



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΩΝ**



**ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΚΡΕΠΕΤΟΣ**

**A.M. 4934**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ ΜΑΝΙΟΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2015**

## Ευχαριστήρια:

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Κατ' αρχήν τον καθηγητή και εισηγητή αυτής της εργασίας Θρασύβουλο Μανιό και την Παυλίνα Τζαφέρου, που χωρίς την καθοδήγηση τους δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση της.

Την συνάδελφο Ταβερναράκη Ανδρονίκη για την πολύτιμη βοήθεια στο σχεδιαστικό κομμάτι της εργασίας.

Την Τεχνική Υπηρεσία ΤΕΙ Κρήτης για την βοήθεια και τις πληροφορίες που μου έδωσε.

Την εταιρία INTRACAT για την εμπιστοσύνη και την ελεύθερη χρήση του πρότυπου κομποστοποιητή.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής μου στο Ηράκλειο.

# Περιεχόμενα

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 <ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ> .....	1
1.2 <ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ> .....	2
1.3 <Η ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ>.....	2
<b>2 ΠΡΟΤΥΠΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗΣ.....</b>	<b>8</b>
2.1 <ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ> .....	8
2.2 <ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ> .....	13
2.3 <ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ> .....	26
<b>3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ.....</b>	<b>27</b>
3.1 <ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ>.....	27
3.1.1 <ΠΡΩΤΗ ΕΒΔΟΜΑΔΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ > .....	27
3.1.2 <ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΒΔΟΜΑΔΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ> .....	29
3.1.3 <ΤΡΙΤΗ ΕΒΔΟΜΑΔΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ> .....	32
3.1.4 <ΤΕΤΑΡΤΗ ΕΒΔΟΜΑΔΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ> .....	34
3.1.5 <ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΗΜΕΡΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ> .....	36
3.2 <ΒΛΑΒΗ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ> .....	39
<b>4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>41</b>
4.1 <ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ> .....	41
4.1.1 <ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΤΑ KJELDAHL> .....	41
4.1.2 <ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΡΗ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (E.C.) ΣΕ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΥΛΙΚΟ> .....	53
4.2 <ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ> .....	59
<b>5 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ .....</b>	<b>60</b>
5.1 <ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ Η ΒΛΑΒΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ>.....	60
5.2 <ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ> .....	61
<b>6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>66</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>67</b>

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κομποστοποίηση είναι μια φυσική διαδικασία η οποία μετατρέπει τα οργανικά υλικά σε μια πλούσια σε θρεπτικά υλικά για τα φυτά, σκουρόχρωμη ουσία. Αυτή η ουσία λέγεται κομπόστ και χρησιμοποιείται ως λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό. Το κομπόστ παράγεται με την κομποστοποίηση, μια διαδικασία με πολλαπλά οφέλη. Αφενός ανακυκλώνουμε και αξιοποιούμε οργανικά απορρίμματα τα οποία είτε θα όδευαν για τις χωματερές είτε θα καίγονταν και θα μόλυναν το περιβάλλον. Αφετέρου η ουσία που παράγεται είναι χρήσιμη στη γεωργία για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η δοκιμαστική χρήση ενός μηχανικού κομποστοποιητή. Η επιτυχής δοκιμή θα μας δώσει το πράσινο φως ώστε να τον προτείνουμε σαν λύση, για να εκμεταλλευτούν και να αξιοποιήσουν τα οργανικά απορρίμματα τα μεγάλα κτηριακά συγκροτήματα όπως μεγάλες πολυκατοικίες, κέντρα εστίασης φαγητού και παρόμοιες επιχειρήσεις.

Αρχικά σε συνεργασία με την εταιρία INTRACAT, θα γίνει ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός πρότυπου κομποστοποιητή. Στη συνέχεια θα γίνει η τροφοδότηση του, με αποφάγια του εστιατορίου της εταιρίας για χρονικό διάστημα περίπου ενός μήνα.

Έπειτα θα γίνει παρακολούθηση του μηχανήματος για σωστή λειτουργία και ποιότητα παραγωγής κομπόστ. Το παραγόμενο κομπόστ θα αναλυθεί χημικά στα εργαστήρια για να προσδιοριστούν κάποιοι παράμετροι όπως είναι το pH και η περιεκτικότητα σε άζωτο, γιατί αυτοί οι δύο κρίσιμοι παράγοντες που χαρακτηρίζουν την ποιότητα. Για την τελευταία παράμετρο θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος προσδιορισμού αζώτου κατά Kjeldahl.

Τέλος θα γίνει αξιολόγηση του συστήματος συνολικά, θα γραφούν οι παρατηρήσεις και θα προταθούν τυχόν βελτιώσεις και προσθήκες.



# ABSTRACT

Composting is a natural process that converts organic materials into a rich nutrients dark substance, for plants. This substance is called compost or humus and is used as fertilizer. Composting has many advantages. In this way we can recycle waste rather than transport them to landfills or burn them and pollute the environment. Also the substance produced is useful in agriculture for better plant growth.

The purpose of this project is the construction and testing of a mechanical composter. The success of this test will give us the green light to recommend it as a solution to large building complexes such as hospitals, large apartment buildings, food catering centers and similar businesses for their food leftovers and other organic waste.

Initially in cooperation with the company INTRACAT, we will design and construct a test composter. Then we will feed the machine with leftovers from the restaurant of company for a month.

Then we will be observing the composter for proper function and production of quality compost. The compost which will be produced will be analyzed chemically in laboratories to determine some parameters such as the pH and the comprehensiveness in Nitrogen, because these two critical factors that represent quality. For the last parameter we will be using the method of Kjeldahl determine nitrogen.

Finally we will evaluate the whole system; we will make observations and recommend improvements and additions.

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 <Τι είναι το κομπόστ>

Το κομπόστ είναι ένα σταθεροποιημένο οργανικό υλικό, αποτέλεσμα της αερόβιας αποικοδόμησης οργανικών υπολειμμάτων και της μετατροπής τους σε χούμο, με τη βοήθεια μικροοργανισμών.

Μπορεί να προέρχεται από τα φυτικά υπολείμματα του κήπου και της κουζίνας μας τα οποία η ίδια η φύση μετατρέπει σε ένα πλούσιο φυτόχωμα που χρησιμεύει για λίπασμα και βελτιωτικό του εδάφους. Είναι αγνό, καθαρό και φυσικό προϊόν.



**Εικόνα 1:** Κομπόστ (<http://www.emag.suez-environnement.com>)

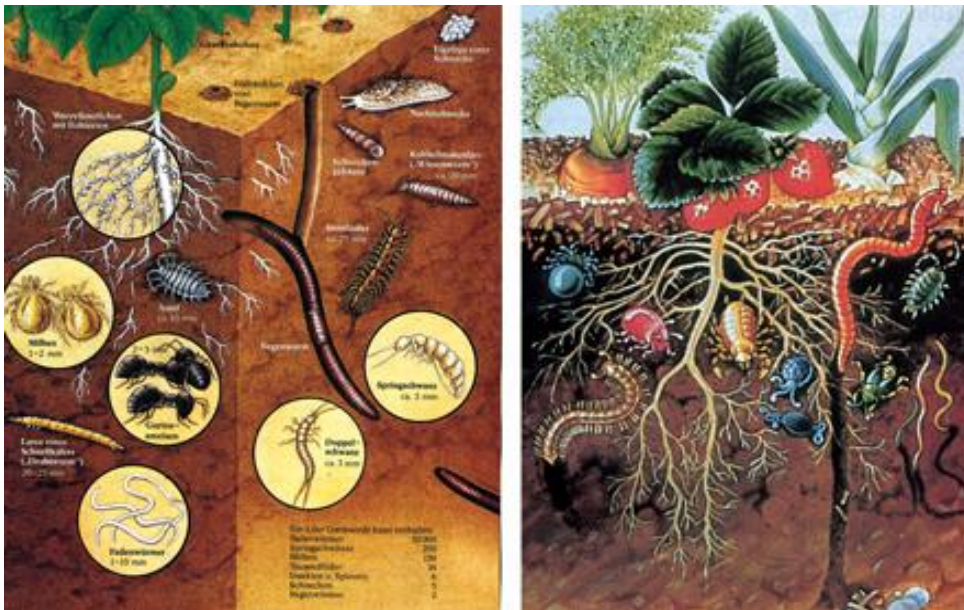
## 1.2 <Που χρησιμοποιείται το κομπόστ>

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κύριο λίπασμα ή ως εδαφοβελτιωτικό καθώς η χρήση του βελτιώνει τη δομή και την υφή του εδάφους. Αυξάνει τον αερισμό του και την ικανότητά του να συγκρατεί νερό. Το κομπόστ κάνει πιο χαλαρά τα αργιλώδη εδάφη και βοηθάει τα αμμώδη να συγκρατούν περισσότερο νερό. Προσθέτοντάς το αυξάνεται η γονιμότητα του εδάφους και ενισχύεται στα φυτά η ανάπτυξη υγιούς ριζικού συστήματος.

### 1.3 <H κομποστοποίηση>

Κομποστοποίηση είναι εκείνη η διαδικασία κατά την οποία λαμβάνει χώρα αερόβια βιολογική (οξειδωτική) αποικοδόμηση και σταθεροποίηση των οργανικών υλικών, που πραγματοποιείται υπό τις φυσικές και χημικές εκείνες συνθήκες που ευνοούν τη ανάπτυξη συγκεκριμένων θερμοφίλων, θερμοάντοχων και μεσόφιλων μικροβιακών πληθυσμών και η οποία μετατρέπει τα οργανικά υλικά σε μια πλούσια σκούρα ύλη δηλαδή το κομπόστ ή αλλιώς χούμους.

Η ποιότητά του εξαρτάται κυρίως από το είδος και την ποιότητα των υλικών που προστίθενται στη φάση της κομποστοποίησης, αλλά και άλλους παράγοντες όπως πχ. ο τρόπος στοίβαξης, ο χώρος παρασκευής, η ταχύτητα αποδόμησης των υλικών, η πορεία της ζύμωσης, η ωρίμανση, η χουμοποίηση.



**Εικόνα 2:** Μικροοργανισμοί εδάφους ( <http://www.physiologike.gr>)

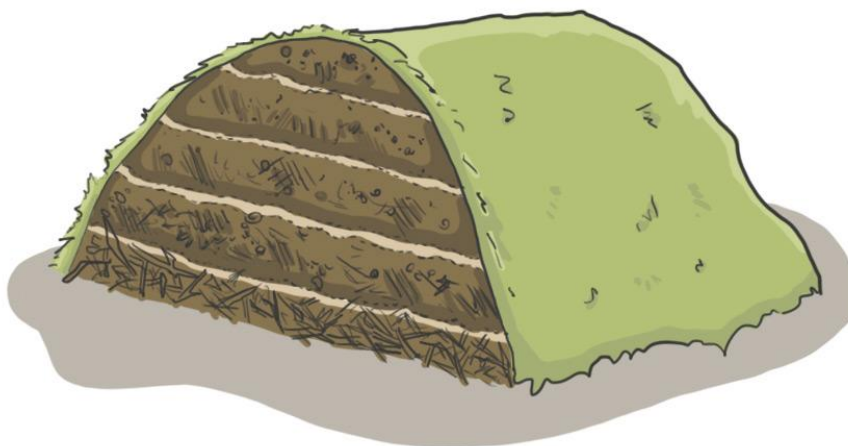
Η κομποστοποίηση μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι είναι δύο, είτε με χρήση κομποστοποιητή είτε με την μέθοδο του κομποστοσωρού.

Η μέθοδος του επιφανειακού σωρού ή κομποστοσωρού είναι η πιο απλή και η πιο εύκολη όταν δε διατίθενται ειδικές εγκαταστάσεις. Τα διάφορα υλικά στρώνονται σε ένα μέρος του χωραφιού, πάνω σε ζωντανό χόμα που έχει προηγουμένως οργωθεί λίγο περί τα 10 εκατοστά σε βάθος.

Ο σωρός πρέπει να παίρνει το σχήμα του «toll» με πλάτος 1,5 – 2 μέτρα και ύψος 1,3 μέτρα. Το μήκος του δε, καθορίζεται μόνον από την ποσότητα των διαθέσιμων υλικών και τον υπάρχοντα χώρο.

Στη βάση τοποθετούνται χονδροειδή υλικά, π.χ. διάφορα κλαδιά, προκειμένου να κυκλοφορεί ο αέρας και από πάνω προσθέτουμε τα υλικά.

Συνήθως τα υλικά τοποθετούνται σε στρώματα όπως φαίνεται και στην εικόνα παρακάτω.



**Εικόνα 3:** Κομποστοσωρός σε σχήμα «toll» (<http://www.gartengnom.net>)

Αν διαθέτουμε θρυμματιστή, τότε μπορούμε να εκμεταλλευτούμε και όλα τα κομμένα κλαδιά από κλαδέματα, με αποτέλεσμα το υλικό να βγαίνει ομογενοποιημένο, με την κατάλληλη υγρασία και να ανακατεύεται εύκολα.

Η άλλη, περισσότερο διαδεδομένη μέθοδος κομποστοποίησης βασίζεται στην χρήση κομποστοποιητών. Οι κομποστοποιητές είναι κατασκευές που φτιάχνονται για να επιταχύνουν την διαδικασία κομποστοποίησης και να βελτιώσουν την ποιότητα του

παραγόμενου κομπόστ.

Οι κομποστοποιητές ποικίλουν σε σχέδια και μεγέθη, ανάλογα με την ζητούμενη παραγωγή κομπόστ και το εμβαδόν του χώρου εγκατάστασης.

Μπορεί να είναι ένας απλός πλαστικός κάδος κομποστοποίησης ή και αυτοσχέδιος με παλέτες, για οικιακή χρήση. Αρκεί να έχει κατάλληλο σχεδιασμό για να οξυγονώνεται το κομπόστ (εικ. 6).

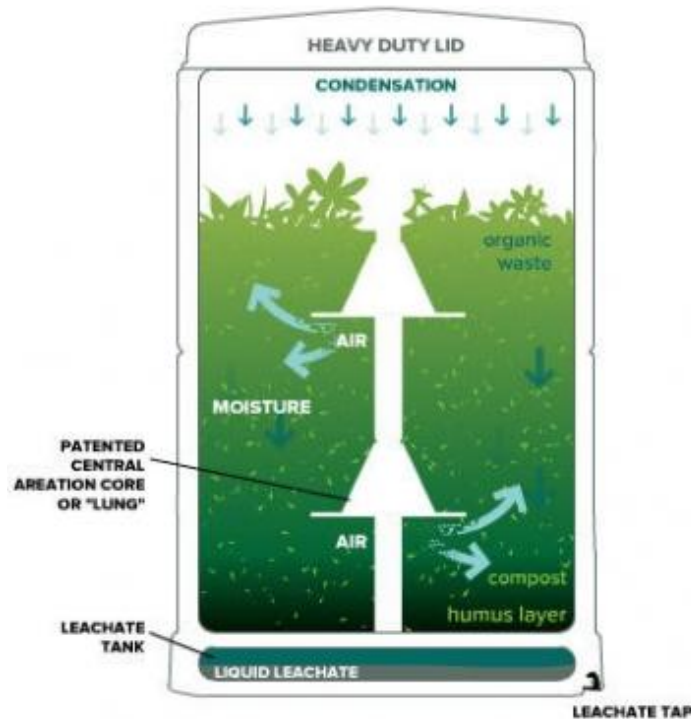


**Εικόνα 4:** Πλαστικός κομποστοποιητής (<http://pyrostia.gr/>)





**Εικόνα 5:** Αυτοσχέδιος κομποστοποιητής (<http://astrosnews.gr/>)



**Εικόνα 6:** Διάταξη αερισμού (<http://www.antemisaris.gr/>)

Μπορεί ακόμα να είναι ένας κομποστοποιητής ο οποίος λειτουργεί παράλληλα και ως γλάστρα (εικ.7) και καταναλώνει ταυτόχρονα μέρος του κομπόστ που παράγει, δίνοντας όμως

και υγρό παρασκεύασμα το οποίο είναι πρώτης τάξεως λίπασμα.

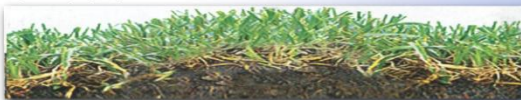
### Λειτουργία - Χρήση



Το πιθάρι στο πάνω μέρος έχει κάδο χωρητικότητας 30lt όπου μπορούμε να πετάμε τα οργανικά υπολείμματα του σπιτιού μας. Γύρω από το κάδο και διαμετρικά στο πιθάρι μπορούμε φυτέψουμε ό,τι είδους φυτά θέλουμε.

Η λειτουργία του πιθαριού βασίζεται στη χρήση γαιοσκωληκικών που υπάρχουν στο κάτω μέρος του, πάνω σε ένα φυσικό φίλτρο. Όταν ποτίζουμε το νερό φιλτράρεται περνώντας στο κάτω μέρος του πιθαριού που υπάρχει μια βρύση από όπου μπορούμε να πάρουμε το φυσικό μας λίπασμα.

Έτσι μπορούν να μετατραπούν σε φυσικό υγρό λίπασμα τα οργανικά υπολείμματα μιας τετραμελούς οικογένειας, δηλαδή 3- 5 λίτρα την μέρα.



### Τι ρόλο παίζουν οι γαιοσκώληκες στη λειτουργία του πιθαριού

Οι γαιοσκώληκες τρέφονται από το χώμα και τις οργανικές ουσίες που υπάρχουν στο πιθάρι. Στο πεπτικό τους σύστημα γίνεται μια χημική διάλυση των τροφών και τα αποβάλλουν σαν χουμοποιημένη κοπριά (κομπόστ), δηλαδή λίπασμα χωρίς δυσάρεστες οσμές. Χημική ανάλυση του υγρού δείχνει ότι περιέχει σε σχέση με το κοινό χώμα:

- \* 7 φορές περισσότερο φωσφορικά οξέα
- \* 19 φορές περισσότερο κάλιο
- \* 5 φορές περισσότερο νιτρικό άζωτο
- \* 2,5 φορές περισσότερο ασβέστιο

Το ίδιο πολλαπλάσιες είναι και οι ποσότητες των ιχνοστοιχείων (σίδηρος, μαγγάνιο, ψευδάργυρος, χαλκός, βόριο)



### Πότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υγρό κομπόστ.

Το υγρό κομπόστ είναι έτοιμο σε δύο ή λιγότερες εβδομάδες από τη στιγμή φύτευσης και χρήσης του πιθαριού. Από κει και έπειτα κάθε φορά που θέλουμε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το υγρό μας ως λίπασμα για τα φυτά μας αραιώνοντάς το με νερό (1 λίπασμα:2 νερό).

