

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΣΥΓΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΔΙΦΑΣΙΚΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ

Σπουδάστρια: Καλογεράκη Μαρία

Επιβλέπων καθηγητής: Μανιός Θρασύβουλος

Χανιά, Μάρτιος 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1. Η παραγωγή ελαιολάδου στην Ελλάδα.	6
1.2. Παραγωγή ελαιολάδου και αποβλήτων ελαιολιπιδίων στην Κρήτη.....	7
1.2.1. Διαχείριση αποβλήτων ελαιουργείων στην Κρήτη σήμερα.	9
1.2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαχείριση αποβλήτων στην Κρήτη.....	10
1.3. Περιγραφή των ελαιουργικών συγκροτημάτων.....	14
1.3.1. Η βιομηχανική διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου.	14
1.3.2. Ο τρόπος λειτουργίας των κλασικών ελαιουργείων.	20
1.3.3. Ο τρόπος λειτουργίας των φυγοκεντρικών ελαιουργείων.	21
1.4. Χαρακτηριστικά παραγόμενων αποβλήτων.....	24
1.4.1. Φύση και σύνθεση ρυπογόνου δυναμικού (χαρακτηριστικά κασιγάρου).....	24
1.4.2. Ύψος και κατανομή ρυπογόνου δυναμικού.	28
1.5. Χαρακτηριστικά αποβλήτων από ελαιουργεία δυο και τριών φάσεων.....	34
1.5.1. Μελέτη πάνω στα χαρακτηριστικά των αποβλήτων που προέρχονται από ελαιουργεία που λειτουργούν με decanter δυο και τριών φάσεων.....	36
1.6. Η ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων των ελαιολιπιδίων μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα.....	39
1.6.1. Το πρόβλημα της ρύπανσης και μόλυνσης του υδάτινου δυναμικού (επιφανειακού και υπόγειου) από τα απόβλητα των ελαιουργείων.	40
1.6.2. Επιπτώσεις στα φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα της Κρήτης.	42
1.7. Τεχνολογίες και μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος.	44
1.7.1. Χρησιμοποίηση για λίπανση, βιο- λιπασματοποίηση.	44
1.7.2. Άμεση απόρριψη στο έδαφος.	45
1.7.3. Απόρριψη σε δεξαμενές ή τεχνητές λεκάνες για εξάτμιση.	46
1.7.4. Χρησιμοποίηση για παρασκευή COMPOST.....	48
1.8. Κομποστοποίηση (composting) οργανικών υπολειμμάτων.	49
1.8.1. Ιστορική ανασκόπηση του composting.	49
1.8.2. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση.	50
1.8.2.1. Οξυγόνο και αερισμός.....	50
1.8.2.2. Υγρασία.....	51
1.8.2.3. Θερμοκρασία.....	51
1.8.2.4. Άνθρακας.....	52
1.8.2.5. Άζωτο.....	53
1.8.2.6. Αναλογία Άνθρακα προς Άζωτο.....	53
1.8.2.7. ΡΗ.....	53

1.8.2.8. Μικροβιακός πληθυσμός.....	54
1.8.2.9. Μέγεθος τεμαχιδίων.....	55
1.8.3. Οι φάσεις της κομποστοποίησης.....	55
1.8.4. Τεχνική – Συστήματα composting.....	57
1.9. Αντικείμενο και σκοπός εργασίας.....	60
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	61
2.1. Γενικά στοιχεία του πειράματος.....	61
2.2. Υλικά.....	62
2.3. Μεθοδολογία.....	63
2.4. Παράμετροι εκτίμησης πορείας δοκιμαστικής κομποστοποίησης.....	68
2.5. Μέθοδοι εργαστηριακών αναλύσεων.....	68
2.6. Συσκευές και μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν στις εργαστηριακές αναλύσεις.....	69
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	74
3.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά πρώτων υλών.....	74
3.2. Μεταβολές φυσικοχημικών χαρακτηριστικών στη διάρκεια της Θερμόφιλης φάσης.....	75
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	84
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	85
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	89

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πειραματική αυτή εργασία υλοποιήθηκε στο χώρο του Αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων. Η χρονική διάρκεια του πειράματος ήταν περίπου 8 μήνες και πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του Δρ. Θρασύβουλου Μανιού (Γεωπόνου, Χημικού Μηχανικού), τον οποίο ευχαριστώ θερμά που ανέλαβε την εποπτεία και βοήθησε στην ολοκλήρωση αυτής της έρευνας. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Δρ. Βασίλειο Μανιό (επικεφαλή του εργαστηρίου), τους συνεργάτες του εργαστηρίου, Τεχνολόγο Γεωπόνο Μανιαδάκη Κώστα και το Χημικό Τερζάκη Στέλιο, για την πολύτιμη βοήθεια τους στην διεξαγωγή της πειραματικής αυτής εργασίας. Επιπλέον αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω όλους τους σπουδαστές που εργάζονταν την περίοδο εκείνη στο Εργαστήριο για την βοήθεια τους στην διεξαγωγή των αποτελεσμάτων του πειράματος.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους παραπάνω καθώς και τους φίλους μου, για την ηθική συμπαράσταση που μου προσέφεραν σε μια δύσκολη περίοδο της ζωής μου.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον αγαπημένο μου Νίκο που με στήριξαν, με κάθε τρόπο, καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

**Στη μνήμη του αγαπημένου
μου αδερφού, Στέλιου.**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

1.1. Η παραγωγή ελαιολάδου στην Ελλάδα.

Η Ελλάδα, μετά την Ισπανία και την Ιταλία, είναι η τρίτη ελαιοπαραγωγός χώρα στον κόσμο. Περίπου 2.500 ελαιοτριβεία λειτουργούν στην Ελλάδα διασκορπισμένα κυρίως σε επαρχίες της Κρήτης και της Πελοποννήσου, περιοχές που θεωρούνται άλλωστε ως οι σημαντικότερες ελαιοπαραγωγικές της χώρας. Αξιόλογος είναι επίσης και ο αριθμός ελαιοτριβείων που λειτουργούν στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Στερεάς και Εύβοιας, των νησιών του Ιονίου και των νησιών του Αιγαίου όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1 (Israilides *et al.*, 1997).

Πίνακας 1.1: Σύνολο ελαιοτριβείων ανά γεωγραφικό διαμέρισμα (Israilides *et al.*, 1997).

Γεωγραφικό Διαμέρισμα	Στερεά & Εύβοια	Πελοπόννησος	Ιόνιοι νήσοι	Ήπειρος	Θεσσαλία	Μακεδονία	Θράκη	Κρήτη	Νήσοι Αιγαίου
Σύνολο ελαιοτριβείων	367	920	228	48	71	79	6	600	215

Το ελαιόλαδο είναι το σημαντικότερο παραδοσιακό προϊόν των χωρών της λεκάνης της Μεσογείου και συνδέεται άμεσα με την οικονομική και κοινωνική ζωή των κατοίκων τους εδώ και χιλιάδες χρόνια. Συγκεκριμένα η Ελλάδα παράγει περίπου 280 χιλ. τόνους ελαιολάδου κατά μέσο όρο ετησίως και συμμετέχει κατά 20% στην κοινοτική και κατά 15% στην παγκόσμια παραγωγή. Η λειτουργία των ελαιοτριβείων είναι εποχιακή από το Νοέμβριο έως τον Μάρτιο και κάποιες φορές ως τον Ιούνιο. Από την λειτουργία τους παράγονται ετησίως περίπου 1.500.000 τόνοι υγρών αποβλήτων, γνωστών στους ελαιοπαραγωγούς και σαν απόνερα, κασίγαρος, λιοζούμια κ.λ.π., τα οποία λόγω της χημικής τους σύνθεσης αλλά και κυρίως λόγω της συνεχώς αυξανόμενης ποσότητας και ανεξέλεγκτης διάθεσης τους άρχισαν να επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον με συνεχώς αυξανόμενη ένταση σε καθημερινά μεγαλύτερη έκταση (Israilides *et al.*, 1997).

1.2. Παραγωγή ελαιολάδου και αποβλήτων ελαιотριβείων στην Κρήτη.

Η Κρήτη κατά την τελευταία 10/ετία είχε μέση παραγωγή ελαιόλαδου 80 χιλ. τόνους ετησίως η οποία παρουσιάζει μια αυξητική τάση της τάξεως των 6,4 χιλ. τόνων ή 9% ανά έτος, οφειλόμενη κυρίως στην αύξηση της παραγωγικότητας, αφού ο μέσος ετησίως ρυθμός αύξησης των ελαιώνων είναι 102 χιλ. τόνους ή 0,4% ανά έτος (Μιχελάκης, 1994).

Το ελαιόλαδο κατέχει σημαντική θέση στην οικονομία της Κρήτης, αφού δίδει το 60% του συνολικού αγροτικού της εισοδήματος και απασχολεί το 96% των αγροτικών της εκμεταλλεύσεων (Πίνακας 1.2), (Μιχελάκης, 1994).

Πίνακας 1.2: Αριθμός ελαιόδεντρων και ποσότητες των απόβλητων των ελαιотριβείων που παράγονται ετησίως στην Ελλάδα και στο νησί της Κρήτης (Μιχελάκης, 1994).

Απόβλητα	Ελλάδα	Κρήτη
Αριθμός ελαιόδεντρων	130 εκατ.	28 εκατ.
Αριθμός ελαιотριβείων	1500	600
Τόνοι ελαιόκαρπου που παράγονται	2.500.000	500.000
Τόνοι υγρών αποβλήτων που παράγονται	2.500.000	500.000
Τόνοι αποβλήτων φύλλα ελιάς που παράγονται	30.000	25.000

Η ελαιοκομία παρά το ότι δέχτηκε και αυτή τις δυσμενείς επιπτώσεις της γενικότερης κρίσης που πλήττει τα τελευταία χρόνια τον αγροτικό τομέα εξακολουθεί με κάποιες διακυμάνσεις να διατηρεί μια σταθερή πορεία με τάσεις βελτίωσης (Μιχελάκης, 1994).

Βασικά συγκριτικά πλεονεκτήματα της Κρητικής ελαιοκομίας που σήμερα στηρίζουν και σίγουρα θα κρατήσουν σταθερή την πορεία της στο μέλλον είναι (Μιχελάκης και Βοζινάκης, 1994):

- 1. Η υψηλή ποιότητα του προϊόντος.** Το 80-90% του παραγόμενου ελαιολάδου έχει οξύτητα κάτω του 1° και τους άλλους ποιοτικούς (φυσικοχημικούς και οργανοληπτικούς) δείκτες αρκετά καλούς έως άριστους. Το ίδιο δεν συμβαίνει στις άλλες σημαντικές ελαιοπαραγωγικές χώρες Ισπανία, Ιταλία όπου τα ποσοστά ελαιολάδου υψηλής ποιότητας είναι αρκετά χαμηλά και δεν φαίνεται να ξεπερνούν το 20-30%.
- 2. Υψηλή παραγωγικότητα των ελαιώνων.** Η μέση ετήσια παραγωγικότητα στην Κρήτη ανέρχεται σε 50 Kgr/στρέμμα και υπερέχει κατά πολύ της αντίστοιχης ελληνικής (36 Kgr/στρέμμα) και της αντίστοιχης παγκόσμιας (16 Kgr/στρέμμα).

Η ελαιοκαλλιέργεια στην Κρήτη κατά συνέπεια αποτελεί μια παραγωγική δραστηριότητα που δεν έχει μόνο ιστορικό παρελθόν, αφού είναι γνωστή από την Μινωική εποχή, αλλά έχει και σπουδαιότατο οικονομικό και κοινωνικό παρόν και οπωσδήποτε και αρκετά σημαντικό μέλλον (Μιχελάκης και Βοζινάκης, 1994).

Η διαδικασία όμως της παραγωγής του ελαιολάδου δυστυχώς άρχισε να προκαλεί διεθνώς αλλά και ιδιαίτερα στην Ελλάδα και στην Κρήτη, προβλήματα περιβαλλοντικής μόλυνσης με τα υγρά απόβλητα που παράγονται σαν αναγκαίο κακό κατά την φάση της έκθλιψης του ελαιοκάρπου. Τα προβλήματα αυτά άρχισαν τελευταία να γίνονται οξύτερα και ορατά και να απασχολούν όχι μόνο τα άμεσα θιγόμενα άτομα αλλά και ολόκληρη την κοινή γνώμη και τον τύπο (Μιχελάκης, 1994).

Βασικά γενεσιουργά αίτια της σημερινής επιδείνωσης του προβλήματος στο επίπεδο της Κρήτης είναι (Μιχελάκης, 1994):

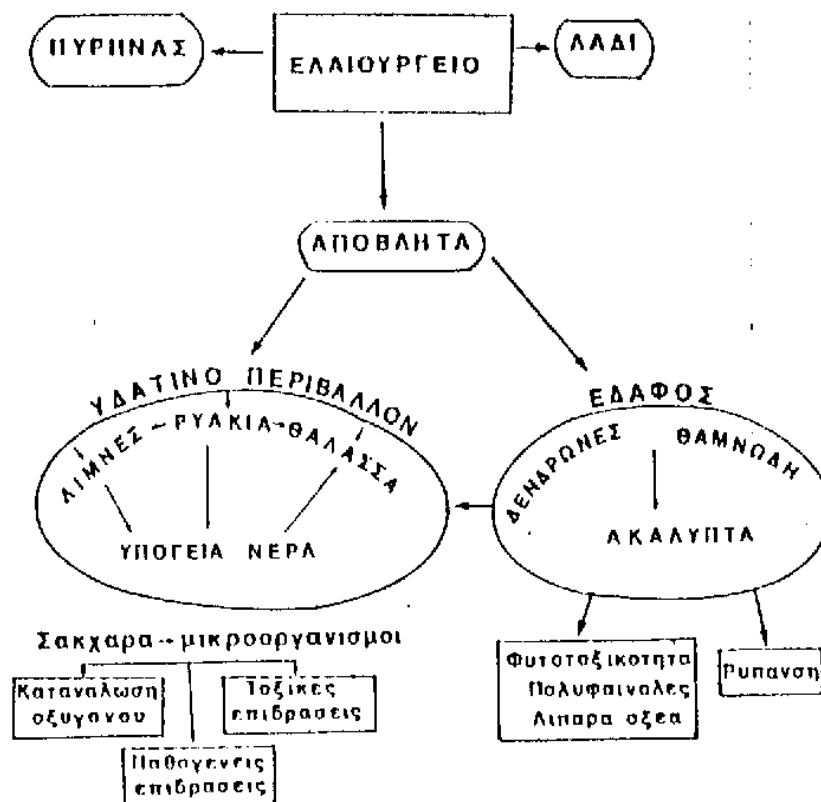
- (α) Η θεαματική αύξηση της παραγωγής ελαιολάδου η οποία κατά τα τελευταία 35 χρόνια σχεδόν 3/πλασιάστηκε (από 28 χιλ. τόνους το 1956 αυξήθηκε σε 80 χιλ. τόνους το 1990) προκαλώντας αντίστοιχη αύξηση των αποβλήτων.
- (β) Η αύξηση των παραγόμενων αποβλήτων ανά μονάδα βάρους επεξεργαζόμενου ελαιοκάρπου λόγω της αθρόας διάδοσης στην πράξη Ελαιουργείων φυγοκεντρικού συστήματος που χρησιμοποιούν επιπρόσθετες ποσότητες νερού κατά την επεξεργασία.

(γ) Η χαρακτηριστική μείωση των βροχοπτώσεων των τελευταίων ετών συνέβαλε στο να εμφανιστεί εντονότερα το πρόβλημα της μόλυνσης στους χείμαρρους που κατά κανόνα αποτελούν τους αποδέκτες των αποβλήτων των περισσότερων ελαιουργείων.

(δ) Η σχεδόν πλήρης ανυπαρξία εγκαταστάσεων οποιασδήποτε μορφής για το χειρισμό και την κατά κάποιο τρόπο ελεγχόμενη απόρριψη των αποβλήτων.

1.2.1. Διαχείριση αποβλήτων ελαιουργείων στην Κρήτη σήμερα.

Δυστυχώς ο τρόπος διαχείρισης των αποβλήτων που σήμερα επικρατεί στην Κρήτη όπως και σε άλλες περιοχές είναι η τυχαία και ανεξέλεγκτη απόρριψη τους στο περιβάλλον (Διάγραμμα 1.1) χωρίς να προηγηθεί κανένας στοιχειώδης τρόπος διαχείρισης, ή ελεγχόμενης απόρριψης. Ορατές ρυπάνσεις πηγών και γεωτρήσεων αποτελούν πλέον συνήθεις περιπτώσεις που απασχολούν τον τύπο και την κοινή γνώμη (Μιχελάκης, 1994).



Διάγραμμα 1.1: Απόρριψη υγρών αποβλήτων ελαιουργείων στο περιβάλλον και οι επιπτώσεις τους (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

1.2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαχείριση αποβλήτων στην Κρήτη.

Όλοι οι υφιστάμενοι τρόποι διαχείρισης των αποβλήτων των ελαιουργείων αλλά και οι ευρισκόμενοι υπό μελέτη ή υπό έρευνα φυσικό είναι να έχουν διάφορους βαθμούς προσαρμογής στις διάφορες ειδικές και συγκεκριμένες συνθήκες κάθε περιοχής και η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τους να επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες (Μιχελάκης, 1994).

Οι γενικές και ειδικές συνθήκες της Κρήτης όχι μόνο διαφέρουν σε σχέση μ' άλλες περιοχές αλλά ποικίλουν ακόμη και μέσα στον ίδιο τον χώρο της Κρήτης από περιοχή σε περιοχή. Βασικά ο όγκος της παραγωγής αποβλήτων, ο ρυθμός της παραγωγής τους, η περίοδος κατά την οποία παράγονται, το έδαφος, το κλίμα και η φυτοκάλυψη της περιοχής που παράγονται, παίζουν οπωσδήποτε σημαντικότατο ρόλο για την επιτυχή επιλογή της μεθόδου διαχείρισης. Έτσι οι παράγοντες που μπορεί να ασκήσουν κάποιο σοβαρό ρόλο στην προσαρμοστικότητα και καταλληλότητα των διαφόρων μεθόδων στο επίπεδο της Κρήτης είναι πολλοί, αρκετοί από τους οποίους αναφέρονται παρακάτω (Μιχελάκης, 1994):

➤ Όγκος παραγόμενων αποβλήτων

Η μέση παραγωγή λαδιού της Κρήτης, 80 χιλ. τόνοι / έτος, αντιστοιχεί σε περίπου 400 χιλ. τόνους ελαιόκαρπο. Από τον ελαιόκαρπο αυτό με βάση τους τύπους, τον αριθμό και την μέση δυναμικότητα των ελαιουργείων της Κρήτης παράγονται περίπου 370 χιλ. τόνοι απόβλητα ετησίως από τα οποία 310 χιλ. τόνοι προέρχονται από φυγοκεντρικά και 60 χιλ. τόνοι προέρχονται από κλασσικά ελαιουργεία. Τα απόβλητα αυτά αυξομειώνονται από χρόνο σε χρόνο μέχρι +28,8%, όσο και η αντίστοιχη παραγωγή λαδιού.

Για την διαχείριση όμως ή τον έλεγχο των αποβλήτων ενδιαφέρει ο όγκος των παραγόμενων αποβλήτων όχι στο επίπεδο του Νομού αλλά στο επίπεδο του ελαιουργείου ή μιας ομάδας ελαιουργείων που παρουσιάζουν δυνατότητες φυσικής συγκέντρωσης των αποβλήτων τους. Από αυτής της πλευράς σημαντικό ρόλο παίζει η δυναμικότητα του ελαιουργείου (ωριαία απόδοση επεξεργασίας) αλλά και το ελαιοσυλλεκτικό δυναμικό της περιοχής.

Στο ελαιοσυλλεκτικό δυναμικό μιας περιοχής πρέπει να περιληφθεί η έκταση των ελαιώνων της περιοχής του ελαιουργείου, το ποσοστό της καρποφορίας του έτους καθώς και το διαθέσιμο ανθρώπινο και μηχανικό δυναμικό συλλογής ελαιοκάρπου.

➤ **Χωροταξική κατανομή**

Τα απόβλητα των ελαιουργείων στις διάφορες περιοχές της Κρήτης είναι ανάλογα προς τις παραγόμενες ποσότητες λαδιού.

Μεταξύ των νομών της Κρήτης ο νομός Ηρακλείου συγκεντρώνει την μεγαλύτερη μέση παραγωγή αποβλήτων (143 χιλ. τον./έτος) και ακολουθούν οι νομοί Χανίων (108 χιλ. τον./έτος), Λασιθίου (71 χιλ. τον./έτος) και Ρεθύμνου (45 χιλ. τον./έτος). Οι ποσότητες αυτές αφορούν κυρίως απόβλητα φυγοκεντρικών ελαιουργείων τα οποία έχουν επικρατήσει πια σχεδόν σ' όλη την Κρήτη.

Η κατανομή των αποβλήτων στον χώρο κάθε νομού αντιστοιχεί προς την κατανομή των ελαιουργείων μέσα σ' αυτόν τα οποία πάλι παρουσιάζουν αντιστοιχία με τα χωριά και την έκταση των ελαιώνων, που καθένα έχει. Ο αριθμός των ελαιουργείων ανά χωριό κυμαίνεται από 0-3. Συνήθης όμως περίπτωση είναι το ένα ελαιουργείο ανά χωριό.

Η κατανομή των ελαιουργείων και άρα και των αποβλήτων σχετίζεται και με την έκταση των ελαιώνων κάθε περιοχής και κυρίως με την παραγωγή λαδιού της περιοχής. Κριτήριο για έγκριση ελαιουργείου κλασσικού τύπου αποτελούσε παλαιότερα η ύπαρξη μέσης παραγωγής λαδιού 200 τον./έτος. Τελευταία όμως και για λόγους επίτευξης καλύτερης ποιότητας, υπάρχει έντονος ανταγωνισμός ο οποίος ανεβάζει όχι μόνο την πυκνότητα των ελαιουργείων, αλλά και την ωριαία δυναμικότητα της. Στον χώρο της Κρήτης, βασικό χαρακτηριστικό είναι η υπερσυγκέντρωση ελαιουργείων στον βόρειο άξονα σ' όλους τους νομούς και συγκεκριμένα στις παρόχθιες περιοχές των χειμάρρων οι οποίοι αποτελούν τους κύριους συλλέκτες και των αποβλήτων.

Γενικά η απόσταση μεταξύ των ελαιουργείων κυμαίνεται από 1 μέχρι 10 χιλ. χωρίς να αποκλείονται και κοντινότερες ή μεγαλύτερες αποστάσεις. Γενικά η όλη χωροταξική της διάταξη και το ανάγλυφο της Κρήτης διευκολύνει σε αρκετές περιπτώσεις την με φυσική ροή συγκέντρωση των αποβλήτων των ελαιουργείων που βρίσκονται στις λεκάνες απορροής ορισμένων χειμάρρων αν η συγκέντρωση αυτή βοηθά από την άποψη της συγκέντρωσης κάποιου σημαντικού όγκου αποβλήτων ώστε να είναι οικονομικότερη κάποια μέθοδος βιολογικού καθαρισμού η παραγωγής υποπροϊόντων (π.χ. μεθανίου).

➤ **Ρυθμός παραγωγής αποβλήτων**

Βασικά θα πρέπει να εξεταστεί ο ρυθμός παραγωγής ανά ώρα, ανά 24ωρο, ανά μήνα και ανά έτος. Ο ρυθμός παραγωγής ανά ώρα διαφέρει αναλόγως του τύπου του ελαιουργείου και της δυναμικότητας του. Γενικά η παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων με βάση αναλυτικά και πειραματικά δεδομένα για τις συνθήκες της Κρήτης και την ποικιλία Κορωνέϊκη, ανάλογα με την επεξεργαζόμενη ποσότητα καρπού, είναι:

(α) Στα φυγοκεντρικά ελαιουργεία 1 lit/Kg ελαιόκαρπου.

(β) Στα κλασικά ελαιουργεία 0,65 lit/Kg ελαιόκαρπου.

Βασικό στοιχείο επομένως για την ανά ώρα παραγωγή αποβλήτων είναι η δυναμικότητα του ελαιουργείου για επεξεργασία ελαιόκαρπου. Τα ελαιουργεία στην Κρήτη έχουν δυναμικότητα τα μεν φυγοκεντρικά από 0,8 - 5 τον. /ώρα και τα δε κλασικά από 0,3 - 2,5 τον. / ώρα.

Η πλειονότητα όμως των φυγοκεντρικών (66%) έχει ικανότητα 0,8 - 2 τον/ ώρα και η πλειονότητα των κλασικών (65%) έχει ικανότητα 0,3 - 1 τον./ώρα Η μέση δυναμικότητα κυμαίνεται στους 2 τον/ώρα για τα φυγοκεντρικά και στον 1 τον/ώρα για κλασικά. Επομένως ο ρυθμός παραγωγής αποβλήτων είναι:

- Για τα φυγοκεντρικά: 0,8 - 5 τον/ώρα με μ.ο.2 τόν/ώρα
- Για τα κλασικά 0,2 - 1,6 τον/ώρα με μ.ο 0,65 του/ώρα

Κατά συνέπεια με 10ωρη λειτουργία ημερησίως θα έχουμε:

- Για φυγοκεντρικά 8 - 50 τον/ημέρα με μ.ο 20 τον/ημ.
- Για τα κλασικά 2 - 16 τον/ημέρα με μ.ο 6,5 τον/ημ.

Φυσικά η λειτουργία ανά ημέρα στις εποχές αιχμής μπορεί να Φθάσει και τις 16 ώρες/24ωρο ενώ σε περιόδους κάμψης τις 4 ώρες/24ωρο.

➤ **Χρονική κατανομή**

Θεωρώντας ότι οι 80 χιλ. τον/έτος μέση παραγωγή ελαιολάδου της Κρήτης προέρχεται από 400 χιλ. τόνους ελαιόκαρπο περίπου και λαμβάνοντας υπόψη την μέση δυναμικότητα κατά τύπο ελαιουργείου και την μέση παραγωγή αποβλήτων σε σχέση προς τον ελαιόκαρπο μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στην Κρήτη η μέση παραγωγή αποβλήτων είναι 380 χιλ. τον./έτος που κατανέμονται σε 110 χιλ./μήνα θεωρώντας 3,5 μήνες λειτουργίας των ελαιουργείων (Μέσα Νοεμβρίου - Τέλη Φεβρουαρίου).

Οι ποσότητες αυτές οπωσδήποτε αλλάζουν κατά + 28,8 ανάλογα το ποσοστό της καρποφορίας του έτους.

Όσον αφορά την διακύμανση της παραγωγής αποβλήτων μέσα στον ίδιο χρόνο δεν υπάρχουν αριθμητικά στοιχεία. Είναι όμως γνωστό ότι στην περιοχή της Κρήτης η συγκομιδή του ελαιόκαρπου και κατά συνέπεια η παραγωγή αποβλήτων αρχίζει από τα μέσα Νοεμβρίου και τελειώνει τις περισσότερες χρονιές τέλη Φεβρουαρίου. Ο ρυθμός όμως της συγκομιδής κορυφώνεται τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο οπότε και πρέπει να θεωρηθεί ότι παράγεται το 70% των αποβλήτων.

➤ Έδαφος - Κλίμα - Φυτά

Στην Κρήτη τα περισσότερα εδάφη που βρίσκονται στο περιβάλλον των ελαιουργείων είναι ημιπερατά έως πέρατά, πράγμα που δεν καθιστά εύκολη την εξεύρεση χώρων για ανοιχτές δεξαμενές εξάτμισης.

Οπωσδήποτε όμως τα εδάφη αυτά εφόσον καλύπτονται από αμπελώνες ή ελαιώνες προσφέρονται για άμεση απόρριψη υπό μορφή χειμερινής άρδευσης των καλλιεργειών αυτών. Φυσικά για την περίπτωση των ελαιώνων απαιτείται έρευνα ώστε να βρεθεί η κατάλληλη προεργασία που θα αποτρέψει την φυτοτοξικότητα.

Το τοπικό κλίμα κάθε περιοχής ασκεί σοβαρή επίδραση για ορισμένες μεθόδους διαχείρισης. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι βροχοπτώσεις και η εξάτμιση. Οι υψηλές βροχοπτώσεις είναι ευεργετικές στις περιπτώσεις της ανεξέλεγκτης απόρριψης σε χείμαρρους γιατί αραιώνουν το μολυσματικό δυναμικό, επιδρούν όμως δυσμενώς σε μορφές διαχείρισης που βασίζονται στην εξάτμιση ή την χειμερινή άρδευση. Στην Κρήτη υπάρχει σημαντική διαφορά ύψους βροχοπτώσεων κατά περιοχές. Γενικά όμως το ύψος αυτό μειώνεται από τα Δυτικά (800 χιλ/έτος) προς τα Ανατολικά (300 χιλ/έτος).

Η εφαρμογή αποβλήτων από διάφορους ελαιουργούς σε αμπέλια, που λόγω του χειμερινού λήθαργου δεν κινδυνεύουν από φυτοτοξικότητα δίδει αρκετά καλές ενδείξεις για μια επιτυχή εφαρμογή σε ελαιώνες κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις.

1.3. Περιγραφή των ελαιουργικών συγκροτημάτων.

1.3.1. Η βιομηχανική διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου.

Στην Ελλάδα και στον υπόλοιπο κόσμο η εφαρμοζόμενη τεχνολογία εξαγωγής του ελαιολάδου από τον ελαιόκαρπο γίνεται σήμερα σχεδόν αποκλειστικά με μεθόδους πίεσης ή φυγοκέντρισης. Η τελευταία είναι και η πιο διαδεδομένη μέθοδος στις μέρες μας. Τα ελαιουργεία που χρησιμοποιούν μεθόδους πίεσης ονομάζονται "κλασσικά", ενώ τα ελαιουργεία που χρησιμοποιούν μεθόδους φυγοκέντρισης ονομάζονται "φυγοκεντρικά" ή "συνεχή". Και στις δύο μεθόδους δεν χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες (διαλύτες) παρά μονάχα ζεστό και κρύο νερό (Καρατζάς, 2001).

Συγκεκριμένα στη χώρα μας υπάρχουν τρεις κατηγορίες ελαιοτριβείων (Γενιατάκης και Λαγουδάκη, 2000):

Τα κλασσικά, τα φυγοκεντρικά τριών φάσεων και τα φυγοκεντρικά δύο φάσεων (ή "οικολογικά").

- **Κλασσικά ελαιουργεία:** χρησιμοποιούνται υδραυλικά πιεστήρια για την έκθλιψη του ελαιοπολτού και την εξαγωγή τον ελαιολάδου.
- **φυγοκεντρικά τριών φάσεων:** εφαρμόζεται η μέθοδος της φυγοκέντρισης (decanter) του ελαιοπολτού, με ταυτόχρονη προσθήκη ζεστού νερού. Χρησιμοποιούνται δηλαδή διάφοροι τύποι φυγοκεντρικών διαχωριστήρων, τριών φάσεων, δια των οποίων διαχωρίζεται η ελαιοζύμη (ελαιόλαδο - ελαιοπυρήνας – νερά κατεργασίας με φυτικά υγρά).
- **φυγοκεντρικά δύο φάσεων:** Χρησιμοποιείται φυγοκεντρικός διαχωριστήρας δύο φάσεων (DECANTER) που λειτουργεί με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνει στην υγρή φάση μόνο ελαιόλαδο και στη στερεά ελαιοπυρήνα μαζί με τα υγρά του καρπού.

Στον Πίνακα 1.3 παρουσιάζονται κάποια συγκριτικά στοιχεία των ποσών του ελαιολάδου, ελαιοπυρήνας και υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία του καρπού της ελιάς σε διαφορετικούς τύπους ελαιουργείων (κλασσικών και φυγοκεντρικών).

Πίνακας 1.3: Συγκριτικά στοιχεία των ποσών του ελαιόλαδου, ελαιοπυρήνας και υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία του καρπού της ελιάς σε διαφορετικούς τύπους ελαιουργείων (κλασσικών και φυγοκεντρικών) (Γενιατάκης και Λαγουδάκη, 2000).

Παραγόμενα ποσά σε Kg/100Kg ελαιόκαρπου			
Τύπος Συγκροτήματος	Ελαιόλαδο	Ελαιοπυρήνας	Απόνερα
Φυγοκεντρικό	21,2	46,2	160 - 174
Κλασσικό με σύνθετο αλεστικό	21,5	32,5	64 - 110
Κλασσικό με μυλόλιθους	21,4	32,3	110 - 118
Κλασσικό με διάφραγμα συνεχούς πληρώσεως	20,4	36,9	92

Τα ελαιοτριβεία δυο φάσεων, τα οποία διαχωρίζουν την ελαιοζύμη σε δυο μόνο στοιχεία το ελαιόλαδο (ελαιούχο χυμό) και την ελαιοπυρήνα, (μίγμα πυρήνας με υγρά απόβλητα) αντιπροσωπεύουν καινοτόμο τεχνολογία, που αναπτύχθηκε τα τελευταία 10 χρόνια. Η επεξεργασία του ελαιοκάρπου σε αυτού του τύπου ελαιοτριβεία, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης ποσότητας των υγρών αποβλήτων ελαιουργείου (ΥΑΕ) μέχρι και 90%, σε σχέση με τα ελαιοτριβεία τριών φάσεων. Το κυριότερο όμως μειονέκτημα τους είναι η διάθεση της υγρής πυρήνας, καθώς είναι δύσκολη η μεταφορά της, ενώ είναι ελάχιστα τα πυρηνελαιουργεία στην Ελλάδα που μπορούν να την επεξεργαστούν για την παραγωγή πυρηνέλαιου. Συνεπώς η αποδοτική και ασφαλής αντιμετώπιση της διάθεσης της υγρής πυρήνας, θα έχει ως αποτέλεσμα την επικράτηση τέτοιων συστημάτων, καθώς και τη δραστική μείωση των δυσμενών επιπτώσεων των ΥΑΕ στο περιβάλλον (Γενιατάκης και Λαγουδάκη, 2000).

Στον Πίνακα 1.4 παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι ελαιοτριβείων, στοιχεία για το είδος των αποβλήτων που παράγει κάθε τύπος καθώς και το μέγεθος των προβλημάτων που παρουσιάζονται κατά την διάθεση τους.

Πίνακας 1.4: Τύποι ελαιουργείων, κατηγορίες αποβλήτων και προβλήματα διάθεσης τους (Μανιός, 2003α).

	<u>Κλασσικά</u>	<u>Τριφασικά (φυγοκεντρικά)</u>			<u>Διφασικά</u>
		<u>Παλαιά</u>	<u>Νέα</u>	<u>Τρίτης γενιάς</u>	
Σχέση: Κασιγάρων /Ελαιόκαρπου	0,6	1,0	0,6	0,3	0,15
Περιεκτικότητα κασιγάρων σε ολικά στερεά (οργανικά)	5 –6%	4% ή 10%	10 – 12%	10 – 12%	1%
Περιεκτικότητα ελαιοπυρήνας σε νερό (υγρασία)	22 – 24%	45 – 47%	48 – 53%	48 – 53%	58 – 65%
Διαβάθμιση προβλήματος διάθεσης κασιγάρων	Μεγάλο	Πολύ μεγάλο	Μεγάλο	Μικρό	Πολύ μικρό
Διαβάθμιση μεγέθους εξατμισοδεξαμενής	Μεγάλη	Πολύ μεγάλη	Μεγάλη	Μικρή	Πολύ μικρή
Διάθεση ελαιοπυρήνας	Χαμηλή τιμή	Χαμηλή τιμή	Χαμηλή τιμή	Χαμηλή τιμή	Αδιάθετη

Στατιστικά στοιχεία σχετικά με την ελαιοπαραγωγή, τον αριθμό των ελαιοτριβείων ανά νομαρχιακό διαμέρισμα, τα παραγόμενα ΥΑΕ και τη παραγόμενη ελαιοπυρήνα φαίνονται στον Πίνακα 1.5. Σημειώνεται ότι τα ελαιουργεία είναι διάσπαρτα στο χώρο, σχετικά μικρής δυναμικότητας και σε ποσοστό περίπου 90% είναι φυγοκεντρικού τύπου και 10% κλασσικού τύπου.

