



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ
ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΛΕΜΕΣΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΓΓΕΡΑ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ

Χανιά, Ιούλιος 2025



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος
Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΛΕΜΕΣΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΓΓΕΡΑ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Γιαννής Απόστολος

Γουρνής Δημήτριος

Φουντουλάκης Μιχαήλ

«Η αντιγραφή, αποθήκευση ή διανομή της παρούσας εργασίας, στο σύνολο ή σε μέρος αυτής απαγορεύεται αυστηρά. Η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της επιτρέπεται αποκλειστικά για μη κερδοσκοπικούς, εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς, υπό την προϋπόθεση ότι αναφέρεται σαφώς η πηγή προέλευσης. Για οποιαδήποτε άλλη μορφή χρήσης της εργασίας απαιτείται προηγούμενη άδεια από τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που παρουσιάζονται σε αυτή την διπλωματική εργασία ανήκουν αποκλειστικά στον συγγραφέα και δεν εκφράζουν σε καμία περίπτωση τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης..»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη μου προς τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Γιάννη Απόστολο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας εργασίας. Η σταθερή καθοδήγηση και οι ουσιαστικές συμβουλές του υπήρξαν καθοριστικές για την εκπόνηση της εργασίας, ενώ η συνεργασία μας συνέβαλε σημαντικά τόσο στην επιστημονική της πρόοδο όσο και στη δική μου προσωπική εξέλιξη. Θερμές ευχαριστίες οφείλω, επίσης, στα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, τον κ. Δημήτριο Γουρνή και τον κ. Μιχαήλ Φουντουλάκη, για την παρουσία τους, τον χρόνο που αφιέρωσαν και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους, οι οποίες συνέβαλαν ουσιαστικά στη βελτίωση και την ολοκλήρωση της μελέτης.

Πέρα από την ακαδημαϊκή στήριξη, αισθάνομαι την ανάγκη να απευθύνω ένα μεγάλο και ειλικρινές «ευχαριστώ» στην οικογένειά μου. Οι γονείς μου και τα αδέλφια μου στάθηκαν στο πλευρό μου με αμέριστη αγάπη, κατανόηση και υπομονή, στηρίζοντας και υπερασπιζόμενοι κάθε επιλογή μου όλα αυτά τα χρόνια. Χωρίς τη δική τους ηθική και ψυχολογική συμπαράσταση, η διαδρομή αυτή θα ήταν σαφώς πιο δύσκολη. Η συμβολή τους υπήρξε καθοριστική, όχι μόνο στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, αλλά και στη γενικότερη πορεία μου.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην αξιολόγηση των μεθόδων διαχείρισης και αξιοποίησης των βιοαποβλήτων στον Δήμο Λεμεσού, με στόχο τη βιώσιμη διαχείριση και τη βελτιστοποίησή τους, τόσο σε τεχνικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη την κοινωνική αποδοχή και τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Αρχικά, συντάχθηκε ερωτηματολόγιο 25 ερωτήσεων, το οποίο απευθυνόταν στους κατοίκους του Δήμου Λεμεσού. Το περιεχόμενο των ερωτήσεων αφορούσε την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης αποκομιδής απορριμμάτων και καθαριότητας του Δήμου, καθώς και τις γνώσεις των πολιτών για τις διάφορες μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων. Στη συνέχεια, οι ερωτήσεις επικεντρώθηκαν στα βιοαπόβλητα, με στόχο την ενημέρωση των πολιτών αλλά και την αποτύπωση του επιπέδου γνώσεών τους. Ο στόχος του ερωτηματολογίου ήταν να διερευνηθεί η γνώμη των πολιτών σχετικά με την ανέγερση μονάδας επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων στον Δήμο Λεμεσού. Ακολούθως, αναλύθηκαν η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση ως οι κύριες μέθοδοι επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων, με παρουσίαση τόσο της διαδικασίας επεξεργασίας όσο και των παραγόμενων τελικών προϊόντων. Με βάση τις διεργασίες αυτές, πραγματοποιήθηκε υπολογιστική προσέγγιση των παραγόμενων προϊόντων σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον Δήμο Λεμεσού. Ενδεικτικά, εκτιμάται ότι από τις παραγόμενες ποσότητες οργανικών αποβλήτων του Δήμου μπορούν να παραχθούν 13.825 tn/έτος κόμποστ και 1.500.000 m³/έτος μεθάνιο, γεγονός που καταδεικνύει μια ιδιαίτερα θετική πρώτη προσέγγιση για την υλοποίηση των εγκαταστάσεων. Συνοψίζοντας, τα οφέλη από την επεξεργασία οργανικών αποβλήτων είναι πολλαπλά για το περιβάλλον και την οικονομία, με κυριότερα την παραγωγή κόμποστ και μεθανίου για ενεργειακούς και περιβαλλοντικούς σκοπούς. Τέλος, εξετάζονται τρόποι βελτίωσης των διεργασιών με στόχο την αύξηση της ποιότητας και της ποσότητας των παραγόμενων προϊόντων, ενώ παράλληλα τονίζεται η σημασία της ενημέρωσης των κατοίκων για τη σωστή λειτουργία του συστήματος.

Abstract

The present study examines the management and utilization of biowaste in the Municipality of Limassol, aiming to a sustainable development and optimization both technically and economically, taking into account social acceptance and circular economy principles. Firstly, a questionnaire was developed with 25 questions where the target group of it was the residents of the Municipality of Limassol. The content of the questions was aimed at evaluating the waste collection and in the Municipality, as well as their knowledge of various waste processing methods. Subsequently, the questions focused on biowaste to inform citizens and assess their knowledge in this area. The objective of the questionnaire was to investigate the opinion of citizens regarding the establishment of an organic waste processing unit in the Municipality of Limassol. Furthermore, composting and aerobic digestion were analysed as the methods for processing organic waste, presenting the framework from waste treatment to the final products generated. Based on the aforementioned processes, an approach to calculating the products was made using data collected from the Municipality of Limassol. For instance, it is mentioned that from the generated quantities of organic waste in the Municipality, it was calculated that 13825 tn/year of compost and 1500000 m³/year of methane, which indicates a highly positive first approach to the implementation of the facilities. In conclusion, the benefits arising from the processing of organic waste are several regarding the environment and economy especially the production of compost and methane for economic and environmental purposes. At the final stage, methods to improve processes are examined with the aim of increasing the quality and the quantity of the products. Last, the importance of informing residents about the proper functioning of the system is emphasized.

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
Περίληψη	4
Abstract	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
1.1 Εισαγωγή	11
1.2 Αντικείμενο μελέτης Οργανικών Αποβλήτων	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	14
Θεωρητικό Μέρος	14
2.1 Αστικά Στερεά Απόβλητα.....	14
2.2 Βιοαπόβλητα	14
2.3 Κατηγορίες Βιοαποβλήτων.....	15
2.4 Νομοθεσία για βιοαπόβλητα	16
2.5 Τρόποι διαχείρισης βιοαποβλήτων	17
2.6 Κομποστοποίηση – Παράγοντες που Επηρεάζουν – Παραγόμενες Ποσότητες	21
2.7 Συστήματα Κομποστοποίησης	24
2.8 Αναερόβια Χώνευση - Παράγοντες που Επηρεάζουν – Παραγόμενες Ποσότητες	25
2.9 Σύστημα Αναερόβιας Χώνευσης	28
2.10 Βιοαέριο	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	35
Ερευνητικό μέρος – Ερωτηματολόγια – Στατιστική επεξεργασία	35
3.1 Μεθοδολογία Έρευνας.....	35
3.2 Γενικά στοιχεία κατοίκων	36
3.3 Διαχείριση των αποβλήτων στο Δήμο Λεμεσού.....	39
3.4 Αποκομιδή – Ενημέρωση για το πρόγραμμα βιοαποβλήτων στον Δήμο Λεμεσού.....	44
3.5 Γενικά Αποτελέσματα και Σχολιασμός Ερωτηματολογίου.....	51
3.6 Στατιστική Ανάλυση	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	62
Μεθοδολογία και Σενάρια	62
4.1 Επαρχία Λεμεσού – Υφιστάμενη κατάσταση.....	62
4.2 Δήμος Λεμεσού – Υφιστάμενη κατάσταση	62
4.3 Δήμος Λεμεσού – Στοιχεία – Εγκατάσταση διαχειρίσεις βιοαποβλήτων.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	70

Υπολογισμός κύριων προϊόντων από επεξεργασία βιοαποβλήτων	70
5.1 Σχεδιασμός μονάδας κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης.....	70
5.2 Στάδια μονάδας – Βασικές λειτουργίες.....	72
5.3 Τεχνικά και Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά	73
5.4 Απαιτήσεις σε έκταση σειραδίων.....	73
5.5 Αποθήκευση κόμποστ	74
5.6 Επιλογή συστήματος κομποστοποίησης	75
5.7 Επιλογή συστήματος αναερόβιας χώνευσης.....	76
5.8 Διαστασιολόγηση Χωνευτή	76
5.9 Υπολογισμός παραγόμενου μεθανίου.....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	78
Συζήτηση Αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα – Μελλοντικές Προτάσεις.....	78
6.1 Οφέλη εγκατάστασης επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων.....	78
6.2 Πρόγραμμα Ενημέρωσης.....	78
6.3 Σύστημα Παρακολούθησης – Αξιολόγησης.....	79
6.4 Συμπεράσματα.....	80
6.5 Μελλοντικές Προτάσεις.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	89
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	89

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2. 1 Βέλτιστες Τιμές Παραμέτρων Κομποστοποίησης	22
Πίνακας 2. 2 Σύσταση Βιοαερίου	33
Πίνακας 2. 3 Θεωρητική παραγωγή βιοαερίου.....	33
Πίνακας 3. 1 Συσχέτιση Φύλου και Ευχαρίστησης.....	53
Πίνακας 3. 2 Συσχέτιση Ηλικίας και Ευχαρίστησης.....	54
Πίνακας 3. 3 Συσχέτιση Μορφωτικού Επιπέδου και Ευχαρίστησης	55
Πίνακας 3. 4 Συσχέτιση Ηλικίας και Δημιουργίας Εγκατάστασης.....	56
Πίνακας 3. 5 Συσχέτιση Μορφωτικού Επιπέδου και Δημιουργίας Εγκατάστασης.....	57
Πίνακας 3. 6 Συσχέτιση Ηλικίας και Συνεργασίας Δήμων	58
Πίνακας 3. 7 Συσχέτιση Μορφωτικού Επιπέδου και Συνεργασίας Δήμων	59
Πίνακας 3. 8 Συσχέτιση Ηλικίας και Βιοαποβλήτων.....	60
Πίνακας 3. 9 Συσχέτιση Μορφωτικού Επιπέδου και Βιοαποβλήτων.....	61
Πίνακας 4. 1 Απογραφή πληθυσμού Επαρχίας Λεμεσού – Ρυθμός μεταβολής αυτής	62
Πίνακας 4. 2 Απογραφή πληθυσμού για τον Δήμο Λεμεσού – Ρυθμός μεταβολής αυτού	63
Πίνακας 4. 3 Μονάδες ενδιαφέροντος Δήμου Λεμεσού.....	64
Πίνακας 4. 4 Ποσοστά παραγωγής βιοαποβλήτων ανά μονάδα	65
Πίνακας 4. 5 Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων στον Δήμο Λεμεσού	67
Πίνακας 4. 6 Ποσοστά και Ποσοτική Σύθεση Αστικών Αποβλήτων	67
Πίνακας 4. 7 Στοιχεία Σύθεσης Αποβλήτων Άλλων Δήμων	68
Πίνακας 4. 8 Οχήματα Δήμου Λεμεσού	68
Πίνακας 4. 9 Κάδοι Δήμου Λεμεσού.....	69
Πίνακας 5. 1 Συνολικές ποσότητες ΑΣΑ στον Δήμο Λεμεσού	70
Πίνακας 5. 2 Ποσότητα οργανικών αποβλήτων στον Δήμο Λεμεσού.....	70
Πίνακας 5. 3 Λειτουργικές συνθήκες Χωνευτή.....	76
Πίνακας 5. 4 Χαρακτηριστικά αποβλήτων αντιδραστήρα.....	76
Πίνακας 5. 5 Όγκος Αντιδραστήρα	77

Ευρετήριο Διαγραμμάτων - Γραφημάτων

Διάγραμμα 1. 1 Πυραμίδα ιεράρχησης για τη διαχείριση αποβλήτων (Ευρωπαϊκή Οδηγία 2008/98/EC)	12
Διάγραμμα 1. 2 Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου κυκλικής οικονομίας (Europarl, 2018).....	12
Διάγραμμα 2. 1 Διαχείριση αποβλήτων στην Κύπρο	18
Διάγραμμα 2. 2 Ποσοστό υγειονομικής ταφής αστικών αποβλήτων σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης	19
Διάγραμμα 2. 3 Ποσοστό αστικών αποβλήτων τα οποία ανακυκλώνονται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης	20
Διάγραμμα 2. 4 Ενδεικτική Θερμοκρασία Κομποστοποίησης	23
Διάγραμμα 2. 5 Ενδεικτική Τιμή pH Κομποστοποίησης.....	23
Διάγραμμα 2. 6 Σχέση Λόγου C/N με την Θερμοκρασία στην Κομποστοποίηση	24
Γράφημα 3. 1 Φύλο Ερωτηθέντων	36
Γράφημα 3. 2 Ηλικιακή Ομάδα Ερωτηθέντων	36
Γράφημα 3. 3 Μορφωτικό Επίπεδο Ερωτηθέντων.....	37
Γράφημα 3. 4 Τετραγωνικά Μέτρα Οικίας	37
Γράφημα 3. 5 Αριθμός ατόμων ανά οικία	38
Γράφημα 3. 6 Είδος οικίας.....	38
Γράφημα 3. 7 Γνώση τρόπων διάθεσης και επεξεργασίας	39
Γράφημα 3. 8 Είδη απορριμμάτων που παράγονται	40
Γράφημα 3. 9 Συχνότητα αποκομιδής απορριμμάτων στον Δήμο.....	40
Γράφημα 3. 10 Ικανοποίηση πολιτών για αποκομιδή των απορριμμάτων	41
Γράφημα 3. 11 Δράσεις βελτίωσης που μπορούν να γίνουν	41
Γράφημα 3. 12 Ενημέρωση Δήμου για ανακύκλωση.....	42
Γράφημα 3. 13 Προγράμματα που χρησιμοποιούνται	42
Γράφημα 3. 14 Πρόθεση διαχώρισης απορριμμάτων ανά οικία	43
Γράφημα 3. 15 Κατηγορίες διαχώρισης απορριμμάτων ανά οικία	44
Γράφημα 3. 16 Γνώση βιοαποβλήτων	45
Γράφημα 3. 17 Παραγόμενα βιοαπόβλητα στην καθημερινότητα.....	45
Γράφημα 3. 18 Διαδικασία αποκομιδής που θα προτιμούσαν.....	46
Γράφημα 3. 19 Διαδικασία ρίψης βιοαποβλήτων που θα προτιμούσαν	46
Γράφημα 3. 20 Αποτελέσματα – Οφέλη επεξεργασίας βιοαποβλήτων	47
Γράφημα 3. 21 Γνώμη για δημιουργία εγκατάστασης.....	47
Γράφημα 3. 22 Γιατί ΝΑΙ	48
Γράφημα 3. 23 Γιατί ΟΧΙ	48
Γράφημα 3. 24 Συνεργασία γειτονικών Δήμων θα βοηθούσε	49
Γράφημα 3. 25 Αξιολόγηση	50

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 2. 1 Αναερόβιος χωνευτήριας πλήρους ανάμιξης.....	28
Εικόνα 2. 2 Αναδευτήρας UASB και τα διάφορα μέρη του	30
Εικόνα 2. 3 Αντιδραστήρας με ανακλαστήρες.....	31
Εικόνα 2. 4 Περιοδικός αναερόβιος αντιδραστήρας με ανακλαστήρες	32
Εικόνα 2. 5 Χωρική έκταση Επαρχίας και Δήμου Λεμεσού	63
Εικόνα 4. 1 Χωρική έκταση Επαρχίας και Δήμου Λεμεσού	63
Εικόνα 4. 2 Οριοθέτηση Δήμου Λεμεσού	65
Εικόνα 4. 3 Κύριοι Δρόμοι Δήμου Λεμεσού	66
Εικόνα 4. 4 Χώροι Πρασίνου Δήμου Λεμεσού.....	66
Εικόνα 5. 1 Γενική Διάταξη Μονάδας Κομποστοποίησης	75

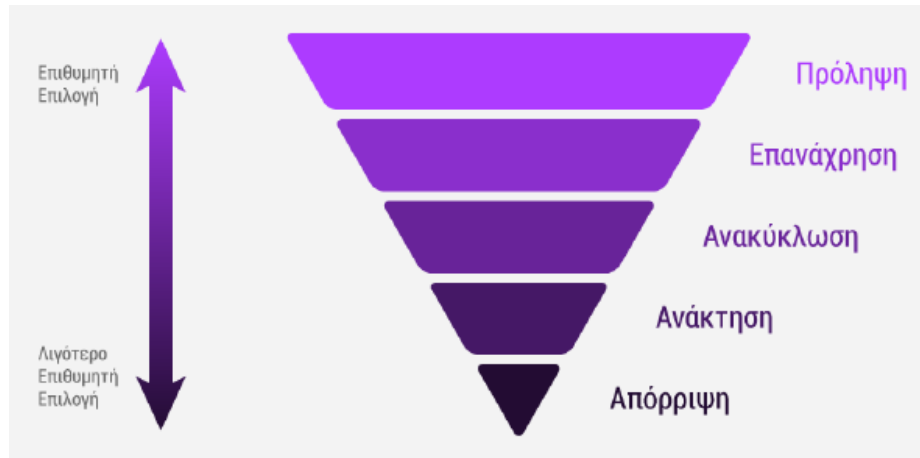
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

Αρχικά θα πρέπει να κατανοήσουμε τι είναι απόβλητα και πως διαχειρίζονται. Οτιδήποτε απορρίπτουμε στο περιβάλλον, όποια μορφή και να έχει αυτό (στερεό, υγρό, αέριο), μπορεί να χαρακτηριστεί ως απόβλητο. Στην προκειμένη περίπτωση θα δοθεί έμφαση στα στερεά απόβλητα τα οποία αποτελούν ότι αποθέτουμε στο περιβάλλον σε στερεά και ημι-στερεά μορφή, και σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα οικιακά, οικοδομικά, βιοτεχνικά απόβλητα, κλπ.