**Εικόνα 7:** κομποστοποιητής πιθάρι (<http://www.decogreen.gr>)

Τέλος για την διαχείριση γεωργικών ή κτηνοτροφικών υπολειμμάτων και την μαζική παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων κομπόστ, κατασκευάζονται βιομηχανικοί κομποστοποιητές πολύ πιο σύνθετοι και ογκώδεις, οι οποίοι για την λειτουργία τους υποστηρίζονται από πολλά επιμέρους μηχανήματα και βοηθητικές εγκαταστάσεις (εικ.8).





**Εικόνα 8:** Βιομηχανικός κομποστοποιητής (<http://www.bbef.org.uk/TEG.pdf>)

Οι κομποστοποιητές, δεν κάνουν κάτι διαφορετικό από την φύση. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην φυσιολογική λειτουργία αποδόμησης μέσω μικροοργανισμών, κάνουν όμως την διαδικασία της αποδόμησης αρκετά γρηγορότερα απ' ό τι γίνεται έξω στην φύση. Αυτό το επιτυγχάνουν κυρίως λόγω του σχεδιασμού τους, που επιτρέπει την εισροή του αέρα σε ολόκληρη την μάζα του κομπόστ και ευνοούν την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών.

Επιπλέον αναπτύσσοντας υψηλές θερμοκρασίες σκοτώνουν τα παράσιτα και τα καταστρέφουν την βλαστική ικανότητα των σπόρων ζιζανίων που περιέχονται πολλές φορές στο προς κομποστοποίηση υλικό.

Με αυτά τα πλεονεκτήματα οι κομποστοποιητές είναι η πλέον ενδεδειγμένη λύση για παραγωγή καθαρού και ποιοτικού κομπόστ.

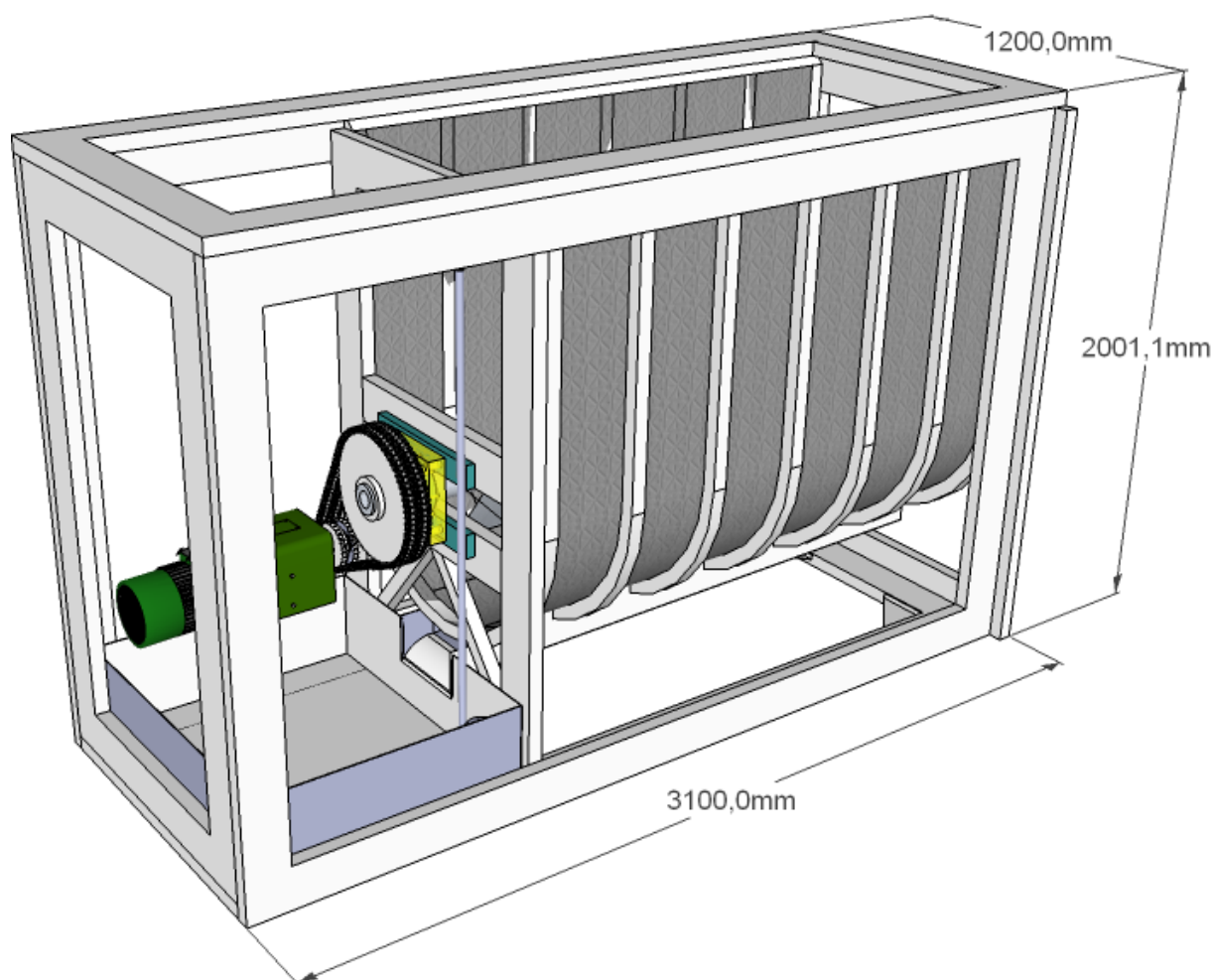


## 2 ΠΡΟΤΥΠΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗΣ

### 2.1 <Μελέτη του κομποστοποιητή>

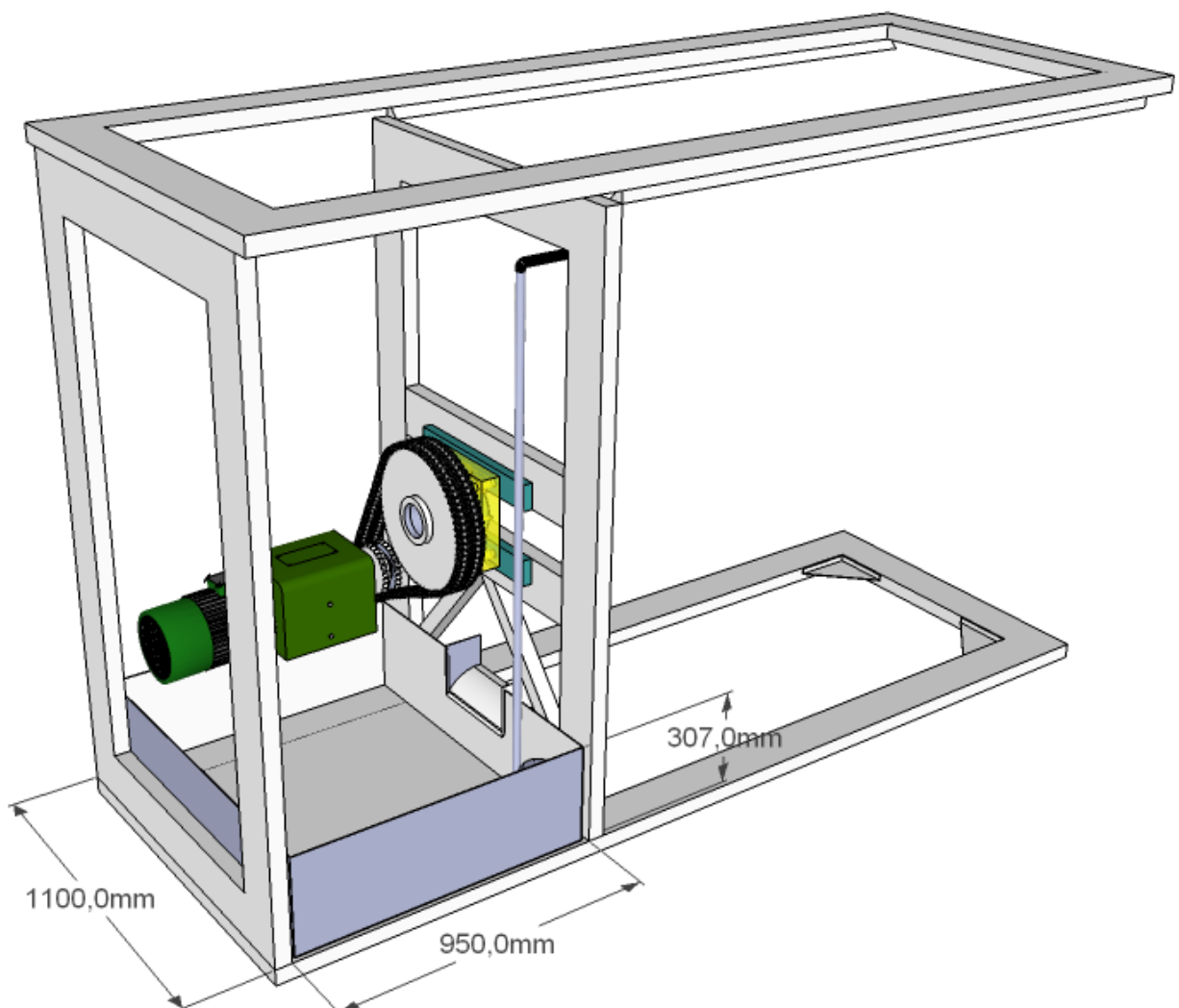
Ο κομποστοποιητής που θα κατασκευαστεί θα είναι μηχανικός με δυναμική ανάδευση του κομπόστ, ώστε να επιτυγχάνουμε ομοιόμορφη ωρίμανση θερμοκρασία και υγρασία σε ολόκληρη την μάζα του υλικού.

Η κατασκευή θα αποτελείται από στιβαρό πλαίσιο (βάση) διαστάσεων 1,2 x 2 x 3,1 μέτρα, κατασκευασμένο με κοίλοδοκούς, αφαιρούμενα πλαϊνά καλύμματα και θυρίδες εισαγωγής – εξαγωγής οργανικού υλικού.



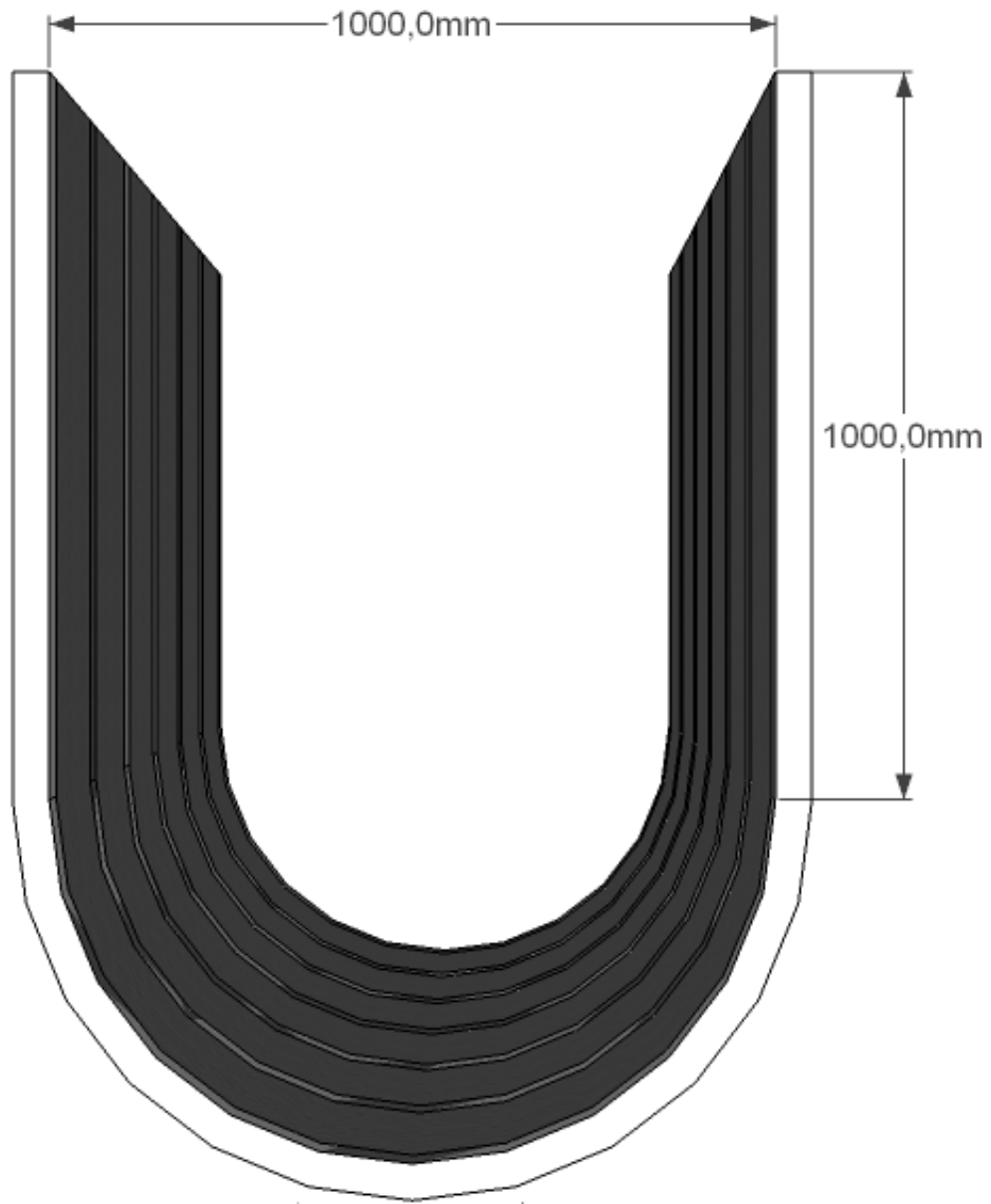
**Εικόνα 9:** Σχέδιο κομποστοποιητή

Το συνολικό μήκος θα διαιρείται σε δύο διαμερίσματα. Στο μικρότερο διαμέρισμα μήκους περίπου 1 μέτρου θα τοποθετηθεί το μηχανοστάσιο που θα περιλαμβάνει τον κινητήρα, τον πίνακα αυτοματισμών και άλλα. Επιπλέον στο κάτω μέρος του, σε ξεχωριστό υδροστεγές διαμέρισμα, θα κατασκευαστεί δεξαμενή συλλογής στραγγισμάτων.



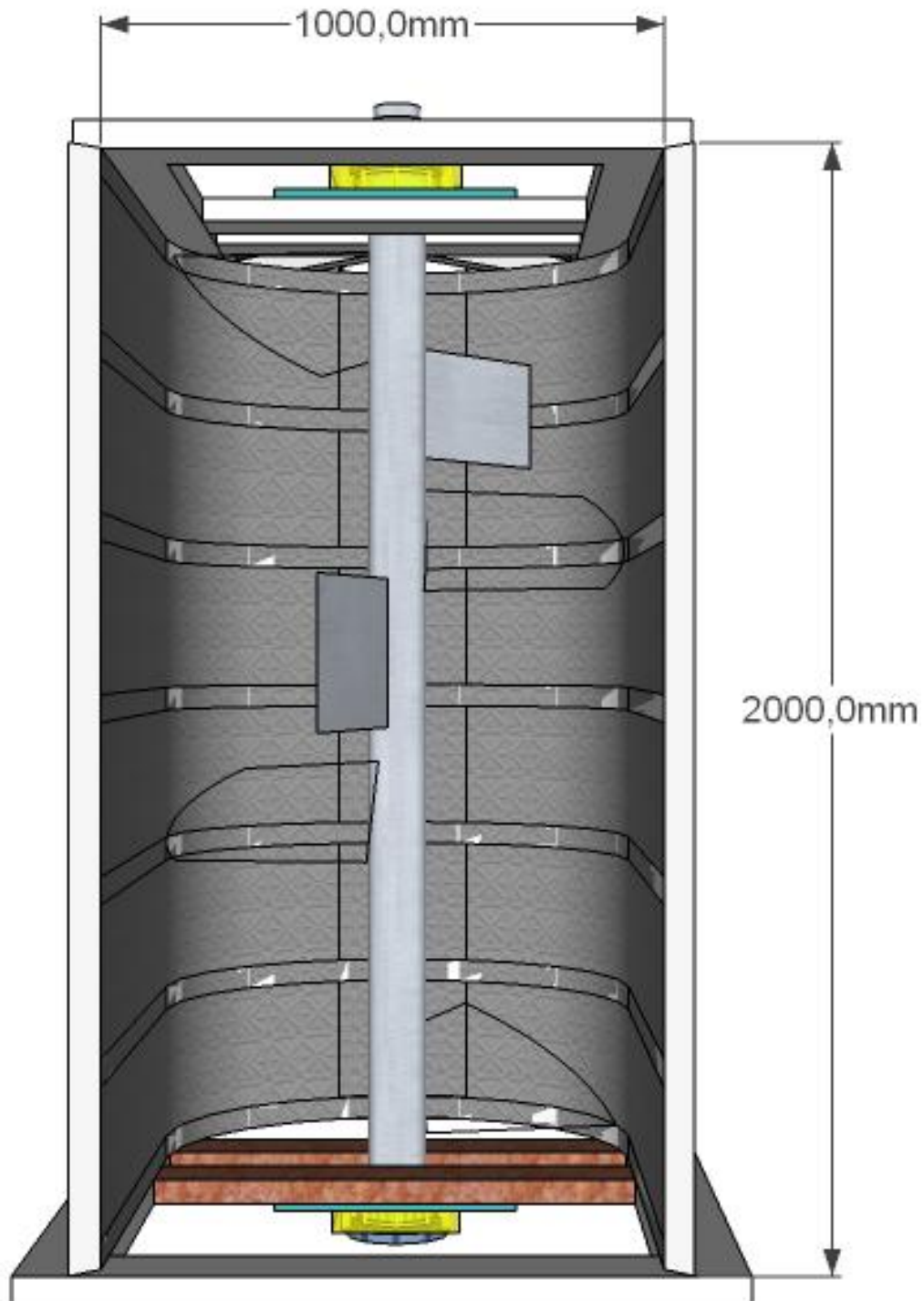
**Εικόνα 10:** Βάση κομποστοποιητή

Στο μεγαλύτερο διαμέρισμα θα υπάρχει ημικυλινδρικός θάλαμος κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα, όπου θα γίνεται η επεξεργασία – ανάδευση του οργανικού υλικού



