



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



**Ποιοτική Αξιολόγηση του Τελικού Προϊόντος Κομποστοποίησης
Οργανικών Αστικών Αποβλήτων και του Τελικού Προϊόντος από
το Ε.Μ.Α.Κ Χανίων**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κονίδας Κωνσταντίνος

Επιβλέπων

Καθηγητής Σταυρουλάκης Γεώργιος

Χανιά 2018



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

**Ποιοτική Αξιολόγηση του Τελικού Προϊόντος Κομποστοποίησης
Οργανικών Αστικών Αποβλήτων και του Τελικού Προϊόντος από
το Ε.Μ.Α.Κ Χανίων**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κονίδας Κωνσταντίνος

Επιβλέποντες: Καθηγητής Σταυρουλάκης Γεώργιος

Επιτροπή Αξιολόγησης : Επίκουρος Καθηγητής Καλδέρης Δημήτρης
Επιστημονικός Συνεργάτης Δρ. Παπαφιλίππáκη Ανδρονίκη

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 70

Ευχαριστίες

Το κεφάλαιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στα πλαίσια του προπτυχιακού τίτλου σπουδών του τμήματος Μηχ. Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης, ολοκληρώνεται με την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας σχετική με την διαχείριση των στερεών απορριμμάτων και την κομποστοποίηση.

Θεωρώ υποχρέωσή μου αρχικά, να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Σταυρουλάκη Γιώργο, στο πλευρό του οποίου απέκτησα πολύτιμες γνώσεις σε θεωρητικό και πρακτικό κομμάτι που αφορούσαν το αντικείμενο των απαιτητικών μαθημάτων του, μέσα από τα οποία έμαθα να εργάζομαι, να επικοινωνώ αλλά και να συνεργάζομαι μέσα σε μια ομάδα. Επιπλέον, τον ευχαριστώ θερμά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το απαιτητικό θέμα της πτυχιακής εργασίας.

Μέσα από τον κύριο Σταυρουλάκη ήρθα σε επαφή με την υπεύθυνη του Εργαστηρίου Χημικών Αναλύσεων του Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων Τσαμουτσόγλου Χριστίνα που σε συνεργασία μαζί του εμπνεύστηκαν το αντικείμενο της έρευνας που αποτέλεσε και το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας. Δέχτηκε μετά χαράς την συνεργασία μας, με υποδέχτηκε θερμά στον χώρο εργασίας της και με υπομονή μου μετέφερε τις πολύτιμες γνώσεις της γύρω από το ερευνητικό μας αντικείμενο τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω που ήταν δίπλα μου επί καθημερινής βάσεως και πέραν των δεξιοτήτων που με δίδαξε, μου έμαθε πολύτιμα πράγματα των καθημερινών αναγκών ενός απαιτητικού εργοστασιακού περιβάλλοντος.

Ακόμη, οφείλω να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους του Εργοστασίου της ΔΕΔΙΣΑ για την άρτια συνεργασία τους και την βοήθεια που μου προσέφεραν όλο το χρονικό διάστημα που χρειάστηκε για την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την πτυχιακή μου εργασία στην οικογένειά μου και στους κοντινούς μου ανθρώπους που με υποστήριζαν και μου συμπαραστάθηκαν όλα τα χρόνια της φοίτησής μου στο Τ.Ε.Ι Κρήτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται στον κύριο της άξονα την παρακολούθηση και τον ποιοτικό έλεγχο τεσσάρων πειραματικών σειραδίων κομπόστ και χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη:

Στο πρώτο μέρος, το οποίο αποτελεί και το θεωρητικό κομμάτι της έρευνας, γίνονται αναφορές για την κατάσταση που επικρατεί στην Ευρώπη, την Ελλάδα και τον νομό Χανίων στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων και του παραγόμενου κομπόστ. Ειδικότερα, εξετάζεται το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (Ε.Μ.Α.Κ) Χανίων της Διαδημοτικής Επιχείρησης Διαχείρισης Στερεών Απορριμμάτων (Δ.Ε.Δ.Ι.Σ.Α) και παρουσιάζονται δημογραφικά στοιχεία της περιοχής.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η πειραματική διαδικασία και οι αναλύσεις που έλαβαν χώρα στο Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (Ε.Μ.Α.Κ) Χανίων και έπειτα ακολουθούν τα τελικά αποτελέσματα και συμπεράσματα που προέκυψαν από την πειραματική παρακολούθηση των σειραδίων κομπόστ βάσει πάντα την υφιστάμενη νομοθεσία, καθώς και φωτογραφικό υλικό απ' όλη την πειραματική εξέλιξη.

Η πειραματική έρευνα βοήθησε στο να διεξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με την εξέλιξη και τον τρόπο διαχείρισης του προδιαλεγμένου οργανικού υλικού που φτάνει στον χώρο του Ε.Μ.Α.Κ Χανίων, αλλά και του σύμμεικτου οργανικού κλάσματος που βρίσκεται και επεξεργάζεται στον χώρο του Ε.Μ.Α.Κ. Τέλος, από το ώριμο πια υλικό στην τελική φάση του πειράματος εξετάσαμε και κρίναμε την ποιότητά του και το κατά πόσο αυτό μπορεί να γίνει αξιοποιήσιμο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Κομποστοποίηση, Διαχείριση Προδιαλεγμένου Οργανικού Υλικού, Οργανικό κλάσμα σύμμεικτων απορριμμάτων, Ε.Μ.Α.Κ Χανίων, Διαχείριση Απορριμμάτων

SUMMARY

This diploma thesis examines, in its main axes, the monitoring and quality of four experimental composting piles. The research is divided into two main parts:

The first part, which is the theoretical part of the study, reports the current situation in Europe, Greece and Chania Prefecture in the field of waste management and composting. In particular the service of the Mechanical Biological Treatment Plant (MBT) Of Chania of the Inter-Municipal Solid Waste Management Company (D.E.D.I.S.A.) is being examined and some essential demographic data of the area of Chania are presented.

The second part of the diploma thesis presents the experimental process and the analyses that took place at the Mechanical Biological Treatment Plant of Chania. In conclusion, the results and inferences from the experimental monitoring of the compost series are presented and also, photographic material of the composting process is provided.

The experimental research helped to draw some conclusions about the evolution and the way of management of the pre-selected organic material that reaches the area of MBT of Chania and of the mixed organic fraction that is found and processed in the field of MBT. In the end, from the mature material in the final phase of the experiment, the quality of the material is evaluated and exploitation options are proposed.

KEY WORDS: Composting, Managed Organic Material Management, Organic fraction of mixed waste, MBT of Chania, Waste Management.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	8
---------------	---

[ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ]

Κεφάλαιο 1^ο: Απόβλητα και Κομποστοποίηση	11
1.1 Στερεά Απόβλητα	11
1.1.1 Ιστορικό πλαίσιο	11
1.1.2 Κατηγορίες στερεών αποβλήτων	11
1.1.3 Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ)	15
1.1.4 Συστήματα Διαλογής στην Πηγή (ΔσΠ)	19
1.1.5 Διαχείριση στερεών απορριμμάτων	20
1.1.6 Κατάσταση στην Ευρώπη	22
1.2 Κομποστοποίηση	24
1.2.1 Εισαγωγή στην Κομποστοποίηση	24
1.2.2 Θετικά και αρνητικά της κομποστοποίησης και του κομπόστ	28
1.3 Η κομποστοποίηση σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας απορριμμάτων	29
1.4 Παράμετροι και στάδια της κομποστοποίησης	31
1.5 Οι Μικροοργανισμοί	38
1.6 Τα Βαρέα Μέταλλα	38
1.7 Πεδία εφαρμογής.....	39
1.8 Τί είναι το «CLO»	40
1.9 Κατάσταση στην Ευρώπη	42
1.10 Νομοθετικό Πλαίσιο.....	43
1.11 Βασικά στάδια λειτουργίας Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (Ε.Μ.Α.Κ) Χανίων	51
1.12 Δημογραφικά στοιχεία δήμου Χανίων.....	54

[ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ]

Κεφάλαιο 2^ο: Πειραματική Διαδικασία	59
2.1 Μέθοδοι ανάλυσης με βάση τα ελληνικά πρότυπα/Hellenic Standard ΕΛΟΤ και εργαστηριακές μεθόδους.....	59
2.1.1 Δημιουργία πειραματικών σειραδίων.....	60
2.1.2 Παρακολούθηση.....	64
2.1.3 Δειγματοληψία	64
2.1.4 Μέτρηση Θερμοκρασίας	66
2.1.5 Μέτρηση της Περιεκτικότητας σε Υγρασία.....	67
2.1.6 Μέτρηση pH.....	68
2.1.7 Μέτρηση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC).....	69
2.1.8 Μέτρηση Πτητικών Στερεών (VS).....	70
2.1.9 Μέτρηση Άνθρακα (C).....	72
2.1.10 Μέτρηση Ολικού Αζώτου κατά Kjeldahl (TKN).....	72
2.1.11 Μέτρηση Βαρέων Μετάλλων.....	76
2.2 Παρουσίαση πειραματικών μετρήσεων	76
2.2.1 Προσδιορισμός της Θερμοκρασίας	76
2.2.2 Προσδιορισμός της Υγρασίας	79
2.2.3 Προσδιορισμός του pH.....	81
2.2.4 Προσδιορισμός της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC).....	82
2.2.5 Προσδιορισμός των Πτητικών Στερεών (VS).....	84
2.2.6 Προσδιορισμός του Άνθρακα (C)	85
2.2.7 Προσδιορισμός του Ολικού Αζώτου (TN).....	87
2.2.8 Προσδιορισμός του Λόγου Άνθρακα/Αζωτο (C/N)	88
2.2.9 Προσδιορισμός των Βαρέων Μετάλλων	89
2.3 Τελικά Συμπεράσματα.....	92
2.3.1 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων φυσικοχημικών παραμέτρων.....	93
2.3.2 Σειράδι 1 ^ο & 2 ^ο	94
2.3.3 Σειράδι 3 ^ο & 4 ^ο	95
2.3.4 Σύνοψη τεσσάρων σειραδίων.....	96
2.3.5 Τελικό Στάδιο Επεξεργασίας	97
Επίλογος και συζήτηση αποτελεσμάτων	100

Φωτογραφικό Υλικό 101
Βιβλιογραφία 105



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση αποβλήτων σύμφωνα με τον ΕΚΑ	14
Πίνακας 2: Ποσότητα ΑΣΑ ανά κατηγορία υλικών (2011-2020)	17
Πίνακας 3: Σύσταση (% κατά βάρος) των ΑΣΑ ανά περιφέρειες το έτος 2011.....	17
Πίνακας 4: Ενδεικτικές τιμές υγρασίας	32
Πίνακας 5: Βέλτιστες τιμές βασικών παραμέτρων στην κομποστοποίησης	36
Πίνακας 6: Ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων βιολογικής επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ στην προτεινόμενη οδηγία της ΕΕ.....	47
Πίνακας 7: Ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων από εγκαταστάσεις Μηχανικής Διαλογής-Κομποστοποίησης σύμφωνα με την ΚΥΑ 114218/1997.....	48
Πίνακας 8: Ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κομπόστ τύπου Α από εγκαταστάσεις επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων, σύμφωνα με την ΚΥΑ 56366/4351/2014	52
Πίνακας 9: Απογραφή πληθυσμού Ν. Χανίων το έτος 2011	56
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά των μεγάλων παραγωγών αποβλήτων στον Δήμο Χανίων ..	57
Πίνακας 11: ΑΣΑ Νομού Χανίων.....	58
Πίνακας 12: Μέτρηση Βαρέων Μετάλλων από το Εργαστήριο στο ΤΕΙ Χανίων	89
Πίνακας 13: Αποτελέσματα Εξωτερικού Εργαστηρίου.....	90
Πίνακας 14: Βαρέα Μέταλλα σειραδίων και επιλεγμένων χωρών της ΕΕ.....	91
Πίνακας 15: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων.....	93

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Σχεδιάγραμμα 1: Ταξινόμηση στερεών αποβλήτων στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ)	12
Σχεδιάγραμμα 2: Κατανομή Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ), Βιοαποδομήσιμων (ΒΑ) & Βιοαποβλήτων (ΒΑ) σε μορφή συνόλου	18
Σχεδιάγραμμα 3: Διάγραμμα ροής μονάδων επεξεργασίας σύμμεικτων αστικών απορριμμάτων	21
Σχεδιάγραμμα 4: Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση των απορριμμάτων στην ΕΕ.....	23

Σχεδιάγραμμα 5: Παραγωγή αποβλήτων το έτος 2014 σε χώρες της ΕΕ (κιλά ανά κάτοικο)	23
Σχεδιάγραμμα 6: Ανακύκλωση των οργανικών ουσιών σε χούμο με την μέθοδο του κομπόστ	25
Σχεδιάγραμμα 7: Λόγος C/N & θερμοκρασίας στην κομποστοποίηση	33
Σχεδιάγραμμα 8: Μέση θερμοκρασία στο εσωτερικό του σειραδίου	34
Σχεδιάγραμμα 9: Θανάτωση παθογόνων μικροοργανισμών κάτω από την επίδραση διαφόρων θερμοκρασιών	35
Σχεδιάγραμμα 10: Μεταβολή των παραμέτρων κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης.	36
Σχεδιάγραμμα 11: Θερμοκρασιακές φάσεις στην κομποστοποίηση	38
Σχεδιάγραμμα 12: Ποσοστό κομποστοποίησης του συνόλου των απορριμμάτων στην Ευρώπη (EU 2007)	42
Σχεδιάγραμμα 13: Παραγωγή ΑΣΑ στην Π.Ε. Χανίων ανά μήνα	57
Σχεδιάγραμμα 14: Μέθοδος Τετραμερισμού	65
Σχεδιάγραμμα 15: Μέση θερμοκρασίας 1 ^{ου} και 2 ^{ου} σειραδίου σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος ανά ημέρα παρακολούθησης	77
Σχεδιάγραμμα 16: Μέση θερμοκρασίας 3 ^{ου} και 4 ^{ου} σειραδίου σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος ανά ημέρα παρακολούθησης	78
Σχεδιάγραμμα 17: Ποσοστό (%) υγρασία 1 ^{ου} και 2 ^{ου} σειραδίου	80
Σχεδιάγραμμα 18: Ποσοστό (%) υγρασία 3 ^{ου} και 4 ^{ου} σειραδίου	80
Σχεδιάγραμμα 19: pH 1 ^{ου} και 2 ^{ου} σειραδίου	81
Σχεδιάγραμμα 20: pH 3 ^{ου} και 4 ^{ου} σειραδίου	82
Σχεδιάγραμμα 21: Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) σε mS/cm 1 ^{ου} και 2 ^{ου} σειραδίου	83
Σχεδιάγραμμα 22: Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) σε mS/cm 3 ^{ου} και 4 ^{ου} σειραδίου	83
Σχεδιάγραμμα 23: Ποσοστό (%) πτητικών στερεών στο 1 ^ο και 2 ^ο σειράδι	84

Σχεδιάγραμμα 24: Ποσοστό (%) πτητικών στερεών στο 3 ^ο και 4 ^ο σειράδι.....	85
Σχεδιάγραμμα 25: Ποσοστό (%) άνθρακα στο 1 ^ο και 2 ^ο σειράδι	85
Σχεδιάγραμμα 26: Ποσοστό (%) άνθρακα στο 3 ^ο και 4 ^ο σειράδι	86
Σχεδιάγραμμα 27: Ποσοστό (%) ολικού αζώτου (TN) στο 1 ^ο & 2 ^ο σειράδι	87
Σχεδιάγραμμα 28: Ποσοστό (%) ολικού αζώτου (TN) στο 3 ^ο & 4 ^ο σειράδι	87
Σχεδιάγραμμα 29: Λόγος C/N στο 1 ^ο & 2 ^ο σειράδι	88
Σχεδιάγραμμα 30: Λόγος C/N στο 3 ^ο & 4 ^ο σειράδι	89

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Κομποστοποιητής εντός της οικίας	27
Εικόνα 2: Κάδος κομποστοποίησης για τοποθέτηση στο μπαλκόνι.....	27
Εικόνα 3: Οικιακός κομποστοποιητής που τοποθετείτε στον κήπο.....	27
Εικόνα 4: Καφέ κάδοι κοινοτικής κομποστοποίησης	28
Εικόνα 5: Ανάδευση σειραδίου με φορτωτή.....	34
Εικόνα 6: Αεροφωτογραφία Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ. Χανίων.....	53
Εικόνα 7: Πλατεία φύλαξης πράσινων απορριμμάτων	61
Εικόνα 8: Εκφόρτωση πράσινων απορριμμάτων	61
Εικόνα 9: Προσωρινή αποθήκευση οργανικών υπολειμμάτων	62
Εικόνα 10: Δεξαμενή κομποστοποίησης.....	62
Εικόνα 11: Σχηματισμός σειραδίων	62
Εικόνα 12: Ανάδευση σειραδίων	63
Εικόνα 13: Ομογενοποιημένο σειράδι	63
Εικόνα 14: Τελική διάταξη τεσσάρων σειραδίων.....	63
Εικόνα 15: Τετραμερισμός δείγματος.....	65
Εικόνα 16: Άνοιγμα σειραδίων	66

Εικόνα 17: Μέτρηση Θερμοκρασίας Σειραδίων	67
Εικόνα 18: Φούρνος ξήρανσης.....	68
Εικόνα 19: Μέτρηση pH	69
Εικόνα 20: Φούρνος καύσης	72
Εικόνα 21: Ξηραντήρας κενού	72
Εικόνα 22: Συσκευή χώνευσης Kjeldahl.....	75
Εικόνα 23: Συσκευή απόσταξης.....	75
Εικόνα 24: Η αλλαγή χρώματος κατά την τιτλοδότηση	75
Εικόνα 25: Κοσκίνιση Σειραδίων.....	97
Εικόνα 26: Τελική τοποθέτηση σε σάκους	98
Εικόνα 27: Κοσκινισμένο Υλικό 1 ^ο σειραδίου	98
Εικόνα 28: Κοσκινισμένο Υλικό 2 ^ο σειραδίου	98
Εικόνα 29: Κοσκινισμένο Υλικό 3 ^ο σειραδίου	99
Εικόνα 30: Κοσκινισμένο Υλικό 4 ^ο σειραδίου	99
Εικόνα 31: 1 ^ο & 2 ^ο σειράδι στα αρχικά στάδια της ωρίμανσης.....	101
Εικόνα 32: 3 ^ο & 4 ^ο σειράδι στα αρχικά στάδια της ωρίμανσης.....	101
Εικόνα 33: Διάταξη σειραδίων στην αρχή της διαδικασίας της ωρίμανσης.....	101
Εικόνα 34: 1 ^ο & 2 ^ο σειράδι στο μέσο της διαδικασίας της ωρίμανσης.....	102
Εικόνα 35: 3 ^ο & 4 ^ο σειράδι στο μέσο της διαδικασίας της ωρίμανσης.....	102
Εικόνα 36: Διάταξη σειραδίων στο μέσο της διαδικασίας της ωρίμανσης.....	102
Εικόνα 37: Τελική μορφή του 1 ^ο σειραδίου	103
Εικόνα 38: Τελική μορφή του 2 ^ο σειραδίου	103
Εικόνα 39: Τελική μορφή του 3 ^ο σειραδίου	104
Εικόνα 40: Τελική μορφή του 4 ^ο σειραδίου	104

Εισαγωγή

Η Φύση υποστηρίζεται από πολλούς σχετικούς επιστήμονες μέχρι και την λαϊκή θυμοσοφία- πως είναι ανίκητη. Για πόσο ακόμα, όμως, θα έχει την δυνατότητα να διατηρεί την κυριαρχία και τον έλεγχο των στοιχείων της; Μήπως ο άνθρωπος, το μοναδικό της έλλογο δημιούργημα, είναι αυτός που οφείλει να επωμισθεί αυτό το καθήκον;

Ως περιβάλλον, με βάση την βιβλιογραφία, μπορούμε να ορίσουμε «το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορία, την πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες» [2].

Παρόλα αυτά, τα προβλήματα ρύπανσης των οικοσυστημάτων βρίσκονται στην επικαιρότητα και μάλιστα εντονότερα από κάθε άλλη φορά. Τα συνεχώς αυξανόμενα ποσοστά πληθυσμού λόγω της αστικοποίησης, η ανεξέλεγκτη βιομηχανία και η απερισκεψία της πλειοψηφίας των πολιτών έχουν οδηγήσει σε μείζονα προβλήματα που επηρεάζουν στο έπακρο το περιβάλλον. Ένα ιδιαίτερος σημαντικό πρόβλημα που παίζει καταλυτικό ρόλο σε αυτήν την επιβάρυνση είναι η διαχείριση των απορριμμάτων. Ο συνεχόμενα αυξανόμενος όγκος απορριμμάτων που παράγεται στις σύγχρονες κοινωνίες έχει φτάσει τους χώρους υγειονομικής ταφής, αλλά και τα οικοσυστήματα στα όρια τους [11].

Ωστόσο όλες αυτές οι ραγδαίες εξελίξεις που επιβαρύνουν το περιβάλλον έχουν οδηγήσει επιστήμονες, μηχανικούς αλλά και απλούς πολίτες με περιβαλλοντολογική συνείδηση να ασχοληθούν με μεγαλύτερη αφοσίωση και ενδιαφέρον για τον σχεδιασμό και την εύρεση τρόπων επίλυσης αυτών των προβλημάτων. Οργανώσεις και φορείς που προστατεύουν το περιβάλλον έχουν λάβει θέση απέναντι σε αυτό το σημαντικό ζήτημα και γνωστοποιούν ότι η κυριότερη αρχή ώστε να λειτουργήσει άρτια ένα σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων είναι να ακολουθούνται σταθερά και επίμονα τα εξής στάδια λειτουργίας:

- μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων,
- επαναχρησιμοποίηση των υλικών,
- ανακύκλωση των υλικών και
- ανάκτηση ενέργειας.

Αντιλαμβανόμαστε πως τα απορρίμματα δεν μπορούν να εξαφανιστούν παρά μόνο να γίνει μετατροπή τους μέσω φυσικών ή τεχνικών μεθόδων σε αξιοποιήσιμες πηγές, στερεής, αέριας ή υγρής μορφής ώστε να θεωρούνται μη ρυπογόνα προς τα οικοσυστήματα.

Κάνοντας μια γρήγορη ιστορική ανασκόπηση, απ' όταν ο άνθρωπος ξεκίνησε να διαχειρίζεται τα απορρίμματα που παρήγαγε είτε τα έθαβε σε χωματερές και αργότερα σε Χ.Υ.Τ. είτε πραγματοποιούσε καύση τους. Με το πέρασμα των χρόνων όμως, αυτές οι μέθοδοι εναπόθεσης αποδείχτηκαν εξίσου μολυσματικές για το περιβάλλον. Έτσι ξεκίνησαν να εφαρμόζονται νόμοι και οδηγίες για τον σωστότερο διαχωρισμό των απορριμμάτων ώστε να μπορέσει να υπάρξει κατάλληλη αξιοποίηση τους.

Το composting όπως ονομάζεται διεθνώς αποτελεί μια “ξεκούραση” στην διαχείριση των απορριμμάτων, καθώς πλέον, εκτός από την ανακύκλωση υλικών όπως το γυαλί, το αλουμίνιο, το πλαστικό κ.α., μπορούμε να επεξεργαστούμε και το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων, που έχει υπολογιστεί ότι φτάνει το 60% της συνολικής τους σύστασης, και μέσα από στάδια επεξεργασίας να παράγουμε το «κομπόστ», ένα υλικό που έχει χαρακτηριστεί “μαύρος χρυσός”. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα υλικό πλούσιο σε οργανικά στοιχεία το οποίο στην συνέχεια εναποτίθεται στο περιβάλλον. Έτσι έχουμε έναν οικολογικό τρόπο επεξεργασίας των απορριμμάτων συμβάλλοντας θετικά στην προστασία του περιβάλλοντος [4].

Τι ορίζουμε ως ρύπανση

Η ρύπανση του περιβάλλοντος, θα μπορούσαμε να πούμε, πως είναι ένα φαινόμενο κοινωνικό-πολιτικό που συνεχώς διογκώνεται. Αν προσπαθήσουμε να δώσουμε έναν προσεγγιστικό ορισμό για την ρύπανση (pollution), θα ορίζαμε την προσθήκη κάποιας φυσικής ή συνθετικής ουσίας στο περιβάλλον (π.χ. ήχος, θερμότητα) με ρυθμούς μεγαλύτερους από εκείνους που μπορεί το περιβάλλον να αντιμετωπίσει ώστε να προσαρμοστεί σε αυτή την εξωτερική παρέμβαση. Η ρύπανση μπορεί να αποφέρει απότομες και καθοριστικές διαταραχές τόσο στην ισορροπία της φύσης όσο και στον ίδιο τον άνθρωπο.

Σε αυτό το σημείο καθίσταται αναγκαίο να δοθεί παραπάνω επεξήγηση ώστε να μην υπάρχει σύγχυση με ορό «μόλυνση». Η μόλυνση (contamination) του περιβάλλοντος προκαλείται από την είσοδο στο περιβάλλον μικροβίων, ιών και παθογόνων μικροοργανισμών, εν αντιθέσει με την ρύπανση η οποία οφείλεται κυρίως σε χημικά ή φυσικά αίτια [23].

Πού εντοπίζουμε το πρόβλημα και σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Σκοπός την παρούσας πτυχιακής εργασίας, στο θεωρητικό της κομμάτι, είναι να θίξει το ζήτημα της διαχείρισης των οικιακών στερεών απορριμμάτων και την κατάσταση που επικρατεί σε αυτόν τον τομέα στον νομό Χανίων συγκεκριμένα, την Ελλάδα, αλλά και την Ευρώπη γενικότερα. Ανάλογα θίγεται και το κομμάτι της κομποστοποίησης ως ένας από τους σημαντικότερους τρόπους επεξεργασίας των απορριμμάτων. Επίσης, παρουσιάζονται νομοθετικά πλαίσια γύρω από την διαχείριση των απορριμμάτων και την κομποστοποίηση, ενώ στο τέλος έχουμε την ανάλυση του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Χανίων (Ε.Μ.Α.Κ).

Στο πειραματικό της μέρος τώρα αναλύεται η πειραματική διάταξη της εξέλιξης τεσσάρων σειραδίων κομπόστ τα οποία αποτελούνταν από την εξής σύσταση και υλικά: Το πρώτο σειράδι αποτελείται από 3 κυβικά μέτρα βιοαπόβλητα και 3 κυβικά μέτρα κλαδιά, το δεύτερο από 2 κυβικά μέτρα βιοαπόβλητα και 4 κυβικά μέτρα κλαδιά, το τρίτο από 3 κυβικά μέτρα οργανικά απορρίμματα που προέρχεται από τα τελικά στάδια προεπεξεργασίας των σύμμεικτων απορριμμάτων στο Ε.Μ.Α.Κ Χανίων και 3 κυβικά μέτρα κλαδιά, ενώ το τέταρτο και τελευταίο από 2 κυβικά μέτρα οργανικά απορρίμματα και 4 κυβικά μέτρα κλαδιά.

Το 1^ο και το 2^ο σειράδι δημιουργήθηκαν με σκοπό την παρακολούθηση των οργανικών αποβλήτων (φρούτα, λαχανικά) τα οποία συλλέγονταν και μεταφέρονταν στον χώρο του Ε.Μ.Α.Κ Χανίων στα πλαίσια του προγράμματος “Διαλογή στην Πηγή”. Πρέπει να σημειωθεί πως στην παρούσα φάση της πειραματικής διάταξης το πρόγραμμα ΔσΠ βρίσκονταν σε αρχικό στάδιο, με αποτέλεσμα τα οργανικά απορρίμματα να προέρχονταν από επιλεγμένους χώρους που συμμετέχουν στο πρόγραμμα, όπως το Πολυτεχνείο Κρήτης και τους χώρους εστίασης του Πεδίου Βολής Κρήτης. Από την άλλη, το 3^ο και το 4^ο σειράδι αποτελούν αντικείμενο μελέτης του οργανικού κλάσματος των σύμμεικτων απορριμμάτων, το οποίο προκύπτει από την επεξεργασία και τον διαχωρισμό από τα σύμμεικτα απορρίμματα που πραγματοποιείται στο Ε.Μ.Α.Κ.. Για την δημιουργία των σειραδίων χρησιμοποιήθηκε υλικό από την ταινία που κατευθύνει το κλάσμα στην δεξαμενή κομποστοποίησης προτού μπει εντός αυτής.

Το αντικείμενο το οποίο στάθηκε ως πυλώνας για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας ήταν η σύγκριση του τελικού προϊόντος που προέκυψε από την κομποστοποίηση των δύο διαφορετικών υλικών, δηλαδή των οργανικών απορριμμάτων από την ΔσΠ και του σύμμεικτου οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων. Μέσα από την σύγκριση των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων προέκυψαν αξιόπιστα συμπεράσματα για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του καθενός τελικού προϊόντος.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1^ο: Απόβλητα και Κομποστοποίηση

1.1 Στερεά Απόβλητα.

1.1.1 Ιστορικό πλαίσιο.

Κάνοντας μια μικρή ιστορική ανασκόπηση πάνω στο κομμάτι των απορριμμάτων, βλέπουμε πως από τις πρωτόγονες κιάλας κοινωνίες ο άνθρωπος και τα ζώα αξιοποιούσαν τις πηγές της γης ώστε να μπορέσουν να επιβιώσουν. Σε πολύ αρχικά στάδια η διάθεση των απορριμμάτων δεν θεωρούνταν σημαντικό πρόβλημα καθώς ο πληθυσμός ήταν πολύ μικρός και η γη όπου αφομοίωνε τα απόβλητα πολύ μεγάλη. Εφόσον ο άνθρωπος είχε ξεκινήσει από τους αρχαίους κιάλας χρόνους να δημιουργεί ένα πολύ αρχικό σύστημα ανακύκλωσης των αποβλήτων του, το οποίο αξιοποιούσε κυρίως στην γεωργία.

Η απαρχή του προβλήματος του όγκου και της διάθεσης των απορριμμάτων εμφανίστηκε όταν οι άνθρωποι άρχιζαν να δημιουργούν μικρές κοινωνίες, όπως χωριά και στην συνέχεια πόλεις. Βλέπουμε πως κανένα σύστημα διάθεσης δεν είχε αναπτυχθεί ώστε να διαχειριστεί τον όλο και αυξανόμενο όγκο απορριμμάτων με αποτέλεσμα τα απόβλητα να καταλήγουν μέσα στις πόλεις. Αυτό είχε ως συνέπεια την ανάπτυξη μολυσματικών ασθενειών και τον θάνατο εκατομμυρίων ανθρώπων. Ο “Μαύρος Θάνατος” όπως είχε ονομαστεί είχε σκοτώσει τον μισό πληθυσμό της Ευρώπης τον 14^ο αιώνα. Μετά τον 19^ο αιώνα βλέπουμε ότι δημιουργήθηκαν τα πρώτα στάδια διάθεσης των απορριμμάτων [35].

Έτσι, όσο εξελίσσεται ο άνθρωπος μέσα στις κοινωνίες, και σε συνδυασμό με την τεχνολογική εξέλιξη, οι μέθοδοι και οι τρόποι διάθεσης των απορριμμάτων θα βελτιώνονται προς όφελος και του ανθρώπου και του περιβάλλοντος.