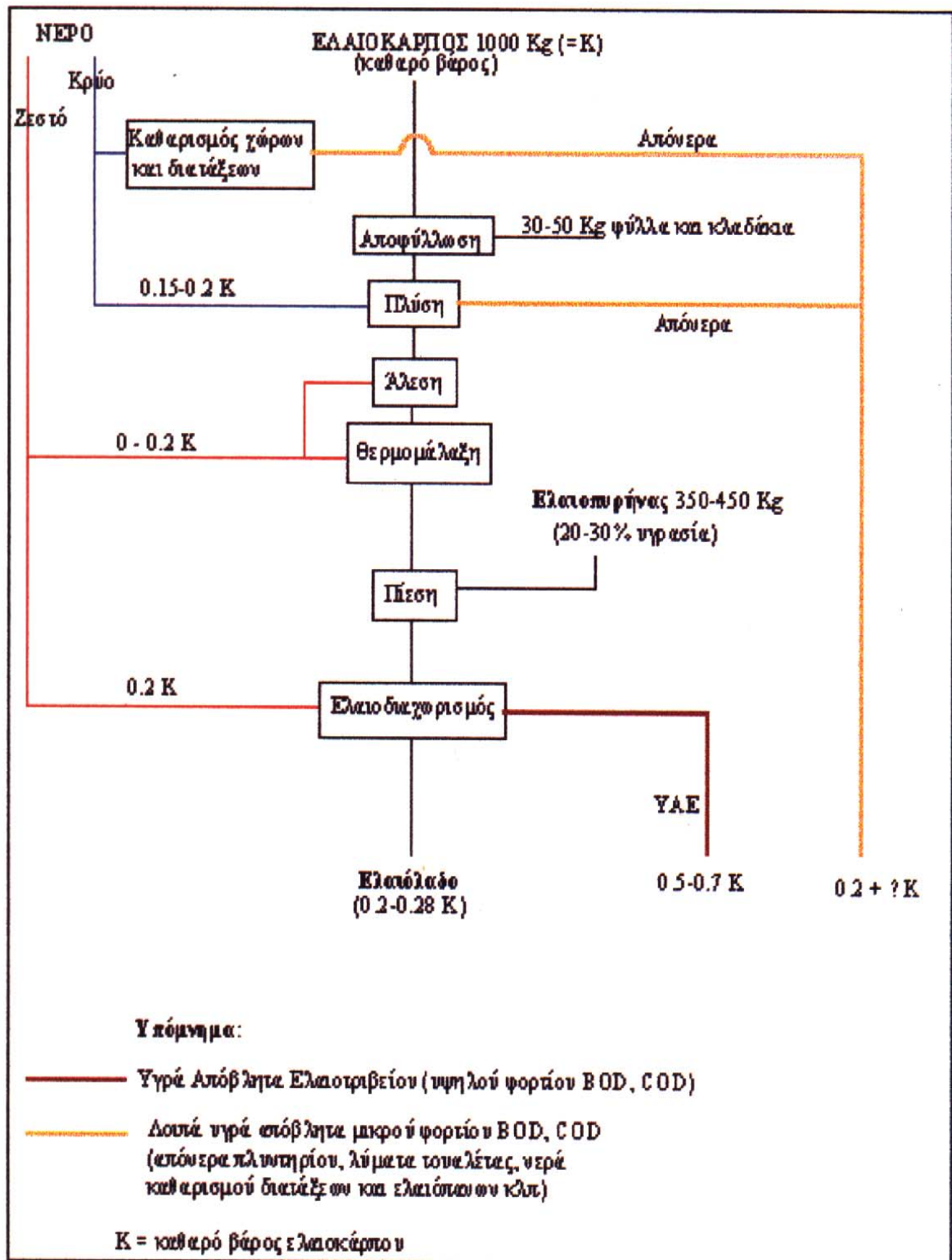
Πίνακας 1.5: Στατιστικά στοιχεία για τα ελαιοτριβεία και την ελαιοπαραγωγή στην Κρήτη (Μανιός, 2003α).

	Ελαιοτριβεία		Ελαιόλαδο*		ΥΑΕ*	Ελαιοπυρήνα*
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	Παραγωγή (tn)	Ποσοστό (%)	Παραγωγή (m ³)	Παραγωγή (tn)
Ηρακλείου	250	45,05	96.500	46,36	453.550	193.000
Λασιθίου	72	12,97	27.797	13,35	130.646	55.594
Ρεθύμνης	98	17,66	37.718	18,12	177.274	75.434
Χανίων	135	24,32	46.142	22,17	216.867	92.284
Σύνολο	555	100	208.157	100	978.337	416.314

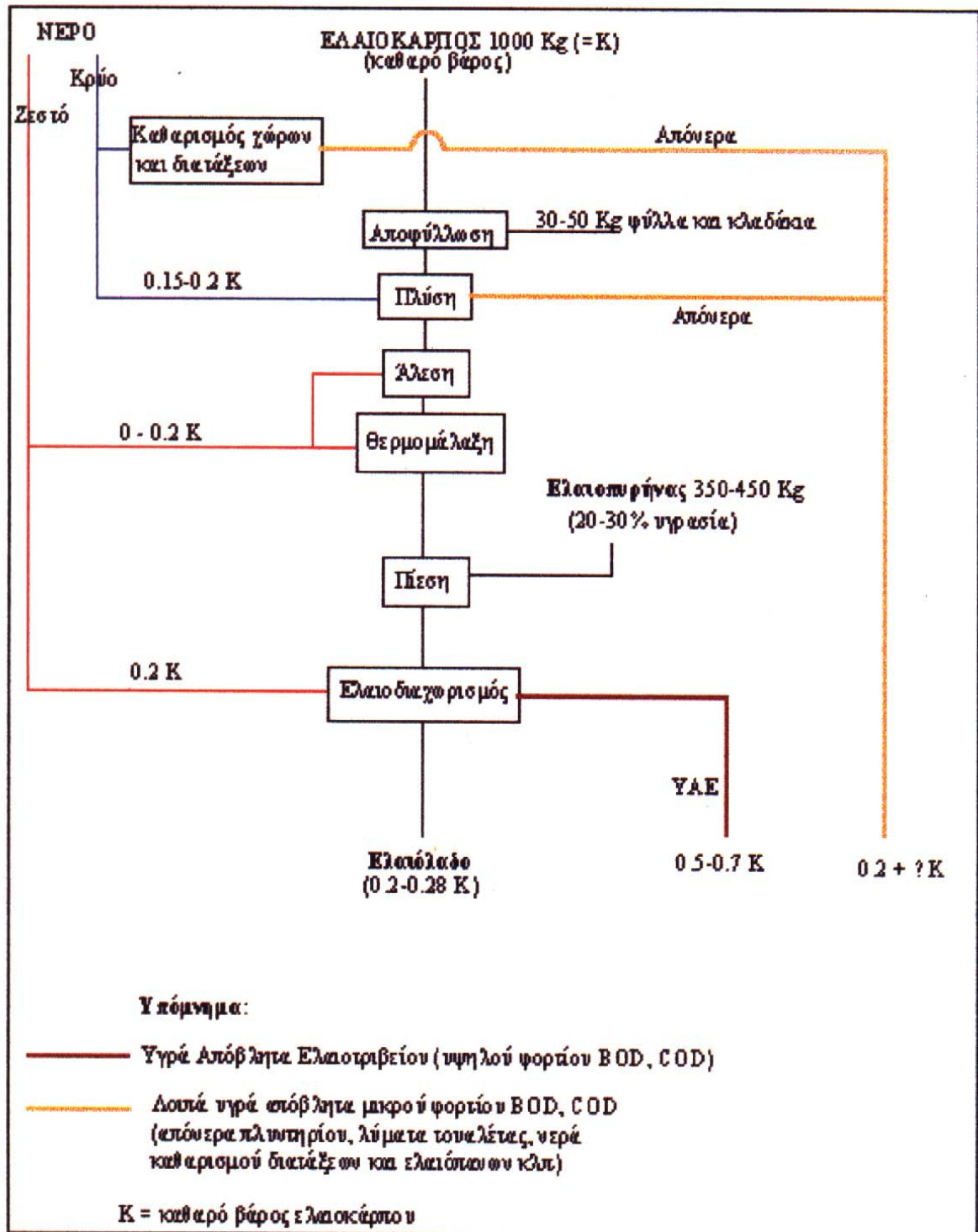
*Κατά την ελαιοκομική περίοδο 1997 – 1998

Στο Διάγραμμα 1.6 και στο Διάγραμμα 1.7 παριστάνεται το διάγραμμα ροής της διαδικασίας παραγωγής του ελαιολάδου στα κλασσικά και φυγοκεντρικά ελαιουργεία αντίστοιχα.

Το διάγραμμα ροής της παραγωγής υγρών αποβλήτων στα κλασσικά και στα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία που απεικονίζεται στο Διάγραμμα 1.2 και στο Διάγραμμα 1.3 αντίστοιχα παρουσιάζει την κατάσταση όπως έχει την τελευταία 20ετία. Η τεχνολογία της φυγοκέντρισης είναι τέτοια που απαιτεί υψηλή χρήση νερού στα decanter των φυγοκεντρικών ελαιοτριβείων και συνεπώς προκύπτει μεγαλύτερη παραγωγή αποβλήτων στα τελευταία. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία της φυγοκέντρισης βελτιώνεται ως προς την εξοικονόμηση στη χρήση νερού. Έτσι τα καινούργια, decanter χρησιμοποιούν λιγότερο νερό ανά μονάδα βάρους ελαιοκάρπου για την αραίωση της ελαιοζύμης που φυγοκεντρείται (Καρατζάς, 2001).



Διάγραμμα 1.2: Διάγραμμα ροής παραγωγής ελαιολάδου σε κλασσικό ελαιοτριβείο (Καρατζάς, 2001).



Διάγραμμα 1.3: Διάγραμμα ροής παραγωγής ελαιολάδου σε φυγοκεντρικό ελαιοτριβείο. (Καρατζάς, 2001).

1.3.2. Ο τρόπος λειτουργίας των κλασσικών ελαιουργείων.

Ο τρόπος λειτουργίας ενός κλασσικού συγκροτήματος παραλαβής ελαιολάδου (Εικόνα 1.1) περιγράφεται παρακάτω:

Ζυγίζεται ο ελαιόκαρπος και απομακρύνονται τα φύλλα και τα κλαδάκια που υπάρχουν (αποφύλλωση). Στη συνέχεια ο ελαιόκαρπος οδηγείται στο πλυντήριο όπου πλένεται για να καθαριστεί από σκόνες, λάσπες κλπ. Στη συνέχεια αλέθεται σε αλεστικές μηχανές για να απελευθερωθεί ο χυμός της ελιάς και τα ελαιώδη συστατικά που περιέχει. Ακολουθεί το στάδιο της θερμομάλαξης όπου ο αλεσμένος ελαιόκαρπος αναμειγνύεται αργά σε ανοιχτές με θερμαινόμενα τοιχώματα δεξαμενές (μαλακτήρες) ώστε να συνενωθούν τα ελαιοσταγονίδια σε μεγαλύτερες σταγόνες και να γίνει ευκολότερη και αποδοτικότερη η εξαγωγή τον λαδιού στη συνέχεια. Κατά το στάδιο της θερμομάλαξης προστίθεται (ανάλογα με την υγρασία τον ελαιοκάρπου) ζεστό νερό για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση της διεργασίας. Έπειτα η "ελαιοζύμη" ή "ελαιόπαστα" τοποθετείται δοσομετρικά σε ειδικά στρογγυλά πανιά-φίλτρα, τα ελαιόπανα. Τα τελευταία τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο για να δεχτούν στη συνέχεια την αργή και σταθερά αυξανόμενη πίεση μιας πρέσας κάθετα προς το επίπεδο που βρίσκονται. Το ελαιόλαδο και τα υπόλοιπα φυτικά υγρά δεχόμενα την πίεση κινούνται προς τα άκρα των ελαιόπανων όσον η πίεση είναι μηδενική και εξέρχονται αυτών. Οδηγούνται έπειτα στον ελαιοδιαχωριστή όπου θα γίνει ο διαχωρισμός του ελαιολάδου από τα φυτικά υγρά. Το μίγμα των φυτικών υγρών και ελαιολάδου αναμειγνύεται με ζεστό νερό και με μια διαδικασία φυγοκέντρησης παραλαμβάνεται το ελαιόλαδο, απαλλαγμένο πια από τις προσμίξεις, από το πάνω μέρος τον ελαιοδιαχωριστήρα. Για την μεγιστοποίηση της απόδοσης εξαγωγής του ελαιολάδου (βιομηχανική απόδοση) τα απόβλητα τον ελαιοδιαχωριστήρα οδηγούνται σε δεύτερο ελαιοδιαχωριστήρα και γίνεται ξανά η διαδικασία τον ελαιοδιαχωρισμού για να παρακρατηθεί επιπλέον ποσότητα ελαιολάδου που διέφυγε στον πρώτο ελαιοδιαχωρισμό. Κατά την πίεση της ελαιοζύμης στα ελαιόπανα και την εξαγωγή των χυμών τον καρπού (μαζί με το ελαιόλαδο) απομένει ένα στερεό υπόλειμμα, ο ελαιοπυρήνας (ή πυρήνας ή λιοκόκκια) που αποτελείται από τα αλεσμένα κουκούτσια (ενδοκάρπιο) και από άλλα στερεά του ελαιοκάρπου (π.χ. φλοιός- εξωκάρπιο). Το προϊόν αυτό έχει υγρασία 20-30% και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ζωοτροφή, για θέρμανση και παραγωγή ενέργειας, ενώ περιέχει και κάποια συγκέντρωση υπολειπόμενου ελαιολάδου (πυρηνέλαιο). Έτσι ο ελαιοπυρήνας μεταφέρεται στα πυρηνελαιουργεία όπου παράγεται το πυρηνέλαιο με εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες. Πολλά ελαιουργεία διαθέτουν λέβητες που καίνε ελαιοπυρήνα για να ζεστάνουν το νερό που χρησιμοποιείται στο εργοστάσιο. Ο ελαιοπυρήνας είναι είτε ο παραγόμενος στα ίδια τα ελαιουργεία ή εκχειλισμένος (πυρηνόξυλο) που αγοράζεται από τα πυρηνελαιουργεία (Καρατζάς, 2001).



Εικόνα 1.1: Κλασσικό Συγκρότημα παραλαβής ελαιολάδου (<http://www.nagref-cha.gr/eldocs/food.html>).

Μερικές φορές ο παραγόμενος, στα κλασσικά ελαιοτριβεία, ελαιοπυρήνας επεξεργάζεται ξανά με ζεστό νερό και πιέζεται ξανά. Η διαδικασία αυτή λέγεται και "λιοκοκκιά". Το ελαιόλαδο που προκύπτει είναι κατώτερης ποιότητας από εκείνο της πρώτης πίεσης και πρέπει να εξευγενιστεί (Καρατζάς, 2001).

Η ισχύουσα νομοθεσία απαγορεύει να αυξηθεί η θερμοκρασία της ελαιοζύμης και γενικά του ελαιολάδου σε οποιοδήποτε στάδιο της επεξεργασίας πάνω από τους 33 ± 2 °C, για λόγους προστασίας της ποιότητας του παραγόμενου ελαιολάδου. Έτσι αναμένεται τα παραγόμενα ΥΑΕ να έχουν θερμοκρασία περίπου 33 °C (Καρατζάς, 2001).

1.3.3. Ο τρόπος λειτουργίας των φυγοκεντρικών ελαιουργείων.

Τα στάδια παραγωγής ελαιολάδου στα φυγοκεντρικά ελαιουργεία (Εικόνα 1.2) είναι παρόμοια με τα αντίστοιχα στάδια παραγωγής των κλασσικών ελαιουργείων που αναφέρθηκαν. Διαφέρουν στο γεγονός ότι το στάδιο της πίεσης απουσιάζει στα φυγοκεντρικά ελαιουργεία. Δηλαδή δεν χρησιμοποιούνται ελαιόπανα και πρέσα για την πίεση της ελαιοζύμης. Στη θέση τους χρησιμοποιείται ένα φυγοκεντρικό μηχάνημα (decanter), το οποίο τροφοδοτείται με την ελαιόπαστα από τον μαλακτήρα και με τη διαδικασία της φυγοκέντρισης, λόγω του μικρότερου ειδικού βάρους του λαδιού, εξάγεται το ελαιόλαδο. Το decanter χρησιμοποιεί ζεστό νερό σε αρκετά μεγάλες ποσότητες και εδώ οφείλεται η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού στα φυγοκεντρικά ελαιουργεία σε σχέση με τα κλασσικά. Από το decanter προκύπτουν επίσης υγρά απόβλητα και ελαιοπυρήνας. Ο ελαιοπυρήνας έχει περισσότερη υγρασία (40-55%) απ' ότι ο ελαιοπυρήνας των κλασσικών ελαιουργείων.

Επίσης η ελαιοπεριεκτικότητα του πυρήνα είναι μικρότερη σε σχέση με εκείνη του πυρήνα των κλασικών ελαιουργείων λόγω της καλύτερης απόδοσης εξαγωγής ελαιολάδου της ελαιοζύμης από το decanter. Επιπλέον η συγκέντρωση του λαδιού του πυρήνα (πυρηνέλαιο) είναι μικρότερη λόγω και της αυξημένης υγρασίας του ελαιοπυρήνα. Έτσι ο πυρήνας των φυγοκεντρικών ελαιουργείων είναι κατάλληλος για τις χρήσεις που προαναφέρθηκαν (θέρμανση νερού στα ελαιουργεία, άλλες ενεργειακές χρήσεις, παραγωγή πυρηνελαίου), αλλά όχι ιδιαίτερα κατάλληλος για ζωοτροφή αφού έχει μειωμένη θρεπτική αξία (Καρατζάς, 2001).



Εικόνα 1.2: Φυγοκεντρικό Συγκρότημα παραλαβής ελαιολάδου (<http://www.nagrefcha.gr/eldocs/food.html>).

Υπάρχουν decanter που το ρεύμα των υγρών αποβλήτων και του ελαιοπυρήνα είναι ενιαίο δηλαδή, τα υγρά απόβλητα ενσωματώνονται στον πυρήνα. Έτσι από τα τρία ρεύματα (φάσεις) των αρχικών decanter που είναι το ελαιόλαδο, τα υγρά απόβλητα και ο ελαιοπυρήνας προκύπτουν τώρα δύο ρεύματα, το ελαιόλαδο και υδαρής ελαιοπυρήνας. Τα decanter αυτά ονομάζονται "διφασικά" (τα προηγούμενα ονομάζονται τριφασικά) και τα ελαιουργεία που λειτουργούν με τέτοια φυγοκεντρικά μηχανήματα ονομάζονται διφασικά ελαιουργεία. Τα τελευταία αν και δεν απαιτούν την προσθήκη νερού στο decanter, ωστόσο ο παραγόμενος ελαιοπυρήνας έχει μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας (65-70%) (Καρατζάς, 2001).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα υγρά απόβλητα σε κάθε είδους ελαιοτριβείου προέρχονται από (Καρατζάς, 2001):

- Το ακάθαρτο νερό και τα λύματα που προκύπτουν από τον καθαρισμό των χώρων, του μηχανικού εξοπλισμού και των χώρων υγιεινής (τουαλέτες) τον ελαιοτριβείου.
- Το ακάθαρτο νερό του πλυντηρίου του ελαιοκάρπου.

- Τα υγρά απόβλητα που παράγονται κατά την φυγοκέντριση της ελαιοζύμης (στα φυγοκεντρικά ελαιοουργεία).
- Τα υγρά απόβλητα που παράγονται στο στάδιο του ελαιοδιαχωρισμού του ελαιολάδου από τα φυτικά υγρά και/ ή τις προσμίξεις του (στα κλασσικά και στα φυγοκεντρικά ελαιοουργεία).

Οι δύο πρώτες κατηγορίες υγρών αποβλήτων είναι μικρού ρυπαντικού φορτίου όσο αφορά τις τιμές BOD₅ και COD και συνήθως καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα. Οι τελευταίες δύο κατηγορίες υγρών αποβλήτων είναι υψηλού ρυπαντικού φορτίου (BOD₅, COD). Αυτά τα υγρά απόβλητα περιέχουν άλλωστε και φυτικά υγρά από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου και είναι εκείνα που συνιστούν το πρόβλημα στην επεξεργασία και διάθεσή τους. Είναι, δηλαδή, τα ΥΑΕ (κατσιγάρος, λιόζουμα) και συνήθως ακολουθούν διαφορετικό χειρισμό και διάθεση από τα άλλα υγρά απόβλητα που αναφέρθηκαν (Καρατζάς, 2001).

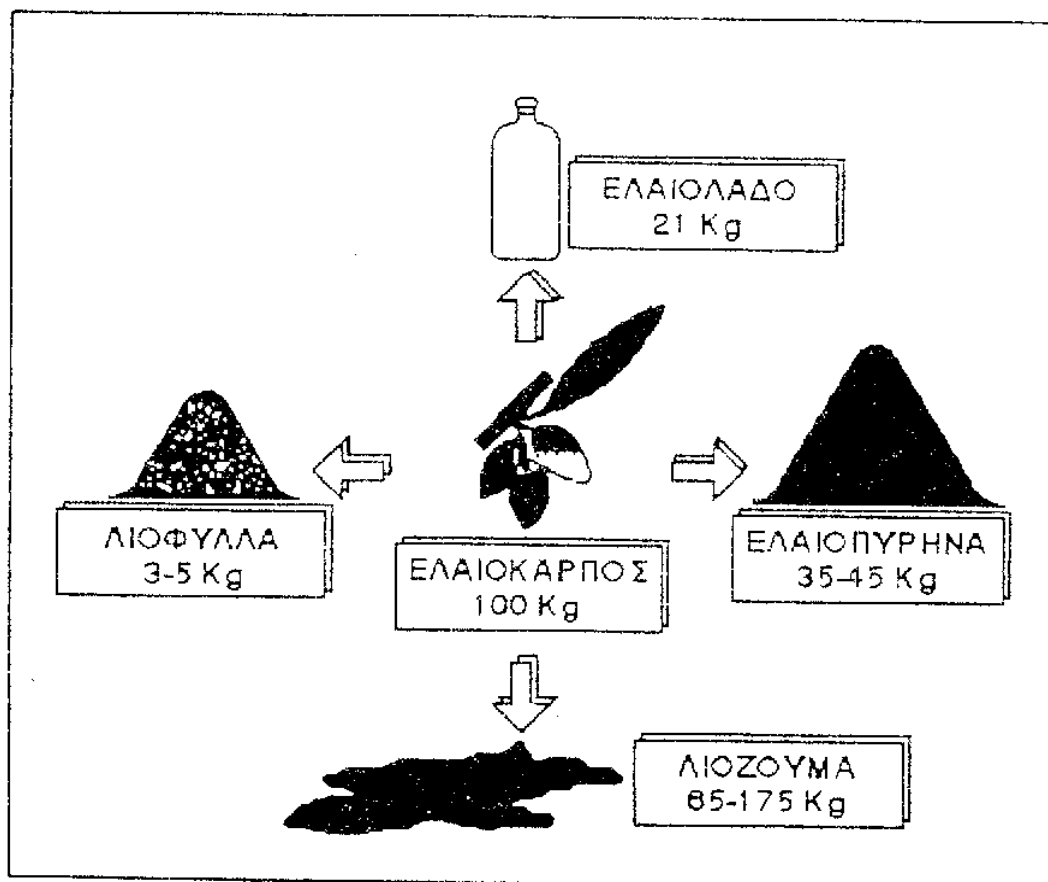
Εκτός όσων γράφτηκαν παραπάνω θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι υπάρχουν decanter που δεν παράγουν υγρά απόβλητα, αλλά, ενσωματώνουν τα τελευταία στον ελαιοπυρήνα. Σαν αποτέλεσμα ο πυρήνας που προκύπτει έχει μεγάλο ποσοστό υγρασίας (65-70%). Όμως εξαιτίας της πολύ μεγάλης υγρασίας του ελαιοπυρήνα τα πυρηνελαιοουργεία δεν δέχονται να επεξεργαστούν τον πυρήνα καθώς απαιτείται μεγάλη δαπάνη ενέργειας για την ξήρανση, αλλά και μεγαλύτεροι ξηραντήρες. Επιπλέον υπάρχει μεγάλο πρόβλημα μεταφοράς του υδαρούς ελαιοπυρήνα καθώς η αυξημένη του υγρασία αυξάνει το κόστος μεταφοράς. Τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία που κάνουν χρήση αυτής της δυνατότητας των decanter όπου τα υγρά απόβλητα στα τελευταία ενσωματώνονται στον ελαιοπυρήνα ονομάζονται διφασικά (Καρατζάς, 2001).

Κανένα όμως φυγοκεντρικό ελαιοτριβείο στην Ελλάδα δεν χρησιμοποιεί τη δυνατότητα αυτή των decanter. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να αλλάξει ριζικά ο τρόπος λειτουργίας των πυρηνελαιοουργείων, αλλά και η χωροθέτησή τους ώστε να έχουν πολύ μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους για την αποθήκευση του υδαρούς ελαιοπυρήνα. Τα πυρηνελαιοουργεία θα πρέπει να αλλάξουν τον τρόπο εξαγωγής του πυρηνελαιίου και αντί των μεθόδων εκχύλισης με διαλύτες να χρησιμοποιούν μεθόδους φυγοκέντρισης (φυγοκεντρικά πυρηνελαιοουργεία). Επιπλέον θα πρέπει να αλλάξει η χωρομέτρηση και η κλίμακα παραγωγής στα ελαιοτριβεία ώστε να μειώνεται το κόστος μεταφοράς του ελαιοπυρήνα. Στην Ισπανία λειτουργούν διφασικά ελαιοουργεία. Όμως για να γίνει αυτό έχουν προηγηθεί μεγάλες αλλαγές στον τομέα της εξαγωγής του πυρηνελαιίου (φυγοκεντρικά πυρηνελαιοουργεία) και στον τρόπο διαχείρισης του πυρηνόξυλου (αξιοποίηση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας), (Καρατζάς, 2001).

1.4. Χαρακτηριστικά παραγόμενων αποβλήτων.

1.4.1. Φύση και σύνθεση ρυπογόνου δυναμικού (χαρακτηριστικά κασιγάρου).

Από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου παραλαμβάνουμε, εκτός από το λάδι, ελαιοπυρήνα (λιοκόκκια) που συνίσταται από τα αλεσμένα στερεά συστατικά του καρπού (εξωκάρπιο, σαρκώδες μεσοκάρπιο, αποξυλωμένο ενδοκάρπιο), λιοφύλλα που έχουν μεταφερθεί με τον ελαιοκάρπο, και μια σημαντική σε όγκο και οργανικό φορτίο ποσότητα υγρών αποβλήτων, γνωστά ως «κασιγάρου», «λιοζουμα», ή «μούργες». Οι σχετικές μέσες ποσότητες ελαιολάδου, στερεών υπολειμμάτων και λιοζουμων που προκύπτουν από την επεξεργασία 100 Kg ελαιοκάρπου παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1.4 (Φλουρή και Άλλοι, 1994).



Διάγραμμα 1.4: Παραγωγή ελαιολάδου, στερεών υπολειμμάτων και υγρών αποβλήτων από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου στα ελαιοτριβεία (Φλουρή και Άλλοι, 1994).

Τα φυτικά υγρά (πλην του λαδιού) που περιέχονται στον καρπό της ελιάς αποτελούν περίπου το 40 – 45 % του βάρους του. Συνήθως περιέχουν 17% στερεά τα οποία κατά 15% είναι οργανικά και 2% ανόργανα. Η σύνθεση αυτή ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία του ελαιόκαρπου, ανάλογα με την ωριμότητα του (εποχή) αλλά και ανάλογα με τις συνθήκες παραγωγής του (άρδευση, λίπανση, καλλιέργεια κ.λ.π.). Φυσικά, τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων περιέχουν τα φυτικά υγρά του καρπού αλλά και τα νερά που προστίθενται σ' αυτά στο ελαιουργείο κατά την διαδικασία της παραλαβής του ελαιόλαδου (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Πίνακας 1.6: Χαρακτηριστικά αποβλήτων κλασικών και φυγοκεντρικών ελαιουργείων (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Χαρακτηριστικά	Τύπος ελαιουργείου	
	Κλασσικό	Φυγοκεντρικό
Αλατότητα (mmhos/cm)	8 – 16	8 – 16
PH	4,5 – 5	4,7 – 5,2
Ρυπογόνο δυναμικό:		
COD (Kg/m³)	120 – 130	45 – 60
BOD (Kg/m³)	90 – 100	35 – 48
Στερεά αιωρούμενα (%)	0,1	0,9
Στερεά ολικά (%)	120	6,0
Οργανικά	10,5 (6,4 – 9,5)*	5,5 (3,9 – 5,8)
Ανόργανα	1,5 (0,6 – 1,3)	0,5 (0,5 – 0,75)
Οργανική ουσία (%)		
Ολικά σάκχαρα	2,0 – 8,0 (1,7 – 7,2)	0,5 – 2,6 (0,4 – 1,2)
Αζωτούχες ουσίες	0,5 – 2,0 (0,16)	1,7 – 0,4 (0,1 – 0,3)
Οργανικά οξέα	0,5 – 1,0	0,2 – 0,4
Πολυαλκοόλες	1,0 – 1,5	0,3 – 0,5
Πηκτίνες, Τανίνες κ.λ.π.	1,0 – 1,5	0,2 – 0,5
Πολυφαινόλες	2,0 – 2,4	0,3 – 0,8
Λίπη	0,03 – 1,0	0,5 – 2,3
Ανόργανα στοιχεία (%)		
P	0,11 (0,05)	0,03 (0,01 – 0,04)
K	0,72 (0,6)	0,27 (0,3 – 0,5)
Ca	0,07 (0,02)	0,02 (0,01 – 0,02)
Mg	0,04 (0,03)	0,01 (0,015)
Na	0,09 (0,002)	0,03 (0,005)
CO₃	0,37	0,10
SO₃	0,04	0,015
Cl₂	0,03	0,01
SiO₂	0,005	0,002

*Οι μέσα σε παρενθέσεις τιμές προέρχονται από αναλύσεις στο Ινστιτούτο Υποτροπικών Φυτών και Ελιάς Χανίων και αφορούν την Κορωνέικη.

Έτσι η τελική σύνθεση των αποβλήτων ποικίλει όχι μόνο ανάλογα με την ποικιλία, ωριμότητα κ.λ.π. του καρπού αλλά και ανάλογα με την μεθοδολογία της έκθλιψης, που σήμερα γίνεται βασικά κατά δύο τρόπους με πίεση (κλασσικά ελαιουργεία) ή με φυγοκέντρωση (φυγοκεντρικά ελαιουργεία), (Πίνακας 1.6), (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Η μειωμένη περιεκτικότητα των αποβλήτων σε στερεά στα φυγοκεντρικού τύπου ελαιουργεία οφείλεται βασικά στα ότι στα ελαιουργεία αυτά η διαδικασία της φυγοκέντρωσης απαιτεί, εκτός από την προσθήκη νερού στους κατακόρυφους διαχωριστήρες οι οποίοι υπάρχουν κατά κανόνα τόσο στα κλασσικά όσο και στα φυγοκεντρικά ελαιουργεία, και συνεχή προσθήκη μιας επιπλέον ποσότητας νερού ίσης προς το 0,3 – 0,5 του επεξεργαζόμενου καρπού. Η προσθήκη αυτή προκαλεί μια φυσιολογική αραίωση των περιεχομένων συστατικών αλλά αυξάνει οπωσδήποτε την τελικά παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων ανά μονάδα επεξεργαζόμενου καρπού (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Συγκεκριμένα, τα υγρά απόβλητα, ή "κατσίγαροι", συνίστανται από το υδάτινο κλάσμα του χυμού του ελαιοκάρπου, το νερό εκπλύσεως, και το νερό που προστίθεται κατά την μάλαξη της ελαιομάζας καθώς και στον διαχωριστήρα. Ο κατσίγαρος είναι ένα σκούρου χρώματος, θολό, χαρακτηριστικής οσμής υγρό, πλούσιο σε οργανικά και ανόργανα υλικά διαλυμένα στην υδάτινη κυρίως φάση. Περιέχει επίσης αδιάλυτα οργανικά τεμαχίδια υπό μορφή αιωρήματος καθώς και σταγονίδια ελαίου που του προσδίδουν μορφή γαλακτώματος. Τα κυριότερα φυσικοχημικά του χαρακτηριστικά δίδονται στον Πίνακα 1.7, πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι επιμέρους τιμές μπορεί να ποικίλουν στα διάφορα ελαιοτριβεία ανάλογα με τον τύπο του ελαιοτριβείου, την ποικιλία και την κατάσταση του ελαιοκάρπου και την ποιότητα του νερού (Φλουρή και Άλλοι, 1994).

Πίνακας 1.7: Κύρια χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων (Φλουρή και Άλλοι, 1994).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΙΜΗ
Νερό	83 – 94 %
Οργανικά συστατικά	4 – 16 %
Ανόργανα συστατικά	1 – 2 %
Πυκνότητα	1,024 g/cm ³
Αγωγιμότητα	8.000 – 16.000 μs
PH	4,5 – 6,5
BOD₅	14.000 – 110.000 mg/l
COD	41.400 – 130.000 mg/l

Τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων (γνωστά και ως απόνερα, κασίγαρος, ελαιοζούμια) συγκαταλέγονται μαζί με εκείνα των οινοπνευματοποιείων (βινάσες) στα κατ' εξοχήν βεβαρημένα, από άποψη ρυπαντικού οργανικού φορτίου, γεωργο-βιομηχανικά απόβλητα. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι τα απόβλητα ενός μέσης δυναμικότητας ελαιουργείου – 50 m³/ημέρα, BOD₅ = 40 g/l – ισοδυναμούν με λύματα ενός οικισμού 30.000 κατοίκων. Η επεξεργασία και διάθεση τους καθίσταται δυσχερής για λόγους που συνδέονται άμεσα με την φυσικοχημική τους σύσταση (χαμηλή τιμή PH, υψηλή περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων, λιπαρών οξέων και χρωστικών, φυτοτοξικές ιδιότητες), την τεχνικό – οικονομική δομή των ελαιουργείων αλλά και το διάσπαρτο της γεωγραφικής τους κατανομής (Κώνστας και Άλλοι, 1994).

Οι επιβλαβείς συνέπειες των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων στο περιβάλλον είναι πολύ σημαντικές και οφείλονται κυρίως (Γενιατάκης και Λαγουδάκη, 2000):

1. Στο πολύ υψηλό οργανικό φορτίο που περιέχουν, δηλαδή BOD₅ και COD της τάξεως 12.000 -100.000 mgr/lit και 6.000 - 70.000 αντίστοιχα (ανάλογα από το αν τα δείγματα παίρνονται αμέσως μετά το διαχωριστήρα ή από το τελικό φρεάτιο, και ανάλογα με το είδος του ελαιουργείου). Ως μέτρο συγκρίσεως αναφέρεται ότι το BOD₅ των αστικών λυμάτων κυμαίνεται από 300-400 mg/lit.
2. Στο πολύ χαμηλό τους pH= 4,5-5 (όξινο) και τη μεγάλη ρυθμιστική τους ικανότητα, χαρακτηριστικά τα οποία διευκολύνουν τη διάβρωση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων και τη διείσδυση των αποβλήτων σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες (διακυβεύοντας έτσι την καταλληλότητα του πόσιμου νερού).
3. Στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε ισχυρές χρωστικές, οι οποίες αποτελούν το πιο δύσκολο ίσως βιοαποδομήσιμο συστατικό τους.
4. Στις τοξικές τους ιδιότητες, τόσο έναντι των φυτών όσο και της υδρόβιας πανίδας (περιέχουν φαινόλες, ταννίνες, λιπαρά οξέα).
5. Στο μεγάλο αριθμό και συνάμα στο διάσπαρτο των ελαιουργικών μονάδων (λειτουργούν πάνω από 4000 ελαιουργεία σε όλη την Ελλάδα).
6. Στο σχετικά μεγάλο όγκο των αποβλήτων.

