτίο αποτελείται από οργανικές και διαλυτές ενώσεις, π.χ. σάκχαρα και πηκτίνη. Η αναερόβια χώνευση των αποβλήτων εφαρμόζεται όλο και περισσότερο λόγω του ότι επιτρέπει την ανάκτηση σημαντικής ποσότητας μεθανίου και τη χρήση αυτής ως πηγή ενέργειας και τέλος παράγονται μικρότερες ποσότητες λύου, μείωση των οσμών και της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών (Γεωργακάκης, 1986)

Η αναερόβια χώνευση διακρίνεται σε τέσσερα στάδια και αυτά είναι η υδρόλυση, η όξεογένεση, η οξικογένεση και μεθανογένεση. Η πρώτη ομάδα μικροοργανισμών εκκρίνει ένζυμα, τα οποία υδρολύουν τα πολυμερή υλικά σε μονομερή όπως η γλυκόζη και τα αμινοξέα. Αυτά στη συνέχεια μετατρέπονται με τη δεύτερη ομάδα, δηλαδή τα Ακετογονικά βακτήρια σε υψηλότερα πτητικά λιπαρά οξέα, H_2 και οξικό οξύ. Τέλος, η τρίτη ομάδα βακτηρίων, μεθανογενών, μετατρέπει το H_2 , το CO_2 και το οξικό, σε CH_4 . Αυτά τα στάδια περιγράφονται λεπτομερώς παρακάτω. Η αναερόβια χώνευση διεξάγεται σε μεγάλους χωνευτές όπου διατηρούνται σε θερμοκρασίες, οποίες κυμαίνονται από $30\text{ }^\circ\text{C}$ έως $65\text{ }^\circ\text{C}$ (Kosaric and Blaszczyk 1992).

4.5 Υδρόλυση

Η υδρόλυση είναι μια απαραίτητη διαδικασία κατά την οποία οι σύνθετες και αδιάλυτες οργανικές ενώσεις μετατρέπονται σε τέτοια μορφή και σε τέτοιο μέγεθος έτσι ώστε να μπορούν να διαπεράσουν το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων και να χρησιμοποιηθούν ως πηγή είτε θρεπτικών υλικών είτε ενέργειας (Uemura et al.,1995). Στην ουσία πραγματοποιείται η μετατροπή των πιο σύνθετων συστατικών σε διαλυτές ουσίες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα βακτήρια. Η υδρόλυση πραγματοποιείται μέσω υδρολυτικών ενζύμων, που παράγονται και εκκρίνονται από ειδικά βακτήρια. Η σταθεροποίηση του σύνθετου οργανικού υλικού δε μπορεί να πραγματοποιηθεί αν το αρχικό στάδιο της υδρόλυσης δεν έχει εξελιχθεί ομαλά (Moonil et al.,2002). Η υδρόλυση εξαρτάται από το είδος των οργανικών υλικών που πρόκειται να αποδομηθούν. Υπάρχουν υλικά, των οποίων οι ενώσεις τους δεν μπορούν να υδρολυθούν και ονομάζονται μη αποικοδομήσιμες (Ostrem 2004).

4.6 Οξυγένεση

Οι διαλυτές ουσίες από το προηγούμενο στάδιο είναι μακριάς αλυσίδας οργανικά οξέα, σάκχαρα, αμινοξέα, τα οποία με τη σειρά τους θα διασπαστούν σε μικρότερα οργανικά οξέα όπως είναι το προπιονικό, βουτυρικό και βαλερικό οξύ (Gonzalez et al.,1998). Αυτή η φάση ονομάζεται φάση οξυγένεσης. Κατά τη φάση αυτή, δεν προκαλείται σταθεροποίηση όλου του συστήματος, όμως το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού υλικού αλλάζει μορφή και ένα πολύ μικρό μέρος του καταναλώνεται. Η οξυγένεση μπορεί να οριστεί ως η αναερόβια βιολογική διεργασία παραγωγής οξέων κατά την οποία δεν απαιτείται επιπρόσθετος δότης ή δέκτης ηλεκτρονίων (Elefsiniotis et al.,1994). Τα βακτήρια που προκαλούν την παραγωγή των οξέων μπορεί να είναι προαιρετικά ή αυστηρά αναερόβια. Ανάλογα με τη σύνθεση της πρώτης ύλης διαφοροποιείται η ποσότητα καθώς και το είδος των βακτηρίων διαφέρει σημαντικά. Τα αυστηρά αναερόβια βακτήρια είναι πολύ περισσότερα από τα προαιρετικά αναερόβια. Συνεπώς κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης,

τα προαιρετικά αναερόβια βακτήρια διαδραματίζουν το σημαντικότερο ρόλο. Στα βακτήρια, η αναγωγική δράση προωθείται με την υδρογονάση NADH (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Hydrogenase). Η μεταβολή της ελεύθερης ενέργειας κατά την οξείδωση προς NAD (Nicotinamide Adenine Dinucleotide) και H₂ γίνεται αρνητική όταν η μερική πίεση του υδρογόνου είναι κατώτερη από 10⁻³atm. Επομένως, με χαμηλή μερική πίεση υδρογόνου, η βιολογική πορεία κατευθύνεται ευνοϊκά προς το σχηματισμό CO₂, H₂ και οξικού οξέος. Τα οξυγενή βακτήρια από το pH όταν η τιμή του φτάσει το 4,5(Paulo et al., 2003).

4.7 Οξικογένεση

Στο επόμενο στάδιο της οξικογένεσης, τα προϊόντα που δημιουργήθηκαν θα μετατραπούν σε οξικό οξύ, υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα οργανικά οξέα με μικρό μοριακό βάρος. Τα βακτήρια, τα οποία οξειδώνουν τα οργανικά οξέα απαιτούν έναν επιπρόσθετο δέκτη ηλεκτρονίων όπως το ιόν υδρογόνου ή το διοξείδιο του άνθρακα, προκειμένου να παράγουν αέριο υδρογόνο ή μυρμηκικό οξύ αντίστοιχα. Αυτά τα βακτήρια μπορούν να διατηρούνται σε χαμηλή συγκέντρωση ώστε να είναι θερμοδυναμικά εφικτή η αντίδραση οξείδωσης (Elefsiniotis et al., 1994).

4.8 Μεθανογένεση

Τελικό προϊόν της αναερόβιας αποδόμησης είναι το μεθάνιο, το οποίο αποτελεί το τελικό στάδιο της αναερόβιας χώνευσης. Τα μεθανογενή βακτήρια καθορίζουν τον ρυθμό δημιουργίας του μεθανίου(Moonil et al.2002) και είναι μέλη μιας πολύ χαρακτηριστικής ομάδας βακτηρίων που αναπτύσσεται μόνο σε απόλυτα αναερόβιο περιβάλλον. Παίζουν καθοριστικό ρόλο στη φάση ολοκλήρωσης της αναερόβιας αποσύνθεσης και οδηγούν στην παραγωγή βιοαερίου. Έχουν αυστηρά περιορισμένη δυνατότητα σε υπόστρωμα αφού

μεταβολίζουν αποκλειστικά οξικό οξύ, μίγμα CO₂ και H₂, μυρμηκικό οξύ, μεθανόλη και μεθυλαμίνη (Paul and Liu 2012) Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτών των βακτηρίων είναι ότι είναι ευάλωτα σε κάθε είδους τοξικότητα του υποστρώματος. Οι πιο συνηθισμένες τοξικότητες προκύπτουν σε υψηλές συγκεντρώσεις του H₂, του H₂S, της NH₃ και των μη ιοντισμένων πτητικών οξέων (Yu et al. 2002).

4.9 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση είναι οι ακόλουθοι:

- Η θερμοκρασία,
- το pH και η αλκαλικότητα,
- τα θρεπτικά στοιχεία και
- οι τοξικές ουσίες που επιδρούν στη διαδικασία παραγωγής μεθανίου κατά την αναερόβια επεξεργασία.

4.9.1 Θερμοκρασία

Η μεθανογένεση είναι από τις διεργασίες που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Μεθανογόνοι μικροοργανισμοί έχουν βρεθεί σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιακών περιοχών όμως οι ρυθμοί των αντιδράσεων αυξάνονται με την θερμοκρασία μέχρι τους 60°C. Οι δυο βέλτιστες θερμοκρασιακές περιοχές για την λειτουργία της αναερόβιας διαδικασίας είναι η μεσόφιλη (~35 °C) και η θερμόφιλη (55 °C με 60 °C), όπου στο ενδιάμεσο οι ρυθμοί μειώνονται, όμως έχει αναφερθεί αναερόβια επεξεργασία λυμάτων σε χωνευτήρες που λειτουργούσαν ακόμη και στους 15 °C. Στην περίπτωση των απότομων μεταβολών της θερμοκρασίας μπορούν να είναι καταστροφικές για την αναερόβια χώνευση (Verma, 2002).

4.9.2 pH

Η αναερόβια χώνευση παρατηρείται σε περίπου ουδέτερο pH. Διαφοροποιήσεις από αυτή την περιοχή παρατηρούνται εξαιτίας της συσσώρευσης όξινων ή βασικών μεταβολικών προϊόντων, όπως είναι τα λιπαρά οξέα ή η αμμωνία, αντίστοιχα. Όταν παρατηρείται μείωση του pH μεγαλύτερη ευαισθησία παρουσιάζουν τα μεθανογόνα βακτήρια απ' ό,τι στα ζυμωτικά βακτήρια. Συνεπώς ενώ οι ζυμωτικοί μικροοργανισμοί, ενώ συνεχίζουν την παραγωγή οξέων η μεθανογένεση έχει παρεμποδιστεί εξαιτίας της αναστολής της λειτουργίας των βακτηρίων η μεθανογένεση με αποτέλεσμα την αποτυχία της ολοκλήρωσης της αναερόβιας χώνευσης (Verma, 2002)

4.9.3 Θρεπτικά

Για την ανάπτυξη και των μεταβολισμό των μικροοργανισμών θα πρέπει το υπόστρωμα να περιέχει θρεπτικά συστατικά. Γενικά, τα επίπεδα στην τροφοδοσία των βασικών θρεπτικών C και N συνήθως εκφράζονται με το λόγο COD:N που πρέπει να κυμαίνεται από 400:7 έως 1000:7. Ο βέλτιστος λόγος N:P είναι 7:1. Επιπλέον κάποια ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της μεθανογένεσης, όπως ο σίδηρος, το νικέλιο, το μαγνήσιο, το ασβέστιο, το βάριο, το βολφράμιο, ο μόλυβδος, το σελήνιο και το κοβάλτιο (Wilson, 2014).