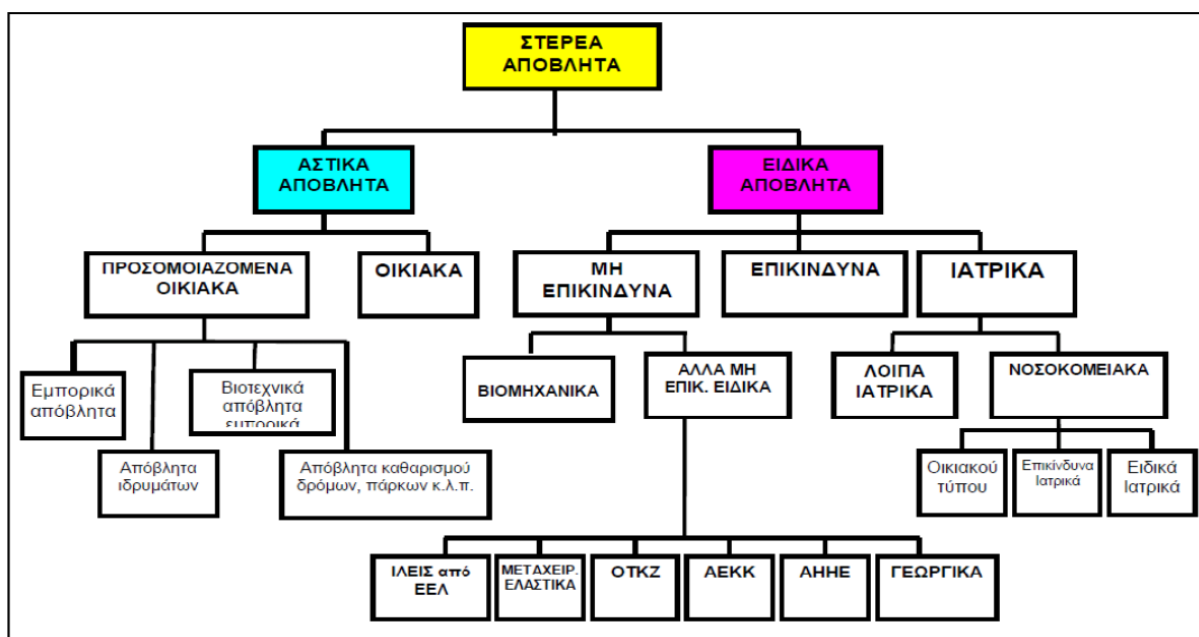
1.1.2 Κατηγορίες στερεών αποβλήτων.

Ως «απόβλητο» ορίζεται κάθε στερεό ή ημιστερεό υλικό το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει καθώς δεν έχει αρκετή αξία ή χρησιμότητα γι’ αυτόν ώστε να συνεχίζει να υφίσταται την δαπάνη ή το βάρος της διατήρησής του [48].

Όσον αφορά τα στερεά απορρίμματα οι κύριες πηγές προέλευσής τους είναι από i) υπολείμματα νοικοκυριών, ii) βιομηχανίες, iii) εμπορικές εγκαταστάσεις και iv) γεωργικές

δραστηριότητες. Στα στερεά απόβλητα, επιπλέον, εντάσσεται και μια ακόμη κατηγορία αποβλήτων, αυτά τα υπολείμματα (π.χ. ιλύες) που προκύπτουν από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης υγρών αποβλήτων, την επεξεργασία πόσιμου νερού και τις εγκαταστάσεις αέριων εκπομπών [11]. Θέσφατο συμπέρασμα προκύπτει ότι τα στερεά απόβλητα αποτελούνται από όλα τα απόβλητα, εκτός από i) αυτά που είναι σε υγρή φάση (υγρά απόβλητα) και ii) τους αέριους ρύπους.

Μέσα από το σχεδιάγραμμα 1, γίνεται κατανοητός ο διαχωρισμός των στερεών αποβλήτων σε δύο κύριες κατηγορίες: τα **αστικά απόβλητα** (ΑΣ) και τα **ειδικά απόβλητα** (ΕΑ).



Σχεδιάγραμμα 1: Ταξινόμηση στερεών αποβλήτων στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ), [8].

Στην συνέχεια παρατίθενται κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα από είδη απορριμμάτων τα οποία περιλαμβάνονται στα στερεά απόβλητα και μπορούμε να τα διακρίνουμε με βάση το παραπάνω σχήμα:

- Αστικά απορρίμματα (οικιακά, βιοτεχνικά, οδοκαθαρισμούς κ.λπ.),
- απόβλητα που προέρχονται από επεξεργασία πετρελαίου, διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια,
- απόβλητα από γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες,
- απόβλητα από ορυχεία και λατομεία,
- απόβλητα από οικοδομικές εργασίες (μάζα),
- ιατρικά απόβλητα,

- απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και
- ελαστικά

Ο συγκεντρωτικός Πίνακας 1 προκύπτει από την Απόφαση της Επιτροπής της 18^{ης} Δεκεμβρίου 2014 για την τροποποίηση της απόφασης 2000/532/ΕΚ όσον αφορά στον κατάλογο των αποβλήτων σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. Ο πίνακας αποτελεί το ευρετήριο των αποβλήτων, καθώς σε αυτόν αναγράφονται οι κυριότερες κατηγορίες αποβλήτων αλλά και η σύσταση τους.

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση αποβλήτων σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων, [8].

1	Απόβλητα που προκύπτουν, από εξερεύνηση, εξόρυξη, εργασίες λατομείου, φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών.
2	Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων.
3	Απόβλητα από την κατεργασία ξύλου και την παραγωγή ταμπλάδων και επίπλων, καθώς και πολτού χαρτιών και χαρτονιών.
4	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας.
5	Απόβλητα από τη διύλιση πετρελαίου, τον καθαρισμό φυσικού αερίου και την πυρολυτική επεξεργασία άνθρακα.
6	Απόβλητα από ανόργανες χημικές διεργασίες.
7	Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες.
8	Απόβλητα από την παραγωγή, διαμόρφωση, προμήθεια και χρήση (ΠΑΠΧ) επικαλύψεων (χρώματα, βερνίκια και σμάλτο υάλου), κολλών, στεγανωτικών και τυπογραφικών μελανών.
9	Απόβλητα από τη φωτογραφική βιομηχανία.
10	Απόβλητα από θερμικές επεξεργασίες.
11	Απόβλητα από τη χημική επιφανειακή επεξεργασία και την επικάλυψη μετάλλων και άλλων υλικών υδρομεταλλουργία μη σιδηρούχων μετάλλων.
12	Απόβλητα από τη μορφοποίηση και τη φυσική και χημική επιφανειακή επεξεργασία μετάλλων και πλαστικών
13	Απόβλητα ελαίων και απόβλητα υγρών καυσίμων (εκτός βρωσίμων ελαίων).
14	Απόβλητα από οργανικούς διαλύτες, ψυκτικές ουσίες και προωθητικά.
15	Απόβλητα από συσκευασίες· απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικό ρουχισμό μη προδιαγραφόμενο.
16	Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως στον κατάλογο
17	Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις (περιλαμβάνεται χώμα εκσκαφής από ρυπασμένες τοποθεσίες)
18	Απόβλητα από την υγειονομική περίθαλψη ανθρώπων ή ζώων (εξαιρούνται απόβλητα κουζίνας και εστιατορίων που δεν προκύπτουν άμεσα από το σύστημα υγείας)
19	Απόβλητα από τις μονάδες διαχείρισης αποβλήτων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και την προετοιμασία ύδατος προοριζόμενου για κατανάλωση από τον άνθρωπο και ύδατος για βιομηχανική χρήση
20	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα).

1.1.3 Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ).

Όπως έχει αναφερθεί, τα Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ) αποτελούν μια βασική κατηγορία των στερεών αποβλήτων και η γνώση της σύστασής τους παίζει πρωταρχικό ρόλο για την δημιουργία συστημάτων διαχείρισης και επεξεργασία τους. Με τον όρο ΑΣΑ (κατά την αγγλική ορολογία: Municipal Solid Waste, MSW) κατηγοριοποιείται ένα πολύ συγκεκριμένο είδος απορριμμάτων, αυτό των οικιακών απορριμμάτων, καθώς και άλλων αποβλήτων με παρόμοια φύση και σύσταση.

Τα ΑΣΑ είναι τα απόβλητα που παράγονται από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών (οικιακά στερεά απόβλητα), από τις εμπορικές δραστηριότητες (εμπορικά στερεά απόβλητα), από τους καθαρισμούς των οδών και άλλων κοινόχρηστων χώρων, καθώς και άλλα στερεά απόβλητα (από ιδρύματα, επιχειρήσεις, κλπ.) τα οποία ανάλογα με την φύση ή τη σύνθεσή τους μπορούν να παρουσιάσουν παρόμοιες ιδιότητες με αυτές των οικιακών στερεών αποβλήτων. Εξαίρεση σε αυτήν την κατηγορία αποτελούν τα απόβλητα εκσκαφών, των οικοδομικών κατεδαφίσεων, όπως επίσης και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα. Ως τελικό συμπέρασμα προκύπτει ότι τα ΑΣΑ αποτελούν την ετερογενή μάζα των στερεών αποβλήτων όπου προέρχονται κατά κύρια βάση από τις αστικές περιοχές [20].

Επιπροσθέτως πρέπει να σημειωθεί πως πλέον, όπως ορίζεται και από το Αναθεωρημένο Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, στην κατηγορία των ΑΣΑ περιλαμβάνονται και οι ιλύες αστικού τύπου, δηλαδή ιλύες που παράγονται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων: i) αστικής προέλευσης, ii) τουριστικών μονάδων, iii) βιομηχανιών του κλάδου τροφίμων και ποτών, iv) κοινωφελών οργανισμών και άλλων πηγών [49].

Ποιοτική και ποσοτική σύσταση ΑΣΑ.

Τα ΑΣΑ αποτελούν ένα ιδιαίτερα ανομοιογενές μίγμα υλικών όπου η φύση και η σύστασή τους μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, οπότε καταλαβαίνουμε πως έχουμε να αντιμετωπίσουμε ένα αρκετά άγνωστο υλικό. Έτσι, γίνεται σαφές πως μόνο μέσα από δειγματοληψίες και αναλύσεις θα μπορούσαμε να κατηγοριοποιήσουμε τα ΑΣΑ και να τα ομαδοποιήσουμε. Στην συνέχεια σύμφωνα με την ΚΥΑ 69728/824 ΦΕΚ 358/17-5-1996 [46] μπορούμε να καταλήξουμε στις εξής:

- **Ζυμώσιμα** (τα οργανικά υλικά από τροφικά υπολείμματα και τα απόβλητα κήπων),
- **Χαρτί** (χαρτιά και χαρτόνια από έντυπα υλικών και συσκευασίες προϊόντων),

- **Μέταλλα** (το σύνολο των μεταλλικών υλικών που βρίσκονται μέσα στα απόβλητα.)

Θα μπορούσε να γίνει ένας προσεγγιστικός διαχωρισμός των μετάλλων ως εξής:

- ♦ Σιδηρούχα Μέταλλα (προκύπτουν από τις μαγνητικές τους ιδιότητες)
 - ♦ Μη Σιδηρούχα Μέταλλα (αν έχουν ως κύριο υλικό το αλουμίνιο)
 - ♦ Μπαταρίες (αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία λόγω των επικίνδυνων ιδιοτήτων που έχουν)
- **Γυαλί** (τα απορρίμματα του γυαλιού αφορούν τα γυάλινα απορρίμματα όλων των αποχρώσεων. Ωστόσο όσο αναφορά στο κομμάτι της ανακύκλωσης πρέπει να γίνεται διαχωρισμός ανάλογα με το χρώμα του γυαλιού σε λευκό καφέ και πράσινο, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος),
 - **Πλαστικά** (τα πλαστικά αποτελούν το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία των πλαστικών διευρύνεται διαρκώς ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (συσκευασμένα προϊόντα κλπ.). Χαρακτηριστικό της κατηγορίας των πλαστικών είναι η έντονη ανομοιογένεια των υλικών λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.),
 - **Δέρμα - Ξύλα - Ύφασμα - Λάστιχα (ΔΞΥΛ)**(Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα),
 - **Αδρανή** (πρόκειται για χημικώς ανενεργά υλικά που περιέχονται στα οικιακά απορρίμματα, π.χ. χώματα, πέτρες, κ.λπ., καθώς και τα ακίνδυνα απόβλητα που δεν υφίστανται καμία φυσική, χημική ή βιολογική μετατροπή. Κοινό χαρακτηριστικό των αδρανών αποβλήτων είναι πως δεν διαλύονται, δεν συμμετέχουν σε φυσικές ή χημικές αντιδράσεις, δεν βιοδιασπώνται και τέλος δεν αποτελούν ρυπαντικό φορτίο τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο),
 - **Λοιπά** (Οποιαδήποτε άλλα υλικά των αστικών αποβλήτων τα οποία δεν περιλαμβάνονται σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες)

Η σύνθεση των απορριμμάτων όπως προαναφέρθηκε ποικίλει τοπικά και χρονικά. Στον ακόλουθο πίνακα 2 βλέπουμε την μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα όπως έχει υπολογιστεί από το ΥΠΕΚΑ το χρονικό διάστημα 2011-2020.

Πίνακας 2: Ποσότητα ΑΣΑ ανά κατηγορία υλικών (2011-2020), [3].

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	Έτος προβολής παραγωγής (Συνολική παραγωγή ΑΣΑ σε t/έτος)										
	ΠΟΣΟΣΤΟ % κ.β.	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Οργανικό Κλάσμα (Ζυμώσιμα)	44,3%	2.469.617	2.473.978	2.473.978	2.473.978	2.473.978	2.510.127	2.546.674	2.583.886	2.621.630	2.659.900
Χαρτί - Χαρτόνι	22,2%	1.237.596	1.239.781	1.239.781	1.239.781	1.239.781	1.257.896	1.276.211	1.294.859	1.313.774	1.333.000
Πλαστικά	13,9%	774.891	776.259	776.259	776.259	776.259	787.602	799.069	810.745	822.588	834.600
Μέταλλα	3,9%	217.416	217.799	217.799	217.799	217.799	220.982	224.199	227.475	230.798	234.300
Γυαλί	4,3%	239.715	240.138	240.138	240.138	240.138	243.647	247.194	250.806	254.470	258.400
Ξύλο	4,6%	256.439	256.892	256.892	256.892	256.892	260.645	264.440	268.304	272.223	276.100
Λουπά	6,8%	379.083	379.753	379.753	379.753	379.753	385.302	390.912	396.624	402.417	408.300

Στον πίνακα 3 φαίνεται προσεγγιστικά τα ποσοστά των οικιακών απορριμμάτων σε μεγάλες πόλεις της Ελλάδας. Παρατηρούμε πως όσο μεγαλύτερο πληθυσμό έχει μια πόλη τόσο μεγαλύτερος όγκος ΑΣΑ παράγεται. Ωστόσο αυτά τα νούμερα είναι μεταβαλλόμενα, καθώς περιοχές με μικρότερο πληθυσμό από μεγάλα αστικά κέντρα παρουσιάζουν μεγάλες ποσότητες ΑΣΑ. Κατά κύρια βάση, αυτή η μεγάλη αύξηση συμβαίνει τους θερινούς μήνες όταν αυξάνεται ο πληθυσμός της πόλης λόγω τουρισμού.

Πίνακας 3: Σύσταση (% κατά βάρος) των ΑΣΑ ανά περιφέρειες το έτος 2011,[6].

Περιφέρεια	Βιοαπόβλητα (Οργανικό Κλάσμα)	Χαρτί- Χαρτόνι	Μέταλλα	Πλαστικά	Γυαλί	Λουπά
Αν. Μακ. Θράκη	45,8	15,3	16,5	3,4	4,3	14,7
Κ. Μακεδονία	38,6	21,6	14,9	3,9	3,4	17,6
Δυτ. Μακεδονία	46,2	19,4	14,4	2,3	1,9	15,8
Ήπειρος	44,9	18,9	11,3	5,2	3,8	15,8
Θεσσαλία	53,9	17,1	16,3	3,8	6,7	2,2
Ιόνιων Νησιών	47	20	8,5	4,5	4,5	15,5
Δυτ. Ελλάδα	47	20	8,5	4,5	4,5	15,5
Στερεά Ελλάδα	47	20	8,5	4,5	4,5	15,5
Αττική	43,7	28,1	13	3,3	3,4	8,6
Πελοπόννησος	41	29	14	3,5	3,5	9
Β. Αιγαίο	48,3	21,6	9,4	3,2	5,8	11,7
Ν. Αιγαίο	30	28	21	3	7	11
Κρήτη	39,2	20	16,9	5	5,3	13,7

Στην συνέχεια αναφέρονται οι υποκατηγορίες των ΑΣΑ, οι οποίες έχουν μεγάλη σημασία για την κατανόηση της σύστασής τους [6]:

▪ Βιοαποδομήσιμα απόβλητα (ΒΑΑ)

Στα ΒΑΑ συγκαταλέγεται οποιοδήποτε απόβλητο μπορεί να υποστεί αναερόβια ή αερόβια αποσύνθεση. Τέτοιου είδους απόβλητα προέρχονται από κήπους, ξυλεία, χαρτικά είδη, καθώς και τα διατροφικά απόβλητα.

▪ Βιοαπόβλητα (ΒΑ)

Στην κατηγορία των βιοαποβλήτων εντάσσονται δύο βασικές υποκατηγορίες αποβλήτων μέσα από τις οποίες γίνεται καλύτερα κατανοητή η σύστασή τους:

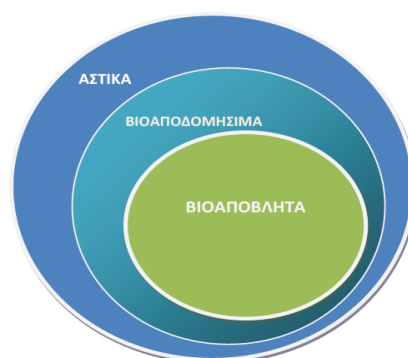
- Οικιακά απόβλητα: Τα οποία με την σειρά τους μπορούμε να τα χωρίσουμε σε 2 κύριες κατηγορίες:

- i. Απόβλητα τροφών: υπολείμματα τροφών (π.χ. φρούτα, λαχανικά) από τις κατοικίες
- ii. Απόβλητα κήπων: πρόκειται για τα “πράσινα απόβλητα” τα οποία κατά κύρια βάση προέρχονται από κήπους και η σύστασή τους αποτελείται κυρίως από κλαδιά, φύλλα, κλπ.

- Εμπορικά απόβλητα: τα απόβλητα αυτής της κατηγορίας προέρχονται από χώρους μαζικής εστίασης (π.χ. ξενοδοχεία, κέντρα εστίασης, σχολεία κ.α.)

Βιομηχανικά Απόβλητα: Στην τελευταία κατηγορία συναντάμε απόβλητα τα οποία προέρχονται από τις βιομηχανίες (π.χ. τροφίμων, ποτών, κλπ.)

Το σχεδιάγραμμα 2 παρουσιάζει προσεγγιστικά το μέγεθος των κατηγοριών των αποβλήτων μέσα στα αστικά απόβλητα. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι τον μεγαλύτερο όγκο αποτελούν τα αστικά απόβλητα, τον αμέσως επόμενο τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα και σε μικρότερη συγκέντρωση βρίσκονται τα βιοαπόβλητα.



Σχεδιάγραμμα 2: Κατανομή Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ), Βιοαποδομήσιμων (ΒΑ) & Βιοαποβλήτων (ΒΑ) σε μορφή συνόλου, [6].

Μόνο μέσα από την ποιοτική ανάλυση των αποβλήτων είναι δυνατόν να προσδιοριστούν οι καταλληλότεροι τρόποι επεξεργασίας και διαχείρισής τους. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μπορούν να τα ομαδοποιηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες οι οποίες

παρουσιάζονται συνοπτικά στην συνέχεια: i) στα φυσικά, ii) τα χημικά και iii) τα βιολογικά [33]:

1. Φυσικά Χαρακτηριστικά:

- Πυκνότητα και ειδικό βάρος
- Υγρασία
- Υδροαπορροφητικότητα
- Υδραυλική αγωγιμότητα
- Το μέγεθος των τεμαχιδίων

2. Χημικά Χαρακτηριστικά:

- Ομαδοποίηση των χημικών ενώσεων
- Ανάλυση καταλληλότητας καύσης
- Στοιχειακή ανάλυση
- Θερμογόνος δύναμη

3. Βιολογικά Χαρακτηριστικά

- Βιοαποδόμηση
- Παραγωγή οσμών
- Ανάπτυξη εντόμων

1.1.4 Συστήματα Διαλογής στην Πηγή (ΔσΠ).

Ξεχωριστή αναφορά πρέπει να γίνει στην διαδικασία «Διαλογή Στην Πηγή». Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που μπορεί να αποδοθεί σε αυτή την διαδικασία είναι η ανάκτηση χρήσιμων υλικών πριν αυτά αναμειχθούν με την υπόλοιπη μάζα των απορριμμάτων. Η «Διαλογή στην Πηγή» δεν αποτελεί την λύση του προβλήματος της διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων, αλλά πρόκειται για ένα πολύ αποτελεσματικό σύστημα που προσφέρει μεγάλη βοήθεια. Συνδυάζοντας αυτό το σύστημα με άλλα συστήματα ακόμη πιο παραγωγικά (π.χ. ανακύκλωση, κομποστοποίηση, κτλ.) έχουμε την δημιουργία ενός καλύτερου τελικού προϊόντος.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικές παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται η βιωσιμότητα, η αποτελεσματικότητα και η λειτουργικότητα ενός προγράμματος «διαλογή υλικών στην πηγή»:

- Το είδος και η διαθεσιμότητα των προς ανάκτηση υλικών,
- Η δυνητικά ανακτήσιμη ποσότητα υλικών προς ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση,
- Ο σωστός σχεδιασμός του συστήματος συλλογής, μεταφοράς και αξιοποίησης των δυνητικά ανακτήσιμων υλικών και η πλήρης ενσωμάτωσή του στο συνολικό σύστημα διαχείρισης των απορριμμάτων,
- Η δυνατότητα απρόσκοπτης προώθησης των ανακτηθέντων υλικών στις αντίστοιχες αγορές,
- Η ποιότητα των ανακτηθέντων υλικών,
- Η πρόληψη και έγκαιρη αντιμετώπιση πιθανών οργανωτικών δυσκολιών και λειτουργικών προβλημάτων,
- Η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού (ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης), έτσι ώστε να επιτευχθεί αυξημένη συμμετοχή του στα προγράμματα ανακύκλωσης υλικών [6&18].

Βασική προϋπόθεση για την επιτυχία κάθε προγράμματος διαλογής στην πηγή ανεξάρτητα από την πρακτική που εφαρμόζεται για την ανάκτηση υλικών- είναι η αυξημένη συμμετοχή των πολιτών. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμμετοχή είναι:

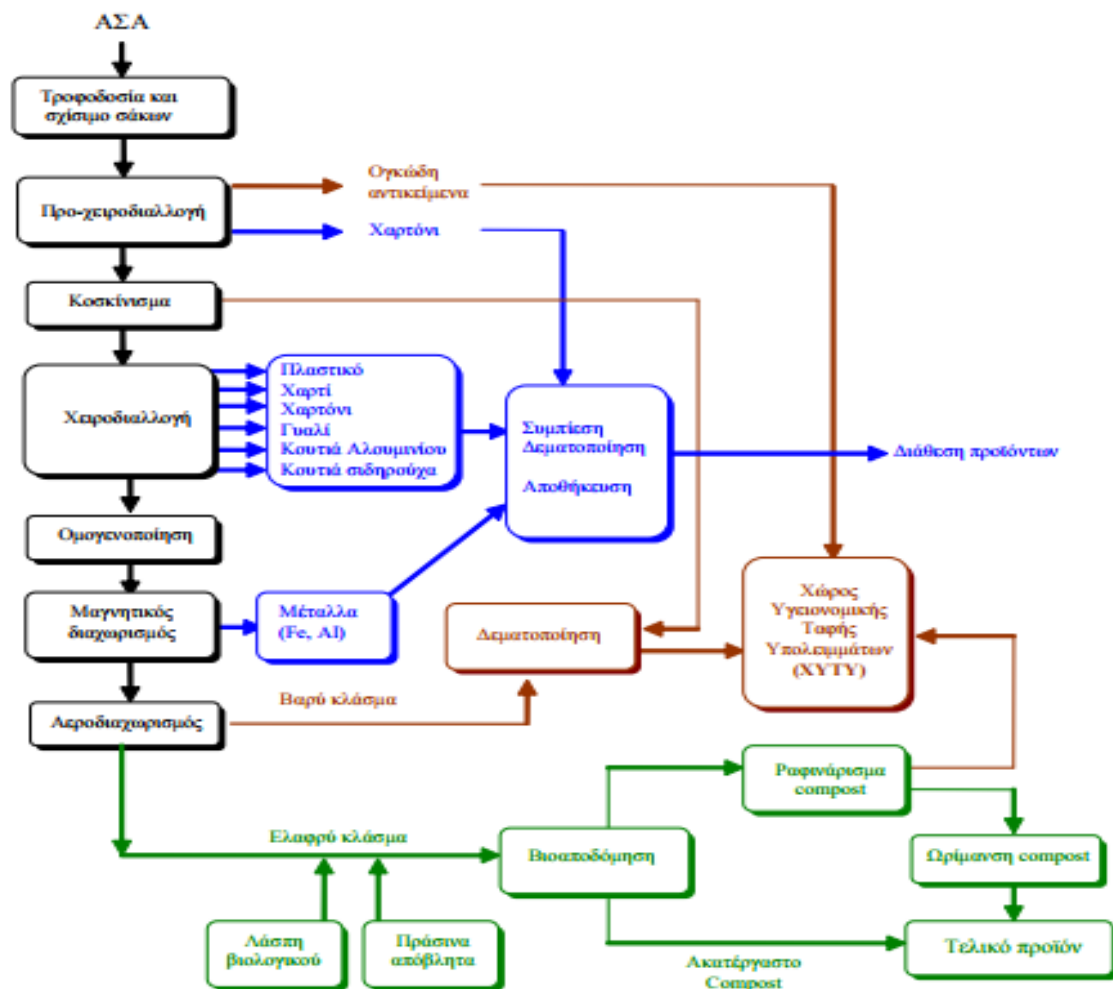
- το είδος της περιοχής (αστική, ημιαστική, αγροτική),
- το βιοτικό και μορφωτικό επίπεδο του πληθυσμού,
- η σωστή, συνεχής και πλήρης ενημέρωση του κοινού,
- το είδος της κατοικίας (μονοκατοικία, πολυκατοικία) και γενικότερα τα οικιστικά και πολεοδομικά χαρακτηριστικά της περιοχής,
- η ελαχιστοποίηση του χρόνου που απαιτείται από τους κατοίκους για τη συλλογή των υλικών,
- το είδος των προγραμμάτων (υποχρεωτικά, εθελοντικά κ.λπ.) και
- ο τρόπος συλλογής των υλικών (καθορισμένη συλλογή) [37].

1.1.5 Διαχείριση στερεών απορριμμάτων.

Η διαχείριση των στερεών απορριμμάτων αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα των σύγχρονων κοινωνιών. Από χώρα σε χώρα το πρόβλημα διαφοροποιείται γι' αυτό κάθε κοινωνία χωριστά οφείλει να εφαρμόζει τους νόμους και τις οδηγίες περί διαχείρισης των απορριμμάτων στις ανάγκες της. Για πολλά χρόνια και σε πολλές περιοχές η μη ελεγχόμενη εναπόθεση των απορριμμάτων πραγματοποιούνταν σε ελεύθερος χώρους και χαράδρες χωρίς να έχει προηγηθεί καμία επεξεργασία. Αυτό είχε ως ακόλουθο τεράστιες οικολογικές

καταστροφές. Γι' αυτό το λόγο άρχιζαν να θεσπίζονται νόμοι και κανονισμοί οι οποίοι αναφέρονται στην ελεγχόμενη εναπόθεση. Η καύση, η λιπασματοποίηση, η πυρόλυση, ο διαχωρισμός χρήσιμων υλικών και η παραγωγή καυσίμων από τα απορρίμματα είναι κάποιες από τις αναπτυσσόμενες μεθόδους διαχείρισής τους [20].

Πιο συγκεκριμένα, το κομμάτι της διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων απαρτίζεται από μια σειρά αλληλένδετων δραστηριοτήτων οι οποίες στον κύριο τους άξονα αποτελούν τις σημαντικότερες διεργασίες για να λειτουργήσει με επιτυχία ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης ΑΣΑ. Από το ακόλουθο σχεδιάγραμμα 3 γίνεται καλύτερα κατανοητό το αλληλένδετο σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ και η σημαντικότητα της κάθε μιας ενέργειας:



Σχεδιάγραμμα 3: Διάγραμμα ροής μονάδων επεξεργασίας σύμμεικτων αστικών απορριμμάτων, [27].

1.1.6 Κατάσταση στην Ευρώπη.

Όπως προαναφέρθηκε, η μελέτη και συνάμα η διαχείριση των αποβλήτων διαφοροποιείται από χώρα σε χώρα. Έτσι και στην ΕΕ ανάλογα με το βιοτικό, περιβαλλοντικό αλλά και τεχνολογικό επίπεδο, τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά και το κλίμα υπάρχει διαφορετική αντιμετώπιση του προβλήματος. Ωστόσο όλες οι χώρες είναι υποχρεωμένες στην συμμόρφωση και την τήρηση των θεσμικών πλαισίων με την μορφή οδηγιών σχετικά με τα απόβλητα.

Κάνοντας μια γρήγορη ιστορική ανασκόπηση, το 1975 το θεσμικό πλαίσιο για το περιβάλλον και τα απόβλητα ξεκίνησε από τα Σκανδιναβικά και δυτικά κράτη της ΕΕ (Γερμανία, Γαλλία, Βέλγιο) η πράσινη πολιτική. Από το πρώτο κιόλας θεσμικό πλαίσιο για το περιβάλλον και τα απόβλητα η ΕΕ προσπαθεί αδιάκοπα να εξελιχθεί ώστε να υπάρξει περεταίρω μείωση των παραγόμενων ΑΣΑ. Η ΕΕ υποστηρίζει και προωθεί την αειφόρο και την φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση απορριμμάτων ώστε να διασφαλίζεται όχι μόνο η προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και η υγεία των πολιτών.

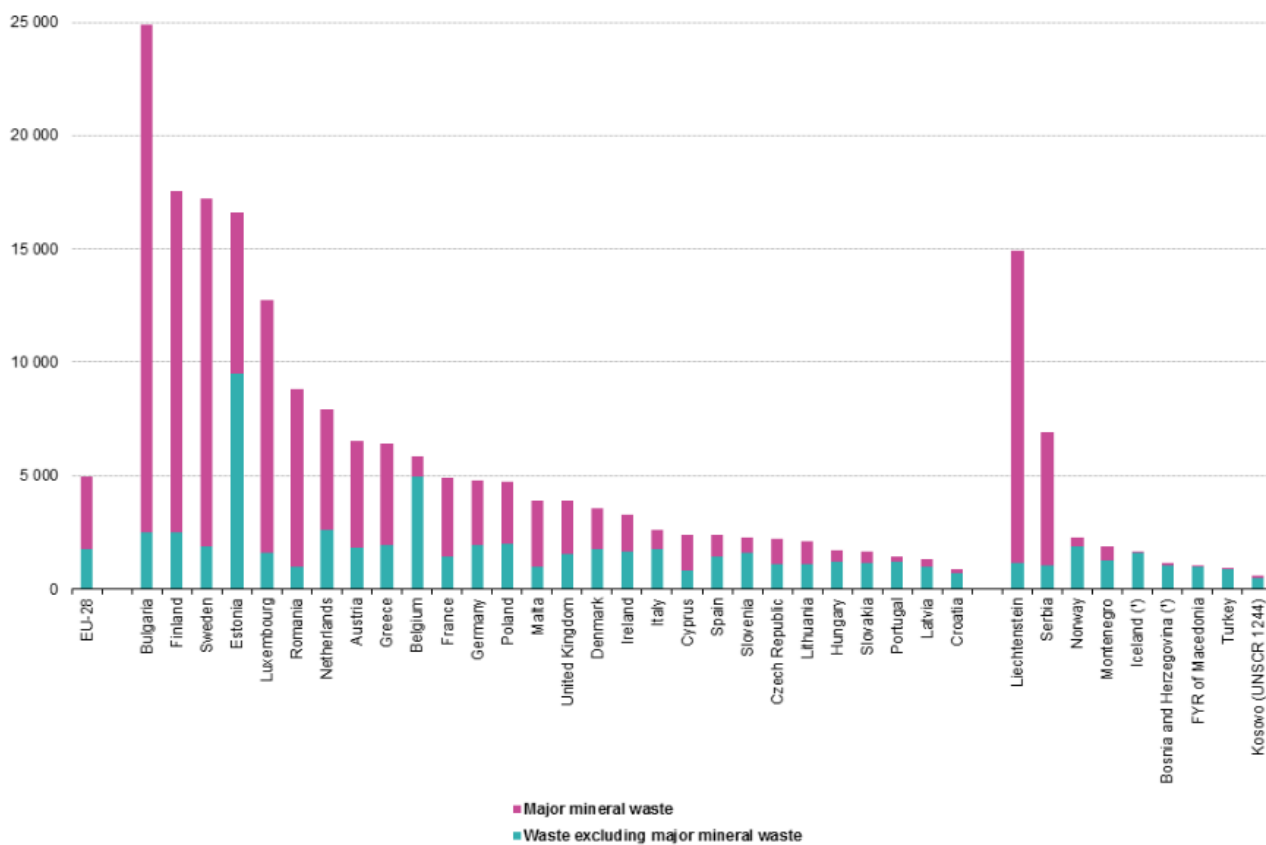
Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει τέσσερις βασικές αρχές σχετικά με την στρατηγική για την διαχείριση των απορριμμάτων, όπως γίνεται καλύτερα κατανοητό και μέσα από το σχεδιάγραμμα 4:

- η πρόληψη είναι προτιμότερη από το να ληφθούν διορθωτικά μέτρα,
- τα περιβαλλοντικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους,
- ο ρυπαίνων πρέπει να πληρώνει το κόστος των μέτρων που θα ληφθούν για την προστασία του περιβάλλοντος,
- η περιβαλλοντική πολιτική πρέπει να λαμβάνει υπόψη και να αποτελεί τμήμα των άλλων πολιτικών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας [38].