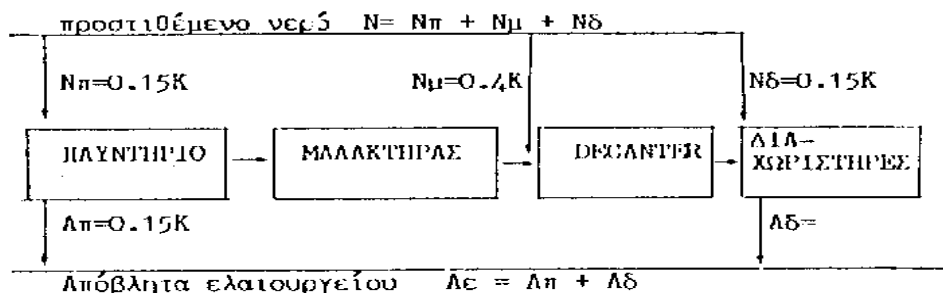
Με αποτέλεσμα τη γενικότερη υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος, πρόβλημα που απασχολεί όλες τις ελαιοπαραγωγικές περιοχές όχι μόνο της χώρας μας, αλλά και των άλλων Μεσογειακών χωρών. Σημαντικές είναι οι προσπάθειες των ειδικών στις χώρες αυτές, τα τελευταία χρόνια για την ανεύρεση τρόπων διαχείρισης και επεξεργασίας των κασιγάρων, ώστε να αμβλυθούν στο μέγιστο δυνατό βαθμό οι δυσμενείς επιπτώσεις αυτών στο περιβάλλον (Γενιατάκης και Λαγουδάκη, 2000).

1.4.2. Ύψος και κατανομή ρυπογόνου δυναμικού.

Η παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων κατά τύπο ελαιουργείων υπολογίζεται (Διάγραμμα 1.5 και 1.6) ως εξής (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989):

(α) Στα κλασσικού τύπου : 0,65 lt/Kg ελαιόκαρπου

(β) Στα φυγοκεντρικού τύπου : 1,00 lt/Kg ελαιόκαρπου



N_{π} = Νερό στο πλυντήριο (= 0,15 K) K = Καρπός
 N_{μ} = Νερό στο μαλακτήρα = (0.3-0.5)K Υκ= Υγρά καρπού (-0.45K)
 N_{δ} = Νερό στο διαχωριστήρα (=0.15K) Υπ= Υγρασία πυρήνα (0.45·0.4K =0.2K)

Λ_{π} = Απόβλητα πλυντηρίου (= 0.15K) } Λ_{ϵ} =Απόβλητα ελαιουργείου
 Λ_{δ} = Απόβλητα διαχωριστήρα

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΙΘΩΜΑΤΩΝ

$$N_{\pi} + N_{\mu} + N_{\delta} + \Upsilon_{\kappa} = \Lambda_{\pi} + \Lambda_{\delta} + \Upsilon_{\pi}$$

$$0.15K + 0.4K + 0.15K + 0.45K = \Lambda_{\epsilon} + 0.2K$$

$$\Lambda_{\epsilon} = 0.95K$$

Διάγραμμα 1.5: Υγρά απόβλητα σε φυγοκεντρικό ελαιουργείο (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Οι ποσότητες αυτές συμπίπτουν και με στοιχεία μετρήσεων που έγιναν στο Ινστιτούτο Υποτροπικών Φυτών και Ελιάς κατά την διάρκεια διαφόρων δοκιμών (Πίνακας 1.8). Οπωσδήποτε είναι μικρότερες από εκείνες που αναφέρονται από ξένους ερευνητές (0,75 lt/Kg για τα κλασσικά και 1,3 lt/Kg για τα φυγοκεντρικά) γιατί αυτές αναφέρονται σε παλαιού τύπου φυγοκεντρικά και γιατί σε άλλες χώρες (Ισπανία) οι συνθήκες συγκομιδής (λάσπες, αρκετός χρόνος παραμονής μέχρι την έκθλιψη) επιβάλλουν πλύσιμο του καρπού με μεγάλες ποσότητες νερού (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

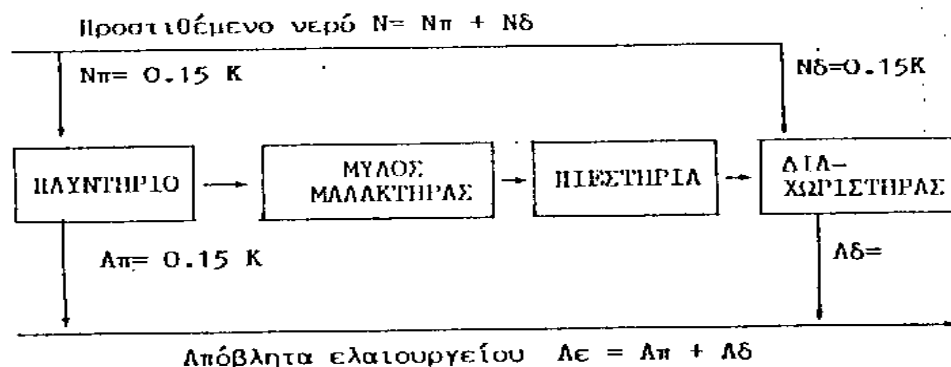
Πίνακας 1.8: Σχέση αποβλήτων / καρπού σε διάφορους τύπους ελαιουργείων για ποικιλία Κορωνέικη (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Έτος δοκιμών	Τύπος Ελαιουργείων	Σχέση αποβλήτων καρπού	Νερό στο πλυντήριο	Συνολικά σχέση (Α/Κ)
	α. Φυγοκεντρικά			
1976	CENTROLIA	1,00		
-	FLOOTVEL	1,01		
1981	ALFA LAVAL 314	1,21		
-	RAPANELLI – 4	0,89		
-	AMENDUNI	0,96		
1988	HILLER S2	0,91		
-	ALFA LAVAL 416	0,96		
-	ΧΕΡΟΥΒΕΙΜ × 380	0,55		
-	DDS	0,77		
	M.O.	0,90	0,15	1,05
	β. Κλασσικά			
1981	ΘΕΟΧΑΡΗΣ (MOLACER)	0,55	0,15	0,70

Στο επίπεδο της Κρήτης σήμερα υπάρχουν 630 ελαιουργεία από τα οποία 400 είναι φυγοκεντρικά και 230 κλασσικά (Πίνακας 1.9). Η μέση παραγωγή λαδιού ανέρχεται σε 80 χιλ. τόνους περίπου ετησίως (Πίνακας 1.10) και υπολογίζεται ότι προέρχεται από 400 χιλ. τον. Ελαιόκαρπου (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Πίνακας 1.9: Τύπος, αριθμός και δυναμικότητα ελαιουργείων στην Κρήτη την περίοδο 1986/87 (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Νομοί	Φυγοκεντρικά			Κλασσικά			Σύνολο
	Δυναμικότητα (τον. / ώρα)			Δυναμικότητα (τον. / ώρα)			
	Αριθμός	Ολική	Μέση	Αριθμός	Ολική	Μέση	
Χανιά	93	160	1,6	83	72	0,8	176
Ρέθυμνο	57	102	1,7	50	50	0,9	107
Ηράκλειο	160	361	2,2	90	111	1,2	250
Λασιθί	88	183	2,1	9	8	0,9	97
ΚΡΗΤΗ	198	806	2,0	232	241	1,0	630



N_{π} = Νερό στο πλυντήριο (= $0.15 K$)
 N_{δ} = Νερό στο διαχωριστήρα (= $0.15 K$)
 A_{π} = Απόβλητα πλυντηρίου (= $0.15 K$)
 A_{δ} = Απόβλητα διαχωριστήρα A_{ϵ} = Αποβλ. ελαιουργείου
 K = Καρπός
 Y_{κ} = Υγρά καρπού (= $0.45 K$)
 Y_{π} = Υγρασία πυρήνα (= $0.3 \cdot 0.35 = 0.1 K$)

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΙΠΩΔΕΙΝΩΝ

$$N_{\pi} + N_{\delta} + Y_{\kappa} = A_{\pi} + A_{\delta} + Y_{\pi}$$

$$0.15K + 0.15K + 0.45K = A_{\epsilon} + 0.1K$$

$A_{\epsilon} = 0.65K$

Διάγραμμα 1.6: Υγρά απόβλητα σε κλασσικά ελαιουργεία (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Αν πάρουμε ως μέση δυναμικότητα επεξεργασίας ελαιόκαρπου ανά ώρα 2 τον. για φυγοκεντρικά και 1 τον. για τα κλασσικά (Πίνακας 1.10) και θεωρήσουμε ότι τα υπάρχοντα σήμερα ελαιουργεία στην Κρήτη επεξεργάζονται ποσότητα ελαιόκαρπου ετησίως, ανάλογη προς την δυναμικότητα τους (εργάζονται δηλαδή περίπου τις ίδιες ώρες ετησίως) τότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι στην Κρήτη παράγονται ετησίως 370 χιλ. τον. απόβλητα από τα οποία 60 χιλ. τον. προέρχονται από κλασσικά ελαιουργεία και 310 χιλ. τον. προέρχονται από φυγοκεντρικά (Πίνακας 1.10). Η κατανομή της παραγωγής αυτής τοπικά φαίνεται από την κατανομή των ελαιουργείων στο χώρο του νησιού (Διάγραμμα 1.7). Είναι σαφής η υπερσυγκέντρωση στο βόρειο άξονα και κυρίως στις καλλιεργούμενες ζώνες. Ευτυχώς τα εδάφη των περιοχών αυτών εκτός ολίγων εξαιρέσεων δεν είναι αρκετά περατά και γι' αυτό δεν έχουν γενικευτεί τα κρούσματα μόλυνσης υπόγειων υδάτων (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Πίνακας 1.10: Δυναμικότητα ελαιουργείων και παραγόμενα υγρά απόβλητα στην Κρήτη (μ.ο.), (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Στοιχεία παραγωγής	Τύπος Ελαιουργείων		
	Κλασσικά	Φυγοκεντρικά	Σύνολο
1. Αριθμός ελαιουργείων	230	400	630
2. Μέση δυναμικότητα (τον. / ώρα)	1	2	
3.Συνολική δυναμικότητα(τον. /ώρα)	230	800	1030
4. Ελαιόκαρπος που αναλογεί κατά μ.ο. ετησίως (χιλ. τον.)	90	310	400
5. Μέση σχέση απόνερων / ελαιόκαρπος	0,65	1,0	-
6. Απόβλητα που αναλογούν ετησίως (χιλ. τον.)	60	310	370
7. Απόβλητα ανά μήνα (για 3,5 μήνες) (χιλ. τον.)	17	88	105
8. Απόβλητα ανά ημέρα (τον.)	560	2930	3490
9. Απόβλητα ανά ελαιουργείο κατά μ.ο. (τον. /10ωρο)	6,5	20	-
10. Μέση διάρκεια πραγμ. λειτουργ. ελαιουργείου (ώρες / έτος)	400	400	
11. Μέρες 10ωρης λειτουργίας	40	40	

Η μεγάλη διασπορά των ελαιουργείων δεν προσφέρεται για εφαρμογή λύσης βιομηχανοποιημένης μορφής, που απαιτεί συνήθως μεγάλες ποσότητες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οπωσδήποτε όμως προσφέρεται περισσότερο για πρακτικότερες ατομικές λύσεις (άρδευση, λίπανση, εξάτμιση) (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

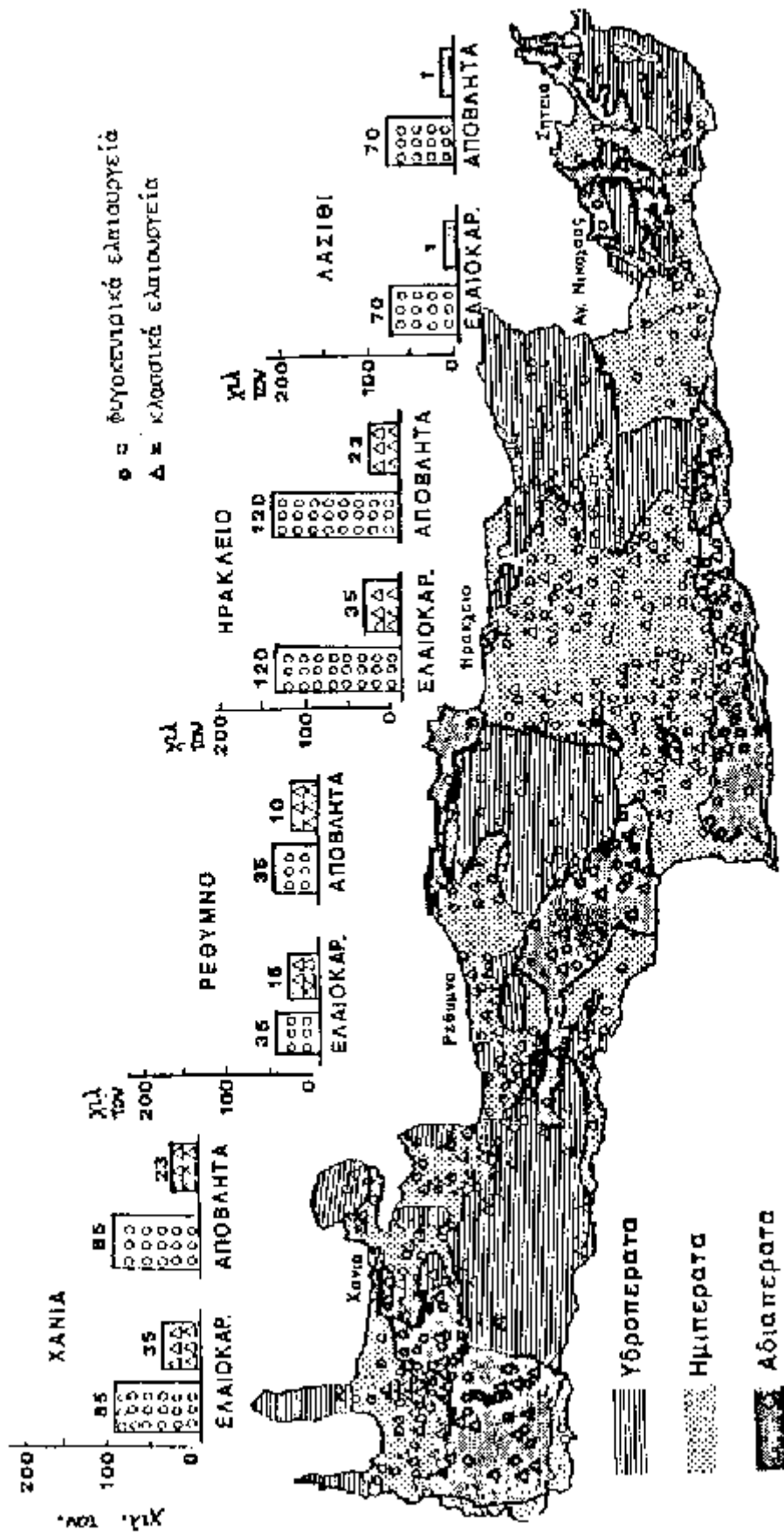
Η κατανομή της δυναμικότητας των ελαιουργείων κατά τάξη μεγέθους (Πίνακας 1.11) δείχνει ότι τα περισσότερα φυγοκεντρικά (71%) έχουν δυναμικότητα 0,8 - 2 τον./ ώρα ενώ τα περισσότερα κλασσικά (66%) έχουν δυναμικότητα 0,5 - 1 τον./ ώρα (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Για την κατανομή της παραγωγής αποβλήτων χρονικά δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία. Όμως είναι γνωστό ότι στο σύνολο της Κρήτης η συγκομιδή και επομένως η έκθλιψη αρχίζει στα μέσα Νοέμβρη και τελειώνει για τις περισσότερες ζώνες (Λιανολιά) τον Φεβρουάριο. Σε συγκεκριμένες περιοχές (Σέλινο, Ρέθυμνο, Ηράκλειο) η ύπαρξη των ποικιλιών Τσουνάτης, Θρουμπολιάς, Χονδρολιάς, που συλλέγονται από το έδαφος μετά από φυσική πτώση παρατείνει την λειτουργία μικρού αριθμού ελαιουργείων μέχρι Απρίλιο, Μάιο ή και καμία φορά Ιούνιο. Ο κύριος όγκος των αποβλήτων γενικά παράγεται στο τρίμηνο Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος. Στο τρίμηνο αυτό συμπίπτει συνήθως και το μεγαλύτερο ύψος βροχοπτώσεων του έτους σ' όλους τους νομούς. Αυτό έχει ευεργετική επίδραση αφού προκαλεί μια κάποια αραίωση των αποβλήτων που αποβάλλονται σε μικρορυάκια ή ποτάμια αλλά δρα αρνητικά από την πλευρά της εξεύρεσης λύσης με εξάτμιση (Μιχελάκης – Κουτσαφτάκης, 1989).

Πίνακας 1.11: Ποσοστά ελαιουργείων κατά τάξη δυναμικότητα κατά την περίοδο 1986/87 (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Νομοί	Φυγοκεντρικά (%)			Κλασσικά (%)		
	Τάξη δυναμικότητας (τον. / ώρα)			Τάξη δυναμικότητας (τον. / ώρα)		
	0,8 - 2	2 - 3	3 - 5	0,3 - 1	1 – 1,5	1,5 – 2,5
Χανιά	80	18	2	82	15	3
Ρέθυμνο	86	11	3	68	20	12
Ηράκλειο	64	24	12	47	39	9
Λασιίθι	67	24	9	56	22	22
Κρήτη (%)	71	21	8	66	26	8
Κρήτη(αριθμ.)	286	81	31	154	60	18

Κι αυτό γιατί από την μια πλευρά η βροχή προστίθεται στις ανοικτές δεξαμενές ή λίμνες εξάτμισης από την άλλη η δεδομένη μείωση της ηλιοφάνειας παρεμποδίζει την ύπαρξη υψηλού ρυθμού εξάτμισης (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).



Διάγραμμα 1.7: Κατανομή φυγοκεντρικών (ο) και κλασσικών (Δ) ελαιουργείων στο χώρο της Κρήτης, και μέση ετήσια παραγωγή ελαιοκάρπου και αποβλήτων κατά νομό και τύπο ελαιουργείων (Μιχαλάκης – Κουτσαφτάκης, 1989).

1.5. Χαρακτηριστικά αποβλήτων από ελαιουργεία δυο και τριών φάσεων.

Είναι γνωστό ότι τα ελαιουργεία συγκαταλέγονται στις γεωργικές βιομηχανίες που παράγουν απόβλητα υψηλού ρυπαντικού φορτίου εξαιτίας της φυσικοχημικής σύστασης τους και της περιεκτικότητας μεγάλου ποσοστού οργανικών ουσιών σε σύμπλοκες μορφές οι οποίες αποικοδομούνται με δυσκολία (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Τα τελευταία χρόνια τα απόβλητα των ελαιουργείων έχουν δημιουργήσει σοβαρότατα περιβαλλοντικά προβλήματα εξαιτίας της ανεξέλεγκτης διάθεσης τους στο περιβάλλον και του διαρκώς αυξανόμενου όγκου τους λόγω της αυξημένης παραγωγής του ελαιολάδου αλλά και της αντικατάστασης των κλασικών με φυγοκεντρικά ελαιουργεία (Πίνακας 1.12), (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Πίνακας 1.12: Ποσότητες αποβλήτων ελαιοτριβείου δυναμικότητας 1.000 τόνων ελαιοκάρπου (Μανιός, 2003α).

	<u>Κλασσικά</u>	<u>Τριφασικά (φυγοκεντρικά)</u>			<u>Διφασικά</u>
		<u>Παλαιά</u>	<u>Νέα</u>	<u>Τρίτης γενιάς</u>	
Ελαιοπυρήνα (m³)	550	550	550	550	550
Κασίγαροι (m³)	600	1.000	600	300	150
Υπερκείμενοι κασίγαροι εξατμισοδεξαμενής	400	800	400	100	130
Υποκείμενη ιλύς (λάσπη) στις εξατμισοδεξαμενές (m³)	200	200	200	200	200
Φύλλα ελιάς (m³)	400	400	400	400	400
Ελαιοκλ/θαρα	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200

Σήμερα η τεχνολογία της αντιρύπανσης έχει φθάσει σε αρκετά υψηλά επίπεδα ώστε να μπορεί να πετύχει τη μηδενική ρύπανση και τα υγρά απόβλητα μίας βιομηχανίας να μπορούν να γίνουν με κατάλληλη επεξεργασία καθαρότερα από τα νερά του αποδέκτη. Το κόστος όμως για μηδενική ρύπανση και σαν επένδυση και σαν λειτουργία των απορρυπαντικών εγκαταστάσεων μπορεί να είναι τόσο υψηλό που η επιχείρηση να μην είναι πια οικονομικά βιώσιμη (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Για τα ελαιουργεία τα οποία είναι μονάδες μικρές, με εποχιακό χαρακτήρα το πρόβλημα είναι εντονότερο. Μέχρι σήμερα παρά τις προσπάθειες που γίνονται σε όλες τις ελαιοπαραγωγικές χώρες δεν έχει αναπτυχθεί εφαρμόσιμη μέθοδος για την επεξεργασία των αποβλήτων που συγχρόνως να είναι και στις οικονομικές δυνατότητες των ελαιουργείων (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Πίνακας 1.13: Διαθέσιμα απόβλητα και υπολείμματα για συγκομποστοποίηση κατά τύπο ελαιοτριβείου από 1.000 τόνους ελαιοκάρπου (Μανιός, 2003α).

<u>Απόβλητα - Υπολείμματα</u>	<u>Κλασσικά και όλοι οι τύποι τριφασικών</u>	<u>Διφασικά</u>
1. Λάσπη (m³)	200	20
2. Ελαιοπυρήνα (m³)	~ 50	550
3. Φύλλα ελιάς < 30% (m³)	120	120
4. Ελαιοκλαδοκάθαρα < 7 (m³)	150	150
Σύνολο (m³)	520	840
Παραγόμενο κόμποστ < 60% (m³)	300	500
Αξία (30 € / m³)	9.000 € ή 3,1 εκ. δρχ.	15.000€ ή 5,1 εκ. δρχ.

Η μείωση των αποβλήτων με κατάλληλες τροποποιήσεις ή αντικαταστάσεις μέρους των μηχανημάτων στο ελαιουργείο (In plant waste control) είναι χωρίς αμφιβολία ο πιο εύκολος και πλέον οικονομικός τρόπος για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Τα τελευταία χρόνια οι εταιρείες που κατασκευάζουν ελαιουργικά συγκροτήματα με στόχο την μείωση του όγκου των αποβλήτων προώθησαν στην αγορά ένα νέου τύπου Decanter δύο φάσεων που λειτουργεί με τρόπο ώστε να δίνει στην υγρά φάση μόνο ελαιόλαδο και στη στερεά ελαιοπυρήνα μαζί με υγρά του καρπού. Στον τύπο αυτό των ελαιουργείων δεν προστίθεται νερό στην ελαιοζύμη με αποτέλεσμα την χρησιμοποίηση νερού μόνο στο διαχωριστήρα του λαδιού. Τα ελαιουργικά αυτά συγκροτήματα σε σχέση με τα κλασσικά και τους άλλους τύπους τριφασικών ελαιουργείων παράγουν λιγότερα υπολείμματα λάσπης και δίνουν την δυνατότητα παραγωγής μεγαλύτερης ποσότητας κόμποστ (Πίνακας 1.13), (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Παρακάτω παρουσιάζεται μια μελέτη πάνω στα χαρακτηριστικά των αποβλήτων που προέρχονται από ελαιουργεία που λειτουργούν με decanter δυο και τριών φάσεων.

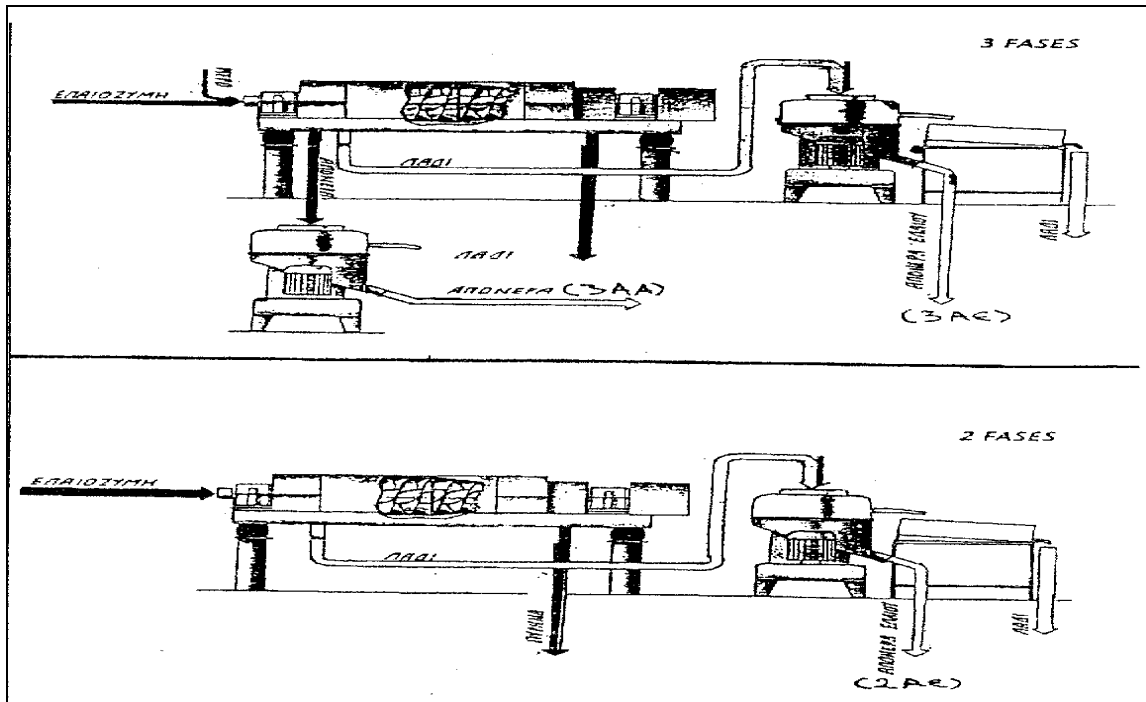
1.5.1. Μελέτη πάνω στα χαρακτηριστικά των αποβλήτων που προέρχονται από ελαιουργεία που λειτουργούν με decanter δυο και τριών φάσεων.

Τα δείγματα πάρθηκαν κατά την διάρκεια των δοκιμών αξιολόγησης ελαιουργικών συγκροτημάτων που λειτουργούσαν με Decanter δυο φάσεων. Για τα ίδια ελαιουργεία έγιναν επίσης δειγματοληψίες μετά από μετατροπή τους σε Decanter τριών φάσεων (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Στο Διάγραμμα 1.8 φαίνονται τα σημεία παραγωγής αποβλήτων στα ελαιουργεία των δυο και τριών φάσεων. Σαν 2ΑΕ και 3ΑΕ χαρακτηρίζονται τα απόβλητα από τους διαχωριστήρες του λαδιού στις δυο και τρεις φάσεις αντίστοιχα, ενώ 3ΑΑ είναι τα απόβλητα από τον διαχωριστήρα απόνερων στις τρεις φάσεις (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994):

- Ελαιοπεριεκτικότητα (%) με τη μέθοδο Soxhlet
- Ολικά στερεά (% κ.β) με ξήρανση στους 105 °C και PH
- BOD₅ (Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο) σε (mg/l)
- COD (Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο) σε (mg/l)
- Ολικές Πολυφαινόλες (mg/l)



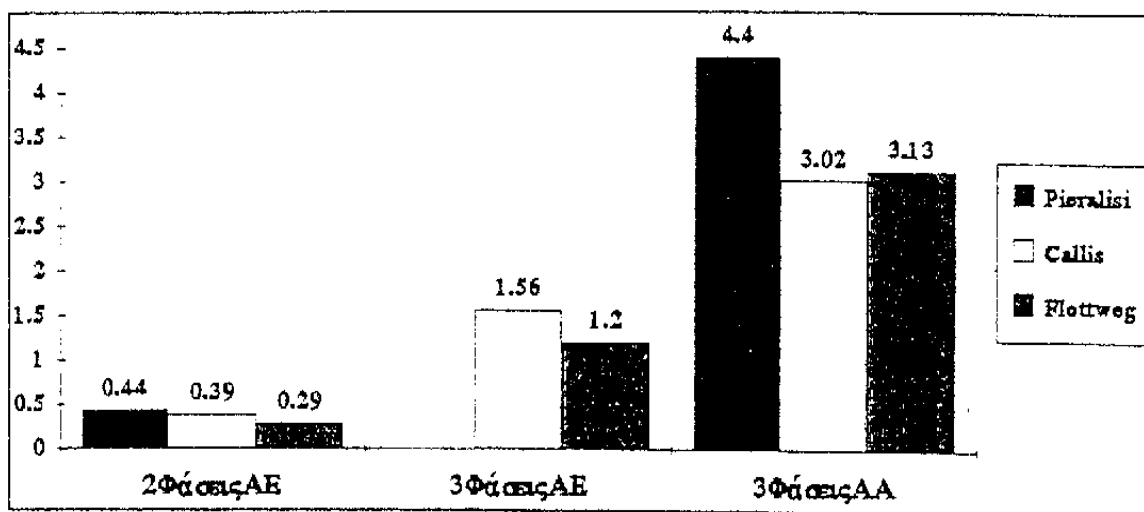
Διάγραμμα 1.8: Ελαιουργικά συγκροτήματα (Decanter δύο και τριών φάσεων) (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.14 μεγαλύτερες τιμές είχαν τα απόβλητα που προέρχονταν από τα ελαιουργεία των τριών φάσεων σε όλες τις παραμέτρους που μετρήθηκαν. Η ποικιλία καλαμών παρουσίασε τις μεγαλύτερες τιμές. Το ΡΗ στα ελαιουργεία τριών φάσεων είχε μικρότερες τιμές.

Πίνακας 1.14: Συγκριτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων ποικιλιών Κορωνέικης και Καλαμών προερχόμενα από το ελαιουργικό συγκρότημα Perialisi Major 3 που λειτούργησε με decanter δυο και τριών φάσεων (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

	ΚΟΡΩΝΕΙΚΗ		ΚΑΛΑΜΩΝ	
	Δυο Φάσεις	Τρεις Φάσεις	Δυο Φάσεις	Τρεις Φάσεις
Φαινόλες (mgr/L)	540,6	767,1	463,6	1079,3
Ελαιό/τητα	,22	,39	,27	,69
Ολικά Στερεά	2,29	4,17	2,42	5,77
Οργανική Ουσία	2,21	3,94		
ΡΗ	5,27	4,9	5,23	4,88

Στα ελαιουργεία των δυο φάσεων η σχέση αποβλήτων (2ΑΕ) / λαδιού είναι κατά μέσο όρο 0,38 ενώ στα ελαιουργεία των τριών φάσεων η σχέση αποβλήτων (3ΑΕ) / λαδιού και (3ΑΑ) / λαδιού είναι 1,38 και 3,51 αντίστοιχα (Διάγραμμα 1.9).

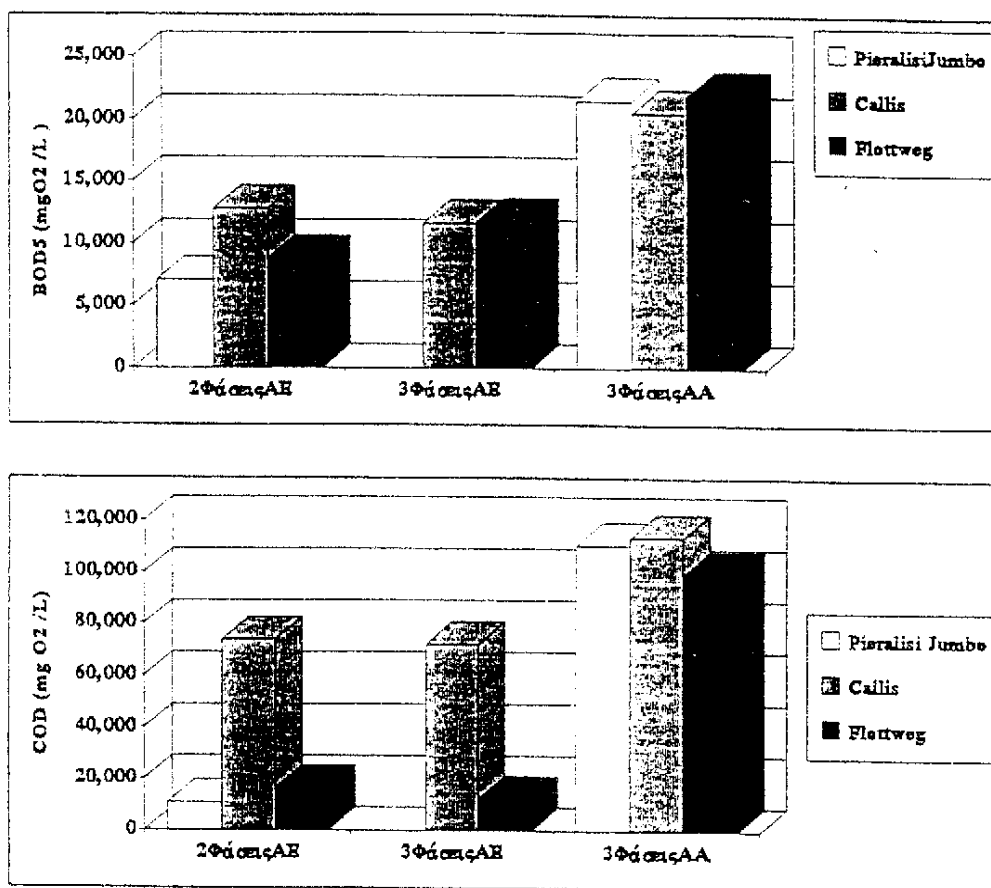


Διάγραμμα 1.9: Σχέση αποβλήτων / ελαιολάδου σε ελαιουργικά συγκροτήματα που λειτούργησαν με decanter δυο και τριών φάσεων (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

Τα απόβλητα (3ΑΑ) στα ελαιουργεία των τριών φάσεων είναι σε μεγαλύτερες ποσότητες, έχουν μεγαλύτερες τιμές στα COD, BOD, στις πολυφαινόλες, στα ολικά στερεά και την ελαιοπεριεκτικότητα (Διάγραμμα 1.10).

Στα απόβλητα από τους διαχωριστήρες του λαδιού στις δυο φάσεις (2ΑΕ) και στις τρεις φάσεις (3ΑΕ) οι τιμές των COD, BOD, πολυφαινολών, ολικών στερεών και ελαιοπεριεκτικότητας κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα με μικρές διαφορές.

Οι τιμές του PH ήταν μικρότερες στα απόβλητα από τον διαχωριστήρα απόνευρων των τριών φάσεων (3ΑΑ) ενώ στα απόβλητα από τους διαχωριστήρες 3ΑΕ και 2ΑΕ κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα.



Διάγραμμα 1.10: Συγκριτικές τιμές BOD και COD σε απόβλητα προερχόμενα από ελαιουργικά συγκροτήματα που λειτούργησαν με decanter δύο και τριών φάσεων (Στεφανουδάκη και Άλλοι, 1994).

1.6. Η ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων των ελαιοτριβείων μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Η ρύπανση από τα απόβλητα των ελαιουργείων (κασίγαρος) αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα στις χώρες της Μεσογείου και ιδιαίτερα στο νησί της Κρήτης. Η καταστροφή, η οποία προκαλείται στα υδάτινα οικοσυστήματα, η ζημιά εξαιτίας της ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και η γενική υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι μεγάλες. Οι παθητικοί (ή αμυντικοί) τρόποι προστασίας του περιβάλλοντος, κατά τους οποίους τα απόβλητα θεωρούνται υλικά άχρηστα, πέρα από το γενικά υψηλό οικονομικό κόστος που έχουν, δεν δίνουν ικανοποιητική και μακροπρόθεσμη λύση στην περίπτωση του κασίγαρου (Ινιοτάκης και Άλλοι, 1994).