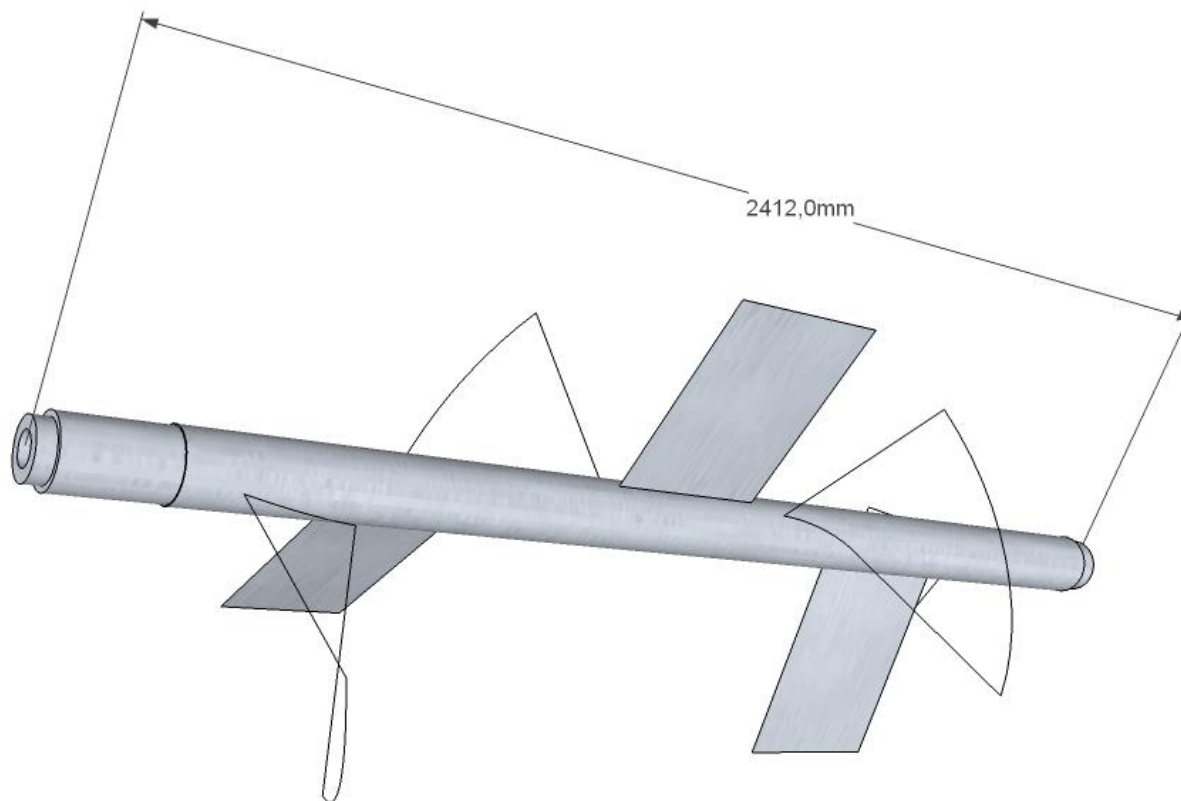
**Εικόνα 11:** Πλάγια όψη του κάδου του κομποστοποιητή

Κατά μήκος του θαλάμου θα τοποθετηθεί στροφείο για την ανάδευση του προς επεξεργασία υλικού.



**Εικόνα 12:** Κάτοψη του κάδου

Το στροφείο θα αποτελείται από άξονα με κατασκευαστικές λεπτομέρειες που φαίνονται στο παρακάτω σχέδιο.



**Εικόνα 13:** Αναδευτήρας κομποστοποιητή

Ο άξονας θα φέρει επτά αντικαθιστάμενα πτερύγια ανάδευσης δύο τύπων. Τρία επίπεδα, παραλληλόγραμμα πτερύγια με διαστάσεις 424x320x8 χιλιοστά και τέσσερα ελικοειδή με ακτίνα 0,5 μέτρα από το κέντρο του άξονα και βήμα 1,3 μέτρα. Το τόξο του τμήματος της έλικας είναι περίπου 60 μοίρες. Η διάταξη των ελικοειδών πτερυγίων είναι τέτοια που να εξαναγκάζει την μετακίνηση του υλικού από το ένα άκρο στο άλλο και αντίστροφα. Ο σχεδιασμός αυτός έγινε ώστε να εξασφαλιστεί όσο το δυνατόν καλύτερη ομογενοποίηση, διάχυση της υγρασίας και αερισμό του κομπόστ.

Ο παραπάνω άξονας θα λαμβάνει κίνηση από έναν ηλεκτρικό κινητήρα 2.2kW μέσω αλυσίδας και οδοντωτού τροχού, για να επιτευχθεί η ζητούμενη μείωση των στροφών και αύξηση της ροπής στρέψης.

## 2.2 <Υλικά κατασκευής>

Για την κατασκευή του πρότυπου μηχανικού κομποστοποιητή χρησιμοποιήθηκαν αρκετά υλικά από τα οποία, τα κυριότερα αναφέρονται παρακάτω.

Χαλυβδόφυλλα πάχους από 1mm έως 5mm πάχος για την κατασκευή των καλυπτρών (καπάκια) , των πτερυγίων ανάδευσης καθώς κι επιμέρους τμημάτων του πλαισίου.



**Εικόνα 14:** Πίσω όψη κομποστοποιητή



Κοιλοδοκοί βαρέως τύπου διαφόρων μεγεθών για τον σκελετό του πλαισίου και για την ενίσχυση των τοιχωμάτων του κάδου και ανοξείδωτα χαλυβδόφυλλα 2χιλ. για τον κάδο.



**Εικόνα 15:** Ενισχύσεις του κάδου με κοιλοδοκούς



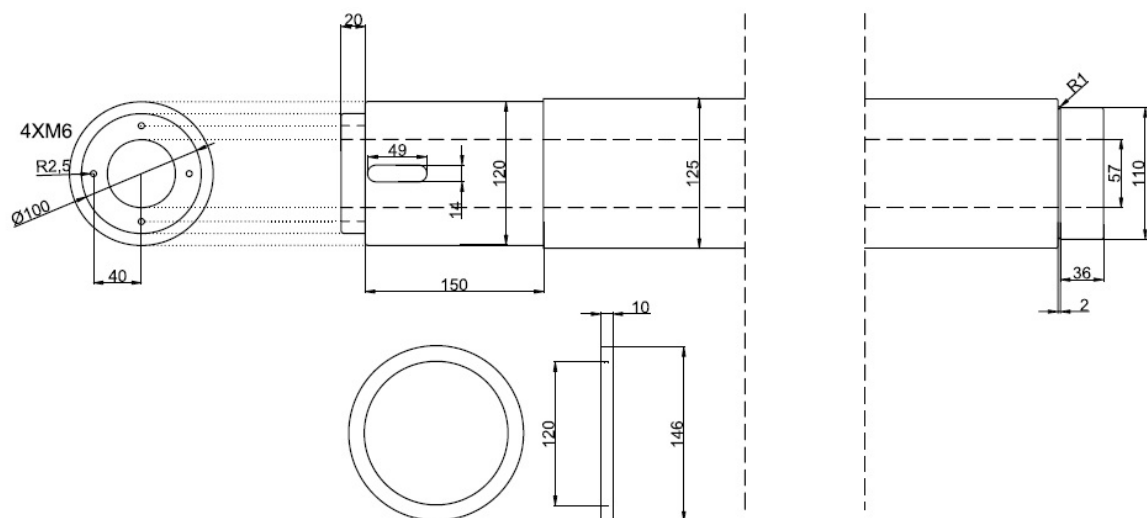
**Εικόνα 16:** Άποψη του κάδου

Άξονας 2,3 μέτρων από τουμποσωλήνα πάχους 34 χιλιοστών και διαμέτρου 12,5 εκατοστών.



**Εικόνα 17:** Ο αναδευτήρας

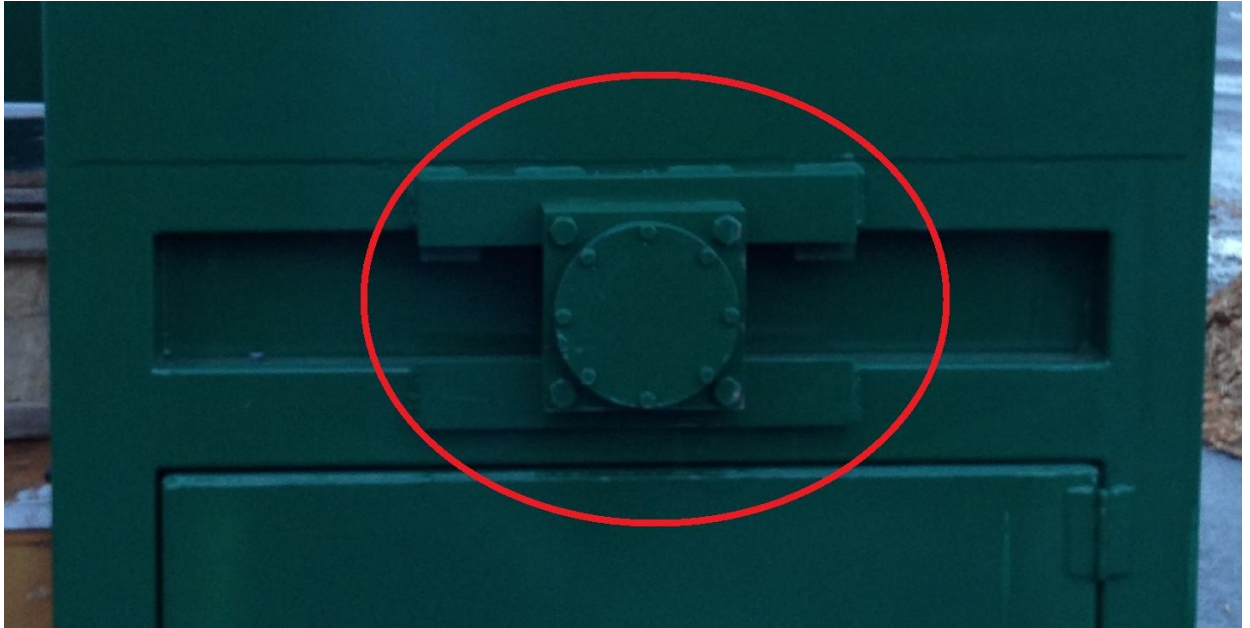
Το παρακάτω σχέδιο δείχνει τις κατεργασίες των άκρων για την σύνδεση με το γρανάζι κίνησης καθώς και την έδραση του άξονα.



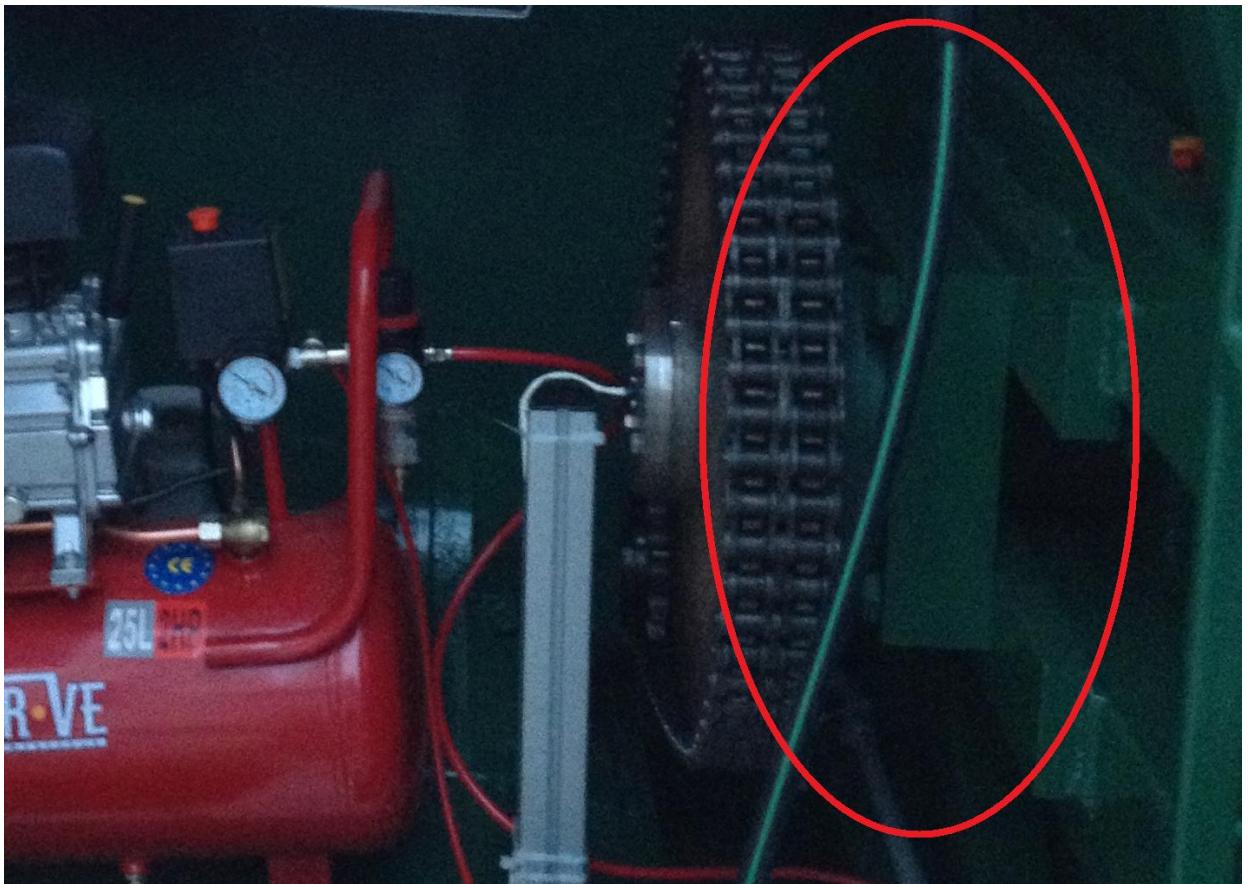
**Εικόνα 18:** Σχέδιο του άξονα



Ένσφαιροι τριβείς (ρουλεμάν) στα σημεία έδρασης του άξονα, στις δύο πλευρές του κομποστοποιητή.