Ειδικότερα, βιοαπόβλητα ή βιολογικά απόβλητα είναι κάθε απόβλητο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αερόβια ή αναερόβια επεξεργασία και πιο συγκεκριμένα σε αυτά συγκαταλέγονται τα απόβλητα κήπων, απορρίμματα τροφών καθώς και τα βιοαποδομήσιμα πλαστικά. Παρόλο που ανήκουν στα αστικά στερεά απόβλητα οι ιδιαιτερότητες τους μας ωθούν στο να τα διαχειριστούμε ανάλογα και να τα αξιοποιήσουμε ως προς όφελος μας. Η ορθολογική διαχείριση τους μπορεί να καταστεί πολύ σημαντική γιατί πρώτον αποφορτίζουμε τους χώρους υγειονομικής ταφής και δεύτερον μπορούμε να πράξουμε πολύ σημαντικές ποσότητες ενέργειας προς όφελος μας.

Καίριο ρόλο σε αυτή τη διαδικασία διαδραματίζει η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας, η οποία, σύμφωνα με το Ellen MacArthur Foundation, χαρακτηρίζεται από την αρχή ότι «τίποτα δεν θεωρείται απόβλητο». Αυτό σημαίνει ότι τα απόβλητα αντιμετωπίζονται ως πρόσθετα προϊόντα με δυνατότητες αξιοποίησης. Η κυκλική οικονομία αποτελεί ενδεχομένως τον μοναδικό δρόμο προς τη βιώσιμη ανάπτυξη της ανθρωπότητας, καθώς συνδέεται άμεσα με τον τρόπο ανάπτυξης και εξέλιξης της κοινωνίας. Η υιοθέτηση μιας κυκλικής προσέγγισης στη διαχείριση των βιοαποβλήτων είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς μέσω της σωστής διαχείρισης μπορούν να παραχθούν ενέργεια, καύσιμα και εδαφοβελτιωτικά, συμβάλλοντας στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Η κυκλική οικονομία βασίζεται στην πυραμίδα “ιεράρχησης των αποβλήτων” η οποία προκύπτει από την αξιολόγηση των “σκαλοπατιών” με βάση τα πλεονεκτήματα τους (Διάγραμμα 1.1). Υπάρχουν κάποια στάδια τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν ούτως ώστε κάποιο προϊόν να συμπεριλαμβάνεται στα “κυκλικά”. Τα βασικότερα αυτά στάδια είναι η σχεδίαση του προϊόντος, η κατασκευή, η διαχείριση και επεξεργασία αποβλήτων, και επανένταξη των πρώτων υλών στην αγορά. Παρόλα αυτά υπάρχουν και εμπόδια στην υλοποίηση της κυκλικής οικονομίας (Διάγραμμα 1.2). Η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας απαιτεί βαθιές αλλαγές στις βιομηχανικές πρακτικές και στα πρότυπα κατανάλωσης. Ορισμένα από τα κύρια εμπόδια στην υλοποίησή της περιλαμβάνουν τη δυσκολία ενσωμάτωσης σε υπάρχουσες υποδομές και μοντέλα ανάπτυξης, καθώς το παραδοσιακό αναπτυξιακό μοντέλο βασίζεται σε βαριά βιομηχανική παραγωγή. Επιπλέον, σημαντικοί περιορισμοί αποτελούν τα υψηλά αρχικά κόστη, η έλλειψη ενδιαφέροντος από τους καταναλωτές και ζητήματα που αφορούν στην ποιότητα των αποβλήτων.



Διάγραμμα 1. 1 Πυραμίδα ιεράρχησης για τη διαχείριση αποβλήτων (Ευρωπαϊκή Οδηγία 2008/98/ΕΚ)



Διάγραμμα 1. 2 Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου κυκλικής οικονομίας (Europarl, 2018)

1.2 Αντικείμενο μελέτης Οργανικών Αποβλήτων

Τα οργανικά απόβλητα αποτελούν μια μεγάλη πρόκληση και ταυτόχρονα ένα σημαντικό αντικείμενο μελέτης όσο αφορά η διαχείριση και η επεξεργασία τους. Η σωστή μελέτη των ποσοτήτων που παράγονται είναι ένα σημαντικό ζήτημα για την μετέπειτα σωστή διαχείριση και επεξεργασία τους. Στην παρούσα εργασία το θέμα είναι τα οργανικά απόβλητα που παράγονται στο Δήμου Λεμεσού καθώς και η μετέπειτα διαχείριση τους. Αρχικά μέσω ερωτηματολογίων φαίνεται το πως διαχειρίζονται οι κάτοικοι τα βιοαπόβλητα καθώς και την πρόθεση τους να βοηθήσουν μελλοντικά στην ανακύκλωση των βιοαποβλήτων. Τέλος, βασιζόμενοι στα δεδομένα του Δήμου, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα μοντέλα για την πρόβλεψη των προϊόντων που προκύπτουν από την επεξεργασία των βιοαποβλήτων και για την καθοδήγηση στην επιλογή της πιο αποτελεσματικής μεθόδου επεξεργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Θεωρητικό Μέρος

2.1 Αστικά Στερεά Απόβλητα

Τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) αποτελούν τα απόβλητα που παράγονται από οικιακές, εμπορικές, βιομηχανικές και άλλες δραστηριότητες στις πόλεις και τα αστικά κέντρα. Περιλαμβάνουν όλα τα υλικά που έχουν απορριφθεί ως μη χρήσιμα.

Τα ΑΣΑ διακρίνονται σε πέντε βασικές κατηγορίες όπως πιο κάτω (Panda et al, 2016) :

- Οργανικά ή βιοαποδομήσιμα απόβλητα: Συνήθως αποτελούν το 40–60% των οικιακών αποβλήτων και περιλαμβάνουν υπολείμματα τροφών, φύλλα, χόρτα, κλαδέματα και άλλα βιοαποδομήσιμα υλικά.
- Ανακυκλώσιμα υλικά: Περιλαμβάνουν χαρτί, γυαλί, μέταλλα και πλαστικά, τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων προϊόντων.
- Μη ανακυκλώσιμα υλικά: Περιλαμβάνουν υλικά που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν και συνήθως καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής.
- Επικίνδυνα απόβλητα: Αποτελούνται από υλικά που περιέχουν τοξικές ή επικίνδυνες ουσίες, όπως μπαταρίες, φάρμακα και ηλεκτρικές συσκευές.
- Αδρανή απόβλητα: Περιλαμβάνουν υλικά όπως τσιμέντο, πέτρα, χώμα και άλλα αδρανή υλικά, συνήθως προερχόμενα από κατασκευές, ανακαινίσεις ή κηπουρικές εργασίες.

Αυτά τα απόβλητα μπορούν να διαχωριστούν μέσω διάφορων συστημάτων συλλογής, ανακύκλωσης, κομποστοποίησης, αναερόβιας χώνευσης και ταφής, με στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και την προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων.

2.2 Βιοαπόβλητα

Τα βιοαπόβλητα ή αλλιώς τα βιολογικά απόβλητα, είναι μια ξεχωριστή κατηγορία αποβλήτων και θεωρούνται υποκατηγορία των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων. Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Οδηγία 2018/851) τα βιολογικά απόβλητα συγκαταλέγονται τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα κήπων ή πάρκων καθώς και τα απορρίμματα τροφών που μπορεί να προκύψουν από οικίες, εστιατόρια, χώρους πώλησης λιανικής, εγκαταστάσεις μεταποιήσεις τροφίμων ακόμη και από τον καθαρισμό των δρόμων.

Με βάση την προέλευση των βιοαποβλήτων υπάρχουν τρεις διαχωριστικές ομάδες οι οποίες είναι τα οικιακά βιοαπόβλητα τα οποία αποτελούν το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων που δημιουργούνται στις οικίες και με την σειρά τους διαχωρίζονται σε απόβλητα τροφών και σε απόβλητα κήπου, τα εμπορικά βιοαπόβλητα τα οποία αποτελούν απόβλητα που προέρχονται από επιχειρήσεις όπως κέντρα διασκέδασης, αναψυχής και εστίασης, και τέλος τα βιοχημικά βιοαπόβλητα στα οποία ανήκουν απόβλητα που προέρχονται από βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, που με την σειρά τους διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες με βάση το είδος τροφίμων που επεξεργάζονται, εγκαταστάσεις επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών, εγκαταστάσεις

επεξεργασίας κρέατος και ψαρικών, και άλλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως στη κατηγορία των βιοχημικών αποβλήτων δεν συμπεριλαμβάνονται τα δασικά κατάλοιπα, η ιλύς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, φυτικές ίνες, χαρτί, κατεργασμένο ξύλο και παραπροϊόντα τροφίμων που δεν μετατρέπονται ποτέ σε απόβλητα. Το μεγαλύτερο ποσοστό βιοαποβλήτων αποτελείται από τα αστικά στερεά απόβλητα και η υγρασία τους κυμαίνεται στο 80%. (Ardolino et al., 2018)

2.3 Κατηγορίες Βιοαποβλήτων

Τα βιοαπόβλητα συμπεριλαμβάνουν τις πιο κάτω κατηγορίες:

- Υπολείμματα φρούτων και λαχανικών
- Υπολείμματα κρεάτων και ψαρικών
- Υπολείμματα φαγητού (συμπεριλαμβανομένου και το μαγειρεμένο)
- Ζυμαρικά, ρύζι, αλεύρι, δημητριακά
- Γαλακτοκομικά (γιαούρτι, τυρί)
- Τσόφλια αυγών
- Προϊόντα αρτοποιίας
- Στερεές τροφές που έχουν λήξει
- Κόκκοι και φίλτρα από καφέ και τσάι
- Πριονίδια από μη επεξεργασμένο ξύλο
- Στάχτη από τζάκι (μικρές ποσότητες)
- Φύλλα, κλαδιά, χόρτα από κήπους
- Χάρτινες και βιοδιασπώμενες σακούλες
- Χαρτί κουζίνας, εφημερίδες (όχι χρωματιστά)

Ο σωστός διαχωρισμός των βιοαποβλήτων είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι για την ευκολότερη επεξεργασία τους. Για αυτό τον λόγο πρέπει να διευκρινιστεί ότι στα βιοαπόβλητα **δεν** συγκαταλέγονται υφάσματα, δέρματα, υγρά απόβλητα τροφίμων, πάνες, αποτισίγαρα και οι στάχτες τους, επεξεργασμένα προϊόντα ξύλου, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί, μπαταρίες και περιττώματα κατοικίδιων.

Η ξεχωριστή συγκομιδή των βιοαποβλήτων και η επεξεργασία τους αποφορτίζει σε ένα μεγάλο βαθμό τους χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) και όχι μόνο λόγω χωρητικότητας αλλά και λόγω του μεγάλου αρνητικού αποτυπώματος που προκαλεί στην περιοχή κατά την αποσύνθεση. Κατά την διαδικασία της αποσύνθεσης λόγω της απουσίας οξυγόνου παράγονται αέρια όπως μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο. Πιο συγκεκριμένα το μεθάνιο κυριότερα αλλά και το διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και κατά συνέπεια την κλιματική αλλαγή. Επίσης αυτό που μπορεί να μειωθεί είναι τα διασταλλάγματα ΧΥΤΑ τα οποία είναι μια δύσκολη και δαπανηρή διαδικασία που αν δεν εφαρμοστεί προκαλεί σοβαρή ρύπανση στον υδροφόρο ορίζοντα και τα υπόγεια νερά. Τέλος αλλά εξίσου σημαντικό με τα όσα προαναφέραμε είναι το ότι μπορεί να αυξηθείς την αποδοτικότητα που έχουμε στις μετέπειτα επεξεργασίες.

2.4 Νομοθεσία για βιοαπόβλητα

Δεδομένου του σημαντικού προβλήματος της διαχείρισης των βιοαποβλήτων και για την σωστή τους διαχείριση, η Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και η Κυπριακή Δημοκρατία έχουν θεσπίσει νόμους έτσι ώστε να ξεκινήσει η κοινωνία να διαχωρίζει σωστά τα βιοαπόβλητα της καταφέροντας με αυτό το τρόπο να αποφορτίσουμε τους χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) και κατ' επέκταση να μειώσουμε την επιβάρυνση που δέχεται το περιβάλλον από αυτούς και να υπάρξει οικονομικό όφελος στην διαχείριση τους.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση καθιερώνοντας αυτούς τους νόμους προσπαθεί να μετατραπεί σε μια υγιή, βιώσιμη και ευημερούσα κοινωνία. Ένας από τους κυριότερους στόχους είναι να αποφορτιστούν οι χώροι υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ), η αύξηση ανάκτησης ενέργειας και η ανάπτυξη του οικονομικού τομέα. Αρχικά διατυπώνει την ιεράρχηση των αποβλήτων και σύμφωνα με την οδηγία πλαίσιο (2008/98/ΕΚ) για τα απόβλητα πρώτος στόχος είναι η πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων, στη συνέχεια η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση, ακολουθεί η ανάκτηση ενέργειας και τελευταία λύση η διάθεση τους σε χώρους υγειονομική ταφής (ΧΥΤΑ). Επιπλέον, βελτιστοποιεί την διάταξη της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ, την απλοποίηση του υπάρχοντος νομικού πλαισίου και την αποσαφήνιση των ορισμών. Ακόμη ένας νόμος περί της υγειονομικής ταφής είναι η οδηγία 1999/31/ΕΚ καθορίζοντας μέτρα και διαδικασίες για την πρόληψη και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, για αυτό τον σκοπό θέτει αυστηρές απαιτήσεις για τα απόβλητα στους χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ). Επιπλέον καθορίζει βασικές αρχές και γενικούς στόχους για όλες της κατηγορίες αποβλήτων. Σημαντική συμβολή στο πιο πάνω έχει η υιοθέτηση της «Αρχής της Αειφορίας», δηλαδή συνεχή βελτίωση στην ποιότητα ζωής τόσο για της παρούσες όσο και για της μελλοντικές γενιές. Σύμφωνα με την οδηγία 2018/851 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου η οποία τροποποιεί την ήδη υπάρχουσα οδηγία 2008/98/ΕΚ θέτουν μακροπρόθεσμους στόχους όσο αφορά τα απόβλητα τροφίμων μέχρι το 2030. Ο στόχος αυτός έχει την μείωση των κατά κεφαλή αποβλήτων στο μισό. Τα μέτρα αυτά αφορούν την πρόληψη και μείωση των οργανικών αποβλήτων κατά την πρωτογενή παραγωγή, το λιανικό εμπόριο, τα εστιατόρια και της οικίες. Στο «Άρθρο 22» το οποίο αφορά τα βιολογικά απόβλητα αναφέρετε ότι μέχρι το τέλος του 2023 με την επιφύλαξη του «Άρθρου 10» αυτά θα πρέπει να διαχωρίζονται και να ανακυκλώνονται στην πηγή είτε να συλλέγονται ξεχωριστά και να μην αναμιγνύονται με άλλα απόβλητα. Τα κράτη μέλη καλούνται να προωθήσουν την ανακύκλωση, κομποστοποίηση και οικιακή κομποστοποίηση για λόγους περιβαλλοντικής προστασίας.

