



“Ανάπτυξη και επίδειξη ενός καινοτόμου συστήματος οικιακής ξήρανσης για την επεξεργασία του οργανικού κλάσματος των οικιακών απορριμμάτων στην πηγή”

(LIFE 08 ENV/GR/000566)

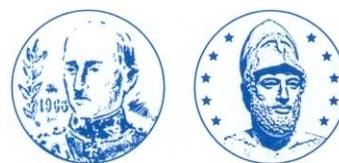


Τεχνική έκθεση καταγραφής των πειραμάτων ξήρανσης των οικιακών οργανικών απορριμμάτων στην πηγή τα οποία πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του πρότυπου καινοτόμου συστήματος οικιακής ξήρανσης

Deliverable. 11



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Δήμος Παπάγου-
Χολαργού

Περιεχόμενα:

1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΔΙΕΝΕΡΓΗΘΕΙΣΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	1
1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	3
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
2.2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ($^{\circ}\text{C}$) ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (%) ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.....	4
2.3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ	5
2.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΗ/ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	6
2.5. ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ.....	7
2.6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ-ΌΓΚΟΥ	8
2.7. ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (VSS).....	11
2.8. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ).....	13
2.9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ TOC-TIC (ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ).....	15
2.10. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	17
2.11. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ VOCs ΜΕ ΧΡΗΣΗ GC/MS.....	19
2.12. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (IR).....	20
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ/ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	22
3.1 . ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΓΡΑΣΙΑΣ-ΌΓΚΟΥ (%).....	22
3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΟΛΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (TOC) ΚΑΙ ΟΛΙΚΟΥ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (TIC)	28
3.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	30
3.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΟΛΙΚΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ Ύλης (%OM).....	32
3.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΡΗ / ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	33
3.6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ (CALORIFIC VALUE).....	36
3.7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ VSS.....	37
3.8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	38
3.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	39
3.10 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ (IR).....	42
3.11 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ GC/MS	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:	45

Πίνακες:

Πίνακας 1: Συνθήκες μεθόδου ποιοτικού προσδιορισμού VOCs με χρήση GC/MS	20
Πίνακας 2: Αποτελέσματα Μετρήσεων Υγρασίας (%)	22
Πίνακας 3: Αποτελέσματα Μετρήσεων Ενεργειακή Κατανάλωσης Συσκευής Ξήρανσης	31
Πίνακας 4: Αποτελέσματα Μετρήσεων Ολικής Οργανικής Ύλης	32

Πίνακας 5: Αποτελέσματα Μετρήσεων Θερμογόνου Δύναμης Τροφίμων	36
Πίνακας 6: Αποτελέσματα Μετρήσεων VSS	37
Πίνακας 7 :Συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων (%) με βάση τις διεθνείς τιμές της βιβλιογραφίας.....	38
Πίνακας 8: Αποτελέσματα Μέτρησης Ιχνοστοιχείων (%) των Χρησιμοποιηθέντων μιγμάτων	39
Πίνακας 9:Μέσες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικού τοιχώματος για όλες τις θερμοκρασίες λειτουργίας.....	42
Πίνακας 10: Ποιοτικός προσδιορισμός πτητικών οργανικών ενώσεων όπως αυτές ανιχνεύθηκαν στην έξοδο του φίλτρου της συσκευής ξήρανσης.....	43

Εικόνες:

Εικόνα 1: Πρότυπο σύστημα οικιακής ξήρανσης στο εργαστήριο του Ε.Μ.Π.	1
Εικόνα 2: Καταγραφικό θερμοκρασίας-υγρασίας (Lascar Electronics Datalogger)	4
Εικόνα 3: Καταγραφικό θερμοκρασίας στο καλάθι ξήρανσης της συσκευής “DRYWASTE”	5
Εικόνα 4: Καταγραφικό ενεργειακής κατανάλωσης	6
Εικόνα 5: Συσκευή ανάδευσης	6
Εικόνα 6:pH-μετρο και αγωγιμόμετρο, μοντέλο METTLER TOLEDO MPC227.	7
Εικόνα 7: Θερμιδόμετρο τύπου βόμβας	7
Εικόνα 8: Ζυγός μέτρησης μάζας (Kern).....	9
Εικόνα 9: Φούρνος ξήρανσης 105 ⁰ C.....	10
Εικόνα 10: Ογκομετρικός κύλινδρος.....	10
Εικόνα 11: Μετατόπιση αποσταγμένου νερού	11
Εικόνα 12: Φούρνος ξήρανσης	12
Εικόνα 13: Κάψες πορσελάνης.....	12
Εικόνα 14: Σπόροι μαρουλιού τοποθετημένοι στο τρυβλίο Petri για τεστ φυτοτοξικότητας	13
Εικόνα 15: Συσκευή Φυγοκέντρησης στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.....	14
Εικόνα 16:Σπόροι που βλάστησαν μετά το πέρας 5 ημερών σε τρυβλίο Petri.	15
Εικόνα 17:Σπόροι τοποθετημένοι σε συνθήκες σκοταδιού και ελεγχόμενης θερμοκρασίας	15
Εικόνα 18: Μύλος άλεσης δειγμάτων.....	16
Εικόνα 19:Ομογενοποιημένο υλικό με τη χρήση ανοξείδωτου μύλου άλεσης	16
Εικόνα 20:Συσκευή μέτρησης TOC της εταιρίας Shimatzu	17
Εικόνα 21: Συσκευή Digesdahl Digestion για μέταλλα.....	18
Εικόνα 22: Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης	18
Εικόνα 23: Συσκευή GC/MS	19
Εικόνα 24: Θερμόμετρο υπερύθρων της εταιρίας FLUKE.....	21
Εικόνα 25: Μίγμα τοποθετημένο στο καλάθι της πρότυπης συσκευής ξήρανσης	25
Εικόνα 26: Συσκευή καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης.....	30
Εικόνα 27: Συσκευή ξήρανσης στη διάρκεια λειτουργίας της	31
Εικόνα 28: Σκόνη ξηραμένων διατροφικών αποβλήτων με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ..	34
Εικόνα 29: Αποικία από μύκητες σε δείγμα ξηρού διατροφικού αποβλήτου.....	34

Εικόνα 30: Αποικία από μύκητες σε δείγμα ξηρής σκόνης αναμεμιγμένης με νερό σε τεστ φυτοτοξικότητας	35
Εικόνα 31: Δείγμα σπόρου που βλάστησε σε δείγμα ανάμικτου υλικού αναλογίας 1/9 ..	35

Σχήματα:

Σχήμα 1:Περιεχόμενη υγρασία διαφόρων τροφίμων.....	23
Σχήμα 2:Περιεχόμενη υγρασία χρησιμοποιηθέντων μιγμάτων πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης.....	25
Σχήμα 3: Αρχική και τελική υγρασία λάχανου πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης.....	26
Σχήμα 4: Αρχική και τελική υγρασία λεμονιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης.....	26
Σχήμα 5: Αρχική και τελική υγρασία πεπονιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης.....	27
Σχήμα 6: Αρχική και τελική υγρασία κοτόπουλου πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης	27
Σχήμα 7:Μεταβολή όγκου οργανικής μάζας (%)	28
Σχήμα 8: Αποτελέσματα μετρήσεων (%) TOC	29
Σχήμα 9:Γράφημα μεταβολής της θερμοκρασίας από 73 σε 80 βαθμούς κελσίου στο εσωτερικό της συσκευής ξήρανσης χωρίς απορρίμματα	39
Σχήμα 10: Μεταβολή θερμοκρασίας ξηραντήρα διατροφικών αποβλήτων, για θερμοκρασία λειτουργίας $\approx 80^{\circ}\text{C}$	40
Σχήμα 11: Μεταβολή θερμοκρασίας ξηραντήρα διατροφικών αποβλήτων, για θερμοκρασία λειτουργίας $\approx 80^{\circ}\text{C}$ με απορρίμματα (Η συσκευή άνοιγε κάθε 30 λεπτά για μέτρηση της μάζας των απορριμμάτων)	40
Σχήμα 12: Μεταβολή θερμοκρασίας ξηραντήρα διατροφικών αποβλήτων, για θερμοκρασία λειτουργίας $\approx 70^{\circ}\text{C}$ με απορρίμματα (Το καπάκι της συσκευής, άνοιγε κάθε 30 λεπτά για μέτρηση της μάζας των απορριμμάτων ενώ στις 14:00 έσβησε για διάστημα 20 λεπτών από την ομάδα μελέτης).....	41
Σχήμα 13: Μεταβολή θερμοκρασίας ξηραντήρα διατροφικών αποβλήτων, για θερμοκρασία λειτουργίας $\approx 60^{\circ}\text{C}$ με απορρίμματα (Η συσκευή άνοιγε κάθε 30 λεπτά για μέτρηση της μάζας των απορριμμάτων)	41
Σχήμα 14: Εξωτερικό τοίχωμα συσκευής ξήρανσης	42

1. Υπολογισμοί και Διενεργηθείσες Χημικές Αναλύσεις στη Φάση Προκαταρκτικής Λειτουργίας του Καινοτόμου Συστήματος Οικιακής Ξήρανσης

1.1 Πρόλογος

Σκοπός αυτής της τεχνικής έκθεσης είναι η παρουσίαση των πειραματικών μετρήσεων και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε κατά τη φάση της προκαταρκτικής λειτουργίας του πρότυπου συστήματος ξήρανσης των οικιακών οργανικών απορριμμάτων στην πηγή στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π. Το εργαστήριο της μονάδας είναι πιστοποιημένο κατά ISO 9001: 2008 ενώ βρίσκεται σε διαδικασία διαπίστευσης κατά ISO/IEC 17000: 2004. Η συνολική διάρκεια των πειραματικών δοκιμών ήταν 4 μήνες και τα συμπεράσματα που προέκυψαν σε αυτό το διάστημα αποτέλεσαν τον οδηγό για την βελτιστοποίηση του πρότυπου συστήματος οικιακής ξήρανσης. Το πρότυπο σύστημα φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 1: Πρότυπο σύστημα οικιακής ξήρανσης στο εργαστήριο του Ε.Μ.Π.

Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη διενέργεια των πειραματικών μετρήσεων/αναλύσεων προέρχονται από οικίες εργαζομένων στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο καθώς και από καταστήματα λιανικής πώλησης φρούτων, λαχανικών και πώλησης κρέατος. Τα δείγματα λαμβάνονταν καθημερινά και τοποθετούνταν σε

πλαστικές σακούλες απορριμμάτων ώστε να είναι δυνατός ο ακριβής ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των προς ξήρανση δειγμάτων. Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν απομεινάρια φρούτων, λαχανικών και τροφίμων (κρέατος και μαγειρεμένων φαγητών), τα οποία προέρχονταν από πραγματικές πηγές όπως οικίες και μαγαζιά. Η σύστασή τους ήταν τυχαία κάθε φορά ωστόσο σε κάθε μέτρηση καταγράφονταν η ποιοτική και ποσοτική σύστασή τους. Οι παράμετροι οι οποίες προσδιορίστηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ξήρανσης είναι οι ακόλουθες:

- Μέτρηση της μεταβολής θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) και της σχετικής υγρασίας (%) στο εσωτερικό του πρότυπου συστήματος οικιακής ξήρανσης
- Ενεργειακή κατανάλωση του πρότυπου συστήματος
- pH
- Υγρασία των οργανικών απορριμμάτων (%) / Όγκος
- Προσδιορισμός πτητικών στερεών (VSS)
- Φυτοτοξικότητα
- Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)
- Μέταλλα – Ιχνοστοιχεία
- Θερμογόνος δύναμη
- Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOCs)
- Μέτρηση θερμοκρασίας των μηχανικών μερών του πρότυπου συστήματος με τη χρήση θερμομέτρου (IR)

Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερής αναφορά στον εργαστηριακό εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για τη διενέργεια των προαναφερθέντων μετρήσεων και περιγράφονται οι αναλυτικές πρότυπες μέθοδοι που ακολουθήθηκαν για τη διεξαγωγή των πειραμάτων καθώς και οι μέθοδοι υπολογισμού των αποτελεσμάτων.