**Εικόνα 19:** Δεξιά βάση αναδευτήρα



**Εικόνα 20:** Αριστερή βάση αναδευτήρα

Ηλεκτρομειωτήρας 2.2 kw και 1420 στροφών ανά λεπτό, με τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

Τάση λειτουργίας: 230 Volt

Συχνότητα: 50 Hz

Ισχύς: 2.2 kW

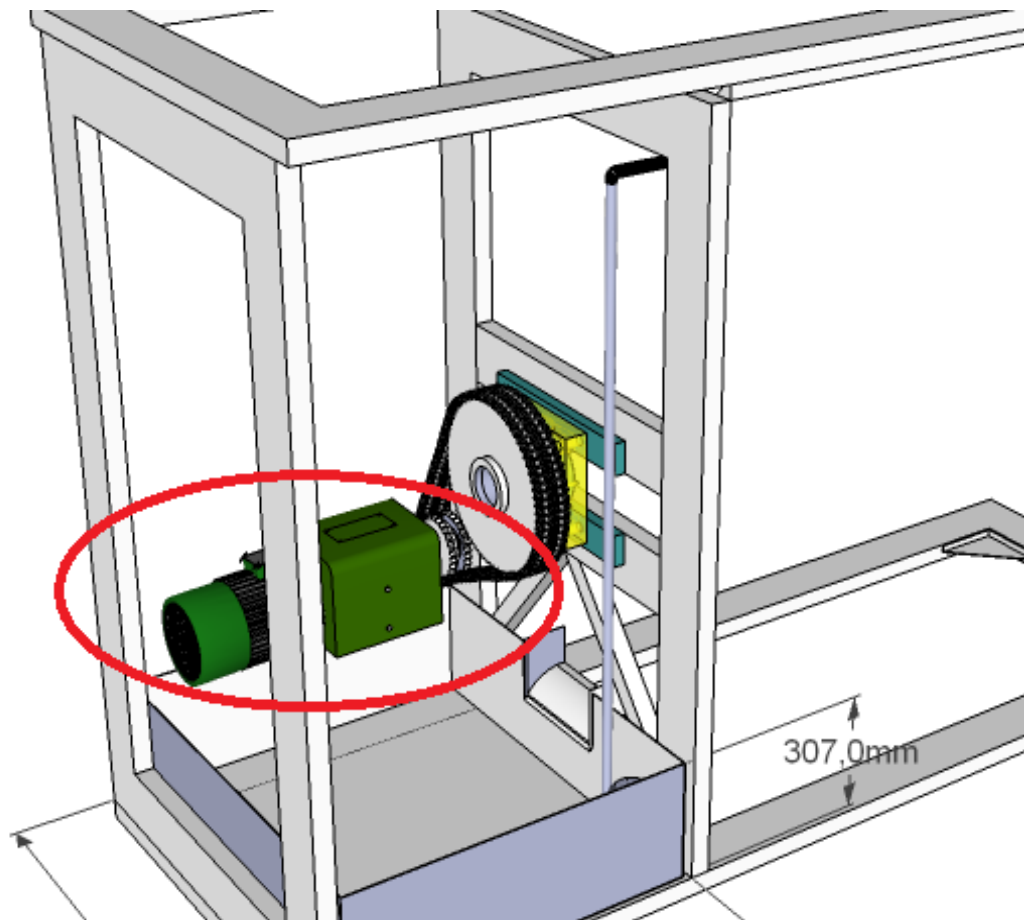
Στροφές κινητήρα: 1420 rpm

Συντελεστής ισχύος:  $\cos = 0.78$

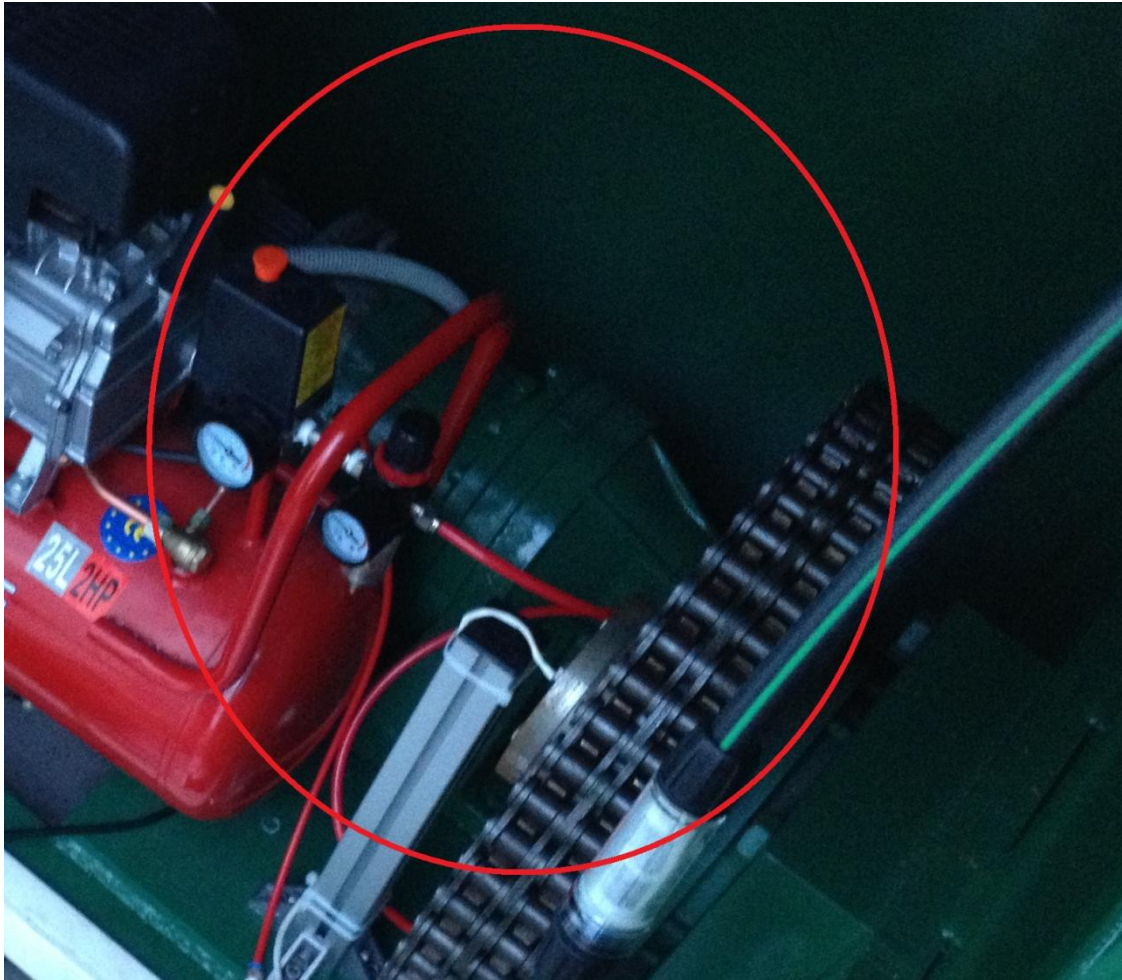
Στροφές στην έξοδο του μειωτήρα: 19.1 rpm

Σχέση μετάδοσης: 73:1

Ροπή κινητήρα: 11 Nm



**Εικόνα 21:** Σχέδιο θέσης ηλεκτρομειωτήρα



**Εικόνα 22:** Ο ηλεκτρομειωτήρας του κομποστοποιητή

Την διάταξη της κίνησης συμπληρώνουν οδοντωτοί τροχοί με διπλή οδόντωση (για επιπρόσθετη αντοχή) τύπου Π Ζ 57 και Π Ζ 15 και βιομηχανική αλυσίδα SKF Π για μετάδοση της κίνησης.

Για τον υπολογισμό των γραναζιών ακολουθήσαμε την παρακάτω διαδικασία:

Χρησιμοποιήσαμε σαν δεδομένα την ισχύ του ηλεκτρομειωτήρα ( $P=2.2 \text{ kW}$ ), τις στροφές στην έξοδο του  $n_{\eta\lambda}$  και τις απαιτούμενες στροφές που επιθυμούμε να έχει η άτρακτος  $n_{\alpha\tau\rho}$

Αρχικά βρίσκουμε την σχέση μετάδοσης  $i$

$$i = n_{\eta\lambda} / n_{\alpha\tau\rho} = 19,1/7 = 2,75$$

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα τυποποιημένων γραναζιών και την σχέση μετάδοσης καταλήξαμε στην επιλογή ενός μεγάλου τροχού με  $z=45$  δόντια και ενός μικρού με  $z=16$  δόντια. Ο λόγος τους  $45/16=2.8$  είναι αρκετά κοντά στον δικό μας 2.75.

Για τον υπολογισμό της ισχύος της αλυσίδας  $P_D$  θα χρειαστούν και κάποιοι



συντελεστές ασφαλείας τους οποίους και θα λάβω από τους κατάλληλους πίνακες.

$F1=1.5$  για ανομοιόμορφη λειτουργία και  $F2=1.17$  για  $z=16$  δόντια στον μικρό τροχό.

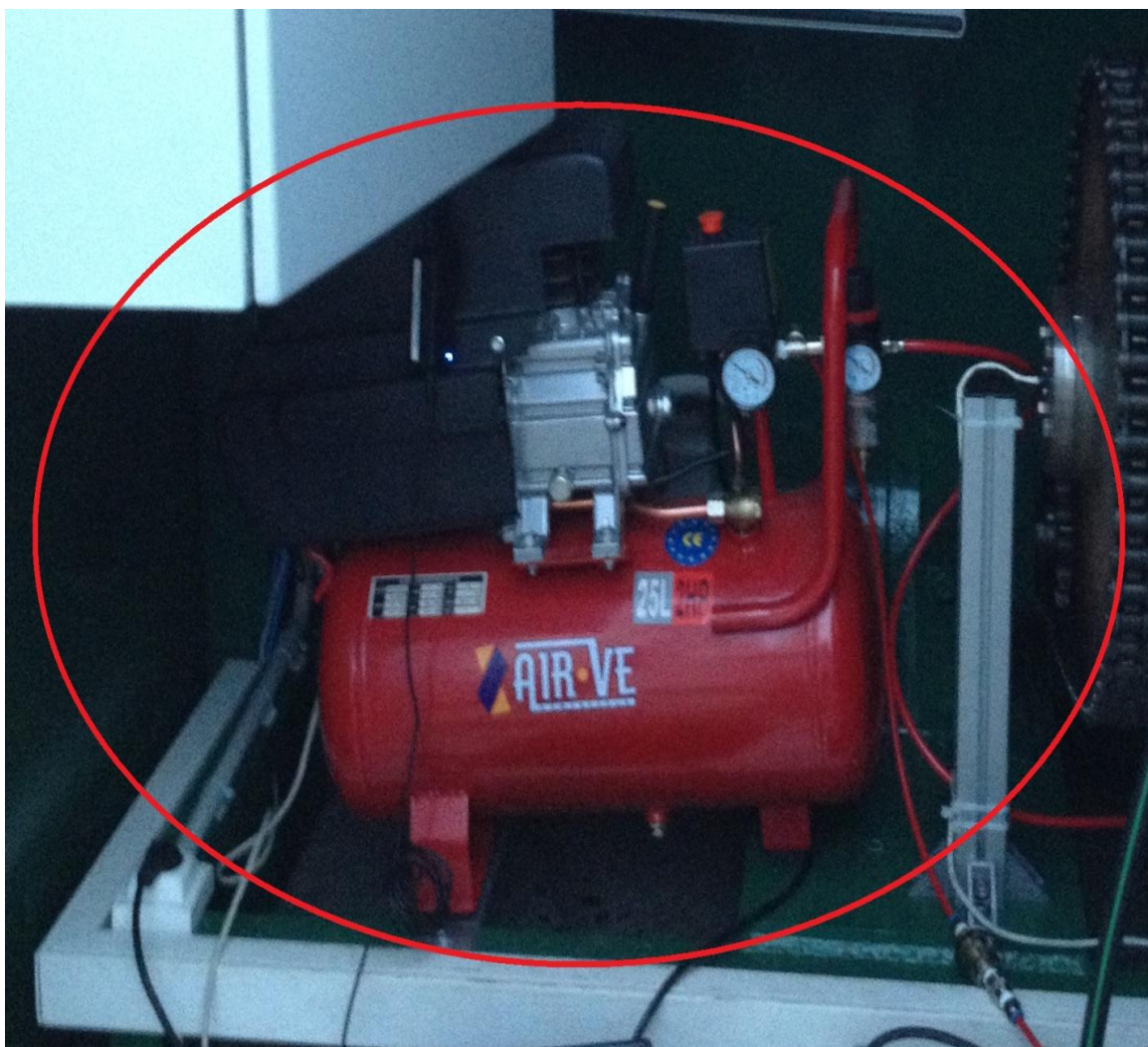
$$P_D = P \cdot F1 \cdot F2 = 2.2 \cdot 1.5 \cdot 1.17 = 3.86 \text{ Kw}$$

Όπου:  $F1$  είναι ο συντελεστής λειτουργίας και

$F2$  είναι ο συντελεστής οδόντωσης

Από το διάγραμμα ισχύος για αλυσίδες επιλέγω την διπλή αλυσίδα 16B με βήμα  $p=22.5$

Επιπλέον τοποθετήθηκε ηλεκτρικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής μονομπλόκ, χωρητικότητας αεροφυλακίου 25 λίτρων και 2 ίππων ισχύος



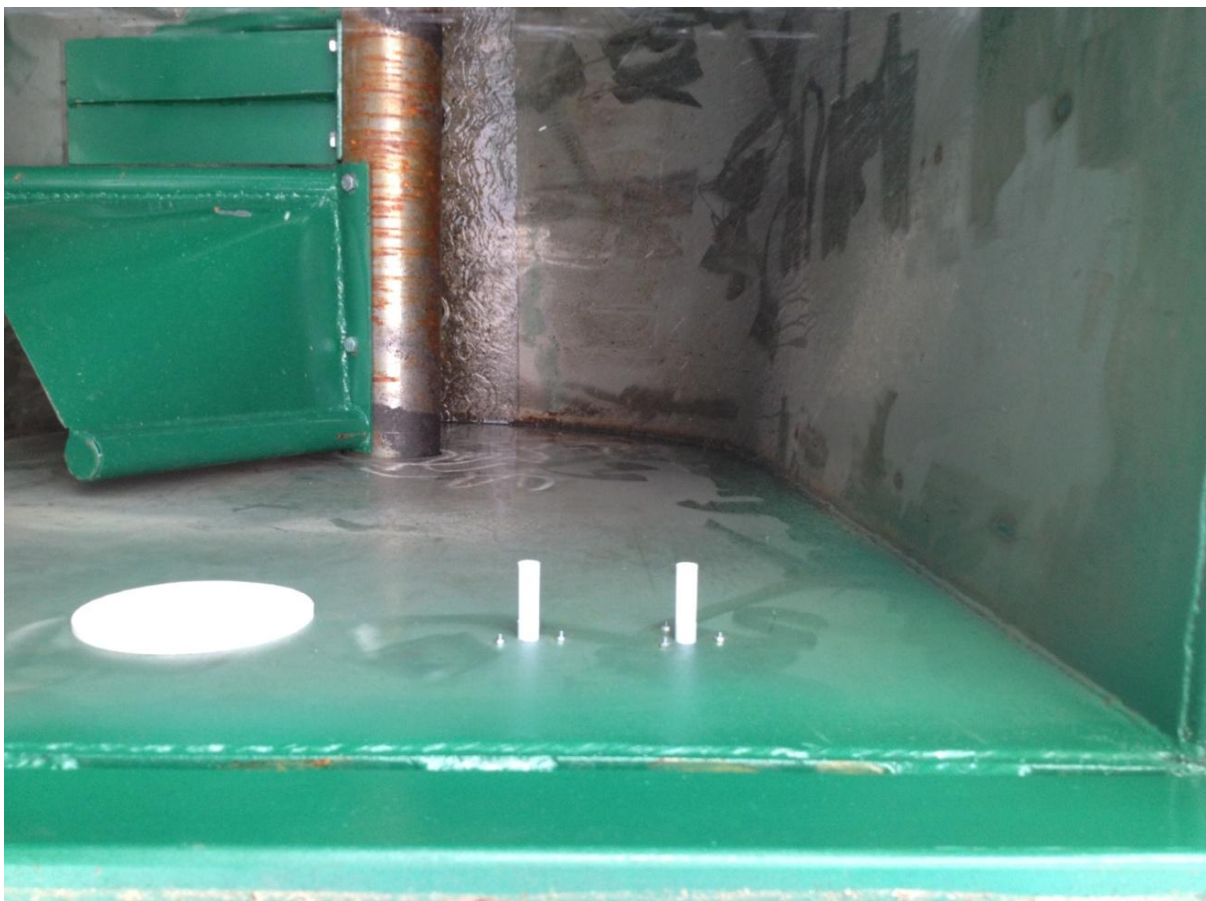
**Εικόνα 23:** Κομπρεσέρ αέρος

σε συνδυασμό με πνευματικά έμβολα 50\*200 χιλιοστά, για το άνοιγμα των άνω καλυμμάτων του κομποστοποιητή



**Εικόνα 24:** Πνευματικά έμβολα για το άνοιγμα των θυρίδων

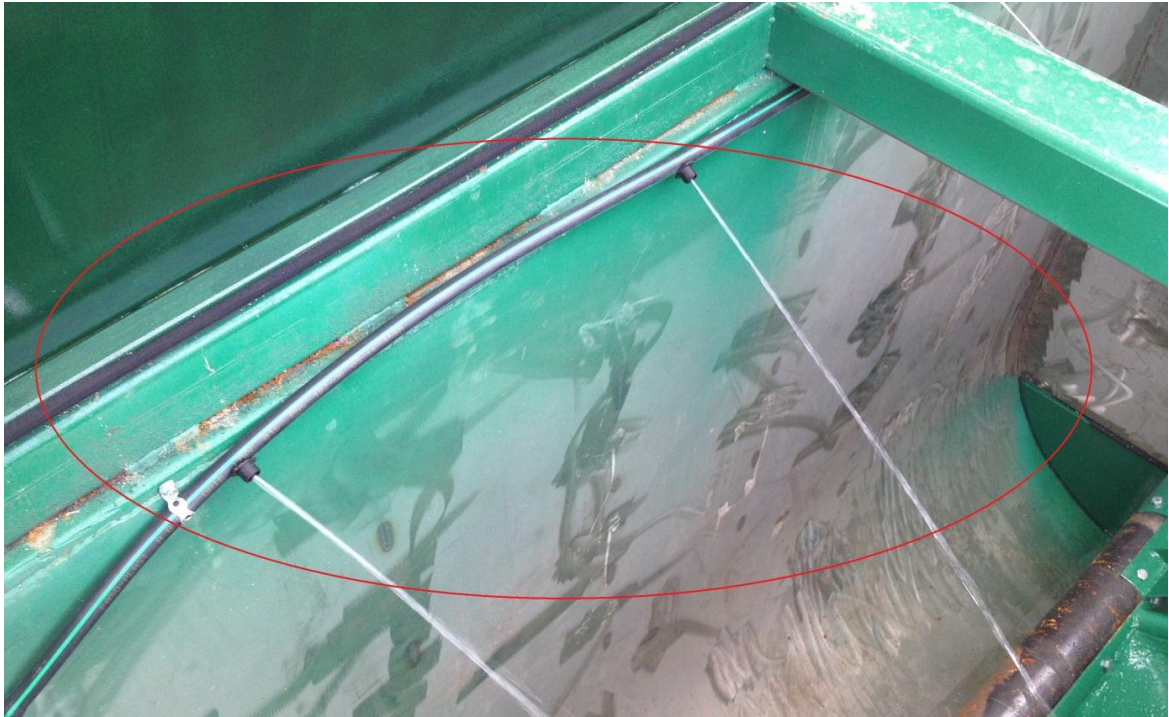
Τοποθετήθηκαν αισθητήρες για την μέτρηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας στον κάδο του κομποστοποιητή για να πληροφορούμαστε τις συνθήκες που επικρατούν.