4.9.4 Τοξικές ουσίες

Η διαδικασία της παραγωγής μεθανίου μπορεί να παρεμποδιστεί από διάφορες ουσίες οι οποίες είναι τοξικές για την μεθανογένεση όπως είναι το οξυγόνο, η αμμωνία, τα λιπαρά οξέα, τα βαρέα μέταλλα, τα θειούχα και θειικά ιόντα και διάφορες άλλες ξενοβιοτικές ενώσεις. Είναι φυσικό το οξυγόνο να είναι τοξικό ακόμα και σε ίχνη αναερόβια μεθανογόνα βακτήρια, ενώ ορισμένοι από αυτούς είναι αρκετά ανθεκτικοί στο οξυγόνο. Μια ακόμη ουσία που μπορεί να είναι τοξική είναι η αμμωνία. Η συγκέντρωση αμμωνίας που παρεμποδίζει την παραγωγή μεθανίου κυμαίνεται από 1500 μέχρι 3000 mg/l ενώ από 4000 mg/l

και πάνω επέρχεται πλήρης αναστολή της διεργασίας. Η συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων έχει σαν αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της μεθανογένεσης. Πτητικά οξέα, όπως το οξικό και το βουτυρικό, εμφανίζουν μικρή τοξικότητα, όταν το pH είναι ουδέτερο. Αντίθετα, το προπιονικό οξύ, είναι τοξικό και για τα μεθανογόνα και για τα οξεογόνα βακτήρια.

Η υψηλή συγκέντρωση βαρέων μετάλλων επιδρά αρνητικά στην αναερόβια χώνευση. Είναι δύσκολο να προσδιοριστούν με ακρίβεια τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων που αρχίζουν να είναι τοξικά, ενώ είναι πιθανό, τα βακτήρια να προσαρμόζονται στην παρουσία μετάλλων και να αυξάνει σταδιακά η ανθεκτικότητά τους σε αυτά. Γενικά, η σειρά που μειώνεται η τοξικότητα των μετάλλων είναι $Ni > Ca > Pb > Cr > Zn$.

Γενικότερα τα θειούχα ανιόντα (HS^- , S_2^-) θεωρούνται από τους πιο ισχυρούς παρεμποδιστές της αναερόβιας χώνευσης. Μελέτες έδειξαν ότι είναι τοξικά για τα μεθανογόνα βακτήρια σε συγκεντρώσεις από 200 μέχρι 1500 mg/l. Η τοξικότητα του υδροθειού οξέως και των βαρέων μετάλλων εξαρτάται από το pH (EU-AGRO-BIOGAS, 2008.).

4.9.5 Αλκαλικότητα

Είναι δεδομένο ότι αλκαλικότητες πάνω από 0.2 M Na^+ παρεμποδίζουν την παραγωγή μεθανίου. Η επαρκής ποσότητα αλκαλικότητας είναι σημαντική για τη ρύθμιση του pH. (EU-AGRO-BIOGAS, 2008.)

4.10. Η πολυκριτηριακή ανάλυση

Η πολυκριτηριακή ανάλυση τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχει γνωρίσει μεγάλη αναγνώριση τόσο σε πρακτικό όσο και σε θεωρητικό επίπεδο στο να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων στο πεδίο της επιχειρησιακής έρευνας. Βασικό κομμάτι στο να διαδοθεί και να αναπτυχθεί η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι ότι η επίλυση και η λήψη πολύπλοκων και σημαντικών αποφάσεων δε γίνεται με μονόπλευρη και μονοδιάστατη ανάλυση. (Δούμπος, 2006).

Πολυκριτηριακή ανάλυση ορίζεται ως μία συστηματική και μαθηματικά τυποποιημένη προσπάθεια για να επιλύει τα προβλήματα που προκύπτουν από αντικρουόμενους στόχους οι οποίοι δε μπορούν να ικανοποιηθούν πλήρως. Οι διαθέσιμες επιλογές ενός τέτοιου προβλήματος παρουσιάζουν άριστη επίδοση σε έναν ή περισσότερους στόχους αλλά ποτέ σε όλους για το λόγο ότι μια τέτοια συνθήκη θα ήταν άριστη χωρίς κανένα πρόβλημα για να παρθεί κάποια απόφαση. Ο υπεύθυνος στη λήψη της απόφασης θα πρέπει να επιλέξει τον ή τους στόχους τους οποίους θέλει να μεγιστοποιήσει, για να μπορέσει να δει τις απώλειες ως προς τους στόχους αυτούς.

Η ανάλυση SWOT(πολυκριτηριακή ανάλυση) στοχεύει στον εντοπισμό των πλεονεκτημάτων, στις αδυναμίες ενός οργανισμού και στις δυνατότητες και τις απειλές στο περιβάλλον. Έχοντας εντοπιστεί οι παράγοντες αυτοί, έχουν αναπτύξει στρατηγικές οι οποίες μπορούν να βασιστούν στα ισχυρά σημεία, να εξαλειφτούν οι αδυναμίες, και να εκμεταλλευτούν τις ευκαιρίες ή να μετρηθούν οι απειλές. Τα δυνατά και αδύνατα σημεία είναι που προσδιορίζονται από μια εσωτερική αξιολόγηση της οργάνωσης καθώς και οι ευκαιρίες αλλά και οι απειλές της εξωτερικής αξιολόγησης. Οι εσωτερικές αξιολογήσεις καλύπτουν όλες τις πτυχές του οργανισμού, για παράδειγμα, το προσωπικό, τις εγκαταστάσεις, την τοποθεσία, τα προϊόντα και τις υπηρεσίες, προκειμένου να προσδιοριστούν τα δυνατά και αδύνατα σημεία της οργάνωσης.

Η SWOT ανάλυση δηλαδή, επικεντρώνεται στην εσωτερική ανάλυση του μικρο-περιβάλλοντος σε ένα οργανισμό (Yang, Γιάο, και Chen 2011). Παρ'όλα αυτά, από μια ολοκληρωμένη άποψη, η SWOT ανάλυση μπορεί να αναλύσει συστηματικά τα υπάρχοντα πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, ευκαιρίες και απειλές στους τομείς της πολιτικής, οικονομικής, κοινωνικής και τεχνικής έτσι ώστε να μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό βασικών παραγόντων για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων με στρατηγικό τρόπο.

Εξετάζοντας τις παραμέτρους του προβλήματος και τα κριτήρια που επηρεάζουν στη λήψη της απόφασης που θεωρείται κατάλληλη, προκύπτει ένα σημαντικό πρόβλημα, το οποίο κάποιες φορές αποθαρρύνει τους αναλυτές και

αυτούς που παίρνουν τις αποφάσεις στο να υιοθετήσουν τη πιο ρεαλιστική προσέγγιση. Το πρόβλημα είναι στο πως μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνθεση των παραμέτρων για να μπορέσει να επιτευχθεί η λήψη σωστών αποφάσεων.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος είναι το πιο βασικό αντικείμενο της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η κύρια διαφορά της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε σύγκριση με άλλες προσεγγίσεις δεν είναι μόνο η απλή σύνθεση των παραμέτρων του προβλήματος, αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσω άλλων μεθόδων, βασικό χαρακτηριστικό της πολυκριτηριακής ανάλυσης το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία είναι η πραγματοποίηση σύνθεσης μέσωτης πολιτικής λήψης των αποφάσεων και αξιών, το οποίο χρησιμοποιεί ο αποφασίζων. Άλλωστε το αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα και να ληφθεί η απόφαση είναι καθαρά θέμα του αποφασίζοντα, αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη λήψη αποφάσεων.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η λήψη μιας απόφασης είναι το αποτέλεσμα αναλύσεων στόχων και θεμάτων οικονομικής, κοινωνικής – πολιτικής και περιβαλλοντικής φύσης ούτως ώστε να δημιουργηθεί ένα πρόβλημα πολλών διαστάσεων που χρήζει ιδιαίτερης αντιμετώπισης. Η πολυδιάστατη φύση του προβλήματος καθιστά δύσκολη την αναπαράσταση του με μοντέλα με αποτέλεσμα η ανακρίβεια να δημιουργεί αβεβαιότητα. Έτσι η επιλογή των κριτηρίων, η βαθμολόγηση, οι συντελεστές βαρύτητας μαζί με τα διάφορα σενάρια μπορούν να συνθέσουν τη λύση του προβλήματος.

Τα στάδια για τη πολυκριτηριακή ανάλυση είναι τα εξής:

- i) Ορίζεται το πρόβλημα και προσδιορίζονται οι περιορισμοί για να σχηματιστεί το ρεαλιστικό σενάριο.
- ii) Δημιουργείται μητρώο επεξεργασίας και αξιολόγησης. Αυτό περιλαμβάνει: α) Ορισμός των εμπλεκόμενων στη διαδικασία ανάλυσης. Επιλέγονται τα κριτήρια αξιολόγησης και αξιολογούνται τα εναλλακτικά κριτήρια. β) Καθορισμός του συντελεστή βαρύτητας των κριτηρίων. γ) Υπολογισμός άλλων

επιδόσεων εναλλακτικών σεναρίων επιλέγοντας τη κατάλληλη πολυκριτηριακή μέθοδο.δ) Ανάλυση και ταξινόμηση παραμέτρων που επηρεάζουν τα σενάρια.

- iii) Δίνονται προτάσεις επί των αποτελεσμάτων που προκύπτουν, οπότε τα βήματα που ακολουθούν στη συνέχεια είναι τα εξής:α) Καθορίζονται τα κριτήρια και γίνεται η περιγραφή των χαρακτηριστικών τους,β) Καθορίζονται και βαθμολογούνται οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.γ)Αποτελέσματα που προκύπτουν.δ) Επιλογή της καλύτερης μεθόδου διαχείρισης.