Έτσι τα τελευταία χρόνια τα απόβλητα των ελαιουργείων δημιούργησαν οξύ περιβαλλοντικό πρόβλημα (Νταλή, 1989):

- ⇒ με την διατάραξη της βιολογικής ισορροπίας στα οικοσυστήματα των φυσικών αποδεκτών τους κυρίως σε λίμνες εξατμισοδιαπνοής.
- ⇒ με τις δυσμενείς επιπτώσεις που επιφέρουν στις καλλιέργειες πολλών φυτών αλλά και στην υδρόβια πανίδα.
- ⇒ με τη ρύπανση που προκαλούν σε υπόγεια ύδατα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ακατάλληλου πόσιμου ύδατος.
- ⇒ με την εν γένει υποβάθμιση της ποιότητας του ανθρώπινου περιβάλλοντος.

1.6.1. Το πρόβλημα της ρύπανσης και μόλυνσης του υδάτινου δυναμικού (επιφανειακού και υπόγειου) από τα απόβλητα των ελαιουργείων.

Είναι γνωστό το γεγονός της διάθεσης των κασιγάρων, χωρίς καμία επεξεργασία, στα υδατορεύματα και τους χειμάρρους. Είναι επίσης γνωστό το πολύ μεγάλο ρυπογόνο φορτίο των κασιγάρων, που καθιστά αδύνατη την διάθεση τους στο υπέδαφος σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Ανδρεάδης, 1989).

Κάθε χρόνο κατά μέσο όρο στον Ν. Ηρακλείου π.χ. ο παραγόμενος όγκος των κασιγάρων ανέρχεται στους 100.000 τόνους. Η διάθεση λοιπόν αυτού του τεράστιου ρυπογόνου φορτίου (το B.O.D.5 ανέρχεται σε 35.000 ppm) στο υπέδαφος γίνεται στο διάστημα της ελαιοκομικής περιόδου, που διαρκεί 4-5 μήνες. Στο χρονικό αυτό διάστημα (περίοδος εντόνων βροχοπτώσεων) ενεργοποιούνται οι υπόγειοι υδροφορείς με αποτέλεσμα αναπόφευκτα να δημιουργείται οξύ πρόβλημα ρύπανσης και μόλυνσης του νερού στους υδροφόρους ορίζοντες (Ανδρεάδης, 1989).

Στην αρχή ρυπαίνονται και μολύνονται άμεσα τα επιφανειακά νερά που απορρέουν μέσα από τα υδατορεύματα και τους χειμάρρους. Ακολουθεί η ρύπανση και μόλυνση των αβαθών υδροφόρων οριζόντων, όπως είναι οι φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες και στη συνέχεια οι βαθείς υδροφόροι ορίζοντες (Ανδρεάδης, 1989).

Βέβαια στην πορεία του ρυπασμένου και μολυσμένου επιφανειακού νερού προς το υπέδαφος, κυρίως μέσα από τις κοίτες των υδατορευμάτων και χειμάρρων, παρεμβάλλονται υδροπερατοί χαλαροί γεωλογικοί σχηματισμοί που λειτουργούν σαν φυσικά πολυστρωματικά φίλτρα. Όμως αυτοί καθαυτοί οι κασιγάροι περιέχουν (Ανδρεάδης, 1989):

⇒ λεπτό στρώμα λαδιού που επιπλέει.

⇒ διάφορες ύλες χονδροκόκκες ή λεπτόκοκκες σαν αιωρούμενα στερεά, που προέρχονται από την σύνθλιψη των ελαιοπυρήνων και έχουν διαφύγει από τις πρέσες.

⇒ διαλυτές ρυπογόνες ουσίες, όπως είναι έλαια, σάκχαρα, οργανικά οξέα οιοπνεύματα, πολυφαινόλες κλπ. Αυτό το είδος των ρυπογόνων ουσιών οξειδώνεται γι' αυτό χρειάζεται κατανάλωση οξυγόνου για την καταστροφή του.

Έτσι λοιπόν οι κοίτες των υδατορευμάτων και των χειμάρρων, που είναι αποδέκτες και άλλων ρύπων, όπως είναι τα οικιακά λύματα, τα σκουπίδια, τα απόνεμα οιοποιείων, πυρηνελουργείων κλπ, καλούνται να καθαρίσουν όλο αυτό το συνοθύλλευμα των ρύπων. Όταν μάλιστα από τις κοίτες των υδατορευμάτων και των χειμάρρων γίνεται σε σημαντικό βαθμό ο εμπλουτισμός των υδροφόρων οριζόντων (Ανδρεάδης, 1989).

Εξάλλου σε πολλές περιοχές οι γεωλογικοί σχηματισμοί των χαλαρών χειμαρρωδών αποθέσεων, αποτελούν τους μόνους και σημαντικούς για την περιοχή υδροφορείς με την μορφή φρεατίων υδροφόρων οριζόντων. Η εκμετάλλευση αυτών των αβαθών υδροφόρων οριζόντων γίνεται με φρέατα, που όμως ο κατσίγαρος μαζί με τα άλλα απόβλητα, που μεταφέρονται από τις κοίτες των χειμάρρων, καθιστά αδύνατη την περαιτέρω αξιοποίηση του υπόγειου ρυπασμένου και μολυσμένου νερού, καθόσον γίνεται ακατάλληλο και για άρδευση (Ανδρεάδης, 1989).

Στην περίπτωση που το ρυπασμένο και μολυσμένο επιφανειακό νερό συναντά και διέρχεται από ανθρακικά ιζήματα (ασβεστολιθικά πετρώματα τότε δεν υφίσταται διήθηση αλλά το νερό κατεισδύει ελεύθερα στον υπόγειο καρστικό υδροφόρο ορίζοντα, τον οποίο ρυπαίνει και μόλυνει άμεσα (Ανδρεάδης, 1989).

Η συνεχής ρύπανση και μόλυνση του υδάτινου δυναμικού (επιφανειακού και υπόγειου) από τους κατσίγαρους, αλλά και από όλους τους άλλους ρύπους, υποβαθμίζουν την ποιότητα τον υδάτινου δυναμικού και εφόσον τώρα δεν ληφθούν αυστηρά και κατάλληλα μέτρα προστασίας, είναι αναπόφευκτη η ολοσχερής καταστροφή του, που παίζει τον σημαντικότερο ρόλο για την επιβίωσή μας, ενώ θα κληροδοτήσουμε δυσβάστακτα και άλυτα προβλήματα στις επερχόμενες γενιές (Ανδρεάδης, 1989).

1.6.2. Επιπτώσεις στα φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα της Κρήτης.

Η λεπτομερής γνώση της κατάστασης στην οποία βρίσκονται τα υδάτινα οικοσυστήματα της Κρήτης σήμερα, μετά την εναπόθεση σε αυτά των ελαιουργικών αποβλήτων, θεωρούμε ότι είναι αναγκαία, προκειμένου να μπορέσουμε από τώρα και στο εξής να παρακολουθήσουμε και να αξιολογήσουμε το βαθμό της καταστροφής (Βορεάδου, 1994).

Σχετικά με τις επιπτώσεις του κασίγαρου στην πανίδα των υδροβιότοπων, διαπιστώθηκε ότι οι μεγαλύτερες ποσότητες των αποβλήτων (80–90% του συνολικού όγκου), έχουν εναποτεθεί στους χειμάρρους και αυτά επομένως τα οικοσυστήματα έχουν δεχτεί τις σοβαρότερες επιπτώσεις. Παρατηρήθηκε όμως ότι οι επιπτώσεις αυτές δεν ήταν της ίδιας έντασης παντού. Και τούτο διότι οι χείμαρροι στην Κρήτη εντάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες (Βορεάδου, 1994):

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν αυτοί που έχουν μεγάλη παροχή νερού και 7-8 μήνες διάρκεια παραμονής του νερού στην κοίτη. Η μεγάλη παροχή νερού και η πλούσια υδρόβια πανίδα αυτών των χειμάρρων, θυμίζουν ποτάμι μόνιμης ροής και όχι χείμαρρο. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν αυτοί που έχουν μεσαία παροχή νερού και μια διάρκεια παραμονής του νερού στην κοίτη τους 6-7 μήνες το χρόνο. Στην τρίτη κατηγορία ανήκουν οι χείμαρροι μικρής παροχής νερού και μικρής διάρκειας παραμονής του νερού στην κοίτη (συνήθως 4-5 μήνες το χρόνο). Αυτή η κατηγορία χειμάρρων πλειοψηφεί στην Κρήτη.

Διαπιστώθηκε ότι οι χείμαρροι που ανήκουν στη δεύτερη και τρίτη κατηγορία εμφάνισαν τις σοβαρότερες μειώσεις της βιοποικιλότητάς τους, του αριθμού δηλαδή των ζωικών ειδών. Οι επιπτώσεις αυτές προήλθαν από τα παρακάτω αίτια (Βορεάδου, 1994):

1. Από τη συσσώρευση των στερεών συστατικών του κασίγαρου και του λαδιού που διαφεύγει συνήθως από το ελαιοτριβείο, στα διάκενα και στην επιφάνεια του πυθμένα των χειμάρρων, εκεί δηλαδή όπου κινείται, στερεώνεται, τρέφεται και αναπαράγεται το 80% της υδρόβιας πανίδας. Σαν αποτέλεσμα ο πυθμένας κατέστη μη λειτουργικός.
2. Από την παράλληλη εισχώρηση των στερεών συστατικών του κασίγαρου και στο σώμα των υδρόβιων οργανισμών, με αποτέλεσμα οι πλέον ευαίσθητοι απ' αυτούς ή να πεθαίνουν από ασφυξία ή να απομακρύνονται βίαια. Ένα μικρό μόνο ποσοστό επιβίωσε. Τα γεγονότα αυτά συνέβαιναν σε τόσο σύντομο διάστημα και ήταν τέτοιας έντασης ώστε να διερωτάται κανείς εάν τα τοξικά π.χ. συστατικά, όπως οι φαινολικές ενώσεις, "προλάβαιναν" να δράσουν μιας και οι περισσότεροι οργανισμοί ή είχαν ήδη πεθάνει ή είχαν ήδη απομακρυνθεί.

3. Από την αδυναμία αυτοκαθαρισμού του νερού των υδάτινων οικοσυστημάτων των χειμάρρων, λόγω της έλλειψης χρονικών περιθωρίων. Και τούτο διότι, το τέλος της ελαιοκομικής περιόδου (Μάρτιος) συμπίπτει χρονικά με την αρχή της περιόδου ξηρασίας των χειμάρρων της τρίτης κατηγορίας δηλαδή αυτών στους οποίους το νερό παραμένει 4-5 μήνες μόνο στην κοίτη, συνήθως μέχρι τον Απρίλιο. Αυτό σημαίνει ότι, ο οργανικός πολτός που συσσωρευόταν στο ίζημα, παρέμενε εκεί και τελικά ξεραινόταν, με αποτέλεσμα όταν τον επόμενο χειμώνα η ροή του νερού επανερχόταν, ελάχιστοι οργανισμοί είχαν τη δυνατότητα να επαναποικίσουν τον ήδη ρυπασμένο πυθμένα. Στους χειμάρρους της δεύτερης και πρώτης κατηγορίας βέβαια, υπήρχε έστω ένα περιθώριο 2-3 μηνών, για ένα σχετικό αυτοκαθαρισμό του υδάτινου οικοσυστήματός τους από τη ρύπανση του κασιόγαρου. Και σ' αυτούς όμως, λόγω της ελαιώδους υφής των αποβλήτων, παρέμενε τελικά στον πυθμένα τους ένα λιπαρό στρώμα, το οποίο εμπόδιζε έναν ικανό αριθμό ειδών να ζει και να χρησιμοποιεί ικανοποιητικά το ίζημα. Σαν αποτέλεσμα, η βιολογική ποικιλότητα και στις δύο αυτές ακόμη κατηγορίες χειμάρρων, διατηρήθηκε επίσης χαμηλή.

Εάν λοιπόν σε ένα τέτοιο αριθμό υδάτινων οικοσυστημάτων έχουν συμβεί μειώσεις της βιοποικιλότητας της τάξης του 50 – 60% περίπου, αντιλαμβανόμαστε σε τι βαθμό αυτά τα οικοσυστήματα είναι σήμερα ευαίσθητα και ευάλωτα σε κάθε άλλη μορφή πίεσης. Η κατάσταση είναι ακόμη πιο τραγική εάν αναλογιστούμε ότι, πολλά από τα ζωικά είδη που έχουν εδώ και χρόνια εξαφανιστεί από τα ποτάμια λόγω του κασιόγαρου αλλά και άλλων ρύπων βέβαια, δεν έχουν καν καταγραφεί από τους ερευνητές, ενώ μοναδικά είδη για την Κρήτη και την επιστήμη κινδυνεύουν και σήμερα (Βορεάδου, 1994).

Προσπάθειες για την αντιμετώπιση των δυσμενών επιπτώσεων που έχουν τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων στο περιβάλλον, καταβάλλονται από όλες τις ελαιοπαραγωγικές χώρες. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι όλες οι προσπάθειες είναι σε μεγάλο βαθμό περιστασιακές, μεμονωμένες και ασυντόνιστες. Έτσι όποια συμπεράσματα έχουν προκύψει, πολλά από τα οποία είναι πράγματι αξιόλογα, εκφράζουν μονομερή αντιμετώπιση. Αλλά και αυτά δεν έχουν αξιοποιηθεί ώστε να οδηγήσουν σε κάποιες εφαρμόσιμες και ορθολογικές λύσεις των προβλημάτων αυτών (Νταλή, 1989).

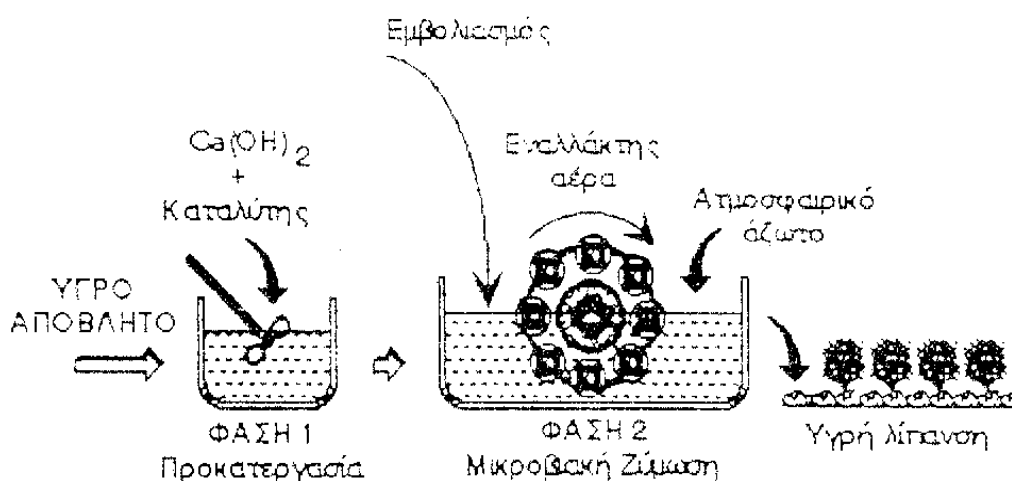
1.7. Τεχνολογίες και μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος.

Οι λύσεις που έχουν κατά καιρούς προταθεί για την αντιμετώπιση του προβλήματος, σε διεθνές επίπεδο, είναι πάρα πολλές. Σήμερα ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή δίνεται σε μερικές μόνο από αυτές που παρουσιάζουν περισσότερο ενδιαφέρον. Απ' αυτές άλλες έχουν βρει πρακτική εφαρμογή σε κάποια μικρή κλίμακα, ενώ άλλες βρίσκονται ακόμη στο στάδιο της έρευνας και της βελτίωσης. Συνοπτικά αναφέρουμε στη συνέχεια μερικές από αυτές σχολιάζοντας παράλληλα τα θετικά και τα αρνητικά σημεία τους σε σχέση με τις ειδικές συνθήκες της περιοχής της Κρήτης (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

1.7.1. Χρησιμοποίηση για λίπανση, βιο- λιπασματοποίηση.

Το σύστημα αυτό διαχείρισης στηρίζεται στην βιο-μετατροπή του βεβαρημένου κλάσματος των αποβλήτων, δηλαδή του κυρίου ρεύματος των αποβλήτων (λιόζουμων) στο οποίο δεν έχουν προστεθεί τα νερά πλύσεως, σε υγρό οργανικό λίπασμα με την μέθοδο της λιπασματοποίησης υγρής φάσεως (Φλουρή και Άλλοι, 1994).

Σε γενικές γραμμές, η διαδικασία περιλαμβάνει: μια πρώτη φάση προκατεργασίας την οποία ακολουθεί η κύρια φάση κατά την οποία το υλικό εμβολιάζεται με επιλεγμένα στελέχη μικροοργανισμών ικανών να δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο καθώς και να αποικοδομούν τα φυτοτοξικά συστατικά του κασιγάρου (Διάγραμμα 1.11), (Φλουρή και Άλλοι, 1994).



Διάγραμμα 1.11: Γενικευμένη πορεία χειρισμών της μεθόδου επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων για την παρασκευή υγρού οργανικού λιπάζματος (Φλουρή και Άλλοι, 1994).

Το τελικό προϊόν είναι ελεύθερο φυτοτοξικότητας και προσφέρεται για απ' ευθείας εφαρμογή σαν οργανικό λίπασμα σε καλλιέργειες, είτε ως έχει, είτε μετά από αραιώση στο νερό της άρδευσης.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής (Φλουρή και Άλλοι, 1994):

1. Εξοικονόμηση ενέργειας, αφού το παραγόμενο βιο-λίπασμα είναι πλούσιο σε βιολογικά δεσμευμένο άζωτο και επομένως μειώνει την εξάρτηση από τα χημικά αζωτούχα λιπάσματα η παραγωγή των οποίων είναι εξαιρετικά ενεργοβόρα.
2. Εξοικονόμηση νερού αφού το προϊόν υποκαθιστά σε σημαντικό ποσοστό το νερό της αρδεύσεως.
3. Οικονομία στην χρήση άλλων χημικών λιπασμάτων. Το βιο-λίπασμα περιέχει όλα τα ανόργανα στοιχεία του καρπού της ελιάς.
4. Το αρχικό απόβλητο ανακυκλώνεται πλήρως κατά τρόπο απόλυτα φιλικό με το περιβάλλον, δεδομένου ότι η μέθοδος επεξεργασίας είναι «καθαρή», δεν έχει απόβλητα και όλο το αρχικό υλικό αξιοποιείται για την διατήρηση και αύξηση της γονιμότητας του εδάφους.

Το προϊόν μπορεί να χαρακτηριστεί ως «υγρό οργανικό εδαφοβελτιωτικό βιολογικό λίπασμα» διότι, τα μικροβιακής προελεύσεως πολυμερή που περιέχει βελτιώνουν τον ιστό και την δομή του εδάφους. Αυτό συνεπάγεται σημαντική βελτίωση και των υδραυλικών χαρακτηριστικών του εδάφους και συγκεκριμένα την αύξηση της υδατοϊκανότητας του. Είναι εμπλουτισμένο βιολογικά με οργανικό άζωτο μέσω του μηχανισμού της δέσμευσης ατμοσφαιρικού αζώτου καθώς και με αυξητικούς για τα φυτά παράγοντες (αυξίνες, κυτοκινίνες). Συνιστά μικροβιακό εμβόλιο εδάφους (soil inoculant) που ενισχύει τις επισχετικές ιδιότητες του εδάφους έναντι παθογόνων εδάφους), (Φλουρή και Άλλοι, 1994).

1.7.2. Άμεση απόρριψη στο έδαφος.

Η εφαρμογή των υγρών αποβλήτων στο έδαφος, υπό ελεγχόμενες αερόβιες συνθήκες σε χέρσο έδαφος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σ' ένα μεγάλο αριθμό αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή οδηγεί στον εμπλουτισμό του εδάφους με αζωτοδεσμευτικούς αλλά και άλλους βακτηριακούς πληθυσμούς από τη δράση των οποίων (Φλουρή και Άλλοι, 1994):

- Το έδαφος εκδηλώνει έντονη ικανότητα δέσμευσης μοριακού αζώτου.
- Παράγονται πολυμερή τα οποία βελτιώνουν τα αγρονομικά χαρακτηριστικά του εδάφους.
- Παράγονται ουσίες ευνοϊκές για την αύξηση των φυτών (αυξίνες κ.α.).
- Το έδαφος καθίσταται επισχετικό (suppressive) έναντι εδαφογενών μυκήτων του ριζικού συστήματος των καλλιεργούμενων φυτών.
- Αποδομούνται σταδιακά τα φυτοτοξικά συστατικά του κασιγάρου.

Η μέθοδος αυτή είναι χαμηλού κόστους (< 2 δρχ. / Kg) η εφαρμογή της περιορίζεται όμως σε μικρής μόνον δυναμικότητας ελαιοτριβεία τα οποία λειτουργούν σε περιοχές όπου υπάρχει διαθέσιμη γη σε αγρανάπαυση. Κυρίως προσφέρεται για την αποκατάσταση της γονιμότητας υποβαθμισμένων γαιών και την ανακοπή της πορείας ερημοποίησης τους (Φλουρή και Άλλοι, 1994).

1.7.3. Απόρριψη σε δεξαμενές ή τεχνητές λεκάνες για εξάτμιση.

Μέθοδος που προσφέρεται για βιομηχανίες τροφίμων που βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές. Συστήνεται από την Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος της Ισπανίας για να αποφευχθεί η απόρριψη των απόνερων σε δημόσιους χώρους (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Γενικά οι δεξαμενές αυτές πρέπει να έχουν βάθος 0,5 -1 μ. για να επιτευχθεί μια ολική εξάτμιση μέχρι το τέλος του καλοκαιριού. Τα στερεά υπολείμματα που απομένουν συγκεντρώνονται με εκσκαπτικό μηχάνημα και συνήθως χρησιμοποιούνται σαν λιπάσματα λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε Κάλιο και Φώσφορο. Σε μερικές περιοχές της Ισπανίας συνηθίζουν σε τέτοιες δεξαμενές να συγκεντρώνουν και άλλα υπολείμματα αγροτικά ή δασικά τα οποία ζυμώνονται μερικώς με τα απόβλητα παράγοντας ένα οργανικό λίπασμα όμοιο με compost χρήσιμο για την λίπανση των αμπελιών (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Κυριότερα αρνητικά σημεία της μεθόδου αυτής είναι (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989):

- (α) Ανάγκη ύπαρξης μεγάλων επιφανειών κοντά στα ελαιουργεία για να αποφευχθεί η μεταφορά.
- (β) Παραγωγή δυσάρεστων οσμών και παρουσία εντόμων.

(γ) Κίνδυνος μόλυνσης υδροφορέων από απρόβλεπτες διηθήσεις.

Θετικά σημεία για τις συνθήκες της Κρήτης μπορεί να θεωρηθούν (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989):

(1ο). Σχετικά μικρές ποσότητες αποβλήτων ανά ελαιουργείο. Έτσι απαιτούνται δεξαμενές ή λεκάνες βάθους 1m, που να εξασφαλίζουν εξάτμιση 300 m³ για τα κλασσικά ή 700 m³ για τα φυγοκεντρικά ελαιουργεία περίπου που δεν είναι μέσα στα πλαίσια του αδύνατου για τα περισσότερα ελαιουργεία αν μάλιστα οι σχετικοί χώροι αναζητηθούν σε μια λογική ακτίνα 500 – 1000 m γύρω από αυτά.

(2ο). Ύπαρξη σχετικά υψηλού δυναμικού εξάτμισης (σε σχέση με Ιταλία και Ισπανία) κατά τους χειμερινούς - εαρινούς μήνες σε συνδυασμό με μειωμένες βροχοπτώσεις (εκτός από ορισμένες περιοχές των Χανίων και Ρεθύμνου).

Η μέθοδος της εξάτμισης που ήταν ήδη γνωστή από πολύ παλιότερα έχει σήμερα σχεδόν γενικευτεί στους νομούς Ηρακλείου και Λασιθίου και άρχισε ήδη να επεκτείνεται αξιόλογα και στον νομό του Ρεθύμνου. Μόνο στο νομό Χανίων δεν έχει ακόμη αρχίσει να εφαρμόζεται (Πίνακας 1.15), (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

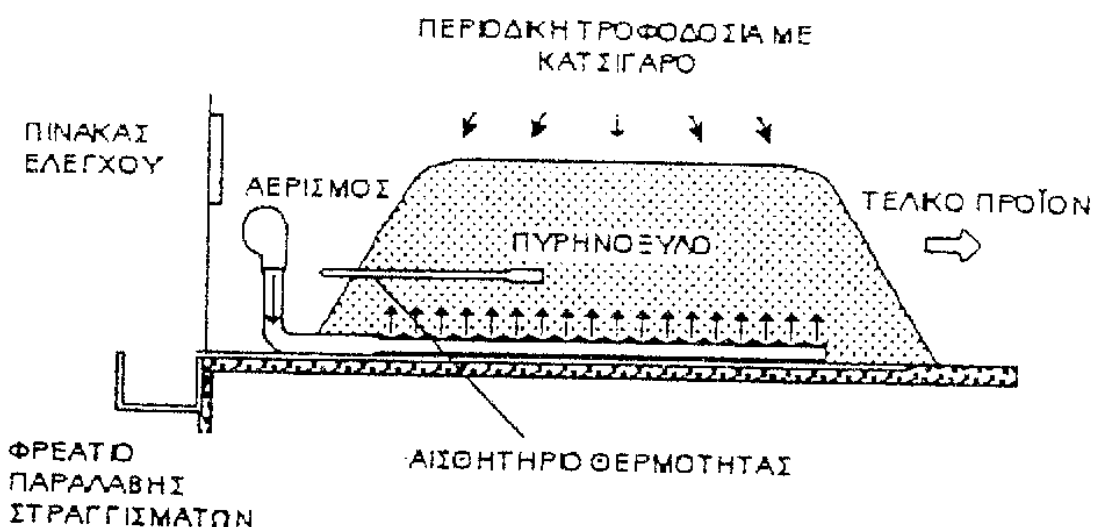
Πίνακας 1.15: Αριθμός ελαιουργείων με εξατμισοδεξαμενές στην Κρήτη (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

ΝΟΜΟΙ	ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΑ	ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΕΞΑΜΕΝΕΣ	
		Αριθμός	%
Λασιθίου	97	91	94
Ηρακλείου	250	73	29
Ρεθύμνου	106	6	5
Χανίων	176	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	629	170	27

1.7.4. Χρησιμοποίηση για παρασκευή COMPOST.

Μια δυνατή εναλλακτική λύση για επίτευξη compost αποτελεί η ανάμειξη αγροτικών, δασικών ή ανθρώπινων υπολειμμάτων με απόνερα ελαιουργείων. Προς το παρόν παράγονται με καλά αποτελέσματα στα θερμοκήπια composts προερχόμενα από ανάμειξη απόνερων, χωνευμένης πυρήνας και υπολειμμάτων εξάτμισης απόνερων από δεξαμενές. Αυτά τα προϊόντα δεν περιέχουν παθογόνους οργανισμούς και μπορούν να ανταγωνιστούν άλλα που λόγω της προέλευσης τους είναι μολυσμένα (Μιχελάκης και Κουτσαφτάκης, 1989).

Η μέθοδος αυτή διαχείρισης του κασιγάρου στηρίζεται στην αξιοποίηση της θερμότητας η οποία εκλύεται κατά την θερμοφιλή φάση της αερόβιας χώνευσης στερεών οργανικών υλικών (composting). Η μέθοδος συνίσταται στη συνεχή ή διακοπτόμενη αναπλήρωση με κασιγάρο, (ή άλλο ανάλογο απόβλητο υψηλού οργανικού φορτίου) των εξατμιζομένων ποσοτήτων νερού κατά την θερμοφιλή φάση της κομποστοποίησης. Με άλλα λόγια, από το ένα μέρος το κομποστοποιούμενο στερεό υπόστρωμα εφοδιάζεται με οργανικό υλικό το οποίο συντηρεί την μικροβιακή δράση και κατά συνέπεια και την θερμοκρασία σε υψηλά επίπεδα, και από το άλλο επιταχύνεται η διαδικασία εξάτμισης του περιεχομένου στον κασιγάρο νερού, λόγω της επιμήκυνσης της θερμοφιλής φάσης και της θερμότητας που εκλύεται. Μετά την ολοκλήρωση της θερμοφιλής φάσης και της φάσης ωρίμανσης, η κομπόστα που προκύπτει χαρακτηρίζεται ως ένα αξιόλογο οργανοχουμικό λίπασμα με την αξιοποίηση του οποίου μπορεί να υποστηριχθεί η οικονομική βιωσιμότητα της μεθόδου (Διάγραμμα 1.12), (Φλουρή και Άλλοι, 1994).



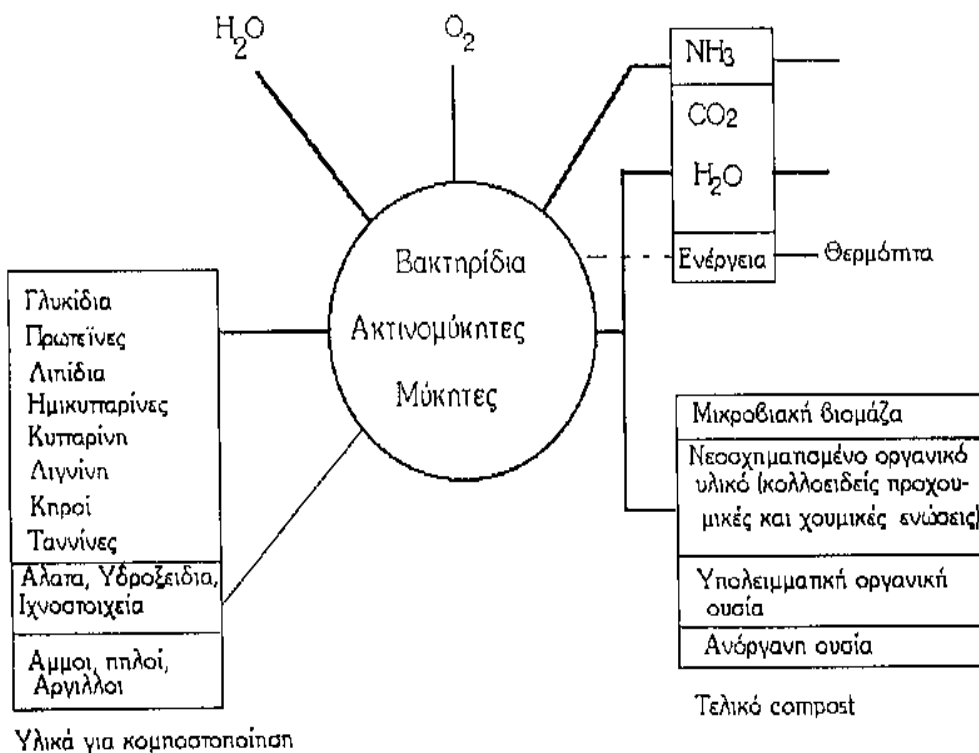
Διάγραμμα 1.12: Συγκομποστοποίηση κασιγάρου με εκχειλισμένη ελαιοπυρήνα (πυρηνόξυλο), (Φλουρή και Άλλοι, 1994).

1.8. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ (COMPOSTING) ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ.

1.8.1. Ιστορική ανασκόπηση του composting.

Οι ανθρώπινες ενέργειες που έχουν σκοπό να επιταχύνουν και να καθοδηγήσουν τις φυσικές διεργασίες της βιοαποδόμησης των οργανικών υπολειμμάτων έχει επικρατήσει να ονομάζεται διεθνώς **κομποστοποίηση (composting)**. Στο Διάγραμμα 1.13 παρουσιάζεται μια παραστατική απεικόνιση της διαδικασίας της κομποστοποίησης ([http:// www. chania. teicrete. gr/bio_ geo/Ajiopoihsh %20Organikon%20Ypoleimatvn%20Rethimno/ajiopoihsh. htm](http://www.chania.teicrete.gr/bio_geo/Ajiopoihsh%20Organikon%20Ypoleimatvn%20Rethimno/ajiopoihsh.htm)).

Το composting είναι μια από τις πιο παλιές γεωργικές τεχνικές και η ιστορία του ανάγεται σε πολλούς αιώνες πριν, όπως το χώνεμα της κοπριάς. Οι πρώτες προσπάθειες παρέμβασης στη βιολογική διαδικασία λαμβάνουν χώρα στην Κίνα πριν από 5.000 χρόνια. Μέχρι και τις αρχές του 20^{ου} αιώνα η διαδικασία του composting παρέμενε ουσιαστικά πρωτόγονη, χωρίς κανένα έλεγχο ή επηρεασμό της χώνευσης των οργανικών υλικών (Μανιός, 2003β).



Διάγραμμα 1.13: Παραστατική απεικόνιση της κομποστοποίησης ([http://www.chania. teicrete. gr /bio_ geo/Paraskeyh_ Kombost/Paraskeyh_ Combost_ .htm](http://www.chania.teicrete.gr/bio_geo/Paraskeyh_Kombost/Paraskeyh_Combost_.htm)).

Η πρώτη βελτίωση στην παραδοσιακή διαδικασία του composting εμφανίζεται μέσα στην τρίτη δεκαετία του αιώνα μας, στην Ινδία, από τον Sir Albert Howard και τους συνεργάτες του. Ουσιαστικά πρόκειται για μια απλή συστηματοποίηση της διαδικασίας στον ελεύθερο χώρο (Μανιός, 2003β).

Πρώτος ο Waksman και οι συνεργάτες του (1926 - 41) ασχολήθηκαν συστηματικά με την επιστημονική μελέτη του composting και ιδιαίτερα με μικροβιολογία της βιολογικής αποδόμησης οργανικών υπολειμμάτων γενικά. Μετά τον Waksman, η μελέτη του composting επεκτείνεται σε όλο, σχεδόν, τον ανεπτυγμένο κόσμο και ουσιαστικά συνεχίζεται μέχρι και σήμερα, με αποτέλεσμα τη συνεχή βελτίωση της όλης διαδικασίας (Μανιός, 2003β).

Παράλληλα με τη μελέτη του composting ως βιολογικού φαινομένου, αρχίζει και μια συστηματική προσπάθεια για τη μηχανοποίηση της διαδικασίας εφαρμογής του. Πολύ μεγάλη ώθηση προς αυτήν την κατεύθυνση έδωσε η σκέψη της εφαρμογής του και ως εργαλείο υγιεινής, ιδιαίτερα στις πυκνοκατοικημένες περιοχές, για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων, του ανθρώπινου οργανισμού και γενικότερα της κάθε είδους ανθρώπινης δραστηριότητας, η παρουσία των οποίων άρχισε να γίνεται απειλητική τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον ίδιο τον άνθρωπο (Μανιός, 2003β).

1.8.2. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση.

1.8.2.1. Οξυγόνο και αερισμός.

Η κομποστοποίηση είναι μια αερόβια διαδικασία και ως τέτοια χρειάζεται παροχή αέρα για αναπλήρωση του οξυγόνου μέσα στη μάζα των αποβλήτων που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς. Τρεις κύριοι μέθοδοι εξασφαλίζουν O_2 κατά την διάρκεια του composting (Eliot, 1997):

- Με αναποδογύρισμα του σωρού
- Με μεταφερόμενο αέρα
- Με μηχανικό αερισμό

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι στους μη αεριζόμενους σωρούς το οξυγόνο εξαντλείται στα χαμηλότερα σημεία σε πολύ λίγο χρόνο μετά το αναποδογύρισμα (Eliot, 1997).

Η έλλειψη οξυγόνου οδηγεί σε αναερόβιες συνθήκες κάτω από τις οποίες έχουμε αποσύνθεση υλικών. Όταν ο σωρός αναποδογυρίζεται αυτά τα υλικά αναδίνουν δυσάρεστες οσμές. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, στην περίπτωση ενεργητικού αερισμού, ο

αέρας καθαρίζεται παρασυρόμενος μέσα σε βιοφίλτρα. Αυτό γίνεται είτε σε ανοικτούς σωρούς είτε σε καλυμμένους σωρούς (Eliot, 1997).