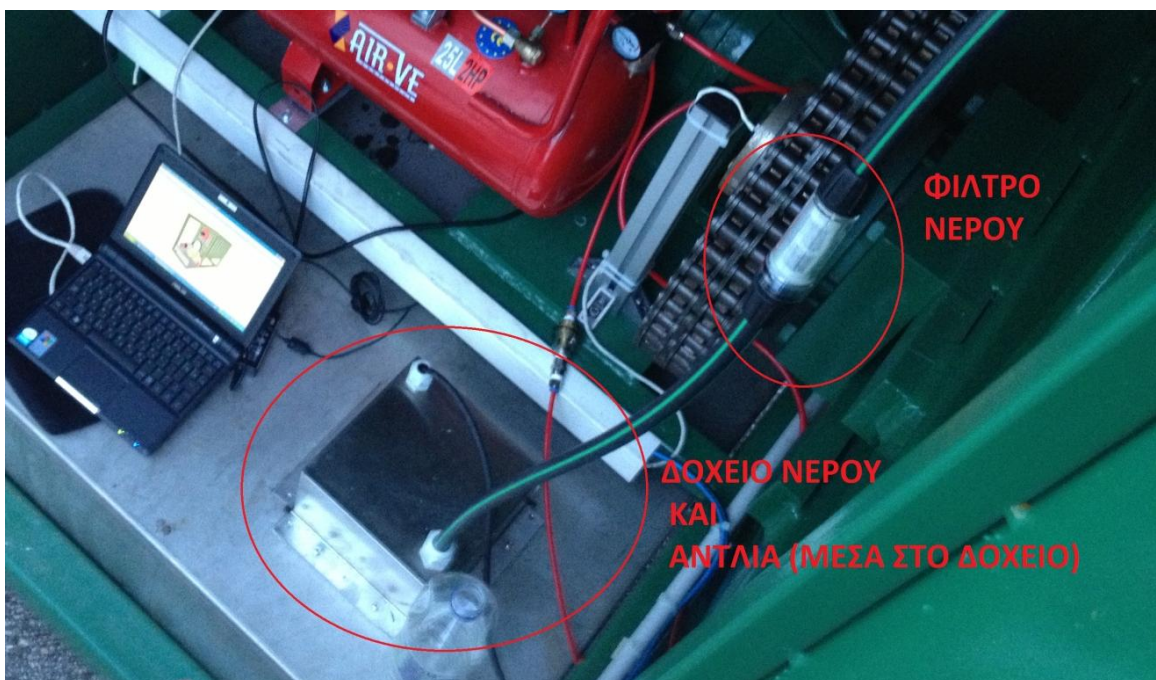
**Εικόνα 25:** Αισθητήρια όργανα

Επίσης χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα διαβροχής του κομποστ το οποίο αποτελείται από το δοχείο νερού, μία παλμική αντλία προώθησης καθώς κι ένα φίλτρο για την πρόληψη της έμφραξης των μπεκ από τυχόν στέρεα σωματίδια. Επίσης το σύστημα διαβροχής συμπληρώνεται από τον σωλήνα μεταφοράς υγρού με τα ενσωματωμένα μπεκ ψεκασμού. Αυτό θα προστατέψει το κομπόστ από την αφυδάτωση κυρίως τους θερινούς μήνες αλλά μπορεί να χρησιμοποιείται και στην περίπτωση που ρίξουμε στον κάδο, στεγνά υλικά για να επαναφέρουμε την υγρασία στα επίπεδα που είναι ευνοϊκά για τους μικροοργανισμούς.





**Εικόνα 26:** Σύστημα διαβροχής



**Εικόνα 27:** Σύστημα προώθησης νερού διαβροχής του κομπόστ

Τέλος, στην κατασκευή τοποθετήθηκε και εξαερισμός ώστε να διώχνουμε την υπερβολική υγρασία και τους υδρατμούς που παράγονται κατά την κομποστοποίηση.



**Εικόνα 28:** Εξαεριστήρας

Για την εταιρία, το κόστος της μεταλλικής κατασκευής και των υλικών του κομποστοποιητή ανήλθε στα 9580.00 €, χωρίς να υπολογίζεται το κόστος μελέτης και το προσδοκώμενο κέρδος της εμπορικής διάθεσης του προϊόντος, με την αναλυτική λίστα να συνοψίζει τα υλικά παρακάτω.



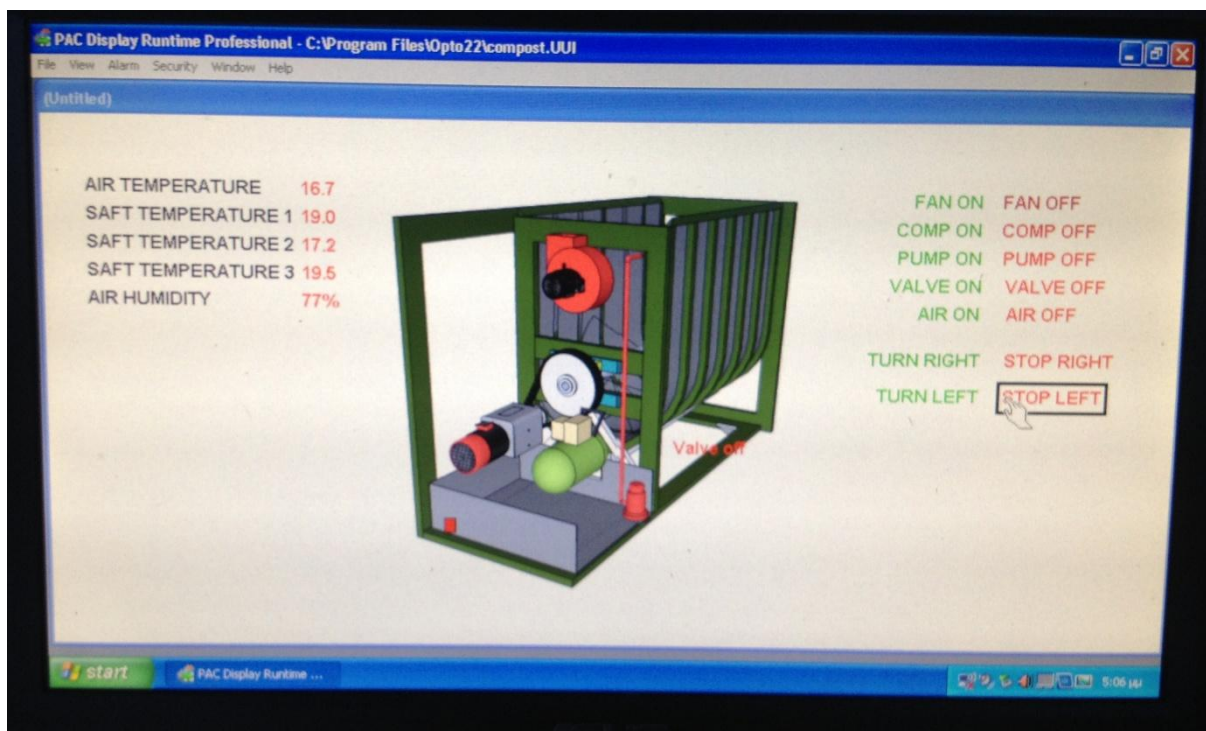
Συνοπτικά, τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν, προέκυψαν έπειτα από έρευνα αγοράς και αξιολόγηση και περιλαμβάνονται στην παρακάτω συγκεντρωτική λίστα:

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ	ΤΜΧ	ΚΟΣΤΟΣ €
Μεταλλική Κατασκευή ΙΚΑΤ	-	5000.00
ΜΕΙΩΤΗΡΑΣ TR305 R190 P100 L3	1	790.00
INVERTER2.2KW ACT401-13FA 400V,	1	530.00
ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ KP500 ACTIVE 201/401	1	120.00
ΓΡΑΝΑΖΙΑ 1 Π Ζ 45	1	140.00
ΓΡΑΝΑΖΙΑ 1 Π Ζ 16	1	60.00
ΑΛΥΣΙΔΑ SKF 1 Π	1	75.00
ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΑΛΥΣΙΔΟΣ SKF 1 Π	1	16.00
ΡΟΥΛΕΜΑΝ	1	240.00
ΡΟΥΛΕΜΑΝ X/Q	1	49.00
ΗΛΕΚΤΡΟΚ. 2.2 kw 1420 RPM P100B5	1	230.00
Πλάκες Λαμαρίνας 245x245x65 χιλ	2	90.00
Φέτες άξονα Φ220x50	2	110.00
Σφικτήρας Destaco	1	120.00
Έμβολο αέρος 50X200	2	370.00
Χειριστήριο μπουτόν	1	16.00
Ρακορ γωνία Φ6 1/4	6	18.00
Ρακορ ταφ Φ6	1	3.00
Ρυθμιστής ροής 1/8	2	32.00
Σωλήνα PA 4X6	10	12.00
Μεταδότης 4-20mA T03 του Οίκου JUMO Γερμανίας	3	120.00
Βάση για στήριξη σε ράγα	3	30.00
2-ΟΔΗ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑ ΦΛΑΝΤΖΩΤΗ PN6/10/16, 1"	1	70.00
ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ON-OFF 24VAC/DC, 90sec, IP54,		

ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑΓΩΓΟΥ 230mm, ΕΞΟΔΟΣ 2-wire, 4-20mA	1	13.00
ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑΓΩΓΟΥ, 230mm, ΕΞΟΔΟΣ 2-wire, 4-20mA, 0-100°C	1	10.00
ΒΑΛΒΙΔΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ, Normally closed, 24V DC, 3/8"	1	28.00
Κουτί μεταλ. 1000x760x300 2πορτες rital	1	70.00
Αυτόματη ασφάλεια 6kA ik60N 3P 25A c	1	13.00
Ρελε ραγας ACTI9 iCT 4P 40A 230V 4A	1	18.00
Ρελε ραγας ACTI9 iCT 1P 25A 230V 1A	1	12.00
Κεφαλή μπουτον κόκκινη Φ40 ZB4BS54	1	7.00
Κεφαλή ενδεικτικής λυχνίας κοκκίνη ZB4BV043	1	4.00
Σώμα λυχνίας κόκκινο ZB4BVM4	1	16.00
Σώμα μπουτον Μ/Επαφες 1K ZB4BZ102	1	12.00
Πριζα βιομ. Επιτοιχη 5X32A MENNEKES	1	26.00
ΦΙΣ βιομ. Αρσενικο 5X32A MENNEKES	1	28.00
Διακ. Διαρροης iID 40A 30MA AC	1	65.00
Φυσίγγια Ενεργού Άνθρακα - Ενεργής Αλουμίνιας FCC (τύπος FCC-BL)	2	40.00
Βάσεις φυσιγγίων	1	12.00
Φίλτρο αλουμινίου κατακράτησης υγρασίας 35x20x5cm	1	24.00
Τροφοδοτικό Meanwell RS-25-5	1	20.00
Τροφοδοτικό Meanwell MDR-60-24	1	29.00
Διάφορα Μικρουλικά	-	170.00
Αεροσυμπιεστής	1	219.00
Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας	1	60.00
Υποβρύχια αντλία λυμάτων	1	65.00
Υλικά εξωτερικής μόνωσης	-	130.00

### 2.3 <Τρόπος λειτουργίας κομποστοποιητή>

Για την λειτουργία και τον έλεγχο των απαραίτητων παραμέτρων του κομποστοποιητή χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες και αναπτύχθηκε λογισμικό παρακολούθησης και χειρισμού του, μέσω υπολογιστή. Οι αισθητήρες μέτρησης που έχουν τοποθετηθεί, μας πληροφορούν για την θερμοκρασία και την υγρασία του κομποστ.



**Εικόνα 29:** Στιγμιότυπο οθόνης από το λογισμικό ελέγχου

Σε κάθε επίσκεψη μας στον κομποστοποιητή για την τροφοδότησή του, ενεργοποιούμε και τον αναδευτήρα για λίγα λεπτά, ώστε να ομογενοποιούμε το μίγμα.

Ελέγχοντας και τις υπόλοιπες παραμέτρους (υγρασία, θερμοκρασία, κτλ) από την οθόνη του υπολογιστή μας, κρίνουμε αν είναι σκόπιμο να χρησιμοποιήσουμε το σύστημα διαβροχής ή εξαερισμού του κομποστ.

## 3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ

### 3.1 <Τροφοδότηση του κομποστοποιητή>

Ο κομποστοποιητής μας θα τροφοδοτείται με τα καθημερινά υπολείμματα τροφών του εστιατορίου. Η ποσότητα της τροφοδοσίας είναι περίπου στα δεκαοκτώ κιλά την ημέρα. Κάθε φορά που θα προσθέτουμε φρέσκα υλικά για κομποστοποίηση θα ενεργοποιούμε τον αναδευτήρα για την ομογενοποίηση και τον αερισμό του υλικού. Επίσης θα σημειώνουμε και τις ενδείξεις των αισθητήρων τις οποίες λαμβάνουμε.

#### 3.1.1 <Πρώτη εβδομάδα λειτουργίας>

Ξεκινήσαμε την Δευτέρα 26 Νοέμβρη να τροφοδοτούμε τον κομποστοποιητή με τα πρώτα υπολείμματα τροφής από την εταιρία. Το μίγμα που συγκεντρώσαμε ήταν περίπου 19 κιλά και αποτελούταν κυρίως από μαρούλια, λάχανα, ψωμιά, φλούδες φρούτων.

AIR TEMPERATURE	17.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	17.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	17.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	17.1 °C
AIR HUMIDITY	87 %

Την Τρίτη 27 Νοεμβρίου μαζέψαμε υπολείμματα 17 κιλών από κοτόπουλο, ρύζι, πίτσα, πατάτες τηγανιτές, ταλιατέλες, ψωμί, λάχανο, μαρούλια και φλούδες από φρούτα.

AIR TEMPERATURE	16.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	16.3 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	16.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	16.2 °C
AIR HUMIDITY	81 %

Την Τετάρτη 28 Νοεμβρίου έριξα στον κομποστοποιητή 15 κιλά περίσσειμα από

κεφτεδάκια, ρύζι, ζυμαρικά, σάλτσα, ψωμί, ψάρια, πατάτες, λάχανο, φλούδες από μπανάνες, μήλα και πορτοκάλια.

AIR TEMPERATURE	16.0 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	16.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	16.0 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	16.1 °C
AIR HUMIDITY	88 %

Την Πέμπτη 29 Νοεμβρίου συγκέντρωσα 18 κιλά από μοσχάρι, ρύζι, κοτόπουλο, πατάτες, τυρί, ψωμί, λάχανο, μαρούλι, φλούδες από μανταρίνια και μήλα.

AIR TEMPERATURE	15.7 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	16.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	15.8 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	16.0 °C
AIR HUMIDITY	88 %

Την Παρασκευή 30 Νοεμβρίου έριξα στον κομποστοποιητή 19 κιλά από φασολάδα, φακές, τυρί, μπάμιες, χοιρινό, σπανακόρυζο, τυρόπιτα, φλούδες από ακτινίδια και ρόδια, ψωμιά, λάχανο και μαρούλια.

AIR TEMPERATURE	15.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	16.0 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	15.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	15.9 °C
AIR HUMIDITY	90 %

Η τροφοδότηση του κομποστοποιητή ολοκληρώθηκε ομαλά καθ' όλη την πρώτη εβδομάδα, με υπολείμματα και περισσεύματα φαγητών. Μέχρι και την Παρασκευή 30 Νοεμβρίου, είχαμε ρίξει 88 κιλά υλικών στον κάδο.



**Εικόνα 30:** Πρώτες ημέρες του κομπόστ

### 3.1.2 < Δεύτερη εβδομάδα λειτουργίας >

Την δεύτερη εβδομάδα, συνεχίσαμε την τροφοδοσία του κομποστοποιητή και παρατηρήσαμε τα πρώτα σημάδια αποσύνθεσης που σήμαναν την έναρξη της κομποστοποίησης.

Την Δευτέρα 3 Δεκεμβρίου έβαλα στον κομποστοποιητή 18 κιλά υπολείμματα από μακαρόνια, κιμά, ομελέτα, πατάτες, κοτόπουλο, ψωμί, μαρούλι, φλούδες από αχλάδια, μήλα, πορτοκάλια.

AIR TEMPERATURE	14.6 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	15.3 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	14.8 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	15.2 °C
AIR HUMIDITY	89 %



Την Τρίτη 4 Δεκεμβρίου έριξα στον κάδο 16 κιλά τροφών, που περιείχαν μπριζόλα, πατάτες, γαλοπούλα, ρύζι, ψωμιά, παντζάρια, λάχανο, φλούδες από λεμόνια, ακτινίδια και μανταρίνια.

AIR TEMPERATURE	16.1°C
SHAFT TEMPERATURE 1	17.2°C
SHAFT TEMPERATURE 2	16.0°C
SHAFT TEMPERATURE 3	17.1°C
AIR HUMIDITY	91 %

Τετάρτη 5 Δεκεμβρίου περίσσεψαν 15 κιλά υπολειμμάτων από τσιπούρες, τηγανιτές πατάτες, χταπόδι, ζυμαρικά, φλούδες από λεμόνια, πορτοκάλια και μήλα, ψωμιά, κουνουπίδι, λάχανο και καρότα.

AIR TEMPERATURE	15.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	16.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	15.5 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	16.1 °C
AIR HUMIDITY	89 %

Την Πέμπτη 6 Δεκεμβρίου συγκέντρωσα 19 κιλά τροφών για κομποστοποίηση, τα οποία αποτελούνταν από αρακά, τυρόπιτα, φασολάκια, μακαρόνια, κιμά, ψωμί, παντζάρια, λάχανο, φλούδες από λεμόνια, ακτινίδια και μανταρίνια.

AIR TEMPERATURE	16.5 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	17.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	16.7 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	17.2 °C
AIR HUMIDITY	92 %

Την Παρασκευή 7 Δεκεμβρίου έριξα στον κάδο 17 κιλά υπολειμμάτων από πίτσα, σπανακόρυζο, χοιρινό, κεφαλοτύρι, πατάτες, ψωμί, λάχανο, φλούδες από ακτινίδιο, πορτοκάλια, μπανάνες και μήλα.

