



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΗΣ  
ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΩΣ  
ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ  
ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΩΝ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ  
ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ  
ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ»**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΠΑΠΑΖΑΪΚΑ ΝΙΚΗ-ΜΑΡΙΑ  
ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΛΟΪΖΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία μου ανατέθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2014 - 2014 και πραγματοποιήθηκε στη Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας της σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με επιβλέπουσα καθηγήτρια την κυρία Λοϊζίδου Μαρία.

Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η εφαρμογή της μεθόδου της ξήρανσης προδιαλεγμένων στην πηγή οικιακών βιοαποβλήτων με το σύστημα ξήρανσης βιοαποβλήτων GAIA.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με αφορμή την ολοκλήρωση της παρούσας έρευνας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια του Ε.Μ.Π. Λοϊζίδου Μαρία για την ευκαιρία που μου έδωσε να μελετήσω ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, που έχει άμεση σχέση με τα προβλήματα που ταλαιπωρούν τη σύγχρονη κοινωνία και για τη μοναδική ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την παρούσα διπλωματική εργασία στις εγκαταστάσεις ενός από τα πληρέστερα εργαστήρια της Σχολής μας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Σωτηρόπουλο Άγγελο για την εμπιστοσύνη, την υποστήριξη του και τον προσδιορισμό ενός τόσο πρωτότυπου θέματος. Η εξαιρετική συνεργασία που είχαμε, ο πολύτιμος χρόνος που μου διέθεσε, η καθοδήγηση και η συμβολή του ήταν ένα προς ένα άκρως καθοριστικά για την επιτυχή ολοκλήρωση της έρευνας.

Θερμές είναι οι ευχαριστίες, επιπλέον, για την υπεύθυνη του εργαστηρίου του οποίου είχα την τύχη να είμαι μέλος, Γιέλιτσα Νοβάκοβιτς, για την καλή της διάθεση και την όρεξη να βοηθήσει σε οποιαδήποτε διαδικασία της ζήτησα. Η συμβολή της ήταν καθοριστική στην ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Πολύ σημαντικός παράγοντας για την καλή πορεία της πειραματικής διαδικασίας αποτέλεσε η συναδελφικότητα και η διάθεση όλων των υπολοίπων μελών του εργαστηρίου. Θα ήθελα, λοιπόν, πέρα από τις ξεχωριστές ευχαριστίες, να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλο το προσωπικό του εργαστηρίου για την άριστη συνεργασία που είχαμε.

Τέλος, το πολυτιμότερο «ευχαριστώ» ανήκει στην οικογένειά μου για την απaráμιλλη συμπαράσταση και υποστήριξη που μου έδειξε κατά τη διάρκεια των χρόνων.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει τίτλο «Διερεύνηση της απόδοσης της αποκεντρωμένης ξήρανσης ως μεθόδου προεπεξεργασίας για τη μείωση της μάζας των βιοαποβλήτων και την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας». Στόχος της είναι η μελέτη της εφαρμογής της διεργασίας της ξήρανσης σε προδιαλεγμένα στην πηγή οικιακά βιοαπόβλητα, για την ανάκτηση βιομάζας.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μία εισαγωγή στο θέμα της διαχείρισης των βιοαποβλήτων, κατά την οποία παρατίθενται οι νομοθεσίες σε Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο που μας επιτρέπουν τη διαχείριση των βιοαποβλήτων σε ορισμένα πλαίσια. Εν συνεχεία, αναλύονται οι μέθοδοι διαχείρισης βιοαποβλήτων που έχουν αναπτυχθεί ανά τα χρόνια με έμφαση στις μεθόδους συλλογής αυτών. Τέλος, γίνεται ανάλυση των μεθόδων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων συγκαταλεγόμενων των βασικών μεθόδων, δηλαδή των θερμικών, των βιολογικών και των μηχανικών, συμπεριλαμβανομένου και των Χ.Υ.Τ.Α. Σημαντική αναφορά έγινε, επίσης, στις μεθόδους ξήρανσης και στους τύπους ξηραντήρων που υφίστανται και χρησιμοποιούνται παγκοσμίως.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρονται αρχικά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των Δήμων που συμμετείχαν στην έρευνα. Στη συνέχεια, γίνεται ανασκόπηση και καταγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε ενώ πραγματοποιείται μία εισαγωγή στο πειραματικό μέρος της παρούσας έρευνας. Περιγράφεται η μέθοδος ξήρανσης που ακολουθήθηκε, αναλύεται λεπτομερώς η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε με τα αντίστοιχα πειραματικά πρωτόκολλα και περιγράφονται οι πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και οι μέθοδοι ανάλυσης των φυσικοχημικών παραμέτρων που μελετήθηκαν.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται αναλυτικά με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων τα πειραματικά αποτελέσματα που συλλέξαμε και γίνεται ο σχολιασμός τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, ακολουθεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων της αποκεντρωμένης ξήρανσης με την οικιακή ξήρανση.

Καταλήγοντας, στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν Από την εν λόγω έρευνα.

## **SUMMARY**

This thesis is entitled "Investigation of the performance of decentralized drying as a pretreatment method for reducing the mass of biowaste and producing value-added products."

The aim of this thesis is to study the effectiveness of the drying process of source separated household biowaste for the recovery of added value biomass.

The first chapter is an introduction to the subject of biowaste management, in which the legislation at European and national level is listed in order to allow us to manage biowaste in certain contexts. Afterwards, the developed methods of biowaste management over the years and the existing collection methods are detailed described. Finally, solid waste treatment methods are analyzed among the basic methods, namely thermal, biological and mechanical, including landfill. Significant reference takes place about the drying processes and types of dryers, which have been developed and used worldwide.

In the second chapter of this thesis, the demographic characteristics of the municipalities which participated in the survey are recorded. That follows the review and the record of the experimental procedure and an introduction to the experimental part of this investigation. The Drying method used and the methodology which applied to the experimental protocols is analyzed in detail but also the experimental devices, which were used, and the methods of analysis of physicochemical parameters, which were studied are presented.

The third chapter describes the form of tables and diagrams of the experimental results that were gathered while in the fourth chapter, the comparison of the results of decentralized drying compared to the domestic drying is conducted.

Finally, the fifth chapter presents the conclusions reached by this investigation.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
SUMMARY.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	6
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	8
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	11
1.1 Εισαγωγή.....	11
1.2 Μέθοδοι διαχείρισης βιοαποβλήτων.....	19
1.3 Μέθοδοι συλλογής απορριμμάτων.....	25
1.4 Επεξεργασία στερεών αποβλήτων.....	29
1.5 Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	30
1.6 Ξήρανση.....	45
1.7 Επιλογή ξηραντήρα.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Πειραματικό Μέρος.....	66
2.1 Εισαγωγή.....	66
2.2 Δήμος Ασπροπύργου.....	67
2.3 Δήμος Παπάγου-Χολαργού.....	72
2.4 Πειραματικό πρωτόκολλο.....	75
2.5 Μεθοδολογία συλλογής και ανάλυσης δειγμάτων.....	83
2.6 Μέτρηση δειγμάτων στο φωτόμετρο.....	108
2.7 Μέτρηση παραμέτρων για το υγρό δείγμα.....	109
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Αποτελέσματα/Συζήτηση.....	119
3.1 Μελέτη φυσικοχημικών ιδιοτήτων ληφθείσας βιομάζας.....	119

3.2	Αποτελέσματα μετρήσεων των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εξερχόμενου από το σύστημα νερού.....	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.	Σύγκριση αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών με το σύστημα αποκεντρωμένης ξήρανσης με τα αποτελέσματα της μεθόδου οικιακής ξήρανσης.....	134
4.1	Ποσοστό (%) μείωσης όγκου.....	134
4.2	Σύγκριση ποσοστού (% κ.β) μείωσης μάζας .....	135
4.3	Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης των δύο μεθόδων.....	136
4.4	Σύγκριση των τιμών pH της παραγόμενης βιομάζας.....	136
4.5	Σύγκριση VS (%) της παραγόμενης ξηρής βιομάζας .....	137
4.6	Σύγκριση TOC (% κ.β) της παραγόμενης ξηρής βιομάζας.....	138
4.7	Σύγκριση ποσοστού (% κ.β) ολικών διαλυτών σακχάρων .....	139
4.8	Σύγκριση ποσοστού (% κ.β) γλυκόζης.....	140
4.9	Σύγκριση ποσοστού (% κ.β) κυτταρίνης.....	140
4.10	Σύγκριση αποτελεσμάτων με τα όρια αρδευτικής χρήσης.....	141
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.	Συμπεράσματα .....	143
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.	Βιβλιογραφία.....	145

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση Βιοαποβλήτων (Μασσιόπουλος, 2012) .....	12
Πίνακας 2: Νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τη διαχείριση των βιοαποβλήτων στην Ελλάδα και την ΕΕ (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012).....	15
Πίνακας 3: Είδη αποθηκευτικών μέσων και συλλογής αυτών (TWINNING LIGHT PROJECT, 2012) .....	23
Πίνακας 4: Βασικές διαφορές ημιαυτόνομης και αυτόνομης συλλογής (SPIDER-Υπηρεσίες Περιβάλλοντος, 2014).....	27
Πίνακας 5:Είδη οχημάτων συλλογής και βασική περιγραφή αυτών (SPIDER-Υπηρεσίες Περιβάλλοντος, 2014).....	28
Πίνακας 6:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αποτέφρωσης (Samuel, 1999).....	32
Πίνακας 7: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πυρόλυσης (Samuel, 1999) .....	33
Πίνακας 8:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αεριοποίησης (Samuel, 1999) .....	34
Πίνακας 9:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τεχνικής πλάσματος (Νικολάου, 2010).....	36
Πίνακας 10:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κομποστοποίησης (Κανακόπουλος, 2011).....	37
Πίνακας 11:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας (Κοψαχείλης, 2009).....	38
Πίνακας 12: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αλκοολικής ζύμωσης (BIOWASTE, 2011) .....	40
Πίνακας 13: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χημικής αναγωγής (BIOWASTE, 2011).....	40
Πίνακας 14: Υπάρχουσες τεχνολογίες βιοξήρανσης και τα εκάστοτε προϊόντα τους (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων, 2012) .....	42
Πίνακας 15: Κριτήρια καταλληλότητας και οι αντίστοιχες αποστάσεις από την αναφερόμενη περιοχή (BIOWASTE, 2011).....	44
Πίνακας 16:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Χ.Υ.Τ.Α (Σκορδύλης, 1993) .....	45
Πίνακας 17:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα περιστροφικών ξηραντήρων (Amos, 1998) .....	51
Πίνακας 18: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα flash dryer (Amos, 1998) .....	52
Πίνακας 19: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξηραντήρων τύπου disk (Amos, 1998) .....	53
Πίνακας 20: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξηραντήρων τύπου cascade (Amos, 1998).....	54
Πίνακας 21: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξηραντήρων υπέρθερμου ατμού (H.C., 2004) .....	56
Πίνακας 22: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξηραντήρων τύπου belt/conveyor (Amos, 1998) ....	57
Πίνακας 23: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξήρανσης σε ρευστοποιημένη κλίνη .....	60
Πίνακας 24: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα spray dryer (Advanced drying systems, 2013).....	62
Πίνακας 25: Δημογραφικά στοιχεία Δήμου Ασπροπύργου .....	69
Πίνακας 26: Απόβλητα που διαχειρίζεται ο Δήμος Ασπροπύργου μέσω των μπλε κάδων .....	71
Πίνακας 27: Στατιστικά στοιχεία ανακύκλωσης του Δήμου Ασπροπύργου της Ε.Ε.Α.Α. (Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης, 2012) .....	72
Πίνακας 28:Δημογραφικά στοιχεία Δήμου Παπάγου-Χολαργού .....	73
Πίνακας 29:Υλικά που διαχειρίζεται ο Δήμος Παπάγου-Χολαργού μέσω των μπλε κάδων.....	74
Πίνακας 30: Στατιστικά στοιχεία 01/01/2012 έως 30/09/2012 ανακύκλωσης του Δήμου Παπάγου-Χολαργού της Ε.Ε.Α.Α. (Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης, 2012) .....	75
Πίνακας 31: Πίνακας καταγραφής νοικοκυριών των οποίων τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην παρούσα έκθεση .....	77
Πίνακας 32:Σύνολο νοικοκυριών που συμμετείχαν στην πιλοτική εφαρμογή τους καινοτόμου συστήματος διαχείρισης.....	79
Πίνακας 33:Δημογραφικά στοιχεία σε εθνικό επίπεδο .....	79
Πίνακας 34:Λειτουργικά χαρακτηριστικά συστήματος GAIA .....	87
Πίνακας 35: Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος GAIA.....	87
Πίνακας 36: Δομές χαρακτηριστικών αναγωγικών υδατανθράκων (σακχάρων).....	92
Πίνακας 37: Συνολική μάζα που παραλήφθηκε και ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος GAIA .....	119
Πίνακας 38:Καταγραφή μεταβολής όγκου δείγματος.....	120

Πίνακας 39: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για το pH .....	122
Πίνακας 40: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τα πτητικά στερεά.....	124
Πίνακας 41: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τα πτητικά στερεά.....	125
Πίνακας 42: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τον ολικό οργανικό άνθρακα.....	126
Πίνακας 43: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τα ολικά διαλυτά σάκχαρα .....	127
Πίνακας 44: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για το άμυλο .....	128
Πίνακας 45: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για την κυτταρίνη .....	129
Πίνακας 46: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τη γλυκόζη.....	130
Πίνακας 47: Καταγραφή αποτελεσμάτων πειραματικών μετρήσεων των δειγμάτων (I) .....	131
Πίνακας 48: Καταγραφή αποτελεσμάτων πειραματικών μετρήσεων των δειγμάτων (II) .....	132
Πίνακας 49: Καταγραφή αποτελεσμάτων πειραματικών μετρήσεων για το BOD <sub>5</sub> .....	133
Πίνακας 50: Σύγκριση αποτελεσμάτων με τα όρια αρδευτικής χρήσης (Irrigation Water Quality, 2015) .....	141



## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Χειρωνακτική συλλογή απορριμμάτων (WORK SAFE, 2011).....	26
Εικόνα 2: Χώρος υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων (X.Y.T.A.) .....	44
Εικόνα 3: Περιστροφικός ξηραντήρας (Sunco Machinery, 2013) .....	49
Εικόνα 4: Flash dryer (Advanced drying systems, 2013).....	51
Εικόνα 5: Disk dryer (Haarslev Industries, 2010).....	53
Εικόνα 6: Ξηραντήρας τύπου Cascade (SolidsWiki, 1999) .....	54
Εικόνα 7: Ξηραντήρας υπέρθερμου ατμού (GEA Process Engineering S.p.A., 2000).....	55
Εικόνα 8: Ξηραντήρας τύπου twin-drum (THERMOPEdia, 1967).....	59
Εικόνα 9: Ξηραντήρας ρευστοποιημένης κλίνης (KURIMOTO, LTD., 2004) .....	61
Εικόνα 10: Spray dryer.....	62
Εικόνα 11: Αφυγραντήρας τροφίμων με ενσωματωμένο ξηραντικό σύστημα με μικροκύματα (Azeus Machinery, 2010) .....	63
Εικόνα 12: Ανακοίνωση Δήμου Ασπροπύργου για την έναρξη της πιλοτικής εφαρμογής του συστήματος διαχείρισης .....	76
Εικόνα 13: Καδάκι κουζίνας για τη χωριστή διαλογή των οικιακών βιοαποβλήτων 23L (αριστερά), 10L (δεξιά) .....	80
Εικόνα 14: Κάδος απόρριψης οικιακών βιοαποβλήτων χωρητικότητας (120L) τοποθετημένος σε νοικοκυριό του Δήμου Ασπροπύργου .....	81
Εικόνα 15: Μέρος του εγχειριδίου απόρριψης οικιακών βιοαποβλήτων το οποίο διαμοιράστηκε στους κατοίκους των δύο Δήμων .....	82
Εικόνα 16:Κάτοικοι των δύο Δήμων οι οποίοι συμμετείχαν στην ημερίδα που πραγματοποιήθηκε στο Δήμο Ασπροπύργου για την πιλοτική εφαρμογή του νέου συστήματος διαχείρισης .....	82
Εικόνα 17:Αποκομιδή οικιακών οργανικών απορριμμάτων από το δορυφορικό όχημα του Δήμου Παπάγου-Χολαργού .....	83
Εικόνα 18:Πλατφόρμα ζύγισης οικιακών οργανικών βιοαποβλήτων .....	83
Εικόνα 19:Εισερχόμενο υλικό (κάτω) στο εσωτερικό του συστήματος GAIA, Ξηραμένο υλικό (πάνω) στο εσωτερικό του ίδιου συστήματος .....	84
Εικόνα 20:Υλικό τοποθετημένο σε σακούλες υψηλής αντοχής έτοιμο για περαιτέρω επεξεργασία....	84
Εικόνα 21:Βιοαντιδραστήρας 20L στο εργαστήριο βιοτεχνολογίας του Ε.Μ.Π. ....	85
Εικόνα 23: Σύστημα ξήρανσης GAIA δυνατότητας επεξεργασίας 100 Kgr νωπού υλικού ημερησίως	86
Εικόνα 24:Φίλτρο κατακράτησης οσμών και σωματιδίων του συστήματος GAIA.....	86
Εικόνα 25:Διαδικασία ομογενοποίησης δείγματος .....	88
Εικόνα 26:Συσκευή ανάδευσης.....	90
Εικόνα 27:Μετρητής pH .....	90
Εικόνα 28: Αναγωγή του 3,5-δινιτροσαλικυλικού οξέος προς 3-άμινο-5-νιτρο-σαλικυλοκό οξύ παρουσία γλυκόζης.....	92
Εικόνα 29: Γλυκόζη .....	92
Εικόνα 30: Φρουκτόζη .....	92
Εικόνα 31: Μαννόζη .....	92
Εικόνα 32: Γαλακτόζη.....	92
Εικόνα 33: Ξυλόζη .....	92
Εικόνα 34: Αραβινόζη.....	92
Εικόνα 35: Μαλτόζη .....	92
Εικόνα 36: Κελλοβιόζη .....	92
Εικόνα 37:Κωνικές φιάλες των 100ml.....	93
Εικόνα 38:Υδατόλουτρο .....	94
Εικόνα 39:Διαδικασία διήθησης .....	94
Εικόνα 40:Falcon Tube .....	95
Εικόνα 41:Τοποθέτηση υλικού σε κάψες με πάμα .....	96
Εικόνα 42: Κύρια συστατικά φυτικού κυτταρικού τοιχώματος (Shleser 1994).....	96

Εικόνα 43: Σχηματική απεικόνιση της υδρόλυσης της κυτταρίνης .....	97
Εικόνα 44: Σχηματική απεικόνιση της υδρόλυσης της ημικυτταρίνης .....	98
Εικόνα 45:Θάλαμος επώασης .....	99
Εικόνα 46:Συσκευή αποστείρωσης .....	99
Εικόνα 47:Διαδικασία της εξουδετέρωσης .....	100
Εικόνα 48:Συσκευή πέψης (KJELDATHERM) όπου έχουν τοποθετηθεί σε ειδική μεταλλική υποδοχή οι φιάλες .....	102
Εικόνα 49:Αναδευτήρας όπου είναι τοποθετημένο το διάλυμα βορικού οξέος (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ).....	103
Εικόνα 50:Ετοιμασία θειοθειικού νατρίου .....	103
Εικόνα 51:Κωνικές φιάλες μετά την προσθήκη Mixer indicator .....	104
Εικόνα 52:Megazyme total starch kit.....	106
Εικόνα 53:Συσκευή φυγοκέντρησης .....	107
Εικόνα 54: Αλληλουχία ενζυμικών αντιδράσεων που οδηγούν στην ποσοτικοποίηση της γλυκόζης όπου GOD: γλυκόζη οξειδάση και POD: υπεροξειδάση .....	108
Εικόνα 55:Φασματοφωτόμετρο Spectroquant® NOVA 60 .....	109
Εικόνα 56: Το τελικό ξηρό υλικό όπως αυτό καταγράφηκε από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM) .....	121

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1: Πυραμίδα ιεράρχησης των αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 2008/98/EK (Χρηματοδότηση έργων υποδομών διαχείρισης αστικών αποβλήτων, 2012) .....	12
Διάγραμμα 2:Κατηγορίες προέλευσης των βιοαποβλήτων (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012).....	14
Διάγραμμα 3: Τα κυριότερα στάδια του κύκλου διαχείρισης (Φελεσκούρα Χρ., 2004) .....	20
Διάγραμμα 4:Ολοκληρωμένη διαχείριση ΑΣΑ (Δερματάς, 2013) .....	21
Διάγραμμα 5: Μέθοδοι επεξεργασίας & διάθεσης βιοαποβλήτων (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων, 2012) .....	30
Διάγραμμα 6:Παραγωγή βιοαιθανόλης (BIOWASTE, 2011).....	39
Διάγραμμα 7: Τυπικό διάγραμμα ροής βιολογικής ξήρανσης (Βασιλεία, 2009).....	42
Διάγραμμα 8:Διάγραμμα ροής Μηχανικής-Βιολογικής επεξεργασίας ΑΣΑ .....	43
Διάγραμμα 9: Ποσοστά (%) των νοικοκυριών του Δήμου Ασπροπύργου ταξινομημένα ανά κατηγορία (Στρατηγικός Σχεδιασμός Δήμου Ασπροπύργου, 2011) .....	70
Διάγραμμα 10: Ποσοστιαία (%) κατανομή οικιών που συμμετείχαν στη δράση επίδειξης του συστήματος ανά αριθμό μονίμων κατοίκων οικίας.....	79
Διάγραμμα 11: . Ποιοτική σύσταση του ξηρού υλικού όσον αφορά τη σύσταση σε βαρέα μέταλλα μετά το πέρας της ξήρανσης.....	121
Διάγραμμα 12: Διακύμανση pH ανά εποχή.....	123
Διάγραμμα 13: Διακύμανση αγωγιμότητας ανά εποχή.....	124
Διάγραμμα 14: Διακύμανση περιεκτικότητας πτητικών στερεών ανά εποχή.....	125
Διάγραμμα 15: Διακύμανση περιεκτικότητας ολικού οργανικού άνθρακα ανά εποχή.....	126
Διάγραμμα 16: Διακύμανση περιεκτικότητας ολικών διαλυτών σακχάρων ανά εποχή .....	127
Διάγραμμα 17: Διακύμανση περιεκτικότητας αμύλου ανά εποχή .....	128
Διάγραμμα 18: Διακύμανση περιεκτικότητας κυτταρίνης ανά εποχή.....	129
Διάγραμμα 19: Διακύμανση περιεκτικότητας γλυκόζης ανά εποχή .....	130
Διάγραμμα 20: Σύγκριση αποτελεσμάτων ποσοστιαίας μείωσης όγκου .....	134
Διάγραμμα 21: Σύγκριση αποτελεσμάτων ποσοστιαίας μείωσης μάζας .....	135
Διάγραμμα 22: Σύγκριση αποτελεσμάτων ενεργειακής κατανάλωσης των δύο μεθόδων.....	136
Διάγραμμα 23: Σύγκριση αποτελεσμάτων pH .....	137
Διάγραμμα 24:Σύγκριση αποτελεσμάτων πτητικών στερεών.....	138
Διάγραμμα 25:Σύγκριση αποτελεσμάτων ολικού οργανικού άνθρακα.....	139
Διάγραμμα 26: Σύγκριση αποτελεσμάτων ολικών διαλυτών σακχάρων .....	139
Διάγραμμα 27: Σύγκριση αποτελεσμάτων ελεύθερης γλυκόζης.....	140
Διάγραμμα 28: Σύγκριση αποτελεσμάτων κυτταρίνης .....	141

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

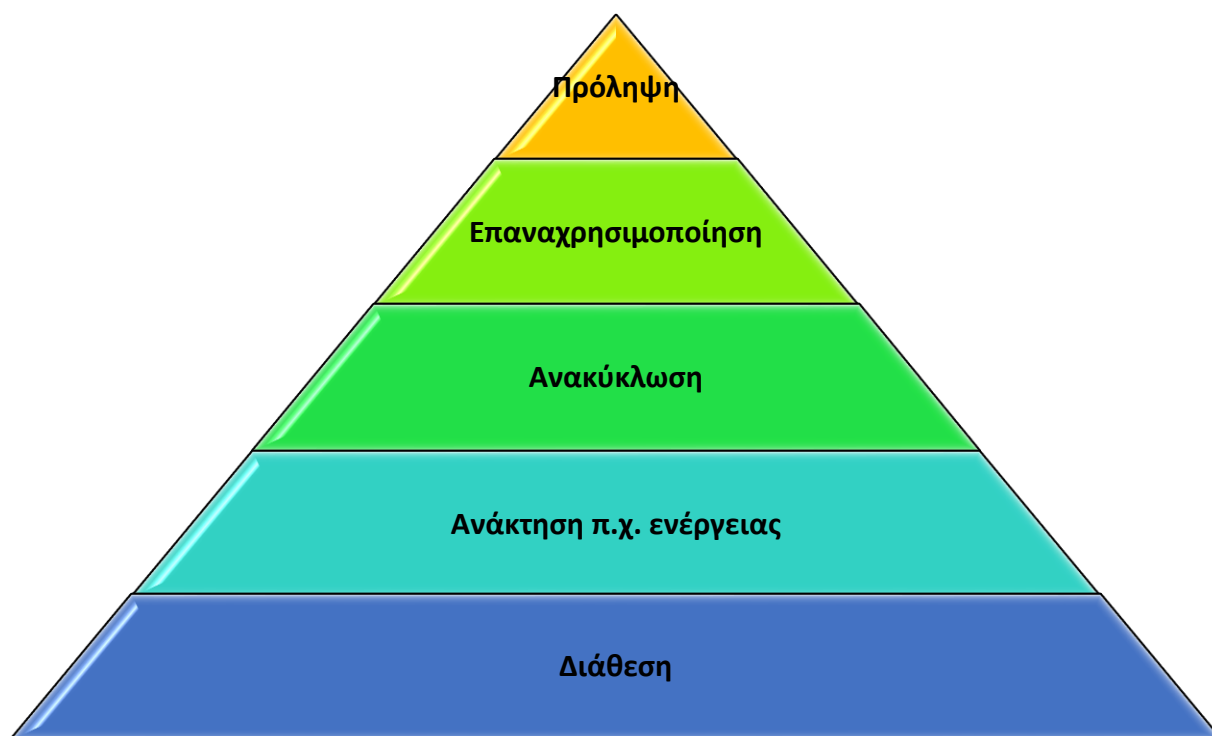
### 1.1 Εισαγωγή

Η διαχείριση των βιοαποβλήτων αποτελεί ζήτημα ιδιαίτερης σημασίας όσον αφορά στην αειφορική διαχείριση των στερεών αποβλήτων τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Βασική προϋπόθεση ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της Ευρωπαϊκής αλλά και Ελληνικής Νομοθεσίας είναι η σταδιακή βελτίωση της διαχείρισης αποβλήτων μέσω ενός νέου αποδοτικότερου προσανατολισμού. Οι νέοι στόχοι επικεντρώνονται κυρίως στην περιβαλλοντική προστασία, τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και τη βιωσιμότητα των τεχνολογιών που προτείνονται.

Η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί αναπόφευκτο στοιχείο της καθημερινότητας όλων των πολιτών. Η ανθρώπινη δραστηριότητα προϋποθέτει τη χρήση προϊόντων και συνεπάγεται την παραγωγή αποβλήτων όταν αυτά εξαντλήσουν τον κύκλο ζωής τους. Ωστόσο, το ότι αυτά χάνουν την άμεση χρησιμότητά τους δε σημαίνει ότι οι φυσικοί πόροι, η ενέργεια και η εργασία που απαιτήθηκαν προκειμένου να παραχθεί το εκάστοτε προϊόν δεν χρησιμεύουν πλέον.

Ως εκ τούτου, η όσο το δυνατόν αειφορική αξιοποίηση και διαχείριση πόρων που βρίσκονται συμπυκνωμένοι στα απόβλητα αποτελεί τη βασική απαίτηση της επιστήμης της διαχείρισης των αποβλήτων η οποία επιδιώκει:

- ❖ Την πρόληψη της παραγωγής και κατ' επέκταση τη μείωση της ποσότητας που πρέπει να συλλεχθεί και να επεξεργαστεί.
- ❖ Την αύξηση της επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών ή/και ενέργειας.
- ❖ Τη δραστική μείωση των βιοαποβλήτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής.



**Διάγραμμα 1: Πυραμίδα ιεράρχησης των αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ (Χρηματοδότηση έργων υποδομών διαχείρισης αστικών αποβλήτων, 2012)**

Ο ρόλος του μηχανικού, λοιπόν, στον συγκεκριμένο κλάδο είναι πολλαπλός. Και για να μπορέσει ν' ανταπεξέλθει επάξια στις απαιτήσεις του θεσμικού πλαισίου αλλά και της καινοτομίας που αναζητά ο κλάδος, απαιτείται πρωταρχικά η πλήρης κατανόηση του αντικειμένου αλλά και η διαρκής ενασχόληση του με καινοτόμες τεχνολογίες.

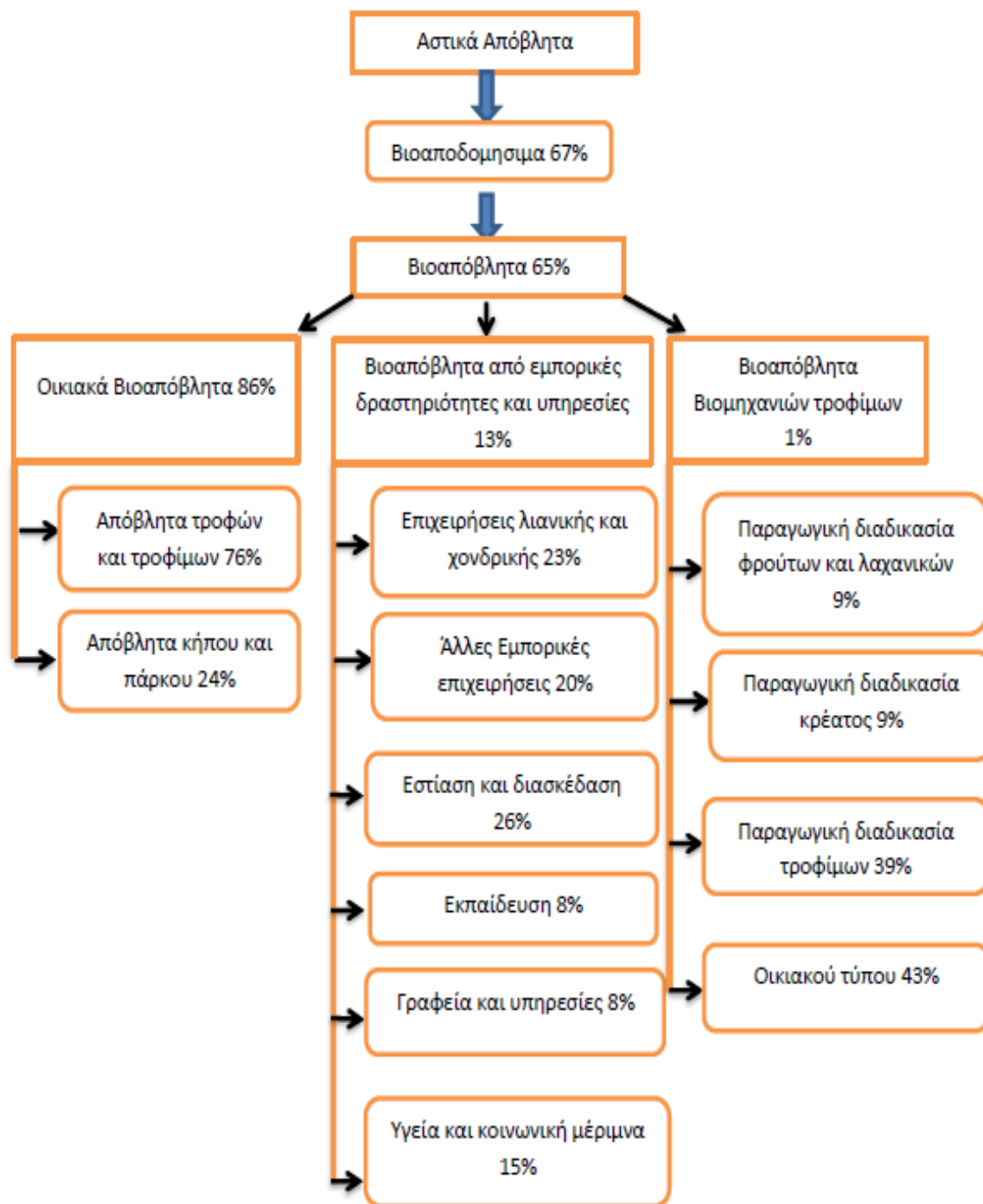
Όταν αναφερόμαστε στα βιοαπόβλητα, εννοούμε τα απόβλητα τροφών, τροφίμων, κήπων και παραπλήσια απόβλητα που προκύπτουν από οικίες, εμπορικές δραστηριότητες και υπηρεσίες όπως και εγκαταστάσεις παραγωγής και επεξεργασίας τροφίμων.

**Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση Βιοαποβλήτων (Μασσιόπουλος, 2012)**

<b>ΟΙΚΙΑΚΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΑ</b>	<b>ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΑ</b>	<b>ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΑ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Απόβλητα τροφών:</b> Χρησιμοποιημένα ή μη χρησιμοποιημένα τρόφιμα.</li> <li>● <b>Απόβλητα κήπων-πρασίνου:</b> Υπολείμματα βλάστησης κατά τη</li> </ul>	<p><b>Απόβλητα από τις παρακάτω ομάδες δραστηριοτήτων:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Επιχειρήσεις λιανικής και χονδρικής</li> <li>● Διάφορες εμπορικές επιχειρήσεις</li> <li>● Εστίαση-Διασκέδαση</li> <li>● Εκπαίδευση</li> </ul>	<p><b>Βιοαπόβλητα που προέρχονται από βιομηχανίες τροφίμων και ποτών:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Εγκαταστάσεις επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών</li> <li>● Εγκαταστάσεις επεξεργασίας κρέατος και αλιευμάτων</li> <li>● Λοιπές εγκαταστάσεις</li> </ul>

<p>συντήρηση των χώρων πρασίνου.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Γραφεία και υπηρεσίες</li> <li>● Υγεία και Κοινωνική Μέριμνα</li> </ul>	<p>επεξεργασίας τροφίμων</p>
--	--	------------------------------

Σημαντική πληροφορία για το μηχανικό διαχείρισης βιοαποβλήτων πέραν της αναλυτικής ταξινόμησης αυτών αποτελεί το μέγεθος της παραγωγής τους. Στον ακόλουθο πίνακα, παρατίθενται στοιχεία που αφορούν στην παραγωγή βιοαποβλήτων στην Ελλάδα για το έτος 2011.



**Διάγραμμα 2:Κατηγορίες προέλευσης των βιοαποβλήτων (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012)**

Επιπλέον, καθοριστική είναι η γνώση της νομοθεσίας σε Ευρωπαϊκό αλλά και σε Εθνικό επίπεδο που πλαισιώνει τη διαχείριση των αποβλήτων. Αυτή παρατίθεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 2: Νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τη διαχείριση των βιοαποβλήτων στην Ελλάδα και την ΕΕ (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012)**

Ευρωπαϊκή Νομοθεσία	Εθνική Νομοθεσία	Επισημάνσεις
Οδηγία 98/2008/ΕΚ για τα απόβλητα Οδηγία 2008/99/ΕΚ σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος μέσω του ποινικού δικαίου.	ΝΟΜΟΣ 4042 (ΦΕΚ Α' 24/13-02-2012) Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων.	(Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ και την Οδηγία 2008/98/ΕΚ.) Σύμφωνα με το άρθρο 41: Έως το 2015, το ποσοστό χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων πρέπει να ανέλθει, κατ' ελάχιστον, στο 5% του συνολικού βάρους των βιολογικών αποβλήτων και έως το 2020, κατ' ελάχιστον, στο 10% του συνολικού βάρους των βιολογικών αποβλήτων.
Οδηγία 91/156/ΕΚ περί στερεών αποβλήτων.	ΚΥΑ 114218/1997 (ΦΕΚ 1016Β/17.11.97), Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.	Ενσωμάτωση των γενικών κατευθύνσεων και προδιαγραφών της 75/442/ΕΚ περί στερεών αποβλήτων, όπως τροποποιήθηκε από την 91/156/ΕΚ.
Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής αποβλήτων.	ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572Β/16.12.02), Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων	Θέσπιση στόχων για επεξεργασία πριν την ταφή και μείωση της ποσότητας των ΒΑΑ που οδηγείται για ταφή.
Οδηγία 75/442/ΕΚ, όπως τροποποιήθηκε με την 91/156/ΕΚ.	ΚΥΑ 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909Β/22.12.2003), Μέτρα και Όροι για τη	Εναρμόνιση εθνικού με ευρωπαϊκό δίκαιο Σε εθνικό επίπεδο με την εν



	<p>Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης.</p>	<p>λόγω ΚΥΑ ενσωματώθηκε η 75/442/ΕΚ, όπως τροποποιήθηκε με την 91/156/ΕΚ θέτοντας αυστηρότερες κατευθύνσεις, μέτρα, όρους και διαδικασίες για την διαχείριση στερεών αποβλήτων και εισήγαγε τους ευρωπαϊκούς στόχους και αρχές στην εθνική στρατηγική διαχείρισης.</p>
<p>Οδηγία 2008/ι/ΕΚ, σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης.</p>	<p>ΚΥΑ 22912/1117 (ΦΕΚ 759Β/06.06.05) Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων.</p>	<p>Εναρμόνιση εθνικού με ευρωπαϊκό δίκαιο.</p>
<p>1774/2002/ΕΚ, για τον καθορισμό υγειονομικών κανόνων σχετικά με τα ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο.</p>	<p>ΠΔ 211/2006 (ΦΕΚ 211Α/05.06.06), Συμπληρωματικά μέτρα εκτέλεσης του Κανονισμού 1774/2002/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 3ης Οκτωβρίου 2002 για τον καθορισμό υγειονομικών κανόνων σχετικά με τα</p>	<p>Ενσωμάτωση εθνικού με ευρωπαϊκό δίκαιο Το ΠΔ συμπληρώνεται και με τις εγκυκλίους όπως παρουσιάστηκαν ανωτέρω. Δίνονται προδιαγραφές για εγκαταστάσεις λιπασματοποίησης και αναερόβιας χώνευσης (παρασκευής βιοαερίου),</p>

	ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο.	αδειοδότηση και ορθή λειτουργία. Επίσης, γίνεται και προσέγγιση για θέσπιση κριτηρίων οργανικών λιπασμάτων από υλικά αυτών των κατηγοριών.
Κανονισμός 1069/2009/ΕΚ, περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο - κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1774/2002 (κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα).	-	Νέο συνεκτικό και συνολικό πλαίσιο κοινοτικών υγειονομικών κανόνων για τη συλλογή, τη μεταφορά, τον χειρισμό, τον μετασχηματισμό, τη μεταποίηση, την αποθήκευση, τη διάθεση στην αγορά, τη διανομή, τη χρήση ή την απόρριψη των ζωικών υποπροϊόντων.
Κανονισμός 142/2011/ΕΚ, για την εφαρμογή του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο.	-	Θέσπιση κανόνων για τη διαχείριση ζωικών υποπροϊόντων, την επίτευξη των στόχων του Κανονισμού 1069/2009/ΕΚ και τη βιώσιμη χρήση ζωικών υλικών, αλλά και τη διατήρηση υψηλού επιπέδου προστασίας της δημόσιας υγείας και υγείας των ζώων στην ΕΕ.
Οδηγία 2000/76/ΕΚ, για την αποτέφρωση των αποβλήτων.	ΚΥΑ 22912/1117 (ΦΕΚ 759Β/06.06.05) Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της	Εναρμόνιση εθνικού με ευρωπαϊκό δίκαιο.

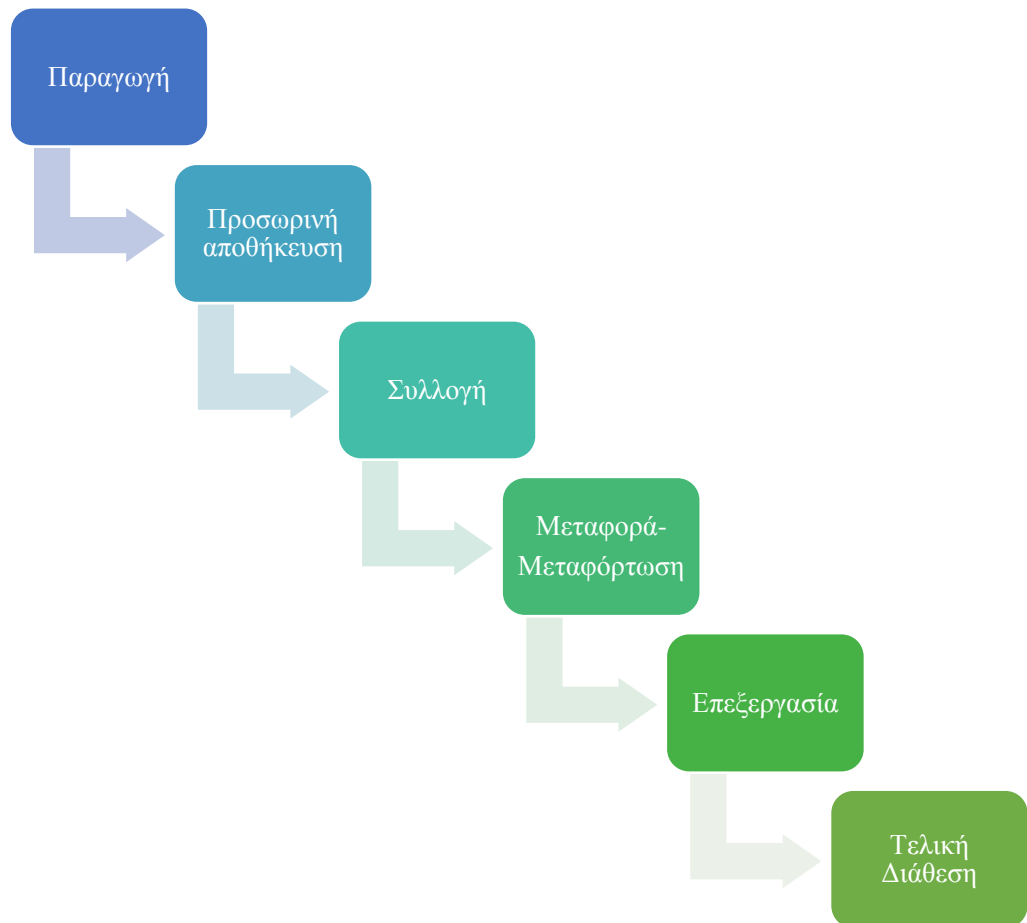
	ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων.	
Οδηγία 2006/799/ΕΚ, περί καθορισμού αναθεωρημένων οικολογικών κριτηρίων και των σχετικών απαιτήσεων αξιολόγησης και εξακρίβωσης για την απονομή κοινοτικού οικολογικού σήματος σε βελτιωτικά εδάφους.	-	Με τις οδηγίες αυτές είναι σαφής η προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων υλικών ή/ και η ανακύκλωση οργανικής ύλης προερχόμενης από συγκέντρωση ή/ και επεξεργασία αποβλήτων, ως συμβολή στην ελαχιστοποίηση των προς τελική διάθεση στερεών αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο ακόμη δεν έχουν εναρμονιστεί.
Οδηγία 2007/64/ΕΚ, περί καθορισμού αναθεωρημένων οικολογικών κριτηρίων και των σχετικών απαιτήσεων αξιολόγησης και εξακρίβωσης για την απονομή κοινοτικού οικολογικού σήματος σε καλλιεργητικά μέσα.	-	Με τις οδηγίες αυτές είναι σαφής η προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων υλικών ή/ και η ανακύκλωση οργανικής ύλης προερχόμενης από συγκέντρωση ή/ και επεξεργασία αποβλήτων, ως συμβολή στην ελαχιστοποίηση των προς τελική διάθεση στερεών αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο ακόμη δεν έχουν εναρμονιστεί.
Οδηγία 28/2009/ΕΚ,	Νόμος 3468/2006 (ΦΕΚ	Ενσωμάτωση της

σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές	129Α/27.06.06) Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές & Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού & Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης, (τροποποιήθηκε από τους Ν.3734/2009, Ν.3851/2010, Ν.3889/2010.	ευρωπαϊκής στην εθνική νομοθεσία. Τίθενται στόχοι σε εθνικό επίπεδο συμπεριλαμβάνοντας και τα βιοαπόβλητα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, στο ευρύτερο πλαίσιο της βιομάζας.
--	---	--

Ωστόσο, δεν είναι δυνατόν να παραληφθεί η συγκροτημένη ιεράρχηση της διαχείρισης των απορριμμάτων προκειμένου να επιτευχθούν κατά σειρά προτεραιότητας οι στόχοι όπως αυτοί έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία.

## 1.2 Μέθοδοι διαχείρισης βιοαποβλήτων

Η αύξηση των παραγόμενων απορριμμάτων στα μεγάλα αστικά κέντρα αλλά και στις καθαρά εκβιομηχανισμένες περιοχές, τις τελευταίες δεκαετίες, οδήγησε στη ολοένα αυξανόμενη ανάγκη οργάνωσης της διαχείρισης και επεξεργασίας των αποβλήτων. Στην Ελλάδα, λόγω πολιτικών συγκυριών, η παρέμβαση της πολιτείας ξεκίνησε μόλις από τα μέσα της δεκαετίας του 60 κι άρχισε να βελτιστοποιείται η δράση της. Ωστόσο, μέχρι και σήμερα η κρατική και η δημοτική παρέμβαση χαρακτηρίζεται από έλλειψη σαφούς επίδρασης αλλά και έλλειψης της ευαισθητοποίησης της κοινής γνώμης σε θέματα που αφορούν την περιβαλλοντική συνείδηση. Γενικά, η ολοκληρωμένη διαχείριση βιοαποβλήτων σχετίζεται με τις παρακάτω ενέργειες όπως αυτές παρουσιάζονται ακολούθως.

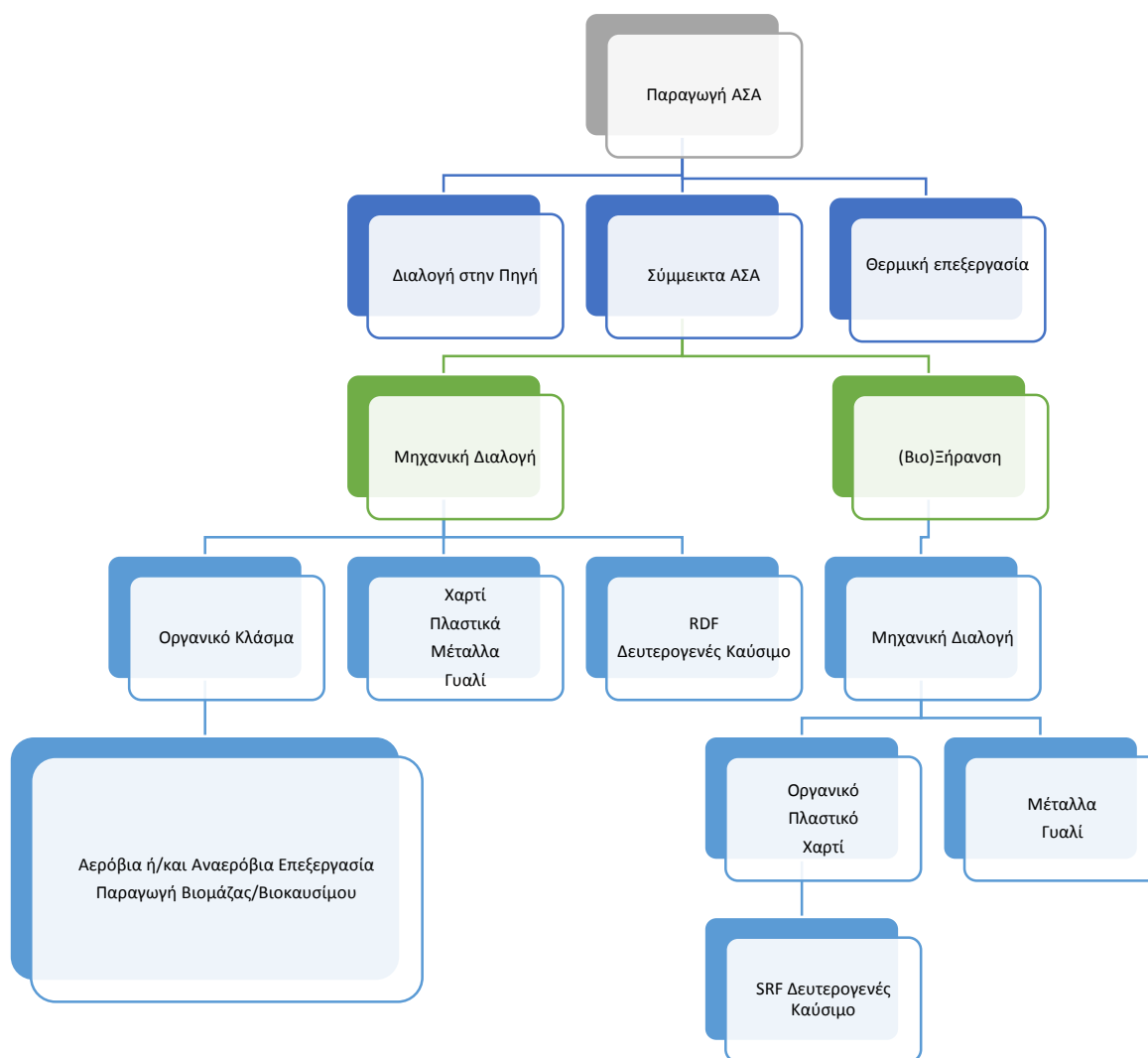


**Διάγραμμα 3: Τα κυριότερα στάδια του κύκλου διαχείρισης (Φελεσκούρα Χρ., 2004)**

Με τη βοήθεια, των επιταγών της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας, των μέσων και της τεχνογνωσίας που διατίθενται επιδιώκεται η σωστή διαχείριση των αστικών αποβλήτων.