Η απόφαση μέσα από τη μελέτη εναλλακτικών λύσεων είναι βασισμένη στις προτιμήσεις του λήπτη. Η λήψη της απόφασης δείχνει ότι υπάρχουν εναλλακτικές οι οποίες εξετάζονται, και σ' αυτή τη περίπτωση στόχος δεν είναι μόνο να προσδιοριστούν οι εναλλακτικές λύσεις αλλά και να συμβαδίζουν με τους καλύτερους στόχους και όχι τις επιθυμίες του εκάστοτε λήπτη που πρέπει να πάρει αυτή την απόφαση (Harris, 1998).

4.11. Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας

Ο συντελεστής βαρύτητας είναι αυτός ο οποίος καθορίζει τον βαθμό σπουδαιότητας των κριτηρίων για να γίνει η αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων. Ανάλογα με κάθε περίπτωση οι συντελεστές βαρύτητας μπορεί να είναι έμμεσοι ή άμεσοι. Αναλυτικά, οι έμμεσοι συντελεστές ταξινομούνται ανάλογα με τη σπουδαιότητα, την απόδοση και τον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας σε σχέση με τον μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας ή με το άθροισμα όλων των συντελεστών βαρύτητας, σε αντίθεση με τους άμεσους συντελεστές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται όταν ο αριθμός των κριτηρίων είναι μικρός και η επιλογή των συντελεστών βαρύτητας είναι δυνατή. Οι συντελεστές βαρύτητας δείχνουν τις προτιμήσεις και τις αξίες του αποφασίζοντα. Αυτό σημαίνει ότι η σπουδαιότητα του κάθε κριτηρίου βασίζεται στο που δίνουν οι φορείς τη μεγαλύτερη σημασία. Οπότε ανάλογα με το πρόβλημα που παρουσιάζεται οι ενδιαφερόμενοι φορείς δίνουν μεγαλύτερη σημασία στα περιβαλλοντικά κριτήρια σε σύγκριση με τα οικονομικά ή και το αντίστροφο και γι' αυτόν το λόγο ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας

απαιτεί σωστή ιεράρχηση και ταξινόμηση των κριτηρίων που επιλέγονται από τους εκάστοτε φορείς.

Έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι και προγράμματα τα οποία μπορούν να προσδιορίσουν το βέλτιστο σενάριο για κάθε πρόβλημα. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στη συνολική απόδοση ενός σεναρίου με βάση τις επιδόσεις σε κάθε κριτήριο και ταξινομούνται ως εξής:

1. Υπολογισμός της συνολικής προτίμησης για κάθε σενάριο. Σ' αυτή τη περίπτωση, η επιλογή του καλύτερου σεναρίου βασίζεται στην επιλογή του σεναρίου που παρουσιάζει την μεγαλύτερη βαθμολογία ανεξάρτητα από τα κριτήρια.
2. Η προτίμηση ενός σεναρίου συγκριτικά με ένα άλλο. Αυτή η προτίμηση βασίζεται στη δοκιμή της υπόθεσης, ότι ένα σενάριο μπορεί να είναι καλύτερο από ένα άλλο σενάριο. Το ένα σενάριο είναι τουλάχιστον τόσο καλό ή τόσο κακό από το άλλο σενάριο. Με τη μέθοδο αυτή βρίσκεται το βέλτιστο σενάριο το οποίο βασίζεται στον προσδιορισμό της συνολικής βαθμολογίας για κάθε σενάριο και στη σύγκριση των επιμέρους σεναρίων.
3. Διαδραστική προσέγγιση. Στη συγκεκριμένη μέθοδο τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για το καλύτερο σενάριο βασίζονται σε επαναληπτικές μεθόδους.

4.12. Αξιολόγηση της πολυκριτηριακής ανάλυσης

Με τον τρόπο που λειτουργεί η πολυκριτηριακή ανάλυση εμφανίζει κάποια χαρακτηριστικά και κάποιες δυνατότητες που αναλύονται ως εξής:

- I. Λήψη των αποφάσεων με τη χρήση αθροιστικής συνάρτησης ομάδων κριτηρίων (Πολυκριτηριακή θεωρία αξίας ή χρησιμότητας - Multi - Attribute Value or Utility Theory).
- II. Καθορισμός μεμονωμένων κριτηρίων και λήψη αποφάσεων συγκρίνοντας σενάρια ανά ζεύγη για κάθε κριτήριο. (Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής - Outranking approaches).

Στηρίζεται στη σύγκριση των επιλογών σε κάθε:

- Κριτήριο ξεχωριστά, γεγονός που δίνει την ευκαιρία στον κάθε χρήστη να κάνει πιο αναλυτικές συγκρίσεις.
- Απαλείφει τη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων λόγω διαφορών κλίμακας.
- Κατανοείται καλύτερο το εύρος της διαφοράς των επιδόσεων λόγω της σύγκρισης των δύο επιλογών.
- Δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να πάρει περισσότερες πληροφορίες και συμπεράσματα σχετικά με την απόδοση του κάθε σεναρίου που εξετάζεται.
- Γίνεται η μη αποδοχή αποτελεσμάτων που στηρίζονται σε ακραίες βαθμολογίες κριτηρίων.
- Δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να αναλύει διεξοδικά τα αποτελέσματα τη προτεινόμενη λύση.

4.13. Η εξέλιξη της πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η πρώτη προσπάθεια αντιμετώπισης προβλημάτων με τη σύνθεση πολλαπλών κριτηρίων ήταν η εργασία του Pareto το 1986, οποίος έθεσε κάποιες βάσεις μαζί με την εισαγωγή μιας έννοιας βασικότερης των υπολοίπων εννοιών της πολυκριτηριακής ανάλυσης, την αποτελεσματικότητα. Μεταπολεμικά ο Koopmas το 1951 εισήγαγε την έννοια του αποτελεσματικού συνόλου, δηλαδή το σύνολο δραστηριοτήτων που δεν κυριαρχούνται από άλλη εναλλακτική δραστηριότητα. Την ίδια περίοδο περίπου, οι Morgenstern και οι VonNeumann εισήγαγαν την έννοια της χρησιμότητας η οποία είναι η βάση των μεθόδων της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Το 1961 ο Cooper και ο Charnes πραγματοποίησαν περεταίρω έρευνα στη σύνδεση της θεωρίας της πολυκριτηριακής ανάλυσης και του γραμμικού προγραμματισμού (αυτή η μέθοδος αποτελεί αλγεβρική επαναληπτική διαδικασία η οποία επιλύει τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού, σε ένα πλήθος βημάτων). Στα τέλη του 1960 άρχισαν οι ευρωπαίοι ερευνητές επιχειρήσεων να δείχνουν ενδιαφέρον για την πολυκριτηριακή ανάλυση. Ο Royo οποίος ήταν ο πρώτος ο οποίος όρισε τη θεωρία της υπεροχής στη πολυκριτηριακή ανάλυση. Στις επόμενες δεκαετίες, από το 1970 έως το 1990, η πολυκριτηριακή ανάλυση αναπτύχθηκε ραγδαία

τόσο στη θεωρία όσο και σε πρακτικό επίπεδο για να αντιμετωπιστούν πολύπλοκα προβλήματα για τη λήψη αποφάσεων. Στην ανάπτυξη αυτή συνέβαλε αρκετά η τεχνολογία με τη βοήθεια των υπολογιστών, τις τελευταίες δύο δεκαετίες, με το να υλοποιηθούν πληροφοριακά συστήματα τα οποία προωθούν πρακτικές εφαρμογές της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

4.14 Η κατάσταση σήμερα και η πολυκριτηριακή ανάλυση

Σήμερα, περισσότερο από ποτέ, τα ζητήματα της έλλειψης ενέργειας, της υπερθέρμανσης του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή συνδέεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπου κυριαρχεί στη διεθνή ατζέντα προκαλώντας το αυξημένο ενδιαφέρον στον τομέα των ανανεώσιμων και εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Με την ανάπτυξη της οικονομίας και την επιστημονική τεχνολογία, η αντίφαση μεταξύ της ενέργειας, του περιβάλλοντος και της οικονομικής ανάπτυξης έχει γίνει ολοένα και πιο εμφανείς. Βιο-ενέργεια, μια αναδυόμενη και πολλά υποσχόμενη ενέργεια, είναι πολύ σημαντική για την ενεργειακή ανάπτυξη της χώρας από την στρατηγική προοπτική. Τα στρατηγικά εργαλεία ανάλυσης προκύπτουν από την ανάλυση SWOT , Πλεονεκτήματα-Αδυναμίες τα οποία βρίσκονται στα εσωτερικά θέματα, και οι Ευκαιρίες και Απειλές όπου κατατάσσονται στα εξωτερικά θέματα. Η ανάλυση SWOT είναι ένα μοντέλο που έχει υιοθετηθεί για να διερευνήσει τους τρόπους ανάπτυξης μιας επιχείρησης ή οργάνωσης και στη συγκεκριμένη διατριβή στη βιοενέργεια - βιομηχανία της Ελλάδας.

Ανάλυση Εσωτερικού Περιβάλλοντος: πόροι, οργάνωση, δημογραφικά στοιχεία, πολιτισμικά στοιχεία, συνεργασίες και κοινές δράσεις

| | |
|--------------------|------------------|
| Δυνατότητες | Αδυναμίες |
|--------------------|------------------|

Ανάλυση Εξωτερικού περιβάλλοντος: τάσεις της αγοράς, κοινωνικές τάσεις, θεσμικό περιβάλλον, κρίση οικονομική ή άλλη , τεχνολογικές εξελίξεις

| | |
|--------------------|----------------|
| Δυνατότητες | Απειλές |
|--------------------|----------------|

Οι μεθοδολογικές εξελίξεις που έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια της ιστορικής πορείας της πολυκριτηριακής ανάλυσης, καλύπτουν, όλα τα είδη των προβλημάτων λήψης αποφάσεων, δηλαδή της επιλογή, της κατάταξης, της ταξινόμησης και της περιγραφής.

Η επιλογή των κριτηρίων, και η περιγραφή των χαρακτηριστικών τους, όπως να καθορίζονται οι συντελεστές βαρύτητας, η βαθμονόμηση και η βαθμολόγηση μαζί πάντα με τα εναλλακτικά σενάρια συνθέτουν σε γενικές γραμμές τη λύση του προβλήματος.