Πλέον των προαναφερθέντων παραμέτρων, έλαβε χώρα ο προσδιορισμός των ενεργειακών αναγκών του συστήματος για διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας ξήρανσης. Όλες οι πειραματικές αναλύσεις διενεργήθηκαν στο πρότυπο σύστημα οικιακής ξήρανσης που λειτουργεί στην Μονάδα περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π.

2. Πειραματική Μέθοδος

2.1 Εισαγωγή

Ποσότητα οικιακών οργανικών απορριμμάτων τοποθετήθηκε στο πρότυπο σύστημα οικιακής ξήρανσης. Το σύστημα λειτούργησε για τέσσερις (4) διαφορετικές θερμοκρασίες 60-65-70-80 °C. Το γεγονός της μη μελέτης μεγαλύτερου εύρους θερμοκρασιών οφείλεται στο γεγονός ότι σε προκαταρκτικά πειράματα που έγιναν βρέθηκε ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες (<60 °C) η διεργασία της ξήρανσης δεν ήταν αποδοτική με αποτέλεσμα η συσκευή να κρίνεται ασύμφορη χρονικά για ένα νοικοκυριό ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες η ενεργειακή κατανάλωση της συσκευής κρίθηκε από την ομάδα μελέτης του έργου ότι θα είναι ιδιαίτερα υψηλή. Επιπλέον κρίθηκε ότι υψηλότερη θερμοκρασία για μια τέτοια συσκευή θα την έκανε ιδιαίτερα επικίνδυνη σε ένα νοικοκυριό

Η ελάττωση της μάζας των οργανικών απορριμμάτων μετρούνταν με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας σε χρονικά διαστήματα 30 λεπτών και για χρόνο ξήρανσης μέχρις ότου να παρατηρείται σχεδόν μηδενική μεταβολή της μάζας (<4%). Οι μετρήσεις διενεργούνταν άμεσα χωρίς να μεσολαβήσει διαδικασία εγκλιματισμού της μάζας σε συνθήκες δωματίου, καθώς οποιαδήποτε τέτοια ενέργεια θα διέκοπτε την διεργασία της ξήρανσης. Τα δείγματα μετά το πέρας της ξήρανσης, μεταφέρονταν σε φούρνο ξήρανσης όπου ξηραίνονταν για 24 ώρες στους 105°C ενώ στην συνέχεια η ξηραμένη μάζα εγκλιματίζονταν σε ξηραντήρα για 30 λεπτά προκειμένου να ζυγιστεί με τη χρήση ζυγού ακριβείας. Τέλος προσδιορίστηκε η τελική τους μάζα και η επί της εκατό (%) τελική περιεχόμενη υγρασία όλων των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Σε κάθε θερμοκρασία πραγματοποιήθηκαν οκτώ ίδια πειράματα και υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν. Τα δείγματα ήταν κομμένα σε τυχαία σχήματα και πάχη με ανοξείδωτο μαχαίρι προκειμένου η διαδικασία να προσομοιώνει τις συνθήκες κοπής και απόρριψης των οργανικών απορριμμάτων ενός μέσου νοικοκυριού. Σε γενικές γραμμές ισχύει ότι όσο μικρότερη είναι η επιφάνεια των προς ξήρανση απορριμμάτων τόσο πιο γρήγορα ξηραίνονται σε όλες τις θερμοκρασίες.

Τα ξηραμένα δείγματα τοποθετήθηκαν σε κατάλληλα δοχεία ζέσεως προκειμένου να προσδιοριστούν περαιτέρω ποιοτικά.

Παράλληλα με τις μετρήσεις μάζας, πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός της κατανάλωσης ρεύματος της πρότυπης συσκευής ξήρανσης με τη χρήση συσκευής καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης η οποία τοποθετήθηκε μεταξύ της πρίζας παροχής ρεύματος

και του καλωδίου τροφοδοσίας της συσκευής, για λειτουργία της επί 30 ημέρες και για χρόνο 24 ωρών ημερησίως.

2.2. Μέτρηση της μεταβολής της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) και της σχετικής υγρασίας (%) στο εσωτερικό του πρότυπου συστήματος οικιακής ξήρανσης

Για την καταγραφή της θερμοκρασίας και υγρασίας του πρότυπου συστήματος, χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό καταγραφικό θερμοκρασίας (Datalogger) το οποίο τοποθετούνταν στο καλάθι ξήρανσης μαζί με τα οικιακά οργανικά απορρίμματα. Οι μετρήσεις που λάμβάναμε ήταν συνεχόμενες (ανά 5 λεπτά) και για χρονικό διάστημα ισοδύναμο του συνολικού χρόνου ξήρανσης. Η ύπαρξη του καταγραφικού μέσου στο εσωτερικό της συσκευής μας επέτρεψε να παρακολουθήσουμε τη μεταβολή των παραμέτρων αυτών κατά τη διάρκεια της ξήρανσης γεγονός το οποίο μας βοήθησε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για την διεργασία της ξήρανσης όπως αυτή συμβαίνει στο πρότυπο σύστημα οικιακής ξήρανσης.



Εικόνα 2: Καταγραφικό θερμοκρασίας-υγρασίας (Lascar Electronics Datalogger)



Εικόνα 3: Καταγραφικό θερμοκρασίας στο καλάθι ξήρανσης της συσκευής “DRYWASTE”

2.3. Μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης του πρότυπου συστήματος ξήρανσης των οικιακών οργανικών απορριμμάτων στην πηγή

Σε όλη την διάρκεια των πειραμάτων, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης του συστήματος με την χρήση καταγραφικού ενεργειακής κατανάλωσης το οποίο τοποθετούνταν μεταξύ της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και της πρίζας της συσκευής. Οι πληροφορίες που αποκόμισε η ομάδα μελέτης ήταν σημαντικές καθώς το περιβαλλοντικό, ενεργειακό και οικονομικό κόστος της λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος αποτελεί ίσως το σημαντικότερο κομμάτι της μελέτης. Το καταγραφικό ενεργειακής κατανάλωσης φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 4: Καταγραφικό ενεργειακής κατανάλωσης

2.4. Μέτρηση PH/Αγωγιμότητας

Για τη μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας, 10 g δείγματος ξηραμένου οργανικού υλικού, αναδεύονται με 100 ml απιονισμένου H_2O για 30 min. Στην συνέχεια το μίγμα αφήνεται να καθιζάνει για 40 λεπτά, προκειμένου να μετρηθεί το PH και η αγωγιμότητα του υγρού διαλύματος που προέκυψε. Ακολουθεί μέτρηση με χρήση pH – μέτρου/αγωγιμομέτρου (μοντέλο METTLER TOLEDO MPC227).



Εικόνα 5: Συσκευή ανάδευσης



Εικόνα 6: pH-μετρο και αγωγιμόμετρο, μοντέλο METTLER TOLEDO MPC227.

2.5. Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη των δειγμάτων προσδιορίστηκε στο εργαστήριο με τη βοήθεια αυτόματου θερμιδόμετρου Parr τύπου βόμβας 6400, το οποίο φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Μία ποσότητα δείγματος τοποθετείται σε ειδικό υποδοχέα, μέσα από τον οποίο περνά ένα λεπτό σύρμα, που χρησιμοποιείται για την ανάφλεξή του. Η όλη συσκευασία τοποθετείται σε μία οβίδα υψηλής ανθεκτικότητας σε πίεση 440 psi και σε ατμόσφαιρα καθαρού O_2 .



Εικόνα 7: Θερμιδόμετρο τύπου βόμβας

Η οβίδα περιβάλλεται από νερό, του οποίου η θερμοκρασία μετράται με ένα ηλεκτρονικό θερμόμετρο ακριβείας 1/20.000 του ενός βαθμού Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$). Σε ένα ισοθερμικό σύστημα υπάρχει δυνατότητα ανταλλαγής μερικής ενέργειας μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του νερού που περιβάλλει την οβίδα. Αυτό μπορεί να υπολογισθεί μετρώντας την αλλαγή θερμοκρασίας του νερού, όταν η οβίδα περιβάλλεται από νερό και πριν το δείγμα καεί.

Η θερμική ανταλλαγή λόγω συνθηκών περιβάλλοντος υπολογίζεται κατά τη διάρκεια της ανάλυσης. Ένας μικροεπεξεργαστής διαβάζει τη θερμοκρασία του νερού κάθε έξι λεπτά. Η επίδραση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπολογίζεται και τα αποτελέσματα διορθώνονται σύμφωνα με αυτή και με το μήκος του καμένου σύρματος. Επιπρόσθετα γίνεται διόρθωση βάσει της περιεκτικότητας N_2 , S και υγρασίας του δείγματος και εκτυπώνονται τα αποτελέσματα.

Με βάση την ανώτερη θερμογόνο δύναμη επί ξηρού, το ποσοστό υγρασίας επί του φυσικού δείγματος $W\Phi$ και το ποσοστό τέφρας επί του φυσικού δείγματος $A\Phi$, μπορούν να υπολογιστούν οι εξής παράμετροι:

- Ανώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος (Α.Θ.Δ.) Φ
- Κατώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος (Κ.Θ.Δ.) Φ

Οι σχέσεις που προσδιορίζουν τις παραπάνω τιμές έχουν ως εξής :

$$(A.\Theta.\Delta.)_{\Phi} = (A.\Theta.\Delta.)_{\xi} * (1 - W\Phi)$$

$$(K.\Theta.\Delta.)_{\Phi} = (A.\Theta.\Delta.)_{\Phi} - A'$$

όπου:

- $A' = [9Y + W\Phi] \times 2509$ με μονάδες kJ/kg
- Y: % κ.β. περιεκτικότητα του δείγματος σε υδρογόνο (στοιχειακή ανάλυση).
- 2509: θερμότητα εξαέρωσης του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση.

2.6. Μέτρηση Υγρασίας- Όγκου

Υγρασία:

Σε κατάλληλες κάψες λαμβάνεται ποσότητα του δείγματος το οποίο θέλουμε να μετρήσουμε και ζυγίζεται. Τα δείγματα τοποθετούνται σε φούρνο σε θερμοκρασία 105°C για 24h περίπου (μέχρις ότου παρατηρείται μείωση της μάζας του μίγματος $<4\%$). Η

υγρασία υπολογίζεται από τη διαφορά μάζας πριν και μετά την ξήρανση στους 105°C. Το επί τοις εκατό (%) ποσοστό υγρασίας του δείγματος δίνεται από το λόγο της παραπάνω διαφοράς προς το αρχικό βάρος του δείγματος.

$$\frac{M_i - M_f}{M_i^*} * 100\%$$

όπου:

M_i: η αρχική μάζα δείγματος πριν από την ξήρανση (g) + μάζα της κάψας (g)

M_f: η τελική μάζα δείγματος μετά από ξήρανση στους 105°C για 24h μαζί με τη μάζα της κάψας M_i

*: αρχική μάζα του δείγματος πριν την ξήρανση χωρίς την κάψα.