Επιπλέον μέσα από το σχεδιάγραμμα 5 μπορεί να γίνει μια προσεγγιστική απεικόνιση του ποσοστού των παραγόμενων αποβλήτων σε κάποιες μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις.



Σχεδιάγραμμα 4: Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση των απορριμμάτων στην ΕΕ, [38].



Σχεδιάγραμμα 5: Παραγωγή αποβλήτων το έτος 2014 σε χώρες της ΕΕ. (κίλά ανά κάτοικο), [34].

1.2 Κομποστοποίηση.

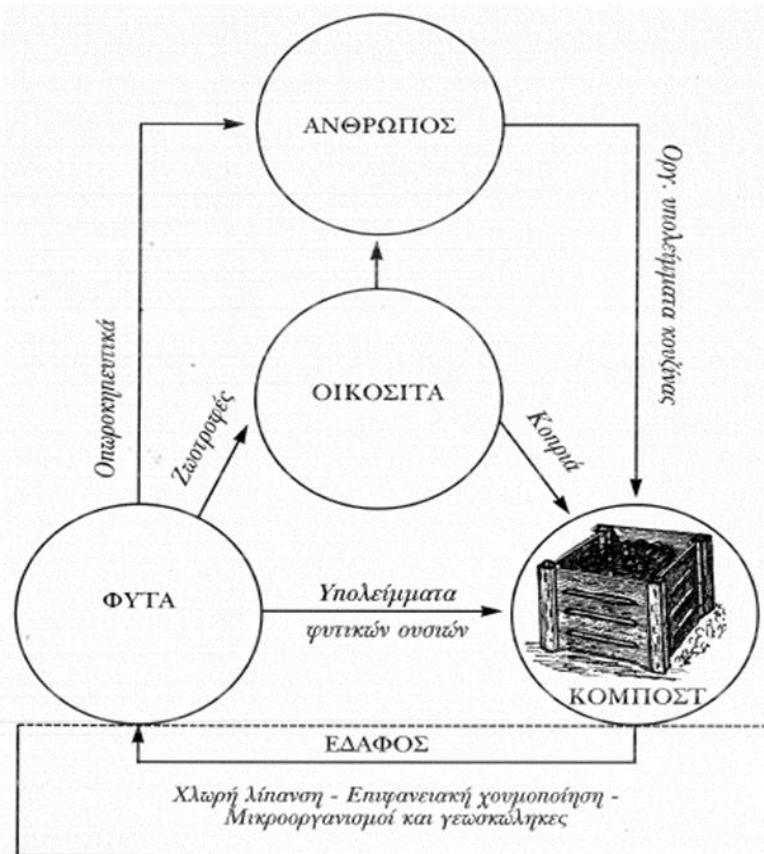
1.2.1 Εισαγωγή στην Κομποστοποίηση.

Σύμφωνα με την ετυμολογία των λέξεων, «κομποστοποίηση» σημαίνει δημιουργία κομπόστ. Η λέξη κομπόστ προέρχεται από την αγγλικό λήμμα compost, το οποίο με την σειρά του προέρχεται από τη λατινική λέξη compositus [από το ρήμα componere (com - together, μαζί + ponere - to place, τοποθετώ)]. Στα τέλη του 14^{ου} αιώνα στη γαλλική γλώσσα εμφανίζεται η λέξη composte με την έννοια του μίγματος των φύλλων, της κοπριάς και άλλων υλικών για τη λίπανση της γης. Η λέξη compost με τη σημερινή της έννοια εμφανίζεται το 1580 στην Αγγλία [36].

Έχουν υπάρξει ποικίλες τοποθετήσεις και συζητήσεις γύρω από το θέμα της «κομποστοποίησης» και του «κομπόστ», με μια πληθώρα εθνικών προδιαγραφών, νομοθεσιών και επιστημονικών εργασιών έχουν επιχειρήσει να εξηγήσουν τους όρους. Ωστόσο οι επιστημονικές ορολογίες, η εξειδίκευση και η διατύπωση πολύπλοκων διαδικασιών γύρω από το θέμα της κομποστοποίησης και του κομπόστ έχουν προκαλέσει μια συγκεκριμένη κατάσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αποτρέπει τους πολίτες από το να ενημερωθούν και να εξοικειωθούν με το αντικείμενο, κάτι το οποίο θα ήταν ωφέλιμο τόσο για τους ίδιους όσο και για ολόκληρο το περιβάλλον [12].

Κάνοντας μια μικρή εισαγωγή για το τι είναι η κομποστοποίηση και το κομπόστ μπορεί πολύ συνοπτικά να οριστεί ότι η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική, αερόβια, θερμόφιλη και ελεγχόμενη διεργασία που μέσα από την αποσύνθεση των οργανικών υλικών μας δίνει το τελικό προϊόν το κομπόστ. Το κομπόστ πρόκειται για ένα υλικό το οποίο προσομοιάζει τις χουμικές ιδιότητες του εδάφους. Έτσι γίνεται αντιληπτό πως πρόκειται για μια οικολογική διεργασία η οποία πραγματοποιείται στην φύση πολύ πριν την ύπαρξη του ανθρώπου πάνω στην γη μέσα από έναν αέναο κύκλο δόμησης και αποδόμησης της οργανικής ύλης. Πρόκειται ουσιαστικά για μια πολύ σημαντική διεργασία για την διατήρηση της ζωής πάνω στην γη [32].

Μέσα από το σχεδιάγραμμα 6 γίνεται μια προσεγγιστική απεικόνιση της διαδικασίας της κομποστοποίησης.



Σχεδιάγραμμα 6: Ανακύκλωση των οργανικών ουσιών σε χούμο με την μέθοδο του κομπόστ, [1].

Ορίζοντας την κομποστοποίηση και το κομπόστ.

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ΚΥΑ 114218/1997(ΦΕΚ 1010/13/17), ως κομποστοποίηση ορίζεται η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς (π.χ. βακτήρια, μύκητες) οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της κομποστοποίησης καθώς βιοαποικοδομούν την οργανική ουσία.

Περιγράφοντας συνοπτικά την διαδικασία της κομποστοποίησης όπως πραγματοποιείται στην φύση, πρόκειται για την μετατροπή των οργανικών υλικών σε μία πλούσια σκούρα ουσία η οποία λέγεται κομπόστ ή χούμος ή εδαφοβελτιωτικό. Πιο συγκεκριμένα η διαδικασία της κομποστοποίησης είναι μία βιολογική αποσύνθεση και σταθεροποίηση των οργανικών υποστρωμάτων. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, ιδανικής υγρασίας, αερισμού και κλιματολογικών παραγόντων έχουμε την δημιουργία θερμοφίλων θερμοκρασιών ως αποτέλεσμα την βιολογικής παραγωγής θερμότητας.

Αυτές οι θερμοφίλες θερμοκρασίες είναι και ο σημαντικότερος μηχανισμός στην διαδικασία της κομποστοποίησης, καθώς έτσι υπάρχει εξασθένηση των παθογόνων μικροοργανισμών στο τελικό προϊόν, το κομπόστ, που διατηρείται πλούσιο σε οργανική

ουσία και με υψηλό χουμικό περιεχόμενο. Κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης η οργανική ουσία αρχίζει να αποσυντίθεται, το κομπόστ περνάει από διάφορες φάσεις αλλαγής με τελικό αποτέλεσμα το ώριμο κομπόστ. Ένα τελικό προϊόν χωρίς ανεπιθύμητες οσμές που δεν προσελκύει έντομα και άλλα μικρόζωα [31]. Έτσι με το να είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και σωστά υγειονοποιημένο χρίζεται κατάλληλο για ποικίλες εφαρμογές [39].

Λόγοι που οδήγησαν στην κομποστοποίηση.

Σύμφωνα με το τρίπτυχο Περιβάλλον- Κοινωνία – Οικονομία, αναγνωρίζονται οι λόγοι για τους οποίους η κομποστοποίηση θεωρείται η κυριότερη μέθοδος διαχείρισης των οργανικών αποβλήτων. Κάποιοι από αυτούς είναι:

- Στο Περιβάλλον: i) Πρόκειται για μία μέθοδο επεξεργασίας απορριμμάτων φιλική προς το περιβάλλον. ii) Βοηθούνται εδάφη που αντιμετωπίζουν προβλήματα διάβρωσης και καταστέλλονται πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί του εδάφους με την χρήση του κομπόστ. iii) Γίνεται μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα CO₂
- Στην Κοινωνία/Οικονομία: i) Έχει ευρύτερη κοινωνική αποδοχή και συνοχή. ii) Είναι η οικονομικότερη μέθοδος επεξεργασίας των οργανικών υλικών. iii) Με την εφαρμογή του κομπόστ στον τομέα της γεωργίας προστατεύονται και εξοικονομούνται πολλοί από τους φυσικούς και ανθρωπογενείς πόρους.
- Στην Ελλάδα: i) Λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας των ελληνικών εδαφών (2,5% κατά μέσο όρο σε οργανική ουσία), γίνεται αναγκαία η εφαρμογή της κομποστοποίησης ώστε να υπάρξει βελτίωση του επιπέδου τους. ii) Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι πως στην Γερμανία όπου τα εδάφη περιέχουν οργανική ουσία που αγγίζει το ποσοστό 7-8% εφαρμόζουν την κομποστοποίηση για να έχουν ακόμα μεγαλύτερη βελτίωση του εδάφους. iii) Ένα μεγάλο μέρος των ελληνικών εδαφών κινδυνεύουν να ερημοποιηθούν (ποσοστό μεγαλύτερο από το 35%) [39].

Οικιακή κομποστοποίηση.

Η διαδικασία της κομποστοποίησης μπορεί να υλοποιηθεί, εκτός από τα ειδικά εργοστάσια κομποστοποίησης, και από τους απλούς πολίτες στον χώρο του σπιτιού τους. Ειδικοί κομποστοποιητές είναι διαθέσιμοι για την κάλυψη των αναγκών κάθε νοικοκυριού, με μικρού μεγέθους κομποστοποιητές να μπορούν να τοποθετηθούν εντός της κατοικίας, στο μπαλκόνι ή και στον κήπο. Η κομποστοποίηση στο σπίτι αφορά οργανικά υπολείμματα που προέρχονται από την κουζίνα, τα φύλλα και τα κλαδιά από τον κήπο κ.α. [6].



Εικόνα 1: Κομποστοποιητής εντός της οικίας, [6].



Εικόνα 2: Κάδος κομποστοποίησης για τοποθέτηση στο μπαλκόνι, [6].



Εικόνα 3: Οικιακός κομποστοποιητής που τοποθετείται στον κήπο, [6].

Ωστόσο, αν δεν υπάρχει επαρκής χώρος ή η οικονομική δυνατότητα για την τοποθέτηση κομποστοποιητών, υπάρχουν ειδικοί κάδοι οι οποίοι μπορούν να τοποθετηθούν στις αυλές των πολυκατοικιών ή ακόμα υπάρχει η επιλογή των κάδων κοινοτικής κομποστοποίησης, όπου σε αυτές τι περιπτώσεις το υλικό συλλέγεται από τον δήμο και καταλήγει σε ειδική επεξεργασία ώστε να κομποστοποιηθεί, ωστόσο και στις δύο περιπτώσεις τα αποτελέσματα θα είναι εξίσου θετικά. Ο πολίτης με το να μάθει να ξεχωρίζει τα απορρίμματα του σε αυτά που πρέπει να κομποστοποιηθούν θα ωφελήσει και τον ίδιο και το περιβάλλον.



Εικόνα 4:Καφέ κάδοι κοινοτικής κομποστοποίησης, [27].

1.2.2 Θετικά και αρνητικά της κομποστοποίησης και του κομπόστ.

Η κομποστοποίηση και το κομπόστ μπορεί να αποτελούν την βέλτιστη μέθοδο εναπόθεσης των απορριμμάτων, ωστόσο έχουν παρατηρηθεί και κάποια αρνητικά στοιχεία σε αυτήν την διαδικασία. Στην συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά και τα θετικά αλλά και τα αρνητικά αυτά χαρακτηριστικά, και το πως επιδρούν στο περιβάλλον.

Θετικά χαρακτηριστικά κομποστοποίησης:

Η υγειονομική ταφή και η καύση των απορριμμάτων αποτελούσαν κάποτε τις κυριότερες μεθόδους εναπόθεσης, ωστόσο με το πέρασμα των χρόνων δημιουργήθηκαν περιβαλλοντικά προβλήματα και ο άνθρωπος με την τεχνογνωσία που είχε αποκτήσει αναγκάστηκε να στραφεί στην κομποστοποίηση ως την καταλληλότερη και οικολογικότερη μέθοδο επεξεργασίας των απορριμμάτων, αφού αποτελεί μια βιολογική διεργασία που δεν προκαλεί κάποια οικολογική επιβάρυνση. Έτσι θεωρητικά μπορεί να βγει το συμπέρασμα, πως τα επεξεργασμένα απορρίμματα είναι πλέον απαλλαγμένα από το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ και όταν το υπόλειμμα των διεργασιών καταλήγει στο ΧΥΤ παρατηρείται μείωση των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς επίσης και αύξηση του χρόνου ζωής του ΧΥΤ. Τέλος, το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να διατεθεί στην αγορά.

Πιθανά μειονεκτήματα κομποστοποίησης:

Παρά τις θετικές επιδράσεις της κομποστοποίησης μπορούν να συναντηθούν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία θα ήταν αξιόλογο να σημειωθούν :

- Η διαδικασία της κομποστοποίησης μπορεί να είναι οικονομικά δαπανηρή.
- Πρόκειται για μια χρονοβόρα διαδικασία (περίπου 9 μήνες).

Οφέλη από τη παραγωγή κομπόστ:

Το κομπόστ, που προκύπτει από την κομποστοποίηση των οικιακών απορριμμάτων, όταν προστίθεται στο χώμα βελτιώνει τις φυσικές και χημικές του ιδιότητες, ενώ ταυτόχρονα το εμπλουτίζει με θρεπτικά στοιχεία. Με αυτό γίνεται ουσιαστικά η επιστροφή της οργανικής ύλης στο έδαφος. Έχει υπολογιστεί ότι το 35% των οικιακών απορριμμάτων μπορούν να κομποστοποιηθούν, άρα επιτυγχάνεται μείωση του όγκων των απορριμμάτων με ένα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Μειονεκτήματα από τη χρήση κομπόστ:

Και στο παραγόμενο κομπόστ μπορούμε συναντώνται αρνητικά στοιχεία, κάτι το οποίο μπορεί να επιφέρει προβλήματα τόσο στο κόστος παραγωγής του όσο και στο τελικό προϊόν όπου διατίθεται στην αγορά.

- Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν είναι η ύπαρξη μικρών τεμαχιδίων, όπως γυαλί, μετάλλου και πλαστικού στο τελικό προϊόν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ποιότητας του τελικού κομπόστ, αλλά και την αύξηση του κόστους ώστε να ολοκληρωθεί ο καθαρισμός του.
- Η ύπαρξη βαρέων μετάλλων είναι και αυτό ένα εξίσου σημαντικό πρόβλημα. Το κομπόστ που προέρχεται από οικιακά απορρίμματα, ανάλογα με την ποιοτική σύσταση αυτών, μπορεί να δημιουργήσει ένα προϊόν με μεγάλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων που είναι επιβλαβή τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο [29].

1.3 Η Κομποστοποίηση σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας απορριμμάτων.

Σύμφωνα με την πρόταση-οδηγία ΚΥΑ 114218/1997(ΦΕΚ 1010/13/17) φαίνεται η διαφοροποίηση που μπορεί να γίνει στην διαδικασία της κομποστοποίησης και του παραγόμενου κομπόστ με βάση την πηγή του υλικού που προορίζεται για κομποστοποίηση. Έτσι η Οδηγία διαφοροποιεί το κομποστοποιημένο υλικό που προέρχεται από διαχωρισμένα στην πηγή βιοαπορρίμματα, από τα σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα (stabilized biowaste) που προέρχονται από την μηχανική βιολογική επεξεργασία (mechanical/biological treatment MBT) σύμμεικτων ή υπολειμματικών απορριμμάτων.

Μέσα από την Οδηγία συμπεραίνεται ότι οι μονάδες εγκατάστασης επεξεργασίας ΑΣΑ που εφαρμόζουν μηχανική διαλογή σε σύμμεικτα απορρίμματα δεν μπορούν πλέον να ονομάζουν το τελικό τους προϊόν «κομπόστ», αλλά «σταθεροποιημένα βιοαπόβλητα», και η χρήση τους πρέπει να εφαρμόζεται μόνο σε αγροτικές δραστηριότητες όταν αυτά δεν

προορίζονται για τρόφιμα, σε έργα αποκατάστασης κατεστραμμένων εδαφών και σε Χ.Υ.Τ.Α. [12].

Κομποστοποίηση σύμμεικτου οργανικού κλάσματος

Το σύμμεικτο οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων προκύπτει από το τελικό στάδιο επεξεργασίας τους, και η πιο ευρεία χρήση του για πολλά χρόνια ήταν να διατίθεται στους ΧΥΤΑ. Πλέον, όμως, μπορεί να επεξεργαστεί εκ νέου και να πάρουμε ένα τελικό προϊόν αξιοποιήσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον. Αυτή η επεξεργασία επιτυγχάνεται μέσα από την διαδικασία της κομποστοποίησης.

Ωστόσο, λόγω του ρυπαντικού φορτίου που περιέχει το οργανικό κλάσμα, όπως βαρέα μέταλλα, παθογόνους μικροοργανισμούς κ.α., πρέπει στο προϊόν που θα διατεθεί για κομποστοποίηση να έχει γίνει προσθήκη και άλλων οργανικών υλικών, όπως υπολείμματα από πάρκα και κήπους ή όπως αλλιώς ονομάζονται “πράσινα απορρίμματα”. Με την προσθήκη πράσινων απορριμμάτων θα βοηθηθεί το υλικό του σύμμεικτου οργανικού κλάσματος στις ακόλουθες διεργασίες:

- Θα επιτρέψει στο υλικό που βρίσκεται υπό κομποστοποίηση να έχει καλύτερη κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό του.
- Εφόσον τα πράσινα απορρίμματα αποτελούν ένα καθαρό προϊόν, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα το τελικό κομπόστ να είναι καλύτερης ποιότητας.
- Τέλος, υπάρχει σωστότερη ρύθμιση της υγρασίας, περίπου στο 65%, ποσοστό επιθυμητό κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης [13].

Κομποστοποίηση με σύστημα ΔσΠ.

Η διαλογή στην πηγή, όπως προαναφέρθηκε και στην Ενότητα 1.1 σχετικά με τα απορρίμματα, αποτελεί μια μέθοδο η οποία ωφελεί παραπάνω στην μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων. Έτσι η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος στην διαδικασία της κομποστοποίησης θα επιφέρει θετικά αποτελέσματα στο τελικό προϊόν.

Πιο συγκεκριμένα η εφαρμογή συστημάτων ΔσΠ στην κομποστοποίηση μπορεί να αποδώσουν μείωση έως και 30% των απορριμμάτων, αναλόγως πάντα με το ποσοστό των οργανικών απορριμμάτων που περιέχονται σε αυτά. Τα οφέλη της εφαρμογής ενός τέτοιου προγράμματος θα βοηθήσει τους Χ.Υ.Τ. να έχουν περισσότερο χρόνο ζωής, καθώς θα γεμίζουν με πιο αργούς ρυθμούς. Επιπλέον το κομπόστ θα έχει πολύ καλύτερη ποιότητα και σε όποιο τομέα επιλεχθεί να εφαρμοστεί θα έχει σημαντικά αποτελέσματα. Τέλος, εάν ένα πρόγραμμα ΔσΠ οργανωθεί σωστά, μετατρέπεται σε μια διαδικασία εύκολα υλοποιήσιμη.

Όμως υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα σε αυτήν την μέθοδο. Σε πολλές περιπτώσεις εφαρμογών ΔσΠ ο διαχωρισμός των απορριμμάτων δεν γίνεται με σωστό τρόπο και συνεπώς δεν απομακρύνονται τα τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα με αποτέλεσμα να καταλήγουν στο κομπόστ. Τέλος, ένα ακόμη πρόβλημα που συναντάτε είναι το σχετικά υψηλό κόστος εφαρμογής και υλοποίησης ενός τέτοιου προγράμματος [6].

1.4 Παράμετροι και Στάδια της κομποστοποίησης.

Η διαδικασία της κομποστοποίησης αποτελεί μια διεργασία η οποία πρέπει να βρίσκεται υπό συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο καθώς πρόκειται για μια διαδικασία η οποία πραγματοποιείται με την βοήθεια μικροοργανισμών. Έτσι, μόνο μέσα από την σωστή τήρηση βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων θα μπορέσουν να ενεργοποιηθούν ώστε να το τελικό ώριμο κομπόστ, να είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά και κατάλληλο για ποικίλες εφαρμογές.

Σύμφωνα με τους A.R. Rubin και J. Shelton [32] στο άρθρο τους σχετικά με τις βασικές αρχές της κομποστοποίησης, οι κύριες παράμετροι που πρέπει να ελέγχονται και να ρυθμίζονται είναι οι εξής:

Οι αερόβιες συνθήκες:

Ο σωστός και συνεχής αερισμός του ζυμώσιμου υλικού προς κομποστοποίηση είναι πολύ σημαντικός καθώς παρέχει στους αερόβιους μικροοργανισμούς την κατάλληλη ποσότητα οξυγόνου ώστε να πραγματοποιήσουν την αποδόμηση της οργανικής ύλης. Ωστόσο η ποσότητα του οξυγόνου που παρέχεται πρέπει να είναι ελεγχόμενη. Αν για παράδειγμα η περιεκτικότητα του οξυγόνου μειωθεί μέσα στο ζυμώσιμο υλικό σε ποσοστό λιγότερο του 5%, τότε αρχίζουν να δημιουργούνται και να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες, κάτι το οποίο δεν επιτρέπει την ανάπτυξη των απαιτούμενων για την κομποστοποίηση μικροοργανισμών, και ως ακόλουθο αποτέλεσμα φέρνει την επιβράδυνση της κομποστοποίησης και την παραγωγή δύσσομων αερίων, όπως το μεθάνιο και το υδρόθειο. Το κατάλληλο ποσοστό οξυγόνου που πρέπει να έχει ένα σειράδι που βρίσκεται υπό κομποστοποίηση κυμαίνεται στο 7-12% κατά μέσο όρο. Η προσθήκη οξυγόνου (οξυγόνωση) στο ζυμώσιμο υλικό πραγματοποιείται με ανάδευση/αερισμό του σωρού.

Η υγρασία:

Η ύπαρξη νερού μέσα στο υλικό το οποίο βρίσκεται υπό ζύμωση είναι εξίσου απαραίτητη. Είναι αναγκαίο για τις βιοτικές ανάγκες των μικροοργανισμών που βοηθούν στην διαδικασία της κομποστοποίησης. Έτσι ο έλεγχος της υγρασίας κρίνεται απαραίτητος,

καθώς, εκτός του ότι έχει ζωτική σημασία για του μικροοργανισμούς, η ελάττωση του νερού έχει ως αποτέλεσμα να κλείνει τους πόρους εισόδου απ' όπου εισέρχεται ο αέρας, να μειώνει την τροφοδοσία του αζώτου και να οδηγεί στην δημιουργία δυσμενών συνθηκών για την ανάπτυξη αυτών των αναγκαίων μικροοργανισμών. Γι' αυτόν τον λόγο το ποσοστό νερού που εισέρχεται στο κομπόστ πρέπει να είναι ελεγχόμενο, πράγμα που μπορούμε να επιτύχουμε με την διαδικασία της διαβροχής. Το τελικό προϊόν πρέπει να κυμαίνεται σε ένα σταθερό ποσοστό υγρασίας μεταξύ 30-50%.

Μέσα από τον πίνακα 4 διακρίνεται το ποσοστό υγρασίας σε κάποια από τα σημαντικότερα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης.

Πίνακας 4: Ενδεικτικές τιμές υγρασίας, [7].

Είδη Αποβλήτων	Ποσοστό Υγρασίας (% κ.β)
Φρούτα και Λαχανικά	80-90 %
Γρασίδι	80%
Φύλλα	40%
Πριονίδια	40%
Υπολλείματα Κοπής Δέντρων Από Καθαρό Ξύλο	15%

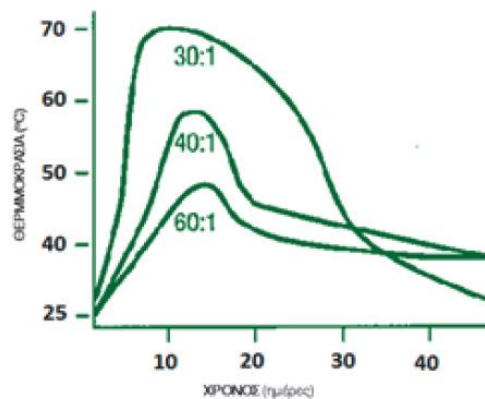
Ο Λόγος C/N:

Ο λόγος άνθρακα αζώτου (C/N) παίζει καταλυτικό ρόλο στην ταχύτητα της βιολογικής αποδόμησης. Η ποσότητα του αζώτου (N) είναι αυτή που επιδρά στους μικροοργανισμούς ώστε να τους βοηθήσει να πολλαπλασιαστούν και να ξεκινήσουν την διαδικασία της αποδόμησης των οργανικών ενώσεων του άνθρακα (C). Ο λόγος C/N πρέπει να βρίσκεται σε ισορροπία και με την σχέση νερού-οξυγόνου καθώς με την δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε και το καταλληλότερο τελικό προϊόν.

Η ιδανικότερη σχέση στο ζυμώσιμο κλάσμα είναι περίπου 20 – 30 μέρη άνθρακα προς 1 μέρος αζώτου. Όταν ο λόγος βρίσκεται σε τιμές ανώτερες του 50:1 έχουμε την επιβράδυνση της διαδικασίας της κομποστοποίησης, ενώ όταν είναι χαμηλότερες έχουμε την δημιουργία δύσσομων αερίων που εκλύονται στο περιβάλλον (αμμωνία, αζωτούχες ενώσεις).

Η ρύθμιση του λόγου C/N, ανάλογα με το ποσοστό όπου κυμαίνεται, γίνεται με την προσθήκη του κατάλληλου υλικού. Ο υψηλός δείκτης C/N μπορεί να ελαττωθεί με την προσθήκη αποβλήτων υψηλής περιεκτικότητας σε άζωτο (π.χ. φρέσκα λαχανικά), ενώ ο

χαμηλός δείκτης μπορεί να αυξηθεί με απορρίμματα υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (π.χ. φλοιοί δέντρων).



Σχεδιάγραμμα 7: Λόγος C/N & θερμοκρασίας στην κομποστοποίηση, [7].

Το μέγεθος των τεμαχιδίων:

Το τεμαχισμένο υλικό, που έχει προέλθει από προηγούμενα στάδια επεξεργασίας μέσα στο ζυμώσιμο υλικό, επηρεάζει κυρίως το νερό και τον αέρα που το υλικό μπορεί να συγκρατήσει κατά την ζύμωση. Επίσης επηρεάζει και την διεργασίες των μικροοργανισμών. Η ιδανικότερη κοκκομετρική σύσταση αυτών των τεμαχιδίων είναι περίπου στα 25-40 mm.

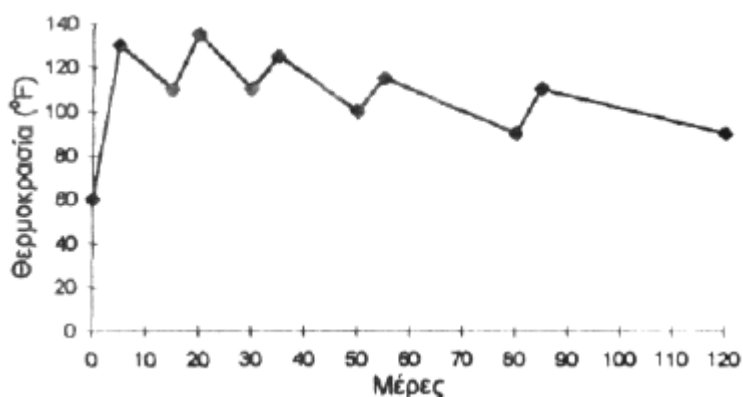
Θερμοκρασία:

Απαραίτητος στην διαδικασία της κομποστοποίησης είναι ο σωστός έλεγχος και η επίτευξη των κατάλληλων θερμοκρασιακών συνθηκών ώστε να υπάρξει η ανάπτυξη της κατάλληλης μικροχλωρίδας. Ταυτόχρονα, η κατάλληλη θερμοκρασία βοηθάει και στην νέκρωση των παθογόνων μικροοργανισμών οι οποίοι είναι ανεπιθύμητοι στο κομπόστ. Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται στην αποδόμηση της οργανικής ύλης η οποία πραγματοποιείται μέσω μίας εξώθερμης αντίδρασης (απελευθέρωση θερμότητας).

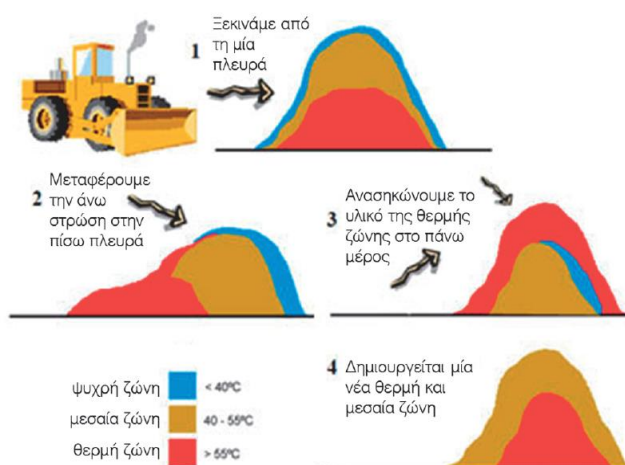
Ο έλεγχος των θερμοκρασιακών συνθηκών είναι πολύ σημαντικός και πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Οι εξώθερμες διεργασίες που πραγματοποιούνται κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης μπορεί να φτάσουν στο εσωτερικό του υλικού σε πολύ υψηλές τιμές κάτι το οποίο δεν είναι απόλυτα επιθυμητό. Με τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες έχουμε την θανάτωση όλων των μικροοργανισμών οι οποίοι συντελούν στην ολοκλήρωση της διαδικασίας, και αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την απενεργοποίησή της και την καταστροφή του υλικού.