AIR TEMPERATURE	14.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	15.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	14.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	15.2 °C
AIR HUMIDITY	88 %



**Εικόνα 31:** Σκούρα σημάδια κομποστοποίησης



### 3.1.3 < Τρίτη εβδομάδα λειτουργίας>

Η διαδικασία της κομποστοποίησης φαίνεται να γίνεται πιο έντονη καθώς το υλικό που είχε συγκεντρωθεί στον κάδο είναι συρρικνωμένο σε σχέση με την προηγούμενη εβδομάδα. Το γεγονός αυτό ωστόσο, έχει να κάνει και με την αφυδάτωση του υλικού, αλλά η επίδραση των μικροοργανισμών είναι εμφανής από την αλλαγή χρώματος στο μίγμα.



**Εικόνα 32:** Συρρίκνωση του όγκου του υλικού λόγω κομποστοποίησης

Την Δευτέρα 11 Δεκεμβρίου έφεραν για κομποστοποίηση 17 κιλά από ομελέτα, τυρί σπετσοφάι, πατάτες ρύζι και ψωμιά. Επίσης έριξα μαρούλια λάχανο και φλούδες από φρούτα όπως μήλα και πορτοκάλια. Στην συνέχεια ανάδευσα το μίγμα όπως κάθε φορά.

AIR TEMPERATURE	16.7°C
SHAFT TEMPERATURE 1	19.0°C
SHAFT TEMPERATURE 2	17.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	19.5 °C
AIR HUMIDITY	77 %

Την Τρίτη 12 Δεκεμβρίου έριξα στον κάδο 16 κιλά τροφών, που περιείχαν μπριζόλα, πατάτες, κοτόπουλο, ρύζι, ψωμιά, παντζάρια, λάχανο, φλούδες από λεμόνια, ακτινίδια και μανταρίνια.

AIR TEMPERATURE	16.5 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	18.9 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	17.0 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	19.2 °C
AIR HUMIDITY	80 %

Τετάρτη 13 Δεκεμβρίου περίσσεψαν 14 κιλά υπολειμμάτων από γαύρος, τηγανιτές πατάτες, καλαμάρια, ζυμαρικά, φλούδες από λεμόνια, πορτοκάλια και μήλα, ψωμιά, μπρόκολο, λάχανο και καρότα.

AIR TEMPERATURE	15.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	18.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	15.5 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	18.6 °C
AIR HUMIDITY	82 %

Την Πέμπτη 14 Δεκεμβρίου έριξα 19 κιλά τροφών για κομποστοποίηση, τα οποία αποτελούνταν από αρακά, τυρόπιτα, φασολάκια, μακαρόνια, κιμά, ψωμί, παντζάρια, λάχανο, φλούδες από λεμόνια, ακτινίδια και μανταρίνια.

AIR TEMPERATURE	14.8 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	18.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	15.0 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	18.2 °C
AIR HUMIDITY	75 %

Την Παρασκευή 15 Δεκεμβρίου έριξα στον κάδο 17 κιλά υπολειμμάτων από πίτσα, σπανακόρυζο, ελιές, χοιρινό, τυρί, πατάτες, ψωμί, λάχανο, φλούδες από ακτινίδιο, πορτοκάλια, μπανάνες και μήλα.

AIR TEMPERATURE	14.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	17.6 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	14.8 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	17.9 °C
AIR HUMIDITY	86 %

#### **3.1.4 <Τέταρτη εβδομάδα λειτουργίας>**

Την Δευτέρα 18 Δεκεμβρίου έβαλα 17 κιλά υλικού για κομποστοποίηση που περιείχε πένες ογκρατέν, σουφλέ, ψωμιά, λάχανο, μαρούλια, πορτοκάλια και ακτινίδια.

AIR TEMPERATURE	13.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	16.8 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	13.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	17.1 °C
AIR HUMIDITY	84 %

Την Τρίτη 19 Δεκεμβρίου μαζέψαμε υπολείμματα 17 κιλών από κοτόπουλο, ρύζι, πίτσα, πατάτες τηγανιτές, ταλιατέλες, ψωμί, λάχανο, μαρούλια και φλούδες από φρούτα.

AIR TEMPERATURE	14.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	17.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	14.7 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	17.5 °C
AIR HUMIDITY	80 %

Την Τετάρτη 20 Δεκεμβρίου έριξα στον κομποστοποιητή 16 κιλά περίσσευμα από κεφτεδάκια, ρύζι, ζυμαρικά, σάλτσα, ψωμί, ψάρια, πατάτες, λάχανο, φλούδες από μπανάνες, μήλα και πορτοκάλια.

AIR TEMPERATURE	13.2 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	17.6 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	13.5 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	17.9 °C
AIR HUMIDITY	86 %

Την Πέμπτη 21 Δεκεμβρίου συγκέντρωσα 18 κιλά από μοσχάρι, ρύζι, κοτόπουλο, πατάτες, τυρί, ψωμί, λάχανο, μαρούλι, φλούδες από μανταρίνια και μήλα.

AIR TEMPERATURE	10.7 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	14.1 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	11.0 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	14.2 °C
AIR HUMIDITY	79 %

Μέχρι και την Παρασκευή 21 Δεκεμβρίου 2012 είχα προσθέσει 346 κιλά νωπών υπολειμμάτων στον κομποστοποιητή μας από την πρώτη ημέρα λειτουργίας. Η κομποστοποίηση πλέον, βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη.

AIR TEMPERATURE	9.4 °C
SHAFT TEMPERATURE 1	13.8 °C
SHAFT TEMPERATURE 2	9.6 °C
SHAFT TEMPERATURE 3	14.0 °C
AIR HUMIDITY	74 %





**Εικόνα 33:** Προχωρημένη κομποστοποίηση

Η λειτουργία του κομποστοποιητή θα διακοπεί για την εορταστική περίοδο των Χριστουγέννων και της πρωτοχρονιάς και θα συνεχιστεί τον καινούριο χρόνο.

### **3.1.5 <Τελευταία ημέρα λειτουργίας>**

Μετά την επιστροφή μας από τις διακοπές των Χριστουγέννων την Τρίτη στις 8 Ιανουαρίου 2013, πήγαμε να δούμε σε τι κατάσταση βρίσκεται το κομπόστ.

Η κατάσταση του μίγματος δεν ήταν όπως την περιμέναμε, καθώς η διακοπή του αερισμού και της ανάδευσης το οδήγησαν να κατεβάσει υγρά και να βαλτώσει.

Το πρόβλημα αυτό παρουσιάστηκε κυρίως λόγω της φύσης των υλικών που ρίχναμε. Ωστόσο δεν λειτούργησε το αποστραγγιστικό σύστημα ως όφειλε και τα υγρά που προήλθαν από την κομποστοποίηση, συσσωρεύτηκαν στον κάδο δημιουργώντας αναερόβιες αντιδράσεις και δυσάρεστες οσμές.





**Εικόνα 34:** Βαλτωμένο κομπόστ

Για να ισορροπήσουμε τα επίπεδα της υγρασίας στο κομπόστ αποφασίσαμε να προσθέσουμε στο μίγμα ροκανίδια από παλέτες σε αναλογία 1:1.



**Εικόνα 35:** Ροκανίδια από παλέτες



Μετά την προσθήκη ικανής ποσότητας από ροκανίδι, για να απορροφήσει τα υγρά προχωρήσαμε στην ανάδευση του μίγματος για να το ομογενοποιήσουμε.



**Εικόνα 36:** Μίγμα κομπόστ-ροκανίδια

Κατά την ανάδευση ωστόσο προέκυψε πρόβλημα, καθώς το μίγμα έγινε πιο βαρύ και τα πτερύγια του αναδευτήρα δεν είχαν την αντοχή να ανταπεξέλθουν στις δυνάμεις που αναπτύχθηκαν στον κάδο, με αποτέλεσμα να παραμορφωθούν.



**Εικόνα 37:** Παραμορφωμένο ελικοειδές πτερύγιο



Τα πλακοειδή πτερύγια παραμορφώθηκαν λιγότερο λόγω του παχύτερου ελάσματος που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους αλλά και εξαιτίας του ενισχυτικού νεύρου.



**Εικόνα 38:** Λυγισμένο πλακοειδές πτερύγιο

Όταν αντιληφθήκαμε τι συνέβαινε, θέσαμε εκτός λειτουργίας τον κομποστοποιητή για να μη υποστεί περαιτέρω ζημιές.

### 3.2 <Βλάβη κομποστοποιητή>

Ύστερα από την απρόοπτη αυτή εξέλιξη, τις επόμενες ημέρες προχωρήσαμε σε άδειασμα και καθαρισμό του κάδου, για να διαπιστώσουμε την έκταση της ζημιάς.





**Εικόνα 39:** Ζημιές αναδευτήρα

Όλα σχεδόν τα πτερύγια του αναδευτήρα είχαν υποστεί ζημιά. Τα ελικοειδή οστώσο πτερύγια, παραμορφώθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό από τα υπόλοιπα.



**Εικόνα 40:** Κατεστραμμένα πτερύγια

Στην τελευταία φωτογραφία φαίνονται και οι αποστραγγιστικές οπές, οι οποίες δεν λειτούργησαν κατά την διάρκεια των διακοπών των Χριστουγέννων, λόγω έμφραξης τους από θρύμματα του κομπόστ. Αυτό είχε σαν συνέπεια να λιμνάσει το κομπόστ μέσα στα υγρά του και να οδηγηθούμε σε ενέργειες που προξένησαν την βλάβη του κομποστοποιητή.

## 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 4.1 <Μέθοδοι αναλύσεων>

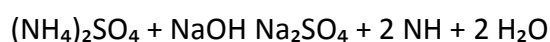
Για να πληροφορηθούμε για την ποιότητα του παραγόμενου κομπόστ πρέπει να γνωρίζουμε δύο βασικές παραμέτρους, την περιεκτικότητα σε άζωτο και το pH. Ο τρόπος προσδιορισμού τους αναλύεται παρακάτω.

#### 4.1.1 <Προσδιορισμός αζώτου κατά Kjeldahl>

Για να προσδιορίσουμε το άζωτο στο κομπόστ, τοποθετούμε ορισμένη ποσότητα ξηρού δείγματος στον πυθμένα ενός σωλήνα καύσης. Η οργανική ουσία οξειδώνεται με το θειικό οξύ παρουσία καταλύτη, το άζωτο ( εκτός από αυτό των νιτρικών ) μετατρέπεται ποσοτικά σε αμμωνία και αυτή σε θειικό αμμώνιο.



Το θειικό αμμώνιο σε θερμό αλκαλικό περιβάλλον διασπάται και παράγεται αμμωνία, η οποία ψύχεται και διαβιβάζεται σε διάλυμα βορικού οξέος όπου δεσμεύεται με την μορφή βορικού αμμωνίου. Ακολουθεί ογκομέτρηση με θειικό οξύ. Ο όγκος του πρότυπου διαλύματος HCl που καταναλώθηκε μετατρέπεται σε ποσότητα αζώτου. Οι αντιδράσεις παραγωγής και δέσμευσης της αμμωνίας έχουν ως εξής:



Τα υλικά που χρειάζονται για τη μέθοδο Kjeldahl είναι τα παρακάτω:

- Αναλυτική ζυγαριά.
- Συσκευή Kjeldahl.
- Προχοΐδα των 50mL με διαβάθμιση 0,05mL.
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Ποτήρια ζέσεως των 250mL.



**Εικόνα 41:** Αναλυτική ζυγαριά

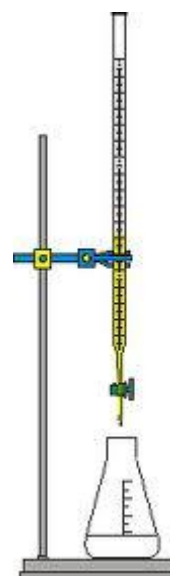




**Εικόνα 42:** Συσκευή Kjeldahl



**Εικόνα 43:** Γυάλινη προχοΐδα





**Εικόνα 44:** Μαγνητικός αναδευτήρας



**Εικόνα 45:** Ποτήρια ζέσεως

Τα αντιδραστήρια τα οποία θα χρειαστούμε είναι τα εξής:

● **Διάλυμα καυστικού νατρίου ( $\text{NaOH}$ ) 32% w/v – Sodium Hydroxide**

Παρασκευή:

- Σε κωνική φιάλη των 1000mL προστίθενται περίπου 800mL νερό και
- 320g καυστικού νατρίου αργά και σε σταθερή ανάδευση.
- Το διάλυμα θερμαίνεται καθώς προστίθεται καυστικό νάτριο.
- Αφού κρυώσει η φιάλη προστίθεται νερό μέχρι τη χαραγή των 1000mL.
- Το διάλυμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά από 24 ώρες.

● **Διάλυμα βορικού οξέος ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 2.5% w/v – boric acid**

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστίθενται περίπου 500mL νερό και 25g βορικού οξέος.
- Το διάλυμα ανακινείται μέχρι να διαλυθεί
- Η φιάλη συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή.

● **Ταμπλέτες Kjeldahl CX**

● **Δείκτης βορικού οξέος (δείκτης Kjeldahl)**

Παρασκευή:

- Σε σκουρόχρωμη φιάλη προστίθενται
- 100mL αιθανόλης ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) – ethanol
- 99mg Bromocresol green
- 66mg Methyl red



- Ακολουθεί ανάδευση.

- **Πυκνό θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ) 95 – 98% - sulphuric acid**

- **Διάλυμα θειικού οξέος ( $H_2SO_4$ ) 1N – sulphuric acid**

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστίθενται περίπου 800mL νερό και 28mL πυκνό  $H_2SO_4$ .
- Συμπληρώνεται η φιάλη μέχρι τη χαραγή.

- **Διάλυμα θειικού οξέος ( $H_2SO_4$ ) 0,05N – sulphuric acid**

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστίθενται 800mL νερό και 50mL διαλύματος ( $H_2SO_4$ ) 1N.
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

**Η διαδικασία για τον προσδιορισμό του αζώτου είναι η παρακάτω:**

- Η Συσκευή αποτελείται από δύο τμήματα: το μηχάνημα της πέψης ( Kjeldahl Digestion Instrument ) και το σύστημα απόσταξης Vapodest.

- Τα δείγματα που χρησιμοποιούνται είναι προετοιμασμένα σύμφωνα με τη διαδικασία προετοιμασίας που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο δείγματος ( χώμα, φυτικός ιστός, κομπόστ κ.α. ).



**Εικόνα 46:** Θρυμματιστής



**Εικόνα 47:** Τριμμένο και άτριφτο κομπόστ

- Σε αναλυτική ζυγαριά ζυγίζεται συγκεκριμένη ποσότητα



**Εικόνα 48:** Ζύγιση κομπόστ

- Στη συνέχεια τοποθετούμε τα εξής αντιδραστήρια:
- 20mL  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\pi)}$  ( το ρίχνουμε στα τοιχώματα της φιάλης και όχι απ' ευθείας στα δείγματα για να μην αφρίσουν ) και
- 2 ταμπλέτες Kjeltabs





**Εικόνα 49:** Ταμπλέτες Kjeltabs

• Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 7 φορές με χρήση δείγματος και 1 φορά χωρίς να τοποθετηθεί δείγμα. Έτσι στο τέλος είναι έτοιμες 8 φιάλες. Η ποσότητα δείγματος ανά τύπο δείγματος παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακάκι.

Τύπος Δείγματος	Ποσότητα δείγματος
Χώμα - Λάσπη	1 - 2 g
Φυτικός ιστός	1 - 2 g
Κομπόστ	1 - 5 g

• Η φιάλη χωρίς δείγμα αποτελεί το «τυφλό» δείγμα.

• Στη συνέχεια τοποθετούνται στη συσκευή όπου γίνεται πέψη και υλοποιούνται τα εξής παρακάτω:



**Εικόνα 50:** Συσκευή Kjeldahl

- Ανοίγεται η βρύση.
- Κλείνονται οι φιάλες με τα ειδικά πόματα και ανοίγεται η συσκευή.
- Η θερμοκρασία ρυθμίζεται πατώντας το κουμπί set και χρησιμοποιώντας τα βελάκια ταυτόχρονα.
- Το πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου που ακολουθείται φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Τύπος Δείγματος		Χρόνος (min)	Θερμοκρασία (°C)	Σχόλια
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φυτικός ιστός</li> <li>• Κομπόστ</li> <li>• Χώμα (υψηλή περιεκτικότητα σε άμμο)</li> <li>• Χώμα</li> <li>• Λάσπη</li> </ul>	Πρόγραμμα 1	30	120	
		30	170	
		45	280	
		90	400	
	Πρόγραμμα 2	30	120 - 150	Για να μη σχηματιστεί αφρός
		90	420	1 <sup>ο</sup> μέρος οξείδωσης στα 45 min και 2 <sup>ο</sup> μέρος στα επόμενα 45 min

- Αφού τελειώσει το πρόγραμμα σηκώνουμε τα φιαλίδια χωρίς να απομακρύνουμε τα πώματα και τα παρκάρουμε στην ειδική θέση. Αυξάνουμε τη ροή της βρύσης για να φύγουν εντελώς οι ατμοί και να κρυώσουν για τουλάχιστον 30 min. Οι ατμοί αυτοί είναι πολύ επικίνδυνοι για το αναπνευστικό. Γι' αυτό το λόγο, το τμήμα της Kjeldahl βρίσκεται στον απαγωγό. Επίσης δεν απομακρύνουμε τα πώματα και τα φιαλίδια από τη συσκευή μέχρι να έχουν φύγει όλοι οι ατμοί.
- Στη συνέχεια μεταφερόμαστε στο σύστημα απόσταξης Varodest όπου παγιδεύεται το άζωτο με τη μορφή αμμωνίας μέσα στο βορικό οξύ.
- Προσέχουμε η φιάλη του απιονισμένου νερού και η φιάλη του NaOH 32% να έχουν ικανή ποσότητα για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία.
- Ανοίγουμε τη βρύση.
- Η συσκευή ανοίγει και περιμένουμε να δείξει P.
- Εντωμεταξύ, σε ποτήρι ζέσεως 250mL προσθέτονται 50mL από το διάλυμα του βορικού οξέως και 3 – 4 σταγόνες δείκτη Kjeldahl και τοποθετείται σε ειδική θέση μέσα στη συσκευή.
- Η κυλινδρική φιάλη με το δείγμα τοποθετείται σε ειδική θέση στη συσκευή.