Η τρέχουσα κατάσταση της ελληνικής βιομηχανίας βιο-ενέργειας και τα υπάρχοντα ζητήματα, οι κύριοι παράγοντες που έχουν επηρεάσει την εθνική ανάπτυξη της βιομηχανίας βιο-ενέργειας έχουν ταυτοποιηθεί και συνοψίζονται στη συνέχεια. Με βάση την ανάλυση του μοντέλου SWOT, από τους εσωτερικούς παράγοντες είναι εύκολο να καταλήξει κανείς στο συμπέρασμα ότι τα πλεονεκτήματα είναι προφανή περισσότερο, με αρκετές ανησυχίες βέβαια, όπως η εθνική στήριξη της πολιτικής, οι πλούσιες πηγές των υλικών και η ταχεία πρόοδος της τεχνολογίας παραγωγής.

Τα μειονεκτήματα, όπως υψηλό κόστος και τα τεχνικά θέματα, μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τη λήψη της κατάλληλης στρατηγικής κατά τη διάρκεια της μελλοντικής ανάπτυξης της εθνικής βιο-ενέργειας από βιομάζα. Σε αντίθεση, από τη σκοπιά των εξωτερικών παραγόντων, οι ευκαιρίες συνυπάρχουν με τις απειλές, και με τους αβέβαιους και ανεξέλεγκτους παράγοντες που δημιουργούνται. Επίσης, το κύριο εμπόδιο της ανάπτυξης της βιομηχανίας βιο-ενέργειας στην ανάπτυξη στην Ελλάδα είναι το γεγονός ότι απαιτείται η συνεχή παροχή βιομάζας σε ένα σταθερό τρόπο.

Από πολιτική σκοπιά, τα πλεονεκτήματα συνυπάρχουν με τα μειονεκτήματα από την άποψη της εθνικής ενεργειακής πολιτικής, η οποία αποδεικνύει ότι ορισμένες μεγάλες κρατικές επιχειρήσεις κατέχουν τη κυρίαρχη

θέση στην αγορά οι οποίες υποστηρίζονται έντονα από την κυβερνητική πολιτική, ενώ ορισμένες ιδιωτικές επιχειρήσεις λόγω αντικειμενικών συνθηκών μπορούν να εξαφανιστούν από την αγορά, λόγω της ακατάλληλης λειτουργίας. Από οικονομική άποψη, η ανάπτυξη της εθνικής οικονομίας η οποία τα τελευταία χρόνια δεν έχει ανοδική πορεία λόγω της οικονομικής κρίσης που μαστίζει τη χώρα, έχει οδηγήσει στην όχι και τόσο πρόοδο της βιομηχανίας με βιομάζα αν και θα μπορεί να έχει ένα λαμπρό μέλλον, συμβάλλοντας στην προσέλκυση μεγάλου αριθμού επιχειρήσεων, ιδιωτικών επιχειρήσεων και ξένων να συμμετέχουν στην ανάπτυξή της.

Βέβαια η κυβέρνηση λειτουργεί ηγετικά, για το λόγο ότι η γεωργοενεργειακή βιομηχανία είναι αρκετά ζημιογόνα η βιωσιμότητα της εξαρτάται από τις επιδοτήσεις της ΕΕ. Οι περιορισμοί του κρατικού προϋπολογισμού και οι κοινωνικές και οι περιβαλλοντικές προτεραιότητες επηρεάζουν της αποφάσεις της πολιτικής. Οι γεωργοί και η βιομηχανία σκέφτεται ορθολογικά και για να πάρουν αποφάσεις παίρνουν υπόψη και την πολυκριτηριακή ανάλυση που θα δοθεί σε παρακάτω κεφάλαιο βλέποντας τα βέλτιστα σενάρια που μπορούν να δοθούν.

4.15 Σύγκριση μεθόδων - Πολυκριτηριακή ανάλυση

Αφού αναλύθηκαν παραπάνω οι τέσσερις μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων ελαιοτριβείου, θέτουμε τα κριτήρια και το βάρος αξιολόγησης τους βασιζόμενοι στους τρεις πυλώνες της αειφορίας. Ως πρώτο κριτήριο θέτουμε την απόδοση, δηλαδή την παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου/εδαφοβελτιωτικού ανά κιλό αποβλήτου (Syed et al, 2013). Το βιοαέριο και το υπόλειμμα ως εδαφοβελτιωτικό παρέχουν ένα κλειστό κύκλο θρεπτικών συστατικών και άνθρακα. Το μεθάνιο (CH₄) χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και ξαναδεσμεύεται από τα φυτά κατά τη φάση της φωτοσύνθεσης. Λόγω της πολυδιάστατης συμμετοχής και στους τρεις πυλώνες της αειφορίας όπως

παρουσιάζεται στο πρώτο κεφάλαιο, θεωρούμε την απόδοση το πιο σημαντικό κριτήριο. Ακολουθούν τρία κριτήρια περιβαλλοντικής σημασίας τα οποία όμως έχουν επίπτωση και στην κοινωνία. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω τα υγρά απόβλητα είναι ένα από τα πιο ρυπογόνα απόβλητα που παράγονται από τις βιομηχανίες αγροτικών τροφίμων λόγω του υψηλού οργανικού τους φορτίου και της περιεκτικότητας ενός ευρέος φάσματος ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των οργανο-αλογονωμένων ρύπων, των λιπαρών οξέων, των φαινολικών ενώσεων και των ταννίνων (Ntougias et al. 2013). Λόγω της βαρύτητας που έχει σαν πυλώνας το περιβάλλον αξιολογούνται με μεγαλύτερη βαρύτητα από ότι τα δύο τελευταία τα οποία αφορούν την οικονομία και κατ' επέκταση και την κοινωνία.

| Κριτήρια | | Βάρη | (μεγιστη σημαντικότητα κριτηρίου το 10) (ποσότητα βιοαεριου/εδαφοβελτιωτικού ανα κιλό Αποβλήτου) |
|----------|--|------|---|
| 1. | Απόδοση | 10 | |
| 2. | Παραγωγή αποβλήτων /Υπολλείματα | 8 | |
| 3. | Παραγωγή CO2 | 8 | |
| 4. | Λοιποί ρύποι /περιβαλλοντική επιβάρυνση | 8 | |
| 5. | Κόστος Παραγωγής καυσίμου/εδαφοβελτιωτικού | 6 | (με 10 βαθμολογείται η φθηνότερη μεθοδολογία) |
| 6. | Κόστος αρχικής εγκατάστασης | 6 | (με 10 βαθμολογείται η τεχνολογία με το φθηνότερο κόστος εγκατάστασης) |

Παρουσιάζονται οι τέσσερις μέθοδοι επεξεργασίας λυμάτων από ελαιοτριβεία, όπως παρουσιάστηκαν αναλυτικά στις προηγούμενες παραγράφους. Η επιμέρους βαθμολογία προκύπτει από τις πληροφορίες που δίνονται παραπάνω. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι μέθοδοι που συγκεντρώνουν υψηλή βαθμολογία στα πρώτα κριτήρια (περιβαλλοντικά) δεν συγκεντρώνουν αντίστοιχα υψηλή στα τελευταία (οικονομικά) και αντίστροφα.

| | ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ | | | ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ |
|----|------------|-----------|---------------|-----------|
| | Αερόβια | Αναερόβια | Φυσικοχημικές | Φυσικές |
| 1. | 6 | 8 | 3 | 2 |
| 2. | 6 | 4 | 3 | 2 |
| 3. | 6 | 10 | 5 | 5 |

| | | | | |
|----|---|---|---|----|
| 4. | 5 | 8 | 2 | 2 |
| 5. | 7 | 4 | 3 | 2 |
| 6. | 5 | 3 | 8 | 10 |

Έτσι, προκύπτει η τελική βαθμολογία των τεσσάρων μεθόδων. Η μέθοδος με την υψηλότερη βαθμολογία σύμφωνα με τη βαρύτητα που έχουμε θέση, είναι η αναερόβια με την αερόβια να την ακολουθάει. Η φυσική και η φυσικοχημική μέθοδοι αξιολογούνται χαμηλά κυρίως λόγω της μικρής τους συμμετοχής στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Δυστυχώς λόγω του χαμηλού κόστους είναι οι πιο διαδεδομένες στη χώρα μας.

| | |
|--------------------------|-----|
| Βαθμολογία αερόβιας | 268 |
| Βαθμολογία αναερόβιας | 298 |
| Βαθμολογία Φυσικοχημικής | 176 |
| Βαθμολογία Φυσικής | 164 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Αποτελέσματα

5.1 Αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η διαχείριση των αποβλήτων από ελαιτριβεία έχει προσεκλύσει το ενδιαφέρον των μελετητών από το 1953 και έχει γίνει αντικείμενο πάνω από 1000 μελετών σε παγκόσμιο (Niaungakis and Halvadakis 2006b). Λόγω του γεγονότος ότι σε αυτή την κατηγορία αποβλήτων υπάρχει μεγάλη ποικιλία συστατικών, μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές για την επεξεργασία τους, με βάση βιολογικές, φυσικές και φυσικοχημικές μεθόδους.

Από την πολυκριτηριακή ανάλυση προκύπτει η αναερόβια μέθοδος ως η πιο ενδεδειγμένη για την διαχείριση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Είναι εμφανές ότι υστερεί στον τομέα της οικονομίας. Υπάρχει υψηλό κόστος εγκατάστασης της μονάδας και λειτουργίας και αυτό λειτουργεί αποτρεπτικά στην προτίμηση των παραγωγών. Η ελλιπής τεχνογνωσία για βελτιστοποίηση του συστήματος ώστε να μειωθεί το κόστος λειτουργίας και να αυξηθεί η απόδοσή του επίσης συμβάλει σε αυτό. Ωστόσο, η βέλτιστη μέθοδος ή συνδυασμός μεθόδων διαχείρισης εξετάζεται για κάθε μεμονωμένη περίπτωση ξεχωριστά και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (σύσταση, ποσότητα, περιοχή, περιβάλλον κα). Παρ' όλα αυτά πρωταρχικό στόχος πρέπει να είναι η αειφόρος διαχείριση ενός αποβλήτου και αυτή επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό με την αναερόβια χώνευση.