Στα αρχικά στάδια της κομποστοποίησης οι θερμοκρασίες μπορεί να φτάσουν στους 65-70°C. Όσο ωριμάζει το υλικό και μέχρι να φτάσει στο τελικό του στάδιο η θερμοκρασία ελαττώνεται, μέχρι στο τέλος να επηρεάζεται μόνο από τις εξωτερικές θερμοκρασίες του

περιβάλλοντος. Μέσα από το σχεδιάγραμμα 8 μπορεί να παρατηρηθεί κατά προσέγγιση η πορεία την θερμοκρασίας στο εσωτερικό ενός σειραδίου.

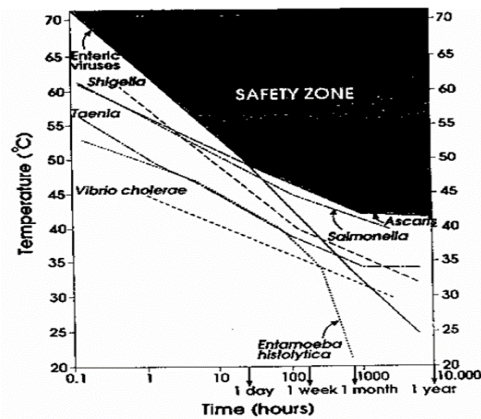


Σχεδιάγραμμα 8: Μέση θερμοκρασία στο εσωτερικό του σειραδίου, [16].



Εικόνα 5: Ανάδευση σειραδίου με φορτωτή, [7].

Στην εικόνα 5 φαίνεται πώς με την σωστή ανάδευση επιτυγχάνεται ομογενοποίηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του σειραδίου.



Σχεδιάγραμμα 9: Θανάτωση παθογόνων μικροοργανισμών κάτω από την επίδραση διαφόρων θερμοκρασιών, [13].

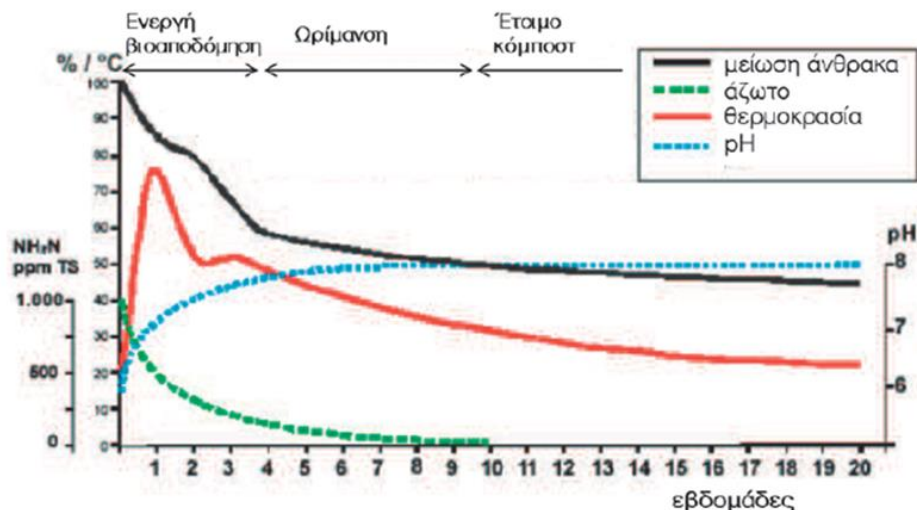
Το pH:

Οι τιμές του pH κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης αυξομειώνονται, γι' αυτό πρέπει να πραγματοποιείται συστηματικός έλεγχος. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στις τιμές του pH καθώς εάν το $pH < 6$ (όξινο περιβάλλον), τότε οι μικροοργανισμοί πεθαίνουν και η διαδικασία της αποδόμησης σταματάει. Εάν το $pH > 9$ (αλκαλικό περιβάλλον), επηρεάζει το άζωτο και την μετατροπή του σε αμμωνία, και έτσι οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να ενεργοποιηθούν για να ξεκινήσουν την διαδικασία της αποδόμησης.

Το Τελικό Προϊόν:

Εφόσον τηρηθούν οι παραπάνω παράμετροι και παρακολουθούνται σωστά τα σειράδια του κομπόστ, θα υπάρξει ένα τελικό προϊόν με φυσικοχημικές ιδιότητες εντός του Ευρωπαϊκού και Εθνικού νομοθετικού πλαισίου.

Στο ακόλουθο σχεδιάγραμμα 10 παρουσιάζεται η μεταβολή των κύριων παραμέτρων κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης, ενώ στο πίνακα 5 γίνεται μια σύντομη συγκεντρωτική παρουσίαση των παραμέτρων κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης.



Σχεδιάγραμμα 10: Μεταβολή των παραμέτρων κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης, [7].

Πίνακας 5: Βέλτιστες τιμές βασικών παραμέτρων στην κομποστοποίησης, [7].

Παράμετροι	Βέλτιστες Τιμές
Αερόβιες Συνθήκες(Οξυγόνο)	10-15%
Υγρασία	40-60%
Λόγος C/N	20-30%
Μέγεθος Τεμαχιδίων	25-40 mm
Θερμοκρασία	30-60° C
pH	6 – 8

Στάδια διαδικασίας κομποστοποίησης

Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της παραγωγής κομποστ, πρέπει πρώτα να ολοκληρωθούν ορισμένα στάδια. Μέσα από αυτά πραγματοποιούνται οι κυριότερες διεργασίες της κομποστοποίησης. Στην συνέχεια αναλύονται τα τέσσερα κυριότερα:

1° Στάδιο

Κατά τον σχηματισμό του σειραδίου κομποστ λαμβάνει χώρα η πρώτη ανάπτυξη των μικροοργανισμών μέσα σε αυτό. Αρχικά υπάρχει η ψυχρόφιλη φάση όπου η θερμοκρασία στο εσωτερικό του σωρού φτάνει έως και τους 22°C και διαρκεί περίπου 1-2 ημέρες. Μικροοργανισμοί όπως βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, αρχίζουν να ενεργοποιούνται και να

ξεκινούν τις διαδικασίες της αποδόμησης. Όταν οι μικροοργανισμοί ξεκινούν την διαδικασία της αποδόμησης της οργανικής ύλης, έχουμε και την αύξηση της θερμοκρασίας του σωρού.

Ξεκινά η μεσόφιλη φάση κατά την οποία η θερμοκρασία στο σειράδι κυμαίνεται από 22-40°C με διάρκεια 3-4 ημέρες και μικροοργανισμοί όπως μύκητες, βακτήρια και ακτινοβακτήρια αρχίζουν την αποδόμηση των οργανικών υλικών μέσα στο σειράδι. Ταυτόχρονα με την διαδικασία της αποδόμησης των οργανικών υλικών υπάρχει παραγωγή οργανικών οξέων τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στις φυσικοχημικές ιδιότητες του κομπόστ. Για την σωστή επιβίωση και ανάπτυξη αυτών των μικροοργανισμών μέσα στο σειράδι πρέπει να επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες σωστού αερισμού, υγρασίας και θερμότητας.

2^οΣτάδιο

Κατά το 2^ο στάδιο υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του σειραδίου περίπου στους 40-70°C. Έτσι ξεκινά η θερμόφιλη φάση κατά την οποία μόνο οι μικροοργανισμοί που αντέχουν σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες επιβιώνουν και συνεχίζουν την δράση τους, μικροοργανισμοί δηλαδή όπως θερμόφιλα βακτήρια και ακτινομύκητες. Το θερμόφιλο στάδιο διαρκεί 3-4 ημέρες. Οι υψηλές θερμοκρασίες όπου αναπτύσσονται μέσα στο σειράδι είναι κάτι επιθυμητό αφού επιτυγχάνεται η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και γίνεται υγιεινοποίηση του υλικού.

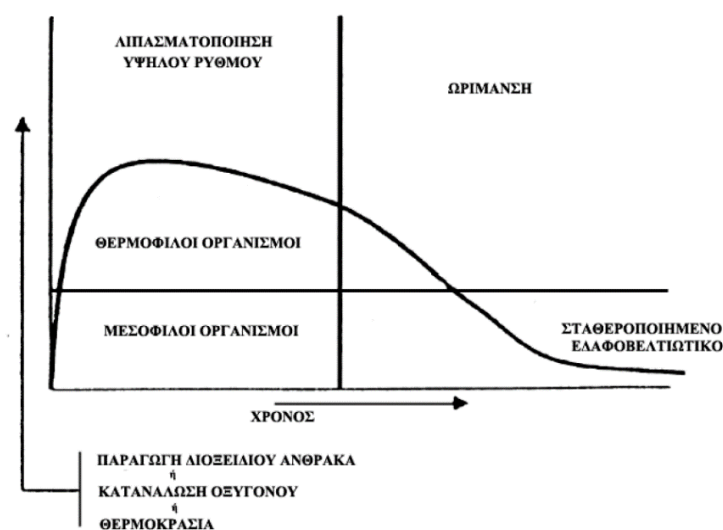
Ωστόσο αυτή η δράση συμβαίνει όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται στους 55°C· εάν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 65°C, μαζί με τους παθογόνους μικροοργανισμούς έχουμε και την θανάτωση μικροοργανισμών που είναι απαραίτητοι για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Για τον λόγο αυτό απαιτείται προσοχή στον έλεγχο της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του σειραδίου.

3^οΣτάδιο

Εφόσον έχει γίνει κατανάλωση του εσωτερικού υποστρώματος σε μεγάλο βαθμό και δεν υπάρχουν πλέον μεγάλες ποσότητες οργανικών τεμαχιδίων, ο ρυθμός αποδόμησης των θερμόφιλων μικροοργανισμών, αλλά και η θερμοκρασία μειώνονται. Έτσι κάνουν την εμφάνισή τους μικροοργανισμοί παρόμοιοι με αυτούς που συναντώνται στην μεσόφιλη φάση.

4^οΣτάδιο

Φτάνοντας στο 4^ο και τελικό στάδιο, σχηματίζεται το τελικό προϊόν της κομποστοποίησης, το ώριμο κομπόστ, το οποίο μιμείται τις φυσικοχημικές ιδιότητες και τα χημικά υλικά του εδάφους, προσομοιάζοντας έτσι την όλη διεργασία που γίνεται στην φύση.



Σχεδιάγραμμα 11: Θερμοκρασιακές φάσεις στην κομποστοποίηση, [16].

1.5 Οι Μικροοργανισμοί.

Τον κυρίαρχο ρόλο στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης μέσα στο υπό κομποστοποίηση υλικό παίζουν τα βακτήρια, οι μύκητες και οι ακτινομύκητες. Οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται και ζουν σε περιβάλλοντα τα οποία είναι πλούσια σε οργανική ουσία. Βέβαια, για να μπορέσουν να ενεργοποιήσουν την διαδικασία της κομποστοποίησης καταλυτικό ρόλο παίζουν και οι ιδανικές θερμοκρασιακές συνθήκες, το διοξείδιο του άνθρακα και η υγρασία.

Όταν οι μικροοργανισμοί φτάνουν το υλικό προς τα στάδια της ωρίμανσης κάνουν την εμφάνισή τους μεγαλύτεροι οργανισμοί, όπως σκουλήκια και έντομα, βοηθώντας στην ολοκλήρωση της διαδικασίας αποσυνθέτοντας τμήματα του υλικού που δεν κατάφεραν οι μικροοργανισμοί. Επομένως αυτή η μικροβιολογική ποικιλομορφία πρέπει να διατηρείται σε ισορροπία ώστε να έχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα στην κομποστοποίησης [32].

1.6 Τα Βαρέα Μέταλλα.

Με βάση την βιβλιογραφία και όπως προκύπτει από ορισμούς μέσα από την επιστήμη της χημείας, τα βαρέα μέταλλα αναφέρονται σε ένα τύπο χημικών στοιχείων, πολλά εκ των οποίων μπορεί να αποβούν τοξικά για τον άνθρωπο. Το κύριο χαρακτηριστικό των βαρέων μετάλλων που τα διαφοροποιεί από τις υπόλοιπες οργανικές ενώσεις είναι πως δεν αποικοδομούνται και γι' αυτόν τον λόγο συσσωρεύονται στο περιβάλλον [11].

Όσον αφορά στις επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων στο έδαφος, πρόκειται για επιβλαβή χημικά στοιχεία, τα οποία προσροφώνται μέσα από το ριζικό σύστημα των φυτών

με αποτέλεσμα να περνούν στο βρώσιμο καρπό του φυτού και κατ' επέκταση να βιοσυσσωρεύονται στους ιστούς των ζωικών οργανισμών που το καταναλώνουν. Εξετάζοντας τα βαρέα μέταλλα στο κομπόστ, αυτά που συναντάμε συχνότερα και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις είναι το Κάδμιο (Cd), ο Χαλκός(Cu), το Χρώμιο (Cr), το Νικέλιο (Ni), ο Μόλυβδος (Pb) και ο Ψευδάργυρος (Zn).

Επομένως όπως προκύπτει και από την προηγούμενη παράγραφο σχετικά με το έδαφος, όταν η χρήση του κομπόστ προορίζεται για εδαφολογικές ανάγκες ο έλεγχος των βαρέων μετάλλων γίνεται μια κρίσιμη παράμετρος. Με τον έλεγχο των βαρέων μετάλλων κρίνεται αν το κομπόστ είναι κατάλληλο για εδαφολογική χρήση ώστε να μην επηρεάσει την ανάπτυξη των φυτών, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τους μικροοργανισμούς και επομένως την υγεία των ζωικών οργανισμών. Να σημειωθεί πως οι επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων στους ζωικούς οργανισμούς είναι μη αναστρέψιμες και χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτών είναι δηλητηριάσεις, καρκινογενέσεις και μεταλλάξεις.

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος καταβάλλονται σήμερα σε ερευνητικό επίπεδο μεγάλες προσπάθειες σε ολόκληρο σχεδόν τον κόσμο και ήδη φαίνεται πως υπάρχουν ελπιδοφόρες προοπτικές.

Συγκεκριμένα, έχουν διαπιστωθεί τα εξής:

- η απορρόφηση ή όχι των βαρέων μετάλλων από το φυτό σχετίζεται άμεσα με το είδος του φυτού.
- όταν το pH του εδάφους που προστίθεται το κομπόστ είναι μεγαλύτερο από 6,5 τότε η απορρόφηση των βαρέων μετάλλων είναι περιορισμένη,
- σε πειραματικό στάδιο ακόμη χρησιμοποιούνται ορισμένες χημικές ουσίες (κατιονικοί εναλλάκτες) που έχουν την ικανότητα να αδρανοποιούν τα βαρέα μέταλλα κι έτσι να παρεμποδίζεται η απορρόφησή τους από τα φυτά, όπως επίσης και η τοξική επίδρασή τους σε αυτά [23].

1.7 Πεδία εφαρμογής.

Ποικίλες είναι οι χρήσεις και οι εφαρμογές του κομπόστ αλλά τρεις από τις πιο διαδεδομένες είναι η χρήση του ως συστατικό υποστρωμάτων καλλιεργειών, ως οργανικό λίπασμα και ως εδαφοβελτιωτικό.

Έχει παρατηρηθεί πως όταν το κομπόστ εφαρμόζεται στα εδάφη υπάρχει σημαντική βελτίωση των φυσικοχημικών, αλλά και των βιολογικών ιδιοτήτων τους. Κάποια από τα θετικά οφέλη του στα εδάφη είναι η αύξηση της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, η μείωση της διάβρωσής τους, η αύξηση της ικανότητας συγκράτησης υδάτων και θρεπτικών

στοιχείων, η δυνατότητα να εγκλωβίσουν άνθρακα σε οργανική μορφή επιβραδύνοντας έτσι την αύξηση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα.

Στην συνέχεια θα εξεταστούν κάποιες από τις κυριότερες εφαρμογές του κομπόστ, αλλά και τις διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στην ποιότητά του αναλόγως την πηγή προέλευσης του υλικού που κομποστοποιείται και την χρήση που το προορίζουμε [24]:

Στην Γεωργία:

Η κύρια και πιο ευρεία διαδεδομένη χρήση του κομπόστ είναι στην γεωργία και την φυτοκομία (κηπευτική, ανθοκομεία) ως εδαφοβελτιωτικό, οργανικό λίπασμα ή υπόστρωμα. Η ποιότητα του κομπόστ που προορίζεται για τέτοιου είδους χρήση πρέπει να είναι υψηλή. Πιο συγκεκριμένα η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων, οι προσμίξεις, η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί πρέπει να είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις μέσα στο υλικό ειδικά όταν εφαρμόζεται σε βρώσιμες καλλιέργειες.

Ως Καλλωπιστικό Τοπίου:

Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε την εφαρμογή του ως εδαφοβελτιωτικό αφού πρώτα έχει πραγματοποιηθεί ανάμιξη με εδαφικό υλικό. Οι κύριες εφαρμογές του είναι για την αποκατάσταση τοπίων και εδαφών (π.χ. κατεστραμμένα εδάφη από πυρκαγιά) και την δημιουργία καλλιεργειών που δεν προορίζονται για τρόφιμα ή ζωοτροφές (π.χ. πάρκα). Αντιλαμβανόμαστε πως και σε αυτήν την περίπτωση η ποιότητα του κομπόστ πρέπει να είναι υψηλή, αλλά όχι με τις απαιτήσεις του όταν εφαρμόζεται στην γεωργία.

Ως επικάλυψη Χ.Υ.Τ.Α:

Για τις ανάγκες κάλυψης των Χ.Υ.Τ., που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κομπόστ ως συστατικό σε μείγμα με εδαφικό υλικό για να γίνει επίστρωση του χώρου. Η ποιότητα του κομπόστ εδώ διαφέρει από της προηγούμενες περιπτώσεις, αφού επιτρέπεται να έχει χαμηλότερη ποιότητα σε σχέση με το κομπόστ που προβλέπεται για εδαφική χρήση.

Οι τιμές των βαρέων μετάλλων όπως και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του κομπόστ που προορίζεται για εμπορική χρήση θα αναλυθούν στην συνέχεια στην ενότητα 1.10 σχετικά με τα νομοθετικά πλαίσια.

1.8 Τί είναι το «CLO».

Στις προηγούμενες ενότητες αναφέρεται, πως από την τελική επεξεργασία των απορριμμάτων και από την διαδικασία της κομποστοποίησης παίρνουμε ένα προϊόν που όπως

ήταν μέχρι σήμερα ευρέως διαδεδομένο ονομάζεται κομπόστ. Ωστόσο, όπως είναι πλέον αποδεκτό και όπως έχει οριστεί τόσο από την Εθνική όσο και από την ευρωπαϊκή νομοθεσία, το τελικό προϊόν που προκύπτει από την μηχανική διαλογή των σύμμεικτων απορριμμάτων ΑΣΑ δεν φέρει πλέον την ονομασία «κομπόστ», αλλά υλικό «τύπου-κομπόστ» ή όπως ονομάζεται διεθνώς «Compost-Like Output» (CLO).

Πρόκειται για ένα προϊόν το οποίο προέρχεται από εγκαταστάσεις με αερόβια και αναερόβια επεξεργασία σύμμεικτων απορριμμάτων που λόγω των πολλών προσμείξεων, που αποτελούν την κύριά του σύσταση, καταλήγει αρκετά βεβαρημένο και οι χρήσεις του περιορίζονται. Καταλαβαίνουμε πως καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα του υλικού τύπου-κομπόστ παίζει το σύστημα επεξεργασίας των απορριμμάτων από τα οποία προέρχεται.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται κάποιοι από τους κυριότερους λόγους όπου κάνουν το υλικό τύπου-κομπόστ ένα προϊόν δύσκολα εκμεταλλεύσιμο.

- ο μεγάλος και ευδιάκριτος όγκος των ανεπιθύμητων τεμαχιδίων (π.χ. γυαλιά, πλαστικό),
- οι αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων,
- οι απαγορεύσεις από βιομηχανίες τροφίμων στην χρήση αυτού του υλικού για την παραγωγή βρώσιμων καλλιεργειών,
- οι πολύ μικρές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων το κάνουν ένα “φτωχό” υλικό.

Έτσι κρίνοντας από τα αρνητικά που παρουσιάζει το υλικό τύπου-κομπόστ, συμπεραίνεται πως η χαμηλή του ποιότητα το χρήζει ένα υλικό ακατάλληλο για εδαφοβελτιωτικό και γι’ αυτό είναι δύσκολα απορροφήσιμο στην αγορά. Παρ’ όλ’ αυτά, δεν παύει να είναι ένα υλικό που βοηθάει στην μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων καθώς, μπορεί μεν να πρόκειται για ένα προϊόν χαμηλής ποιότητας αλλά μπορεί να αξιοποιηθεί σε συγκεκριμένες εφαρμογές και πάντα υπό αυστηρό έλεγχο.

Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι:

- χρήση ως υλικό σε επικάλυψη Χ.Υ.Τ.Α,
- αποκατάσταση ορυχείων, λατομείων,
- επικάλυψη κατεστραμμένων εδαφών (π.χ. πυρκαγιές, πλημμύρες),
- χρήση ως υλικό σε βιόφιλτρα απόσμησης που χρησιμοποιούνται για την μείωση των οσμών.

Έτσι το υλικό που παράγεται από την κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος, το οποίο με την σειρά του προέρχεται από την μηχανική διαλογή των σύμμεικτων ΑΣΑ, πλέον ονομάζεται υλικό τύπου-κομπόστ, και όπως είναι πλέον αποδεκτό η χρήση του περιορίζεται σε συγκεκριμένες εφαρμογές για να μην υπάρξει επιβάρυνση του τελικού αποδέκτη [42].

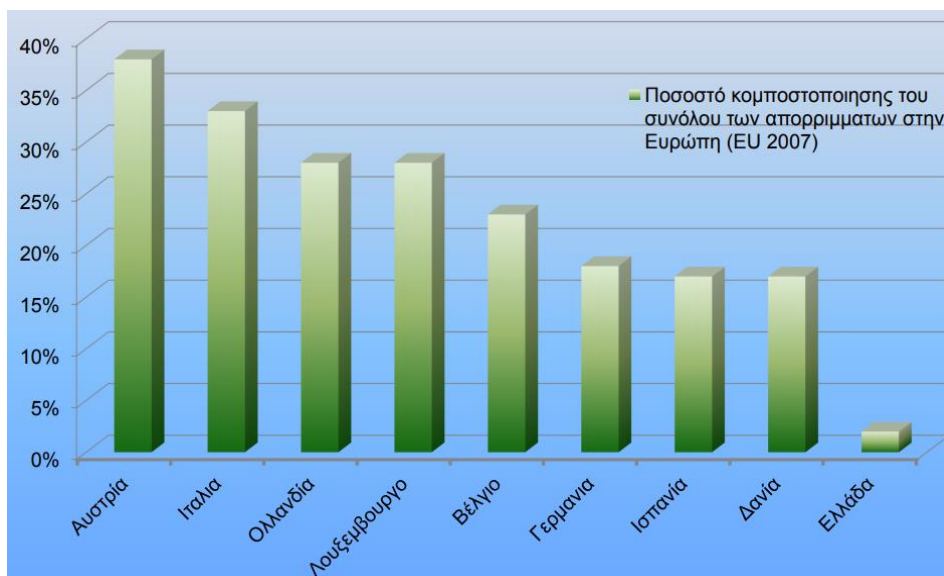
Στην ενότητα 1.10 σχετικά με τις νομοθεσίες θα παρουσιαστούν μέσω πινάκων οι τιμές που είναι πλέον επιτρεπτές να έχει το κομπόστ και το υλικό τύπου-κομπόστ σύμφωνα με το εθνικό πλαίσιο.

1.9 Κατάσταση στην Ευρώπη.

Εξετάζοντας την οδηγία 99/31/ΕΚ σχετικά με την Υγειονομική Ταφή των Αποβλήτων, τα κράτη μέλη της ΕΕ είναι υποχρεωμένα να υιοθετήσουν στρατηγικές οι οποίες θα οδηγήσουν στην μείωση των απορριμμάτων που οδηγούνται για ταφή. Παρ' όλα αυτά, ο τρόπος διαχείρισης των απορριμμάτων διαφοροποιείται από χώρα σε χώρα της ΕΕ, πράγμα που συμβαίνει και στην περίπτωση της εξέτασης της κομποστοποίησης.

Οι πρότυπες χώρες της ΕΕ με την καλύτερη προσέγγιση αυτής της οδηγίας στο κομμάτι της κομποστοποίησης είναι η Δανία και η Αυστρία. Ωστόσο, ακόμη και στις χώρες που ακολουθούν τις οδηγίες και τις νομοθεσίες για την κομποστοποίηση υπάρχει σύγχυση με της ποιοτικές του προδιαγραφές. Από χώρα σε χώρα οι προδιαγραφές για το κομπόστ διαφοροποιούνται, ενώ σε άλλες δεν υπάρχουν καθόλου με αποτέλεσμα να δημιουργείται δυσκολία στην εκτίμηση των οριακών τιμών του τελικού προϊόντος [30].

Μέσα από το σχεδιάγραμμα 12 παρατηρούνται κάποιες χώρες της ΕΕ και η ποσότητα των απορριμμάτων όπου κομποστοποιούν, ανάμεσα σ αυτές είναι και η Ελλάδα και φαίνεται ότι είναι ακόμα σε πολύ πρώιμο σ αυτόν τον τομέα σχετικά με άλλες χώρες.



Σχεδιάγραμμα 12: Ποσοστό κομποστοποίησης του συνόλου των απορριμμάτων στην Ευρώπη (EU 2007), [9].

1.10 Νομοθετικό πλαίσιο.

Ευρωπαϊκό και ελληνικό πλαίσιο για το περιβάλλον.

Ευρώπη:

Η πολιτική και νομική προστασία του περιβάλλοντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση (τότε ΕΟΚ), ξεκίνησε με σκοπό την σωστή λειτουργία την κοινής αγοράς· έτσι δημιουργήθηκαν τα πρώτα περιβαλλοντικά μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος. Στην συνέχεια θα ήταν σημαντικό να παρουσιαστούν κάποιες σημαντικές ημερομηνίες στις οποίες θεσπίστηκαν μερικές από τις κυριότερες περιβαλλοντικές νομοθεσίες:

- 1973: 1^ο Πρόγραμμα δράσης για το Περιβάλλον,
- 1986: Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη (κατά την οποία προστίθεται κεφάλαιο για το περιβάλλον στην πολιτική της ΕΟΚ),
- 1992: Η Συνθήκη του Μάαστριχτ προσθέτει σε όλες τις χώρες της ΕΕ πολιτική για την περιβαλλοντική προστασία,
- 1997: Στην Συνθήκη του Άμστερνταμ η Αειφόρος Ανάπτυξη γίνεται στόχος της ΕΕ,
- 2001: Υιοθετείται πλέον Στρατηγική Αειφόρου Ανάπτυξης από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο στο Γκέτεμπερκ,
- 2007: Υιοθέτηση Ενεργειακού Πακέτου κατά το οποίο γίνεται δέσμευση ώστε να γίνει μείωση των εκπομπών αερίων κατά 20% -σε σχέση με το 1990- μέχρι το 2020.

Αυτές ήταν κάποιες από τις σημαντικότερες οδηγίες που άλλαξαν ριζικά την περιβαλλοντική πολιτική μέσα στην ΕΕ. Ακόμη, μέσα στην ΕΕ υπάρχουν περισσότερες από 400 οδηγίες για θέματα που αφορούν το περιβάλλον, όπως η προστασία της φύσης, του ατμοσφαιρικού αέρα, των υδάτων κ.α.. Όσο προχωράνε τα χρόνια η ΕΕ εξελίσσεται συνεχώς και προσαρμόζει τους νόμους της περί προστασίας του περιβάλλοντος λαμβάνοντας όλο και πιο ενεργό δράση [10].

Ελλάδα:

Η Ελλάδα, όπως και κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ, είναι υποχρεωμένη να ακολουθεί τις νομοθετικές εξελίξεις που συμβαίνουν μέσα σ αυτήν. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και στο κομμάτι των περιβαλλοντικών νομοθεσιών. Μία από τις πρώτες νομοθετικές ρυθμίσεις στην Ελλάδα περί της προστασίας του περιβάλλοντος ήταν το 1930 με τον ορισμό των Εθνικών Δρυμών. Παρ' όλ' αυτά, από τις σημαντικότερες και πρώτες ολοκληρωμένες ρυθμίσεις για θέματα που αφορούσαν το περιβάλλον θεωρείται το Σύνταγμα της Ελλάδας του 1975. Πιο συγκεκριμένα το άρθρο 24 του Συντάγματος:

- ορίζει την προστασία του περιβάλλοντος ως υποχρέωση του Κράτους και ως δικαίωμα

του καθενός,

- θεσπίζει την αρχή της Αειφορίας,
- δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην προστασία των δασών (μαζί με το άρθρο 117, παρ. 3, 4),
- προβλέπει την θέσπιση και την κατάρτιση χωροταξικών σχεδίων, αλλά και πολεοδομικού σχεδιασμού και
- θεσπίζει την υποχρέωση σύνταξης εθνικού κτηματολογίου.

Το άρθρο 24 του συντάγματος έγινε πράξη μέσα από τον νόμο-πλαίσιο 1650/1986 και πιο συγκεκριμένα μέσα από τις διατάξεις που υποχρεώνει το κράτος να προστατεύει το περιβάλλον. Ουσιαστικά μέσα από αυτή την τροποποίηση του άρθρου 24 γίνεται υποχρέωση του Κράτους και των μηχανισμών του να δραστηριοποιούνται και να υλοποιούν έργα ώστε να προστατεύουν το περιβάλλον. Τέλος, να σημειωθεί πως στο πέρασμα των χρόνων ο νόμος 165/1986 εκσυγχρονίζεται και συμπληρώνεται και με άλλους νόμους, Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις (ΚΥΑ) και Προεδρικά Διατάγματα (ΠΔ) [10].

Ευρωπαϊκό και ελληνικό πλαίσιο για τα Στερεά Απόβλητα.

Ευρώπη:

Η Ευρωπαϊκή πολιτική και νομοθεσία για τα απόβλητα, που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία τριάντα έξι χρόνια, έχει ως στόχο την βελτίωση της διαχείρισης των αποβλήτων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει στη δημιουργία μιας «κοινωνίας της ανακύκλωσης» που θα επιτύχει την μείωση παραγωγής των αποβλήτων και ιδιαίτερα των επικίνδυνων, την χρήση των παραγόμενων αποβλήτων ως πόρους με ανάκτηση ή ανακύκλωση, την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων από τα απόβλητα. Το 1991 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε το πρόγραμμα για τη διαχείριση των αποβλήτων στα οποία περιλαμβάνονταν απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις, απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, συσσωρευτές, ελαστικά, συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασιών, χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια και νοσοκομειακά απόβλητα.

Στη συνέχεια στο πλαίσιο του 5^{ου} Προγράμματος Δράσεως για το Περιβάλλον “προς μια αειφόρο ανάπτυξη” μέσα από το οποίο θεσπίστηκαν οι αρχές μιας πιο ενεργητικής Ευρωπαϊκής στρατηγικής για την περίοδο 1992-2000, ενώ λαμβάνονταν υπόψη όλοι οι παράγοντες ρύπανσης (βιομηχανία, ενέργεια, τουρισμός, μεταφορές, γεωργία). Το 6^ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον που ακολούθησε, έθεσε γενικούς στόχους και προχώρησε στην ιεράρχηση περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων μέχρι και το 2010. Σημαντική

να σημειωθεί είναι και η Οδηγία 1999/31, ΕΕ L 182 16.7.1999, η οποία στοχεύει στην πρόληψη και μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής των αποβλήτων στο περιβάλλον.