Εικόνα 8: Ζυγός μέτρησης μάζας (Kern)

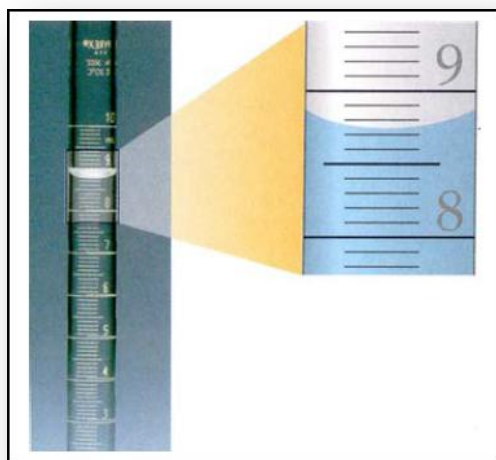


Εικόνα 9: Φούρνος ξήρανσης 105°C

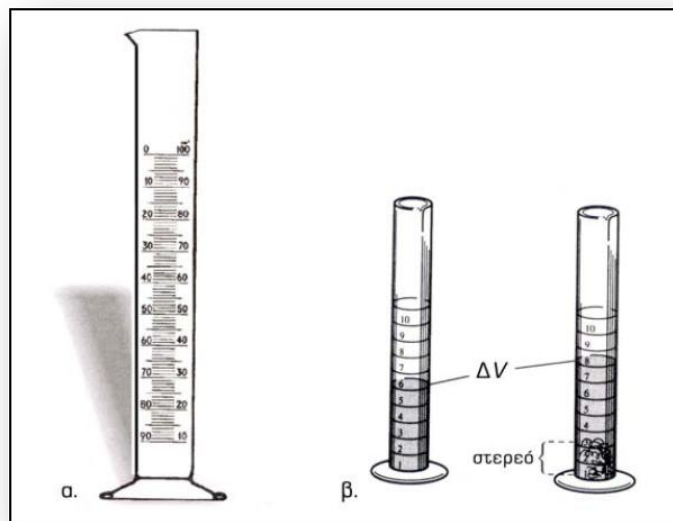
Όγκος:

Ο αρχικός και τελικός όγκος των ξηραμένων στερεών αποβλήτων μετρήθηκε με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου. Οι ογκομετρικοί κύλινδροι, είναι βαθμονομημένοι με αποσταγμένο νερό στη θερμοκρασία που αναγράφεται στη φιάλη και είναι συνήθως 20 ή 25 °C. Αν η θερμοκρασία του διαλύματος είναι διαφορετική από τη θερμοκρασία που αναγράφεται στη φιάλη, γίνεται σχετική διόρθωση του όγκου. Η διόρθωση αυτή είναι περίπου 0,02% ανά βαθμό Κελσίου για αραιά υδατικά διαλύματα.

Τα στερεά απόβλητα βυθίζονταν πριν και μετά την ξήρανσή τους, και από την μετατόπιση της στήλης του αποσταγμένου νερού, στο εσωτερικό της φιάλης, προσδιορίστηκε η μεταβολή του όγκου των οργανικών απορριμμάτων στο τέλος της ξήρανσης.



Εικόνα 10: Ογκομετρικός κύλινδρος



Εικόνα 11: Μετατόπιση αποσταγμένου νερού

Η ακρίβεια μέτρησης του όγκου είναι σχετικά μικρή (σε σχέση με τα σιφώνια, τις ογκομετρικές φιάλες και προχοϊδες), με σφάλμα περίπου 1% του μετρούμενου όγκου, ωστόσο κρίθηκε αρκετά ικανοποιητική για την τρέχουσα μελέτη.

2.7. Μέτρηση Πτητικών Στερεών (VSS)

Δείγμα στο οποίο έχει προηγηθεί ξήρανση στους 105°C λιοτριβείται με τη βοήθεια μύλου άλεσης σε σκόνη διαμέτρου <1mm. Μικρή ποσότητα αυτού ζυγίζεται σε πορσελάνινες κάψες. Το δείγμα ξηραίνεται στους 550°C για 20 min. Τα πτητικά στερεά υπολογίζονται από τη διαφορά μάζας πριν και μετά την ξήρανση στους 550°C. Το επί τοις εκατό (%) ποσοστό πτητικών στερεών του δείγματος δίνεται από το λόγο της παραπάνω διαφοράς προς το αρχικό βάρος του δείγματος και συγκεκριμένα

$$\frac{M_i - M_f}{M_i} * 100\%$$

όπου:

M_i: η αρχική μάζα δείγματος σε g

Mf: η τελική μάζα δείγματος μετά από ξήρανση στους 550°C για 20 min (g)



Εικόνα 12: Φούρνος ξήρανσης



Εικόνα 13: Κάψες πορσελάνης

2.8. Προσδιορισμός του Δείκτη Βλαστικότητας (Φυτοτοξικότητα)

Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό της φυτοτοξικότητας είναι η ακόλουθη:

- Ζυγίζονται 10g δείγματος
- Προστίθενται 100mL απιονισμένου H_2O
- Ανάδευση για 30min
- Φυγοκέντρωση στα 3000rpm για 10min
- Διήθηση υπό κενό με Whatman 41 (20 – 25 μm)
- Σε δύο τρυβλία (Petri dish) τοποθετείται διηθητικό χαρτί (Whatman 1)
- 20 σπόροι μαρουλιού (σε κάθε τρυβλίο) τοποθετούνται σε διάταξη ώστε να ισαπέχουν μεταξύ τους
- Προστίθενται 10mL απιονισμένο H_2O και 10mL extract αντίστοιχα
- Για τον μάρτυρα χρησιμοποιούνται 20 ml απιονισμένο H_2O μόνο
- Τοποθετούνται στο ψυγείο (20 ± 5 °C) όπου επικρατεί σκοτάδι για 5 μέρες
- Καταμέτρηση αριθμού σπόρων όπου έχουν βλαστήσει
- Καταμέτρηση μήκους βλαστών



Εικόνα 14: Σπόροι μαρουλιού τοποθετημένοι στο τρυβλίο Petri για τεστ φυτοτοξικότητας



Εικόνα 15: Συσκευή Φυγοκέντρησης στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Υπολογισμοί:

Ο δείκτης βλαστικότητας ($\Delta.B.$) υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη φυτρωτική ικανότητα και το μήκος του βλαστού σύμφωνα με την παρακάτω σχέση όπου:

$$\Delta.B. = \left[\frac{G * L}{100} \right]$$

G: [αριθμός των βλαστών του δείγματος που φύτρωσαν / αριθμός των βλαστών του μάρτυρα] * 100 → όπου δηλώνει τη φυτρωτική ικανότητα του δείγματος

L: [μέσος όρος μήκους βλαστού στο δείγμα / μέσο όρο μήκους βλαστού στον μάρτυρα] * 100

Για το δείκτη βλαστικότητας ισχύει:

$0 < \Delta.B. < 25 \rightarrow$ πολύ φυτοτοξικό

$26 < \Delta.B. < 65 \rightarrow$ φυτοτοξικό

$66 < \Delta.B. < 100 \rightarrow \text{μή φυτοτοξικό}$

$\Delta.B. > 101 \rightarrow \text{φυτοδιέγερση} - \text{φυτοθρεπτικό}$



Εικόνα 16: Σπόροι που βλάστησαν μετά το πέρας 5 ημερών σε τρυβλίο Petri.



Εικόνα 17: Σπόροι τοποθετημένοι σε συνθήκες σκοταδίου και ελεγχόμενης θερμοκρασίας

2.9. Προσδιορισμός TOC-TIC (Προεργασία δειγμάτων)

Τα δείγματα τεμαχίστηκαν με τη βοήθεια ενός μύλου άλεσης προκειμένου οι παραγόμενοι κόκκοι να έχουν διάμετρο μικρότερη του 1mm. Το TOC (Total Organic Carbon) προσδιορίστηκε με τη χρήση κατάλληλου οργάνου προσδιορισμού το οποίο

λειτουργεί στη μονάδα περιβαλλοντικής επιστήμης και τεχνολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Σε όλες τις περιπτώσεις έγιναν μετρήσεις 6 δειγμάτων και η μέση τιμή τους χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των παραμέτρων.



Εικόνα 18: Μύλος άλεσης δειγμάτων



Εικόνα 19: Ομογενοποιημένο υλικό με τη χρήση ανοξείδωτου μύλου άλεσης



Εικόνα 20:Συσκευή μέτρησης TOC της εταιρίας Shimadzu

2.10. Προσδιορισμός Βαρέων Μετάλλων και Ιχνοστοιχείων

Η ακόλουθη μεθοδολογία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων και των ιχνοστοιχείων των μελετημένων οργανικών απορριμμάτων:

Αρχικά πραγματοποιείται χώνευση σε ποσότητα ξηρού οργανικού αποβλήτου σε συσκευή Digesdahl Digestion για μέταλλα και στη συνέχεια τα μέταλλα προσδιορίζονται σε φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.



Εικόνα 21: Συσκευή Digesdahl Digestion για μέταλλα



Εικόνα 22: Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης

Συγκεκριμένα:

1. Λαμβάνεται ξηρό δείγμα βάρους 0.50g, λιωτριβημένου. Προστίθενται 4ml πυκνού H_2SO_4 .
2. Ταυτόχρονα ανοίγεται η συσκευή και θερμαίνεται στους $440\text{ }^\circ\text{C}$. Αφού επιτευχθεί η θερμοκρασία, το δείγμα τοποθετείται και ανοίγεται η βάνα του νερού για δημιουργία κενού.
3. Το δείγμα βράζει για περίπου έξι (6) λεπτά.
4. Προστίθενται 15ml H_2O_2 30%v/v και συνεχίζεται η θέρμανση για περίπου επτά (7) λεπτά. Αν το δείγμα δε γίνει άχρωμο, χρειάζεται να προστεθούν επιπλέον 5 ml H_2O_2 30%v/v.
5. Η θέρμανση συνεχίζεται για περίπου έξι (6) λεπτά,
6. Το δείγμα ψύχεται στο *cooling pad*. Το διάλυμα διηθείται υπό κενό και μετράται ο τελικός όγκος. Σε αυτό προσδιορίζονται τα μέταλλα και τα ιχνοστοιχεία στο φασματοφωτόμετρο της ατομικής απορρόφησης.

2.11. Προσδιορισμός Vocs με χρήση GC/MS

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι πτητικές οργανικές ενώσεις που απελευθερώνονται κατά της λειτουργίας της συσκευής ξήρανσης, συλλέχθηκαν δείγματα αέρα από το επάνω μέρος της συσκευής όπου βρίσκεται το φίλτρο ενεργού άνθρακα και στην συνέχεια τα δείγματα προσδιορίστηκαν ποιοτικά με την συσκευή GC/MS που λειτουργεί στην μονάδα περιβαλλοντικής επιστήμης και τεχνολογίας του Ε.Μ.Π και ο οποίος φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 23: Συσκευή GC/MS

Οι συνθήκες του οργάνου που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 1: Συνθήκες μεθόδου ποιοτικού προσδιορισμού VOCs με χρήση GC/MS

Method Conditions	
HS-SPME	
Προσροφητική ίνα	85 µm CAR/PDMS
Ρυθμός όγκου	25/15 ml
Ταχύτητα ανάδευσης	800 rpm
Χρόνος εξαγωγής ουσίας	30 min
Θερμοκρασία εξαγωγής	25 °C
Χρόνος αποβολής προσροφημένων	2 min
GC-MS	
Αέριο	Helium, 1 ml/min
Στήλη	DB-VRX (20 m X 0,180 mm. id, X 1,00 µm. df)
Θερμοκρασία εισαγωγής	300 °C
Θερμοκρασία διασύνδεσης	260 °C
Φούρνος	40 °C για 3 λεπτά, 10 °C/min σε 100 °C, 25 °C/min σε 225 °C σε 3 min

2.12. Μέτρηση της θερμοκρασίας των μηχανικών μερών του συστήματος με την χρήση θερμομέτρου υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR)

Προκειμένου να προσδιοριστούν ποιοτικά τα μηχανικά μέρη του πρότυπου συστήματος ξήρανσης των οικιακών οργανικών απορριμμάτων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας αυτών με τη χρήση ενός θερμομέτρου υπέρυθρης ακτινοβολίας με το οποίο μετρούνταν η θερμοκρασία των εξωτερικών μερών του συστήματος στην διάρκεια της λειτουργίας ώστε να εξασφαλιστεί ότι η θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε αυτά δεν υπερβαίνει τα όρια ασφαλείας για τον χρήστη καθώς και τα όρια αντοχής των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένα.



