

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ**  
**ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΥΡΗΝΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΟΥ**

**ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΚΩΤΣΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (Α.Μ. 6438)**

**ΚΑΠΟΡΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (Α.Μ. 6536)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΡΑΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2020**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Διπλωματική Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αναφέρεται τον σχεδιασμό και την λειτουργία μιας αναερόβιας εδαφοδεξαμενής για την διαχείριση – επεξεργασία των αποβλήτων πυρηνελαιουργείου. Περαιτέρω, παρουσιάζεται η σχετική μελέτη περίπτωσης που εξετάζεται και η βασική θεωρία του σχεδιασμού των αναερόβιων λιμνών επεξεργασίας αποβλήτων.

Ευχαριστούμε θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μας κ. Διονύσιο Παναγιωταρα, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

Κωτσάκης Παναγιώτης

Καπόρης Παναγιώτης

Φεβρουάριος 2020

**Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Φοιτητές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι Φοιτητές

(Όνοματεπώνυμο)

(Όνοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

.....

(Υπογραφή)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει τον σχεδιασμό και την λειτουργία μιας αναερόβιας εδαφοδεξαμενής για την διαχείριση – επεξεργασία των αποβλήτων πυρηνελαιουργείου. Η εργασία παρουσιάζει το σχετικό θεωρητικό υπόβαθρο, εστιάζοντας τόσο στην διαδικασία παραγωγής, τα απόβλητα αυτή και την σύνθεση αυτών καθώς και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, καθώς και τους τρόπους που λαμβάνει χώρα η επεξεργασία τους όπως αναφέρονται στην σχετική βιβλιογραφία.

Περαιτέρω, παρουσιάζεται η σχετική μελέτη περίπτωσης που εξετάζεται και η βασική θεωρία του σχεδιασμού των αναερόβιων λιμνών επεξεργασίας αποβλήτων. Η σχετική θεωρία χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό της αντίστοιχης εδαφοδεξαμενής.

## **Abstract**

The present work examines the design and operation of an anaerobic pond for the management and treatment of oil mill waste. The work presents the relevant theoretical background, focusing on both the production process, its waste and its composition as well as its environmental impacts, as well as the ways in which they are processed as reported in the relevant literature.

Further, the relevant case study discussed and the basic theory of anaerobic waste treatment design are presented. Relative theory is used to design the corresponding pond.

## Περιεχόμενα

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	1
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	4
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> Εισαγωγή .....	8
1.1. Ο ελαιόκαρπος.....	11
1.2. Παραγωγή του ελαιολάδου και τύποι ελαιουργείων .....	11
1.3. Σύγκριση διφασικών-τριφασικών ελαιουργείων .....	17
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> Απόβλητα Ελαιοτριβείων και Πυρηνελαιουργείων .....	19
2.1 Κατανάλωση νερού.....	21
2.2 Κατανάλωση ενέργειας .....	21
2.3 Εκπομπές ρύπων.....	21
2.4 Στερεά απόβλητα.....	22
2.5 Αέρια απόβλητα.....	22
2.6 Υγρά απόβλητα .....	22
2.7 Κατσιγάρος.....	24
2.8 Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ελαιουργείου .....	25
2.9 Χρώμα υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων.....	28
2.10 Φυτοτοξικότητα υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων.....	29
2.12 Διαχείριση υγρών λυμάτων ελαιοτριβείου .....	29
2.13 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων.....	30
2.13.1 Επιπτώσεις στο έδαφος.....	31
2.13.2 Επιπτώσεις στα ύδατα .....	33
2.13.3 Επιπτώσεις στα φυτά.....	35
2.13.4 Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα .....	36
3 Επεξεργασία του στερεού υπολείμματος των ελαιοτριβείων στα πυρηνελαιουργεία .....	38
3.1 Ποσότητες και χαρακτηριστικά στερεού υπολείμματος.....	39
3.2 Επεξεργασία ελαιοπυρήνα .....	43
3.3 Επεξεργασία διφασικού ελαιοπυρήνα.....	47
3.4 Ισοζύγιο μαζών .....	49

3.5 Τα προϊόντα των πυρηνελαιουργιών και οι χρήσεις τους.....	50
3.6 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πυρηνελαιουργιών .....	53
3.7 Παραγόμενα απόβλητα από πυρηνελαιουργεία .....	55
3.7.1 Θόρυβος.....	55
3.7.2 Ατμοσφαιρικές εκπομπές .....	55
3.7.3 Υγρά απόβλητα .....	57
3.7.4 Στερεά και ελαιώδη απόβλητα.....	59
Κεφάλαιο 4° Η επεξεργασία αποβλήτων από ελαιοτριβεία και πυρηνελαιουργεία.....	63
4.1 Φυσική επεξεργασία των λυμάτων .....	63
4.2 Μέθοδοι χημικής επεξεργασίας των λυμάτων .....	63
4.2.1. Χημική κατακρήμνιση .....	63
4.2.2. Χημική Οξειδωση .....	64
4.3 Βιολογική επεξεργασία των λυμάτων .....	64
4.3.1. Αεροβική βιολογική επεξεργασία των λυμάτων .....	64
4.3.2 Η υποβάθμιση των λυμάτων με τον συνδυασμό των αντιδραστηρίων του Phenton και των διαδικασιών οζονισμού με μια αερόβια βιολογική επεξεργασία.....	65
4.3.3 Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία Λυμάτων .....	66
4.4 Επεξεργασία λυμάτων με αντιδραστήριο του Phenton.....	67
4.4.1. Προεπεξεργασία των αποβλήτων λυμάτων με προηγμένες φυσικοχημικές διεργασίες.....	67
4.5 Κομποστοποίηση .....	68
4.6. Σύστημα Ηλεκτρολύσεως .....	68
4.7. Εξάτμιση / Απόσταξη .....	69
4.8. Επεξεργασία εδάφους.....	69
4.8.1 Οι εξατμισοδεξαμενές .....	70
4.9 Εφαρμογές διαχείρισης αποβλήτων ελιάς.....	70
4.9.1 Ισπανία.....	71
4.9.2 Ιταλία .....	71
4.9.3 Ελλάδα .....	71
4.9.4. Τουρκία .....	72
Κεφάλαιο 5° Νομοθεσία για τη διαχείριση υγρών απόβλητων από ελαιοτριβεία .....	73
Κεφάλαιο 6° Περιγραφή μελέτης περίπτωσης.....	76
6.1 ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	78
6.2 ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΥΠΟΜΝΗΜΑ Η-Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	79

.....	79
Κεφάλαιο 7 <sup>ο</sup> Υπολογισμός διαδικασίας επεξεργασίας αποβλήτων στην εδαφοδεξαμενή.....	80
7.1 Εξισώσεις σχεδίασης.....	80
7.1.1 Μικροβιολογικές αντιδράσεις.....	82
7.1.2 Ισοζύγιο.....	83
7.1.3 Κριτήρια Σχεδιασμού.....	85
7.1.4 Αποδοτικότητα.....	86
7.1.5 Λειτουργία και Συντήρηση.....	86
7.1.6 Κόστη.....	87
7.2 Μοντέλα σχεδίασης και υπολογισμοί.....	87
Κεφάλαιο 8 <sup>ο</sup> Συμπεράσματα.....	91
Βιβλιογραφία.....	92



## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Εισαγωγή

Εδώ και χιλιετίες, η ελιά, έχει συνδεθεί με όλους του πολιτισμούς που αναπτύχθηκαν στα παράλια της Μεσογείου. Η ελαιουργία αποτελεί μία από τις παραδοσιακές καλλιέργειες, που ασκούνται στην περιοχή της Μεσογείου, παράλληλα με την αμπελουργία και την καλλιέργεια των δημητριακών.

Η καλλιέργεια του ελαιολάδου λαμβάνει χώρα στην περιοχή από αρχαιοτάτων χρόνων. Απολιθώματα ελιάς έχουν βρεθεί στο Λιβόρνο της Ιταλίας που χρονολογούνται 20 εκατομμύρια χρόνια πριν, ενώ η καλλιέργεια της ελιάς υπολογίζεται ότι ξεκίνησε στον ευρύτερο χώρο της Μεσογείου, πριν από περίπου 7.000 χρόνια. Όσον αφορά στην Ελλάδα, οι πρώτες μαρτυρίες για την καλλιέργειά της στον ελλαδικό χώρο, σύμφωνα με τα αρχαιολογικά ευρήματα, ξεκίνησε στην Κρήτη, πριν από 3.500 χρόνια (Κυριτσάκης, 2007).

Σήμερα σε όλη την υδρόγειο υπάρχουν περίπου 800 εκατομμύρια ελαιόδενδρα από τα οποία το 95% περίπου καλλιεργούνται στη λεκάνη της Μεσογείου η οποία διαθέτει άριστες εδαφικές και κλιματικές συνθήκες για την ανάπτυξη της ελιάς. Η μεγαλύτερη παραγωγή ελαιολάδου προέρχεται από τη νότια Ευρώπη, τη βόρειο Αφρική και την Εγγύς Ανατολή. Από την Ευρωπαϊκή παραγωγή, το 93% προέρχεται από την Ισπανία, την Ιταλία και την Ελλάδα. Η Ισπανία κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή και την εξαγωγή ελιών και ελαιολάδου ενώ στο έδαφός της καλλιεργούνται περισσότερα από 300 εκατομμύρια ελαιόδεντρα. Η Ιταλία είναι η δεύτερη ελαιοπαραγωγική χώρα της Ευρώπης, με τα 2/3 της παραγωγής της να ανήκει στην κατηγορία “εξαιρετικά παρθένο”, με 37 είδη με Προστατευμένη Ονομασία Προέλευσης τα οποία παράγονται σε όλη την έκτασή της.

Ο ελαιοπαραγωγικός κλάδος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς της γεωργικής παραγωγής της χώρας μας. Η Ελλάδα είναι η τρίτη ελαιοπαραγωγός χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ η ποιότητα του ελληνικού ελαιολάδου εκτιμάται ως ανώτερη των λοιπών ελαιοπαραγωγικών χωρών. Στο έδαφός της καλλιεργούνται περισσότερα από 132 εκατομμύρια ελαιόδεντρα, από τα οποία παράγονται περίπου 350.000 τόνοι ελαιολάδου ετησίως, εκ των οποίων το 82% ανήκει στην κατηγορία εξαιρετικά-παρθένο.

Κατάταξη (2015/16)	Χώρα	2013 <sup>1</sup>	2013/14 <sup>2</sup>	2014 <sup>1</sup>	2014/15 <sup>2</sup>	2015/16 <sup>2</sup>
1	Ισπανία	1.765.248	1.781.500	1.738.600	842.200	1.401.600
2	Ιταλία	463.700	463.700	294.914	222.000	474.600
3	Ελλάδα	298.800	132.000	208.900	300.000	320.000
4	Τουρκία	187.900	135.000	73.915	160.000	143.000
5	Τυνησία	188.500	70.000	179.700	340.000	140.000
6	Μαρόκο	117.900	130.000	137.400	120.000	130.000
7	Συρία	159.595	180.000	100.638	105.000	110.000
8	Πορτογαλία	99.985	91.600	66.532	61.000	109.100
9	Αλγερία	64.700	44.000	52.400	69.500	83.000
10	Αργεντινή	21.300	30.000	28.100	30.000	19.000
	...					
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>3.506.814</b>	<b>3.252.000</b>	<b>3.050.390</b>	<b>2.458.000</b>	<b>3.159.500</b>

(πηγή: <http://www.fao.org/> & <http://www.internationaloliveoil.org/>)

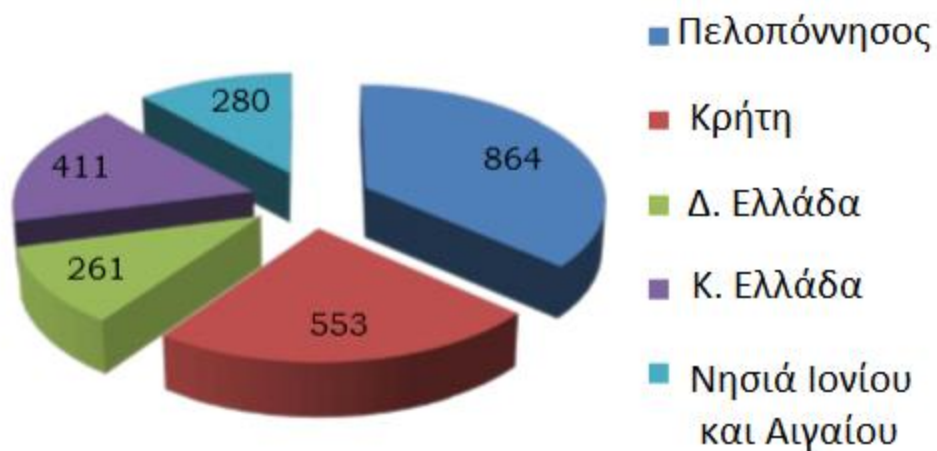
Εικόνα 1 Παραγωγή Ελαιόλαδου από τις κυριότερες χώρες παραγωγής

Πίνακας 1 Ετήσια παραγωγή ελαιολάδου στην Ελλάδα (FAOSTAT)

Ετήσια παραγωγή (τόνοι)	Πελοπόννησος	Κρήτη	Δυτική Ελλάδα	Κεντρική Ελλάδα	Νότιος Ελλάδα και νησιά Αιγαίου
< 40	86	52	26	41	28
40 – 100	608	368	182	285	195
>100	170	134	53	85	57

Περίπου η μισή από την ετήσια ελληνική παραγωγή ελαιολάδου εξάγεται προς τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κυρίως στην Ιταλία, η οποία απορροφά περίπου τα  $\frac{3}{4}$  του συνόλου της ελληνικής εξαγωγής. Οι πιο σημαντικές ελαιοπαραγωγικές περιοχές στην Ελλάδα είναι η Πελοπόννησος, η οποία παράγει το 65% της συνολικής παραγωγής, καθώς επίσης και η Κρήτη και τα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου.

## Γεωγραφική κατανομή ελαιοτριβείων στην Ελλάδα.



Εικόνα 2 Γεωγραφική κατανομή ελαιοτριβείων στην Ελλάδα

Πίνακας 2 Νομοί της Ελλάδας με το μεγαλύτερο αριθμό ελαιόδεντρων. (ΕΛΣΤΑΤ)

Νομοί	Αριθμός Ελαιόδεντρων
Μεσσηνίας	13.545.000
Ηρακλείου	13.378.000
Λακωνίας	10.936.000
Λέσβου	7.321.000
Χανίων	6.914.000
Ηλείας	6.382.000
Φθιώτιδας	5.530.000
Ευβοίας	5.106.000
Μαγνησίας	4.627.000
Αιτωλοακαρνανίας	3.718.000
Κέρκυρας	3.718.000
Αχαΐας	3.338.000

## 1.1. Ο ελαιόκαρπος

Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη, και αποτελείται από το περικάρπιο και το ενδοκάρπιο. Το περικάρπιο αποτελείται από δύο τμήματα, την επιδερμίδα και το μεσοκάρπιο το οποίο αποτελεί το 65-83% του νωπού βάρους του καρπού. Κατά την ωρίμανση του καρπού η επιδερμίδα μετατρέπεται από ανοιχτό πράσινο σε σκούρο μαύρο χρώμα. Η μέση σύσταση του ελαιοκάρπου είναι: 50% νερό, 22% λάδι, 19% υδατάνθρακες, 1.6% πρωτεΐνες, καθώς και άλλα σημαντικά συστατικά όπως πηκτίνες, οργανικά οξέα, χρωστικές, πολυφαινόλες και ανόργανα συστατικά. Πολλά από αυτά τα συστατικά συναντώνται και στα απόβλητα που παράγονται κατά τη παραγωγική διαδικασία του ελαιολάδου. Ο καρπός περνάει διάφορες φάσεις έως ότου φτάσει ένα μέγιστο βάρος από τον Οκτώβριο μέχρι τα μέσα Νοέμβρη για τις περισσότερες ποικιλίες. Από εκεί και έπειτα ο καρπός αρχίζει να χάνει υγρασία με αποτέλεσμα την αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητάς του. Το 96-98% του λαδιού στον ελαιόκαρπο συγκεντρώνεται στο περικάρπιο (Ποντίκης, 2000).

## 1.2. Παραγωγή του ελαιολάδου και τύποι ελαιουργείων

Στη λεκάνη της Μεσογείου, στις ημέρες μας, δύο διαφορετικές διαδικασίες παραγωγής ελαιολάδου χρησιμοποιούνται ευρέως, οι οποίες βασίζονται στη φυγοκέντρωση. Τα φυγοκεντρικά συστήματα διακρίνονται στα συστήματα τριών και δύο φάσεων, ανάλογα με τα προϊόντα που δίνουν στο τέλος της επεξεργασίας του ελαιοκάρπου. Επιπλέον σε κάποιες περιοχές, ανάμεσα τους και περιοχές της Ελλάδας, εφαρμόζεται ακόμα η παραδοσιακή διαδικασία, κατά την οποία το ελαιόλαδο εξάγεται με πίεση του ελαιοκάρπου στα υδραυλικά πιεστήρια. Τα τρία αυτά συστήματα διαφέρουν σημαντικά ως προς την ποσότητα των υγρών και στερεών αποβλήτων, καθώς και των παραπροϊόντων που παράγουν και λιγότερο ως προς την ποιότητα του ελαιολάδου (Μπλίκια, 2009).

Η επεξεργασία του ελαιολάδου αποτελείται από επτά βήματα:

### 1. Παραλαβή του καρπού

Μετά τη συγκομιδή οι ελιές παραδίδονται στις μεταποιητικές μονάδες για επεξεργασία το ταχύτερο δυνατόν. Η μεταφορά τους γίνεται σε πλαστικά τελάρα (κλούβες) με οπές αερισμού ή

πλαστικούς σάκους. Σε περίπτωση που χρειάζεται να αποθηκευτεί ο καρπός θα πρέπει να είναι για μικρό χρονικό διάστημα σε χώρο με καλό αερισμό.

## 2. Πλύσιμο

Οι ελιές τοποθετούνται αρχικά σε χοάνη παραλαβής ελαιοκάρπου και στη συνέχεια με μεταφορική ταινία οδηγούνται στο αποφυλλωτήριο, όπου απομακρύνονται τα φύλλα και άλλα φερτά υλικά. Ακολουθεί πλύσιμο για την απομάκρυνση ξένων υλών (σκόνη, χώμα, κ.λ.π.). Το νερό μπορεί να ανακυκλωθεί μετά από κατακρήμνιση ή διήθηση των στερεών συστατικών του. Απαιτούνται περίπου 100-120 l νερού για την πλύση 1000 kg ελαιοκάρπου. Μετά το πλύσιμο ακολουθεί η άλεση του καρπού σε ελαιόμυλο ή σπαστήρα.

## 3. Σπάσιμο-άλεση ελαιόκαρπου

Στα παραδοσιακά ελαιοτριβεία η άλεση του καρπού γίνεται με κυλινδρικές μυλόπετρες. Στις σύγχρονες μονάδες χρησιμοποιούνται μεταλλικοί μύλοι, σφυρόμυλοι και σπαστήρες με οδοντωτούς δίσκους. Εάν οι ελιές που υποβάλλονται σε επεξεργασία είναι παγωμένες ή πολύ ξηρές, προστίθεται μια μικρή ποσότητα νερού (100-150 l ανά 1000 kg καρπού).

## 4. Μάλαξη

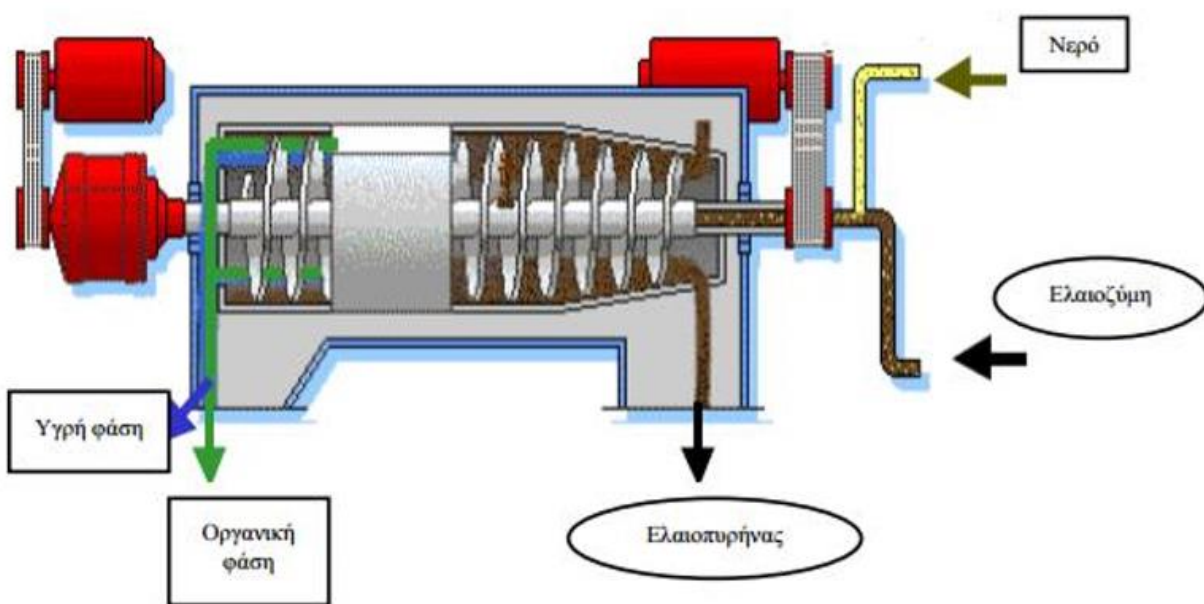
Μετά την άλεση, η ελαιοζύμη αναμιγνύεται στο μαλακτήρα μετά την προσθήκη ζεστού νερού. Η μάλαξη αποτελεί βασικό στάδιο της επεξεργασίας και συντελεί στην συνένωση των μικρών ελαιοσταγονιδίων με μεγαλύτερες σταγόνες λαδιού. Για τη διευκόλυνση της διαδικασίας η ελαιοζύμη θερμαίνεται στους 28-30°C. Στο μαλακτήρα προστίθεται νερό μέχρι και 10 % της ποσότητας της ελαιοζύμης, πριν την εξαγωγή του ελαιόλαδου σε διφασικό ή τριφασικό φυγοκεντρικό σύστημα.

## 5. Παραλαβή του ελαιόλαδου

Η παραδοσιακή μέθοδος της πίεσης και η διαδικασία των τριών φάσεων παράγουν το παρθένο ελαιόλαδο και δύο τύπους αποβλήτων: τα υγρά απόβλητα (κατσίγαρος) και τα στερεά απόβλητα (ελαιοπυρήνας). Η παραδοσιακή μέθοδος είναι μια ασυνεχής διαδικασία που διαφοροποιείται σε δύο φάσεις με την πίεση των αλεσμένων καρπών. Η υγρή φάση (μίγμα νερού/λαδιού) διαχωρίζεται αργότερα προκειμένου να ληφθεί το ελαιόλαδο. Υπολογίζεται ότι από 1000 kg καρπού

παράγονται περίπου 350 kg ελαιοπυρήνα (περιεκτικότητα σε υγρασία 25 %) και περίπου 450 kg υγρά απόβλητα (απόνερα). Εντούτοις, αν και είναι πιο οικολογική, η τεχνική αυτή είναι ασυνεχής, γεγονός που αποτελεί μειονέκτημα για τη σύγχρονη βιομηχανία.

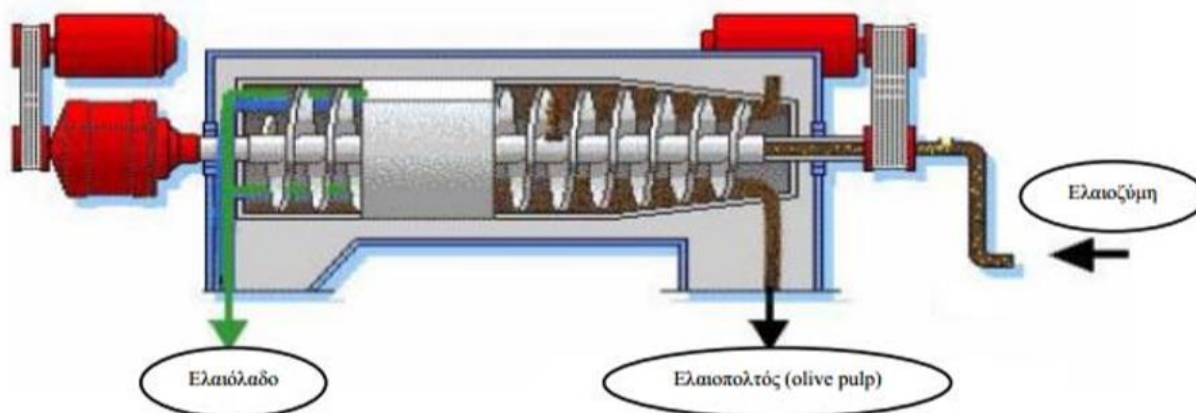
Η τριφασική διαδικασία είναι μια συνεχής διαδικασία που έχει αντικαταστήσει την παραδοσιακή μέθοδο. Χρονολογείται από τη δεκαετία του 1970-1980. Οι αλεσμένες ελιές τοποθετούνται σε ένα τριφασικό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (decanter) όπου τα διαφορετικά μέρη (ελαιόλαδο, απόνερα, ελαιοπυρήνας) διαχωρίζονται με την επίδραση της φυγοκέντρου δύναμης. Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι οι μεγάλες ποσότητες ύδατος που απαιτούνται και συνεπώς η παραγωγή σημαντικού όγκου υγρών αποβλήτων που προκαλούν ρύπανση. Υπολογίζεται ότι από 1000 kg καρπό, παράγονται 500 kg ελαιοπυρήνα (περιεκτικότητα σε υγρασία 50 %) και 1200 kg υγρά απόβλητα (Μπλίκας, 2009).



Εικόνα 3 Ο τριφασικός διαχωριστήρας ([www.theoliveoilsource.com](http://www.theoliveoilsource.com))

Πριν μερικά χρόνια εμφανίστηκε στην αγορά το διφασικό σύστημα (αποκαλούμενο και «οικολογικό σύστημα»). Σε αυτή τη διαδικασία, τα τελικά προϊόντα είναι το ελαιόλαδο και ο ελαιοπυρήνας στον οποίο ενσωματώνονται τα απόνερα. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συστήματος είναι η μειωμένη κατανάλωση νερού και η έλλειψη υγρών αποβλήτων. Υπολογίζεται ότι κατά την επεξεργασία 1000 kg καρπού παράγονται 800 kg περίπου υγρής ελαιοπυρήνας. Σοβαρό, όμως, μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ο ελαιοπυρήνας που προκύπτει έχει αυξημένη

υγρασία και είναι δύσκολος στο χειρισμό, στη μεταφορά και την επεξεργασία. Επιπλέον, ξηραίνεται με αργό ρυθμό και έχει υψηλό ρυπαντικό φορτίο (Μπλίκια, 2009).



Εικόνα 4 Ο διφασικός διαχωριστήρας ([www.theoliveoilsource.com](http://www.theoliveoilsource.com))

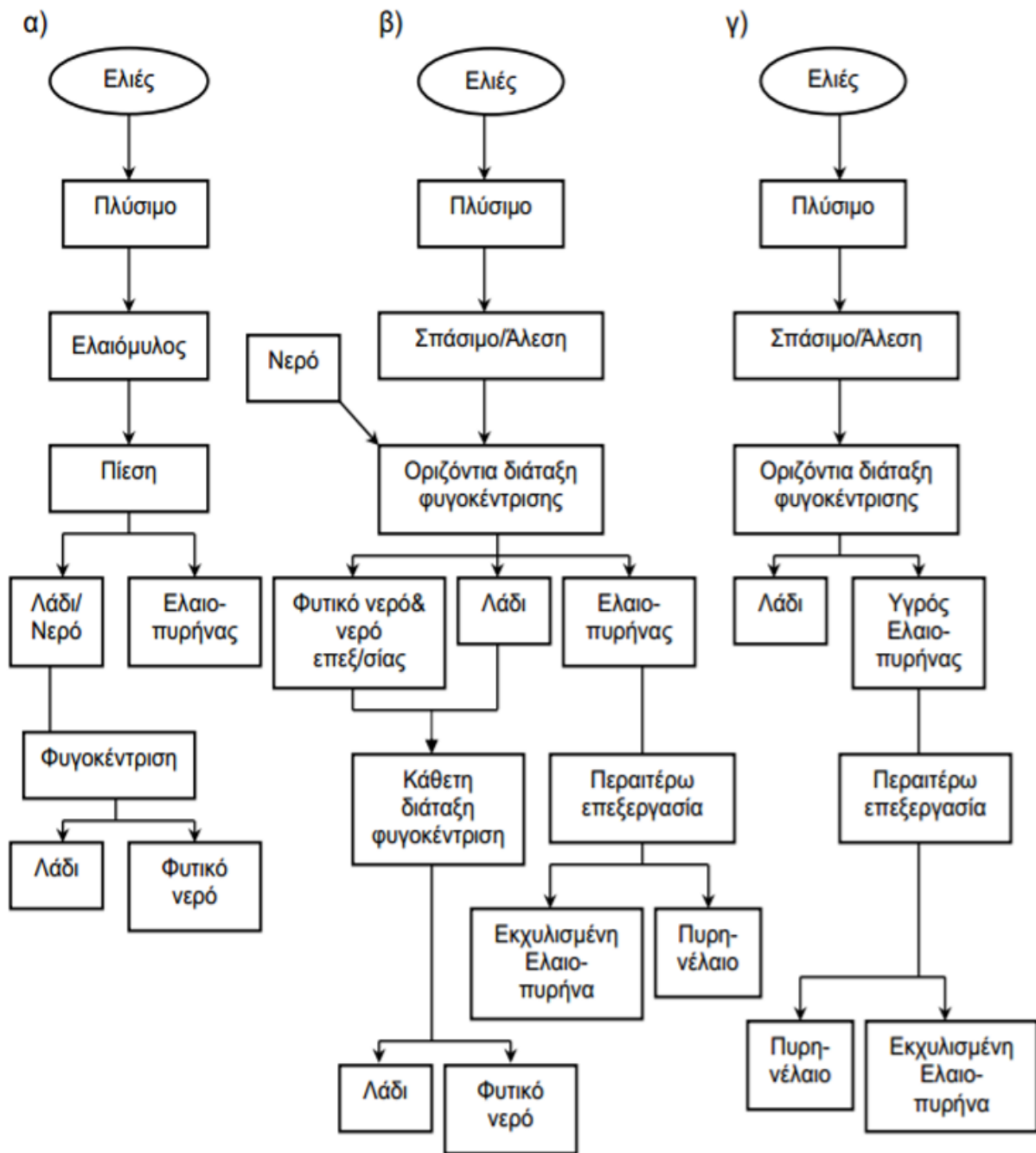
#### 6. Καθαρισμός του ελαιόλαδου

Τα στερεά σωματίδια (τεμαχίδια σάρκας, φλοιού, θρύμματα πυρηνόξυλου, κλπ) που βρίσκονται διαλυμένα στην υγρή φάση απομακρύνονται με τη χρήση παλινδρομικά κινούμενων κοσκίνων (κόσκινα απολάσπωσης). Σημειώνεται ότι το βάρος των στερεών σωματιδίων υπολογίζεται σε ποσοστό 0.5-1 % επί του συνολικού βάρους της υγρής φάσης.