Σημαντικές δράσεις στον τομέα αυτόν έχουν αναπτύξει ανεπτυγμένα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως η Σουηδία, η Δανία, η Γερμανία και η Αυστρία, καθώς και οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Ωστόσο, σε χώρες, όπου η πληθυσμιακή αύξηση είναι καταφανής, όπως είναι η Κίνα και η Ινδία υπάρχει μεγάλη αδυναμία των αρχών ν' αντιμετωπίσουν τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα συστήματα διαχείρισης των αστικών αποβλήτων όπως αυτά επικρατούν σήμερα σε παγκόσμιο επίπεδο. (TWINNING LIGHT PROJECT, 2012)



**Διάγραμμα 4:Ολοκληρωμένη διαχείριση ΑΣΑ (Δερματάς, 2013)**

### Διαλογή στην Πηγή

Η διαλογή στην πηγή αποτελεί ένα εναλλακτικό και συμπληρωματικό στάδιο στη συνολική διαχείριση των αποβλήτων με το οποίο επιτυγχάνεται η μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που οδηγείται για τελική διάθεση. Οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται η αποτελεσματικότητα και η λειτουργικότητα ενός προγράμματος ΔσΠ (Διαλογή στην Πηγή) είναι:

- ✚ Το είδος και η ποσότητα προς διαλογή-ανακύκλωση υλικών
- ✚ Η ποιότητα των ανακτώμενων υλικών
- ✚ Η ύπαρξη αγορών για την απρόσκοπτη απορρόφησή τους
- ✚ Η ευκολία υλοποίησης και το κόστος άλλων εναλλακτικών τεχνικών διαχείρισης των αστικών αποβλήτων που εφαρμόζονται στην υπό εξέταση περιοχή

Η διαλογή αυτή θα πρέπει να εφαρμοστεί σε περισσότερες περιοχές στη χώρα μας γιατί:

- ✓ Συμβάλλει στην αύξηση του βαθμού ανακύκλωσης των υλικών που απορρίπτονται.
- ✓ Είναι σύμφωνη με τις επιταγές της Ε.Ε. (Ευρωπαϊκή Ένωση) που αφορούν τη διαχείριση των αποβλήτων.

Αν και προβλέπεται στο σύνολο των περιφερειακών σχεδιασμών, η διαλογή στη πηγή του οργανικού κλάσματος δεν έχει εφαρμοστεί σε κάποια διαχειριστική ενότητα. Ορισμένοι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) έχουν αναλάβει πρωτοβουλίες (π.χ. δήμος Ελευσίνας) ώστε να εφαρμοστεί η διαλογή οργανικού κλάσματος, μέσω της χρήσης οικιακών κάδων κομποστοποίησης, ενώ ορισμένοι ΦοΣΔΑ (π.χ. ΕΣΔΚΑ) εφαρμόζουν προγράμματα για την ξεχωριστή συλλογή του έντυπου χαρτιού. Σε κάθε περίπτωση, η διαλογή στην πηγή θα πρέπει να επεκταθεί στη χώρα μας, καθώς αφενός μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αύξηση του βαθμού ανακύκλωσης των υλικών, αφετέρου είναι σύμφωνη με τις γενικές κατευθύνσεις της Ε.Ε. για τη διαχείριση των απορριμμάτων. (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων, 2012)

Με βάση το κριτήριο του τρόπου συλλογής από τις πηγές παραγωγής, τα συστήματα ΔσΠ διακρίνονται στα εξής:

- Συλλογή με κάδους
- Συλλογή πόρτα-πόρτα
- Κέντρα συλλογής
- Τράπεζες ανακύκλωσης
- Κέντρα αγοράς υλικών
- Κέντρα συλλογής υλικών
- Συνδυασμό των παραπάνω (Νταρακάς, 2014)

### **Συλλογή με τη μέθοδο «Πόρτα-πόρτα»**

Στην περίπτωση εφαρμογής της τεχνικής αυτής, οι κάτοικοι τοποθετούν στην πόρτα τους τα προς ανάκτηση υλικά προκαθορισμένες ημέρες, έτσι ώστε να συλλεχθούν από το προσωπικό τους φορέα που έχει την ευθύνη για την εφαρμογή του προγράμματος και να οδηγηθούν στον τελικό χρήστη.

Η συλλογή των υλικών γίνεται συνήθως σε εβδομαδιαία ή δεκαπενθήμερη βάση, καθώς η συχνή συλλογή και απομάκρυνσή τους ενισχύει το βαθμό συμμετοχής και αντιμετωπίζει το πρόβλημα του περιορισμένου χώρου προσωρινής αποθήκευσης των υλικών. Κατά την εφαρμογή του προγράμματος απαιτείται τα υλικά να είναι διαχωρισμένα. Η εφαρμογή ενός τέτοιου προγράμματος περιλαμβάνει μίσθωση προσωπικού, αγορά εξοπλισμού κι εξασφάλιση

αποθηκευτικού χώρου. Η περαιτέρω επεξεργασία των συλλεχθέντων υλικών εξαρτάται από τις προδιαγραφές της αγοράς, το απαιτούμενο κόστος και τον βαθμό προεπεξεργασίας τους από τους ίδιους τους κατοίκους. Η συλλογή «πόρτα-πόρτα» παρουσιάζει μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας από άλλα προγράμματα ΔσΠ, είναι όμως πιο αποτελεσματική ως προς το αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται.

Η συλλογή των οικιακών βιοαποβλήτων (BA) με αυτήν τη μέθοδο γίνεται συνήθως με κάδους, σάκους, δεξαμενές ή σκουπιδοφάγους οι οποίοι βρίσκονται τοποθετημένοι εντός ή εκτός της οικίας. Το μέγεθος και το είδος των αποθηκευτικών μέσων ποικίλει κάθε φορά και εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής, του πληθυσμού της, καθώς και των κοινωνικοοικονομικών δεδομένων ενός Δήμου. Επιπλέον, ο τύπος των κάδων που χρησιμοποιούνται κάθε φορά είναι άμεσα εξαρτώμενος από τον τύπο των οχημάτων που χρησιμοποιούνται για την αποκομιδή. Στην πλειοψηφία των χωρών παγκοσμίως η κύρια μέθοδος προσωρινής αποθήκευσης και συλλογής οικιακών BA που χρησιμοποιείται σήμερα είναι οι σακούλες και οι κάδοι. (Μουτσιόπουλος, 2013)

### **Συλλογή με κάδους**

Οι κάδοι είναι τοποθετημένοι σε κατάλληλα σημεία του εκάστοτε οικισμού. Η τοποθέτηση γίνεται σε συνδυασμό με το σύστημα προσωρινής αποθήκευσης και αποκομιδής των διαφορετικών κλασμάτων των απορριμμάτων.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνήθη είδη κάδων και σακούλας που χρησιμοποιούνται για την αποκομιδή οικιακών βιοαποβλήτων παγκοσμίως, καθώς επίσης και ο τύπος συλλογής που χρησιμοποιείται από το προσωπικό αποκομιδής και το μέρος εγκατάστασης αυτού στην οικία. (UCM, 2014)

**Πίνακας 3: Είδη αποθηκευτικών μέσων και συλλογής αυτών (TWINNING LIGHT PROJECT, 2012)**

Είδος αποθηκευτικού μέσου	Είδος συλλογής	Τοποθέτηση αποθηκευτικού μέσου	Επισημάνσεις
---------------------------	----------------	--------------------------------	--------------



	<u>Σάκοι Συλλογής</u> <b>30-80 lt</b>	Χειρωνακτικός	Εντός οικίας	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Βασικό συνθετικό υλικό είναι το πλαστικό</li> <li>✓ Αντοχή στην καταπόνηση</li> <li>✓ Χρήση και βιοδιασπώμενων σάκων</li> </ul>
	<u>Κάδος Συλλογής</u> <b>90-100 lt</b>	Μηχανικός	Εντός ή Εκτός οικίας	
	<u>Κάδος Συλλογής με Ρόδες</u> <b>80-360 lt</b>	Μηχανικός	Εντός ή Εκτός οικίας	
	<u>Κοντέινερ</u> <b>600-1700 lt</b>	Μηχανικός	Εντός (υπόγειο) ή Εκτός οικίας	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Κατασκευάζονται από πλαστικό ή μέταλλο</li> <li>✓ Μεγάλη χωρητικότητα</li> </ul>
	<u>Κουβάς Συλλογής με Σακούλα</u> <b>20-40 lt</b>	Χειρωνακτικός	Εντός ή Εκτός οικίας	
	<u>Κάδος με Ρόδες και Σακούλες</u> <b>120-240 lt</b>	Μηχανικός	Εντός ή Εκτός οικίας	

	<u>Σκουπιδοφάγος</u>	Μηχανικός	Εντός οικίας(κάτω ή πάνω από το νεροχύτη της κουζίνας)	✓ Σημαντική μείωση όγκου λόγω του τεμαχισμού.
---	----------------------	-----------	--	---

### Κέντρα συλλογής

Στα κέντρα συλλογής απορρίπτονται όλα τα κλάσματα των απορριμμάτων (ανακυκλώσιμα, σύμμεικτα ή υπολειπόμενα). Κατασκευάζονται έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος διασποράς στερεών ρύπων στο περιβάλλον. Είναι κατάλληλα για δύσβατες περιοχές από τα απορριμματοφόρα, όταν υπάρχει δυσκολία στη τοποθέτηση κάδων ή σε σημεία όπου η παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών λόγω μεγάλης βιοτεχνικής λειτουργίας είναι αυξημένη. Μπορεί, επίσης, να λειτουργήσει συμπληρωματικά με το σύστημα συλλογής πόρτα-πόρτα. (UCM, 2014)

### Τράπεζες ανακύκλωσης

Οι τράπεζες ανακύκλωσης ομοιάζουν με τα κέντρα συλλογής, ωστόσο αυτές δέχονται μόνο ανακυκλώσιμα υλικά. Μια τράπεζα ανακύκλωσης μπορεί να εξυπηρετήσει περίπου 300-800 κατοίκους συνυπολογίζοντας ταυτόχρονα, την πυκνότητα του πληθυσμού. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των εξυπηρετούμενων νοικοκυριών, τόσο πιο αυξημένη είναι η απόδοση των τραπεζών ανακύκλωσης. (UCM, 2014)

### Κέντρα αγοράς υλικών

Τα κέντρα αγοράς υλικών είναι στην ουσία ένα είδος επέκτασης των κέντρων συλλογής, ώστε η διαχείριση να έχει και κάποιο οικονομικό κίνητρο. Οι κάτοικοι μεταφέρουν εκεί τα απορρίμματά τους κι αμείβονται για τα μεταφερόμενα υλικά σε μικρότερη τιμή από αυτήν που το κέντρο αγοράς θα εισπράξει από τον τελικό αποδέκτη. (UCM, 2014)

### Κέντρα συλλογή υλικών

Τα κέντρα συλλογής υλικών κατασκευάζονται για να συγκεντρώσουν ανακυκλώσιμα υλικά, ογκώδη απορρίμματα, απόβλητα κήπου κι επικίνδυνα απόβλητα. Σ' αυτά είναι αυστηροί οι όροι αποδοχής και διάθεσης. Συνεπώς υπάρχει υπάλληλος επιστασίας ο οποίος ελέγχει το υλικό που εισέρχεται στο χώρο. (UCM, 2014)

## 1.3 Μέθοδοι συλλογής απορριμμάτων

### Χειρωνακτική συλλογή

Η χειρωνακτική συλλογή πραγματοποιείται με τη βοήθεια των εργατών αποκομιδής, χωρίς τη συμμετοχή κάποιου οδηγού σε απορριμματοφόρο. Στην προκειμένη περίπτωση δε μας απασχολεί αν το απορριμματοφόρο διαθέτει κάποιο μηχανισμό ειδικής επεξεργασίας και η φόρτωση γίνεται από το πίσω μέρος του.



**Εικόνα 1: Χειρωνακτική συλλογή απορριμμάτων (WORK SAFE, 2011)**

### **Μηχανική συλλογή**

Η μηχανική συλλογή διακρίνεται σε δύο επιμέρους, την ημιαυτόματη και την αυτόματη. Η λειτουργία της βασίζεται στη συλλογή απορριμμάτων από τα πεζοδρόμια από τυποποιημένους κάδους. Οι κάδοι αυτοί μεταφέρονται στο μπροστινό ή στο πλάγιο μέρος του οχήματος και με ειδικά σχεδιασμένο υδραυλικό σχεδιασμό εκκενώνεται το περιεχόμενό τους στο απορριμματοφόρο.

Η μηχανική συλλογή διακρίνεται από μεγάλη ευκολία στη χρήση κι από μειωμένη πιθανότητα ατυχήματος σε σχέση με τη χειρωνακτική συλλογή. Αυτό, άλλωστε, είναι αποδεδειγμένο από τα νούμερα των ατυχημάτων στους υπόλοιπους κλάδους των δημοτικών και κρατικών υπαλλήλων. (Karagiannidis, 2004)

**Πίνακας 4: Βασικές διαφορές ημιαυτόνομης και αυτόνομης συλλογής (SPIDER-Υπηρεσίες Περιβάλλοντος, 2014)**

ΗΜΙΑΥΤΟΝΟΜΗ ΣΥΛΛΟΓΗ	ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΣΥΛΛΟΓΗ
	
Απορριμματοφόρο όχημα με μηχανισμό πλάγιας φόρτωσης (side loader)	Απορριμματοφόρο εμπρόσθιας φόρτωσης (front loader)
Εργασία μόνο από τον οδηγό του απορριμματοφόρου	Εργασία μόνο από τον οδηγό του απορριμματοφόρου
Ειδικά τοποθετημένοι κάδοι δίπλα στο κράσπεδο του πεζοδρομίου (όχι μακρύτερα από 2 μέτρα)	Μεγάλα δοχεία, τοποθετημένα σε καθορισμένες θέσεις
Απαίτηση συνεργασίας των δημοτών	Απαίτηση συνεργασίας των δημοτών
Αύξηση της παραγωγικότητας μέχρι και 50%	Αποδοτικό σύστημα υπό συνθήκες

### Οχήματα αποκομιδής

Τα απορριμματοφόρα οχήματα, όπως ειπώθηκε παραπάνω, φορτώνουν είτε μηχανικά είτε χειρωνακτικά τους κάδους. Δύναται για την εκάστοτε εφαρμογή να είναι εφοδιασμένα με κάποιο μηχανισμό συμπίεσης (πρέσα ή μύλο), με μηχανισμό για την ανύψωση των κάδων και με μηχανισμό πλύσης των κάδων, σύστημα απολύμανσης όπως και περιορισμού σκόνης. Έτσι διακρίνονται σε:

- Ανοικτά
- Κλειστά
- Οπίσθιας φόρτωσης
- Πλάγιας φόρτωσης και
- Εμπρόσθιας φόρτωσης

Συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τα διάφορων τύπων οχήματα αποκομιδής. (Karagiannidis, 2004)

**Πίνακας 5:Είδη οχημάτων συλλογής και βασική περιγραφή αυτών (SPIDER-Υπηρεσίες Περιβάλλοντος, 2014)**

	Είδος οχήματος	Περιγραφή
	<i>Τύπου πρέσας</i>	Τα απορρίμματα ωθούνται στο εσωτερικό με τη βοήθεια της σιαγόνας που εκτελεί μια ημικυκλική κίνηση. Το όχημα αδειάζει με αντίστροφη κίνηση του εμβόλου.
	<i>Τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου-μύλου</i>	Τα απορρίμματα ωθούνται στο εσωτερικό και επιδέχονται συμπίεσης με ένα περιστρεφόμενο τύμπανο. Η εκκένωση γίνεται με την αντίστροφη κίνηση του τυμπάνου.
	<i>Μεσαίου κυβισμού</i>	Είναι τύπου πρέσας, διαθέτουν μηχανισμό ανύψωσης και η κατασκευή είναι ενιαία. Είναι κατάλληλα για δύσβατες οδούς. Έχουν τη δυνατότητα να εκκενωθούν απευθείας σε μεγαλύτερο απορριμματοφόρο όχημα.
	<i>Ανατρεπόμενα</i>	Διαθέτουν ανατρεπόμενη κιβωτάμαξα, που εκκενώνεται σε απορριμματοκιβώτιο ή στο χώρο διάθεσης. Χρησιμοποιούνται για την αποκομιδή ογκωδών



		αντικειμένων, αποβλήτων κατασκευών και κήπων.
	<i>Δορυφορικά</i>	Έχουν μικρές διαστάσεις. Ίσως διαθέτουν ανυψωτικό μηχανισμό. Μπορεί να διαθέτουν σύστημα συμπίεσης. Χρησιμοποιούνται για στενούς δρόμους και πεζόδρομους. Εκκενώνεται το περιεχόμενό τους σε μεγαλύτερα απορριμματοφόρα.

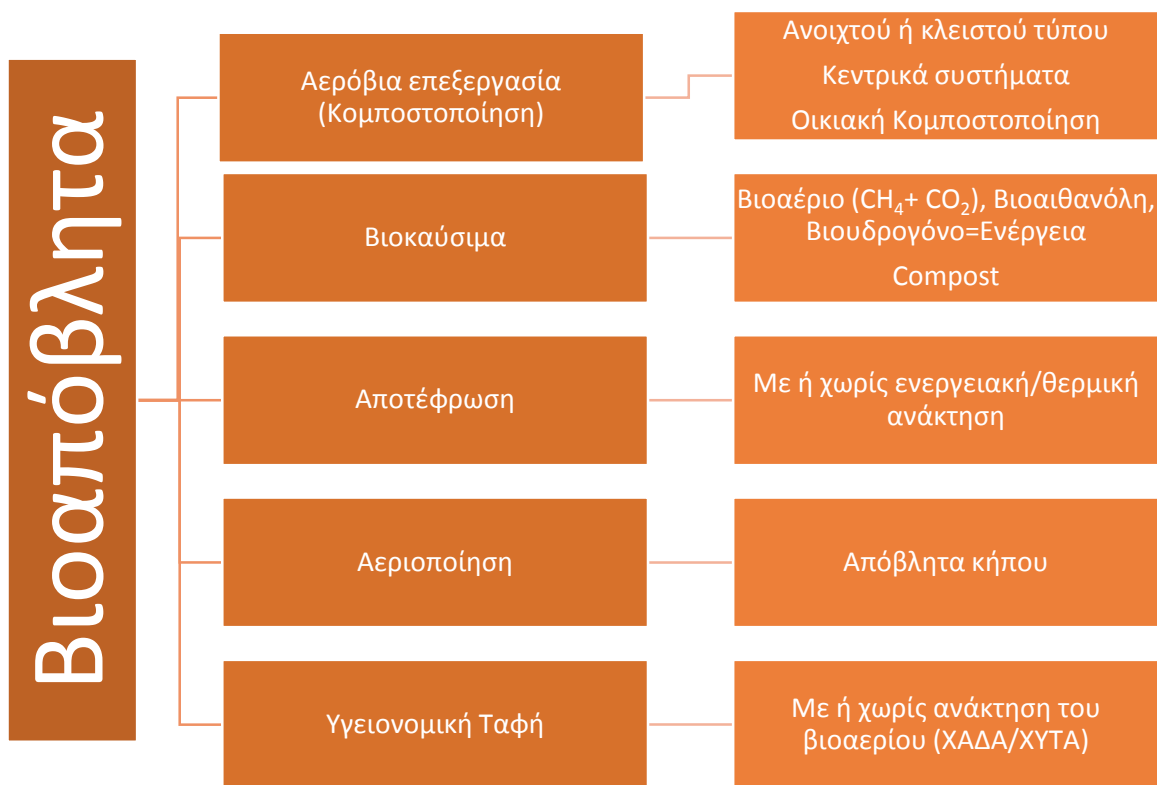
#### 1.4 Επεξεργασία στερεών αποβλήτων

##### Εισαγωγή

Οι βασικοί στόχοι της επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων είναι η μείωση του όγκου τους, ο περιορισμός των επικίνδυνων ιδιοτήτων που διαθέτουν, η διευκόλυνση της διακίνησής τους, όπως και η βελτιστοποίηση της ανάκτησης χρήσιμων υλικών που εμπεριέχονται σ' αυτά. Για την επίτευξη των στόχων αυτών έχουν αναπτυχθεί διάφορα είδη επεξεργασίας. Αυτά είναι τα παρακάτω:

- ✚ Διαλογή κι ανάκτηση διαφόρων υλικών,
- ✚ Θερμική επεξεργασία
- ✚ Βιολογική επεξεργασία.

Συγκεκριμένα τα βιοαπόβλητα υφίστανται τις μεθόδους επεξεργασίας και διάθεσης, όπως αυτές περιγράφονται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.



**Διάγραμμα 5: Μέθοδοι επεξεργασίας & διάθεσης βιοαποβλήτων (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων, 2012)**

## 1.5 Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας

### Εισαγωγή

Ο όρος «θερμική επεξεργασία» περιλαμβάνει κάθε διαδικασία μετατροπής αποβλήτων σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη αποδέσμευση θερμικής ενέργειας.

Οι βασικές τεχνικές θερμικής επεξεργασίας είναι οι ακόλουθες:

- Αποτέφρωση (καύση) (Incineration-Combustion): Αναπτύσσεται παρουσία είτε στοιχειομετρικής αναλογίας οξυγόνου είτε με περίσσεια οξυγόνου, έτσι ώστε να επιτευχθεί πλήρης οξείδωση του άνθρακα των οργανικών συστατικών προς διοξείδιο του άνθρακα.
- Πυρόλυση (Pyrolysis): Αναπτύσσεται απουσία οξυγόνου και λαμβάνει χώρα θερμική διάσπαση των οργανικών αποβλήτων.

- Αεριοποίηση (Gasification): Απαιτεί την τήρηση αυστηρών αναλογιών μεταξύ οργανικού άνθρακα των αποβλήτων και οξυγόνου, έτσι ώστε να επιτευχθεί ατελής καύση των οργανικών υλικών των αποβλήτων και να παραχθεί αέριο αποτελούμενο κυρίως από μονοξείδιο του άνθρακα, από υδρογόνο αλλά και αέριους υδρογονάνθρακες.
- Τεχνική πλάσματος: Υπό την επίδραση πολύ υψηλών θερμοκρασιών, το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αεριοποιείται και σχηματίζει αέριο σύνθεσης (μίγμα μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου) και απαέρια, ενώ το ανόργανο τμήμα υαλοποιείται. (Βαγενάς, 2011)

### **Αποτέφρωση**

Από την επεξεργασία των αποβλήτων προκύπτουν σύμμεικτα απόβλητα ή εναλλακτικά καύσιμα. Για τα συγκεκριμένα προϊόντα έχουν σχεδιαστεί μονάδες αποτέφρωσης. Κινούμενες εσχάρες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία σύμμεικτων αποβλήτων, ενώ για την αποτέφρωση επεξεργασμένων ρευμάτων αποβλήτων χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι συστημάτων καύσης.

Κατά τη διαδικασία της αποτέφρωσης, πέρα από τα τυπικά προϊόντα της καύσης, παράγονται ανάλογα με την ποιότητα των εισερχομένων αποβλήτων και άλλες ουσίες όπως είναι SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, HF, κ.λπ. Παραμένουν, επιπλέον, κάποια στερεά υπολείμματα (25-40% του βάρους των αποβλήτων στην είσοδο).

### **Διάκριση μονάδων αποτέφρωσης**

Ανάλογα με τον τύπο του συστήματος καύσης:

- Κινούμενων εσχάρων
- Περιστρεφόμενου κλιβάνου
- Ρευστοποιημένης κλίνης

Ανάλογα με το σύστημα ελέγχου της ρύπανσης:

- Υγρή/ξηρή επεξεργασία απαερίων
- Σακκόφιλτρα
- Ηλεκτροστατικά φίλτρα
- Πλυντρίδες κ.α. (Samuel, 1999)



**Πίνακας 6: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αποτέφρωσης (Samuel, 1999)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Επιτυγχάνεται μείωση του αρχικού όγκου κατά 70-80% και του αρχικού βάρους κατά 40%</li><li>• Επιτυγχάνεται παραγωγή ενέργειας από την ανάκτηση των παραγόμενων καυσαερίων, κάτι που εξυπηρετεί την επίλυση κάποιων ενεργειακών προβλημάτων του πλανήτη.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Αυξάνει την ατμοσφαιρική ρύπανση, ανάλογα με τη σύσταση των οικιακών απορριμμάτων.</li><li>• Το μεγάλο ποσοστό υγρασίας και η μικρή θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων απαιτούν την καύση μεγάλων αναλογικά ποσοτήτων πετρελαίου για να επιτευχθεί η καύση.</li></ul>

## Πυρόλυση

Η μέθοδος αυτή είναι πιο νέα σχετικά και η εφαρμογή της ξεκίνησε τα τελευταία 20-30 χρόνια όσον αφορά την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων. Δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδος θερμικής επεξεργασίας καθώς παρουσιάζει μειωμένη ενεργειακή απόδοση αλλά και μειωμένη οικονομική βιωσιμότητα. Παρότι στην Ευρώπη, η διάδοσή της παραμένει μικρή, σε χώρες, όπως είναι η Ιαπωνία, υπάρχουν αποδοτικές εγκαταστάσεις πυρόλυσης κάτι που μάλλον οφείλεται στο μικρό ποσοστό του οργανικού κλάσματος που παράγουν και κατά συνέπεια στο μικρό ποσοστό θερμογόνου δύναμης που εμπεριέχεται στα απόβλητα των χωρών αυτών.

Βασίζεται στο ότι το μεγαλύτερο μέρος των οργανικών ουσιών είναι θερμικά ασταθείς κι όταν θερμαίνονται απουσία οξυγόνου διαχωρίζονται μέσω ενός συνδυασμού θερμικής διάσπασης και συμπύκνωσης σε αέρια, υγρά και στερεά κλάσματα. Είναι ισχυρά ενδόθερμη διεργασία σε αντίθεση με την καύση και την αεριοποίηση και για να διεξαχθεί υπάρχει απαίτηση εξωτερικής πηγής ενέργειας.

Τρεις είναι οι βασικές παράμετροι της εφαρμογής της πυρόλυσης, η σύσταση των αποβλήτων, η θερμογόνος δύναμη και η περιεχόμενη υγρασία.

Τα κύρια προϊόντα είναι:

- Αέρια:  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  και διάφορα άλλα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων.
- Υγρά: Καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη) καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες.

- Στερεά: Σχεδόν καθαρός άνθρακας και τυχόν αδρανή υλικά που εμπεριέχονται στα
- στερεά απόβλητα. (Samuel, 1999) (Σκορδίλης, 1993)

**Πίνακας 7: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πυρόλυσης (Samuel, 1999)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η θερμοκρασία διάσπασης είναι πολύ χαμηλότερη από τη θερμοκρασία καύσης. Συνεπώς, είναι μικρότερη η θερμική καταπόνηση της μονάδας.</li> <li>• Η διάσπαση γίνεται σε αναγωγική ατμόσφαιρα κι όχι σε οξειδωτική όπως η καύση.</li> <li>• Η περιεκτικότητα της τέφρας σε άνθρακα είναι μεγαλύτερη απ' ότι στην καύση.</li> <li>• Τα μέταλλα δεν οξειδώνονται κατά την πυρόλυση, άρα είναι πιο εύκολα εμπορεύσιμα.</li> <li>• Το παραγόμενο αέριο αξιοποιείται σε άλλη εστία, ίσως και σε άλλο χώρο.</li> <li>• Από την καύση του αερίου της πυρόλυσης δεν παράγεται τέφρα και ο καθαρισμός των απαερίων είναι απλούστερος.</li> <li>• Ο αρχικός όγκος των απορριμμάτων μειώνεται περισσότερο απ' ότι στην καύση.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απαιτείται τεμαχισμός και διαχωρισμός των απορριμμάτων πριν τη πυρόλυση, κάτι που συνεπάγεται υψηλό κόστος για την εγκατάσταση και τη λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας.</li> <li>• Η συνεχής χρήση βοηθητικού καυσίμου για να γίνει η πυρόλυση, δρα σαν ανασταλτικός παράγοντας.</li> <li>• Τα παράγωγα της πυρόλυσης έχουν πολλαπλά προβλήματα κι άρα δεν μπορούν να διατεθούν στο περιβάλλον ως έχουν.</li> <li>• Οι εγκαταστάσεις καθαρισμού των αερίων και των υγρών αποβλήτων απαιτούν μεγάλο κόστος.</li> </ul>

## Αεριοποίηση

Αυτή η μέθοδος θερμικής επεξεργασίας μετατρέπει το οργανικό κλάσμα σ' ένα μίγμα καυσίμων αερίων μέσω μερικής οξείδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες.

Κατά την αεριοποίηση παράγεται αέριο πλούσιο σε CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> και κορεσμένους υδρογονάνθρακες το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Επίσης παράγεται υγρό υπόλειμμα που ομοιάζει με το υγρό κλάσμα που παράγεται κατά τη μέθοδο της πυρόλυσης. Τέλος παράγεται στερεό υπόλειμμα που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή.

Η διεργασία παρουσιάζει πολλές ομοιότητες, λοιπόν, με την πυρόλυση. Ωστόσο, έχουν μια βασική διαφορά μεταξύ τους οι δύο αυτές εφαρμογές. Κατά την αεριοποίηση δε χρησιμοποιείται κάποια εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης και χρησιμοποιεί πρόσθετο αέριο καύσιμο, για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα. Για τη πραγματοποίηση της διεργασίας της αεριοποίησης χρησιμοποιείται ενέργεια που παράγεται με την καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης. (Σκορδίλης, 1993)

**Πίνακας 8: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αεριοποίησης (Samuel, 1999)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελαχιστοποιείται η περιβαλλοντική μόλυνση που σχετίζεται με τη χρήση βιομάζας.</li> <li>• Ο ειδικός όγκος του αερίου καυσίμου που παράγεται κατά την αεριοποίηση είναι σημαντικά μικρότερος από το συνολικό όγκο των καυσαερίων που παράγεται κατά την άμεση καύση.</li> <li>• Η ποιότητα του αερίου προϊόντος μπορεί να κυμαίνεται μέσα σε μεγάλο εύρος ποιότητας, από τους απλούστερους αεριοποιητές που παράγουν υγρό αέριο με υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου και πίσσας μέχρι εξαιρετικά προηγμένες διεργασίες αεριοποίησης που παράγουν αέριο σύνθεσης που θα χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή αναβαθμισμένων χημικών προϊόντων.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η επένδυση και το λειτουργικό κόστος του αεριοποιητή δεν αντικαθιστά το κόστος επένδυσης και λειτουργίας για την εγκατάσταση καύσης, αλλά είναι πρόσθετο σε αυτό.</li> <li>• Οι απώλειες τείνουν να είναι αντιστρόφως ανάλογες της κλίμακας. Άρα για να κρατηθούν χαμηλά οι απώλειες, πρέπει η κλίμακα να είναι μεγάλη.</li> </ul>

### Τεχνική Πλάσματος

Ύστερα από μακροχρόνιες έρευνες για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων της αεριοποίησης ανακαλύφθηκε η μέθοδος της αεριοποίησης με την τεχνική πλάσματος. Αυτή αποτελεί και την πιο σύγχρονη τεχνολογία επεξεργασίας απορριμμάτων. Το πλάσμα χρησιμοποιούνταν ήδη στη βιομηχανία για χημικές αναλύσεις αλλά και στη μεταλλουργία. Πλέον αποτελεί και μέρος της ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων.

Με την εφαρμογή της τεχνικής αυτής, επιτυγχάνεται επεξεργασία των απορριμμάτων και παράγεται αέριο σύνθεσης (καύσιμο αέριο) και αδρανές υαλώδες στερεό υπόλειμμα. Το αέριο σύνθεσης δύναται να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές αερίου προς ενεργειακή εκμετάλλευση ενώ το αδρανές υαλώδες στερεό υπόλειμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οικοδομικό υλικό επικάλυψης ή προωθείται σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).

Η θερμική αυτή διεργασία περιγράφεται στα παρακάτω βήματα:

- Τα απόβλητα έρχονται σε άμεση επαφή με θερμό αέρα και ξηραίνονται.
- Η ξηρή τροφοδοσία εισέρχεται στον αεριοποιητή πλάσματος από την κορυφή μέσω συστήματος αεροστεγούς τροφοδότησης. Τις περισσότερες φορές υπάρχει και δευτερεύον στάδιο αεριοποίησης πλάσματος.
- Γίνεται αεριοποίηση και υαλοποίηση στην κάμινο και το αέριο σύνθεσης εξέρχεται από την κορυφή ενώ το τηγμένο ανόργανο υλικό από τον πυθμένα του αντιδραστήρα.
- Τα στερεά σωματίδια που εμπεριέχονται στο αέριο σύνθεσης κατακρατούνται σε ειδικό κυκλώνα. Ακολουθεί ψύξη μέσω εναλλάκτη θερμότητας, θάλαμος ψεκασμού με νερό και διάταξη venture.
- Απομακρύνονται τα μικρομερή σωματίδια από το αέριο σύνθεσης με ειδικό σύστημα που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα.
- Απομακρύνονται τα όξινα αέρια μέσω πύργου με πληρωτικό υλικό σε αντιρροή με διάλυμα NaOH.
- Απομάκρυνση υδρόθειου μέσω στήλης με δίσκους.
- Τέλος, το προϊόν αξιοποιείται ενεργειακά και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Για την τεχνική πλάσματος χρησιμοποιούνται τα δύο παρακάτω είδη αντιδραστήρα.

- ✓ Αεριοποιητής κινούμενης κλίνης (χρησιμοποιείται ευρέως-λειτουργεί κατά αντιρροή και ομορροή)
- ✓ Αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης (Νικολάου, 2010)

**Πίνακας 9:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τεχνικής πλάσματος (Νικολάου, 2010)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Είναι φιλική διεργασία προς το περιβάλλον.</li><li>• Προκύπτει καλή ανάκτηση ενέργειας.</li><li>• Υπάρχει δυνατότητα διάθεσης και διακίνησης του αερίου σύνθεσης.</li><li>• Είναι κατάλληλη για μεγέλ ποικιλία αποβλήτων πλούσιων σε ποσοστό ανόργανων συστατικών και φτωχών σε θερμιδική αξία.</li><li>• Απαιτείται μικρός χώρος εγκατάστασης.</li><li>• Παράγονται λιγότερα καυσαέρια και ρυπογόνες ουσίες σε σχέση με άλλες τεχνικές.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Η τεχνολογία αυτή είναι ακόμα σε πολύ πρώιμο στάδιο.</li><li>• Δεν έχει χρησιμοποιηθεί ακόμα σε σύμμεικτα αστικά απόβλητα.</li><li>• Σήμερα υπάρχουν μόνο λίγες και περιορισμένης δυναμικότητας μονάδες σε λειτουργία.</li><li>• Το κόστος κατασκευής και βιωσιμότητας μιας τέτοιας μονάδας είναι πολύ υψηλό.</li></ul>

## **Βιολογική επεξεργασία**

### **Γενικά**

Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας δύνανται να εφαρμοστούν σε απόβλητα που μπορούν να δεχτούν τέτοιου είδους επεξεργασία, δηλαδή βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα.

Σε αυτή την κατηγορία αποβλήτων ανήκουν τα παρακάτω.

- ✚ Αγροτικά απόβλητα και υπολείμματα (κοπριές, φυτικά υπολείμματα καλλιεργειών κ.λπ.).
- ✚ Στερεά απόβλητα και λάσπες από βιομηχανίες τροφίμων.
- ✚ Ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων.
- ✚ Βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων.

### **Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία (Κομποστοποίηση)**

Η αερόβια βιολογική επεξεργασία βασίζεται στη δράση μικροοργανισμών. Με τη δράση αυτών, διασπώνται οι οργανικές ενώσεις που βρίσκονται στο υλικό. Έτσι το τελικό προϊόν αποτελείται από τη νέα κυτταρική μάζα, δηλαδή ένα σταθεροποιημένο στερεό υλικό, το compost, το οποίο δύναται να χρησιμοποιηθεί ως μέσο βελτίωσης του εδάφους στον τομέα της γεωργίας ή και για άλλες χρήσεις. Παράλληλα με τη μάζα αυτή παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα.

Σημαντικές λειτουργικές παράμετροι κομποστοποίησης είναι:

- η θερμοκρασία, η οποία κυμαίνεται από 55°C έως 75°C,

- ο αερισμός
- τα θρεπτικά συστατικά
- το διάστημα μικροβιολογικών διαδικασιών (2-8 εβδομάδες)
- Και το διάστημα χουμοποίησης (ωρίμανσης) compost (3-6 μήνες)

Σε μικρό χρονικό διάστημα απομακρύνεται το νερό που περιέχεται στα απόβλητα, περίπου δύο εβδομάδες, με την ανάπτυξη βιοθερμικής ενέργειας. Ιδιαζούσης σημασίας είναι ο βαθμός ομογενοποίησης των βιοαποβλήτων που εισέρχονται στους ξηραντήρες, αφού επηρεάζει άμεσα την εφαρμογή και τη πορεία της μεθόδου. (Κανακόπουλος, 2011)

**Πίνακας 10: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κομποστοποίησης (Κανακόπουλος, 2011)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Είναι απλή μέθοδος.</li> <li>• Είναι πιο οικονομική συγκρινόμενη με την αναερόβια διεργασία.</li> <li>• Συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής και στη μείωση κατανάλωσης λιπασμάτων.</li> <li>• Δίνει περιθώρια εφαρμογής στην ανακύκλωση.</li> <li>• Είναι μια σχετικά αποδεκτή μονάδα όσον αφορά τις περιβαλλοντικές δυσεπιπτώσεις.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απαιτεί μεγάλη εγκατάσταση</li> <li>• Οι δυσσομίες που αναδύει είναι εξαιρετικά ρυπογόνες.</li> <li>• Τα υγρά απόβλητα που παράγονται είναι επιμολυμένα.</li> <li>• Η παραγωγή μεθανίου είναι ανεξέλεγκτη.</li> <li>• Η κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται είναι μεγάλη.</li> </ul>

### **Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία**

Η τεχνική της αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας (ζύμωσης) γίνεται κυρίως η επεξεργασία των κτηνοτροφικών και αγροτικών αποβλήτων, της λύσος των βιολογικών καθαρισμών όπως και του οργανικού κλάσματος των βιοαποδομήσιμων υλικών των αστικών αποβλήτων. Κατά τη διεργασία αυτή αποδομούνται οι οργανικές ουσίες με τη βοήθεια μικροοργανισμών απουσία οξυγόνου και παράγεται σταθεροποιημένο οργανικό υλικό, διοξείδιο του άνθρακα και αέριο υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο. Όταν η αναερόβια χώνευση εφαρμόζεται σε βιοαπόβλητα από διαλογή στην πηγή μπορεί να οδηγήσει σε compost καλής ποιότητας.

Οι λειτουργικές παράμετροι της αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας είναι οι εξής:

- Τα υγρά συστήματα έχουν περιεκτικότητα σε υγρασία μεγαλύτερη από 85%.
- Τα ξηρά συστήματα έχουν περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 80%.
- Θερμοκρασία (30-40°C) ή (50-60°C)

- Η διάρκεια διαδικασίας είναι 25-30 ημέρες.

Η διαδικασία της μεθόδου ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

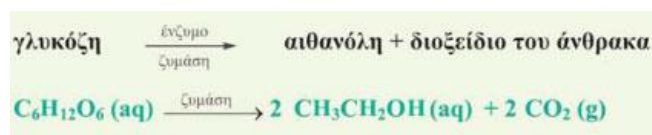
- Προεπεξεργασία των αποβλήτων
- Αναερόβια χώνευση (παραγωγή βιοαερίου και υπολείμματος)
- Αφαίρεση υγρασίας από το υπόλειμμα
- Αερόβια σταθεροποίηση υπολείμματος
- Διάθεση των υπολειμμάτων (Κουσαχείλης, 2009)

**Πίνακας 11: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας (Κουσαχείλης, 2009)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απαιτεί μικρή έκταση σε σχέση με την κομποστοποίηση.</li> <li>• Η ρύπανση μέσω δυσσομιών λόγω της καύσης του βιοαερίου είναι μειωμένη.</li> <li>• Παράγει ενέργεια.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Είναι σύνθετη μέθοδος.</li> <li>• Είναι ακριβή μέθοδος.</li> <li>• Απαιτεί υψηλό σύστημα αντιρρύπανσης για υγρά απόβλητα.</li> </ul>

### Αλκοολική Ζύμωση

Η αλκοολική ζύμωση είναι μία ευρέως γνωστή διεργασία από την αρχαιότητα ακόμα, κατά την οποία διασπάται η γλυκόζη και προκύπτει αιθανόλη. Η διαδικασία περιγράφεται συνοπτικά από την παρακάτω αντίδραση.

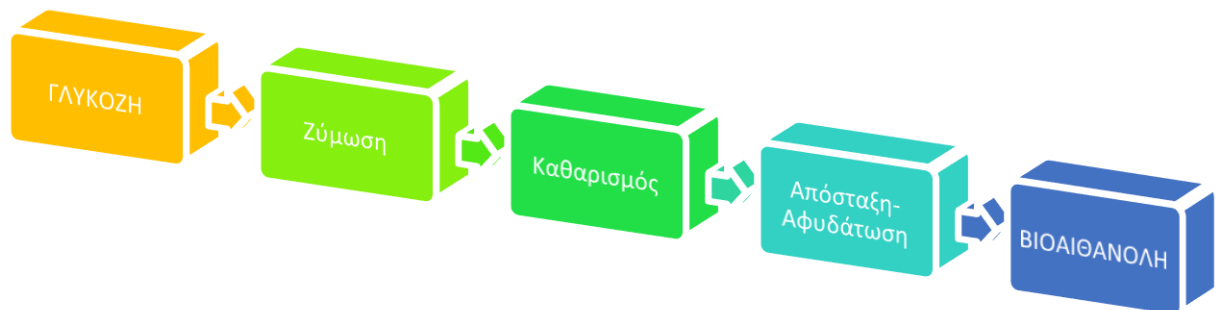


Στη συνήθη διεργασία χρησιμοποιούνται σακχαρομύκητες, οι οποίοι εμπεριέχονται σε κάποια ζύμη. Οι υδατάνθρακες δύνανται να διασπαστούν σε ζυμώσιμα σάκχαρα κι εν συνεχεία να ζυμωθούν και να προκύψει ως τελικό προϊόν την αιθανόλη. Συνεπώς, μπορούμε να λάβουμε αιθανόλη από άμυλο, ξύλο, άχυρο κ.λπ.

Η διαδικασία αυτή είναι δυνατόν να επιτευχθεί είτε ασυνεχώς (Batch Process), είτε ημισυνεχώς (Semi-Continuous Process), είτε συνεχώς (Continuous Process). Ωστόσο, ο πρώτος τρόπος είναι ο συνηθέστερος, παρά το ότι σε μια συνεχή διαδικασία η απόδοση είναι αυξημένη κατά 1-2% και ο χρόνος παραγωγής αντίστοιχης ποσότητας είναι μικρότερος. Προτιμάται η ασυνεχής διεργασία, όμως, διότι είναι σαφώς απλούστερη και δεν απαιτεί διαδικασία

αποστείρωσης της ζύμης όπως γίνεται στη συνεχή, όπου οι συνέπειες τυχούσας μόλυνσης είναι σαφώς σοβαρότερες.

Το pH του διαλύματος που προορίζεται για ζύμωση πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 4 και 5. Η οξύτητα μειώνεται με προσθήκη  $\text{NH}_3$ . Κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας στο διάλυμα, η οποία πρέπει να διατηρηθεί στους 30-32°C. Αυτό γίνεται εφικτό με τρεις τρόπους, την εξάτμιση ποσότητας νερού, τη διαφυγή του  $\text{CO}_2$  και με εναλλάκτη θερμότητας. Σε πολύ θερμά κλίματα απαιτείται ψύξη και με τεχνητά μέσα. (BIOWASTE, 2011)



**Διάγραμμα 6: Παραγωγή βιοαιθανόλης (BIOWASTE, 2011)**

Η παραγωγή αιθανόλης από άμυλο δεν είναι τόσο απλή όσο είναι η ζύμωση των σακχάρων. Αυτό συμβαίνει, διότι η ζύμωση του αμύλου απαιτεί τη διάσπαση αυτού σε ζυμώσιμα σάκχαρα. Μετά τη διάσπαση του αμύλου ακολουθούν τα στάδια που περιγράφουν και την αντίστοιχη διαδικασία των σακχαρούχων διαλυμάτων.



**Πίνακας 12: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αλκοολικής ζύμωσης (BIOWASTE, 2011)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Έχουμε μόνο μικρή απώλεια ενέργειας.</li><li>• Μέρος της ζύμης που προέρχεται από ειδικό διαχωριστή επανενεργοποιείται με προσθήκη <math>H_2SO_4</math>.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Υπάρχει ενδεχόμενο μόλυνσης της ζύμης.</li><li>• Η ζύμωση σταματά, όταν η συγκέντρωση της αιθανόλης φτάσει στο 9-10%.</li><li>• Στη χώρα μας θα μπορούσε να παραχθεί οινόπνευμα από το άμυλο πατάτας, αλλά η ανταγωνιστική χρήση προς βρώση δεν αφήνει περιθώρια για τέτοια χρήση.</li></ul>

### **Χημική Αναγωγή**

Κατά τη χημική αναγωγή, η βιομάζα μετατρέπεται σε χρήσιμο υγρό καύσιμο ή σε υποκατάστατο φυσικού αερίου (Substitute Natural Gas=SNG). Η διεργασία αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση:

- ✓ αλκαλικών καταλυτών (π.χ.  $Na_2CO_3$ ),
- ✓ ατμό σε θερμοκρασία 300-400°C,
- ✓ η πίεση να είναι 14-28\*106 N/m,
- ✓ η πρώτη ύλη να περιέχει περίπου 85% νερό,
- ✓ ισχυρή ανάδευση.

Η διεργασία που οδηγεί στο τελικό προϊόν δεν έχει διευκρινιστεί ακόμα πλήρως, ωστόσο γνωρίζουμε ότι με τις συνθήκες της αντίδρασης προκύπτει υδρογόνο. Αυτό με τη σειρά του ανάγει του υδατάνθρακες σε υδρογονάνθρακες. (BIOWASTE, 2011)

**Πίνακας 13: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χημικής αναγωγής (BIOWASTE, 2011)**

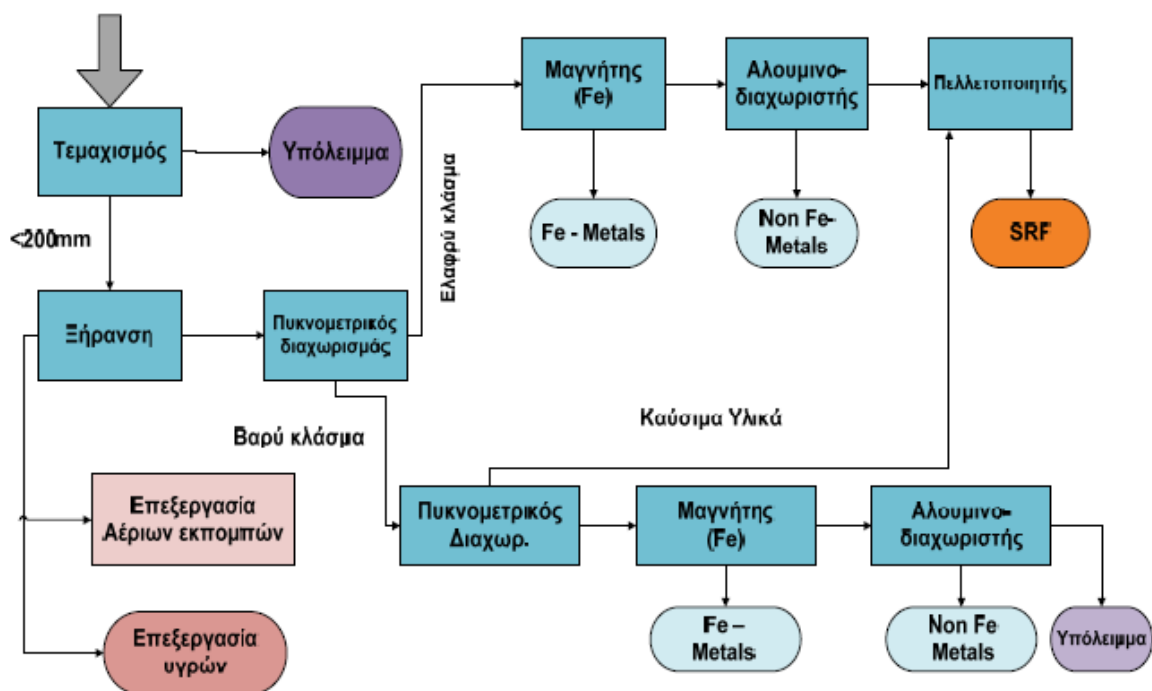
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Τόσο η κυτταρίνη όσο και η λιγνίνη που περιέχονται στους ξυλώδεις ιστούς μπορούν να τεθούν σε επεξεργασία.</li><li>• Είναι δεκτές ακόμα και οι τοξικές ουσίες, πράγμασημαντικό για τη διαχείριση των αποβλήτων.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Η μέθοδος αυτή δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη.</li></ul>

### **Βιοξήρανση**

Η βιολογική ξήρανση αποτελεί μια παραλλαγή της γενικότερης μεθόδου μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας (MBE) που αναφέρθηκε παραπάνω. Η διαφορά της παραλλαγής αυτής είναι ότι στην προκειμένη περίπτωση προηγείται η βιολογική επεξεργασία της μηχανικής. Με τον τρόπο αυτό παράγεται καλής ποιότητας καύσιμο.