**Εικόνα 51:** Συσκευή gerhardt

- Αν η ένδειξη στην οθόνη είναι P, πατάμε το run και ξεκινά το πρόγραμμα.
- Όταν τελειώσει, αν έχει παραμείνει υγρό στη φιάλη, πατάμε empty για να φύγει.
- Τέλος παίρνουμε το ποτήρι και τιτλοδοτούμε με διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N και καταγράφουμε τον όγκο που καταναλώνεται.
- Απομακρύνουμε την κυλινδρική φιάλη φορώντας γάντι και τοποθετούμε το νέο δείγμα και νέο ποτήρι με βορικό.
- Όταν τελειώσουμε με τα δείγματα κλείνουμε τη βρύση.

Ο υπολογισμός του αζώτου γίνεται με βάση τις παρακάτω εξισώσεις ανάλογα σε τι μέγεθος επιθυμούμε να εκφράσουμε τη συγκέντρωση:

$$A) \quad \%N = \frac{1,4 * c * (V - Vb)}{\text{Βάρος δείγματος σε gr}}$$

$$B) \quad \text{mgN} / L = \frac{14000 * c * (V - Vb)}{\text{Όγκος δείγματος σε mL}}$$

$$Γ) \quad \text{mgN} / \text{Kg} \text{ ή ppmN} = \frac{14000 * c * (V - Vb)}{\text{Βάρος δείγματος σε gr}}$$

Όπου:

c : η συγκέντρωση του τιτλοδοτικού διαλύματος σε N.

V : ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά την τιτλοδότηση του δείγματος.

Vb : ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά τη τιτλοδότηση του δείγματος

#### 4.1.2 <Προσδιορισμός pH και της αγωγιμότητας (E.C.) σε οργανικό υλικό >

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

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

Τα υλικά και τα όργανα που χρειάζονται είναι τα παρακάτω:

- Κύλινδρος εσωτερικής διαμέτρου 42mm (  $\pi r^2 = 13,85 \text{ cm}^2$  ) και ύψος 58mm, με χωρητικότητα 80cm<sup>3</sup>.
- Βαρίδιο για τη συμπίεση των δειγμάτων μέσα στον κύλινδρο βάρους 1385 gr ( 0,1kg/cm<sup>2</sup> ) .
- Πλαστικό ποτήρι ζέσεως
- Πορσελάνινο χωνί Buchner
- Πεχάμετρο – Αγωγιμόμετρο



**Εικόνα 52:** Πλαστικά ποτήρια ζέσεως





**Εικόνα 53:** Πορσελάνινο χωνί Buchner



**Εικόνα 54:** Ηλεκτρονικό πεχάμετρο

**Η διαδικασία μέτρησης του pH και της αγωγιμότητας είναι η παρακάτω:**

- Αρχικά με την προσθήκη νερού στο υπόστρωμα φέρνουμε μακροσκοπικά την υγρασία του σε  $pF = 1,5$  (εμπειρικά ).



**Εικόνα 55:** Προετοιμασία μικρής ποσότητας κομπόστ

- Τοποθετούμε τους δύο κυλίνδρους στη βάση τους και γεμίζουμε τον κάτω ( μικρό κύλινδρο )και μέχρι τη μέση του επάνω ( μεγάλο κύλινδρο ).

- Τοποθετούμε το βαρίδιο ( βάρους 1385 gr ) και μετά κόβουμε με μαχαίρι τον κάτω κύλινδρο και τον αδειάζουμε σε πλαστικό ποτήρι.



**Εικόνα 56:** Συμπύεση κομποστ για διήθηση

- Προσθέτουμε 120mL απιονισμένου νερό ( αναλογία 1: 1½ κατ' όγκο ) και ανακατεύουμε για 15 λεπτά. Αφήνουμε το δείγμα μέσα στο νερό για 2 ώρες.
- Τοποθετούμε διηθητικό χαρτί σε πορσελάνινο χωνί Buchner και διηθούμε όλη νύχτα
- Στο διήθημα μετράμε pH και αγωγιμότητα.





**Εικόνα 57:** Διήθηση κομπόστ



**Εικόνα 58:** Υπολείμματα διήθησης



**Εικόνα 59:** Μέτρηση pH

#### 4.2 <Αποτελέσματα μετρήσεων>

Ο κομποστοποιητής μας, μπορεί να έπαθε βλάβη λειτουργίας ωστόσο μπορούμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με την κομποστοποίηση κάνοντας ανάλυση στο προς κομποστοποίηση υλικό καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας.

Τα αποτελέσματα από τις χημικές αναλύσεις δειγμάτων που λάβαμε κατά την διάρκεια και στο τέλος της λειτουργίας του κομποστοποιητή, συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>INTRAKAT Ηλιούπολη</b>				
Ημερομηνία	Δείγμα	<u>ph</u>	<u>EC</u> (Αγωγιμότητα)	<u>% N</u> (Αζωτο)
19.12.2012	Φυτικός ιστός	4,4	2,59	2,142
19.12.2012	Υπολείμματα φαγητού	4,1	4,35	3,556
09.01.2013	Υπολείμματα φαγητού	4,5	4,1	3,92

## 5 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΗ

### 5.1 <Που οφείλεται η βλάβη του κομποστοποιητή>

Μελετώντας τις ζημιές που έγιναν στον κομποστοποιητή, συμπεραίνουμε αρκετά πράγματα σχετικά με τα λάθη που έγιναν στον σχεδιασμό αλλά και στην χρήση του.

Αρχικά, δεν έπρεπε να τεθεί ο κομποστοποιητής εκτός λειτουργίας για περισσότερο από μία εβδομάδα, με την διαδικασία της κομποστοποίησης να έχει ξεκινήσει. Το σωστό ήταν να αδειάσει ο κάδος και να καθαριστεί πριν κλείσει η εταιρία για τις διακοπές των Χριστουγέννων. Μετά το πέρας των διακοπών θα ξαναπροσθέταμε το υλικό που είχαμε αφαιρέσει και θα συνεχίζαμε την διαδικασία κανονικά.

Οι αποστραγγιστικές οπές είχαν φράξει από στερεά υπολείμματα και δεν λειτούργησαν για να αδειάσουν τα υγρά που είχαν συσσωρευτεί. Επιπλέον η απουσία επιτήρησης δεν επέτρεψε την έγκαιρη απόφραξή τους, για την αποφυγή της βάλτωσης του κομπόστ. Έτσι οδηγηθήκαμε στην προσθήκη από τρίμματα ξυλείας.

Η προσθήκη επίσης ροκανιδιού σε αναλογία 1:1 φάνηκε πως ήταν πολύ παραπάνω από αυτό που έπρεπε να ρίξουμε. Σφάλαμε στο σημείο αυτό για δύο λόγους, πρώτον γιατί η ποσότητα των νωπών υλικών που είχαμε ρίξει είχε συρρικνωθεί εξαιτίας της κομποστοποίησης και δεύτερον γιατί το ξύλο έχει την ιδιότητα να προσλαμβάνει έως και 100% το βάρος του σε νερό. Έτσι η πυκνότητα του υλικού αυξήθηκε και ανάλογη ήταν η αντίστασή του στην ανάδευση.

Η στιβαρότητα των πτερυγίων του άξονα αποδείχτηκε ανεπαρκής. Δεν είχαν το απαιτούμενο πάχος μετάλλου, ούτε την σκλήρυνση που απαιτούνταν για την δουλειά για την οποία κατασκευάστηκαν. Επιπλέον φάνηκε πως ο σχεδιασμός των ελικοειδών πτερυγίων του κομποστοποιητή ήταν εσφαλμένος, το ίδιο και η διάταξή τους πάνω στον άξονα καθώς συμπίεζαν το κομπόστ προς την μία ή την άλλη πλευρά του κάδου. Αυτή η συμπίεση στο κομπόστ είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη ισχυρών δυνάμεων που παραμόρφωσαν και κατέστρεψαν τα πτερύγια.

Οι παράγοντες αυτοί, ήταν οι κύριοι που οδήγησαν στην βλάβη και τον απρόοπτο τερματισμό της λειτουργίας του κομποστοποιητή.



## 5.2 <Προτάσεις βελτίωσης της κατασκευής>

Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα που προέκυψε με τον αναδευτήρα θα κάνω τις παρακάτω τρεις τεχνικές προτάσεις.

Στην πρώτη περίπτωση που επιλέξουμε να κατασκευάσουμε τα πτερύγια από χαλύβδινα ελάσματα θα πρέπει να αυξήσουμε το πάχος τους από τα 8 χιλιοστά στα 10. Επιπλέον θα πρέπει να τοποθετηθούν δύο ραχιαίες νευρώσεις στα άκρα του πτερυγίου αντί για μία στην μέση που είχε σχεδιαστεί την πρώτη φορά. Για τα ελικοειδή, θα πρέπει να κατασκευάσουμε μήτρες για πρέσα, ώστε να διαμορφώσουμε ελάσματα τέτοιου πάχους. Επίσης μετά την κατασκευή τους θα πρέπει να εφαρμόσουμε κατεργασία σκλήρυνσης. Το κόστος για τις παραπάνω εργασίες ανέρχεται στα 1200 € για υλικά κι εργασία.

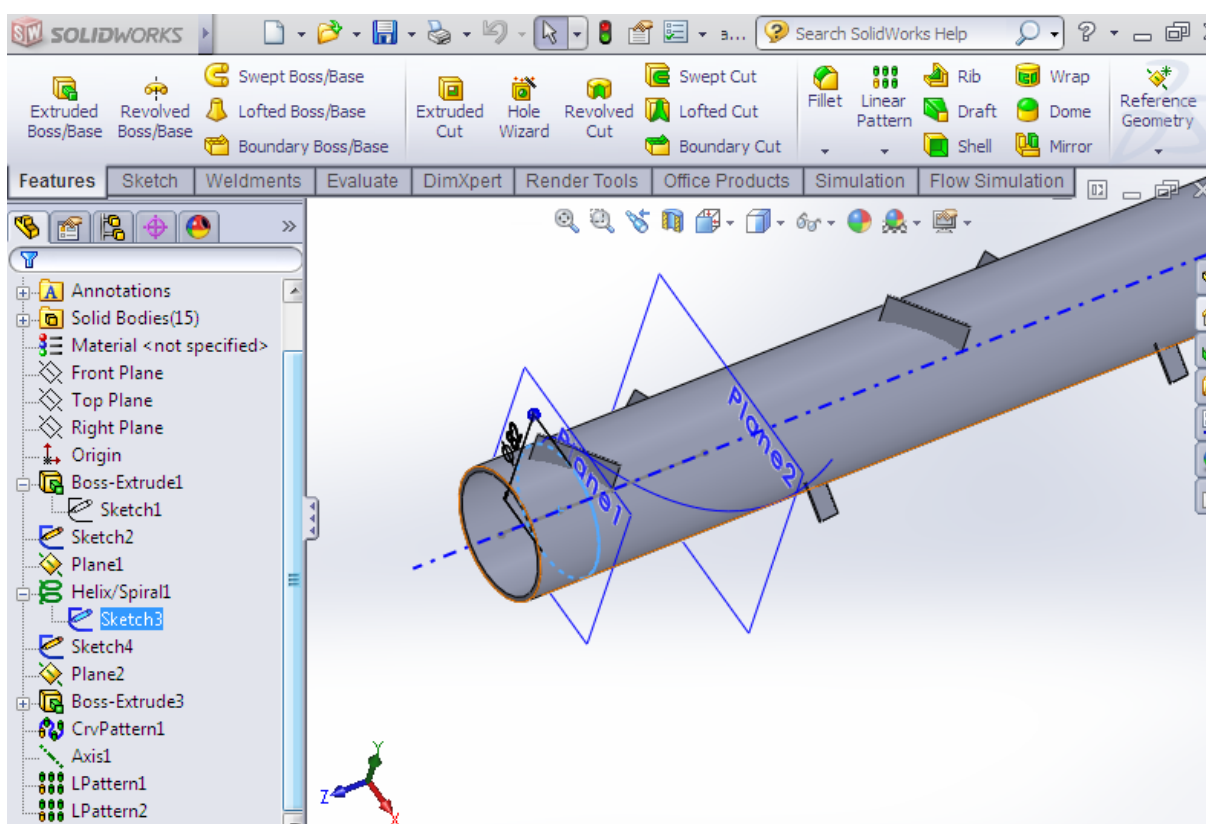
Μια ακόμα λύση στα πλαίσια της λιγότερο επεμβατικής παρέμβασης είναι να τα κατασκευάσουμε από μαντέμι. Αυτή η επιλογή μας δίνει την δυνατότητα να εκμεταλλευτούμε την ακαμψία που χαρακτηρίζει το μαντέμι αλλά και να διαμορφώσουμε τα πτερύγια σε μεγαλύτερο πάχος ώστε να επιτύχουμε την μέγιστη αντοχή που θα μπορούσαμε να έχουμε. Για 12 χιλιοστά πάχος στα ορθογώνια πτερύγια και 15 χιλιοστά πάχος στα ελικοειδή, το κόστος ανέρχεται στα 900 € μαζί με τα εργατικά.

Στην περίπτωση που επιλέξουμε να προχωρήσουμε σε αλλαγές και στον σχεδιαστικό μέρος της κατασκευής, τότε θα πρότεινα και την αλλαγή της διάταξης των πτερυγίων καθώς αλλά την αντικατάστασή τους με διαφορετικού γεωμετρικού σχήματος πτερύγια τα οποία θα είναι περισσότερα σε αριθμό και με καλύτερη κατανομή πάνω στον άξονα. Επίσης προτείνω οι ενώσεις να γίνουν με ηλεκτροσυγκόλληση στον άξονα, για πιο στιβαρή σύνδεση.

Για τον σχεδιασμό και την απεικόνιση του άξονα χρησιμοποιήθηκε το **SolidWorks®** το οποίο είναι ένα 3D σχεδιαστικό εμπορικό πακέτο το οποίο δίνει την δυνατότητα στον χρήστη του να παράγει τρισδιάστατα μοντέλα σε πραγματική κλίμακα, χρησιμοποιώντας περιβάλλον προσομοίωσης με ικανότητα σχεδιασμού και ανάλυσης. Η χρήση του σήμερα είναι ευρεία σε εκπαιδευτικό και ερευνητικό επίπεδο (από σπουδαστές σχολών) και επαγγελματικό (από επαγγελματίες σχεδιαστές εξαρτημάτων με τελικό αποδεκτή την βιομηχανία), με σκοπό την παραγωγή απλών αλλά και σύνθετων κομματιών, μηχανισμών και σχεδίων. Οι δυνατότητες που έχει το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι να παράγει τρισδιάστατα απλά μοντέλα, σύνθετα εξαρτήματα με την τεχνική της συναρμολόγησης (assembly), κατασκευαστικά σχέδια, κινηματική προσομοίωση, ανάλυση με την μέθοδο των

πεπερασμένων στοιχείων κ.α. Ένα χαρακτηριστικό στοιχείο του Solidworks το οποίο ωστόσο δεν θα αξιοποιήσουμε εμείς, είναι η προσομοίωση της διεργασίας κατασκευής ενός εξαρτήματος με την χρήση εργαλειομηχανών και η σύνδεση του με τις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές (CNC), αφού έχει τη δυνατότητα να συνεργαστεί με προγράμματα CAD. Για τις δυνατότητες αυτές και την ευχρηστία του, επιλέχθηκε για την σχεδίαση της βελτίωσης του κομποστοποιητή .

Αρχικά σχεδιάζουμε στο SOLIDWORKS τον άξονα στις διαστάσεις που είναι ο ήδη υπάρχων και στην συνέχεια τοποθετούμε τα πτερύγια πάνω του.



**Εικόνα 60:** Ο άξονας του αναδευτήρα

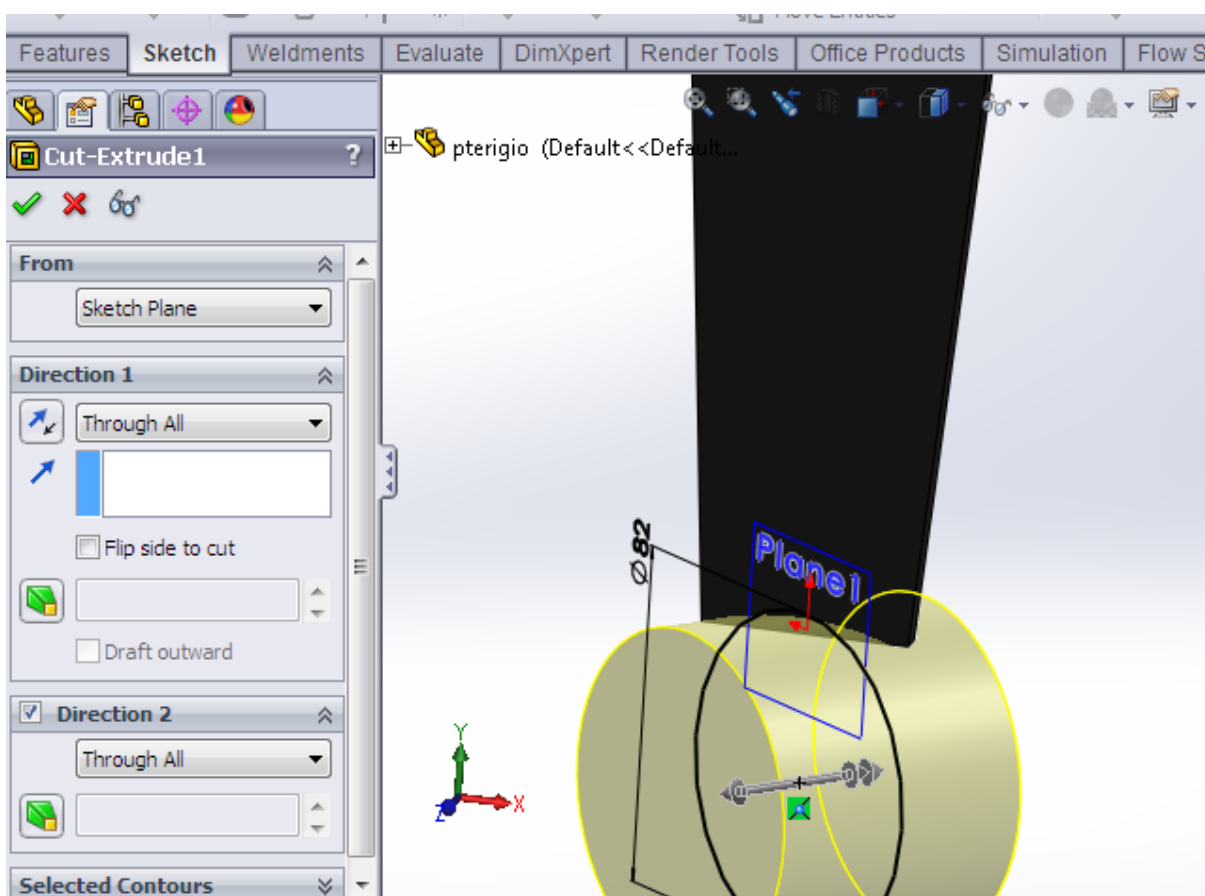
Επειδή το πρόγραμμα δεν μας επιτρέπει να κατασκευάσουμε σε ένα σχήμα τα πτερύγια με τον άξονα, θα χρησιμοποιήσουμε βοηθητικά εξαρτήματα για την υλοποίηση του σχεδιασμού.