Στο τέλος του 2005 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε τη νέα θεματική στρατηγική για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και την ανακύκλωση. Η στρατηγική αυτή αποσκοπεί στη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αποβλήτων σε όλο τον κύκλο ζωής τους. Ξεκινώντας από την παραγωγή τους και καταλήγοντας στην τελική τους διάθεση μέσω της ανακύκλωσης. Με τον τρόπο αυτό κάθε είδος αποβλήτων αντιμετωπίζεται όχι μόνο ως πηγή ρύπανσης η οποία πρέπει να μειωθεί, αλλά και ως πιθανός αξιοποιήσιμος πόρος.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί και η Οδηγία πλαίσιο 2008/98/ΕΚ η οποία έπρεπε να ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο των κρατών μελών ως το Δεκέμβριο του 2010. Στους στόχους της Οδηγίας αυτής περιλαμβάνεται η πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και των ανακυκλώσιμων υλικών και ο καθορισμός εννοιών όπως «απόβλητο», «διάθεση», «αξιοποίηση» [15&25].

Ελλάδα:

Η Ελληνική νομοθεσία σχετικά με το περιβάλλον και την προστασία του, όπως προαναφέρθηκε, έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τα μέτρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του ευρωπαϊκού συμβουλίου. Έτσι, θεσπίστηκαν σε εθνικό επίπεδο διατάξεις με έντονη περιβαλλοντολογική και οικολογική δράση. Στην συνέχεια θα παρουσιάζονται συνοπτικά κάποιιοι από τους σημαντικότερους νόμους για τα στερεά απόβλητα που έχουν ψηφιστεί στην Ελλάδα:

- Η διάταξη ΥΑ ΕΙβ/301/64 «περί συλλογής, αποκομιδής και διάθεσης απορριμμάτων» ήταν το ξεκίνημα στη διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα, καθώς σύμφωνα με αυτήν καθορίζονταν οι τεχνικές προδιαγραφές για τη διαχείριση των απορριμμάτων και συγκεκριμένα για τη συλλογή και τη διάθεσή τους.
- Το 1986 ακολούθησε η ψήφιση του Νόμου 1650 (Ν. 1650/1986) «για την προστασία του Περιβάλλοντος». Σύμφωνα με τον Νόμο αυτόν τέθηκε το γενικό πλαίσιο, οι στόχοι και τα μέσα για την προστασία του Περιβάλλοντος. Στο άρθρο 12 ορίζονται ως αρμόδιοι φορείς για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων οι ΟΤΑ (Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης). Ο Νόμος όριζε ως υπεύθυνους για τη διαχείριση των αποβλήτωντα φυσικά ή νομικά πρόσωπα από τις δραστηριότητες των οποίων παράγονταν (ΦΕΚ 60/Α/16.10.1986).

- Η Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 49541/1424/86 «Στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ» αποτέλεσε την πρώτη προσπάθεια προσαρμογής της Ελληνικής Νομοθεσίας για τη διαχείριση των απορριμμάτων με την αντίστοιχη Κοινοτική. Στην ΚΥΑ υπήρχε διατύπωση των βασικών αρχών που πρέπει να εφαρμόζονται σχετικά με τη διαχείριση των απορριμμάτων έτσι ώστε να μην τίθεται σε κίνδυνο η Δημόσια Υγεία και το περιβάλλον, και γίνεται προσπάθεια ώστε να καθοριστούν οι φορείς διαχείρισης των απορριμμάτων και να ρυθμιστεί το θέμα των αδειών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων που χορηγούνται σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα πέραν των ΟΤΑ. Επιπλέον, υπάρχει πρόβλεψη για ελέγχους στις εγκαταστάσεις, βιομηχανίες και επιχειρήσεις που διαχειρίζονται στερεά απόβλητα. Τέλος, πρέπει να αναφερθούμε στις κυρώσεις που θα έχουν οι φορείς διαχείρισης σε περίπτωση που δεν ακολουθούν την νομοθεσία, οι οποίες κυρώσεις μπορεί να είναι απλώς χρηματικά πρόστιμα ή ακόμα και διοικητικές ή ποινικές (ΦΕΚ 444/Β/09.07.1986).
- Ο Ν. 3852/2010 «Πρόγραμμα Καλλικράτης» και ειδικότερα το άρθρο 104 προβλέπει τη συγκρότηση ενός Φορέα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ) σε κάθε Περιφέρεια της χώρας. Ο ΦοΔΣΑ αυτός προβλέπεται να έχει τη μορφή ενιαίου συνδέσμου (ΝΠΔΔ), στον οποίο θα συμμετέχουν υποχρεωτικά όλοι οι δήμοι της Περιφέρειας. Οι σύνδεσμοι και οι ανώνυμες εταιρείες που έχουν ήδη συσταθεί ως φορείς διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΦοΔΣΑ), υποκαθίστανται απ' αυτόν(ΦΕΚ 87/Α/07.06.2010).
- Στις 13 Φεβρουαρίου 2012 ψηφίστηκε ο Ν. 4042 δίνοντας έμφαση στην ανάληψη πρωτοβουλιών για δράσεις πρόληψης. Επίσης μεταξύ άλλων αποφασίστηκε στο άρθρο 27 η υποχρεωτική χωριστή συλλογή χαρτιού, γυαλιού, μετάλλων και πλαστικών μέχρι το 2015.
- Ο Νόμος 4496/2017 είναι από τους πιο πρόσφατα τροποποιημένους και θα ήταν σημαντικό να τον αναφέρουμε αφού αλλάζει ριζικά ένα μεγάλο κομμάτι στην Ελληνική πραγματικότητα όσο αφορά στο κομμάτι των πλαστικών σακουλών. Πιο συγκεκριμένα ο εν λόγω νόμος τροποποιεί τον ν. 2939/2001 για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων σε προσαρμογή με την Οδηγία 2015/720/ΕΕ. Μεταξύ των διατάξεων του νόμου ξεχωρίζει το άρθρο 6 σύμφωνα με το οποίο από την 1η Ιανουαρίου 2018 επιβάλλεται στους καταναλωτές η καταβολή περιβαλλοντικού τέλους ανά τεμάχιο λεπτής πλαστικής σακούλας μεταφοράς, με εξαίρεση τις πολύ λεπτές πλαστικές σακούλες μεταφοράς και τις βιοαποδομήσιμες (ή βιοαποικοδομήσιμες/λιπασματοποιήσιμες) πλαστικές σακούλες. Συγκεκριμένα ορίζεται

από την 1 Ιανουαρίου του 2018 στα τρία (3) λεπτά και από την 1η Ιανουαρίου 2019 στα επτά (7) [15&24&47].

Ευρωπαϊκό και ελληνικό πλαίσιο για το κομπόστ.

Ευρώπη:

Οι προδιαγραφές ποιότητας του κομπόστ ποικίλουν από χώρα σε χώρα ακόμη και μέσα στην ΕΕ τόσο όσον αφορά στη φιλοσοφία τους όσο και στις παραμέτρους που προσδιορίζονται για τα θεσμοθετημένα όρια και τα συστήματα πιστοποίησης. Ο γενικός στόχος που είναι κοινός σε όλες τις προδιαγραφές είναι η προστασία του εδάφους, ειδικά των γεωργικών εδαφών, και κυρίως από τα βαρέα μέταλλα.

Πιο πρόσφατα ενδιαφέρον έχει δημιουργηθεί για τις οργανικές τοξικές ενώσεις που πιθανόν να υπάρχουν στο κομπόστ, όπως PCBs, PAHs, NPE, phthalates κ.ά., και παρά τις αναλυτικές δυσκολίες που παρουσιάζουν, έχουν αρχίσει να εμφανίζονται όλο και συχνότερα στις νομοθεσίες. Η εξέλιξη είναι παράλληλη με την αναμενόμενη νέα Οδηγία για τη χρήση της βιολογικής υλός στη γεωργία.

Σε πολλές περιπτώσεις η νομοθεσία προβλέπει την κατάταξη των κομπόστ σε ποιοτικές κατηγορίες ανάλογα με τις προδιαγραφές που πληρούν, και γίνεται διαφοροποίηση των επιτρεπόμενων χρήσεων για κάθε κατηγορία. Σε αρκετές χώρες όπως η Γερμανία, η Αυστρία, το Βέλγιο, η Μεγάλη Βρετανία και η Ολλανδία έχουν αναπτυχθεί εθελοντικά συστήματα πιστοποίησης του κομπόστ -συνήθως για κομπόστ υψηλής ποιότητας- τα οποία ελέγχουν τόσο τη διαδικασία όσο και την ποιότητα του προϊόντος και απονέμουν το αντίστοιχο σήμα ποιότητας με πιο γνωστό το Γερμανικό RAL[12].

Πίνακας 6: Ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων βιολογικής επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ στην προτεινόμενη οδηγία της ΕΕ, [12].

Παράμετρος- Μονάδα	Κομπόστ		Σταθεροποιημένα
	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2	Βιοαπορρίμματα
Κάδμιο Cd, mg/kg ξηρού βάρους	0,7	1,5	5
Χρόμιο Cr, mg/kg ξηρού βάρους	100	150	600
Χαλκός, Cu mg/kg ξηρού βάρους	100	150	600
Υδράργυρος Hg, mg/kg ξηρού βάρους	0,5	1	5
Νικέλιο, Ni mg/kg ξηρού βάρους	50	75	150
Μόλυβδος, Pb mg/kg ξηρού βάρους	100	150	500
Ψευδάργυρος, Zn mg/kg ξηρού βάρους	200	400	1500
Αρσενικό, As mg/kg ξηρού βάρους	-	-	-
Πολυχλωριωμένα Διφαινύλια (PCBs), mg/kg ξηρού βάρους	-	-	0,4
Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAH), mg/kg ξηρού βάρους	-	-	3
Προσμίξεις > 2 mm, % σε ξηρή βάση	<0,5%	<0,5%	<3%
Πέτρες > 5 mm	<5%	<5%	-

Ελλάδα:▪ **KYA 114218/1997**

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 114218/1997 «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων» ψηφίστηκε η πρώτη νομοθεσία στην Ελλάδα που αφορούσε τις τεχνικές προδιαγραφές διαχείρισης οργανικών αποβλήτων και των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ).

Εξετάζοντας την συγκεκριμένη ΚΥΑ βλέπουμε πως οι προδιαγραφές για το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων περιορίζονται στην γενική λειτουργία της αερόβιας επεξεργασίας. Όσον αναφορά στο παραγόμενο κομπόστ από εγκαταστάσεις Μηχανικής Διαλογής - Κομποστοποίησης που προκύπτει από την επεξεργασία των σύμμεικτων απορριμμάτων, η ΚΥΑ αναφέρεται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του και τα οριοθετεί ως εξής:

Πίνακας 7: Ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων από εγκαταστάσεις Μηχανικής Διαλογής - Κομποστοποίησης σύμφωνα με την ΚΥΑ 114218/1997, [44].

Παράμετρος-Μονάδα	Οριακή τιμή
Κάδμιο Cd, mg/kg ξηρού βάρους	≤10 mg/kg
Χαλκός, Cu mg/kg ξηρού βάρους	≤500 .
Νικέλιο, Ni mg/kg ξηρού βάρους	≤200
Μόλυβδος, Pb mg/kg ξηρού βάρους	≤500 .
Τρισθενές Χρώμιο mg/kg ξηρού βάρους	≤500
Εξασθενές Χρώμιο mg/kg	≤10 mg/kg
Ψευδάργυρος, Zn mg/kg ξηρού βάρους	≤2.000 .
Αρσενικό, As mg/kg ξηρού βάρους	≤15
Υδράργυρος, Hg mg/kg	≤5
pH	6-8
Εντεροβακτήρια	Μηδέν
Περιεκτικότητα σε πλαστικό	≤ 0,3%
Περιεκτικότητα σε γυαλί	≤ 0,5%
Υγρασία	≤40%
Κοκκομετρία Υλικού	≤10 mm (90 % κ.β.)

▪ **KYA 56366/4351/2014**

Ωστόσο η ΚΥΑ 56366/4351/2014 (ΦΕΚ Β 3339 12.12.2014) η οποία δημοσιεύτηκε τέλη Δεκεμβρίου 2014 τροποποιεί την ΚΥΑ 114218/1997 εισάγοντας νέα όρια για το κομπόστ, αλλά και τεχνικές προδιαγραφές τόσο για την αερόβια όσο και για την αναερόβια

διαδικασία επεξεργασίας των απορριμμάτων. Εξετάζοντας κάποια βασικά σημεία αυτής της νομοθεσίας οδηγούμαστε στα παρακάτω συμπεράσματα:

Στην υπάρχουσα νομοθεσία περιλαμβάνονται διατάξεις που αφορούν εγκαταστάσεις με αερόβια και αναερόβια επεξεργασία σύμμεικτων απορριμμάτων, εστιάζοντας κυρίως στα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος (υλικό τύπου κομπόστ - Compost Like Output / CLO).

Η συγκεκριμένη ονομασία για το κομπόστ έκανε πρώτη φορά την εμφάνισή της σε αυτήν την νομοθεσία. Επιπλέον, στον συγκεκριμένο Νόμο καθορίζονται ως βιολογικά απόβλητα (βιοαπόβλητα) τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα κήπων και πάρκων, τα απορρίμματα τροφών και μαγειρείων από σπίτια, εστιατόρια, εγκαταστάσεις ομαδικής εστίασης, χώρους πωλήσεων λιανικής και τα συναφή απόβλητα από εγκαταστάσεις μεταποίησης τροφίμων. Επίσης, με το Άρθρο 41 ο Νόμος ορίζει έως το 2015 ότι το ποσοστό χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων πρέπει να ανέλθει τουλάχιστον στο 5% του συνολικού βάρους των βιολογικών αποβλήτων και έως το 2020 κατ' ελάχιστον στο 10%.

Συμπληρωματικά, χρήσιμο θα ήταν να αναφερθούμε και σε κάποιους συγκεκριμένους ορισμούς οι οποίοι αναγράφονται στην παραπάνω ΚΥΑ και επεξηγούν συνοπτικά, αλλά με συνάφεια, όρους γύρω από την διαδικασία της κομποστοποίησης.

- «αερόβια επεξεργασία (κομποστοποίηση)»: η ελεγχόμενη αερόβια (οξειδωτική) βιολογική διαδικασία αποδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών που πραγματοποιείται υπό τις φυσικές και χημικές συνθήκες που ευνοούν τη διαδοχή συγκεκριμένων θερμοφίλων, θερμοανθεκτικών και μεσόφιλων μικροβιακών πληθυσμών.
- «αναερόβια χώνευση»: η ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών υλικών απουσία οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες), σε θερμοκρασίες κατάλληλες για την ανάπτυξη μεσόφιλων ή θερμοφίλων βακτηρίων που οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (ένα μίγμα κυρίως μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα) και ενός υδαρούς υπολείμματος (χώνευμα),
- «κομπόστ (compost)»: το υγειονοποιημένο και σταθεροποιημένο στερεό υλικό που προκύπτει από την κομποστοποίηση οργανικών υλικών,
- «κομπόστ τύπου Α»: το υγειονοποιημένο και σταθεροποιημένο κομπόστ που προκύπτει από την επεξεργασία σύμμεικτων αστικών αποβλήτων,
- «αποκατάσταση εδάφους»: η χρησιμοποίηση κομπόστ τύπου Α ή χωνεύματος τύπου Α για την βελτίωση της ποιότητας του εδάφους.

Οι τροποποιήσεις που έφερε η καινούργια ΚΥΑ ήταν επόμενο ότι θα έφερνε και νέες τροποποιήσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου από την επεξεργασία σύμμεικτων απορριμμάτων κομπόστ.

Στον πίνακα 8 γνωστοποιούνται τα όρια των παραμέτρων που ορίζονται από την ΚΥΑ.

Πίνακας 8: Ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κομπόστ τύπου Α από εγκαταστάσεις επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων, σύμφωνα με την ΚΥΑ 56366/4351/2014, [45].

Παράμετρος-Μονάδα	Οριακές Τιμές	Πρότυπα Εργαστηριακών Ελέγχων
Κάδμιο Cd, mg/kg ξηρού βάρους	≤3	EN 13650:2001
Χρόμιο Cr, mg/kg ξηρού βάρους	≤250	EN 13650:2001
Χαλκός, Cu mg/kg ξηρού βάρους	≤400	EN 13650:2001
Υδράργυρος Hg, mg/kg ξηρού βάρους	≤2,5	ISO 16772
Νικέλιο, Ni mg/kg ξηρού βάρους	≤100	EN 13650:2001
Μόλυβδος, Pb mg/kg ξηρού βάρους	≤300	EN 13650:2001
Ψευδάργυρος, Zn mg/kg ξηρού βάρους	≤1200	EN 13650:2001
Αρσενικό, As mg/kg ξηρού βάρους	≤10	EN 13650:2001
Πολυχλωριωμένα Διφαινύλια (PCBs), mg/kg ξηρού βάρους	≤0,4	ISO 10382:2002
Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAH), mg/kg ξηρού βάρους	≤3	ISO 18287:2006
Προσμίξεις > 2 mm, % σε ξηρή βάση	≤3	
Υγρασία	<40%	

1.11 Βασικά στάδια λειτουργίας Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (Ε.Μ.Α.Κ) Χανίων.



Εικόνα 6: Αεροφωτογραφία Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ. Χανίων, [40].

Από τα σημαντικότερα έργα στην Ελλάδα και το μοναδικό έργο ολοκληρωμένης διαχείρισης απορριμμάτων στη Κρήτη αποτελούν το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (Ε.Μ.Α.Κ), καθώς και ο Χώρος Υγειονομικής Ταφής (Χ.Υ.Τ).

Το έργο υλοποιήθηκε από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Χανίων και ο προϋπολογισμός του ανήλθε στα 25,8 εκ. ευρώ (χρηματοδοτήθηκε κατά 75% από το Ταμείο Συνοχής ΙΙ, με ανάδοχη την ENVITEC Α.Ε). Η εγκατάσταση εκτείνεται σε έκταση 110.000 m², νότια της χαράδρας του Κουρουπητού στην περιοχή Κορακιά στο Ακρωτήρι Χανίων, του οποίου η αποκατάσταση έχει χρηματοδοτηθεί με 1.700.000 ευρώ από το ΕΠΠΕΡ. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 2.3 MW.

Στην παρούσα ενότητα και στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας θα εξεταστούν τα μέρη του εργοστασίου που αφορούν την πορεία της Κομποστοποίησης που πραγματοποιείται στο Ε.Μ.Α.Κ. Ακολουθώντας αυτήν την πορεία γίνεται κατανοητή η πορεία που ακολουθούν τα απορρίμματα από την στιγμή που μπαίνουν στο εργοστάσιο μέχρι το τελικό στάδιο επεξεργασίας τους [40].

Η πορεία της Κομποστοποίησης στο Ε.Μ.Α.Κ Χανίων.

1. Το ζυγιστήριο:

Βρίσκεται στην πύλη από όπου ξεκινάει η διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ), και εκτός από ζυγιστήριο αποτελεί και το φυλάκιο του Εργοστασίου. Εκεί πραγματοποιείται η καταγραφή κάθε οχήματος, ελέγχεται μακροσκοπικά το φορτίο του και ζυγίζεται τόσο κατά την είσοδο όσο και κατά την έξοδο. Σε μία καλοκαιρινή μέρα για παράδειγμα εισέρχονται στην μονάδα 60 απορριμματοφόρα μεταφέροντας μέχρι 350 τόνους

απορριμμάτων. Όλες αυτές οι πληροφορίες καταγράφονται σε βάση δεδομένων ώστε να εξαχθούν στατιστικά στοιχεία για την τιμολόγηση των υπηρεσιών της Επιχείρησης, την ανακύκλωση και την παραγωγή των Α.Σ.Α. Για την πορεία της Κομποστοποίησης εξετάζονται τα συμβατικά απορρίμματα, δηλαδή αυτά που προέρχονται από τους πράσινους κάδους.

2. Υποδοχή/Σχίστης:

Τα απορριμματοφόρα φτάνουν στην πλατεία άφιξης και ελιγμών των απορριμματοφόρων που αδειάζουν το φορτίο τους στις δεξαμενές του κτιρίου υποδοχής των απορριμμάτων. Στην συνέχεια, με την βοήθεια αρπαγής τα απορρίμματα ρίχνονται μέσα σε χοάνη και απ' εκεί τοποθετούνται σε δονητικό δάπεδο προκειμένου να δοσομετρηθούν προς τον σχίστη που πραγματοποιεί την διάνοιξη των σάκων. Ο σχίστης σάκων τροφοδοτεί στην συνέχεια τον ταινιόδρομο ο οποίος μεταφέρει τα απορρίμματα στα επόμενα στάδια επεξεργασίας: πρόκειται για τις μονάδες μηχανικής διαλογής και χειροδιαλογής όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του ξηρού κλάσματος (χαρτί, πλαστικό, μέταλλα κ.λπ.) από το υγρό κλάσμα (οργανικό), και παράγεται το ρεύμα των αχρήστων που οδηγείται στον Χ.Υ.Τ.Υ.

3. Κόσκινα:

Τα απορρίμματα μετά την έξοδό τους από τον σχίστη σάκων οδηγούνται στην ταινία ανάκτησης των ανεπιθύμητων υλικών. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται πριν ξεκινήσει η διαδικασία επεξεργασίας της μηχανικής διαλογής και της χειροδιαλογής ώστε να υπάρξει απομάκρυνση ανεπιθύμητων υλικών που μπορούν να προκαλέσουν το οποιοδήποτε πρόβλημα στα στάδια επεξεργασίας. Το ξηρό κλάσμα αρχικά διαχωρίζεται με διάταξη βαλλιστικών και οπτικών διαχωριστών και στη συνέχεια δεματοποιείται. Μετά την χειροδιαλογή των ανεπιθύμητων, τα απορρίμματα περνούν από διαδοχικά κόσκινα πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας κοσκίνησης ώστε να γίνει ανάκτηση του οργανικού κλάσματός τους.

Κατά την πρωτοβάθμια κοσκίνηση, το κλάσμα των απορριμμάτων διαχωρίζεται από τα ευμεγέθη υλικά καθώς περνάει από κόσκινο διαμέτρου 250 mm. Στην δευτεροβάθμια το οργανικό κλάσμα που έχει περάσει από την πρωτοβάθμια κοσκίνηση περνά τώρα από κόσκινο διαμέτρου 70 mm, το κατάλληλο μέγεθος που πρέπει να έχει το οργανικό κλάσμα για να είναι δυνατό να επεξεργαστεί.

4. Κλαδιά:

Στο οργανικό υλικό, εφόσον έχει κοσκινιστεί, προστίθενται μέσω της γραμμής παραγωγής πράσινα απορρίμματα (φυτικά απορρίμματα), τα οποία μέσω τεμαχιστή και δοσομετρητή αναμειγνύονται με το οργανικό υλικό. Τα πράσινα απορρίμματα αποτελούνται κυρίως από κλαδιά και φύλλα, που συλλέγονται απ' όλη την Περιφερειακή Ενότητα Χανίων.

5. Μαγνητικός Διαχωρισμός:

Εφόσον το οργανικό κλάσμα έχει ομογενοποιηθεί με τα πράσινα απορρίμματα, περνά από μαγνητικό διαχωριστή με σκοπό την αφαίρεση των μετάλλων και άλλων σιδηρούχων υλικών, τα οποία με την σειρά τους οδηγούνται σε ειδική επεξεργασία. Αφότου το οργανικό κλάσμα είναι καθαρό από αυτές τις προσμείξεις, συνεχίζει την πορεία του προς την δεξαμενή ταχείας κομποστοποίησης.

6. Δεξαμενή Ταχείας Κομποστοποίησης:

Σε αυτό το στάδιο το οργανικό κλάσμα παραμένει στην δεξαμενή για 4-6 εβδομάδες υπό συνεχείς ελέγχους των συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας. Επίσης, γίνεται διαρκής αερισμός και ανάδευση. Με τον σωστό έλεγχο αυτών των παραμέτρων επιτυγχάνουμε τις καλύτερες δυνατές συνθήκες για την δημιουργία ενός περιβάλλοντος κατάλληλο για κομποστοποίηση.

7. Ραφιναρία:

Το κομπόστ που έχει παραχθεί στην μονάδα ταχείας κομποστοποίησης οδηγείται μέσω μεταφορικής ταινίας στο τμήμα της ραφιναρίας. Σε αυτό το στάδιο μέσα από μια σειρά διεργασιών γίνεται ο διαχωρισμός του κομπόστ από ανεπιθύμητα υλικά, τα οποία δεν έχουν καταφέρει να διαχωριστούν σε προηγούμενα στάδια. Αρχικά το κομπόστ περνάει από δονητικό κόσκινο τύπου flip-flop με διάμετρο οπών 10 mm, όπου πραγματοποιείται ο πρώτος διαχωρισμός των ανεπιθύμητων υλικών. Στην συνέχεια με την βοήθεια συστήματος που συνδυάζει αεροδιαχωρισμό με βαλλιστικό διαχωρισμό παίρνουμε το τελικό προϊόν, το εξευγενισμένο κομπόστ. Τέλος, να σημειωθεί πως τα ανεπιθύμητα υλικά που διαχωρίζονται από το κομπόστ μεταφέρονται στο χώρο του Χ.Υ.Τ.

8. Ωρίμανση/Αποθήκευση:

Μετά το ραφινάρισμα το παραγόμενο κομπόστ οδηγείται στην πλατεία ωρίμανσης. Εκεί κατασκευάζεται σε μορφή σειραδίων και πραγματοποιείται καθημερινός έλεγχος, καθώς επίσης και ανάδευση και διαβροχή του καθενός. Μετά το πέρας τουλάχιστον 6 μηνών, που το κομπόστ πλέον θεωρείται ώριμο, μεταφέρεται και αποθηκεύεται προσωρινά.

9. Τελική Διάθεση:

Το φυλασσόμενο στην κλειστή αποθήκη κομπόστ μετά από διάστημα περίπου 4 εβδομάδων, όταν έχει πραγματοποιηθεί και η πλήρης ωρίμανσή του, τοποθετείται σε σάκους και αργότερα διατίθεται στην αγορά.

1.12 Δημογραφικά στοιχεία δήμου Χανίων.

Τα Χανιά, η πρωτεύουσα του Νομού Χανίων, βρίσκονται στο βόρειο-ανατολικό τμήμα του νομού και αποτελούν το διοικητικό, οικονομικό, εμπορικό και επικοινωνιακό κέντρο του νομού που φέρει το ίδιο όνομα. Ο Δήμος Χανίων μετά την εφαρμογή του προγράμματος διοικητικής μεταρρύθμισης "Καλλικράτης" αποτελείται από επτά δημοτικές ενότητες (πρώην δήμοι):

- Χανίων
- Ελ. Βενιζέλου
- Θερίσου
- Κεραμιών
- Νέας Κυδωνίας
- Σούδας
- Ακρωτηρίου

Η συνολική έκταση του νέου Δήμου Χανίων ανέρχεται σε 356,12 τετραγωνικών χιλιομέτρων και ο μόνιμος πληθυσμός σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του 2011 από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, σε 108.642 κατοίκους, αριθμός που αντιπροσωπεύει το 17,4% του συνολικού πληθυσμού της Περιφέρειας Κρήτης (623.065 κάτοικοι) και το 1% περίπου του συνολικού πληθυσμού της χώρας (10.815.197 κάτοικοι).

➤ Δημοτική Ενότητα Ακρωτηρίου:

Μετά την εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης" η Δ.Ε. Ακρωτηρίου αποτελείται από δύο Δημοτικές Κοινότητες και τρεις Τοπικές Κοινότητες οι οποίες είναι:

- η Δημοτική Κοινότητα Αρωνίου, (Πληθ. 3003 κατ., απογραφή 2011)
- η Δημοτική Κοινότητα Κουνουπιδιανών, (Πληθ. 8620 κατ., απογραφή 2011)
- η Τοπική Κοινότητα Μουζουρά, (Πληθ. 268 κατ., απογραφή 2011)
- η Τοπική Κοινότητα Στερνών (Πληθ. 943 κατ., απογραφή 2011)
- η Τοπική Κοινότητα Χορδακίου. (Πληθ. 266 κατ., απογραφή 2011)

➤ Δημοτική Ενότητα Ελευθερίου Βενιζέλου:

Η Δημοτική Ενότητα (Δ.Ε.) Ελευθερίου Βενιζέλου καταλαμβάνει μία έκταση περίπου 18.800 στρεμμάτων. Μετά την εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης" η Δ.Ε. Ελευθερίου Βενιζέλου αποτελείται από δύο Δημοτικές Κοινότητες (Δ.Κ.):

- την Δημοτική Κοινότητα Μουρνιών (Πληθ. 7.614 κατ., απογραφή 2011) και
- την Δημοτική Κοινότητα Νεροκούρου (Πληθ. 5.531 κατ., απογραφή 2011)

➤ Δημοτική Ενότητα Θερίσου:

Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 σε αυτήν διαμένουν 8.596 μόνιμοι κάτοικοι και έχει έκταση 74.106 στρέμματα. Μετά την εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης" η Δ.Ε. Θερίσου αποτελείται πλέον από δύο Δημοτικές Κοινότητες και τρεις Τοπικές Κοινότητες οι οποίες είναι::

- Η Δημοτική Κοινότητα Περιβολίων, (Πληθ. 3.986 κατ., απογραφή 2011),
- η Δημοτική Κοινότητα Βαμβακόπουλου, (Πληθ. 2.300 κατ., απογραφή 2011),
- η Τοπική Κοινότητα Αγιάς, (Πληθ. 590 κατ., απογραφή 2011),
- η Τοπική Κοινότητα Βαρυπέτρου (Πληθ. 1.607 κατ., απογραφή 2011) και
- η Τοπική Κοινότητα Θερίσου (Πληθ. 113 κατ., απογραφή 2011)

➤ Δημοτική Ενότητα Κεραμιών:

Η Δημοτική Ενότητα Κεραμιών έχει συνολική έκταση 89.722 στρέμματα. Μετά την εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης" η Δ.Ε. Κεραμιών αποτελείται από έξι Τοπικές Κοινότητες:

- Δρακώνας, (Πληθ. 60 κατ., απογραφή 2011)
- Κάμπων, (Πληθ. 92 κατ., απογραφή 2011)
- Κοντόπουλων, (Πληθ. 204 κατ., απογραφή 2011)
- Μαλάξας, (Πληθ. 115 κατ., απογραφή 2011)
- Παπαδιανών (Πληθ. 186 κατ., απογραφή 2011)
- Πλατυβόλας (Πληθ. 21 κατ., απογραφή 2011)

➤ Δημοτική Ενότητα Νέας Κυδωνίας:

Μετά την εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης" η Δ.Ε. Νέας Κυδωνίας αποτελείται πλέον από τρεις Δημοτικές Κοινότητες και μία Τοπική Κοινότητα, οι οποίες είναι:

- η Δημοτική Κοινότητα Γαλατά, (Πληθ. 3.166 κατ., απογραφή 2011),
- η Δημοτική Κοινότητα Δαράτσου, (Πληθ. 4.732 κατ., απογραφή 2011),
- η Δημοτική Κοινότητα Αγίας Μαρίας, (Πληθ. 2.005 κατ., απογραφή 2011),

- η Τοπική Κοινότητα Σταλού (Πληθ. 868 κατ., απογραφή 2011).
- Δημοτική Ενότητα Σούδας:
- Η Σούδα έχει συνολική έκταση 22.007 στρέμματα καταλαμβάνοντας ολόκληρο το νοτιοδυτικό τμήμα του όρμου της Σούδας. Ο μόνιμος πληθυσμός ανέρχεται σε 8.442 κατοίκους (απογραφή 2011). Μετά την εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης" η Δ.Ε. Σούδας αποτελείται από μία Δημοτική Κοινότητα και δύο Τοπικές Κοινότητες, οι οποίες είναι:
- η Δημοτική Κοινότητα Σούδας (Πληθ. 6.418 κατ., απογραφή 2011),
 - η Τοπική Κοινότητα Τσικαλαριών (Πληθ. 1.545 κατ., απογραφή 2011) και
 - η Τοπική Κοινότητα Απτέρας (Πληθ. 479 κατ., απογραφή 2011)
- Δημοτική Ενότητα Χανίων:
- Η Δημοτική Ενότητα Χανίων είναι μία παραθαλάσσια χωρική ενότητα στα βόρεια του νομού Χανίων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έχει συνολικά 53.910 κατοίκους και έκταση 12.564 στρέμματα. Μετά την εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης" η Δημοτική Ενότητα Χανίων ταυτίζεται πλέον με τα διοικητικά όρια του πρώην Δήμου Χανίων, ενώ αποτελείται από μία μόνο Δημοτική Κοινότητα, αυτή των Χανίων[41].