Παράλληλα υπάρχει και η Εθνική Νομοθεσία η οποία καλείτε να εναρμονιστεί με τους νόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Κυπριακή νομοθεσία για την διαχείριση των αποβλήτων βασίζεται στην αντίστοιχη Ευρωπαϊκή νομοθεσία και τις σχετικές οδηγίες. Ξεκινώντας με τον νόμο 185(Ι)/2011 ως ο βασικότερος όσο αφορά την διαχείριση των αποβλήτων και ταυτίζεται με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ. Πιο αναλυτικά δίνετε ιδιαίτερη σημασία στον αποχαρακτηρισμό των αποβλήτων, την ιεράρχηση τους, στην ανακύκλωση, τον διαχωρισμό των οργανικών αποβλήτων για κομποστοποίηση και ανάκτηση ενέργειας και πρόγραμμα πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων. Αναλυτικότερα οι στόχοι που έχει θέση η Κυπριακή Δημοκρατία είναι ο διαχωρισμός του 50% των δημοτικών στερεών αποβλήτων μέχρι το τέλος του 2027, το 15% των οργανικών αποβλήτων να συλλέγεται χωριστά, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα τα οποία συλλέγονται σε χώρους υγειονομικής ταφής πρέπει να μειωθούν στο 35% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας που είχαν παραχθεί το 1995, το οποίο ανέρχεται σε 95000 τόνους. Επιπλέον, έχει θέσει την

εκπαίδευση και κατάρτιση των πολιτών σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων και αύξηση του βαθμού ευαισθητοποίησης και συμμετοχής του κοινού σε θέματα διατήρησης αποβλήτων. Αυτά έχουν ως τελικό στόχο την εξασφάλιση της προστασίας τους περιβάλλοντος.

2.5 Τρόποι διαχείρισης βιοαποβλήτων

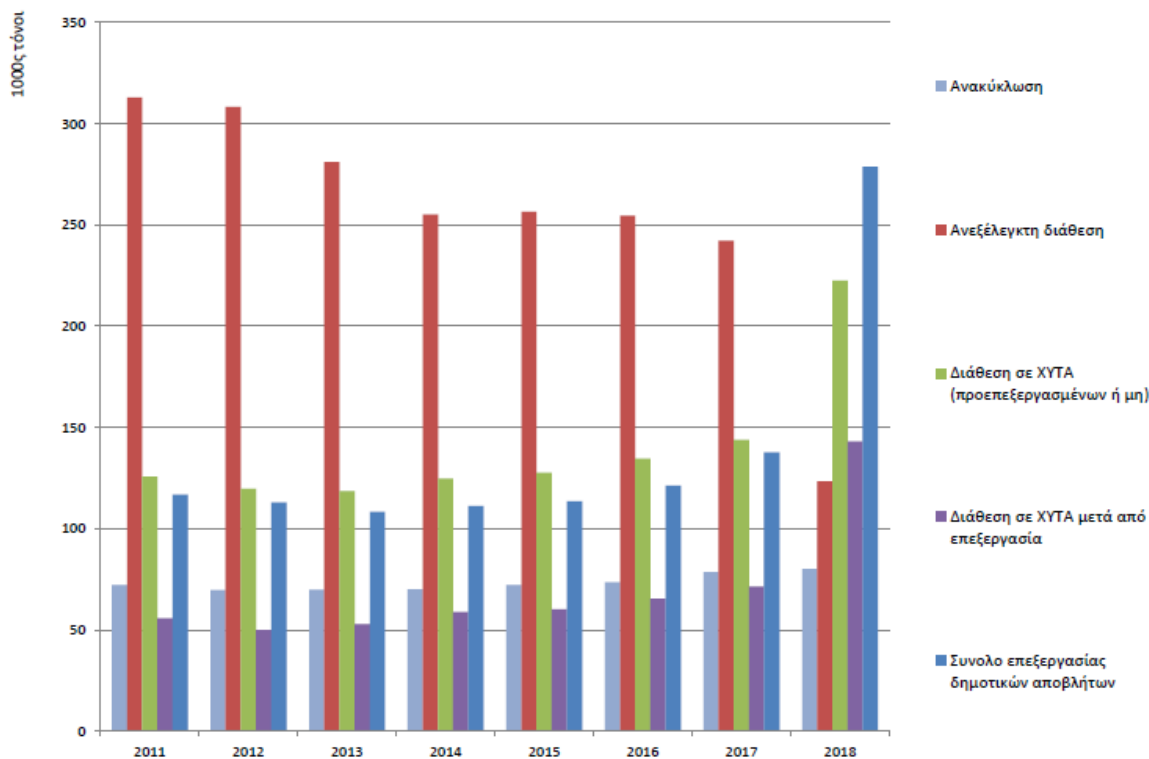
Τα βιοαπόβλητα είναι ένα σημαντικό κομμάτι της καθημερινότητας μας, καθώς παράγονται σε μεγάλο βαθμό από τον καθένα μας. Λόγω αυτού όπως και του σημαντικού αρνητικού αντίκτυπου που έχουν στο περιβάλλον αναπτύχθηκαν και αναπτύσσονται διάφορες μέθοδοι διαχείρισης των βιοαποβλήτων, αποφορτίζοντας με αυτό το τρόπο τους χώρους υγειονομικής ταφής, ανακτώντας ενέργεια και ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι οι οποίες έχουν αναπτυχθεί με τα χρόνια και έχουν αυξήσει σημαντικά την σωστή διαχείριση των βιοαποβλήτων. Αναλυτικότερα υπάρχουν οι εξής μέθοδοι επεξεργασίας.

Αερόβια επεξεργασία (Κομποστοποίηση): Η κομποστοποίηση συγκαταλέγεται στις βιολογικές διεργασίες επεξεργασίας και με την αερόβια επεξεργασία αποσύνθεσης τις οργανικής ύλης και υπό ελεγχόμενες συνθήκες μπορεί να παραχθεί εδαφοβελτιωτικό (κόμποστ). Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση είναι το μέγεθος των σωματιδίων, η υγρασία, το διαθέσιμο οξυγόνο, το pH, η θερμοκρασία και η αναλογία αζώτου άνθρακα (C/N). Η κομποστοποίηση μπορεί να διαχωριστεί και σε κάποιες περεταίρω υποκατηγορίες ξεκινώντας από την οικιακή κομποστοποίηση. Στην οικιακή κομποστοποίηση περιλαμβάνονται τα υπολείμματα τροφών και τα απορρίμματα κήπων. Τα σημαντικά πλεονεκτήματα τα οποία έχει είναι η αποφυγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την μεταφορά τους και η ολοκλήρωση της ανακύκλωσης στην οικία μας αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο επιπλέον επιβάρυνση στο περιβάλλον και περεταίρω έξοδα. Με την σειρά της αυτή χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες διεργασίας, την θερμή κομποστοποίηση η οποία παράγει κόμποστ γρήγορα (λιγότερο των 12 εβδομάδων) και είναι κατάλληλη για οικίες με μεγάλες παραγωγές οργανικών απορριμμάτων, την ψυχρή κομποστοποίηση η οποία είναι πιο αργή (6-12 μήνες) και είναι κατάλληλη σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει σταθερή παραγωγή οργανικών αποβλήτων, και η κομποστοποίηση υψηλού περιεχομένου (σε φυτικές ίνες) η οποία παράγεται από οικίες με ελάχιστα απόβλητα κήπων. Ακόμη υπάρχει η διαλογή στην πηγή η οποία γίνεται με την βοήθεια κάδων οικιακά ή κάδων σε προκαθορισμένα σημεία. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να δημιουργηθεί εδαφοβελτιωτικό καλύτερης ποιότητας.

Αναερόβια επεξεργασία: Όπως η κομποστοποίηση έτσι και η αναερόβια χώνευση συγκαταλέγεται στις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας. Σε αυτή την επεξεργασία με απουσία οξυγόνου η οργανική ύλη μετατρέπεται σε βιοαέριο (μεθάνιο CH_4 και διοξείδιο του άνθρακα CO_2) το οποίο χρησιμοποιείτε ως καύσιμο άρα και κατά συνέπεια ανάκτηση ενέργειας. Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται για πολλές δεκαετίες και καθίσταται ως μια χαμηλού κόστους βιολογική διαδικασία. Ακόμη κάποια από τα σημαντικά πλεονεκτήματα τα οποία έχει η μέθοδος αυτή είναι το ότι απομακρύνει σε υψηλό ποσοστό το οργανικό φορτίο και είναι κατάλληλη για ισχυρά οργανικά απόβλητα. Τα χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν περισσότερο την διεργασία αυτή είναι η θερμοκρασία, η συγκέντρωση των στερεών, ο αριθμός των φάσεων και το σύστημα ανάμιξης. Κάθε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά ανάλογα μπορεί να μας δώσει διάφορα είδη αναερόβιας χώνευσης. Μετά την έναρξη της διαχωρίζεται σε τέσσερα στάδια την υδρόλυση, την

οξεογένεση, την οξικογένεση και την μεθανογένεση. Επίσης η υπολειπόμενη ιλύς η οποία παραμένει μετά την διεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κόμποστ εάν το περιεχόμενο των βαρέων μετάλλων είναι εντός των ορίων που απαιτούνται για κόμποστ.

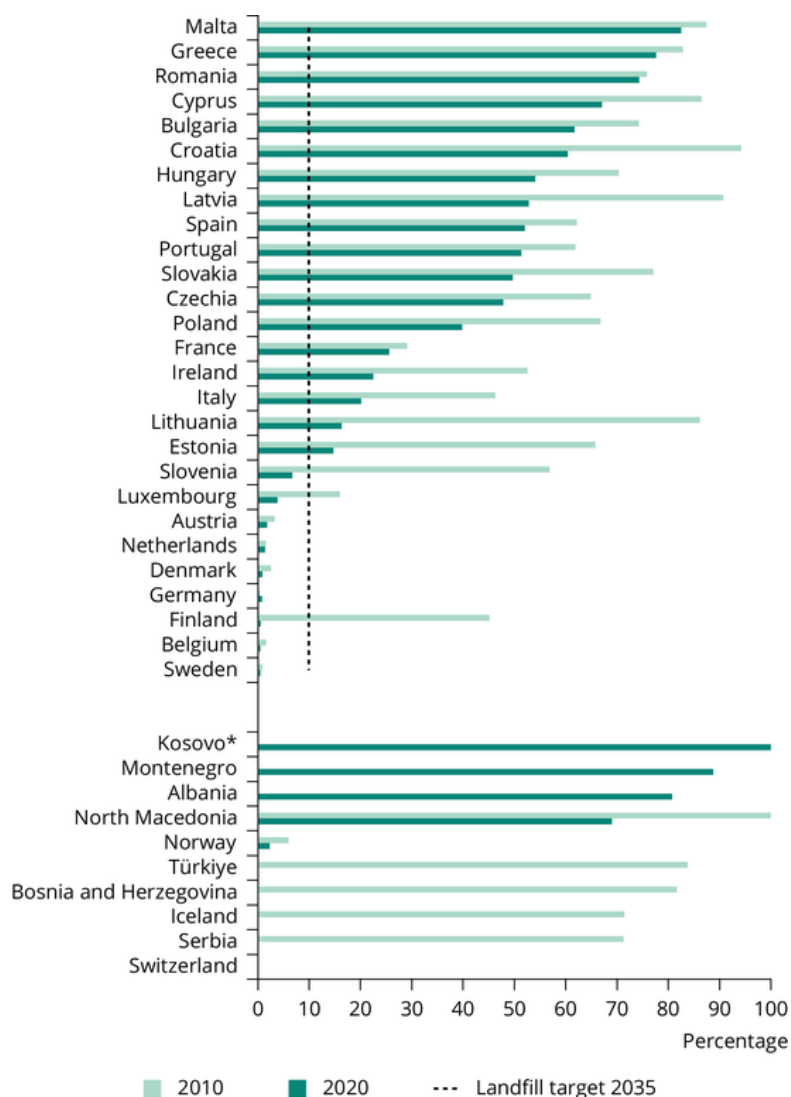
Βιολογική Ξήρανση: Η βιολογική ξήρανση αποτελεί μια διαδικασία επεξεργασίας που αξιοποιεί φυσικό και εξαναγκασμένο αερισμό. Η βασική αρχή της στηρίζεται στην αξιοποίηση της εσωτερικής ενέργειας που προκύπτει από την αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων. Οι κύριοι μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στη διάσπαση των οργανικών υλικών περιλαμβάνουν βακτήρια, μύκητες και ακτινομύκητες. Η τεχνολογία της βιολογικής ξήρανσης αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο προεπεξεργασίας για οργανικά απόβλητα με υψηλή υγρασία. Για την ομαλή ανάπτυξη των μικροοργανισμών απαιτείται θερμοκρασία μεταξύ 40°C και 70°C, καθώς και κατάλληλο σύστημα αερισμού εντός του αντιδραστήρα. Η διαδικασία πραγματοποιείται σε δεξαμενές εντός κλειστής εγκατάστασης ή σε κλειστούς αντιδραστήρες. Προηγουμένως, τα απόβλητα υφίστανται μηχανική επεξεργασία, προετοιμάζοντας τον όγκο τους για τη βιολογική ξήρανση. Το ξηραμένο υλικό που προκύπτει μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο υψηλής ενεργειακής αξίας, αξιοποιούμενο για παραγωγή ενέργειας.



Διάγραμμα 2. 1 Διαχείριση αποβλήτων στην Κύπρο

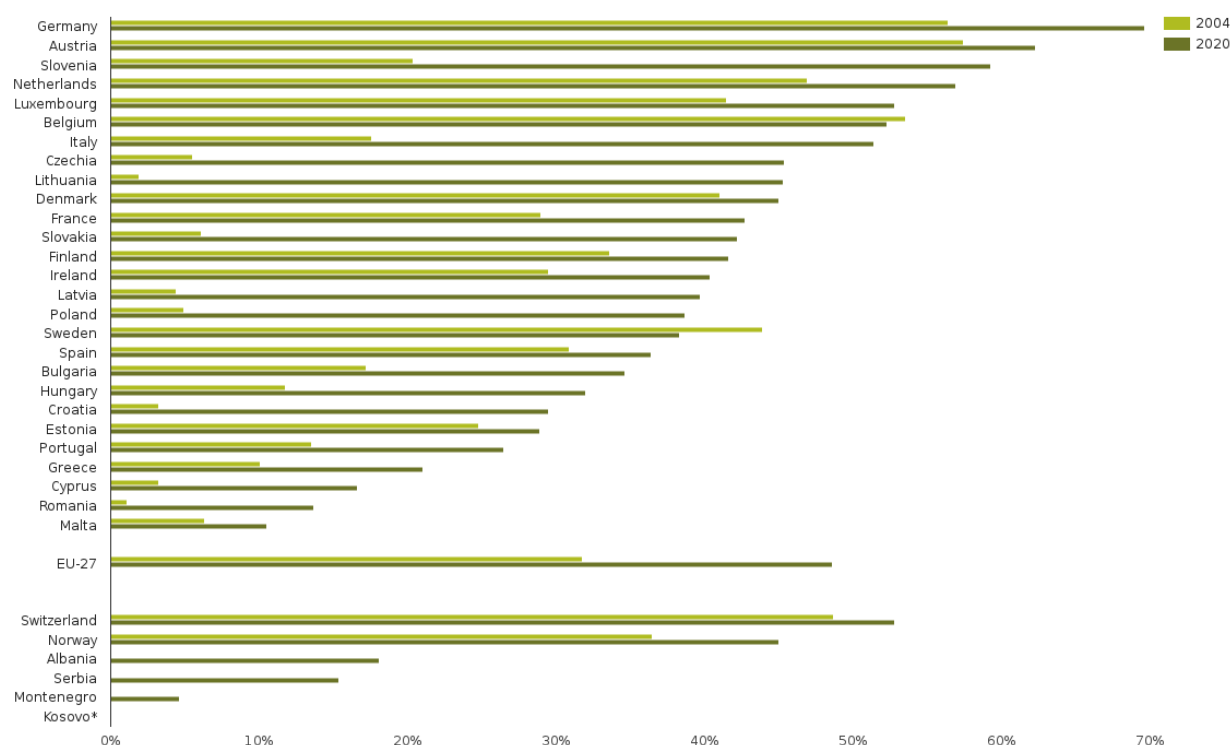
Η γενική διαχείριση αποβλήτων όπως παρουσιάζετε στο πιο πάνω διάγραμμα και σύμφωνα με τα δεδομένα της στατιστικής υπηρεσίας δείχνουν τα πιο κάτω αποτελέσματα:

- Η ανακύκλωση αυξάνετε ραγδαία τα τελευταία χρόνια
- Η ανεξέλεγκτη διάθεση έχει μειωθεί σε σημαντικό βαθμό
- Η διάθεση σε ΧΥΤΑ μετά από επεξεργασία έχει αυξηθεί σημαντικά
- Το σύνολο επεξεργασίας των δημοτικών αποβλήτων έχει πολύ μεγάλη αύξηση



Διάγραμμα 2. 2 Ποσοστό υγειονομικής ταφής αστικών αποβλήτων σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Το ποσοστό υγειονομικής ταφής το οποίο γίνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με την στατιστική υπηρεσία, αν εξαιρέσουμε κάποιες αρκετά αναπτυγμένες χώρες όπως Ολλανδία, Δανία, Αυστρία και άλλες, βρίσκετε σε πολύ υψηλό επίπεδο παρά την σημαντική μείωση των τελευταίων χρόνων, και πολύ μακριά από τον στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2035.