Εφόσον έχουμε ολοκληρώσει τον άξονα του αναδευτήρα, σχεδιάζουμε μικρά κομμάτια μετάλλου, περιμετρικά στις κατάλληλες θέσεις ώστε εκεί πάνω να τοποθετήσουμε

τα πτερύγια. Η σειρά εντολών που ακολουθήθηκε είναι Features > linear pattern > curve driven pattern. Για την διάταξη και την φορά τους στον άξονα, σχεδιάζουμε πρώτα μια ελικοειδή γραμμή και πάνω σε αυτήν κάνω την επέκταση των πτερυγίων.

Οι εντολές είναι Features > linear pattern>linear pattern> bodies to pattern > crv pattern > boss extrude.

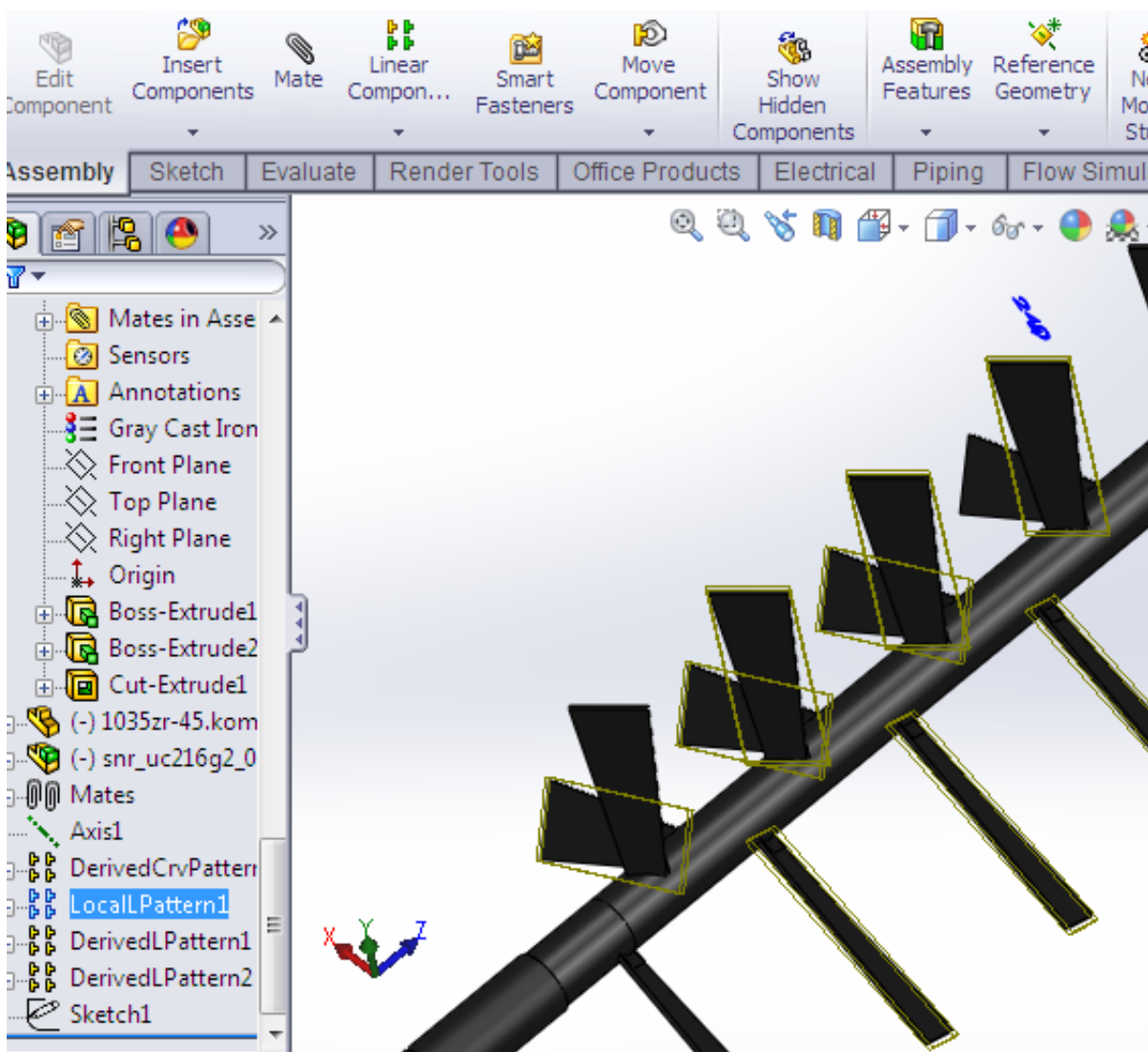
Για την σχεδίαση του πτερυγίου φτιάχνουμε ένα επίπεδο στην μέση του κομματιού που είχαμε δημιουργήσει προηγουμένως, με την ίδια γωνία. Πάνω στο επίπεδο αυτό σχεδιάζουμε κύκλο ίσης διαμέτρου με την εξωτερική περίμετρο του άξονα και στην συνέχεια με την εντολή cut extrude και through all κόβω το κομμάτι εκεί που χρειάζεται.



**Εικόνα 61:** Σχεδίαση του πτερυγίου

Τέλος επιλέγοντας την εντολή mates ανοίγει ένα παράθυρο που περιέχει όλες τις δυνατές συσχετίσεις που μπορεί να κάνει το πρόγραμμα. Με την εντολή αυτή μπορώ να συσχετίσω μεταξύ τους ακμές, επιφάνειες, οπές, άξονες και επίπεδα. Κάθε φορά που επιλέγω κάποια αντικείμενα, το πρόγραμμα αφήνει ενεργές μόνο τις εργασίες που είναι εφικτές γι

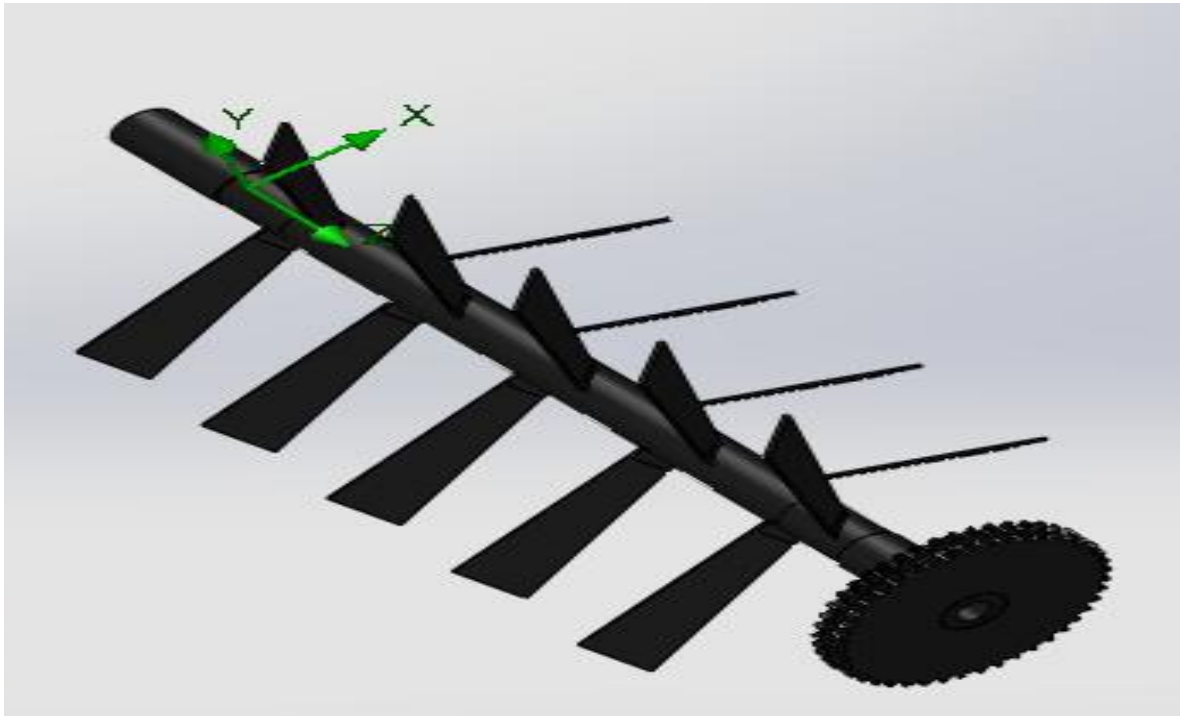
αυτά που έχω επιλέξει. Στο mate selections εμφανίζονται τα επιλεγμένα κομμάτια και παρακάτω τι μπορούμε να κάνουμε με αυτά. Εάν έχω πολλά ίδια αντικείμενα και θέλω να τα κάνω mates υπάρχει η εντολή linear component pattern. Ενεργοποιώντας αυτή την εντολή, επιλέγω ένα κομμάτι (component) το οποίο επιθυμώ να αντιγράψω και στην συνέχεια ορίζω ένα feature, δηλαδή ένα «μονοπάτι» το οποίο θα ακολουθεί. Όταν σχεδιάσαμε τον άξονα χρησιμοποιήσαμε ένα linear pattern για την τοποθέτηση των κομματιών πάνω του. Την ίδια εντολή θα επιλέξω στο πλαίσιο driving pattern για να εξασφαλίσω ότι τα πτερύγια που θα δημιουργηθούν δεν θα κινούνται ανεξάρτητα αλλά όλα μαζί.



**Εικόνα 61:** Η συνένωση των πτερυγίων στον άξονα



Τα πτερύγια θα κατασκευαστούν από ελάσματα πάχους 10 χιλιοστών και το κόστος κατασκευής τους, θα ανέλθει στα 600 €.



**Εικόνα 62:** Ο αναδευτήρας

Εδώ λοιπόν ολοκληρώθηκε και η τελευταία πρόταση βελτίωσης για τον αναδευτήρα του κομποστοποιητή. Και σε αυτή την περίπτωση τα πτερύγια θα πρέπει να περάσουν από κατεργασία σκλήρυνσης για να μην έχουν την τύχη της αρχικής κατασκευής.

## 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κατά την δοκιμαστική λειτουργία του μηχανήματος, αποκόμισα πολλές εμπειρικές γνώσεις τις οποίες πριν δεν είχα, γνώσεις οι οποίες εκτείνονται πέρα από το αντικείμενο της μηχανολογίας. Έμαθα για το κομπόστ και την κομποστοποίηση, γνώρισα τρόπους δηλαδή για την αξιοποίηση των οργανικών απορριμμάτων τα οποία δεν ανακυκλώνονται και καταλήγουν στις χωματερές. Επίσης έμαθα τρόπους προσδιορισμού της ποιότητας του κομπόστ ώστε να μπορώ να διακρίνω εάν είναι κατάλληλο για την αξιοποίηση του σε καλλιέργειες ή όχι.

Το γεγονός της αστοχίας του κομποστοποιητή, ως προς την αντοχή, του μας δίδαξε πως παρά την προσεκτική μελέτη στην κατασκευή ενός μηχανήματος μπορεί να υπάρξουν αδυναμίες τις οποίες δεν είχαμε προβλέψει. Για τον σκοπό αυτόν εξάλλου πραγματοποιούνται οι δοκιμαστικές λειτουργίες, οι οποίες θα πρέπει να θέτουν το μηχάνημα σε δυσκολότερες συνθήκες λειτουργίας από αυτές που προβλέπεται να εργαστεί, ώστε να προσδιορίσουμε τα όρια στην αντοχή του και να προειδοποιήσουμε τον τελικό χρήστη γι αυτά.

Τέλος, θεωρώ ότι εάν εφαρμόσουμε κάποια από τις βελτιώσεις που ανέπτυξα στην προηγούμενη ενότητα, τότε ο κομποστοποιητής θα μπορέσει να καταστεί μία λειτουργική και βιώσιμη λύση για την διαχείριση των οργανικών απορριμμάτων μικρομεσαίων επιχειρήσεων εστίασης, ξενοδοχείων κ.α. ώστε να μειώσουν τον όγκο των σκουπιδιών που παράγουν και να συνεισφέρουν με αυτό τον τρόπο στην προστασία του περιβάλλοντος. Το παραγόμενο κομπόστ θα μπορούσαν να το καταναλώσουν οι ίδιοι ως λίπασμα στους χώρους πρασίνου που διαθέτουν, να το προσφέρουν στους πελάτες τους ως δώρο για λόγους marketing ή να το εμπορεύονται και να αποκομίζουν κέρδος προς όφελος των εργαζομένων, ως κίνητρο παραγωγικότητας, ή προς όφελος της ίδιας της επιχείρησής.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bardos and Lopez – Real (1989): The composting process: susceptible feedstocks temperature, microbiology, sanitization, and decomposition In: Bidlingmaier and P I' Hermide (eds). Compost processes in waste management EEC, 179-190.
- Defoer, N., Van Langehove, H., (2002): Odour emissions during Yard waste composting. Effect of turning Frequency In: Microbiology of composting.
- Gilbert, E.J., Riggle, D.S., Holland, F.D., (2001): Large scale composting: a practical manual for the UK. Composting Association.
- Gray, K.R., Sherman and Biddlestone, A.J., (1971b): A review of composting Part 2 – The practical process. Process biochemistry, 6, 10, 22-28.
- Haug, R.T., (1993): The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers, USA.
- Μανιός, Β.Ι., (1979). Διερεύνηση δυνατότητας παρασκευής φυτοχώματος από την εκχυλισμένη ελαιοπυρήνα. Διδακτορική Διατριβή, Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Αθήνα.
- Μανιός, Β. Ι. και Μανιαδάκης, Κ. Μ., (2001). Προδιαγραφές ποιότητας κομπόστ. Ολοκληρωμένη Διαχείριση Οργανικών Αποβλήτων και Υπολειμμάτων. Διημερίδα «ΚΟΜΠΟΣΤ-NET», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα, 119-122.
- Μανιός, Θ., (2009). Σημειώσεις μαθήματος «Κομποστοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων», Εργαστηρίου Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων, ΤΕΙ Κρήτης.
- Λυδάκης-Σημαντήρης, Ν., 2007. Γενική χημεία & Ενόργανη ανάλυση. Θέματα & Εργαστηριακές ασκήσεις. Εκδόσεις Τζιόλα.
- Βουθούνης, Π. Α., Αθήνα (2008). Μηχανική του απαραμόρφωτου στερεού –Στατική. Έκδοση Παναγιώτη Α. Βουθούνη.
- Μαυρομάτης Στ. Α., Αθήνα ( 2003). Μηχανολογικό Σχέδιο και στοιχεία παραστατικής γεωμετρίας. Έκδοση Σταμάτη Α. Μαυρομάτη.

- Κάππος Θ. Γ., (2007). Δουλέψτε με το AUTOCAD 2008, με αναλυτικά παραδείγματα στην τρισδιάστατη σχεδίαση. Εξουσιοδοτημένος συγγραφέας από την AUTODESK. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Elgar P., (1998). Sensors for Measurement and Control. Published by TecQuipment. Μετάφραση Πεταλάς Ι., Επιμέλεια μετάφρασης Χατζαράκης Ε. Γ., (2003). Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου. Εκδόσεις Τζιόλα.
- Μαλατέστας Β. Π., (2013). Ηλεκτρική κίνηση, Τρίτη έκδοση. Εκδόσεις Τζιόλα.
- Chapman J. S., (2010). Electric Machinery Fundamentals, Forth Edition. Μετάφραση Θεοδουλίδης Π. Θ., Ηλεκτρικές Μηχανές, τέταρτη έκδοση. Εκδόσεις Τζιόλα.

### Διαδίκτυο:

- <http://www.emag.suez-environnement.com>
- <http://www.physiologike.gr>
- <http://green-change.com>
- <http://1.bp.blogspot.com>
- <http://www.eleftheria.gr>
- <http://www.gartengnom.net>
- <http://pyrostia.gr>
- <http://astrosnews.gr>
- <http://www.antemisaris.gr>
- <http://www.decogreen.gr>
- <http://www.bbef.org.uk/TEG.pdf>
- <http://www.kalliergo.gr>



- <http://www.stamoulis.gr>
- <http://lokroi-dasos27.blogspot.gr>
- <http://el.wikipedia.org>
- <https://docs.google.com>
- <http://www.slideshare.net>
- <http://katergasies.eu>
- <https://www.google.gr>