Εικόνα 24: Θερμόμετρο υπερύθρων της εταιρίας FLUKE

3. Αποτελέσματα μετρήσεων/Συμπεράσματα

Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν σε διάστημα 4 μηνών από την αρχή λειτουργίας του πρότυπου συστήματος οικιακής ξήρανσης οργανικών απορριμμάτων στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και τεχνολογίας του Ε.Μ.Π. Επιπλέον σχολιάζονται τα ευρήματα και καταγράφονται χρήσιμα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

3.1. Αποτελέσματα Μετρήσεων Υγρασίας-Όγκου (%)

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της περιεχόμενης υγρασίας σε επιλεγμένα τρόφιμα. Τα τρόφιμα ήταν κομμένα τυχαία με ανοξείδωτο μαχαίρι όπως και σε ένα μέσο νοικοκυριό. Το μέγεθος των τροφίμων δεν επηρέασε την αρχική και τελική υγρασία αυτών. Έγιναν 10 μετρήσεις υγρασίας σε κάθε ένα από τα μελετηθέντα δείγματα και πάνω από 250 αναλύσεις στο σύνολο των δειγμάτων. Σε αυτήν την παρουσίαση τα τρόφιμα χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες:

- 1) Σε τρόφιμα που συχνά καταναλώνονται σε ένα νοικοκυριό
- 2) Σε τρόφιμα που καταναλώνονται με μικρότερη συχνότητα (π.χ. ανά εβδομάδα)

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στον πίνακα.1.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα Μετρήσεων Υγρασίας (%)

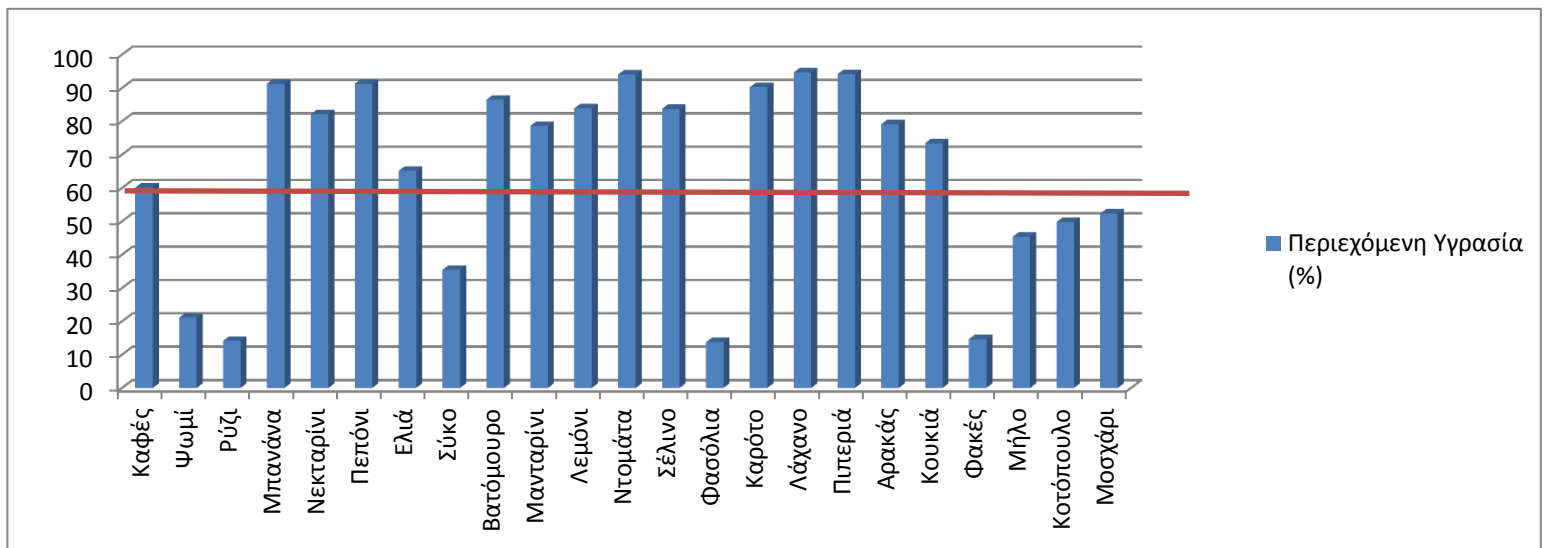
Δείγμα	Υγρασία (%)
Καφές	60,12
Ψωμί	21,10
Ρύζι ¹²	14,12
Ρεβίθι	64,24
Μπανάνα ¹	91,24
Νεκταρίνι	82,12
Πεπόνι	91,22
Ελιά	65,12
Σόκο	35,43
Μαρούλι	84,82
Βατόμουρο	86,43

Μανταρίνι¹	78,62
Λεμόνι¹	83,86
Ντομάτα¹	94,01
Σέλινο¹	83,68
Φασόλια²	13,71
Καρότο²	90,20
Λάχανο¹	94,62
Πιπεριά¹	94,12
Αρακάς²	79,12
Κουκιά¹	73,41
Φακές²	14,62
Μήλο	45,34
Κοτόπουλο²	49,75
Μοσχάρι²	52,31
Κόκκαλα² (ψαριού, κοτόπουλου, μοσχαριού)	8,21

¹: Οι μετρήσεις αναφέρονται σε απομεινάρια τροφίμων

²: Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε νωπά τρόφιμα

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η περιεχόμενη υγρασία στην πλειοψηφία των τροφίμων που καταναλώνονται σε ένα νοικοκυριό, είναι αρκετά υψηλή όπως είναι φανερό και στο διάγραμμα που ακολουθεί:



Σχήμα 1: Περιεχόμενη υγρασία διαφόρων τροφίμων

Η τυπική απόκλιση των παραπάνω τιμών προσδιορίστηκε ίση με : $\text{Stdv}=2,012$

Η περιεχόμενη υγρασία της πλειοψηφίας των τροφίμων που εξετάστηκαν κυμαίνεται μεταξύ 60% και 94%. Το γεγονός αυτό δίνει ιδιαίτερη αξία στην συσκευή ξήρανσης οργανικών απορριμμάτων η οποία αναμένεται να επιτυγχάνει μείωση της περιεχόμενης υγρασίας της τάξης του 80% της αρχικής. Ο μέσος όρος της περιεχόμενης υγρασίας των τροφίμων που εξετάστηκαν προέκυψε ίσος με 62, 29%.

Προκειμένου να εξετάσουμε λεπτομερώς την λειτουργία της συσκευής ξήρανσης δημιουργήσαμε τρία μίγματα οργανικών απορριμμάτων αποτελούμενα από 3 φρούτα και 3 λαχανικά σε ισόποσες μάζες. Η σύσταση των μιγμάτων αναφέρεται αναλυτικά στη συνέχεια:

Μίγμα (1):

- **Φρούτα:** Μήλο, Σταφύλι, Πορτοκάλι,
- **Λαχανικά:** Λάχανο, Φασόλια (πράσινα), Αγκινάρα,

Μίγμα (2):

- **Φρούτα:** Γκρέιπφρουτ, Πεπόνι, Νεκταρίνι
- **Λαχανικά:** Σπανάκι, Φακές, Κουκιά

Μίγμα (3):

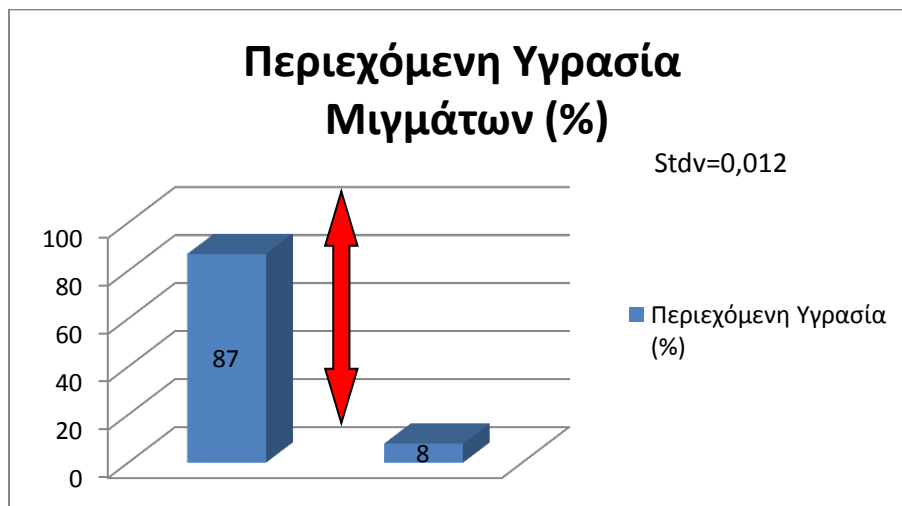
- **Φρούτα:** Σύκο, Βατόμουρο, Μανταρίνι
- **Λαχανικά:** Πιπεριά, Μαρούλι, Ελιά

Η περιεχόμενη υγρασία του πρώτου μίγματος βρέθηκε ίση με 87% κατά μέσον όρο. Η περιεχόμενη υγρασία του δεύτερου μίγματος προσδιορίστηκε ίση με 73% ενώ η υγρασία του τρίτου μίγματος προσδιορίστηκε ίση με 88% κατά μέσον όρο. Το γεγονός της υψηλής περιεχόμενης υγρασίας, βοήθησε την ομάδα έργου να εξετάσει της απόδοση της συσκευής ξήρανσης με αποτελεσματικό τρόπο καθώς η ποσότητα υγρασίας που καλούνταν να αφαιρεθεί ήταν μεγάλη ενώ υπήρχε σημαντική ανομοιογένεια στο μίγμα ως προς το μέγεθος και την φύση των χρησιμοποιηθέντων διατροφικών αποβλήτων γεγονός το οποίο προσομοιάζει τις συνθήκες απόρριψης ενός πραγματικού νοικοκυριού.