5.2 Πλεονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης

Τα οφέλη της αναερόβιας μεθόδου είναι πάρα πολλά και υπάρχουν τις τελευταίες δεκαετίες μελέτες που το αποδεικνύουν. Κάποια από τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης είναι τα ακόλουθα (Milaneseetal., 2014):

- Μείωση των οσμών στην περιοχή όπου εναποτίθενται τα υγρά και τα στερεά απόβλητα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην ευρύτερη περιοχή όπου εφαρμόζεται αυτή η διαδικασία
- Αποθήκευση του βιοαερίου με αποτέλεσμα τη μείωση αερίων, τα οποία θεωρούνται υπεύθυνα για την εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου, π.χ. CH₄ και CO₂. Μέσω αυτής της διαδικασίας οι εκπομπές αυτών των αερίων μειώνονται στην ατμόσφαιρα.
- Διατήρηση της ποιότητας των υδροφόρων οριζόντων επιφανειακών και υπογείων, αφού μειώνεται η πιθανότητα παθογόνων παραγόντων, βαρέων μετάλλων κ.λ.π., οι οποίοι σχετίζονται με την κοπριά να εισέρχονται είτε στα επιφανειακά είτε υπόγεια νερά
- Με την παραγωγή ενέργειας όπως φυσικού αερίου, ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας υπάρχει ένα επιπλέον εισόδημα για τον παραγωγό
- Η θανάτωση των σπόρων ζιζανίων στην κοπριά, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, γεγονός που μειώνει το κόστος καταπολέμησης των ζιζανίων στους αγρούς
- Μείωση του κόστους κλινοστρωμής με χρήση ινών που έχουν υποστεί πέψη
- Βελτίωση της διαθεσιμότητας θρεπτικών ουσιών κοπριάς στα φυτά, μειώνοντας το κόστος των λιπασμάτων
- Πιθανώς να λαμβάνετε πληρωμές πιστώσεων άνθρακα
- Τα χωνεμένα υπολείμματα είναι ένα άριστο εδαφοβελτιωτικό όπου επιδρα θετικά τόσο στις χημικές όσο και στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συμπεράσματα

5.1 Αειφόρος Διαχείριση των Υγρών Αποβλήτων των Ελαιουργείων

Όπως όλα τα απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων, έτσι και τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων είναι θέμα έρευνας για την επεξεργασία, ελαχιστοποίηση και πρόληψη λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί η διάθεσή τους. Οι περισσότερες μεταχειρίσεις των ΟΜWW στοχεύουν στην καταστροφή της οργανικής ύλης και των φαινολικών ενώσεων, με αποτέλεσμα τη μείωση της φυτοτοξικότητας και του διαθέσιμου οξυγόνου (Mameri et al., 2000). Ωστόσο, οι δυσκολίες αντιμετώπισης των υγρών αποβλήτων σχετίζονται κυρίως με το (Akdemir και Ozer, 2008):

1. το υψηλό οργανικό φορτίο
2. την εποχική λειτουργία,
3. την υψηλή εδαφική σκέδαση
4. την παρουσία μη βιοαποικοδομήσιμων οργανικών ενώσεων όπως η μακρά αλυσίδα λιπαρών οξέων και φαινολών

Για την αντιμετώπιση των υγρών αποβλήτων έχουν προταθεί αρκετές μέθοδοι όπως η αποθήκευση σε ανοιχτή δεξαμενή, το άμεσο πότισμα στα χωράφια, η συνύπαρξη, οι φυσικοχημικές μέθοδοι (π.χ. επίπλευση και καθίζηση, πήξη, οξείδωση με αντιδραστήριο O_3 και αντίδραση Fenton, κροκίδωση, διήθηση, καθίζηση, αραίωση των ανοικτών δεξαμενών εξάτμισης και αποτέφρωση), υπερδιήθηση / αντίστροφη όσμωση, χημικές και ηλεκτροχημικές επεξεργασίες και τέλος Παρασκευή ζωοτροφών (Παρόλο που το περιβαλλοντικό πρόβλημα είναι πιο έντονο για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων οι προγενέστερες

τεχνικές που προτείνονται συνήθως εμπεριέχουν όλα τα απόβλητα που σχετίζονται με την παραγωγή ελαιολάδου. Μπορούν να αναφερθούν τρεις κατηγορίες κατηγοριοποίησης των προτεινόμενων μεθοδολογιών διαχείρισης ΟΜΩ(Rahmanian et al., 2014):

- Μείωση των αποβλήτων μέσω μετατροπής των συστημάτων παραγωγής ελιάς (δηλαδή μέσω της επιλογής του διαφασικού συστήματος έναντι του τεφασικού).
- Μέθοδοι αποτοξίνωσης που αποσκοπούν στη μείωση των επιπτώσεων του φορτίου ρύπανσης στον αποδέκτη.
- Ανάκτηση ή ανακύκλωση μέρους των υγρών αποβλήτων

Οι φυσικές διεργασίες συνήθως εφαρμόζονται στο στάδιο της προ-κατεργασίας για την απομάκρυνση των στερεών υπολειμμάτων. Οι θερμικές διεργασίες χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση του περιεχόμενου νερού και τη συμπύκνωση των αποβλήτων. Ωστόσο είναι αναποτελεσματικές λόγω του υψηλού λειτουργικού κόστους. Παρά την αποτελεσματικότητά τους, οι προηγμένες διαδικασίες οξείδωσης είναι πολύ ακριβές. Με τη βιολογική επεξεργασία παρατηρείται μεγάλη καθυστέρηση, οι φυσικοχημικές μέθοδοι, όπως η εξουδετέρωση και οι καθιζήσεις, είναι σχετικά φθηνότερες, αλλά δεν μπορούν να μειώσουν πλήρως το φορτίο ρύπανσης των υγρών αποβλήτων. Μετά από αυτές τις σκέψεις, οι ερευνητές πρότειναν πολλές συνδυασμένες θεραπείες π.χ. χημικές, φυσικές και βιολογικές. Παρόλα καμία από αυτές τις θεραπείες δεν έχει βρει μια ευρέως αποδεκτή εφαρμογή, αφού δεν έχει αποδειχθεί ότι είναι βιώσιμη σε μια μακροπρόθεσμη βάση (Rahmanian et al., 2014).

Λόγω των παραπάνω συμπερασμάτων οι ερευνητές επανεξέτασαν την άποψή τους. Θεωρούν ότι πλέον θα πρέπει να αναπτυχθούν πιο ολοκληρωμένες μεθοδολογίες, οι οποίες θα συνδυάζουν επεξεργασία, ανακύκλωση, αξιοποίηση και διαδικασίες παραγωγής ενέργειας, επιτρέποντας έτσι την ανάκτηση ενώσεων υψηλής προστιθέμενης αξίας και την επίτευξη της επαναχρησιμοποίησης των καθαρισμένων λυμάτων για άρδευση ή βιομηχανικούς σκοπούς. Η ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας (de Jong and

Jungmeier, 2015), καθιστά τη διαδικασία της επεξεργασίας οικονομικά αποδοτική και οδηγεί σε διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου φιλική προς το περιβάλλον. Για παράδειγμα, οι Zagklis et al. (2013) διεξήγαγαν μια μελέτη βιωσιμότητας και συγκριτικής αξιολόγησης των μεθόδων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων παρατηρώντας ότι οι αποτελεσματικότερες διεργασίες όσον αφορά τη μείωση των οργανικών ενώσεων είναι η διήθηση με μεμβράνη, η ηλεκτρόλυση, η οξειδωση του νερού και η φωτο-Fenton. Οι χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις διαπιστώθηκαν με διεργασίες αναερόβιας χώνευσης, πήξης και προσθήκης ασβέστου, ενώ οι μέθοδοι χαμηλότερου κόστους είναι η κομποστοποίηση και η διήθηση με μεμβράνες, λόγω της προστιθέμενης αξίας των λιπασμάτων και των φαινολικών ενώσεων αντίστοιχα (Zagklis et al., 2013).

Τα υγρά απόβλητα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν είτε ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών και για την παραγωγή λιπασμάτων, βιοπροϊόντων και ζωοτροφών είτε ως μια φθηνή πηγή για την ανάκτηση ενώσεων όπως οι φαινόλες (π.χ. υδροξυτυροσόλη, ολεουροπεΐνη, φαινολικά οξέα, ταννίνες, φλαβονολίνες, ανθοκυανίνες κλπ.) και διατροφικές ίνες (π.χ., πηκτίνη) (Galanakis, 2011). Τα τελευταία χρησιμοποιούνται σήμερα ως πρόσθετα στα τρόφιμα λόγω της ικανότητάς τους να παρέχουν προϊόντα με προηγμένες τεχνολογικές ιδιότητες (Tsakona et al., 2012). Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι οι φαινόλες χαρακτηρίζονται από μια ευρεία σειρά βιολογικών δραστηριοτήτων όπως αντιοξειδωτικές, ελεύθερων ριζών, αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινογόνες και αντιμικροβιακές δράσεις (El Abbassi, 2012). Kishikawa et al. (2015) αξιολόγησαν τα βιοδραστικά χαρακτηριστικά των υποπροϊόντων ελαιολάδου, δηλαδή τα φύλλα, τους μίσχους, τα άνθη, τα απόβλητα ελαιοτριβείου, τον πολτό και τον ελαιοπυρήνα. Σύμφωνα με τη μελέτη τους, αναφέρθηκε ένα ευρύ φάσμα βιολογικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της αντιβακτηριακής δραστηριότητας των φύλλων και των ανθέων, της αντιαλλεργικής δράσης των αποβλήτων των ελαιοτριβείων, καθώς και της δραστηριότητας της παραγωγής κολλαγόνου από τα φύλλα, τους μίσχους, τα απόβλητα των ελαιοτριβείων. Συμπερασματικά, τα υποπροϊόντα της παραγωγής ελαιολάδου έχουν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν περαιτέρω και

να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία φροντίδας του δέρματος (Kishikawa et al., 2015).