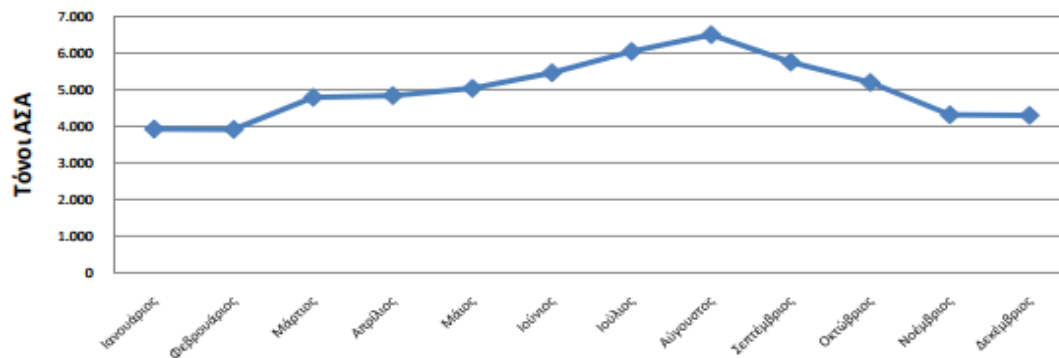
Πίνακας 9: Απογραφή πληθυσμού Ν. Χανίων το έτος 2011, [41].

Δήμοι	Μόνιμος Πληθυσμός (δημότες) 2011
Δήμος Χανίων	84.527
Δημοτική Ενότητα Χανίων	48.061
Δημοτική Ενότητα Ακρωτηρίου	7.775
Δημοτική Ενότητα Ελευθερίου Βενιζέλου	8.872
Δημοτική Ενότητα Θερίσου	6.000
Δημοτική Ενότητα Κεραμιών	1.691
Δημοτική Ενότητα Νέας Κυδωνίας	6.689
Δημοτική Ενότητα Σούδας	5.439

Αναφορά, ακόμα, πρέπει να γίνει και στην παραγόμενη ποσότητα των ΑΣΑ εντός του Δήμου Χανίων. Τα συγκεκριμένα απορρίμματα στο μεγαλύτερο ποσοστό τους προέρχονται κυρίως από κατοικίες, εμπορικά καταστήματα και άλλες αστικές δραστηριότητες. Μέσα από τον πίνακα 10 γίνεται μια προσεγγιστική καταγραφή των πηγών προέλευσης των απορριμμάτων και την σύνθεση από την οποία αποτελούνται .

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά των μεγάλων παραγωγών αποβλήτων στο Δήμο Χανίων, [27].

Είδος Παραγωγού	Σύνθεση Αποβλήτων
Εστιατόρια/Καφετέριες/ Ταβέρνες	Κυρίως Βιοαπόβλητα και συσκευασίες γυαλιού
Καταστήματα Υγειονομικού Ενδιαφέροντος(κρεοπω λεία, μανάβικα κ.α.)	Διάφορα
Super Market	Κυρίως Συσκευασίες
Λαϊκές Αγορές	Κυρίως Βιοαπόβλητα

**Σχεδιάγραμμα 13:** Παραγωγή ΑΣΑ στην Π.Ε. Χανίων ανά μήνα, [27].

Από το σχεδιάγραμμα 13 είναι εμφανές πως το ποσοστό των απορριμμάτων παρουσιάζει μια ανοδική αύξηση κατά τους θερινούς μήνες, κάτι το οποίο οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού λόγω του τουρισμού. Ενώ στο πίνακα 11 υπάρχει μια καταμέτρηση όπως έχει πραγματοποιηθεί από την Δ.Ε.Δ.Ι.Σ.Α των διαφορετικών ειδών αποβλήτων και των ποσοτήτων τους, όπου καταλήγουν στον χώρο του Ε.Μ.Α.Κ. .

Πίνακας 11: ΑΣΑ Νομού Χανίων, [40].

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Μπλέ Κάδος	5,009	7,138	8,171	9,068	9,054	8,719	7,846	7,529	7,831
ΑΣΑ	77,95 9	79,87 8	81,06 2	79,74 9	76,76 1	77,46 0	74,08 5	72,72 1	74,75 5
Πράσινα				501	891	1,111	1,026	1,553	2,07
Ογκώδοι				1,573	1,201	802	871	4,21	2,943
ΙΛΥ ΔΕΥΑΧ & ΔΕΥΑΒΑ	5,831	5,955	6,906	6,729	7,012	7,264	6,845	7,858	9,863
Σύνολο ΑΣΑ	82,96 8	87,01 6	89,23 4	90,89 1	87,90 7	88,09 2	83,82 8	86,01 3	87,59 9

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 2^ο:

Πειραματική Διαδικασία

2.1 Μέθοδοι ανάλυσης με βάση τα ελληνικά πρότυπα/Hellenic Standard ΕΛΟΤ και επιστημονικά τεκμηριωμένες εργαστηριακές μεθόδους.

Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο και μέσα από τις επόμενες ενότητες παρουσιάζεται η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την δημιουργία των τεσσάρων σειραδίων κομπόστ, την χρονική περίοδο 7/2/2017 έως τις 21/11/2017 στον χώρο του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (Ε.Μ.Α.Κ) Χανίων. Στο χρονικό διάστημα των εννέα μηνών, που διήρκησε η διαδικασία της ωρίμανσης των υλικών, παρατηρήσαμε μέσω πειραμάτων την εξέλιξη του κάθε σειραδίου χωριστά μέσα από την μέτρηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του pH, της αγωγιμότητας, των πτητικών στερεών, του άνθρακα, του αζώτου και των βαρέων μετάλλων.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με στόχο την παρακολούθηση των τεσσάρων σειραδίων που αποτελούνταν από διαφορετικά υλικά και σύσταση, με σκοπό την δημιουργία ενός τελικού προϊόντος με την καλύτερη φύση και ποιότητα, που οι τιμές των πειραματικών του μετρήσεων να συμφωνούν με την εθνική νομοθεσία (ΚΥΑ 56366/4351/2014), κάνοντάς το κατάλληλο προς ποικίλες χρήσεις-

Σε αυτό το σημείο θα ήταν χρήσιμο να διευκρινιστεί ότι το υλικό που αποτελούσαν το κάθε σειράδι ήταν διαφορετικό, δηλαδή το 1^ο και το 2^ο αποτελούνταν από βιοαπόβλητα (οργανικά αστικά απορρίμματα), ενώ το 3^ο και το 4^ο από το οργανικό κλάσμα των σύμμεικτων αστικών απορριμμάτων. Όπως είχε αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, το κομπόστ πλέον διαχωρίζεται και το τελικό υλικό που θα προκύψει από το 1^ο και 2^ο σειράδι θα μπορεί να ονομάζεται κομπόστ, ενώ το υλικό από το 3^ο και 4^ο θα ονομάζεται Υλικό Τύπου-Κομπόστ (CLO). Επιπλέον πρέπει να τονίσουμε πως κατά την διάρκεια της πειραματικής παρακολούθησης υπήρχε πάντα, η προαπαιτούμενη ασφάλεια, μεθοδικότητα, τήρηση των οδηγιών και επίβλεψη από το εξειδικευμένο προσωπικό.

2.1.1 Δημιουργία πειραματικών σειραδίων.

Η δημιουργία των τεσσάρων πειραματικών σειραδίων πραγματοποιήθηκε στις 7/2/2017 με την βοήθεια των εργαζομένων και των ειδικών μηχανημάτων στην πλατεία ωρίμανσης του κομπόστ στο Ε.Μ.Α.Κ Χανίων. Τα σειράδια κατασκευάστηκαν ώστε ο συνολικός όγκος του καθενός να είναι 6 κυβικά μέτρα, ωστόσο το κάθε ένα διαχωρίστηκε σε διαφορετική σύσταση υλικών ώστε να εξετάσουμε την αναλογία που θα μας δώσει το καλύτερο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Έτσι το 1^ο σειράδι αποτελούταν από 3 κυβικά μέτρα οργανικού υλικού που προερχόταν από συλλογή υλικού από το πρόγραμμα διαλογή στην πηγή και 3 κυβικά μέτρα κλαδιά. Το 2^ο σειράδι αποτελούταν από 2 κυβικά μέτρα οργανικό υλικό που προέρχονταν κι αυτό από το πρόγραμμα διαλογή στην πηγή και 4 κυβικά μέτρα κλαδιά. Το 3^ο από 3 κυβικά μέτρα υλικού που προέρχονταν από το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων και 3 κυβικά μέτρα κλαδιά, και τέλος το 4^ο σειράδι από 2 κυβικά μέτρα υλικού που προέρχονταν από το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων και 4 κυβικά μέτρα κλαδιά.

Παρατήρηση:

Το κοινό υλικό που χρησιμοποιήθηκε και στα τέσσερα σειράδια ήταν τα κλαδιά τα οποία συλλέγονταν από πάρκα, κήπους, κ.α. της Περιφερειακής Ενότητας Χανίων.

Το οργανικό κλάσμα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του 1^{ου} και 2^{ου} σειραδίου προερχόταν από την συλλογή οργανικών υπολειμμάτων στο πλαίσιο του προγράμματος Διαλογή στην Πηγή που λάμβανε χώρα εκείνο το διάστημα στο Πολυτεχνείο Κρήτης και τους χώρους εστίασης του Πεδίου Βολής Κρήτης.

Το οργανικό κλάσμα των σύμμεικτων απορριμμάτων που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του 3^{ου} και 4^{ου} σειραδίου πρόκειται για υλικό που έχει προκύψει από τα στάδια προεπεξεργασίας των σύμμεικτων απορριμμάτων στο Ε.Μ.Α.Κ και το οποίο καταλήγει στην δεξαμενή κομποστοποίησης. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των σειραδίων βρισκόταν πάνω στον ταινιόδρομο πριν την πτώση του εντός της δεξαμενή κομποστοποίησης. Τέλος, για την κύβιση των σειραδίων χρησιμοποιήθηκε ειδική κατασκευή του ενός κυβικού μέτρου.



Εικόνα 7: Πλατεία φύλαξης πράσινων απορριμμάτων.

Η πλατεία συγκέντρωσης των πράσινων απορριμμάτων στον χώρο του Ε.Μ.Α.Κ Χανίων απεικονίζεται στην εικόνα 7. Εδώ, τα φορτηγά εκφορτώνουν κλαδιά, χόρτα και άλλα πράσινα απορρίμματα. Μετά από αυτό το στάδιο τα πράσινα απορρίμματα οδηγούνται στον τεμαχιστή που τα κόβει σε μικρότερα τεμαχίδια. Για τις ανάγκες δημιουργίας των τεσσάρων πειραματικών σειραδίων πήραμε μία ικανή ποσότητα τεμαχισμένων πράσινων απορριμμάτων.



Εικόνα 8: Εκφόρτωση πράσινων απορριμμάτων.



Εικόνα 9: Προσωρινή αποθήκευση οργανικών υπολειμμάτων.



Εικόνα 10: Δεξαμενή κομποστοποίησης.

Στην εικόνα 10 παρατηρείται η δεξαμενή κομποστοποίησης στην οποία καταλήγει το επεξεργασμένο οργανικό κλάσμα που έχει διαχωριστεί από τα σύμμεικτα απορρίμματα και το οποίο έχει ομογενοποιηθεί με τεμαχισμένα πράσινα απορρίμματα.



Εικόνα 11: Σχηματισμός σειραδίων.

Στην εικόνα 11 φαίνεται ο κυβισμό του υλικού πριν την ολοκλήρωση της ομογενοποίησης των πειραματικών σειραδίων και στην εικόνα 12 παρατηρούμε την ανάδυσή τους.



Εικόνα 12: Ανάδευση σειραδίων.



Εικόνα 13: Ομογενοποιημένο σειράδι.



Εικόνα 14: Τελική διάταξη τεσσάρων σειραδίων.

Στην εικόνα 13 απεικονίζεται ο τελικός σχηματισμός του 2^{ου} σειραδίου. Παρατηρείται πως τα υλικά που το αποτελούν είναι αρκετά ευδιάκριτα καθώς το υλικό βρίσκεται στα αρχικά στάδια της κομποστοποίησης. Παρόμοια εικόνα παρουσιάζουν και τα υπόλοιπα τρία σειράδια.

2.1.2 Παρακολούθηση.

Η παρακολούθηση των πειραματικών σειραδίων αποτέλεσε μια συστηματική διαδικασία εξέτασης. Πιο συγκεκριμένα:

- δύο φορές την εβδομάδα πραγματοποιούνταν μέτρηση των θερμοκρασιών τους,
- μία φορά την εβδομάδα γίνονταν ανάδευση και διαβροχή των σειραδίων αν αυτό ήταν απαραίτητο και
- περίπου ανά δεκαπέντε ημέρες πραγματοποιούνταν η δειγματοληψία.

Η δειγματοληψία έπαιξε σημαντικό ρόλο, καθώς μέσα από τις αναλύσεις των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των δειγμάτων που λαμβάνονταν, γίνονταν εξέταση της εξέλιξης της κομποστοποίησης, αλλά και τις απαιτήσεις που είχαν τα σειράδια ώστε να φτάσουμε στον τελικό στάδιο της ωρίμανσης.

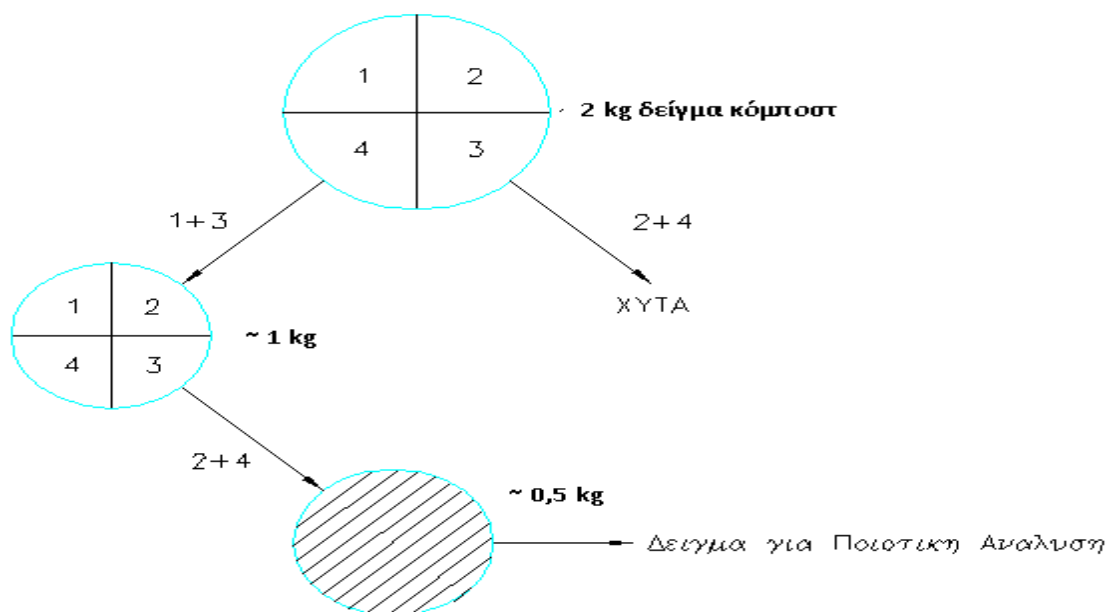
Παρατήρηση:

Κατά την διαβροχή των πειραματικών σειραδίων, πρώτα γίνονταν το άνοιγμα τους με την βοήθεια χειριστή και ειδικού οχήματος. Στην συνέχεια εξετάζονταν το ποσοστό της υγρασίας του κάθε σειραδίου από την προηγούμενη δειγματοληψία αλλά και το πώς έδειχναν την παρούσα στιγμή. Έτσι ανάλογα με τις απαιτήσεις του καθενός γίνονταν μια προσεγγιστική ρίψη κυβικών νερού.

2.1.3 Δειγματοληψία.

Ονομασία:

Για την δειγματοληψία των σειραδίων επιλέχτηκε η μέθοδος δειγματοληψίας με προσομοίωση του στατιστικού μοντέλου της Ομοιόμορφης Τυχαίας Δειγματοληψίας (Random Uniform Sampling).



Σχεδιάγραμμα 14: Μέθοδος Τετραμερισμού

Περιγραφή Διαδικασίας:

Η δειγματοληψία πραγματοποιούταν στα σειράδια περίπου ανά δεκαπέντε ημέρες με βάση της μεθόδου του τετραμερισμού. Αρχικά ο χειριστής άνοιγε τα σειράδια με το όχημα και στην συνέχεια με την βοήθεια πτυάριου λαμβάνονταν από τέσσερα σημεία -τρία κυκλικά και ένα κεντρικό- αντιπροσωπευτικό δείγμα από το εσωτερικό του κάθε σειραδίου. Μετά γίνονταν ανάμειξη του δείγματος από τα πέντε σημεία και ο περαιτέρω διαχωρισμός του σε τέσσερα μέρη. Το τελικό δείγμα που λαμβάνονταν ήταν περίπου 0.5 kg.



Εικόνα 15: Τετραμερισμός δείγματος.

Παρατήρηση:

Τα σημεία λήψεις των δειγμάτων έπρεπε να ήταν όσο πιο αντιπροσωπευτικά γίνονταν για το κάθε σειράδι. Γι' αυτό με το να άνοιγμα των σειραδίων λαμβάνονταν όσο το δυνατόν καλύτερο δείγμα από το εσωτερικό του, εκεί δηλαδή που γίνονται και οι κυριότερες διεργασίες της κομποστοποίησης. Τέλος, με την ανάμιξη των δειγμάτων που λήφθηκαν από τα τέσσερα διαφορετικά σημεία, γίνονταν καλύτερη ομογενοποίηση του υλικού που προορίζονταν για ανάλυση.



Εικόνα 16: Άνοιγμα σειραδίων.

2.1.4 Μέτρηση Θερμοκρασίας.

Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν:

- Ψηφιακό Θερμόμετρο Μέτρησης Εδάφους

Περιγραφή Διαδικασίας:

Η μέτρηση των θερμοκρασιών των σειραδίων πραγματοποιήθηκε με ψηφιακό θερμόμετρο “Mini-K Thermometer” ειδικό για μέτρηση θερμοκρασιών εδάφους. Οι θερμοκρασίες λαμβάνονταν από 6 κυκλικά-περιμετρικά σημεία του σειραδίου με όσο το δυνατόν καλύτερη προσέγγιση του πυρήνα του. Η τελική θερμοκρασία του κάθε σειραδίου ήταν αντιπροσωπευτική του μέσου όρου των 6 μετρήσεων και συγκρινόταν με την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στην εικόνα 16 παρατηρείται το ψηφιακό θερμόμετρο με το οποίο πραγματοποιήθηκε η μέτρηση



Εικόνα 17: Μέτρηση Θερμοκρασίας Σειραδίων.

2.1.5 Μέτρηση της Περιεκτικότητας σε Υγρασία.

Ονομασία: (ΕΛΟΤ EN 12048) Προσδιορισμός Της Περιεκτικότητας Σε Υγρασία-Σταθμική Μέθοδος με Ξήρανση Στους $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Σκεύη και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν:

- αλουμινένια σκεύη,
- ζυγός ακριβείας,
- φούρνος ξήρανσης (ικανός να βρίσκεται σε θερμοκρασία $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$),
- ξηραντήρας κενού (που περιέχει ξηραντικό πυρίτη).

Γενικά:

Το νερό έχει έναν από τους σημαντικότερους ρόλους στην διαδικασία της κομποστοποίησης. Πρόκειται για μια παράμετρο η οποία συνδέεται άμεσα με άλλες σημαντικές διεργασίες της κομποστοποίησης όπως η ταχύτητα με την οποία κομποστοποιείται το υλικό, η θερμοκρασία που κυμαίνεται το ζυμώσιμο υλικό κ.α. .

Η διαδικασία μέτρησης της περιεκτικότητας σε υγρασία γίνεται ώστε μέσα από την ζύγιση του δείγματος πριν ξηρανθεί και την ζύγισή εφόσον έχει ξηρανθεί και έχει απομακρυνθεί η υγρασία, να υπολογιστεί το ποσοστό της μέσα στο δείγμα.

Περιγραφή Διαδικασίας:

Σε ζυγό ακριβείας ζυγίστηκε μία ποσότητα δείγματος, περίπου στα 13 g, σε αλουμινένιο σκεύος που έχει πρώτα σημειωθεί το απόβάρό του. Έπειτα το αλουμινένιο σκεύος με το δείγμα τοποθετείται στον φούρνο στους 105°C για όλο το βράδυ. Την επόμενη μέρα το σκεύος τοποθετείται σε ξηραντήρα και το αφήνουμε να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αφού το δείγμα μας επανέλθει, πραγματοποιείται η ζύγιση.

Έκφραση αποτελεσμάτων:

Η περιεκτικότητα σε υγρασία στο κομπόστ εκφράζεται ως ποσοστό κατά μάζα και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$N\% = \frac{(ml \text{ δείγματος} - ml \text{ τυφλού}) \times c \times 1.4007}{\text{βάρους δείγματος σε gr}} \times 100$$

Όπου:

W_{om}: το ποσοστό υγρασίας, σε ποσοστό (%).

m₀: το βάρος του σκεύους, σε (g).

m₁: το βάρος του σκεύους και του δείγματος πριν την ξήρανση, σε (g).

m₂: το βάρος της κάψας και του δείγματος μετά την ξήρανση, σε (g).



Εικόνα 18: Φούρνος ξήρανσης.

2.1.6 Μέτρηση pH.

Ονομασία: ΕΛΟΤ EN 13037

Σκεύη και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν:

- ποτήρι ζέσεως,
- ογκομετρικός κύλινδρος,
- pH-μετρο HANNA HI 9125.

Γενικά:

Το pH-μετρο είναι εξειδικευμένο ποτενσιόμετρο για μέτρηση του pH με τη βοήθεια ηλεκτροδίων υάλου και αναφέρεται στην συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου. Η γνώση της τιμής του είναι ένα σημαντικό διαγνωστικό στοιχείο που μας βοηθάει να βγάλουμε πολλά συμπεράσματα γύρω από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του υλικού που εξετάζουμε [26].

Περιγραφή Διαδικασίας:

Τοποθετούνται 10g δείγμα κομπόστ σε ποτήρι ζέσεως, από το οποίο δεν έχει αφαιρεθεί η υγρασία και στην συνέχεια μετράτε σε ογκομετρικό κύλινδρο 50 ml απιονισμένο νερό. Στην συνέχεια πραγματοποιείται ανάδευση ανά τακτά χρονικά διαστήματα και έπειτα από μία ώρα μετράτε η ένδειξη του pH.

Παρατήρηση:

Έπειτα από κάθε μέτρηση το pH-μετρο ξεπλένεται με απιονισμένο νερό για να μην υπάρξει ανάμειξη των δειγμάτων και ληφθούν λανθασμένες ενδείξεις. Τέλος, να σημειωθεί ότι λόγω των υψηλών τιμών pH έπειτα από το τέλος των μετρήσεων, το ηλεκτρόδιο του pH-μετρου τοποθετείται σε χλωριούχο κάλιο.



Εικόνα 19: Μέτρηση pH.

2.1.7 Μέτρηση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC).

Ονομασία: ΕΛΟΤ EN 13038

Σκεύη και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν:

- αγωγιμόμετρο “METTLER TOLEDO”,
- αναλυτικό ζυγό,
- πλαστικός σωλήνας,
- ηλεκτρικός αναδευτήρας,

- διηθητικό χαρτί,
- ηλεκτρικός μύλος,
- κόσκινο με μέγεθος οπών 4mm.

Γενικά:

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) είναι μέγεθος αντίστροφης αντίστασης ($EC=1/R$) και άρα είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του διαλύματος σε ιόντα. Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός διαλύματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 1°C μεταβάλλει την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά 2% και γι' αυτό μετράτε στους 25°C . Τέλος, σαν ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλύματος (EC), ορίζεται η αγωγιμότητα που μετρείται στους 25°C με την βοήθεια δύο ηλεκτροδίων από λευκόχρυσο (Pt) με επιφάνεια 1cm^2 που απέχουν μεταξύ τους 1 cm [26].

Περιγραφή Διαδικασίας:

Το δείγμα που αναλύεται πρέπει να έχει ξηρανθεί στους 105°C και να έχει περάσει από ηλεκτρικό μύλο και κόσκινο (4mm). Τοποθετούνται 10 g δείγματος και 50 ml απιονισμένου νερό σε ειδικό πλαστικό σωλήνα “falcon”, και ανακινούνται για 1h στο μηχάνημα ανακίνησης στις 150 στροφές/min. Όταν τελειώσει η ανάδευση τα δείγματα διηθούνται με την βοήθεια χάρτινου ηθμού ώστε να ληφθεί ένα διαυγές υγρό. Στο τέλος το αγωγιμόμετρο τοποθετείται στο υγρό και όταν η ένδειξη του οργάνου σταθεροποιηθεί καταγράφεται η τιμή.

2.1.8 Μέτρηση Πτητικών Στερεών (VS).

Ονομασία: ΕΛΟΤ EN 13039

Σκεύη και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν:

- φούρνος καύσης,
- κάψα: είναι κατασκευασμένη από λιωμένο διοξείδιο του πυριτίου ή χαλαζία, έχει ρηχή μορφή με επίπεδο πυθμένα. Οι τυπικές διαστάσεις της είναι πλάτος 70mm και ύψος 20mm,
- ξηραντήρας κενού: περιέχει στο εσωτερικό του ξηραντικό πυρίτη,
- αναλυτικός ζυγός,
- λαβίδα: Για την εξαγωγή καψών από φούρνο υψηλής θερμοκρασίας,
- ηλεκτρικός μύλος,
- κόσκινο (4mm).

Γενικά:

Η οργανική ύλη πρόκειται για το κλάσμα του άνθρακα, ενός δείγματος το οποίο είναι ελεύθερο από το νερό και τις ανόργανες ουσίες και για τους σκοπούς του παρόντος προτύπου λαμβάνεται ως ίση με την απώλεια σε ξηρά αποτέφρωση. Η τέφρα είναι η υπολειμματική ορυκτή ύλη που απομένει μετά την καταστροφή της οργανικής ύλης/υλικό με ελεγχόμενη καύση.

Περιγραφή Διαδικασίας:

Για τον προσδιορισμό των πτητικών στερεών αναλύεται το δείγμα που έχει ξηρανθεί στους 105°C, έχει περαστεί από ηλεκτρικό μύλο και έπειτα από κόσκινο (4mm). Αρχικά η κάψα ζεσταίνεται για 2h στον φούρνο καύσης στους 550°C ώστε όλο το πτητικό υλικό να αφαιρεθεί. Τέλος πρέπει να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέσα στον ξηραντήρα, και έπειτα να πραγματοποιηθεί η ζύγιση.

Στην συνέχεια τοποθετείται στη κάψα το υλικό και γίνεται ζύγιση ώστε να καταγραφεί το μεικτό βάρος. Τοποθετείται στην συνέχεια στον φούρνο καύσης για περίπου 2h σε θερμοκρασία 550°C. Όταν περάσουν οι 2h η κάψα τοποθετείται στον ξηραντήρα και αφού πρώτα επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ζυγίζεται.

Υπολογισμοί και έκφραση των αποτελεσμάτων:

Η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη που εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό κατά μάζα του αποξηραμένου δείγματος δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$W_{om}\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Όπου:

W_{om}: είναι η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, σε ποσοστό (%).

m₀: το βάρος της κάψας, σε (g).

m₁: το βάρος της κάψας και του δείγματος μετά την ξήρανση, σε (g).

m₂: το βάρος της κάψας και του δείγματος μετά την ανάφλεξη, σε (g).



Εικόνα 20: Φούρνος καύσης.



Εικόνα 21: Ξηραντήρας κενού.

2.1.9 Μέτρηση Άνθρακα (C).

Ο Προσδιορισμός του Άνθρακα (C) πραγματοποιήθηκε με βάση υπολογιστικό τύπο στον οποίο το τελικό ποσοστό των πτητικών στερεών πολλαπλασιάζεται με το 0,55 και έτσι προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα του άνθρακα.

$$V_s(\%) \times 0,55 = C(\%)$$

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στα περισσότερα βιολογικά υλικά το ποσοστό του άνθρακα είναι μεταξύ 45 με 60% των πτητικών στερεών [31].

2.1.10 Μέτρηση Ολικού Αζώτου κατά Kjeldahl (TKN).

Ονομασία: Τροποποιημένη Μέθοδος Kjeldahl ΕΛΟΤ EN 13654.01.

Χημικά που απαιτήθηκαν:

- καταλύτης (μίγμα πενταένυδρου θειικού χαλκού και θειικού Καλίου),
- Βορικό Οξύ,

- πρότυπο Υδροχλωρικό Οξύ HCl(O,2N): για την τιτλοδότηση του τελικού διαλύματος, δείκτης Φαινολοφθαλεΐνης,
- Θεϊκοσαλικυλικό οξύ,
- Άνυδρο Θειοθειικό Νάτριο.

Σκεύη και Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν:

- φιάλη πέψης Kjeldahl: χωρητικότητας 50ml ιδανική για συστήματα πέψης,
- στατήρας: ικανός να κρατάει τις φιάλες πέψης,
- τιτλοδότης,
- ογκομετρικές φιάλες,
- απαγωγός.

Γενικά:

Με την μέθοδο Kjeldahl το ολικό άζωτο του δείγματος μετατρέπεται σε αμμωνιακά ιόντα· αυτό γίνεται με την διαδικασία της χώνευσης των δειγμάτων τα οποία δεσμεύονται σαν $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ με πυκνό θεϊκοσαλικυλικό οξύ και καταλύτη. Τα αμμωνιακά ιόντα κατόπιν δεσμεύονται σαν $(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$ και η συγκέντρωσή τους προσδιορίζεται με τιτλοδότηση με προσθήκη HCl 0,2N.

Περιγραφή Διαδικασίας:

Αρχικά ζυγίζονται 0,5g ξηραμένου δείγματος κομπόστ περασμένο από κόσκινο και τοποθετείται σε σωλήνα πέψης. Έπειτα προστίθενται με την βοήθεια πιπέτας 10ml πυκνού θεϊκοσαλικυλικού οξέος και τα δείγματα παραμένει σε ακινησία για ένα βράδυ. Την επόμενη μέρα, η συσκευή χώνευσης ρυθμίζεται ώστε να τρέξει τον πρώτο κύκλο σε θερμοκρασία 180°C για 30 λεπτά, αφού πρώτα έχουν προστεθεί στις φιάλες με τα δείγματά 1,1g Άνυδρο Θειοθειικό Νάτριο ($\text{Na}_2\text{O}_3\text{S}_2$). Όταν ολοκληρωθεί ο κύκλος τοποθετούνται 2,8g από τον καταλύτη και η συσκευή ρυθμίζεται ώστε να τρέξει το δεύτερο πρόγραμμα χώνευσης για 120 λεπτά στους 380°C. Όταν ολοκληρωθεί και ο τελευταίος κύκλος, οι φιάλες με τα δείγματα μένουν εκτός της συσκευής ώστε να επανέλθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην συνέχεια προστίθενται 50 ml απιονισμένο νερό και σειρά έχει η διαδικασία της απόσταξης.