#### 7. Τελικός διαχωρισμός

Ο τελικός διαχωρισμός του ελαιόλαδου από τα φυτικά υγρά γίνεται με τη χρήση φυγοκεντρικών ελαιοδιαχωριστήρων.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι τρεις διαφορετικές επεξεργασίες παραλαβής ελαιόλαδου (παραδοσιακή, τριφασική και διφασική) διαφέρουν σημαντικά ως προς τον όγκο και τη σύσταση των αποβλήτων που παράγουν, ενώ υπάρχουν και μικρές διαφορές και ως προς την ποιότητα του ελαιολάδου (Μπλίκια, 2009). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ των τριών διαδικασιών.



Εικόνα 5 Διάγραμμα ροής των τριών διαφορετικών διαδικασιών παραγωγής ελαιόλαδου α) παραδοσιακή β) τριών φάσεων γ) δύο φάσεων (Morillo et al., 2009)



Πίνακας 3 Γενικά χαρακτηριστικά ΥΑΕ (Sierra et al., 2001)

<b>Παράμετροι</b>	<b>Τιμές</b>
pH	4.5-6
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, (BAO <sub>5</sub> g/l)	35-100
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, (ΧΑΟ g/l)	40-195
Ολικός οργανικός άνθρακας, (TOC g/l)	22-64
Λίπη (g/l)	0.3-23
Ανόργανα στοιχεία (g/l)	5-14
Πολυφαινόλες (g/l)	3-24
N (g/l)	5-15
P (g/l)	0.3-1.1
K (g/l)	2.7-7.2
Ca (g/l)	0.12-0.75
Mg (g/l)	0.10-0.40
Na (g/l)	0.04-0.90
Στερεά %	5.5-17.6

Αξίζει να σημειωθεί, ότι πέρα από την μέθοδο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του ελαιολάδου, τεράστια σημασία στα τελικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου, αλλά και των αποβλήτων-παραπροϊόντων που το συνοδεύουν έχουν και άλλοι παράγοντες. Αυτοί είναι (Niaounnakis and Halvadakis, 2006):

1. Οι εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες κάθε περιοχής
2. Η ποικιλία των ελαιόδεντρων
3. Το στάδιο ωρίμανσης του καρπού κατά την συλλογή του
4. Η χρήση παρασιτοκτόνων και λιπασμάτων στους ελαιώνες
5. Ο τρόπος συγκομιδής και αποθήκευσης του ελαιοκάρπου. Η αποθήκευση μπορεί να αλλάξει τα βιολογικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του αποβλήτου, καθώς παρατηρείται έντονη βιολογική δραστηριότητα (αύξηση της οξύτητας), καθώς επίσης και φυσικοχημικές μεταβολές όπως η καθίζηση των στερεών.
6. Το σημείο όπου γίνεται η δειγματοληψία για τον χαρακτηρισμό των αποβλήτων (αν είναι αμέσως μετά την παραγωγή ή αφού περάσουν κάποιες ημέρες, επίσης αν είναι από ανοιχτή ή κλειστή δεξαμενή απόθεσης και τέλος αν είναι δείγμα επιφανειακό ή βάθους).

Αποτέλεσμα των προαναφερθέντων παραγόντων είναι οι μεγάλες διακυμάνσεις στα χαρακτηριστικά τόσο του ελαιολάδου όσο και των αποβλήτωνπαραπροϊόντων που το συνοδεύουν, μεταξύ των διάφορων ελαιοπαραγωγικών περιοχών από χώρα σε χώρα, όπως και μεταξύ των ελαιοκομικών περιοχών.

### 1.3. Σύγκριση διφασικών-τριφασικών ελαιουργείων

Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή του ελαιολάδου έχει γίνει εφικτή χωρίς την προσθήκη πόσιμου νερού και χωρίς την παραγωγή υγρών αποβλήτων, χάρη στην εφαρμογή των διαχωριστήρων δύο φάσεων. Τα πλεονεκτήματα των διφασικών ελαιουργείων έναντι των τριφασικών είναι τα εξής (Χρυσοβαλάντου, 2010):

1. Η δυναμικότητα των φυγοκεντρικών διατάξεων των δύο φάσεων σε σχέση με των τριών φάσεων είναι μεγαλύτερη, καθώς δεν απαιτείται προσθήκη νερού για την παραγωγή ελαιολάδου.
2. Δεν παράγουν υγρά απόβλητα κατά τη διαδικασία εξαγωγής του ελαιολάδου

3. Ο διφασικός διαχωριστήρας είναι πιο απλός στην κατασκευή του, πιο αξιόπιστος κατά την λειτουργία του και πιο φθηνός έναντι του τριφασικού.
4. Η παραγωγικότητα σε ελαιόλαδο είναι λίγο μεγαλύτερη σε σχέση με την τριφασική λειτουργία, παρόλο το γεγονός ότι ο διφασικός ελαιοπυρήνας συγκρατεί περισσότερο λάδι έναντι του τριφασικού ελαιοπυρήνα.
5. Η ποιότητα του ελαιολάδου που προκύπτει από τη διφασική επεξεργασία είναι υψηλότερη, λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε πολυφαινόλες και κυρίως σε διφαινόλες, ενώ είναι και σταθερότερο στην οξείδωση.
6. Το λειτουργικό κόστος της μονάδας είναι μικρότερο

Τα μειονεκτήματα της διφασικής λειτουργίας είναι τα ακόλουθα (Χρυσοβαλάντου, 2010):

1. Η παραγωγή του ημιστερεού ελαιοπολτού, ο οποίος χαρακτηρίζεται από υψηλό οργανικό φορτίο και πρέπει να διατεθεί με ασφαλή τρόπο στο περιβάλλον.
2. Η υψηλή υγρασία του ελαιοπολτού, που δυσκολεύει τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη διαχείριση του, ενώ ανεβάζει και το κόστος για την ξήρανσή του.
3. Η ανάκτηση του ελαιολάδου που περιέχεται στον πολτό είναι μία απαιτητική και ακριβή διαδικασία που απαιτεί και υψηλά ποσά ενέργειας (Κάλφας,2007).

Ενώ στην Ισπανία η πλειονότητα των ελαιοτριβείων είναι διφασικά (Tsagaraki et al., 2006), στην Ελλάδα τα περισσότερα ελαιοτριβεία είναι φυγοκεντρικά τριών φάσεων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι ο υγρός ελαιοπυρήνας (σχετικής υγρασίας 55-75%) που παράγουν τα ελαιοτριβεία δύο φάσεων δεν είναι επεξεργάσιμος στα περισσότερα ελαιοτριβεία που λειτουργούν.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Απόβλητα Ελαιοτριβείων και Πυρηνελαιουργιών

Κατά την κατεργασία του ελαιοκάρπου στα ελαιουργεία, παράλληλα με το ελαιόλαδο παράγεται και μία σειρά παραπροϊόντων. Αυτά είναι ο ελαιοπυρήνας, που αποτελείται από τα αλεσμένα στερεά συστατικά του καρπού (κυρίως του κουκουτσιού), τα ελαιόφυλλα που έχουν μεταφερθεί με τον ελαιοκάρπο και μια σημαντική σε όγκο και οργανικό φορτίο ποσότητα υγρών αποβλήτων, που είναι γνωστά ως "λιοζούμι", "κατσίγαρος" ή "μούργα", που διεθνώς είναι γνωστό με την ονομασία olive mill waste water (OMW ή OMWW).

Οι παραδοσιακές μέθοδοι επεξεργασίας του ελαιόλαδου εκτιμάται ότι παράγουν μεταξύ 400 και 600 λίτρα alpechin (λύματα) ανά τόνο επεξεργασμένων ελιών. Τα επίπεδα λυμάτων ελαιοτριβείων από τις διαδικασίες τριών φάσεων είναι πολύ υψηλότερα, και παράγουν από 800 έως 1000 λίτρα λυμάτων ελαιοτριβείου ανά τόνο επεξεργασμένων ελιών. Με τη διαδικασία δύο φάσεων δεν παράγονται σχεδόν καθόλου λύματα, αν και τα απόβλητα έχουν την τάση να έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρά που έχουν υψηλό κόστος επεξεργασίας.

Συνολικά, εκτιμάται ότι παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι λυμάτων ελαιοτριβείου το χρόνο σε ευρωπαϊκό επίπεδο και μεγάλη ποσότητα από αυτά είναι στην ουσία νερό (80- 83%). Οι οργανικές συνθέσεις (κυρίως φαινόλες, πολυφαινόλες και τανίνες) αποτελούν το 15- 18% του περιεχομένου των λυμάτων, ενώ τα ανόργανα στοιχεία (όπως τα άλατα καλίου και τα φωσφορικά άλατα) αποτελούν το υπόλοιπο 2%.

Αυτά τα ποσοστά διαφοροποιούνται ανάλογα με παράγοντες που σχετίζονται με το κλίμα και τις συνθήκες του εδάφους, τη διαχείριση αγροκτημάτων, τις μεθόδους συγκομιδής και τις διαδικασίες εξαγωγής ελαιόλαδου. Η παρουσία πρωτεϊνών, ανόργανων ουσιών και πολυσακχαριδίων στα λύματα σημαίνει ότι τα λύματα ελαιοτριβείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα καθώς και στην άρδευση.

Ωστόσο, οι ευκαιρίες επαναχρησιμοποίησης περιορίζονται από την αφθονία των φαινολικών ενώσεων που είναι τόσο αντιμικροβιακές όσο και φυτοτοξικές. Αυτές οι φαινόλες καθαρίζονται δύσκολα και δεν ανταποκρίνονται καλά στη συμβατική αποδόμηση με τη χρήση τεχνικών που βασίζονται στα βακτήρια. Επομένως τα ρυπαντικά φορτία των ελαιοτριβείων είναι σημαντικά με

επίπεδα BOD 5 (βιολογικώς απαιτούμενο οξυγόνο σε 5 ημέρες) και COD (χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο) της τάξης των 20.000 και 35.000 mgr ανά λίτρο.

Αυτό αντιπροσωπεύει ένα ιδιαίτερα μεγάλο φορτίο οργανικής ύλης συγκριτικά με τα συνήθη αστικά λύματα, με επίπεδα μεταξύ 400 mgr και 800 mgr ανά λίτρο. Η αναερόβια χώνευση των λυμάτων ελαιοτριβείων οδηγεί σε αφαίρεση μόνο του 80 με 90% του COD και αυτή η επεξεργασία παραμένει ανεπαρκής για να επιτρέψει τη διάθεση των λυμάτων ελαιοτριβείου στο περιβάλλον.

Η απόρριψη μη ασφαλών λυμάτων ελαιοτριβείων στα υδάτινα συστήματα μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία αύξηση στον αριθμό των μικροοργανισμών. Αυτοί οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου στο νερό και μειώνουν επομένως το μερίδιο που είναι διαθέσιμο για τους άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Αυτό μπορεί πολύ γρήγορα να κλυδωνίσει την ισορροπία ενός ολόκληρου οικοσυστήματος. Περαιτέρω ανησυχίες προκαλούνται από τις υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου στα λύματα ελαιοτριβείων, δεδομένου ότι εάν αυτός απελευθερωθεί στα υδάτινα ρεύματα μπορεί να ενθαρρύνει και να επιταχύνει την ανάπτυξη φυκών.

Οι έμμεσες επιπτώσεις περιλαμβάνουν τον ευτροφισμό που μπορεί να καταστρέψει την οικολογική ισορροπία τόσο στα υπόγεια όσο και στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα. Ο φώσφορος παραμένει δύσκολος στην αποδόμηση και έχει την τάση να διασκορπίζεται μόνο σε μικρές ποσότητες με εναποθέσεις μέσω των τροφικών αλυσίδων (φυτά – ασπόνδυλα – ιχθείς – πτηνά κλπ). Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων φωσφορικών θρεπτικών ουσιών στα λύματα ελαιοτριβείων επιτρέπει στους παθογόνους οργανισμούς να πολλαπλασιάζονται και να μολύνουν τα ύδατα. Αυτό μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες στην τοπική υδάτινη ζωή, καθώς και στους ανθρώπους και τα ζώα που έρχονται σε επαφή με το νερό.

Τα λύματα των ελαιοτριβείων μπορούν να προκαλέσουν αρκετά άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Αυτά περιλαμβάνουν τα εξής:

- Λιπίδια στα λύματα ελαιοτριβείων που παράγουν μια αδιαπέραστη μεμβράνη στην επιφάνεια των ποταμών, στις όχθες τους και στις γειτονικές αγροτικές γαίες. Αυτή η μεμβράνη στερεί το ηλιακό φως και το οξυγόνο από τους μικροοργανισμούς στο νερό με αποτέλεσμα τη μειωμένη ανάπτυξη των φυτών στις όχθες των ποταμών και τη συνεπαγόμενη διάβρωση του εδάφους.

- Τα οξέα, οι ανόργανες και οι οργανικές ουσίες στα λύματα ελαιοτριβείων μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την κατιοανταλλακτική ικανότητα (CEC) των εδαφών. Η CEC χρησιμοποιείται ως μέσο μέτρησης της γονιμότητας του εδάφους και αναφέρεται στην ικανότητα κάποιου εδάφους να ανταλλάσσει κατιόντα (θετικά φορτισμένα ιόντα) μεταξύ του εδάφους και του διαλύματος εδάφους.
- Μπορεί να δημιουργηθούν δυσάρεστες οσμές σε εκτεταμένη περιοχή λόγω της ζύμωσης των λυμάτων ελαιοτριβείων που διατίθενται στο φυσικό περιβάλλον, με την εκπομπή μεθανίου και άλλων δύσοσμων αερίων, όπως το υδρόθειο.

## 2.1 Κατανάλωση νερού

Οι καταναλώσεις νερού στα διάφορα στάδια κατεργασίας του ελαιοκάρπου ποικίλουν και εξαρτώνται από τη φύση και την κατάσταση του, από τη μέθοδο κατεργασίας (έκθλιψη ή φυγοκέντριση), καθώς και από τις πρακτικές και την τακτική του ελαιοτριβείου. Διακυμάνσεις μεγάλες παρουσιάζονται στην πλύση του ελαιοκάρπου, όπου είναι δυνατό να έχουμε μία κατανάλωση από 0-50% επί του αρχικού βάρους. Ωστόσο, για λόγους οικονομίας, στα περισσότερα ελαιοτριβεία αποφεύγεται όσο το δυνατό, η μεγάλη κατανάλωση νερού για το πλύσιμο του ελαιοκάρπου.

## 2.2 Κατανάλωση ενέργειας

Η πιο συνηθισμένη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις του κλάδου είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την ισχύ του εγκατεστημένου εξοπλισμού που είναι συνήθως ανάλογη της δυναμικότητας των μονάδων.

## 2.3 Εκπομπές ρύπων

Το κύριο πρόβλημα στα ελαιοτριβεία είναι τα υγρά απόβλητα, καθώς παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλούς δείκτες ρύπανσης (BOD<sub>5</sub>, COD, αιωρούμενα στερεά) και περιέχουν φυσικές χρωστικές ουσίες που είναι πολύ δύσκολο να απομακρυνθούν με τις κλασσικές μεθόδους καθαρισμού.

## 2.4 Στερεά απόβλητα

Τα στερεά απόβλητα αποτελούνται από ένα μίγμα στερεών συστατικών, όπως τον ελαιοπυρήνα και τα φύλλα των ελαιόδεντρων που συλλέχθηκαν κατά τη συγκομιδή του ελαιοκάρπου. Ο ελαιοπυρήνας μεταφέρεται σε ειδικές εγκαταστάσεις (πυρηνελουργεία), μετά από ξήρανση στους 60°C, εξάγεται με διάλυμα εξανίου για την παραγωγή του πυρηνέλαιου. Από τη διαδικασία αυτή παράγονται ετησίως περίπου 170000 τόνοι λαδιού και 1600000 τόνοι πυρηνόξυλου το οποίο χρησιμοποιείται σαν καύσιμο και καλύπτει πλήρως ή μερικώς τις ενεργειακές ανάγκες των ελαιοτριβείων, σε φούρνους, σε ειδικά ημιαυτόματα συστήματα κεντρικής θέρμανσης σπιτιών, θερμοκηπίων, ακόμη σε μονάδες παραγωγής ασβέστη και για κομποστοποίηση ως εδαφοβελτιωτικό. Συνήθως η μεταφορά και η επεξεργασία του ελαιοπυρήνα από τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία είναι ασύμφορη, λόγω μεγάλης απόστασης των ελαιοτριβείων από τα πυρηνελουργεία και λόγω υψηλής υγρασίας του πυρήνα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο ελαιοπυρήνας να μένει ανεκμετάλλευτος και να δημιουργείτε καινούργια εστία ρύπανσης. Τα φύλλα των ελαιόδεντρων και τα κλαδιά, ένα μικρό μέρος τους χρησιμοποιούνταν ως ζωοτροφή. Πρόσφατα άρχισε η περαιτέρω αξιοποίηση τους για την παρασκευή χουμικών και εδαφοβελτιωτικών υλικών διότι η περιεκτικότητα των φύλλων σε άζωτο και κάλιο είναι πλούσια.

## 2.5 Αέρια απόβλητα

Τα μοναδικά αέρια που παράγονται κατά την παραγωγική διαδικασία των ελαιοτριβείων είναι τα μηχανήματα εσωτερικής καύσης και τα καυσαέρια καύσης του ελαιοπυρήνα. Το γεγονός ότι τα περισσότερα ελαιοτριβεία εγκαθίστανται εκτός αστικών περιοχών, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επιβάρυνση για τις κατοικημένες περιοχές. Για αυτούς τους αέριους ρύπους που εκπέμπονται σε σχέση με τον όγκο του ατμοσφαιρικού αποδέκτη, οδηγούμαστε στο τελικό συμπέρασμα ότι η επιβάρυνση της ατμόσφαιράς από τις αέριες εκπομπές των ελαιοτριβείων θεωρούνται αμελητέες.

## 2.6 Υγρά απόβλητα

Τα κύρια απόβλητα κατά την παραγωγή ελαιόλαδου είναι υγρά απόβλητα και προέρχονται από το στάδιο της έκθλιψης (εφόσον χρησιμοποιείται ως μέθοδος εξαγωγής ελαιόλαδου), το στάδιο του τελικού φυγοκεντρικού διαχωρισμού και το στάδιο της πλύσης του ελαιοκάρπου με καθαρό νερό. Υγρά απόβλητα είναι τα φυτικά υγρά του ελαιοκάρπου, αυξημένα με το νερό κατεργασίας (πλύση ελαιοκάρπου, αραίωση ελαιοζύμης, πρόσθετο νερό διαχωριστήρων, καθαρισμός ελαιοτριβείου

κλπ). Τα απόβλητα είναι σκοτεινού χρώματος με χαρακτηριστική οσμή και σύμφωνα με τα περιορισμένα διαθέσιμα στοιχεία παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλούς δείκτες ρύπανσης (BOD<sub>5</sub>, COD, αιωρούμενα στερεά).

Ο όγκος των αποβλήτων για τα μικρά ελαιοτριβεία (πχ μέχρι 3 πιεστήρια), υπολογίζεται σε 1 m<sup>3</sup>/τόνο ελαιοκάρπου ή σε 5 m<sup>3</sup>/τόνο ελαιόλαδου με πιθανή διακύμανση από 3-5,5 m<sup>3</sup>/τόνο ελαιόλαδου (Economidou, 1993). Το 16-20% των αποβλήτων προέρχεται από το στάδιο της πλύσης, το 76-80% από το στάδιο της έκθλιψης και διαχωρισμού και το 4% είναι υγρά απόβλητα απολάσπωσης από το στάδιο του τελικού διαχωρισμού. Στη βιβλιογραφία δίδονται οι εξής τιμές για την ποιότητα των αποβλήτων: BOD<sub>5</sub>: 42 kg/τόνο ελαιοκάρπου ή 210 kg/τόνο ελαιόλαδου, και TSS: 65 kg/τόνο ελαιοκάρπου ή 325 kg/τόνο ελαιόλαδου (Economidou, 1993).

Για τα κλασσικά φυγοκεντρικά συστήματα (3 φάσεων), τα υγρά απόβλητα υπολογίζονται σε 1.4 m<sup>3</sup>/τόν. ελαιοκάρπου (Economidou, 1993) ή σε 7,5-8,2 m<sup>3</sup>/τόνο ελαιόλαδου (Economidou, 1993), λόγω χρησιμοποίησης μεγαλύτερης ποσότητας νερού στην κατεργασία. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση αυτή, το 10-11% των υγρών αποβλήτων προέρχεται από το στάδιο της πλύσης, το 84-85% από το στάδιο του φυγοκεντρικού διαχωρισμού και το 4-5% είναι υγρά απόβλητα απολάσπωσης. Στη βιβλιογραφία δίδονται οι εξής τιμές για την ποιότητα των αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία που χρησιμοποιούν φυγοκεντρικά συστήματα: BOD<sub>5</sub>: 19 kg/τόνο ελαιοκάρπου ή 95 kg/τόνο ελαιόλαδου, και TSS: 91 kg/τόνο ελαιοκάρπου ή 455 kg/τόνο ελαιόλαδου (Economidou, 1993).



Πίνακας 4 Ενδεικτικά ποιοτικά στοιχεία για τα απόβλητα των ελαιοτριβείων στην Ελλάδα (Economidou, 1993)

Παράμετρος	Μονάδες	Τιμές		
		Γενικά	Συγκρότημα	
			Κλασσικό (Πιεστήριο)	Φυγοκεντρικό
BOD <sub>5</sub>	mg/L	9.200 – 20.000	22.000 – 62.000	13.000 – 14.000
COD	mg/L	100.000 – 118.000	59.000 – 162.000	39.000 – 78.000
SS	mg/L	65.000		
pH		3 – 5	4,6 – 4,9	~5,2
Οξύτητα (σε ελαϊκά)	mg/L	34.000		

## 2.7 Κασίγαρος

Ο κασίγαρος συνίσταται από το υδατικό κλάσμα του χυμού του ελαιοκάρπου και από το νερό που χρησιμοποιείται στις διάφορες φάσεις παραγωγής του λαδιού στο ελαιουργείο. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα υδατικό φυτικό εκχύλισμα, που περιέχει μία σειρά από ουσίες όπως σάκχαρα, αζωτούχες ενώσεις, οργανικά οξέα, πολυαλκοόλες, πολυφαινόλες και υπολείμματα ελαίου. Η άμεση επίπτωση του κασίγαρου στο περιβάλλον είναι η αισθητική υποβάθμιση που προκαλεί και η οποία οφείλεται στην έντονη οσμή του και στο σκούρο χρώμα του. Παράλληλα, εξαιτίας του υψηλού οργανικού φορτίου που περιέχει, είναι πιθανόν να δημιουργήσει ευτροφικά φαινόμενα σε περιπτώσεις που καταλήγει σε αποδέκτες με μικρή επανακυκλοφορία νερών (κλειστούς θαλάσσιους κόλπους, λίμνες κ.τ.λ). Από τα συστατικά που περιέχονται στον κασίγαρο, οι πολυφαινόλες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι από τη μία πλευρά προσδίδουν στα απόβλητα τοξικές ιδιότητες έναντι των φυτών και αποδομούνται με βραδύ σχετικά ρυθμό από εξειδικευμένες ομάδες μικροοργανισμών, ενώ από την άλλη είναι υπεύθυνες για τη συντήρηση της ποιότητας του λαδιού στο χρόνο (χαμηλή οξύτητα) ως φυσικό συντηρητικό. Επειδή η παραγωγή του ελαιολάδου είναι μία φυσική διαδικασία, πρέπει να σημειωθεί ότι ο κασίγαρος δεν περιέχει άλλες ουσίες που είναι ιδιαίτερα τοξικές, όπως τα βαρέα μέταλλα και οι συνθετικές οργανικές ενώσεις.

## 2.8 Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ελαιουργείου

Στις μεσογειακές χώρες η συνολική ποσότητα παραγωγής υγρών αποβλήτων ξεπερνά τα 30 εκατομμύρια κυβικών μέτρων κάθε χρόνο. Στην Ελλάδα η συνολική παραγωγή υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων είναι περίπου 1.5 εκατομμύριο κυβικά μέτρα ετησίως, αφού υπάρχουν γύρω στα 2.500 ελαιοτριβεία σε ολόκληρη την Ελλάδα. Τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων αποτελούν πηγή ρύπανσης των εδαφών και των υδάτινων πόρων εξαιτίας του υψηλού οργανικού φορτίου που έχουν. Το οργανικό φορτίο αποτελείται από δύσκολες αλλά και εύκολα βιοδιασπώμενες ενώσεις. Τα περισσότερα ελαιουργεία, παραδοσιακά και τριφασικά έχουν δυναμικότητας 10-20 tn ελαιόκαρπου ανά ημέρα. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια να προκύπτουν ημερησίως 8 m<sup>3</sup> και 15 m<sup>3</sup> αντιστοίχως υγρά απόβλητα την ημέρα. Τ

α υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Έντονο σκούρο καφέ έως σχεδόν μαύρο χρώμα
- Έντονο χαρακτηριστικό άρωμα
- Υψηλό οργανικό φορτίο, όπου μέρος αυτού είναι δύσκολα αποικοδομήσιμο με την αναλογία COD/BOD<sub>5</sub> να κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 5
- pH που κυμαίνεται από 3 έως 6 (ελαφρώς όξινο)
- Υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Υψηλό περιεχόμενο σε πολυφαινόλες
- Υψηλό περιεχόμενο σε στερεή ύλη

Τα υγρά απόβλητα του ελαιοτριβείου ανήκουν στη κατηγορία των γεωργικών αποβλήτων. Επηρεάζονται από κάποιους παράγοντες για αυτό το λόγο υπάρχει ένα εύρος των τιμών των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τη σύσταση του κατσίγαρου:

- Ποικιλία των ελιών
- Ηλικία ωρίμανσης των καρπών των ελαιόδεντρων
- Κλιματολογικές συνθήκες
- Τύπο του εδάφους
- Τύπο της τεχνολογίας παραγωγής και τρόπος διαχωρισμού ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη.
- Χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων

- Χρόνο συγκομιδής και αποθήκευσης πριν την επεξεργασία.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων και το εύρος τιμών τους παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

*Πίνακας 5 Γενικά χαρακτηριστικά αποβλήτων ελαιολιτριβείων*

Παράμετροι	Τιμές
PH	4.5 - 6
EC <sub>25</sub> (dS/m)	8 - 22
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	35.000 – 100.000
COD (mg/l)	40.000 – 195.000
Lipids (mg/l)	300 – 23.000
Organic matter (g /l)	40 - 165
Mineral matter (g/l)	5 - 14
Polyphenols (mg/l)	3.000 – 24.000
N (g/l)	5 - 15
P (g/l)	0.3 – 1.1
K (g/l)	2.7 – 7.2
Ca (g/l)	0.12 – 0.75
Mg (g/l)	0.10 – 0.40
Na (g/l)	0.04 – 0.90
Solids (%)	5.5 – 17.6

Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων

Παράμετρος	Μονάδες	Κλασσικό ελαιουργείο	Φυγοκεντρικό ελαιουργείο
pH		4.5-5	4.7-5.2
BOD	g/l	90-100	35-48
COD	g/l	120-130	45-60
Στερεά αιωρούμενα	%	0.1	0.9
Στερεά ολικά	%	12	6
Στερεά οργανικά	%	10.5	3.5
Στερεά ανόργανα	%	1.5	0.5
Οργανική ουσία			
Ολικά σάκχαρα	%	5	1
Αζωτούχες ουσίες	%	1.2	0.28
Οργανικά οξέα	%	0.7	0.3
Πολυαλκοόλες	%	1.8	1.1
Πολυπηκτίνες τανίνες	%	1	1.37
Πολυφαινόλες	%	1	1.37
Ανόργανα στοιχεία			
P	ppm	500	96
K	ppm	3000	1200
Ca	ppm	350	120
Mg	ppm	200	48
Na	ppm	450	245
Fe	ppm	35	16

Η σύνθεση του υγρού αποβλήτου των ελαιοτριβείων αποτελείται από 83-94% νερό, 4-16% οργανική ύλη (πηκτίνες, λιπίδια, πρωτεΐνες, πολυαλκοόλες, πολυσακχαρίδια, οργανικά οξέα, αλκοόλες, αλδεΐδες, οργανικά μόρια χαμηλού μοριακού βάρους) και 0,4-2,5% ανόργανη ύλη που βρίσκεται υπό μορφή ανόργανων αλάτων (άλατα του ανθρακικού οξέος, φωσφορικά άλατα, ιόντα νατρίου, καλίου, ασβεστίου, σιδήρου, χαλκού, μαγνησίου, μαγγανίου, ψευδαργύρου και χλωρίου). Το πιο σημαντικό μέρος του οργανικού κλάσματος από ποσοτικής απόψεως, καταλαμβάνουν τα

σάκχαρα, ενώ οι πολυφαινόλες και οι λιπαρές ουσίες, μολονότι υποδεέστερες ποσοτικά, από ποιοτικής απόψεως είναι τα πιο σημαντικά συστατικά, διότι σε αυτά οφείλονται οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Οι φαινολικές ενώσεις είναι ευρέως διαδεδομένες στα φυτικά προϊόντα και περιλαμβάνουν, απλές φαινόλες, φαινολικά οξέα, φαινυλο-αλκοόλες και φλαβονοειδή .