6.2 Συμπεράσματα

Από την παραπάνω εργασία προκύπτει ότι τα Απόβλητα των ελαιοτριβείων παραμένουν ακόμη ένα σημαντικό πρόβλημα, αλλά και ένα μεγάλο πεδίο έρευνας. Έπειτα από πολλά χρόνια ερευνών και μελετών πλέον η διαχείριση τόσο των υγρών όσο και των στερεών αποβλήτων σταδιακά ενσωματώνονται σε νέους νόμους και κανονισμούς, οι οποίοι αναφέρονται σε μια αειφόρο διαχείριση που σκοπό έχει τη διατήρηση του περιβάλλοντος. Τα στερεά απόβλητα έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία μετατρέπονται σε ένα άριστο εδαφοβελτιωτικό επηρεάζοντας θετικά τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Από την άλλη τα υγρά απόβλητα ή μίξη και των δύο τύπων αποβλήτων μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αξιοποιώντας και μετατρέποντας την αναερόβια χώνευση που αναπτύσσεται σε Βιοαέριο μια μορφή ενέργειας που με την κατάλληλη επεξεργασία είναι δυνατόν να παίξει καθοριστικό ρόλο στις επόμενες δεκαετίες. Θα πρέπει όμως να ληφθούν και να βελτιωθούν παράγοντες και χώροι όπου θα εγκατασταθεί μια τέτοια μονάδα παραγωγής βιοαερίου.

Η παραγωγή βιοαερίου σε μία περιοχή θα συντελέσει στη βελτίωση της περιοχής αφού θα είναι ένα πρόσθετο εισόδημα, αλλά και θα βρεθεί λύση σε ένα μεγάλο πρόβλημα αυτών των αποβλήτων. Η παραγωγή βιοαερίου για να είναι επιτυχές ένα εγχείρημα θα πρέπει να εξασφαλίζεται για όλο το χρόνο αποθηκεύοντας απόβλητα ή εισάγοντας και άλλους τύπους αποβλήτων στη μονάδα. Επιπλέον η μονάδα που θα εγκατασταθεί θα πρέπει να τηρεί τις προϋποθέσεις για την καλή λειτουργία της μονάδας εξασφαλίζοντας την παροχή ενός καθαρού βιοαερίου από προσμίξεις, το οποίο θα έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά και την αποφυγή διαρροής κατά την διαδικασία παραγωγής του.

Είναι αποδεκτό ότι συνεχώς παρουσιάζονται μελέτες για την αξιοποίηση αυτών των τύπων αποβλήτων που στόχο έχουν τη βελτίωση του προϊόντος ως προς τα

χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες αυτού ελέγχοντας από την άλλη να υπάρχει η μικρότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον γενικότερα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adhoum, N., Monser, L., 2004. Decolourization and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater by electrocoagulation. *Chem. Eng. Process.* 43 (10), 1281–1287.

Agapitidis I. and Zafiris C. , 2006. ‘Energy Exploitation of Biogas: European and National perspectives’. 2nd International Conference of the Hellenic Solid Waste Management Association.

Akdemir, E.O., Ozer, A., 2008. Application of a statistical technique for olive oil mill wastewater treatment using ultrafiltration process. *Sep. Purif. Technol.* 62 (1), 222–227.

Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T. ,.Volk S, Janssen R., Σιούλας Κ., 2008. *Εγχειρίδιο Βιοαερίου*. ISBN 978-87-992962-3-1

Al Seadi, T. – Rutz, D. – Prassl, H. – Köttner, M. – Finsterwalder, T. – Volk, S. – Janssen, R.: 2009. *Biogas handbook*, University of South Denmark, Esbjerg, ISBN 978-87-992962-0-0, 2008.

Al Seadi, T. ,2001: Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Report made for the International Energy Agency, Task 24- Energy from Biological Conversion of Organic Waste. Published by IEA Bioenergy and AEA Technology Environment, Oxfordshire, United Kingdom

Aliakbarian, B., De Faveri, D., Converti, A., Perego, P., 2008. Optimisation of olive oil extraction by means of enzyme processing aids using response surface methodology. *Biochem. Eng. J.* 42 (1), 34–40.

Altieri, G., Di Renzo, G.C., Genovese, F., 2013. Horizontal centrifuge with screw conveyor (decanter): optimization of oil/water levels and differential speed during olive oil extraction. *J. Food Eng.* 119 (3), 561–572.

Altieri, G., Di Renzo, G.C., Genovese, F., Tauriello, A., D’Auria, M., Racioppi, R., Viggiani, L., 2014. Olive oil quality improvement using a natural sedimentation plant at industrial scale. *Biosyst. Eng.* 122, 99–114

- Amirante, P., Catalano, P., Amirante, R., Clodoveo, M.L., Montel, G.L., Leone, A., Tamborrino, A., 2002. Prove sperimentali di estrazione di oli da olive snocciolate (experimental tests of olive oil extraction from depitted olives). *OliVe Olio* 6, 16–22.
- Amirante, P., Catalano, P., Amirante, R., Clodoveo, M.L., Montel, G.L., Leone, A., Tamborrino, A., 2002. Prove sperimentali di estrazione di oli da olive snocciolate (experimental tests of olive oil extraction from depitted olives). *OliVe Olio* 6, 16–22.
- Angelidaki I, Ahring BK., 1997. Modelling anaerobic codigestion of manure with olive oil mill effluent. *Wat Sci Tech* 36(6–7):263–270
- Atanassova D, Kefalas P, Petrakis Ch, Mantzavinos D, Kalogerakis N, Psillakis E., 2005. Sonochemical reduction of the antioxidant activity of olive mill wastewater. *Env Int* 31(2):281–287
- Avraamides, M., Fatta, D., 2008. Resource consumption and emissions from olive oil production: a life cycle inventory case study in Cyprus. *J. Clean. Prod.* 16 (7), 809–821.
- Ayoub, S., Al-Absi, K., Al-Shdiefat, S., Al-Majali, D., Hijazeen, D., 2014. Effect of olive mill wastewater landspreading on soil properties, olive tree performance and oil quality. *Sci. Hort.* 175, 160–166.
- Baourakis G, Kalogeras N, Stamataki E, Tsagarakis KP (2000) The management of wastewater discharged by olive oil mills. *Research for Olivia-Technology in Greece. Mediterranean Agronomic Institute of Chania. Department of Economic and Management Sciences*
- Belaqziz, M., El-Abbassi, A., Lakhal, E.K., Agrafioti, E., Galanakis, C.M., 2016. Agronomic application of olive mill wastewater: effects on maize production and soil properties. *J. Environ. Manag.* 171, 158–165.
- Ben Sassi, A., Boularbah, A., Jaouad, A., Walker, G., Boussaid, A., 2006. A comparison of olive oil mill wastewaters (OMW) from three different processes in Morocco. *Process Biochem.* 41 (1), 74–78.
- Bertin L, Majone M, Di Gioia D, Fava F., 200. An aerobic fixed-phase biofilm reactor system for the degradation of the low-molecular weight aromatic compounds

occurring in the effluents of anaerobic digestors treating olive mill wastewaters. *J Biotech* 87:161–177

Bordons, C., Nunez-Reyes, A., 2008. Model based predictive control of an olive oil mill. *J. Food Eng.* 84 (1), 1–11.

Butz S., 2014. *Energy and Agriculture; Science, Environment & Solutions*. USA: Cengage Learning

Catalano, P., Pipitone, F., Calafatello, A., Leone, A., 2003. Productive efficiency of decanters with short and variable dynamic pressure cones. *Biosyst. Eng.* 86 (4), 459–464.

Catania, P., Vallone, M., Pipitone, F., Inglese, P., Aiello, G., La Scalia, G., 2013. An oxygen monitoring and control system inside a malaxation machine to improve extra virgin olive oil quality. *Biosyst. Eng.* 114 (1), 1–8.

Chatziathanassiou A., Sioulas, K. , Mavrogiorgou D., Veneti A and Boukis I. 2002. Stakeholders' perceptions for Anaerobic Digestion Energy Schemes in Greece. 12th European Conference and Technology Exhibition on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 June 2002, Amsterdam, The Netherlands. In English.

Chen Y, Cheng JJ, Creamer KS, 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: a review. *Bioresour Technol* 99(10):4044–4064. doi:10.1016/j.biortech.2007.01.057

Chiaiese, P., Francesca, P., Filippo, T., Carmine, L., Gabriele, P., Antonino, P., Edgardo, F., 2011. *Engineered*

Clodoveo, M.L., 2012. Malaxation: influence on virgin olive oil quality. Past, present and future—an overview. *Trends Food Sci. Technol.* 25 (1), 13–23.

Clodoveo, M.L., Hbaieb, R.H., Kotti, F., Mugnozza, G.S., Gargouri, M., 2014. Mechanical strategies to increase nutritional and sensory quality of virgin olive oil by modulating the endogenous enzyme activities. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 13 (2), 135–154.

Comparetti A, Febo P, Greco C, Orlando S, (2013). Current state and Future of biogas and digestate production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(1):1-14

Davies, L.C., Vilhena, A.M., Novais, J.M., Martins-Dias, S., 2004. Olive mill wastewater characteristics: modelling and statistical analysis. *Grasas Aceites* 55 (3), 233–241.

Davies, L.C., Vilhena, A.M., Novais, J.M., Martins-Dias, S., 2004. Olive mill wastewater characteristics: modelling and statistical analysis. *Grasas Aceites* 55 (3), 233–241.

de Jong, E., Jungmeier, G., 2015. Biorefinery concepts in comparison to petrochemical refineries. In: Ashok, P., Rainer, H., Christian, L., Mohammad, T., Madhavan, N. (Eds.), *Industrial Biorefineries & White Biotechnology*. Elsevier, Waltham, USA, pp. 3–33.

Demicheli, M.C., Bontoux, L., 1997. Novel technologies for olive oil manufacturing and their incidence on the environment. *Fresen. Environ. Bull.* 6 (5), 240–247.

Di Bene, C., Pellegrino, E., Debolini, M., Silvestri, N., Bonari, E., 2013. Short- and long-term effects of olive mill wastewater land spreading on soil chemical and biological properties. *Soil Biol. Biochem.* 56, 21–30.

Di Giovacchino L, Basti C, Constantini N, Surricchio G., 1997. Olive vegetable water spreading and soil fertilization. *ISHS Acta Horticulturae* 586: IV international symposium on olive growing

Drouiche M, Le Mignot V, Lounici H, Belhocine D, Grib H, Pauss A, Mameri N., 2004. A compact process for the treatment of olive mill wastewater by combining OF and UV/H₂O₂ techniques. *Desalination* 169(1):81–88

Drouiche M, Le Mignot V, Lounici H, Belhocine D, Grib H, Pauss A, Mameri N., 2004. A compact process for the treatment of olive mill wastewater by combining OF and UV/H₂O₂ techniques. *Desalination* 169(1):81–88

Δούμπος Μ., Ζοπουνίδης Κ., 2004. «Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων - Μεθοδολογικές Προσεγγίσεις και εφαρμογές», Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών

El-Abbassi, A., Kiai, H., Hafidi, A., Garcia-Payo, M.C., Khayet, M., 2012a. Treatment of olive mill wastewater by membrane distillation using polytetrafluoroethylene membranes. *Sep. Purif. Technol.* 98, 55–61.