1.8.2.2. Υγρασία.

Όπως προαναφέρθηκε, η αλληλεξάρτηση ανάμεσα στην υγρασία και τον αερισμό προκύπτει από το γεγονός ότι ο αποτελεσματικός αερισμός της μάζας του κομπόστ στο σωρό εξαρτάται από τα διάκενα (πόρους) ανάμεσα στα σωματίδια του κομπόστ. Καθώς αυξάνει η υγρασία οι πόροι γεμίζουν νερό, τα διάκενα όπου μπορεί να κυκλοφορήσει ο αέρας μειώνονται και αρχίζουν να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες σε τμήματα του σωρού (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

Από την άλλη μεριά, η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική διεργασία που οφείλεται κατά κύριο λόγο σε βακτήρια, των οποίων η μεταβολική δραστηριότητα πραγματοποιείται στην υγρή φάση. Θεωρητικά δεν υπάρχει ανώτατο όριο υγρασίας για τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Ωστόσο, οι τεχνικές δυσκολίες και η οικονομική επιβάρυνση που συνεπάγεται ο επαρκής αερισμός ενός υγρού, θέτουν ένα ανώτατο όριο στο ποσοστό υγρασίας, για βέλτιστη κομποστοποίηση. Η βέλτιστη υγρασία εξαρτάται εν μέρει από τη σύνθεση και τη φυσική δομή των υλικών προς κομποστοποίηση. Έτσι μπορεί να είναι υψηλότερη για υλικά με γερή φυσική δομή (π.χ. απόβλητα όπου άχυρο, πριονίδια, ξερά φύλλα ή τεμαχίδια ξύλου είναι τα κύρια συστατικά), ενώ υλικά όπως το χαρτί, υπολείμματα φαγητού, και γρασίδι, τα οποία τείνουν να «πατικωθούν» πρέπει να έχουν χαμηλότερο ποσοστό νερού (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

Ως γενικός κανόνας, η αρχική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται γύρω στο 60-70% και να μην αφήνεται να πέσει κάτω από 30-35%. Κάτω από 25% υγρασία, η μικροβιακή δραστηριότητα παρεμποδίζεται ισχυρά, ενώ κάτω από 10-15% σταματά τελείως. Μια συνέπεια της έλλειψης νερού είναι ότι, καθώς εμποδίζεται η μικροβιακή δραστηριότητα, το υλικό δίνει μια ψευδή εικόνα σταθεροποίησης. Έτσι μπορεί να διατεθεί ως έτοιμο κομπόστ στην αγορά. Όταν όμως ξαναβραχεί, στο χωράφι ή τον κήπο, η μικροβιακή δραστηριότητα επανακάμπτει και μπορεί να «κάψει» τα φυτά ή να απελευθερώσει δυσάρεστες οσμές (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

1.8.2.3. Θερμοκρασία.

Καθώς οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά συστατικά στα απορρίμματα παράγεται θερμότητα η οποία εγκλωβίζεται στη μάζα του σωρού και ανεβάζει τη θερμοκρασία. Αρχικά η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών, οι οποίοι

παράγουν περισσότερη θερμότητα και αυξάνουν και άλλο τη θερμοκρασία, σε έναν αλληλο-ενισχυόμενο κύκλο. Όταν όμως η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 45-50 °C, η δραστηριότητα των μικροοργανισμών αρχίζει να ελαττώνεται και πάνω από τους 75 °C πρακτικά μηδενίζεται. Έτσι για να πετύχουμε το μέγιστο ρυθμό βιο-αποδόμησης των οργανικών υλικών, πρέπει να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία σε ευνοϊκά για τους μικρο-οργανισμούς επίπεδα (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

Ο άλλος ρόλος της θερμοκρασίας στην κομποστοποίηση είναι ότι η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες για κάποιο χρονικό διάστημα καταστρέφει πιθανούς παθογόνους οργανισμούς για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά. Πρέπει λοιπόν να ρυθμίζουμε τη θερμοκρασία σε τέτοια επίπεδα ώστε αφ' ενός να μην παρεμποδίζεται η δραστηριότητα των ωφέλιμων μικροοργανισμών και αφ' ετέρου να καταστρέφονται αποτελεσματικά οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Μία θερμοκρασία γύρω στους 55 °C που θα διατηρηθεί για τουλάχιστον 3 ημέρες σε όλη τη μάζα του σωρού θεωρείται αρκετή για την καταστροφή των παθογόνων (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

1.8.2.4. Άνθρακας.

Ο άνθρακας δίνει την απαραίτητη ενέργεια στους μικροοργανισμούς, μέσω της οξειδωσης του κατά το μεταβολισμό, και είναι το σημαντικότερο συστατικό στη σύνθεση των τοιχωμάτων του κυττάρου και των άλλων κυτταρικών δομών. Στην οξειδωση του άνθρακα σε CO₂ οφείλεται το μεγαλύτερο μέρος της απώλειας μάζας κατά την κομποστοποίηση και η χαρακτηριστική έκλυση θερμότητας (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

Εκτός από το ποσοστό του άνθρακα στα απόβλητα, σημασία για την κομποστοποίηση έχει και η χημική του μορφή. Αυτή καθορίζει τη διαθεσιμότητα του άνθρακα, δηλ. τη δυνατότητα των μικροοργανισμών να τον αφομοιώσουν. Κάποια φυσικά υλικά είναι πιο ανθεκτικά στη μικροβιακή αποσύνθεση (πολύπλοκες μορφές κυτταρίνης, λιγνίνη) και χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να διασπαστούν σε σχέση με απλούστερες οργανικές ενώσεις (σάκχαρα, πρωτεΐνες, τα περισσότερα λίπη). Ο άνθρακας π.χ. στα ξυλώδη υλικά δεν αποδομείται εύκολα, σε αντίθεση με τις κοπριές (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

Από πρακτική σκοπιά, η διαθεσιμότητα του άνθρακα καθορίζει (1) την καταλληλότητα των αποβλήτων ως πηγή άνθρακα για την κομποστοποίηση, (2) το ρυθμό με τον οποίο μπορούν να διασπαστούν τα απόβλητα - και συνεπώς τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής τους στο σύστημα, και (3) το ανώτατο όριο του λόγου του άνθρακα προς άζωτο (C/N) που δεν επιβραδύνει τη διεργασία (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

1.8.2.5. Άζωτο.

Σημαντικότερος είναι και ο ρόλος του αζώτου για τους μικροοργανισμούς. Το άζωτο είναι βασικά συστατικό του πρωτοπλάσματος και χωρίς αυτό οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να πολλαπλασιαστούν. Ωστόσο, η μικροβιακή δραστηριότητα (π.χ. σύνθεση οργανικών οξέων) είναι εφικτή και απουσία αζώτου (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

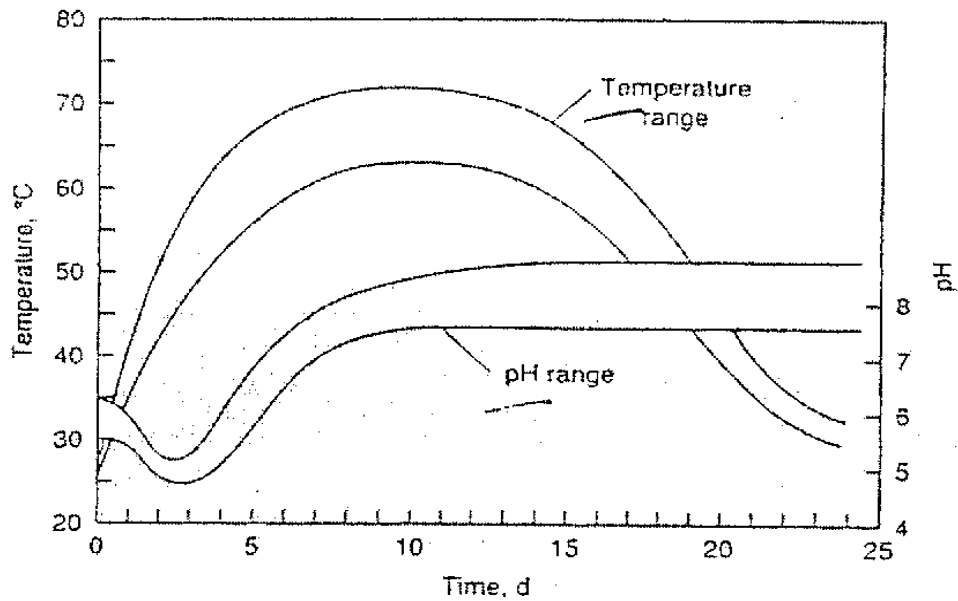
Το άζωτο βρίσκεται σε ικανοποιητικό ποσοστό και σε διαθέσιμες μορφές στα υπολείμματα φαγητού, στα απόβλητα κήπων και πάρκων (ιδίως όταν έχουν γρασιδί), στη λάσπη βιολογικών καθαρισμών και στις διάφορες κοπριές. Αντίθετα έλλειμμα παρουσιάζεται στα ξυλώδη απορρίμματα, το χαρτί και διάφορα βιομηχανικά οργανικά απόβλητα. Η ανάμιξη με απόβλητα πλούσια σε άζωτο είναι η ενδεικνυόμενη λύση για την κομποστοποίηση φτωχών σε άζωτο αποβλήτων. Εναλλακτικά, μπορεί να προστεθεί άζωτο σε ανόργανη μορφή, π.χ. ως αζωτούχο λίπασμα (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

1.8.2.6. Αναλογία Άνθρακα προς Άζωτο.

Η αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N) είναι μια από τις σημαντικότερες τροφικές παραμέτρους. Η βέλτιστη αναλογία για την κομποστοποίηση κυμαίνεται από 20 έως 30 μέρη **διαθέσιμου** άνθρακα προς 1 μέρος **διαθέσιμου** αζώτου. Υψηλότερες τιμές του λόγου C/N, επιβραδύνουν τη διεργασία της κομποστοποίησης. Κατά την ενεργή φάση της διεργασίας το πρόβλημα εκδηλώνεται με μείωση της παραγωγής θερμότητας. Όταν ο λόγος C/N είναι χαμηλότερος από περίπου 18-19/1, το πλεόνασμα του αζώτου χάνεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή αμμωνίας. Μπορούν έτσι να προκληθούν δυσάρεστες οσμές, και να αυξηθεί το pH σε επίπεδα δυσμενή για την κομποστοποίηση (<http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>).

1.8.2.7. PH.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει άμεσα την αποδόμηση του υλικού είναι το pH του, δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το composting θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του pH του υλικού δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελευθέρωσης αμμωνίας και κατά συνέπεια καλύπτεται αυτή η ανάγκη από την ίδια τη διαδικασία (Διάγραμμα 1.14), (Μανιός, 2003β).



Διάγραμμα 1.14: Τυπικές τιμές θερμοκρασίας και pH που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης (Μανιός, 2003β).

1.8.2.8. Μικροβιακός πληθυσμός.

Η μικροβιολογία είναι η καρδιά της διαδικασίας του composting. Ο μικροβιακός πληθυσμός συχνά φτάνει στα επίπεδα του 10 %. Στο composting παίρνουν μέρος κυρίως μεσόφιλα και θερμόφιλα βακτήρια, μύκητες και ακτινομύκητες. Η θερμοκρασία είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επιδρά στην ανάπτυξη και τη δραστηριότητα του μικροβιακού πληθυσμού. Η αρχική αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 45 °C λέγεται μεσοφιλική φάση. Η θερμοκρασία μπορεί μετά να φτάσει τους 70 °C ή υψηλότερα στη θερμοφιλική φάση. Η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται καθώς ο διαθέσιμος C για τη θρέψη τους χρησιμοποιείται και η θερμοκρασία μειώνεται και κατεβαίνει στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό είναι επιστροφή στο μεσοφιλικό στάδιο (Eliot, 1997).

Η υγρασία επηρεάζει τη μικροβιακή δραστηριότητα με δυο τρόπους. Όπως όλοι οι οργανισμοί έτσι και τα μικρόβια απαιτούν νερό για τις λειτουργίες τους. Υγρασία κάτω από 40 % μπορεί να αναστείλει τη βιολογική δραστηριότητα. Επιπλέον, σε περιεκτικότητα σε υγρασία πάνω από 60 %, πιθανόν το οξυγόνο να είναι ανεπαρκές για τους αερόβιους οργανισμούς επειδή πιθανά το ελεύθερο πορώδες έχει καλυφθεί με νερό (Eliot, 1997).

1.8.2.9. Μέγεθος τεμαχιδίων.

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει σημαντικά τη μικροβιακή δραστηριότητα, αφού ο πολυτεμαχισμός του σε μικρά τεμάχια αυξάνει την επιφάνεια τη δυνάμενη να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των μικροοργανισμών, αλλά και ταυτόχρονα μειώνει τα κενά του αέρα με αποτέλεσμα τη γρήγορη επικράτηση αναερόβιων συνθηκών. Ταυτόχρονα, το αρχικό μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει αναλογικά και την κοκκομετρική σύνθεση του τελικού compost και είναι γνωστό πως αυτό δεν είναι επιθυμητό να είναι σε κατάσταση σκόνης. Από πειράματα που έχουν γίνει, φαίνεται ότι το άριστο μέγεθος των τεμαχιδίων είναι μεταξύ του 1,5 και 7,5 cm περίπου (Μανιός, 2003β).

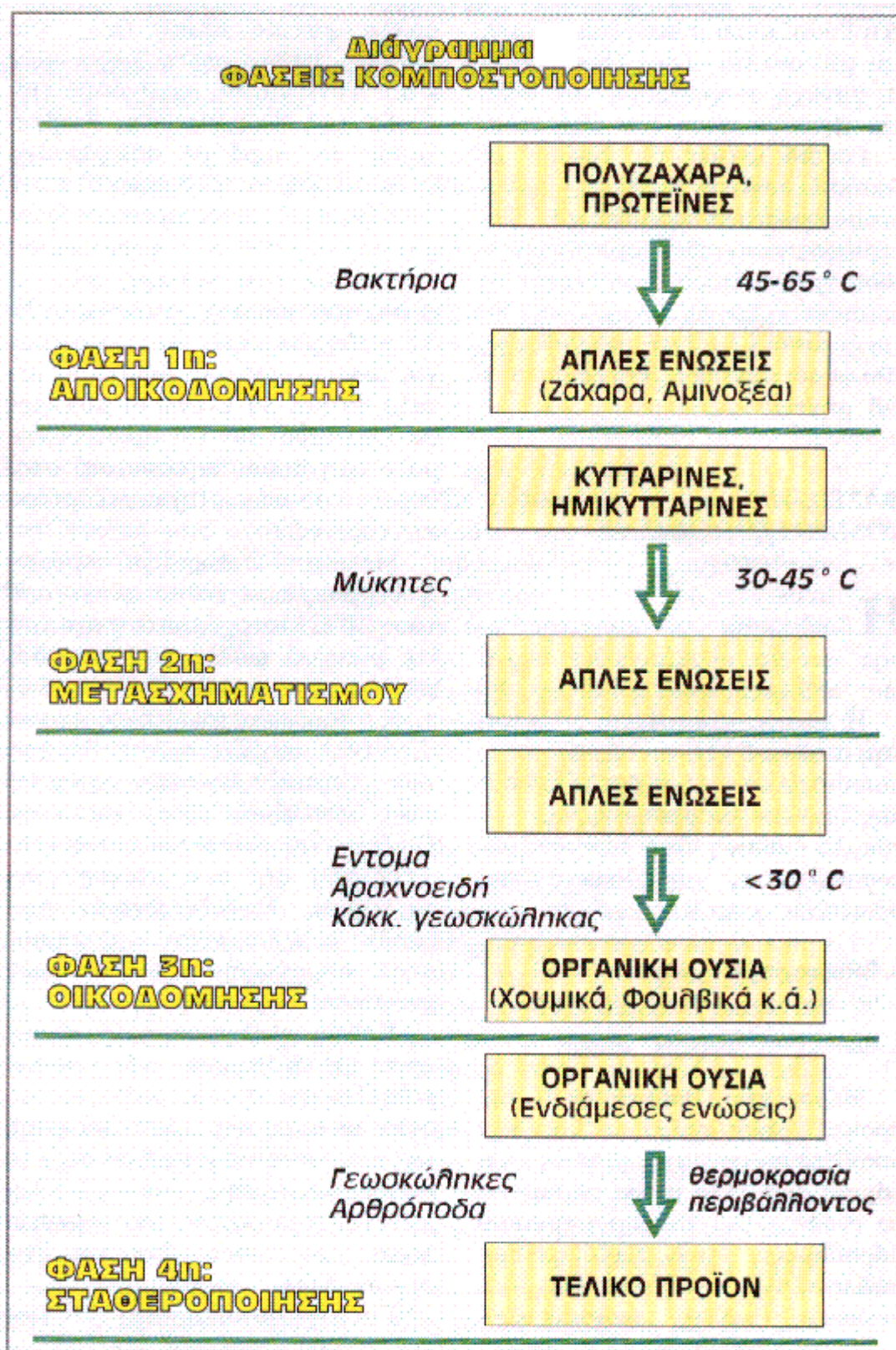
1.8.3. Οι φάσεις της κομποστοποίησης.

Στην διαδικασία του composting οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά υλικά και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), νερό (H₂O), θερμότητα και χούμο, το σχετικά σταθερό τελικό οργανικό προϊόν. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες η κομποστοποίηση για να ολοκληρωθεί περνάει από τέσσερις φάσεις, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.15 (http://www.chania.teicrete.gr/bio_geo/Ajiopoihsh%20Organikon%20Ypoleimatvn%20Rethimno/ajiopoihsh.htm):

1^η Φάση: Είναι η φάση της αποικοδόμησης. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής δραστηριοποιούνται κυρίως τα βακτήρια και αρχίζουν οι αποικοδομήσεις των εύκολα διασπώμενων ουσιών. Η θερμοκρασία στην φάση αυτή μπορεί να φτάσει και τους 60 °C – 65 °C ή και περισσότερο.

2^η Φάση: Είναι η φάση του μετασχηματισμού. Η πτώση της θερμοκρασίας κάτω από τους 50 °C σηματοδοτεί την είσοδο στη φάση αυτή. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής οι μύκητες αναλαμβάνουν τον πρωτεύοντα ρόλο στη διάσπαση των πιο σταθερών ουσιών (ημικυτταρίνες, κυτταρίνες), ενώ η θερμοκρασία παραμένει για μεγάλο διάστημα μεταξύ 45 °C και 30 °C.

3^η Φάση: Είναι η φάση της οικοδόμησης, η οποία ξεκινά όταν η θερμοκρασία κατέλθει κάτω από τους 30 °C περίπου με την πάροδο 2 – 3 μηνών. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής οικοδομούνται οι χουμικές ενώσεις (χουμικά, φουλβικά οξέα, χουμίνη), ενώ παράλληλα εισέρχονται στο σωρό έντομα, αραχνοειδή και ο κόκκινος γαιοσκώληκας (*Eisenia foetida*) του οποίου ο ρόλος είναι σημαντικός για την παραγωγή των σταθερών χουμικών ενώσεων.



Διάγραμμα 1.15: Φάσεις Κομποστοποίησης (<http://www.chania.teicrete.gr/biogeο/Ajiopoihsh%20Organikon%20Ypoleimatvn%20Rethimno/ajiopoihsh.htm>).

4^η Φάση: Είναι η φάση της σταθεροποίησης. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής εξισώνεται η θερμοκρασία του σωρού με αυτή του περιβάλλοντος.

Με την χρησιμοποίηση, κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης, διαφόρων πρακτικών (επιλογή κατάλληλου τύπου σωρού, τακτικές αναστροφές, κάλυψη του σωρού με συνθετικά υφάσματα κ.ά), οι υψηλές θερμοκρασίες που καταλαμβάνουν αρχικά μόνο ένα τμήμα του εσωτερικού πυρήνα του σωρού, μπορούν να επεκταθούν σε όλο τον όγκο του υγιεινοποιώντας έτσι ολόένα και μεγαλύτερο μέρος του. Ικανοποιητικά επίπεδα υγιεινοποίησης (καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών) επιτυγχάνονται όταν όλα τα τμήματα του σωρού υποστούν μια θερμοκρασία της τάξης των 55 - 60 °C για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διάρκεια. Για την ολοκλήρωση των τεσσάρων φάσεων στο σωρό απαιτούνται από 3 έως 6 μήνες ανάλογα με το πόσες ανακινήσεις έχουν γίνει. Στο τέλος της κομποστοποίησης έχουμε μείωση στο 65 - 70 % του αρχικού όγκου υλικών (http://www.chania.teicrete.gr/bio_geo/Paraskeyh_Kombost/Paraskeyh_Combost_.htm).

1.8.4. Τεχνική – Συστήματα composting.

Οι πλέον συνηθισμένοι μέθοδοι κομποστοποίησης είναι οι παρακάτω (Μανιός, 2003β):

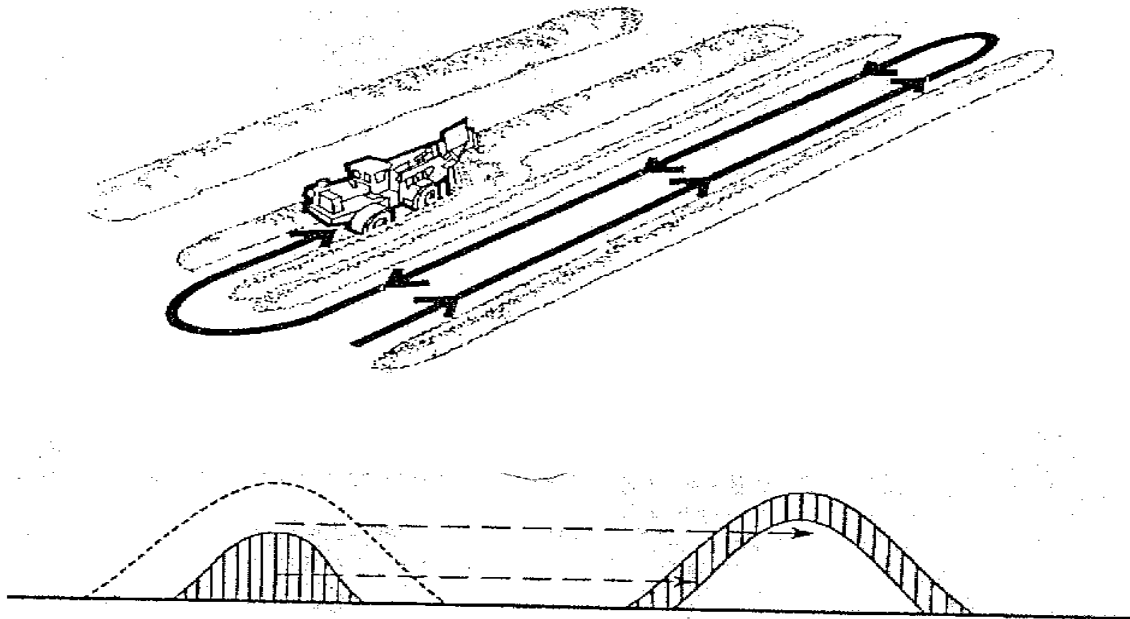
⇒ **Σταθερών Σειραδίων (windrow – Διάγραμμα 1.16).**

Ουσιαστικά τα υπολείμματα τοποθετούνται σε μακρόστενους σωρούς που οι διαστάσεις τους ποικίλουν αλλά συνήθως διατηρούνται μεταξύ 3 με 4 μέτρα πλάτος, 2 με 3 μέτρα ύψος και μήκος απεριόριστο. Ο έλεγχος της διαδικασίας βασίζεται στη θερμοκρασία που ελέγχεται αυτόματα (μόνιμο σύστημα καταγραφής και ελέγχου, συνδεδεμένο με υπολογιστή) ή χειρονακτικά (με ειδικά θερμόμετρα). Όταν η θερμοκρασία ανεβεί πάνω από τους 65 με 70 °C τότε με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων θα ανακατέψουμε το σωρό προσθέτοντας αέρα στο σύστημα και πολύ συχνά και υγρασία. Στην πράξη η ανάδευση των σωρών πραγματοποιείται χωρίς να καθορίζεται από τη θερμοκρασία σε τακτά χρονικά διαστήματα που ποικίλουν από δύο φορές της εβδομάδα έως και μια φορά κάθε δυο εβδομάδες.

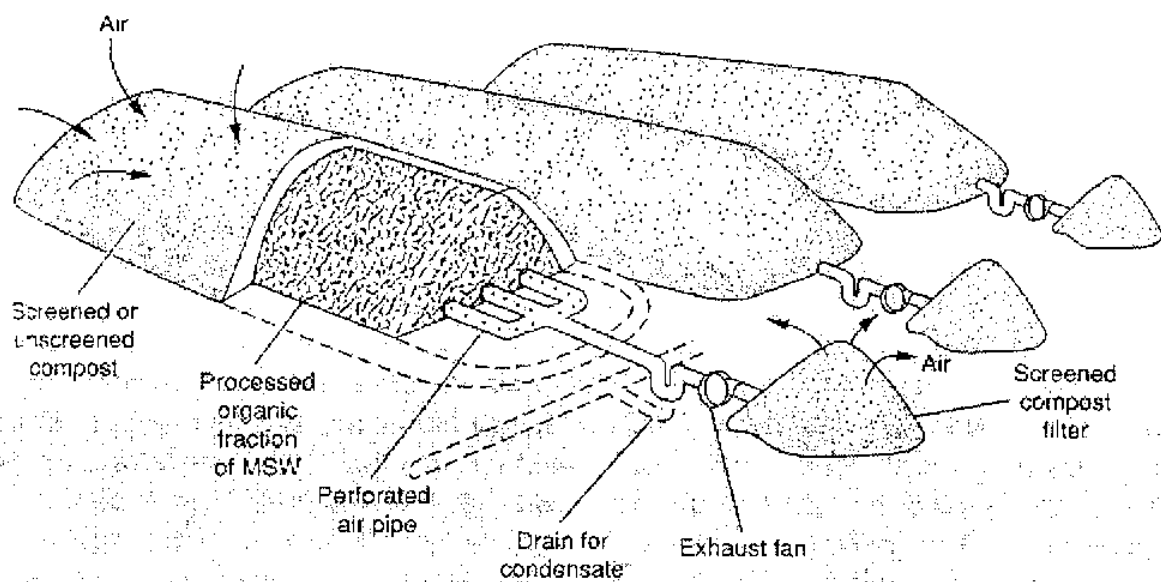
⇒ **Αεριζόμενων σωρών (aerated static pile – Διάγραμμα 1.17).**

Προσπάθεια μείωσης της ανάγκης γυρίσματος των σωρών με τη συνεχή και αυτόματη προσθήκη αέρα στους σωρούς των υλικών. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια ανεμιστήρων που είτε προωθούν αέρα στο σωρό είτε τον απομακρύνουν (αναρρόφηση) με αποτέλεσμα νέος αέρας να εισέρχεται στο σύστημα. Ο έλεγχος της ποσότητας αέρα που περνάει στο σωρό καθορίζεται από τη θερμοκρασία. Έχουν γίνει και προσπάθειες προσθήκης υγρασίας μαζί με

τον αέρα χωρίς όμως μεγάλη επιτυχία. Τα πλέον κοινά συστήματα είναι αυτά που φυσούν αέρα στο σωρό.



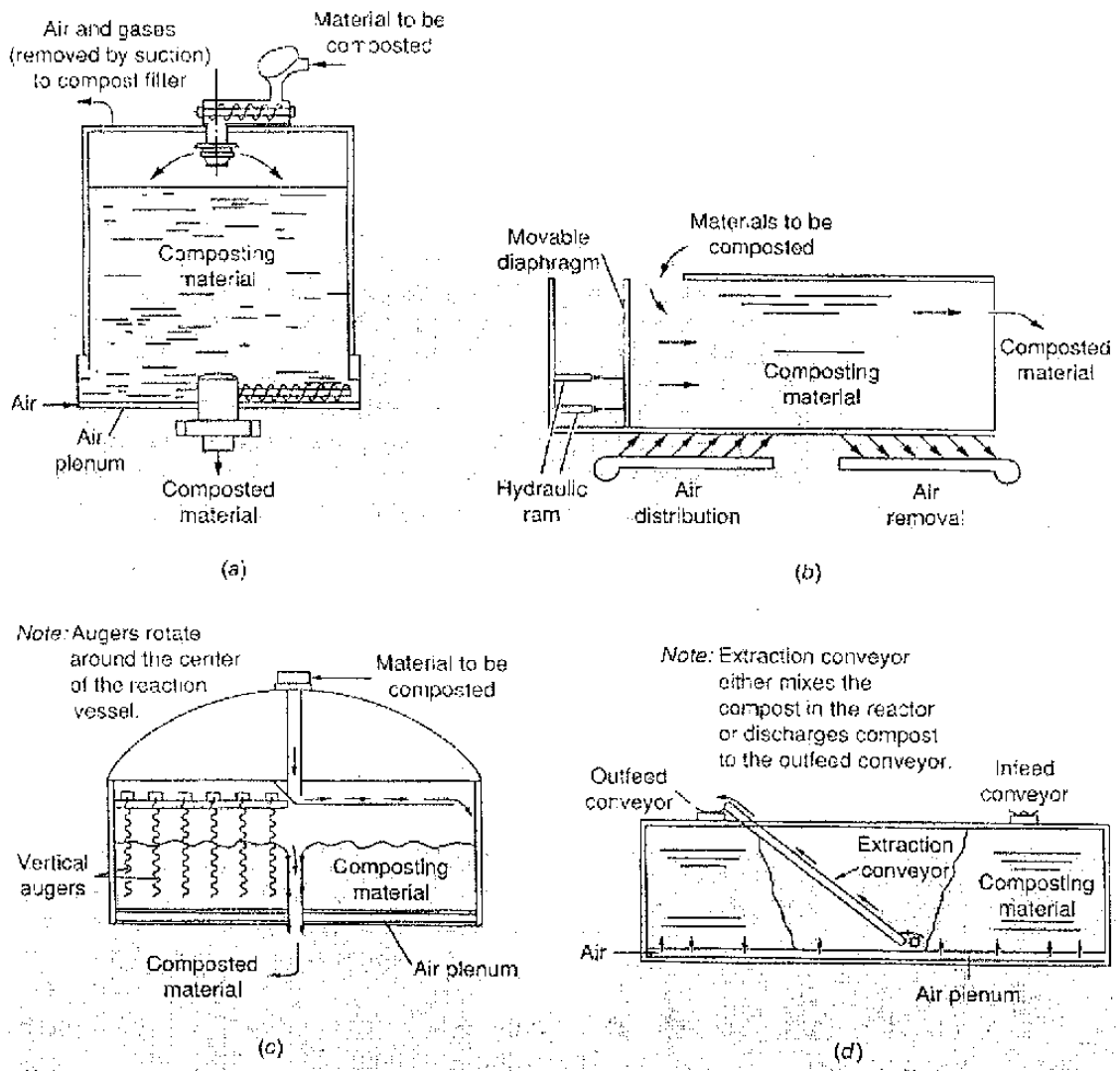
Διάγραμμα 1.16: Σύστημα σταθερών σειραδίων – windrow (Μανιός, 2003β).



Διάγραμμα 1.17: Σύστημα αεριζόμενων σωρών – aerated static pile (Μανιός, 2003β).

⇒ **Σε δοχεία (in vessel composting – Διάγραμμα 1.18).**

Είναι η πλέον καινούργια μέθοδος κομποστοποίησης όπου ένα μέρος της διαδικασίας (συνήθως οι πρώτες 3 με 4 εβδομάδες που είναι και οι πιο ενεργές) λαμβάνει χώρα σε κλειστά δοχεία με πλήρη έλεγχο θερμοκρασίας, αερισμού και υγρασίας. Το σύστημα είναι αυτοματοποιημένο και έχει ως πλεονέκτημα τον πλήρη έλεγχο των παραγόμενων οσμών και μείωση της ενόχλησης των περίοικων.



Διάγραμμα 1.18: Κομποστοποίηση σε κλειστά δοχεία – in vessel composting (Μανιός, 2003β).

1.9. Αντικείμενο και σκοπός εργασίας.

Το υψηλό ποσοστό φυγοκεντρικών ελαιουργείων στην Κρήτη προδικάζει μια σημαντική αύξηση της ολικής ποσότητας αποβλήτων, η οποία θα αυξάνεται στο βαθμό που θα αυξάνεται και η ολική παραγωγή λαδιού. Επιτακτική επομένως εμφανίζεται η ανάγκη της εύρεσης αποτελεσματικών λύσεων για την διάθεση και αξιοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων.

Σύμφωνα με την παραπάνω διαπίστωση, κύριος στόχος της έρευνας αυτής ήταν να μελετηθεί η συμπεριφορά της ελαιοπυρήνας διφασικού ελαιουργείου κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης, ώστε να μπορέσουμε να προτείνουμε τη βέλτιστη μεθοδολογία για την κομποστοποίηση του υλικού αυτού καθορίζοντας τα εξής:

- Την βέλτιστη αναλογία της ελαιοπυρήνας προς τα διογκωτικά υλικά, που στην περίπτωση μας ήταν φύλλα ελιάς.
- Τον αριθμό και την συχνότητα των αναστροφών του προς κομποστοποίηση σειραδίου.
- Την διάρκεια της θερμόφιλης φάσης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.

2.1. Γενικά στοιχεία του πειράματος.

Στις 14 Φεβρουαρίου 2003, ξεκίνησε στο Εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων του Τ.Ε.Ι. Κρήτης στο χώρο του αγροκτήματος, πείραμα παρασκευής κόμποστ από ελαιοπυρήνα (διφασικού ελαιουργείου) με την τεχνική των αναστρεφόμενων σειραδίων. Η διάρκεια του πειράματος ήταν περίπου οκτώ μήνες και συγκεκριμένα από τις 14/02/03 μέχρι τις 15/09/03. Η πραγματοποίηση της πειραματικής αυτής κομποστοποίησης βασίστηκε στην εμπειρία από ερευνητικά προγράμματα του Εργαστηρίου και στις τελευταίες εξελίξεις διεθνώς επί του αντικειμένου.

Για τις ανάγκες του πειράματος διαμορφώθηκαν δυο πειραματικά σειράδια, τα οποία εγκαταστάθηκαν πάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένη πίστα από μπετόν σε χώρο του αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Πίστα από μπετόν στο χώρο του αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

2.2. Υλικά.

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν, και παρουσιάζονται παρακάτω, προήλθαν από ένα, από τα μεγαλύτερα, διφασικά ελαιουργεία της Κρήτης, το οποίο παράγει περισσότερους από 1.200 τόνους ελαιόλαδου το χρόνο. Το ελαιουργείο αυτό βρίσκεται στο χωριό Παναγιά, του Δήμου Αρκαλοχωρίου, του Νομού Ηρακλείου και ανήκει στον Αγροτικό Συνεταιρισμό Παναγιάς.

- **Ελαιοπυρήνα φυγοκεντρικού ελαιουργείου.** Στην Εικόνα 2.2 φαίνεται το ελαιοτριβείο του Αγροτικού Συνεταιρισμού Παναγιάς και η ελαιοπυρήνα που χρησιμοποιήθηκε. Δεδομένου ότι η ελαιοπυρήνα των διφασικών ελαιουργείων περιέχει και τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων, ουσιαστικά έχουμε συγκομποστοποίηση στερεών και υγρών αποβλήτων.



Εικόνα 2.2: Ελαιοπυρήνα ελαιουργικού συγκροτήματος Αγροτικού Συνεταιρισμού Παναγιάς.

- **Φύλλα ελιάς.** Στην Εικόνα 2.3 φαίνονται τα φύλλα ελιάς που χρησιμοποιήθηκαν, έξω από το ελαιουργείο του Αγροτικού Συνεταιρισμού Παναγιάς.



Εικόνα 2.3: Φύλλα ελιάς ελαιουργικού συγκροτήματος Αγροτικού Συνεταιρισμού Παναγιάς.