Οι οργανικές ουσίες των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων μπορούν να διαχωριστούν σε ενώσεις:

1. εύκολης και άμεσης αφομοίωσης από οργανισμούς, όπως σάκχαρα, οργανικά οξέα, αμινοξέα
2. πολυμερή ή βιοαποικοδομήσιμα, όπως πρωτεΐνες, ημικυταρρίνες, πηκτίνες
3. δύσκολα διασπώμενα συστατικά όπως φαινόλες, τανίνες μεγαλομοριακές λιπαρές ουσίες.

Το COD των αποβλήτων του φυγοκεντρικού ελαιοτριβείου έχει μικρότερη τιμή από το κλασικό, λόγω της αραιώσης του με μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Τα παραδοσιακά ελαιοτριβεία παράγουν περίπου 400 lt υγρών αποβλήτων ανά τόνο ελαιοκάρπου, ενώ τα φυγοκεντρικά 1000 lt υγρών αποβλήτων ανά τόνο ελαιοκάρπου, λόγω της μεγάλης χρησιμοποίησης νερού κατά την εξαγωγή του ελαιόλαδου.

## 2.9 Χρώμα υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι το έντονο σκούρο χρώμα. Αυτό το χρώμα οφείλεται στη παρουσία τανινών που περιέχονται στο φλοιό του ελαιοκάρπου και στα φαινολικά μόρια, που βρίσκονται σε αναλογία απλών φαινολικών ενώσεων και πολυφαινολών οι οποίες αποτελούν σκουρόχρωμες ενώσεις. Το απόβλητο γίνεται πιο σκούρο κατά την αποθήκευσή του στις εξατμισοδεξαμενές εξαιτίας των αντιδράσεων οξείδωση και πολυμερισμού των πολυφαινολών που λαμβάνουν χώρα. Για το σκούρο χρώμα οφείλεται ένα πολυμερές μόριο που προκύπτει από διάφορες απλές φαινολικές ενώσεις. Το μόριο αυτό έχει συνδεθεί χημικά με τη λιγνίνη και τα χουμικά οξέα. Ίσως παράγεται κατά την ενζυμική αφυδρογόνωση κατά τον πολυμερισμό φαινολών

## 2.10 Φυτοτοξικότητα υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων

Οι φυτοτοξικές ιδιότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων οφείλονται σε φαινολικές ενώσεις, πτητικά, οργανικά οξέα (οξικό οξύ και φορμικό οξύ), πολυαλκοόλες και άλλα μόρια. Με αυτόν το τρόπο ο κασίγαρος επηρεάζει τηνορμονική λειτουργία των φυτών, νεκρώνει τα νεαρά σποριόφυτα, αποκόπτει τα φύλλα και τους καρπούς, εμποδίζει την ανάπτυξη των σπόρων και των νέων φυτών ιδιαίτερα τα ποώδη φυτά. Όταν όλα τα προηγούμενα συστατικά βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις, δηλαδή να γίνει απευθείας διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τότε επηρεάζουν αρνητικά ιδιαίτερα τα φυτά που βρίσκονται σε βλαστικό στάδιο. Η διάθεση του κασίγαρου σε καλλιέργειες αγρωστωδών, υπό επεξεργασμένο και ελεγχόμενο τρόπο, δηλαδή σε χαμηλές συγκεντρώσεις, δεν προκαλούν κίνδυνο φυτοτοξικότητας, δεν υπάρχει αρνητική επίδραση στην βλαστικότητα και στη φυσιολογική πρόωμη ανάπτυξη των φυτών. Οι κατάλληλες δόσεις κασίγαρου κυμαίνονται από 40 έως 80 m<sup>3</sup>/ha. Επίσης, οι αρνητικές επιδράσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στα φυτά μετά από άρδευση, οφείλονται στην υψηλή αγωγιμότητα, το χαμηλό pH, και την τοξικότητα ορισμένων ιόντων που περιέχουν. Έρευνα για δοκιμή φυτοτοξικότητας σε ντομάτα και κολοκυθιάς, έδειξε ότι τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων παρέμειναν φυτοτοξικά, ακόμη και μετά την ολική απομάκρυνση των πολυφαινολών τους. Οπότε και άλλες οργανικές ή ανόργανες ενώσεις θα συμμετείχαν στην φυτοτοξικότητα των αποβλήτων στα φυτά.

## 2.12 Διαχείριση υγρών λυμάτων ελαιοτριβείου

Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων κατατάσσονται στα πολύ τοξικά γεωργοβιομηχανικά απόβλητα, λόγω του υψηλού ρυπαντικού τους φορτίου. Η ρύπανση που προκαλείται στο έδαφος και η επιβάρυνση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στις ελαιοπαραγωγές περιοχές της Μεσογείου είναι αρκετά μεγάλη. Η διοχέτευση των αποβλήτων γίνεται σε διάφορους αποδέκτες όπως τα ρεύματα, οι χείμαροι, οι λίμνες, η θάλασσα και τέλος το έδαφος. Γενικά:

- το 58% περίπου των λυμάτων διοχετεύεται σε ρεύματα, τα οποία συνήθως καταλήγουν σε υπόγεια ύδατα
- το 20% διοχετεύεται στο έδαφος
- το 12% διοχετεύεται στη θάλασσα και στα ποτάμια

- το 10% διοχετεύεται σε βυτία, δεξαμενές εξάτμισης κ.α.

Τα απόβλητα των ελαιουργείων διαταράσσουν την βιολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων στα οποία καταλήγουν και έχουν δυσμενής επιπτώσεις σε πολλά καλλιεργούμενα φυτά, υποβαθμίζοντας παράλληλα και το περιβάλλον. Ακόμα μολύνουν τα υπόγεια νερά και διακυβεύουν την καταλληλότητα του πόσιμου νερού. Τα προβλήματα αυτά δεν συγκρίνονται σε έκταση, ένταση και διάρκεια με εκείνα των αποβλήτων της βαριάς βιομηχανίας και των πετρελαιοειδών, αλλά δεν παύουν να είναι σοβαρά. Η επεξεργασία και διάθεση των ελαιουργικών αποβλήτων είναι ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα και έχουν σχέση τόσο με την σύνθεση τους, όσο και με την τεχνολογική και τεχνοοικονομική μορφή της ελαιουργικής βιομηχανίας. Τα αίτια που συνθέτουν το πρόβλημα των αποβλήτων των ελαιουργείων εντοπίζεται :

- στο μεγάλο αριθμό και μεγάλη διασπορά των ελαιουργείων,
- στο μεγάλο όγκο των αποβλήτων (ένα μέσης δυναμικότητας ελαιουργείο παράγει κατά μέσο όρο 50.000 κυβικά μέτρα υγρά απόβλητα στη διάρκεια μιας ελαιοκομικής περιόδου),
- στο πολύ υψηλό οργανικό φορτίο και κατά συνέπεια στις αυξημένες τιμές των BOD<sub>5</sub> (Biological Oxygen Demand) και COD (Chemical Oxygen Demand). Το BOD<sub>5</sub> των αποβλήτων των ελαιουργείων είναι περίπου 100 φορές υψηλότερο από το αντίστοιχο BOD<sub>5</sub> των αστικών λημμάτων το οποίο κυμαίνεται από 300 – 400 mg/l
- στον όξινο χαρακτήρα τους
- στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε ορισμένες χρωστικές (π.χ. χλωροφύλλες, φαιοφυτίνες) οι οποίες διασπώνται πολύ δύσκολα,
- στις τοξικές επιπτώσεις τους, τόσο στα φυτά όσο και στην υδρόβια πανίδα.

### 2.13 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων

Το ζήτημα της ανεξέλεγκτης διάθεσης υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων στο περιβάλλον είναι ένα μείζον οικολογικό πρόβλημα για τις ελαιοπαραγωγικές περιοχές. Αυτό οφείλεται στις περιεχόμενες τοξικές οργανικές ουσίες, το όξινο pH και τις υψηλές τιμές COD και BOD. Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές περιβαλλοντικές βλάβες ή υποβάθμιση. Αυτές γενικά περιλαμβάνουν τη ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και

την αλλοίωση του χρώματος και των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών, τα φαινόμενα ευτροφισμού, την τοξικότητα για τους υδροβίους οργανισμούς, την αλλοίωση των εδαφών, τη φυτοτοξικότητα και την έντονη ενόχληση της όσφρησης. Οι μεγάλη παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων στο σύντομο χρονικό διάστημα της ελαιοκομικής περιόδου, επιδεινώνει το πρόβλημα. Παρακάτω θα δούμε τις επιπτώσεις που έχουν τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων στο έδαφος, τα ύδατα, τα φυτά και την ατμόσφαιρα.

### 2.13.1 Επιπτώσεις στο έδαφος

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων φαίνεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο έδαφος. Είναι αποτέλεσμα σύνθετων επιδράσεων που εξαρτώνται από τις σχετικές ποσότητες ευεργετικών και τοξικών οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Η επίδρασή τους στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους αφορά στη μείωση του πορώδους του εδάφους και τη βλάβη της δομής του από μεγάλες διατιθέμετες ποσότητες ΥΑΕ.. Επίσης, βοηθούν στη συσσωμάτωση των εδαφικών κόκκων εξαιτίας της συνδετικής δράσης κάποιων οργανικών ουσιών και η δράση αυτή παραμένει για κάποιους μήνες ως την μείωση των οργανικών αυτών ουσιών. Η δράση αυτή φαίνεται να βοηθάει στη σταθεροποίηση των εδαφών, την αποφυγή της διάβρωσης και την καλύτερη οξυγόνωση των εδαφών με την αποτροπή της δημιουργίας μιας επιφανειακής κρούστας στο έδαφος λόγω της απορρόφησης του νερού της βροχής. Αυτό έχει ως συνέπεια την καλύτερη ανάπτυξη των ριζών των φυτών και των μικροοργανισμών του εδάφους (Niaounakis and Halvadakis, 2006). Από την άλλη πλευρά όμως, έχουν ουσίες που προσδίδουν υδροφοβικές ιδιότητες στο έδαφος με αποτέλεσμα τα μειώνουν την κατακράτηση και τη διήθηση του νερού (Dermeche et al, 2013).

Τα οργανικά συστατικά των υγρών αποβλήτων βιοαποδομούνται από μικροοργανισμούς του εδάφους και παράγουν πτητικές ενώσεις με έντονη οσμή και πιθανόν παθογενείς. Οι φαινόλες που περιέχονται είναι ύποπτες για φυτοτοξική δράση και η βιομετατροπή τους δημιουργεί χουμικό οξύ. Όσον αφορά την επίδραση στην οξύτητα του εδάφους δε φαίνεται να έχουν σημαντική επίδραση σε μέτριες δόσεις, σε αλκαλικά εδάφη μπορεί να έχουν ευεργετική δράση, αλλά σε όξινα προκαλούν μια μη σημαντική αύξηση της οξύτητας. Τέλος, όσον αφορά την αλατότητα αυτή δεν επηρεάζεται από μικρές ποσότητες, αλλά από μεγαλύτερες παρουσιάζει μια όχι ιδιαίτερα σημαντική αύξηση (Niaounakis and Halvadakis, 2006). Αλλαγές παρατηρούνται και στην ανταλλαγή κατιόντων K, Na και Mg, ειδικά K. Η αύξηση της ποσότητας αυτών των κατιόντων



έχει θετική επίδραση στη γονιμότητα του εδάφους αλλά η αντικατάσταση του ασβεστίου του εδάφους από αυτά τα κατιόντα μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση της δομής του και τη δημιουργία αλατούχων εδαφών. Το υπόλειμμα των αποβλήτων στο έδαφος έχει χαμηλή ποσότητα N, που είναι χαρακτηριστικό των αποβλήτων με χαμηλό ρυθμό αποσύνθεσης, με αποτέλεσμα την αύξηση της αναλογίας C/N (Paredes et al, 1987). Δεν υπάρχει σαφής εικόνα για την επίδραση στους μικροοργανισμούς του εδάφους, οπότε αυτή εξάγεται ως συμπέρασμα από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του.

Μελέτες σχετικά με τα χαρακτηριστικά και την υποβάθμιση ή μη του εδάφους στους χώρους διάθεσης υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων χωρίς κάποια προστασία ή προεπεξεργασία των αποβλήτων έχουν διεξαχθεί διάφορες και εδώ παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα δύο εξ αυτών. Η ανεξέλεγκτη και μαζική διάθεση ΥΑΕ δημιουργεί ένα παχύ στρώμα από το οργανικό υλικό. Η χρήση ασβεστολιθικών εδαφών ως μέσο για τη διάθεση των ΥΑΕ οδηγεί στην εξουδετέρωση του pH των αποβλήτων κατά τη διέλευση τους μέσω του εδάφους. Η οξύτητα των ΥΑΕ εξουδετερώνεται από την αλκαλικότητα του εδάφους. Ταυτόχρονα υπάρχει ένας εμπλουτισμός των θρεπτικών ουσιών μιας και μπορεί να ανιχνευθεί οργανική ύλη, άζωτο, φώσφορος και κάλιο. Ο εμπλουτισμός αυτός μειώνεται σε βαθύτερα στρώματα λόγω της συγκράτησης των ουσιών από το έδαφος. Αλλαγές στην ηλεκτρική αγωγιμότητα και στο περιεχόμενο των φαινολικών ενώσεων παρατηρείται ως τα 110-125cm όπου η ροή περιορίζεται από βραχώδες υπόβαθρο. Η βιολογική δραστηριότητα στο στρώμα του οργανικού υλικού είναι αυξημένη ενώ αντίστοιχα στο στρώμα που δεν υπάρχει οργανική ύλη είναι μειωμένη λόγω της ύπαρξης φαινολικών ενώσεων. Δύο χρόνια μετά την αφαίρεση των αποβλήτων τα υπολείμματα της ρύπανσης στα ανώτερα 40cm του εδάφους είναι ακόμη σημαντικά (Sierra et al, 2001). Η ανάλυση του εδάφους έδειξε πως έπειτα από τρία χρόνια εφαρμογής ΥΑΕ δεν υπήρξαν σημαντικές μεταβολές στο pH, Na, P, ηλεκτρικής αγωγιμότητας και οργανικής ύλης μεταξύ του ρυπασμένου εδάφους και του εδάφους ελέγχου. Εκτός του χαμηλού pH και της υψηλής αγωγιμότητας, στις αντίστοιχες ιδιότητες δε φάνηκαν ουσιαστικές διαφορές, πράγμα που δείχνει πως η ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους θα μπορούσε να αντισταθμίσει τις αρνητικές επιπτώσεις. Οι μόνες σημαντικές αλλαγές στη σύνθεση του εδάφους που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ήταν η αύξηση του K του εδάφους και το συνολικό ποσό των φαινολών. Η αύξηση στο έδαφος του K μπορεί να αυξήσει τη γονιμότητα του εδάφους και τη μείωση της χρήσης των χημικών λιπασμάτων. Αν και η συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων στο

έδαφος αυξήθηκε σύντομα μετά την εφαρμογή των ΥΑΕ η συγκέντρωσή τους μειώνεται και φτάνει σε χαμηλά επίπεδα το Νοέμβριο πριν την επακόλουθη νέα εφαρμογή. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται σε αποσύνθεσή τους ή την ενσωμάτωσή τους στο χουμικό κλάσμα της οργανικής ύλης που υπάρχει στο έδαφος. Σχετικά με τους μικροοργανισμούς του εδάφους, αναφέρεται πως έχει παρατηρηθεί αύξηση της δραστηριότητάς τους σε εδάφη ρυπασμένα με ΥΑΕ και αυτό μάλλον οφείλεται στη διαδικασία αποικοδόμησης του οργανικού τους μέρους. Τέλος δε φαίνεται να βρέθηκε κάποια συσχέτιση μεταξύ των φαινολικών ενώσεων και της μικροχλωρίδας του εδάφους (K. Chartzoulakis et al, 2010). Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων τα οποία έχουν υποστεί αρχικά αερόβια βιολογική επεξεργασία, φυγοκέντρηση και στη συνέχεια αναερόβια χώνευση, διασκορπίστηκαν στο έδαφος και μελετήθηκαν οι επιδράσεις τους σε σχέση με ανεπεξέργαστα απόβλητα. Το συμπέρασμα ήταν πως τα επεξεργασμένα απόβλητα εμφάνιζαν σημαντική μείωση φαινολών άρα και της τοξικότητάς τους και ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εδαφοβελτιωτικό λόγω υψηλών συγκεντρώσεων σε ανόργανα και οργανικά συστατικά και νερό (Mekki et al, 2009). Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορούμε να πούμε πως τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων μετά από κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να αποτελέσουν υλικό που μπορεί να δράσει ως εδαφοβελτιωτικό. Η προεπεξεργασία αφορά στην εξουδετέρωση τοξικών ουσιών που περιέχουν, φαινολικών ενώσεων κ.ά.. Ταυτόχρονα όμως περιέχουν σημαντική οργανική ύλη και θρεπτικά συστατικά για το έδαφος, ενώ βελτιώνουν και κάποιες ιδιότητές του όπως αναφέρθηκε πιο πάνω οι οποίες αυτές βελτιώσεις φαίνονται αρκετά σημαντικές. Καταλήγουμε λοιπόν, πως θα πρέπει να ξαναρίξουμε μια ματιά στις εναλλακτικές χρήσης του κατσίγαρου μόνου του ή σε συνδυασμό με άλλα υλικά -κατά προτίμηση οργανικών υποπροϊόντων της ελαιουργίας- ως εδαφοβελτιωτικού (ένα υλικό το οποίο πιθανότατα να έχει και εμπορική αξία). Προς αυτή την κατεύθυνση φαίνεται να είναι και η νέα οδηγία του Υπουργείου Περιβάλλοντος για τη φερτάρδευση του κατσίγαρου, μέθοδο την οποία θα αναλύσουμε στα επόμενα.

### 2.13.2 Επιπτώσεις στα ύδατα

Το σοβαρότερο πρόβλημα που δημιουργείται από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι η ανεξέλεγκτη διάθεσή τους σε υδάτινους αποδέκτες όπως ποτάμια, λίμνες και θάλασσα στα οποία προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις. Πολλά ελαιοτριβεία συνεχίζουν αυτή την πρακτική σε αντίθεση με την νομοθεσία που πρακτικά την απαγορεύει. Ο μεγάλος αριθμός ελαιοτριβείων και η

ταυτόχρονη μεγάλη χωρική τους διασπορά επιδεινώνει ακόμα περισσότερο το πρόβλημα. Είναι αρκετά συνηθισμένη εικόνα τα ποτάμια να είναι εξαιρετικά ρυπασμένα από τον κατσίγαρο κατά τη διάρκεια της περιόδου που λειτουργούν τα ελαιοτριβεία. Ένα ακόμη στοιχείο που δείχνει τη σοβαρότητα του προβλήματος είναι και οι ποσότητες υγρών αποβλήτων που παράγει κάθε μεμονωμένο ελαιοτριβείο, αρκεί να υπενθυμιστεί πως ένα μέσης δυναμικότητας ελαιοτριβείο παράγει περίπου 50m<sup>3</sup> κατσίγαρου ημερησίως. Η νομοθετική ρύθμιση του προβλήματος ξεκίνησε από την Ισπανία το 1982 όπου ένας νόμος απαγόρευσε τη διάθεση των αποβλήτων σε ποταμούς και ακολουθήθηκε και από άλλες χώρες που θέσπισαν παρόμοια νομοθεσία. Παρ' όλους τους υπάρχοντες νόμους και κανονισμούς υπάρχει ακόμη ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων απευθείας στα φυσικά νερά, στη θάλασσα ή ακόμη και στο αποχετευτικό σύστημα. Η πλέον εμφανής επίπτωση της ρύπανσης των υδάτων είναι η αλλοίωση του χρώματός τους. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην οξειδωση και τον πολυμερισμό των ταννινών που δίνουν σκουρόχρωμες πολυφαινόλες.

Τα απόβλητα περιέχουν επίσης μια σημαντική ποσότητα τροποποιημένων σακχάρων. Όταν αυτά διατίθενται απευθείας στα ύδατα προκαλούν αύξηση του αριθμού των μικροοργανισμών με συνέπεια τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου του νερού που είναι διαθέσιμο και για τους υπόλοιπους ζωντανούς μικροοργανισμούς. Αυτή η διαδικασία μπορεί να προκαλέσει ανισορροπία σε ολόκληρο το υδατικό οικοσύστημα. Η ίδια εξέλιξη μπορεί να υπάρχει και λόγω της μεγάλης ποσότητας φωσφόρου που περιέχεται στα απόβλητα. Ο φώσφορος ευνοεί και επιταχύνει την ανάπτυξη φυκών και αυξάνει τις πιθανότητες ευτροφισμού. Σε αντίθεση με το άζωτο και τις ανθρακικές ουσίες που διαφεύγουν μετά από αποικοδόμηση σαν διοξείδιο του άνθρακα και οξυγόνο, ο φώσφορος δε μπορεί να αποικοδομηθεί, παρά μόνο να εναποτεθεί. Η παρουσία μεγάλης ποσότητας θρεπτικών συστατικών στον κατσίγαρο αποτελεί ένα ιδανικό μέσο για την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών οι οποίοι μολύνουν τα νερά με οξείες επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς ή ακόμη και τους ανθρώπους που μπορεί να έρθουν σε επαφή με το νερό. Σαν αποτέλεσμα, οι φυσικές διαδικασίες απολύμανσης των υδάτων παρεμποδίζονται. Σχετικά μικρές ποσότητες κατσίγαρου στα δίκτυα αποχέτευσης έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μιας και 1m<sup>3</sup> κατσίγαρου αντιστοιχεί σε 100-200m<sup>3</sup> αστικών λυμάτων. Αυτό μπορεί να έχει εξαιρετικά άσχημα αποτελέσματα αν λάβουμε υπ' όψιν πως σε ορισμένες περιοχές κατά τη διάρκεια της ελαιουργικής περιόδου το φορτίο του κατσίγαρου σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας μπορεί να είναι ως και δέκα φορές μεγαλύτερο από το φορτίο

των αστικών λυμάτων. Επίσης, εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης οργανικών οξέων (κυρίως πτητικά λιπαρά οξέα), τα απόβλητα είναι διαβρωτικά για τους σωλήνες αποχέτευσης. (Niaounakis and Halvadakis, 2006).

Μια επιπλέον επίδραση του κατσίγαρου είναι πως οι λιπαρές ουσίες που περιέχει διαμορφώνουν ένα αδιαπέρατο από το φως και τον αέρα στρώμα στην επιφάνεια του νερού με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η φυσιολογική ανάπτυξη των υδρόβιων φυτών (Karrellakis et al, 2005). Όσον αφορά τη ρύπανση του υπόγειου νερού, είναι και αυτή υπαρκτή αν ο κατσίγαρος έρθει σε επαφή με το έδαφος και το διαπεράσει προχωρώντας ως το υπόγειο νερό. Σε μια μεγάλη σχετικά χρονική κλίμακα τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων που ρυπαίνουν το έδαφος μπορεί να επηρεάσουν την ικανότητα διήθησης του εδάφους και να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στο υπόγειο νερό (Zenjari and Nejmeddine, 2001). Με βάση όσα έχουν αναφερθεί προηγούμενα εκτιμάται πως οι πολυφαινόλες μπορεί να ρυπάνουν το υπόγειο νερό, ειδικά την περίοδο αιχμής που λειτουργούν τα ελαιοτριβεία και υπάρχει υψηλό φορτίο ρύπανσης του εδάφους με ΥΑΕ. Όσον αφορά τις επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στους μικροοργανισμούς στο θαλάσσιο περιβάλλον, έχει δειχθεί πως η άμεση διάθεση ΥΑΕ στη θάλασσα μπορεί να προκαλέσει παθολογικές μεταβολές στους θαλάσσιους οργανισμούς.(Danellakis et al, 2011). Στους οργανισμούς σε γλυκά νερά, ανθεκτικότερα απέναντι στη ρύπανση από ΥΑΕ και ειδικά στην τοξικότητα των φαινολικών τους ενώσεων, αποδείχθηκαν τα δακτυλιοειδή και τα μαλάκια ενώ τα καρκινοειδή και τα ψάρια πιο ευαίσθητα από τα προηγούμενα (Ντόλια, 2006). Μια επιπλέον πηγή ρύπανσης από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι οι δεξαμενές εξάτμισης, οι οποίες σπάνια ανταποκρίνονται σε κάποια κατασκευαστικά πρότυπα ή απαιτήσεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα απόβλητα είτε να εκχειλίζουν τη δεξαμενή είτε να περνάνε στο έδαφος αν η βάση της δεξαμενής είναι διαπερατή. Εξαιτίας αυτού η πιθανότητα ρύπανσης του εδάφους και του υπόγειου νερού θεωρείται υψηλή (Doula et al, 2009).

### 2.13.3 Επιπτώσεις στα φυτά

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων παρεμποδίζουν τη βλάστηση διαφόρων σπόρων και την ανάπτυξη νέων φυτών από διάφορα είδη. Έχει αναφερθεί πως η άμεση εφαρμογή αποβλήτων σε φυτά προκαλεί απόρριψη φύλλων και καρπών. Η φυτοτοξικότητα των αποβλήτων έχει αποδοθεί από αρκετούς συγγραφείς στο φαινολικό περιεχόμενο των αποβλήτων και σε μερικά οξέα όπως

το οξικό και το μυρμηκικό, τα οποία παράγονται μαζί με άλλους μικροβιακούς μεταβολίτες κατά την αποθήκευση των αποβλήτων. Επίσης αρνητικές επιπτώσεις στα φυτά μπορεί να οφείλονται πέρα από τις φαινόλες στην αλατότητα, την οξύτητα, άλλες βιοαποδομήσιμες τοξικές ουσίες και την έλλειψη νιτρικού αζώτου. Συνήθως οι μετρήσεις της τοξικότητας του κατσίγαρου εκτιμώνται σε φυτά όπως οι ντομάτες, ο αραβόσιτος και η σίκαλη, επειδή είναι ευαίσθητα στην τοξικότητα και έχουν μικρό κύκλο ζωής (Niaounakis and Halvadakis, 2006).

Όσον αφορά τα ελαιόδενδρα ο κατσίγαρος δε φαίνεται να τα επηρεάζει σημαντικά. Εφαρμογή ανεπεξέργαστου αποβλήτου μείωσε λίγο τη φωτοσύνθεση των δένδρων, αλλά επεξεργασμένο απόβλητο προκάλεσε μικρότερη μείωση της φωτοσύνθεσης. Επίσης δε φαίνεται να επηρεάζεται και η απόδοση των δένδρων που δέχθηκαν απόβλητα. Δεν επηρεάστηκαν τα στοιχεία N, Ca, Mg, N, P των φύλλων ούτε εμφανίστηκε αύξηση του K. Γενικά δεν εμφάνισαν τα φυτά σημεία τοξικής επίδρασης. Ανεπηρέαστη από τα απόβλητα έμεινε και η απόδοση σε καρπό, η περιεκτικότητα του καρπού σε λάδι και το περιεχόμενο K. (Chartzoulakis et al, 2010).