Η διαδικασία αυτή αποτελείται από δύο επιμέρους επεξεργασίες:

- i. Αερόβια επεξεργασία αποβλήτων: Επιτελείται η αποδόμηση των αποβλήτων με τη βοήθεια οξυγόνου, αλλά δε γίνεται προσθήκη νερού στα απόβλητα όπως συμβαίνει στην κλασική κομποστοποίηση. Αντιθέτως η υγρασία που περιέχεται στα απόβλητα ελαττώνεται όσο προχωράει η δράση των μικροοργανισμών. Κατά συνέπεια αποδομείται κατά κύριο λόγο το πτητικό, ζυμώσιμο μέρος των αποβλήτων, ενώ διατηρείται σημαντικό μέρος του βιολογικού τους περιεχομένου. Η εξάτμιση του περιεχόμενου νερού καθιστά το υλικό πλούσιο σε θερμογόνο δύναμη. Επίσης, με τη διαδικασία αυτή μειώνεται η μάζα των αποβλήτων κατά 24-30%. Έτσι, προκύπτει υλικό απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και δεν δημιουργούνται προβλήματα οσμών κατά την αποθήκευση ή τη μεταφορά. Αν χρειάζεται ή αν είναι επιθυμητό, επιδέχεται επιπλέον επεξεργασίας ή οδηγείται προς ταφή.
- ii. Μηχανική επεξεργασία: Βελτιώνει τη σύσταση του υλικού που προέκυψε από τη βιοξήρανση. Αυτό επιτυγχάνεται με την απομάκρυνση μετάλλων και τη βελτίωση της κοκκομετρίας. Προκύπτει, λοιπόν, SRF (Solid Recovered Fuel) , το οποίο χρησιμοποιείται κατά βούληση. Ανάλογα με την ποιότητα του SRF που θέλουμε να επιτύχουμε, προβλέπεται και ο κατάλληλος μηχανολογικός εξοπλισμός.



Διάγραμμα 7: Τυπικό διάγραμμα ροής βιολογικής ξήρανσης (Βασιλεία, 2009)

### Μηχανική-Βιολογική επεξεργασία

Μια μονάδα μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας (M.B.E) δύναται να επεξεργαστεί όχι μόνο σύμμεικτα αστικά απόβλητα, αλλά και επιλεγμένα ρεύματα ώστε να παραχθούν ανακυκλώσιμα υλικά. Αναλόγως το είδος της εγκατάστασης, δύναται να δώσει ως τελικό προϊόν RDF(Refused Derived Fuel), SRF, Compost.

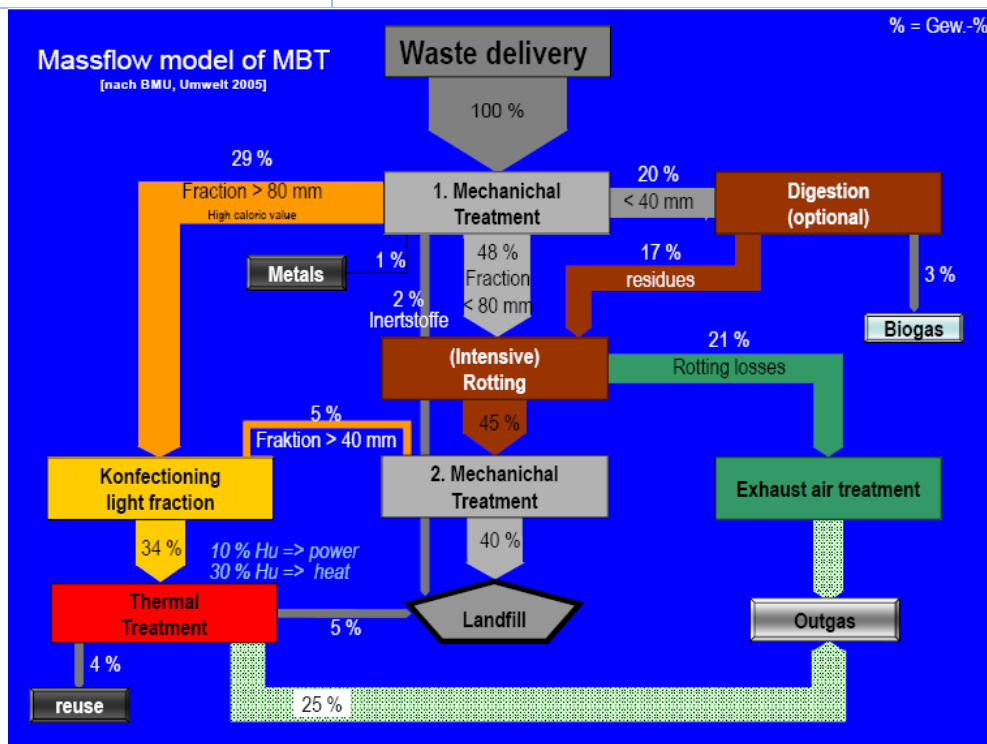
Τα στάδια που διακρίνουν τη μέθοδο αυτή είναι τρία.

- 1) Διαχωρισμός υλικών
- 2) Βιολογική επεξεργασία-σταθεροποίηση, μείωση του όγκου των αποβλήτων
- 3) Παραγωγή προϊόντων (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων, 2012)

Πίνακας 14: Υπάρχουσες τεχνολογίες βιοξήρανσης και τα εκάστοτε προϊόντα τους (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων, 2012)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ
Μηχανική επεξεργασία+ Αερόβια κομποστοποίηση	Ανακυκλώσιμα ή/και RDF (Refused Derived Fuel) Βιοσταθεροποιημένο υλικό (compost) για κάλυψη Χ.Υ.Τ.Α. ή αποκατάσταση εδαφών
Μηχανική επεξεργασία+ Αναερόβια χώνευση	Ανακυκλώσιμα ή/και RDF Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας Βιοσταθεροποιημένα απορρίμματα

Μηχανική επεξεργασία+	Ανακυκλώσιμα ή/και RDF
Αναερόβια χώνευση+	Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας
Αερόβια κομποστοποίηση	Υλικό για αποκατάσταση εδαφών
Μηχανική επεξεργασία+	Ανακυκλώσιμα (μέταλλα)
Βιολογική ξήρανση	SRF (Solid Recovered Fuel)



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα ροής Μηχανικής-Βιολογικής επεξεργασίας ΑΣΑ

(Wiedemann, 2005)

### Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων

Βάση της ιεράρχησης της διαχείρισης των αποβλήτων που έχει αναφερθεί, η υγειονομική ταφή αποτελεί την έσχατη λύση. Ωστόσο, μέχρι σήμερα, είναι ο τρόπος διαχείρισης των βιοαποβλήτων που επικρατεί σε ευρωπαϊκό κι εθνικό επίπεδο. Για το λόγο αυτό έχουν θεσπιστεί κοινοτικές οδηγίες προς αποφυγή σημαντικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την παραγωγή μεθανίου και λυμάτων. Με βάση τις οδηγίες αυτές κατασκευάζονται και λειτουργούν οι χώροι υγειονομικής ταφής.



**Εικόνα 2: Χώρος υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων (Χ.Υ.Τ.Α.)**

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται ορισμένα από τα κριτήρια καταλληλότητας κι οι αντίστοιχες αποστάσεις από την αναφερόμενη περιοχή σε μέτρα. (Σκορδίλης, Τεχνολογίες διάθεσης απορριμμάτων, 1993)

**Πίνακας 15: Κριτήρια καταλληλότητας και οι αντίστοιχες αποστάσεις από την αναφερόμενη περιοχή (BIOWASTE, 2011)**

<b>Κριτήριο</b>	<b>Αποστάσεις από αναφερόμενη περιοχή(μ)</b>
<b>Αστικές περιοχές (οικισμοί και στρατόπεδα)</b>	500
<b>Αεροδρόμια</b>	3000
<b>Σημεία υδροληψίας από υπόγεια νερά (πηγές, πηγάδια)</b>	500
<b>Επιφανειακά νερά</b>	500 (από σημεία υψηλών ποσοτήτων επιφανειακού νερού) και πλήρης αποκλεισμός εντός υγροτόπων
<b>Οικολογικά ευαίσθητες περιοχές</b>	500 από υγροτόπους και εντός περιοχών που έχουν χαρακτηριστεί ως «NATOPRA 2000»
<b>Αρχαιολογικές περιοχές και μελλοντικά θεσμοθετημένες αρχαιολογικές περιοχές</b>	Πλήρης αποκλεισμός εντός των ορίων αυτών
<b>Ζώνες ανάπτυξης</b>	Πλήρης αποκλεισμός εντός των ορίων αυτών
<b>Φυσικά σημεία και πάρκα</b>	500

<b>Υδρογεωλογία</b>	Αποκλείονται καταρχάς οι περιοχές με υψηλή και μέτρια υδροπερατότητα καθώς και τα γεωθερμικά πεδία
<b>Φυσική βλάστηση</b>	Αποκλείονται περιοχές υπό αναδάσωση, δάση καρυδιάς, βελανιδιάς και κωνοφόρων, καλλιεργήσιμη γη, υγρότοποι
<b>Καλλιέργειες</b>	Αποκλείεται καλλιεργήσιμη γη, 500 από αρδευόμενες περιοχές και από λεκάνες πλημμύρας (100 ετών)

**Πίνακας 16:Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Χ.Υ.Τ.Α (Σκορδίλης, 1993)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Έχει μικρό κόστος κατασκευής.</li> <li>• Η τεχνολογία που απαιτείται είναι σχετικώς εύκολη.</li> <li>• Παράγεται βιοαέριο.</li> <li>• Ο χώρος επαναχρησιμοποιείται μετά την πλήρωση.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Παράγεται μεθάνιο (εφόσον δεν καίγεται το βιοαέριο).</li> <li>• Παράγεται CO<sub>2</sub> (εφόσον καίγεται το βιοαέριο).</li> <li>• Η εύρεση χώρου Χ.Υ.Τ.Α. είναι δύσκολη.</li> <li>• Το κόστος μεταφοράς είναι υψηλό.</li> <li>• Καταλαμβάνει μεγάλη έκταση.</li> <li>• Δημιουργείται ισχυρή κοινωνική αντίδραση.</li> <li>• Το κόστος λειτουργίας είναι μεγάλο.</li> </ul>

## 1.6 Ξήρανση

Για να επιτευχθεί μία οποιαδήποτε μέθοδος ξήρανσης πρέπει να ικανοποιούνται τρεις βασικές απαιτήσεις. Να υπάρχουν:

- I. Πηγή θέρμανσης.
- II. Μέθοδος απομάκρυνσης του εξατμιζόμενου νερού.
- III. Μορφή ανάδευσης ώστε να εκτίθεται διαρκώς νέο υλικό προς ξήρανση.

Το πώς ικανοποιούνται οι απαιτήσεις αυτές σε κάθε τύπο ξηραντήρα αποτελεί και το σημαντικότερο σημείο διαφοροποίησή τους.

## Τύποι Ξηραντήρων

Οι ξηραντήρες μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Ο διαχωρισμός αυτός βασίζεται στο πώς παρέχεται θερμότητα ώστε να προκληθεί ξήρανση. Στους άμεσους ξηραντήρες, το υλικό θερμαίνεται ερχόμενο σε άμεση επαφή με θερμό αέρα ή ατμό και προκύπτει η ξήρανση. Με την έμμεση ξήρανση, το προς ξήρανση υλικό διαχωρίζεται από την πηγή θερμότητας με μία επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας. Ένα σημαντικό επακόλουθο της έμμεσης ξήρανσης είναι ότι είναι δυνατή η ανάκτηση της λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης του νερού, επειδή οι υδρατμοί δεν αραιώνονται με τον αέρα. Αυτό μπορεί να γίνει με δημιουργία κενού στο υλικό, όπως είναι η ξήρανση και συμπύκνωση του ατμού του νερού πριν από την αντλία κενού, ή αν ο ξηραντήρας λειτουργεί σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία, το νερό εξατμίζεται σε μία ανυψωμένη πίεση.

Οι άμεσα θερμαινόμενοι ξηραντήρες μπορούν να διαιρεθούν περαιτέρω σε δύο κατηγορίες: ξηραντήρες αέρα και ξηραντήρες υπέρθερμου ατμού. Στους ξηραντήρες αέρα, ο θερμός αέρας έρχεται σε επαφή με το υλικό που πρόκειται να ξηραθεί. Ο αέρας χάνει την αισθητή του θερμότητα και παρέχει την λανθάνουσα θερμότητα της εξάτμισης για να στεγνώσει το υλικό. Ο αέρας αφαιρεί επίσης τον υδρατμό που εξατμίζεται. Το υλικό μπορεί να αναδεύεται με κάποια μηχανικά μέσα ή με τον ρέοντα αέρα.

Στους ξηραντήρες υπέρθερμου ατμού, το ρευστό θέρμανσης είναι ατμός και όχι αέρας, αλλά η ιδέα είναι η ίδια. Ο υπέρθερμος ατμός έρχεται σε επαφή με το υλικό βιομάζας και χάνει κάποια από την αισθητή του θερμότητα και παρέχει την λανθάνουσα θερμότητα της εξάτμισης για να στεγνώσει το καύσιμο. Ο ατμός, ωστόσο, παραμένει πάνω από τη θερμοκρασία κορεσμού του, έτσι ώστε να μη συμπυκνώνεται. Ο ατμός του νερού, που εγκαταλείπει τη βιομάζα, θερμαίνεται από τον υπέρθερμο ατμό έτσι ώστε το καθαρό αποτέλεσμα να είναι μια μεγαλύτερη ποσότητα ατμού σε χαμηλότερη θερμοκρασία από ό, τι όταν ο ατμός εισέλθει στο στεγνωτήριο. Η περίσσεια ατμού απομακρύνεται, και το υπόλοιπο επαναθερμαίνεται και ανακυκλώνεται πίσω στον ξηραντήρα.

Στην περίπτωση που ο έμμεσα θερμαινόμενος ξηραντήρας που λειτουργεί κενό, ή με ένα ξηραντήρα υπέρθερμου ατμού, η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του υδρατμού είναι εύκολο να ανακτηθεί επειδή δεν αραιώνεται με αέρα. Με ξήρανση υπό κενό, αυτή η θερμότητα είναι διαθέσιμη μόνο σε χαμηλή θερμοκρασία, αλλά με ξήρανση με υπέρθερμο ατμό, ο ξηραντήρας μπορεί να σχεδιαστεί για την παραγωγή ατμού σε πρακτικά οποιαδήποτε πίεση για χρήση σε άλλα μέρη του εργοστασίου.

## Στάδια Ξήρανσης

Υπάρχουν διάφορα βήματα στη διαδικασία της ξήρανσης. Πρώτον, το υλικό πρέπει να θερμαίνεται από τη θερμοκρασία στην οποία εισήλθε το στεγνωτήριο, μέχρι την θερμοκρασία υγρού βολβού, ώστε να παράξει μια κινητήρια δύναμη για το νερό και να αφήσει το υγρό υλικό. Στη συνέχεια, η υγρασία της επιφάνειας στο υλικό εξατμίζει, κάτι που συμβαίνει αρκετά γρήγορα. Αφού απομακρυνθεί όλη η υγρασία της επιφάνειας, το υλικό πρέπει να θερμανθεί για να οδηγηθεί το νερό από το εσωτερικό της βιομάζας στην επιφάνεια έτσι ώστε να μπορεί να εξατμιστεί. Αυτό συμβαίνει κατά τη διάρκεια της περιόδου όπου ο ρυθμός ξήρανσης μειώνεται και το υλικό γίνεται πιο ξηρό. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η θερμοκρασία της επιφάνειας του υλικού παραμένει κοντά στην θερμοκρασία υγρού βολβού. Μόλις το υλικό είναι εντελώς στεγνό, αρχίζει να θερμαίνεται μέχρι τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, επειδή το νερό δεν είναι πλέον παρόν για να κρατήσει χαμηλά τη θερμοκρασία του.

Αυτά τα βήματα είναι σημαντικά για την ξήρανση ενός καύσιμου υλικού. Από τη μία πλευρά, η υψηλή θερμοκρασία είναι επιθυμητή για την προώθηση της μεταφοράς θερμότητας και την ελαχιστοποίηση του μεγέθους του εξοπλισμού, αλλά ταυτόχρονα υπάρχει μια σταθερή ανησυχία ότι το καύσιμο μπορεί να αναφλεγεί. Με την κατανόηση των βημάτων κατά την ξήρανση, η γρήγορη ξήρανση που παρέχεται από τις υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να αξιοποιηθεί για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου πυρκαγιάς.

Υπάρχουν δύο σημεία κατά τη διαδικασία ξήρανσης, όπου υπάρχει σημαντικός κίνδυνος πυρκαγιάς. Η πρώτη παρουσιάζεται όταν η επιφανειακή υγρασία έχει εξατμιστεί, αλλά πριν μια αξιόλογη ποσότητα νερού οδηγηθεί έξω από το εσωτερικό της βιομάζας. Κατά τη διάρκεια αυτού του πολύ σύντομου χρονικού διαστήματος, δεν υπάρχει υδρατμός κοντά στην επιφάνεια για να κρατήσει τα σωματίδια του καυσίμου δροσερά, και η επιφάνεια μπορεί γρήγορα να ζεσταθεί ενώ το εσωτερικό παραμένει δροσερό. Αν η επιφάνεια παραμείνει ζεστή για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, το υλικό μπορεί να ανάψει ακόμη και αν δεν είναι εντελώς ξηραθεί. Ωστόσο, μόλις το εσωτερικό του σωματιδίου αρχίσει να οδηγεί ποσότητα νερού προς την επιφάνεια, μία σταθερή παροχή υγρασίας κινείται προς την επιφάνεια και θα την κρατήσει δροσερή μέχρι να ξηραθεί πλήρως.

Το άλλο σημείο της ξήρανσης όπου ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι μεγάλος, είναι όταν το υλικό υπερξηραίνεται. Εάν το υλικό χάσει όλη την υγρασία του, θα αρχίσει να ζεσταίνεται και να αναφλέγεται όταν φτάσει στη θερμοκρασία καύσης του, ή όταν τυχόντα αέρια που εκλύονται



φτάσουν στο σημείο ανάφλεξης τους. Επειδή ο ρυθμός ξήρανσης μειώνεται, όσο το υλικό της βιομάζας γίνεται πιο ξηρό, οι περισσότεροι ξηραντήρες δεν έχουν σχεδιαστεί για να ξηραίνουν εντελώς υλικό. Θα ήταν αναμενόμενο να συμβεί υπερξήρανση μόνο κατά τη διάρκεια περιέργων συνθηκών ή κατά την επεξεργασία ενός υλικού με καλύτερες ιδιότητες ξήρανσης από ό, τι έχει σχεδιαστεί ο ξηραντήρας που έχουμε στη διάθεσή μας.

Όπως σημειώθηκε παραπάνω, όταν ένα υλικό ακόμη έχει υγρασία που συνδέεται με αυτό, η θερμοκρασία του θα είναι πολύ κοντά στην θερμοκρασία υγρού βολβού του αέρα, όσο προκαλείται εξάτμιση, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του αέρα. Αυτό σημαίνει ότι ένα πολύ καυτό ρεύμα αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ξήρανση της βιομάζας, επειδή ο θερμός αέρας εισάγεται στον ξηραντήρα μαζί με την υγρή βιομάζα. Επειδή το υγρό υλικό θα έχει μια επιφανειακή θερμοκρασία κοντά στην θερμοκρασία υγρού βολβού, δεν θα ανάψει. Από τη στιγμή που το υλικό έχει στεγνώσει, ο αέρας θα έχει χάσει αρκετή θερμότητα και η θερμοκρασία του θα είναι κάτω από τη θερμοκρασία ανάφλεξης της βιομάζας.

Σε ξηραντήρες υπέρθερμου ατμού δεν υπάρχει θερμοκρασία υγρού βολβού, διότι μόνο ο ατμός είναι παρόν. Αντιθέτως το νερό στο καύσιμο πρέπει να θερμαίνεται ως τη θερμοκρασία κορεσμού του πριν αυτό εξατμιστεί από την βιομάζα, αλλά μόλις μετατραπεί σε ατμό δεν χρειάζεται να διαχυθεί μέσω του αέρα για να βγει από το βιομάζα ούτε να έχει απομακρυνθεί ο κορεσμένος αέρας από την επιφάνεια για την προώθηση της εξάτμιση. Όσο η θερμοκρασία του υλικού είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία κορεσμού, η πίεση ατμού του νερού θα προκαλεί την υγρασία να ρέει έξω από το υλικό. Αυτό σημαίνει επίσης ότι το υλικό θα παραμείνει στη θερμοκρασία κορεσμού του μέχρι να είναι εντελώς ξηρό, μετά η θερμοκρασία θα αρχίσει να αυξάνεται, όπως ακριβώς και στην περίπτωση του ξηρού αέρα.

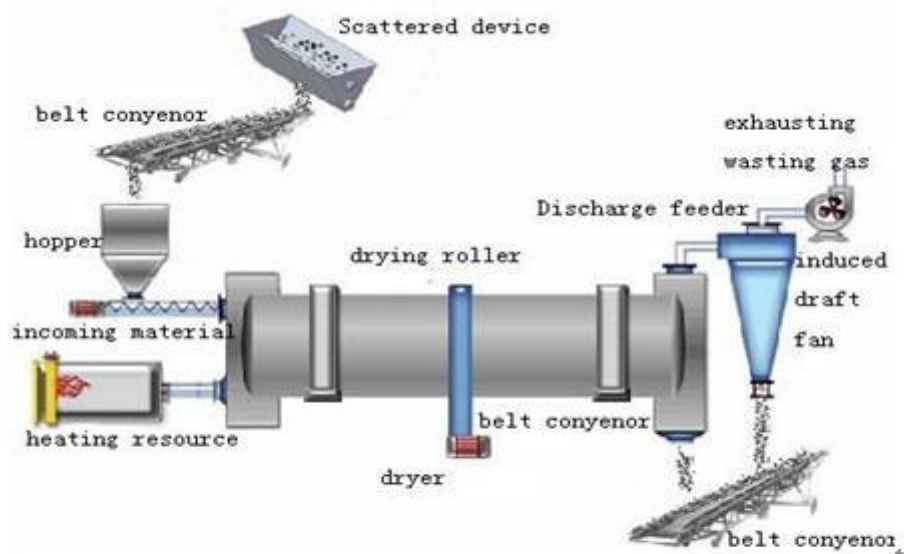
Επειδή δεν υπάρχει οξυγόνο στην ξήρανση υπέρθερμου ατμού, το καύσιμο δεν μπορεί να κάψει, ακόμη και σε αυξημένες θερμοκρασίες. Ωστόσο, υπάρχει μία πιθανότητα για φωτιά: εάν το υλικό αφεθεί να στεγνώσει εντελώς και θερμανθεί μέχρι η θερμοκρασία να φτάσει πάνω από τη θερμοκρασία ανάφλεξης περίπου 260°C, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του υπέρθερμου ατμού, μπορεί να αναφλεχθεί εάν εκτεθεί στον αέρα. (Α.Π.Θ., 2005)

## **Περιστροφικοί Ξηραντήρες**

Οι περιστροφικοί ξηραντήρες χρησιμοποιούνται ευρέως για την ξήρανση της βιομάζας. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του περιστροφικού ξηραντήρα, αλλά η περισσότερο χρησιμοποιούμενη είναι ο άμεσα θερμαινόμενος περιστροφικός ξηραντήρας που διαθέτει μία είσοδο. Σε αυτόν τον τύπο του ξηραντήρα, τα θερμά αέρια έρχονται σε επαφή με το υλικό της

βιομάζας μέσα σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο. Η περιστροφή του τυμπάνου, με τη βοήθεια των flights, σηκώνει τα στερεά στον ξηραντήρα έτσι ώστε να διαχέονται μέσα στο θερμό αέριο, προωθώντας τη καλύτερη μεταφορά θερμότητας και μάζας. Εάν η μόλυνση δεν είναι μια ανησυχία, το θερμό καυσαέριο μπορεί να τροφοδοτηθεί άμεσα στον ξηραντήρα. Άλλες επιλογές περιλαμβάνουν τη χρήση ενός καυστήρα ή ενός θερμαντήρα ατμού για την αύξηση της θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα.

Η βιομάζα και ο ζεστός αέρας κανονικά ρέουν ταυτόχρονα μέσα στον ξηραντήρα, ώστε τα πιο καυτά αέρια να έρχονται σε επαφή με το πιο υγρό υλικό, αλλά για τα υλικά που δεν είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία, η ροή των καυσαερίων και των στερεών γίνεται σε αντίθετες κατευθύνσεις, έτσι ώστε τα ξηρότερα στερεά να εκτίθενται στα πιο καυτά αέρια με τη χαμηλότερη υγρασία. Η βιομάζα, λοιπόν, εξέρχεται από τον αντιδραστήρα με την ελάχιστη υγρασία. Αξίζει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι το εξερχόμενο ξηρό υλικό είναι σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, εκείνη των καυσαερίων, κάτι που αυξάνει τον κίνδυνο πυρκαγιάς.



**Εικόνα 3: Περιστροφικός ξηραντήρας (Sunco Machinery, 2013)**

Τα καυσαέρια που εξέρχονται από τον ξηραντήρα μπορεί να περάσουν μέσα από έναν κυκλώνα ή από πολλαπλό κυκλώνα, φίλτρο καθαρισμού, καθαριστικό ή ηλεκτροστατικό κατακρυμνιστή για να αφαιρεθεί κάθε λεπτό υλικό που παρασύρεται από τον αέρα. Μπορεί να απαιτείται ένας ανεμιστήρας ID ανάλογα με τη διαμόρφωση του ξηραντήρα. Αν χρειάζεται, τοποθετείται συνήθως μετά τον εξοπλισμό ελέγχου εκπομπών για τη μείωση της διάβρωσης του ανεμιστήρα,

αλλά μπορεί επίσης να τοποθετηθεί πριν από τον πρώτο κυκλώνα για να δώσει την πτώση πίεσης καθ' όλη την πορεία του εξοπλισμού.

Ο περιστροφικός ξηραντήρας μίας διόδου μπορεί να τροποποιηθεί για να επιτρέψει τρεις διόδους στον αέρα και στο υλικό διαμέσου του ξηραντήρα. Το υλικό εισέρχεται πρώτα σε έναν εσωτερικό κύλινδρο με το θερμό αέρα. Το πιο μικρόκοκκο ή το ξηρότερο υλικό γρήγορα εμφυσάται μέσω του κυλίνδρου σε ένα μεγαλύτερο ομόκεντρο κύλινδρο για το δεύτερο πέρασμα. Μεγαλύτερο υλικό κινείται και tumbled with the aid of flights. Μετά το δεύτερο πέρασμα, ο αέρας και το υλικό περνούν πίσω στον εξωτερικό κύλινδρο ξηραντήρα και μετά έξω. Ο σχεδιασμός της τριπλής διόδου λειτουργεί καλύτερα με το υλικό όταν αυτό είναι μικρότερο από μια ίντσα επειδή το μεγαλύτερο υλικό μπορεί να προκαλέσει plugging. Οι ξηραντήρες μιας διόδου μπορούν να διαχειριστούν μεγαλύτερο υλικό.

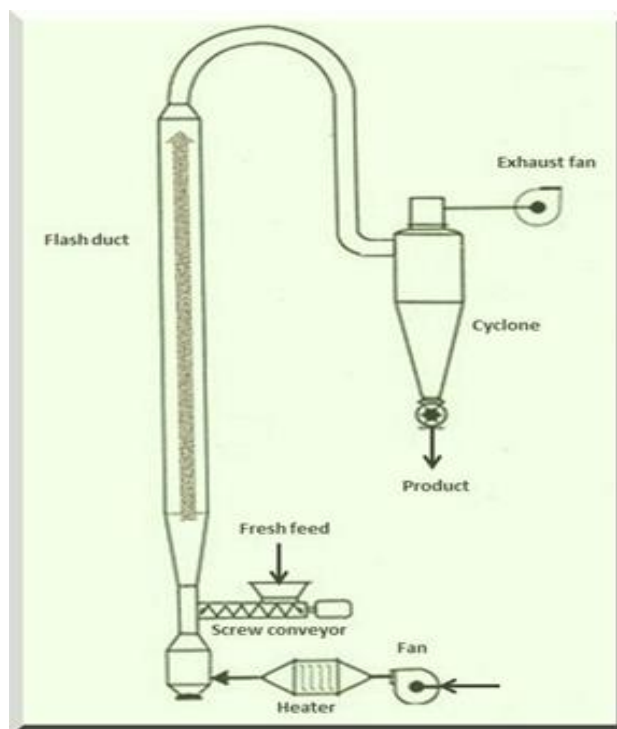
Οι έμμεσα θερμαινόμενοι περιστροφικοί ξηραντήρες χρησιμοποιούν μια πηγή θερμότητας με ατμό ή θερμό αέρα που διέρχεται διαμέσου του εξωτερικού τοιχώματος του ξηραντήρα ή διαμέσου ενός εσωτερικού κεντρικού άξονα για τη θέρμανση του ξηραντήρα με αγωγή. Αυτό είναι πιο κοινό με τα υλικά που θα μπορούσαν να έχουν μολυνθεί από την άμεση επαφή με τα καυσαέρια ή με υλικά τα οποία αντιδρούν με τον αέρα. Ένας υβριδικός άμεσης / έμμεσης περιστροφικός ξηραντήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης όταν πολύ θερμά καυσαέρια εισέρχονται στον ξηραντήρα μέσω ενός κεντρικού άξονα και αρχικά παρέχουν θερμότητα έμμεσα μέσω αγωγιμότητας, τότε τα ίδια αέρια περνούν διαμέσου του ξηραντήρα που έρχονται σε άμεση επαφή με το υγρό υλικό. Κατά το δεύτερο πέρασμα, η έμμεση θέρμανση ζεσταίνει τα καυσαέρια και τα στερεά. Με αυτόν τον τρόπο, η υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων ή η υψηλή θερμοκρασία του καυστήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, ενώ μειώνεται ταυτόχρονα ο κίνδυνος πυρκαγιάς με περιορισμό της θερμοκρασίας του αερίου σε άμεση επαφή με την βιομάζα.

Η θερμοκρασία εισόδου του αερίου σε περιστροφικούς ξηραντήρες βιομάζας μπορεί να κυμαίνεται από 232-1093 °C. Οι θερμοκρασίες εξόδου από περιστροφικό ξηραντήρα ποικίλλουν (71-110 °C), με τους περισσότερους από τους ξηραντήρες να έχουν θερμοκρασίες εξόδου μεγαλύτερες από 104 °C ώστε να αποφευχθεί η συμπύκνωση των οξέων και των ρητινών. Οι χρόνοι παραμονής στον ξηραντήρα μπορεί να είναι μικρότεροι από ένα λεπτό για μικρά σωματίδια και 10-30 λεπτά για τα υλικά με μεγαλύτερα σωματίδια. (Amos, 1998)

**Πίνακας 17: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα περιστροφικών ξηραντήρων (Amos, 1998)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Μπορεί να δεχτεί τα πιο θερμά καυσαέρια από κάθε άλλο ξηραντήρα.</li><li>• Έχει χαμηλό κόστος συντήρησης.</li><li>• Έχει τη μεγαλύτερη χωριτικότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους ξηραντήρες.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Είναι δύσκολο να ελεγχθεί η υγρασία του υλικού, λόγω του μεγάλου χρονικού διαστήματος που παραμένει στον ξηραντήρα.</li><li>• Παρουσιάζει το μεγαλύτερο κίνδυνο πυρκαγιάς.</li><li>• Απαιτεί πολύ χώρο.</li></ul>

### Ξηραντήρες τύπου Flash



**Εικόνα 4: Flash dryer (Advanced drying systems, 2013)**

Σ' αυτόν τον τύπο του ξηραντήρα, τα στερεά αναμιγνύονται με ένα υψηλής ταχύτητας ρεύμα θερμού αέρα. Η στενή επαφή των στερεών με τον αέρα έχει ως αποτέλεσμα την πολύ γρήγορη ξήρανση. Τα στερεά και ο αέρας διαχωρίζονται με τη βοήθεια ενός κυκλώνα, και τα αέρια συνεχίζουν μέσω ενός διαχωριστήρα για την απομάκρυνση κάθε σωματιδιακού υλικού που έχει παρασυρθεί.

Λόγω του μικρού χρόνου ξήρανσης στον συγκεκριμένο τύπο ξηραντήρα, ο εξοπλισμός είναι πιο συμπαγής από ότι ένας περιστροφικός ξηραντήρας. Ωστόσο, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη λόγω της ταχύτερης ροής αέρα μέσα από τη μονάδα, και επειδή η

βιομάζα πρέπει να περάσει μέσα από έναν τεμαχιστή ή μύλο για να μειωθεί το μέγεθός της έτσι ώστε να μπορεί να αιωρείται στο ρεύμα αέρα. Για υγρά ή κολλώδη υλικά, όπως η ιλύς, ένα μέρος του ξηρού υλικού μπορεί να ανακυκλωθεί πίσω και αναμιγνύεται με το εισερχόμενο υγρό υλικό για τη βελτίωση της διακίνησης υλικού.

Οι ξηραντήρες τύπου Flash έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την ξήρανση των περισσότερων υλικών βιομάζας, όπως ξύλο, ιλύς, και bagasse.

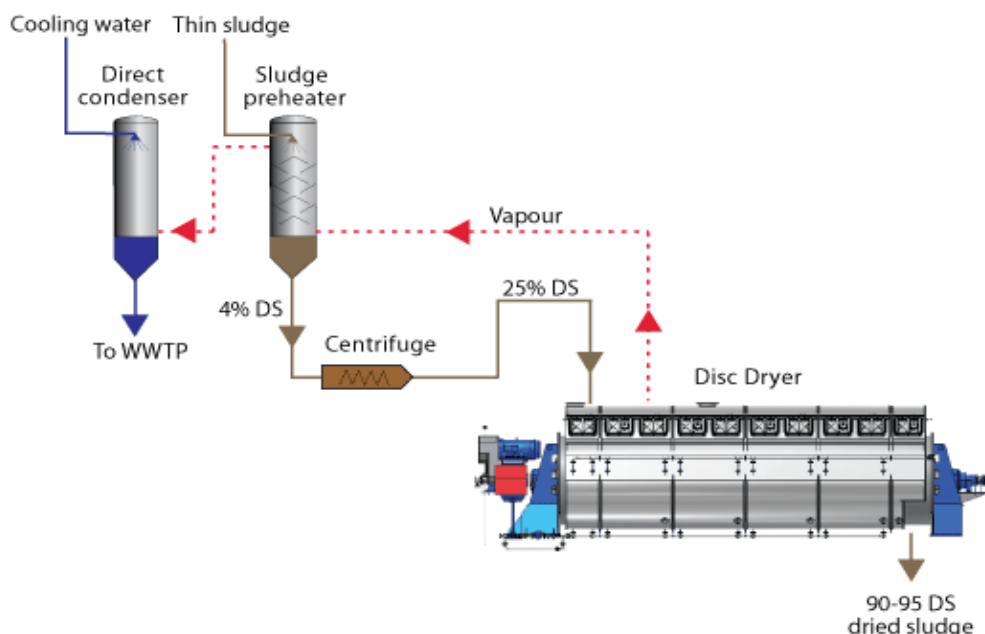
Οι θερμοκρασίες του αερίου είναι ελαφρώς χαμηλότερες για τους ξηραντήρες αυτούς από ό, τι για τους περιστροφικούς, αλλά εξακολουθούν να λειτουργούν σε θερμοκρασίες πάνω από το σημείο καύσης. Ο χρόνος παραμονής των στερεών σε ένα ξηραντήρα flash είναι τυπικά λιγότερο από 30 δευτερόλεπτα, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. (Amos, 1998)

**Πίνακας 18: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα flash dryer (Amos, 1998)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα περισσότερα είδη βιομάζας.</li><li>• Οι εκπομπές υδρογονανθράκων είναι ελαφρώς χαμηλότερες απ' ό,τι για έναν περιστροφικό ξηραντήρα.</li><li>• Λόγω του βραχέος χρόνου παραμονής και της χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργίας, έχει χαμηλότερο κίνδυνο πυρκαγιάς από τους περιστροφικούς ξηραντήρες.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Έχει υψηλό κόστος εγκατάστασης.</li><li>• Το κόστος της ενέργειας, που σπαταλά ο ανεμιστήρας σε συνδυασμό με την ενέργεια που απαιτεί η ξήρανση, είναι υψηλό.</li><li>• Η ανάκτηση θερμότητας είναι δύσκολη λόγω της ανάμιξης του αέρα με τον ατμό του νερού.</li></ul>

### Ξηραντήρες τύπου Disk

Για μικρότερες ροές του υλικού, οι ξηραντήρες με δίσκους είναι μια καλή επιλογή. Σε ένα τέτοιο ξηραντήρα, τα στερεά θερμαίνονται με συμπύκνωση του ατμού μέσα από ένα κεντρικό άξονα με πολλούς κενούς δίσκους που αυξάνουν την περιοχή για τη μεταφορά θερμότητας. Ειδικός εξοπλισμός ανακατεύει το υλικό και ενεργεί για να κρατήσει τις επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας ελεύθερες από συσσωρεύσεις. Ο ξηραντήρας με δίσκους μπορεί να λειτουργεί υπό κενό ή υπό πίεση, και το συμπύκνωμα από το εσωτερικό του άξονα θέρμανσης μπορεί να ανακτηθεί και να επιστραφεί στον λέβητα. (Advanced drying systems, 2013)



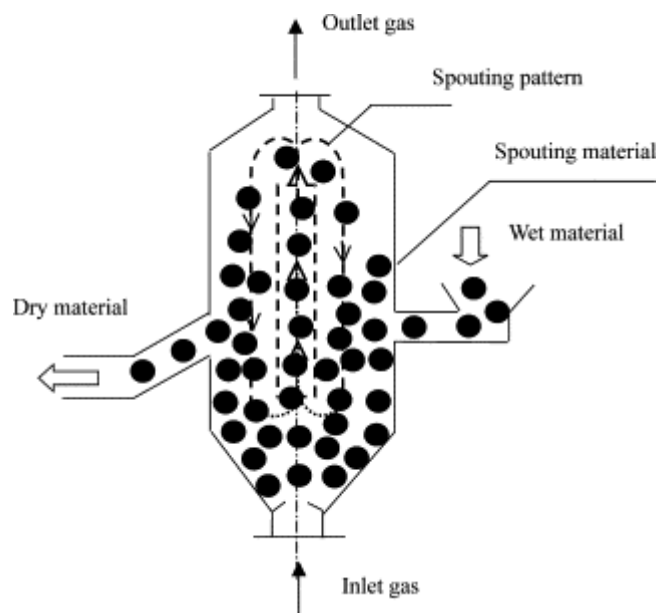
Εικόνα 5: Disk dryer (Haarslev Industries, 2010)

Πίνακας 19: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξηραντήρων τύπου disk (Amos, 1998)

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ο κορεσμένος ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση.</li> <li>• Μέσω της συμπύκνωσης του ατμού από τον ξηραντήρα, είναι δυνατή η ανάκτηση ορισμένης από τη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης.</li> <li>• Έχει απλή λειτουργία.</li> <li>• Το κόστος συντήρησης είναι λογικό.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Έχει περιορισμένη χωρητικότητα λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργίας σε σύγκριση με άλλους ξηραντήρες.</li> </ul>

### Ξηραντήρες τύπου Cascade

Οι ξηραντήρες αυτοί χρησιμοποιούνται συνήθως για την ξήρανση των κόκκων, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άλλους τύπους βιομάζας. Το υλικό εισάγεται σε ένα ρέον ρεύμα θερμού αέρα καθώς αυτό εισέρχεται σε κλειστό θάλαμο. Το υλικό ρίχνεται μέσα στον αέρα, μετά πέφτει πίσω προς τα κάτω για να ανυψωθεί και πάλι. Κάποιο από το υλικό τραβιέται έξω διαμέσου των ανοιγμάτων στην πλευρά του θαλάμου που ελέγχουν τον χρόνο παραμονής και την ποσότητα της ξήρανσης. Ο τυπικός χρόνος παραμονής για έναν τέτοιο τύπο ξηραντήρα είναι μερικά λεπτά. (Amos, 1998)



Εικόνα 6: Ξηραντήρας τύπου Cascade (SolidsWiki, 1999)

Πίνακας 20: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξηραντήρων τύπου cascade (Amos, 1998)

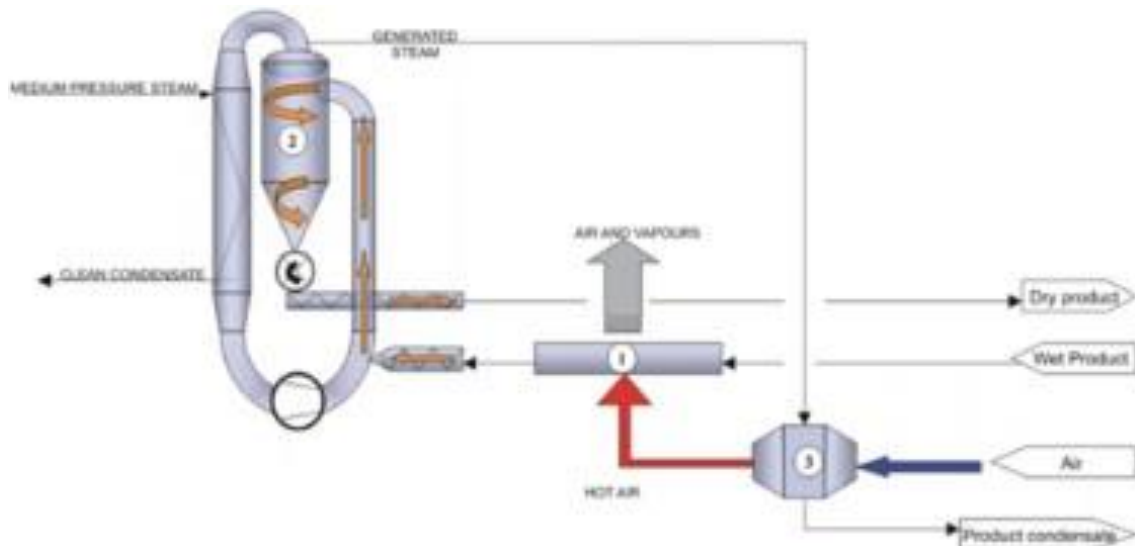
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μπορεί να χειριστεί και ελαφρώς μεγαλύτερα σωματίδια σε σχέση με άλλους ξηραντήρες, ωστόσο, το μέγεθος αυτών πρέπει να είναι αρκετά ομοιόμορφο.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η ανάκτηση θερμότητας είναι δύσκολη και δαπανηρή.</li> </ul>

### Συστήματα ξήρανσης υπέρθερμου ατμού

Οι περισσότεροι ξηραντήρες υπέρθερμου ατμού ομοιάζουν στους flash ξηραντήρες, εκτός του ότι το ρευστό, στο οποίο αιωρούνται τα στερεά και το οποίο παράγει θερμότητα, είναι ατμός και όχι αέρας. Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, το ρευστό υλικό αναμιγνύεται με αρκετό υπέρθερμο ατμό για να στεγνώσει το υλικό. Τυπικά το 90% του ατμού που εξέρχεται από τον ξηραντήρα επανακυκλοφορεί ενώ το 10% του ατμού, που αντιπροσωπεύει την ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από τη βιομάζα, αφαιρείται και είτε συμπυκνώνεται είτε χρησιμοποιείται απευθείας σε άλλα μέρη της εγκατάστασης.

Αυτή η μέθοδος ξήρανσης είναι συνήθως ενσωματωμένη με σύστημα ξηραντήρα με δύο ιμάντες. Καθώς διέρχεται το υλικό μέσα από τον ξηραντήρα, ο ατμός περνάει μέσα από τον ιμάντα και το υλικό. Στη συνέχεια, επιδρώντας η βαρύτητα στο υλικό, περνάει αυτό σε

κατώτερο ιμάντα. Ύστερα το υλικό διέρχεται μέσω του θαλάμου και πάλι. Ο ατμός περνάει πάνω από το υλικό με παράλληλο τόπο. Σ' αυτό το είδος ξήρανσης δεν εισάγεται καθόλου αέρας. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα διαρροής εντός του ξηραντήρα. Ο υπέρθερμος ατμός σε ατμοσφαιρική πίεση είναι το μόνο εμπλεκόμενο μέσο ξήρανσης. Αυτό συμβαίνει επειδή ο ατμός αυξάνει την αποτελεσματικότητα του συστήματος σε σχέση με τον αέρα. Αυτός με τη σειρά του, μειώνει το χρόνο ξήρανσης και την επιφάνεια ξήρανσης. Ο ρυθμός εξάτμισης ελέγχεται από το ρυθμό ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ του ρευστού ξήρανσης και του υλικού. Στο τέλος της διαδικασίας της ξήρανσης, ο ατμός διαχέεται από το εσωτερικό του υλικού προς τα έξω ευκολότερα, απ' ό,τι θα γινόταν με τον αέρα. Ο ατμός εξέρχεται από τον ξηραντήρα πλήρως κορεσμένος, και κατά την έξοδο συμπιέζεται για να συμπυκνωθεί ένα μέρος του νερού που υπάρχει στον ατμό. Ο ατμός, στη συνέχεια ανακυκλώνεται μέσω του ξηραντήρα. (Worley, 2011)



**Εικόνα 7: Ξηραντήρας υπέρθερμου ατμού (GEA Process Engineering S.p.A., 2000)**



**Πίνακας 21: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξηραντήρων υπέρθερμου ατμού (H.C., 2004)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Η λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως από την ξήρανση μπορεί ν' ανακτηθεί.</li><li>• Δεν εμφανίζονται απώλειες θερμότητας από τη θέρμανση του αέρα.</li><li>• Συνήθως δεν υπάρχουν επομπές αερίων.</li><li>• Παρέχει μεγάλη μεταφορά θερμότητας και ταχεία ξήρανση.</li><li>• Προκύπτει ξηρό προϊόν υψηλής ποιότητας, ενώ έχει ξηραθεί ομοιόμορφα.</li><li>• Λόγω της αδρανούς ατμόσφαιρας του του ατμού δεν παρουσιάζει κανέναν κίνδυνο πυρκαγιάς.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Όλος ο ατμός, συμπεριλαμβανομένων των οργανικών, συμπυκνώνεται και το συμπύκνωμα απαιτεί επεξεργασία των λυμάτων.</li><li>• Απαιτεί μικρό μέγεθος σωματιδίων ώστε να επιτρέπεται η ανάμιξη του ατμού και των σωματιδίων.</li><li>• Είναι υψηλό το κόστος κεφαλαίου για το χαλύβδινο δοχείο πίεσεως.</li></ul>

### **Ξηραντήρες τύπου Belt/ Conveyor**

Σ' αυτόν τον τύπο ξήρανσης χρησιμοποιείται ένας διάτρητος ιμάντας για τη μεταφορά υλικών μέσω του ξηραντήρα. Ο θερμός αέρας περνά είτε κάτω και διαμέσου είτε πάνω και διαμέσου του ιμάντα και του προϊόντος πριν αναθερμανθεί και επανακυκλοφορήσει. Οι μονάδες είναι χωρισμένες συνήθως σε διάφορες ζώνες και ίσως η ροή του αέρα να διαφέρει διαδοχικά στις διάφορες ζώνες. Επιπλέον, κάθε ζώνη μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετικό προφίλ θερμοκρασίας. Κορεσμένος αέρας εξέρχεται από τον ξηραντήρα μέσω ενός κεντρικού αγωγού εξαγωγής.

Οι ξηραντήρες αυτοί μπορεί να είναι μονάδες πολλαπλών διελεύσεων, στις οποίες η τροφοδοσία να διέρχεται από τον ένα ιμάντα σε άλλον κάτω από τον πρώτο με τη βοήθεια της βαρύτητας. Συνήθως αυτοί οι ξηραντήρες είναι μηχανές δύο ή τριών διελεύσεων. Επιπλέον, ορισμένοι ξηραντήρες μεταφοράς, όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται για την αφυδάτωση λαχανικών έχουν πολλαπλούς ιμάντες σε σειρά, και η τροφοδοσία μεταφέρεται απ' τον ένα ιμάντα σε άλλον.