2.3. Μεθοδολογία.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στις 14 Φεβρουαρίου 2003 πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση των δυο σειραδίων:

- Το πρώτο σειράδιο ήταν μείγμα ελαιοπυρήνας και φύλλων ελιάς στην αναλογία 1:1 κατ' όγκο (Σειράδιο I).
- Το δεύτερο σειράδιο ήταν και αυτό μείγμα ελαιοπυρήνας και φύλλων ελιάς στην αναλογία όμως 1:2 κατ' όγκο (Σειράδιο II).

Η διαδικασία εγκατάστασης ξεκίνησε από νωρίς το πρωί. Τα υλικά μεταφέρθηκαν, από το χώρο του ελαιουργείου, με δυο μεγάλα φορτηγά αυτοκίνητα, στο χώρο του αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης όπου θα γινόταν η εγκατάσταση. Στα φορτηγά αυτοκίνητα είχαν φορτωθεί τα υλικά ανακατεμένα, στις αναλογίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως για κάθε ένα σειράδιο χωριστά. Κάθε ένα από τα φορτηγά που κατέφθανε στο χώρο του αγροκτήματος, ανάλογα με την αναλογία των υλικών που περιείχε, άδειαζε το φορτίο του στο κατάλληλο μέρος έτσι ώστε στο τέλος διαμορφώθηκαν τα δυο σειράδια που επιθυμούσαμε. Οι αρχικοί όγκοι των δυο σειραδίων ήταν 21 m^3 για το σειράδιο I και 24 m^3 για το σειράδιο II.

Με την βοήθεια ενός ειδικού αναστροφέα ελκυσόμενου από τρακτέρ, τα υλικά αναμοχλεύτηκαν και ομογενοποιήθηκε το μείγμα κομποστοποίησης των σειραδίων, στα οποία ο αναστροφέας έδωσε την τελική τους μορφή όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4. Το μήκος των σειραδίων ήταν περίπου 25m το καθένα και η τριγωνική διατομή τους είχε βάση γύρω στα 2,5m και ύψος γύρω στο 1,2m.



Εικόνα 2.4: Η τελική μορφή των σειραδίων, αμέσως μετά την εγκατάστασή τους.

Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, η επικράτηση αναερόβιων συνθηκών αντιμετωπίζονταν με την βοήθεια του αναστροφέα (Εικόνα 2.5) με τον οποίο γίνονταν οι απαραίτητες και απαιτούμενες αναστροφές. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται το απαιτούμενο οξυγόνο και στα δυο σειράδια κομποστοποίησης. Αρχικά και για τους δυο πρώτους μήνες οι αναστροφές γίνονταν κάθε επτά ημέρες. Μετά τους πρώτους δυο μήνες η συχνότητα των αναστροφών μειώθηκε και πραγματοποιούνταν κάθε 14 ημέρες (Εικόνα 2.6 και 2.7).



Εικόνα 2.5: Ο αναστροφέας που χρησιμοποιήθηκε για τις αναστροφές των σειραδίων.



Εικόνα 2.6: Εικόνες από την αναστροφή των σειραδίων από κοντινή απόσταση.



Εικόνα 2.7: Εικόνες από την αναστροφή των σειραδίων από μακρινή απόσταση.

Αμέσως μετά από κάθε αναστροφή γινόταν λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος, από το κέντρο του κάθε σειραδίου, για την εργαστηριακή εκτίμηση των βασικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των κομποστοποιούμενων υλικών. Με αυτό τον τρόπο καταγράφονταν οι μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των υλικών και επομένως η πορεία της κομποστοποίησης.

Στην Εικόνα 2.8 μπορούμε να δούμε την εικόνα που παρουσίαζε το μείγμα ελαιοπυρήνας και φύλλων ελιάς του σειραδίου II κατά την 120^η ημέρα κομποστοποίησης.



Εικόνα 2.8: Εικόνα μείγματος σειραδίου II κατά την 120^η ημέρα κομποστοποίησης.

Κατά την διάρκεια των αναστροφών οι υψηλές θερμοκρασίες των σειραδίων, σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, βοηθούσαν στο σχηματισμού ενός σύννεφου υδρατμών πάνω από τα σειράδια (Εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9: Εμφάνιση σύννεφου υδρατμών πάνω από τα σειράδια κατά την διάρκεια των αναστροφών.

Στους επτά μήνες, που διήρκεσε η διαδικασία της Κομποστοποίησης, πραγματοποιήθηκαν συνολικά 14 αναστροφές και στα δυο σειράδια. Στις τέσσερις τελευταίες αναστροφές από τις 14 που πραγματοποιήθηκαν, χρειάστηκε να προστεθούν, κάθε φορά που γινόταν αναστροφή, περισσότερα από 3 m³ νερό σε κάθε σειράδιο. Η προσθήκη νερού στα σειράδια γινόταν γιατί η υγρασία είχε μειωθεί κάτω του επιθυμητού ορίου. Το νερό προστέθηκε επιφανειακά στα σειράδια πριν από κάθε αναστροφή, αλλά και κατά την διάρκεια της αναστροφής, από το πάνω μέρος του πλαισίου του αναστροφέα. Στις αναστροφές που έγινε προσθήκη νερού στο τέλος της διαδικασίας τα δυο σειράδια καλύπτονταν με ένα ειδικό κάλυμμα (TOP TEX) το οποίο βοηθούσε στο να παραμένει η υγρασία στα επιθυμητά επίπεδα, μειώνοντας την εξάτμιση η οποία ήταν πολύ μεγάλη τους ζεστούς μήνες του καλοκαιριού (Εικόνα 2.10). Με τον τρόπο αυτό μειώθηκαν οι ανάγκες των σειραδίων σε διαβροχή.



Εικόνα 2.10: Επικάλυψη σειραδίου με ειδικό κάλυμμα (TOP TEX).

Μετά την ολοκλήρωση της 14^{ης} αναστροφής η θερμοκρασία των σειραδίων ανέβηκε σε επίπεδα υψηλότερα μεν της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αλλά όχι ιδιαίτερα υψηλά. Σ' αυτό το σημείο θεωρήθηκε ότι ολοκληρώθηκε η θερμόφιλη φάση της κομποστοποίησης και άρχισε η φάση της ωρίμανσης. Κατά την φάση της ωρίμανσης αφέθηκαν τα υλικά σε ηρεμία, για 45 – 60 ημέρες, διαμορφώνοντας το κάθε σειράδιο σε ένα πυραμιδοειδή σωρό. Μετά το πέρας της φάσης της ωρίμανσης έγινε λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος κόμπποστ για την εργαστηριακή τελική αξιολόγησή του.

2.4. Παράμετροι εκτίμησης πορείας δοκιμαστικής κομποστοποίησης.

Κατά την διάρκεια της πειραματικής συγκομποστοποίησης και προκειμένου να γίνει εκτίμηση της πορείας της, και στα δυο σειράδια γινόταν η καταγραφή των ακόλουθων παραμέτρων:

⇒ Θερμοκρασία χώνευσης

Η θερμοκρασία των σειραδίων καταγραφόταν σε ημερήσια βάση, με ειδικό ηλεκτρονικό θερμόμετρο, σε διάφορα βάθη και στο κέντρο περίπου του σειραδίου. Η πορεία της θερμοκρασίας αποτελούσε ένα βασικό κριτήριο για το πότε θα πρέπει να γίνει αναστροφή άρα και αερισμός του σειραδίου.

⇒ Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

Αμέσως μετά από κάθε αναστροφή γινόταν δειγματοληψία από κάθε σειράδιο. Το δείγμα λαμβανόταν από διάφορα σημεία από κάθε σειράδιο, έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό. Κάθε φορά που γινόταν δειγματοληψία και σε κάθε δείγμα χωριστά πραγματοποιούνταν οι ακόλουθες μετρήσεις και προσδιορισμοί:

- Υγρασία % σε υγρή βάση.
- PH και EC.
- Ολικός C.
- Ολικό N %.
- Σχέση C /N.
- Οργανική ουσία.
- Προσδιορισμός ολικών Φαινολών.
- Φυτοτοξικότητα.

2.5. Μέθοδοι εργαστηριακών αναλύσεων.

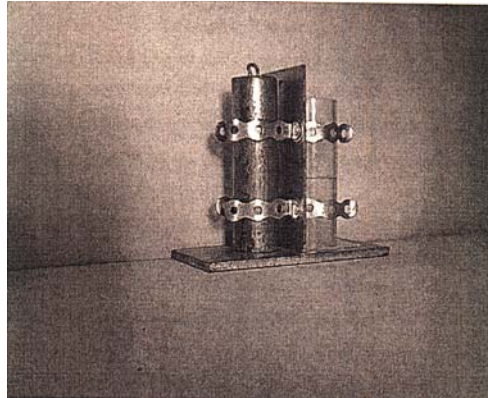
Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν για τις εργαστηριακές αναλύσεις, τόσο των ενδιάμεσων δειγμάτων όσο και των τελικών κόμποστ αναφέρονται αναλυτικά στο τέλος της εργασίας αυτής, στο Παράρτημα I. Οι μέθοδοι των εργαστηριακών αυτών αναλύσεων είναι οι ακόλουθες:

- **Προσδιορισμός Υγρασίας %**, σε υγρή βάση, στους 105 °C.
- **Προσδιορισμός PH**, σε υδατικό εκχύλισμα με τη μέθοδο 1:1,5 κατ' όγκο.
- **Προσδιορισμός Ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC (mS/cm)**, σε υδατικό εκχύλισμα με τη μέθοδο 1:1,5 κατ' όγκο.
- **Προσδιορισμός Οργανικής ουσίας**, με τη μέθοδο της καύσης στους 600 °C για 16 ώρες.
- **Προσδιορισμός Οργανικού άνθρακα (C %)**, σε ξηρή βάση, με τη μέθοδο της καύσης στους 600 °C για 16 ώρες με βάση τη σχέση : Οργανικός άνθρακας % = (100% - Τέφρα %) / 1,8.
- **Προσδιορισμός Ολικού N %**, με τη συσκευή mikrokjeldahl (χώνευση και απόσταξη).
- **Προσδιορισμός Σχέσης C/N**.
- **Προσδιορισμός NO₃ - N**, με ειδικό ηλεκτρόδιο και τη χρήση πρότυπων διαλυμάτων 0,1M KNO₃, 1000 ppm NO₃ – και I.S.A. (Logic Stength Adjustor) με βάση τη σχέση ppm NO₃ – N: ppm NO₃ / 4,4.
- **Προσδιορισμός Ολικών Φαινολών**, σε κατσίγαρο (OMW) με τη μέθοδο Folin Ciocalteu.
- **Προσδιορισμός φυτοτοξικότητας**, με τη μέθοδο υπολογισμού του δείκτη βλαστικότητας (germination index).

2.6. Συσκευές και μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν στις εργαστηριακές αναλύσεις.

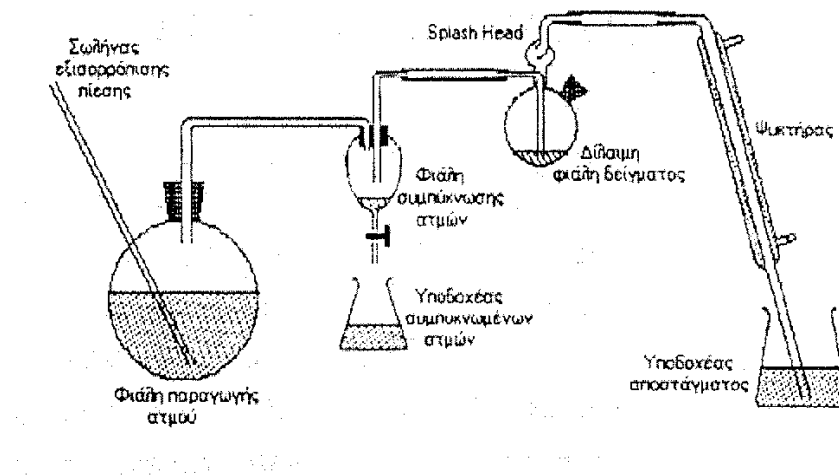
Οι συσκευές που παρουσιάζονται παρακάτω και που χρησιμοποιήθηκαν για τις παραπάνω μετρήσεις ήταν ιδιοκτησίας του Εργαστηρίου Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων.

- **Μηχανισμός για την εφαρμογή της μεθόδου προσδιορισμού pH & E.C. με τη μέθοδο 1:1,5 (V/V), (Εικόνα 2.11).**



Εικόνα 2.11: Μηχανισμός προσδιορισμού pH και E.C.

- **Συσκευή προσδιορισμού NH₄ – N και NO₃ – N, με τη μέθοδο της απόσταξης (Εικόνα 2.12).**



Εικόνα 2.12: Αποστακτική συσκευή ατμού.

- **Ψηφιακό Μεταλλικό Ηλεκτρικό Θερμόμετρο** με τον αισθητήρα στην άκρη μιας μεταλλικής ράβδου, ώστε να μπορεί να καταγράφει την θερμοκρασία από πολλά βάθη του σειραδίου. Καρφώνοντάς το στο βάθος το οποίο θέλουμε και αφήνοντάς το για λίγο σταθεροποιείται η θερμοκρασία που μας δείχνει η οθόνη της συσκευής αυτής.

- **Πυριαντήριο:** Συσκευή όπου τοποθετούνται δείγματα στους 105 βαθμούς Κελσίου για κάποιο χρονικό διάστημα 24 ή 48 ωρών έτσι ώστε να φύγει όλη η υγρασία τους (Εικόνα 2.13).



Εικόνα 2.13: Πυριαντήριο που βρίσκεται στο χώρο του εργαστηρίου.

- **pH-μετρο.** Συσκευή μέτρησης pH διαλύματος. Τοποθετούμε το ηλεκτρόδιο με το θερμομέτρο στο αναδευμένο (όσο το δυνατόν πιο ομογενοποιημένο) διάλυμα που θέλουμε να κάνουμε την μέτρηση. Περιμένουμε λίγο μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο και να πάρουμε την ένδειξη από την ψηφιακή οθόνη του μηχανήματος (Εικόνα 2.14).



Εικόνα 2.14: Όργανο μέτρησης pH.

- **Ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο.** Συσκευή μέτρησης EC του ίδιου διαλύματος που μετρήθηκε το pH. Επίσης, τοποθετούμε το ηλεκτρόδιο στο διάλυμα, μαζί με το θερμομέτρο της συσκευής και αφού αναδεύσουμε ελαφρά το διάλυμα, περιμένουμε την ένδειξη της συσκευής να σταθεροποιηθεί σε κάποιον αριθμό-ένδειξη. Κατόπιν η ένδειξη της EC διορθώνεται με βάση την θερμοκρασία που έχει το διάλυμα και με πίνακα που υπάρχει για την διόρθωση αυτή. Η συσκευή χρειάζεται ρύθμιση από την αρχή που θα ανοιχθεί και κατόπιν αναμονή ώστε να ζεσταθεί το ηλεκτρόδιο της (Εικόνα 2.15).



Εικόνα 2.15: Ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο.

- **Φούρνος** αποτέφρωσης στον οποίο μπαίνουν δείγματα προς ανάλυση και θερμαίνονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες της τάξεως των 600 βαθμών Κελσίου για την μέτρηση του C άνθρακα και της οργανικής ουσίας (Εικόνα 2.16).



Εικόνα 2.16: Φούρνος αποτέφρωσης που βρίσκεται στο χώρο του εργαστηρίου.

- **Αναλυτικός ζυγός** υψηλής ακριβείας (0,000gr) και απλός ζυγός ακριβείας (0.0gr) για τον προσδιορισμό του βάρους των δειγμάτων προς ανάλυση (Εικόνα 2.17).



Εικόνα 2.17: Αναλυτικός ζυγός υψηλής ακρίβειας.

- **Μύλος** για το άλεσμα των δειγμάτων μας και την μετατροπή τους σε σκόνη (Εικόνα 2.18).



Εικόνα 2.18: Αλεστικός μύλος.

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαδικασία της κομποστοποίησης και την παραγωγή του κόμποστ ήταν:

- Γεωργικοί Ελκυστήρες (τρακτέρ), ιδιοκτησίας ΤΕΙ.
- Αναστροφέας , ιδιοκτησίας ΔΕΥΑΗ.
- Το δίκτυο ύδρευσης του αγροκτήματος.
- Φορητά αυτοκίνητα.
- Τσαπάκι και τρακτέρ με Φαγάνα μπροστά.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.

Το Εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων του Τ.Ε.Ι. Κρήτης διαθέτει εκτεταμένη εμπειρία πάνω στην κομποστοποίηση διαφόρων οργανικών αποβλήτων όπως φύλλα ελιάς, ελαιόκλαδα, ελαιοπυρήνα και υγρά απόβλητα ελαιουργείων (Manios, 2004, Manios *et al.*, 2003 και Manios and Balis, 1983). Ωστόσο η συμπεριφορά των σειραδίων της συγκεκριμένης εργασίας ήταν πρωτοφανής και τα φαινόμενα που καταγράφηκαν μοναδικά.

3.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά πρώτων υλών.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 3.1: Βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά Ελαιοπυρήνα και Φύλλων Ελιάς.

Πρώτες Ύλες	Υγρασία (%)	pH	EC (ms/cm)	Ολικός C (%)	Ολικό N (%)	Σχέση C/N	Στερεά πτητικά (%)	N-NO ₃ ppm
Ελαιοπυρήνα	64,6	5,28	4,92	53,05	0,91	58,29	95,50	114,63
Φύλλα Ελιάς	54,8	5,65	0,90	51,16	1,12	45,67	92,10	118,78

Η αυξημένη υγρασία της ελαιοπυρήνας και η χαμηλή υγρασία των διογκωτικών υλικών δίδουν τη δυνατότητα για την παρασκευή μειγμάτων που η υγρασία τους να μπορεί να κυμαίνεται στα επιθυμητά επίπεδα για την κομποστοποίηση, που είναι γύρω στο 60%, σε υγρή βάση, χωρίς την προσθήκη νερού. Αυτό όμως θα πρέπει να ελέγχεται σε κάθε διαφοροποίηση της αναλογίας της ιλύος προς τα διογκωτικά υλικά και βάσει αυτού να αποφασίζεται η προσθήκη ή όχι νερού κατά των εγκατάσταση των σειραδίων.

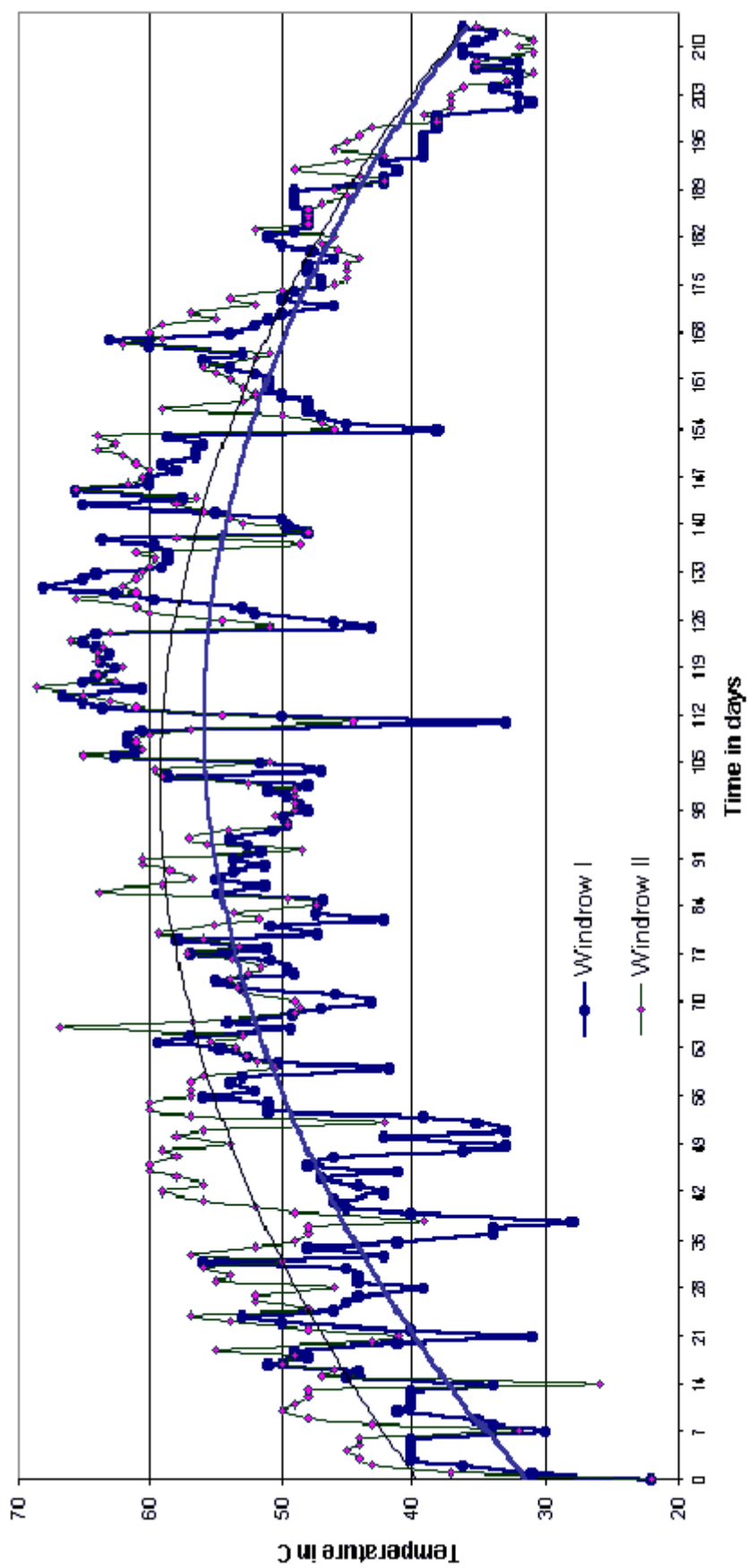
Το pH όλων των πρώτων υλών κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα (όχι απαγορευτικά για την έναρξη της κομποστοποίησης) και ως εκ τούτου δεν απαιτείται καμιά διορθωτική παρέμβαση. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) όλων των πρώτων υλών, κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και, ως εκ τούτου, και στα τελικά κόμποστ των μειγμάτων τους η E.C. δεν μπορεί να διαμορφωθεί σε πολύ υψηλά επίπεδα. Η περιεκτικότητα των πρώτων υλών σε C και N και η μεταξύ τους σχέση, δίδουν το περιθώριο στη διαμόρφωση μειγμάτων κομποστοποίησης με τη σχέση C/N να κυμαίνεται στα επιθυμητά επίπεδα δηλαδή γύρω ή κάτω του 30/1.

Η περιεκτικότητα των πρώτων υλών σε στερεά πτητικά (οργανική ουσία) καθώς και Ολικό C κυμαίνεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα γεγονός που αναμένεται από τέτοια καθαρά οργανικά απόβλητα.

3.2. Μεταβολές φυσικοχημικών χαρακτηριστικών στη διάρκεια της Θερμόφιλης φάσης.

Στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μεταβολές της θερμοκρασίας, καθ' όλη την διάρκεια της Κομποστοποίησης, τόσο για το πρώτο, με αναλογία 1:1 κατ' όγκο, όσο και για το δεύτερο, με αναλογία 1:2 κατ' όγκο, σειράδιο.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.1 τα σειράδια εγκαταστάθηκαν στις 14 Φεβρουαρίου στην καρδιά του Μεσογειακού χειμώνα με θερμοκρασία περιβάλλοντος γύρω στους 15 °C. Από το Φεβρουάριο μέχρι και τα τέλη Μαΐου οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν ήταν πολύ άσχημες, με συνεχείς και έντονες βροχοπτώσεις. Αμέσως μετά την εγκατάσταση των σειραδίων και μέχρι την πραγματοποίηση του πρώτου γυρίσματος η θερμοκρασία και στους δυο σωρούς έφτασε τους 40 °C. Την δεύτερη και τρίτη βδομάδα εγκατάστασης η θερμοκρασία και στα δυο σειράδια συνέχισε να αυξάνεται φθάνοντας τους 50 °C. Από το σημείο αυτό και μετά η θερμοκρασία και στα δυο σειράδια παρουσίασε μια σταθερή αυξανόμενη πορεία (Διάγραμμα 3.1, οι δυο συνεχής γραμμές). Το Σειράδιο I, διατήρησε τη θερμοκρασία του πάνω από 50 °C για περισσότερο από 105 ημέρες, 32 εκ των οποίων το θερμομέτρο κατέγραψε θερμοκρασίες πάνω από 60 °C. Περισσότερο εντυπωσιακά είναι τα αποτελέσματα που παρουσίασε το Σειράδιο II, το οποίο παρουσίασε για 145 ημέρες θερμοκρασίες πάνω από 50 °C. Στις 145 αυτές ημέρες, τις 51 ημέρες καταγράφηκαν θερμοκρασίες πάνω από 60 °C. Οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν και στα δυο σειράδια, ήταν πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος για περισσότερο από 7 μήνες. Οι θερμοκρασίες αυτές δεν έχουν καταγραφεί ποτέ πριν σε κανένα από τα πειράματα, με οτιδήποτε πρώτες ύλες, στα οποία αναμίχθηκε το Εργαστήριο και δεν έχουν βρεθεί συγκρίσιμα δεδομένα σε σχετική βιβλιογραφία (Papadimitriou *et al.*, 1997, Paredes *et al.*, 2001, Manios and Balis, 1983, Filippi *et al.*, 2002, Paretos *et al.*, 2002). Μόνο ο Garcia-Gomez *et al.* (2003) παρουσιάζει μια παρόμοια κατανομή θερμοκρασιών σε αεριζόμενα στατικά σειράδια από ελαιοπυρήνα και φύλλα ελιάς με θερμοκρασίες πάνω από 30 °C για περίπου 180 ημέρες (6 μήνες). Ο Venelampi *et al.* (2003) κατέγραψε θερμοκρασίες πάνω από 50 °C για περισσότερο από 230 ημέρες κατά την κομποστοποίηση χαρτικών υλών. Επιτακτική λοιπόν εμφανίζεται η ανάγκη να εξηγηθεί και να δικαιολογηθεί το φαινόμενο αυτό.

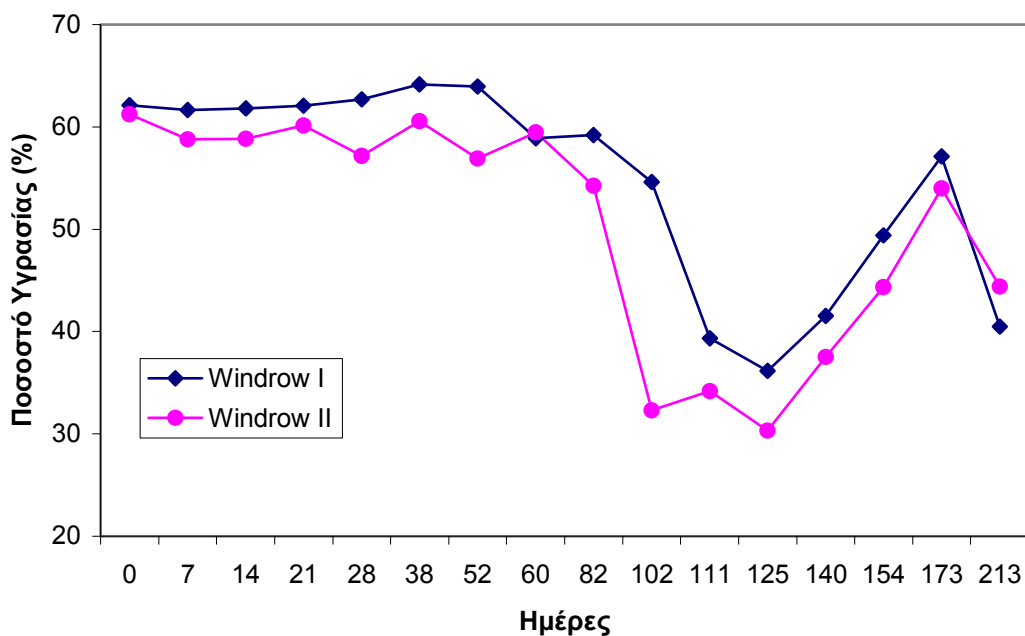


Διάγραμμα 3.1: Οι μεταβολές των θερμοκρασιών στους Σωρούς I και II κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης. (Με την έντονη μαύρη γραμμή οι θερμοκρασίες του Σωρού I, ενώ με την άλλη του Σωρού II).

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1 οι τιμές τόσο του Ολικού Άνθρακα όσο και στα Στερεά Πτητικά είναι αναμενόμενες και για την ελαιοπυρήνα αλλά και για τα φύλλα ελιάς, αφού είναι καθαρά οργανικά απόβλητα. Το μείγμα που παράχθηκε όταν τα δυο αυτά υλικά αναμείχθηκαν στα Σειράδια I και II ακολουθεί αυτά τα χαρακτηριστικά και μαζί με το επίπεδο υγρασίας (αυξημένο από τις πολλές βροχοπτώσεις τις περιόδου εκείνης) αποτελούν απόδειξη της αποσύνθεσης θερμόφιλων βακτηρίων. Το γεγονός αυτό αναφέρεται και από τον Garcia-Gomez *et al.* (2003). Η συχνότητα των αναστροφών στις 12 πρώτες βδομάδες (8 αναστροφές) βοηθάει περισσότερο στο να παραμείνουν οι συνθήκες κομποστοποίησης, όσο το δυνατόν περισσότερο, αερόβιες, γεγονός που εξηγεί τις αυξημένες θερμοκρασίες.

Μέχρι το σημείο αυτό οι θερμοκρασίες κυμαίνονταν μεταξύ 50 και 60 °C, και κανείς δεν μπορούσε να αμφισβητήσει ότι κάτω από τις «ευνοϊκές» αυτές συνθήκες η θερμοκρασία θα έφτανε τους 60 °C. Σύμφωνα με το Martinez *et al.*, (1998) οι φαινολικές ουσίες στα απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι βακτηριοστατικές, γεγονός που θεωρείται ανασταλτικός παράγοντας στην εξέλιξη της αποσύνθεσης των βακτηρίων και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.

Στο Διάγραμμα 3.2 παρουσιάζεται η πορεία της υγρασίας των σειραδίων κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης.



Διάγραμμα 3.2: Η πορεία της υγρασίας (στο Σειράδιο I με μπλε γραμμή και στο Σειράδιο II με ροζ γραμμή).

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.2 μετά την 8^η αναστροφή (12^η βδομάδα) στο Σειράδιο I και μετά την 9^η αναστροφή (15^η βδομάδα) στο Σειράδιο II, το επίπεδο υγρασίας κυμάνθηκε γύρω στο 40%. Συγκεκριμένα στο Σειράδιο II κατέβηκε στο 30% την περίοδο κατά την οποία και στα δυο σειράδια καταγράφονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο υλικά και μέθοδος ένα μεγάλο μέρος των δυο σειραδίων αποτελούνταν από ελαιοπυρήνα, η οποία παράγεται κυρίως από τον καρπό της ελιάς. Τα αυξημένα ποσά λιγνίνης και κυτταρίνης που περιέχονται στην ελαιοπυρήνα σύμφωνα με τον Garcia-Gomez *et al.*, 2003) αποσυνθέτονται με αργό ρυθμό, απελευθερώνοντας ουσιαστικά ποσά ενέργειας, μεγαλύτερα από ότι απελευθερώνονται κατά την αποσύνθεση των βακτηρίων (Venelampi *et al.*, 2003) ή κατά την αποσύνθεση μυκήτων από λιγνοκυτταροαποδομητικούς οργανισμούς (Martinez *et al.*, 1998). Καθώς το επίπεδο της υγρασίας έπεφτε εμφανίστηκαν στα σειράδια μύκητες. Τα είδη μυκήτων που ανιχνεύθηκαν ήταν *Aspergillus sp* από την οικογένεια των *askomycetes* (πιθανόν *Aspergillus fumigatus* σύμφωνα με τον Maier *et al.*, 2000), οι οποίοι εμφανίζονται κυρίως στα οργανικά απόβλητα όταν η υγρασία είναι κάτω από το 50%. Σύμφωνα με τους Manios and Balis (1983) εάν η υγρασία μεταβάλλεται μεταξύ του 45 και 50% από την αρχή της διαδικασίας (εφόσον έχουν χρησιμοποιηθεί κατάλληλα διογκωτικά υλικά) θα εμφανιστούν αυτοί οι μύκητες σε μετέπειτα στάδιο της διαδικασίας με αποτέλεσμα την ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών. Το γεγονός αυτό έχει προκαλέσει ένα δίλημμα από τότε που οι *Aspergillus sp* θεωρήθηκαν η αιτία δημιουργίας κόκκων στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια των αναστροφών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για κρίσης άσματος σε ευαίσθητα άτομα (Maier *et al.*, 2000). Εάν οι συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη τέτοιων μυκήτων δημιουργηθούν σε πρώιμο στάδιο τότε ο κίνδυνος αυξάνεται.

Επιπλέον η ύπαρξη στο μείγμα μας ελαιώδεις ουσιών, σύμφωνα με τους anios and Balis (1983), Garcia-Gomez *et al.* (2003) και Manios (2004), συνθέτει περισσότερο από το 2,5% κατά βάρος της ελαιοπυρήνας. Υπάρχουν ωστόσο μερικές ποσότητες από τις ουσίες αυτές στα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων οι οποίες παρουσιάζουν ουσιαστική διαφορά. Οι ουσίες αυτές αποσυνθέτονται με πολύ πιο αργό ρυθμό σε σχέση με άλλα υλικά (π.χ. γλυκόζη), και παράγουν πολύ περισσότερη ενέργεια. Το γεγονός αυτό μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητό μέσα από το παράδειγμα μιας λάμπας που ανάβει καίγοντας λάδι, η οποία παρέχει φως και θερμότητα για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, αφού το λάδι καίγεται με αργό ρυθμό. Η θερμομονωτική ικανότητα των ελαιόκλαδων που περιγράφεται από τους Manios και Stentiford (2004), παρατείνει την θερμόφιλη φάση παγιδεύοντας την παραγόμενη ενέργεια στον πυρήνα του σειραδίου.

Με την προσθήκη νερού, τόσο στην επιφάνεια όσο και στον πυρήνα του κάθε σωρού κατά την διάρκεια των γυρισμάτων, έγινε μια προσπάθεια να αυξηθεί το ποσοστό υγρασία των υλικών μας. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο υλικά και μέθοδος προσθήκη νερού έγινε στα τελευταία τέσσερα γυρίσματα. Περίπου 3 m³ νερό προστέθηκαν κάθε φορά σε κάθε σειράδιο. Με τον τρόπο αυτό επιτύχαμε τη συνεχή και σταδιακή αύξηση του ποσοστού υγρασίας, ωστόσο η προσπάθεια δεν είχε τα καλύτερα αποτελέσματα εξαιτίας της παρουσίας υδροφοβικών ελαιώδεις ουσιών (Garcia-Gomez *et al.*, 2003). Επίσης, την περίοδο αυτή ο όγκος των δυο σειραδίων μειώθηκε ουσιαστικά. Αυτή η προσθήκη νερού ακολουθήθηκε από μείωση της θερμοκρασίας, πιθανόν εξαιτίας της κατανάλωσης της περισσότερο εύκολα αποσυνθέσιμης οργανικής ουσίας και την καταστολή της αποσύνθεσης των μυκήτων από τις λιγνοκυτταροαποδομητικούς οργανισμούς, την περίοδο που τα επίπεδα υγρασίας ήταν αυξημένα (Maier *et al.*, 2000). Επτά μήνες μετά την έναρξη της κομποστοποίησης η θερμοκρασία έπεσε κάτω από 40 °C κοντά στην θερμοκρασία περιβάλλοντος του ζεστού μεσογειακού Σεπτεμβρίου.