#### 2.13.4 Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα

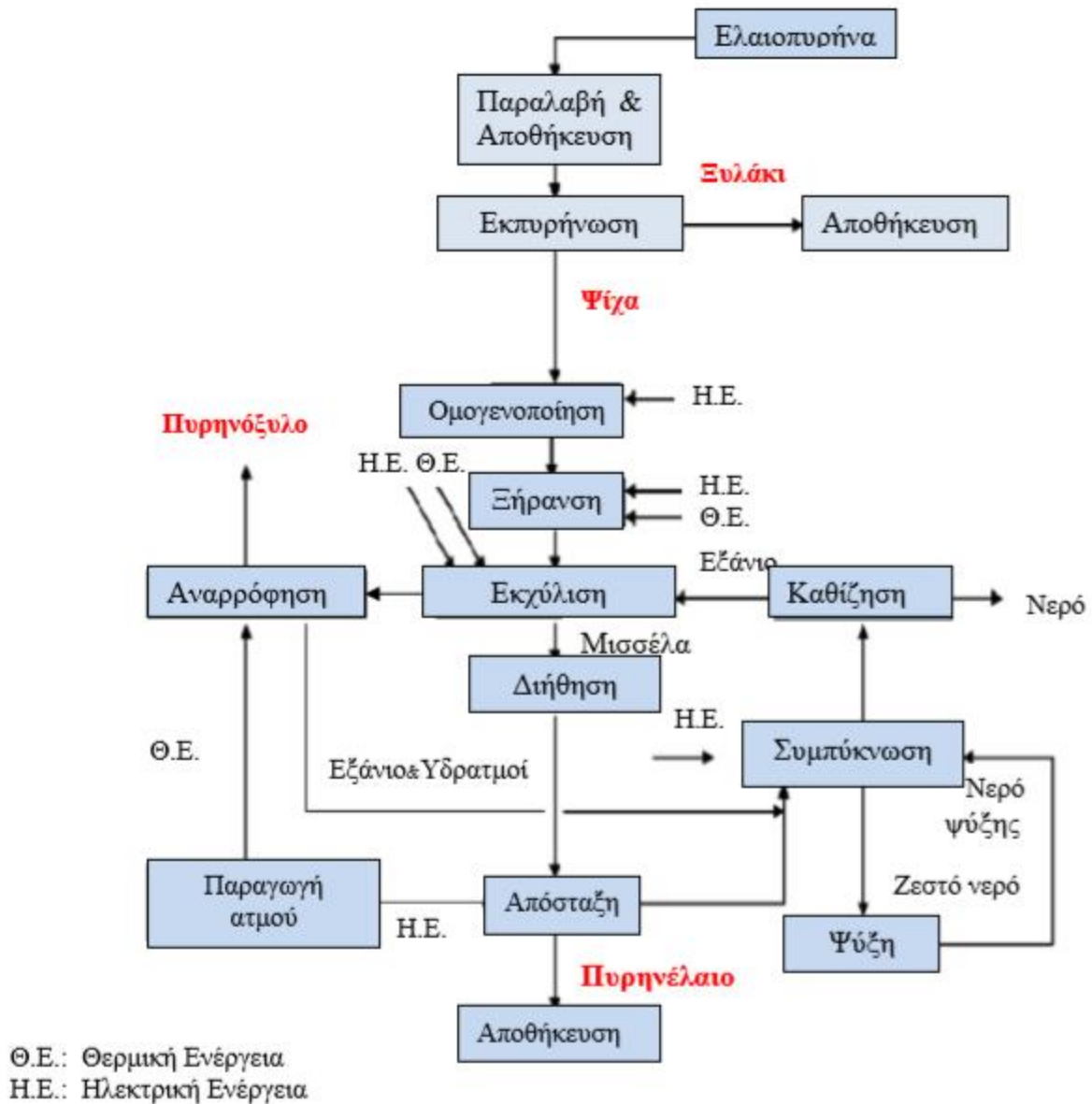
Στις περιπτώσεις όπου τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων αποθηκεύονται σε ανοικτές δεξαμενές, διασκορπίζονται στο έδαφος ή διατίθενται σε επιφανειακά νερά, λαμβάνουν χώρα φαινόμενα ζύμωσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεθάνιο και άλλα αέρια όπως το υδρόθειο να εκλύονται από τις δεξαμενές, το έδαφος και τα νερά και να παράγουν δυσάρεστες οσμές που απελευθερώνονται στον αέρα. Επίσης πολλά από τα πτητικά οργανικά οξέα και άλλες οργανικές ουσίες χαμηλού σημείου ζέσης δημιουργούν χαρακτηριστικές οσμές που γίνονται αντιληπτές περίξ των ελαιοτριβείων. Όλα αυτά τα φαινόμενα οδηγούν σε αξιοσημείωτη ρύπανση και οι οσμές είναι αντιληπτές ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις κατά την περίοδο της παραγωγής ελαιολάδου (Niaounakis and Halvadakis, 2006). Στην Ιταλία το 2000-2001 έλαβε χώρα μελέτη όπου μετρήθηκαν οι εκπομπές στην ατμόσφαιρα πτητικών συστατικών των ΥΑΕ σε πρωινές και απογευματινές ώρες από απόβλητα διασκορπισμένα σε αγροτική γη. Βρέθηκε πως μόνο δυο ουσίες, οι φαινόλες και το διοξείδιο του θείου μπορούν να μετρηθούν με σχετική ακρίβεια. Οι εκπομπές ήταν μέγιστες κατά τη διάρκεια των πιο θερμών ωρών της ημέρας και ελάχιστες κατά τις απογευματινές ώρες. Το κλάσμα των ουσιών που εξατμίστηκαν ήταν λιγότερο από 1% από τη συνολική ποσότητα που διασκορπίστηκε στο έδαφος, αθροιστικά για τις φαινόλες και το διοξείδιο

του θείου. Παρ' όλ' αυτά παραμένει εν δυνάμει επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Συμπερασματικά αναφέρεται πως οι εκπομπές μπορούν να μειωθούν σημαντικά αν τα απόβλητα διασκορπίζονται το απόγευμα και ο αριθμός των ανθρώπων σε κίνδυνο μειώνεται από 140.000 σε 74.000 (Rana et al, 2003).

### 3 Επεξεργασία του στερεού υπολείμματος των ελαιοτριβείων στα πυρηνελαιουργεία

Για τη διεξαγωγή της παρούσας διπλωματικής εργασίας εξετάζονται και αναλύονται οι μέθοδοι διαχείρισης των στερεών αποβλήτων των ελαιοουργείων, οι οποίες εφαρμόζονται σήμερα και αφορούν στη διαχείριση αυτών σε κεντρικό επίπεδο, π.χ. σε επίπεδο νομού ή περιφέρειας. Με τον ορισμό αυτό, ως κεντρικές μονάδες επεξεργασίας στερεών αποβλήτων ελαιοτριβείων νοούνται τα πυρηνελαιουργεία και οι μονάδες διαχείρισης διφασικής ελαιοπυρήνας.

Οι εφαρμοζόμενες τεχνικές ανάκτησης του περιεχόμενου ελαιολάδου της ελαιοπυρήνας ποικίλλουν στα διάφορα πυρηνελαιουργεία. Στο ακόλουθο διάγραμμα ροής, απεικονίζονται τα κύρια στάδια επεξεργασίας ενός πυρηνελαιουργείου [ΑΕΑ 2007]



Εικόνα 6 Διάγραμμα ροής πυρηνελαιουργείου [ΑΕΑ, 2007]

### 3.1 Ποσότητες και χαρακτηριστικά στερεού υπολείμματος

Η επεξεργασία του ελαιοκαρπού στα ελαιοτριβεία δίνει σε μεγάλες ποσότητες στερεό παραπροϊόν το οποίο περιέχει την επιδερμίδα, την ψύχα και τον πυρήνα της ελιάς. Ο ελαιοπυρήνας διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του ελαιοτριβείου. Μας ενδιαφέρουν κύρια ο ελαιοπυρήνας που προκύπτει από τα τριφασικά ελαιοτριβεία και ο διφασικός ή υγρός ελαιοπυρήνας που προκύπτει από τα



διφασικά ελαιοτριβεία. Τόσο στον ελαιοπυρήνα όσο και στον υγρό ελαιοπυρήνα, περιέχεται σε κάποιο ποσοστό έλαιο το οποίο δεν μπορεί να αποληφθεί με τις μεθόδους των ελαιοτριβείων, έτσι η επεξεργασία γίνεται από τα πυρηνελαιουργεία με σκοπό την απόληψη αυτού του ελαίου που ονομάζουμε πυρηνέλαιο.

Ο ελαιοπυρήνας εμφανίζει σχετικά χαμηλές υγρασίες, στη βιβλιογραφία οι τιμές που δίνονται είναι 45-55% (Ντόλια), 50% για τα παλαιού τύπου τριφασικά συστήματα και 52% για τα νέας γενιάς (Καλογεράκης) και 35-45% (Olive oil production). Σύμφωνα με τον Αυρηλιώνη περίπου 47% και με τον Κορακάκη 45-55%. Ο υγρός ελαιοπυρήνας που προκύπτει από τα διφασικά ελαιοτριβεία ανέρχεται συνολικά σε 100.000 τόνους στη Μεσσηνία. Επίσης από τα ισοζύγια μάζας που έχουν αναφερθεί, στα διφασικά ελαιοτριβεία, από την επεξεργασία 1000Kg ελαιοκαρπού, προκύπτουν 800Kg υγρού ελαιοπυρήνα. Εμφανίζει σχετικά υψηλή υγρασία, στη βιβλιογραφία οι τιμές που δίνονται είναι 55-70% (Ντόλια), 62-65% (Καλογεράκης), 60-70% (Olive oil production). Σύμφωνα με τον Αυρηλιώνη περίπου 63-70% και με τον Κορακάκη 65-75%.



*Εικόνα 7 Ελαιοπυρήνας από τριφασικό ελαιοτριβείο (Κάλας, 2007)*



Εικόνα 8 Διφασικός ελαιοπυρήνας (Κάλφας, 2007)

Πίνακας 7 Χαρακτηριστικά πυρήνα ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής (Κάλφας, 2007)

Επεξεργασία παραγωγής του ελαιόλαδου	Παραδοσιακή	3 Φάσεων	2 Φάσεων
Υγρασία (%)	28.2	48.3	59.5
Περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο (%)	6-8.7	3-7	2.5-4.65
Ποσοστό λιπών στο ξηρό δείγμα (%)	7.2	5.1	6.3
Ποσοστό λιπών στο υγρό δείγμα (%)	5.2	2.6	2.9
Κουκούτσια (%)	40-65	40	15
Θερμική αξία πυρηνόξυλου (Kcal/Kg)	2800-3000	2500-2800	3500

Σύμφωνα με τα παραπάνω θα μπορούσαμε ενδεικτικά να πούμε πως ο ελαιοπυρήνας διαθέτει υγρασία περίπου 50% και ο υγρός (διφασικός) ελαιοπυρήνας διαθέτει υγρασία περίπου 65%. Παρακάτω δίνεται και ένας πίνακας που αναφέρει κάποια χαρακτηριστικά του ελαιοπυρήνα που προκύπτει από τις διαδικασίες δύο και τριών φάσεων. Ο παρακάτω πίνακας διαθέτει συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά των στερεών υπολειμμάτων με κάποια επιπλέον στοιχεία που αναφέρονται.

Πίνακας 8 Σύσταση στερεού υπολείμματος ανάλογα της μεθόδου (Vlyssides et al, 2004)

Παράμετροι	Σύστημα πίεσης	Φυγοκέντρηση 3-φάσεων	Φυγοκέντρηση 2-φάσεων
Υγρασία, %	27.2 ± 1.048	50.23 ± 1.935	56.80 ± 2.188
Λίπη και έλαια, %	8.72 ± 3.254	3.89 ± 1.449	4.65 ± 1.736
Πρωτεΐνες, %	4.77 ± 0.024	3.43 ± 0.017	2.87 ± 0.014
Ολικά σάκχαρα, %	1.38 ± 0.016	0.99 ± 0.012	0.83 ± 0.010
Κυτταρίνη, %	24.1 ± 0.283	17.37 ± 0.203	14.54 ± 0.170
Ημικυτταρίνη, %	11.0 ± 0.608	7.92 ± 0.438	6.63 ± 0.366
Στάχτη, %	2.36 ± 0.145	1.70 ± 0.105	1.42 ± 0.088
Λιγνίνη, %	14.1 ± 0.291	10.21 ± 0.209	8.54 ± 0.175
N Kjendahl, %	0.71 ± 0.010	0.51 ± 0.007	0.43 ± 0.006
Φώσφορος ως P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0.07 ± 0.005	0.05 ± 0.004	0.04 ± 0.003
Φαινολικά συστατικά, %	1.14 ± 0.06	0.326 ± 0.035	2.43 ± 0.15
Κάλιο σαν K <sub>2</sub> O, %	0.54 ± 0.045	0.39 ± 0.033	0.32 ± 0.027
Ασβέστιο ως CaO, %	0.61 ± 0.059	0.44 ± 0.043	0.37 ± 0.036
Ολικός άνθρακας, %	42.9 ± 3.424	29.03 ± 2.317	25.37 ± 2.025
Λόγος C/N	60.7 ± 5.352	57.17 ± 5.033	59.68 ± 5.254
Λόγος C/P	588.7 ± 51.25	552.9 ± 48.20	577.2 ± 50.31

Η διαφορά περιεκτικότητας σε υγρασία μεταξύ ελαιοπυρήνα και διαφασικού ελαιοπυρήνα, έχει και κάποιες προεκτάσεις σε πρακτικό επίπεδο. Αφενός ο ελαιοπυρήνας θεωρείται καλύτερης ποιότητας και έχει μεγαλύτερη αξία έναντι του διαφασικού. Ο διαφασικός, είναι ένα χαμηλής ποιότητας υδαρές υλικό και με μικρή εμπορική αξία.

Σημαντικό ζήτημα είναι η μεταφορά του η οποία πρέπει να γίνεται με ειδικά-στεγανά φορτηγά. Η διαδικασία της μεταφοράς του είναι πιο ακριβή . Πολλές φορές το κόστος της μπορεί να ξεπερνάει και την αξία της μεταφερόμενης ποσότητας, ειδικά σε περιπτώσεις απομακρυσμένων ελαιοτριβείων.

Όσον αφορά τα πυρηνελαιουργεία, πρέπει να διαθέτουν στεγανές δεξαμενές αποθήκευσης του και κατάλληλο εξοπλισμό για την επεξεργασία του.

Σημαντικό κόστος για τα πυρηνελαιουργεία έχει η ξήρανσή του η οποία απαιτεί σχεδόν διπλάσια ενέργεια σε σχέση με τον ελαιοπυρήνα. Συνήθης πρακτική στα πυρηνελαιουργεία είναι η ανάμειξη ελαιοπυρήνα και διφασικού ελαιοπυρήνα σε αναλογία τέτοια ώστε το ποσοστό υγρασίας του μείγματος να είναι περίπου 50%. Αυτό γίνεται για να είναι το μείγμα σε κατάσταση όσο το δυνατόν πλησιέστερη στον ελαιοπυρήνα και να μπορεί να επεξεργαστεί από τα πυρηνελαιουργεία.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί πως η επεξεργασία διφασικού ελαιοπυρήνα από τα πυρηνελαιουργεία είναι προβληματική εν γένει καθώς είναι λίγα αυτά που έχουν τον κατάλληλο εξοπλισμό αποθήκευσης και επεξεργασίας του. Στη Μεσσηνία το πρώτο πυρηνελαιουργείο με ικανότητα επεξεργασίας διφασικού ελαιοπυρήνα λειτούργησε την ελαιοκομική περίοδο 2009/10.

### 3.2 Επεξεργασία ελαιοπυρήνα

Η επεξεργασία του ελαιοπυρήνα που προκύπτει από τα τριφασικά ελαιοτριβεία γίνεται σε μεγαλύτερες βιομηχανικές μονάδες, τα πυρηνελαιουργεία. Οι μονάδες αυτές αγοράζουν ποσότητες ελαιοπυρήνα από πολλά ελαιοτριβεία με σκοπό την εξαγωγή πυρηνελαίου και άλλων προϊόντων. Όπως φαίνεται και στα αναφερόμενα στην προηγούμενη παράγραφο, στον ελαιοπυρήνα περιέχεται έλαιο σε ένα ποσοστό της τάξης του 5% περίπου.

Η παραγωγική διαδικασία σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει το διαχωρισμό υγρών και στερεών με θερμική επεξεργασία, και την εκχύλιση του πυρηνελαίου με τη χρήση εξανίου. Έπειτα από την εκχύλιση το διάλυμα πυρηνελαίου-εξανίου διαχωρίζεται με απόσταξη. Ακολουθεί πιο αναλυτική περιγραφή των σταδίων της διαδικασίας παραγωγής που ακολουθείται στα πυρηνελαιουργεία:

- Παραλαβή, αποθήκευση και ξήρανση ελαιοπυρήνα

Τα πυρηνελαιουργεία παραλαμβάνουν με φορτηγά τον ελαιοπυρήνα ο οποίος αποθηκεύεται σε ανοικτούς συνήθως χώρους. Αυτό αποτελεί πρόβλημα πολλές φορές, γιατί αυξάνεται η υγρασία του υλικού λόγω των βροχοπτώσεων. Επίσης δημιουργούνται προβλήματα οσμών και πιθανές διαρροές από την περιεχόμενη υγρασία του ελαιοπυρήνα ή πολύ περισσότερο αν αυτός εκτεθεί στη βροχή. Σε πολλές εγκαταστάσεις πριν την ξήρανση του ελαιοπυρήνα, γίνεται διαχωρισμός

του στην ψίχα (πούλπα) και στο ξυλάκι. Αυτό γίνεται γιατί το ξυλάκι έχει πολύ μικρή περιεκτικότητα σε έλαιο. Έτσι η απόδοση της μονάδας ανεβαίνει καθώς διαχειρίζεται υλικό με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε έλαιο. Συνήθως όμως, ο διαχωρισμός γίνεται αμέσως μετά την ξήρανση και με χρήση ρεύματος αέρα που διαχωρίζει τα υλικά λόγω του διαφορετικού βάρους τους (EUBIONET 2, 2007).



*Εικόνα 9 Διαχωρισμός ψίχας από το ξυλάκι (EUBIONET 2, 2007)*

Η ξήρανση του ελαιοπυρήνα γίνεται σε περιστρεφόμενους, εσωτερικά θερμαινόμενους μεταλλικούς κυλίνδρους. Στο εμπρόσθιο μέρος του κυλίνδρου υπάρχει ο θάλαμος καύσης από τον οποίο εξέρχονται θερμές αέριες μάζες που κυκλοφορούν εντός του κυλίνδρου. Η θερμοκρασία των αερίων μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τους 427°C και η διαδικασία γίνεται μέχρι να επιτευχθεί υγρασία περίπου 8% στο τελικό ξηραμένο υλικό. Για τη λειτουργία του θαλάμου καύσης, χρησιμοποιείται μέρος του τελικού ξηρού προϊόντος (πυρηνόξυλο). Στο τέλος του κυλίνδρου είναι εγκατεστημένο σύστημα επεξεργασίας των αερίων και των ατμών της καύσης που με τη δημιουργία και χρήση κυκλώνων απομακρύνει τα υπάρχοντα αιωρούμενα σωματίδια και καθιστά τον ατμό και τα αέρια της ξήρανσης κατάλληλα για εκπομπή στην ατμόσφαιρα. Στο στάδιο αυτό υπάρχει μεγάλη εκπομπή των προαναφερθέντων υδρατμών, που συνήθως έχουν χαρακτηριστική έντονη οσμή (EUBIONET 2, 2007).



*Εικόνα 10 Ξηραντήρες πυρηνελαιουργείου (RAC/CP, 2001)*

- Εκχύλιση ελαιοπυρήνα κι απόληψη πυρηνέλαιου

Ο ξηραμένος ελαιοπυρήνας οδηγείται στα εκχυλιστήρια όπου γίνεται η απόληψη του πυρηνέλαιου. Εδώ χρησιμοποιείται διαλύτης, το εξάνιο, του οποίου η χρήση είναι επικίνδυνη καθώς είναι εξαιρετικά εύφλεκτο.



*Εικόνα 11 Εκχυλιση ελαιοπυρήνα (EUBIONET 2, 2007)*

Από την εκχύλιση παραλαμβάνονται ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας (πυρηνόξυλο) και ένα μείγμα πυρηνελαίου και εξανίου που ονομάζεται βενζινόλαδο ή μισέλα στα Ισπανικά. Η μισέλα οδηγείται για απόσταξη και διαχωρισμό σε πυρηνέλαιο και ατμούς εξανίου ενώ ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας που ακόμα περιέχει εξάνιο δέχεται περεταίρω επεξεργασία για την ανάκτηση του εξανίου. Στη διαδικασία της απόσταξης λαμβάνονται ως προϊόντα κορυφής οι ατμοί εξανίου και στο κάτω μέρος του αποστακτήρα λαμβάνεται το πυρηνέλαιο. Ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας δέχεται διαδικασία εξάτμισης για να απομακρυνθεί το εξάνιο (EUBIONET 2, 2007).

- Απόσταξη και ανάκτηση εξανίου

Με το τέλος της εκχύλισης, η μισέλα διηθείται για τη συγκράτηση αιωρούμενων στερεών που πιθανόν να περιέχει και οδηγείται σε πύργους απόσταξης. Επίσης πριν την απόσταξη αφαιρούνται τα πτητικά οργανικά συστατικά της μισέλας γιατί σε υψηλές θερμοκρασίες προσδίδουν στο πυρηνέλαιο χαρακτηριστικά που υποβαθμίζουν την ποιότητά του.

Η απόσταξη γίνεται με τη βοήθεια ατμού, όπου ως προϊόντα κορυφής αποβάλλονται οι τυχόν υδρατμοί και το εξάνιο, ενώ το πυρηνέλαιο παραλαμβάνεται από τον πυθμένα του αποστακτήρα.

Το μείγμα ατμών νερού και εξανίου ψύχεται ώστε να συμπυκνωθεί και στη συνέχεια με αποθήκευση σε δεξαμενές καθίζησης, διαχωρίζεται το εξάνιο από το νερό ως πιο ελαφρύ. Για τη συμπύκνωση του ατμού αυτού, χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες νερού, με αποτέλεσμα πολλά πυρηνελαιουργεία να χρησιμοποιούν πύργους ψύξης κλειστού τύπου για να μειώσουν αυτή την κατανάλωση (EUBIONET 2, 2007)..

- Τελική επεξεργασία προϊόντων και αποθήκευσή τους

Το πυρηνέλαιο ψύχεται και αποθηκεύεται σε δεξαμενές για να μεταφερθεί για περεταίρω επεξεργασία στις εγκαταστάσεις εξευγενισμού του (ραφινάρισμα). Ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας περιέχει ακόμα ποσότητες εξανίου οι οποίες ανακτώνται μέσω θέρμανσης του μίγματος και εξάτμισης του εξανίου. Το εξάνιο που έχει εξατμιστεί απομακρύνεται με την ώθηση ατμού που το παρασύρει. Ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας από την άλλη, οδηγείται στους τελικούς χώρους αποθήκευσής του εκτός της εγκατάστασης (EUBIONET 2, 2007).



*Εικόνα 12: Δεξαμενές αποθήκευσης πυρηνέλαιου (EUBIONET 2, 2007)*



*Εικόνα 13 Αποθήκευση εκχυλισμένου ελαιοπυρήνα (EUBIONET 2, 2007)*

### 3.3 Επεξεργασία διφασικού ελαιοπυρήνα

Ο διφασικός ελαιοπυρήνας όπως έχει ήδη αναφερθεί διαφέρει σημαντικά ως προς την περιεχόμενη υγρασία σε σχέση με τον τριφασικό. Αυτό σημαίνει πως η επεξεργασία του απαιτεί διαφορετικό εξοπλισμό και άλλη ακολουθία διεργασιών. Το τελικό αποτέλεσμα είναι παρόμοιο με αυτό της



επεξεργασίας ελαιοπυρήνα καθώς προκύπτει πυρηνόξυλο και πυρηνόξυλο. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των σταδίων επεξεργασίας διφασικού ελαιοπυρήνα:

- Παραλαβή, μεταφορά και αποθήκευση

Ο διφασικός ελαιοπυρήνας συλλέγεται από τα διάφορα διφασικά ελαιοτριβεία της περιοχής με ειδικά διαμορφωμένα στεγανά φορτηγά. Αποθηκεύεται επίσης σε στεγανές δεξαμενές. Η στεγανότητα των δεξαμενών είναι απαραίτητη λόγω της υψηλής υγρασίας του υλικού και πρέπει να ελέγχεται συνεχώς για τυχόν διαρροές που μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα ρύπανσης στη γύρω περιοχή.

- Εκπυρήνωση

Ο διφασικός ελαιοπυρήνας μεταφέρεται από τη δεξαμενή αποθήκευσής του σε φυγοκεντρικό διαχωριστή, τον εκπυρηνωτή, ο οποίος διαχωρίζει το πυρηνόξυλο από τον υπόλοιπο διφασικό ελαιοπυρήνα. Η ίδια διαδικασία μπορεί να γίνει και με κόσκινα διαμέτρου ως 3mm διαχωρίζοντας έτσι το ξυλάκι που είναι παχύτερο από τον υπόλοιπο ελαιοπυρήνα(EUBIONET 2, 2007).

- Απόληψη ελαίου με φυγοκέντριση

Ο εκπυρηνωμένος διφασικός ελαιοπυρήνας μαλάσσεται σε μαλακτήρες και στη συνέχεια οδηγείται σε φυγοκεντρικούς διαχωριστές όπου γίνεται απόληψη σε ποσοστό 40-60% του περιεχόμενου ελαιολάδου. Το ελαιολάδο αυτό, ελαιολάδο *perasso* ή ελαιολάδο δεύτερης φυγοκέντρισης οδηγείται σε κάθετο φυγοκεντρικό διαχωριστή για τον τελικό καθαρισμό/ διαύγασή του και τέλος αποθηκεύεται πριν τη διάθεσή του στο εμπόριο (EUBIONET 2, 2007).

- Ξήρανση

Το υπόλειμμα της προηγούμενης διαδικασίας οδηγείται σε ξηραντήρα για αφαίρεση της υγρασίας. Το τελικό προϊόν, το πυρηνόξυλο, έχει υγρασία 15-17% σύμφωνα με τον Αυρηλιώνη αν και γενικά επιβάλλεται να έχει υγρασία ως και 8%. Ο ξηραντήρας είναι ένας θερμαινόμενος περιστρεφόμενος μεταλλικός κύλινδρος που δέχεται θερμά αέρια από το θάλαμο καύσης όπου χρησιμοποιείται ως καύσιμο μέρος του τελικού προϊόντος. Τα αέρια αυτά μέσω συστήματος κυκλώνων καθαρίζονται από αιωρούμενα στερεά. Το προϊόν της ξήρανσης μπορεί είτε να διατεθεί απευθείας ως

πυρηνόξυλο, είτε να υποστεί εκ νέου διαδικασία εκχύλισης για απόληψη περεταίρω πυρηνελαίου το οποίο δε λαμβάνεται από τη φυγοκέντριση.

### 3.4 Ισοζύγιο μαζών

Ποσότητες πρώτων υλών και προϊόντων υπό πλήρη δυναμικότητα. Η τυπική σύνθεση του συνολικού προς επεξεργασία ελαιοπυρήνα, δηλαδή περιεκτικότητά του σε υγρασία, λάδι και στερεά συστατικά κατά τα στάδια επεξεργασίας του καθώς και η σύνθεση του παραγόμενου μπρούτου πυρηνελαίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 9,

Πίνακας 9 Τυπική σύνθεση συνολικού ελαιοπυρήνα και πυρηνελαίου

	<b>Υγρασία</b>	<b>Λάδι</b>	<b>Στερεά</b>	<b>Σύνολο</b>
<u>Νωπός ελαιοπυρήνας</u>				
• Μέσο ποσοστό (%)	55,00 %	4,60 %	40,40 %	100,00 %
• Ποσότητα (tn/24-ωρο)	385,00	32,20	282,80	700,00
<u>Στεγνός ελαιοπυρήνας</u>				
• Μέσο ποσοστό(%)	10,00 %	9,20 %	80,80 %	100,00 %
• Ποσότητα (tn/24-ωρο)	35,00	32,20	282,80	350,00
<u>Πυρηνόξυλο</u>				
• Μέσο ποσοστό(%)	14,00 % *	0,85 %	85,15 %	100,00 %
• Ποσότητα (tn/24-ωρο)	46,50	2,82	282,80	332,12
<u>Λάδι μπρούτο</u>				
• Μέσο ποσοστό(%)	1,50 %	98,50 %		100,00 %
• Ποσότητα (tn/24-ωρο)	0,45	29,38		29,82

Με βάση τα ανωτέρω, το ισοζύγιο πρώτων και βοηθητικών υλών και προϊόντων διαμορφώνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10 Τυπικό ισοζύγιο ρώτων και βοηθητικών υλών και προϊόντων

<b>Πρότες &amp; βοηθητικές ύλες</b>	<b>(tn/έτος)</b>
• Νωποί ελαιοπυρήνες	29.132,0
• Εξάνιο	85,4
• Πυρηνόξυλο (από ιδιοκατανάλωση)	3.910,0
• Στις εστίες ξηραντηρίων	(2.660,0)
• Στην εστία ατμολέβητα	(1.250,0)
<b>Προϊόντα</b>	<b>(tn/έτος)</b>
• Ακατέργαστο πυρηνέλαιο	1.100,0
• Πυρηνόξυλο	11.030,0
• Ιδιοκατανάλωση πυρηνόξυλου	3.910,0
• Πώληση πυρηνόξυλου	6.792,0
• Στοκ παραχθέντος πυρηνόξυλου στο τέλος του έτους	328,0

### 3.5 Τα προϊόντα των πυρηνελαιουργείων και οι χρήσεις τους

Τα πυρηνελαιουργεία είναι οι λεγόμενες βιομηχανίες 2ης εξαγωγής όπου γίνεται επεξεργασία των στερεών υπολειμμάτων των ελαιοτριβείων για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων. Είναι ουσιαστικά το τέλος του κύκλου της επεξεργασίας του ελαιοκαρπού και η εξαγωγή των τελευταίων δυνατών προϊόντων του.

Τα προϊόντα των πυρηνελαιουργείων βρίσκουν διάφορες εφαρμογές τις οποίες θα δούμε παρακάτω. Συνηθέστερα απαντώνται ως προϊόντα το πυρηνέλαιο, ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας και το ξυλάκι ή πυρηνόξυλο.

- **Πυρηνέλαιο:** Είναι το έλαιο που προκύπτει είτε από τη διαδικασία της εκχύλισης είτε από τη δεύτερη φυγοκέντριση (ελαιόλαδο *repasso*). Οι δύο αυτές μορφές του ελαίου διαφέρουν ποιοτικά, με το *repasso* να είναι αρκετά καλύτερο σε σχέση με αυτό της εκχύλισης και να είναι καλό ακόμη και για κατανάλωση. Τα πυρηνέλαια ακολουθούν τη διαδικασία του ραφινάρισματος ή εξευγενισμού και αναμειγνύονται με άλλα ελαιόλαδα και διατίθενται στην αγορά ως εξευγενισμένα ελαιόλαδα ή απλά πυρηνέλαιο. Κυριότερα όμως χρησιμοποιείται για την κατασκευή σαπουνιών.
- **Εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας:** Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το πυρηνόξυλο ως καύσιμη ύλη. Μια άλλη πρόταση είναι η χρήση του ως ζωτροφής χωρίς όμως να έχει τύχει εκτεταμένης εφαρμογής. Έχει κάποιες διατροφικές αξίες οι οποίες μπορούν να

αξιοποιηθούν για τη διατροφή βοοειδών ή αιγοπροβάτων αλλά ή διατροφική αξία του είναι περιορισμένη για δύο λόγους. Πρώτον λόγω της ύπαρξης λιγνοκυτταρινικών ενώσεων και δεύτερων λόγω της υποβάθμισης που επιδέχεται λόγω ζυμώσεων. Υπάρχουν τεχνικές για τον εμπλουτισμό και τη αναβάθμιση της διατροφικής του αξίας. Δεν είναι γνωστό αν έχει υπάρξει έως τώρα τέτοια εφαρμογή του προϊόντος αυτού από τα πυρηνελαιουργεία της Μεσοσηνίας. Ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας ή πούλπα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως εδαφοβελτιωτικό.