Εικόνα 25: Μίγμα τοποθετημένο στο καλάθι της πρότυπης συσκευής ξήρανσης

Η τελική ποσότητα υγρασίας των παρασκευασθέντων μιγμάτων μετά το πέρας της διεργασίας της ξήρανσης προσδιορίστηκε ίση με 8% κατά μέσον όρο. Στο γράφημα που ακολουθεί αποτυπώνεται η μείωση αυτή:

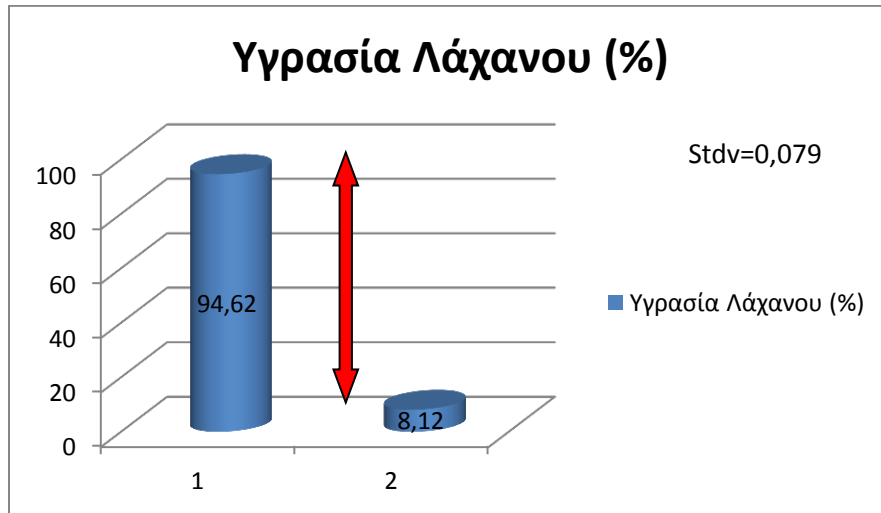


Σχήμα 2: Περιεχόμενη υγρασία χρησιμοποιηθέντων μιγμάτων πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης

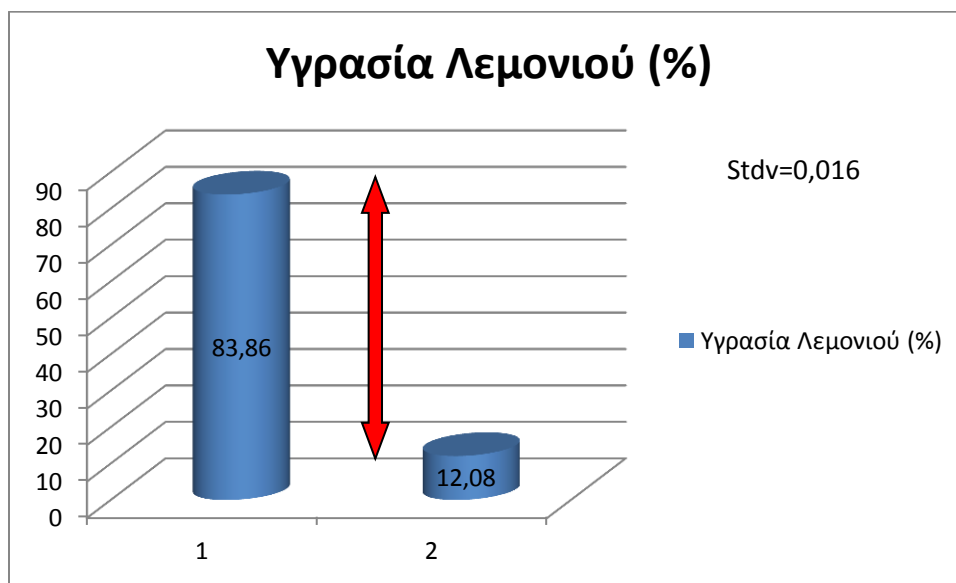
Το παραπάνω γράφημα δείχνει την μείωση της μάζας των οργανικών απορριμμάτων η οποία ισοδυναμεί με την περιεχόμενη υγρασία σε αυτά. Η πτώση της υγρασίας είναι της τάξης του 79% ποσοστό που κρίνεται ιδιαίτερα υψηλό, από την ομάδα μελέτης. Η ξήρανση του μίγματος πραγματοποιήθηκε σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες και τα

αποτελέσματα στο τέλος της διεργασίας ήταν παρόμοια γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία παίζει μικρό ρόλο στην υγρασία του τελικού ξηρού προϊόντος, ωστόσο ο χρόνος στον οποίο επιτυγχάνεται το τελικό ποσοστό υγρασίας, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία ξήρανσης όπως προέκυψε και από τα προκαταρκτικά πειράματα ξήρανσης.

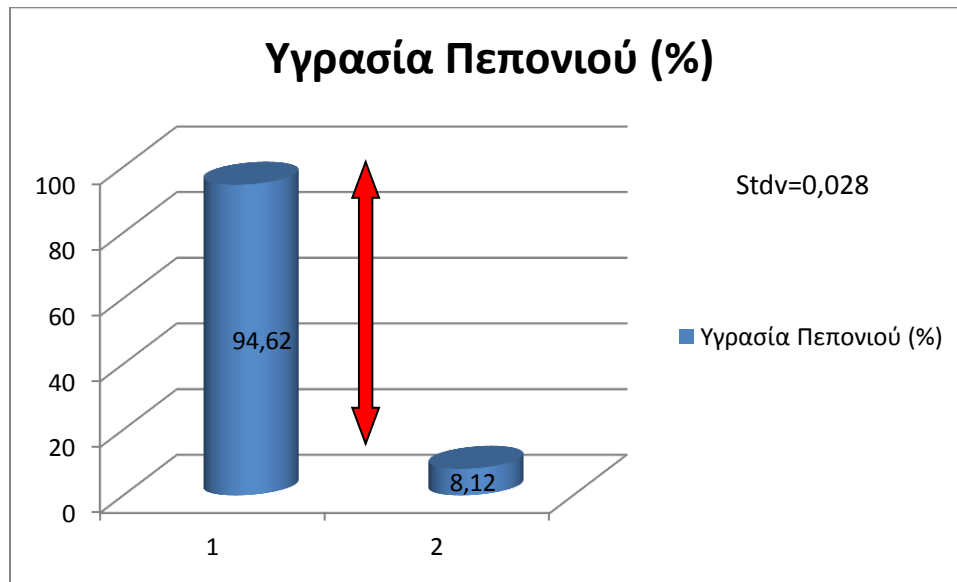
Στα επόμενα 3 γραφήματα φαίνεται η αρχική και τελική υγρασία ενδεικτικών δειγμάτων τροφίμων από το σύνολο των δειγμάτων που εξετάστηκαν:



Σχήμα 3: Αρχική και τελική υγρασία λάχανου πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης

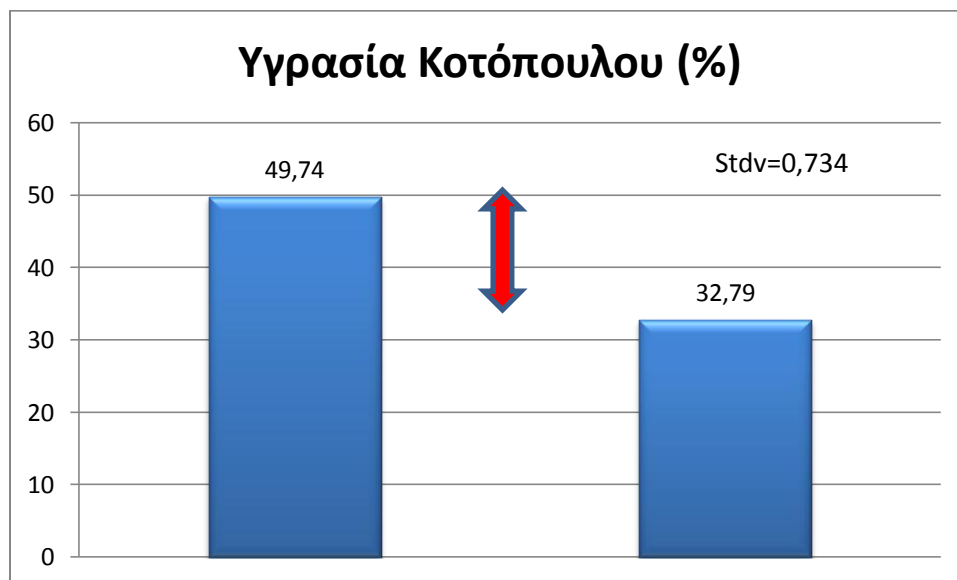


Σχήμα 4: Αρχική και τελική υγρασία λεμονιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης



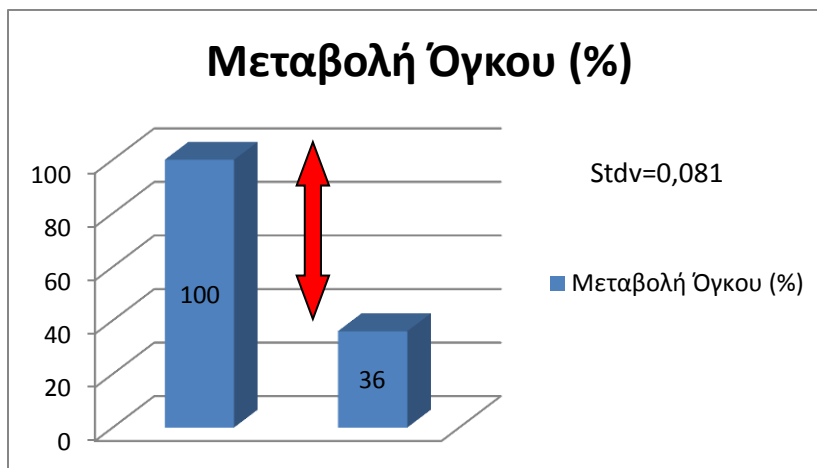
Σχήμα 5: Αρχική και τελική υγρασία πεπονιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης

Αντίστοιχα φαίνεται η πτώση της υγρασίας των δειγμάτων κρέατος κοτόπουλου τα οποία εξετάστηκαν στην διάρκεια των πειραματικών δοκιμών της συσκευής ξήρανσης



Σχήμα 6: Αρχική και τελική υγρασία κοτόπουλου πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) το πέρας της ξήρανσης

Αντίστοιχα προσδιορίστηκε η ελάττωση του όγκου του μίγματος και για σύνολο 40 δειγμάτων, η οποία φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί:



Σχήμα 7:Μεταβολή όγκου οργανικής μάζας (%)

Η ελάττωση του όγκου για τα χρησιμοποιηθέντα μίγματα είναι της τάξης του 64% ποσοστό το οποίο ήταν και αυτό με τη σειρά του σταθερό σε όλες τις θερμοκρασίες ξήρανσης. Συνεπώς η διακύμανση της θερμοκρασίας παίζει αμελητέο ρόλο στην μείωση του όγκου του αρχικού υποστρώματος.

3.2. Αποτελέσματα Μετρήσεων Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC) και Ολικού Ανόργανου Άνθρακα (TIC)

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα αποτελέσματα μετρήσεων του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC) στα τρόφιμα που εξετάστηκαν και για σύνολο 400 δειγμάτων:

Δείγμα	TOC (%)	TIC (%)
Καφές	44,12	0
Ψωμί	44,16	0
Ρύζι	44,11	0
Ρεβίθι	42,08	0
Μπανάνα ¹	47,12	0
Νεκταρίνι	43,21	0
Πεπόνι	44,65	0
Ελιά	46,32	0

Σύκο	42,11	0
Μαρούλι	34,22	0
Βατόμουρο	43,98	0
Μανταρίνι¹	46,12	0
Λεμόνι¹	45,32	0
Ντομάτα¹	42,21	0
Σέλινο¹	37,88	0
Φασόλια²	40,01	0
Καρότο²	41,62	0
Λάχανο¹	42,32	0
Πιπεριά¹	44,22	0
Αρακάς²	41,17	0
Κουκιά¹	33,14	0
Φακές²	43,56	0
Μήλο	43,22	0
Κοτόπουλο	41,53	0
Μοσχάρι	40,62	0

Σχήμα 8: Αποτελέσματα μετρήσεων (%) TOC

¹: Οι μετρήσεις αναφέρονται σε απομεινάρια τροφίμων

²: Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε νωπά τρόφιμα

Απο τις μετρήσεις που διενεργήθηκαν προέκυψε ότι τα τρόφιμα που αναλύθηκαν περιέχουν μεγάλο ποσοστό οργανικού άνθρακα. Ο μέσος όρος που προέκυψε για όλα τα τρόφιμα ήταν της τάξης του 42.9% ενώ η τυπική απόκλιση ήταν της τάξης του 1,142, γεγονός που μας βοηθά να καταλάβουμε ότι τα δείγματα περιείχαν υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη. Ο ολικός ανόργανος άνθρακας όπως ήταν αναμενόμενο ήταν μηδενικός καθώς πρόκειται για καθαρά οργανικές ενώσεις.