Οι πηγές θερμότητας σ' αυτόν τον τύπο ξήρανσης μπορούν να είναι ο ατμός χαμηλής πίεσης, το ζεστό νερό, ο θερμός αέρας ή άλλου είδους καύσιμα. Επίσης, δύναται να εφαρμοστεί για λάσπη, φλοιούς, πριονίδια, υπολείμματα ξύλου και ζαχαροκάλαμα. (Amos, 1998)

**Πίνακας 22: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξηραντήρων τύπου belt/conveyor (Amos, 1998)**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Υπάρχει άμεση επαφή με το ρεύμα του αέρα.</li><li>• Οι πολλαπλές ζώνες προσφέρουν ευελιξία για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και γενικότερα της διαδικασίας.</li><li>• Χαρακτηρίζεται από άριστη μεταφορά ενέργειας.</li><li>• Οι ροές ποικίλουν μεταξύ των ζωνών.</li><li>• Διακρίνεται από απαλό χειρισμό των προϊόντων.</li><li>• Η μονάδα μπορεί να διαθέτει αναπόσπαστο τμήμα ψύξης.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Οι μονάδες υψηλής θερμοκρασίας μπορεί να είναι προβληματικές.</li><li>• Χρειάζεται μεγάλη ισχύς για τη λειτουργία.</li><li>• Το κόστος τους είναι ελαφρώς μεγαλύτερο από τον περιστροφικό ξηραντήρα.</li><li>• Είναι ευαίσθητα στην λειτουργία.</li><li>• Δεν υπάρχουν μεγάλα μηχανήματα μέχρι και σήμερα στη Βόρεια Αμερική.</li></ul>

### **Ξηραντήρες τύπου Drum ή Roller**

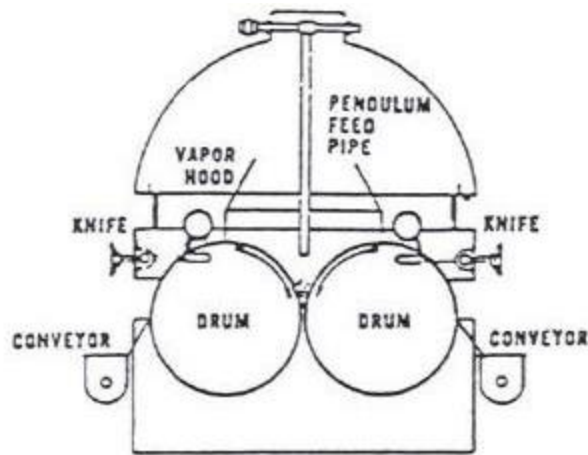
Σ' αυτή τη μέθοδο ξήρανσης, σταδιακά τα περιστρεφόμενα τύμπανα θερμαίνονται εσωτερικά υπό πίεση ατμού στους 120-170°C. Ένα λεπτό στρώμα του υλικού απλώνεται ομοιόμορφα πάνω από την εξωτερική επιφάνεια με εμβάπτιση ή με ψεκάσμο ή με επικουρικούς κυλίνδρους τροφοδοσίας. Προτού το τύμπανο ολοκληρώσει μία διεργασία, το ξηρό υλικό αποξέεται με μία λεπίδα, η οποία εφάπτεται στην επιφάνεια του τυμπάνου ομοιόμορφα κατά μήκος του. Η απόδοση του ξηραντήρα έχει άμεση σχέση με τον ρυθμό ξήρανσης του λεπτού στρώματος του υλικού συναρτήσει της ποσότητας του υλικού που προσκολλάται στην επιφάνεια του τυμπάνου. Ο ρυθμός της ξήρανσης εξαρτάται από τον τύπο της συσκευής τροφοδοσίας, την πίεση του ατμού εντός του τυμπάνου και την ταχύτητα του τυμπάνου. Η προθέρμανση και η προσυγκέντρωση τροφοδοσίας μπορεί να μειώσει το φορτίο της ξήρανσης. Οι ιδιότητες που επηρεάζουν την προσκόλληση στο τύμπανο είναι το ιξώδες, η επιφανειακή τάση και η ικανότητα διαβροχής. Οι τέσσερις μεταβλητές που διέπουν τη λειτουργία του ξηραντήρα είναι η πίεση του ατμού, η ταχύτητα περιστροφής, το πάχος της μεμβράνης και τα χαρακτηριστικά του υλικού τροφοδοσίας. Η πίεση του ατμού, ή η μέση θερμοκρασία θέρμανσης, θα ρυθμίσει τη θερμοκρασία του τυμπάνου. Η ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου καθορίζει το χρόνο επαφής. Το υγρό υλικό εφαρμόζεται στο τύμπανο από κάτω με τροφοδοτές εκκίνησης που επικαλύπτουν τα τύμπανα με το υλικό με περιστροφικές λεπίδες. Αυτό μπορεί να γίνει, επίσης,

βυθίζοντας το τύμπανο σε μια δεξαμενή όπου το συμπυκνωμένο υλικό προσκολλάται στο τύμπανο. Τέλος, το ίδιο μπορεί να συμβεί μ' έναν σωλήνα τροφοδοσίας που θα λειτουργεί ως εκκρεμές.

Οι ξηραντήρες αυτού του τύπου μπορεί να έχουν ένα μόνο τύμπανο, ή διπλό τύμπανο, ή δύο μονά τύμπανα. Στον ξηραντήρα διπλού τυμπάνου, η απόσταση μεταξύ των τυμπάνων καθορίζει το πάχος του υλικού που πρόκειται να ξηραθεί. Το υλικό ξηραίνεται καθώς οι κύλινδροι περιστρέφονται κι εν συνεχεία το υλικό αποξύνεται με τα μαχαίρια. Αυτός ο τύπος ξηραντήρα, με το διπλό τύμπανο, είναι σε πλεονεκτική θέση επειδή μπορεί να χειριστεί ένα ευρύ φάσμα υλικών, έχει υψηλούς ρυθμούς παραγωγής και χαμηλές απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό. Τα υλικά που μπορεί να διαχειριστεί κυμαίνονται από αραιά διαλύματα μέχρι και βαρείες πάστες. Όλα μπορούν να ξηραθούν αποτελεσματικά στον τύπο αυτό. Τα προϊόντα τροφίμων που ξηράθηκαν με τη μέθοδο αυτή περιλαμβάνουν θερμοευαίσθητα υγρά και πολτούς, τα οποία μπορούν να αφυδατωθούν γρήγορα από τις νιφάδες και τις σκόνες που προκύπτουν.

Η σάλτσα μήλου, οι πουρέδες φρούτων, οι μπανάνες, τα προψημένα δημητριακά πρωινού και τα ξηρά υλικά που χρησιμοποιούνται για σούπες, κατασκευάζονται σε ξηραντήρες διπλού τυμπάνου. Τα τύμπανα περιστρέφονται μακριά το ένα από το άλλο και τροφοδοτούνται με εμβάπτιση μέσα στην υγρή τροφοδοσία. Το ξηρό υλικό αφαιρείται με τη βοήθεια των λεπιδών που βρίσκονται 270° μακριά από τις περιστροφικές συσκευές τροφοδοσίας. Αυτός ο τύπος ξηραντήρα τυμπάνου χρησιμοποιείται για υλικά με στερεά που είναι σε μορφή σκόνης όταν ξηραίνονται. Τέτοια είναι τα διαλύματα άλατος ή ο πηλός. Ο ξηραντήρας twin drum μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προξηραντήρας υπό ορισμένες συνθήκες. Το υλικό αφαιρείται από τον ξηραντήρα με μεγάλη περιεκτικότητα υγρασίας και η ξήρανση ολοκληρώνεται με έναν περιστροφικό ξηραντήρα. Αυτή η μέθοδος ξήρανσης είναι οικονομική μόνο όταν επιτυγχάνεται αυξημένη δυναμικότητα, αποφεύγοντας δυσκολίες που θα υπήρχαν στην περίπτωση χρήσης μόνος του ενός εκ των δύο ξηραντήρων.

Η τοποθέτηση του υγρού υλικού σ' έναν ξηραντήρα μονού τυμπάνου γίνεται με τη βοήθεια ειδικών ρολών. Τα ρολά τοποθετούν πάνω φύλλα υλικού και προκύπτει ένα παχύ τελικό προϊόν. Ο αριθμός των ρολών που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζει και τα χαρακτηριστικά του φύλλου του ξηρού προϊόντος. Τα ρολά αυτά είναι πλεονεκτικά όταν το υγρό υλικό δεν καλύπτει ομοιόμορφα την επιφάνεια του τυμπάνου. Χρησιμοποιούνται για τη ξήρανση πολτών και για προϊόντα διατροφής με υψηλή περιεκτικότητα σε άμυλο, όπως νιφάδες πατάτας.



**Εικόνα 8: Ξηρανήρας τύπου twin-drum (THERMOPEEDIA, 1967)**

Η στιβάδα του υλικού πάνω στο θερμαινόμενο τύμπανο είναι λεπτή και δεν παρουσιάζει κανένα περιορισμό στο εξατμιζόμενο νερό. Τρία είναι τα στάδια της μεταφοράς θερμότητας που συμβαίνουν σ' αυτό το λεπτό στρώμα. Κατά το πρώτο στάδιο, το λεπτό στρώμα θερμαίνεται μέχρι το σημείο βρασμού του. Κατά το δεύτερο στάδιο, το νερό εξατμίζεται και το υλικό βαθμιαία μεταβαίνει από την υγρή στη στερεή κατάσταση. Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο, η θερμοκρασία του προϊόντος πλησιάζει εκείνη του τυμπάνου.

Αυτή η μέθοδος ξήρανσης περιλαμβάνει τη μεταφορά θερμότητας από τη συμπύκνωση του ατμού διαμέσου του μεταλλικού τυμπάνου προς το στρώμα του υλικού. Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας εξαρτάται από την αντίσταση στην απομάκρυνση του νερού σε χαμηλότερης υγρασίας περιεκτικότητες, αλλά και από τα χαρακτηριστικά του υλικού.

Επιπλέον, αυτός ο τύπος ξηραντήρα προσφέρει υψηλούς ρυθμούς ξήρανσης και υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα. Είναι κατάλληλος για πολτούς στους οποίους τα σωματίδια είναι πολύ μεγάλα για ξήρανση με ψεκασμό. Ωστόσο, το υψηλό κόστος κεφαλαίου και η θερμική βλάβη σε ευαίσθητα τρόφιμα από τις υψηλές θερμοκρασίες των τυμπάνων, έχουν προκαλέσει την προτίμηση της ξήρανσης με ψεκασμό.

Η ανάπτυξη στον σχεδιασμό της μεθόδου αυτής για τη βελτίωση των αισθητικών αλλά και των θρεπτικών ιδιοτήτων των ξηρών τροφίμων περιλαμβάνει τη χρήση των βοηθητικών κυλίνδρων για να απομακρύνεται και να επανατοποθετείται υλικό κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Επίσης, περιλαμβάνει τη χρήση υψηλής ταχύτητας για να αυξηθεί ο ρυθμός ξήρανσης αλλά και η χρήση ψυχρού αέρα για να ψυχθεί το υλικό. Τα τύμπανα μπορεί να περικλείονται σ' έναν θάλαμο κενού για να ξηραθεί το υλικό σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, αλλά το υψηλό κόστος κεφαλαίου του συστήματος αυτού δεν επιτρέπει τη χρήση του σε υψηλής αξίας και θερμοευαίσθητα υλικά. (Worley, 2011)

## Ξήρανση σε ρευστοποιημένη κλίνη

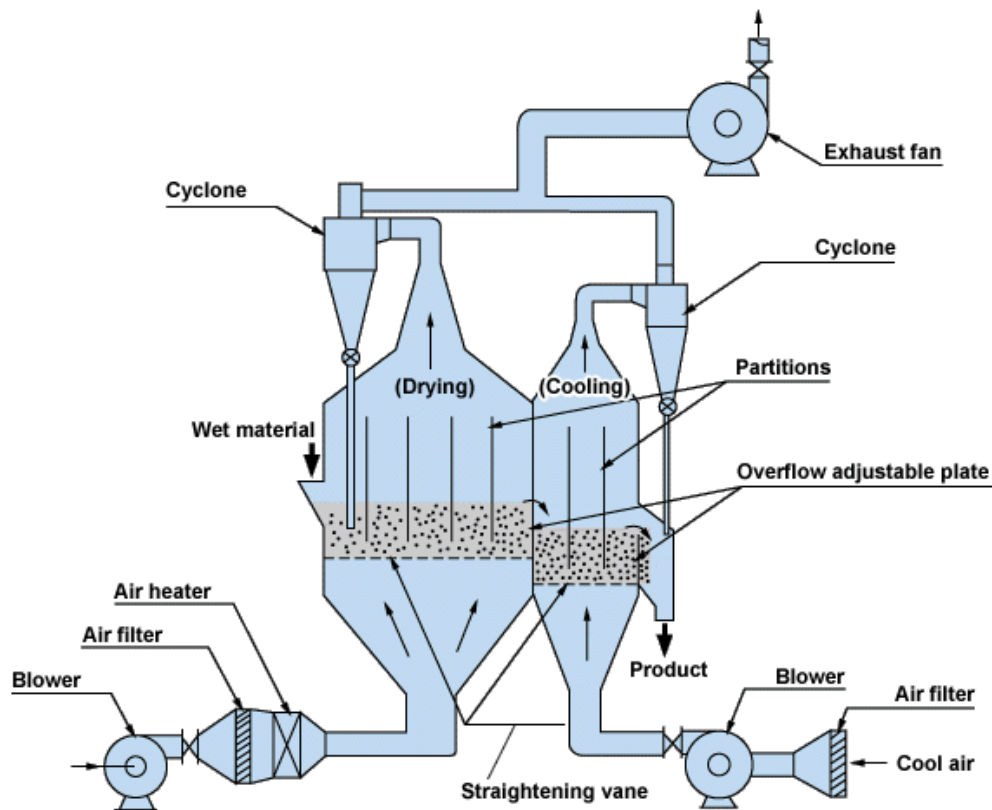
Η ξήρανση ρευστοποιημένης κλίνης χρησιμοποιεί ένα θερμό αέριο για την ανύψωση και τη διατήρηση της τροφοδοσίας σε μία ρευστοποιημένη κατάσταση. Ο αέρας εισάγεται σε συλλέκτη μέσω ανεμιστήρα εξαναγκασμένης λειτουργίας και διανέμεται μέσω μιας πλάκας που λειτουργεί ως κατανομέας του στερεού υλικού μέσω μιας διάτρητης πλάκας, ακροφυσίων, κεραμικού πλέγματος ή άλλου μέσου διανομής. Η κλίνη επιτυγχάνει ιδιότητες παρόμοιες με ρευστό που ρέει και αναμιγνύεται. Η ρευστοποίηση παρέχει άμεση επαφή μεταξύ του κάθε σωματιδίου του υλικού και του ρεύματος του αερίου δημιουργώντας μια εξαιρετικά αποδοτική συσκευή μεταφοράς. Τα υλικά στα οποία το μέγεθος των σωματιδίων ποικίλει ή έχουν υψηλή φαινομενική πυκνότητα, μπορούν να έχουν καλύτερη διαχείριση σε μια δονούμενη κλίνη.

Η πηγή θερμότητας μπορεί να είναι ο ατμός, ο ηλεκτρισμός, ο άνθρακας, κάποιο υγρό καύσιμο ή κάποιο αέριο. Ο χρόνος παραμονής είναι ελεγχόμενος. Μπορεί να μεταβάλλεται με τη μεταβολή της ποσότητας της παροχής. Το βάθος της κλίνης μπορεί να ποικίλει. (Worley, 2011)

### Πίνακας 23: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ξήρανσης σε ρευστοποιημένη κλίνη

(Worley, 2011)

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"><li>• Η επαφή του ρεύματος αέρα με το υλικό είναι άμεση.</li><li>• Παρέχει καλή ανάμιξη.</li><li>• Η μεταφορά ενέργειας είναι εξαιρετική.</li><li>• Μπορεί να αποτελείται από μονάδες πολλαπλών ζωνών.</li><li>• Η μονάδα ξήρανσης δύναται να διαθέτει αναπόσπαστο κομμάτι ξήρανσης.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Μπορεί να προκαλέσει μείωση του μεγέθους των κόκκων λόγω της φθοράς.</li><li>• Έχει υψηλό ενεργειακό κόστος.</li></ul>

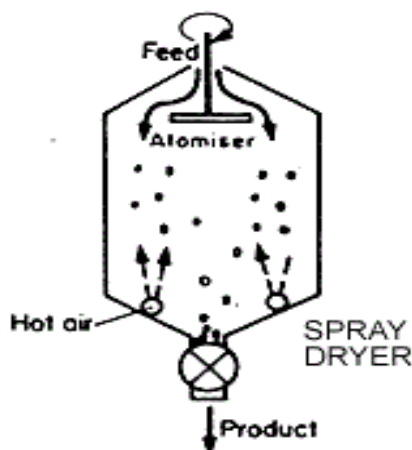


Εικόνα 9: Ξηραντήρας ρευστοποιημένης κλίνης (KURIMOTO, LTD., 2004)

### Ξηραντήρες τύπου Spray

Η ξήρανση με ψεκασμό περιλαμβάνει τη διάσπαση σε άτομα της τροφοδοσίας ώστε να γίνει ψεκασμός σταγονιδίων τα οποία θα έρθουν σε επαφή με τον θερμό αέρα στο θάλαμο ξήρανσης. Οι ψεκασμοί παράγονται από έναν περιστροφικό ψεκαστήρα ή από έναν ψεκαστήρα με ακροφύσιο πίεσης. Η εξάτμιση της υγρασίας από τα σταγονίδια και ο σχηματισμός ξηρών σωματιδίων προχωράει υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και ροής αέρα. Υπάρχουν διάφορες διαμορφώσεις ξηραντήρων. Επιλέγοντας τη σωστή τεχνολογία και τη κατάλληλη διαμόρφωση του ξηραντήρα, μπορεί να ικανοποιηθεί όποια ανάγκη ζητείται για το εκάστοτε υλικό (επανενυδάτωση, περιεκτικότητα σε υγρασία, μέγεθος σωματιδίων, φαινόμενη πυκνότητα).

Η πηγή θερμότητας μπορεί να είναι ο ατμός, ο ηλεκτρισμός, ο άνθρακας, κάποιο υγρό καύσιμο ή κάποιο αέριο. Έχει βραχύ χρόνο παραμονής. Οι χαμηλές ταχύτητες και η διασπορά των σωματιδίων επιτρέπουν την αποτελεσματική ξήρανση. Ο χρόνος παραμονής μπορεί να μεταβάλλεται καθώς μεταβάλλεται η ταχύτητα του αέρα ξήρανσης. (Advanced drying systems, 2013)



Εικόνα 10: Spray dryer

Πίνακας 24: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα spray dryer (Advanced drying systems, 2013)

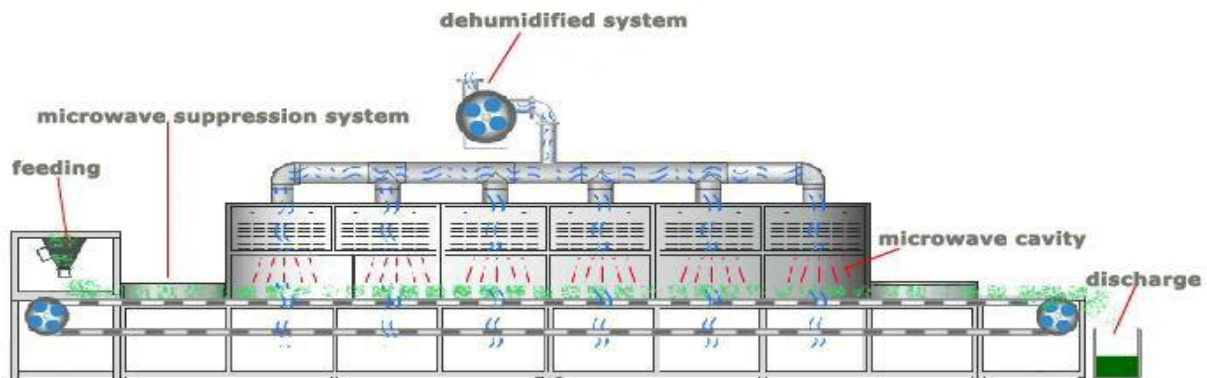
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μπορεί να ελέγξει το μέγεθος των σωματιδίων.</li> <li>• Η επαφή του υλικού με το ρεύμα αέρα είναι άμεση.</li> <li>• Το κόστος συντήρησης είναι μικρό.</li> <li>• Μπορεί να κατασκευαστεί από διάφορα υλικά.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Είναι πολύ ενεργοβόρα διαδικασία.</li> <li>• Έχει υψηλό λειτουργικό κόστος.</li> <li>• Ανεπιθύμητα προϊόντα μπορούν να συσσωρευτούν στα τοιχώματα του ξηραντήρα.</li> </ul>

### Microwave dryers

Η τεχνολογία πίσω από την ξήρανση με μικροκύματα βασίζεται στην πολικότητα του μορίου της υγρασίας. Το νερό, το οποίο είναι ένα διπολικό μόριο (και ίσως το πιο κοινό ασύμμετρα φορτισμένο μόριο) αντιδρά στα μικροκύματα, ενώ τα μη πολικά μόρια δεν αντιδρούν. Επίσης, τα μικροκύματα διεισδύουν στο κέντρο του προϊόντος, χωρίς να επηρεάζεται η επίδρασή τους από τη πυκνότητα του προϊόντος. Τα μόρια αντιδρούν προσπαθώντας να ευθυγραμμιστούν με το ηλεκτρομαγνητικό φορτίο. Επειδή το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο των μικροκυμάτων αντιστρέφεται σε πάρα πολύ υψηλή συχνότητα (όσο δύο δισεκατομμύρια φορές το δευτερόλεπτο), τα διπολικά μόρια αλλάζουν συνεχώς την ευθυγράμμιση, παράγοντας ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα. Ουσιαστικά, τα μόρια του νερού θερμαίνονται μέχρι το προϊόν να θερμανθεί τόσο ώστε να εξατμιστεί το νερό. Οι ξηραντήρες με μικροκύματα μπορεί να ενσωματωθεί σ' έναν αριθμό από τυποποιημένες διαμορφώσεις, όπως συστήματα καταψύκτη,



ξηραντήρες μεταφοράς ή ξηραντήρες με δίσκους. Οι ατμοί που σχηματίζονται κατά τη διαδικασία αυτή πρέπει να εξαχθούν κι όχι να παγιδευτούν στο σύστημα. (Advanced drying systems, 2013)



**Εικόνα 11: Αφυγραντήρας τροφίμων με ενσωματωμένο ξηραντικό σύστημα με μικροκύματα (Azeus Machinery, 2010)**

## Freeze Dryers

Αυτός ο τρόπος ξήρανσης γίνεται όταν χρειάζεται να διατηρηθεί κάποια συγκεκριμένη ιδιότητα στο τελικό προϊόν του υλικού που εισάγεται στον ξηραντήρα. Ως εκ τούτου, πρέπει πρώτα να παγώσει το υλικό για να σταθεροποιηθεί η δομή του. Το υλικό καταψύχεται στη θερμοκρασία όπου έχουν χαμηλότερο σημείο κατάψυξης τα συστατικά του. Εν συνεχεία, ο θάλαμος ξήρανσης εκκενώνεται ώστε να προωθηθεί η εξάχνωση, δηλαδή η αλλαγή των στερεών σε αέριο χωρίς μετάβαση στο υγρό στάδιο. Τέλος, ο ατμός αποβάλλεται μέσω της αντλίας κενού.

## Ethyl Oleate

Κατά τη διαδικασία της ξήρανσης, ορισμένες ενώσεις δύνανται να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να ενισχυθεί η ξήρανση σε συγκεκριμένα υλικά. Μία τέτοια ένωση είναι ο ελαϊκός αιθυλεστέρας. Αυτός δρα ως παράγοντας διαβροχής, αυξάνοντας το ρυθμό εξάτμισης του νερού στα αρχικά στάδια της ξήρανσης. Μειώνει την επιφανειακή τάση αυξάνοντας την εξάπλωση του ελεύθερου ύδατος εντός του υλικού. Αυτό, με τη σειρά του, αυξάνει το ρυθμό της ξήρανσης.

## Acoustic Drying



Το υλικό ξηραίνεται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες 140-200 °F, με έντονα ηχητικά κύματα χαμηλής συχνότητας. Αυτά τα ισχυρά ηχητικά κύματα αυξάνουν τους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας και μάζας σε ολόκληρο το οριακό στρώμα του υλικού. Αυτό εντείνει τον διαχωρισμό στερεού-υγρού. Οι ρυθμοί ξήρανσης αυτών των ξηραντήρων είναι 3-19 φορές πιο γρήγοροι απ' ό,τι των συμβατικών ξηραντήρων. Η ισχύς του είναι περίπου 1500Btu/lb H<sub>2</sub>O που απομακρύνεται. Το υλικό εισέρχεται στον ξηραντήρα στην κορυφή με τη βοήθεια της βαρύτητας. Ψεκάζεται ώστε να εισέλθει στο θάλαμο. Καθώς το υλικό χτυπά τον αέρα και τα ηχητικά κύματα, ξηραίνεται σε δευτερόλεπτα. Ένας κυκλώνας βοηθά στη συλλογή του ξηρού προϊόντος. Οι ξηραντήρες αυτού του τύπου απαιτούν την ύπαρξη συσκευών μείωσης ήχου, λόγω του θορύβου που παράγεται κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Τα τρόφιμα που κατατάσσονται σ' αυτά που έχουν δυσκολία στην ξήρανση, ξηραίνονται επιτυχώς στους ξηραντήρες αυτούς. Υγρά που περιέχουν 5-78% υγρασία έχουν ξηραθεί έως ότου να περιέχουν το 0,5% της αρχικής υγρασίας. Προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες, έως 30%, έχουν επίσης ξηραθεί σε τέτοιους ξηραντήρες. Άλλα προϊόντα που ξηραίνονται καλά είναι τα σιρόπια καλαμποκιού με υψηλή περιεκτικότητα σε φρουκτόζη, οι πάστες ντομάτας, ο χυμός λεμονιού και ο χυμός πορτοκαλιού. Επειδή αυτή η διαδικασία είναι σχετικά γρήγορη κι επιτυγχάνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, δεν υποβαθμίζεται το φυσικό χρώμα, το άρωμα και η διατροφική αξία των προϊόντων.

### **Infrared Radiation Drying**

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με τη ξήρανση με κατάψυξη (για να επιταχυνθεί η διαδικασία της εξάχνωσης), με την ξήρανση κατά παρτίδες ή με συνεχούς έργου ξήρανση. Θερμαίνοντας το υλικό σε υψηλή θερμοκρασία, ώστε να προκύψει άμεση διείσδυση της ακτινοβολίας από την επιφάνεια, παράγεται υπέρυθρη ακτινοβολία. Τα ιδανικά υλικά για τα συστήματα αυτά αναφέρονται ως μαύρα σώματα. Αυτή η θερμότητα παράγεται συνήθως από φλόγες κάποιου αερίου, από ηλεκτρικές μεθόδους συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων πυρακτώσεως, από σωλήνες χαλαζία, και στοιχεία αντίστασης. Η θερμική ακτινοβολία παρέχεται από ειδικά συστήματα που βρίσκονται πάνω από τους δίσκους του υλικού. Οι πολτοί και τα πηκτώματα (gels) λειτουργούν καλύτερα στο σύστημα αυτό γιατί σ' αυτά παρέχεται η βέλτιστη διείσδυση. Αυτή η τεχνική ξήρανσης παρέχει υψηλό ρυθμό ξήρανσης χωρίς να προκαλείται καύση.

## **Αφυδάτωση μέσω ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου**

Η μέθοδος με τη χρήση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χρησιμοποιείται κυρίως ως μια τεχνική διαχωρισμού για συνδυασμούς στερεών-υγρών. Μόλις το υλικό αφυδατωθεί μέσω αυτής της μεθόδου, αποστέλλεται σε έναν άλλο συμβατικό ξηραντήρα για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της αφυδάτωσης. Η βάση της διαδικασίας αυτής είναι η ροή ενός συνεχούς ηλεκτρικού πεδίου που εφαρμόζεται για την ενίσχυση της αφυδάτωσης. Αυτό επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του υλικού, όπως είναι η διπολική ροπή, το δυναμικό-Z αλλά και το κατά πόσο είναι υδρόφιλο. Συγκεκριμένα η μέθοδος αυτή ακολουθεί δύο διαδικασίες, την ηλεκτροώσμωση (electroosmosis) και ηλεκτροδιήθηση (electrofiltration). Ηλεκτροώσμωση είναι η κίνηση του νερού μέσω των πορωδών μεμβρανών του υλικού με την εφαρμογή ενός ηλεκτρικού δυναμικού. Ο δεύτερος όρος αναφέρεται στην κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων προς τα ηλεκτρόδια με τη παρουσία ενός συνεχούς ηλεκτρικού πεδίου. Οι διεργασίες πραγματοποιούνται σε έναν θάλαμο διαχωρισμού προτού το προϊόν αποσταλεί σε άλλου τύπου ξηραντήρα. Αυτή η μέθοδος δε χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα ακόμα λόγω του κόστους της, ωστόσο, είναι αρκετά υποσχόμενη αν σκεφτούμε ότι η περιβαλλοντικές επιπτώσεις άλλων μεθόδων είναι εξίσου ασύμφορες. (Advanced drying systems, 2013)

### **1.7 Επιλογή Ξηραντήρα**

Η επιλογή στεγνωτήρια θα εξαρτηθεί από τα χαρακτηριστικά του υλικού που ξηραίνεται, η πηγή θερμότητας για τον ξηραντήρα, και τις διαθέσιμες επιλογές ολοκλήρωσης.

Το πρώτο κριτήριο στην επιλογή ενός ξηραντήρα είναι η λειτουργικότητά του. Πάνω απ' όλα, ο εξοπλισμός που θα επιλεγεί πρέπει να παράγει το επιθυμητό προϊόν με τη μορφή που στοχεύουμε αλλά και με την επιθυμητή ταχύτητα. Η ποιότητα που απαιτείται στο τελικό προϊόν και τα απαραίτητα φυσικά χαρακτηριστικά του καθορίζονται από τη τελική χρήση. Μια σκόνη ντομάτας, για παράδειγμα, θα πρέπει να θα πρέπει να επεξεργασθεί διαφορετικά, εάν προοριζόταν για χρήση σε κάποιο ποτό απ' ό,τι αν ήταν να χρησιμοποιηθεί ως πάστα ντομάτας στη μαγειρική. Παρά την ποικιλία σε εμπορικούς ξηραντήρες στην αγορά, οι διάφοροι τύποι αυτών λειτουργούν σε μεγάλο βαθμό συμπληρωματικά και όχι ανταγωνιστικά. Άλλωστε, η ίδια η φύση του προβλήματος της ξήρανσης υπαγορεύει τον τύπο του ξηραντήρα που πρέπει να χρησιμοποιηθεί ή τουλάχιστον περιορίζει τη δυνατότητα της επιλογής σε δύο ή τρεις διαφορετικούς τύπους. Η τελική επιλογή γίνεται, τέλος, βάσει του κεφαλαίου και των λειτουργικών δαπανών. Ωστόσο, πρέπει να δοθεί προσοχή στον υπολογισμό του κόστους όλο του συστήματος και όχι μόνο στη μονάδα της ξήρανσης.

Υπάρχουν κάποιες γενικές κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή του κατάλληλου ξηραντήρα, αλλά θα πρέπει ν' αναγνωριστεί ότι οι κανόνες που υπάρχουν επιδέχονται εξαιρέσεων. Οι ξηραντήρες κατά παρτίδες, για παράδειγμα, είναι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι όταν ο ρυθμός παραγωγής του ξηρού υλικού είναι μικρότερος από 150 έως 200 kg/h, ενώ οι ξηραντήρες συνεχούς έργου επιλέγονται σχεδόν πάντα για ρυθμούς παραγωγής μεγαλύτερους από 1 έως 2 tn/h. Για τους ενδιάμεσους ρυθμούς παραγωγής θα πρέπει να εξεταστούν και άλλοι παράγοντες. Τα υλικά που είναι θερμικά ευαίσθητα θα πρέπει να ξηραίνονται σε χαμηλή θερμοκρασία υπό κενό, μ' ένα θερμοκρασιακά χαμηλό μέσο θέρμανσης ή πολύ γρήγορα σ' έναν ξηραντήρα με σπρέι ή σ' έναν flash ξηραντήρα. Οι εύθραυστοι κρύσταλλοι πρέπει ν' αντιμετωπίζονται ήπια, όπως σ' έναν ξηραντήρα με δίσκους.

Ο ξηραντήρας πρέπει να λειτουργεί αξιόπιστα, με ασφάλεια και οικονομικά. Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας δε θα πρέπει να είναι υπερβολικό. Η ρύπανση πρέπει να ελέγχεται και η κατανάλωση ενέργειας πρέπει να ελαχιστοποιείται. Όπως και σε άλλες συσκευές, αυτά τα κριτήρια μπορεί να αλληλοσυγκρούονται και να είναι δύσκολο να επιτευχθεί συμβιβασμός στην εξεύρεση του βέλτιστου ξηραντήρα για έναν συγκεκριμένο στόχο.

Όσον αφορά τη λειτουργία ξήρανσης, οι αδιαβατικοί ξηραντήρες είναι γενικά λιγότερο ακριβοί από τους μη αδιαβατικούς ξηραντήρες, παρά τη χαμηλότερη θερμική απόδοση των αδιαβατικών μονάδων. Δυστυχώς, υπάρχει συνήθως πολλή σκόνη που μεταφέρεται από τους αδιαβατικούς ξηραντήρες και αυτά τα παρασυρόμενα σωματίδια πρέπει να απομακρύνονται σχεδόν ποσοτικά από το αέριο ξήρανσης. Ίσως απαιτείται, λοιπόν, κάποιος περίπλοκος εξοπλισμός ο οποίος μπορεί να κοστίσει τόσο όσο και ο ίδιος ο ξηραντήρας. Αυτό το γεγονός καθιστά τους αδιαβατικούς ξηραντήρες λιγότερο εμπορικούς από κάποιο μη αδιαβατικό σύστημα στο οποίο χρησιμοποιείται λίγο ή καθόλου αέριο. (Α.Π.Θ., 2005)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Πειραματικό Μέρος**

### **2.1 Εισαγωγή**

Δεδομένης της παρούσας κατάστασης σε σχέση με τον τρόπο διαχείρισης απορριμμάτων στην Ελλάδα, δημιουργήθηκε η ανάγκη μιας απλούστερης κι άμεσα εφαρμόσιμης πρότασης με σκοπό να συντελεστεί αλλαγή κατεύθυνσης προς ένα σύστημα διαχείρισης υλικών (Resource Efficiency) και όχι απορριμμάτων, όπως επιτάσσει και η πολιτική της Ε.Ε. Αυτή η πρόταση βασίζεται κατ' ουσία στη διευκόλυνση που επιτελείται με τον διαχωρισμό των ροών στην πηγή και συγκεκριμένα αφορά τη ροή των αστικών οικιακών βιοαποβλήτων.

Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της πιθανής αξιοποίησης προδιαλεγμένων οικιακών βιοαποβλήτων των οποίων η διαλογή έγινε στην πηγή, για την παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε μελέτη του συστήματος διαχείρισης οικιακών βιοαποβλήτων με χρήση της μεθόδου της αποκεντρωμένης ξήρανσης προκειμένου να προσδιοριστούν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος για τη παραγωγή αιθανόλης δεύτερης γενιάς. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί το εγχείρημα, έγινε δειγματοληψία από σύνολο 80 οικιών των Δήμων Ασπροπύργου και Παπάγου-Χολαργού, κατά την οποία συλλέχθηκε ποσότητα οικιακών βιοαποβλήτων (διατροφικά απορρίμματα, κλαδιά, χαρτί κ.λπ.) Μετά τη διαλογή και συλλογή του οργανικού κλάσματος των οικιακών βιοαποβλήτων πραγματοποιήθηκε μεταφορά τους με απορριμματοφόρα των συνεργαζόμενων με το πρόγραμμα Δήμων. Στη συνέχεια τα απορρίμματα οδηγήθηκαν στο χώρο του Ε.Μ.Π., τοποθετήθηκαν στο σύστημα ξήρανσης GAIA όπου το υλικό ξηράθηκε προκειμένου να αφαιρεθεί η περιεχόμενη σε αυτό υγρασία ενώ στο τελικό υλικό καθώς και το υγρό που λαμβάνοντα, πραγματοποιήθηκαν φυσικοχημικές αναλύσεις για τον ολοκληρωμένο χαρακτηρισμό του.

Για να θεωρείται η μελέτη, για την οποία η προσπάθεια που έγινε ήταν μεγάλη, πλήρης και ολοκληρωμένη, ακολούθως αναλύονται τα χαρακτηριστικά των δήμων που επιλέχθηκαν να συμμετάσχουν, τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν, οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν και τέλος τα χαρακτηριστικά των υλικών που εξετάστηκαν.

## **2.2 Δήμος Ασπροπύργου**

Ο Δήμος Ασπροπύργου, ανήκει στην Περιφερειακή ενότητα Δυτικής Αττικής, και περιλαμβάνει τον Ασπρόπυργο. Χωροθετείται σε απόσταση 20 χλμ. από το κέντρο των Αθηνών, ενώ διασχίζεται από τον οδικό άξονα Αθηνών – Κορίνθου συνορεύοντας με τους Δήμους Ελευσίνας και Φυλής. Στα όρια του Δήμου, εντοπίζονται φυσικοί φραγμοί όπως το όρος Πάρνηθα, η θαλάσσια περιοχή του Κόλπου της Ελευσίνας το Ποικίλο Όρος και το τεχνητό φράγμα του Αεροδρομίου της Πολεμικής Αεροπορίας της Ελευσίνας.

Είναι ένας από τους λίγους Δήμους της Ελλάδος, ο οποίος δεν μεταβλήθηκε μετά την εφαρμογή του νόμου 3852/7-7-2010 «Καλλικράτης» ο οποίος εφαρμόστηκε την 01/01/2011. Η έκτασή του είναι 101,9 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο πληθυσμός του 30.160 εκ των οποίων, 15.710 είναι άρρενες και 14.450 είναι γυναίκες. Η πληθυσμιακή πυκνότητα του Δήμου ανέρχεται σε 295,74 κάτοικοι/Km<sup>2</sup>. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται στην πρόσφατη απογραφή που πραγματοποιήθηκε από την ΕΛ.ΣΤΑΤ το 2011.

Κατά την απογραφή του 2001 ο Δήμος αριθμούσε 27.741 κατοίκους, αριθμός σχεδόν διπλάσιος από την απογραφή του 1991, καθιστώντας τον πρώτο, σε πληθυσμό Δήμο της Δυτικής Αττικής. Τα στοιχεία του 2011 δείχνουν επίσης την αυξητική τάση του πληθυσμού της περιοχής.

Ο συνολικός μόνιμος πληθυσμός του Δήμου αντιστοιχεί στο 0,3% του συνολικού μόνιμου πληθυσμού της χώρας και στο 0,7% του συνολικού μόνιμου πληθυσμού της Περιφέρειας Αττικής. Πρόκειται για έναν από τους μεγαλύτερους Δήμους της Αττικής.

Βασικό χαρακτηριστικό του Δήμου, είναι η ύπαρξη μικρών και μεγάλων βιομηχανιών, οι οποίες δημιουργήθηκαν στον Δήμο την δεκαετία του 60' με αποτέλεσμα σήμερα, σε σημαντικό κομμάτι της έκτασής του, να αποτελεί βιομηχανική ζώνη. Το γεγονός της ταυτόχρονης εγκατάστασης μεταναστών από το εσωτερικό αλλά και το εξωτερικό, της χώρας, άλλαξε την ανθρωπογεωγραφία της πόλης.

Ο Δήμος χαρακτηρίζεται από πολλά κέντρα με μικρό αριθμό επιχειρήσεων και κατοικιών καθώς επίσης και βιομηχανικών συγκροτημάτων. Πέραν των κυρίως πυρήνων του Δήμου, στην επικράτειά του, υφίστανται αραιοδομημένες οικιστικές συγκεντρώσεις διάσπαρτες μέσα στα όρια του. Επιπλέον ο χαρακτήρας των οικισμών είναι διαμορφωμένος ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των κατοίκων της κάθε οικιστικής ζώνης. Στην οικιστική δομή του Δήμου σημαντικό ρόλο παίζουν οι κυκλοφοριακοί άξονες, η χωροθέτηση των βιομηχανικών εγκαταστάσεων καθώς και των γεωργικών και κτηνοτροφικών μονάδων.

Κύριο χαρακτηριστικό των περιοχών κατοικίας, είναι η έλλειψη κοινόχρηστων χώρων πρασίνου ενώ η ύπαρξη κτηνοτροφικών μονάδων εντός της περιοχής κατοικίας, δημιουργεί σημαντικά προβλήματα ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της περιοχής, είναι η ύπαρξη διαφορετικών χρήσεων γης οι οποίες αφενός μεν είναι νόμιμες, αφετέρου δε η συνύπαρξη βιομηχανικών ζωνών εντός των οικιστικών περιοχών, αποτελεί σύγκρουση χρήσεων γης η οποία υφίσταται στα όρια του Δήμου.

Στην περιοχή βρίσκονται πλήθος βιομηχανιών όπως η Ελληνική Χαλυβουργία, τα Δωλιστήρια Ασπροπύργου καθώς επίσης και κομμάτι της Εθνικής Οδού Αθηνών Κορίνθου, παράγοντες οι

οποίοι επηρεάζουν αρνητικά τους οικισμούς που βρίσκονται κοντά σε αυτές, όπως ο συνοικισμός των Νεόκτιστων στις παρυφές του Αιγάλεω.

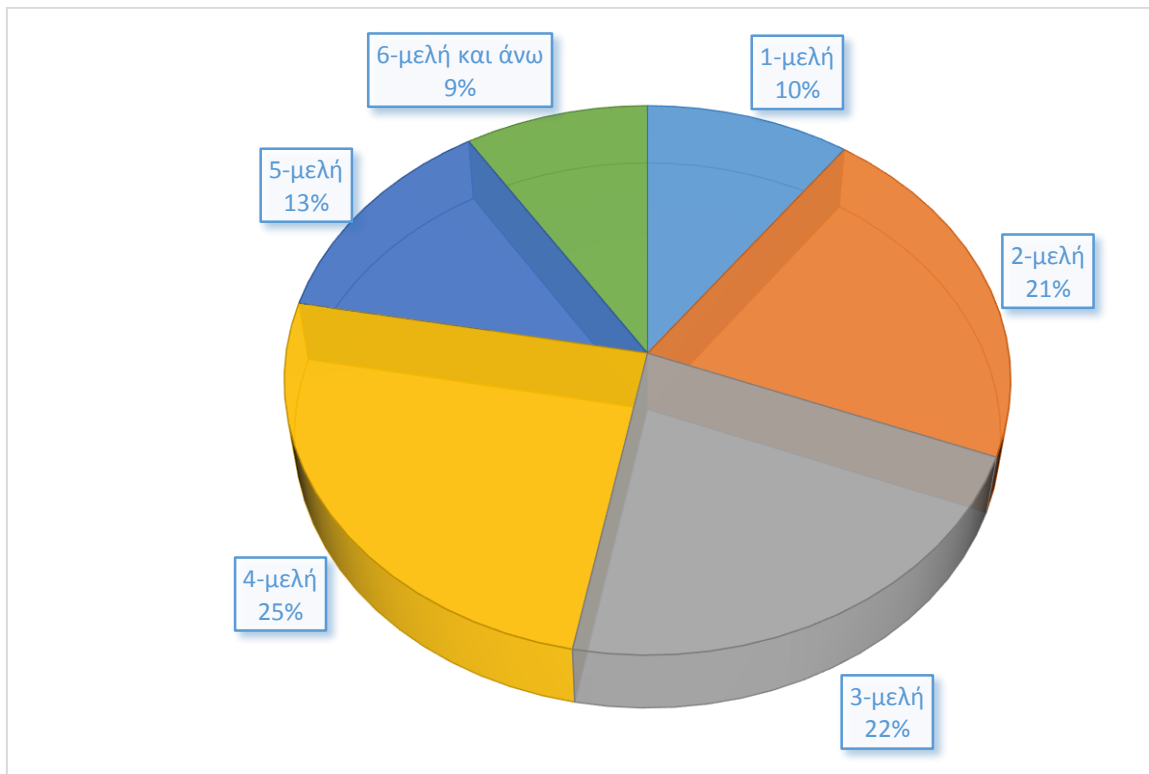
### 2.2.1. Πληθυσμιακά στοιχεία Δήμου

Τα στοιχεία για τον Δήμο Ασπροπύργου που αναφέρονται στο 2001, δείχνουν ότι στον Δήμο υπάρχουν συνολικά, 6581 νοικοκυριά. Τα νοικοκυριά αυτά κατανέμονται σε κατηγορίες ανάλογα με το πλήθος των μελών τους. Σύμφωνα με την κατανομή αυτή, το 10% των νοικοκυριών του Δήμου αποτελείται από ένα μέλος, το 21% των νοικοκυριών του Δήμου αναφέρεται σε νοικοκυριά που αποτελούνται από 2 μέλη, το 22% αντιστοιχεί σε νοικοκυριά με τρία μέλη, το 25% σε νοικοκυριά που αντιστοιχεί σε 4 μέλη, το 13% σε νοικοκυριά με πέντε μέλη, το 9% σε νοικοκυριά με έξι μέλη.

**Πίνακας 25: Δημογραφικά στοιχεία Δήμου Ασπροπύργου**

Νοικοκυριά	ΔΗΜΟΣ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ		ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ	
	Σύνολο	(%)	Σύνολο	(%)
1-μελή	678	10	235.926	23,6
2-μελή	1380	21	275.961	27,6
3-μελή	1458	22	218.011	21,8
4-μελή	1637	25	203.547	20,4
5-μελή	831	13	48.507	4,9
6-μελή ή με περισσότερα μέλη	597	9	18.156	1,8
<b>Σύνολο</b>	<b>6581</b>	<b>100</b>	<b>1.000.108</b>	<b>100</b>

Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται διαγραμματικά στο διάγραμμα που ακολουθεί:



**Διάγραμμα 9: Ποσοστά (%) των νοικοκυριών του Δήμου Ασπροπύργου ταξινομημένα ανά κατηγορία (Στρατηγικός Σχεδιασμός Δήμου Ασπροπύργου, 2011)**

### **2.2.2. Τρέχουσα κατάσταση στη διαχείριση των απορριμμάτων**

Ο Δήμος Ασπροπύργου, χρησιμοποιεί την μέθοδο της υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων του στον ΧΥΤΑ φυλής μέσω της Αττικής οδού. Ο Δήμος από 1/1/2012 σύμφωνα με την απόφαση αριθ. οικ. 52546 “Σύσταση Ειδικού Διαβαθμιδικού Συνδέσμου για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην μητροπολιτική περιφέρεια Αττικής” η οποία νομοθετήθηκε με το ΦΕΚ 2854 που εκδόθηκε την 16<sup>η</sup> Δεκεμβρίου του 2011, είναι υποχρεωμένος να καταβάλει εισφορά στον ΕΔΣΝΑ ανάλογα με την ποσότητα των ΑΣΑ που στέλνει προς υγειονομική ταφή. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία του Ε.Δ.Σ.Ν.Α., ο Δήμος το 2012, απέρριψε 16.800 τόνους αστικών σύμμεικτων αποβλήτων (ΑΣΑ) ποσότητα η οποία αντιστοιχεί σε 1,27κιλά/κάτοικο ημερησίως. Η ποσότητα αυτή αναφέρεται στα απορρίμματα που μεταφέρθηκαν στον ΧΥΤΑ, υπολείμματα του Κέντρου Διάγνωσης, Αξιολόγησης και Υποστήριξης (ΚΔΑΥ) και της μονάδας μηχανικής ανακύκλωσης. Στο Δήμο εκτιμάται σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), ότι τα παραγόμενα οικιακά βιολογικά απόβλητα είναι 0,5kg/άτομο ημερησίως ή 6.600 tn/έτος. Συνολικά υπάρχουν 10.500 νοικοκυριά τα οποία εξυπηρετούνται από 3.200 κάδους αποκομιδής σύμμεικτων απορριμμάτων. Επιπλέον στον Δήμο υπάρχει ένας σταθμός μεταφόρτωσης ΑΣΑ.

**Πίνακας 26: Απόβλητα που διαχειρίζεται ο Δήμος Ασπροπύργου μέσω των μπλε κάδων**



Στους μπλε κάδους δεν τοποθετούνται υλικά που ανήκουν σε άλλα συστήματα ανακύκλωσης όπως: μπαταρίες, ηλεκτρικές συσκευές, ελαστικά, μέταλλα, ρούχα, πλαστικά δοχεία από λάδια αυτοκινήτων, οικοδομικά υλικά, έπιπλα και οργανικά υπολείμματα τροφίμων. Οι κάδοι δόθηκαν δωρεάν στον Δήμο μαζί με 1 (ένα) όχημα ανακύκλωσης το οποίο λειτουργεί και συντηρεί ο ίδιος ο Δήμος με δικά του έξοδα.