- **Πυρηνόξυλο:** Το πυρηνόξυλο ή ξυλάκι, προκύπτει από την ξήρανση του ελαιοπυρήνα και το μετέπειτα ή προηγούμενο διαχωρισμό του. Πρόκειται για εξαιρετική καύσιμη ύλη με μεγάλη θερμογόνο δύναμη η οποία διατίθεται στο εμπόριο ή μέρος της χρησιμοποιείται για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών του ίδιου του πυρηνελαιουργείου. Η θερμική αξία του πυρηνόξυλου εξαρτάται από την διαδικασία από την οποία προέκυψε ο ελαιοπυρήνας. Η ποιότητα του πυρηνόξυλου καθορίζεται από δύο παράγοντες. Ο ένας είναι η παραγωγή τέφρας κατά την καύση του που πρέπει να είναι μικρότερη του 1.5%. Ο δεύτερος παράγοντας είναι η υγρασία του που επιβάλλεται να είναι μικρότερη του 8%.

Παρακάτω ο πίνακας δείχνει τη θερμογόνο δύναμη των στερεών υπολειμμάτων ανά κιλό υλικού. Ως καύσιμη ύλη μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα διάφορα είδη ελαιοπυρήνα που προκύπτουν από τα διάφορα συστήματα των ελαιοτριβείων και φυσικά το πυρηνόξυλο. Από τα παρακάτω υλικά το μόνο που διακινείται στο εμπόριο και βρίσκει ευρύτερη εφαρμογή είναι το πυρηνόξυλο. Τα άλλα υλικά που αναφέρονται χρησιμοποιούνται περιορισμένα, συνήθως από τα ίδια τα ελαιοτριβεία για την κάλυψη μερικών αναγκών τους, όπως ή θέρμανση νερού για χρήση στις διαδικασίες που ακολουθούνται στην παραγωγή του ελαιολάδου (η χρήση ζεστού νερού υπενθυμίζεται γίνεται για τη διατήρηση επιθυμητής θερμοκρασίας στους μαλακτήρες).

Πίνακας 11 Θερμογόνος δύναμη των στερεών υπολειμμάτων (RAC/CP, 2001)

<b>Υλικό</b>	<b>Αξία (kcal/Kg)</b>
Πυρήνας από συστήματα πίεσης	2800-3000
Πυρήνας από τριφασικά	2500-2800
Εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας (ψίχα)	3500
Πυρηνόξυλο (ξυλάκι)	4000

Σύμφωνα με το πίνακα η θερμογόνος δύναμη του ξηρού ελαιοπυρήνα είναι 3500-4000kcal/kg και του πυρηνόξυλου (ξυλάκι) είναι 4000-4500kcal/kg.

Το καθαρό πυρηνόξυλο είναι ένα περιβαλλοντικά φιλικό υλικό (θεωρείται βιοκαύσιμο) μιας και προκύπτει ως υπόλειμμα άλλων διαδικασιών. Συνήθως χρησιμοποιείται για θέρμανση θερμοκηπίων ή ακόμα και κτιρίων κατοικιών. Γενικά διαπιστώνεται πως πρόκειται για ένα καλό και σχετικά φτηνό καύσιμο σε σχέση με άλλα υλικά. Αυτό καθίσταται σαφές και από τον παρακάτω πίνακα που δίνει συγκριτικά στοιχεία για διάφορα καύσιμα, όπως πετρέλαιο, πέλετ, ξύλο και πυρηνόξυλο, όσον αφορά την τιμή τους, την απόδοσή τους και το κόστος παραγωγής ενέργειας για κάθε υλικό.

Πίνακας 12 Σύγκριση κόστους και απόδοσης παραγωγής ενέργειας (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008)

	<b>Τιμή</b>	<b>Απόδοση</b>	<b>Κόστος ενέργειας</b>
<b>Πετρέλαιο</b>	0.70 €/lt 0.06 €/kwh	85%	0.070 €/KWH
<b>Πέλετ</b>	0.35 €/kg 0.067 €/kwh	80%	0.084 €/KWH
<b>Ξύλο</b>	0.12 €/kg 0.026 €/kwh	70%	0.037 €/KWH
<b>Πυρηνόξυλο</b>	0.05 €/kg 0.012 €/kwh	75%	0.016 €/KWH

Ένα ερευνητικό άρθρο από το Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας του ΤΕΙ Κρήτης προτείνει την εφαρμογή της καύσης πυρηνόξυλου για τα νοσοκομεία της περιοχής. Στα πλαίσια της πρότασης αυτής αναδεικνύονται εξαιρετικά ενδιαφέροντα στοιχεία. Προτείνεται η χρήση του πυρηνόξυλου ως καύσιμου τόσο για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης όσο και για τη θέρμανση των χώρων. Αυτό γίνεται πράξη είτε με την τοποθέτηση καυστήρων εντός των χώρων των Νοσοκομείων είτε με την μεταφορά θερμού νερού που παράγεται από πυρηνελαιουργεία πλησίον των Νοσοκομείων. Αναφέρονται επίσης περιβαλλοντικά οφέλη όπως η μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> και η δυνατότητα χρήσης της τέφρας που απομένει ως εδαφοβελτιωτικού στους αγρούς.

Μειονεκτήματα είναι οι εκπομπές μικροσωματιδίων και CO ως προϊόντος ατελούς καύσης. Σημαντικό είναι και το οικονομικό όφελος που προκύπτει καθώς όπως επιβεβαιώνεται και από τον Πίνακα το πυρηνόξυλο είναι φτηνότερο από το πετρέλαιο (Βουρδουμπάς και Αντωνάκης). Σύμφωνα με το άρθρο του ερευνητικού αυτού έργου, στη Μεσσηνία παράγονται ετησίως 42760tn πυρηνόξυλο (θεωρούμε 43000tn χάριν των υπολογισμών). Αυτό σημαίνει πως η συνολική θερμογόνο δύναμη όλης αυτής της ποσότητας, ανέρχεται σε 150.500.000kcal ετησίως (θεωρώντας θερμογόνο δύναμη 3500kcal/kg).

Θεωρώντας θερμογόνο δύναμη για το πετρέλαιο 10200kcal/kg προκύπτει πως η πιθανή χρήση πυρηνόξυλου ως καύσιμου, οδηγεί στην εξοικονόμηση περίπου 14755tn πετρελαίου ετησίως. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί σε 175127MWh οι οποίες έχουν κόστος παραγωγής με πετρέλαιο 12.258.890€ και με πυρηνόξυλο 2.754.032€, δηλαδή υπάρχει ένα οικονομικό όφελος της τάξης των 9.504.858€. Τα οφέλη λοιπόν που προκύπτουν είναι τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά.

Τέλος, το σημαντικότερο ίσως στοιχείο που το κάνει αρκετά περιβαλλοντικά φιλικό, είναι η πολύ χαμηλή περιεκτικότητά του σε θείο. Αυτό σημαίνει πως και η αντίστοιχη εκπομπή οξειδίων του θείου από την καύση του είναι σχεδόν αμελητέα.

### 3.6 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πυρηνελαιουργιών

Η βιομηχανία των πυρηνελαιουργιών δε φαίνεται να ευθύνεται για πολύ σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Αφενός δεν παράγουν σημαντικές ποσότητες υγρών αποβλήτων και αφετέρου είναι μεγάλες μονάδες και λίγες σε αριθμό, οπότε οι όποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και πηγές ρύπανσης είναι λίγες σε αριθμό και σε συγκεκριμένα σημεία, πράγμα που σημαίνει πως μπορούν εύκολα να διαχειριστούν.

Όπως καθίσταται σαφές από την περιγραφή των διαδικασιών που ακολουθούνται υγρά ή στερεά απόβλητα προς διάθεση ή επεξεργασία. Τα υγρά απόβλητα που τυχόν προκύπτουν είναι απόνερα του διαχωριστή εξανίου-νερού στο εκχυλιστήριο, μικρές ποσότητες με νερόλαδα από την απόνερωση του ελαίου, υγρά απόβλητα από αποβαλλόμενα νερά ψύξης, νερά ψύξης κατά την ψύξη εξανίου και την συμπύκνωση του ατμού απογύμνωσης των εκχυλιστήρων (θερμικό φορτίο ~ 40°C). Είναι ακόμα υγρά απομάστευσης πύργων ψύξης (περιέχουν ανόργανα άλατα), υγρά

απόβλητα από καθαρισμούς δαπέδων και εξοπλισμού, υγρά απόβλητα από πλυσίματα δεξαμενών, μηχανημάτων και δαπέδων, τα ξεπλύματα των δεξαμενών, των μηχανημάτων και των εγκαταστάσεων του εργοστασίου. Τα παραπάνω απόβλητα είναι υψηλού βιολογικού και σχετικά χαμηλού υδραυλικού φορτίου. Υπάρχουν τέλος και υγρά απόβλητα από το λεβητοστάσιο πολύ χαμηλού βιολογικού και υδραυλικού φορτίου. Στα υγρά αυτά απόβλητα περιλαμβάνονται υγρά από την απομάστευση του ατμολέβητα σε μικρές ποσότητες, νερά αποσκλήρυνσης από το τμήμα ατμοπαραγωγής και υγρά απόβλητα από διεργασίες καθαρισμού των αερίων αποβλήτων (απόνερα πλυντρίδων έκπλυσης). Τα νερόλαδα από την απονέρωση του λαδιού συλλέγονται σε λιποσυλλέκτη βαρύτητας, όπου γίνεται διαχωρισμός του μεγαλύτερου μέρους του περιεχόμενου στα απόνερα λαδιού (Νταρακάς, 2006).

Άλλα πιθανά προβλήματα που μπορεί να ανακύψουν είναι ρύπανση του εδάφους λόγω διαρροής στη δεξαμενή αποθήκευσης του διφασικού ελαιοπυρήνα. Επίσης, κακες συνθήκες αποθήκευσης του ελαιοπυρήνα μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα, καθώς αν ο ελαιοπυρήνας έρθει σε επαφή με το νερό της βροχής τα υγρά που περιέχει μεταφέρονται εκτός του χώρου αποθήκευσης με επακόλουθη ρύπανση του εδάφους, παρακείμενων ποταμών ή ακόμη και των υπόγειων νερών. Βέβαια οι ποσότητες αυτές είναι σχετικά μικρές ώστε να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα ρύπανσης. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται σχετικά εύκολα με την προστασία του ελαιοπυρήνα από τη βροχή σε στεγασμένους χώρους αποθήκευσης και τη σωστή αποθήκευση σε ασφαλείς στεγανές δεξαμενές του διφασικού ελαιοπυρήνα.

Τέτοια προβλήματα έχουν παρουσιαστεί κατά το παρελθόν σε πυρηνελαιουργεία της Μεσσηνίας. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση πυρηνελαιουργείου στη ΒΙ.ΠΕ. Μελιγαλά όπου διαρροή από δεξαμενή αποθήκευσης διφασικού ελαιοπυρήνα προκάλεσε ρύπανση του εδάφους σε διπλανή περιοχή και σε έκταση 32 στρεμμάτων.

Το σοβαρότερο πρόβλημα που σχτίζεται με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον των πυρηνελαιουργείων είναι οι αέριες εκπομές τους. Πρόκειται για ένα σοβαρό ζήτημα καθώς κατά την περίοδο λειτουργίας τους γίνεται πολύ έντονο και οχλητικό για τους κατοίκους των γύρω περιοχών, χωρίς όμως να έχει επιβεβαιωθεί κάποια αρνητική επίδραση στη δημόσια υγεία. Η ξήρανση του ελαιοπυρήνα στο ξηραντήριο προκαλεί την εκπομπή πολύ μεγάλων ποσοτήτων υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Οι υδρατμοί αυτοί έχουν μια χαρακτηριστική ενοχλητική οσμή και υπό ευνοϊκές καιρικές συνθήκες μπορεί να δημιουργήσουν ως και ένα νέφος πάνω από κάποια

περιοχή. Η σύσταση των ατμών αυτών δε φαίνεται να περιέχει επικίνδυνα στοιχεία ή ουσίες όπως βαρέα μέταλλα, οξειδία του θείου, του αζώτου ή άλλες ουσίες. Πιθανόν μόνο να υπάρχουν κάποιες ποσότητες αιωρούμενων στερεών που διαφεύγουν από τα συστήματα καθαρισμού των ξηραντηρίων και φυσικά οργανικές ενώσεις και άνθρακας που περιέχεται στα φυτικά υγρά που υπάρχουν στον ελαιοπυρήνα. Επιπλέον, ως αέριοι ρύποι υπάρχουν και τα προϊόντα καύσης από τα υλικά που χρησιμοποιούνται προς καύση στους ειδικούς θαλάμους, για αύξηση της θερμοκρασίας στα ξηραντήρια. Γενικότερα όμως, πέραν της όχλησης λόγω της οσμής, τα αέρια αυτά δε φαίνεται να δημιουργούν άλλα σοβαρότερα προβλήματα. Η κυκλωνική αποκονίωση στα ξηραντήρια, μπορεί να συμπληρωθεί με σύστημα έκπλυσης αερίων σε τούνελ διαβροχής. Συνιστάται ψεκασμός στα καυσαέρια των ξηραντηρίων ειδικών ενεργών βιοαποδομήσιμων ουσιών (αντιοσμητικές ουσίες) και εγκαταστάσεις κυκλωνικών ή πολυκυκλωνικών συστημάτων στο τμήμα ατμοπαραγωγής (Νταρακάς, 2006).

### 3.7 Παραγόμενα απόβλητα από πυρηνελαιουργεία

Παραγόμενα απόβλητα συμβατικού πυρηνελαιουργείου “αναφοράς” κοινής επεξεργασίας ελαιοπυρήνων

#### 3.7.1 Θόρυβος

Εν γένει δεν υπάρχουν θορυβώδεις λειτουργίες εγκαταστάσεων, ωστόσο κάποιος θόρυβος δημιουργείται από την διακίνηση πρώτων υλών και από τις διεργασίες στο τμήμα συντήρησης. Η στάθμη θορύβου στα όρια του χώρου, δεν υπερβαίνει το επιτρεπόμενο όριο των 65 dBA που καθορίζεται στο Π.Δ. 1180/81 για τέτοιου είδους βιομηχανικά στοιχεία.

#### 3.7.2 Ατμοσφαιρικές εκπομπές

- Υδρατμοί

Υδρατμοί δημιουργούνται σε μεγάλες ποσότητες κατά τη ξήρανση των πυρήνων οφειλόμενοι στην απαγόμενη υγρασία των πυρήνων ιδιαίτερα όταν γίνεται επεξεργασία ξήρανσης ελαιοπυρήνων διασπαστικής λειτουργίας με υγρασία 6570%. Η ποσότητα των απαγόμενων υδρατμών



υπό πλήρη δυναμικότητα ανέρχεται σε 350 tn/ημέρα. Μικρές ποσότητες υδρατμών παράγονται και από την καύση του πυρηνόξυλου λόγω της περιεχόμενης σε αυτό υγρασίας στη μονάδα ατμοπαραγωγής. Οι υδρατμοί κατά την έξοδο των απαερίων από τη καμινάδα σχηματίζουν μία μορφή νέφους (λευκή λωρίδα) που παραμένει για μικρό χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα με ενδεχόμενες επιπτώσεις στο περιβάλλον (επιδείνωση φαινομένου θερμοκρασιακής αναστροφής στη περιοχή, τυχόν δυσάρεστες οσμές).

- Αέρια καύσης

Από την καύση του πυρηνόξυλου δημιουργούνται εκπομπές αερίων καύσης, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), μικρών ποσοτήτων μονοξειδίου του άνθρακα (CO), πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) και οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>).

(Το CO εξαρτάται κυρίως από τις συνθήκες καύσης του καυσίμου και όχι από τη σύσταση του καυσίμου).

- γ) Εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από τα οχήματα μεταφοράς πρώτων υλών και προϊόντων.
- δ) Σωματιδιακές εκπομπές
  - Άκαυστα σωματίδια πυρηνόξυλου (καυσαέρια ξηραντηρίων).
  - Σωματίδια τέφρας κυρίως στα καυσαέρια του ατμολέβητα.

Τα σωματίδια που εκπέμπονται από τα ξηραντήρια χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκα μεταξύ 100-500 μm ενώ τα σωματίδια από την εστία του ατμολέβητα ως σχεδόν λεπτόκοκκα (κοκκομετρική σύσταση κυρίως μεταξύ 0-100 μm).

Ο τυπικός όγκος των καυσαερίων στη περίπτωση αιχμής στη λειτουργία των τμημάτων ανέρχεται ως εξής:

- Ατμολέβητας : Q<sub>Λ</sub> = 40.000 m<sup>3</sup>/h θερμοκρασίας 200°C (Κ.Σ.)
- Ξηραντήρια 60.000-100.000 m<sup>3</sup>/h θερμοκρασίας 90°C έκαστο (Κ.Σ.)
  
- Πτητικές οργανικές ενώσεις πλην οσμών (VOC)

Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) εκπέμπονται κατά την παραγωγική διαδικασία υπό μορφήν ατμών εξανίου, κυρίως από τη δεξαμενή συλλογής νερού των ψυγείων εξανίου όπου καταλήγει το νερό με τα υπολείμματα εξανίου και διαχωρίζεται στο διαχωριστήρα εξανίου – νερού (πλήρωση – εκκένωση - αναπνοή δεξαμενών κλπ). Η ποσότητα των εκπομπών στην δυσμενέστερη περίπτωση υπολογίζεται σε 2,10 tn/ημέρα που αντιστοιχεί σε 3,0 kg/tn πρώτης ύλης (ελαιοπυρήνα).

- Οσμές

Στα πυρηνελαιουργεία εμφανίζονται εκπομπές οσμών κυρίως κατά τη διαδικασία ξήρανσης και οφείλονται σε οσμηρές πτητικές ενώσεις οι οποίες είτε δημιουργούνται κατά τη ξήρανση είτε είχαν δημιουργηθεί και απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της ξήρανσης.

- Οσμές κατά την ξήρανση:

Από θερμική διάσπαση των λιπαρών συστατικών του ελαιοπυρήνα εάν η θερμοκρασία ξήρανσης υπερβεί κάποιο όριο.

- Οσμηρές ενώσεις πριν τη ξήρανση:

Οφείλονται από την μακρόχρονη παραμονή του πυρήνα σε αποθήκες (αναπτύσσονται αναερόβιες ζυμώσεις ή αλδεϊδική τάγγιση, ανάπτυξη μικροοργανισμών ζύμωσης) δεδομένης της ευπάθειας των λιπαρών ουσιών που περιέχονται στον πυρήνα σε εξωτερικές επιδράσεις όπως: φως, νερό, αέρας, θερμοκρασία και μικροοργανισμοί.

Δεδομένης ωστόσο της μεγάλης ευαισθησίας της ανθρώπινης όσφρησης, οι οσμές είναι δυνατόν να γίνονται αντιληπτές ακόμη και σε μικρές αποστάσεις προκαλώντας αίσθημα δυσφορίας ή οχλήσεις σε περιοίκους πυρηνελαιουργείου όταν γίνεται επεξεργασία μεγάλου χρονικού διαστήματος αποθήκευσης ελαιοπυρήνα- ιδίως διφασικής λειτουργίας ελαιοτριβείων – ή γίνεται βεβιασμένη ξήρασή του σε μεγάλες θερμοκρασίες.

### 3.7.3 Υγρά απόβλητα

Τα υγρά απόβλητα προκύπτουν από τις ακόλουθες διεργασίες:

- Νερά ψύξης

Τα νερά ψύξης προέρχονται από τα ψυγεία του εξανίου, είναι θερμοκρασίας 32°C, καθαρά, επειδή η ψύξη γίνεται σε κλειστό κύκλωμα χωρίς καμία επαφή του νερού ψύξης με τα ψυχόμενα υλικά. Τα νερά ψύξης τυπικά ανέρχονται κατά μέγιστο 1.800 m<sup>3</sup>/ημέρα και μετά τη χρήση τους απορρίπτονται σε φυσικές υδάτινες δεξαμενές.

Η τυπική θερμική επιβάρυνση του υδάτινου όγκου στη ζώνη ανάμιξης των νερών ψύξης είναι 0,6°C < 1°C, που είναι αποδεκτή σύμφωνα με την άδεια έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (Α.Ε.Π.Ο.).

- Απόνερα από διαχωριστήρες εξανίου

Η τυπική ποσότητά τους υπολογίζεται σε 0,50 m<sup>3</sup>/ημέρα – πρόκειται για αποσταγμένο νερό με αμελητέες ποσότητες εξανίου – τα οποία οδηγούνται στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

- Συμπυκνώματα ατμού

Τα συμπυκνώματα ατμού προέρχονται από τα εξής σημεία:

- Από τον ατμό έκπλυσης των εκχυλιστηρίων
- Από τη στήλη εξάντλησης.
- Από τους αποστακτήρες του εκχυλιστηρίου.
- Από τις ατμοπαγίδες του εκχυλιστηρίου και οδηγούνται στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

- Απόβλητα Λεβητοστασίου.

Προέρχονται από :

Απομάστευση ατμολέβητα (περιέχουν μόνο ανόργανα άλατα) τυπικής ποσότητας 3,0 m<sup>3</sup>/ημέρα

Αποσκλήρυνση τυπικής ποσότητας 1,5 m<sup>3</sup>/ημέρα

Τα απόβλητα λεβητοστασίου είναι επιβαρημένα κυρίως με διαλυτά άλατα, ενώ το οργανικό και χημικό φορτίο τους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα ( $BOD_5: \approx 20 \text{ mg/l}$ ,  $COD \approx 40 \text{ mg/l}$ ) και οδηγούνται στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

- Απόβλητα έκπλυσης απαερίων

Τα απαέρια των ξηραντηρίων μετά τη διέλευση τους από τα συστήματα ξηρής αποκονίωσης και πριν οδηγηθούν στη κοινή καπνοδόχο, υφίσταται μέσα στη στοά απαγωγής τους διαβροχή με υδατικό διάλυμα αντισπηκτικών ενώσεων κυρίως για τη δέσμευση των οσμηρών ενώσεων και τη δέσμευση σωματιδιακών εκπομπών. Το νερό έκπλυσης συλλέγεται και ανακυκλοφορεί ενώ μέρος απομαστεύεται που εκτιμάται σε  $18,0 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  και το οποίο οδηγείται στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

- Λύματα προσωπικού μονάδος

Η ημερήσια ποσότητα με βάση τις ανάγκες του ανθρώπινου δυναμικού εκτιμάται σε  $2 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  με χαρακτηριστικά λυμάτων αστικού τύπου με μέσες τιμές:  $BOD_5 = 220 \text{ mg/l}$ ,  $COD = 500 \text{ mg/l}$  και  $TSS = 220 \text{ mg/l}$  που οδηγούνται σε στεγανές δεξαμενές.

- Τυχόν ρυπασμένα όμβρια ύδατα και νερά πυρόσβεσης

Τα όμβρια ύδατα που συγκεντρώνονται στην δεξαμενή εξισορρόπησης της Μονάδος Επεξεργασίας Αποβλήτων (Μ.Ε.Α.) κατά το πρώτο δεκάλεπτο έντονης βροχόπτωσης, θεωρούνται επικίνδυνα και θα πρέπει να καταλήγουν ξανά στη Μ.Ε.Α.

#### 3.7.4 Στερεά και ελαιώδη απόβλητα

Τα στερεά απόβλητα της μονάδας περιλαμβάνουν τα ακόλουθα είδη αποβλήτων:

Χρησιμοποιούμενα λιπαντικά έλαια μηχανών (εν δυνάμει επικίνδυνα αξιοποιήσιμα απόβλητα)

Τέφρα από τις εστίες καύσης πυρηνόξυλου

Σωματιδιακή ύλη που συλλέγεται στους κυκλώνες

Λάσπη επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Απορρίματα αστικού τύπου

Ελαιώδης στοιβάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Βοθρολάσπη λυμάτων σηπτικής δεξαμενής

- Απόβλητα εν δυνάμει επικίνδυνα

Τα μόνα απόβλητα που χαρακτηρίζονται εν δυνάμει επικίνδυνα είναι τα λιπαντικά έλαια (καμένα) που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των μηχανών. Ταξινομούνται με τους αριθμούς 13 02 05\* – 13 02 08\* του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (ΕΚΑ) που ανέρχονται σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της μονάδας σε 0,10 tn/έτος.

- Στερεά απόβλητα, μη επικίνδυνα

Τέφρα

Η τέφρα από τη καύση του πυρηνόξυλου ταξινομείται με τον αριθμό 10 01 01 του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (ΕΚΑ) ( «Τέφρα κλιβάνου ... της σκόνης λέβητα πετρελαίου»...). Σύμφωνα με χημικές αναλύσεις σε τέφρα από την καύση του πυρηνόξυλου μονάδων πυρηνολειτουργίας η σύστασή της παρουσιάζεται ως εξής: Υγρασία 10% κ.β., Ψευδάργυρος (Zn) ~ 140 mg/kg, Ολικό χρώμιο (Cr) = 115 mg/kg και Μόλυβδος (Pb) = 25 mg/kg.

Συνεπώς η τέφρα δεν περιέχει τοξικά συστατικά σε συγκέντρωση τέτοια που να χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνο απόβλητο.

Σύμφωνα με τα στοιχεία, η τέφρα που προκύπτει από την καύση πυρηνόξυλου στις εστίες καύσης των ξηραντηρίων και των ατμολέβητων ανέρχεται σε 9-11 kg/tn καιόμενου πυρηνόξυλου.

Στην περίπτωση λειτουργίας υπό πλήρη δυναμικότητας της μονάδας, η ποσότητα τέφρας ανέρχεται σε 64 tn/έτος. Από στατιστικά στοιχεία η ποσότητα της τέφρας ανηγμένη στην κατανάλωση νωπού ελαιοπυρήνα υπολογίσθηκε για το έτος 2009 σε 1,35 kg/tn νωπού ελαιοπυρήνα ενώ για το έτος 2010 σε 1,20 kg/tn νωπού ελαιοπυρήνα.

Σωματιδιακή ύλη – συλλογή κυκλώνων

Η σωματιδιακή ύλη (σκόνη πυρηνόξυλου και τέφρας που συλλέγεται στους κυκλώνες των ξηραντηρίων και του ατμολέβητα ταξινομείται με τον αριθμό ΕΚΑ 10 01 19 (απόβλητα σταθμών καύσης από τον καθαρισμό τριών που δεν περιέχουν επικίνδυνες ουσίες).

Ο ατμολέβητας αποκονιώνεται με πολυκυκλωνικό σύστημα αποτελούμενο από ίσους κυκλώνες με παράλληλη διάταξη. Χαρακτηρίζεται ως μη επικίνδυνο υλικό, δεδομένου ότι αποτελείται από ξηρά σωματίδια και τέφρα καύσιμης φυτικής βιομάζας.

#### Λάσπη επεξεργασίας αποβλήτων

Η λάσπη είναι δυνατόν να προκύψει από τη δεξαμενή χημικής καθίζησης της Μονάδας Επεξεργασίας Αποβλήτων (Μ.Ε.Α) που ακολουθεί το στάδιο της κροκίδωσης χαρακτηρίζεται ως μη επικίνδυνο υλικό. Η λάσπη αυτή ταξινομείται με τον αριθμό ΕΚΑ 02 03 05 ανέρχεται τυπικά περίπου σε 7,38 t/έτος και οδηγείται σε δεξαμενή συλλογής – αερόβιας σταθεροποίησης χωρητικότητας 12 m<sup>3</sup> για προσωρινή αποθήκευση.

#### Διαχωριζόμενα λάδια από επίπλευση

Από τη δεξαμενή επίπλευσης της μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων (ΜΕΑ) είναι δυνατόν να προκύπτει ελαιώδης στοιβάδα (επίπαγος) η οποία αφαιρείται σε περιοδικά διαστήματα και υφίσταται διαχείριση. Ταξινομείται με τον αριθμό ΕΚΑ 02 03 99. Χαρακτηρίζεται ως μη επικίνδυνο υλικό. Η ποσότητα υπολογίζεται θεωρητικά από τους εξής παράγοντες:

- την παροχή υγρών προς επεξεργασία 25 m<sup>3</sup>/ημέρα
- τη συγκέντρωση λιπαρών συστατικών (FOG) μετά τη δεξαμενή εξισορρόπησης = 0,4 kg/m<sup>3</sup>
- το φορτίο FOG στην δεξαμενή επίπλευσης
- τη δέσμευση FOG στην δεξαμενή επίπλευσης
- την ετήσια ποσότητα επιπάγου προς διαχείριση
- τον συντελεστή παραγωγής επιπάγου ανά τόνο νωπού ελαιοπυρήνα για πλήρη δυναμικότητα.

#### Απορρίμματα αστικού τύπου

Προέρχονται από τις χρήσεις ανθρώπινου δυναμικού – δημοτικά απόβλητα- περιλαμβάνονται στον ΕΚΑ με ΚΑ 20 03 01 και χαρακτηρίζονται ως μη επικίνδυνα απόβλητα. Η εκτιμώμενη ποσότητα είναι 1,33 tn/έτος.