Διάγραμμα 2. 3 Ποσοστό αστικών αποβλήτων τα οποία ανακυκλώνονται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Το ποσοστό αστικών αποβλήτων το οποίο ανακοινώνεται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα τελευταία 15 χρόνια έχει αυξηθεί ραγδαία σύμφωνα με την στατιστική υπηρεσία. Ειδικότερα στις χώρες οι οποίες ήταν σε πολύ χαμηλά ποσοστά, όπως Τσεχία, Λιθουανία, Ιταλία, Πολωνία και άλλες, παρουσιάζεται αρκετά μεγάλη αύξηση του ποσοστού αυτού, αλλά με ακόμα αρκετά περιθώρια βελτίωσης.

2.6 Κομποστοποίηση – Παράγοντες που Επηρεάζουν – Παραγόμενες Ποσότητες

Για την καλή και σωστή λειτουργία της αερόβιας επεξεργασίας (κομποστοποίηση) είναι απαραίτητη η χρήση πράσινων αποβλήτων (κλαδέματα) ως δομικό υλικό μαζί με συνδυασμό των οργανικών αποβλήτων. Η διαδικασία της κομποστοποίησης πραγματοποιείται με την παρουσία μικροοργανισμών και λαμβάνονται σημαντικά υπόψιν οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν σημαντικά την αποικοδόμηση.

Πρώτος παράγοντας είναι ο αερισμός, όπως έχει προαναφερθεί η διαδικασία της κομποστοποίησης είναι αερόβια διαδικασία, επομένως το οξυγόνο είναι υψίστης σημασίας καθώς μόνο έτσι μπορεί να διασφαλιστεί η ανάπτυξη των μικροοργανισμών και έτσι να επιτευχθεί η οξειδωση των οργανικών υλικών. Το ποσοστό οξυγόνου πρέπει να κυμαίνεται από 15-20%. Όταν τα όρια του οξυγόνου είναι χαμηλά αυτό σημαίνει ότι η αναερόβιοι οργανισμοί υπερτερούν των αερόβιων και έτσι η διαδικασία της κομποστοποίησης επιβραδύνεται και δημιουργούνται διάφορες δυσοσμίες. Εκτός από την παροχή οξυγόνου ο αερισμός επιτρέπει στην παραγόμενη θερμοκρασία και στους υδρατμούς να απομακρυνθούν και έτσι να υπάρχει μεγαλύτερος έλεγχος τους. Συνολικά υπάρχουν τρεις μέθοδοι αερισμού, η πρώτη είναι η μηχανική ανάδευση σορού και η δεύτερη είναι επαγωγική μεταφορά ροής αέρα οι οποίες χρησιμοποιούνται για κομποστοποίηση σε σειράδια, και η τρίτη ο μηχανικός αερισμός που εξαρτάται πλήρως από το πορώδες του σορού. (Atalia et al., 2015)

Δεύτερη και ίσως από της πιο σημαντικές παραμέτρους είναι η υγρασία. Το νερό είναι απαραίτητο για όλη την μικροβιακή δραστηριότητα και πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλες ποσότητες καθ' όλη την διάρκεια της κομποστοποίησης. Το ιδανικό ποσοστό υγρασίας για το αρχικό στάδιο της κομποστοποίησης είναι 60% και στο τέλος το 30% για να αποτρέψει την περεταίρω βιολογική δραστηριότητα και να σταθεροποιηθεί το υλικό. Τα χαμηλά επίπεδα υγρασίας υποδηλώνουν γρήγορη αφυδάτωση της μάζας, γεγονός που αναστέλλει τη βιολογική διεργασία δίνοντας ένα βιολογικά ασταθές κόμποστ. Αντίθετα τα υψηλά επίπεδα υγρασίας φράζουν τους πόρους και εμποδίζουν την ανταλλαγή αερίων. Η υγρασία εξαρτάται από το είδος των οργανικών υλικών και για να επιτευχθεί η κατάλληλη πρέπει να αναμιχθούν τα υλικά μεταξύ τους. Αν χρειάζεται να αυξηθεί η υγρασία επιτυγχάνεται με το να βρέχεται, και αν πρέπει να μειωθεί ανακατεύεται με ξηρά υλικά. (Pace et al., 1995)

Ακόμη μια εξίσου σημαντική παράμετρος είναι η θερμοκρασία. Σχετίζεται άμεσα με τον ρυθμό αποδόμησης της οργανικής ύλης και αποτελεί στοιχείο για την παρακολούθηση της δραστηριότητας των μικροοργανισμών. Όταν οι θερμοκρασίες που υπάρχουν είναι κατώτερες των 15°C επιβραδύνουν σημαντικά την διαδικασία κομποστοποίησης ή και ακόμη την σταματούν, όπως επίσης και στην περίπτωση που η θερμοκρασία υπερβεί του 70°C περιορίζεται η δραστηριότητα των μικροοργανισμών και μπορούν να φράσουν μέχρι και τον θάνατο. Η βέλτιστη θερμοκρασία που πρέπει να επικρατεί ποικίλει καθώς υπάρχουν πολλές προτεινόμενες θερμοκρασίες οι οποίες κυμαίνονται από 45°C μέχρι 65°C. Αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη τότε μπορεί να ρυθμιστεί με τον αερισμό, δηλαδή ανακατεύοντας τον σορό, και στην περίπτωση που η θερμοκρασία είναι μικρότερη τότε προστίθενται υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο έτσι ώστε να ρυθμιστεί. (Atalia et al., 2015)

Μια ακόμη παράμετρος που συντελεί στον τρόπο ελέγχου της διεργασίας της κομποστοποίησης είναι η οξύτητα και η αλκαλικότητα (pH). Η ιδανική τιμή του pH πρέπει να κυμαίνεται από 5,5 μέχρι

8,5 και αυτό γιατί τα βακτήρια προτιμούν ένα ουδέτερο περιβάλλον. Όταν το περιβάλλον γίνεται αρκετά όξινο τότε ο πληθυσμός των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια μειώνεται η ταχύτητα της διαδικασίας. Σε αντίθετη περίπτωση όταν το περιβάλλον είναι αλκαλικό τότε γίνεται μετατροπή του αζώτου σε αμμωνία και χάνεται από την οργανική μάζα, αυτό έχει πάλι σαν επίπτωση την μείωση του ρυθμού κομποστοποίησης.(Chowdhury, 2014)

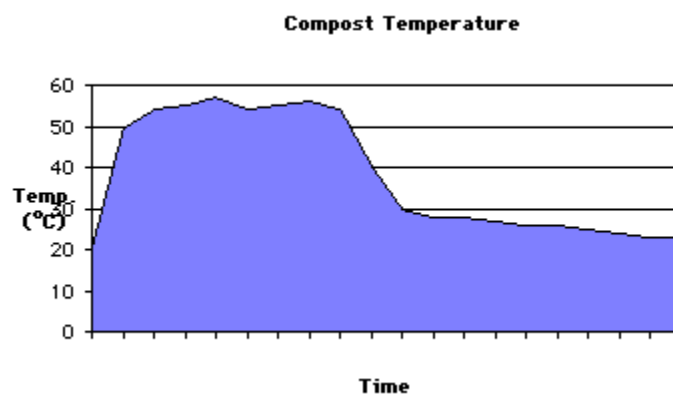
Ο λόγος άνθρακα προς άζωτο (C/N) αποτελεί δείκτη χουμοποίησης αλλά και δείκτη της γενικότερης δραστηριότητας των μικροοργανισμών. Ο λόγος αυτός αναφέρεται στην ικανότητα των μικροβιακών πληθυσμών και αποδοθούν την οργανική ύλη. Ο άνθρακας παρέχει την ενέργεια που χρειάζονται οι μικροοργανισμοί για τις μεταβολικές τους διαδικασίες. Μέσω της διάσπασης των ανθρακούχων ενώσεων και της οξειδωσής τους, οι μικροοργανισμοί αποκομίζουν την ενέργεια που απαιτείται για τη δραστηριότητά τους, γεγονός που οδηγεί και σε μείωση της συνολικής μάζας κατά την κομποστοποίηση. Το άζωτο, από την άλλη, είναι απαραίτητο για τη σύνθεση βασικών συστατικών των κυττάρων και επηρεάζει την αναπαραγωγή των μικροοργανισμών, αν και η έλλειψή του δεν σταματά πλήρως τη μικροβιακή δράση. Η βέλτιστη αναλογία C/N που συνιστάται να έχει ένας σωρός είναι 25:1 – 30:1. Για τιμές μικρότερες του 20:1 καταναλώνεται πλήρως ο διαθέσιμος άνθρακας χωρίς να έχει σταθεροποιηθεί όλο το άζωτο. Σε αυτή την περίπτωση το επιπλέον άζωτο χάνεται στην ατμόσφαιρα ως αμμωνία δημιουργώντας δυσάρεστες οσμές. Με την συσσώρευση αμμωνίας προκαλούνται αναερόβιες συνθήκες και έτσι υποβαθμίζεται ο σωρός. Όταν ο λόγος ξεπερνάει το 50:1 επιβραδύνεται η διαδικασία λόγω της απότομης κυτταρικής ανάπτυξης και της εξαντλήσεως του διαθέσιμου αζώτου.(Atalia et al.,2015)

Τελευταία αλλά εξίσου σημαντική παράμετρος είναι το μέγεθος των σωματιδίων. Το μέγεθος πρέπει να είναι μικρό έτσι ώστε να μπορεί να βιοποδομηθεί εύκολα και ταυτόχρονα να μην είναι πολύ μικρό έτσι ώστε το πορώδες να βοηθά στο σωστό αερισμό. Το ιδανικό μέγεθος των σωματιδίων είναι 1,5-5 cm. (Atalia et al.,2015)

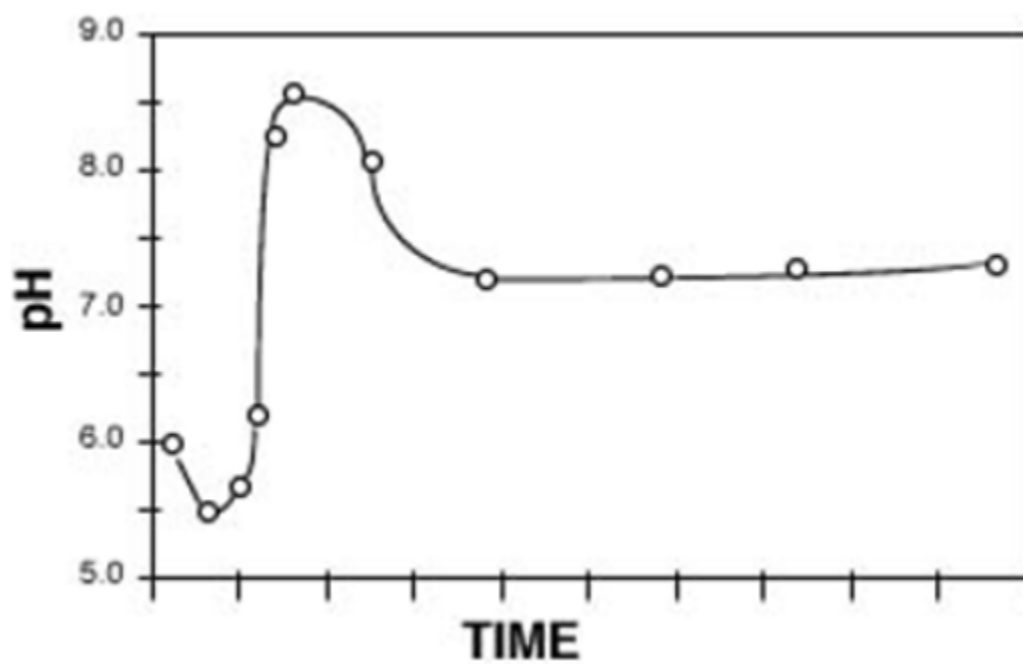
Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας με το βέλτιστο εύρος τιμών των παραμέτρων.

Πίνακας 2. 1 Βέλτιστες Τιμές Παραμέτρων Κομποστοποίησης

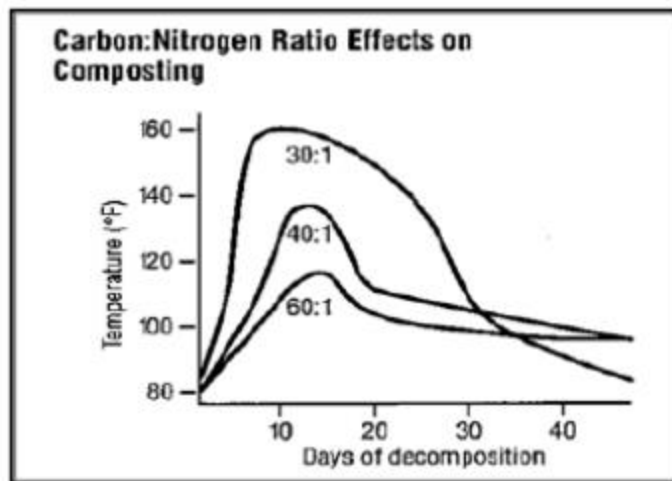
Παράμετρος	Βέλτιστο Εύρος Τιμών
Αερισμός (Ποσοστό Οξυγόνου)	15-20%
Υγρασία (Αρχικό Ποσοστό)	60%
Υγρασία (Τελικό Ποσοστό)	30%
Θερμοκρασία	45-65 °C
pH	5,5-8,5
Αναλογία C/N	25:1-30:1
Μέγεθος Σωματιδίων	1,5-5cm



Διάγραμμα 2. 4 Ενδεικτική Θερμοκρασία Κομποστοποίησης



Διάγραμμα 2. 5 Ενδεικτική Τιμή pH Κομποστοποίησης



Διάγραμμα 2. 6 Σχέση Λόγου C/N με την Θερμοκρασία στην Κομποστοποίηση

2.7 Συστήματα Κομποστοποίησης

Τα συστήματα κομποστοποίησης χωρίζονται σε δυο κύριες κατηγορίες, τα συστήματα ανοιχτού τύπου και τα συστήματα κλειστού τύπου. Η κύρια διαφορά τους είναι ότι τα συστήματα κλειστού τύπου χρειάζονται αντιδραστήρες.

Με την σειρά τους τα ανοιχτού τύπου συστήματα χωρίζονται σε δυο υποκατηγορίες, τα συστήματα σειραδιών και τους αεριζόμενους στατικούς σωρούς. Οι δυο αυτές τεχνικές διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται ο αερισμός τους. Το σύστημα σειραδιών είναι μια τεχνική η οποία δεν είναι και τόσο ανεπτυγμένη, παρόλα αυτά χρησιμοποιείτε αρκετά καθώς μπορεί, και προτιμάται για περιπτώσεις στις οποίες υπάρχουν μεγάλες ποσότητες οργανικών αποβλήτων και έτσι παράγονται μεγάλες ποσότητες κόμποστ. Η διαδικασία κομποστοποίησης μέσω αυτής τεχνικής χρειάζεται μεγάλη έκταση για την τοποθέτηση, και περιλαμβάνει τη δημιουργία μεγάλων σειραδιών, κατά προτίμηση στεγασμένες έτσι ώστε να αποφεύγεται η βροχόπτωση και να μην υπάρχει περεταίρω υγρασία στο σωρό, οι οποίες στις πλείστες περιπτώσεις με την βοήθεια αυτόματων μηχανημάτων αναδεύονται ούτως ώστε να υπάρχει αρκετό οξυγόνο σε όλα τα σημεία του σωρού για να παραμείνουν οι αερόβιες συνθήκες που χρειάζονται για την επιτυχή διαδικασία της κομποστοποίησης. Λόγο του απλού σχεδιασμού τους αποτελούν μια πολύ οικονομική μέθοδο κομποστοποίησης. Η διαδικασία αυτή διαρκεί συνήθως 4–6 εβδομάδες, προκειμένου το παραγόμενο κόμποστ να είναι έτοιμο για χρήση ως λίπασμα. Στην τεχνική με αεριζόμενους στατικούς σωρούς, όπως και στο σύστημα σειραδιών, ο σωρός τοποθετείται με παρόμοια διάταξη. Η μέθοδος αυτή θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλη για ομοιογενή μίγματα αποβλήτων, όπως τα κλαδέματα και τα αστικά στερεά απόβλητα. Για να εξασφαλιστεί ικανοποιητικός αερισμός, χρησιμοποιούνται υλικά όπως πριονίδια και τεμαχισμένες εφημερίδες, τα οποία διευκολύνουν την

κυκλοφορία του αέρα μέσα στον όγκο των αποβλήτων.. Ο αερισμός πραγματοποιείται με αναρρόφηση αέρα είτε με εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα μέσω δικτύου σωληνώσεων κάτω από τον σορό. Οι ανεμιστήρες για τον αέρα μπορεί να ενεργοποιούνται με χρονοδιακόπτη είτε με αισθητήρες θερμοκρασίας. Η εξωτερική επιφάνεια του σορού μπορεί να καλυφθεί με έτοιμο κόμποστ το οποίο δρα ως θερμομονωτικό αλλά και μονωτικό οσμών. Ο χρόνος παραγωγής του κόμποστ με αυτή την τεχνική κυμαίνεται από 3 έως 6 μήνες. (Shammas, N. K. and Wang, L. K., 2009)