Τα ανακυκλώσιμα υλικά, αφού διαχωριστούν και τοποθετηθούν από τους κατοίκους του Δήμου στους μπλε κάδους ανακύκλωσης, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε όλη την έκταση του Δήμου σε σημεία εύκολης πρόσβασης για το κοινό, μεταφέρονται με την χρήση του απορριματοφόρου που έχει δοθεί από την Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (Ε.Ε.Α.Α.) στο Δήμο (ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται και δημοτικά οχήματα για το σκοπό αυτό) στο ΚΔΑΥ του Ασπροπύργου, όπου και ανακτάται ένα μέρος των υλικών αυτών. Τα υλικά που δεν ανακτώνται λόγω κακής ποιότητας, μεταφέρονται στον ΧΥΤΑ Φυλής όπου και απορρίπτονται με κόστος που καλύπτεται από τον Δήμο.



Σύμφωνα με στοιχεία του Δήμου Ασπροπύργου, ο οποίος έχει λάβει στοιχεία από την Ε.Ε.Α.Α., οι ποσότητες των ανακυκλώσιμων υλικών του Δήμου για το έτος 2012 ήταν 750tn. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν τον Δήμο Ασπροπύργου σχετικά με την ανακύκλωση συσκευασιών.

**Πίνακας 27: Στατιστικά στοιχεία ανακύκλωσης του Δήμου Ασπροπύργου της Ε.Ε.Α.Α. (Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης, 2012)**

Συνολικός αριθμός μπλε κάδων	<b>450</b>
Συνολική χωρητικότητα δικτύου κάδων	<b>495</b>
Οχήματα που έχουν παραχωρηθεί από Ε.Ε.Α.Α.	<b>1</b>
Ποσότητα παραγόμενων ανακυκλώσιμων υλικών ανά άτομο ανά έτος	<b>0,8kg/άτομο/έτος</b>
Ποσότητα ανακτώμενων υλικών ανά άτομο ανά μέρα	<b>0,04kg/άτομο/μέρα</b>

### **2.3 Δήμος Παπάγου-Χολαργού**

Ο Δήμος Παπάγου-Χολαργού αποτελεί μια περιοχή με διαφορετικά πληθυσμιακά χαρακτηριστικά σε σχέση με τον Δήμο Ασπροπύργου. Η τελευταία πληθυσμιακή απογραφή, πραγματοποιήθηκε το έτος 2011 από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛ.ΣΤΑΤ), ωστόσο λεπτομερή δεδομένα σχετικά με τα επιμέρους στοιχεία που συνθέτουν τον πληθυσμό της περιοχής, δεν έχουν δημοσιευτεί από την ΕΛ.ΣΤΑΤ μέχρι σήμερα και σε αυτήν την περίπτωση. Συνεπώς τα στοιχεία που παρατίθενται στην συνέχεια αφορούν στο έτος 2001 οπότε και υπάρχουν δημοσιευμένα πλήρη στοιχεία για την περιοχή.

Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛ.ΣΤΑΤ του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου, ανέρχεται σε 45.850 εκ των οποίων οι 21.630 είναι άρρενες και οι 24.220 γυναίκες ενώ η πυκνότητα πληθυσμού ανέρχεται σε 6.259,39 κάτοικοι/Km<sup>2</sup>. Η πληθυσμιακή πυκνότητα του Δήμου ανέρχεται σε 295,74 κάτοικοι/Km<sup>2</sup>. Το 2001, οι μόνιμοι κάτοικοι του Δήμου ήταν 47.714. Η σύγκριση των στοιχείων των απογραφών των ετών 2011 και 2001, (ΕΛ.ΣΤΑΤ) φανερώνει μείωση του μόνιμου πληθυσμού κατά 1864 άτομα.

#### **2.3.1. Πληθυσμιακά στοιχεία Δήμου**

Ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου ως ποσοστό αντιστοιχεί στο 0,4% του συνολικού μόνιμου πληθυσμού της χώρας και στο 1,2% του συνολικού μόνιμου πληθυσμού της Περιφέρειας Αττικής.

Σύμφωνα πάντα με τα αποτελέσματα της Απογραφής της ΕΛ.ΣΤΑΤ το 2001 για το Δήμο Παπάγου-Χολαργού, το σύνολο των νοικοκυριών του Δήμου ανέρχεται σε 17.766 νοικοκυριά.

**Πίνακας 28:Δημογραφικά στοιχεία Δήμου Παπάγου-Χολαργού**

Νοικοκυριά	ΔΗΜΟΣ ΠΑΠΑΓΟΥ-ΧΟΛΑΡΓΟΥ		ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ	
	Σύνολο	(%)	Σύνολο	(%)
1-μελή	3.999	22	235.926	23,6
2-μελή	5.247	28,5	275.961	27,6
3-μελή	4.097	23,1	218.011	21,8
4-μελή	3.540	19,9	203.547	20,4
5-μελή	756	4,3	48.507	4,9
6-μελή ή με περισσότερα μέλη	217	1,2	18.156	1,8
<b>Σύνολο</b>	<b>17.766</b>	<b>100</b>	<b>1.000.108</b>	<b>100</b>

### 2.3.2. Τρέχουσα κατάσταση στη διαχείριση των απορριμμάτων

Ο Δήμος Παπάγου-Χολαργού όπως και ο Δήμος Ασπροπύργου, χρησιμοποιεί την μέθοδο της υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων του στον ΧΥΤΑ φυλής μέσω της Αττικής οδού. Ο Δήμος από 1/1/2012 σύμφωνα με την απόφαση αριθ. οικ. 52546 “Σύσταση Ειδικού Διαβαθμιδικού Συνδέσμου για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην μητροπολιτική περιφέρεια Αττικής” η οποία νομοθετήθηκε με το ΦΕΚ 2854 που εκδόθηκε στις 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου του 2011, είναι υποχρεωμένος να καταβάλλει εισφορά στον ΕΔΣΝΑ ανάλογα με την ποσότητα των ΑΣΑ που στέλνει προς υγειονομική ταφή.

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία του Ε.Δ.Σ.Ν.Α., ο Δήμος το 2012, απέρριψε 20.464,20 τόνους ΑΣΑ ποσότητα η οποία αντιστοιχεί σε 446,3 κιλά/κάτοικο ετησίως. Η ποσότητα αυτή αναφέρεται στα απορρίμματα που μεταφέρθηκαν στον ΧΥΤΑ, υπολείμματα του ΚΔΑΥ και της μονάδας μηχανικής ανακύκλωσης. Η ημερήσια ποσότητα παραγωγή ΑΣΑ ανά κάτοικο στο Δήμο Παπάγου Χολαργού εκτιμάται ότι είναι ίση με **1,35** κιλά ΑΣΑ/κάτοικο/ημέρα περίπου.

Ωστόσο τα στοιχεία αυτά αποτελούν εκτίμηση του Ε.Δ.Σ.Ν.Α. ενώ τα ακριβή στοιχεία θα δημοσιευτούν με την ετήσια έκθεση του Ε.Δ.Σ.Ν.Α. η οποία θα δημοσιευτεί μέσα στο 2013.

Το πρώτο εξάμηνο του 2012 σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του Ε.Δ.Σ.Ν.Α., το α' εξάμηνο 2012 μεταφέρθηκαν στον ΧΥΤΑ φυλής 9.437,865 τόνοι ΑΣΑ/υλικών.

Πέραν της διαχείρισης των απορριμμάτων με την μέθοδο της υγειονομικής ταφής, ο Δήμος συμμετέχει σε πρόγραμμα ανακύκλωσης με χρήση μπλε κάδων από το 2007, ο οποίος υπολογίζεται ότι καλύπτει περίπου το 30% των νοικοκυριών που υπάρχουν στον Δήμο και στους οποίους τοποθετούνται υλικά των ποιο κάτω κατηγοριών:

**Πίνακας 29: Υλικά που διαχειρίζεται ο Δήμος Παπάγου-Χολαργού μέσω των μπλε κάδων**



Στους μπλε κάδους δεν τοποθετούνται υλικά που ανήκουν σε άλλα συστήματα ανακύκλωσης όπως: μπαταρίες, ηλεκτρικές συσκευές, ελαστικά, μέταλλα, ρούχα, πλαστικά δοχεία από λάδια αυτοκινήτων, οικοδομικά υλικά, έπιπλα και οργανικά υπολείμματα τροφίμων. Οι κάδοι δόθηκαν δωρεάν στον Δήμο μαζί με 2 (δύο) οχήματα ανακύκλωσης τα οποία λειτουργεί και συντηρεί ο ίδιος ο Δήμος με δικά του έξοδα.

Τα ανακυκλώσιμα υλικά, αφού διαχωριστούν και τοποθετηθούν από τους κατοίκους του Δήμου στους μπλε κάδους ανακύκλωσης, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε όλη την έκταση

του Δήμου σε σημεία εύκολης πρόσβασης για το κοινό, μεταφέρονται με την χρήση του απορριμματοφόρου που έχει δοθεί από την Ε.Ε.Α.Α. στο Δήμο (ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται και δημοτικά οχήματα για το σκοπό αυτό) στο Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών του Ασπροπύργου, όπου και ανακτάται ένα μέρος των υλικών αυτών. Τα υλικά που δεν ανακτώνται λόγω κακής ποιότητας, μεταφέρονται στον ΧΥΤΑ Φυλής όπου και απορρίπτονται με κόστος που καλύπτεται από τον Δήμο.

Αντίστοιχα με τον Δήμο Ασπροπύργου, σύμφωνα με την Ε.Ε.Α.Α, η οποία παρείχε στοιχεία για τις ποσότητες των ανακυκλώσιμων και ανακτώμενων υλικών του δήμου από 01/01/2012 έως 30/09/2012, για τον Δήμο Παπάγου-Χολαργού, ισχύουν τα παρακάτω όσον αφορά την ανακύκλωση απορριμμάτων.

**Πίνακας 30: Στατιστικά στοιχεία 01/01/2012 έως 30/09/2012 ανακύκλωσης του Δήμου Παπάγου-Χολαργού της Ε.Ε.Α.Α. (Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης, 2012)**

Συνολικός αριθμός μπλε κάδων	<b>610</b>
Συνολική χωρητικότητα δικτύου κάδων	<b>671</b>
Οχήματα που έχουν παραχωρηθεί από Ε.Ε.Α.Α.	<b>2</b>
Συλλεγόμενες ποσότητες(τόνοι)	<b>1.707.290</b>

## **2.4 Πειραματικό πρωτόκολλο**

Η συμμετοχή των κατοίκων των δύο Δήμων στην έρευνα ήταν εθελοντική. Ανακοινώσεις, από την πλευρά των Δήμων αναρτήθηκαν στο διαδίκτυο και τον τοπικό τύπο για την ενημέρωση των πολιτών αναφορικά με την έναρξη της πιλοτικής λειτουργίας του καινοτόμου συστήματος διαχείρισης οικιακών βιοαποβλήτων στο Δήμο τους. Δηλώσεις συμμετοχής υποβλήθηκαν στις Διευθύνσεις Περιβάλλοντος Καθαριότητας και Πρασίνου των δύο Δήμων. Ερωτήσεις ή απορίες σχετικά με τη δράση και τον τρόπο υλοποίησης της, υποβάλλονταν στις αντίστοιχες διευθύνσεις καθώς επίσης και στα τηλέφωνα επικοινωνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.) τα οποία γνωστοποιήθηκαν στους ενδιαφερόμενους πολίτες από τις υπηρεσίες των Δήμων αλλά και μέσω της ιστοσελίδας της ερευνητικής εργασίας.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΝΟΜΟΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΔΗΜΟΣ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ  
ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΗΜΑΡΧΟΥ  
Ταχ. Δ/ση : Α. Δημοκρατίας 18  
Ταχ. Κωδ. : 193 00  
Τηλέφωνο : 210-5572698  
FAX : 210-5572276  
email:grafeiodimarzou@aspropyrgos.gr

Ασπρόπυργος, 7 Ιουλίου 2013  
Αρ. Πρωτ. : Δ.Υ

ΠΡΟΣ: -Τους Πολίτες  
του Ασπρόπυργου

-Τα ΜΜΕ

### Δ Ε Λ Τ Ι Ο Τ Υ Π Ο Υ

ΠΡΟΕΚΛΗΘΗ ΣΕ ΠΟΛΙΤΕΣ - ΕΘΕΛΟΝΤΕΣ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ  
ΣΕ ΠΡΩΤΟΠΟΡΙΑΚΟ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ:

**Ο Δήμος Ασπροπύργου  
στο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα “LIFE”,  
με τίτλο “WASTE 2Bio”.**

**Διαλογή αποβλήτων κουζίνας,  
απ’ τα οποία θα παράγεται Αιθανόλη**

Σε συμμετοχή σε ειδικό πρόγραμμα, που θα υλοποιηθεί σύμφωνα με τις κατευθύνσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, καλεί τους πολίτες το Ασπρόπυργο ο Δήμαρχος της πόλης Νικόλαος Μελέτιου. Πρόκειται για τη διαλογή αποβλήτων κουζίνας με στόχο την παραγωγή αιθανόλης, και εκδηλώνεται στο πλαίσιο των δράσεων της Δημοτικής Αρχής για την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των δημοτών, μέσω της περιβαλλοντικά ορθής διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων. Ο Δήμος Ασπροπύργου συμμετέχει στην υλοποίηση του Ευρωπαϊκού Προγράμματος LIFE 11 ENV/GR/000949, που έχει τίτλο «Waste2Bio», σε συνεργασία με το Δήμο Παπάγου-Χολαργού.

Τα οικιακά οργανικά απορρίμματα κουζίνας αποτελούν το 40-60% των οικιακών απορριμμάτων ενώ περιέχουν ποσοστό υγρασίας το οποίο μπορεί να φθάσει έως το 90% της συνολικής τους μάζας. Η ύπαρξη νερού μέσα στα οργανικά απορρίμματα είναι υπεύθυνη για τις δυσάρεστες οσμές που υπάρχουν στους κάδους απορριμμάτων όλων των οικιών καθώς και στους ΧΥΤΑ. Η αφαίρεσή του, από το εσωτερικό τους, έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της μάζας και του όγκου τους, ενώ η εκτροπή των οργανικών απορριμμάτων από τους ΧΥΤΑ και η παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας από αυτά, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του κόστους συλλογής και εναπόθεσης των Δημοτικών απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ με πολλαπλά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη για έναν Δήμο και τους κατοίκους του.

Σκοπός του προγράμματος, είναι η κατασκευή και πιλοτική λειτουργία της πρώτης μονάδας παραγωγής βιοαιθανόλης από απορρίμματα κουζίνας στην Ελλάδα, στα πλαίσια του προγράμματος με τον τίτλο “Waste2Bio”.

1

### **Εικόνα 12: Ανακοίνωση Δήμου Ασπροπύργου για την έναρξη της πιλοτικής εφαρμογής του συστήματος διαχείρισης**

Συνολικά 82 νοικοκυριά συμμετείχαν σε πρώτη φάση προκειμένου να πραγματοποιηθεί η έρευνα από τα οποία 42 ανήκαν στον Δήμο Ασπροπύργου και 40 στο Δήμος Παπάγου-Χολαργού.

Τα ονόματα των κατοίκων δεν αναφέρονται στην παρούσα αναφορά για λόγους προστασίας προσωπικών δεδομένων ωστόσο αναφέρονται τα στοιχεία των νοικοκυριών τα οποία σχετίζονται με την εν λόγω έρευνα.

Οι κατοικίες που έλαβαν μέρος στην έρευνα, προκειμένου να έρθει εις πέρας η διπλωματική εργασία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 31: Πίνακας καταγραφής νοικοκυριών των οποίων τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην παρούσα έκθεση**

Αριθμός Οικίας	Αριθμός Μελών ανά Οικία
Οικία 1	2
Οικία 2	1
Οικία 3	1
Οικία 4	1
Οικία 5	1
Οικία 6	1
Οικία 7	2
Οικία 8	2
Οικία 9	2
Οικία 10	2
Οικία 11	2
Οικία 12	2
Οικία 13	2
Οικία 14	2
Οικία 15	2
Οικία 16	2
Οικία 17	2
Οικία 18	2
Οικία 19	2
Οικία 20	2
Οικία 21	2
Οικία 22	2
Οικία 23	2
Οικία 24	2
Οικία 25	2
Οικία 26	2
Οικία 27	2
Οικία 28	2
Οικία 29	2
Οικία 30	3
Οικία 31	3
Οικία 32	3
Οικία 33	3
Οικία 34	3
Οικία 35	3
Οικία 36	3
Οικία 37	3
Οικία 38	3
Οικία 39	3
Οικία 40	3
Οικία 41	3
Οικία 42	3
Οικία 43	3
Οικία 44	3
Οικία 45	3

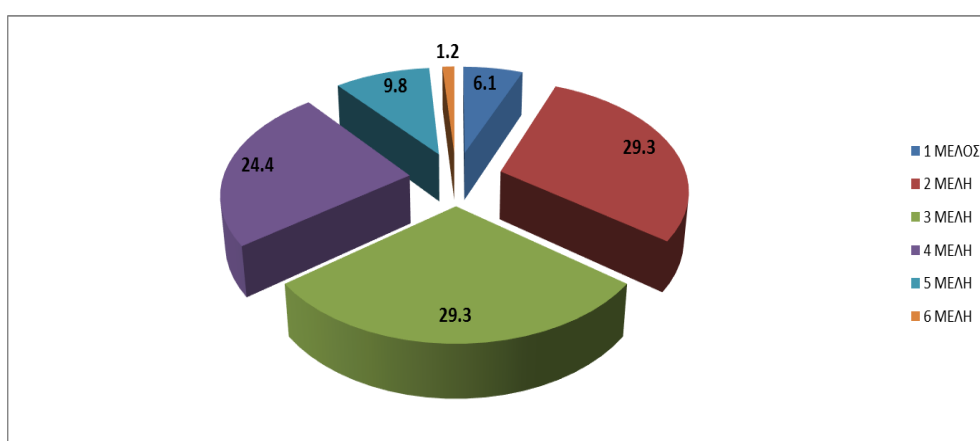
Οικία 46	3
Οικία 47	3
Οικία 48	3
Οικία 49	3
Οικία 50	3
Οικία 51	3
Οικία 52	3
Οικία 53	3
Οικία 54	4
Οικία 55	4
Οικία 56	4
Οικία 57	4
Οικία 58	4
Οικία 59	4
Οικία 60	4
Οικία 61	4
Οικία 62	4
Οικία 63	4
Οικία 64	4
Οικία 65	4
Οικία 66	4
Οικία 67	4
Οικία 68	4
Οικία 69	4
Οικία 70	4
Οικία 71	4
Οικία 72	4
Οικία 73	4
Οικία 74	5
Οικία 75	5
Οικία 76	5
Οικία 77	5
Οικία 78	5
Οικία 79	5
Οικία 80	5
Οικία 81	5
Οικία 82	6
Σύνολο μελών	251

Η επιλογή του συνόλου των νοικοκυριών έγινε με σειρά προτεραιότητας, καθώς η συμμετοχή ήταν μεγαλύτερη της αναμενόμενης.

**Πίνακας 32:Σύνολο νοικοκυριών που συμμετείχαν στην πιλοτική εφαρμογή τους καινοτόμου συστήματος διαχείρισης**

	Νοικοκυριά	%
1-μελή	5	6,1
2-μελή	24	29,3
3-μελή	24	29,3
4-μελή	20	24,4
5-μελή	8	9,8
6-μελή	1	1,2
Σύνολο	82	100

Στο ιστόγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή των νοικοκυριών ανά αριθμό μελών της οικίας σε σύνολο 82 νοικοκυριών που συμμετείχαν ενεργά (παρείχαν επαρκή στοιχεία) στη δράση επίδειξης του συστήματος αποκεντρωμένης ξήρανσης:



**Διάγραμμα 10: Ποσοστιαία (%) κατανομή οικιών που συμμετείχαν στη δράση επίδειξης του συστήματος ανά αριθμό μονίμων κατοίκων οικίας**

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα, το 83% των νοικοκυριών που συμμετείχαν στην έρευνα της αποκεντρωμένης ξήρανσης αποτελούνται από 2 έως 4 μέλη. Τα περισσότερα νοικοκυριά, όπως προκύπτει από το διάγραμμα πίτας αποτελούνται από διμελείς και τριμελείς οικογένειες καλύπτοντας το 58,6% του συνόλου των συμμετεχόντων νοικοκυριών. Ωστόσο, υπήρξαν και περιπτώσεις πολυμελών οικογενειών με 5 ή 6 μέλη στις οποίες το σύστημα είχε τη δυνατότητα να δοκιμαστεί ως προς τις επιδόσεις του.

**Πίνακας 33:Δημογραφικά στοιχεία σε εθνικό επίπεδο**

	Νοικοκυριά	%
1-μελή	1.061.471	25.71768
2-μελή	1.218.356	29.51874



3-μελή	817.842	19.81495
4-μελή	726.469	17.60114
5-μελή	209.545	5.076927
6-μελή	68.595	1.661943
7-μελή	20.272	0.491157
8-μελή	7.510	0.018195
9-μελή	1.881	0.045574
10 και άνω μέλη	2.216	0.05369
Σύνολο	4.058.803	100

Η περίοδος της πιλοτικής εφαρμογής του καινοτόμου συστήματος διαχείρισης έχει διαρκέσει συνολικά 12 μήνες (**Φεβρουάριο 2014 έως Φεβρουάριο 2015**),

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η δράση επίδειξης του καινοτόμου συστήματος διαχείρισης των οικιακών βιοαποβλήτων και να προσδιοριστούν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εισερχόμενου οργανικού υλικού ώστε αυτό να μπορεί χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς έλαβαν χώρα οι παρακάτω δράσεις:

1. Διαμοιράστηκαν κάδοι κουζίνας 23 λίτρων στους κατοίκους του Δήμου Ασπροπύργου και 10 λίτρων στους κατοίκους του Δήμου Παπάγου-Χολαργού προκειμένου να απορρίπτουν εντός αυτών τα οικιακά τους βιοαπόβλητα. Οι κάδοι που χρησιμοποιήθηκαν αποτέλεσαν επιλογή των Δημοτικών αρχών των εν λόγω Δήμων για τους κατοίκους τους.



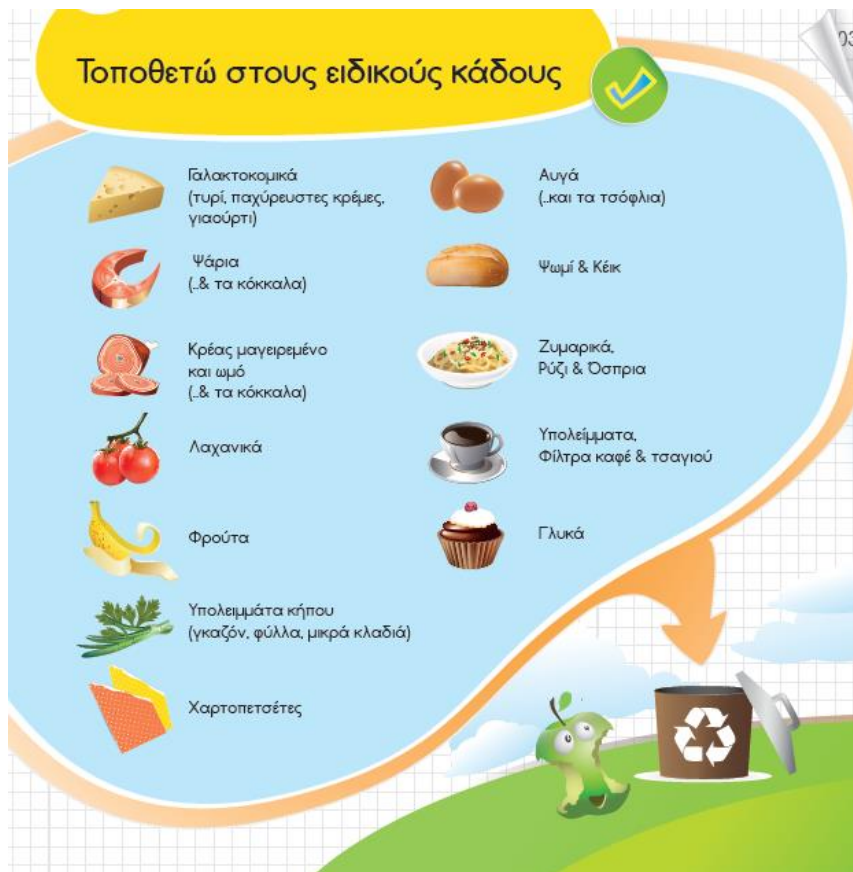
**Εικόνα 13: Καδάκι κουζίνας για τη χωριστή διαλογή των οικιακών βιοαποβλήτων 23L (αριστερά), 10L (δεξιά)**

2. Τοποθετήθηκε κάδος χωρητικότητας 120L σε εξωτερικό χώρο των συμμετεχόντων νοικοκυριών προκειμένου οι κάτοικοι να απορρίπτουν τα συλλεχθέντα στους μικρούς κάδους οργανικά απορρίμματα σε δεύτερο χρόνο.



**Εικόνα 14: Κάδος απόρριψης οικιακών βιοαποβλήτων χωρητικότητας (120L) τοποθετημένος σε νοικοκυριό του Δήμου Ασπροπύργου**

3. Διαμοιράστηκε εγχειρίδιο απόρριψης υλικών στο εσωτερικό των μικρών κάδων στους συμμετέχοντες κατοίκους προκειμένου οι κάτοικοι να γνωρίζουν τι θα πρέπει να απορρίπτουν και τι δεν θα πρέπει να απορρίπτουν εντός του κάδου.



**Εικόνα 15:** Μέρος του εγχειριδίου απόρριψης οικιακών βιοαποβλήτων το οποίο διαμοιράστηκε στους κατοίκους των δύο Δήμων

4. Πραγματοποιήθηκε ενημερωτικό σεμινάριο (ημερίδα) στο Δήμο Ασπροπύργου για τους Δημότες των δύο Δήμων ενώ έγινε κατ'οίκων εκπαίδευση των συμμετεχόντων με οδηγίες σχετικά με τι θα πρέπει να απορρίπτονται στους ειδικούς κάδους συλλογής.



**Εικόνα 16:** Κάτοικοι των δύο Δήμων οι οποίοι συμμετείχαν στην ημερίδα που πραγματοποιήθηκε στο Δήμο Ασπροπύργου για την πιλοτική εφαρμογή του νέου συστήματος διαχείρισης

## 2.5 Μεθοδολογία συλλογής και ανάλυσης δειγμάτων

Τα συλλεχθέντα δείγματα τοποθετούνταν από τους κατοίκους των εν λόγω περιοχών σε κεντρικό κάδο συλλογής. Οι Δήμοι μετέφεραν τα δείγματα στις εγκαταστάσεις του Ε.Μ.Π με χρήση μικρού δορυφορικού οχήματος ύστερα από ειδική άδεια η οποία είχε χορηγηθεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες του ιδρύματος.



**Εικόνα 17:** Αποκομιδή οικιακών οργανικών απορριμμάτων από το δορυφορικό όχημα του Δήμου Παπάγου-Χολαργού

Αυτά στη συνέχεια οδηγούνται στα εργαστήρια της μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π. όπου και ζυγίζονται προκειμένου να καταγραφεί η μάζα του εισερχόμενου υλικού με χρήση πλατφόρμας ζύγισης η οποία λειτουργεί στη μονάδα.



**Εικόνα 18:** Πλατφόρμα ζύγισης οικιακών οργανικών βιοαποβλήτων

Στη συνέχεια τα δείγματα τοποθετούνταν στο εσωτερικό του εμπορικού συστήματος αποκεντρωμένης ξήρανσης GAIA όπου ξηραίνονταν και μετατρέπονταν σε σκόνη διαμέτρου  $\approx 1-5$  mm.



**Εικόνα 19:Εισερχόμενο υλικό (κάτω) στο εσωτερικό του συστήματος GAIA, Ξηραμένο υλικό (πάνω) στο εσωτερικό του ιδίου συστήματος**

Η ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος GAIA καταγράφηκε με χρήση μετρητή ενεργειακής κατανάλωσης ο οποίος έχει τοποθετηθεί μεταξύ του συστήματος και της παροχής ρεύματος.

Το νερό που αποβάλλονταν από το υλικό οδηγούνταν σε ειδικό δοχείο συλλογής προκειμένου αυτό να αποθηκευτεί εντός ψυγείου για περαιτέρω αναλύσεις. Το ξηρό υλικό αποθηκεύονταν σε κοινές σακούλες απορριμμάτων υψηλής αντοχής για περαιτέρω επεξεργασία.



**Εικόνα 20:Υλικό τοποθετημένο σε σακούλες υψηλής αντοχής έτοιμο για περαιτέρω επεξεργασία**

Ποσότητα υλικού οδηγούνταν στο εργαστήριο βιοτεχνολογίας του Ε.Μ.Π. προκειμένου να υποστεί ζύμωση από το εκεί προσωπικό για παραγωγή αλκοόλης δεύτερης γενιάς με χρήση βιοαντιδραστήρα 20L. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης δεν αναφέρονται τα αποτελέσματα αυτών των ζυμώσεων.





**Εικόνα 21:Βιοαντιδραστήρας 20L.στο εργαστήριο βιοτεχνολογίας του Ε.Μ.Π.**

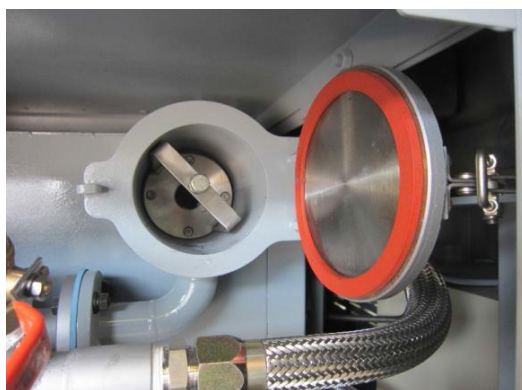
Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι στο σύνολο των οικιών που συμμετείχαν στην δράση, υπήρξαν ημέρες στις οποίες τα δείγματα δεν παρελήφθησαν από την αρμόδια υπηρεσία του Δήμου, καθώς πραγματοποιούνταν απεργίες στις υπηρεσίες καθαριότητας των Δήμων ή δεν ήταν εφικτή η αποκομιδή των απορριμμάτων από τα επιλεγμένα νοικοκυριά.

Το ξηραντήριο GAIA είναι σύστημα μείωσης της μάζας και όγκου διαφόρων τύπων βιομάζας. Αποτελεί αυτόματο σύστημα αποκεντρομένης ξήρανσης που στηρίζεται στη θέρμανση και τη μηχανική ανάδευση. Συγκεκριμένα το υλικό τοποθετείται εντός θαλάμου ο οποίος θερμαίνεται από ειδικές αντιστάσεις και μέσα στον οποίο το υλικό περιστρέφεται συνεχόμενα μέχρις ότου να του αφαιρεθεί πλήρως η περιεχόμενη υγρασία. Από τη στιγμή που τα ποσοστά υγρασίας στα οικιακά βιοαπόβλητα είναι πολύ υψηλά (φτάνει σε πολλές περιπτώσεις το 95%), η μείωση του όγκου και της μάζας επιτυγχάνεται με την αφαίρεση του νερού μέσω της ξήρανσης, αφήνοντας ως προϊόν ξερή άοσμη και αποστειρωμένη βιομάζα η οποία μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα δίχως να βιοαποδομηθεί λόγω της μειωμένης μικροβιακής δραστηριότητας εντός του υλικού.



**Εικόνα 22: Σύστημα ξήρανσης GAIA δυνατότητας επεξεργασίας 100 Kgr νοπού υλικού ημερησίως**

Τα ξηραντήρια GAIA διαφοροποιούνται από άλλες τεχνολογίες ξήρανσης λόγω του συστήματος closed loop. Οι υδρατμοί που παράγονται από την θέρμανση αφού περάσουν από σύστημα δυο φίλτρων οδηγούνται προς υγροποίηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν εκπομπές και οσμές παρά μόνο νερό το οποίο και απομακρύνεται στο αποχετευτικό σύστημα.



**Εικόνα 23: Φίλτρο κατακράτησης οσμών και σωματιδίων του συστήματος GAIA**

Το σύστημα τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια ενώ η θέρμανση είναι δυνατόν να προέρχεται από φυσικό αέριο, πετρέλαιο, ηλεκτρικό ρεύμα ή ακόμα και από ατμό. Οι χρόνοι κατεργασίας όπως επίσης και το κόστος χρήσης ποικίλουν και εξαρτώνται από τον τύπο των απορριμμάτων και την περιεκτικότητά αυτών σε υγρασία. Οι συνήθεις χρόνοι κατεργασίας κυμαίνονται από 7 έως 9 ώρες , και η κατανάλωση από 0,28 έως 0,9 kW/kg.

Κατά τη διάρκεια της δικής μας μελέτης χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο GC-100 το οποίο έχει τα παρακάτω λειτουργικά και τεχνικά χαρακτηριστικά.

**Πίνακας 34: Λειτουργικά χαρακτηριστικά συστήματος GAIA**

<b>Χωρητικότητα</b>	<b>50 kg/κύκλο, 2 κύκλοι/ημέρα</b>
Χρόνος ξήρανσης	6-9 ώρες/κύκλο
Χρόνος που απαιτείται για τη ψύξη του ξηραντήρα	1-2 ώρες/κύκλο
Θερμοκρασία κυλίνδρου λαδιού	165°C ± 15°C

Επιπλέον λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος αναφέρονται ακολούθως:

- (1) Ο χρόνος λειτουργίας του ξηραντήρα ισούται με το άθροισμα του χρόνου ξήρανσης ή του χρόνου που έχει αντιληφθεί ο αρμόδιος αισθητήρας και του χρόνου που απαιτείται για τον τερματισμό της λειτουργίας.
- (2) Ο χρόνος λειτουργίας ποικίλει ανάλογα με το είδος των διαφορετικών ειδών διατροφικών αποβλήτων και με τη θερμοκρασία στην οποία επιτελείται η ξήρανση.
- (3) Ο χρόνος λειτουργίας αυξάνεται αν:
  - Η αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία είναι υψηλή.
  - Τα διατροφικά απόβλητα που εισέρχονται είναι κολλώδη.
  - Η θερμοκρασία λειτουργίας του ξηραντήρα ρυθμίζεται χαμηλότερα της προτεινόμενης.

**Πίνακας 35: Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος GAIA**

<b>Μοντέλο</b>	<b>GC-100</b>
<b>Χωρητικότητα</b>	50 kg/κύκλο, 2 κύκλοι/ημέρα
<b>Διαστάσεις:</b>	
- Μήκος	1.400 mm
- Βάθος	950 mm
- Ύψος	1291 mm
<b>Κινητήρας</b>	0,4 kW, 150:1, 380 V, 50 Hz
<b>Ανεμιστήρας</b>	
- Πίεση	max. 700 mmAq
- Ροή	max. 1,0 m <sup>3</sup> /min
- Κινητήρας	0,2 kW
<b>Κύλινδρος λαδιού</b>	6 kW
<b>Συμπυκνωτής</b>	0,112 kW



<b>Πετρέλαιο θέρμανσης</b>	24 L
<b>Απαιτούμενη ισχύς</b>	6,7 kW
<b>Ρεύμα</b>	10,2 Amp
<b>Βάρος</b>	600 kg

### 2.5.1. Προετοιμασία δειγμάτων

Αρχικά, το ξηραμένο οργανικό δείγμα ομογενοποιούνται πριν από την έναρξη των αναλύσεων. Αυτό πραγματοποιούνταν με το πέρασμα των δειγμάτων σε κατάλληλο blender ώστε να διασπαστούν τα μεγάλα κομμάτια και στην συνέχεια γίνονταν κοσκίνισμα του δείγματος σε κόσκινο με μέγεθος πόρων 1 mm.



Εικόνα 24: Διαδικασία ομογενοποίησης δείγματος

### 2.5.2. Προσδιορισμός περιεχόμενης υγρασίας (%κ.β.)

Ο προσδιορισμός της υγρασίας έγινε σε φούρνο με ρεύμα αέρα ο οποίος λειτουργεί σε θερμοκρασία  $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Πραγματοποιήθηκαν τρεις (3) επαναλήψεις ανά δείγμα ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός της με ακρίβεια. Σε κάποιες περιπτώσεις, χρειάστηκαν και 3 επαναλήψεις ανάλογα με την απόκλιση τιμών. Η διαδικασία είχε ως εξής:

- ✚ Αρχικά, ζυγίστηκε ποτήρι ζέσεως στο οποίο τοποθετούνταν το προς ξήρανσης δείγμα και καταγράφονταν η ακριβής μάζα του ποτηριού.
- ✚ Έπειτα, προστέθηκαν 5 gr από το νωπό υλικό (αυστηρά) και αφού κατεγράφη η καθαρή μάζα του δείγματος τότε τοποθετήθηκαν τα δείγματα στο φούρνο στους  $80^{\circ}\text{C}$  για 24

περίπου ώρες. Αρκεί η διαφορά μεταξύ δυο μετρήσεων 1ας ώρας να είναι μικρότερη του 4%. Αυτό μπορεί να γίνει και στις 16 ώρες.

- ✚ Με το πέρας των 24 ωρών απομακρύνθηκαν τα δείγματα από το φούρνο και παρέμειναν στο ξηραντήρα ώστε να μην περιέλθει υγρασία στο δείγμα και μέχρι να κρυώσει για περίπου 20 min.
- ✚ Τέλος, ζυγίστηκε η τελική μάζα και υπολογίστηκε η υγρασία από τη διαφορά μάζας πριν και μετά την ξήρανση ενώ η ποσοστιαία υγρασία υπολογίστηκε από την παρακάτω συνάρτηση:

$$\text{Υγρασία \%} = \frac{M_{\text{αρχ}} - M_{\text{τελ}}}{M_{\text{αρχ}}} * 100$$

Όπου  $M_{\text{αρχ}}$ : Αρχική μάζα δείγματος πριν από την ξήρανση(gr)

$M_{\text{τελ}}$ : Τελική μάζα δείγματος μετά από την ξήρανση(gr)

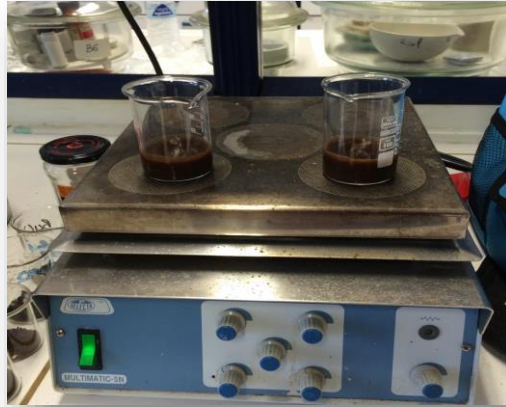
### 2.5.3. Προσδιορισμός pH/αγωγιμότητας

Το pH των στερεών αποβλήτων αποτελεί μία από τις βασικότερες μετρήσεις χαρακτηρισμού τους. Επειδή, το pH μετράει την ενεργότητα (ταυτίζεται με τη συγκέντρωση στα αραιά διαλύματα) των υδρογονοκατιόντων και γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται η μέτρηση σε υδατικό διάλυμα που προκύπτει μετά από την επαφή υδατικού διαλύματος με το στερεό απόβλητο.

Το pH είναι επίσης δείκτης κινητικότητας μετάλλων σε οργανικά υλικά αλλά και δείκτης φυτοτοξικότητάς τους. Παραδειγματικά, υψηλές τιμές pH σε μίγματα εδάφους/compost μειώνουν την μετακίνηση του καδμίου και άλλων μετάλλων στην τροφική αλυσίδα, αφού κάνουν το κάδμιο λιγότερο διαλυτό, και άρα διαθέσιμο προς το περιβάλλον.

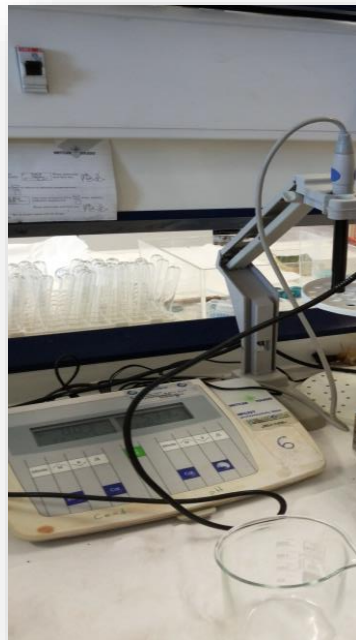
Η διαδικασία έχει ως εξής:

- ✚ Τοποθετήθηκε ποσότητα νωπού υλικού σε ποτήρι ζέσεως 2 gr και προστέθηκαν 20 ml απιονισμένο νερό. Έγινε ανάδευση με χρήση κατάλληλης συσκευής ανάδευσης για 30 λεπτά. Η αναλογία υλικού απιονισμένου νερού πρέπει να είναι 1/10. Αν μπει μεγαλύτερη ποσότητα υλικού δεν πειράζει αρκεί να είναι ίδια η αναλογία.



**Εικόνα 25:Συσκευή ανάδευσης**

- ✚ Μετά την ανάδευση, αφέθηκε για 20 λεπτά ώστε να ηρεμήσει και να καθιζάνει το ίζημα (οι αδιάλυτες στερεές ουσίες).
- ✚ Τοποθετήθηκε το ηλεκτρόδιο του pH και του αγωγιμόμετρου στο υγρό μίγμα και αναμείναμε έως ότου να σταθεροποιηθεί η τιμή. Προτού να κάνουμε οτιδήποτε βέβαια καλιμπράραμε το πεχάμετρο. (ΑΡΗΑ., 1998, Soil Sampling, Preparation, and Analysis., 1996)



**Εικόνα 26:Μετρητής pH**

#### 2.5.4. Προσδιορισμός ολικών διαλυτών σακχάρων

Η μέτρηση αναγωγικών υδατανθράκων πραγματοποιείται με τη φωτομετρική μέθοδο του 3,5-δινιτροσαλικυλικού οξέος (DNS ή 2-υδρόξυ-3,5-δινιτροβενζοϊκό οξύ) (Miller, 1959).

Οι υδατάνθρακες κατηγοριοποιούνται γενικά σε τρεις κατηγορίες: μονοσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες και πολυσακχαρίτες.

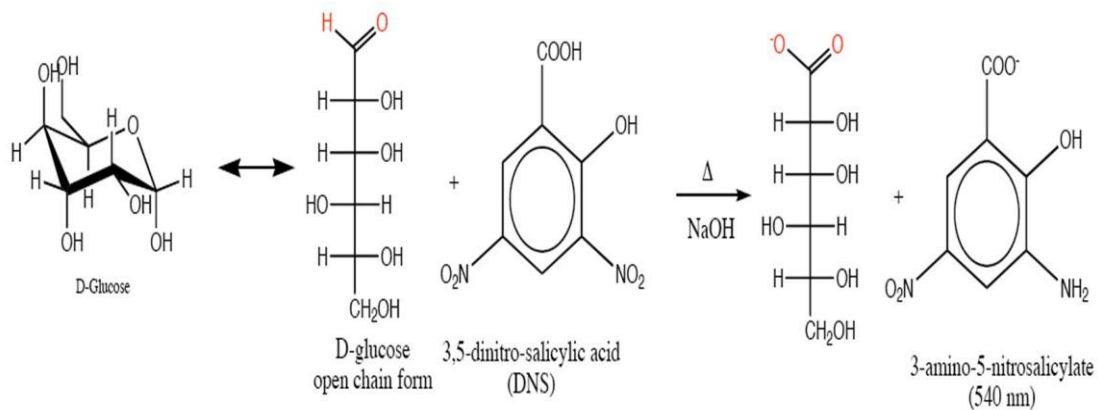
(α) Μονοσακχαρίτες: είναι οι υδατάνθρακες που δεν μπορούν να υδρολυθούν περαιτέρω προκειμένου να δώσουν απλούστερη μονάδα πολυ-υδρόξυ αλδεΐδης ή κετόνης. Επιπλέον οι μονοσακχαρίτες κατηγοριοποιούνται με βάση τον αριθμό των ανθράκων και τη δραστική ομάδα του μορίου τους. Μονοσακχαρίτης με 3 άτομα άνθρακα ονομάζεται τριόζη, με τέσσερα τετρόζη, με πέντε πεντόζη, με έξι εξόζη κλπ. Επίσης αν ο μονοσακχαρίτης περιέχει αλδεϋδομάδα στο μόριό του ανήκει στην κατηγορία των αδλοζών ενώ αν περιέχει κετονομάδα στην κατηγορία των κετοζών. Περίπου 20 μονοσακχαρίτες υπάρχουν στην φύση και οι πλέον κοινοί περιέχουν 5 (πεντόζες) ή 6 (εξόζες) άτομα άνθρακα: γλυκόζη, φρουκτόζη, ριβόζη, αραβονόζη, ξυλόζη κλπ.

(β) Ολιγοσακχαρίτες: είναι οι υδατάνθρακες που κατά την υδρόλυσή τους μπορούν να αποδώσουν 2 έως 10 μονάδες μονοσακχαριτών. Ανάλογα με τον αριθμό των μονοσακχαριτών που αποδίδουν κατά την υδρόλυση διακρίνονται σε δι-σακχαρίτες, τρι-σακχαρίτες, τετρα-σακχαρίτες κλπ. Παράδειγματα δι-σακχαριτών είναι η σακχαρόζη η οποία υδρολυόμενη δίνει ένα ισομοριακό μίγμα γλυκόζης και φρουκτόζης και η μαλτόζη η οποία υδρολυόμενη δίνει 2 μόρια γλυκόζης.

(γ) Πολυσακχαρίτες: είναι οι υδατάνθρακες που κατά την υδρόλυσή τους παράγουν μεγάλο αριθμό μονοσακχαριτών. Παραδείγματα πολυσακχαριτών είναι το άμυλο, η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, το γλυκογόνο κλπ.

Επιπλέον οι υδατάνθρακες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως αναγωγικοί ή μη-αναγωγικοί. Αναγωγικοί υδατάνθρακες είναι αυτοί που μπορούν να λειτουργήσουν ως αναγωγικοί παράγοντες γεγονός που οφείλεται στην παρουσία ελεύθερης αλδεϋδομάδας ή κετονομάδας στο μόριό τους. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι δομές χαρακτηριστικών αναγωγικών υδατανθράκων.

Την συγκεκριμένη ιδιότητα χρησιμοποιεί η μέθοδος DNS για την ποσοτικοποίηση των σακχάρων σε κάποιο διάλυμα. Η αναγωγή του 3,5-δινιτροσαλικυλικού οξέος (κίτρινο χρώμα) οδηγεί στη δημιουργία ενός προϊόντος του 3-άμινο-5-νιτρο-σαλικυλικού οξέος (πορτοκαλί-κίτρινο) το οποίο εμφανίζει μέγιστο απορρόφησης σε μήκος κύματος 540 nm (Σχήμα 1).

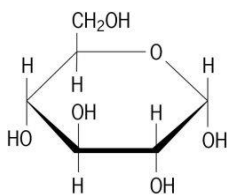


**Εικόνα 27:** Αναγωγή του 3,5-δινιτροσαλικυλικού οξέος προς 3-άμινο-5-νιτρο-σαλικυλοκό οξύ παρουσία γλυκόζης

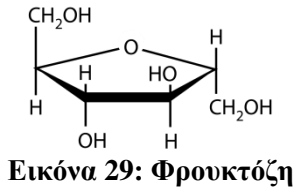
**Πίνακας 36:** Δομές χαρακτηριστικών αναγωγικών υδατανθράκων (σακχάρων)

**ΜΟΝΟΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ**

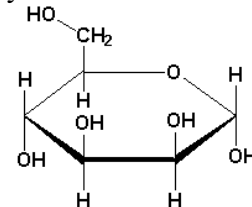
*Εξόζες*



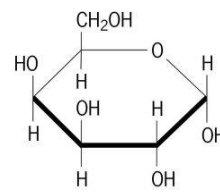
**Εικόνα 28:**  
Γλυκόζη



**Εικόνα 29:** Φρουκτόζη

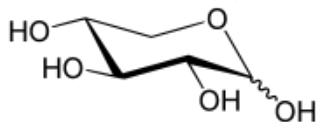


**Εικόνα 30:** Μαννόζη

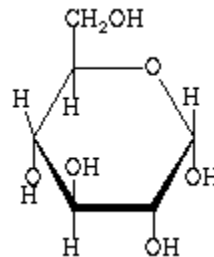


**Εικόνα 31:**  
Γαλακτόζη

*Πεντόζες*

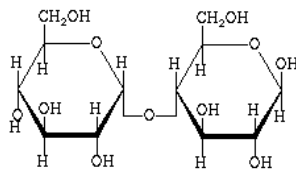


**Εικόνα 32:** Ξυλόζη

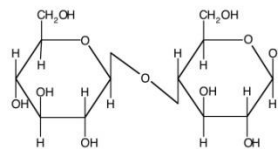


**Εικόνα 33:** Αραβινόζη

**ΔΙΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ**



**Εικόνα 34:** Μαλτόζη



**Εικόνα 35:**  
Κελλοβιόζη

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται αναλυτικά.

- ✚ Χρησιμοποιήθηκαν κωνικές φιάλες των 100 ml. Σ' αυτές προστέθηκαν 2,5 gr νωπού υλικού σε 100 ml H<sub>2</sub>O. Ομοίως, εάν αλλάζαμε την ποσότητα του στερεού, θα προσθέταμε την ανάλογη ποσότητα νερού (2,5% περιεκτικότητα σε κάθε περίπτωση).