- Elefsiniotis, P.; Oldham, William K., 1994. Anaerobic acidogenesis of primary sludge: the role of solids retention time. *Biotechnology and Bioengineering*, 44(1), 7-13.
- Erguder TH, Guven E, Demirer GN 2000. Anaerobic treatment of olive mill wastes in batch reactors. *Process Biochem* 36:243–248
- Espinola, F., Moya, M., de Torres, A., Castro, E., 2015. Comparative study of coadjuvants for extraction of olive oil. *Eur. Food Res. Technol.* 241 (6), 759–768.
- EU , 1991. Council Directive concerning Urban Wastewater Treatment. 91/271 EEC of May 21, 1991, OJ NO L135/40 of May 30, 1991
- EU-AGRO-BIOGAS, 2008. Benchmarking Report on Critical Points and Influential Factors at Agricultural. Biogas Plants, Project. no.51394.
- Eusebio A, Mateus M, Baeta-Hall L, Almeida-Vara E, Duarte JC., 2005. Microflora evaluation of two agro-industrial effluents treated by the JACTO jet-loop type reactor system. *Wat Sci Tech* 51(1):107–112
- from olive tree products and olive processing byproducts. In: Boskou, D. (Ed.), *Olive, Olive Oil Bioactive Constituents*. AOCS Press, Urbana, Illinois USA, pp. 333–356.
- Galanakis, C.M., 2011. Olive fruit dietary fiber: components, recovery and applications. *Trends Food Sci. Technol.* 22 (4), 175–184.
- Gila, A., Beltrán, G., Bejaoui, M.A., Sánchez, S., Nopens, Ingmar, Jiménez, A., 2016. Modeling the settling behavior in virgin olive oil from a horizontal screw solid bowl. *J. Food Eng.* 168, 148–153.
- Gila, A., Jiménez, A., Beltrán, G., Romero, A., 2015. Correlation of fatty acid composition of virgin olive oil with thermal and physical properties. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117 (3), 366–376.
- Gimeno, E., Castellote, A.I., Lamuela-Raventós, R.M., De la Torre, M.C., Lopez-Sabater, M.C., 2002. The effects
- Gonzalez, J. S.; Rivera, A.; Borja, R.; Sanchez, E. 1998. Influence of organic volumetric loading rate, nutrient balance and alkalinity: COD ratio on the anaerobic

sludge granulation of an UASB reactor treating sugar cane molasses. *International Biodeterioration & Biodegradation* 41(2), 127-131.

Gotsi M, Kalogerakis N, Psillakis E, Samaras P, Mantzavinos D., 2005. Electrochemical oxidation of olive oil mill wastewaters. *Wat Res* 39:4177–4187

Guerrini, L., Masella, P., Migliorini, M., Cherubini, C., Parenti, A., 2015. Addition of a steel pre-filter to improve plate filter-press performance in olive oil filtration. *J. Food Eng.* 157, 84–87.

Guerrini, L., Masella, P., Migliorini, M., Cherubini, C., Parenti, A., 2015. Addition of a steel pre-filter to improve plate filter-press performance in olive oil filtration. *J. Food Eng.* 157, 84–87.

Halet F, Belhocine D, Grib H, Lounici H, Paus A, Mameri N.,1997. Treatment of oil mill washing water by ultrafiltration. 3rd Int. symp on environmental biotechnology, Oostende, Belgium, 21–24 April, II, pp 369–372

Halvadakis K., 2000. Ereuna gia tin anaptiksi olokliromenou shediou diaheirisis apobliton elaiourgion tis nisou Lesvou. (Study for the development of an integrated management plan for OMW for the Island of Lesvos). Final Report. Aegean University, Lesvos, Greece

Hamza, M., Sayadi, S., 2015. Valorisation of olive mill wastewater by enhancement of natural hydroxytyrosol recovery. *Int. J. Food Sci. Technol.* 50 (3), 826–833.

Harris, R., 1998. *Introduction to Decision Making*

Jäkel K., 2002. *landwirtschaftliche Biogaserzeugung und – verwertung – Managementunterlage; Sächsische landesanstalt für landwirtschaft, Germany.*

Jiménez, B., Sánchez-Ortiz, A., Rivas, Ana, 2014. Influence of the malaxation time and olive ripening stage on oil quality and phenolic compounds of virgin olive oils. *Int. J. Food Sci. Technol.* 49 (11), 2521–2527.

Kapellakis IE, Tsagarakis KP, Avramaki, Ch, Crowther J, Hytiris N., 2002. Potential for olive mill wastewater reuse: the case of Messara Basin in Crete. In: Angelakis AN et al (eds) *Proc. of IWA-regional symposium on water recycling in Mediterranean Region, Iraklion, vol 1, Greece, 26–29 September 2002, pp 515–524*

- Kapellakis, I.E., Tsagarakis, K.P., Crowther, J.C., 2008. Olive oil history, production and by-product management. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 7 (1), 1–26.
- Kapellakis, I.E., Tsagarakis, K.P., Crowther, J.C., 2008. Olive oil history, production and by-product management. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 7 (1), 1–26.
- Karagiannidis A, Perkoulidis G, Malamakis A, (2012). Anaerobic Digestion and Biogas Utilization in Greece: Current Status and Perspectives. Στο: Mudhoo A, (ed.), *Biogas production: Pretreatment Methods in Anaerobic Digestion*. USA: John Wiley & Sons, Inc and Scrivener Publishing LLC, pp. 215-228
- Karaouzas, I., Skoulikidis, N.T., Giannakou, U., Albanis, T.A., 2011. Spatial and temporal effects of olive mill wastewaters to stream macroinvertebrates and aquatic ecosystems status. *Water Res.* 45 (19), 6334–6346.
- Kiritsakis, A., Nanos, G.D., Polymenopoulos, Z., Thomai, T., Sfakiotakis, E.M., 1998. Effect of fruit storage conditions on olive oil quality. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75 (6), 721–724.
- Kishikawa, A., Ashour, A., Zhu, Q.C., Yasuda, M., Ishikawa, H., Shimizu, K., 2015. Multiple biological effects of olive oil by-products such as leaves, stems, flowers, olive milled waste, fruit pulp, and seeds of the olive plant on skin. *Phytother. Res.* 29 (6), 877–886.
- Komnitsas, K., Modis, K., Doula, M., Kavvadias, V., Sideri, D., Zaharaki, D., 2016. Geostatistical estimation of risk for soil and water in the vicinity of olive mill wastewater disposal sites. *Desalin. Water Treat.* 57 (7), 2982–2995.
- Kosaric N, Blaszczyk R., 1992. Industrial effluent processing. In: Lederberg J (ed) *Encyclopedia of microbiology*, vol 2. Academic Press Inc., New York, pp 473–491
- Lagoudianaki, E., Manios, T., Geniatakis, M., Frantzeskaki, N., Manios, V., 2003. Odor control in evaporation ponds treating olive mill wastewater through the use of Ca(OH)₂. *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 38 (11), 2537–2547.
- Leone, A., Esposto, S., Tamborrino, A., Romaniello, R., Taticchi, A., Urbani, S., Servili, M., 2016. Using a tubular heat exchanger to improve the conditioning process

of the olive paste: evaluation of yield and olive oil quality. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 118 (2), 308–317.

Leone, A., Romaniello, R., Zagaria, R., Sabella, E., De Bellis, L., Tamborrino, A., 2015. Machining effects of different mechanical crushers on pit particle size and oil drop distribution in olive paste. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117 (8), 1271–1279.

Leone, A., Romaniello, R., Zagaria, R., Tamborrino, A., 2014. Development of a prototype malaxer to investigate the influence of oxygen on extra-virgin olive oil quality and yield, to define a new design of machine. *Biosys. Eng.* 118, 95–104.

Lorenz RT, Cysewski GR., 2000. Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. *Trends Biotechnol* 18(4):160–167

Mameri, N., Halet, F., Drouiche, M., Grib, H., Lounici, H., Belhocine, D., Paus, A., Piron, D., 2000. Treatment of olive mill washing water by ultrafiltration. *Can. J. Chem. Eng.* 78 (3), 590–595.

Masella, P., Parenti, A., Spugnoli, P., Calamai, L., 2009. Influence of vertical centrifugation on extra virgin olive oil quality. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 86 (11), 1137–1140.

Masella, P., Parenti, A., Spugnoli, P., Calamai, L., 2012. Vertical centrifugation of virgin olive oil under inert gas. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 114 (9), 1094–1096.

McNamara, C., Anastasiou, C., Oflaherty, V., Mitchell, R., 2008. Bioremediation of olive mill wastewater. *Int. Biodeter. Biodegr.* 61 (2), 127–134.

Mechichi T, Sayadi S., 2005. Evaluating process imbalance of anaerobic digestion of olive mill wastewaters. *Proc Biochem* 40(1):139–145

MILANESE, M.; DE RISIA A., RICCARDISA, 2014. Numerical study of anaerobic digestion system for olive pomace and mill wastewater. *Energy Procedia*, vol. 45, p.141-149.

Moonil, Kim; Young-Ho, Ahn; Speece, R.E. 2002. Comparative process and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. thermophilic, *Water Research* 36(17), 4369-4385.