Σε κωνική φιάλη τοποθετούνται 30ml βορικού οξέος (H_3BO_3) και στην συνέχεια τοποθετείται στον σωλήνα εξόδου της συσκευής απόσταξης. Πριν την τοποθέτηση των ειδικών φιαλών συμπληρώνονται 50 ml απιονισμένου νερού. Η φιάλη πέψης τοποθετείται στην αριστερή πλευρά της συσκευής και προστίθενται με το ειδικό κουμπί 50 ml υδροξείδιο

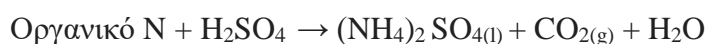
του νατρίου (NaOH), στην δεξιά πλευρά έχει τοποθετηθεί η κωνική φιάλη με τα 30ml βορικού οξέος, τέλος, πατώντας το κουμπί «steam» ξεκινάει η διαδικασία.

Συνέχεια έχει η τιτλοδότηση, 10 σταγόνες δείκτη φαιλονοφθαλείνης προστίθενται στην κωνική και πραγματοποιείται τιτλοδότηση με πρότυπο διάλυμα HCl 0,2N. Όταν αλλάξει χρώμα το διάλυμά μας η τιτλοδότηση έχει τελειώσει η τιμή που έχει καταναλωθεί καταγράφεται και σειρά έχουν ο υπολογισμούς του ποσοστού του αζώτου (N%). Τέλος, πρέπει να επισημανθεί και το τυφλό δείγμα στο οποίο προστίθεντο όλα τα αντιδραστήρια εκτός από δείγμα κομπόστ. Το τυφλό δείγμα παίζει σημαντικό ρόλο στον τύπο έκφρασης του τελικού αποτελέσματος.

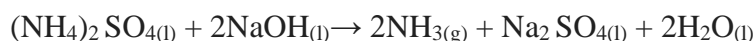
Οι αντιδράσεις:

Στην συνέχεια διατυπώνονται οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την διαδικασία της χώνευσης, της απόσταξης και της τιτλοδότησης [17].

Κατά την Χώνευση:



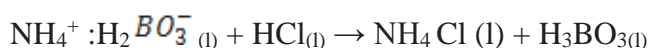
Κατά την Απόσταξη:



Κατά την Συλλογή του Αποστάγματος:



Κατά την Τιτλοδότηση:



Τύπος Έκφρασης Αποτελέσματος:

$$N\% = \frac{\text{ml δείγματος} - \text{ml τυφλού} \times c \times 1,4007}{\text{βάρους δείγματος σε gr}} \times 100$$

Όπου:

ml δείγματος: Ο όγκος του υδροχλωρικού οξέος (HCl) που καταναλώθηκε κατά την τιτλοδότηση του δείγματος.

ml τυφλού: Ο όγκος του υδροχλωρικού οξέος (HCl) που καταναλώθηκε κατά την τιτλοδότηση του τυφλού δείγματος.

ε: Η συγκέντρωση του διαλύματος του υδροχλωρικού οξέος (HCl) που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση. Η συγκέντρωση του υδροχλωρικού είναι ίση με την κανονικότητά του, άρα η τιμή είναι ίση με 0,2 mol/lit.



Εικόνα 22: Συσκευή χώνευσης Kjeldahl.



Εικόνα 23: Συσκευή απόσταξης.



Εικόνα 24: Η αλλαγή χρώματος κατά την τιτλοδότηση.

2.1.11 Μέτρηση Βαρέων Μετάλλων.

Ο προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων στα σειράδια πραγματοποιήθηκε σε εξωτερικά εργαστήρια εκτός του Χημείου του Ε.Μ.Α.Κ Χανίων και πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο της υγρής καύσης με βασιλικόν ύδωρ (μείγμα υδροχλωρικού (HCl) και νιτρικού οξέος (HNO₃)) με το όργανο της ατομικής απορρόφησης. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 17/8/2017 στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων Στο ΤΕΙ Κρήτης και τα χημικά στοιχεία που μετρήθηκαν ήταν τα εξής: Κάδμιο (Cd), Χρώμιο (Cr), Χαλκός (Cu), Μόλυβδος (Pb), Νικέλιο (Ni), Ψευδάργυρος (Zn). Η δεύτερη μέτρηση των βαρέων μετάλλων πραγματοποιήθηκε σε πιστοποιημένο χημικό εργαστήριο με την ίδια μέθοδο ανάλυσης. Με αυτήν την μέθοδο μετρήθηκαν επιπλέον το Αρσενικό (As) και Υδράργυρος (Hg).

2.2 Παρουσίαση πειραματικών μετρήσεων.

Τα αποτελέσματα των πειραματικών παραμέτρων που αναλύθηκαν παρουσιάζονται στην συνέχεια σε μορφή διαγραμμάτων. Οι τιμές από τις αναλύσεις προκύπτουν από τα τέσσερα πειραματικά σειράδια κατά τους μήνες που πραγματοποιήθηκε η διαδικασία της ωρίμανσής τους.

Να επισημανθεί πως γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των σειραδίων ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, δηλαδή το 1^ο με το 2^ο και το 3^ο με το 4^ο σειράδι. Αυτό γίνεται καθώς οι τιμές των υλικών που εξετάζονται διαφοροποιούνται, δηλαδή το κομπόστ που προκύπτει από το 1^ο και το 2^ο που αποτελείται από βιοαπόβλητα είναι διαφορετικό υλικό από αυτό του 3^{ου} και του 4^{ου} που προκύπτει από το οργανικό κλάσμα των σύμμεικτων

απορριμμάτων. Τα αποτελέσματα των παραμέτρων κατά κύρια βάση συγκρίνονται με αυτά από τις τιμές της νομοθεσίας και της βιβλιογραφίας.

2.2.1 Προσδιορισμός της Θερμοκρασίας.

Η θερμοκρασία στο εσωτερικό των σειραδίων έχει μια αυξητική τάση από τα αρχικά στάδια κατασκευής τους. Αυτές οι θερμοκρασίες είναι κάτι επιθυμητό για την έναρξη, αλλά και για την ολοκλήρωσή της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Ωστόσο πρέπει να είναι ελεγχόμενες και ρυθμιζόμενες μέσα από την διαδικασία του αερισμού και της διαβροχής, καθώς πρέπει να κυμαίνονται σε φυσιολογικές τιμές ώστε να δημιουργούν το κατάλληλο περιβάλλον για τους μικροοργανισμούς.

Σχεδιάγραμμα 15: Μέση θερμοκρασία 1^{ου} και 2^{ου} σειραδίου σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος ανά ημέρα παρακολούθησης.

Έτσι παρατηρώντας στο σχεδιάγραμμα 15 την θερμοκρασιακή εξέλιξη του 1^{ου} και του 2^{ου} σειραδίου, βλέπουμε πως στα πρώτα στάδια καταγραφής το 1^ο και το 2^ο σειράδι είχαν θερμοκρασία γύρω στους 30-36°C. Αυτές οι υψηλές θερμοκρασίες μας δείχνουν ότι τα σειράδια βρίσκονται σε μια μεσόφιλη φάση με τους μικροοργανισμούς να είναι ενεργοποιημένοι και να κομποστοποιούν το υλικό μας.

Στο μέσο περίπου της πειραματικής διαδικασίας η θερμοκρασία αυξάνεται γύρω στους 40-46°C. Στο υλικό μας εξελίσσονται φυσιολογικά οι θερμοκρασιακές φάσεις της κομποστοποίησης καθώς πλέον έχει περάσει σε μια θερμόφιλη φάση. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί πως σε αυτή την φάση πραγματοποιείται η υγιεινοποίηση του υλικού και στα δύο σειράδια. Όπως γνωστοποιήθηκε και από την θεωρία, σε ένα σειράδι κομπόστ

έχουμε την θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του πλησιάζει περίπου τους 50°C. Έτσι με το να φτάνουν τα σειράδια αυτήν την θερμοκρασία μπορούν να χαρακτηριστούν ως υγιεινοποιημένα.

Προς το τέλος της παρακολούθησης, η θερμοκρασία των σειραδίων παρουσιάζει μια σταθερή και πτωτική τάση. Καταλαβαίνουμε ότι το υλικό μας έχει αρχίσει και ωριμάζει και η θερμοκρασία παρουσιάζει μια σχετική σταθεροποίηση μεταξύ των 20-25°C.

Σχεδιάγραμμα 16: Μέση θερμοκρασίας 3^{ου} και 4^{ου} σειραδίου σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος ανά ημέρα παρακολούθησης.

Όσον αφορά τη θερμοκρασιακή εξέλιξη του 3^{ου} και 4^{ου} σειραδίου παρατηρείται πως, στα πρώτα στάδια παρακολούθησης η θερμοκρασία στο 3^ο σειράδι έφτασε περίπου στους 45°C ενώ αντίστοιχα στο 4^ο τους 50°C, καταλαβαίνουμε ότι βρισκόντουσαν σε μια μεσόφιλη φάση, άρα και οι αντίστοιχοι μικροοργανισμοί ήταν ενεργοποιημένοι και η κομποστοποίηση είχε ξεκινήσει. Στην συνέχεια η θερμοκρασία αυξάνεται και κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ των 55-60°C και στα δύο σειράδια, τώρα βρίσκονται σε μια θερμόφιλη φάση με τους αντίστοιχους μικροοργανισμούς να κομποστοποιούν και όπως αναφέρθηκε και στην περίπτωση των προηγούμενων σειραδίων, έτσι και εδώ με αυτές τις θερμοκρασίες επιτυγχάνεται υγιεινοποίηση των υλικών.

Στα τελικά στάδια της παρακολούθησης η θερμοκρασία στα σειράδια βρίσκεται σε σχετικά σταθερές τιμές γύρω στους 20-26°C και το υλικό πλέον έχει σταθεροποιηθεί και επομένως ωριμάσει.

Παρατήρηση για το 3^ο και 4^ο σειράδι

Οι θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στα δύο σειράδια είναι πιθανό να οφείλονται στο υλικό προέλευσης τους. Το οργανικό κλάσμα από τα σύμμεκτα απορρίμματα

αποτελείται από αρκετά αντικείμενα διαφόρων μεγεθών. Έτσι κατά την διαδικασία των αναδεύσεων ίσως κάποια αντικείμενα μεγαλύτερου μεγέθους δεν επέτρεπαν την καλή ροή του αέρα στο εσωτερικό τους και για αυτό υπήρχαν αρκετές διαφοροποιήσεις στις θερμοκρασίες.

Παρατηρήσεις και για τα τέσσερα σειράδια:

Οι κυριότερες παράμετροι που έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στις διακυμάνσεις στο εσωτερικό και των τεσσάρων πειραματικών σειραδίων ήταν οι δύο. Η πρώτη συσχετιζόταν με τις αναδεύσεις που πραγματοποιούνταν στα σειράδια, δηλαδή τον αερισμό που τους παρέχονταν, και η δεύτερη με τις διαβροχές που γίνονταν στο εσωτερικό τους. Με την διοχέτευση αέρα και νερού στο εσωτερικό των σειραδίων, τροφοδοτούνταν οι απαραίτητοι για την κομποστοποίηση μικροοργανισμοί με ενέργεια, ώστε να αναπτυχθούν και να ξεκινήσουν την αποδόμηση της οργανικής ύλης.

Η αποδόμηση της οργανικής ύλης αποτελεί μια εξώθερμη αντίδραση που πραγματοποιείται από τους μικροοργανισμούς όταν αποδομούν την οργανική ύλη. Έτσι όσο περισσότερο νερό και αέρα παρέχονταν τόσο υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνταν, ενώ όσο λιγότερο το αντίστοιχο.

Επίσης πρέπει να επισημανθεί πως κατά την διάρκεια των αναδεύσεων και των διαβροχών που γίνονταν περίπου ανά 15 ημέρες παρατηρούμε μέσα από τα διαγράμματα 15 και 16 τις αντίστοιχες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας στο διάστημα των 15 ημερών.

Τέλος μέσα από τα σχεδιαγράμματα 8 και 9 στο 1^ο Κεφάλαιο βλέπουμε πώς επηρεάζει η θερμοκρασία την θανάτωση των μικροοργανισμών κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης και γίνεται καλύτερα κατανοητή η εξέλιξη της θερμοκρασίας κατά την κομποστοποίηση. Συμπεραίνουμε πως οι καμπύλες των θεωρητικών διαγραμμάτων είναι αρκετά όμοιες με αυτές των πειραματικών, έτσι η θερμοκρασιακή εξέλιξη κατά κύρια βάση κύλισε ομαλά και σε φυσιολογικά πλαίσια.

2.2.2 Προσδιορισμός της Υγρασίας.

Η υγρασία παίζει μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους στην διαδικασία της κομποστοποίησης. Η παρουσία νερού και κατά συνέπεια η υγρασία μέσα σε ένα σειράδι είναι αυτή που βοηθάει την μεταβολική λειτουργία των μικροοργανισμών δίνοντάς τους τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για να βιοαποδομήσουν την οργανική ουσία, δηλαδή να ξεκινήσουν και να ολοκληρώσουν την διαδικασία της κομποστοποίησης. Το ποσοστό της υγρασίας που υπάρχει μέσα σε ένα σειράδι είναι μια από τις μοναδικές παραμέτρους οι οποίες

μπορεί να είναι ελεγχόμενη καθώς πραγματοποιείται από εμάς με την διαδικασία της διαβροχή του κάθε σειραδίου.

Σχεδιάγραμμα 17: Ποσοστό (%) υγρασία 1^{ου} και 2^{ου} σειραδίου.

Μέσα από το σχεδιάγραμμα 17 είναι εμφανές πως η υγρασία των σωρών στο πρώτο διάστημα που ξεκίνησε η διαδικασία της κομποστοποίησης κυμαίνονταν σε ποσοστό 40-70% στο 1^ο σειράδι ενώ στο 2^ο μεταξύ 40-60%. Αυτό το σχετικά μεγάλο ποσοστό ήταν αναμενόμενο καθώς κοιτώντας τον πίνακα 4 στο 1^ο κεφάλαιο βλέπουμε ότι τα υλικά κατασκευής των σειραδίων, τα οργανικά απορρίμματα, περιέχουν υψηλά ποσοστό υγρασίας, οπότε με την ομογενοποίηση τους ήταν αναμενόμενα τα υψηλά ποσοστά. Στην συνέχεια και στα δύο σειράδια παρατηρείται μια πτωτική τάση η οποία ρυθμίζεται με την πραγματοποίηση λιγότερων διαβροχών, στο μέσο της παρακολούθησης το ποσοστό έφτασε περίπου στο 30-40%. Προς το τέλος της διαδικασίας της ωρίμανσης και τα δύο σειράδια είχαν ποσοστό υγρασίας το οποίο είχε σταθεροποιηθεί μεταξύ 20-30%

Σχεδιάγραμμα 18: Ποσοστό (%) υγρασία 3^{ου} και 4^{ου} σειραδίου.

Και σε αυτά τα σειράδια το ποσοστό υγρασίας τις πρώτες βδομάδες παρακολούθησης κυμαίνονταν στο 40-60% για το 3^ο σειράδι και στο 30-50% για το 4^ο. Στα μέσα της διαδικασίας βρίσκονταν στο 20-30% το 3^ο σειράδι ενώ στο 30-40% το 4^ο. Τελικά το ποσοστό σταθεροποιήθηκε και στα δύο σειράδια στο 20-30%.

Παρατηρήσεις και για τα τέσσερα σειράδια:

Όπως προαναφέρθηκε, η ρύθμιση της υγρασίας ήταν μια διαδικασία ελεγχόμενη μέσα από την διαδικασία της διαβροχής. Έτσι παρατηρώντας τα ποσοστά και των τεσσάρων σειραδίων τα οποία σταθεροποιήθηκαν περίπου 20-30% το υλικό μας μπορεί να χαρακτηριστεί ιδανικό σε ποσοστό υγρασίας. Άμα υπήρχε περαιτέρω μείωση του υπήρχε ο κίνδυνος να κλείσουν οι πόροι αέρα που τροφοδοτούν το εσωτερικό των σειραδίου και επόμενος να μην παρέχονταν στους μικροοργανισμούς το απαραίτητο οξυγόνο για να αναπτυχθούν.

2.2.3 Προσδιορισμός του pH.

Η έκφραση της τιμής του pH γνωστοποιεί την οξύτητα ή την αλκαλικότητα του υλικού που κομποστοποιείται. Πρέπει να εξετάζεται με ιδιαίτερη προσοχή, καθώς το pH παίζει καθοριστικό ρόλο στην δημιουργία του κατάλληλου περιβάλλοντος ώστε να αναπτυχθούν οι μικροοργανισμοί που συμβάλλουν στην κομποστοποίηση. Έτσι γίνεται κατανοητό πως πολύ χαμηλές ή υψηλές τιμές pH δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια αδρανοποιούν την διαδικασία της κομποστοποίησης.

Στα ακόλουθα σχεδιαγράμματα 19 και 20 παρουσιάζονται οι τιμές του pH των πειραματικών σειραδίων και σχολιάζονται τα αποτελέσματα.

Σχεδιάγραμμα 19: pH 1^{ου} και 2^{ου} σειραδίου.

Στο σχεδιάγραμμα 19 φαίνεται πως οι τιμές του pH και στα δύο σειράδια στο πρώτο διάστημα παρατήρησης τους κυμαίνονταν στο 7,2 με 8,9. Στο μέσο της διαδικασίας στο 7-8 ενώ τελικά σταθεροποιήθηκε γύρω στο 8. Αυτές οι τιμές του pH σε όλες τις φάσεις της κομποστοποίησης δημιούργησαν ένα περιβάλλον ευνοϊκό προς τους μικροοργανισμούς.

Σχεδιάγραμμα 20: pH 3^{ου} και 4^{ου} σειραδίου.

Οι τιμές pH του 3^{ου} και 4^{ου} σειραδίου όπως παρουσιάζονται και στο σχεδιάγραμμα 20 είναι αρκετά όμοιες. Προσεγγιστικά στην αρχή της διαδικασίας οι τιμές κυμαίνονταν γύρω στο 6,5 με 8,5, στο μέσο της διαδικασίας στο 7 με 8,5 ενώ προς το τέλος στο 8. Και σε αυτά τα σειράδια δημιουργήθηκαν ευνοϊκές για τους μικροοργανισμούς συνθήκες.

2.2.4 Προσδιορισμός της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC).

Μέσα από την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα του υδατικού εκχυλίσματος που προκύπτει από το κομπόστ μπορεί να γίνει μια προσεγγιστική μέτρηση του συνόλου των υδατοδιαλυτών αλάτων που υπάρχουν μέσα σε αυτό όπου συναντώνται κυρίως σε διαλυμένη μορφή.

Η γνώση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μέσα στο κομπόστ είναι ιδιαίτερος σημαντική όταν το υλικό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στην γεωργία. Εκεί η ηλεκτρική αγωγιμότητα, και συνεπώς τα διαλυμένα άλατα που περιέχονται μέσα σε αυτό παίζουν σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη των φυτών.

Στα ακόλουθα διαγράμματα 21 και 22 παρουσιάζονται οι τιμές της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC) όπως αυτές μετρήθηκαν στα τέσσερα πειραματικά σειράδια κομπόστ. Η μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας σε όλα τα διαγράμματα παρουσιάζεται σε mS/cm.

Σχεδιάγραμμα 21: Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) σε mS/cm 1^ο και 2^ο σειραδίου.

Στο σχεδιάγραμμα 21 παρατηρούνται οι τιμές της αγωγιμότητας (EC) του 1^ο και του 2^ο σειραδίου. Στο αρχικό στάδιο οι τιμές της αγωγιμότητας και για τα δύο σειράδια κυμαίνονταν στα 4,9 με 7,9 mS/cm. Προς τα μέσα της διαδικασίας στα 4,6 με 8,5 mS/cm ενώ στο τέλος σταθεροποιήθηκε περίπου στα 6 mS/cm.

Σχεδιάγραμμα 22: Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) σε mS/cm 3^ο και 4^ο σειραδίου.

Από το σχεδιάγραμμα 22 γίνεται εμφανές πως υπάρχει διαφοροποίηση στις τιμές αγωγιμότητας μεταξύ του 3^{ου} και 4^{ου} σειραδίου. Οι τιμές του 3^{ου} σειραδίου προσεγγιστικά ξεκινούν στα 7,5 mS/cm τις πρώτες ημέρες, ενώ στη πορεία στα 8,5 mS/cm, προς το τέλος της διαδικασίας η τιμή της EC φτάνει περίπου τα 8 mS/cm. Στο 4^ο σειράδι οι τιμές ξεκινούν από πιο χαμηλά επίπεδα στα 4,5 mS/cm στο ξεκίνημα, ενώ υπάρχει αύξηση προς το μέσο που φτάνει τα 6 mS/cm. Στο τελικό ώριμο υλικό οι τιμές σταθεροποιούνται γύρω στα 6 με 7 mS/cm.

2.2.5 Προσδιορισμός των Πτητικών Στερεών (VS).

Μέσα από τον έλεγχο των πτητικών στερεών μπορεί να εξεταστεί η οργανική ύλη του υλικού που βρίσκεται υπό κομποστοποίηση, αυτό το ποσοστό προκύπτει καθώς οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν την οργανική ουσία.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σχεδιαγράμματα 23 και 24 σχετικά με την εξέλιξη του ποσοστού των πτητικών στερεών κατά την παρακολούθηση των σειραδίων.

Σχεδιάγραμμα 23: Ποσοστό (%) πτητικών στερεών στο 1^ο και 2^οσειράδι.

Στο σχεδιάγραμμα 23 γνωστοποιούνται οι τιμές των πτητικών στερεών στο ξεκίνημα της παρακολούθησης βρίσκονταν σε υψηλά επίπεδα περίπου στο 65-80% για το 1^ο και στο 70-75% για το 2^ο, μέσα από αυτά τα ποσοστά γίνεται κατανοητό ότι οι μικροοργανισμοί αποδομούν σε μεγάλα ποσοστά την οργανική ύλη. Στο μέσο της διαδικασίας αυτό το ποσοστό παρουσιάζει μια σχετική ελάττωση που προσεγγιστικά φτάνει το 55% για το 1^ο και το 64% για το 2^ο. Προς το τελικό στάδιο της διαδικασίας τα ποσοστά αγγίζουν το 38% για το 1^ο και το 42% για το 2^ο σειράδι. Η μείωση του ποσοστού συνδέεται και με το τέλος τις

διαδικασίας της κομποστοποίησης καθώς οι μικροοργανισμοί δεν είχαν να καταναλώσουν άλλη οργανική ουσία και επομένως το υλικό έχει σημάδια ωρίμανσης.

Σχεδιάγραμμα 24: Ποσοστό (%) πτητικών στερεών στο 3^ο και 4^οσειράδι.

Όμοια με το 1^ο και 2^ο σειράδι, έτσι και εδώ φαίνεται η βαθμιαία πτώση του ποσοστού των πτητικών στερεών. Στο 3^ο σειράδι το ποσοστό ξεκινάει περίπου στο 60-85% και στα τελευταία στάδια ωρίμανσης φτάνει γύρω στο 30-45%, ενώ στο 4^ο σειράδι το ποσοστό βρίσκεται σε λίγο υψηλότερες τιμές αφού ξεκινάει από το 75-85% και σταθεροποιείται στο τελικό στάδιο περίπου στο 30-40%. Παρόμοια με τα πρώτα σειράδια έτσι σ' αυτά το ποσοστό των πτητικών παρουσιάζει μείωση καθώς οι μικροοργανισμοί έχουν όλο και λιγότερη οργανική ύλη προς αποδόμηση.

2.2.6 Προσδιορισμός του Άνθρακα (C).

Ο άνθρακας παίζει και αυτός καταλυτικό ρόλο στην ολοκλήρωση της διαδικασίας της κομποστοποίησης καθώς η απαραίτητη ενέργεια των μικροοργανισμών για να μπορέσουν να βιοαποδομήσουν την οργανική ύλη προσλαμβάνεται μέσα από αυτόν.

Σχεδιάγραμμα 25: Ποσοστό (%) άνθρακα στο 1^ο και 2^ο σειράδι.

Από το σχεδιάγραμμα 25 παρατηρείται η πτωτική τάση που παρουσιάζει το ποσοστό του άνθρακα στο 1^ο και το 2^ο σειράδι. Χαρακτηριστικά, και στα δύο σειράδια το ποσοστό στην αρχή βρίσκεται περίπου μεταξύ 30-40%, ενώ μειώνεται ομαλά μέχρι να φτάσει στο τελικό στάδιο ωρίμανσης περίπου στο 26-30%. Καταλαβαίνουμε πως αυτή η πτωτική τάση είναι άμεσα συνδεδεμένη με την κατανάλωση της οργανικής ύλης. Όπως παρατηρήθηκε και στα προηγούμενα σχεδιαγράμματα 23 και 24 όσο οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν την οργανική ύλη τόσο μειώνεται το ποσοστό της μέσα στα σειράδια. Έτσι και στην περίπτωση του άνθρακα, όσο μικρότερο ποσοστό οργανικής ύλης υπάρχει τόσο μικρότερο ποσοστό άνθρακα θα βρίσκεται στο εσωτερικό των σωρών ώστε να αξιοποιηθεί από τους μικροοργανισμούς.

Σχεδιάγραμμα 26: Ποσοστό (%) άνθρακα στο 3^ο και 4^ο σειράδι.

Αντίστοιχα, πτωτική τάση παρουσίασε και το ποσοστό του άνθρακα και στο 3^ο και 4^ο σειράδι, όπως φαίνεται και στο σχεδιάγραμμα 26. Συγκεκριμένα το ποσοστό και στα δύο βρίσκεται στην αρχή περίπου στο 34-46% και υπάρχει σταδιακή ελάττωση ώπου να φτάσει προς το τέλος της διαδικασίας στο 15-20%. Αντίστοιχα και σε αυτά τα σειράδια η μείωση του

ποσοστού πιθανά οφείλεται στην κατανάλωση της οργανικής ύλης όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα σειράδια.

2.2.7 Προσδιορισμός του Ολικού Αζώτου (TN).

Το άζωτο αποτελεί βασικό συστατικό κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης, καθώς δημιουργεί πρωτεΐνες χρήσιμες για τους μικροοργανισμούς ώστε να πάρουν ενέργεια για να ξεκινήσουν τις δράσεις τους.

Σχεδιάγραμμα 27: Ποσοστό (%) ολικού αζώτου (TN) στο 1^ο & 2^οσειράδι.

Οι τιμές του αζώτου για το 1^ο σειράδι ξεκινούν κατά προσέγγιση στο 2% και κυμαίνονται σε ποσοστό που φτάνει μέχρι και το 3%. Υπάρχει μια μεγάλη αύξηση που φτάνει στο 4%, ωστόσο, στο τελικό στάδιο σταθεροποιείται περίπου στο 2%. Παρόμοιες τιμές παρουσιάζει και το 2^ο σειράδι μεταξύ 2-3%, ενώ η τελική σταθεροποίηση γίνεται περίπου στο 2%.

Σχεδιάγραμμα 28: Ποσοστό (%) ολικού αζώτου (TN) στο 3^ο & 4^οσειράδι.

Αντίθετα, οι τιμές του αζώτου στο 3^ο και 4^ο σειράδι παρουσίασαν αρκετές διακυμάνσεις. Στο 3^ο σειράδι οι τιμές του ξεκίνησαν από το 1,5% και είχαν μια αυξητική τάση μέχρι το 3%, στην συνέχεια υπήρξε μια σταθεροποίηση μεταξύ του 2-2,5%, και με τελική σταθεροποίηση περίπου στο 2%.

Παρόμοια και στο 4^ο σειράδι υπήρξαν αυξομειώσεις στις τιμές του αζώτου, η πρώτη τιμή ήταν περίπου στο 1,5%, και αργότερα παρουσίασε μια σχετικά σταθερή πορεία μεταξύ του 1,5-2,5%. Τελικά το υλικό σταθεροποιήθηκε γύρω στο 2%

2.2.8 Προσδιορισμός του Λόγου Άνθρακα/Άζωτο (C/N).

Ο λόγος του C/N είναι και αυτή μια σημαντική παράμετρος για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Οι σωστές ποσότητες των στοιχείων του άνθρακα και του αζώτου και με την κατάλληλη αναλογία επηρεάζουν την μεταβολική λειτουργία των μικροοργανισμών. Έτσι και για την μελέτη των τεσσάρων σειραδίων κρίθηκε απαραίτητη η γνώση του Λόγου C/N καθώς δίνει την δυνατότητα να εξετάζουμε την ωριμότητα του υλικού.

Σχεδιάγραμμα 29: Λόγος C/N στο 1^ο & 2^οσειράδι.

Ο λόγος C/N για το 1^ο και το 2^ο σειράδι εξελίχθηκε ομαλά καθώς ξεκίνησε με τιμές γύρω στο 17 με 19 και όσο προχωρούσε στην διαδικασία της ωρίμανσης μειώνονταν με πολύ μικρές διαφοροποιήσεις. Φτάνοντας στο τελικό υλικό η τιμή σταθεροποιήθηκε γύρω στο 10 και για τα δύο σειράδια.

Σχεδιάγραμμα 30: Λόγος C/N στο 3^ο & 4^ο σειράδι.

Βλέπουμε ότι οι τιμές του λόγου C/N στο 3^ο και 4^ο σειράδι να ξεκινάνε γύρω στο 30. Ενώ και σε σ' αυτά τα σειράδια παρατηρείται μείωση του ποσοστού όσο φτάνουμε στο τελικό στάδιο. Έτσι ο λόγος C/N στο ώριμο υλικό είναι περίπου στο 11 και για τα δύο σειράδια.

2.2.9 Προσδιορισμός των Βαρέων Μετάλλων.

Το κομπόστ που προορίζεται για εδαφοβελτιωτική χρήση, δεν πρέπει να περιέχει μεγάλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και οι τιμές τους θα πρέπει να συμφωνούν με αυτές τις υπάρχουσες εθνικής νομοθεσίας. Σε περίπτωση μεγάλων συγκεντρώσεων υπάρχει η πιθανότητα αρνητικών επιπτώσεων στα φυτά, στον άνθρωπο, αλλά και στο περιβάλλον.

Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των βαρέων μετάλλων στα σειράδια του κομπόστ όπως μετρήθηκαν στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων του ΤΕΙ Κρήτης και συγκρίνονται με τις οριακές τιμές της υπάρχουσας νομοθεσίας που ισχύει σε Εθνικό Επίπεδο για το κομπόστ και το CLO.

Πίνακας 12: Μέτρηση Βαρέων Μετάλλων από το Εργαστήριο στο ΤΕΙ Κρήτης.

Χημικό Στοιχείο	Σειράδι 1	Σειράδι 2	Σειράδι 3	Σειράδι 4	ΚΥΑ 56366/4351/2014
Αρσενικό, As mg/kg ξηρού βάρους					≤10
Κάδμιο Cd, mg/kg ξηρού βάρους					≤3
Χρώμιο Cr, mg/kg ξηρού βάρους					≤250
Χαλκός, Cu mg/kg ξηρού βάρους					≤400
Μόλυβδος, Pb mg/kg ξηρού βάρους					≤300
Υδράργυρος Hg, mg/kg ξηρού βάρους					≤2,5
Νικέλιο, Ni mg/kg ξηρού βάρους					≤100
Ψευδάργυρος, Zn mg/kg ξηρού βάρους					≤1200

*ΔΜ= Δεν Μετρήθηκε

Σχολιασμός:

Με βάση τον πίνακα 12, οι τιμές των βαρέων μετάλλων στα πειραματικά σειράδια είναι όλες εντός των ορίων και αρκετά χαμηλότερες συγκριτικά με τις τιμές της νομοθεσίας.

Παρατήρηση:

Η τιμή του Χαλκού (Cu) στο 3^ο σειράδι είναι εκτός των ορίων σύμφωνα με την νομοθεσία. Με βάση την επανεξέταση των στοιχείων αυτό οφείλεται πιθανά σε σφάλμα κατά την πειραματική διαδικασία που προκύπτει από το δείγμα. Ο Χαλκός είναι ένα πολύ ευρέως διαδεδομένο στοιχείο και χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο σε αρκετές εφαρμογές. Ακόμη, εκτός της ανθρώπινης δραστηριότητας, ο χαλκός συναντάται πολύ συχνά και στην φύση και διαδίδεται μέσω των φυσικών φαινομένων. Οπότε αν στο δείγμα υπήρχε έστω και ένα πολύ μικρό κομμάτι χαλκού, η μέτρησή μας θα ήταν πολύ υψηλή.