Τα κλειστά συστήματα κομποστοποίησης πραγματοποιούνται σε κλειστούς αντιδραστήρες εξαναγκασμένου αερισμού και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τους κατακόρυφους, οριζόντιους και περιστρεφόμενους τυμπάνους. Επιπλέον μπορούν να διαχωριστούν σε αναδεδυμένους και μη, με τους πρώτους να βοηθάνε στον καλύτερο αερισμό του μίγματος. Σε αυτού του τύπου τα συστήματα υπάρχει δυνατότητα πολύ καλύτερου ελέγχου των παραμέτρων που επηρεάζουν την διαδικασία καθώς και περιορισμό των οσμών που απελευθερώνονται (σχεδόν μηδενικές). Έχουν δυνατότητα να επεξεργαστούν σχεδόν όλους τους τύπους οργανικής ύλης και επίσης μικρή ανάγκη για χώρο. Ο χρόνος παραγωγής του κόμποστ με αυτή την τεχνική κυμαίνεται από 4 έως 8 εβδομάδες. (Idris, A., Saed, K., Hung, 2010)

2.8 Αναερόβια Χώνευση - Παράγοντες που Επηρεάζουν – Παραγόμενες Ποσότητες

Ως Αναερόβια Χώνευση ονομάζεται η ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε απουσία οξυγόνου. Τα κύρια προϊόντα της επεξεργασίας είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4) και την χωνεμένη ιλύς. Το παραγόμενο αέριο, γνωστό ως βιοαέριο, αποτελείται κατά 99% από διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Η παραγόμενη ιλύς μπορεί είτε να εφαρμόζεται απευθείας στο έδαφος ως εδαφοβελτιωτικό είτε να υποβάλλεται σε περαιτέρω αερόβια επεξεργασία για σταθεροποίηση πριν από τη χρήση της. Ιστορικά, η παραγωγή βιοαερίου χρονολογείται από τον 10ο αιώνα, όταν οι Ασύριοι το χρησιμοποιούσαν για τη θέρμανση νερού. Τον 17ο αιώνα, ο Alessandro Volta παρατήρησε ότι από τα ιζήματα του πυθμένα μιας βαλτώδους λίμνης εκλύονταν αέρια, τα οποία συνέλεξε και απέδειξε ότι ήταν εύφλεκτα. Αυτή η παρατήρηση οδήγησε στην αναγνώριση της δυνατότητας παραγωγής μεθανίου μέσω βιολογικών διεργασιών. Η πρώτη καταγεγραμμένη εφαρμογή της αναερόβιας χώνευσης σε βιοχημικό επίπεδο πραγματοποιήθηκε το 1890 στην πόλη Έξτερ της Μεγάλης Βρετανίας, χρησιμοποιούμενη για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται παγκοσμίως για αρκετές δεκαετίες για την επεξεργασία βιολογικής ιλύος, κυρίως από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και αγροτικών αποβλήτων. Σχετικά πρόσφατα έχει ξεκινήσει να εφαρμόζεται για την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων προερχόμενα από αστικά στερεά απόβλητα, συχνά σε συνδυασμό με ιλύ βιολογικών καθαρισμών και/ή αγροτικά απόβλητα. Η σύγχρονη κοινωνία παράγει τεράστιες ποσότητες αποβλήτων, η σωστή και ορθολογική διαχείριση τους είναι αναγκαία για την προστασία του περιβάλλοντος. (Bond and Templeton, 2011)

Η αναερόβια χώνευση είναι μια αρκετά ευαίσθητη και πολύπλοκη διεργασία και αυτό οφείλεται στην αλληλεξάρτηση των μικροοργανισμών και τους παράγοντες που τους επηρεάζουν. Η Θερμοκρασία αποτελεί τον κύριο περιβαλλοντικό παράγοντα που επηρεάζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Διακρίνονται τρεις θερμοκρασιακές περιοχές για την βέλτιστη ανάπτυξη των μικροοργανισμών, την ψυχρόφιλη η οποία επικρατεί σε θερμοκρασίες μικρότερες των 20°C, την μεσόφιλη η οποία κυμαίνεται από 30-40°C και η θερμόφιλη με εύρος τιμών από 40-55°C. Η επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται κυρίως σε μεσοφιλικές και θερμοφιλικές συνθήκες λόγω της υψηλής αποδοτικότητας τους. Αν και στο σύνολο η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση φαίνεται να υπερτερεί της μεσόφιλης λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που έχει όπως τον μικρότερο όγκο εγκαταστάσεων, μεγαλύτερο ποσοστό αποδόμησης των οργανικών, ταχύτερη υδρόλυση και την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, συχνά προτιμάται η μεσοφιλική λόγω των σημαντικών μειονεκτημάτων που έχει η θερμόφιλη όπως ο σημαντικός βαθμός αστάθειας, η υψηλές απαιτήσεις ενέργειας και η μεγαλύτερη ευαισθησία σε τοξικές ενώσεις. Ένας ακόμη παράγοντας είναι το pH. Οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται και λειτουργούν χωρίς πρόβλημα για τιμές μεταξύ 6,8 και 7,5. Τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA) συνδέονται άμεσα με την ευστάθεια της διεργασίας, λόγω του ότι εμπεριέχονται στις ενδιάμεσες ενώσεις κατά την οξικογενεση. Επίσης την παρεμπόδιση της διεργασίας μπορεί να επηρεάσει η αμμωνία. Επιπλέον σημαντικό ρόλο έχουν διάφορα ιχνοστοιχεία όπως το σίδηρο, το νικέλιο, το κοβάλτιο, το σελήνιο, το μολυβδαίνιο τα οποία βοηθούν για τη αύξηση και τη επιβίωση των μικροοργανισμών. Σημαντικές παραμέτρους που επηρεάζουν την διαδικασία υπάρχουν και κατά την διάρκεια της λειτουργίας, με τις σημαντικότερες να είναι ο υδραυλικός χρόνος παραμονής και το οργανικό φορτίο. Ως υδραυλικός χρόνος παραμονής ορίζεται το χρονικό διάστημα που το υλικό παραμένει στον χωνευτήρα. Αυτός ο χρόνος θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος έτσι ώστε οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί να ολοκληρώσουν το κυτταρικό τους κύκλο και ο υπολογισμός του γίνεται από την ακόλουθη σχέση:(Meegoda et al., 2018)

$$HRT = V_R / Q$$

Όπου: HRT ο υδραυλικός χρόνος παραμονής σε (days)

V_R ο όγκος του χωνευτήρα σε (m^3)

Q ο όγκος του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα σε (m^3/day)

Επίσης το οργανικό φορτίο είναι μια σημαντική παράμετρος η οποία δείχνει πόσο πολύ οργανική ξηρή ουσία μπορεί να τροφοδοτηθεί στον χωνευτήριά, ανά m^3 όγκου και μονάδα χρόνου, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$B_R = m \cdot c / V_R$$

Όπου B_R το οργανικό φορτίο ($kg/day \cdot m^3$)

m η μάζα τροφοδοτημένου υποστρώματος ανά μονάδα χρόνου (kg/day)

c η συγκέντρωση οργανικής ουσίας (%)

V_R ο όγκος του χωνευτήρα (m^3)

Όπως κάθε βιοχημική διεργασία, έτσι και η αναερόβια χώνευση ακολουθεί συγκεκριμένα στάδια για την ολοκλήρωσή της. Η διαδικασία περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στάδια: υδρόλυση, οξειδογένεση, ακετογένεση και μεθανογένεση. Το πρώτο στάδιο, η υδρόλυση, στοχεύει στην αποδόμηση των οργανικών μακρομορίων σε μικρότερα μόρια που μπορούν να αξιοποιηθούν από τα οξειδογενή βακτήρια. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, τα υδρολυτικά βακτήρια εκκρίνουν εξωκυτταρικά ένζυμα που μετατρέπουν σύνθετους υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα σε απλά σάκχαρα, λιπαρά οξέα, αμινοξέα και πουρίνες-πυριμιδίνες αντίστοιχα. Η υδρόλυση είναι μια σχετικά αργή διαδικασία, η οποία μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως το είδος του υποστρώματος, το pH, το μέγεθος των σωματιδίων και την παραγωγή ενζύμων. Οι βέλτιστες συνθήκες για αυτήν κυμαίνονται σε θερμοκρασίες 30–50°C και τιμές pH 5–7. Στη συνέχεια, κατά το στάδιο της οξειδογένεσης, τα προϊόντα της υδρόλυσης απορροφώνται μέσω των κυτταρικών μεμβρανών και μετατρέπονται από τους οξειδογενείς μικροοργανισμούς σε ενδιάμεσα λιπαρά οξέα (VFAs) και άλλα προϊόντα. Η οξειδογένεση προχωρά ταχύτερα από τα άλλα στάδια και παρέχει τους πρόδρομους για το τελικό στάδιο της μεθανογένεσης. Μέρος του αρχικού υποστρώματος μετατρέπεται σε μορφή κατάλληλη για ακετοκλαστική μεθανογένεση μέσω της παραγωγής οξικού άλατος, ενώ τα υψηλότερα πτητικά λιπαρά οξέα παραμένουν ακόμη μη διαθέσιμα στους μεθανογόνους μικροοργανισμούς. Η ακετογένεση είναι η φάση κατά την οποία τα ανώτερα πτητικά λιπαρά οξέα και άλλα ενδιάμεσα προϊόντα μετατρέπονται σε οξικό άλας. Παράλληλα παράγεται και υδρογόνο, το οποίο σε υπερβολική συγκέντρωση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τους ακετογονικούς μικροοργανισμούς. Ωστόσο, χάρη στους υδρογονοτρόφους μεθανογόνους, το υδρογόνο καταναλώνεται γρήγορα, διατηρώντας τη μερική πίεσή του σε ευνοϊκά επίπεδα και διευκολύνοντας την εξωγενή αντίδραση. Το τελευταίο στάδιο της διεργασίας είναι η μεθανογένεση και παράγεται από τα μεθανογενή βακτήρια. Η μεθανογένεση αποτελεί σημαντικό ρόλο σε ολόκληρη την διεργασία της χώνευσης, δεδομένου ότι είναι η πιο αργή βιοχημική και ρυθμιστική αντίδραση. Τα μεθανογενή βακτήρια παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία και επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες λειτουργίας του βιοαντιδραστήρα. Παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη μεθανογένεση είναι η σύνθεση της πρώτης ύλης, η θερμοκρασία, το pH και ο ρυθμός τροφοδοσίας. Οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας, η αυξημένη παρουσία διαλυμένου οξυγόνου και η υπερφόρτωση του χωνευτήρα οδηγούν στη μείωση ή ακόμη και στον τερματισμό της παραγωγής μεθανίου. (Meegoda et al., 2018)

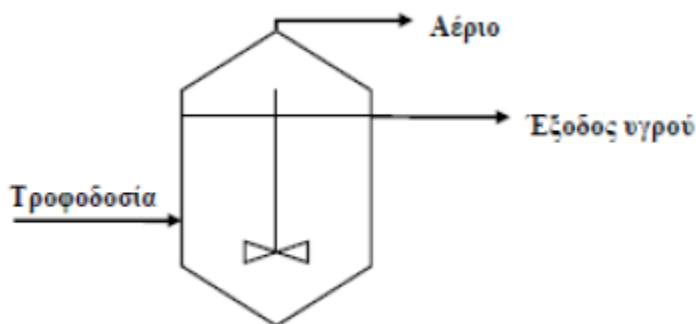
2.9 Σύστημα Αναερόβιας Χώνευσης

Από τους σημαντικότερους παράγοντες για την αποτελεσματική λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης είναι επιλογή του κατάλληλου συστήματος.

Τα κύρια κριτήρια για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος είναι το οικονομικό κόστος και τα χημικά, φυσικά, βιολογικά χαρακτηριστικά του αποβλήτου που έρχεται για επεξεργασία. Για να είναι αποδοτικό ένα αναερόβιο σύστημα πρέπει να έχει υψηλή κατακράτηση ενεργού βιομάζας στον αντιδραστήρα κατά την διάρκεια της λειτουργίας του, καθώς και επαρκή επαφή της βιομάζας μεταξύ του διαθέσιμου προς χώνευση αποβλήτου. Επίσης ο ρυθμός αντιδράσεων πρέπει να είναι υψηλός και απουσία περιορισμών από φαινόμενα μεταφοράς. Ακόμη πρέπει να υπάρχει ικανότητα προσαρμογής της βιομάζας σε διαφορετικούς τύπους αποβλήτων. Τέλος, εξίσου σημαντικό είναι να επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος για όλα τα είδη των μικροοργανισμών στις επιβαλλόμενες λειτουργικές συνθήκες.

Αναδευτήρας πλήρους ανάμειξης (Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR)

Η εξέλιξη των αναερόβιων χωνευτήρων συνδέεται στενά με την προσπάθεια αύξησης της συγκέντρωσης ενεργής αναερόβιας μάζας εντός του χωνευτήρα, με στόχο τη μεγιστοποίηση του ρυθμού αποδόμησης των οργανικών υποστρωμάτων και, παράλληλα, τη μείωση του κόστους εφαρμογής της αναερόβιας χώνευσης. Η φιλοσοφία σχεδιασμού επικεντρώθηκε σε αντιδραστήρες όπου ο χρόνος παραμονής της βιομάζας δεν εξαρτάται από τον χρόνο παραμονής του αποβλήτου. Αρχικά αναπτύχθηκαν αναερόβιες δεξαμενές πλήρους ανάδευσης, οι οποίες επιτρέπουν την επεξεργασία αποβλήτων με υψηλές συγκεντρώσεις στερεών, αλλά απαιτούσαν μεγάλους χρόνους παραμονής, καθιστώντας τις ακατάλληλες για απόβλητα με χαμηλό ρυπαντικό φορτίο. Για την αύξηση του χρόνου παραμονής των στερεών ανεξάρτητα από τον υδραυλικό χρόνο, οι αντιδραστήρες πλήρους ανάδευσης εξελίχθηκαν σε συστήματα με ανακυκλοφορία της λάσπης. Το κύριο μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ο δύσκολος διαχωρισμός της λάσπης από το επεξεργασμένο απόβλητο. Παρ' όλα αυτά, η μέθοδος παραμένει μια αποτελεσματική λύση για απόβλητα με υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών και λιπών. (C. Mao, Y. Feng, X. Wang and G. Ren, 2015).



Εικόνα 2. 1 Αναερόβιος χωνευτήρας πλήρους ανάμειξης

Αντιδραστήρας ανοδικής ροής διαμέσου στρωτής ιλύς (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor, UASB)

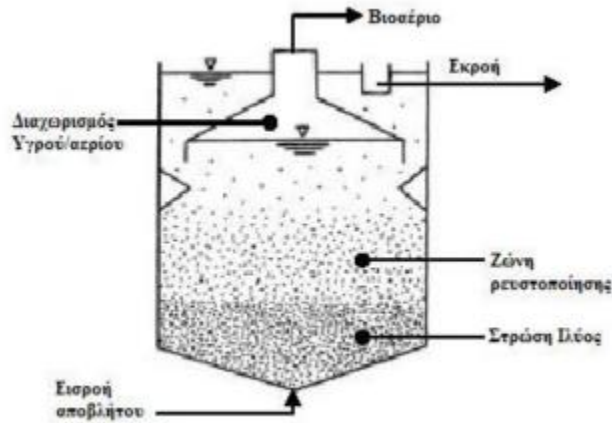
Ο αντιδραστήρας UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) είναι ένας αναερόβιος αντιδραστήρας που τροφοδοτείται από τον πυθμένα και χωρίζεται σε τέσσερα κύρια τμήματα: τη στρώση ιλύος, τη ζώνη ρευστοποίησης, τον διαχωριστή υγρού-αερίου και τη ζώνη κατακάθισης. Στη στρώση ιλύος πραγματοποιείται το στάδιο της υδρόλυσης. Ο UASB αποτελεί έναν από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους ταχύρρυθμους αναερόβιους αντιδραστήρες για την επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Η λειτουργία του βασίζεται στην καλή ικανότητα καθίζησης της αναερόβιας ιλύος, υπό την προϋπόθεση ότι αυτή δεν έχει υποστεί έντονη μηχανική ανάδευση. Η ομοιόμορφη κατανομή της ροής της ιλύος και η κατάλληλη ταχύτητα ανόδου εξασφαλίζουν επαρκή ανάδευση, σε συνδυασμό με την ανάδευση που προκαλείται από την ανοδική πορεία του παραγόμενου βιοαερίου. Με αυτόν τον τρόπο, η βιομάζα διατηρείται ως στρωτή ιλύς και παραμένει σε αιώρηση μέσω του ελέγχου της ταχύτητας ανόδου (Χ. Φεσά, 2011).