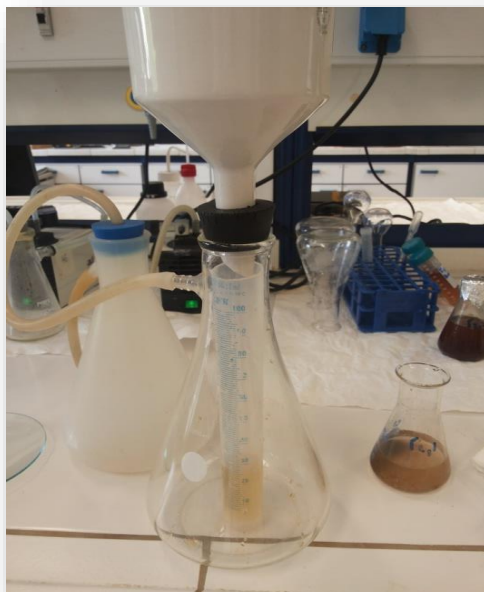
**Εικόνα 36:Κωνικές φιάλες των 100ml**

- ✚ Οι κωνικές φιάλες τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο με ανάδευση, του οποίου η θερμοκρασία ήταν ρυθμισμένη στους 50° C για 60 λεπτά (για να εκχυλιστούν όλα τα υδατοδιαλυτά συστατικά και να περάσουν στην υδάτινη φάση για να μετρηθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα). Έγινε κάλυψη των κωνικών φιαλών με αλουμινόχαρτο προτού τοποθετηθούν στο υδατόλουτρο για να μην υπάρξει απώλεια υδρατμών από την εξάτμιση.



### Εικόνα 37:Υδατόλουτρο

- ✚ Ακολουθεί ανάδευση των δειγμάτων κάθε 8 περίπου λεπτά για να απελευθερωθούν τα σάκχαρα.
- ✚ Προχωρούμε σε διαδικασία διήθησης σε διηθητικό χαρτί, το οποίο βρισκόταν στο φούρνο στους 80°C και προζυγίστηκε προκειμένου να καταγραφεί το βάρος του.
- ✚ Το διηθητικό χαρτί τοποθετείται σε πορσελάνινη χοάνη, η οποία συνδέεται σε πλαστικό ογκομετρικό κύλινδρο.



### Εικόνα 38:Διαδικασία διήθησης

- ✚ Αφού ολοκληρώθηκε το πέρασμα του διαλύματος από το διηθητικό χαρτί, κατεγράφη ο όγκος και λαμβάνεται το διήθημα.
- ✚ Έπειτα, προστέθηκαν ακόμα 100 ml απιονισμένου H<sub>2</sub>O και ξεπλύναμε καλά λαμβάνοντας το έκπλυμα. Αφού συλλέχθηκε και το έκπλυμα από το διηθητικό χαρτί, έγινε επίσης καταγραφή του όγκου που διήλθε αυτού.
- ✚ Τέλος, ζυγίστηκε ο ύαλος με το φίλτρο, κατεγράφη η μάζα και στην συνέχεια τοποθετήθηκε στο φούρνο στους ≈60 °C overnight.
- ✚ Τα δείγματα που ελήφθησαν από τη διήθηση αποθηκεύτηκαν σε Falcon tubes και τοποθετήθηκαν στη κατάψυξη ώστε να μη χαθούν θρεπτικά συστατικά προτού τα μετρήσουμε με το φωτόμετρο.





**Εικόνα 39:Falcon Tube**

### **2.5.5. Προσδιορισμός πτητικών στερεών (VS)**

Μέσω της καύσης του στερεού δείγματος σε υψηλή θερμοκρασία για ορισμένο χρονικό διάστημα, δύναται να υπολογιστεί το περιεχόμενο οργανικό φορτίο. Κατά τη μέθοδο αυτή, χρησιμοποιείται ένας κλίβανος ενώ η εκτίμηση του περιεχόμενου οργανικού φορτίου γίνεται υπολογίζοντας την απώλεια βάρους πριν και μετά την εισαγωγή του δείγματος σ' αυτόν. Ουσιαστικά, η μέθοδος βασίζεται στην οξείδωση των οργανικών ουσιών λόγω της καύσης. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί ότι κατά την καύση απομακρύνονται πέραν των οργανικών και κάποια ανόργανα πτητικά συστατικά. Η διαδικασία έχει ως εξής:

- ✚ Στο δείγμα μας προηγήθηκε ξήρανση προκειμένου να έχει όσο το δυνατόν ελάχιστη (μηδενική αν είναι εφικτό) υγρασία.
- ✚ Ζυγίστηκαν 2gr ξηρού υλικού σε μια κάψα με πώμα. Παράλληλα κατεγράφη η ακριβής καθαρή μάζα δείγματος και η μάζα της κάψας.
- ✚ Τοποθετήθηκε το δείγμα στον κλίβανο, που είχε ρυθμιστεί σε θερμοκρασία 550°C (θερμοκρασία που καίγεται η οργανική ύλη), για 4 ώρες.
- ✚ Τα δείγματα απομακρύνθηκαν από τον φούρνο και τοποθετήθηκαν στον ξηραντήρα για 40 λεπτά και επαναλήφθηκε η ζύγισή τους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι αρχικά ο φούρνος ρυθμίστηκε στους 250°C, ώστε να αποφευχθεί η ανάφλεξη. Μετά την τοποθέτηση των δειγμάτων στο φούρνο έγινε ρύθμιση του φούρνου στους 550°C. Στη συνέχεια τα πτητικά προσδιορίστηκαν όπως ακριβώς και η υγρασία (τα αποτελέσματα ωστόσο αναφέρονται σε διαφορετική θερμοκρασία). Εν ολίγοις, ο υπολογισμός των πτητικών VS(%κ.β.) έγινε μέσω της σχέσης:



$$VS (\% \kappa. \beta.) = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Όπου  $m_1$ : η μάζα της κάψας

$m_2$ : η μάζα της κάψας και του περιεχόμενου του δείγματος πριν την εισαγωγή της στον κλίβανο

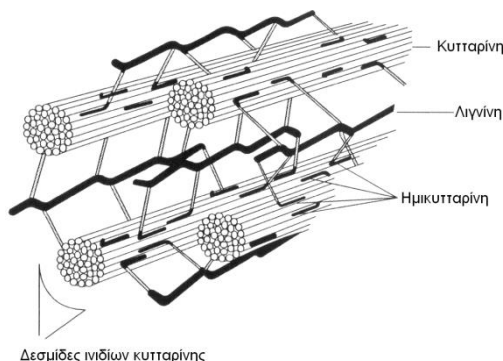
$m_3$ : η μάζα της κάψας και του περιεχόμενου υπολείμματος μετά την έξοδό της από τον κλίβανο και τον ξηραντήρα. (ΑΡΗΑ, 1998)



**Εικόνα 40: Τοποθέτηση υλικού σε κάψες με πώμα**

### 2.5.6. Προσδιορισμός κυτταρίνης-ημικυτταρίνης

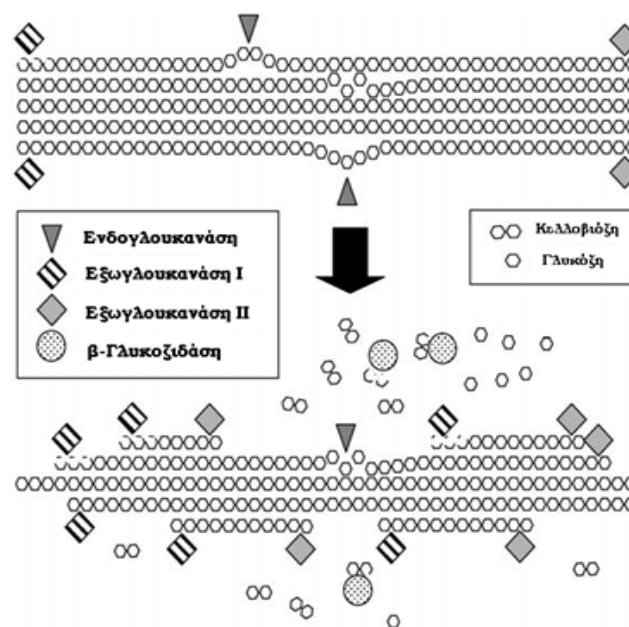
Οι υδατάνθρακες (κυτταρίνη και ημικυτταρίνη) που βρίσκονται στα λιγνοκυτταρινούχα υλικά μπορούν να μετατραπούν σε βιοαιθανόλη. Τα κύρια συστατικά της λιγνινοκυτταρινούχου βιομάζας είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη (Σχήμα 3). Η κυτταρίνη είναι ένα γραμμικό ομοπολυμερές από μονάδες β-D-γλυκο-πυρανόζης, συνδεδεμένων με β-(1→4)-γλυκοζιτικούς δεσμούς και σχηματίζει ινίδια που προσδίνουν αντοχή στο φυτό.



**Εικόνα 41: Κύρια συστατικά φυτικού κυτταρικού τοιχώματος (Shleser 1994)**

Η ημικυτταρίνη είναι ετερογενές πολυμερές αποτελούμενο από πεντόζες (D-ξυλόζη, D-αραβινόζη), εξόζες (D-μαννόζη, D-γλυκόζη, D-γαλακτόζη) και οξέα σακχάρων. Εκτός από τη διαφορά στη σύσταση από την κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη αποτελείται από μικρότερα μήκη αλυσίδων με αρκετές διακλαδώσεις. Οι βασικές αλυσίδες της ημικυτταρίνης που παρατηρούνται στη φύση είναι κυρίως ξυλάνες ή μαννάνες, ανάλογα με την προέλευσή της. Η λιγνίνη είναι διακλαδισμένο, υποκατεστημένο αρωματικό πολυμερές στο τοίχωμα των φυτικών κυττάρων και συνδέεται ισχυρά με τα ινίδια κυτταρίνης και την ημικυτταρίνη, κυρίως με δεσμούς υδρογόνου αλλά και ομοιοπολικούς. Η σύνδεση αυτή της λιγνίνης καθιστά αρκετά ανθεκτικά τα λιγνινοκυτταρινούχα υλικά, εμποδίζοντας σημαντικά τη ενζυμική αποικοδόμησή τους (Demirbaş 2005, Tomás-Pejó et al. 2008, Kumar et al. 2008, Balat et al. 2008, Lee et al. 2008, Carere et al. 2008, Pu et al. 2008, Hayes 2009).

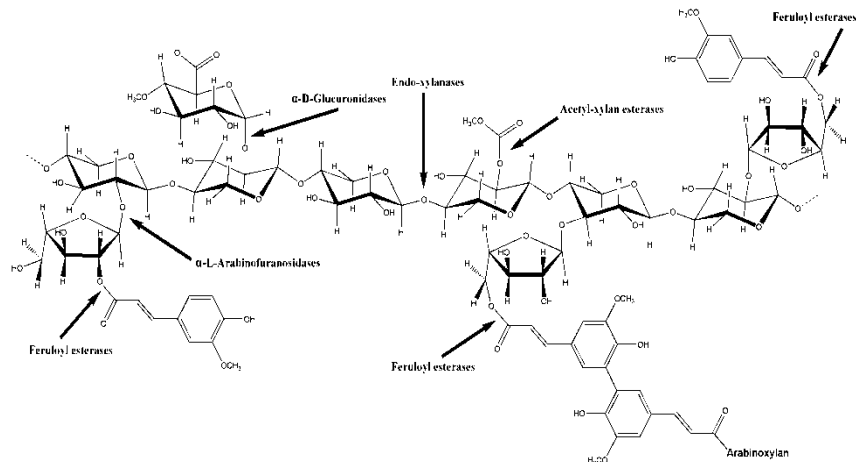
Τρία είδη ενζύμων δρουν συνεργιστικά για την υδρόλυση της κυτταρίνης: οι ενδο-β-1,4-γλουκανάσες (endoglucanases-EG, EC 3.1.2.4) προσβάλλουν εσωτερικά τις άμορφες περιοχές της αλυσίδας της κυτταρίνης, οι κελλοβιοϋδρολάσες ή εξωγλουκανάσες (cellobiohydrolases-CBH, EC 3.2.1.91) προσβάλλουν τα άκρα του πολυμερούς, απελευθερώνοντας κελλοβιόζη, η οποία τελικά διασπάται σε δύο μόρια γλυκόζης από τις β-γλυκοζιδάσες (β-glucosidases-BGL, EC 3.2.1.21) (Σχήμα 4) (Lynd et al. 2002, Galbe & Zacchi 2002, Gray et al. 2006, Balat et al. 2008, Kumar et al. 2008, Carere et al. 2008, Hayes 2009).



**Εικόνα 42: Σχηματική απεικόνιση της υδρόλυσης της κυτταρίνης**

Η ξυλάνη, το βασικό πολυμερές της ημικυτταρίνης, υδρολύεται σε ξυλο-ολιγοσακχαρίτες από ενδο-β-1,4-ξυλανάσες (endoxylanases, EC 3.2.1.8) και στη συνέχεια οι β-ξυλοζιδάσες (β-

xylosidases, EC 3.2.1.37) υδρολύουν τους ξυλο-ολιγοσακχαρίτες (κυρίως την ξυλοβιόζη) σε μόρια ξυλόζης.

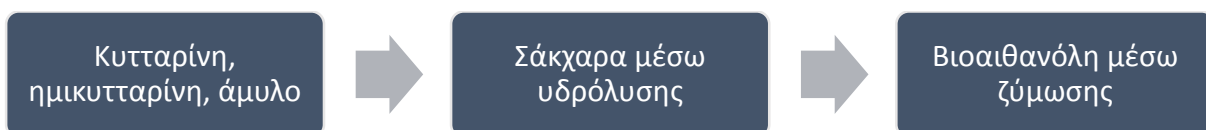


**Εικόνα 43: Σχηματική απεικόνιση της υδρόλυσης της ημικυτταρίνης**

Άλλα ένζυμα που συνεισφέρουν στην αποικοδόμηση της ημικυτταρίνης είναι οι α-γλυκουρονιζάσες (α-glucuronidases), οι α-L-αραβινοφουρανοζιδάσες (α-L-arabinofuranosidases), οι ακετυλ-εστεράσες και οι εστεράσες του φερουλικού οξέος (Gray et al. 2006, Kumar et al. 2008, Carvalhiero et al. 2008).

Η συγκέντρωση των ενζύμων εκτιμάται σε σχέση με τη συγκεκριμένη δράση την οποία καταλύουν. Η ενζυμική δράση μετράται με τη μονάδα ενεργότητας (Unit) η οποία ορίζεται ως το ποσό του ενζύμου που επιφέρει συγκεκριμένη αλλαγή στο υπόστρωμα υπό ορισμένες συνθήκες.

Το σημαντικότερο στάδιο της παραγωγής βιοαιθανόλης αποτελεί το στάδιο της ενζυμικής επεξεργασίας της κυτταρίνης για την παραγωγή σακχάρων. Αυτά τα σάκχαρα μπορούν στη συνέχεια να υποστούν ζύμωση για την παραγωγή βιοαιθανόλης.



Η καταλληλότητα του είδους της βιομάζας για την παραγωγή βιοαιθανόλης εξαρτάται από την ικανότητά της να μετατρέπεται σε σάκχαρα.

Η διαδικασία ολοκληρώθηκε με τα εξής βήματα:

- ✚ Ελήφθη ποσότητα εναπομείναντος δείγματος 300 mg, το οποίο ήταν τοποθετημένο στο φούρνο σε διηθητικό χαρτί από την μέτρηση σακχάρων).
- ✚ Έπειτα, η μάζα τοποθετήθηκε σε κωνική φιάλη των 100 ml και προστέθηκαν 3 ml θειικό οξύ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (72%). Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο θάλαμο επώασης για 1 ώρα στους 30°C.



**Εικόνα 44:Θάλαμος επώασης**

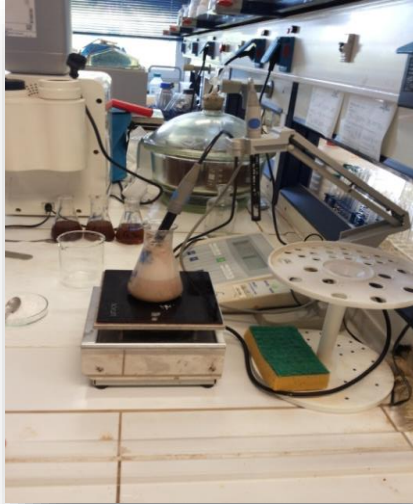
- ✚ Με το πέρας της 1 ώρας προστέθηκαν 84 ml απιονισμένο  $H_2O$  και έπειτα τοποθετήθηκαν τα δείγματα στη συσκευή αποστείρωσης για 2,5 ώρες.



**Εικόνα 45:Συσκευή αποστείρωσης**

- ✚ Ακολούθησε η εισαγωγή των κωνικών φιαλών στο cold room για χρονικό διάστημα μισής ώρας περίπου έτσι ώστε να παγώσουν.
- ✚ Τέλος, σε ειδικό αναδευτήρα, ακολούθησε εξουδετέρωση του διαλύματος, που εμπεριεχόταν σε κάθε κωνική φιάλη με χρήση ανθρακικού ασβεστίου ( $CaCO_3$ ). Το pH είναι πολύ χαμηλό λόγω του οξέος που είχε προστεθεί πιο πριν. Στόχος ήταν να αυξηθεί

το pH των δειγμάτων από το αρχικό 0,4-0,5 στο επιθυμητό  $\approx 5$ . Αξίζει να σημειωθεί ότι πολύ προσεκτικά και αργά τελέσαμε τη διαδικασία της εξουδετέρωσης, καθώς μετά το 1,8 το pH αυξάνει ραγδαία ακόμα και με προσθήκη μικρής ποσότητας του  $\text{CaCO}_3$ .



**Εικόνα 46: Διαδικασία της εξουδετέρωσης**

- ✚ Αφού έφτασε στο επιθυμητό pH αφήσαμε τα δείγματα μέχρι να κατακαθίσει το ίζημα και στην συνέχεια συλλέχθηκε το υπερκείμενο υγρό και αποθηκεύτηκε στη κατάψυξη για να γίνουν οι περαιτέρω αναλύσεις του υγρού με τη χρήση φωτόμετρου. (NREL.,2011)

#### **2.5.7. Προσδιορισμός ολικού αζώτου (TN)**

Η μέθοδος Kjeldahl αναπτύχθηκε το 1883 από τον Johann Kjeldahl και παρουσιάστηκε σε συνάντηση της Danish Chemical Society. Ως πρόεδρος του τμήματος χημείας του Carlsberg Laboratorium πλησίον της Κοπενχάγης, ο Kjeldahl είχε την επιστημονική ευθύνη της διαδικασίας ζυθοποίησης. Ενώ μελετούσε τις πρωτεΐνες κατά τη διάρκεια της παραγωγής βύνης, ανέπτυξε μία μέθοδο προσδιορισμού του περιεχόμενου αζώτου η οποία ήταν ταχύτερη και περισσότερο ακριβής από τις υπάρχουσες. Η εν λόγω μέθοδος απαιτούσε απλό εξοπλισμό και μπορούσε να πραγματοποιηθεί ακόμα και από μη εξειδικευμένο προσωπικό.

Το ολικό άζωτο προσδιορίζεται με την Μέθοδο Kjeldahl και είναι το άθροισμα οργανικού αζώτου, αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ), και αμμωνιακών ιόντων ( $\text{NH}_4^+$ ). Η μέθοδος αυτή συνίσταται από τρία μέρη: τη χώνευση, την απόσταξη και τη τιτλοδότηση. Για τον υπολογισμό του ολικού αζώτου (TN), οι συγκεντρώσεις του νιτρικού άλατος-N και των νιτρικών-N προσδιορίζονται

και προστίθενται. Αυτό που συμβαίνει, κατά τη διαδικασία αυτή, είναι η μετατροπή του οργανικού αζώτου και ελεύθερου αμμωνίου σε άλας θειικού αμμωνίου (κατά τη χώνευση) παρουσία θειικού οξέος και καταλυτών (διοξειδίο το τιτανίου). Τα νιτρικά και τα νιτρώδη ανάγονται σε αμμωνιακά με τη χρήση του σαλικυλικού οξέος και του θειοθειικού νατρίου. Εν συνεχεία, η αμμωνία αποστάζεται και προσδιορίζεται ογκομετρικά με τιτλοδότηση. Αναλυτικά η διαδικασία έχει ως εξής:

- ✚ Η συσκευή έχει 8 θέσεις για δείγματα, έχει κλειστό σύστημα απαγωγής αερίων καθώς και αντλία κενού. Στις θέσεις τοποθετήθηκαν οι φιάλες και 2 τυφλά δείγματα σε σωλήνες πέψης των 400ml που περιείχαν 0,5 gr δείγμα (ξηρό υλικού) και 20 ml (θειικό+σαλικυλικό οξύ) και αφέθηκε να γίνει η αντίδραση για 24 ώρες περίπου (overnight).
- ✚ Έπειτα, προστέθηκε ποσότητα 2,5 gr  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  στο πρόγραμμα 5 ( $T=170\text{ }^\circ\text{C}$  για 30 λεπτά).
- ✚ Προστέθηκαν 5,5 gr μείγμα καταλύτη στο πρόγραμμα 6 ( $T=400\text{ }^\circ\text{C}$  για 4 ώρες). Η θέρμανση των σωλήνων γίνεται ομοιόμορφα, ώστε να αποφεύγονται οι εκτινάξεις υγρών. Επίσης, σε κάθε οκτάδα τοποθετήθηκαν δείγματα αναφοράς όπου ήταν γνωστή ο ποσότητα αζώτου για να γίνεται σύγκριση με τα νέα δείγματα. Το τυφλό δείγμα περιείχε ό,τι ακριβώς και στα άλλα με την απουσία μόνο του δείγματος.
- ✚ Τοποθετήθηκαν οι φιάλες στην ειδική μεταλλική υποδοχή της συσκευής πέψεως και κατόπιν προσεκτικά στη συσκευή πέψεως εντός της εστίας του απαγωγού.



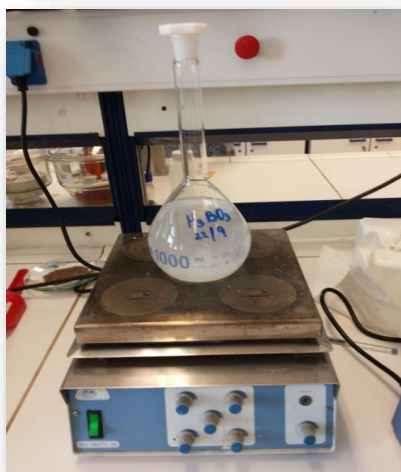
**Εικόνα 47:Συσκευή πέψεως (KJELDATHERM) όπου έχουν τοποθετηθεί σε ειδική μεταλλική υποδοχή οι φιάλες**

Για την προετοιμασία του κάθε αντιδραστηρίου, που χρησιμοποιήθηκε, ακολουθήθηκε και η κατάλληλη διαδικασία.

**A. Ετοιμασία Βορικού οξέος  $H_3BO_3$**

- Ζυγίστηκαν 20 gr  $H_3BO_3$
- Προστέθηκε απιονισμένο νερό σε κωνική φιάλη του 1 L μέχρι να γεμίσει.
- Προστέθηκε μαγνήτης στην κωνική φιάλη και τοποθετήθηκε στον αναδευτήρα μέχρι το διάλυμα να γίνει διαυγές.





**Εικόνα 48:**Αναδευτήρας όπου είναι τοποθετημένο το διάλυμα βορικού οξέος ( $H_3BO_3$ )

**B. Ετοιμασία Θειοθειικού Νατρίου ( $Na_2S_2O_3$ )**

- Το θειοθειικό νάτριο είναι σε μορφή κρυστάλλων και για το λόγο αυτό το επεξεργαστήκαμε στο γουδί για να σπάσουν οι κρύσταλλοι.
- Το θειοθειικό νάτριο διήλθε από κόσκινο διαμέτρου 1mm, με στόχο να αυξηθεί η ειδική επιφάνεια ώστε να αντιδράσει ευκολότερα.



**Εικόνα 49:**Ετοιμασία θειοθειικού νατρίου



### Γ. Ετοιμασία κωνικών φιαλών

- 25ml Βορικό οξύ
- 2 με 3 σταγόνες Mixer indicator (δείκτης ροζ)



**Εικόνα 50:Κωνικές φιάλες μετά την προσθήκη Mixer indicator**

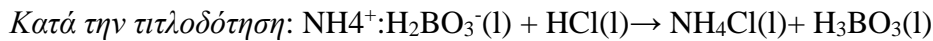
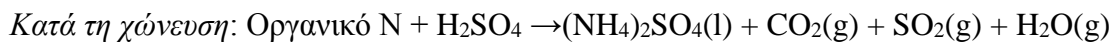
Οι φιάλες, στις οποίες έγινε η πέψη, τοποθετήθηκαν στη συσκευή απόσταξης, ώστε να εφάπτονται κανονικά στην υποδοχή της συσκευής. Αφού ανοίξαμε τη συσκευή απόσταξης για να ζεσταθεί, επιλέχθηκε το κατάλληλο πρόγραμμα. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ξέπλυμα της συσκευής με έναν άδειο σωλήνα και ένα ποτήρι ζέσεως. Επιλέξαμε στην συσκευή METHOD EXECUTION M06 →TEST→FINISH. Η συσκευή εκτέλεσε αυτόματα την απόσταξη. Μόλις τελείωσε η απόσταξη, με τη βοήθεια γαντιού, απομακρύνθηκε η φιάλη από τη συσκευή. Μεταξύ των δειγμάτων τρέξαμε το πρόγραμμα M02→CLEAN με σωλήνα μισογεμάτο απιονισμένο νερό με στόχο τον καθαρισμό της συσκευής.

Υπάρχει αυτόματη προσθήκη νερού και όλων των απαιτούμενων αντιδραστηρίων NaOH. Η λειτουργία σε 200-240V/50Hz γίνεται σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές. Παρατηρείται προσεχτικά η στάθμη από τα δοχεία αποθήκευσης των διαλυμάτων (NaOH, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> και H<sub>2</sub>O) ώστε, αν χρειαστεί (όταν η στάθμη περάσει κάτω από την κόκκινη γραμμή), να συμπληρώσουμε το αντίστοιχο διάλυμα.

Τέλος, έγινε η τιτλοδότηση του περιεχομένου της κωνικής φιάλης με H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1 N): Ελήφθη η κωνική φιάλη που προέκυψε μετά την διαδικασία απόσταξης η οποία είχε αρχικά πράσινο χρώμα. Έγινε τιτλοδότηση με το H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και στόχος ήταν το διάλυμα να αποκτήσει χρώμα ροζ

και πάλι όπως πριν τη διαδικασία απόσταξης. Όταν το διάλυμα πήρε τον επιθυμητό χρωματισμό τότε κατεγράφη ο όγκος που καταναλώθηκε.

Συνολικά είχαμε τις παρακάτω αντιδράσεις:



Εν τέλει, υπολογίστηκε η περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό άζωτο με τη χρήση του παρακάτω τύπου.

$$\text{TN}(\%) = \frac{(V_A - V_T) \times c(\text{H}^+) \times MN}{m} \times \frac{100 + \%Y_{\text{E.B.}}}{100}$$

Όπου

$V_A$ : ο όγκος (ml) του θεικού οξέος που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση του δείγματος,

$V_T$ : ο όγκος (ml) του θεικού οξέος που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση του τυφλού,

$C(\text{H}^+)$ : η συγκέντρωση (mol/L) των  $\text{H}^+$  σε θεικό οξύ ίση με 0,05

$M_N$ : το μοριακό βάρος (g/mol) του αζώτου ίσο με 14,0067,

$m$ : η μάζα (g) του ξηραμένου στερεού δείγματος,

$\%Y_{\text{E.B.}}$ : η υγρασία δείγματος (%) σε ξηρή βάση.

### 2.5.8. Προσδιορισμός αμύλου

Για να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα του αμύλου στο δείγμα πρέπει αρχικά να γίνει αφαίρεση της ποσότητας ελεύθερης γλυκόζης κι έπειτα να γίνει η μέτρηση του άμυλου στα δείγματα με τη χρήση του Megazyme total starch kit.



**Εικόνα 51: Megazyme total starch kit**

Η διαδικασία για την απομάκρυνση της ελεύθερης γλυκόζης και τον προσδιορισμό του αμύλου είχε ως εξής:

- ✚ Αρχικά ζυγίστηκαν 100 mg δείγματος από το διηθητικό χαρτί (μέτρηση ολικών διαλυτών σακχάρων) σε μικρά γυάλινα φιαλίδια.
- ✚ Προστέθηκαν 0,2 ml αιθανόλη (80%) στο κάθε ένα
- ✚ Έγινε προσθήκη 2 ml KOH και τοποθετήθηκαν σε παγόλουτρο τα δείγματα για 20 λεπτά.
- ✚ Προστέθηκαν 8ml buffer (sodium acetate), 0,1 ml α-αμυλάση, 0,1 AMG αμυλάση κι εν συνεχεία τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο στους 50° C για 30 λεπτά.
- ✚ Έγινε φυγοκέντρηση στους 3000 στροφές για 10' και συλλογή του υπερκείμενου.
- ✚ Όλα τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε φιαλίδια, τοποθετήθηκαν στη κατάψυξη και μετρήθηκαν στο φωτόμετρο. (NREL.,2011)



Εικόνα 52:Συσκευή φυγοκέντρησης

#### 2.5.9. Προσδιορισμός μετάλλων και ιχνοστοιχείων

Διαδικασία:

- ✚ Ζυγίστηκε ποσότητα δείγματος 0,5 gr από το ξηρό υλικό και μεταφέρθηκε στα σωληνάκια.
- ✚ Προστέθηκαν 10 ml νιτρικού οξέος.
- ✚ Σφραγίστηκαν τα σωληνάκια με τα καπάκια. Χρειάζεται προσοχή, ώστε η οπή που βρίσκεται στα σωληνάκια να έχει όψη αντίθετη από εμάς ώστε οι υδρατμοί που θα δημιουργηθούν να διαφεύγουν προς τα πίσω. Όλη η διαδικασία εκτυλίσσεται μέσα στον απαγωγό.
- ✚ Τα δείγματα τοποθετήθηκαν στις κατάλληλες θέσεις και σφραγίστηκαν καλά με τη χρήση κατάλληλου κλειδιού.
- ✚ Τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο Microwave για 1 ώρα.
- ✚ Απομακρύνθηκαν τα δείγματα από το Microwave και τα ανοίξαμε προσεκτικά με την χρήση κλειδιού εντός του απαγωγού, αφού εκλύονται τοξικά αέρια.
- ✚ Αποδεσμεύτηκαν τα καπάκια και ξεπλύναμε με υπερκάθαρο νερό, ώστε να μη χαθεί ποσότητα δείγματος.
- ✚ Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο υδατόλουτρο για 1 ώρα.
- ✚ Έγινε διήθηση των δειγμάτων υπό κενό μέσα από φίλτρα (45μm).

- ✚ Έγινε μέτρηση στην ατομική απορρόφηση. Γίνεται μέτρηση Cr, Mn, Cu, Ni, Cd, Pb και Zn. επίσης, μετρήθηκαν και τα ιχνοστοιχεία με το ίδιο ακριβώς δείγμα.

## 2.6 ΜΈΤΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΆΤΩΝ ΣΤΟ ΦΩΤΌΜΕΤΡΟ

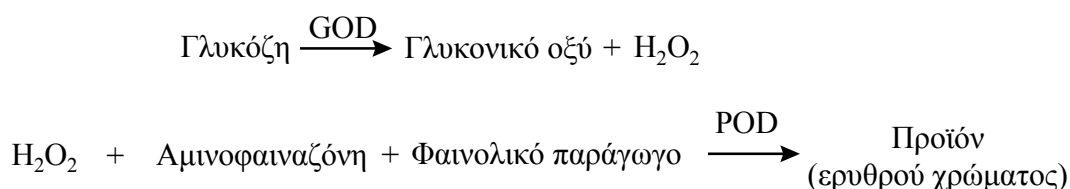
Όλα τα υγρά δείγματα που συλλέχθηκαν, μετρήθηκαν στο φωτόμετρο. Για την μέτρηση κυτταρίνης και ημικυτταρίνης μετρήθηκαν το TRS και η γλυκόζη. Για το άμυλο μετράμε μόνο την γλυκόζη. Σε όλα τα διηθήματα πραγματοποιήθηκε αραιώση 1:10 (για τα απορρίμματά μας) ενώ στα εκπλύματα δε χρειάστηκε αραιώση.

### TRS

- ✚ -250  $\mu\text{L}$  Δείγματος
- ✚ 250  $\mu\text{L}$  DNS (Τα δείγματα παίρνουν κίτρινη απόχρωση.)
- ✚ Βρασμός για 5 λεπτά
- ✚ Μετά τον βρασμό προσθήκη 2 ml απιονισμένο νερό και μέτρηση στο φωτόμετρο στα 540 nm.
- ✚ Παράλληλα δημιουργούμε δυο blank δείγματα στα οποία προστίθενται 250  $\mu\text{L}$  απιονισμένο νερό αντί για δείγμα και 250  $\mu\text{L}$  DNS.

### Γλυκόζη

Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται στη μετατροπή της γλυκόζης σε ένα προϊόν ερυθρού χρώματος το οποίο είναι αποτέλεσμα της διαδοχικής δράσης των ενζύμων οξειδάση και υπεροξειδάση της γλυκόζης. Αρχικά η γλυκόζη με τη δράση της οξειδάσης της γλυκόζης μετατρέπεται σε γλυκονικό οξύ με την ταυτόχρονη παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου. Ακολούθως το υπεροξείδιο του υδρογόνου παρουσία αμινοφαιναζόνης και κάποιου φαινολικού παραγώγου με τη δράση της υπεροξειδάσης μετατρέπεται σε κάποιο προϊόν ερυθρού χρώματος το οποίο παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση στα 510 nm (Σχήμα 2).



**Εικόνα 53: Αλληλουχία ενζυμικών αντιδράσεων που οδηγούν στην ποσοτικοποίηση της γλυκόζης όπου GOD: γλυκόζη οξειδάση και POD: υπεροξειδάση**

Το εμπορικό διαγνωστικό σκεύασμα είναι προϊόν της εταιρείας Βιοτεχνολογικές Εφαρμογές ΕΠΕ (παράγει *in vitro* διαγνωστικά αντιδραστήρια κλινικής χημείας τα οποία κυκλοφορούν με το εμπορικό σήμα "biosis") και σύμφωνα με τις οδηγίες το διάλυμα εργασίας παρασκευάζεται

μεταφέροντας ποσοτικά ένα φιαλίδιο ενζύμων σε ένα φιαλίδιο ρυθμιστικού διαλύματος (το προκύπτον διάλυμα είναι σταθερό 45 ημέρες στους 4°C). Μετά την ανασύσταση η περιεκτικότητα του διαλύματος εργασίας είναι: ρυθμιστικό διάλυμα 200 mM, pH 8.0, οξειδάση της γλυκόζης 18 IU/mL, υπεροξειδάση 10 U/mL, αμινοφαιζόνη 0.25 mM, παράγωγο φαινόλης 10 mM, συμπάραγοντες.

- + 1 ml διάλυμα εργασίας
- + 50  $\mu$ L δείγμα
- + Τα δείγματα χρωματίζονται ροζ και μεταφέρονται στο υδατόλουτρο στους 37 C για 15 λεπτά.
- + Φωτομέτρηση στα 510 nm

## 2.7 Μέτρηση παραμέτρων για το υγρό δείγμα

Στο εργαστήριο, χρησιμοποιείται το φασματοφωτόμετρο Spectroquant® NOVA 60, το οποίο αποτελεί ένα μέσο για την ανάλυση ρουτίνας όλων των τύπων νερού και είναι ικανό να μετρά τα έτοιμα προς δοκιμαστικά φιαλίδια καθώς και δοκιμαστικά φθηνά αντιδραστήρια. Οι πολλαπλές ιδιότητες του το καθιστούν λειτουργικό για ένα καθολικό φάσμα εφαρμογών. Τέλος, το όργανο μπορεί ν' αποθηκεύσει έως και 50 μεθόδους που ορίζονται από τον χρήστη.



**Εικόνα 54:Φασματοφωτόμετρο Spectroquant® NOVA 60**

### Διαδικασία

- Ελήφθη το υγρό δείγμα. Αυτό είχε υποστεί διήθηση ή είχε παραμείνει αδιάθητο ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε μέτρησης.
- Επιλέξαμε τα έτοιμα τεστ που χρειαζόμασταν για την ανάλυσή μας. Στο εργαστήριο διατίθενται έτοιμα τεστ σε φιαλίδια για τη μέτρηση COD και SO<sub>4</sub> σε διάφορες περιοχές μέτρησης mg/l. Επίσης, υπάρχουν τα κατάλληλα αντιδραστήρια για τη μέτρηση

ορθοφωσφορικών και ολικού Φωσφόρου, νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών, χλωριόντων, φαινολών, χρωμίου κλπ.

- Τέθηκε σε λειτουργία το φασματόμετρο.
- Επιλέξαμε τη μέθοδο και το κατάλληλο μήκος κύματος.
- Επεξεργαστήκαμε το δείγμα αναλόγως τη μέτρηση που θελήσαμε να κάνουμε.
- Τοποθετήθηκε αυτό στην κατάλληλη κυψελίδα (10mm ή 50mm).
- Καθαρίστηκε ελαφρά το εξωτερικό των κυψελίδων με χαρτομάντηλο ή με διηθητικό χαρτί, για να αφαιρεθούν τυχόν σταγόνες, δακτυλικά αποτυπώματα κ.λπ. και τοποθετούμε τη κυψελίδα μέσα στο όργανο.
- Το φασματοφωτόμετρο είναι βαθμονομημένο ώστε να παρέχει απ' ευθείας ανάγνωση της ποσότητας που θέλουμε να μετρήσουμε στο δείγμα.
- Η ποσότητα, λοιπόν, που αντιστοιχεί σε κάθε δείγμα, δόθηκε από την απ' ευθείας ανάγνωση στο φασματοφωτόμετρο.
- Εφόσον τα αποτελέσματα της μέτρησης δεν εμπεριέχονταν στα προαπαιτούμενα όρια το δείγμα επιδέχθηκε επιπλέον επεξεργασίας (αραίωση κ.λπ.).

### **2.7.1. Φαινόλες (Ph<sup>-</sup>)**

Για την μέτρηση των φαινολικών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.00856.

#### Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήρια Ph-1, Ph-2, και Ph-3 στο kit

#### Όργανα – Σκεύη

- Πιπέτα των 1,0ml και 5,0ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Διάταξη διήθησης (αντλία πίεσης, κωνική φιάλη, μεταλλικό πλέγμα στο στόμιο της φιάλης, φίλτρο, χωνί για την ροή του δείγματος)
- Κυψελίδες των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

#### Διαδικασία

- Ελέγχεται αν το pH του δείγματος κυμαίνεται στο εύρος τιμών 2-11, και αναλόγως ρυθμίζεται με διάλυμα θειικού οξέος ή υδροξειδίου του νατρίου. Τα θολερά δείγματα

πρέπει να υφίστανται διήθηση, για να κατακρατηθούν διαλυμένα σωματίδια που επηρεάζουν το φωτόμετρο.

- Λαμβάνονται με πιπέτα 10ml δείγματος και τοποθετούνται σε δοκιμαστικό σωλήνα.
- Προστίθεται με πιπέτα 1,0ml αντιδραστηρίου Ph-1, και ο σωλήνας αναδεύεται.
- Προστίθεται μια δόση αντιδραστηρίου Ph-2 με το ειδικό κουταλάκι και ο σωλήνας αναδεύεται καλά, μέχρι το αντιδραστήριο να διαλυθεί εντελώς.
- Προστίθεται μια δόση αντιδραστηρίου Ph-3 με το ειδικό κουταλάκι και ο σωλήνας αναδεύεται καλά, μέχρι το αντιδραστήριο να διαλυθεί εντελώς.
- Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για χρονικό διάστημα 10 λεπτών (χρόνος αντίδρασης). Συμπληρώνεται με δείγμα η κυψελίδα των 10mm και των 50mm (ανάλογα με το δείγμα), και τοποθετείται για μέτρηση στο φωτόμετρο.

### **2.7.2. Αμμωνιακά ιόντα (NH<sub>4</sub>)**

Για την μέτρηση των Αμμωνιακών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόζονται οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14752.

#### Αντιδραστήρια

- Αντιδραστήρια NH<sub>4</sub>-1, NH<sub>4</sub>-2, και NH<sub>4</sub>-3 στο kit
- Δείγμα

#### Όργανα - Σκεύη

- Πιπέτα των 5 ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα (cell) των 10 mm
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Φωτόμετρο

#### Διαδικασία

- Τα θολερά δείγματα υπέστησαν διήθηση, για να κατακρατηθούν διαλυμένα σωματίδια που επηρεάζουν τη μέτρηση του φωτομέτρου.
- Ελήφθησαν με πιπέτα 5 ml δείγματος και προστέθηκαν εντός στεγνού δοκιμαστικού σωλήνα.
- Ελήφθησαν με πιπέτα 0,6 ml NH<sub>4</sub><sup>+</sup> και προστέθηκαν εντός του σωλήνα με ανάδευση.
- Προστέθηκε 1 δόση αντιδραστηρίου NH<sub>4</sub>-2 με το ειδικό κουταλάκι εντός του σωλήνα.



- Ακολούθησε ζωηρή ανάδευση έως ότου διαλυθεί εντελώς το αντιδραστήριο, και αφέθηκε για 5 λεπτά (χρόνος αντίδρασης A) σε κατάσταση ηρεμίας.
- Προστέθηκαν 4 σταγόνες αντιδραστηρίου  $\text{NH}_4\text{-3}$  με το ειδικό σταγονόμετρο που παρέχεται από την κατασκευάστρια εταιρία του kit, ο δοκιμαστικός σωλήνας αναδεύτηκε.
- Αφέθηκε πάλι για 5 λεπτά (χρόνος αντίδρασης B) σε κατάσταση ηρεμίας. Ύστερα, ελήφθη ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώθηκε η κυψελίδα.
- Η κυψελίδα τοποθετήθηκε στο φωτόμετρο, μαζί με την κυψελίδα αναφοράς, και ελήφθη η μέτρηση σε  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ .

### 2.7.3. Νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ )

Για την μέτρηση των νιτρωδών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14776.

#### Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήριο  $\text{NO}_2\text{-1}$

#### Όργανα - Σκεύη

- Πιπέτα των 5 ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα (cell) των 10 mm και των 50mm
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Φωτόμετρο

#### Διαδικασία

- Ελήφθησαν με πιπέτα 5 ml δείγματος.
- Προστέθηκαν εντός του δοκιμαστικού σωλήνα 1 δόση αντιδραστηρίου  $\text{NO}_2\text{-1}$  με το ειδικό κουταλάκι εντός του σωλήνα.
- Ο σωλήνας αναδεύτηκε ζωηρά μέχρι να διαλυθεί εντελώς το αντιδραστήριο στο δείγμα, οπότε αφέθηκε σε κατάσταση ηρεμίας για 10 λεπτά (χρόνος αντίδρασης).
- Ελήφθη ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώθηκε η κυψελίδα.
- Η κυψελίδα τοποθετήθηκε στο φωτόμετρο, μαζί με την κυψελίδα αναφοράς, και ελήφθη η μέτρηση σε  $\text{NO}_2\text{-N}$ .

#### 2.7.4. Νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ )

Για την μέτρηση των νιτρικών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.09713.

##### Αντιδραστήρια

- Αντιδραστήρια  $\text{NO}_3-1$  και  $\text{NO}_3-2$  του kit
- Δείγμα

##### Όργανα - Σκεύη

- Πιπέτα των 5 ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα (cell) των 10 mm και των 50mm
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Φωτόμετρο

##### Διαδικασία

- Ελήφθησαν με πιπέτα 4 ml  $\text{NO}_3-1$  και προστέθηκαν εντός στεγνού και καθαρού δοκιμαστικού σωλήνα.
- Ελήφθησαν με πιπέτα 0,5 ml δείγματος και προστέθηκαν εντός του σωλήνα, χωρίς ανάδευση.
- Ελήφθησαν με πιπέτα 0,5 ml  $\text{NO}_3-2$  και προστέθηκαν εντός του σωλήνα.
- Ακολούθησε ανάδευση κρατώντας το πάνω μέρος του σωλήνα, λόγω ανάπτυξης θερμότητας, και αφήθηκε σε ηρεμία για 10 λεπτά (χρόνος αντίδρασης).
- Ελήφθη ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώθηκε η κυψελίδα (διαφορετική κατά περίπτωση).
- Η κυψελίδα τοποθετήθηκε με καθαρή εξωτερική επιφάνεια στο φωτόμετρο, μαζί με την κυψελίδα αναφοράς του kit, και ελήφθη η μέτρηση σε  $\text{NO}_3\text{-N}$ .

#### 2.7.5. Φωσφορικά ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Για την μέτρηση των Φωσφορικών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14848.

##### Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήρια  $\text{PO}_4-1$  και  $\text{PO}_4-2$  στο kit

### Όργανα – Σκεύη

- Πιπέτα των 5ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδες των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

### Διαδικασία

- Ελέγχθηκε πρώτα αν το pH του δείγματος κυμαίνεται στο εύρος τιμών 0-10, και αναλόγως ρυθμίστηκε με διάλυμα θειικού οξέος.
- Ελήφθησαν με πιπέτα 5,0ml δείγματος και τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα.
- Προστέθηκαν 5 σταγόνες αντιδραστήριου PO<sub>4</sub>-1 και ο σωλήνας αναδεύτηκε.
- Προστέθηκε μια δόση αντιδραστήριου PO<sub>4</sub>-2 με το ειδικό κουταλάκι του kit, και ο σωλήνας αναδεύτηκε καλά μέχρι το αντιδραστήριο να διαλυθεί εντελώς.
- Ο σωλήνας αφέθηκε σε ηρεμία για χρονικό διάστημα 5 λεπτών (χρόνος αντίδρασης).
- Ελήφθη ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώθηκε η κυψελίδα (διαφορετική κατά περίπτωση).
- Η κυψελίδα τοποθετήθηκε με καθαρή εξωτερική επιφάνεια στο φωτόμετρο, μαζί με την κυψελίδα αναφοράς του kit, και ελήφθη η μέτρηση σε PO<sub>4</sub>-.

### **2.7.6. Χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>)**

Για την μέτρηση των Χλωριούχων ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14897.

### Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήρια Cl-1 και Cl-2 στο kit

### Όργανα – Σκεύη

- Πιπέτα των 1,0 και 5,0ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Κυψελίδες των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

### Διαδικασία

- Ελέγχθηκε το pH του δείγματος, που πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 1 έως 12, αλλιώς ρυθμίζαμε με διάλυμα αμμωνίας ή νιτρικού οξέος. Τυχόν θολερά δείγματα έπρεπε να υφίστανται διήθηση, για να απομακρυνθούν σωματίδια που παρεμποδίζουν τον προσδιορισμό της προς μέτρηση παραμέτρου.
- Ελήφθησαν με πιπέτα 1,0ml δείγματος και προστέθηκαν σε άδειο δοκιμαστικό σωλήνα.
- Προστέθηκαν 2,5ml αντιδραστήριου Cl-1 και ο σωλήνας αναδεύτηκε.
- Προστέθηκαν 0,50ml αντιδραστήριου Cl-2 και ο σωλήνας αναδεύτηκε.
- Ο σωλήνας αφέθηκε σε ηρεμία για 1 λεπτό (χρόνος αντίδρασης).
- Συμπληρώθηκε η κυψελίδα των 10mm με δείγμα και τοποθετήθηκε στο φωτόμετρο.

### 2.7.7. Θειικά (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

Για την μέτρηση Θεικών ιόντων των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14548.

#### Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήριο SO<sub>4</sub>-1K

#### Σκεύη – Όργανα

- Πιπέτα των 5ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Κυψελίδα αναφοράς του kit
- Κυψελίδα (cell) των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

#### Διαδικασία

- Ελέγχθηκε το pH του δείγματος, που πρέπει να κυμαίνεται από 2-10, αλλιώς ρυθμίζαμε σε διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου ή υδροχλωρικού οξέος, αναλόγως.
- Με πιπέτα ελήφθησαν 5ml δείγματος και προστέθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα του kit που περιείχε υγρό αντιδραστήριο και αναδεύτηκε.
- Προστέθηκε μια δόση αντιδραστηρίου SO<sub>4</sub>-1 με το ειδικό κουταλάκι, ο σωλήνας έκλεισε καλά και αναδεύτηκε μέχρι να διαλυθεί εντελώς το αντιδραστήριο.
- Ο σωλήνας αφέθηκε σε ηρεμία για 2 λεπτά (χρόνος αντίδρασης), συμπληρώθηκε η κυψελίδα με ποσότητα δείγματος και τοποθετείται στο φωτόμετρο.

### 2.7.8. Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, C.O.D.)

Για την μέτρηση του C.O.D. των δειγμάτων, εφαρμόστηκαν οι οδηγίες από το αντίστοιχο kit της εταιρίας Merck, με κωδικό προϊόντος 1.14541 και 1.14560, λόγω της μεταξύ των διαφορών στο εύρος προσδιοριζόμενων τιμών.