#### Λάσπη βοθρολυμάτων

Δημιουργείται από την καθίζηση των λυμάτων ανθρώπινου δυναμικού και των αποβλήτων λεβητοστασίου στη σηπτική δεξαμενή όπου διατίθενται τα λύματα πριν από τη διοχέτευσή τους στην απορροφητική δεξαμενή. Η εκτιμώμενη ποσότητα είναι 0,9 tn/έτος ταξινομείται με τον ΚΑ 20 03 04 του ΕΚΑ και χαρακτηρίζεται ως μη επικίνδυνο απόβλητο.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Η επεξεργασία αποβλήτων από ελαιοτριβεία και πυρηνελαιουργεία

### 4.1 Φυσική επεξεργασία των λυμάτων

Τα λύματα ελαιοπυρήνων (OMW) χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές COD, BOD και φαιολικής περιεκτικότητας. Μια σειρά από στάδια επεξεργασίας που συνίστανται από καθίζηση, φυγοκέντρηση και διήθηση χρησιμοποιήθηκαν διαδοχικά για την επεξεργασία των λυμάτων. Οι Al-Malah et al. (2000) χρησιμοποίησαν διαφορετική συγκέντρωση ενεργοποιημένης αργίλου. Η μέγιστη ικανότητα απορρόφησης επιτεύχθηκε σε λιγότερο από 4 ώρες. Η μέγιστη απομάκρυνση των φαιολών και της οργανικής ύλης βρέθηκε περίπου στο 81% και στο 71% αντίστοιχα (Oktav, 2001).

### 4.2 Μέθοδοι χημικής επεξεργασίας των λυμάτων

#### 4.2.1. Χημική κατακρήμνιση

Σε μελέτη χημικής καθίζησης με γράσο, διερευνήθηκε η κατακρήμνιση ασβέστου. Η ιλύς που παράγεται από την προσθήκη 0,5-3% CaO μείωσε τη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στα ύδατα βλάστησης κατά 28% ενώ το 77% του ελαίου και του λίπους διανέμονται στο κλάσμα του ιζήματος. Το COD καθώς και το τοξικό φορτίο όσον αφορά τις φαιολικές ενώσεις δεν επηρεάζονται έντονα από την προσθήκη CaO (Lolos et al., 1994).

Σε ένα άλλο πείραμα χημικής επεξεργασίας, χρησιμοποιήθηκαν υδροξείδιο του ασβεστίου, θειικό μαγνήσιο και θειικό αργίλιο. Οι τιμές του COD έχουν προσδιοριστεί μετά την επεξεργασία του OMW με τα χημικά. Η τιμή COD μειώθηκε σε 20-30% με υδροξείδιο του ασβεστίου, όταν προστέθηκε μέχρις ότου το pH των αποβλήτων έφτασε τα 11 (Tsonis et al., 1989).



Οι Aktas et al., (2001) ανέφεραν ότι μετά τη διαδικασία καταβύθισης με ασβέστη, οι τιμές COD των δειγμάτων λυμάτων θα μπορούσαν να μειωθούν κατά 42-46%. Το μέσο ποσοστό απομάκρυνσης των άλλων παραμέτρων είναι 29-47% για τα συνολικά στερεά, 41-53% για πτητικά στερεά, 74-37% για μειωμένη ζάχαρη, 95-96% για λιπαρές ουσίες, 74-63% για πολυφαινόλες, 38-32% για τις πτητικές φαινόλες και 61-80% για τις αζωτούχες ενώσεις, αντίστοιχα.

#### 4.2.2. Χημική Οξείδωση

Η χημική οξείδωση με χρήση τεχνολογίας όζοντος ή προηγμένης τεχνολογίας οξείδωσης που βασίζεται στην ρίζα υδροξυλίου είναι ένας πιθανός τρόπος για να μειωθεί η περιεκτικότητα σε COD και πολυφαινόλη. Σε μια μελέτη, μελετήθηκε η χημική οξείδωση των λυμάτων των ελαιοτριβείων με μόνη τη χρήση όζοντος και σε συνδυασμό με υπεροξείδιο του υδρογόνου ή υπεριώδη ακτινοβολία. Μείωση COD 80 ή 90% ελήφθη με δόσεις όζοντος μεταξύ 3 και 4 g παρουσία 10-3 M αρχικής συγκέντρωσης υπεροξειδίου του υδρογόνου ή 254 nm υπεριώδους ακτινοβολίας ενώ η συνολική συγκέντρωση άνθρακα ήταν μεταξύ 40 και 60% (Beltran et al. 1999).

### 4.3 Βιολογική επεξεργασία των λυμάτων

#### 4.3.1. Αεροβική βιολογική επεξεργασία των λυμάτων

Σε αυτές τις διεργασίες, οι αερόβιοι μικροοργανισμοί διασπούν ένα κλάσμα των ρύπων στο απόβλητο με οξείδωση τους με οξυγόνο που παρέχεται από μια εξωτερική πηγή (είτε ως αέρα είτε ως καθαρό οξυγόνο). Αυτοί οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν το μεγαλύτερο μέρος του υπόλοιπου κλάσματος των ρύπων για την παραγωγή νέων κυττάρων (που ονομάζονται βιομάζα ή λάσπη) τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν από το νερό. Οι αερόβιες διαδικασίες, όπως η ενεργοποιημένη λάσπη και τα φίλτρα αναρρόφησης, συνήθως χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση διαλυμένων ή κολλοειδών ρύπων από λύματα σε χαμηλή συγκέντρωση. Μπορούν να λειτουργούν αποτελεσματικά μόνο εάν η συγκέντρωση της τροφής είναι σχετικά χαμηλή, της τάξεως του 1 g COD / L. Η υψηλότερη συγκέντρωση μπορεί να γίνει ανεκτή μόνο εάν η

εγκατάσταση λειτουργεί με μεγάλο χρόνο υδραυλικής κατακράτησης ή / και με υψηλές αναλογίες ανακύκλωσης (Boari et al., 1984, Boari & Mancini, 1989).

Συνεπώς, η υψηλή συγκέντρωση του OMW το καθιστά ακατάλληλο για άμεση επεξεργασία με αερόβιες βιολογικές επεξεργασίες. Εκτός αυτού, η αερόβια επεξεργασία των συμπυκνωμένων λυμάτων αποδίδει τεράστιους όγκους περίσσειας δευτερογενούς λάσπης. Όταν η συγκέντρωση COD των ακατέργαστων αποβλήτων φθάνει στα 50 g COD / L, ο όγκος της παραγόμενης ιλύος (η οποία έχει συγκέντρωση στερεών της τάξης των 20-30 g TSS / L) είναι συγκρίσιμη με τον όγκο των επεξεργασμένων λυμάτων. επειδή τα απόβλητα πρέπει να αραιωθούν πριν από τη θεραπεία με άλλα λύματα.)

Τα λύματα ελαιοπυρήνων (OMW) έχουν υψηλό φορτίο οργανικών ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των διαφόρων φαινολικών ενώσεων, εκ των οποίων το καφεϊκό οξύ, η θυροσόλη και η υδροξυτυροσόλη εμφανίζονται στις υψηλότερες αναλογίες. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά καθιστούν αδύνατο τον καθαρισμό του OMW αναερόβια, εκτός εάν πραγματοποιηθεί προηγούμενη αραιώση. Ακολουθεί μερική απομάκρυνση μερικών από την οργανική ύλη και φαινολικών ενώσεων, με αερόβια προεπεξεργασία με *Geotrichum candidum*. Αυτό παρέχει ένα μερικώς καθαρισμένο απόβλητο το οποίο, για το ίδιο επίπεδο COD με αυτό του αρχικού OMW, αποικοδομείται αναερόβια ταχύτερα από το αρχικό OMW ως αποτέλεσμα της αύξησης της μεθανογόνου δράσης με 39 mL CH<sub>4</sub> STP / g VSS ημέρα για ένα COD 7 g / L. Τέλος, η παρουσία ενός σεπιολιθικού υποστρώματος (Pansil) στους αναδευτήρες δείχνει ότι αυξάνει τη βιοαποδομησιμότητα των OMWs και του συντελεστή απόδοσης του προϊόντος (Υρ) (Borja & Fiestas 1991)

4.3.2 Η υποβάθμιση των λυμάτων με τον συνδυασμό των αντιδραστηρίων του Phenton και των διαδικασιών οζονισμού με μια αερόβια βιολογική επεξεργασία

Η αποικοδόμηση των υγρών λυμάτων ελαιοτριβείων (OMW) με δύο μεθόδους χημικής οξειδωσης (αντιδραστήριο και οζονίωση του Phenton) και η διαδοχική επεξεργασία τους με αερόβια μικροοργανισμούς έχουν μελετηθεί (J. Beltrán-Heredia et al., 1995). Η θεραπεία αντιδραστηρίου του Phenton μειώνει μετρίως το COD και σε μεγαλύτερο βαθμό τις πολυφαινολικές ενώσεις. Η όζονωση συνέβαλε στη χαμηλή μετατροπή του COD και στη μέτρια μείωση των πολυφαινολών. Οι αερόβιες βιολογικές επεξεργασίες αποικοδομούνται σε τιμές

υψηλότερες από 70% και 90% για COD και πολυφαινολικές ενώσεις, αντίστοιχα. Έχει πραγματοποιηθεί κινητική μελέτη σε κάθε διαδικασία, καθορίζοντας τις αντιπροσωπευτικές κινητικές παραμέτρους κάθε μοντέλου (<http://www.waterscienceand technology />, 23/02/2004).

#### 4.3.3 Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία Λυμάτων

Η διαδικασία ελαιολάδου είναι εποχιακή παραγωγή. Μετά από αυτή την παραγωγή, δημιουργείται τεράστια ποσότητα αποβλήτων. Τα λύματα ελαιολάδου έχουν επίσης υψηλή οργανική φόρτωση. Όλες αυτές οι συνθήκες καθιστούν την αναερόβια επεξεργασία μια πολύ ελκυστική επιλογή για την επεξεργασία αυτών των λυμάτων. Ο σημαντικότερος λόγος για την προτίμηση της αναερόβιας χώνευσης ως μεθόδου επεξεργασίας είναι η σκοπιμότητα επεξεργασίας λυμάτων με υψηλό οργανικό φορτίο και η τεχνικο-οικονομική δομή των λυμάτων των ελαιοτριβείων (Dalis et al., 1996).

Η αναερόβια χώνευση πραγματοποιείται σε αεροστεγή δοχεία από βακτήρια που δεν απαιτούν οξυγόνο για να αποσυνθέσουν οργανικές ενώσεις. Οι ρυθμοί ανάπτυξης αυτών των μικροοργανισμών είναι αισθητά χαμηλότεροι από τους ρυθμούς των αερόβιων και οι οδοί μεταβολικής αποικοδόμησης απαιτούν πολλούς διαφορετικούς μικροβιακούς πληθυσμούς σε σειρά, οι οποίοι καθιστούν τον έλεγχο της διεργασίας αναερόβιας πιο λεπτή από τις αερόβιες (Ergüder et al., 1996). Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την επεξεργασία υγρών οργανικών εκροών επειδή επιτρέπει την ανάκτηση ενός αξιοσημείωτου κλάσματος της χημικής ενέργειας στα απόβλητα ως μεθάνιο και παράγει πολύ λιγότερη ιλύ απόβλητα από τις αερόβιες διαδικασίες. Τα λύματα ελαιουργείου είναι κατάλληλα για αναερόβια επεξεργασία καθώς το ρυπογόνο φορτίο τους αποτελείται από οργανικές και διαλυτές ενώσεις (σάκχαρα, πολυφαινόλες, πηκτίνες κλπ.) (Oktav, 2001). Τα αποτελέσματα ορισμένων μελετών αναερόβιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ελαιουργείου που αναφέρονται στον Πίνακα 1.3.

#### 4.4 Επεξεργασία λυμάτων με αντιδραστήριο του Phenton

Τα λύματα από ελαιοτριβεία έχουν υποστεί κατεργασία με σύστημα Fe (II) / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (αντιδραστήριο Phenton). Οι τυπικές μεταβλητές λειτουργίας όπως η συγκέντρωση του αντιδραστηρίου (C (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) = 1,0-0,2 M, C (Fe (II)) = 0,01-0,1 M) και η θερμοκρασία (T = 293-323 K) χημική ζήτηση οξυγόνου και ολική απομάκρυνση άνθρακα (Rivas FJ & Beltran FJ, 1996). Το βέλτιστο pH εργασίας βρέθηκε να είναι στην περιοχή 2,5-3,0. Η εξώθερμη φύση της μεθόδου περιελάμβανε σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας των μέσων αντίδρασης. Η διαδικασία προσομοιώνεται καλά με έναν μηχανισμό ημιεπιχειρησιακής αντίδρασης που βασίζεται στην κλασική χημεία Phenton. Από το μοντέλο, η αντίδραση μεταξύ σιδηρού σιδήρου και υπεροξειδίου του υδρογόνου [ $k = 1,8 \times 10^{15} \exp((-12,577 \pm 1248) / T)$ ] προτάθηκε να είναι το στάδιο ελέγχου του συστήματος. Επίσης, η ταυτόχρονη αναποτελεσματική αποσύνθεση του υπεροξειδίου του υδρογόνου [ $k = 6.3 \times 10^{12} \exp((-11.987 \pm 2414) / T)$ ] σε νερό και οξυγόνο πιστεύεται ότι παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία. Με βάση τους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς για την κατανάλωση υπεροξειδίου του υδρογόνου, έχει ολοκληρωθεί μια εκτίμηση της οικονομίας της διαδικασίας (<http://www.waterscienceandtechnology/06/07/2003>).

##### 4.4.1. Προεπεξεργασία των αποβλήτων λυμάτων με προηγμένες φυσικοχημικές διεργασίες

Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η παρουσίαση βιώσιμων εναλλακτικών μεθόδων φυσικοχημικής επεξεργασίας για την προεπεξεργασία του μαύρου νερού από τις παραδοσιακές μονάδες ελαιοτριβείων. Στην πρώτη φάση της μελέτης μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα διαφόρων πηκτικών, συμπεριλαμβανομένων των FeSO<sub>4</sub>, FeCl<sub>3</sub> και alum σε χημική καθίζηση. Στη δεύτερη φάση της μελέτης, η οξείδωση του Phenton, που αναιρεί την όξινη ρωγμή, εφαρμόστηκε στο μαύρο νερό. Η μέθοδος πυρόλυσης οξέος έχει επιλεγεί ως η κατάλληλη τεχνική προεπεξεργασίας λόγω χαμηλού πλεονάσματος σχηματισμού ιλύος και σημαντικής ανάκτησης πετρελαίου για παραγωγή σαπουνιού παρά τις χαμηλές απορροφούμενες ποσότητες COD σε σύγκριση με τη χημική καθίζηση με FeSO<sub>4</sub>. COD και απομάκρυνση λαδιού και λίπους 91% και 96% επιτυγχάνονται αντίστοιχα με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος φυσικοχημικής προεπεξεργασίας (οξείδωση + οξείδωση του phenton) στο μαύρο νερό. Το ελάχιστο λειτουργικό κόστος του προτεινόμενου συστήματος προκατεργασίας υπολογίστηκε σε περίπου 5 ευρώ / m<sup>3</sup>. Για το λόγο αυτό, η υψηλή αναερόβια κεντρική επεξεργασία μετά την αποτελεσματική

διαχωρισμό του πετρελαίου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως κατάλληλη και βιώσιμη λύση επεξεργασίας λυμάτων για το μαύρο νερό από μονάδες ελαιοτριβείων (Aydin et.al., 2002).

#### 4.5 Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση θεωρείται ως ένας από τους καταλληλότερους τρόπους διάθεσης δυσάρεστων αποβλήτων και αύξησης της ποσότητας οργανικού matter που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση και τη διατήρηση του περιβάλλοντος. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει ετερογενές οργανικό υπόστρωμα στη στερεά κατάσταση, εξελίσσεται διερχόμενος από μια θερμοφιλή φάση και μια προσωρινή έκκριση φυτοτοξίνης. Μετά από αυτή τη διαδικασία, παράγονται CO<sub>2</sub>, υδρατμοί, μεταλλικά προϊόντα και σταθεροποιημένη οργανική ύλη. Για το λόγο αυτό, η λιπασματοποίηση είναι ένας πρακτικός και οικολογικός τρόπος ανακύκλωσης των λυμάτων της ελαιοτριβείου. Είναι δυνατό να μετατραπούν τα λύματα των ελαιοτριβείων και τα ελαιόλαδα που προστίθενται σε έναν παράγοντα διόγκωσης σε οργανικά λιπάσματα ή βελτιωτικά εδάφους χωρίς φωτοτοξικές επιδράσεις (Monteoliva-Sanchez et al., 1996).

#### 4.6. Σύστημα Ηλεκτρολύσεως

Τα λύματα ελαιοπυρήνων, τα οποία είναι ένα τοξικό υγρό, υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με μια ηλεκτροχημική μέθοδο χρησιμοποιώντας Ti / Pt ως άνοδο και το ανοξείδωτο χάλυβα 304 ως κάθοδο. Σε αυτή την τεχνική, NaCl 4% (β / ο) ως ηλεκτρολύτης προστέθηκε στα λύματα και το μίγμα διήλθε μέσω ενός ηλεκτρολυτικού στοιχείου. Λόγω των ισχυρών οξειδωτικών δυνατοτήτων της παραγόμενης χημικής ουσίας (χλώριο, οξυγόνο, ρίζες υδροξυλίου και άλλα οξειδωτικά), οι οργανικοί ρύποι ήταν υγρό οξειδωμένο διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Μετά από 1 και 10 ώρες ηλεκτρόλυσης στα 0.26 A / cm<sup>2</sup>, το ολικό COD μειώθηκε κατά 41 και 93%, αντίστοιχα, ο συνολικός TOC μειώθηκε κατά 20 και 80.4%, οι VSS μειώθηκαν κατά 1 και 98.7% και οι συνολικές φαινολικές ενώσεις μειώθηκαν κατά 50 και 99,4%. Επίσης, η μέση κατανάλωση ενέργειας ήταν 1.273 kWh ανά kg COD που αφαιρέθηκε για 1 ώρα και 12.3 kWh ανά kg COD αφαιρεθεί για 10 ώρες. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι αυτή η ηλεκτρολυτική μέθοδος ολικής οξείδωσης των εκροών ελαιολάδου δεν είναι εφικτή (Israilides et αϊ., 1997, σελ. 163).

#### 4.7. Εξάτμιση / Απόσταξη

Οι διεργασίες εξάτμισης και απόσταξης έχουν χρησιμοποιηθεί συχνά για την επεξεργασία λυμάτων. Η Annesini & Gironi (1991) διενήργησε κάποιες δοκιμές απόσταξης σε λύματα φυγοκεντρημένων ελαιοτριβείων για να αναγάγουν την επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στην συμπεριφορά εξάτμισης αυτών των αποβλήτων. Τα πειραματικά δεδομένα τους δείχνουν ότι η διαδικασία γήρανσης προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης πτητικών ενώσεων. Μια τέτοια συμπεριφορά μπορεί να περιγραφεί με όρους χημικής και βιοχημικής αντίδρασης μεταξύ λίγων ψευδο-ενώσεων, σύμφωνα με το προκαταρκτικό μοντέλο τους.

Οι περισσότερες μεσογειακές χώρες διαθέτουν λύματα από ελαιούχο μύλο σε τεχνητές λίμνες εξάτμισης. Σε μια μελέτη, η ποιοτική και τεκμηριωμένη αξιολόγηση της φαινολικής περιεκτικότητας και των αντιβακτηριδιακών ιδιοτήτων αυτών των υπολειμμάτων πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της εμφάνισης σε προσομοιωμένες λίμνες εξάτμισης. Δεν ανιχνεύθηκε καμία αντιβακτηριακή επίδραση σε εξατμιστή μετά από 91 ημέρες. Η ύπαρξη εδαφών βλάστησης ελαιολάδου επιτρέπει την απομάκρυνση του ρυπογόνου φορτίου σε βαθμό ανώτερο από το 90% όσον αφορά την COD (Di Gicomo et al., 1991, σελ. 249).

Σε μια άλλη μελέτη, δείγματα νερού βλάστησης από ελαιοπυρήνες διαχωρίστηκαν με εξάτμιση σε υδατικό υγρό (80-90% του αρχικού όγκου), μια παραδοσιακή βιολογική διαδικασία θα μπορούσε να καθαρίσει αυτό και ένα υπόλειμμα στο οποίο περίπου το 98% των οργανικών το φορτίο συγκεντρώθηκε. Οι ιδιότητες του υπολείμματος συμπυκνωμένου νερού της βλάστησης και του ελαιοφόρου φλοιού έδειξαν τη δυνατότητα χρήσης ενός μείγματος των δύο ως αποτελεσματικού καυσίμου για την παροχή θερμότητας για το στάδιο εξάτμισης (Saez et al., 1992, σελ. 1261).

#### 4.8. Επεξεργασία εδάφους

Η άμεση άρδευση του εδάφους με τα λύματα του ελαιοτριβείου για την εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων έχει προ πολλού προταθεί. Κανονικά χρησιμοποιούνται δόσεις μικρότερες από 800 m<sup>3</sup> / ha. Περιορισμοί της χρήσης οφείλονται στην φυτοτοξική επίδραση των λυμάτων που

προέρχονται από την ελαιοτριβείο που προκαλείται από την περιεκτικότητά της σε πολυφαινόλες και αλάτι. Ωστόσο, οι μέσες δόσεις υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου έχουν ευεργετικά αποτελέσματα, όπως η αύξηση της γονιμότητας του εδάφους, ο μικροβιακός πληθυσμός (ιδιαίτερα τα βακτήρια στερέωσης του N<sub>2</sub>), η βελτίωση της σταθερότητας των αδρανών του εδάφους και σε ορισμένες περιπτώσεις η απόδοση των καλλιεργειών. Η επεξεργασία εδάφους της επεξεργασίας ελαιοτριβείου απαιτεί μια έκταση επίπεδης γης κοντά στο μύλο, όπου το έδαφος έχει επαρκές πορώδες, διαπερατότητα και υδραυλική αγωγιμότητα, επιτρέποντας έτσι τη διείσδυση των λυμάτων του ελαιοτριβείου και αποφεύγοντας τη στασιμότητα και την απορροή. Οι λίμνες εξάτμισης προκάλεσαν σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις, όπως οσμές, πολλαπλασιασμό εντόμων, διαρροές, διήθηση και διόγκωση με λάσπες. Ωστόσο, το κύριο πρόβλημα με τις λίμνες συσσωρεύσεως είναι η ανεπαρκής τους ικανότητα (Cabrera et al., 1996, σελ. 217-218).

#### 4.8.1 Οι εξατμισοδεξαμενές

Στην χώρα μας έχει επικρατήσει η μέθοδος των εξατμισοδεξαμενών αφού φαίνεται να ικανοποιεί σε κάποιο βαθμό τις περισσότερες τεχνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις στο μέγεθος των Ελαιουργείων. Έτσι στην Κρήτη εφαρμόζεται, τώρα και δυο 10/ετίας στο 95% και άνω των ελαιοτριβείων. Προβλήματα παρουσιάζονται μόνο στις περιπτώσεις που κατασκευάζονται χωρίς μελέτη των διαστάσεων, χωρίς επιλογή της κατάλληλης θέσης σε σχέση με υδροφορείς ή οικισμούς και του καταλλήλου αδιαπέραστου εδάφους. Το στερεό οργανικό υπόλειμμα που παραμένει μετά την ολοκλήρωση της εξάτμισης (αρχές Θέρους) σήμερα χρησιμοποιείται μετά από χουμποποίηση σαν λίπασμα ή για καύση στα ελαιοτριβεία. Φαίνεται όμως να παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα για παραπέρα αξιοποίηση.

#### 4.9 Εφαρμογές διαχείρισης αποβλήτων ελιάς

Η πλειοψηφία της παραγωγής ελαιόλαδου και ελαιολάδου στην περιοχή της Μεσογείου πραγματοποιείται στην Ισπανία, την Ιταλία, την Ελλάδα και την Τουρκία. Ως εκ τούτου, οι τρέχουσες πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων ελαιοτριβείων σε αυτές τις χώρες συζητούνται συνοπτικά (Azbar et al., 2004 σελ. 237-238).

#### 4.9.1 Ισπανία

Το 1981, η ισπανική κυβέρνηση απαγόρευσε την απόρριψη των λυμάτων του ελαιοτριβείου στα μέσα παραλαβής και την επιδοτούμενη κατασκευή δεξαμενών αποθήκευσης για την προώθηση της εξάτμισης κατά τη θερινή περίοδο. Περίπου 1000 λίμνες εξάτμισης κατασκευάστηκαν, γεγονός που βελτίωσε την ποιότητα του νερού, αλλά έθεσε ενόχληση στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα λόγω προβλημάτων οσμής. Πιο πρόσφατα, τα διφασικά ελαιοτριβεία αντικατέστησαν τις παραδοσιακές τεχνικές παραγωγής στην Ισπανία (Azbar et al., 2004).

#### 4.9.2 Ιταλία

Ως επακόλουθο της νομοθεσίας για τον έλεγχο της ρύπανσης των υδάτων στην Ιταλία, τα λύματα των ελαιοτριβείων έπρεπε να υποβληθούν σε επεξεργασία πριν από την απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον. Έχουν εκδοθεί διάφορα προσωρινά νομοθετικά και υπουργικά διατάγματα που επιτρέπουν την εξάπλωση των λυμάτων στην ξηρά, τουλάχιστον υπό ελεγχόμενες συνθήκες, λόγω των δυσκολιών συμμόρφωσης με αυτά τα πρότυπα απαλλαγής. Λόγω του υψηλού κόστους των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και λαμβάνοντας υπόψη τα πιθανά οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα που μπορεί να προέλθουν από την ελαιουργική βιομηχανία, αυτή η ειδική νομοθεσία εκδόθηκε (Azbar et al., 2004).

Λαμβανομένων υπόψη των αποτελεσμάτων των μελετών που πραγματοποιήθηκαν κυρίως στην Ισπανία και την Ιταλία, οι οποίες κατέδειξαν την υψηλή λιπαντική αξία των λυμάτων του ελαιοτριβείου, επιτρεπόταν η χρήση τους ως βελτιωτικά εδάφους. Για το σκοπό αυτό, εκδόθηκε κανονισμός για τη διάθεση ή / και την ανακύκλωση των ελαιολάδων. Αυτός ο νέος κανονισμός που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων του ελαιοτριβείου και επιτρέπει τη χρήση υγρών στερεών αποβλήτων από την διαδικασία twophase ως λιπασμάτων στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Η διάδοση αυτή στην ξηρά πρέπει να κοινοποιείται στην τοπική αρχή και να υποστηρίζεται από τεχνική έκθεση (Azbar et al., 2004).

#### 4.9.3 Ελλάδα



Επί του παρόντος, ισχύουν ευρωπαϊκές ρυθμίσεις, παρόλο που ορισμένες τοπικές διοικήσεις επιβάλλουν αυστηρότερες περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Στην Ελλάδα, τα μικρά ελαιοτριβεία που εξυπηρετούν τις τοπικές κοινότητες είναι ευρέως διαδεδομένα, ειδικά σε περιοχές με χαμηλό εισόδημα. Τα απόβλητα συνήθως συλλέγονται σε αποβάθρες σε τέτοιες περιοχές. Εκτεταμένη έρευνα σε εξέλιξη στους ερευνητικούς οργανισμούς και τα πανεπιστήμια για την ασφαλή απόρριψη αυτού του νερού μέσα σε 3 μήνες μετά τις εκστρατείες (Azbar et al., 2004).

#### 4.9.4. Τουρκία

Οι τουρκικοί κανονισμοί ελέγχου της ρύπανσης των υδάτων επιβλέπουν την προστασία των υδάτινων πόρων από τη ρύπανση και καθορίζουν πρότυπα αποβολής τόσο για την προστασία των μέσων παραλαβής όσο και για τα λύματα των ελαιοτριβείων. Δεν υπάρχουν ειδικοί κανονισμοί σχετικά με την απόρριψη των λυμάτων του ελαιοτριβείου. Φαίνεται ότι ο τουρκικός παραγωγός ελαιολάδου θα αντιμετωπίσει μια κρίση παρόμοια με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, εάν δεν βρεθεί μια οικονομικά βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον λύση για τη διάθεση των αποβλήτων. Οι τοπικές διοικήσεις ανησυχούν βαθύτατα για τα προβλήματα, καθώς τα αστικά λύματα δεν είναι συνήθως σχεδιασμένα να δέχονται τέτοια αποχετευτικά λύματα μεγάλης αντοχής και πρέπει να λύσουν τις οχλήσεις πριν αρχίσει κάθε τουριστική περίοδος (Azbar et al., 2004).

Παρόλο που οι τουρκικοί ελαιουργοί επιλέγουν αμυντική συμπεριφορά και ισχυρίζονται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τον τομέα του ελαιολάδου, αυτό φυσικά δεν συμβαίνει. Το μεγαλύτερο και κύριο εμπόδιο μπροστά από την ασφαλή διάθεση των λυμάτων της ελαιοτριβείου είναι το γεγονός ότι οι επιχειρήσεις είναι μικρές και διάσπαρτες σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή (Azbar et al., 2004).