Οι πλεονεκτήματα των αντιδραστήρων UASB περιλαμβάνουν:

- Δυνατότητα λειτουργίας σε υψηλή συγκέντρωση βιομάζας και μεγάλους χρόνους παραμονής στερεών
- Απλός σχεδιασμός.
- Δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για μεταφορά μάζας.
- Απαιτείται μικρός όγκος χωνευτήρα.
- Υψηλή απόδοση αφαίρεσης οργανικού φορτίου.
- Σταθερή λειτουργία ακόμα και με διακυμάνσεις στην τροφοδοσία, λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης βιομάζας.
- Η παραγωγή βιοαερίου εξασφαλίζει ομοιόμορφες συνθήκες λειτουργίας εντός του αντιδραστήρα.
- Ευνοείται ο σχηματισμός συμπαγών κόκκων βιομάζας.

Τα μειονεκτήματα των αντιδραστήρων UASB είναι:

- Η απόδοση της διεργασίας επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά καθίζησης της ιλύος.
- Δεν είναι κατάλληλοι για απόβλητα με υψηλή συγκέντρωση στερεών.
- Ο σχηματισμός συμπαγών κόκκων βιομάζας απαιτεί συνεχή έλεγχο και ρύθμιση πολλών παραμέτρων λειτουργίας.



Εικόνα 2. 2 Αναδευτήρας UASB και τα διάφορα μέρη του

Αναερόβιος Αντιδραστήρας με Ανακλαστήρες (Anaerobic Baffled Reactor, ABR)

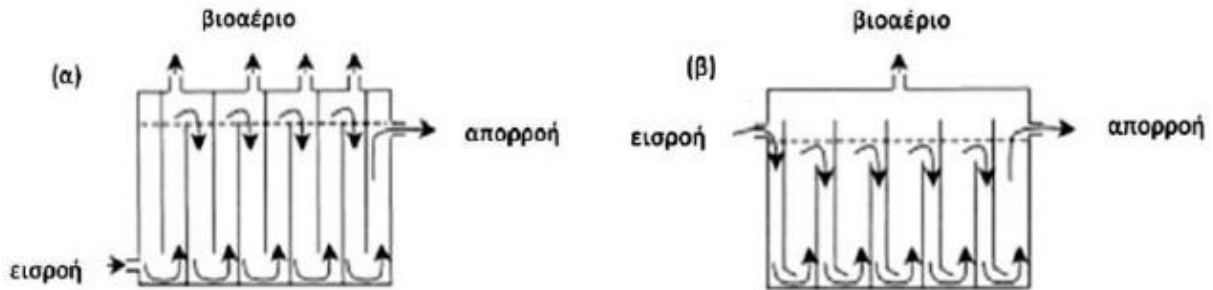
Ο αναερόβιος αντιδραστήρας με ανακλαστήρες (ABR) αποτελεί έναν ταχύρρυθμο τύπο αντιδραστήρα, ο οποίος βασίζεται στην αρχή της ανοδικής ροής διαμέσου στρώσης ιλύος, όπως οι αντιδραστήρες UASB, αλλά είναι χωρισμένος σε πολλαπλά διαμερίσματα. Ο ABR περιλαμβάνει μια σειρά κατακόρυφων ανακλαστήρων που καθοδηγούν τη ροή των αποβλήτων αρχικά προς τα κάτω και στη συνέχεια προς τα πάνω, καθώς μετακινούνται από την είσοδο προς την έξοδο του αντιδραστήρα. Αυτή η εναλλασσόμενη πορεία μειώνει την έκπλυση των μικροοργανισμών, επιτρέποντας στον αντιδραστήρα να διατηρεί ενεργή βιολογική λάσπη χωρίς επιπλέον μέσα σταθεροποίησης. Οι μικροοργανισμοί στο εσωτερικό του ABR πολλαπλασιάζονται και καθιζάνουν ενώ παράλληλα παράγουν βιοαέριο σε κάθε διαμέρισμα. Η κίνηση των αποβλήτων είναι σχετικά αργή, με αποτέλεσμα ο χρόνος παραμονής της βιομάζας (SRT) να μπορεί να φτάσει τις 100 ημέρες, ενώ ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT) είναι περίπου 20 ώρες. Η αργή αυτή οριζόντια ροή εξασφαλίζει την επαρκή επαφή των αποβλήτων με την ενεργή βιομάζα, ακόμη και σε συστήματα με σχετικά σύντομους υδραυλικούς χρόνους. Ο ABR λειτουργεί με βάση την ίδια αρχή κατακράτησης της βιομάζας όπως οι αντιδραστήρες τύπου UASB και, υπό κατάλληλες συνθήκες, μπορεί να θεωρηθεί ως σειρά από UASB αντιδραστήρες σε σειρά (P. Sallis and S. Uyanik, 2003).

Πλεονεκτήματα των αντιδραστήρων ABR:

- Απλός σχεδιασμός και οικονομική κατασκευή.
- Δεν απαιτείται ιδιαίτερη εγκατάσταση για το διαχωρισμό βιοαερίου, στερεών και υγρού.
- Η εναλλασσόμενη ανοδική και καθοδική ροή μειώνει την έκπλυση της βιομάζας.
- Μπορεί να λειτουργεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς την ανάγκη αφαίρεσης περίσσειας λάσπης.
- Σταθερή λειτουργία ακόμη και με διακυμάνσεις στην οργανική ή υδραυλική φόρτιση.

Μειονεκτήματα των αντιδραστήρων ABR:

- Κατάλληλος κυρίως για απόβλητα με χαμηλή συγκέντρωση στερεών.
- Η κατακράτηση της βιομάζας εξαρτάται από την ικανότητα καθίζησης της.
- Ο χρόνος παραμονής των στερεών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον υδραυλικό χρόνο παραμονής.

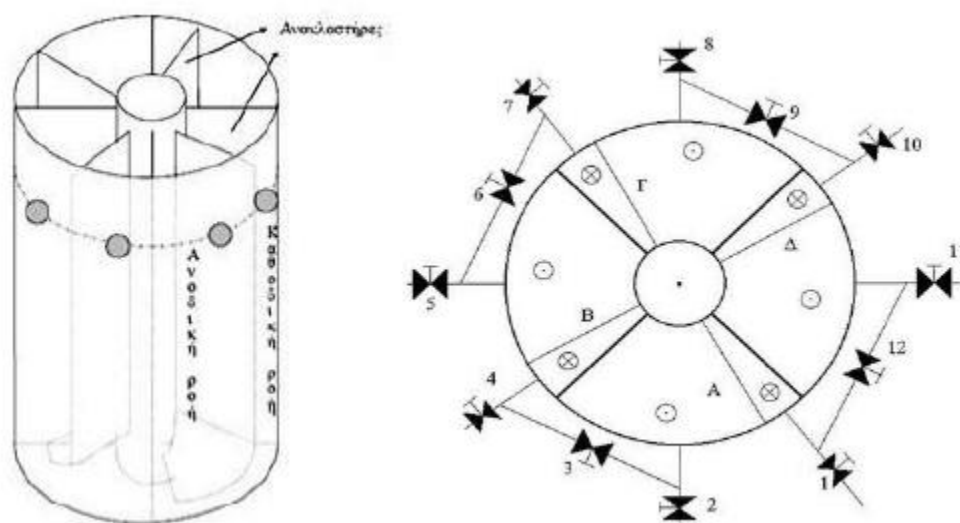


Εικόνα 2. 3 Αντιδραστήρας με ανακλαστήρες

Περιοδικός Αναερόβιος Αντιδραστήρας με Ανακλαστήρες (Periodic Anaerobic Baffled Reactor, PABR)

Ο PABR αποτελεί έναν ταχύρρυθμο και ευέλικτο αναερόβιο αντιδραστήρα, ικανό να επεξεργάζεται υψηλά οργανικά φορτία με σχετικά μικρούς χρόνους παραμονής. Η κατασκευή του περιλαμβάνει δύο ομόκεντρους κυλίνδρους, με τον χώρο ανάμεσά τους να χωρίζεται σε τέσσερα διαμερίσματα. Αυτή η διάταξη θυμίζει τον αντιδραστήρα ABR, αλλά τα διαμερίσματα τοποθετούνται σε κυκλική διάταξη. Κάθε διαμέρισμα περιλαμβάνει δύο τμήματα: ένα για την καθοδική ροή και ένα για την ανοδική ροή. Η τροφοδοσία εισέρχεται στο καθοδικό τμήμα μέσω μιας οπής στο πάνω μέρος, προχωρά προς το ανοδικό τμήμα, εξέρχεται από αυτό και στη συνέχεια κατευθύνεται στο επόμενο διαμέρισμα μέσω εξωτερικών σωληνώσεων. Η τελική απορροή πραγματοποιείται από το ανοδικό τμήμα του τελευταίου διαμερίσματος. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του PABR είναι η κυκλική εναλλαγή τροφοδοσίας των διαμερισμάτων, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλα τοποθετημένων βανών στο δίκτυο των εξωτερικών σωληνώσεων, εξασφαλίζοντας έτσι ομοιόμορφη λειτουργία και βέλτιστη επαφή των αποβλήτων με τη βιομάζα. Εκτρέποντας κατάλληλα την ροή, οι βάνες ελέγχουν εάν το ρευστό που εξέρχεται από το τμήμα ανοδικής ροής ενός διαμερίσματος θα μεταφερθεί στο επόμενο διαμέρισμα ή θα αποτελέσει απορροή. Αντίστοιχα οι βάνες ελέγχουν εάν το καθοδικό μέρος ενός διαμερίσματος θα τροφοδοτηθεί με την απορροή του προηγούμενου ή από καινούργια τροφοδοσία. Η συχνότητα εναλλαγής της τροφοδοσίας του αντιδραστήρα αποτελεί μια από τις κύριες παραμέτρους της λειτουργίας του αντιδραστήρα. Στην ακραία περίπτωση όπου η συχνότητα εναλλαγής είναι μηδέν, ο αντιδραστήρας συμπεριφέρεται σαν αντιδραστήρας ABR, ενώ όταν η συχνότητα εναλλαγής τείνει στο άπειρο, η λειτουργία του αντιδραστήρα προσομοιάζει τη λειτουργία ενός αντιδραστήρα UASB. Ρυθμίζοντας έτσι την συχνότητα εναλλαγής της τροφοδοσίας σε μια ενδιάμεση τιμή, ο αντιδραστήρας λειτουργεί σε μια «ενδιάμεση» κατάσταση των δυο ακραίων καταστάσεων, γεγονός που του προσδίδει το πλεονέκτημα της ευελιξίας. Τα πλεονεκτήματα του PABR είναι κατά κύριο λόγο η ευελιξία στη λειτουργία του, η δυνατότητα χρήσης του εσωτερικού κυλίνδρου ως

εναλλάκτη θερμότητας ενώ τέλος ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες λόγω του σχήματος του (ελάχιστη επιφάνεια ανά μονάδα όγκου). (I. Skiadas and G. Lyberatos, 1998)



Εικόνα 2. 4 Περιοδικός αναερόβιος αντιδραστήρας με ανακλαστήρες

2.10 Βιοαέριο

Το βιοαέριο αποτελεί ένα είδος ανανεώσιμης ενέργειας, το οποίο παράγεται από την διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης. Αποτελείται κατά κύριο λόγο από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα με τα ποσοστά τους να κυμαίνονται από 55-70% και 30-45% αντίστοιχα. Η ενεργειακή του αξιοποίηση γίνεται μέσω μηχανών εσωτερικής καύσης, σε καυστήρες αερίου ή σε αεροστρόβιλους, ώστε να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, καθώς και με την κατάλληλη επεξεργασία και αναβάθμιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για μετακίνηση οχημάτων.

Ιστορικά οι πρώτες αναφορές για αξιοποίηση του βιοαερίου υπολογίζεται περίπου στα μέσα του 19^{ου} αιώνα στη Νέα Ζηλανδία, Ινδία και Ηνωμένο Βασίλειο, όπου αξιοποιούνταν για την τροφοδοσία λαμπτήρων στους δρόμους. Σήμερα το βιοαέριο θεωρείται ένα ανανεώσιμο καύσιμο το οποίο μπορεί να καλύπτει συγκεκριμένες ενεργειακές ανάγκες με βάση τις διαθέσιμες τεχνολογίες. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η παραγωγή του γίνεται κυρίως σε μικρούς οικιακούς χωνευτήρες με σκοπό την παροχή καυσίμων για φωτισμό και μαγείρεμα. Οι ανεπτυγμένες χώρες αξιοποιούν το βιοαέριο μέσω μεγάλων μονάδων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας, καυσίμων αυτοκινήτου και υδρογόνου ως καύσιμο για κυψέλες καυσίμου.

Τα κυριότερα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στην αναερόβια χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου είναι η ιλύς κατόπιν πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας καθίζησης αστικών αποβλήτων, τα οργανικά απόβλητα, τα ζωτικά απόβλητα αλλά και τα απόβλητα βιομηχανιών. Η σύσταση του

υποστρώματος είναι καθοριστικής σημασίας όσο αφορά την ποιότητα αλλά ακόμη και την ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου. Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν το υπόστρωμα είναι η σύσταση του, ο λόγος άνθρακα προς άζωτο (C/N), η περιεκτικότητα τους σε νερό και η επεξεργασία του. Τα οργανικά συστατικά ενός υποστρώματος αποτελούνται κυρίως από υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες. Η κάθε μια από αυτές της κατηγορίες συνεισφέρει με τον τρόπο της στην παραγωγή του βιοαερίου.

Το **βιοαέριο** αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), αμμωνία (NH_3), υδρατμούς (H_2O) και υδρόθειο (H_2S). Είναι δυνατή η επεξεργασία και αναβάθμισή του, ώστε η περιεκτικότητά σε μεθάνιο να υπερβαίνει το 98%, με αποτέλεσμα την αύξηση της ενεργειακής του απόδοσης. Η σύσταση και οι ιδιότητες του βιοαερίου ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης, τη σχεδίαση της μονάδας, τον χρόνο παραμονής και τη θερμοκρασία λειτουργίας. Θεωρώντας ότι το βιοαέριο περιέχει 50% μεθάνιο, η μέση θερμαντική του αξία υπολογίζεται σε περίπου 21 MJ/Nm^3 , η μέση πυκνότητά του σε $1,22 \text{ kg/Nm}^3$ και η μέση μάζα σε $1,29 \text{ kg/Nm}^3$.

Πίνακας 2. 2 Σύσταση Βιοαερίου

Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα (κατ' όγκο-%)
Μεθάνιο	CH_4	50-75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO_2	25-45
Υδρατμοί	H_2O	2-7
Οξυγόνο	O_2	<2
Άζωτο	N_2	<2
Αμμωνία	NH_3	<1
Υδρογόνο	H_2	<1
Υδρόθειο	H_2S	<1

Πίνακας 2. 3 Θεωρητική παραγωγή βιοαερίου

Υπόστρωμα	Λίτρα αερίου/kg TS	$\text{CH}_4(\%)$	$\text{CO}_2(\%)$
Ακατέργαστη πρωτεΐνη	700	70-71	29-30
Ακατέργαστο λίπος	1200-1250	67-68	32-33
Υδατάνθρακες	790-800	50	50

Για τον σχηματισμό μιας γενικότερης και πιο σωστής άποψης όσον αφορά το βιοαέριο πρέπει να ληφθούν υπόψιν τα πλεονεκτήματα καθώς και τα μειονεκτήματα τα οποία υπάρχουν. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του είναι το ότι είναι φιλικό προς το περιβάλλον, η διαδικασία δημιουργίας του είναι φυσική, πράγμα που σημαίνει ότι δεν απαιτείτε κάποια ενέργεια για την παραγωγή του και οι περισσότερες πρώτες ύλες που αξιοποιούνται ώστε να παραχθεί βιοαέριο είναι στην πλειοψηφία ανανεώσιμες. Ακόμη ένα πλεονέκτημα είναι το ότι η παραγωγή του μειώνει τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτων γιατί η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης απενεργοποιεί παθογόνους μικροοργανισμούς και παράσιτα. Επιπλέον κατά την παραγωγή του βιοαερίου παράγεται οργανικό λίπασμα. Τέλος είναι μια απλή και χαμηλού κόστους τεχνολογία

που ευνοεί την κυκλική οικονομία και μπορεί να γίνει οικιακή χρήση της. Από την άλλη τα κυριότερα μειονεκτήματα του βιοαερίου είναι ότι επηρεάζεται άμεσα από τις καιρικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν, δεν μπορεί να διαχειριστεί επικίνδυνα απόβλητα και η πιθανότητα να περιέχει κάποιες προσμίξεις ρύπων οι οποίοι προκύπτουν από την μη κατάλληλη επεξεργασία του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ερευνητικό μέρος – Ερωτηματολόγια – Στατιστική επεξεργασία

Το αντικείμενο της έρευνας βασίζεται στη διαχείριση των βιοαποβλήτων στο Δήμο Λεμεσού. Έχουμε αξιολόγηση της διαχείρισης και ενημέρωση για τα βιοαπόβλητα τα οποία αποτελούν το αντικείμενο μελέτης και έρευνας στους κατοίκους του Δήμου.