#### Αντιδραστήρια

- Δείγμα
- Αντιδραστήριο C.O.D. του kit

#### Όργανα – Σκεύη

- Πιπέτα των 5ml
- Δοκιμαστικός σωλήνας με αντιδραστήριο C.O.D.
- Θερμοαντιδραστήρας

- Κυψελίδα αναφοράς
- Κυψελίδα των 10mm και 50mm
- Φωτόμετρο

#### Διαδικασία

- Με πιπέτα ελήφθησαν 3,0ml δείγματος. Συνιστάται η χρήση μάσκας για την προστασία του προσώπου. Το δείγμα προστέθηκε αργά και προσεκτικά σε έναν δοκιμαστικό σωλήνα του kit που περιέχει συγκεκριμένη ποσότητα υγρού αντιδραστήριου από την παρασκευάστρια εταιρία. Ο σωλήνας θερμάνθηκε λόγω της εξώθερμης αντίδρασης που προκλήθηκε από την παραπάνω ανάμιξη, και αναδεύτηκε καλά κρατώντας τον από το καπάκι.
- Ο σωλήνας τοποθετήθηκε σε θερμοαντιδραστήρα στους 148°C για χρονικό διάστημα 120 λεπτών.
- Στη συνέχεια, ο σωλήνας αφαιρέθηκε από την συσκευή 10 λεπτά μετά την αφαίρεση ο σωλήνας αναδεύτηκε ελαφρώς, και αφέθηκε ξανά να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, χωρίς να ψυχρανθεί τεχνητά (π.χ. με υδατόλουτρο), για τουλάχιστον 30 λεπτά (χρόνος ψύχρανσης).
- Ελήφθη ποσότητα δείγματος από τον σωλήνα και συμπληρώθηκε η κυψελίδα των 10mm ή 50mm (αναλόγως του δείγματος), οπότε τοποθετήθηκε στο φωτόμετρο και ελήφθη η ζητούμενη μέτρηση.

#### **2.7.9. Προσδιορισμός BOD<sub>5</sub>**

Η μέθοδος, που ακολουθήθηκε αποτελεί έναν εμπειρικό προσδιορισμό, στον οποίο ακολουθούνται πρότυπες εργαστηριακές διαδικασίες. Γίνεται με μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου (DO) πριν και μετά την πενθήμερη επώαση του δείγματος. Η μέτρηση του DO μετά τις κατάλληλες αρχικές αραιώσεις που θα εξασφαλίζουν αρκετό οξυγόνο για όλη τη διάρκεια της επώασης γίνεται με την τροποποιημένη μέθοδο Winkler, όπως αυτή περιγράφεται στη συνέχεια.

Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα συλλέχθηκαν σε γυάλινες φιάλες με εσφυρισμένο πώμα, που γέμισαν μέχρι υπερχειλίσης και πωματίστηκαν με προσοχή ώστε να μην κρατήσουν φυσαλίδες αέρα. Μεταφέρθηκαν με προσοχή, ώστε να μην είναι εκτεθειμένα στο φως και τη θερμότητα.

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός

1. Φιάλες επώασης, γυάλινες, με εσφυρισμένο πώμα, γνωστού όγκου (περίπου 300ml), κατάλληλες για προσδιορισμό BOD. Κάθε φιάλη και το πώμα της θα πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό αναγνώρισης.
2. Επωαστικός κλίβανος, σταθερής θερμοκρασίας  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , σκοτεινός, ώστε να αποκλείεται η πιθανότητα παραγωγής DO με το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης.

### Αντιδραστήρια

- Ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών αλάτων ( $pH = 7.2$ ) (α.1)

Ζυγίστηκαν:

- 8.5g  $KH_2PO_4$
- 21.75g  $K_2HPO_4$  ή 28,499g  $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$
- 17.7g  $Na_2HPO_4$  ή 33.4g  $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$  ή 20.7g  $Na_2HPO_4 \cdot H_2O$
- 1.7g  $NH_4Cl$

Διαλύονται σε απιονισμένο νερό και στη συνέχεια αραιώνονται στο 1l.

- Διάλυμα θεικού μαγνησίου  $Mg SO_4$  (α.2)

Ζυγίζονται 22.5g  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , διαλύονται σε απιονισμένο νερό και το διάλυμα αραιώνεται στο 1l.

- Διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου  $CaCl_2$  (α.3)

Ζυγίζονται 27.5g  $CaCl_2$ , διαλύονται σε απιονισμένο νερό και το διάλυμα αραιώνεται στο 1l.

- Διάλυμα χλωριούχου σιδήρου  $FeCl_3$  (α.4)

Ζυγίζονται 0.25g  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ , διαλύονται σε απιονισμένο νερό και το διάλυμα αραιώνεται στο 1l.

- Διάλυμα Θειουρίας (α.5)

Ζυγίζονται 2g θειουρίας και διαλύονται σε απιονισμένο νερό και το διάλυμα αραιώνεται στο 1l.

- Αραιωτικό διάλυμα (α.6)

1ml από καθένα από τα πέντε παραπάνω διαλύματα (α.1 – α.5), συνολικά 5ml, διαλύονται σε απιονισμένο νερό και αραιώνονται στο 1l.

- Διάλυμα μικροοργανισμών (α.7)

1.5 ml λαμβάνεται για εμβολιασμό από φρέσκια λάσπη.

### Διαδικασία

- Το διαλυμένο οξυγόνο του αραιωτικού δ/τος πρέπει να είναι 7-9 mg/l ( $DO_{\text{αραιωτ.}} = 7 - 9$  mg/l). Για το λόγο αυτό οξυγονώνουμε το αραιωτικό δ/μα (α.6) με φυσητήρα για 15-20 min.
- Παρασκευή τυφλού δείγματος  
Σε φιάλη επώασης BOD εισάγουμε 300ml αραιωτικού δ/τος (α.6), και μετράμε το διαλυμένο οξυγόνο ( $DO_{\text{Ταρχ.}}$ )
- Παρασκευή τυφλού δείγματος με μικροοργανισμούς

Σε φιάλη επώασης BOD τοποθετούνται 300ml αραιωτικού δ/τος (a.6) και 1,5ml δ/τος μικροοργανισμών (a.7)

- Πραγματοποιήσαμε αραιώση 1000%.
- Σε φιάλες επώασης BOD εισάγουμε 300ml από την κάθε αραιώση που χρειαζόμαστε και 1,5ml μικροοργανισμών και μετράμε το διαλυμένο οξυγόνο ( $DO_{αρχ.}$ ).
- Τοποθετούμε τις φιάλες επώασης σε σκοτεινό επωαστικό κλίβανο, σταθερής θερμοκρασίας  $20 \pm 1^\circ C$ , για διάρκεια 5 ημερών.
- Μετά την πάροδο των 5 ημερών βγάζουμε από τον κλίβανο τις φιάλες επώασης με τα δείγματα και το τυφλό και μετράμε εκ νέου το διαλυμένο οξυγόνο για τα δείγματα ( $DO_{τελ.}$ ) και το τυφλό ( $DO_{Ττελ.}$ ).

Ο τελικός υπολογισμός έγινε σύμφωνα με τον τύπο:

$$BOD_5 = ((DO_{αρχ.} - DO_{τελ.})_{δείγμα} - (DO_{Ταρχ.} - DO_{Ττελ.})_{τυφλό}) * Αραιώση$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Αποτελέσματα/Συζήτηση

### 3.1 Μελέτη φυσικοχημικών ιδιοτήτων ληφθείσας βιομάζας

#### 3.1.1. Καθαρότητα οργανικού υλικού

Ο οπτικός διαχωρισμός πραγματοποιήθηκε προκειμένου να προσδιοριστεί το ποσοστό καθαρότητας του υλικού που λαμβάναμε κάθε φορά από τα νοικοκυριά. Το ποσοστό προέκυψε ως ποσό της συνολικής μάζας του ξηραμένου υλικού που ελήφθη προς τη συνολική μάζα των υλικών που βρέθηκαν στα διατροφικά απορρίμματα των νοικοκυριών, σε όλη τη διάρκεια συμμετοχής τους στη δράση. Το ποσοστό καθαρότητας του τελικού προϊόντος, το οποίο προέκυψε από τις συμμετέχουσες οικίες που συμμετείχαν στη δράση, κατά μέσο όρο είναι 99,9%. Η καθαρότητα της ξηρής βιομάζας προκύπτει από το σύνολο των δειγμάτων (με συχνότητα συλλογής εβδομαδιαία ή δεκαπενθήμερων) που συλλέχθηκαν από την ομάδα εργασίας και προσδιορίζεται με βάση την παρακάτω σχέση για κάθε εξεταζόμενο δείγμα:

$$\% \text{καθαρότητα προϊόντος} = \frac{(\text{Συνολική μάζα ξηρού υλικού}) - (\text{Συνολική μάζα προσμίξεων})}{(\text{Συνολική μάζα ξηρού υλικού})}$$

Η συνολική μάζα η οποία λήφθηκε από την ομάδα εργασίας σε όλη τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής καθώς και η ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος αποκεντρωμένης ξήρανσης GAIA καταγράφεται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 37: Συνολική μάζα που παραλήφθηκε και ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος GAIA**

Παράμετρος	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης
Μάζα νωπού ανά άτομο/μήνα	4,8	Kgr
Μάζα 251 ατόμων/μήνα	1.204,8	Kgr
Μάζα 251 ατόμων για (12 μήνες)	14.457,6	Kgr
Μάζα ξηρού 251 ατόμων (12 μήνες)	5.783,6	Kgr
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση συστήματος GAIA	13.156,416	KWh

Η ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος σε όλη τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής προσδιορίστηκε ίση με 0,91KWh/Kg νωπής μάζας ενώ κυμάνθηκε στο εύρος τιμών 0,91-0,92 KWh/Kg. Για την παραγωγή 1Kgr ξηρής βιομάζας δαπανήθηκαν συνολικά 4,48 KWh.



Από τη διεργασία της ξήρανσης ελήφθησαν δεδομένα μάζας, όγκου και κατ' επέκταση πυκνότητας τόσο για το εισερχόμενο όσο και για το ξηραμένο υλικό.

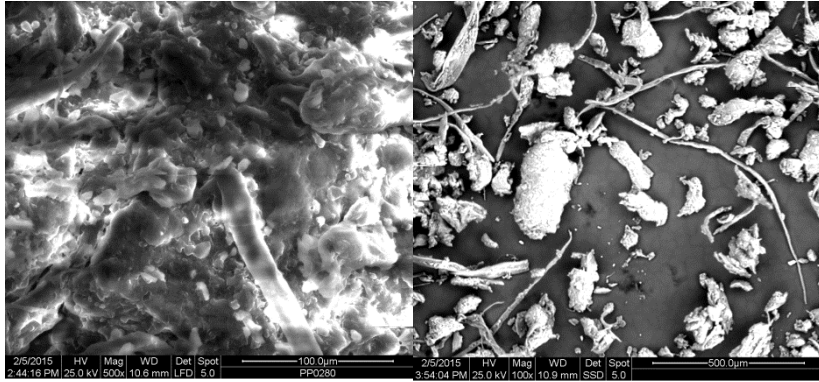
### 3.1.2. Μείωση του όγκου και της μάζας των βιοαποβλήτων

Από τη διεργασία της ξήρανσης ελήφθησαν δεδομένα μάζας, όγκου και κατ' επέκταση πυκνότητας τόσο για το εισερχόμενο όσο και για το ξηραμένο υλικό. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρει το συνολικό όγκο του νωπού δείγματος της βιομάζας που συγκεντρώθηκε ανά φόρτιση του ξηραντήρα, το συνολικό όγκο του ξηρού υλικού που λήφθηκε μετά τη διεργασία της ξήρανσης κι εν τέλει υπολογίστηκε η ποσοστιαία μείωση του όγκου ανά κύκλο ξήρανσης.

**Πίνακας 38: Καταγραφή μεταβολής όγκου δείγματος**

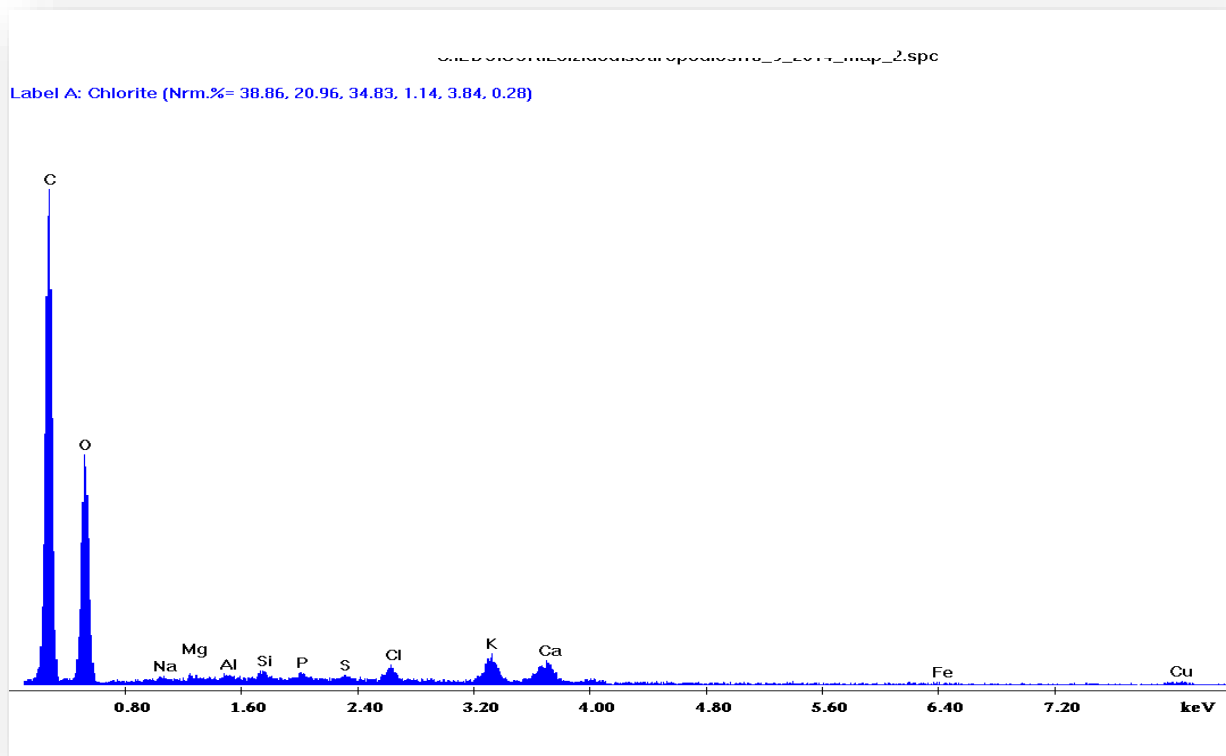
Δείγμα	Συνολικός όγκος νωπού(L)	Συνολικός όγκος ξηρού(L)	Ποσοστιαία μείωση όγκου(%)
1	126,4	32,19	74,53
2	94,9	20,35	78,57
3	77,6	14,31	81,55
4	124,04	24,75	80,05
5	95,63	17,41	81,8
6	128,6	17,07	86,73
7	137,63	18,37	86,65
8	153,44	19,33	87,39
9	132,7	18,34	86,18
10	181,77	23,31	87,17
11	133,7	19,87	85,14
<i>M.O</i>	<b>126,04</b>	<b>20,48</b>	<b>83,25</b>

Το ποσοστό μείωσης του όγκου της νωπής βιομάζας ανήλθε σε 83,25% (μέση τιμή) σε όλη τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής, ενώ η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών 74,53-87,39%. Η διακύμανση αυτή οφείλεται στη διαφορετικότητα των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του εισερχόμενου υποστρώματος το μέγεθος και η ποιότητα των οποίων δύναται να επηρεάσει την απόδοση της διεργασίας της ξήρανσης. Επιπλέον το γεγονός ότι εισέρχονταν στο σύστημα διαφορετικοί όγκοι κάθε φορά συνετέλεσαν στο γεγονός αυτό. Η μείωση της μάζας του συστήματος ανήλθε στο 78,6% σε όλη τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής ενώ το εύρος τιμών στο οποίο κυμάνθηκε ήταν μικρότερο του 2%. Η μορφή του υλικού καταγράφηκε με χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα:



**Εικόνα 55: Το τελικό ξηρό υλικό όπως αυτό καταγράφηκε από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM)**

Ποιοτικά, η σύσταση του υλικού όσον αφορά τα βαρέα μέταλλα που αυτό περιέχει, καταγράφηκε από το ίδιο όργανο και παρουσιάζεται ακολούθως:



**Διάγραμμα 11: . Ποιοτική σύσταση του ξηρού υλικού όσον αφορά τη σύσταση σε βαρέα μέταλλα μετά το πέρας της ξήρανσης**

### 3.1.3. Ενεργειακή κατανάλωση της συσκευής

Ένας από τους κύριους στόχους του προγράμματος ήταν η λειτουργία μιας συσκευής η οποία εκτός των άλλων θα είναι και ενεργειακά αποδοτική κατά τη διάρκεια της ξήρανσης των βιοαποβλήτων. Η σταθμισμένη μέση τιμή ενεργειακής κατανάλωσης (kWh) για την ξήρανση ενός κιλού οργανικών απορριμμάτων όπως αυτή αποτυπώθηκε κατά τη διάρκεια του προγράμματος στα επιλεγμένα νοικοκυριά στο Δήμο Παπάγου-Χολαργού και στο Δήμο Ασπροπύργου είναι ίση με 0,97 kWh/kg νωπού υλικού.

Οι τιμές οι οποίες παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων αναφορικά με την ενεργειακή κατανάλωση ανά κιλό υλικού τροφοδοσίας είναι μεταξύ 0,71-1,44 kWh/kg. Παρατηρείται επομένως ότι δεν υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων των μετρήσεων ανά παρτίδα οργανικού υλικού προς ξήρανση σε ολόκληρη τη διάρκεια της δωδεκάμηνης δράσης του προγράμματος. Αυτό σημαίνει ότι οι συνθήκες ξήρανσης αλλά και το υλικό ανά παρτίδα δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές κατά τη διάρκεια του προγράμματος και συνεπώς η διακύμανση της ενεργειακής κατανάλωσης είναι σχεδόν αμελητέα.

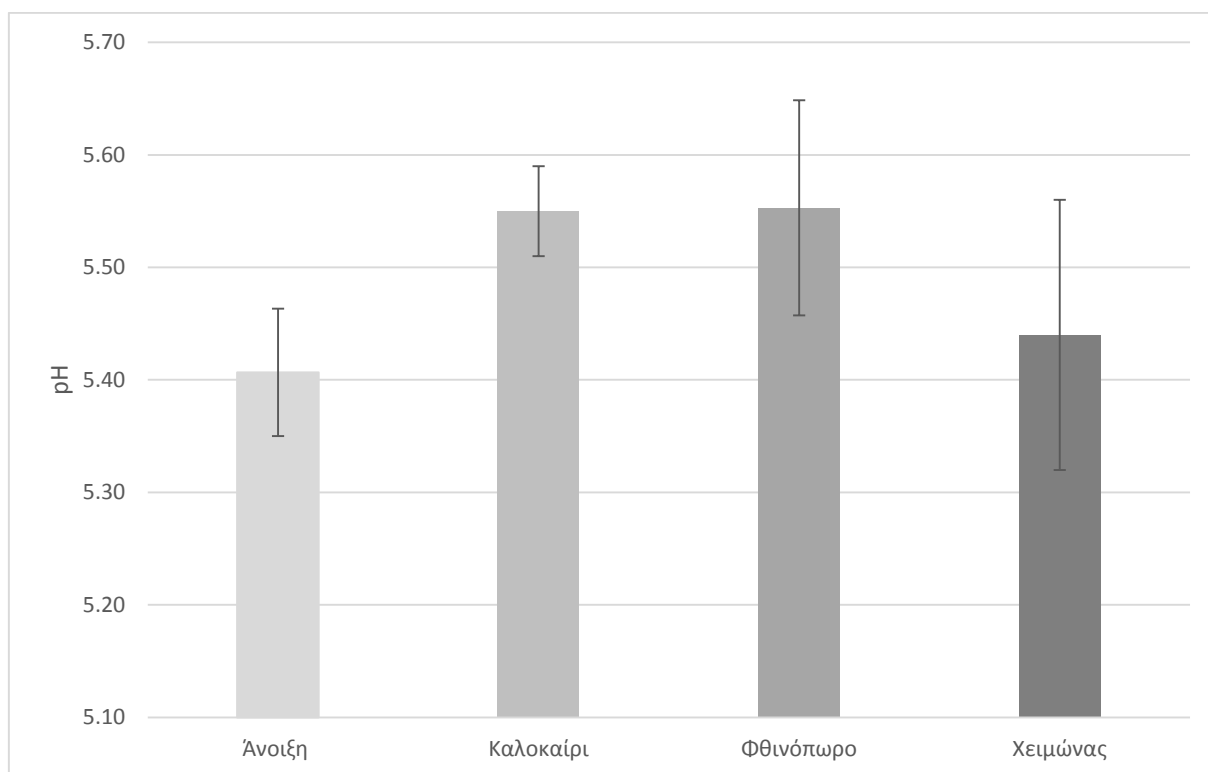
#### 3.1.4. Προσδιορισμός pH

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του pH των απορριμμάτων που ελήφθησαν από τις οικίες καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση αυτών, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 39: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για το pH**

Εποχές	pH	SDTV
Άνοιξη	5,41	0,06
Καλοκαίρι	5,55	0,04
Φθινόπωρο	5,55	0,1
Χειμώνας	5,44	0,12

Στο διάγραμμα, που ακολουθεί, παρουσιάζονται γραφικά τα αποτελέσματα προσδιορισμού pH του τελικού ξηρού υλικού.



**Διάγραμμα 12: Διακύμανση pH ανά εποχή**

Το pH εκφράζει την οξύτητα ή την αλκαλικότητα του υποστρώματος που πρόκειται να κομποστοποιηθεί. Έχει διαπιστωθεί ότι η προς κομποστοποίηση οργανική μάζα χαρακτηρίζεται γενικά από χαμηλές τιμές pH, γεγονός που επιβεβαιώνεται με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας. Όπως είναι φανερό από το παραπάνω διάγραμμα, όλα τα δείγματα των ξηρών διατροφικών αποβλήτων έχουν pH που κυμαίνεται κοντά στο 5-6. Για τη διαδικασία της κομποστοποίησης το βέλτιστο εύρος τιμών pH είναι 5,5-5,8.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα που παραπάνω πίνακα (Πίνακας 3.2), η μέση τιμή pH των δειγμάτων που προήλθαν κατά την άνοιξη, προσδιορίστηκε ίσο με 5,41. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η σταθμισμένη μέση τιμή του pH βρέθηκε ίση με 5,55. Αντίστοιχα, για το φθινόπωρο έχουμε 5,55, ενώ, τέλος, για τον χειμώνα προέκυψε η μέση τιμή 5,44.

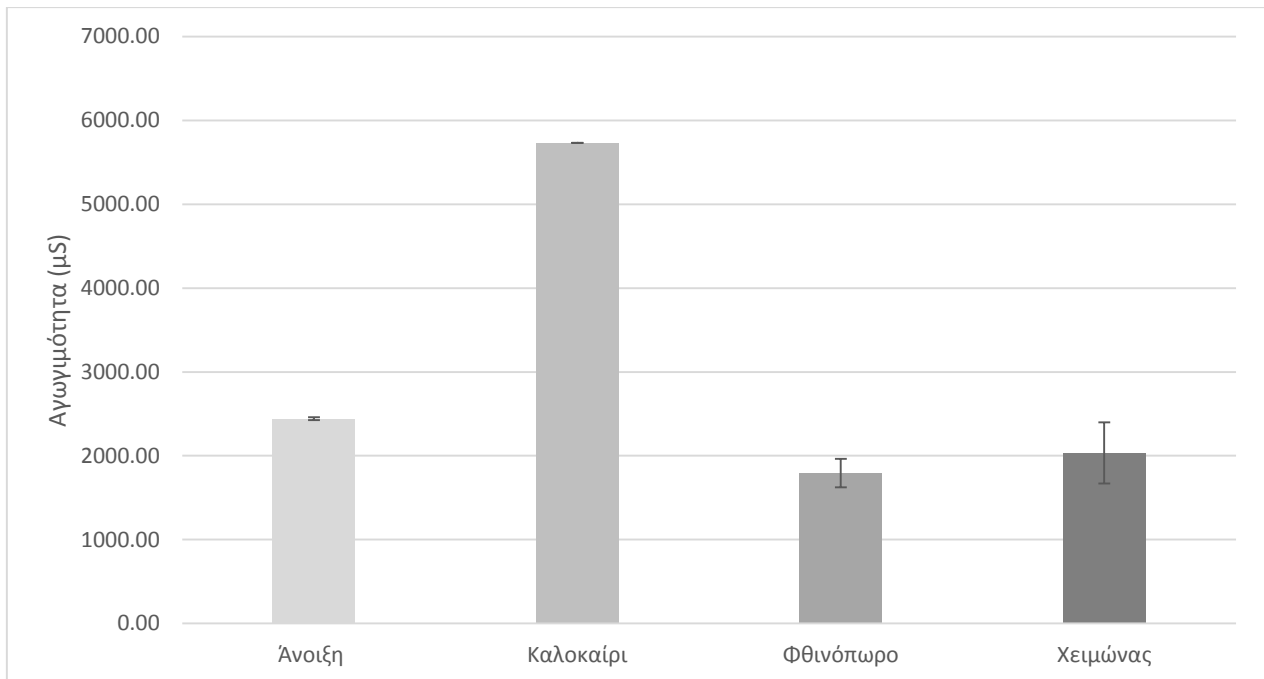
### **3.1.5. Προσδιορισμός αγωγιμότητας**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αγωγιμότητας των απορριμμάτων που ελήφθησαν από τις οικίες καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση αυτών, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 40: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τα πτητικά στερεά**

Εποχές	Αγωγιμότητα (μS)	SDTV
Άνοιξη	2442,33	16,88
Καλοκαίρι	5730	0,2
Φθινόπωρο	1794,5	169,79
Χειμώνας	2034,4	364

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων ως προς την αγωγιμότητα, παρατέθηκαν και αυτά στον πίνακα 3.2 και παρακάτω προβάλλεται γραφικά η διακύμανση των μέσω τιμών αγωγιμότητας που μετρήθηκε ανά εποχή.



**Διάγραμμα 13: Διακύμανση αγωγιμότητας ανά εποχή**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί δείκτη της συγκέντρωσης του διαλυτού άλατος που περιέχεται στα δείγματά μας. Τα επίπεδα των αλάτων επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών, οπότε μέσω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας εκτιμάται αν ένα προϊόν είναι κατάλληλο ή όχι για εδαφοβελτιωτικές χρήσεις.

Παρατηρείται μεγάλη διαφορά των μέσων τιμών μεταξύ του καλοκαιριού και των υπολοίπων εποχών. Πιο αναλυτικά, την άνοιξη προσδιορίστηκε η σταθμισμένη μέση τιμή στα 2442,33μS, το φθινόπωρο στα 1794,50μS και το χειμώνα στα 2034,4μS. Αντιθέτως, το καλοκαίρι παρατηρείται μία εμφανέστατη αύξηση, η οποία περιγράφεται από την τιμή που προσδιορίσαμε, τα 5730μS. Αυτό είναι λογικό, καθώς τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα τις μέρες με ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες αυξάνει η κατανάλωση αλατιού ή τροφών με αυξημένη περιεκτικότητα σε άλατα. Αυτό συμβαίνει λόγω της σημαντικής ανάγκης του

οργανισμού κατά το χρονικό αυτό διάστημα σε ηλεκτρολύτες κι επειδή πρέπει να προκαλείται ελεγχόμενη κατακράτηση υγρών στον οργανισμό προς αποφυγή ενδεχόμενης αφυδάτωσης.

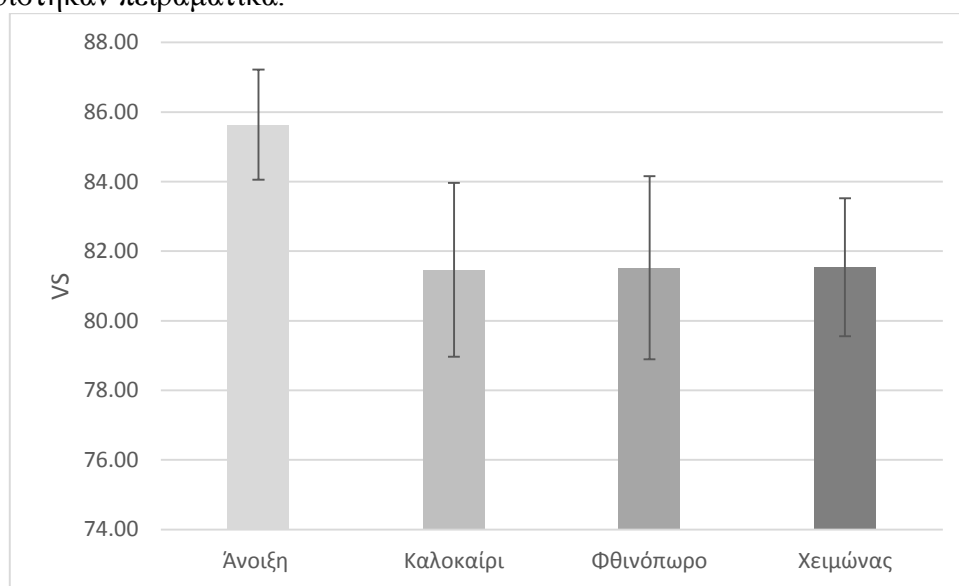
### 3.1.6. Προσδιορισμός VS (Volatile Solids)

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων vs των απορριμμάτων που λήφθηκαν από τις οικίες καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση αυτών, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 41: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τα πτητικά στερεά**

Εποχές	Πτητικά στερεά (VS)	SDTV
Άνοιξη	85,64	1,58
Καλοκαίρι	81,47	2,50
Φθινόπωρο	81,52	2,63
Χειμώνας	81,54	1,98

Στον πίνακα καταγράφησαν οι μέσες τιμές πτητικών στερεών ανά εποχή, όπως αυτές προσδιορίστηκαν πειραματικά.



**Διάγραμμα 14: Διακύμανση περιεκτικότητας πτητικών στερεών ανά εποχή**

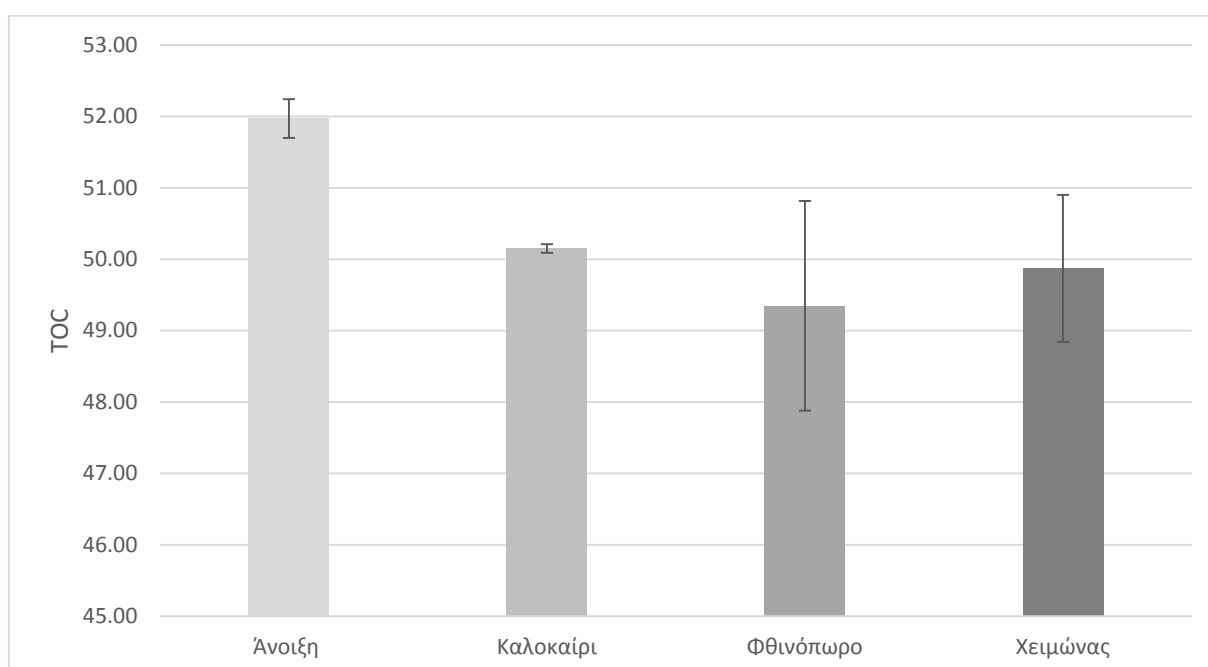
Από το διάγραμμα, προκύπτει εμφανώς ότι η περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά είναι αυξημένη στα βιοαπόβλητα που μετρήθηκαν την άνοιξη (85,64% κ.β), εν αντιθέσει με τις λοιπές εποχές οι οποίες κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα (81,47-81,54%κ.β). Το γεγονός αυτό δεν κρίνεται ως αξιολογίσιμο.

### 3.1.7. Προσδιορισμός TOC

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων TOC των απορριμμάτων που λήφθηκαν από τις οικίες καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση αυτών, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 42: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τον ολικό οργανικό άνθρακα**

Εποχές	Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	SDTV
Άνοιξη	51,97	0,27
Καλοκαίρι	50,15	0,06
Φθινόπωρο	49,35	1,47
Χειμώνας	49,87	1,03



**Διάγραμμα 15: Διακύμανση περιεκτικότητας ολικού οργανικού άνθρακα ανά εποχή**

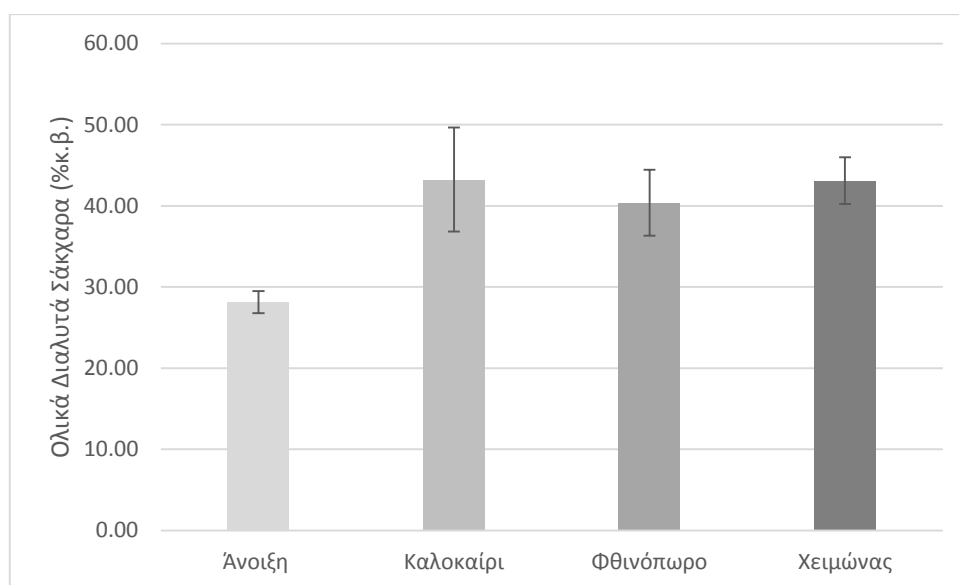
Από το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνεται ότι τα δείγματα, που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια όλων των εποχών, αποτελούνται από διάφορα διατροφικά απόβλητα, που έχουν μεγάλα ποσοστά σε ολικό οργανικό άνθρακα, που κυμαίνονται σε τιμές μεταξύ 49,35-51,97 %. Με βάση τον πίνακα συμπεραίνεται ότι ο μέσος όρος των ποσοστών του ολικού οργανικού άνθρακα υπολογίστηκε στο 49,87%. Την άνοιξη ωστόσο και σε αυτή τη περίπτωση προσδιορίστηκαν υψηλά ποσοστά TOC γεγονός το οποίο σχετίζεται άμεσα με τα VS.

### 3.1.8. Προσδιορισμός ολικών διαλυτών σακχάρων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων υδατοδιαλυτών σακχάρων των απορριμμάτων που λήφθηκαν από τις οικίες καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση αυτών, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 43: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τα ολικά διαλυτά σάκχαρα**

Εποχές	Ολικά διαλυτά σάκχαρα (% κ.β.)	SDTV
Άνοιξη	28,14	1,37
Καλοκαίρι	43,24	6,4
Φθινόπωρο	40,4	4,07
Χειμώνας	43,12	2,88



**Διάγραμμα 16: Διακύμανση περιεκτικότητας ολικών διαλυτών σακχάρων ανά εποχή**

Στη διακύμανση των ποσοστών ολικών διαλυτών σακχάρων κατά τις εποχές, παρατηρείται οριακή σταθερότητα. Κυρίως ανάμεσα σε καλοκαίρι και χειμώνα, τα ολικά διαλυτά σάκχαρα κυμάνθηκαν σε τιμές 40,4-43,24 %κ.β. Σχετική διαφοροποίηση παρατηρείται στα δείγματα της άνοιξης όπου το ποσοστό άγγιξε το 28,14 με ελάχιστες διαφορές ανάμεσα στα δείγματα της ίδιας εποχής. Αυτό μπορεί να προκλήθηκε λόγω της μικροβιακής δραστηριότητας που αναπτύχθηκε κατά την αποθήκευση του νωπού δείγματος. Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανότατα στην αύξηση της κατανάλωσης τροφών πλούσιες σε ζάχαρη (ενέργεια) από τους κατοίκους μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα.

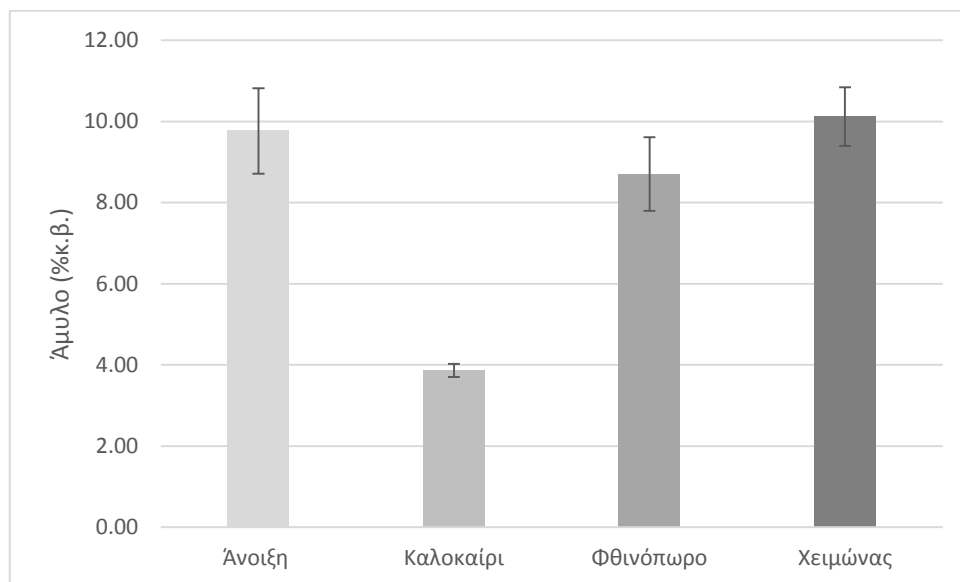


### 3.1.9. Προσδιορισμός αμύλου

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αμύλου των απορριμμάτων που ελήφθησαν από τις οικίες καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση αυτών, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 44: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για το άμυλο**

Εποχές	Άμυλο (% κ.β.)	SDTV
Άνοιξη	9,77	1,05
Καλοκαίρι	3,86	0,16
Φθινόπωρο	8,7	0,91
Χειμώνας	10,12	0,72



**Διάγραμμα 17: Διακύμανση περιεκτικότητας αμύλου ανά εποχή**

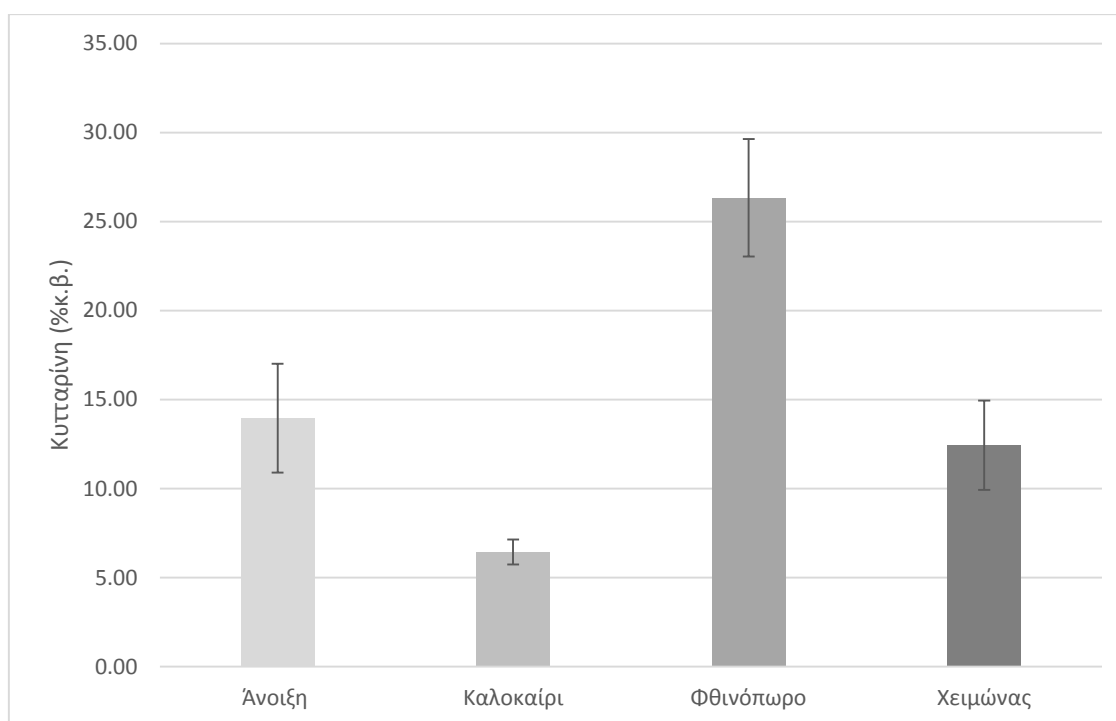
Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι η μέση τιμή του προσδιοριζόμενου αμύλου σε ποσοστό (%) την άνοιξη είναι 9,77κ.β, το καλοκαίρι ελαχιστοποιήθηκε στο 3,86κ.β , το φθινόπωρο επανήλθε σε παρόμοιο ποσοστό με την άνοιξη 8,7, ενώ το χειμώνα έφτασε στη μέγιστη μέτρηση 10,12. Η ιδιαίτερα χαμηλή συγκέντρωση αμύλου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στις διατροφικές προτιμήσεις των οικογενειών οι οποίες επικεντρώθηκαν κυρίως σε φρούτα και λαχανικά, ενώ μειώνεται η κατανάλωση αμυλούχων τροφών.

### 3.1.10. Προσδιορισμός κυτταρίνης

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων κυτταρίνης των απορριμμάτων που ελήφθησαν από τις οικίες καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση αυτών, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 45: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για την κυτταρίνη**

Εποχές	Κυτταρίνη (% κ.β.)	SDTV
Άνοιξη	13,95	3,06
Καλοκαίρι	6,44	0,698
Φθινόπωρο	26,34	3,307
Χειμώνας	12,44	2,51



**Διάγραμμα 18: Διακύμανση περιεκτικότητας κυτταρίνης ανά εποχή**

Από το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται πλήρης ανομοιογένεια στην περιεκτικότητα της κυτταρίνης στα βιοαπόβλητα που συλλέξαμε ανά εποχή. Συνεπώς, είναι δύσκολο να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα ως προς τα ποσοστά αυτής. Πιο συγκεκριμένα, την άνοιξη το ποσοστό (%) αυτής κυμάνθηκε γύρω στο 13,95, το καλοκαίρι ελαχιστοποιήθηκε στο 6,44, το φθινόπωρο παρατηρήθηκε η μέγιστη τιμή, 26,34, και, τέλος, τον χειμώνα έφτασε και πάλι κοντά στο ποσοστό της άνοιξης, 12,44. Συνεπώς, αντιλαμβανόμαστε ότι η διακύμανση αυτή οφείλεται στα συστατικά των δειγμάτων που συλλέγαμε ανά εποχή. Το φθινόπωρο συγκεκριμένα, όπου παρατηρείται και η μεγάλη αύξηση, στα νοικοκυριά έγινε μεγάλη συλλογή από βιοαπόβλητα

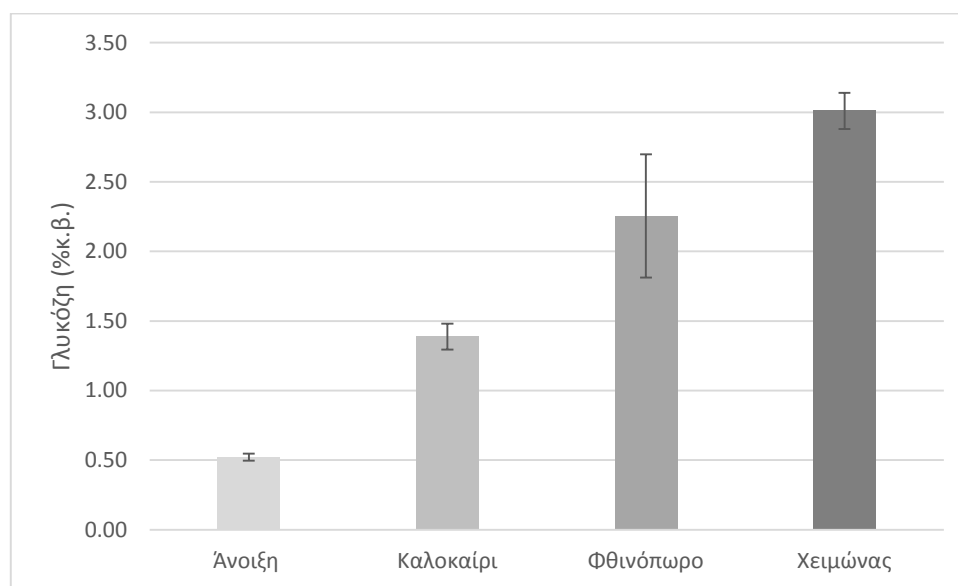
κήπου (φύλλα, κλαριά δέντρων κ.λπ.), τα οποία είναι κατά κόρον καλές πηγές κυτταρίνης. Αυτό παρατηρήθηκε και κατά τον οπτικό διαχωρισμό του νεπού υλικού.

### 3.1.11. Προσδιορισμός γλυκόζης

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων ελεύθερης γλυκόζης των απορριμμάτων που ελήφθησαν από τις οικίες καθώς επίσης και η εποχιακή διακύμανση αυτών, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 46: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για τη γλυκόζη**

Εποχές	Γλυκόζη (% κ.β.)	SDTV
Άνοιξη	0,52	0,03
Καλοκαίρι	1,39	0,09
Φθινόπωρο	2,25	0,44
Χειμώνας	3,01	0,13



**Διάγραμμα 19: Διακύμανση περιεκτικότητας γλυκόζης ανά εποχή**

Το συνολικό ποσοστό της γλυκόζης στα δείγματά μας κυμάνθηκε σε τιμές από 0,52-3,01 %. Ωστόσο, παρατηρείται ότι την άνοιξη (0,52%) ανιχνεύτηκαν οι μικρότερες συγκεντρώσεις γλυκόζης ενώ κλιμακωτά ακολουθεί το καλοκαίρι (1,39%), το φθινόπωρο (2,25%) και τέλος ο χειμώνας με το υψηλότερο ποσοστό (3,01%). Παρ' όλα αυτά, επειδή η ουσιαστική διακύμανση είναι μικρή, ίσως οι διαφορές ποσοστών γλυκόζης που παρατηρούνται ανάμεσα στις εποχές προκλήθηκαν λόγω της αποθήκευσης των δειγμάτων μας σε θερμοκρασία δωματίου, όπου αναπτύχθηκε μικροβιακή δραστηριότητα με άμεση επίπτωση την απώλεια γλυκόζης. Τέλος, η

θερμοκρασία κατά τους χειμερινούς ή τους φθινοπωρινούς μήνες εμπόδισε κατά πάσα πιθανότητα τη γρήγορη ανάπτυξη μικροβιακής δράσης στο νερό μας δείγμα.