Όσον αφορά τα στερεά απόβλητα που προέρχονται από την παραγωγή ελαιολάδου, το Υπουργείο Περιβάλλοντος στην Τουρκία επέτρεψε την καύση ξηρού στερεού κέικ μόνο σε ελαιοτριβεία από το 2003, με την προϋπόθεση ότι πληρούνται τα όρια εκπομπών.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> Νομοθεσία για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων από ελαιοτριβεία

Η διάθεση των αποβλήτων σε Κοινοτικό επίπεδο, το άρθρο 4 της Οδηγίας 75/442/EEC για το θέμα των αποβλήτων, αξιώνει ότι οι χώρες – μέλη πρέπει να λάβουν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να διασφαλισθεί η ανάκτηση ή η διάθεση των αποβλήτων χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

- ΝΟΜΟΣ ΥΠ. ΑΡΙΘΜ. 2516/97: Ίδρυση και λειτουργία βιομηχανικών και βιοτεχνικών εγκαταστάσεων και άλλες διατάξεις (ΦΕΚ 159/Α/8-8-97). Σύμφωνα με το άρθρο 1 και με βάση την κινητήρια εγκατεστημένη ισχύ που είναι πάνω από 16 HP, τα ελαιοτριβεία νοούνται ως Βιομηχανία ή Βιοτεχνία.
- ΚΥΑ 69269/5387/90 : Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθορισμός περιεχομένου ειδικών περιβαλλοντικών μελετών και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με τον Ν. 1650/86 (ΦΕΚ 678Β/25-10-90).
- ΚΥΑ 10537/93 : Καθορισμός αντιστοιχίας της κατάταξης των βιομηχανικών – βιοτεχνικών δραστηριοτήτων της ΚΥΑ 69269/90 με την αναφερόμενη στις πολεοδομικές ή άλλες διατάξεις διάκριση των δραστηριοτήτων σε χαμηλή, μέση και υψηλή όχληση (ΦΕΚ 139Β/11-3-93). Σύμφωνα με το άρθρο 1, τα ελαιοτριβεία κατατάσσονται στις δραστηριότητες χαμηλής όχλησης.
- ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Ε1β/221 : Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων (ΦΕΚ 138/Β/24-12-1965). Η Διάταξη αυτή του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας, θέτει ουσιαστικά τα πλαίσια μέσα στα οποία πρέπει να κινούνται οι βιομηχανίες όσο αφορά την επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων τους. Στο άρθρο 1 δίνονται οι ορισμοί των λυμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων, επεξεργασίας κ.α. Το άρθρο 2 αναφέρεται με γενικούς όρους όσον αφορά την διάθεση των λυμάτων και στα άρθρα 3 και 4 παρουσιάζονται τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχουν τα επιφανειακά και τα θαλάσσια νερά ανάλογα με τις χρήσεις τους. Στην συνέχεια στα άρθρα 7 και 8 θέτονται οι όροι για τη διάθεση των λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων στο έδαφος και στο υπέδαφος. Τα άρθρα 9 έως 13

αναφέρονται στους όρους και στις μεθόδους που πρέπει να τηρούν και να ακολουθούν μεμονωμένες μονάδες (κατοικίες, σχολεία, ξενοδοχεία κ.α.) κατά την επεξεργασία των λυμάτων τους. Τέλος, στα άρθρα 14, 15 και 16 καθορίζονται ο τρόπος και οι απαιτήσεις για την αδειοδότηση της διάθεσης λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, η ισχύς της Διατάξεως και οι κυρώσεις και επίσης δίνονται μεταβατικές διατάξεις για τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις διαθέσεως των λυμάτων και μέθοδοι εξετάσεως βιομηχανικών αποβλήτων ή υδάτων.

- Μια σημαντική οδηγία εφαρμογής της Υ.Δ. Ε1β/221 που κοινοποιήθηκε με την εγκύκλιο του ΥΚΥ με αριθμό Α5/4690/ΕΓΚ.62/26-4-80, αναφέρει τους όρους για τη χορήγηση άδειας διαθέσεως λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, τον τρόπο ανανέωσης προσωρινής άδειας διαθέσεως τους και στοιχεία για τον έλεγχο αποδόσεως των εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Στο παράρτημα 1 της Οδηγίας υπάρχει ενδεικτικός πίνακας με τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά ποιοτικών παραμέτρων, για τον έλεγχο των βιομηχανικών αποβλήτων κατά κλάδο και είδος βιομηχανίας. Έτσι στην κατηγορία Βρώσιμα Λίπη και Έλαια του κλάδου Τροφών και Ποτών, οι τακτικοί ποιοτικοί παράμετροι που πρέπει να εξετάζονται είναι το BOD<sub>5</sub>, και το COD, τα αιωρούμενα στερεά, τα διαλυμένα στερεά, τα λίπη, τα έλαια και το pH ενώ οι συμπληρωματικοί παράμετροι είναι το N, ο P, τα θειικά και τα θειούχα κατά περίπτωση.
- Επίσης σημαντικότερες Οδηγίες Εφαρμογής της Υ.Δ. Ε1β/221/65 αποτελεί η εγκύκλιος του ΥΥΠ&ΚΑ με αρ. ΥΜ/2985/29-5-1991, που αναφέρεται στις προϋποθέσεις που απαιτούνται για την διάθεση των λυμάτων σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες στο έδαφος και σε υπόνομους, καθώς και η εγκύκλιος ΥΥΠ&ΚΑ ΜΕ ΑΡ. 242/27-1-1992, που αναφέρεται στην έγκριση των μελετών επεξεργασίας και διαθέσεως των υγρών αποβλήτων καθώς και στις σχετικές άδειες.
- Το πιο σημαντικό βήμα που έχει γίνει μέχρι σήμερα στην ελληνική νομοθεσία για τα Απόβλητα των Ελαιοτριβείων, αποτελεί η εγκύκλιος του ΥΥΠ&ΚΑ με αρ. ΥΜ/5784/23-1-1992 και αρ. 4419/23-10-1992. Αυτή η εγκύκλιος αναφέρει αναλυτικά: «Έχοντας υπόψη τα προβλήματα που δημιουργούνται στο περιβάλλον από τη διάθεση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων», σας γνωρίζουμε τα εξής: 1) Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων με χημική μέθοδο (εξουδετέρωση με υδράσβεστο και χημική κροκίδωση) αποτελεί μια μέθοδος μείωσης του οργανικού και χημικού

ρυπαντικού φορτίου, για χαμηλά όμως ποσοστά. Ακόμα και με πλήρη σχεδόν απόδοση των εγκαταστάσεων δεν προσεγγίζει τα επιθυμητά επίπεδα, όπως προβλέπεται από την Υ.Δ.Ε1β/221/65 και τις σχετικές εγκυκλίους 2) Η προαναφερόμενη μέθοδος είναι μια κλασσική και ευρέως διαδεδομένη μέθοδος μείωσης της ρύπανσης, πλην όμως υπάρχουν και άλλες παραλλαγές αυτής ή και συμπληρωματικές (π.χ. διάφορα κροκιδωτικά υλικά, συνδυασμός με αναερόβια βιολογική επεξεργασία κ.λ.π). Επειδή πρόκειται για επιβαρημένα και δύσκολα στο χειρισμό απόβλητα, θα πρέπει η επιλεγόμενη μέθοδος επεξεργασίας, πέραν της υψηλής αποδοτικότητας και λειτουργικότητας, να είναι και τεχνικό – οικονομικώς συμφέρουσα στις μικρές επιχειρήσεις (ελαιοτριβεία). Στα πλαίσια αυτά στρέφονται και οι ερευνητικές μελέτες που έγιναν και γίνονται και που οπωσδήποτε τα αποτελέσματα θα συνεκτιμηθούν και θα γίνουν οι ανάλογες νομοθετικές ρυθμίσεις (εγκύκλιοι, τροποποιήσεις Υγειονομικών Διατάξεων κ.λ.π). 3) Ο τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων αποβλήτων θα καθορίζεται πάντοτε στα πλαίσια της Υ.Δ.Ε1β/221/65 και της εγκυκλίου με αρ. οικ. ΥΜ 2985/29-5-91 και οπωσδήποτε θα λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες. Η θάλασσα και γενικότερα οι υδάτινοι αποδέκτες θα πρέπει να αποφεύγονται και αποτελούν μόνο την αναπόφευκτη λύση, αφού αποκλεισθούν όλες οι άλλες δυνατότητες τελικής διάθεσης (υπεδάφιας, επιφανειακά στο έδαφος κ.λ.π).

- ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 1180: Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγόμενων εις τα της λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνών, πάσης φύσης μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτων διασφάλισης περιβάλλοντος εν γένει (ΦΕΚ 293/τ.α./6-10-1981). Το Προεδρικό αυτό Διάταγμα αποτελεί την προγενέστερη μορφή του Ν. 1650/86, δηλαδή του νόμου πλαίσιο για το περιβάλλον. Έτσι, δίνει ορισμούς όπως για το περιβάλλον, τη ρύπανση, τη μόλυνση, κ.λ.π. Μεταξύ άλλων το Διάταγμα αυτό καθορίζει με το άρθρο 3 τις κατευθυντήριες τιμές, για τον καθορισμό των επιτρεπόμενων ορίων εκπομπής ρυπαινοσών ουσιών σε υδάτινο αποδέκτη, ανάλογα της χρήσης και της αφομοιωτικής ικανότητας αυτού, σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες υγειονομικές διατάξεις.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> Περιγραφή μελέτης περίπτωσης

Η παρούσα τεχνική έκθεση αφορά την λειτουργία εδαφοδεξαμενής (Lagun) για την αποθήκευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων κατά την παραγωγική διαδικασία της λειτουργίας Πυρηνελαιουργείου ιδιοκτησίας Ελαιουργία Νικολόπουλου ΑΕ που βρίσκεται σε αγροτική περιοχή της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Πύργου.

Στην εν λόγω επιχείρηση υπάρχουν τα εξής τμήματα :

- Τμήμα Επεξεργασίας διφασικού ελαιοπυρήνα
- Τμήμα Ξηραντήριου
- Τμήμα Εκχυλιστηρίου

Τα υγρά απόβλητα της επιχείρησης οδηγούνται σε δεξαμενή υδρασβέστωσης διαστάσεων 2,00X3,60X2,00 όπου προστίθεται υδράσβεστος σε ποσοστό 5Kgr για κάθε m<sup>3</sup> αποβλήτων και εν συνεχεία σε διθάλαμη δεξαμενή καθίζησης διαστάσεων 2,00X7,20X2,00 όπου παραμένουν επί 18h.

Τέλος από εκεί τα απόβλητα οδηγούνται μέσω υπόγειων σωληνώσεων σε εδαφοδεξαμενή (lagun) διαστάσεων 60,25m x 42.00m και βάθους 2,50μ συνολικού εμβαδού E = 2.530,50 τ.μ. και συνολικού όγκου V = 2.530,50 τ.μ. x 2.50μ = 6.073,20 κ.μ. Τα υγρά απόβλητα που συγκεντρώνονται σ' αυτήν εξατμίζονται με την βοήθεια του ήλιου και του ανέμου και απομένει ιλύς η οποία με ανάμειξη με ασβέστη χρησιμοποιείται ως λίπασμα.

Τα συνολικά απόβλητα του τμήματος επεξεργασίας διφασικού ελαιοπυρήνα και του τμήματος ξήρανσης ανέρχονται σε **2.150,00tn/y ή 21,5m<sup>3</sup> / ημέρα**, (ημέρες λειτουργίας 100) ενώ από το τμήμα της εκχύλισης τα υγρά απόβλητα ανέρχονται σε **290,00tn/y ή 2.90m<sup>3</sup> / ημέρα** (ημέρες λειτουργίας 100). Επομένως η συνολική ποσότητα υγρών αποβλήτων που καταλήγουν στην εδαφοδεξαμενή (Lagun) είναι 2,150,00tn/y + 290.00tn/y = **2.440.00tn/y**

Η κατασκευή μιας τέτοιας δεξαμενής εξαρτάται από το ύψος του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και από την ποιότητα του εδάφους. Για την συγκεκριμένη επιχείρηση έχει ως εξής :

Το ύψος του υδροφόρου ορίζοντα βρίσκεται στα 10,00 μέτρα και το έδαφος είναι αργιλώδης.

Γίνεται εκσκαφή σε βάθος 2,70m και στη συνέχεια συμπίεση με οδοστρωτήρα. Αφού ολοκληρωθεί η συμπίεση ρίχνουμε άργιλο (γλίνα) πάχους 20cm. Μετά ξαναγίνεται συμπίεση με οδοστρωτήρα για να επιτύχουμε την στεγανότητα της δεξαμενής.

Οι παρυφές της εν λόγω δεξαμενής είναι επικλινείς, και έχει εφαρμοσθεί η ίδια μέθοδος στεγανοποίησης η δε δεξαμενή θα περιφραχθεί ώστε να μην είναι δυνατή η είσοδος σε όσους δεν έχουν εργασία και θα τοποθετηθεί και η ανάλογη σήμανση ασφαλείας.

Για τον έλεγχο τυχόν διαρροών θα γίνονται ανά έτος τυφλές γεωτρήσεις γύρω από το Lagun και τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα διατηρούνται στο γραφείο της επιχείρησης για να είναι στη διαθήκη των Υπηρεσιών ελέγχου.

Για την πρόληψη των οσμών θα γίνεται ανάδευση και εφόσον διαπιστωθούν οχλήσεις θα γίνεται οξείδωση (προσθήκη υπεροξειδίου του υδρογόνου 1% ανά μονάδα όγκου των υγρών αποβλήτων).

Επειδή η λειτουργία της επιχείρησης είναι εποχιακή από 15/11 έως 15/03 (100 ημέρες λειτουργίας) κάθε έτους η ποσότητα υγρών αποβλήτων που καταλήγουν στο Lagun από την λειτουργία της όπως αναφέραμε και πιο πάνω είναι 2.440.00 tn / y :

Επιπλέον εντός της εδαφοδεξαμενής καταλήγουν και τα νερά της βροχής τα οποία σύμφωνα με τους Πίνακες που αναρτώνται στην ηλεκτρονική σελίδα της ΕΜΥ για την κάθε περιοχή είναι :

Ετήσια Βροχόπτωση : 920,9 mmΥΣ ή 0,92m

Ετήσια Εξάτμιση : 1542,7mmΥΣ ή 1,54m

Αρα μπορούμε να εξατμίσουμε:  $1542,7 - 920,9 = \underline{621,8 \text{ mmΥΣ}}$

Ετήσια Εξάτμιση αποβλήτων :  $621,28 \text{ mmΥΣ} \times \text{Εμβαδόν δεξαμενής} / 1000 =$

$(621,28 \text{ mmΥΣ} \times 2.530.50 \text{ τ.μ.}) / 1000 = \underline{1.572,14 \text{ κ.μ.}}$

Το ύψος που θα καταλαμβάνουν τα απόβλητα είναι  $2.440,00 \text{ m}^3 / 1.572,14 \text{ m}^2 = 1.55 \text{ m}$  και το ύψος που θα καταλαμβάνουν τα βρόχινα νερά είναι 0,92m .Το σύνολο αυτών των δυο δίνει ύψος 2.47m. < 2.50m . Προκειμένου όμως να είμαστε σίγουροι ότι δεν υπάρχει κίνδυνος υπερχειλίσης θα κατασκευαστεί ανάχωμα περιμετρικά της δεξαμενής ύψους 0,5 m.

Περιμετρικά της δεξαμενής έχει τοποθετηθεί συρματοπλέγμα ύψους 1,80 μ. Για την προστασία από κάποιο ατύχημα.

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, η ισχύς αυτού καθώς και ο οικονομικός προϋπολογισμός του πυρηνελαιουργείου που εξετάζουμε, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

## 6.1 ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ</b>				
<b>1. ΤΜΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΙΦΑΣΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑ (RERASO)</b>				
α/α	Όνομασία μηχανήματος	ΤΕΜ	ΛΞΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΛΞΙΑ
1	Αντλία ΜΗΟΝΟ	2	2.250,00	4.500,00
2	Decader	2	60.000,00	120.000,00
3	Μαλακτήρες	7	7.000,00	49.000,00
4	Λέβητας Νερού	1	2.000,00	2.000,00
5	Αναβτήριο Πυρήνα (Λάσπη)	2	5.000,00	10.000,00
6	Διαχωριστήρας	1	9.000,00	9.000,00
7	Αναβτήριο Πυρήνα	1	7.000,00	7.000,00
8	Δεξαμενές Ελαίου	1	10.000,00	10.000,00
9	Δομητικά	2	4.000,00	8.000,00
10	Σύστημα τροφοδοσίας νερού	2	2.000,00	4.000,00
11	Αντλία βυθίζαμενη	1	2.000,00	2.000,00
12	Κοχλίας μεταφοράς ελαιοπυρήνα	1	9.000,00	9.000,00
	<b>Άθροισμα 1</b>			<b>234.500,00</b>
<b>2. ΤΜΗΜΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑ (ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟ)</b>				
α/α	Όνομασία μηχανήματος	ΤΕΜ	ΛΞΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΛΞΙΑ
13	Τροφοδοτικός κοχλίας	1	15.000,00	15.000,00
14	Μεταφορική ταινία	1	13.000,00	13.000,00
15	Εναέριος κοχλίας τροφοδοσίας	1	5.000,00	5.000,00
16	Εστία	1	5.000,00	5.000,00
17	Πυρηνοκαυστήρας	2	5.000,00	10.000,00
18	Ξηραντήριο	1	500.000,00	500.000,00
19	Εξοδος Ξηραντηρίου	1	46.000,00	46.000,00
20	Ανεμιστήρας Απαερίων ξήρανσης	1	2.000,00	2.000,00
21	Κυκλώνας Ξηραντηρίου	2	20.000,00	40.000,00
22	Μεταφορική ταινία ξηρού πυρήνα	1	21.000,00	21.000,00
23	Κοχλίας μεταφοράς σκόνης	2	4.250,00	8.500,00
24	Ατμολέβητας	1	60.000,00	60.000,00
25	Πυρηνοκαυστήρας	1	1.000,00	1.000,00
26	Αντλία νερού λέβητα	1	1.000,00	1.000,00
27	Ανεμιστήρας καπνιστήριων λέβητα	1	20.000,00	20.000,00
28	Κυκλώνας ατμολέβητα	1	30.000,00	30.000,00
	<b>Άθροισμα 2</b>			<b>777.500,00</b>
<b>3. ΤΜΗΜΑ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑ (ΕΚΧΥΛΙΣΤΗΡΙΟ)</b>				
α/α	Όνομασία μηχανήματος	ΤΕΜ	ΛΞΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΛΞΙΑ
29	Κοχλίας υπόγειος	1	1.000,00	1.000,00
30	Αναβτήριο	1	2.500,00	2.500,00
31	Κοχλίας εκχυλιστηρίων	1	1.000,00	1.000,00
32	Εκχυλιστήρας	8	12.000,00	96.000,00
33	Δεξαμενή εξανίου	2	5.000,00	10.000,00
34	Δεξαμενή Μισέλας	2	2.500,00	5.000,00
35	Διαχωριστήρας εξανίου - νερού	1	5.000,00	5.000,00
36	Απονερωτής εξανίου	1	1.500,00	1.500,00
37	Κεντρικός Αποστακτήρας	1	1.000,00	1.000,00
38	Συλλέκτης σταγονιδίων	1	500,00	500,00
39	Τελικός αποστακτήρας	2	1.500,00	3.000,00
40	Προθερμαντήρας μισέλας	1	500,00	500,00
41	Προθερμαντήρας εξανίου	1	500,00	500,00
42	Ψυγεία Αερίων εξανίου	4	2.500,00	10.000,00
43	Δεξαμενή λαδιού παραγωγής	1	1.000,00	1.000,00
44	Ανακτητής αερίων εξανίου	1	1.500,00	1.500,00
45	Πύργος Ψύξης	4	3.000,00	12.000,00
46	Αντλία υδραυλικών εκχυλιστηρίου	1	1.000,00	1.000,00
47	Αντλία πυρόσβεσης	1	5.000,00	5.000,00
	<b>Άθροισμα 3</b>			<b>158.000,00</b>
	<b>Συνολική αξία μηχανολογικού εξοπλισμού</b>			<b>1.170.000,00</b>

## 6.2 ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΥΠΟΜΝΗΜΑ Η-Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

<b>ΥΠΟΜΝΗΜΑ Η-Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>				
<b>1. ΤΜΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΙΦΑΣΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑ (REPASO)</b>				
α/α	Όνομασία μηχανήματος	ΤΕΜ	ΙΣΧΥΣ (KW) / ΤΕΜ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ
1	Αντλία ΜΗΟΝΟ	2	11,60	23,20
2	Decader	2	60,00+30,00	90,00
3	Μαλλακτήρες	7	3,00	21,00
4	Λέβητας Νερού	1	---	---
5	Αναβατόριο Πυρήνα (Λάσπη)	2	5,50	11,00
6	Διαχωριστήρας	1	11,00	11,00
7	Αναβατόριο Πυρήνα	1	4,00	4,00
8	Δεξαμενές Ελαίου	1	---	---
9	Δομητικά	2	2,74	5,48
10	Σύστημα τροφοδοσίας νερού	2	1,80	3,60
11	Αντλία βυθιζόμενη	1	0,73	0,73
12	Κοχλίας μεταφοράς ελαιοπυρήνα	1	3,00	3,00
<b>Άθροισμα 1</b>				<b>173,01</b>
<b>2. ΤΜΗΜΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑ (ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟ)</b>				
α/α	Όνομασία μηχανήματος	ΤΕΜ	ΙΣΧΥΣ (KW) / ΤΕΜ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ
13	Τροφοδοτικός κοχλίας	1	11,00	11,00
14	Μεταφορική ταινία	1	4,00	4,00
15	Εναέριος κοχλίας τροφοδοσίας	1	1,50	1,50
16	Εστία	1	---	---
17	Πυρηνοκαυστήρας	2	7,00	14,00
18	Ξηραντήριο	1	30,00	30,00
19	Έξοδος Ξηραντηρίου	1	---	---
20	Ανεμιστήρας Απαερίων Ξήρανσης	1	90,00	90,00
21	Κυκλώνας Ξηραντηρίου	2	---	---
22	Μεταφορική ταινία ξηρού πυρήνα	1	4,00	4,00
23	Κοχλίας μεταφοράς σκόνης	2	1,47	2,94
24	Ατμολέβητας	1	---	---
25	Πυρηνοκαυστήρας	1	5,52	5,52
26	Αντλία νερού λέβητα	1	7,36	7,36
27	Ανεμιστήρας καπναερίων λέβητα	1	29,44	29,44
28	Κυκλώνας ατμολέβητα	1	---	---
<b>Άθροισμα 2</b>				<b>199,76</b>
<b>3. ΤΜΗΜΑ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑ (ΕΚΧΥΛΙΣΤΗΡΙΟ)</b>				
α/α	Όνομασία μηχανήματος	ΤΕΜ	ΙΣΧΥΣ (KW) / ΤΕΜ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ
29	Κοχλίας υπόγειος	1	11,04	11,04
30	Αναβατόριο	1	5,52	5,52
31	Κοχλίας εκχυλιστηρίων	1	11,04	11,04
32	Εκχυλιστήρας	8	---	---
33	Δεξαμενή εξανίου	2	4,05	8,10
34	Δεξαμενή Μισέλας	2	4,05	8,10
35	Διαχωριστήρας εξανίου - νερού	1	---	---
36	Απονερωτής εξανίου	1	---	---
37	Κεντρικός Αποστακτήρας	1	---	---
38	Συλλέκτης σταγονιδίων	1	---	---
39	Τελικός αποστακτήρας	2	---	---
40	Προθερμαντήρας μισέλας	1	---	---
41	Προθερμαντήρας εξανίου	1	---	---
42	Ψυγεία Αερίων εξανίου	4	7,36	29,44
43	Δεξαμενή λαδιού παραγωγής	1	---	---
44	Ανακτητής αερίων εξανίου	1	---	---
45	Πύργος Ψύξης	4	4,05	16,19
46	Αντλία υδραυλικών εκχυλιστηρίου	1	7,35	7,35
47	Αντλία πυρόσβεσης	1	29,44	29,44
<b>Άθροισμα 3</b>				<b>126,22</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>				<b>498,99</b>



## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> Υπολογισμός διαδικασίας επεξεργασίας αποβλήτων στην εδαφοδεξαμενή

Οι διεργασίες βιολογικής επεξεργασίας μπορούν βασικά να διαιρεθούν σε:

- (α) αερόβια
- (β) προαιρετική
- (γ) αναερόβια

Κάθε μία από τις παραπάνω διεργασίες περιλαμβάνει βιολογικά κύτταρα που απαιτούν ένα χημικό υπόστρωμα και κάποιες βέλτιστες φυσικές συνθήκες για την ανάπτυξή τους και την επιβίωσή τους πριν τελικά καταρρεύσουν.

Οι επιστήμονες προσπάθησαν να εξορθολογήσουν την ανάπτυξη βακτηριακών κυττάρων (συμπεριλαμβανομένων εκείνων που εμπλέκονται στην επεξεργασία λυμάτων), σε απλοποιημένα μοντέλα ανάπτυξης με συνοδεία κινητικής ανάπτυξης (Monod 1949, McCarty 1966, Pearson 1968, Thirumurthi 1974, Marais 1970, 1974). Αυτά θα συζητηθούν σε αυτό το τμήμα.

### 7.1 Εξισώσεις σχεδίασης

Τα σχέδια λιμνών μπορούν να προκύψουν από εξισώσεις οι οποίες με τη σειρά τους προέρχονται από:

- (α) εμπειρικά δεδομένα από την πραγματική εμπειρία πεδίου ή
- (β) ένα ορθολογικό μοντέλο σχεδιασμού που χρησιμοποιεί μια κατανόηση της βιολογικής κινητικής.

Το BOD χρησιμοποιείται συνήθως ως παράμετρος ρύπανσης για να περιγράψει την απόδοση και το σχεδιασμό μιας λίμνης.

Μια αναερόβια λίμνη είναι μια βαθιά κατακρήμνιση, ουσιαστικά απαλλαγμένη από DO. Οι βιοχημικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα σε βαθιές λεκάνες και τέτοιες δεξαμενές χρησιμοποιούνται συχνά ως συστήματα προκαταρκτικής επεξεργασίας. Οι αναερόβιες λίμνες δεν αερίζονται, δεν θερμαίνονται ούτε αναμιγνύονται.

Οι αναερόβιες λίμνες έχουν συνήθως βάθος μεγαλύτερο από 8 μέτρα. Σε τέτοια βάθη, τα αποτελέσματα της διάχυσης οξυγόνου (O<sub>2</sub>) από την επιφάνεια ελαχιστοποιούνται, επιτρέποντας να κυριαρχούν οι αναερόβιες συνθήκες. Η διαδικασία είναι ανάλογη με εκείνη ενός μονοβάθμιου μη θερμαινόμενου αναερόβιου χωνευτήρα. Η προκαταρκτική επεξεργασία σε μια αναερόβια λίμνη περιλαμβάνει τον διαχωρισμό των καθιζήσιμων στερεών, την πέψη των στερεών και την επεξεργασία του υγρού τμήματος. Χρησιμοποιούνται συμβατικά για την επεξεργασία βιομηχανικών λυμάτων υψηλής αντοχής ή για την παροχή του πρώτου σταδίου επεξεργασίας στα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων των αστικών λυμάτων. Οι αναερόβιες λίμνες ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικές στην επεξεργασία οργανικών λυμάτων υψηλής αντοχής. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν τα βιομηχανικά λύματα και τα αγροτικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων που έχουν σημαντικό βιολογικό φορτίο από βιομηχανικές πηγές. Η απομάκρυνση του BOD<sub>5</sub> μπορεί να φτάσει το 60%. Η εκροή δεν μπορεί να εκφορτιστεί λόγω του υψηλού επιπέδου BOD<sub>5</sub> που παραμένει. Οι αναερόβιες λίμνες δεν αποτελούν κατάλληλο σχέδιο για τοποθεσίες που δεν διαθέτουν επαρκή έκταση. Οι δυνατότητες αποδόμησης των οσμών, αν δεν διοικούνται σωστά, τις καθιστούν λιγότερο αξιόπιστη επιλογή για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Τέλος, η αναερόβια διαδικασία μπορεί να απαιτεί μεγάλους χρόνους κατακράτησης, ειδικά σε ψυχρά κλίματα, καθώς τα αναερόβια βακτήρια είναι ανενεργά κάτω από τους 15 ° C. Ως εκ τούτου, οι αναερόβιες λίμνες δεν χρησιμοποιούνται ευρέως για την επεξεργασία αστικών λυμάτων.

Επειδή οι αναερόβιες λίμνες είναι βαθιές και γενικά έχουν σχετικά μεγαλύτερο χρόνο υδραυλικής παραμονής (HRT), έτσι τα στερεά καθιζάνουν, η διατηρούμενη λάσπη χωνεύεται και η συγκέντρωση BOD<sub>5</sub> μειώνεται. Τα ακατέργαστα λύματα εισέρχονται κοντά στον πυθμένα της λίμνης και αναμιγνύονται με την ενεργή μικροβιακή μάζα στην κουβέρτα ιλύος. Υφίστανται αναερόβιες συνθήκες εκτός από ένα ρηχό επιφανειακό στρώμα στο οποίο συγκεντρώνονται τα πλεονάζοντα άθικτα λίπη και αφρό. Μερικές φορές παρέχεται αερισμός στην επιφάνεια για τον έλεγχο των οσμών. Μια αδιαπέραστη κρούστα που διατηρεί θερμότητα και οσμές θα αναπτυχθεί

εάν δεν παρέχεται επιφανειακός αερισμός. Η αποφόρτιση βρίσκεται κοντά στην απέναντι πλευρά της εισροής. Οι αναερόβιες λίμνες συνήθως ακολουθούνται από αερόβιες ή προαιρετικές λίμνες για την παροχή πρόσθετης επεξεργασίας.

Η αναερόβια λίμνη συνήθως ακολουθείται από ένα φίλτρο ράβδων και ένα ρεύμα Parshall με καταγραφικό ροής για τον προσδιορισμό της εισροής. Μπορεί να παρέχεται ένα κάλυμμα για την παγίδευση και τη συλλογή του CH<sub>4</sub>, ενός παραπροϊόντος της μεθόδου, για χρήση αλλού

#### 7.1.1 Μικροβιολογικές αντιδράσεις

Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τα οργανικά υλικά σε σταθερά προϊόντα, όπως το CO<sub>2</sub> και το CH<sub>4</sub>. Η διαδικασία αποικοδόμησης περιλαμβάνει δύο χωριστές αλλά αλληλένδετες φάσεις: σχηματισμό οξέων και παραγωγή μεθανίου. Κατά τη διάρκεια της όξινης φάσης, τα βακτήρια μετατρέπουν πολύπλοκες οργανικές ενώσεις (υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες) σε απλές οργανικές ενώσεις, κυρίως πτητικά οργανικά οξέα βραχείας αλυσίδας (οξικό, προπιονικό και γαλακτικό οξύ). Τα αναερόβια βακτηρίδια που εμπλέκονται σε αυτή τη φάση ονομάζονται "παράγοντες σχηματισμού οξέων" και ταξινομούνται ως μη-μεθανιογενείς μικροοργανισμοί. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, η χημική ζήτηση οξυγόνου (COD) είναι χαμηλή και η μείωση του BOD<sub>5</sub> συμβαίνει επειδή τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας, οι αλκοόλες και άλλες οργανικές ενώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολλούς αερόβιους μικροοργανισμούς.