Στα πλαίσια της έρευνας θα αναλυθούν:

- Η ικανοποίηση των δημοτών όσο αφορά την διαχείριση των απορριμμάτων και πιθανούς τρόπους βελτίωσης.
- Πληροφόρηση των δημοτών για τα βιοαπόβλητα και συλλογή πληροφοριών από αυτούς.
- Τρόποι επεξεργασία των βιοαποβλήτων και οφέλη που μπορεί να έχουμε.

3.1 Μεθοδολογία Έρευνας

Η έρευνα έλαβε χώρα τους μήνες Οκτώβριο – Δεκέμβριο του 2021 με την χρήση ανώνυμων ερωτηματολογίων σε περίπου 140 κάτοικους του Δήμου, εκ των οποίων ορισμένα έχουν απορριφθεί. Η επιλογή του δείγματος πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από συνολικά τέσσερις ενότητες (25 ερωτήσεις). Στην πρώτη ενότητα περιλαμβάνονται έξι δημογραφικές ερωτήσεις σχετικά με το φύλο, την ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, τον αριθμό διαμενόντων, το μέγεθος και το είδος της κατοικίας. Στη δεύτερη ενότητα η οποία αποτελείται από οκτώ ερωτήσεις συλλέγοντας γενικές πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο οι κάτοικοι του Δήμου διαχειρίζονται και διαχωρίζουν τα απόβλητα τους και κατά πόσο είναι ευχαριστημένοι με τον Δήμο όσο αφορά την συχνότητα και τον τρόπο αποκομιδής των απορριμμάτων, καταλήγοντας σε πιθανές λύσεις βελτίωσης όπου δεν υπάρχει αρκετή ικανοποίηση. Στη τρίτη ενότητα των δέκα ερωτήσεων επικεντρώνεται στα βιοαπόβλητα. Περιλαμβάνονται ερωτήσεις για τις γνώσεις των κατοίκων όσο αφορά τα βιοαπόβλητα και τρόπους επεξεργασίας και διαχείρισης, ιδανικότερος τρόπος αποκομιδής τους, απόψεις για δημιουργία εγκατάστασης επεξεργασίας των βιοαποβλήτων εντός του Δήμου και αξιολόγηση της συνεργασίας με άλλους Δήμους. Στη τέταρτη και τελευταία ενότητα ερωτώνται για την επάρκεια του ερωτηματολογίου ώστε να ενημερωθούν οι κάτοικοι και να μάθουν για τα βιοαπόβλητα.

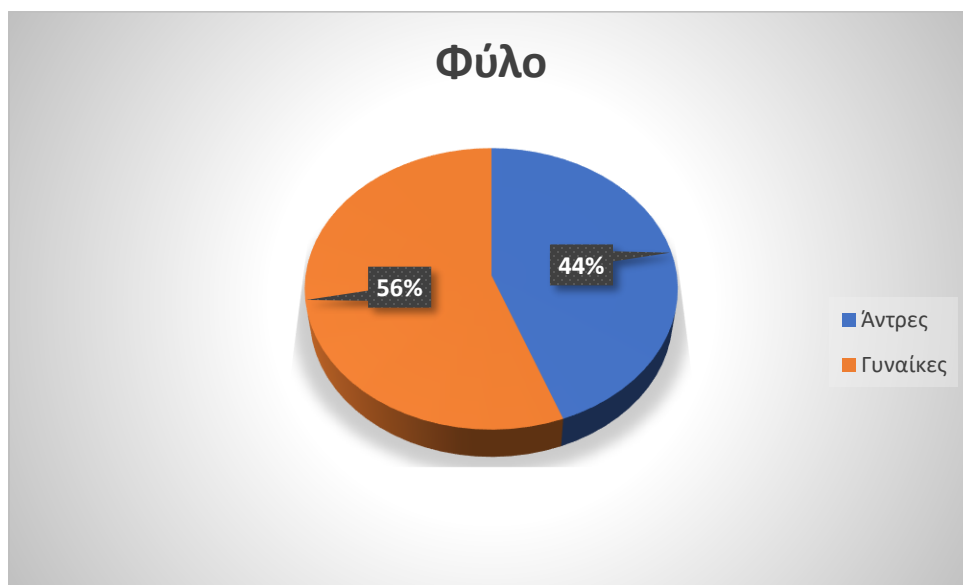
Το ερωτηματολόγιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της έρευνας παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ι της εργασίας.

3.2 Γενικά στοιχεία κατοίκων

Στην πρώτη ενότητα περιλαμβάνονται δημογραφικές ερωτήσεις σχετικά με το φύλο, την ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, τον αριθμό διαμενόντων, το μέγεθος και το είδος της κατοικίας.

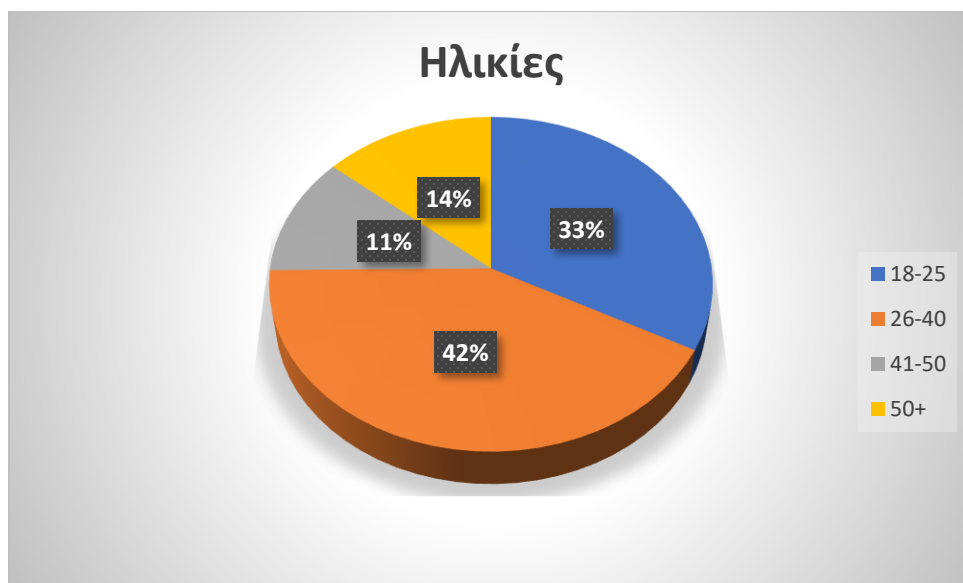
A. Γενικά στοιχεία

1. Φύλο



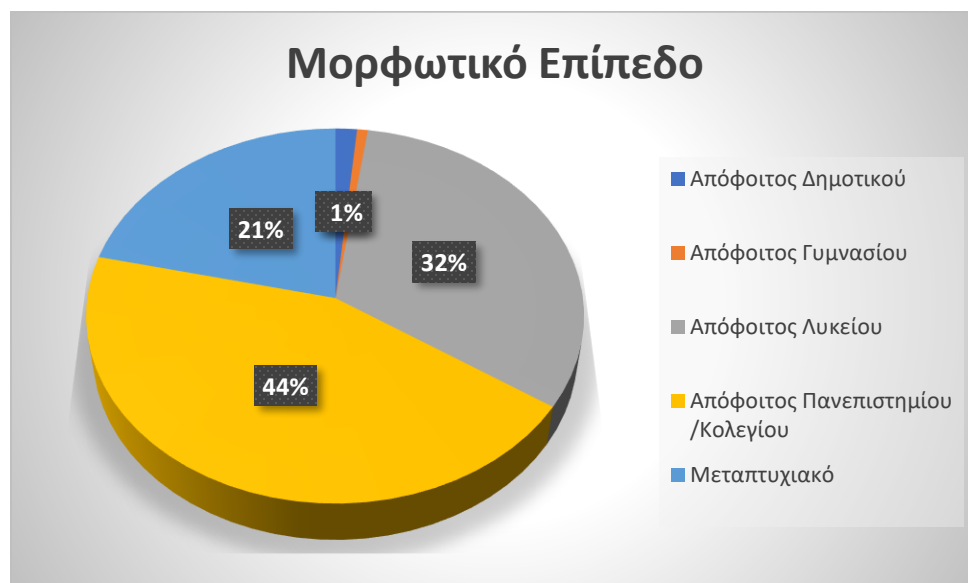
Γράφημα 3. 1 Φύλο Ερωτηθέντων

2. Ηλικία



Γράφημα 3. 2 Ηλικιακή Ομάδα Ερωτηθέντων

3. Μορφωτικό επίπεδο



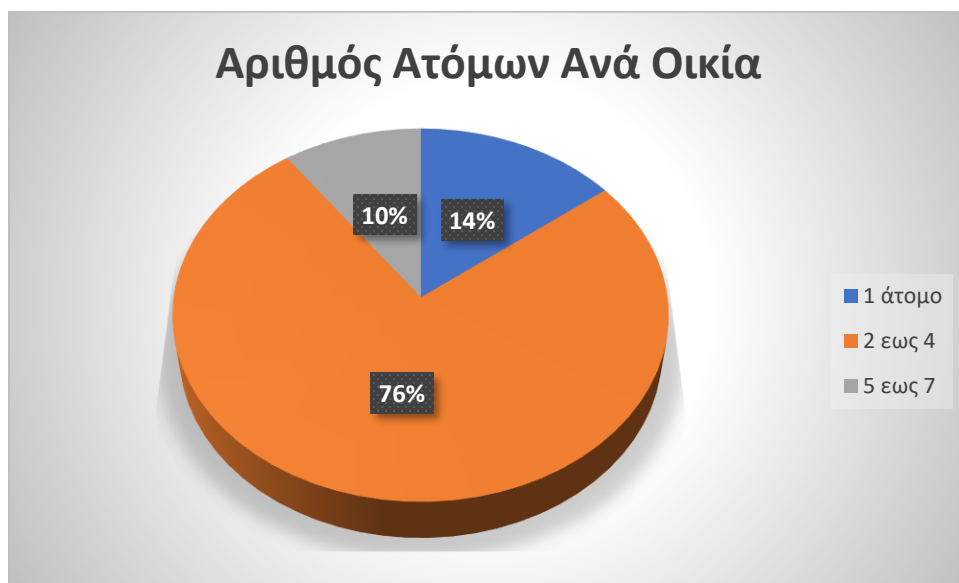
Γράφημα 3. 3 Μορφωτικό Επίπεδο Ερωτηθέντων

4. Τετραγωνικά μέτρα οικίας (m²)



Γράφημα 3. 4 Τετραγωνικά Μέτρα Οικίας

5. Αριθμός ατόμων που διαμένουν στην οικία



Γράφημα 3. 5 Αριθμός ατόμων ανά οικία

6. Είδος κατοικίας



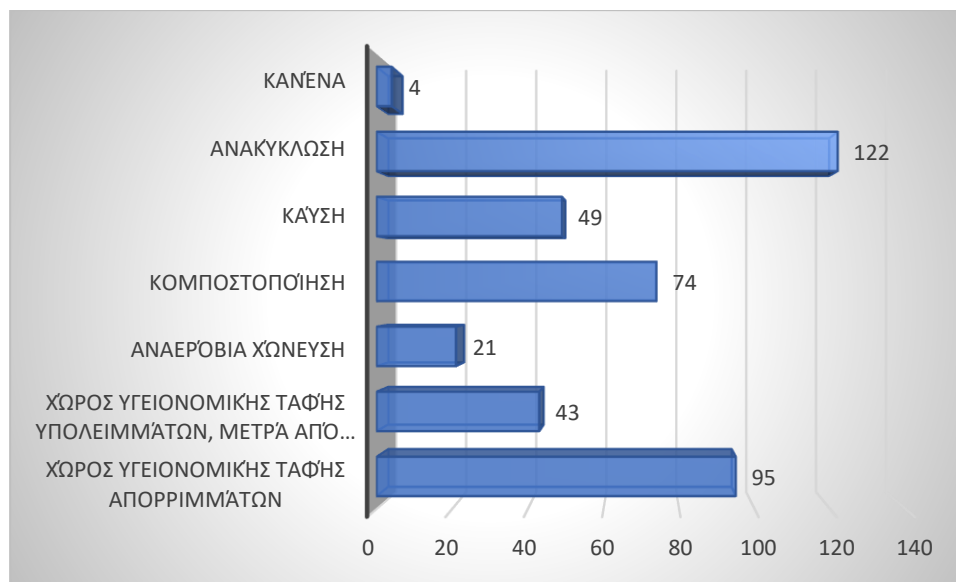
Γράφημα 3. 6 Είδος οικίας

3.3 Διαχείριση των αποβλήτων στο Δήμο Λεμεσού

Στη δεύτερη ενότητα η οποία αποτελείται από ερωτήσεις συλλέγοντας γενικές πληροφορίες για τον τρόπο τον οποίο οι κάτοικοι του Δήμου διαχειρίζονται και διαχωρίζουν τα απόβλητα τους και κατά πόσο είναι ευχαριστημένοι με τον Δήμο όσο αφορά την συχνότητα και τον τρόπο αποκομιδής των απορριμμάτων, καταλήγοντας σε πιθανές λύσεις βελτίωσης όπου δεν υπάρχει αρκετή ικανοποίηση.

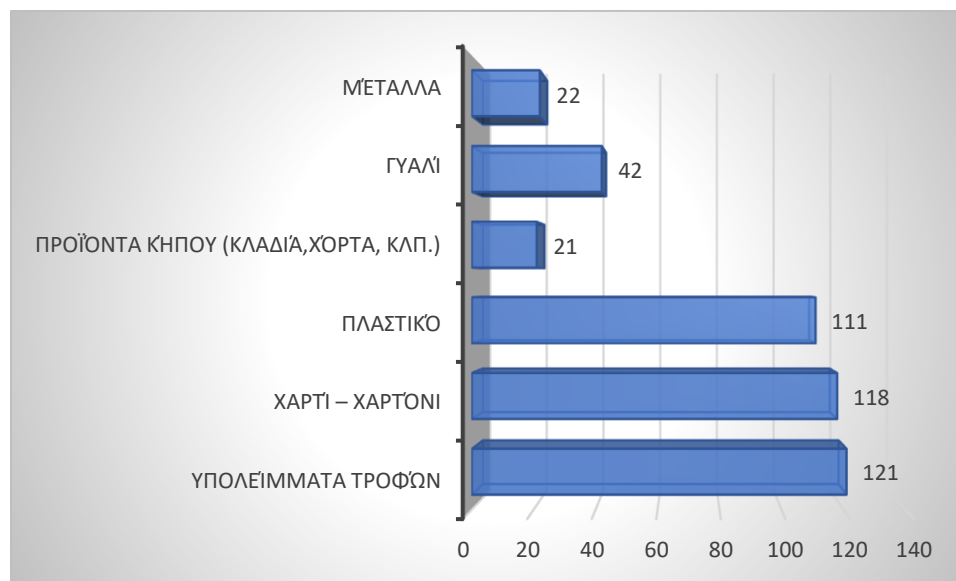
Β. Διαχείριση Αποβλήτων

1. Ποιους τρόπους διάθεσης και επεξεργασίας απορριμμάτων γνωρίζετε;
(μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)



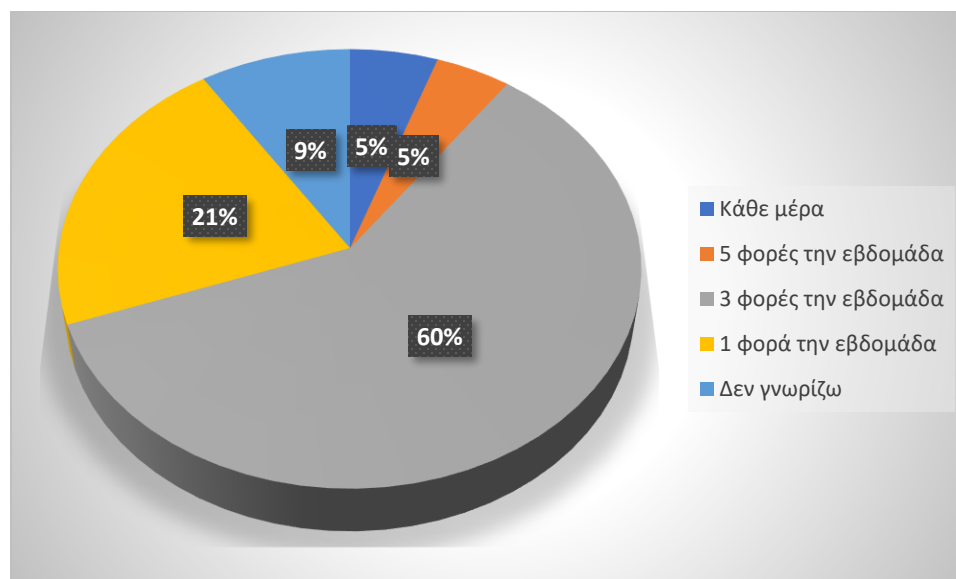
Γράφημα 3. 7 Γνώση τρόπων διάθεσης και επεξεργασίας

2. Ποια από τα παρακάτω είδη απορριμμάτων παράγετε περισσότερο στην καθημερινότητά σας; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)