Όσον αφορά τα μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να εξετάσουμε την λειτουργία της συσκευής ξήρανσης , η ποσότητα ολικού οργανικού άνθρακα που περιέχεται σε αυτά προσδιορίστηκε ίση με 46,18% (Μίγμα .1), 44,12% (Μίγμα .2), 43,27% (Μίγμα .3) κατά μέσον όρο και για σύνολο 30 δειγμάτων. Καθώς φαίνεται, η μέση τιμή οργανικού άνθρακα και για τα τρία μίγματα ισούται με 44,52% και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 2,006. Η μέση τιμή αυτή οφείλεται καθαρά στη σύστασή τους η οποία είναι καθαρή οργανική ύλη (τρόφιμα) των οποίων η μέση τιμή ολικού οργανικού άνθρακα, κυμαίνεται στην προαναφερθείσα περιοχή. Τα χρησιμοποιηθέντα μίγματα ξηράθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες όπως έχει ήδη αναφερθεί και τα αποτελέσματα ήταν παραπλήσια σε όλες τις περιπτώσεις, γεγονός που δείχνει ότι η

διεργασία της ξήρανσης με ρεύμα αέρα, δεν θα μπορούσε να επηρεάσει την περιεκτικότητα των οργανικών απορριμμάτων σε οργανικό άνθρακα όπως αναμενόταν.

3.3. Αποτελέσματα Μετρήσεων Ενεργειακής Κατανάλωσης του Πρότυπου Συστήματος Οικιακής Ξήρανσης

Σε όλη τη διάρκεια των δοκιμών, μετρούνταν σε συνεχή βάση η ενεργειακή κατανάλωση του πρότυπου συστήματος με τη χρήση της συσκευής ενεργειακής κατανάλωσης που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 26: Συσκευή καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης



Εικόνα 27: Συσκευή ξήρανσης στη διάρκεια λειτουργίας της

Η συσκευή λειτούργησε σε θερμοκρασίες 60-65-70-80°C. Πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις μέτρησης της ενεργειακής κατανάλωσης της συσκευής για κάθε θερμοκρασία. Η μέση τιμή των μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης της συσκευής όπως αυτή προσδιορίστηκε στις προαναφερθείσες θερμοκρασίες αναφέρεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 3: Αποτελέσματα Μετρήσεων Ενεργειακή Κατανάλωσης Συσκευής Ξήρανσης

Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/24h	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/Μήνα	Μηνιαίο Κόστος Λειτουργίας Συσκευής (Ευρώ/Μήνα)
60	2,2	66	4,69
65	2,5	75	5,32
70	2,8	84	5,96
80	3,4	102	7,2

Για τον προσδιορισμό του κόστους λειτουργίας της συσκευής σε όλες τις περιπτώσεις θεωρήθηκε τιμή KWhs σταθερή ίση με την τρέχουσα τιμή που ισχύει για ένα μέσο

νοικοκυριό η οποία θεωρήθηκε σταθερή και ίση με 0,071 ευρώ/KWh και για τετραμηνιαία κατανάλωση ρεύματος από 1001-1200 KWh.

Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα γίνεται κατανοητό ότι η ενεργειακή κατανάλωση της συσκευής μειώνεται όσο μειώνεται η θερμοκρασία ξήρανσης γεγονός που θεωρείται αναμενόμενο. Ωστόσο η διεργασία της ξήρανσης σε χαμηλότερες θερμοκρασίες είναι λιγότερο αποδοτική σε σχέση με τις υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον θα πρέπει να τονιστεί ότι η διεργασία της ξήρανσης για ξήρανση διατροφικών απορριμμάτων 500 gr, ολοκληρώνεται σε 12 ώρες το μέγιστο, στην μικρότερη θερμοκρασία (60°C) γεγονός που συνεπάγεται μείωση του κόστους ενεργειακής κατανάλωσης της συσκευής στο μισό.

3.4. Αποτελέσματα Μετρήσεων Ολικής Οργανικής Ύλης (%OM)

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα των αναλύσεων που διενεργήθηκαν για τον προσδιορισμό της ολικής οργανικής ύλης (OM) , Οι αναλύσεις αυτές αναφέρονται σε 17 διαφορετικά διατροφικά απορρίμματα και για σύνολο 170 δειγμάτων, ενώ οι ευρεθείσες τιμές, καταγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 4: Αποτελέσματα Μετρήσεων Ολικής Οργανικής Ύλης

Δείγμα	% OM
Μπανάνα ¹	79,76
Μανταρίνι ¹	78,93
Καφές	74,88
Κουκιά ²	59,12
Λεμόνι ¹	77,24
Σέλινο ²	60,14
Φασόλια ²	68,40
Φακές ²	71,93
Ψωμί	77,83
Καρότο ²	68,98
Ντομάτα ²	71,34
Ρύζι	76,07
Αρακάς ²	72,53
Πατάτα ¹	72,53
Λάχανο ²	68,98
Πιπεριά ²	73,12
Ροκανίδι	71,67

¹: η ανάλυση έγινε σε φλούδες από το τρόφιμο.

²: η ανάλυση έγινε σε τρόφιμα που δεν ήταν μαγειρεμένα.

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται η υψηλή περιεκτικότητα των δειγμάτων σε οργανική ύλη γεγονός που ήταν αναμενόμενο από τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ολικού οργανικού άνθρακα. Η τυπική απόκλιση των μετρήσεων ανέρχεται στο ($\text{stdv}=2,045$)

3.5. Αποτελέσματα Μετρήσεων PH / Φυτοτοξικότητας

Με τον όρο φυτοτοξικότητα εννοείται η παρουσία τοξινών που είναι επιβλαβείς για την ισόρροπη και ανεμπόδιστη ανάπτυξη των φυτών. Ο προσδιορισμός της φυτοτοξικότητας στο τελικό προϊόν δείχνει εάν αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό αυτούσιο χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Οι φυτοτοξίνες είναι δυνατόν να προκαλέσουν την καταστροφή των ριζικών συστημάτων των φυτών, όταν ξηρά οργανικά απορρίμματα εισέλθουν στο έδαφος.

Η φυτοτοξικότητα μπορεί να προκύψει από την παρουσία βαρέων μετάλλων, από ανόργανα στοιχεία, διαλυτά άλατα και οργανικές ενώσεις. Η φυτοτοξικότητα που προκαλείται από οργανικές ενώσεις μπορεί να αντιμετωπιστεί τοποθετώντας οργανικά απορρίμματα των οποίων οι τιμές PH προσομοιάζουν με αυτές του γόνιμου εδάφους.

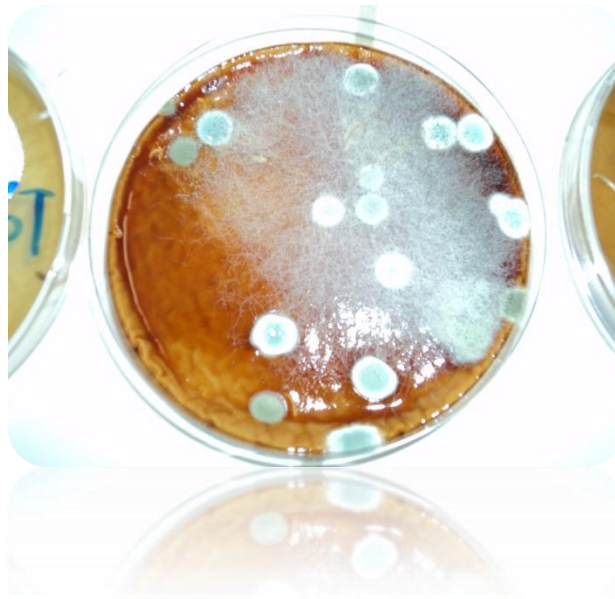
Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για τα δείγματα που χρησιμοποιήσαμε προκειμένου να μελετήσουμε την όλη λειτουργία της πρότυπης συσκευής ξήρανσης. Ο δείκτης βλαστικότητας ΔΒ, προσδιορίστηκε ίσος με μηδέν. Συγκεκριμένα, οι σπόροι μαρουλιού που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της φυτοτοξικότητας, δεν φύτρωσαν, αποδεικνύοντας έτσι ότι τα ξηραμένα φρούτα και λαχανικά που αποτελούσαν το δείγμα, ήταν πολύ φυτοτοξικά και ακατάλληλα για χρήση χωρίς περαιτέρω επεξεργασία ή την ανάμιξή τους με χώμα ή κόμποστ.

Το PH των δειγμάτων προσδιορίστηκε ίσο με 4,82 κατά μέσον όρο με μέσης απόκλισης ίσης με ($\text{stdv}=0,007$), γεγονός που δικαιολογεί την μηδενική βλαστικότητα καθώς το έδαφος κρίνεται γόνιμο όταν οι τιμές PH αυτού βρίσκονται στην βασική περιοχή (7-9).

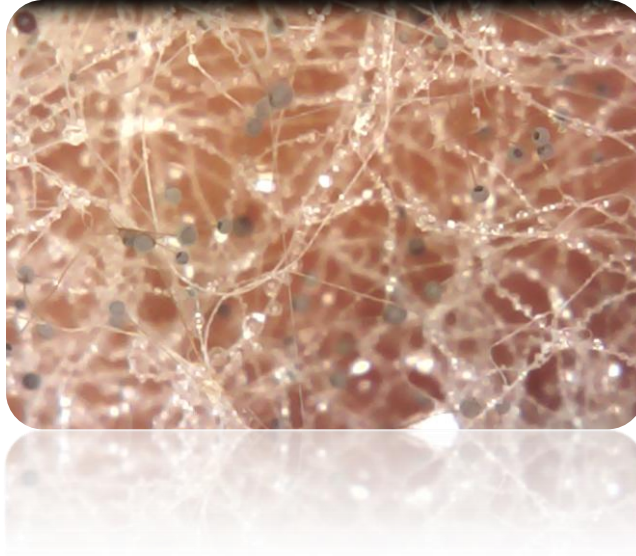


Εικόνα 28: Σκόνη ξηραμένων διατροφικών αποβλήτων με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο

Η ομάδα έργου διεξήγαγε περαιτέρω μετρήσεις στις οποίες αναμίχθηκε χώμα πολύ φυτοτοξικό, δείκτη βλαστικότητας ($\Delta B=0$) με σκόνη διατροφικών αποβλήτων με αναλογία 1/9. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε ξανά τεστ φυτοτοξικότητας στα χρησιμοποιηθέντα δείγματα χωρίς καμία ανάμιξη και προσδιορίστηκε ότι ήταν πολύ φυτοτοξικά με δείκτη βλαστικότητας, ($\Delta B=0$). Σε κάποια δείγματα με την ξηρή σκόνη, αναπτύχθηκαν επιπλέον, αποικίες από μύκητες όπως φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν:



Εικόνα 29: Αποικία από μύκητες σε δείγμα ξηρού διατροφικού αποβλήτου



Εικόνα 30: Αποικία από μύκητες σε δείγμα ξηρής σκόνης αναμεμιγμένης με νερό σε τεστ φυτοτοξικότητας

Το εντυπωσιακό ήταν ότι όταν αναμείξαμε τα δύο δείγματα με αυτήν την αναλογία (1/9), οι πρώτοι σπόροι άρχισαν να φυτρώνουν, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 31: Δείγμα σπόρου που βλάστησε σε δείγμα ανάμικτου υλικού αναλογίας 1/9

Αυτό σημαίνει ότι κατά την ανάμιξη άρχισαν να συμβαίνουν βιολογικές διεργασίες οι οποίες ανέβασαν την αξία του μέχρι τότε μηδενικού δείκτη βλαστικότητας χόματος, το

οποίο πλέον απέκτησε δείκτη βλαστικότητας ($\Delta B=45$) δηλαδή φυτοτοξικό, ενώ παρατηρήθηκε αύξηση του PH το οποίο έφτασε στο 5 κατά μέσον όρο. Ωστόσο πολλά πειράματα θα πρέπει ακόμα να πραγματοποιηθούν σε διαφορετικές συνθήκες, και με διαφορετικές αναλογίες, προκειμένου να μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τη χρήση του τελικού προϊόντος ως εδαφοβελτιωτικό, με τα πρώτα πειράματα να δίνουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για τα τρία μίγματα και για 10 επαναλήψεις ανά δείγμα ενώ η μέση τυπική απόκλιση των μετρήσεων του δείκτη βλαστικότητας, ισούται με ($\text{stdv}=1,092$).