### 3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εξερχόμενου από το σύστημα νερού

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ποιότητας του εξερχόμενου από το σύστημα νερού, σε όλη τη διάρκεια της πιλοτικής του λειτουργίας, παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 47: Καταγραφή αποτελεσμάτων πειραματικών μετρήσεων των δειγμάτων (I)**

Δείγματα	pH	Αγωγιμότητα α (μS)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	SDTV	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	SDTV	phenols (mg/l)	SDTV	PO <sub>4</sub> (mg/l)	STDV	Cl- (mg/l)	STDV
1	3,11	60.2	20,55	1,06	0,035	0,01	2,34	0	2,845	0,19	2,55	0,63
2	3,41	56.8	2,1	0	0,29	0,14	2,5	0	0,13	0,028	2,3	0,28
3	2,82	30,3	1,55	0,21	0,2	0,03	2,215	0,52	3,245	0,148	1,15	0,15
4	2,86	37,2	2,25	0,21	0,48	0,07	1,305	0,205	0,775	0,49	1,2	0,42
5	3,49	32,4	6,85	0,35	<0,01	-	1,065	0,035	<0,01	-	1,45	0,49
6	3,42	28.5	10,85	1,34	<0,01	-	1,85	0,58	<0,01	-	2,85	0,49
7	3,06	22.5	20,65	1,34	0,075	0,04	0,842	0,15	5,645	0,021	4,15	0,07
8	3,39	48	7,8	0,84	0,05	0,04	0,91	0,197	5,47	0,806	1,3	0,28
9	2,79	58.4	4,15	0,35	<0,01	-	2,88	0,014	<0,01	-	2,2	0,28
10	3,24	57.7	2,8	0,42	0,12	0	1,985	0,09	<0,01	-	1,85	0,21
11	3,2	51.7	4,65	0,78	0,065	0,01	4,8	0,14	2,735	0,49	3,65	0,07
12	3,17	46.6	13,15	1,48	0,105	0,01	1,745	0,403	4,17	0,41	6,55	0,91
13	3,22	42.6	5,9	0,14	<0,01	-	2,2	0,042	1,455	0,219	5,55	1,48
14	3,18	48	2,15	0,49	0,29	0,08	1,505	0,063	0,23	0	3,35	0,63
15	3,3	41.4	3,25	0,07	0,13	0,04	3,35	0,113	7,5	0,707	3,7	0,71

16	3,17	45.3	9,85	0,07	<0,01	-	11,4	0,325	0,405	0,007	4,45	0,49
17	2,47	133.5	80	1,41	<0,01	-	11,09	0,07	0,15	0,014	5,65	0,78
18	2,84	79.2	9,25	0,07	<0,01	-	1,905	0,091	6,765	0,36	<2,5	-
19	3,07	118.3	10,85	0,92	<0,01	-	12,31	0,834	0,2	0,014	2,7	0,28
20	2,79	144.1	36,35	0,78	<0,01	-	7,715	0,431	0,39	0,084	13,1	0,28
21	3,25	55.2	4,95	0,21	<0,01	-	1,375	0,219	<0,05	-	3,65	0,21
<i>M.O</i>	<b>2,93</b>	<b>95,75</b>	<b>25,42</b>	<b>0,59</b>	<b>0,17</b>	<b>0,04</b>	<b>3,68</b>	<b>0,21</b>	<b>2,63</b>	<b>0,25</b>	<b>3,67</b>	<b>0,46</b>

**Πίνακας 48: Καταγραφή αποτελεσμάτων πειραματικών μετρήσεων των δειγμάτων (II)**

<b>Δείγματα</b>	<b>IC (mg/l)</b>	<b>STDV</b>	<b>TC (mg/l)</b>	<b>STDV</b>	<b>TOC (mg/l)</b>	<b>STDV</b>	<b>TN (mg/l)</b>	<b>STDV</b>	<b>COD (mg/l)</b>
1	0,911	0,09	1799	16,9	1798	16,9	26,84	0,38	12780
2	1,457	0,03	1889	4,38	1887	4,38	14,67	0,27	15200
3	0	0	1721	2,32	1721	2,32	12,56	0,13	12620
4	1,728	0,09	1402	1,58	1400	1,58	6,881	0,03	7280
5	2,356	0,02	1101	2,23	1099	2,23	14,5	0,07	8840
6	8,986	0,08	1415	3,76	1406	3,76	7,669	0,07	7620
7	17,52	0,15	1674	7,94	1656	7,94	9,692	0,02	11940
8	3,767	0,06	1859	10,9	1855	10,9	15,38	0,25	19340
9	7,794	0,04	1424	6,4	1416	6,4	12,16	0,07	7440
10	5,04	0,09	1625	5,4	1620	5,4	5,739	0,06	10740
11	16,17	0,31	1568	3,48	1551	3,48	7,221	0,07	11850
12	8,28	0,11	1806	8,98	1798	8,98	4,775	0,03	17820
13	2,1	0,04	1606	5,7	1604	5,7	8,923	0,1	13280
14	3,458	0,04	1618	6,7	1614	6,7	7,593	0,1	12280
15	22,75	0,39	1862	4,19	1839	4,19	19,6	0,21	19440
16	11,12	0,21	1904	10,9	1893	10,9	81,9	0,73	16260

17	16,16	0,11	1769	0,84	1753	0,84	26,33	0,09	8220
18	13,2	0,08	1615	4,82	1602	4,82	5,667	0,35	9840
19	10	0,06	1773	6,32	1763	6,32	5,378	0,08	13300
<i>M.O</i>	<i>8,04</i>	<i>0,105</i>	<i>1654,2</i>	<i>5,99</i>	<i>1646,1</i>	<i>5,99</i>	<i>15,45</i>	<i>0,16</i>	<i>12425,8</i>

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται τα αποτελέσματα μετρήσεων BOD όπως αυτά προέκυψαν σε όλη τη διάρκεια των εργαστηριακών αναλύσεων.

**Πίνακας 49: Καταγραφή αποτελεσμάτων πειραματικών μετρήσεων για το BOD<sub>5</sub>**

<b>Δείγμα</b>	<b>BOD (mg/L)</b>	<b>SDTV</b>
<b>1</b>	4385	65
<b>2</b>	4555	175
<b>3</b>	4945	135
<b>4</b>	4730	330
<b>5</b>	4905	55
<i>M.O</i>	<i>4704</i>	<i>152</i>

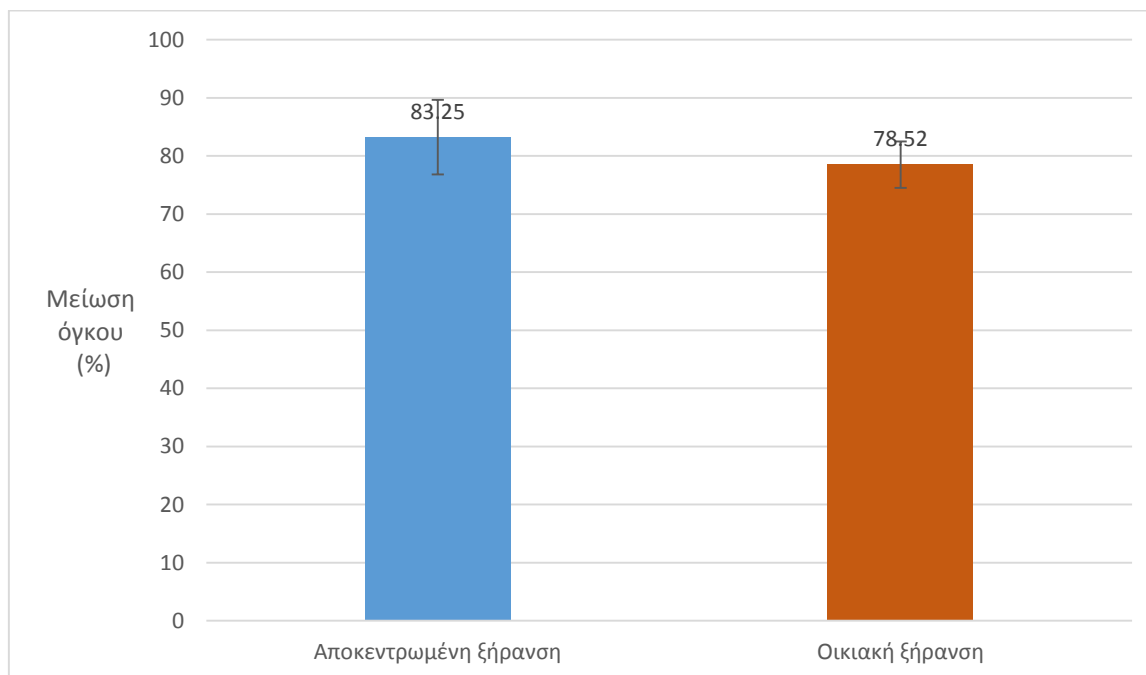
Παρατηρώντας τις μέσες τιμές του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου υπολογίζεται ο λόγος αυτών γύρω στο 0,4. Γίνεται αντιληπτό, λοιπόν, ότι ένα μικρό ποσοστό του συνολικού οργανικού φορτίου είναι βιοαποδομήσιμο και κατ' επέκτασιν, το απόβλητο δεν μπορεί να υποστεί με βέβαιη επιτυχία βιολογική επεξεργασία. Ουσιαστικά, η τιμή είναι αρκετά μικρή ώστε να μην ενδείκνυται η εφαρμογή βιολογικής επεξεργασίας. Ωστόσο, η τιμή της μείωσης του διαλυμένου οξυγόνου διατηρείται σταθερή στα δείγματα που μετρήθηκαν. Αξίζει να σημειωθεί ότι προτιμήθηκε να υπολογιστεί το οξυγόνο που απαιτείται για τη διάσπαση του δυνητικά βιοαποδομήσιμου κλάσματος του συνολικού φορτίου μόνο στα πέντε τελευταία δείγματα, προκειμένου να είναι κατά το δυνατόν βέλτιστη η μέτρηση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Σύγκριση αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών με το σύστημα αποκεντρωμένης ξήρανσης με τα αποτελέσματα της μεθόδου οικιακής ξήρανσης

Στις επόμενες παραγράφους πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής ξήρανσης του συστήματος GAIA (αποκεντρωμένη ξήρανση) σε προεπιλεγμένα βιοαπορρίμματα από τις οικίες των Δήμων Παπάγου-Χολαργού και Ασπροπύργου σε σχέση με αυτά των εργαστηριακών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν ύστερα από την εφαρμογή συστήματος οικιακής ξήρανσης DRYWASTE στο έργο LIFE 08 ENV/GR/000566.

### 4.1 Ποσοστό (%) μείωσης όγκου

Στο παρακάτω ραβδόγραμμα απεικονίζεται το ποσοστό μείωσης όγκου όπως αυτό προέκυψε από την πειραματική διαδικασία της εφαρμογής μας και τα αποτελέσματα της οικιακής ξήρανσης.



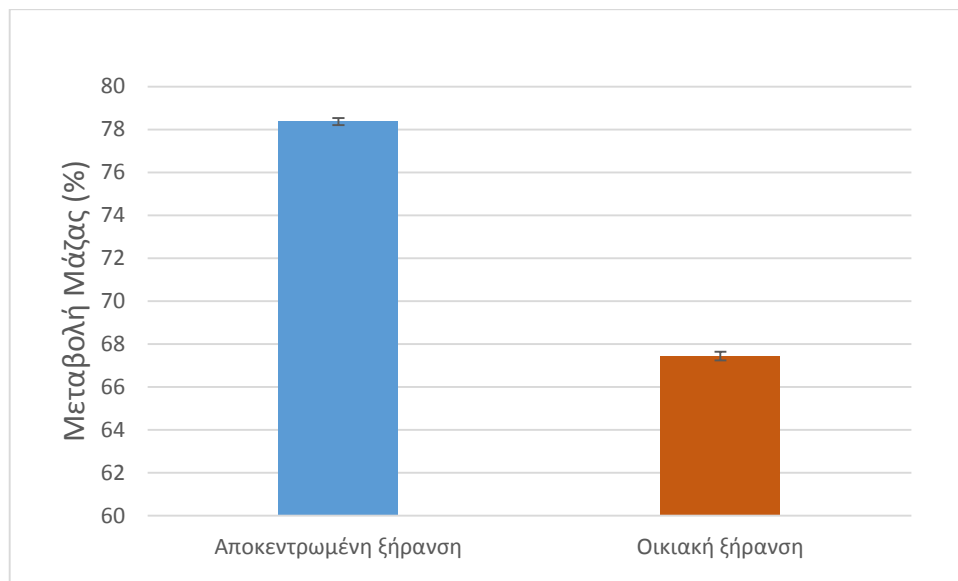
**Διάγραμμα 20: Σύγκριση αποτελεσμάτων ποσοστιαίας μείωσης όγκου**

Παρατηρείται ότι το ποσοστό (%) μείωσης όγκου κατά την αποκεντρωμένη ξήρανση είναι μεγαλύτερο κατά 4,73% από αυτό της οικιακής ξήρανσης του συστήματος DRYWASTE. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη λειτουργία της αποκεντρωμένης ξήρανσης, παρά το ότι δεν πραγματοποιείται ορθότερη προεπεξεργασία του υλικού (κοπή σε μικρότερα

κομμάτια), επιτυγχάνεται ξήρανση στον βέλτιστο βαθμό εξαιτίας του γεγονότος ότι το υλικό στο εσωτερικό του συστήματος αποκεντρωμένης ξήρανσης κονιορτοποιείται άμεσα σε αντίθεση με το υλικό της οικιακής ξήρανσης.

#### 4.2 Σύγκριση ποσοστού (%κ.β) μείωσης μάζας

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται το ποσοστό μείωσης μάζας όπως αυτό προέκυψε από την πειραματική διαδικασία της αποκεντρωμένης ξήρανσης οικιακών βιοαποβλήτων σε σχέση με τα αποτελέσματα της οικιακής ξήρανσης βιοαποβλήτων.



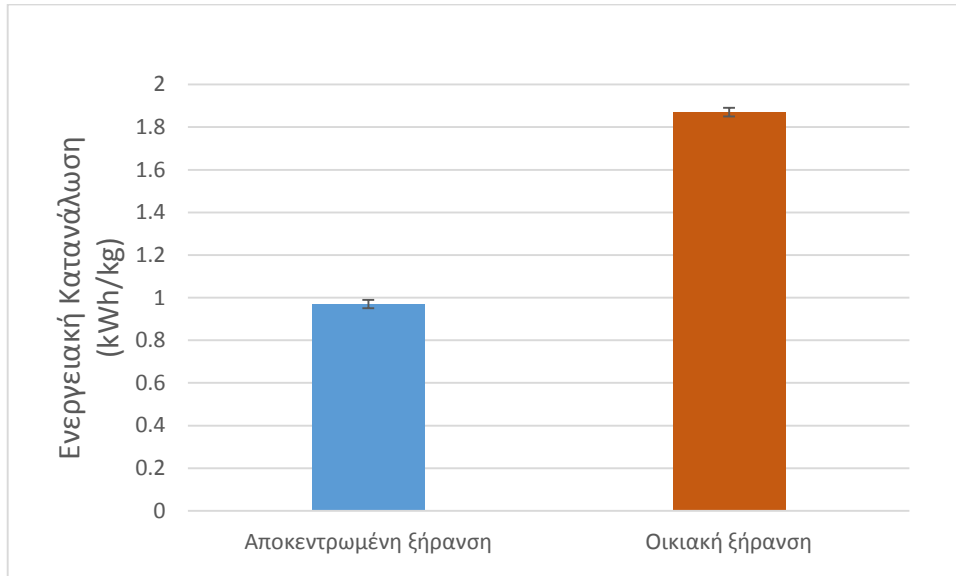
**Διάγραμμα 21: Σύγκριση αποτελεσμάτων ποσοστιαίας μείωσης μάζας**

Παρατηρείται ότι το ποσοστό (%κ.β) μείωσης μάζας στην περίπτωση της αποκεντρωμένης ξήρανσης είναι μεγαλύτερο από αυτό της οικιακής ξήρανσης του συστήματος DRYWASTE. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη λειτουργία της αποκεντρωμένης ξήρανσης, παρά το ότι δεν πραγματοποιείται ορθότερη προεπεξεργασία του υλικού (κοπή σε μικρότερα κομμάτια), επιτυγχάνεται ξήρανση στον βέλτιστο βαθμό εξαιτίας του γεγονότος ότι το υλικό στο εσωτερικό του συστήματος αποκεντρωμένης ξήρανσης κονιορτοποιείται άμεσα σε αντίθεση με το υλικό της οικιακής ξήρανσης. Έτσι η υγρασία αφαιρείται αποδοτικότερα από το εσωτερικό του υλικού.



### 4.3 Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης των δύο μεθόδων

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η ενεργειακή κατανάλωση των δύο συστημάτων όπως αυτή προέκυψε από την πειραματική διαδικασία της αποκεντρωμένης ξήρανσης οικιακών βιοαποβλήτων σε σχέση με τα αποτελέσματα της οικιακής ξήρανσης βιοαποβλήτων.

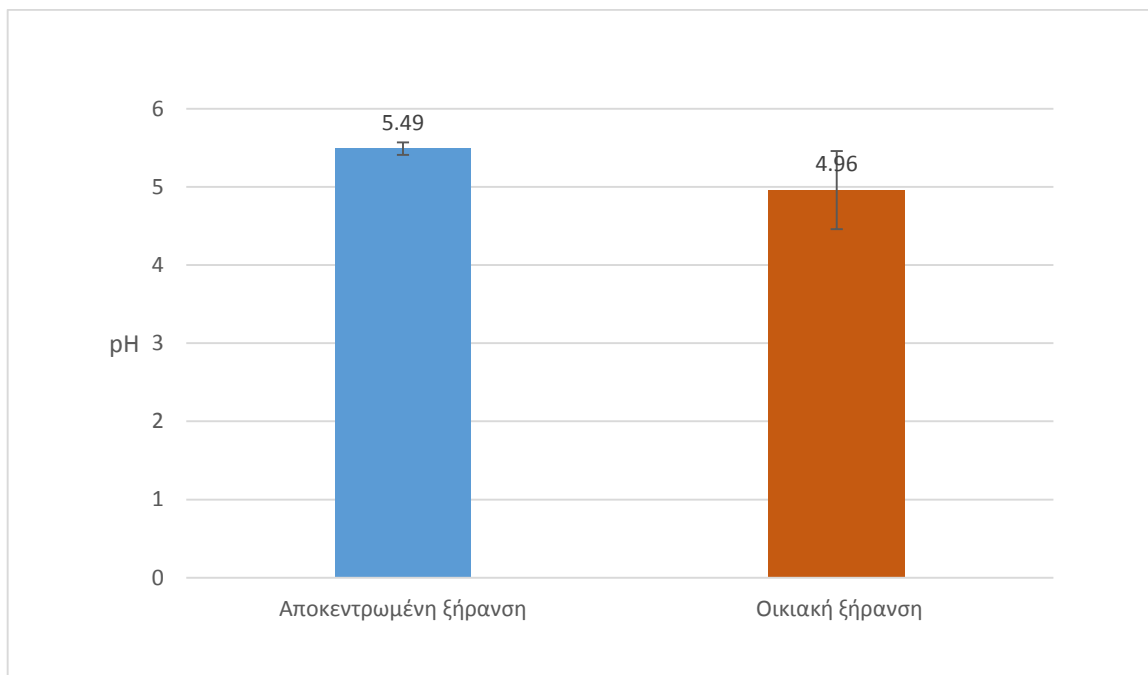


**Διάγραμμα 22: Σύγκριση αποτελεσμάτων ενεργειακής κατανάλωσης των δύο μεθόδων**

Παρατηρείται ότι η ενεργειακή κατανάλωση είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση της οικιακής ξήρανσης (διπλάσια σε ποσοστό). Το γεγονός αυτό θα αξιολογηθεί στη μελέτη οικονομικής βιωσιμότητας των δύο συστημάτων διαχείρισης στη συνέχεια του της έρευνας.

### 4.4 Σύγκριση των τιμών pH της παραγόμενης βιομάζας

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται ο Μ.Ο. των μετρήσεων pH όπως αυτός προέκυψε από την πειραματική διαδικασία της αποκεντρωμένης ξήρανσης οικιακών βιοαποβλήτων σε σχέση με τα αποτελέσματα της οικιακής ξήρανσης βιοαποβλήτων.

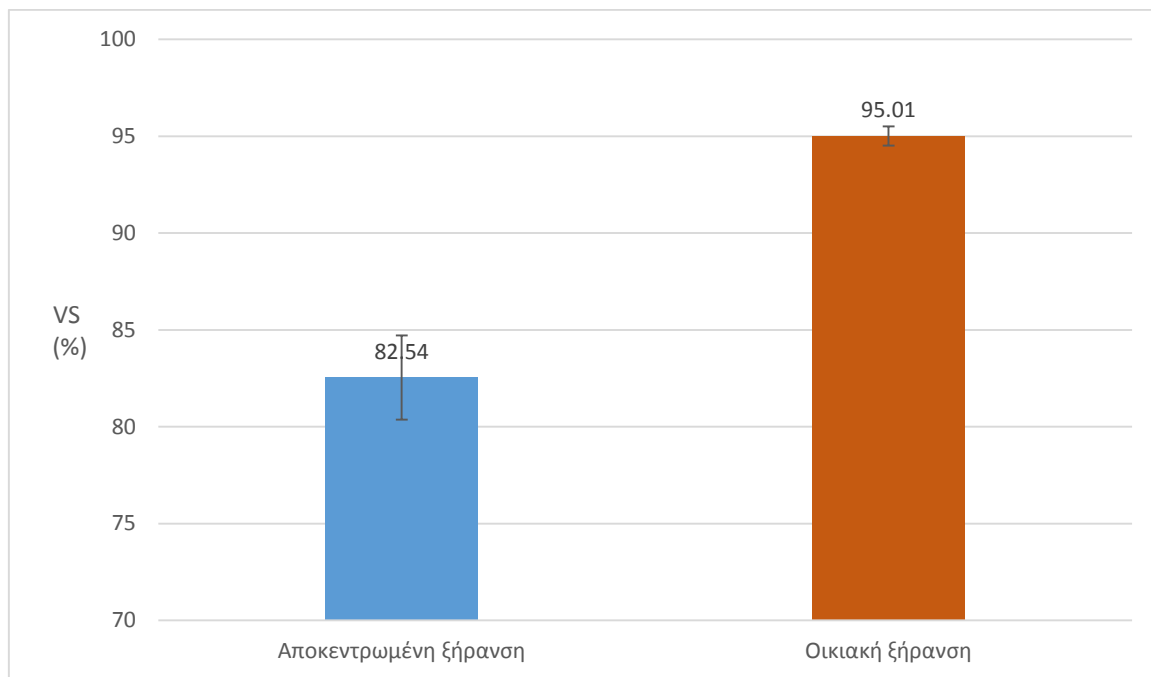


**Διάγραμμα 23: Σύγκριση αποτελεσμάτων pH**

Οι διαφορετικές τιμές pH οφείλονται στη διαφορετικότητα του υλικού που εισέρχονταν στο εσωτερικό της συσκευής οικιακής ξήρανσης σε σύγκριση με αυτό του συστήματος GAIA και στις δύο περιπτώσεις φανερώνεται ότι αυτό κυμαίνονταν στην όξινη περιοχή ενώ δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

#### **4.5 Σύγκριση VS (%) της παραγόμενης ξηρής βιομάζας**

Στο παρακάτω ραβδόγραμμα απεικονίζεται ο Μ.Ο. των μετρήσεων VS (%) των τεσσάρων κύκλων οικιακής ξήρανσης που πραγματοποιήθηκε με το σύστημα οικιακής ξήρανσης εργαστηριακά και ο Μ.Ο. VS (%) μετά την ξήρανση με το σύστημα αποκεντρωμένης ξήρανσης.

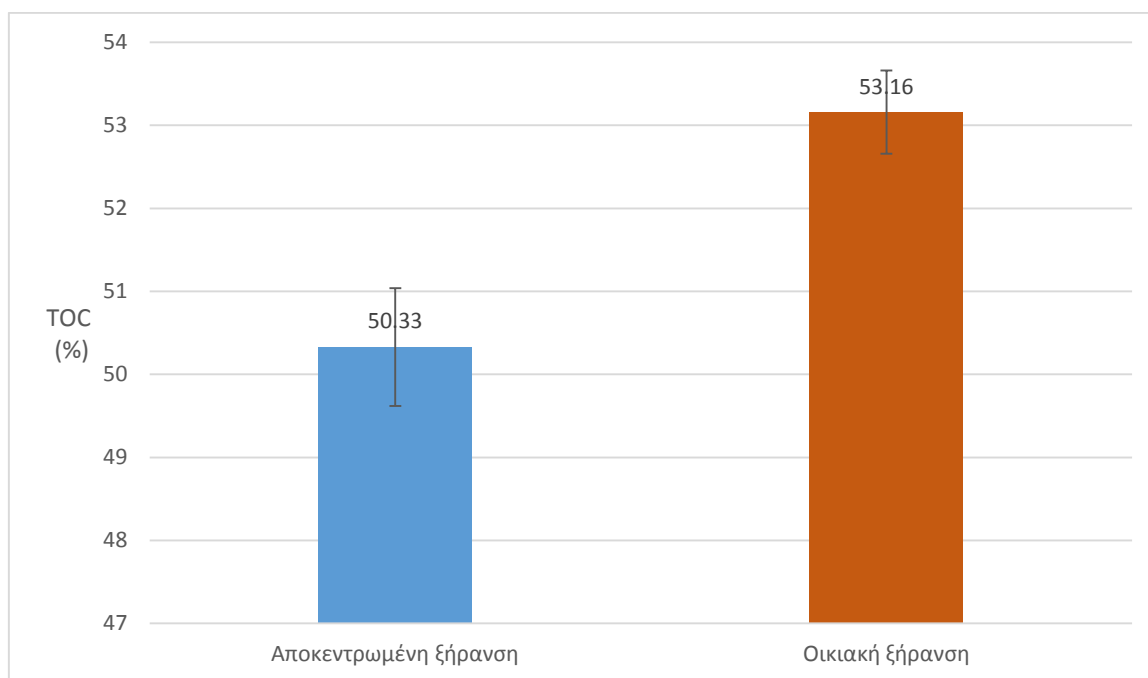


**Διάγραμμα 24: Σύγκριση αποτελεσμάτων πτητικών στερεών**

Στην περίπτωση της αποκεντρωμένης ξήρανσης, φανερώνεται ότι λόγω της διαφορετικότητας της διεργασίας ως προς τη θερμοκρασία ξήρανσης κυρίως, παρατηρείται μειωμένη περιεκτικότητα στα πτητικά στερεά.

#### **4.6 Σύγκριση TOC (% κ.β) της παραγόμενης ξηρής βιομάζας**

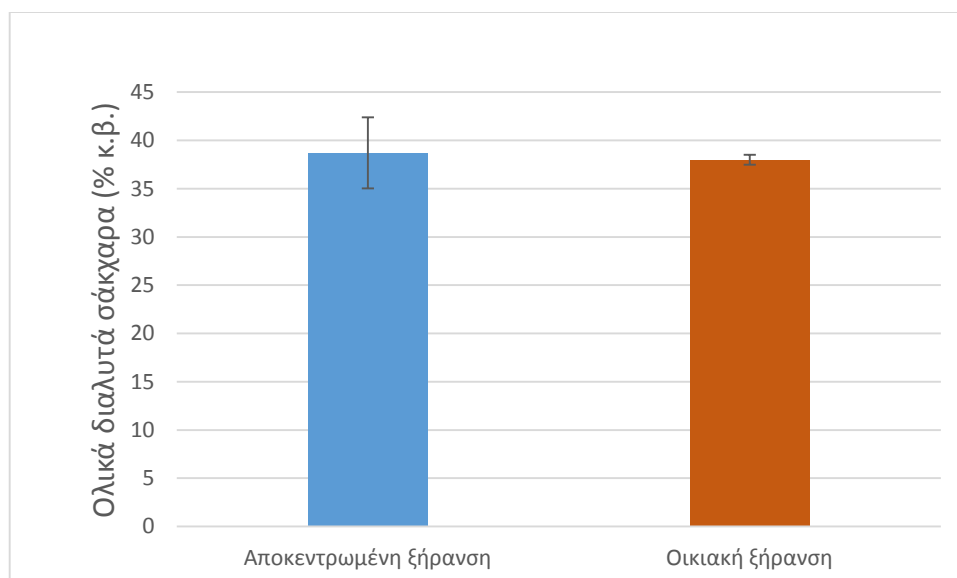
Στο παρακάτω ραβδόγραμμα απεικονίζεται ο Μ.Ο. των μετρήσεων TOC (%) των τεσσάρων κύκλων οικιακής ξήρανσης που πραγματοποιήθηκε με το σύστημα οικιακής ξήρανσης εργαστηριακά και ο Μ.Ο. TOC (%) μετά την ξήρανση με το σύστημα GAIA.



**Διάγραμμα 25: Σύγκριση αποτελεσμάτων ολικού οργανικού άνθρακα**

#### 4.7 Σύγκριση ποσοστού (% κ.β) ολικών διαλυτών σακχάρων

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται ο Μ.Ο. των μετρήσεων των ολικών διαλυτών σακχάρων (% κ.β.) των κύκλων οικιακής ξήρανσης που πραγματοποιήθηκαν με το σύστημα οικιακής ξήρανσης εργαστηριακά και ο Μ.Ο. μετά την ξήρανση με το σύστημα αποκεντρωμένης ξήρανσης.



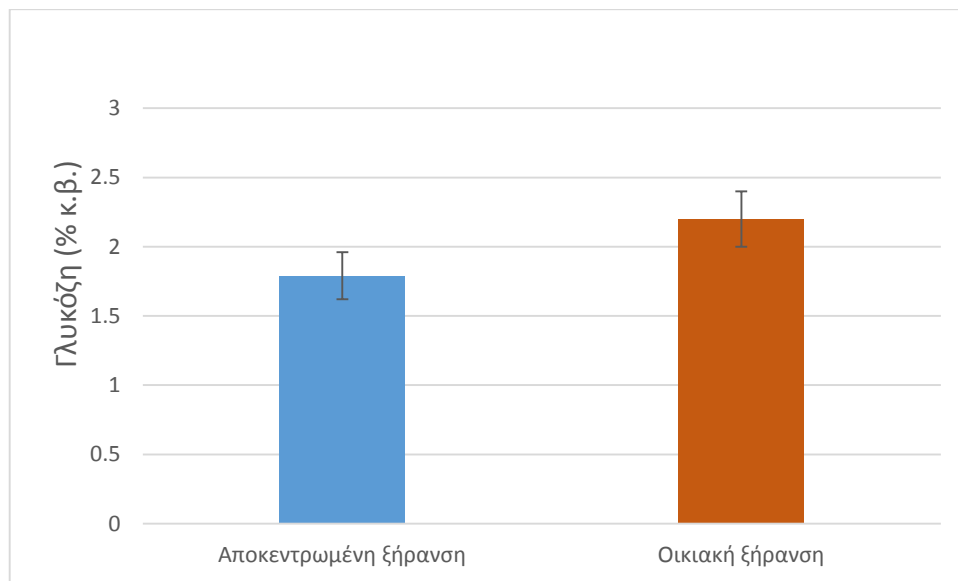
**Διάγραμμα 26: Σύγκριση αποτελεσμάτων ολικών διαλυτών σακχάρων**

Από το παραπάνω διάγραμμα διαφαίνεται ότι η επίδραση των δύο μεθόδων είναι η ίδια στην περίπτωση των ολικών διαλυτών σακχάρων γεγονός το οποίο επιτρέπει την εξαγωγή του

συμπεράσματος ότι η μικροβιακή δραστηριότητα δεν επηρεάζει το ποσοστό αυτό στις δύο μεθόδους σημαντικά.

#### 4.8 Σύγκριση ποσοστού (% κ.β) γλυκόζης

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται ο Μ.Ο. των μετρήσεων της ελεύθερης γλυκόζης (% κ.β.) των κύκλων οικιακής ξήρανσης που πραγματοποιήθηκαν με το σύστημα οικιακής ξήρανσης εργαστηριακά και ο Μ.Ο. μετά την ξήρανση με το σύστημα αποκεντρωμένης ξήρανσης.

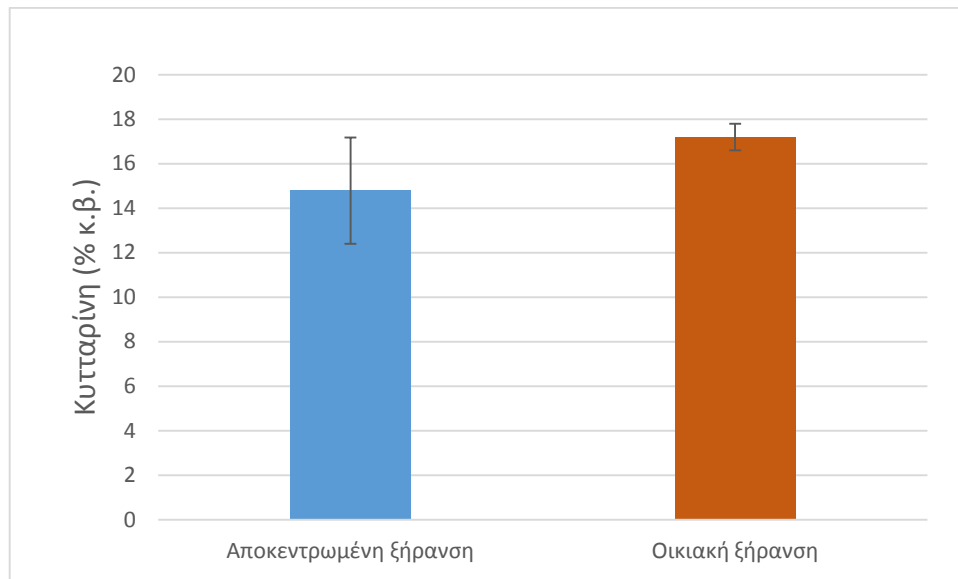


Διάγραμμα 27: Σύγκριση αποτελεσμάτων ελεύθερης γλυκόζης

Σε αυτή τη περίπτωση φαίνεται ότι τα ποσοστά συγκλίνουν συνεπώς οι δύο μέθοδοι δεν διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά τη διατήρηση της ελεύθερης γλυκόζης.

#### 4.9 Σύγκριση ποσοστού (% κ.β) κυτταρίνης

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται ο Μ.Ο. των μετρήσεων κυτταρίνης (% κ.β.) των κύκλων οικιακής ξήρανσης που πραγματοποιήθηκαν με το σύστημα οικιακής ξήρανσης εργαστηριακά και ο Μ.Ο. μετά την ξήρανση με το σύστημα αποκεντρωμένης ξήρανσης.



**Διάγραμμα 28: Σύγκριση αποτελεσμάτων κυτταρίνης**

Σε αυτή τη περίπτωση φαίνεται ότι τα ποσοστά συγκλίνουν ωστόσο η κυτταρίνη δεν επηρεάζεται από τη διεργασία της ξήρανσης αυτή καθαυτή αλλά από την ύπαρξη κυτταρρινούχων υλικών στο αρχικό υπόστρωμα.

#### 4.10 Σύγκριση αποτελεσμάτων με τα όρια αρδευτικής χρήσης

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσοι όροι των αποτελεσμάτων των φυσικοχημικών παραμέτρων σε αντιδιαστολή με τα όρια που επιβάλλονται, ώστε να είναι διαθέσιμο το νερό προς αρδευτική χρήση. Η ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση είναι απαραίτητη για την απόδοση και την ποσότητα των καλλιεργειών τη διατήρηση της παραγωγικότητας του εδάφους και την προστασία του περιβάλλοντος.

**Πίνακας 50: Σύγκριση αποτελεσμάτων με τα όρια αρδευτικής χρήσης (Irrigation Water Quality, 2015)**

Φυσικοχημικές παράμετροι	Μ.Ο. αποτελεσμάτων των μετρήσεων (mg/l)	Όρια προς αρδευτική χρήση(mg/l)
pH	2,63	6,5 – 8,4
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	0,42	<5
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0,17	10-15
phenols (mg/l)	3,68	
PO <sub>4</sub> (mg/l)	2,63	0,1-2
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	3,67	0,5-5
COD (mg/l)	12425,8	20-200
BOD (mg/L)	4704	5-45

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των αναλύσεων με τα όρια που πρέπει να τηρούνται, ώστε το νερό να είναι κατάλληλο για αρδευτική χρήση, παρατηρήθηκε ότι το οργανικό υπόστρωμα είναι σαφώς αυξημένο κάτι που επιτρέπει την ανάπτυξη μικροβίων και μπορεί να προκαλέσει εκ νέου βακτηριακή αύξηση στα συστήματα διανομής αλλά και μικροβιακή ρύπανση. Επιπλέον, η μειωμένη συγκέντρωση σε αμμωνιακά ιόντα αποτρέπει την ανάπτυξη των αλγών και του ευτροφισμού σε δεξαμενές αποθήκευσης αλλά και τη διάβρωση αυτών. Επίσης, η εντός των ορίων συγκέντρωση σε χλωριόντα συνιστάται για την πρόληψη της βακτηριακής ανάπτυξης και την αποτροπή καταστροφής των ευαίσθητων καλλιεργειών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που επιτελέστηκαν, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα για το διεργασία της ξήρανσης οικιακών βιοαποβλήτων μέσω του συστήματος GAIA, τα οποία έχουν ως μοναδικό στόχο τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης αυτών αλλά και του τρόπου λειτουργίας και των επιδόσεων του ίδιου του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα:

Τα προδιαλεγμένα υλικά εμφανίζουν υψηλή καθαρότητα με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η οποιαδήποτε περαιτέρω επεξεργασία τους και κατ' επέκταση τα προϊόντα που ανακτώνται να έχουν καλύτερη ποιότητα και μεγαλύτερη αξία.

Η πρακτική της διαλογής στην πηγή αποτελεί μια κοινώς αποδεκτή και αποδοτική μέθοδο με εφαρμογές σε διάφορα διακριτά ρεύματα αποβλήτων και θεωρείται σύμφωνα με μελέτες ότι βελτιώνει την περιβαλλοντική ευθύνη του τελικού χρήστη, καθώς ο ίδιος έρχεται σε επαφή και διαχωρίζει τις ποσότητες των αποβλήτων που παράγει.

Η μείωση του όγκου των οικιακών βιοαποβλήτων, μέσω της αφαίρεσης τα περιεχόμενης σε αυτά υγρασίας μέσω του συστήματος GAIA, προσδιορίστηκε ίση με 83,25%. Αυτή είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή της οικιακής ξήρανσης λόγω του γεγονότος ότι το υλικό στην πρώτη περίπτωση κονιορτοποιείται μειώνοντας περαιτέρω τον όγκο. Συνεπώς, η συμβολή του συστήματος αυτού στη μείωση της μάζας και του όγκου των βιοαποβλήτων και κατ' επέκταση στην εξοικονόμηση χώρου αποθήκευσης των βιοαποβλήτων είναι σημαντικότερη.

Η μείωση της μάζας προσδιορίστηκε ίση με 78,6 % στην περίπτωση της αποκεντρωμένης ξήρανσης η οποία και σε αυτή τη περίπτωση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή της μεθόδου της οικιακής ξήρανσης. Συνεπώς, η συμβολή του συστήματος αυτού στη μείωση της μάζας και του όγκου των βιοαποβλήτων και, κατ' επέκταση, στη συνολική διαχείριση των απορριμμάτων, είναι σημαντική.

Τα χαρακτηριστικά του τελικού ξηρού υλικού τα οποία σχετίζονται με την παραγωγή βιοαιθανόλης, έδειξαν ότι υπάρχει σημαντική εποχιακή διακύμανση η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διεργασία βιομετατροπής. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε αύξηση της ποσότητας της κυτταρίνης την άνοιξη και το φθινόπωρο, γεγονός που οφείλεται στην διαφορετικότητα του υποστρώματος λόγω των εποχικών κλαδεμάτων πλούσιων σε κυτταρίνη. Το χειμώνα παρατηρήθηκε αύξηση της ποσότητας αμύλου και γλυκόζης λόγω της αύξησης κατανάλωσης τροφών πλούσιες σε αυτά τα συστατικά.



Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε να ακολουθηθεί μια μορφή συνταγής όσον αφορά τη χρυσή ενζύμων ανάλογα με τις ιδιότητες του αρχικού υποστρώματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Βιβλιογραφία

### 6.1 Ξένη Βιβλιογραφία

- A., D. (2009). Biofuels securing the planet's future energy needs. *Energy Conversion and Management*, σσ. 2239-2249.
- Advanced drying systems*. (2013). Ανάκτηση από <http://www.spraydryers.co.in/flash-dryer-336213.html>
- Amos, W. A. (1998). *Report on Biomass Drying Technology*. Midwest Research Institute, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Azeus Machinery*. (n.d.). Ανάκτηση από <http://azeus.en.alibaba.com/>
- Balat M., B. H. (2008). *Progress in bioethanol processing*.
- Carvalheiro F., D. L. (2008). Hemicellulose biorefineries: A review on biomass pretreatments. *Journal of Scientific and Industrial Research*, σσ. 849-864.
- Cavere C.R., S. R. (2008). Third generation biofuels via direct cellulose fermentation. *International Journal of Molecular Sciences*, σσ. 1342-1360.
- D.J., H. (2009). *An examination of biorefining processes, catalysts and challenges. Catalysis today. European Commission*. (2014). Ανάκτηση από <http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/index.htm>
- GEA Process Engineering S.p.A.* (2000). Ανάκτηση από <http://www.geape.it/gpeit/cmsdoc.nsf/WebDoc/webb82qklq>
- Gray K.A., Z. L. (2006). *Bioethanol. Current Opinion in Chemical Biology*.
- H.C., v. D. (2004). *Industrial Superheated Steam Drying*. TNO report R 2004/239.
- Haarslev Industries*. (2010). Ανάκτηση από <http://www.haarslev.com/>
- Irrigation Water Quality*. (2015). Ανάκτηση από Lenntech (Water Treatment Solutions): [www.lenntech.com/applications/irrigation/quality/irrigation-water-quality.htm](http://www.lenntech.com/applications/irrigation/quality/irrigation-water-quality.htm)
- Karagiannidis A.M., P. S. (2004). *Optimizing the routing of collection trucks for urban solid wastes in a Greek Municipality*. Alberta Canada: CORS/INFORMS Joint International Meeting.
- Kumar R., S. S. (2008). Bioconversion of lignocellulosic biomass: Biochemical and molecular perspectives. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, σσ. 377-391.
- KURIMOTO, LTD.* (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.kurimoto.co.jp/worldwide/en/product/item/07pw/330.php>
- L., M. G. (1959). *Use of Dinitro-Salicylic as Reagent for the determination of reducing sugars*.
- laboratory, N. R. (2011). *NREL.,,2011."Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass. Technical Report NREL/TP – 510 – 42618 Revised July 2011*.
- Lee S.K., C. H. (2008). Metabolic engineering of microorganisms for biofuels production: from bugs to synthetic biology to fuels. . Στο *Current Opinion in biotechnology* (σσ. 556-563).
- Loizidou, M. K. (2010). Solid Waste Management through the application of Thermal Methods. (E. S. Kumar, Επμ.) *Waste Management*.
- Lynd L.R., W. P. (2002). Microbial cellulose utilization: Fundamentals and Biotechnology. Στο *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* (σσ. 506-577).
- M., G. Z. (2007). *Pretreatment of lignocellulosic materials for efficient bioethanol production Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology*.
- McCoy, G. (2014). *Improving Energy Systems Engineer*. Washington: CHP Technical Assistance Partnerships.
- Municipalities, U. ο. (2014). *Τεχνικές διαχείρισης στερεών αποβλήτων*. Ανάκτηση από Union of Cyprus Municipalities: [ucm.org.cy/DocumentStream.aspx?ObjectID=551](http://ucm.org.cy/DocumentStream.aspx?ObjectID=551)
- Peter Wiedemann, S. P. (2005). *Umwelt*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Samuel, L. C. (1999). *Municipal solid waste management, Strategies and technologies for sustainable*.
- Sheikholeslami R., W. A. (1992). Rate of evaporation of water into superheated steam and humidified air. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 35.

- SolidsWiki. (1999). Ανάκτηση από [http://solidswiki.com/index.php?title=Spouted\\_Bed\\_Dryers](http://solidswiki.com/index.php?title=Spouted_Bed_Dryers)
- SPIDER-Υπηρεσίες Περιβάλλοντος. (2014). Ανάκτηση από <http://www.spider-services.com/Standards.>, A. (2004). "Standard Test Method for Laboratory Determination of water (Moisture) content of soil and rock by mass". test method D 2216-9-8.
- Sunco Machinery. (2013). Ανάκτηση από <http://www.suncomachinery.com/products/drying/rotary-dryer-01.html>
- THERMOPEDIA. (1967). Ανάκτηση από <http://www.thermopedia.com/content/710/>
- Tomas Pejo E., O. J. (2008). Realistic approach for full-scale bioethanol production from lignocellulose: A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, σσ. 874-884.
- TWINNING LIGHT PROJECT. (2012). Ανάκτηση από <http://twinning.az/content.php?lang=en&page=7>
- WORK SAFE. (2011). Ανάκτηση από Προσωπική ιστοσελίδα Τεχνικού Ασφαλείας: <http://www.texnikosafaleias.gr/>
- Worley, W. (2011). *Biomass Drying Technology*. Atlanta, GA: Harris Group Inc.
- A.Π.Θ., Ε. Γ. (2005). Ξήρανση. Ανάκτηση από [eng.auth.gr/~chemtech/foititika/fd/dry/ch08\\_xiransi\\_A4.pdf](http://eng.auth.gr/~chemtech/foititika/fd/dry/ch08_xiransi_A4.pdf)
- APHA. (1998). "Standard Methods for the examination of water and wastewater" Franson MA. Washington: DC: American Public Health Association (APHA) .

## 6.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

- «Κοινωνικοοικονομική Ανάλυση των Δήμων που Συμμετέχουν το Έργο». (2011). Waste2Bio.
- «Περιβαλλοντική Ανάλυση των Δήμων που συμμετέχουν στο έργο». (2011). Waste2Bio.
- «Τεχνική Έκθεση Καταγραφής των Τεχνικών Διαχείρισης και Επεξεργασίας των Βιοαποβλήτων». (2011). Αθήνα: WASTE2BIO.
- Βαγενάς, Γ. Λ. (2011). *Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων*. Αθήνα: Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε.
- Βασιλεία, Γ. (n.d.). *Ανάλυση Ηλιακών Ξηραντήρων*.
- Βιώσιμη Διαχείριση Σκουπιδιών*. (2010). Ανάκτηση από <http://diaxeirisi-skoupidiwn.blogspot.gr/>
- Γρηγοροπούλου Ε., Λ. Γ. (2013). *Περιβαλλοντική Μηχανική*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Δερματάς, Δ. (2013). *Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων και Ανακύκλωση*. Αθήνα : Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ .
- Ε., Γ. (2006). *Διαχείριση και Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων, Σημειώσεις Μαθήματος «Ειδικά θέματα περιβάλλοντος και υγείας»*. Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Ε., Γ. (2007). *Σημειώσεις κομποστοποίησης (λίπασματοποίησης) του μαθήματος «Διαχείριση και Επεξεργασία Αστικών Αποβλήτων»*. Πολυτεχνείο Κρήτης, Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικίνδυνων Αποβλήτων .
- Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων*. (2012). Ανάκτηση από <http://www.eedsa.gr/>
- Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων*. (2012). Ανάκτηση από <http://www.eedsa.gr/>
- Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης* . (2012). Ανάκτηση από [www.herrco.gr](http://www.herrco.gr)
- ΕΠΠΕΡΑΑ. (2012). «Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή στη Πηγή & συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων».
- ΕΠΠΕΡΑΑ. (2013). *Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης αποβλήτων και αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης*.
- Κ., Μ. (2011). *Αεριοποίηση / υαλοποίηση αποβλήτων με την τεχνική του πλάσματος. Διδακτορική Διατριβή*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κανακόπουλος, Δ. (2011). *Η κομποστοποίηση ως μέθοδος επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων*. Λάρισα: Ημερίδα ΤΕΕ.
- Κοψαχείλης, Α. (2009). *Αναερόβια χώνευση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου σε ένα περιοδικό αναερόβιο αντιδραστήρα με ανακλαστήρες και κλασματοποίηση των εκροών*. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας και Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
- Μ., Λ. (2006). *Στερεά απόβλητα*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μασσιόπουλος, Ν. (2012). *Laboratory of heat transfer and environmental engineering*. Ανάκτηση από <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/swm1.pdf>

- Μουσιόπουλος, Ν. (2013). *Ανακύκλωση υλικών-Διαλογή στην Πηγή*. Ανάκτηση από Laboratory of heat transfer and environmental engineering: <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/>
- Νικόλαος Μουσιόπουλος, Α. Κ. (2002). *Σημειώσεις στο μάθημα «Διαχείριση Απορριμμάτων»*. (Τ. Μ. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Επιμ.) Ανάκτηση από [http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/swm\\_intro.pdf](http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/swm_intro.pdf)
- Νικολάου, Α. (2010). *Θερμοδυναμική Προσομοίωση και Τεχνικοοικονομική Μελέτη της Αεριοποίησης Πλάσματος για την Επεξεργασία Στερεών Αστικών Απορριμμάτων*. Αθήνα: Διπλωματική Εργασία.
- Νταρακάς, Ε. (2014). *Διαχείριση στερεών αποβλήτων*. Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ.
- Σκορδίλης, Α. (1993). *Τεχνολογίες διάθεσης απορριμμάτων*.
- Σκορδίλης, Α. (1993). *Τεχνολογίες διάθεσης απορριμμάτων*.
- Συνέδριο, Ε. Ε. (2012). *Χρηματοδότηση έργων υποδομών διαχείρισης αστικών αποβλήτων*. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής . (2012). Ανάκτηση από <http://www.ypreka.gr/>
- Χριστίνα Φελεσκούρα, Ε. Π. (2004, Μάιος). *Διαχείριση και ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων*. Ανάκτηση από [www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/.../ptychiaki\\_ergasia\\_aporrimata.pdf](http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/.../ptychiaki_ergasia_aporrimata.pdf)