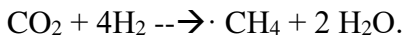
Η φάση παραγωγής μεθανίου περιλαμβάνει ένα ενδιάμεσο βήμα. Πρώτον, τα βακτήρια μετατρέπουν τα οργανικά οξέα βραχείας αλυσίδας σε οξικό, αέριο υδρογόνο (H<sub>2</sub>) και CO<sub>2</sub>. Αυτή η ενδιάμεση μέθοδος αναφέρεται ως ακετογένεση. Στη συνέχεια, διάφορα είδη αυστηρά αναερόβιων βακτηρίων που ονομάζονται "μορφοποιητές μεθανίου" μετατρέπουν το οξικό, το H<sub>2</sub> και το CO<sub>2</sub> σε CH<sub>4</sub> μέσω μιας από τις δύο κύριες οδούς. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται ως μεθανογένεση. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, λαμβάνει χώρα σταθεροποίηση αποβλήτων, που υποδεικνύεται από το σχηματισμό CH<sub>4</sub>. Οι δύο κύριες οδοί σχηματισμού μεθανίου είναι

1) την κατανομή του οξικού οξέος για τον σχηματισμό μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα:



και

2) τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα από αέριο υδρογόνο για τον σχηματισμό μεθανίου:



### 7.1.2 Ισοζύγιο

Όταν το σύστημα λειτουργεί σωστά, οι δύο φάσεις υποβάθμισης συμβαίνουν ταυτόχρονα σε δυναμική ισορροπία. Τα πτητικά οργανικά οξέα μετατρέπονται σε μεθάνιο με τον ίδιο ρυθμό που σχηματίζονται από τα πιο σύνθετα οργανικά μόρια. Ο ρυθμός ανάπτυξης και ο μεταβολισμός των μεθανογόνων βακτηρίων μπορεί να επηρεαστούν δυσμενώς από τις μικρές διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων και θερμοκρασίας του υποστρώματος του pH, αλλά η απόδοση των βακτηρίων που σχηματίζουν οξύ είναι περισσότερο ανεκτική σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών. Όταν οι αναερόβιες λίμνες καταπονούνται από τα φορτία κρούσης ή τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, η δραστηριότητα των βακτηρίων  $\text{CH}_4$  συμβαίνει πιο αργά από τον σχηματισμό οξέων και εμφανίζεται ανισορροπία. Τα ενδιάμεσα πτητικά οργανικά οξέα συσσωρεύονται και το pH πέφτει. Τα μεθανογόνα αναστέλλονται περαιτέρω και η διαδικασία τελικά αποτυγχάνει χωρίς διορθωτική δράση. Για το λόγο αυτό, η φάση σχηματισμού  $\text{CH}_4$  είναι το βήμα περιορισμού του ρυθμού και δεν πρέπει να παρεμποδίζεται. Για να λειτουργεί σωστά μια αναερόβια λίμνη, ο σχεδιασμός πρέπει να ενσωματώνει τα περιοριστικά χαρακτηριστικά αυτών των μεθανογενών.

Το σύστημα πρέπει να λειτουργεί υπό συνθήκες ευνοϊκές για την απόδοση μεθανονικών βακτηριδίων. Ιδανικά, οι θερμοκρασίες θα πρέπει να διατηρούνται στο εύρος των 25 έως 40 ° C. Η αναερόβια δραστηριότητα μειώνεται ραγδαία σε θερμοκρασίες κάτω των 15 ° C και ουσιαστικά σταματά όταν η θερμοκρασία του νερού πέσει κάτω από το πάγωμα (0 ° C). Η τιμή του pH πρέπει να κυμαίνεται από 6,6 έως 7,6 και δεν πρέπει να πέσει κάτω από 6,2, καθώς τα βακτήρια  $\text{CH}_4$  δεν μπορούν να λειτουργήσουν κάτω από αυτό το επίπεδο. Οι αιφνίδιες διακυμάνσεις του pH θα

διαταράζουν τη μεθαγονική δραστηριότητα και θα εμποδίσουν την απόδοση της λίμνης. Η αλκαλικότητα πρέπει να κυμαίνεται από 1.000 έως 5.000 mg / L.

Η συγκέντρωση πτητικών οξέων αποτελεί δείκτη της απόδοσης της διαδικασίας. Στην ιδανική περίπτωση, οι συγκεντρώσεις πτητικών οξέων θα είναι χαμηλές εάν το σύστημα λιμνών λειτουργεί σωστά και διατηρείται δυναμική ισορροπία μεταξύ σχηματισμού οξέος και κατανάλωσης. Κατά γενικό κανόνα, οι συγκεντρώσεις θα πρέπει να είναι μικρότερες από 250 mg / L. Η αναστολή λαμβάνει χώρα σε συγκεντρώσεις πτητικών οξέων που υπερβαίνουν τα 2.000 mg / L. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει βέλτιστες και ακραίες περιοχές λειτουργίας για τον σχηματισμό CH<sub>4</sub>. Ο ρυθμός του σχηματισμού CH<sub>4</sub> πέφτει δραματικά εκτός αυτών των περιοχών. Εκτός από την τήρηση αυτών των οδηγιών, πρέπει να είναι διαθέσιμα επαρκή θρεπτικά συστατικά, όπως τα N και P. Οι συγκεντρώσεις ανασταλτικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένου του NH<sub>3</sub> και του ασβεστίου, πρέπει να διατηρούνται στο ελάχιστο. Οι υψηλές συγκεντρώσεις αυτών των αναστολέων θα μειώσουν τη βιολογική δραστηριότητα. Η συγκέντρωση του ελεύθερου NH<sub>3</sub> που υπερβαίνει τα 1.540 mg / L θα οδηγήσει σε σοβαρή τοξικότητα, αλλά οι συγκεντρώσεις NH<sub>4</sub><sup>+</sup> πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 3.000 mg / L για να παράγουν το ίδιο αποτέλεσμα. Η διατήρηση ενός pH ίσου ή μικρότερου από 7,2 θα εξασφαλίσει ότι το μεγαλύτερο μέρος του NH<sub>3</sub> θα έχει τη μορφή NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, έτσι ώστε οι υψηλότερες συγκεντρώσεις να είναι ανεκτές με ελάχιστη επίδραση.

Πίνακας 13 Ιδανικές συνθήκες λειτουργίας

Variable	Optimal	Extreme
Temperature, °C	30-35	25-40
pH	6.8-7.4	6.2-7.8
Oxidation-Reduction Potential, MV	-520 to -530	-490 to -550
Volatile Acids, mg/L as Acetic	50-500	2000
Alkalinity, mg/L as CaCO <sub>3</sub>	2000-3000	1000-5000

Ο Πίνακας 12 παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για αποδεκτές περιοχές άλλων ανασταλτικών ουσιών.

Πίνακας 14 Συγκεντρώσεις ανασταλτικών ουσιών

Substance	Moderately Inhibitory (mg/L)	Strongly Inhibitory (mg/L)
Sodium	3,500-5,500	8,000
Potassium	2,500-4,500	12,000
Calcium	2,500-4,500	8,000
Magnesium	1,000-1,500	3,000
Sulfides	200	>200

Οι αναερόβιες λίμνες παράγουν ανεπιθύμητες οσμές, εκτός αν γίνονται προβλέψεις για την οξείδωση των αερίων που διαφεύγουν. Η παραγωγή αερίου πρέπει να ελαχιστοποιείται (η συγκέντρωση θειικού ( $\text{SO}_4^{2-}$ )) πρέπει να μειώνεται σε λιγότερο από 100 mg / L) ή πρέπει να παρέχεται αερισμός στην επιφάνεια της λίμνης για την οξείδωση των αερίων που διαφεύγουν. Οι αεριστήρες δεν πρέπει να εισάγουν DO σε βάθη κάτω από την κορυφή 0,6 - 0,9 m (2 - 3 πόδια) έτσι ώστε να μην αναστέλλεται η αναερόβια δραστηριότητα στο βάθος.

Μια άλλη επιλογή είναι να εντοπίσετε τη λίμνη σε μια απομακρυσμένη περιοχή. Ένας σχετικά μεγάλος χρόνος κράτησης απαιτείται για την οργανική σταθεροποίηση λόγω του αργού ρυθμού ανάπτυξης των παραγόντων σχηματισμού  $\text{CH}_4$  και της πέψης ιλύος. Η διήθηση υγρών αποβλήτων στα υπόγεια ύδατα μπορεί να αποτελεί πρόβλημα. Η παροχή γραμμής για τη λίμνη μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή αυτού του προβλήματος.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Τα πλεονεκτήματα των αναερόβιων λιμνών είναι πολλά: η απομάκρυνση της ιλύος είναι σπάνια αναγκαία. Μπορεί να αναμένεται απομάκρυνση 80-90 τοις εκατό  $\text{BOD}_5$ . οι ενεργειακές απαιτήσεις για τη λειτουργία του εργοστασίου είναι χαμηλές ή δεν υπάρχουν. και η λειτουργία και η συντήρηση (O & M) είναι σχετικά απλή.

Από την άλλη πλευρά, δεν έχουν σχεδιαστεί για να παράγουν εκροές που μπορούν να απορριφθούν. οι λίμνες μπορούν να εκπέμπουν δυσάρεστες οσμές. και το ποσοστό της θεραπείας εξαρτάται από το κλίμα και την εποχή.

### 7.1.3 Κριτήρια Σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός των αναερόβιων δεξαμενών δεν είναι καλά καθορισμένος και δεν υπάρχει ευρέως αποδεκτή συνολική εξίσωση σχεδιασμού. Ο σχεδιασμός συχνά βασίζεται σε ρυθμούς οργανικής φόρτωσης, επιφανειακούς ή ογκομετρικούς ρυθμούς φόρτωσης και HRT που προέρχονται από

πιλοτικές μελέτες φυτών και παρατηρήσεις υπαρχόντων λειτουργικών συστημάτων. Τα κράτη στα οποία χρησιμοποιούνται συχνά λίμνες έχουν συχνά κανονισμούς που διέπουν το σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη διαχείριση τους. Για παράδειγμα, οι κρατικοί κανονισμοί ενδέχεται να απαιτούν συγκεκριμένους συντελεστές φόρτωσης, χρόνους κράτησης, αναλογία κλίσης αναχώματος από 1 έως 3 έως 1 έως 4 και μέγιστη επιτρεπόμενη διαρροή από 1 έως 6 mm / d.

#### 7.1.4 Αποδοτικότητα

Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τη φόρτιση, τη θερμοκρασία και το εάν το pH διατηρείται στο βέλτιστο εύρος. Οι πίνακες 13 και 14 δείχνουν την αναμενόμενη αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης των αστικών λυμάτων. Σε ψυχρά κλίματα, μπορεί να χρειαστούν χρόνοι κράτησης έως και 50 ημέρες και ογκομετρικοί ρυθμοί φόρτωσης μόλις 0,04 kg BOD<sub>5</sub> / m<sup>3</sup> / d για να επιτευχθεί μείωση κατά 50% του BOD<sub>5</sub>. Το TSS των αποβλήτων κυμαίνεται μεταξύ 80 και 160 mg / L. Το απόβλητο δεν είναι κατάλληλο για άμεση απόρριψη στα ύδατα υποδοχής. Τα περιεχόμενα της λίμνης που είναι μαύρα δείχνουν ότι λειτουργεί σωστά

Πίνακας 15 Μείωση στο BOD<sub>5</sub> σαν συνάρτηση του ολικού χρόνου παραμονής για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 20°C

Detention Time (Days)	BOD <sub>5</sub> Reduction (Percent)
1	50
2.5	60
5	70

Πίνακας 16 Μείωση στο BOD<sub>5</sub> σαν συνάρτηση του ολικού χρόνου παραμονής και της θερμοκρασίας

Temperature (°Celsius)	Detention Time (Days)	BOD <sub>5</sub> Reduction (Percent)
10	5	0-10
10-15	4-5	30-40
15-20	2-3	40-50
20-25	1-2	40-60
25-30	1-2	60-80

#### 7.1.5 Λειτουργία και Συντήρηση

Οι απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησης μιας αναερόβιας λίμνης είναι ελάχιστες. Πρέπει να λαμβάνεται και να αναλύεται ένα καθημερινό δείγμα συλλογής εισροής και εκροής για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία. Εκτός από τη δειγματοληψία, την ανάλυση και τη γενική

συντήρηση, το σύστημα είναι ουσιαστικά απαλλαγμένο από συντήρηση. Τα στερεά συσσωρεύονται στον πυθμένα της λίμνης και απαιτούν σπάνια απομάκρυνση (5-10 χρόνια), ανάλογα με την ποσότητα του αδρανούς υλικού στην εισροή και τη θερμοκρασία. Το βάθος της ιλύος πρέπει να μετράται ετησίως.

#### 7.1.6 Κόστη

Το αρχικό κόστος που συνδέεται με την κατασκευή μιας αναερόβιας λίμνης είναι το κόστος της γης, η κατασκευή των εγκαταστάσεων χωματουργικών εργασιών, η κατασκευή των απαιτούμενων εγκαταστάσεων εξυπηρέτησης και η εκσκαφή. Πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη τα έξοδα για τη διαμόρφωση του αναχώματος, η συμπίεση, η επένδυση, ο δρόμος εξυπηρέτησης και η περίφραξη, καθώς και οι σωληνώσεις και οι αντλίες. Το λειτουργικό κόστος και οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι ελάχιστες

## 7.2 Μοντέλα σχεδίασης και υπολογισμοί

Οι δεξαμενές αναερόβιας επεξεργασίας τυπικά σχεδιάζονται με βάση τον ογκομετρικό ρυθμό φόρτωσης και την HRT. Αν και συχνά γίνεται, είναι πιθανώς ανακριβές να σχεδιαστεί με βάση το επιφανειακό φορτίο. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να βασίζεται στον ογκομετρικό ρυθμό φόρτωσης, στη θερμοκρασία του υγρού και στην HRT. Οι συντελεστές φόρτωσης χώρου που έχουν χρησιμοποιηθεί σε όλο τον κόσμο παρουσιάζονται στον Πίνακα 15. Είναι δυνατή η προσέγγιση των ογκομετρικών ρυθμών φόρτωσης διαιρώντας με το μέσο βάθος των λίμνων και μετατρέποντας το σωστό σύνολο μονάδων.

Σε κλίματα όπου η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 22 ° C, τα ακόλουθα κριτήρια σχεδιασμού θα πρέπει να αποφέρουν απομάκρυνση BOD<sub>5</sub> κατά 50% ή και περισσότερο (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 1987). Ογκομετρική φόρτωση μέχρι 300 g BOD<sub>5</sub> / m<sup>3</sup> / d HRT περίπου 5 d Βάθος μεταξύ 2,5 και 5 m



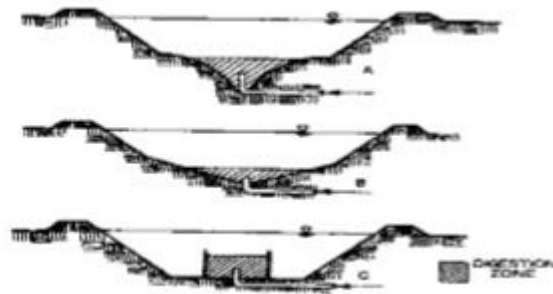
Σε ψυχρά κλίματα, μπορούν να απαιτηθούν χρόνοι κράτησης έως και 50 d και ογκομετρικοί ρυθμοί φόρτωσης έως 40 g BOD<sub>5</sub> / m<sup>3</sup> / d για να επιτευχθεί μείωση κατά 50% του BOD<sub>5</sub>.

Ένα παράδειγμα προσέγγισης στο σχεδιασμό αναερόβιων λίμνων παρουσιάστηκε από τον Oswald (1996) (Εικόνα 11). Στο Advanced Integrated Wastewater Pond System®, ο Oswald ενσωματώνει μια βαθιά αναερόβια λίμνη μέσα σε μια ενδεχόμενη λίμνη. Ο σχεδιασμός της αναερόβιας λίμνης βασίζεται σε ρυθμούς οργανικής φόρτωσης που ποικίλλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού στη λίμνη και ο σχεδιασμός ελέγχεται με τον προσδιορισμό του όγκου της αναερόβιας λίμνης που παρέχεται ανά κάτοικο, η οποία είναι μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό ξεχωριστών αναερόβιων χωνευτήρων

Πίνακας 17 Παράμετροι σχεδιασμού και λειτουργίας

ALR BOD <sub>5</sub>		Est. VLR		Removal		Depth	HRT	Refs.
lbs/ac/d		lbs/1000 ft <sup>3</sup>		Percent		Ft	D	
Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter			
360		2.34		75		3-4		Parker, 1970
280		1.84		65		3-4		Parker, 1970
100		0.66		86		3-4		Parker, 1970
170		1.11		52		3-4		Parker, 1970
560	400	3.67	2.62	89	60	3-4		Parker, 1970
400	100			70				Oswald, 1968 b
900-1200	675	5.17-6.89	3.88	60-70		3-5	2-5	Parker et al., 1959
						8-10	30-50	Eckenfelder, 1961
220-600			0.51-1.38				15-160	Cooper, 1968
500			1.15	70		8-12	5	Oswald et al., 1967
						8-12	2 (s) 5 (w)	Malina and Rios, 1976

ALR = areal loading rate  
VLR = volumetric loading rate  
See p. xiv for conversion table.



Εικόνα 14 Μέθοδος δημιουργίας θαλάμου χώνευσης σε αναερόβια λίμνη

Συνεπώς με βάση τα δεδομένα για το πυρηνελαιουργείο έχουμε

Ρυθμός ροής = 500 m<sup>3</sup> / d

Μέγιστο εισερχόμενο BOD<sub>5</sub> = 400 mg / L

Μέγιστο εξερχόμενο Ultimate BOD<sub>5</sub> = 50 mg / L

Μέγιστη θερμοκρασία βάθους σε τοπικά νερά = 20 ° C

Κάτω μέρος της λίμνης = 10 ° C

BOD<sub>5</sub> Φόρτωση = εισερχόμενο BOD<sub>5</sub> x Ροή ροής / 1000 378,8 kg / d

Εκτός από τα συστήματα με ροές μικρότερες από 200m<sup>3</sup> / ημέρα, πρέπει να υπάρχουν πάντα δύο λίμνες, ώστε μια να είναι διαθέσιμη για την αφαίρεση της λάσπης όταν γεμίσει η λίμνη. Η επιφάνεια της αναερόβιας λίμνης πρέπει να περιοριστεί στα 1000 m<sup>2</sup> και να γίνει όσο το δυνατόν πιο βαθιά για να αποφευχθεί ο κύκλος εργασιών με εισβολή οξυγόνου. Το ελάχιστο βάθος του λάκκου πρέπει να είναι 4 μέτρα.

BOD<sub>5</sub> Φόρτωση σε μονή λίμνη = 189,4 kg / d

Φορτίο όγκου ανά μονάδα Όγκου (διαφέρει ανάλογα με τη θερμοκρασία νερού)= 0,189 kg / m<sup>3</sup> / d

Όγκος σε λίμνη = 1002,7 m<sup>3</sup>

HRT σε λίμνες = 2,12 d

Βάθος λίμνης = 4 m

Επιφάνεια λιμνης (υποθέτοντας κάθετους τοίχους) = 250,7 m<sup>2</sup>

Μέγιστη επιφάνεια λίμνης = 1000 m<sup>2</sup>.

Ροή υπερχειλίσης σε λίμνες = συνολική επιφάνεια / συνολική παροχή= 1,89 m / ημέρα

Οι ρυθμοί υπερχειλίσης μικρότεροι από 1,5 m / ημέρα θα πρέπει να διατηρούν τα αυγά παράσιτων και άλλα σωματίδια μεγέθους ως 20 μ.

Ογκομετρική φόρτωση BOD<sub>5</sub> / m<sup>3</sup> / d έως 300 g

HRT περίπου 5 ημέρες

Βάθος 2,5 - 5 m

ροή εισόδου, m<sup>3</sup> / ημέρα= 18925 Επιρροή

BOD<sub>5</sub>, mg / L =250

Θερμοκρασία, ° C =10

Βάθος, m =3

Αναλογία μήκους προς πλάτος= 1

Πλάτος= 3

όγκος, m<sup>3</sup> =78854

Μήκος, m= 171

Πλάτος, m =171

Χρόνος κράτησης, ημέρες =5

## Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup> Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε το θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων πυρηνελαιουργείου με την χρήση υφιστάμενης εδαφοδεξαμενής. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δείχνουν ότι η χρήση της εδαφοδεξαμενής μπορεί να μειώσει σημαντικά το βιολογικό φορτίων των αποβλήτων της διαδικασίας, εντούτοις η χρήση επιπλέον τεχνικών επεξεργασίας (όπως π.χ. αναερόβια χώνευση) μπορεί να βελτιώσει την επίδοση του συστήματος , όπως και να επιτρέψει την περαιτέρω βελτίωση των οικονομικών συνθηκών της μονάδας με την παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης του βιοαερίου.

## Βιβλιογραφία

Κάλφας Χ. (2007). Πραγωγή βιοαερίου από αναερόβια χώνευση προεπεξεργασμένου και μη ελαιοπολτού, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Κυριτσάκης Α.(2007).Το ελαιόλαδο. Θεσσαλονίκη

Μπλικά Π. (2009). Βιοτεχνολογικές μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Νταρακάς Ευθύμιος (2006). Επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων

Ποντίκης Κ. (2000). Ελαιοκομία. Εκδόσεις: Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα.

Χρυσοβαλάντου Ν. (2010). Αξιολόγηση τριφασικής και διφασικής μεθόδου ελαιοποίησης του ελαιοκαρπού. Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Aktas, E., Imre, S. & Ersoy, L. (2001). Characterization and lime treatment of olive mill wastewater. *Water Research*, 9, 2336-2340.

Al-Malah, K., Azzam, O.J., Abu-Lail, N. I. (2000). Olive mills effluent (OME) wastewater post-treatment using activated clay. *Separation and Purification Technology*, 20, 225-234.

Anderson, J. B., and H. P. Zwiag (1962). *Biology of Waste Stabilization Ponds*. Southwest Water Works Journal 44(2):15-18.

Andreozzi, R. Integrated treatment of olive oil mill effluents (OME) : Study of ozonization coupled with anaerobic digestion. *Water Research* Vol 32,8, 2357, 1998.

Archer, H. E., and B. M. O'Brien (2005). Improving Nitrogen Reduction in Waste Stabilization Ponds. *Water Science and Technology*, 51, 12, 133-138

Aydin, A.F., Altinbas, M. and Ozturk, I., Advanced treatment of high strength opium alkaloid industry effluents, The International Water Association Conference on Water & Wastewater

Management for Developing Countries, Proceedings Volume 1, pp 596-603, Putra World Centre Kuala Lumpur, Malaysia, 2001.

Aydın, A.F., Altınbaş, M., Celikkalkan, E., Öztürk, I. and Gök, M., I. Zeytinyağı Üretiminde Çevre Sorunları ve Çözümleri Uluslararası Katılımlı Çalıştayı 2002 Pp. 255-266.

Aveni, A., Biogas Recovery from Olive-oil Mill Wastewater by Anaerobic Digestion. Anaerobic Digestion and Carbohydrate Hydrolysis of Waste. Pp. 489-491, 1984.

Beccari M., Majone M., Torrisi L., 1998, Two-Reactor System with Partial Phase Separation for Anaerobic Treatment of Olive Oil Mill Effluents, Water Science & Technology Vol. 38, No. 4-5, p. 53-60

Beltran, F. J., Garcia-Araya, J.F., Frades, J., Alvarez, P. & Gimeno, O. "Effects of single and combined ozonation with hydrogen peroxide or UV radiation on the chemical degradation and biodegradability of debittering table olive industrial wastewaters", Water Research, Vol. 33, pp. 723-732, 1999.

Benfield, L.D. and Randall C.W. (1980). Biological Process Design for Wastewater Treatment, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Berndt, L., Fiestas de Ros de Ursinos, J.A., et al. "Les experiences Mediterraneenes dans le traitement et l'elimination des eaux residuaires des huileries d'olives". Tunis, 1996. Bishop, D.F. et.al. "Hydrogen Peroxide Catalytic Oxidation of Refractory Organics in Municipal Waste Waters", in Ind. Eng. Chem., Process Design & Development, vol.7, pp. 1110-1117 (1968).

Boari, G., Brunetti, A., Passino, R. and Rozzi, A., Anaerobic digestion of olive mill wastewaters, Agricultural Wastes, 10, pp 161-175, 1984.

Canter, L.W. and Englande, A.J. (1970). States' design criteria for waste stabilization ponds, J. Water Pollut. Control Fed., 42(10), 1840-1847

Carrieri, C., Balice, V., Rozzi, R., Comparison of Three Anaerobic Treatment Processes on Olive Mills Effluents. Proc. Int. Conf. on Environment Protection., Italy, 1988.

Crites, R. W., G. Tchobanoglous. (1998). Small and Decentralized Wastewater Management Systems. McGraw-Hill College

Crites, R. W., E. J. Middlebrooks, and S. C. Reed (2006). Natural Wastewater Treatment Systems, CRC, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL

Demicheli, M. and Bontoux, L., 1996. Survey current activity on the valorization of by products from the olive oil industry, European Commission Joint Research Centre, Final Report.

Di Giacomo, G., Brandani, V. & Del Re, G. (1991). Evaporation of olive oil mill vegetation waters. Desalination, 81, 249-259. European Commission, Universidad Complutense de Madrid (2000). Workshop

EUBIONET2 (2007). Olive cake supply chain in Andalusia, Spain, Intelligent Energy Europe

Ergüder, T.H., Güven, E. And Demirer, G.N., 1999. Anaerobic treatment of olive mill wastes in batch reactors, Process Biochemistry, 36, 243-248.

Garcia, I. G., Pena, P. R. J., Venceslada, J. L. B., Martin, A. M., Santos, M. A. M & Gomez, E. R., "Removal of phenol compounds from olive mill wastewater using phanerochaete chrysosporium, aspergillus niger, aspergillus terreus and geotrichum candidum. " Process Biochemistry, Vol. 35, pp. 751–758, 2000.

Hamdi, M.. "Effects of agitation and pretreatment on the batch anaerobic digestion of olive mill wastewater ", Bioresource Technology, Vol.36, pp. 173-178, 1991. Improlive(2002).<http://www.fiw.rwthachen.de/improlive/englisch/rsanfall/aerob.html> /,10/12/2003.

Institute for Prospective Technological "Studies Survey on Current Activity on the Valorization of By-Products from Olive Oil Industry. Seville",

Demichelli, M.,Bontoux, L., 1996. Kang, S.F. and Chang, H.M., 1997. Coagulation of textile secondary effluents with phenon's reagent, water science and technology, 36, s. 215-222.

Lolos, G., Skordilis, A. & Parissakis, G. "Polluting characteristics and lime precipitation of olive mill wastewater", *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Environmental Science and Engineering*, Vol. 29, pp. 1349-1356, 1994.

Masghouni, M. & Hassairi, M. "Energy applications of olive-oil industry byproducts: the exhaust foot cake", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 18, pp. 257-262, 2000.

Mitrakas, M., Papageorgiou, G., Docoslis, A. & Sakellaropoulos, G. "Evaluation of various pretreatment methods for olive oil mill wastewaters.", *European Water Pollution Control*, Vol. 6, pp. 10-16, 1996.

Monteoliva-Sanchez, M., Incerti, C., Ramos-Cormenzana, A., Paredes, C., Roig, A. & Cegarra, J. "The study of the aerobic bacterial microbiota and the biotoxicity in various samples of olive mill wastewaters (alpechin) during their composting process." *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol. 53, pp. 211-214, 1996.

Morillo J.A., Antizar-Ladislao B., Monteoliva-Sánchez M., RamosCormenzana A., Russell N.J. (2009). *Bioremediation and biovalorisation of olive-mill wastes*

Niaounakis M. and Halvadakis C.P. (2006). *Olive Processing Waste Management -Literature Review and Patent Survey*, Second Edition, Elsevier,

Niaounakis M. and Halvadakis C.P. (2004). *Olive-mill waste management. Literature Review and Patent Survey*. Typothito-George Dardanos

Oktav, E., Özer, A. *Treatment of olive oil industry wastewater*, Master of Science Thesis, Dokuz Eylül University, İzmir. Oukili, O., Chaouch, M. and Rafiq, M., *Bleaching of olive mill wastewater by clay in the presence of hydrogen peroxide*, Elsevier, Paris, 26, s.45-53, 2001.

Regional Energy Agency of Central Macedonia (2008). *Market of Olive Residues for Energy*, Intelligent Energy Europe

Rozzi, A. Malpei, F. "Treatment and disposal of olive mill effluents", *International Biodeterioration Biodegradation*, Vol. 38, pp. 135-144, 1996.



Shammas, N., Olive oil extraction waste treatment in Lebanon, *Effluent and Water Treatment Journal*, pp. 388-391, 1984.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edn, American Public Health Association / American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA, 1999

Tsagaraki E., Lazarides H. N. and Petrotos K. B. (2006). Olive Mill Wastewater Treatment. In: *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*, Springer US edition, p.133-157

Tsonis S.P., Tsola V.P. & Grigoropoulos S.G. “Systematic characterization and chemical treatment of olive oil mill wastewater”, *Toxicology and Environmental Chemistry*. Vol. 20, pp. 437 –457, 1989. <http://www.h2o2.com/applications/industrialwastewater/fentonsreagent.html/12/01/2004>.

Ubay, G. & Öztürk, İ. (1997). Anaerobic treatment of olive mill effluents. *Water Science and Technology*. 35, 287-294.

Vlyssides A.G., Loizides M., Karlis P.K. (2004). Integrated strategic approach for reusing olive oil extraction by-products, *Journal of Cleaner Production* 12, 603–611

[www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org) : Food and Agriculture Organization of the United Nations