3.6. Αποτελέσματα Μετρήσεων Θερμογόνου Δύναμης (Calorific Value)

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για διάφορα τρόφιμα καθώς και για τα τρία παρασκευασθέντα μίγματα. Το σύνολο των μετρήσεων, ανέρχεται σε 200 ενώ η μέση τυπική απόκλιση ανέρχεται σε ($\text{stdv}=2,647$)

Οι τιμές θερμογόνου δύναμης όπως αυτές προσδιορίστηκαν με τη βοήθεια του θερμιδόμετρου τύπου βόμβας αναφέρονται σε 100 gr ξηρής ουσίας.

Πίνακας 5: Αποτελέσματα Μετρήσεων Θερμογόνου Δύναμης Τροφίμων

Φρούτα/Λαχανικά	Θερμογόνος Δύναμη (KJ/100 gr)
Βερίκοκο	297
Μήλο	217
Καρότο	113
Μπανάνα	402
Λεμόνι	139
Σταφύλι	305
Γκρέιπφρουτ	217
Μπρόκολο	125
Πιπεριά (πράσινη)	99
Αχλάδι	235
Ρόδι	345
Ακτινίδιο	232
Σκόρδο	1403

Κρεμμύδι	1480
Τομάτες	1102
Μαρούλι	1092
Λάχανο	1296
Πιπεριά	1011
Αρακάς	1321
Κουκιά	1203
Φασόλια	1175
Μίγμα Φρούτων-Λαχανικών	
Μίγμα.1	1506
Μίγμα.2	1472
Μίγμα.2	1423

3.7. Αποτελέσματα Μετρήσεων VSS

Τα πτητικά στερεά είναι το ποσοστό των ξηρών στερεών που χάνονται με ανάφλεξη στους 550 °C και αποτελούν μια παράμετρο που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της οργανικής ύλης.

Τα πτητικά στερεά είναι οι πιο άμεσα προσλήψιμες ενώσεις από τους μικροοργανισμούς που εμπεριέχονται στο υπόστρωμα. Η παρουσία τους βοηθάει στην αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας καθώς αποτελούν άμεση πηγή προς κατανάλωση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των πτητικών στερεών για όλα τα δείγματα των μιγμάτων, του πρώτου κύκλου. Οι μετρήσεις συνολικά ήταν 36 στον αριθμό.

Πίνακας 6: Αποτελέσματα Μετρήσεων VSS

Δείγμα	Μίγμα.1	Μίγμα.2	Μίγμα.3
1	94,74	84,55	73,68
2	93,87	83,67	70,85
3	93,56	82,62	74,90
5	91,80	74,31	74,18
6	89,67	72,17	70,27

7	89,40	73,14	73,80
8	87,34	71,80	67,33
9	87,60	64,70	69,44
10	82,56	61,02	63,27
11	82,52	54,67	59,05
12	79,36	53,18	57,27
13	76,12	53,22	56,85

3.8. Αποτελέσματα Μετρήσεων Μετάλλων

Τα στοιχεία Na, Ca και Mg είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών όταν είναι παρόντα σε μικρές ποσότητες (ιχνοστοιχεία). Τα ιόντα νατρίου, βρίσκονται στο έδαφος κυρίως σε μικρές ποσότητες υπό μορφή NaCl. Όταν η συγκέντρωση των αλάτων αυξηθεί τότε το άλας του χλωριούχου νατρίου, συσσωρεύεται επιφανειακά επηρεάζοντας δυσμενώς την ανάπτυξη των φυτών.

Τα ιόντα μαγνησίου, συνήθως απορροφώνται εύκολα από τα φυτά. Η πιο συνήθης μορφή του στο έδαφος είναι ο δολομίτη (CaCO_3 , MgCO_3). Η ιοντοεναλλάξιμη μορφή του μαγνησίου Mg^{2+} αποτελεί το 5% του ολικού φορτίου και είναι αυτή που έχει άμεση σχέση με τη θρέψη των φυτών.

Τα ιόντα ασβεστίου βρίσκονται στο έδαφος υπό μορφή CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Το CaCO_3 που θεωρείται η κύρια πηγή ιόντων Ca^{2+} είναι ένα δυσδιάλυτο ορυκτό (διαλυτότητα από 10-15 mg Ca/l). Παρουσία όμως CO_2 , η διαλυτότητα του αυξάνεται σημαντικά. Κυρίως τα ιόντα ασβεστίου έχουν άμεση σχέση με τη ρύθμιση του pH του εδάφους. Υψηλές, όμως, συγκεντρώσεις έχουν αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση του pH και την καταστροφή του φυτού.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι τιμές της βιβλιογραφίας για το ποσοστό των ιχνοστοιχείων σε οικιακά οργανικά απορρίμματα.

Πίνακας 7 :Συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων (%) με βάση τις διεθνείς τιμές της βιβλιογραφίας

Ιχνοστοιχείο	<i>K</i>	<i>Na</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>
Τιμές βιβλιογραφίας	0,4 – 1,7	0,01 – 1,51	2,3 – 3,6	0,3 – 4,3
	0,42 – 1,83		1,09 – 7,15	0,18 – 1,8

Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μετρήσεων των ιχνοστοιχείων του τελικού προϊόντος για τα τρία χρησιμοποιηθέντα μίγματα:

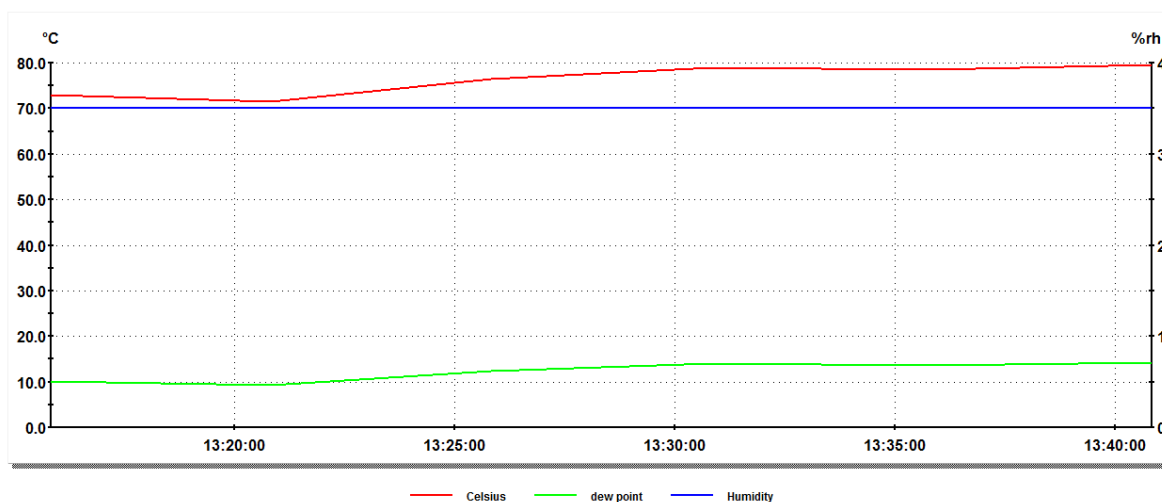
Πίνακας 8: Αποτελέσματα Μέτρησης Ιχνοστοιχείων (%) των Χρησιμοποιηθέντων μιγμάτων

Ιχνοστοιχείο	<i>K</i>	<i>Na</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>
Μίγμα.1	2,93	1,46	1,46	0,28
Μίγμα.2	2,56	1,33	2,61	0,56
Μίγμα.3	3,67	1,27	1,26	3,97

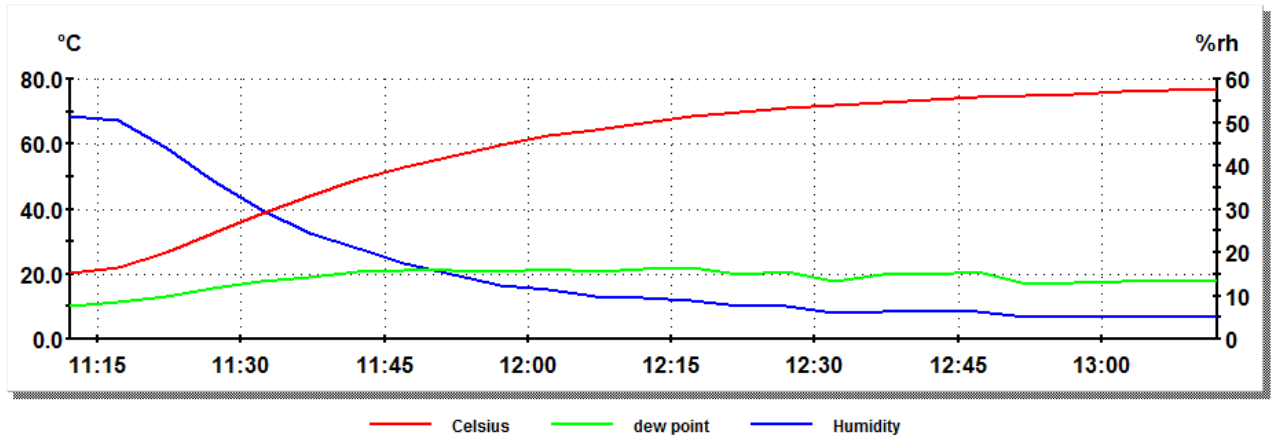
Η τυπική απόκλιση των μετρήσεων, ήταν ίση με ($\text{stdv}=1,487$) ενώ πραγματοποιήθηκαν συνολικά 30 μετρήσεις.

3.9 Αποτελέσματα Καταγραφής Δεδομένων Θερμοκρασίας και Υγρασίας στο Εσωτερικό της Συσκευής Ξήρανσης

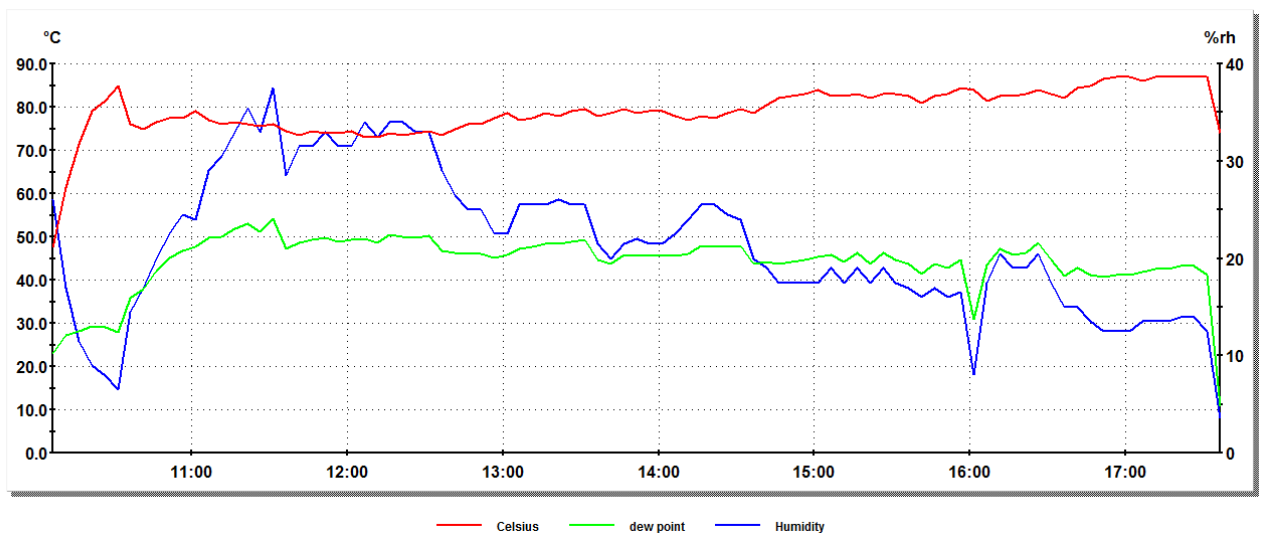
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται οι τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας που κατέγραψε ο καταγραφέας στο εσωτερικό της συσκευής ξήρανσης για δεδομένες τιμές θερμοκρασίας λειτουργίας της συσκευής. Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται παρακάτω είναι ενδεικτικά:



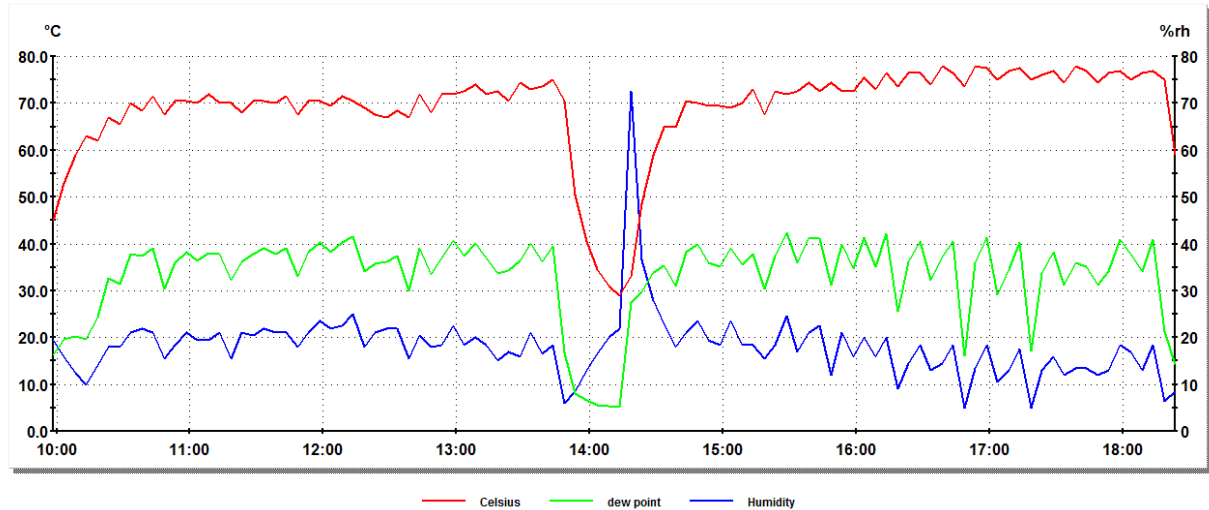
Σχήμα 9:Γράφημα μεταβολής της θερμοκρασίας από 73 σε 80 βαθμούς κελσίου στο εσωτερικό της συσκευής ξήρανσης χωρίς απορρίμματα



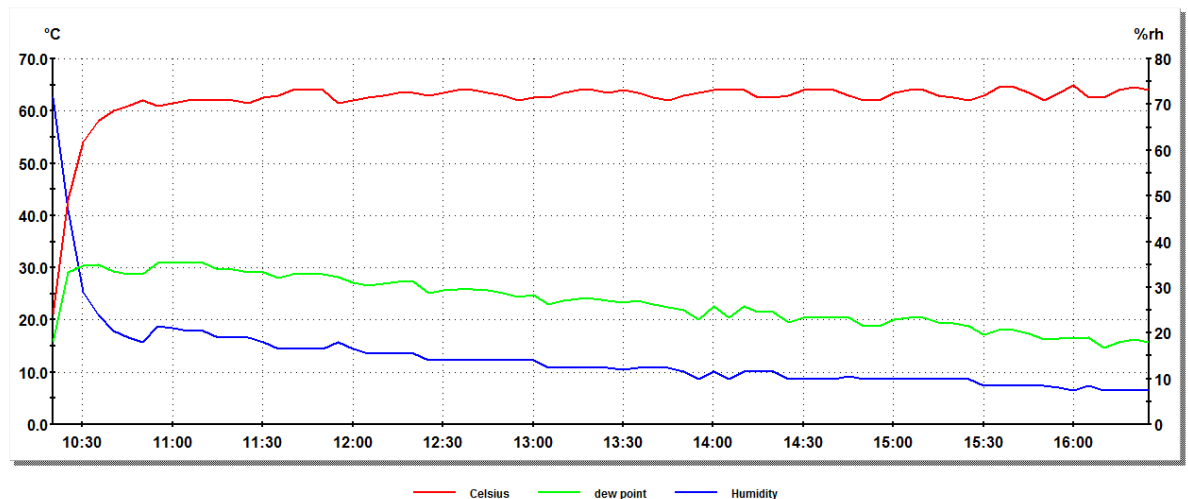
Σχήμα 10: Μεταβολή θερμοκρασίας ξηραντήρα διατροφικών αποβλήτων, για θερμοκρασία λειτουργίας $\approx 80^{\circ}\text{C}$.



Σχήμα 11: Μεταβολή θερμοκρασίας ξηραντήρα διατροφικών αποβλήτων, για θερμοκρασία λειτουργίας $\approx 80^{\circ}\text{C}$ με απορρίμματα (Η συσκευή άνοιγε κάθε 30 λεπτά για μέτρηση της μάζας των απορριμμάτων)



Σχήμα 12: Μεταβολή θερμοκρασίας ξηραντήρα διατροφικών αποβλήτων, για θερμοκρασία λειτουργίας $\approx 70^{\circ}\text{C}$ με απορρίμματα (Το καπάκι της συσκευής, άνοιγε κάθε 30 λεπτά για μέτρηση της μάζας των απορριμμάτων ενώ στις 14:00 έσβησε για διάστημα 20 λεπτών από την ομάδα μελέτης)



Σχήμα 13: Μεταβολή θερμοκρασίας ξηραντήρα διατροφικών αποβλήτων, για θερμοκρασία λειτουργίας $\approx 60^{\circ}\text{C}$ με απορρίμματα (Η συσκευή άνοιγε κάθε 30 λεπτά για μέτρηση της μάζας των απορριμμάτων)

Απο τα προηγούμενα διαγράμματα, φαίνεται ότι η συσκευή διατήρησε την θερμοκρασία στην οποία είχε ρυθμιστεί με μικρές διακυμάνσεις, ενώ οι απώλειες θερμότητας κάθε φορά που ανοίγονταν για να ληφθεί μέτρηση ήταν πολύ μικρές, γεγονός που οφείλεται στην φύση του κεραμικού και στην υψηλή θερμοχωρητικότητά του.

Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ενεργειακή κατανάλωση της συσκευής να είναι μειωμένη σε όλες τις θερμοκρασίες υπό οποιεσδήποτε συνθήκες.

3.10 Αποτελέσματα Καταγραφής Δεδομένων Μέτρησης θερμοκρασίας των μηχανικών μερών του πρότυπου συστήματος με τη χρήση θερμομέτρου (IR)

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των ενδείξεων του θερμομέτρου υπερύθρων όπως αυτές λήφθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραματικών αναλύσεων (κάθε μία ώρα σε σύνολο 80 μετρήσεων) για το εξωτερικό τοίχωμα της συσκευής ξήρανσης.



Σχήμα 14: Εξωτερικό τοίχωμα συσκευής ξήρανσης

Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	Θερμοκρασία Εξωτερικού Τοιχώματος (°C)
60	42
65	45
70	51
80	57

Πίνακας 9: Μέσες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικού τοιχώματος για όλες τις θερμοκρασίες λειτουργίας

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, η θερμοκρασία που ανέπτυξε το σύστημα στο εξωτερικό του τοίχωμα δεν ήταν ιδιαίτερα υψηλή ώστε να καταστεί επικίνδυνη για τον

χρήστη. Μάλιστα η αίσθηση που δίνονταν μέσω της αφής ήταν ενός θερμού αντικείμενου το οποίο όμως δεν προκαλεί οποιαδήποτε βλάβη ή έγκαυμα.

3.11 Αποτελέσματα Ποιοτικού Προσδιορισμού των Πτητικών Οργανικών Ουσιών με Χρήση της Συσκευής GC/MS

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων των αερίων δειγμάτων προερχόμενα από την έξοδο της συσκευής ξήρανσης. Η ανίχνευση των πιο κάτω στοιχείων έγινε ποιοτικά ενώ πραγματοποιήθηκε σε σύνολο 100 αερίων δειγμάτων τα οποία ελήφθησαν από την έξοδο του συστήματος:

Στοιχείο	Έξοδος Συσκευής Ξήρανσης
Acetone	Non-detected
Dichloromethane	Non-detected
Acetic Acid	Non-detected
Hexane	Non-detected
Trichloromethane	Non-detected
Benzene	Non-detected
Trichloethene	Non-detected
Toluene	Non-detected
Octane	Non-detected
Ethyl benzene	Non-detected
p-Xylene	Non-detected
Nonane	Non-detected
Styrene	Non-detected
o-Xylene	Non-detected
ALPHA PINENE	Non-detected
Decane	Non-detected
1,2,4 trimethyl benzene	Non-detected
dl-Limonene	Non-detected
1,2,3 trimethyl benzene	Non-detected
Dimethyl Disulfide	Non-detected
Dimethyl Trisulfide	Non-detected

Πίνακας 10: Ποιοτικός προσδιορισμός πτητικών οργανικών ενώσεων όπως αυτές ανιχνεύτηκαν στην έξοδο του φίλτρου της συσκευής ξήρανσης

Από τα αποτελέσματα που λήφθηκαν δεν προέκυψε ανίχνευση βλαβερών πτητικών οργανικών ουσιών οι οποίες να διαφεύγουν από το εσωτερικό της συσκευής ξήρανσης στο εξωτερικό, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι η συσκευή ξήρανσης δεν ενδέχεται να προκαλεί αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και στον άνθρωπο από άποψη πτητικών οργανικών ρύπων.

Βιβλιογραφία:

- [1] APHA-AWWA-WEF, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (20th Edition), American Public Health Association, Washington DC
- [2] Dipl.-Biol. S.Hams and Dr.-Ing.G.Becker, 1999. “State of the Art of Source Separation, Collection and Treatment of Organic Waste in Germany”, (INFA), Germany.
- [3] E.G.Kapetanios, M.Loizidou and G.Valkanias, 1993. Compost production from Greek Domestic Refuse, Bioresource Technology, 44, 13-16.
- [4] Fuentes, A., Mercedes, L., Sáez, J., Aguilar, M., Juan, O., Meseguer, V., 2004. “Phytotoxicity and heavy metals speciation of stabilized sewage sludges”. Journal of Hazardous Materials,
- [5] Kim H. Tan, 1996. “Soil Sampling, Preparation, and Analysis”, The University of Georgia Athens, Georgia, Marcel Dekker Inc.,Ed. USA
- [6] The Food Chemistry Laboratory «A Manual for Experimental Foods, Dietetics, and Food» Scientists, Connie M. Weaver James R. Daniel Department of Foods and Nutrition Purdue University West Lafayette, Indiana, CRC press 2005

Πηγές στο Διαδίκτυο:

- [1] Official Methods of Analysis of AOAC International 18th Edition 2005, [Online] Available from: http://www.aoac.org/News/oma_rev_3.htm
- [2] J.C.Jenkins, 1999. “The Carbon/Nitrogen Ratio”, The Humanure Handbook. , [Online] Available from: http://weblife.org/humanure/chapter3_7.html
- [3] On Farm Composting Handbook, Cornell Composting, Cornell Waste Management Institute,1992 [Online] Available from: <http://compost.css.cornell.edu/OnFarmHandbook/apa.tab1.html>
- [4] Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, 2010, [Online] Available from: <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/index.htm>

Επιπλέον Φωτογραφικό υλικό πειραμάτων ξήρανσης