Οι τιμές της E.C. μεταξύ του Σειραδίου I και II παρουσίασαν και αυτές ομοιότητες και στις τιμές αλλά και στην συμπεριφορά τους με το χρόνο. Σύμφωνα με τους Πίνακες 3.2 και 3.3, και στα δυο σειράδια οι τιμές E.C. παρουσίασαν μια παράξενη συμπεριφορά μείωσης με το χρόνο. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί σαν άμεσο αποτέλεσμα της προσθήκης νερού (στις τελευταίες 4 αναστροφές), καθώς και των έντονων βροχοπτώσεων που επικράτησαν κατά την διάρκεια των πρώτων τριών μηνών της θερμόφιλης περιόδου, που είχαν σαν αποτέλεσμα το συνεχές ξέπλυμα των υλικών και την εμφάνιση εκχυλίσματος, σκούρου καφέ χρώματος, που απόρρεε από κάθε σειράδιο (Εικόνα 3.1). Αυτό συνέβη με τις βροχοπτώσεις τους πρώτους 4 μήνες και μετά από κάθε προσθήκη νερού. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και από τη διακύμανση των τιμών συγκέντρωσης του Ολικού Αζώτου (Πίνακες 3.2 και 3.3), οι οποίες έπρεπε να παρουσιάζουν ανοδική τάση καθώς γινόταν αποσύνθεση των υλικών και ο Άνθρακας μετασχηματιζόταν σε CO₂. Οι τιμές όμως ακολούθησαν την πορεία των τιμών της E.C. καθώς τα παραγόμενα νιτρικά άλατα ξεπλύθηκαν από την προσθήκη νερού και τις βροχοπτώσεις.

Με εξαίρεση την E.C. όλες οι άλλες παράμετροι ποιοτικού ελέγχου του κόμποστ (pH, Ολικός Άνθρακας, Ολικό Άζωτο και πτητικά Στερεά) κατέγραψαν διαφορετικές τιμές μεταξύ των δυο σειραδίων. Το αυξημένο ποσοστό φύλλων ελιάς στο Σειράδιο I I (1:2 v/v) σε σχέση με το Σειράδιο I (1:1 v/v) οδήγησε στη δημιουργία ενός πολύ σύνθετου μίγματος. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται από τις θερμοκρασίες που σημειώθηκαν (Διάγραμμα 3.1), από τις πολύ χαμηλές τελικές τιμές των Πτητικών Στερεών (VS) καθώς και από την πορεία των τιμών του Ολικού Άνθρακα (TC) και του pH. Συγκεκριμένα τα Πτητικά Στερεά μειώθηκαν από 93,27% στο αρχικό μίγμα σε 63,38% στο Σειράδιο I I, ενώ στο Σειράδιο I η μείωση αυτή ήταν

λιγότερο από τη μισή (από 95,22% σε 84,60%). Αν και οι τελικές τιμές του pH και στα δυο σειράδια δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση (8,31 και 8,09 στο Σειράδιο I και I I αντίστοιχα), ο τρόπος με τον οποίο το pH μεταβάλλεται με το χρόνο στο Σειράδιο I I είναι πολύ πιο ομαλός δίνοντας την εντύπωση μιας συνεχούς διαδικασίας αποσύνθεσης. Συγκεκριμένα οι τιμές του pH στο Σειράδιο I I (Πίνακας 3.3) έχουν μια αργή αύξηση μέχρι το 7^ο γύρισμα και μετά αυξάνονται απότομα σε τιμές πάνω του 8,5. Το φαινόμενο αυτό σε συνδυασμό με την ουσιαστική αύξηση της θερμοκρασίας που σημειώθηκε την ίδια ακριβώς περίοδο αποδεικνύει ότι στο μίγμα του Σειραδίου I, όταν τα επίπεδα της υγρασίας ήταν πολύ χαμηλά, γίνονταν πιο γρήγορα η αποσύνθεση των μικροοργανισμών από ότι στο Σειράδιο I I.



Εικόνα 3.1: Απορροή εκχυλίσματος από τα σειράδια κομποστοποίησης.

Μια άλλη παράμετρος που επηρεάστηκε θετικά από την παρουσία μεγαλύτερου ποσοστού φύλλων ελιάς στο Σειράδιο I I ήταν ο όγκος του τελικού κόμποστ. Μετά το πέρας των επτά μηνών που ολοκληρώθηκε η διαδικασία της κομποστοποίησης ο όγκος του Σειραδίου I (Πίνακας 3.2) μειώθηκε από 21,1 m³ σε 7,0 m³ δηλαδή 66,67 %, ενώ ο όγκος του Σειραδίου II (Πίνακας 3.3) μειώθηκε κατά 61,50% (από 24,9 m³ σε 9,2 m³). Η σημασία αυτής της παρατήρησης συσχετίζεται με την ανάγκη της όσο το δυνατότερο μεγαλύτερης παραγωγής τελικού κόμποστ για καθαρά οικονομικούς λόγους.

Πίνακας 3.2: Μεταβολές βασικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης του σειραδίου από Ελαιοπυρήνα και Φύλλων ελιάς στην αναλογία 1:1 κατ' όγκο.

Ημερ/νία Δειγματο-Ληψίας	Στάδια Κομποστοποίησης	Στοιχεία Σειραδίου		Στοιχεία Δειγμάτων									
		Όγκος (m ³)	Νωπό Βάρος (Kg)	Υγρασία (%)	PH	EC (mS/cm)	Ολικός C (%)	Ολικό N (%)	Σχέση C/N	Στερεά Πιητικά (%)	NO ₃ - N ppm	Ολικ. Φαινόμελες mg/l	
14 / 2 / 03	Εγκατάσταση	21,07	22.170	62,15	5,50	3,70	-	-	-	-	-	109,01	-
21 / 2 / 03	1ο Γύρισμα			61,65	5,71	3,12	52,88	0,95	55,66	95,18	107,52	2,61	
28 / 2 / 03	2ο Γύρισμα			61,83	6,67	2,74	52,20	1,49	-	93,97	35,80	2,40	
7 / 3 / 03	3ο Γύρισμα			62,09	6,19	2,89	52,08	1,02	-	93,75	113,34	1,33	
14 / 3 / 03	4ο Γύρισμα			62,72	6,57	2,69	51,68	0,84	-	93,03	118,64	1,39	
24 / 3 / 03	5ο Γύρισμα			64,18	6,76	2,62	52,07	1,04	50,06	-	118,95	2,09	
7 / 4 / 03	6ο Γύρισμα			63,96	6,49	2,84	51,52	1,09	-	92,73	116,43	1,63	
15 / 4 / 03	7ο Γύρισμα	14,03	-	58,87	8,52	1,79	51,20	1,21	-	92,16	117,02	0,74	
7 / 5 / 03	8ο Γύρισμα			59,22	8,21	2,18	-	0,67	-	-	130,75	0,58	
27 / 5 / 03	9ο Γύρισμα			54,63	8,81	3,50	49,74	1,14	43,64	89,54	128,80	0,29	
5 / 6 / 03	10ο Γύρισμα			39,33	8,35	2,85	49,53	1,25	-	89,16	124,37	2,39	
19 / 6 / 03	11ο Γύρισμα			36,15	8,02	1,91	48,38	1,25	38,70	87,09	126,47	1,72	
3 / 7 / 03	12ο Γύρισμα			41,55	8,46	2,42	48,10	-	-	86,59	-	1,04	
18 / 7 / 03	13ο Γύρισμα			49,38	8,35	2,28	47,83	-	-	86,09	-	0,83	
6 / 8 / 03	14ο Γύρισμα	7,00	-	57,10	8,31	2,14	47,27	1,16	37,81	85,10	129,31	0,62	
15 / 9 / 03	Τελικό Compost			30,49	8,31	1,83	-	1,29	-	-	129,13	0,22	

Πίνακας 3.3: Μεταβολές βασικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης του σειραδίου από Ελασιπυρήνα και Φύλλων ελιάς στην αναλογία 1:2 κατ' όγκο.

Ημερ/μια Δειγματο- ληψίας	Στάδια Κομποστο- ποίησης	Στοιχεία Σεραδίου		Στοιχεία Διαγμάτων									
		Όγκος (m ³)	Νωπό Βάρος (kg)	Υγρα- σία (%)	PH	EC (mS/cm)	Ολικός C (%)	Ολικό N (%)	Σχέση C/N	Στερεά Πτητικά (%)	NO ₃ -N ppm	Ολικ. Φαινόλες mg/l	
14 / 2 / 03	Εγκατάσταση	23,94	30,980	61,26	5,26	3,51	51,80	0,96	53,95	93,27	110,27	-	
21 / 2 / 03	1ο Γύρισμα			58,77	7,30	2,17	48,82	0,96	50,85	87,17	107,22	2,44	
28 / 2 / 03	2ο Γύρισμα			58,84	6,43	3,10	-	0,81	-	-	110,12	2,98	
7 / 3 / 03	3ο Γύρισμα			60,15	6,24	2,74	-	0,97	-	-	117,55	1,76	
14 / 3 / 03	4ο Γύρισμα			57,20	7,33	2,71	48,56	1,23	-	87,41	110,13	1,84	
24 / 3 / 03	5ο Γύρισμα			60,56	6,87	2,92	47,17	1,06	44,50	84,91	119,75	1,47	
7 / 4 / 03	6ο Γύρισμα			56,93	6,35	2,66	-	1,01	-	-	122,13	1,61	
15 / 4 / 03	7ο Γύρισμα	16,55	-	59,46	7,93	2,49	-	0,91	-	-	130,29	0,74	
7 / 5 / 03	8ο Γύρισμα			54,25	8,14	2,17	46,51	0,72	-	81,92	129,06	0,18	
27 / 5 / 03	9ο Γύρισμα			32,32	7,88	2,80	-	1,00	-	-	129,48	0,36	
5 / 6 / 03	10ο Γύρισμα			34,19	7,89	2,33	48,21	1,10	39,28	77,78	119,26	1,88	
19 / 6 / 03	11ο Γύρισμα			30,31	7,94	2,35	-	1,01	-	-	126,27	2,05	
3 / 7 / 03	12ο Γύρισμα			37,51	8,63	2,55	48,32	-	-	76,18	-	2,22	
18 / 7 / 03	13ο Γύρισμα			44,34	8,14	2,40	-	-	-	-	-	1,54	
6 / 8 / 03	14ο Γύρισμα	9,17	-	54,00	7,65	2,30	-	0,92	-	-	130,65	0,86	
15 / 9 / 03	Τελικό Compost			34,41	8,09	1,26	35,21	1,07	32,90	63,38	129,66	0,06	

Τελικά όσον αφορά τη συχνότητα των γυρισμάτων είναι φανερό από τα αποτελέσματα μας ότι αν δεν βρεθεί μια λύση η οποία να βοηθάει στη δημιουργία ενός λιγότερου ενεργοπαραγωγικού μείγματος, τότε οι αναστροφές που θα απαιτούνται θα είναι τουλάχιστον δυο ανά βδομάδα προκειμένου να διατηρούνται οι συνθήκες κομποστοποίησης αερόβιες. Συνήθως απαιτούνται όχι περισσότερα από έξι το πολύ επτά αναστροφές ακόμα και για τα φυτικά απόβλητα (green waste), τα οποία παρουσιάζουν και αυτά ισχυρά θερμομωνοτικά χαρακτηριστικά (Manios and Stentiford, 2004). Οι 14 αναστροφές που πραγματοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη εργασία απέτυχαν να ελέγξουν και να επισπεύσουν την διαδικασία κομποστοποίησης και τουλάχιστον άλλη μια αναστροφή ήταν απαραίτητη τις τελευταίες 30 ημέρες της διαδικασίας. Είναι ασφαλές ωστόσο να προτείνουμε ότι στο μέλλον σε πειράματα με παρόμοια υλικά θα προτιμηθούν αναστροφές με συχνότητα μια κάθε δυο βδομάδες, έτσι ώστε να μειωθεί το λειτουργικό κόστος του πειράματος.

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται οι μετρήσεις φυτοτοξικότητας των τελικών κόμποστ. Από τα αποτελέσματα αυτά γίνεται φανερό ότι το παραγόμενο κόμποστ είναι ανώριμο. Επομένως δεν ενδείκνυται η γεωργική του εφαρμογή σε μεγάλες συγκεντρώσεις, γεγονός αναμενόμενο αφού μόλις έχει ολοκληρωθεί η Θερμόφιλη φάση.

Πίνακας 3.4 : Μετρήσεις φυτοτοξικότητας στα τελικά κόμποστ.

1:1 Τελικό Κόμποστ		1:2 Τελικό Κόμποστ	
Αραίωση	G.I	Αραίωση	G.I
1 : 1	17,13	1 : 1	69,31
1 : 5	66,80	1 : 5	64,86
1: 10	102,72	1: 10	70,00

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Η πειραματική διαδικασία των αναστρεφόμενων σειραδίων που εφαρμόστηκε, για την κομποστοποίηση της ελαιοπυρήνας με την προσθήκη φύλλων ελιάς, ως διογκωτικό υλικό, σε δυο αναλογίες, οδήγησε στην διεξαγωγή πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων. Η λάσπη (ελαιοπυρήνα) που παράγεται από τα διφασικά ελαιουργεία είναι ένα μοναδικό υλικό, του οποίου η θερμόφιλη φάση διαρκεί τρεις φορές περισσότερο απ' ότι συμβαίνει με άλλα οργανικά απόβλητα (Manios, 2004, Paredes *et al.*, 2001). Αυτή η παρατεταμένη θερμόφιλη φάση αποδεικνύει ότι ο απαιτούμενος χρόνος κομποστοποίησης για τέτοιου είδους υλικά πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τον παραγόμενο όγκο λάσπης καθώς επίσης και την μικρή περίοδο παραγωγής (μεταξύ του Νοεμβρίου και του Μαρτίου κάθε έτος). Το γεγονός έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κατασκευαστικού και λειτουργικού κόστους της μονάδας. Επιπλέον η μείωση του όγκου του παραγόμενου κόμποστ σχεδόν στα 2/3 του αρχικού όγκου επηρεάζει σημαντικά τα έσοδα της μονάδας. Είναι σημαντικό να βρεθεί ένας τρόπος να μειωθεί ο απαιτούμενος χρόνος κομποστοποίησης και να αυξηθεί ο όγκος του παραγόμενου προϊόντος. Η χρήση κατάλληλων διογκωτικών υλικών θα αποτελούσε την πιο κατάλληλη λύση. Αυτό αποτελεί το δεύτερο συμπέρασμα αυτής της έρευνας.

Η αναλογία των φύλλων ελιάς σε σχέση με την ελαιοπυρήνα ακόμα και στο Σειράδιο II, ήταν μικρή. Επιπλέον η φύση των φύλλων ελιάς, τα οποία αποσυνθέτονται εύκολα, δεν αποτέλεσε θετικό παράγοντα στη διαδικασία. Αντιθέτως, βοήθησε πραγματικά το Σειράδιο II να διατηρήσει υψηλότερες θερμοκρασίες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Πιστεύεται ότι ξυλώδεις διογκωτικά υλικά (π.χ. ελαιόκλαδα) σε μεγαλύτερες αναλογίες από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν θα έδιναν πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Για το λόγω αυτό ακόμα δυο Σειράδια θα εγκατασταθούν στο χώρο του Αγροκτήματος του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, χρησιμοποιώντας αυτή τη φορά ελαιοπυρήνα, φύλλα ελιάς και ελαιόκλαδα σε αναλογίες 1:1:1 και 1:1:2. Σκοπός της νέας αυτής έρευνας θα αποτελεί ο καθορισμός του κατάλληλου είδους και αναλογίας των διογκωτικών υλικών, έτσι ώστε να μειωθεί η χρονική διάρκεια της θερμόφιλης φάσης της κομποστοποίησης και να αυξηθεί ο η ποσότητα του παραγόμενου κόμποστ. Η χρήση των φύλλων ελιάς και των ελαιόκλαδων θεωρείται αναγκαία για δυο λόγους:

- παράγονται την ίδια χρονική περίοδο με την ελαιοπυρήνα και
- η διαχείρισή τους είναι επίσης ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα για τόσο για τους ιδιοκτήτες των ελαιουργείων όσο και για τους ίδιους τους ελαιοπαραγωγούς.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. **Ανδρεάδης Γ. 1989.** Το πρόβλημα της ρύπανσης και μόλυνσης του υδάτινου δυναμικού (επιφανειακού και υπόγειου) από τους κασιγάρους. Πρακτικά Ημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Ηράκλειο 31 Μάρτη 1989.
2. **Βορεάδου Κ. 1994.** Υγρά απόβλητα των ελαιουργείων – Επιπτώσεις στα φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα της Κρήτης – Σημερινή διαχείριση των αποβλήτων και προοπτικές για το μέλλον. Πρακτικά Διεθνούς Δημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Σητεία 16-17 Ιουνίου 1994.
3. **Γενιατάκης Μ. και Λαγουδάκη Ε. 2000.** Αντιμετώπιση της δυσοσμίας των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων (κασιγάρων), με προσθήκη ασβέστη (CaO), κατά τη διαχείριση τους με τη μέθοδο των λιμοδεξαμενών. Ηράκλειο.
4. **Eliot E. 1997.** The science of composting. Technomic Publication, Lancaster, Pennsylvania, USA.
5. **Filippi, C., Bedini, S., Levi-Minzi, R., Cardelli, R and Saviozzi, A., 2002.** Co-composting of olive oil mill by products: Chemical and microbiological evaluation. *Compost Sci. Utilization.*, 10, 63-71.
6. **Garcia-Gomez, A., Roig, A. and Bernal., M.P., 2003.** Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity. *Bioresour. Technol.*, 86, 59-64.
7. **Ινιοτάκης Ν., Μιχαηλίδης Π.Γ., Διαμαντής Γ., Ισραηλίδης Κ. και Παπανικολάου Δ.** Σχέδιο επικερδούς διαχείρισης κασιγάρων. Πρακτικά Διεθνούς Δημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Σητεία 16-17 Ιουνίου 1994.
8. **Israilides C.J., A.G. Vlyssides, V.N. Mourafeti and G. Karvouni (1997).** “ Olive oil wastewater treatment with the use of an electrolisis system”, *Bioresource Technology*, Vol. 61, pp. 163 – 170.
9. **Καρατζάς Ε. 2001.** Αξιολόγηση υγρών αποβλήτων ελαιουργείων, Μυτιλήνη.

- 10. Κώνστας Σ., Νταλής Δ., Γεωργακάκης Δ. και Ψαρουδάκης Λ. 1994.** Αποικοδόμηση αποβλήτων ελαιουργείων με αναερόβια χώνευση. Πρακτικά Διεθνούς Διημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Σητεία 16-17 Ιουνίου 1994.
- 11. Maier, R.M., Pepper, I.L. and Gebra, C.P., 2000.** Environmental Microbiology, Academic Press, San Diego, USA.
- 12. Μανιός Β. 2003α.** Συγκομποστοποίηση στερεών υπολειμμάτων και υγρών αποβλήτων ελαιοκαλλιέργειας και ελαιοτριβείων. Πρακτικά Ημερίδας “Ανάπτυξη διαδικασίας για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων ελαιοτριβείων με ανάκτηση φυσικών αντιοξειδωτικών και παραγωγή οργανικού λιπάσματος”. Ηράκλειο 30 Ιουνίου 2003.
- 13. Μανιός Θ. 2003β.** Χουμοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων. Σημειώσεις Εργαστηρίου Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων, Σχολή Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
- 14. Manios, T., 2004.** Evaluating the composting potential of different organic solid wastes from the island of Crete and the quality of the end product. Environ. Int. 29, 1079 -1089.
- 15. Manios T. and Stentiford, E.I., 2004.** The effect in the sanitisation process of green waste composting, when reusing partially treated landfill leachates as a water source. Waste Manage 24,107 - 110.
- 16. Manios, T., Maniadakis, K., Frantzeskaki, N., Stentiford, E.I., Manios, V., Kritsotakis, I. and Dialynas, G., 2003.** Pilot scale sewage sludge composting in the Island of Crete, Greece. Biocycle, 44, 53-55.
- 17. Manios, V., and Balis, C., 1983.** Respirometry to determine optimum conditions for the biodegradation of extracted olive press-cake. Soil Biol. Biochem. 15, 75-83.
- 18. Martinez, J., Perez, J. and de La Rubia, T., 1998.** Olive oil mill wastewater degradation by lignolytic fungi. Recent Research Developments in Microbiology, pp 373-403. Research Signpost Trivabadrum.

- 19. Μιχελάκης Ν., 1994.** Διαχείριση αποβλήτων ελαιουργείων στην Κρήτη. Υφιστάμενη κατάσταση και παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των μεθόδων. Πρακτικά Διεθνούς Δημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Σητεία 16-17 Ιουνίου 1994.
- 20. Μιχελάκης Ν. και Βοζινάκης Κ., 1994.** Καταλληλότητα των εξατμισοδεξαμενών για το χειρισμό των αποβλήτων ελαιουργείων στην Κρήτη. Πρακτικά Διεθνούς Δημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Σητεία 16-17 Ιουνίου 1994.
- 21. Μιχελάκης Ν. και Κουτσαυτάκης Α., 1989.** Το πρόβλημα των αποβλήτων των ελαιουργείων. Δυσκολίες και προοπτικές για την αντιμετώπιση του. Πρακτικά Ημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Ηράκλειο 31 Μάρτη 1989.
- 22. Νταλής Δ., 1989.** Αναερόβια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιουργείων προς παραγωγή βιοαερίου. Πρακτικά Ημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Ηράκλειο 31 Μάρτη 1989.
- 23. Papadimitriou, E.K., Chatjipavlidis, I. and Balis, C., 1997.** Application of composting to olive mill wastewater treatment. *Environ. Technol.* 18, 101-107.
- 24. Paredes, C., Bernal, M.P., Cegarra, J. and Roig, A., 2002.** Biodegradation of olive oil mill wastewater sludge by its co-composting with agricultural wastes. *Bioresour. Technol.*, 85, 1-8.
- 25. Paredes, C., Bernal, M.P., Roig, A. and Cegarra, J., 2001.** Effects of olive oil mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes. *Biodegradation*, 12, 225-234.
- 26. Paredes, C., Roig, A., Bernal, M.P., Sanchez-Monedero, M.A. and Ceragga, J., 2000.** Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biol. Fert. Soils.* 32, 222-227.
- 27. Στεφανουδάκη – Κατζουράκη Ε. και Κουταθτάκης Α., 1994.** Χαρακτηριστικά αποβλήτων από ελαιουργεία δυο και τριών φάσεων. Πρακτικά Διεθνούς Δημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Σητεία 16-17 Ιουνίου 1994.

28. Φλουρή Φ., Χατζηπαυλίδης Ι. και Μπαλής Κ., 1994. Η γεωργία αποδέκτης των αποβλήτων της: Η περίπτωση των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων. Πρακτικά Διεθνούς Διημερίδας “Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων” Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Παρ/μα Κρήτης, Σητεία 16-17 Ιουνίου 1994.

29. Venelampi, O., Weber, A., Ronkko, T. and Itavaara, M., 2003. The biodegradation and disintegration of paper products in the composting environment. *Compost Sci. Utiliz.*, 11 200-209.

Από ηλεκτρονικές πηγές:

1. [http:// www.chania.teicrete.gr/ bio_geo/ Ajiopoihsh%20 Organikon%20 Ypoleimatvn%20 Rethimno /ajiopoihsh.htm](http://www.chania.teicrete.gr/bio_geo/Ajiopoihsh%20Organikon%20Ypoleimatvn%20Rethimno/ajiopoihsh.htm)

2. http://www.chania.teicrete.gr/bio_geo/Paraskeyh_Kombost/Paraskeyh_Combost_.htm

3. <http://www.hua.gr/compost.net/process.htm>

4. <http://www.nagref-cha.gr/eldocs/food.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Εισαγωγή

Ο προσδιορισμός-μέτρηση της υγρασίας σε υλικά προς κομποστοποίηση ή δείγματα κόμπωστ αποσκοπεί στο να εκτιμηθεί κατά πόσο η έλλειψη ή περίσσεια νερού αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στη διαδικασία. Όπως έχει επισημανθεί υγρασία κάτω από το 45 % δημιουργεί πρόβλημα στους μικροοργανισμούς που αποδομούν την οργανική ουσία, ενώ υγρασία πάνω από το 70 % δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες. Σκοπός του συγκεκριμένου εργαστηρίου δεν είναι να διδάξει τη μεθοδολογία υπολογισμού-μέτρησης της υγρασίας όσο να παρουσιάσει την υγρασία σε διαφορετικά υλικά που πολύ συχνά κομποστοποιούνται.

Συσκευές

- Φούρνος Ξήρανσης ρυθμισμένος στους 105 °C.
- Πυρίμαχες κάψες
- Ζυγαριά

Διαδικασία

- Τεμαχίζουμε το υλικό μας σε όσο το δυνατόν μικρότερα τεμάχια με προσοχή να μην αλλοιώσουμε τα χαρακτηριστικά του.
- Ζυγίζουμε τις κάψες άδειες, στεγνές και καθαρές (τιμή Α).
- Τοποθετούμε μικρή ποσότητα δείγματος στην κάθε κάψα στην οποία και σημειώνουμε με κάποιο κωδικό το υλικό που μετράμε.
- Επαναζυγίζουμε τις κάψες (τιμή Β)
- Τοποθετούμε την κάψα στο φούρνο στους 105 °C για 24 ώρες
- Βγάζουμε τις κάψες από το φούρνο και τις αφήνουμε σε ειδικά δοχεία για όση ώρα χρειαστεί ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Ζυγίζουμε τις κάψες (τιμή Γ)

Υπολογισμοί

Η υγρασία υπολογίζεται με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$Y(\%) = \frac{\Gamma - A}{B - A} 100$$

2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ pH ΚΑΙ E.C. ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι με το pH εκφράζουμε τη συγκέντρωση ιόντων H^+ και OH^- . Το pH επηρεάζει έμμεσα την αποδόμηση του υλικού δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το Composting θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής, δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηριών χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του pH του υλικού, πριν από την έναρξη εφαρμογής του Composting, δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελευθέρωσης αμμωνίας.

Με την E.C. εκφράζουμε τη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο οργανικό υλικό μας ή στο υπόστρωμα μας. Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν αποτελεί μειονέκτημα για την διαδικασία του Composting αλλά απαιτεί, ιδιαίτερη προσοχή ως προς την ποσότητα που θα εφαρμοστεί κατά στρέμμα ή ως προς την αναλογία συμμετοχής του στην παρασκευή υποστρωμάτων.

Προσδιορισμός pH και E.C με νερό στην αναλογία 1 : 1 $\frac{1}{2}$ (V / V)

Εργαστηριακά Όργανα

- Κύλινδρος εσωτερικής διαμέτρου 42 mm ($\pi r^2 = 13,85 \text{ cm}^2$) και ύψος 58mm, με χωρητικότητα 80cm³.
- Βαρύδιο για την συμπίεση των δειγμάτων μέσα στον κύλινδρο βάρους 1385 (0,1 kg/cm²)

Διαδικασίες δοκιμών για την απόκτηση εμπειρίας pF=1,5

Για την απόκτηση εμπειρίας μακροσκοπικού υπολογισμού της υγρασίας των δειγμάτων σε pF=1,5 θα γίνουν σε μερικά δείγματα οι ακόλουθες δοκιμές :

- Γεμίζουμε ένα μεταλλικό κύλινδρο (διαμέτρου 7,6cm και ύψος 4cm) με το υπόστρωμα πιέζοντας ελαφρά το υλικό μέσα στον κύλινδρο με το χέρι.
- Τοποθετούμε τον κύλινδρο με το υπόστρωμα σε μπανάκι και προσθέτουμε (στο μπανάκι) νερό σταδιακά μέχρι το άνω χείλος του κυλίνδρου. Ο κύλινδρος παραμένει στο μπανάκι 24 ώρες.
- Τοποθετούμε τον κύλινδρο στο δοχείο της άμμου και σε μύζηση 29,5cm (pF=1,5) και για 24 ώρες.
- Προσδιορισμός στο υπόστρωμα του κυλίνδρου την υγρασία στους 105 °C.

Μια άλλη δοκιμή για μακροσκοπικό προσδιορισμό της υγρασίας σε $pF = 1,5$ είναι ως εξής:

- Γεμίζουμε πλαστικό ποτήρι με διάτρητο πυθμένα, από το υπόστρωμα.
- Προσθέτουμε σταδιακά νερό με λεπτό υδροβολέα μέχρι που να τρέξουν οι πρώτες σταγόνες από τον πυθμένα του ποτηριού. Η προσθήκη του νερού θα πρέπει να κρατήσει γύρω στις δύο ώρες.
- Προσδιορίζουμε την υγρασία του υποστρώματος του ποτηριού στους $105^{\circ}C$.
- Συγκρίνουμε την υγρασία αυτή με την υγρασία της προηγούμενης δοκιμής.
- Δοκιμάζουμε με το χέρι την υγρασία του υποστρώματος.

Διαδικασία εφαρμογής

- Με την προσθήκη νερού στο υπόστρωμα φέρνουμε μακροσκοπικά την υγρασία τους σε $pF = 1,5$ με βάση την προηγούμενη εμπειρία.
- Τοποθετούμε τους δύο κύλινδρους στη βάση τους και γεμίζουμε τον κάτω (μικρό κύλινδρο) και μέχρι την μέση του επάνω (μεγάλο κύλινδρο).
- Τοποθετούμε το βαρύδιο (βάρους 1385g) και μετά κόβουμε με μαχαίρι τον κάτω κύλινδρο και τον αδειάζουμε σε ποτήρι ζέσεως.
- Προσθέτουμε 120ml απιονισμένο νερό (αναλογία 1:1 $\frac{1}{2}$ κατ' όγκος) και ανακατεύουμε επί 15 λεπτά. Αφήνουμε το δείγμα μέσα στο νερό για 2 ώρες.
- Διηθούμε όλη τη νύχτα και στο διήθημα μετρούμε το PH και E.C

Προσδιορισμός pH με νερό στην αναλογία 1: 2 (V/V)

Εργαστηριακά Όργανα

- Κιβώτιο άμμου με δυνατότητα εφαρμογής μύζησης 10cm.
- Τη γλάστρα που αναφέρεται στον προσδιορισμό του ΦΕΒ
- Κωνική φιάλη 1 L

Διαδικασία

- Ζυγίζουμε 100g νωπό δείγμα από το υλικό που έχουμε ή όπως μας παραδίδεται στο Εργαστήριο χωρίς καμία προσθήκη νερού.
- Προσδιορίζουμε σε αντιπροσωπευτικό δείγμα του υλικού κατά τα γνωστά : το φαινόμενο του Ειδικό βάρος και την υγρασία του επί % κατά βάρος σε υγρή βάση.
- Μεταφέρουμε τα 100g του δείγματος σε κωνική φιάλη του 1l και προσθέτουμε απιονισμένο νερό δυο φορές (διπλάσιο) του όγκου του δείγματος. Ο όγκος του δείγματος υπολογίζεται με βάση τα ακόλουθα δεδομένα :

Βάρος νωπού δείγματος : 100g
 Υγρασία νωπού δείγματος : Y %
 ΦΕΒ δείγματος : ΦΕΒ g/l

Ο υπολογισμός του όγκου του δείγματος γίνεται ως ακολούθως:

- Τα 1000ml του δείγματος έχουν ΦΕΒ g ξηρής ουσίας/l
- Τα 100g νωπού δείγματος με Y% υγρασία έχουν (100 – Y)g ξηρής ουσίας
- Ο όγκος των 100g νωπού δείγματος ή των (100 – Y)g ξηρής ουσίας δίδεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\frac{\text{Τα 1000ml υλικού έχουν ΦΕΒ g ξ.ο}}{X} = \frac{\text{(100-Y) ξ.ο}}{\text{ΦΕΒ}}$$

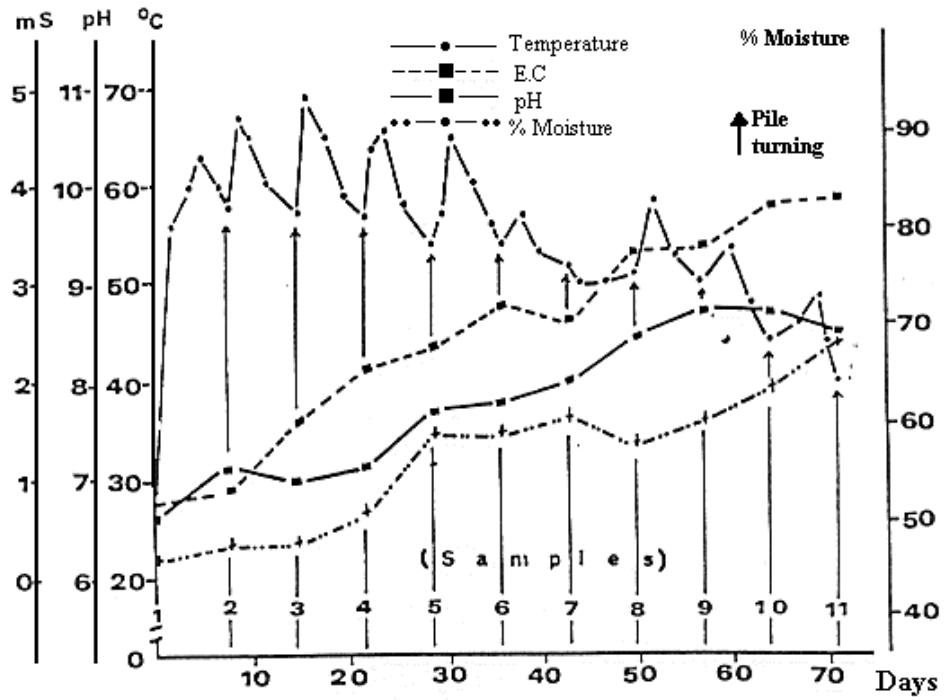
$$\text{Όγκος δείγματος} = 1000\text{ml} \cdot \frac{(100-Y)}{\text{ΦΕΒ}}$$

$$\text{ή γενικά Όγκος δείγματος} = \frac{\text{Βξηρό}}{\text{ΦΕΒ}}$$

- Μετά τον προσδιορισμό του όγκου των 100 g νωπού δείγματος που πήραμε υπολογίζουμε, πριν προσθέσουμε τη διπλάσια ποσότητα απεσταγμένου νερού, την ποσότητα του νερού που υπολογίσαμε ίση με το διπλάσιο όγκο του δείγματος. Η ποσότητα αυτή του νερού του δείγματος μας είναι Yg αφού το νωπό βάρος και σε υγρή βάση είναι Y%. Έτσι η τελική ποσότητα του νερού που θα προσθέσουμε δίδεται από τον τύπο:

$$\text{Νερό προσθήκης (ml)} = 2 \cdot \frac{1000 (100 - Y) - Y}{\text{ΦΕΒ}}$$

- Μετά την προσθήκη του νερού ανακατεύουμε καλά με γυάλινη ράβδο ή και με μαγνητικό αναδευτήρα, καλύπτουμε στη συνέχεια με φύλλο πλαστικού και μετά από 6 ώρες μετράμε το pH στο αιώρημα του υλικού μέσα στην κωνική φιάλη.



Εικ. . Μεταβολές της θερμοκρασίας, υγρασίας, pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.) κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης φύλλων Ελιάς σε σωρούς.

Διάγραμμα 1: Μεταβολές θερμοκρασίας, υγρασίας, pH και E.C. κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης φύλλων ελιάς σε σωρούς.



Φωτογραφία 1: Μηχανισμός για την εφαρμογή της μεθόδου προσδιορισμού pH & E.C. με τη μέθοδο 1: 1 ½ (V/V)

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Εισαγωγή

Για τον προσδιορισμό της σχέσης C/N σε ένα compost είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα του σε C και N. Η περιεκτικότητα σε ολικό N περιγράφεται στο σχετικό κεφάλαιο. Εδώ θα περιγραφεί η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού οργανικού άνθρακα και της οργανικής ουσίας. Η ίδια αυτή μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας στο έδαφος.

A. Προσδιορισμός του οργανικού C με τη μέθοδο της ξηρής καύσης.

1. Φούρνος καύσης
2. Κάψες πορσελάνης
3. Εργαστηριακός μύλος

Διαδικασία

1. Το οργανικό υλικό (compost) ξηραίνεται για 48 ώρες στη θερμοκρασία των 75 °C
2. Το ξηρό δείγμα αλέθεται σε εργαστηριακό μύλο.
3. Τοποθετείτε σε κάψα δείγμα 2 –3 gr και ταυτόχρονα προσδιορίζεται ακριβώς η υγρασία του αλεσμένου υλικού στους 105 °C.
4. Καίγεται στο φούρνο καύσης στους 600 °C για 16 ώρες περίπου ή μέχρι σταθερού βάρους.
5. Ζυγίζεται η τέφρα και προσδιορίζεται % σε ξηρή ουσία.