Πίνακας 13: Αποτελέσματα Εξωτερικού Εργαστηρίου.

Χημικό Στοιχείο	Σειράδι1	Σειράδι2	Σειράδι3	Σειράδι4	KYA 56366/4351/2014
Αρσενικό, As mg/kg ξηρού βάρους					≤10
Κάδμιο Cd, mg/kg ξηρού βάρους					≤3
Χρώμιο Cr, mg/kg ξηρού βάρους					≤250
Χαλκός, Cu mg/kg ξηρού βάρους					≤400
Μόλυβδος, Pb mg/kg ξηρού βάρους					≤300
Υδράργυρος Hg, mg/kg ξηρού βάρους					≤2,5
Νικέλιο, Ni mg/kg ξηρού βάρους					≤100
Ψευδάργυρος, Zn mg/kg ξηρού βάρους					≤1200

Μέσα από τον πίνακα 13 γίνεται εμφανές πως οι τιμές των βαρέων μετάλλων κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τις εργαστηριακές αναλύσεις από το Εργαστήριο στο ΤΕΙ Κρήτης και είναι κι αυτές εντός των ορίων της νομοθεσίας.

Πίνακας 14: Βαρέα Μέταλλα σειραδίων και επιλεγμένων χωρών της ΕΕ, [12].

Παράμετρος (mg/kg dm)	Σειράδι 1	Σειράδι 2	Σειράδι 3	Σειράδι 4	Αυστρία			Γερμανία			Ecolabel
					A+	A	B	A	B	RAL	
Αρσενικό, As					-	-	-	-	-	-	10
Κάδμιο, Cd					0,7	1	3	1	1,5	1,5	1
Χρώμιο, Cr					70	70	250	70	100	100	100
Χαλκός, Cu					70	70	500	70	100	100	100
Μόλυβδος, Pb					45	120	200	100	150	150	100
Υδράργυρος, Hg					0,4	0,4	3	0,7	1	1	1
Νικέλιο, Ni					25	60	100	35	50	50	50
Ψευδάργυρος, Zn					200	500	1800	300	400	4000	300

Από τον πίνακα 14, συγκρίνεται το τελικό υλικό των τεσσάρων πειραματικών σειραδίων με παρόμοια υλικά που παράγονται σε χώρες της ΕΕ καθώς και με βάση τα όρια που θέτει το Ecolabel.

Πιο συγκεκριμένα, το υλικό έχει αρκετά παρόμοιες τιμές με χώρες όπως είναι η Αυστρία και η Γερμανία. Οι συγκεκριμένες είναι από τις χώρες εντός της ΕΕ με τα αυστηρότερα μέτρα για την ποιότητα του κομπόστ που παράγουν από μονάδες επεξεργασίας απορριμμάτων.

Επιπλέον, το ευρωπαϊκό σήμα Ecolabel αποτελεί μια εθελοντική σήμανση που καθιερώθηκε το 1992 με σκοπό να παροτρύνει τις επιχειρήσεις να δημιουργούν προϊόντα και υπηρεσίες φιλικότερα προς το περιβάλλον. Πρέπει να επισημάνουμε πως μόνο τα άκρως φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα μπορούν να φέρουν το λογότυπο καθώς για να το αποκτήσουν πρέπει πρώτα να πληρούν κάποια αυστηρά κριτήρια. Αυτά βασίζονται σε μελέτες της περιβαλλοντικής επίδρασης του προϊόντος ή της υπηρεσίας κατά την διάρκεια όλου του κύκλου ζωής του. [43]

Έτσι θα μπορούσε να γίνει σύγκριση των τιμών των βαρέων μετάλλων που περιέχονται στα σειράδια με αυτές που απαιτούνται για την απόκτηση του Ecolabel. Οι τιμές των βαρέων μετάλλων στα σειράδια είναι εντός των ορίων που θέτει το ecolabel, εκτός από την τιμή του χαλκού που μέσα στην οριακή τιμή βρίσκεται μόνο το δεύτερο σειράδι. Οι συγκεντρώσεις του ψευδαργύρου στα σειράδια 3 και 4, ξεπερνούν την τιμή που θέτει το Ecolabel.

2.3 Τελικά Συμπεράσματα.

Στην πειραματική διαδικασία που προηγήθηκε παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις πειραματικές αναλύσεις των δύο σειραδίων κομπόστ και των δύο σειραδίων υλικού τύπου κομπόστ.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων από όλες τις πειραματικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν συγκρίνονται με βάση την ΚΥΑ 114218/1997 και τις τροποποιήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην ΚΥΑ 56366/4351/2014 καθώς και με δεδομένα από την υπάρχουσα βιβλιογραφία όπως έχει αναφερθεί και στο 1^ο κεφάλαιο. Με βάση τον ακόλουθο συγκεντρωτικό πίνακα ο οποίος συγκρίνει τα αποτελέσματα του ώριμου υλικού των σειραδίων στο τελικό στάδιο της διαδικασίας της κομποστοποίησης με τις επιτρεπτές οριακές τιμές, μπορούμε να καταλήξουμε στα συμπεράσματα που θα ακολουθήσουν αργότερα. Επίσης πρέπει να τονίσουμε πως η σύνοψη των πειραματικών σειραδίων πραγματοποιείται με βάση το υλικό προέλευσης τους, έτσι έχουμε την σύγκριση του 1^{ου} και του 2^{ου} σειραδίου και του 3^{ου} με το 4^ο.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί πως το κομπόστ και το υλικό τύπου κομπόστ για να αποτελέσει ένα προϊόν ασφαλές προς χρήση, πρέπει να γνωστοποιούνται οι ιδιότητές του τόσο στον χρήστη όσο και στην αρμόδιες αρχές. Αυτές οι πληροφορίες κρίνονται απαραίτητες, καθώς, ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται, μπορεί να υπάρχουν διαφοροποιήσεις και νομοθετικοί περιορισμοί στην υπάρχουσα περιοχή όπου θα εφαρμοστεί. Για παράδειγμα τα μέτρα προστασίας του εδάφους διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή για την ποιότητα του κομπόστ που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι γίνεται κατανοητό πως πρέπει να υπάρχει πλήρης δήλωση των ιδιοτήτων του υλικού, καθώς και μεγάλη προσοχή των οδηγιών για την σωστή εφαρμογή του ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος για την υγεία και το περιβάλλον [24].

2.3.1 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων.

Ο πίνακας 15 που ακολουθεί, βασίζεται στις τελικές φυσικοχημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα, δηλαδή όταν το υλικό είχε φτάσει στα τελικά στάδια της κομποστοποίησης. Οι επιθυμητές τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα βασίζονται σε θεωρητικές τιμές που προέρχονται από την βιβλιογραφία και την ΚΥΑ 56366/4351/2014.

Πίνακας 15: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων.

Παράμετρος	Επιθυμητές Τιμές	Σειράδι 1	Σειράδι 2	Σειράδι 3	Σειράδι 4
Θερμοκρασία	30-60° C	23,4	30,18	34,93	39,8
Υγρασία (%)	<40%				
pH	7,5-8,5				
Αγωγιμότητα (mS/cm)	< 15 mS/cm				
Περιεκτικότητα σε Οργανική Ύλη (%)	> 20 %				
Άνθρακας (C)	< 22 % ξηρού βάρους				
Άζωτο (N)	1,5-2% ξηρού βάρους				
Σχέση C/N	15				
Αρσενικό, As mg/kg ξηρού βάρους	≤10				
Κάδμιο Cd , mg/kg ξηρού βάρους	≤3				
Χρώμιο Cr , mg/kg ξηρού βάρους	≤250				
Χαλκός, Cu mg/kg ξηρού βάρους	≤400				
Μόλυβδος, Pb mg/kg ξηρού βάρους	≤300				
Υδράργυρος Hg , mg/kg ξηρού βάρους	≤2,5				
Νικέλιο, Ni mg/kg ξηρού βάρους	≤100				
Ψευδάργυρος, Zn mg/kg ξηρού βάρους	≤1200				

2.3.2 Σειράδι 1^ο & 2^ο.

Τα πειραματικά σειράδια 1&2 αποτελούνταν από 3 κυβικά μέτρα βιοαπόβλητα και 3 κυβικά μέτρα κλαδιά το πρώτο και 2 κυβικά μέτρα βιοαπόβλητα και 4 κυβικά μέτρα κλαδιά το δεύτερο. Ξεκινώντας την σύνοψη των σειραδίων θα ήταν χρήσιμο να μιλήσουμε για την όψη τους. Από το φωτογραφικό υλικό όπου παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα στην Εικόνα 24 είναι εμφανές ότι οι σοροί στο αρχικό στάδιο της κατασκευής είχαν μια αρκετή ανομοιογενής όψη, και τα υλικά από τα οποία αποτελούνταν ήταν αρκετά ευδιάκριτα: στο 2^ο σειράδι δε, που αποτελούνταν από περισσότερα κυβικά μέτρα κλαδιά, είναι εμφανές ότι τα υλικά του διακρίνονταν περισσότερο.

Σημαντικό ακόμη είναι να τονίσουμε πως και η οσμή που προερχόταν από τα οργανικά βιοαπόβλητα μειώθηκε σημαντικά από τις πρώτες εβδομάδες παρακολούθησης. Επίσης και ο όγκος, αλλά και η όψη των σωρών άρχισε να αλλάζει σχετικά γρήγορα, καθώς το υλικό άρχισε να υποδομείται από του μικροοργανισμούς που είχαν αναπτυχθεί και σε συνδυασμό με τις απαραίτητες αναδεύσεις ο όγκος του σωρού σταδιακά ελαττώνονταν και το υλικό άρχισε να ομογενοποιείται..

Εξετάζοντας συγκεντρωτικά όλες τις ποιοτικές παραμέτρους η διαδικασία της κομποστοποίησης εξελίχθηκε ομαλά στο 1^ο & 2^ο σειράδι δίνοντας τιμές εντός των ορίων όπως ορίζονται από την νομοθεσία.

Πρέπει να τονιστεί πως το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την πειραματική διάταξη ήταν σχετικά καθαρό οργανικό υλικό συλλεγμένο από το Πολυτεχνείο Κρήτης και τους χώρους εστίασης του Πεδίου Βολής Κρήτης οπότε σε συνδυασμό με τα πράσινα απορρίμματα μας έδωσε ένα τελικό υλικό εξαιρετικής ποιότητας.

Όπως γίνεται εμφανές και από τους αντίστοιχους πίνακες, το υλικό από τα σειράδια με βάση τα όρια των βαρέων μετάλλων πληροί τις προϋποθέσεις του Ecolabel για τα περισσότερα μέταλλα, εκτός από την τιμή του χαλκού που είναι μόνο το δεύτερο σειράδι εντός του ορίου αλλά και των αντίστοιχων εθνικών νομοθεσιών.

2.3.3 Σειράδι 3^ο & 4^ο.

Η σύσταση των πειραματικών σειραδίων 3 & 4 αποτελούνταν από 3 κυβικά μέτρα οργανικού κλάσματος απορρίμματα και 3 κυβικό μέτρο κλαδιά το 3^ο και 2 κυβικά μέτρα από το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων και 4 κυβικά μέτρα κλαδιά το 4^ο.

Με βάση το φωτογραφικό υλικό αλλά και τις πειραματικές αναλύσεις που προέκυψαν από την εξέλιξη των σειραδίων, ο όγκος τους αρχίζει να μειώνεται και το υλικό να

ομογενοποιείται καθώς πραγματοποιούσαμε τις κατάλληλες αναδεύσεις και διαβροχές και επιπλέον υπήρχε ανάπτυξη των μικροοργανισμών και των διεργασιών που πραγματοποιούν. Επιπλέον και σε αυτά τα σειράδια με το πέρασμα των εβδομάδων μειώθηκε η οσμή που προέρχονταν από το οργανικό κλάσμα.

Κοιτώντας τις πειραματικές αναλύσεις, οι απαραίτητες παράμετροι κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης εξελίχθηκαν κανονικά, οπότε ότι το υλικό μας επεξεργάστηκε πλήρως.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι τα απορρίμματα από τα οποία προέρχεται το οργανικό κλάσμα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των σειραδίων ήταν από το οργανικό κλάσμα των σύμμεικτων αποβλήτων. Τα τελευταία χρόνια με την επέκταση του δικτύου ανακύκλωσης των μπλε κάδων καθώς και με το δίκτυο ανακύκλωσης «Αφή» που αφορά τις μπαταρίες, μαζί με το γεγονός της βελτιστοποίησης του ΕΜΑΚ, το οργανικό κλάσμα που καταλήγει στη δεξαμενή κομποστοποίησης έχει σαφώς καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια.

Έτσι εξετάζοντας τις τιμές των βαρέων μετάλλων και σε αυτά τα σειράδια, μέσα από τους αντίστοιχους πίνακες, οι τιμές τους είναι εντός των ορίων που θέτει το Ecolabel, εκτός από την τιμή του χαλκού που βρίσκεται με μικρή διαφορά εκτός του ορίου και στα δύο σειράδια καθώς και του ψευδαργύρου με επίσης πολύ μικρή διαφορά από το όριο.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί, πως με βάση την νομοθεσία το υλικό από τα συγκεκριμένα σειράδια ονομάζεται υλικό τύπου κομπόστ CLO. Ωστόσο, οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων και των βαρέων μετάλλων πλησιάζουν αρκετά τις τιμές από το 1^ο και το 2^ο σειράδι οπότε θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως κομπόστ καθώς αποτελεί ένα αρκετά καθαρό προϊόν.

2.3.4 Σύνοψη τεσσάρων σειραδίων.

Θερμοκρασία:

Το προφίλ των θερμοκρασιών περιγράφει την οξειδωτική θερμοφιλική και μεσοφιλική φάση. Υπήρχε μια γρήγορη αναγνώριση της θερμοφιλικής φάσης με ένα peak θερμοκρασιών που έφτασε τους 50°C την 20^η ημέρα από την δημιουργία των σειραδίων εκτός του 4^{ου} που έφτασε αυτήν την θερμοκρασία την 45^η ημέρα (πιθανότατα λόγω της ανομοιογένειας του υλικού).

Μικρές αυξήσεις στις θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν μετά τις αναδεύσεις των σειραδίων. Αυτές οι αυξήσεις συνδέονται με τον καλύτερο αερισμό κατά τις αναδεύσεις, καθώς και με την διόρθωση της υγρασίας κατά την διαδικασία των διαβροχών.

pH:

Η δημιουργία αλκαλικού περιβάλλοντος σχετίζεται με την αύξηση του pH καθώς συνδέεται με την κατανάλωση των πρωτεϊνών κατά την αποσύνθεση των πτητικών λιπαρών οξέων και την δημιουργία του διοξειδίου του άνθρακα. Οι τιμές pH που δημιουργούν αλκαλικό περιβάλλον είναι επιθυμητές καθώς περιορίζουν την διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων.

Υγρασία:

Η υγρασία παρατηρούμε ότι σταδιακά μειώνεται κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης. Αυτό οφείλεται στην εξάτμιση που λαμβάνει χώρα κατά την άνοδο της θερμοκρασίας και την ανάδευση των σωρών. Σε όλα τα σειράδια το ποσοστό είναι λιγότερο από 40% και αυτό είναι μια από τις πολλές παραμέτρους που φανερώνουν την ωρίμανση του υλικού. Ωστόσο το ποσοστό της υγρασίας ως δείκτης σταθερότητας πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή και μόνο σε συνδυασμό με άλλους δείκτες κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης.

Πτητικά:

Η μείωση των πτητικών στερεών οφείλεται κυρίως, στην οξείδωση του οργανικού φορτίου το οποίο μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα και αυτό οφείλεται κυρίως στους μικροοργανισμούς. Παράλληλα το άζωτο φαίνεται να ακολουθεί μια αντίστροφη εξέλιξη απ' ότι ο άνθρακας, αφού σταδιακά αυξάνει την συγκέντρωσή του και στα τέσσερα σειράδια.

Αυτό δείχνει ότι η μείωση του αζώτου κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης ήταν περιορισμένη και πιθανότατα οφείλεται στις θερμοφιλικές θερμοκρασίες που επιτεύχθηκαν.

Λόγος C/N:

Πολλοί συγγραφείς αναφέρουν στην βιβλιογραφία πως ο λόγος C/N είναι δείκτης σταθερότητας και ωριμότητας κατά τα στάδια της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Έτσι πολλές τιμές της σχέσης C/N έχουν αναφερθεί ώστε να προσδιορίσουν το βαθμό σταθερότητας και ωριμότητας στο κομπόστ. Οι τιμές αυτές ποικίλουν από 15-20.

2.3.5 Τελικό Στάδιο Επεξεργασίας.

Μετά το πέρας των 9 μηνών που διήρκησε η πειραματική διάταξη και η διαδικασία της ωρίμανσης των σειραδίων, το υλικό πέρασε από ειδική κοσκίνηση με την βοήθεια των εργαζομένων του Ε.Μ.Α.Κ. Στην συνέχεια τοποθετήθηκε σε σάκους και φυλάχθηκε σε κλειστό χώρο.



Εικόνα 25: Κοσκίνιση Σειραδίων.

Στην εικόνα 24 απεικονίζεται η διαδικασία της κοσκίνησης των σειραδίων και η τοποθέτησή τους στους σάκους. Στην συνέχεια μέσα από τις εικόνας 26 έως 30 παρατηρούνται τα σειράδια στην τελική φάση της αποθήκευσης.



Εικόνα 26: Τελική τοποθέτηση σε σάκους



Εικόνα 27: Κοσκινισμένο Υλικό 1^{ου} σειραδίου



Εικόνα 28: Κοσκινισμένο Υλικό 2^ο σειράδιου



Εικόνα 29: Κοσκινισμένο Υλικό 3^ο σειράδιου



Εικόνα 30: Κοσκινισμένο Υλικό 4^ο σειράδιου

Επίλογος και συζήτηση αποτελεσμάτων

Κλείνοντας το πειραματικό κομμάτι, θα ήταν χρήσιμο, ώστε να γίνει καλύτερη αξιολόγησή του προϊόντος που πήραμε από τα πειραματικά σειράδια να γίνει η σύγκρισή του με ένα προϊόν παρόμοιας φύσης από αντίστοιχη πειραματική μελέτη.

Η επιστημονική μελέτη των Παπαφιλιππάκη Α. και Νικολαΐδης Ν. [21] θα αποτελέσει την βάση στην οποία θα στηρίζουμε την σύγκριση του τελικού προϊόντος που προήλθε από τα σειράδια. Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα αναλύθηκαν δύο δείγματα από ώριμα κομπόστ διαφορετικών παρτίδων από το Ε.Μ.Α.Κ Χανίων. Έτσι η καλύτερη σύγκριση που θα μπορούσε να γίνει είναι με το υλικό από το 3^ο και το 4^ο σειράδι καθώς έχουν κοινή προέλευση με το υλικό της έρευνας, το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων. Ωστόσο παρόλο την διαφορετική προέλευση των υλικών θα γίνει και μια πιο γενική σύγκριση με το υλικό που προέκυψε από το 1^ο και το 2^ο σειράδι.

Το 1^ο και το 2^ο σειράδι προήλθε από ένα υλικό το οποίο έχει πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά καθώς αποτελείται από πολύ συγκεκριμένα απόβλητα. Ωστόσο όπως προέκυψε από τις πειραματικές αναλύσεις τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων τους δεν διαφέρουν πολύ από αυτά του 3^{ου} και το 4^{ου} σειραδίου, οπότε δεν θα ήταν άτοπο να γίνει η σύγκριση αυτών το προϊόντων με τα δείγματα της επιστημονική έρευνα.

Ξεκινώντας την συζήτηση, γίνεται κατανοητό πως με βάση τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων της επιστημονικής έρευνας, την υγρασία, το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα, την οργανική ουσία καθώς και τον ολικό άνθρακα οι τιμές του κυμαίνονται σε τιμές παρόμοιες με τις τιμές των υλικών από τα σειράδια. Επιπλέον ο λόγος άνθρακας/άζωτο είναι και αυτός σε τιμές με παρόμοια όρια, και στο 2^ο και στο 3^ο σειράδι σε ακόμη χαμηλότερα. Αυτές οι χαμηλές τιμές είναι κάτι επιθυμητό, καθώς όπως αναφαίρετε και στην επιστημονική εργασία ο λόγος άνθρακας/άζωτο πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος του 17.

Όσον αφορά την σύγκριση των βαρέων μετάλλων, μπορεί να γίνει ανάμεσα στα στοιχεία του χαλκού και του ψευδαργύρου, καθώς αυτά είναι τα κοινά στοιχεία που έχουν μετρηθεί και στις δύο εργασίες. Όπως παρατηρείται από την επιστημονική έρευνα οι τιμές των βαρέων μετάλλων είναι αρκετά χαμηλότερες από αυτές των υλικών των σειραδίων. Ωστόσο λόγω της έλλειψης αρκετών στοιχείων δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί άρτιο μέτρο σύγκρισης, καθώς με βάση την νομοθεσία οι τιμές των βαρέων μετάλλων στα σειραδίων είναι κατά κύρια βάση εντός των οριακών τιμών, και αρκετά χαμηλότερες σε μερικά στοιχεία.

Έτσι με βάση τα πειραματικά δεδομένα της παρούσας πτυχιακής εργασίας, το υλικό που λήφθηκε και από τα τέσσερα σειράδια είναι ένα κομπόστ άρτια επεξεργασμένο και έτοιμο προς αξιοποίηση.

Φωτογραφικό Υλικό



Εικόνα 31: 1^ο & 2^ο σειράδι στα αρχικά στάδια της ωρίμανσης.



Εικόνα 32: 3^ο & 4^ο σειράδι στα αρχικά στάδια της ωρίμανσης.



Εικόνα 33: Διάταξη σειραδίων στην αρχή της διαδικασίας της ωρίμανσης.



Εικόνα 34: 1^ο & 2^ο σειράδι στο μέσο της διαδικασίας της ωρίμανσης.



Εικόνα 35: 3^ο & 4^ο σειράδι στο μέσο της διαδικασίας της ωρίμανσης.



Εικόνα 36: Διάταξη σειραδίων στο μέσο της διαδικασίας της ωρίμανσης.



Εικόνα 37: Τελική μορφή 1^{ου}σειραδίου.



Εικόνα 38: Τελική μορφή 2^{ου}σειραδίου.



Εικόνα 39: Τελική μορφή 3^{ου}σειραδίου.



μ

Εικόνα 40: Τελική μορφή 4^{ου}σειραδίου.

Βιβλιογραφία

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Αλκίμος Αναστάσιος (2000), *Κομπόστ*, εκδ. Ψύχαλος
- [2] Αντωνόπουλος Ζ. Βασίλειος (2010), *Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων*, εκδ. Τζιόλα.
- [3] Αναθεώρηση Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων, (2014), Ανάκτηση Από:<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=URkyxztbX2E%3D&tabid=232&language=el-GR>
- [4] Βροντάνης Πάνος (2009), «Εγχειρίδιο Ανακύκλωσης Οργανικών Υλικών Παραγωγή Κομπόστας, Οικιακή & Βιομηχανική Ανακύκλωση»
- [5] Επιτυχημένες Περιπτώσεις Κομποστοποίησης Και Διαλογής Στην Πηγή, Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2001), Ανάκτηση Από: <http://www.sek-hellas.gr/files/.pdf>
- [6] ΕΠΠΕΡΑΑ, “*Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή Στη Πηγή & Συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων*”, Ιούλιος 2012
- [7] ΕΠΠΕΡΑΑ, “*Οδηγός Λειτουργίας Ανοιχτών Εγκαταστάσεων*”, Δεκέμβριος 2014.
- [8] Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (Ε.Κ.Α) Ανάκτηση Από: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0955&from=EL>
- [9] Εφαρμογή της διαλογής βιοαποβλήτων στην πηγή σε Αθήνα και Κηφισιά, Ανάκτηση Από: http://www.biowaste.gr/site/wp-content/uploads/R4R_ATHENS_BIOWASTE_presentation.pdf
- [10] Η περιβαλλοντική νομοθεσία και η εφαρμογή της στην Ελλάδα, Ανάκτηση Από: https://www.wwf.gr/images/pdfs/InductionPack_EnvironmentalLawWWF.pdf
- [11] Κουιμτζής Θ., Κ. Φυτιάνου, Κ. Σαμαράς-Κωνσταντίνου, “*Χημεία Περιβάλλοντος*”, Θεσσαλονίκη (1998).
- [12] Λαζαρίδη Κ., Π. Κουλουμπής, Σ. Σκουλάξινου, Δ. Κανακόπουλος, Γ. Λώλος, “*Προδιαγραφή Ποιότητας Και Διάθεσης Κομπόστ Η Ελληνική Και Διεθνή Εμπειρία*”, (2001) Ανάκτηση Από:https://agrostrat.gr/sites/default/files/inventory/PRODIAGRAFES%20POIOTHTA%20DIATHESIS%20KOMPOST_2008_KOULOUMBIS.pdf
- [13] Μανιός Θρασύβουλος, “*Κομποστοποίηση οργανικών υπολειμμάτων*”, Μάιος (2009)
- [14] Μαρτίνης Γιώργος, Πτυχιακή Εργασία Με Τίτλο: Διαχείριση Αποβλήτων, Το Παράδειγμα Της Κρήτης, Αθήνα (2017).
- [15] Μιχαλοπούλου Χαρίκλεια, “*Νομοθεσία για το περιβάλλον*”, (2008)

- [16] Ντζαμήλης Παναγιώτης, Χαβάς Γεώργιος, Μεταπτυχιακή Διατριβή Με Τίτλο : *“Ποιοτική Και Ποσοτική Ανάλυση Αστικών Απορριμμάτων Περιφέρειας Κρήτης”*, Μάρτιος (2004).
- [17] Ντόλκα Αγγελική, Διπλωματική Εργασία Με Τίτλο: *“Εξέταση Φυσικοχημικών Παραμέτρων Και Διεύρυνση Αξιοποίησης Διαχωρισμένων Στην Πηγή Βιοαποβλήτων”*.
- [18] Ολοκληρωμένη Διαχείριση Βιοαποβλήτων στην Ελλάδα Η περίπτωση της Αθήνας, Αθήνα, Δεκέμβριος (2011), Ανάκτηση Από: <http://www.biowaste.gr/site/wp-content/uploads/ReviewandEvaluationoftheExistingBioWasteManagementPracticesintheEU.pdf>
- [19] Παναγιωτακόπουλος Δ., *“Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Αποβλήτων”*. Θεσσαλονίκη: Ζυγός, (2002)
- [20] Παναγιώτου Σ. Κόλλια *“Απορρίμματα”*, Αθήνα, (1993)
- [21] Παπαφιλίππáκη Α. και Νικολαΐδης Ν. (2011). Σύγκριση του κομπόστ από αστικά στερεά απόβλητα με διάφορα οργανικά εδαφοβελτιωτικά. 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 24-27 Νοεμβρίου.
- [22] Παροχή υπηρεσιών στα πλαίσια κατάρτισης των τοπικών διαχειριστικών σχεδίων απορριμμάτων των δήμων της Περιφερειακής Ενότητας Χανίων, Απρίλιος (2016), Ανάκτηση Από: [https://www.chania.gr/files/55/37176/tsd_dimoy_\[hanion\]_draft.pdf](https://www.chania.gr/files/55/37176/tsd_dimoy_[hanion]_draft.pdf)
- [23] Πολυράκης Θ. Γιάννης, *“Περιβαλλοντική Γεωργία”*, (2002)
- [24] Προτάσεις Για Τις Τεχνικές Προδιαγραφές Και Την Νομοθεσία Των Βιοαποβλήτων, Αύγουστος (2014). Ανάκτηση Από: http://www.biowaste.gr/site/wp-content/uploads/2015/04/Athens_Biowaste_Del6b.pdf
- [25] Ρεγκάκου Κουτούπα Ευαγγελία, *“Δίκαιο περιβάλλοντος”*, 2008 (Γ΄ έκδοση).
- [26] Σινάνης Κων/νος, *“Εργαστηριακές Ασκήσεις Εδαφολογίας”*, Ηράκλειο (2003)
- [27] Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Δήμου Χανίων, Απρίλιος (2016). Ανάκτηση Από: [https://www.chania.gr/files/55/37176/tsd_dimoy_\[hanion\]_draft.pdf](https://www.chania.gr/files/55/37176/tsd_dimoy_[hanion]_draft.pdf),
- [28] ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ,(2006) Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα/Η περίπτωση της Αττικής, Αθήνα, Νοέμβριος, Ανάκτηση Από: <http://library.tee.gr/digital/m2183.pdf>

- [29] Φελεσκούρα Χριστίνα, Παπαϊωάννου Ελένη, Πτυχιακή Εργασία Με Τίτλο: “Σύγχρονες Τεχνολογίες Ανακύκλωσης Απορριμμάτων”, ΤΕΙ Χαλκίδας,(2004).
- [30] Χρόνη Κ. Χριστίνα, “Μελέτη Μικροβιακής Κοινότητας Κατά Τη Διεργασία Της Κομποστοποίησης”, Αθήνα (2017).

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [31] Adams, RC; Bennett, FM; Dixon, JK; Lough, RC; Maclean, FS; Martin, GI, “*The utilization of organic wastes in N.Z.*”, Nov (1951).
- [32] A.R. Rubin and J. Shelton “*Basic Principles Of Composting*”
- [33] Deborah L. Martin and Grace Gershuny. “*The Rodale Book of Composting*”, (1992).
- [34] Eurostat, (2014). Ανάκτηση Από: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Waste_generation,_2014_\(kg_per_inhabitant\)_YB17.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Waste_generation,_2014_(kg_per_inhabitant)_YB17.png)
- [35] George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel A. Vigil “*Integrated Solid Waste Management*”, (1993).
- [36] Online Etymology Dictionary, © 2001-2010 Douglas Harper
- [37] Roger T. Haug, “*The Practical Handbook of COMPOST ENGINEERING*”.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [38] <http://www.eedsa.gr/> (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων)
- [39] http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=category&id=64&Itemid=537&lang=en (Επίσημος διαδικτυακός τόπος Ελληνικής Εταιρείας Ανακύκλωσης)
- [40] www.dedisa.gr
- [41] <http://www.chania.gr/> (Επίσημος διαδικτυακός τόπος Δήμου Χανίων)
- [42] <https://kafeneio-megalopolis.gr/> (8 Οκτωβρίου 2014)
- [43] www.econ3.gr

Παραπομπές Νομοθεσιών

- [44] ΚΥΑ 114218/1997 (ΦΕΚ 1016Β. 17.11.1997) “*Κατάρτιση Πλαισίου Προδιαγραφών και Γενικών Προγραμμάτων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*» και «*Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*” Ανάκτηση Από: http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/1016B_97.pdf

- [45] ΚΥΑ 56366/4351/2014 (ΦΕΚ Β 3339 12.12.2014)Ανάκτηση Από:
http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/3339b_2014.1418726257125.pdf
- [46] ΚΥΑ 69728/824 ΦΕΚ 358/17-5-1996 Ανάκτηση Από:
[file:///C:/Users/%CE%9A%CF%8E%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%82/Downloads/document%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/%CE%9A%CF%8E%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%82/Downloads/document%20(4).pdf)
- [47] Νόμος 4496/2017-ΦΕΚ 170/Α/8-11-2017, Ανάκτηση Από: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/apobleta/nomos-4496-2017-fek-170a-8-11-2017.html>
- [48] Οδηγία 2008/98/ΕΚ, “Νόμος-Πλαίσιο για τα απόβλητα”. Ανάκτηση Από:
http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2011/03/nomos_plaisio.pdf
- [49] ΠΥΣ49/15-12-2015 (ΦΕΚ174Α), Ανάκτηση Από:
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=8rKEKVFO8G0%3d&tabid=238&language=el-GR>