- Niaounakis M, Halvadakis CP., 2006b. Olive oil processing waste management: literature review and patent survey, 2nd edn. Waste Management Series, vol 5. Elsevier
- Nijaguna B.T. , 2006. Biogas Technology. New Age International
- Ntougias, S, Gaitis, F., Katsaris, P., Skoulika, S., Iliopoulos, N., Zervakis, G.I., 2013. The effects of olives harvest period and production year on olive mill wastewater properties—evaluation of *Pleurotus* strains as bioindicators of the effluent’s toxicity. *Chemosphere* 92 (4), 399–405.
- Obied, H.K., Bedgood, Jr., D.R., Prenzler, P.D., Robards, K., 2007. Bioscreening of Australian olive mill waste extracts: biophenol content, antioxidant, antimicrobial and molluscicidal activities. *Food Chem. Toxicol.* 45 (7), 1238–1248.
- of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics, α -tocopherol, and β -carotene) in virgin olive oil. *Food Chem.* 78 (2), 207–211.
- Ostrem K., 2004. Greening waste: anaerobic digestion for treating the organic reaction of municipal solid wastes. M.S. thesis, Columbia University, New York, NY
- Ottinger RL, Yitong C, Xue L, Liu Z, 2013. Case studies of renewable energy in China. Στο: Ottinger RL (ed.), *Renewable Energy Law and Development: Case Study Analysis*. USA: Edward Elgar Publishing Limited, pp. 1-40
- Panizza M, Cerisola G., 2006. Olive mill wastewater treatment by anodic oxidation with parallel plate electrodes. *Wat Res* 40:1179–1184
- Paraskeva, P., Diamadopoulos, E., 2006. Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review. *J.Chem. Technol. Biotechnol.* 81, 1475–1485.
- Paul E, Liu Y ., 2012. Biological sludge minimization and biomaterials/bioenergy recovery technologies. Wiley, Hoboken, NJ
- Paulo Paula L; Jiang Bo; 2004. Cysneiros Denise; Stams Alfons J M; Lettinga Gatzke Effect of cobalt on the anaerobic thermophilic conversion of methanol. *Biotechnology and bioengineering* 85(4), 434-41.
- Pavlidou, A., Anastasopoulou, E., Dassenakis, M., Hatzianestis, I., Paraskevopoulou, V., Simboura, N., Rousselaki, E., Drakopoulou, P., 2014. Effects of olive oil wastes

on river basins and an oligotrophic coastal marine ecosystem: a case study in Greece. *Sci. Total Environ.* 497, 38–49

Peter Jacob Jørgensen, 2009 *Biogas – green energy Process • Design • Energy supply • Environment*. Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University 2009 2nd edition ISBN 978-87-992243-2-1

Rahmanian, N., Jafari, S.M., Galanakis, C.M., 2014. Recovery and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 91 (1), 1–18.

Rajkumar D, Palanivelu K., 2004. Electrochemical treatment of industrial wastewater. *J Haz Mat B* 113:123–129

Reboredo-Rodríguez, P., González-Barreiro, C., Cancho-Grande, B., Simal-Gándara, J., 2014. Improvements in the malaxation process to enhance the aroma quality of extra virgin olive oils. *Food Chem.* 158, 534–545.

Rivas FJ, Beltran FJ, Gimeno O, Frades J., 2001. Treatment of olive oil mill wastewater by Fenton's reagent. *J Agric Food Chem* 49(4):1873–1880

Rozzi A, Malpei F., 1996. Treatment and disposal of olive mill effluents. *Int Biodet Biodegr* 38(3–4):135–144

Ruiz-Mendez, M.V., Romero, C., Medina, E., Garcia, A., de Castro, A., Brenes, M., 2013. Acidification of Alperujo paste prevents off-odors during their storage in open air. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 90 (3), 401–406.

Rutz D. et al. , 2008. *The Biogas Market in Southern and Eastern Europe: Promoting Biogas by Non-technical Activities*. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition; Valencia, Spain.

Sabbah I, Marsook T, Basheer S (2004) The effect of pretreatment on anaerobic activity of olive mill wastewater using batch and continuous systems. *Proc Biochem* 39(12):1947–1951

Servili, M., Esposito, S., Taticchi, A., Urbani, S., Di Maio, I., Veneziani, G., Selvaggini, R., 2015. New approaches to virgin olive oil quality, technology, and by products valorization. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117 (11), 1882–1892.

Servili, M., Selvaggini, R., Esposto, S., Taticchi, A., Montedoro, G.F., Morozzi, G., 2004. Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil. *J. Chromatogr. A* 1054 (1–2), 113–127.

Servili, M., Taticchi, A., Esposto, S., Urbani, S., Selvaggini, R., Montedoro, G.F., 2007. Effect of olive stoning on the volatile and phenolic composition of virgin olive oil. *J. Agric. Food Chem.* 55 (17), 7028–7035.

Simeonov I., Denchev D. and Baykov B., 2006. “Development of new technologies for production of heat and electric power from organic wastes for increasing the economic efficiency of the final products”, *Advances in Bulgarian Science*, № 1, 15–24.

Sioulas K, I. Boukis et.al. , 1999. “Establishment of a network of competent partners for the treatment and energy valorisation, by means of Anaerobic Digestion of the residues generated by the citrus-processing industries (AnDigNet)” IPS-1999-00042, final Report.

Sioulas K., Mavrogiorgou D. and. Chatziathanassiou A. , 2003. An assessment of social and environmental impacts and benefits associated with the development of the AnDigNet project in the 2nd International Conference on Ecological Protection of the Planet Earth, 5-8 June 2003, Sofia, Bulgaria.

Skaltsounis, A.L., Argyropoulou, A., Aligiannis, N., Xynos, N., 2015. Recovery of high added value compounds tobacco and microalgae secreting the fungal laccase POXA1b reduce phenol content in olive oil mill wastewater. *Enzyme Microb. Technol.* 49 (6–7), 540–546.

Skaltsounis, A.L., Argyropoulou, A., Aligiannis, N., Xynos, N., 2015. Recovery of high added value compounds from olive tree products and olive processing byproducts. In: Boskou, D. (Ed.), *Olive, Olive Oil Bioactive Constituents*. AOCS Press, Urbana, Illinois USA, pp. 333–356.

Surroop D, Begue OD, 2012. Investigating the Potential of Using Biogas in Cooking Stove in Rodrigues: Mudhoo A, (ed.), *Biogas production: Pretreatment Methods in*

Anaerobic Digestion. USA: John Wiley & Sons, Inc and Scrivener Publishing LLC, pp. 229-260

Syed WS, Nadeem M, Ikram-ul-Haq, Khan FA, 2013. Production of biogas by mesophilic bacteria isolated from nature. South Asian Journal of Life Sciences, 1(1): 12-18

Tomati U, Galli E., 1992. The fertilizing value of wastewaters from the olive processing industry. In: Kubat J (ed) Humus, its structure and role in agriculture and environment, Elsevier Science, pp 117–126

Tsakona, S., Galanakis, C.M., Gekas, V., 2012. Hydro-ethanolic mixtures for the recovery of phenols from Mediterranean plant materials. Food Bioprocess Technol. 5 (4), 1384–1393.

Uemura, S.; Tseng, I-Cheng; Harada, Hideki., 1995. Effect of temperature elevation from 55°C to 65°C on the performance of a thermophilic UASB reactor and characteristics of methanogenic granular sludge, Environmental Technology, 16, 987-994.

Van Foreest F., 2012. Perspectives for biogas in Europe. UK: Oxford Institute for Energy Studies

Verma S., 2002. Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes. M.S. thesis, Columbia University, New York, NY

Vichi, S., Boynuegri, P., Caixach, J., Romero, A., 2015. Quality losses in virgin olive oil due to washing and short-term storage before olive milling. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 117 (12), 2015–2022.

Vlyssides, A.G., Loizides, M., Karlis, P.K., 2004. Integrated strategic approach for reusing olive oil extraction byproducts. J. Clean. Prod. 12 (6), 603–611

Weiland P, 2010. Biogas production: current state and perspectives. Applied Microbiology and Biotechnology, 85:849-860

Wilson DR 2014. www.seai.ie/...Energy.../Waste-to-Energy—Anaerobic-digestion-for-largeindustry.p

www.desmie.gr

Yu, Liu; Hai-Lou, Xu; Kuan-Yeow, Show; Joo-Hwa, Tay , 2002. Anaerobic granulation technology for wastewater treatment, *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 18, 99-113

Zagklis, D.P., Arvaniti, E.C., Papadakis, V.P., Paraskeva, C.A., 2013. Sustainability analysis and benchmarking of olive mill wastewater treatment methods. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 88 (5), 742–750.

Zirehpour, A., Rahimpour, A., Jahanshahi, M., Peyravi, M., 2014. Mixed matrix membrane application for olive oil wastewater treatment: process optimization based on Taguchi design method. *J. Environ. Manag.* 132, 113–120.

Γεωργακάκης Δ.& Νταλής Δ., 1983. «Αξιολόγηση εγκαταστάσεων συνδυασμένης αναερόβιας χώνευσης υγρών αποβλήτων ελαιουργείων με παραγωγή βιοαερίου. Η περίπτωση της Κανδάνου Κρήτης». 3ο Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης, Μόλυβος Λέσβου, 6-9 Σεπτ. 1983, σ.260-276

Γεωργακάκης Δ., Κώνστας Στ., Νταλής Δ. (1995), “Μελέτη Ενέργειας που Καλύπτεται από τα Απόβλητα των Ελαιοτριβείων”, ΙΤΕ ΕΛΚΕΠΑ

Γιακουμέλος Λευτέρης., 2012. Τεχνολογίες Παραγωγής και Αξιοποίησης του Βιοαερίου Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Zafiris X. , 2007. Biogas in Greece. Current situation and perspectives. European Biogas Workshop proceedings “The future of Biogas in Europe – III”, University of Southern Denmark Esbjerg, Δανία, 14-16 Ιουνίου 2007.

Μρουκίς Ι. and Χατζιαθανασίου Α., 2000. State of Biogas production, energy exploitation schemes and incentives in Greece, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, p. 1346-1349

Υπουργείο Ανάπτυξης , 2007. 1η Έκθεση για τον Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020 Μέρος 1, Αθήνα, Αύγουστος

Υπουργείο Ανάπτυξης , 2008 . Ενεργειακό Ισοζύγιο 2006, www.ypan.gr

Vavouraki Aikaterini, Development of integrated agroindustrial waste management politics maximizing materials recovery and energy exploitation, University of Patra, May, 2010

Swedish Gas Centre. 2001. Adding gas from biomass to the gas grid , Sweden, July.

Angelidaki, I. et al., 2004. Environmental Biotechnology. AD – Biogas Production. Environment & Resources DTU, Technical University of Denmark.

Rutz D., Janssen R., Epp C., Helm P., Grmek M., Agrinz G., Prassl H., Sioulas K., Dzene I., Ivanov I., Dimitrova D., Georgiev K., Kulisic B., Finsterwalder T., Köttner M., Volk S., Kolev N., Garvanska S., Ofiteru A., Adamescu M., Bodescu F., Al Seadi

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην αρχή ότι