Υπολογισμοί

Για τον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα εφαρμόζεται ο ακόλουθος τύπος :

$$C\% = \frac{100 - \text{Τέφρα}\%}{1,8}$$

B. Προσδιορισμός οργανικού άνθρακα με τη μέθοδο Walkey – Black.

Εργαστηριακά όργανα

Δεν χρησιμοποιείται ειδικό όργανο

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα 1N διχρωμικού καλίου (K_2Cr_{207}) πρέπει να έχει ξηραθεί προηγουμένως στους $105\text{ }^\circ\text{C}$ και να έχει κρυώσει σε ξηραντήρα.
2. Πυκνό θεικό όξυ.
3. Πυκνό φωσφορικό όξυ.
4. Δείκτης διφαινυλαμίνης 0,5%. Παρασκευάζεται με τη διάλυση 0,5gr διφαινυλαμίνης σε 20ml και 100ml πυκνό H_2SO_4 .
5. Εναμμώνιος θειικός σιδήρος (0,5M) $(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$:
Παρασκευάζεται με τη διάλυση 196 g σε νερό λιγότερο του 1L. Προσθέτουμε 5 ml πυκνό H_2SO_4 και συμπληρώνουμε σε νερό στο 1L. Η συγκέντρωση του διαλύματος δεν είναι σταθερή και είναι απαραίτητο πριν από κάθε σειρά αναλύσεων να γίνεται προσδιορισμός της συγκέντρωσης του.

Διαδικασία

1. Ζυγίζουμε με ακρίβεια στην περίπτωση composts 30-40mg ή 0,5-3g στην περίπτωση εδάφους, δηλαδή αντιστρόφως ανάλογα προς την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Μεταφέρουμε το δείγμα σε κωνική φιάλη των 500ml με προσοχή να μην επικαθίσει επί των τοιχωμάτων της φιάλης. Το δείγμα θα πρέπει είναι έντονα αλεσμένο ($<0,1\text{mm}$).
2. Προσθέτουμε 10ml διαλύματος διχρωμικού καλίου και με προσοχή αναταράσσουμε για να διαβρέχει όλο το δείγμα.
3. Προσθέτουμε 20ml πυκνό H_2SO_4 υπό συνεχή ροή από ογκομετρικό κύλινδρο πάνω στο υγρό και όχι στα τοιχώματα και ακολουθεί ήπια ανατάραξη της φιάλης επί 1 λεπτό με προσοχή για να αποφευχθεί η προσκόλληση των τεμαχιδίων του δείγματος επί των τοιχωμάτων της φιάλης.
4. Διακόπτουμε την αντίδραση με την προσθήκη 200ml νερό, 10ml πυκνού H_3PO_4 , 0,2g NaF και 1-2ml από το διάλυμα του δείκτη της διφαινυλαμίνης.
5. Σκεπάζουμε τη φιάλη και αφήνουμε σε ηρεμία 30 λεπτά ακριβώς.
6. Τίτλοδοτούμε με το διάλυμα του εναμμώνιου θειικού σιδήρου. Επαναλαμβάνουμε τον προσδιορισμό με μικρότερες ποσότητες δείγματος αν κατά την τίτλοδότηση καταναλωθεί λιγότερο από 5ml εναμμώνιου θειικού σιδήρου.
7. Συγχρόνως με τη σειρά των δειγμάτων γίνονται και δύο τουλάχιστο λευκοί προσδιορισμοί.

Υπολογισμοί

Η περιεκτικότητα του δείγματος σε οργανικό άνθρακα δίδεται από τον τύπο:

$$\text{Οργ. C\%} = \frac{(A-B) \times 0,3 \times 10/A}{(B\Delta)} \times F$$

Ο τύπος αυτός μετασχηματίζεται ως ακολούθως:

$$\text{Οργ. C\%} = (A-B) \times 0,3/B\Delta \times 10/A \times f$$

Όπου: A=ml διαλύματος εναμ. θεικού σιδήρου κατά τον λευκό προσδιορισμό.

B=ml διαλύματος εναμ. θεικού σιδήρου κατά την τιτλοδότηση του δείγματος.

0,3= σταθερός συντελεστής

BΔ= Βάρος ξηρής ουσίας δείγματος

10/A= Συγκέντρωση εναμμώνιου θεικού σιδήρου.

f = Συντελεστής που αναφέρεται στο κλάσμα του δείγματος που έχει οξειδωθεί χωρίς την εφαρμογή εξωτερικής θέρμανσης. Θεωρείται ότι ο οργ. άνθρακας που οξειδώνεται με την παραπάνω διαδικασία φτάνει στο 77% του ολικού οργ. άνθρακα. Έτσι ο συντελεστής f έχει την τιμή $1/0,77=1,3$ όταν δεν εφαρμόζεται εξωτερική θέρμανση και την τιμή $1/0,89=1,12$ όταν εφαρμόζεται εξωτερική θέρμανση.

Για τον υπολογισμό της οργανικής ουσίας με βάση τα παραπάνω δεδομένα εφαρμόζεται ο ακόλουθος τύπος:

$$\text{Οργ. ουσία\%} = \text{Οργ. C\%} \times 1,724$$

Σημείωση : Ο συντελεστής 1,724 προκύπτει από την παραδοχή ότι η οργ. ουσία των εδαφών περιέχει κατά μέσον όρο 58% οργανικό άνθρακα ($1/0,58 = 1,724$)

Παρατηρήσεις

Τα αποτελέσματα προσδιορισμού του Οργ. C και της οργ. ουσίας, με την παραπάνω διαδικασία, δεν είναι ακριβή όταν συμβαίνουν οι ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

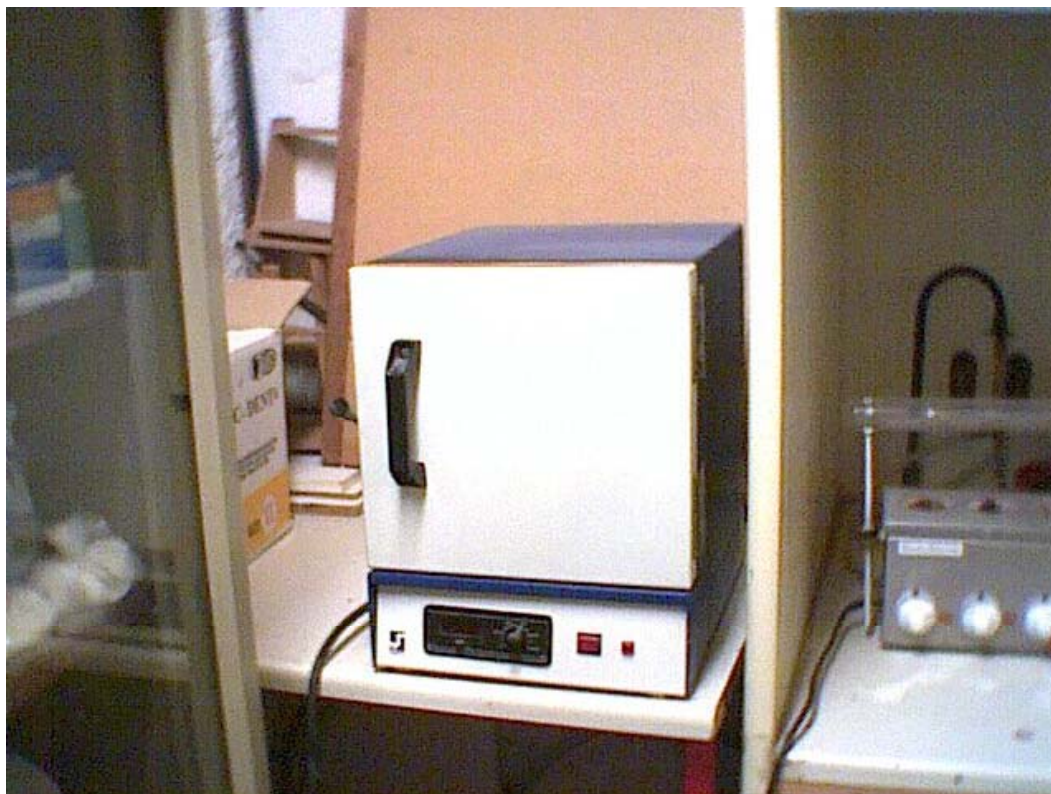
1. Όταν το δείγμα είναι πλούσιο σε οξείδια του Μαγγανίου (ειδικά MnO_2) γιατί οξειδώνουν τον οργ. άνθρακα και έτσι βρίσκουμε μικρότερες συγκεντρώσεις.
2. Όταν στο δείγμα περιέχονται χλωριόντα διότι αυτά αντιδρούν με το $K_2Cr_2O_7$. Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να αποφύγουμε τα σφάλματα ως ακολούθως: Αν η περιεκτικότητα σε χλωριόντα είναι $<0,2\%$ τότε πριν βάλουμε στη φιάλη τα αντιδραστήρια προσθέτουμε μερικούς κρυστάλλους $AgSO_4$ (θεικού αργύρου) και συνεχίζουμε τον προσδιορισμό.

Προσδιορίζουμε την περιεκτικότητα σε χλωρίοντα και κάνουμε τις ακόλουθες διορθώσεις:

Οργ. C% = Τιμή προσδιορισμού – 0,11(CI)

Οργ. ουσία %= Τιμή προσδιορισμού – 0,189 (CI)

Όπου (CI) = συγκέντρωση χλωριόντων σε g/100g δείγματος



Φωτογραφία 1: Φούρνος καύσης.

4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (N), ΚΑΙ NO₃ – N ΣΕ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N)

Εργαστηριακά όργανα

1. Εστία πέψης mikrokjeldahl με φιάλες πέψης των 30 ml
2. Αποστακτική συσκευή ατμού
3. Δίλαιοι φιάλες των 250 ml
4. Μικρομπουρέτα

Αντιδραστήρια

1. Πυκνό H₂SO₄
2. Καταλύτης πέψης : 10gr K₂SO₄, 1gr CuSO₄ · 5H₂O, 0,1gr Se. Καθένα από τα παραπάνω λειοτριβείται χωριστά σε γουδί χαλαζία και μετά τη ζύγιση των συγκεκριμένων ποσοτήτων αναμιγνύονται και πάλι στο γουδί με πρόσθετη λειοτρίβηση για καλύτερη ανάμειξη μεταξύ τους.
3. Διάλυμα NaOH 40% : Ζυγίζουμε 800gr NaOH και τα μεταφέρουμε σε ευρύστομη κωνική φιάλη των 2l. Προσθέτουμε απιονισμένο και βρασμένο νερό και αναταράσσουμε με μαγνητικό αναδευτήρα μέχρι να διαλυθεί το NaOH. Κλείνουμε τη φιάλη με πώμα από λάστιχο και αφήνουμε σε ηρεμία για 3 – 4 μέρες. Με σιφωνισμό μεταγγίζουμε, σε ογκομετρική φιάλη των 2l, το υπερκείμενο διάλυμα (χωρίς να αναταράξουμε την κωνική φιάλη) και συμπληρώνουμε με βρασμένο και απιονισμένο νερό.
4. Διάλυμα H₃BO₃ 2% : Ζυγίζουμε 20 rg H₃BO₃ και το μεταφέρουμε σε ποτήρι ζέσεως του 1l. Προσθέτουμε 700ml περίπου απιονισμένου νερού και θερμαίνουμε με ταυτόχρονη ανατάραξη σε μαγνητικό αναδευτήρα μέχρι να διαλυθεί το H₃BO₃. Μετά ψύχομε το διάλυμα το μεταγγίζουμε σε ογκομετρική φιάλη. Συμπληρώνουμε τη φιάλη με απιονισμένο νερό.
5. Δείκτης: Ο δείκτης που χρησιμοποιείται παρασκευάζεται με αιθυλική ακλοόλη ως ακολούθος : 100ml Ethanol, 99mg Bromocresol green, 66mg Methyl red.
6. Διάλυμα HCL ή H₂SO₄ 0,01N : Παρασκευάζεται με τη χρήση έτοιμου διαλύματος (Standard).

Διαδικασία

Πέψη

1. Ζυγίζουμε 50 – 100mg λεπτο-αλεσμένου υλικού ή τόση ποσότητα που το άζωτο που θα περιέχει να είναι γύρω στο 1mg N, και το μεταφέρουμε με προσοχή στη φιάλη πέψης χωρίς να επикаθίσει στα τοιχώματα της φιάλης. Ταυτόχρονα σε ξεχωριστό δείγμα προσδιορίζουμε στους 105 °C την υγρασία του υλικού.
2. Προσθέτουμε περί τα 100mg καταλύτη στη φιάλη πέψης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρομεζούρα χωρητικότητας 100mg καταλύτη.
3. Προσθέτουμε 1,5 ml πυκνό H₂SO₄ και θερμαίνουμε σταδιακά επί 4 περίπου ώρες. Ρυθμίζουμε κατά τέτοιο τρόπο τη θέρμανση ώστε οι ατμοί του H₂SO₄ να συμπυκνώνεται στο πρώτο τρίτο του μήκους του λαιμού της φιάλης πέψης. Θεωρείται ότι η πέψη ολοκληρώθηκε όταν το περιεχόμενο της φιάλης πάρει το χρώμα του πράσινου μήλου.

Απόσταξη

1. Αφού κρυώσει η φιάλη πέψης, μεταφέρουμε το περιεχόμενο της στη φιάλη απόσταξης, ξεπλένοντας τη 2 – 3 φορές με μικροποσότητες απιονισμένου νερού και μεταγγίζοντας τα ξεπλύματα στη φιάλη απόσταξης.
2. Προσαρμόζουμε τη φιάλη απόσταξης στην αποστακτική συσκευή.
3. Σε κωνική φιάλη των 50 ml μεταφέρουμε 20ml από το διάλυμα του H₃BO₃ 2% με λίγες σταγόνες δείκτη και την τοποθετούμε κάτω από τον συμπυκνωτή με το ράμφος του συμπυκνωτή μέσα στο διάλυμα του βορικού οξέος.
4. Συνδέουμε τη συσκευή απόσταξης με τη φιάλη παραγωγής ατμού.
5. Προσθέτουμε στο χωνί συσκευής 10 ml διαλύματος NaOH 40 %.
6. Αφήνουμε σταδιακά να περάσει το NaOH στη φιάλη απόσταξης. Στο τέλος ξεπλύνουμε το χωνί με λίγο νερό που και αυτό το αφήνουμε να περάσει στη φιάλη απόσταξης. Συνεχίζουμε την απόσταξη μέχρι που το απόσταγμα στην κωνική φιάλη να φτάσει περίπου στα 50ml.
7. Απομακρύνουμε την κωνική φιάλη και αποσυνδέουμε τη συσκευή από τη φιάλη παραγωγής ατμού.
8. Ογκομετρούμε το απόσταγμα με το 0,01N διάλυμα HCL ή H₂SO₄ και μέχρι που το χρώμα να γίνει ροζέ.

Σημείωση: Σε κάθε παρτίδα δειγμάτων γίνονται και 2 ή 3 τυφλά, δηλαδή με τα αντιδραστήρια χωρίς δείγμα.

Υπολογισμοί

Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας του δείγματος σε ολικό N μπορεί να γίνει % της ξηρής του ουσίας είτε σε μέρη στο εκατομμύριο (PPM). Η περιεκτικότητα σε ολικό N % της ξηρής ουσίας γίνεται ως ακολούθως :

Αν το οξύ (HCL ή H₂SO₄) είναι 0,01N και κατά την τιτλοδότηση του δείγματος καταναλώθηκαν Aml και κατά την τιτλοδότηση του τυφλού Bml τότε το ολικό N του δείγματος είναι (A – B) X 0,01 χιλιοστοισοδύναμα αζώτου.

Το γραμμοισοδύναμο όμως του N είναι 14gr και επομένως το χιλιοστοισοδύναμο του 14/1000 = 0,014 ή 14mgN

Επομένως ο τύπος που τελικά μας δίνει την % περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό N είναι ο ακόλουθος :

$$N\% = \frac{(A - B) 14}{\Xi\eta\rho\acute{o} \text{ Β}\acute{\alpha}\rho\omicron\varsigma \text{ (mg)}}$$

Αν το διάλυμα του HCL ή του H₂SO₄ είναι 0,05 N τότε ο τύπος μεταβάλλεται ως ακολούθως :

$$N\% = \frac{(A - B) 70}{\Xi\eta\rho\acute{o} \text{ Β}\acute{\alpha}\rho\omicron\varsigma \text{ (mg)}}$$

Με βάση τους ανωτέρω τύπους η περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό N εκφρασμένο σε PPM δίδεται από τους τύπους

$$N_{ppm} = \frac{(A - B) 700.000}{\Xi\eta\rho\acute{o} \text{ Β}\acute{\alpha}\rho\omicron\varsigma \text{ (mg)}} \quad (\text{για οξύ } 0,05 \text{ N})$$

$$N_{ppm} = \frac{(A - B) 70.000}{\Xi\eta\rho\acute{o} \text{ Β}\acute{\alpha}\rho\omicron\varsigma \text{ (mg)}} \quad (\text{για οξύ } 0,005 \text{ N})$$

Προσδιορισμός $\text{NH}_4 - \text{N}$ και $\text{NO}_3 - \text{N}$

Εργαστηριακά όργανα

1. Αποστακτική συσκευή ατμού
2. Δίλαιμες φιάλες απόσταξης 100 –250 ml

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα 2N, KCl : Παρασκευάζεται με τη διάλυση 149,12 KCl στο 1l απιονισμένο νερού.
2. Διάλυμα 2%, H_3BO_3 : Παρασκευάζεται όπως αναγράφεται στη περίπτωση του ολικού N.
3. MgO: Το Mg O του εμπορίου θερμαίνεται στους 600 –700 C για 2 ώρες. Ψύχεται σε ξηραντήρα παρουσία πέλλετς KOH και φυλάσσεται σε γυάλινο βάζο που κλείνει αεροστεγώς.
4. Devarda alloy : Έτοιμο του εμπορίου
5. Sulfamic acid ($\text{NH}_2 \text{SO}_3\text{H}$) : Διαλύομε 2gr καθαρό Sulfamic acid σε 100ml νερό και διατηρούμε το διάλυμα στο ψυγείο.
6. Διάλυμα 0,005N H_2SO_4 : Παρασκευάζεται από έτοιμο standard διάλυμα.
7. Standard διάλυμα $\text{NH}_4 - \text{N}$ και $\text{NO}_3 - \text{N}$: Παρασκευάζεται με τη διάλυση 0,236gr (NH_4) 2SO_4 και 0,361gr KNO_3 στα 1000 ml απιονισμένου νερού. Αυτό το διάλυμα περιέχει 50μg $\text{NH}_4\text{-N}$, 25μg $\text{NO}_2 - \text{N}$ και 50μg $\text{NO}_3 - \text{N}$ ανά 1ml το διάλυμα διατηρείται στο ψυγείο.
8. Standard διάλυμα $\text{NH}_4 - \text{N}$ και $\text{NO}_3 - \text{N}$ και $\text{NO}_2 - \text{N}$
9. Δείκτης Βρωμοκρεζόλης : Παρασκευάζεται όπως αναγράφεται στην περίπτωση του ολικού Αζώτου.

Διαδικασία

Αμμωνιακό N ($\text{NH}_4 - \text{N}$)

1. Τοποθετούμε στη δίλαιμη φιάλη 30 – 100mg αλεσμένου δείγματος και προσθέτουμε 10 ml από το 2N KCl και 0,1g MgO και προσαρμόζουμε τη φιάλη στην αποστακτική συσκευή .
2. Σε κωνική φιάλη των 50 ml τοποθετούμε 20ml διαλύματος 2% H_3BO_3 και λίγες σταγόνες δείκτη Βρωμοκρεζόλης
3. Αποστάζουμε μέχρι να συγκεντρωθεί απόσταγμα γύρω στα 50 ml
4. Τιτλοδοτούμε με το 0,005N H_2SO_4 από μικρομπουρέτα μέχρι απόκτησης ροζέ χρώματος.

Η περιεκτικότητα του δείγματος σε $\text{NH}_4 - \text{N}$, εκφρασμένο σε PPM (δηλαδή mg $\text{NH}_4 - \text{N}$ ανά Kg ξηρής ουσίας δείγματος) δίδεται από τον τύπο :

$$\text{NH}_4 = \frac{(A - B) 70.000}{\text{Ξηρό Βάρος (mg)}}$$

Όπου : A=H κατανάλωση 0,005N H_2SO_4 κατά την τιτλοδότηση του δείγματος

B=H κατανάλωση 0,005N H_2SO_4 κατά την τιτλοδότηση του τυφλού

Νιτρικό και Νιτρώδες N ($\text{NO}_3 - \text{N}$, $\text{NO}_2 - \text{N}$)

1. Μετά την απομάκρυνση του $\text{NH}_4 - \text{N}$ με τη διαδικασία που αναφέρθηκε προηγουμένως, προσθέτουμε στη δίλαιμη φιάλη 0,2 Devarda alloy από την πλευρική οπή και αποστάζουμε εκ νέου σε φιάλη με H_3BO_3 και δείκτη μέχρι και πάλι να πάρουμε 50ml απόσταγμα.
2. Τιτλοδοτούμε κατά τον ίδιο τρόπο όπως και προηγουμένως με διάλυμα με το 0,005N H_2SO_4

Η περιεκτικότητα του δείγματος σε $\text{NO}_3 - \text{N}$ και $\text{NO}_2 - \text{N}$ σε PPM (mg ανά Kg ξηρής ουσίας δείγματος) δίδεται από τον τύπο :

$$\text{NO}_3 - \text{N} \text{ και } \text{NO}_2 - \text{N} \text{ (PPM) } = \frac{(A - B) 70.000}{\text{Ξηρό Βάρος (mg)}}$$

Όπου : A=H κατανάλωση 0,005N H_2SO_4 κατά την τιτλοδότηση του δείγματος

B=H κατανάλωση 0,005N H_2SO_4 κατά την τιτλοδότηση του τυφλού

Αμμωνιακό και Νιτρικό N ($\text{NH}_4 - \text{N}$, $\text{NO}_3 - \text{N}$)

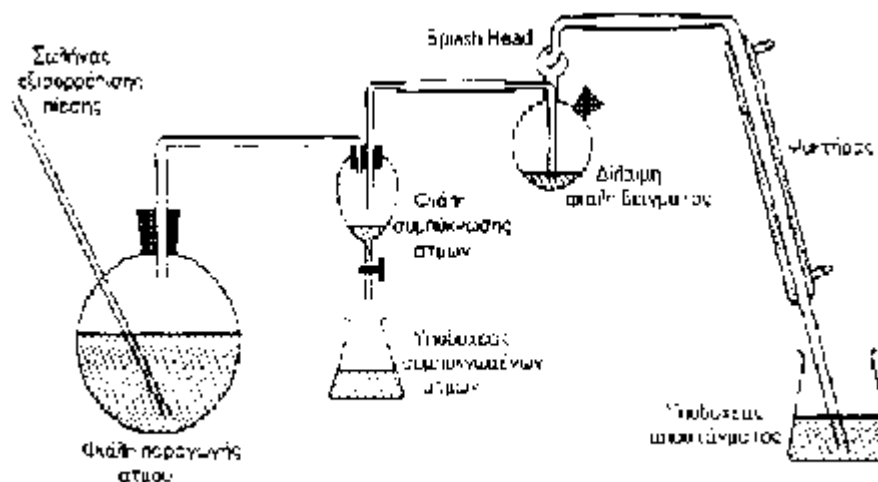
1. Τοποθετούμε στη φιάλη 30 – 100mg αλεσμένου δείγματος και προσθέτουμε 10 ml από το 2N KCl. Αναταράσσουμε καλά τη φιάλη και προσθέτουμε 1ml Sulfamic acid για την καταστροφή των Νιτρωδών. Αναταράσσουμε καλά εκ νέου και προσθέτουμε 0,2g MgO και 0,2g Devarda alloy.
2. Προσαρμόζουμε τη φιάλη στην αποστακτική συσκευή και αποστάζουμε σε κωνική φιάλη με H_3BO_3 και δείκτη κατά τα γνωστά μέχρι 50 ml περίπου απόσταγμα.
3. Τιτλοδοτούμε με το 0,05N H_2SO_4 κατά τα γνωστά.

Η περιεκτικότητα του δείγματος σε $\text{NH}_4 - \text{N}$ και $\text{NO}_3 - \text{N}$ σε PPM (mg ανά Kg ξηρής ουσίας) δίδεται από τον τύπο :

$$\text{NH}_4 \text{ και } \text{NO}_3 \text{ PPM} = \frac{(A - B) 70.000}{\text{Ξηρό Βάρος (mg)}}$$

Όπου : A=H κατανάλωση 0,005N H_2SO_4 κατά την τιτλοδότηση του δείγματος

B=H κατανάλωση 0,005N H_2SO_4 κατά την τιτλοδότηση του τυφλού



Φωτογραφία 1 : Αποστακτική συσκευή ατμού.

5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΧΕΣΗΣ C/N.

Η σχέση C/N είναι ένας από τους δείκτες με τους οποίους μπορούμε να εκτιμήσουμε την ταχύτητα αποσύνθεσης ενός οργανικού υλικού ή την μικροβιακή δραστηριότητα. Η δραστηριότητα των μικροοργανισμών περιορίζεται, πολλές φορές, εξ' αιτίας του ότι η σχέση αυτή δεν καλύπτει τις ανάγκες τους σε N.

Τα διάφορα οργανικά υπολείμματα έχουν συνήθως υψηλή αναλογία C/N. Οι μικροοργανισμοί κατά την αποδόμηση των οργανικών ενώσεων αφομοιώνουν το 1/3 περίπου του μεταβολιζόμενου C και τον υπόλοιπο ελευθερώνουν ως CO₂. Η περιεκτικότητα κατά μέσο όρο του μικροβιακού κυττάρου σε C και N είναι 50% και 5% του ξηρού βάρους αντίστοιχα, που σημαίνει ότι κατά μέσο όρο η σχέση C/N στο μικροβιακό κύτταρο είναι 10/1. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η άριστη τιμή της σχέσης C/N, στο προς κομποστοποίηση υλικό είναι εκείνη του 30/1.

Όταν η σχέση C/N είναι μεγαλύτερη, πράγμα που συμβαίνει στους περισσότερους φυτικούς ιστούς τότε η μικροβιακή δραστηριότητα είναι δυνατό να περιοριστεί ή ακόμα και να ανασταλεί μέχρι που να υπάρξει η αναγκαία ποσότητα αζώτου. Το άζωτο αυτό μπορεί να προέλθει ή από την προσθήκη χημικών λιπασμάτων (νιτρική αμμωνία ή ουρία) ή την προσθήκη άλλων οργανικών υπολειμμάτων πλούσιων σε άζωτο, ή την ελευθέρωση ανόργανου αζώτου από τη μερική αποσύνθεση των υπολειμμάτων.

Αν οι μικροοργανισμοί δεν εξασφαλίσουν το άζωτο που τους χρειάζεται δεν θα ολοκληρωθεί η χώνευση των οργανικών υλικών και έτσι μπορούν να προκαλέσουν στα φυτά τροφοπενίες από τη συνέχιση της αποδόμησης του μη χωνεμένου κόμποστ στο έδαφος. Αυτό είναι αποτέλεσμα της δέσμευσης του N κι άλλων στοιχείων, από τους αποδομητικούς μικροοργανισμούς, σε βάρος των φυτών.

6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Τροποποιημένη μέθοδος Folin Ciocalteu.

Δείγματα Υλικά

- Δείγμα (Κόμποστ)
- Πορσελάνινο γουδί και γουδοχέρι
- Γυάλινες σωλήνες φυγοκέντρισης
- Πιπέττες των 1,5 και 20 ml
- Tips
- Ογκομετρικές φιάλες των 25 ml

Όργανα

- Φυγόκεντρος
- Φασματοφωτόμετρο

Αντιδραστήρια - Διαλύματα

- Απιονισμένο νερό
- Διάλυμα άνυδρου ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3) 20%: Ζυγίζουμε 40 gr Na_2CO_3 και το μεταφέρουμε σε ένα ποτήρι ζέσεως. Προσθέτουμε 200 ml περίπου απιονισμένου νερού και θερμαίνουμε με ταυτόχρονη ανατάραξη σε μαγνητικό αναδευτήρα μέχρι να διαλυθεί το Na_2CO_3 .
- Αντιδραστήριο Folin Ciocalteu.
- Διάλυμα Αιθανόλης: (10 ml απιονισμένο νερό και 10 ml Αιθανόλης).

Διαδικασία

- Ζυγίζουμε 10 gr δείγματος κόμποστ και το βάζουμε σε ένα μεγάλο πορσελάνινο γουδί.
- Προσθέτουμε 10 ml από το διάλυμα Αιθανόλης. Το μείγμα αυτό λειοτριβείται για 2-3 λεπτά μέχρι να εκχειλιστεί η πλειονότητα των Φαινολικών Ενώσεων στο εκχύλισμα και να πάρει ένα σκούρο μαύρο χρώμα.
- Βάζουμε το εκχύλισμα σε γυάλινες σωλήνες φυγοκέντρισης και προσθέτουμε 19 ml απιονισμένο νερό.
- Στη συνέχεια τοποθετούμε τους γυάλινους σωλήνες φυγοκέντρισης στη φυγόκεντρο στις 10.000 στροφές για 5 λεπτά.
- Μετά τη φυγοκέντριση παίρνουμε από το υπερκείμενο διάλυμα των γυάλινων σωλήνων φυγοκέντρισης 250 μl (κατσίγαρο) και το βάζουμε σε ογκομετρικές φιάλες των 25 ml.
- Προσθέτουμε 3,75 ml από το διάλυμα Na_2CO_3 20%, 1250 μl Folin Ciocalteu και συμπληρώνουμε μέχρι χαραγής των ογκομετρικών φιαλών με απιονισμένο νερό.

- Αφήνουμε τις ογκομετρικές φιάλες για 2 ώρες και στη συνέχεια μετράμε την απορρόφηση OD του δείγματος στο φασματοφωτόμετρο στα 760 nm.

Υπολογισμοί

Η συγκέντρωση (mg/l) του κασίγαρου σε Ολικές Φαινόλες εκφράζεται ως προς ένα φαινολικό συστατικό για το οποίο έχει γίνει πρότυπη καμπύλη αναφοράς σύμφωνα με την εξίσωση $y = 0,512 x + 0,0226$ με $R^2 = 0,999$. Δηλαδή οι τιμές της απορρόφησης που λαμβάνονται με τη βοήθεια της καμπύλης ανάγονται σε τιμές Ολικών Φαινολών εκφρασμένες ως ισοδύναμα Συριγκικού Οξέως (Syringic acid).

7. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤ.

Εισαγωγή

Μετά την ολοκλήρωση της θερμοφιλης φάσης της κομποστοποίησης ακολουθεί η φάση ωρίμανσης του τελικού προϊόντος. Η φάση αυτή διαρκεί ανάλογα το υλικό 8 με 12 εβδομάδες. Η ολοκλήρωση της προσδιορίζεται με τη βοήθεια μιας σειράς μεθόδων. Μια από τις μεθόδους προσδιορισμού της ωριμότητας είναι και ο δείκτης βλαστικότητας ή germination index ή εν συντομία G.I.. Ο δείκτης αυτός επιτρέπει σε μικρό χρονικό διάστημα (τρεις ημέρες) και με μικρό κόστος τον προσδιορισμό της φυτοτοξικότητας του ανώριμου κόμποστ. Η φυτοτοξικότητα προσδιορίζεται από την βλαστικότητα (ανάπτυξη ριζών) των σπόρων σε εκχύλισμα από το υπό μελέτη κόμποστ και σε σχέση με την βλαστικότητα των σπόρων του μάρτυρα σε απιονισμένο νερό.

Πειραματικό μέρος

Απαιτούμενες Συσκευές:

1. Διηθητικό χαρτί
2. Δείγμα compost
3. Κωνικές φιάλες
4. Απιονισμένο νερό
5. Σπόροι Αγγουριού
6. Τριβλία
7. Επωαστήρας

Διαδικασία

Δημιουργούμε ένα διάλυμα 1:10 compost με νερό (απιονισμένο) χρησιμοποιώντας 50 g compost και 500 ml νερού σε μια κωνική φιάλη και ανακινίζοντας τα καλά. Το διάλυμα αυτό ονομάζεται Α. Αραιώνουμε το διάλυμα Α σε δύο ακόμα διαλύματα με απιονισμένο νερό 1:1 (50 % - Διάλυμα Β) και 1:4 (25 % - Διάλυμα C). Σε ένα μεγάλο τριβλίο (διαμέτρου 90 mm) τοποθετούμε τρία φύλλα διηθητικό χαρτί προσεκτικά κομμένο στο μέγεθος των τριβλίων. Σε κάθε τριβλίο τοποθετούμε σε αραιή διάταξη 25 σπόρους Αγγουριάς και με τη βοήθεια πιπέτας διοχετεύουμε 10 ml από το εκχύλισμα που θέλουμε να μελετήσουμε.

Για ένα δείγμα compost χρειαζόμαστε:

- 3 τριβλία με απιονισμένο νερό (Μάρτυρας).
- 3 τριβλία με το Διάλυμα Α.
- 3 τριβλία με το Διάλυμα Β.
- 3 τριβλία με το Διάλυμα C.

Οι σπόροι μένουν 3 ημέρες (72 ώρες) σε επωαστικό θάλαμο στους 26 °C στο σκοτάδι. Μετά το τέλος των 3 αυτών ημερών μετράμε σε κάθε τριβλίο τον αριθμό των σπόρων που έχουν βλαστήσει καθώς και το μέγεθος σε mm των ριζών.

Ο μέσος όρος των τριών επαναλήψεων του αριθμού των σπόρων που βλάστησαν από το μάρτυρα είναι η τιμή X, ενώ του κάθε εκχυλίσματος η τιμή Ψ_A, Ψ_B και Ψ_C. Ο μέσος όρος των τριών επαναλήψεων του μήκους των ριζών των σπόρων που βλάστησαν από το μάρτυρα είναι η τιμή C, ενώ του κάθε εκχυλίσματος η τιμή D_A, D_B και D_C. Ο δείκτης βλαστικότητας (GI) εκφράζεται ως ποσοστό επί τις εκατό και υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$GI(\%) = \frac{\Psi D}{X C} 100$$

Στο τέλος της άσκησης έχουμε τρεις τιμές του δείκτη βλαστικότητας για το κάθε δείγμα κόμποστ. Αν η τιμή του G.I. είναι μικρότερη του 100 % τότε σημαίνει ότι το συγκεκριμένο εκχύλισμα έχει φυτοτοξική δράση αφού προκάλεσε αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη των σπόρων σε σχέση με το μάρτυρα (στο νερό). Με βάση την αρχή αυτή και τον παρακάτω Πίνακα μπορούμε να προσδιορίσουμε την ωριμότητα του υλικού μας.

Πίνακας 1: Εκτίμηση της ωριμότητας κόμποστ με τη χρήση του δείκτη βλαστικότητας.

G.I. A	G.I. B	G.I. C	Παρατηρήσεις
< 100 %	< 100 %	< 100 %	Κόμποστ εξαιρετικά φυτοτοξικό, πιθανότατα δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως η θερμοφιλή φάση
< 100 %	< 100 %	> 100 %	Ελαφρά λιγότερο φυτοτοξικό κόμποστ, μεταξύ 1 με 4 εβδομάδες ωρίμανσης
< 100 %	> 100 %	> 100 %	Κόμποστ που είναι ελάχιστα φυτοξικό, έχει πιθανότατα ωριμάσει ικανοποιητικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό αλλά σε μικρές αναλογίες.
> 100 %	> 100 %	> 100 %	Κόμποστ ώριμο. Ακόμα και τώρα τα καλύτερα αποτελέσματα από τη χρήση του θα προκύψουν όταν χρησιμοποιηθεί σε ποσοστό μικρότερο του 50 % κατά όγκο.