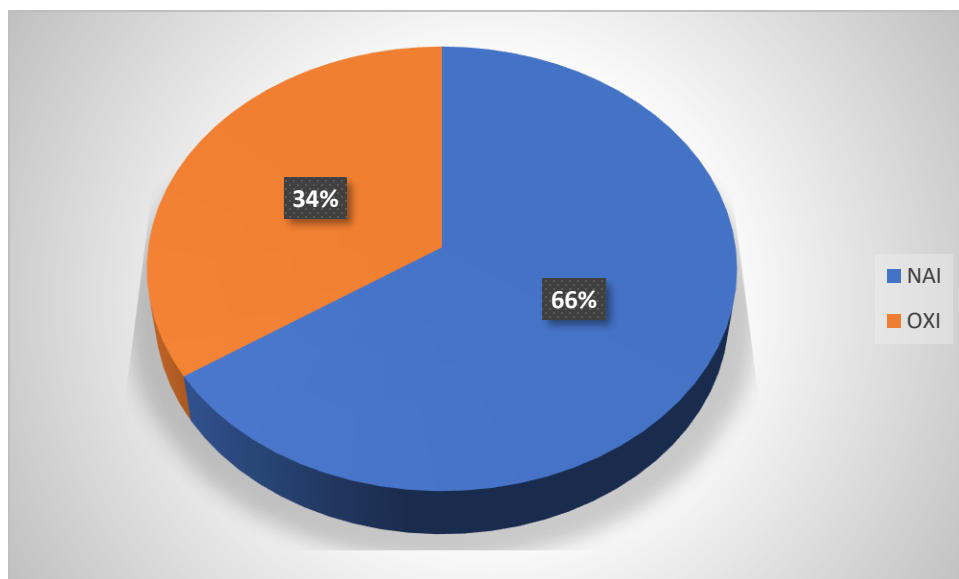
Γράφημα 3. 8 Είδη απορριμμάτων που παράγονται

3. Με ποια συχνότητα γίνεται η αποκομιδή των απορριμμάτων στην περιοχή σας;



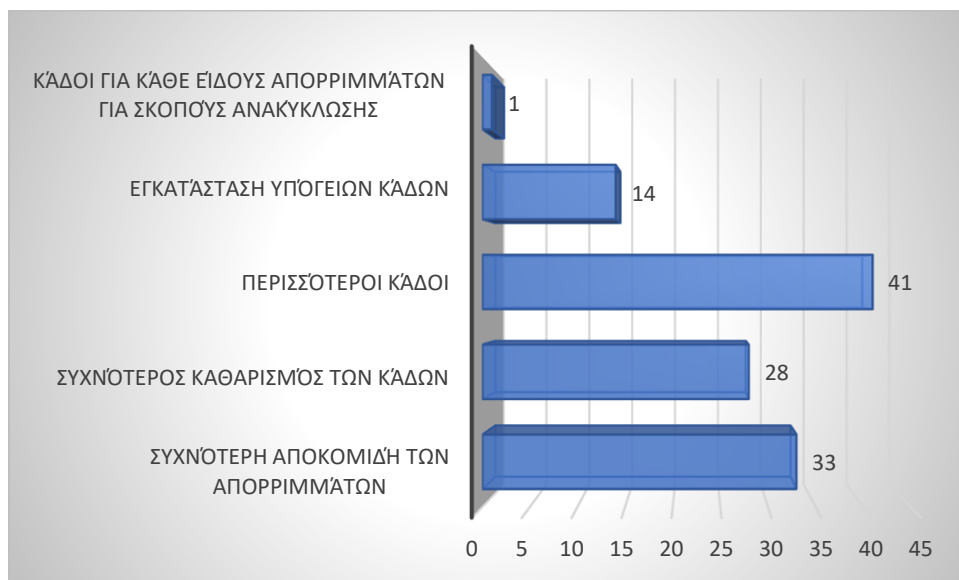
Γράφημα 3. 9 Συχνότητα αποκομιδής απορριμμάτων στον Δήμο

4. Είστε ευχαριστημένοι από την συχνότητα και τον τρόπο αποκομιδής των απορριμμάτων από τον Δήμο;



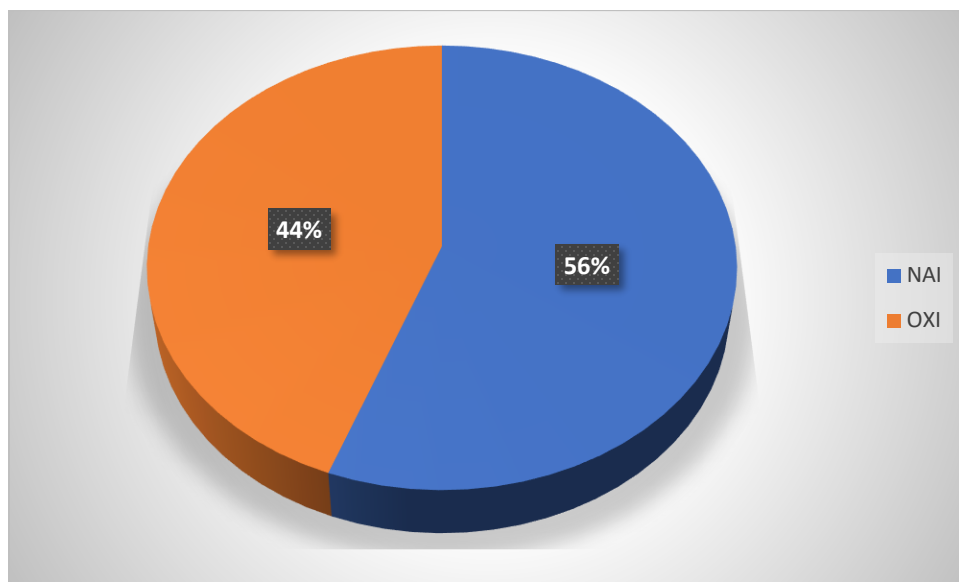
Γράφημα 3. 10 Ικανοποίηση πολιτών για αποκομιδή των απορριμμάτων

5. Εάν ΟΧΙ, ποιες δράσεις θεωρείτε πως είναι δυνατόν να βελτιώσουν και να αναβαθμίσουν το σύστημα αποκομιδής των απορριμμάτων; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)



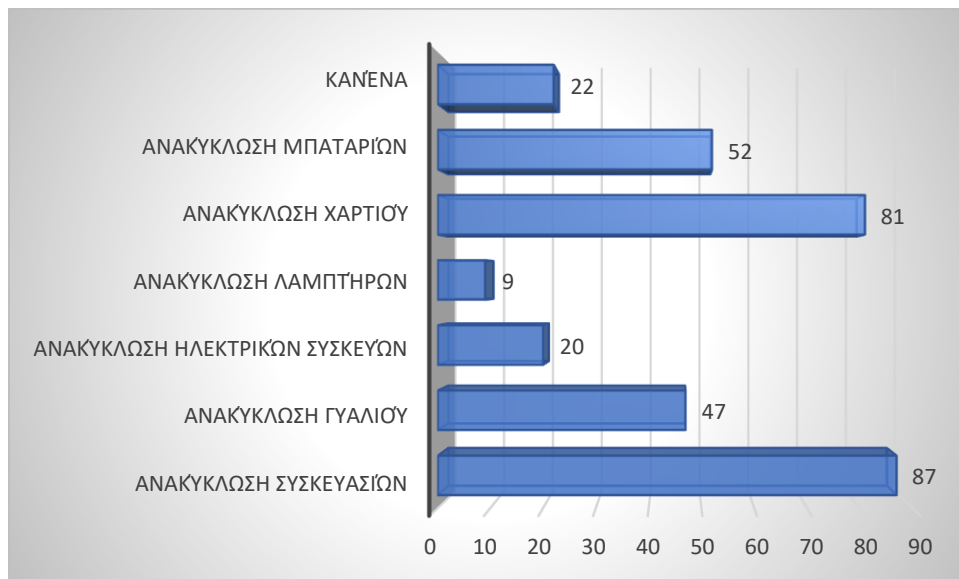
Γράφημα 3. 11 Δράσεις βελτίωσης που μπορούν να γίνουν

6. Ο Δήμος σας έχει ενημερώσει για τις δράσεις ανακύκλωσης;



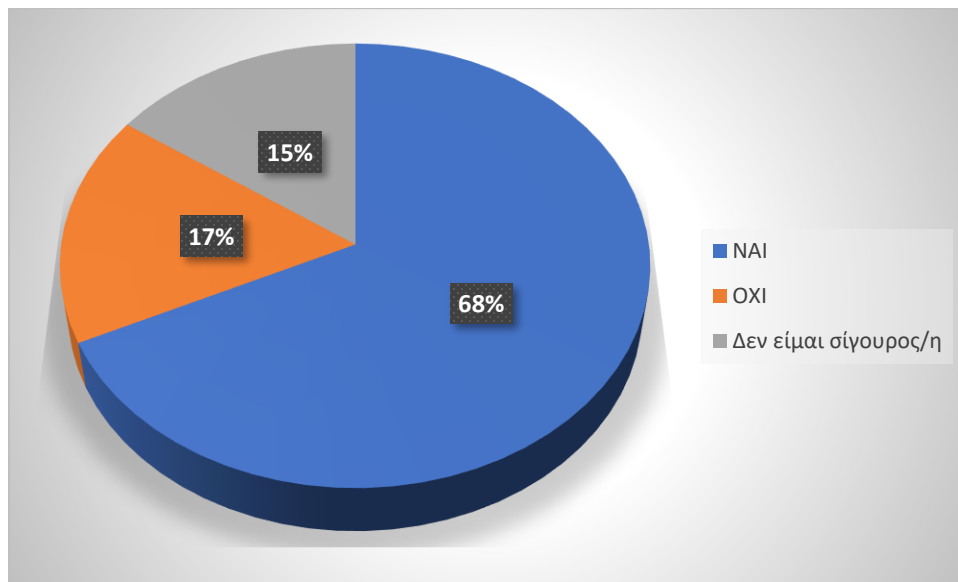
Γράφημα 3. 12 Ενημέρωση Δήμου για ανακύκλωση

7. Ποια από τα παρακάτω προγράμματα χρησιμοποιείτε στην καθημερινότητά σας; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)



Γράφημα 3. 13 Προγράμματα που χρησιμοποιούνται

8. Έχετε πρόθεση να διαχωρίζετε ανά είδος τα οικιακά σας απορρίμματα;



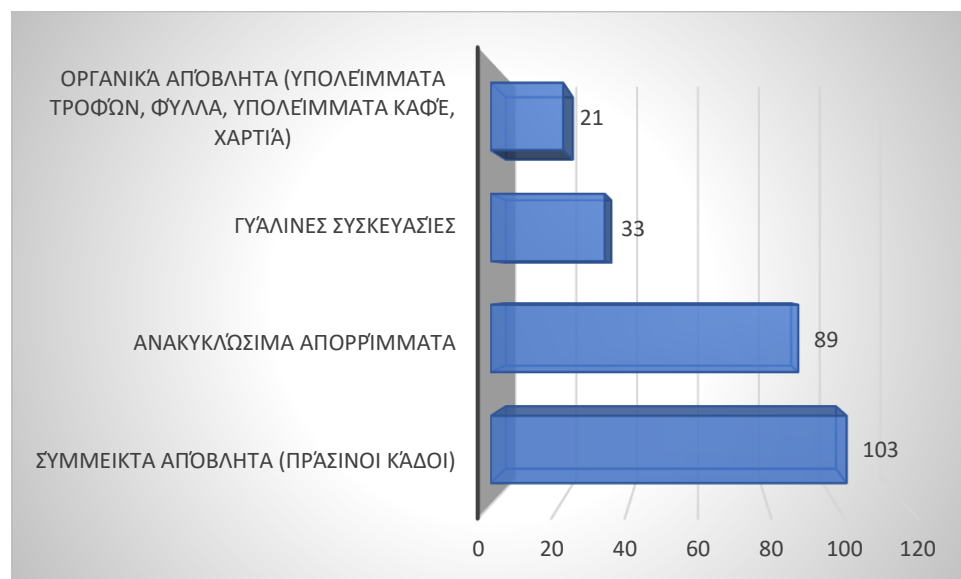
Γράφημα 3. 14 Πρόθεση διαχώρισης απορριμμάτων ανά οικία

3.4 Αποκομιδή – Ενημέρωση για το πρόγραμμα βιοαποβλήτων στον Δήμο Λεμεσού

Η τρίτη ενότητα επικεντρώνεται στα βιοαπόβλητα. Περιλαμβάνονται ερωτήσεις για τις γνώσεις των κατοίκων όσο αφορά τα βιοαπόβλητα και τρόπους επεξεργασίας και διαχείρισης, ιδανικότερος τρόπος αποκομιδής τους, απόψεις για δημιουργία εγκατάστασης επεξεργασίας των βιοαποβλήτων εντός του Δήμου και αξιολόγηση της συνεργασίας με άλλους Δήμους.

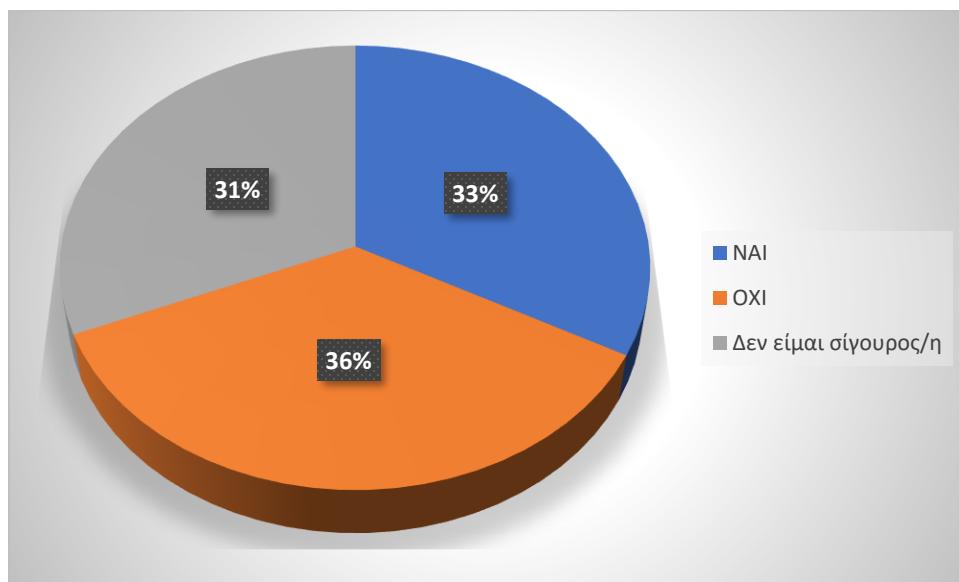
Γ. Αποκομιδή Βιοαποβλήτων

1. Σε ποιες υποκατηγορίες διαχωρίζετε τα απορρίμματα που προκύπτουν από την οικία σας; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή):



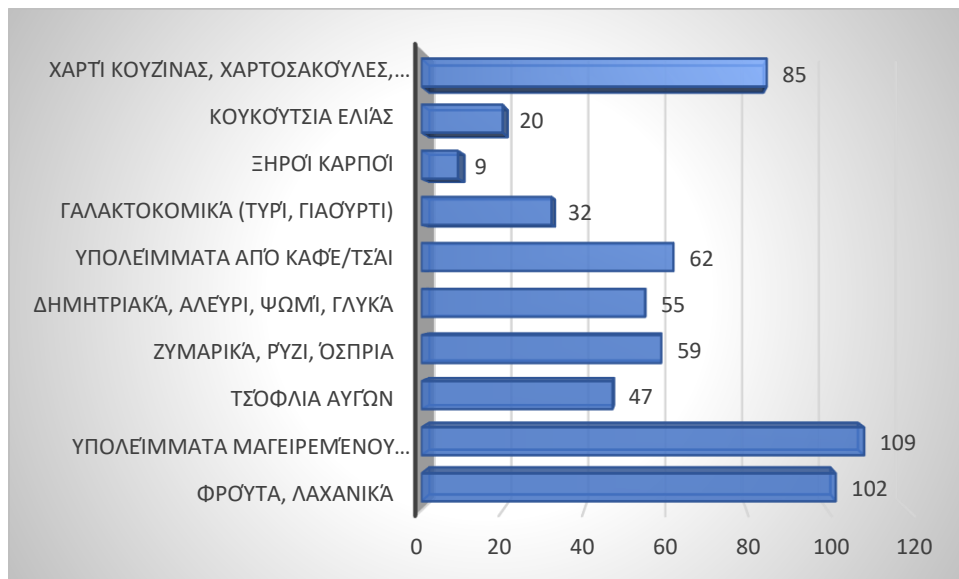
Γράφημα 3. 15 Κατηγορίες διαχώρισης απορριμμάτων ανά οικία

2. Γνωρίζετε ποια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα;



Γράφημα 3. 16 Γνώση βιοαποβλήτων

3. Από την παρακάτω λίστα βιοαποβλήτων ποια είδη παράγετε περισσότερο στην καθημερινότητά σας; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)



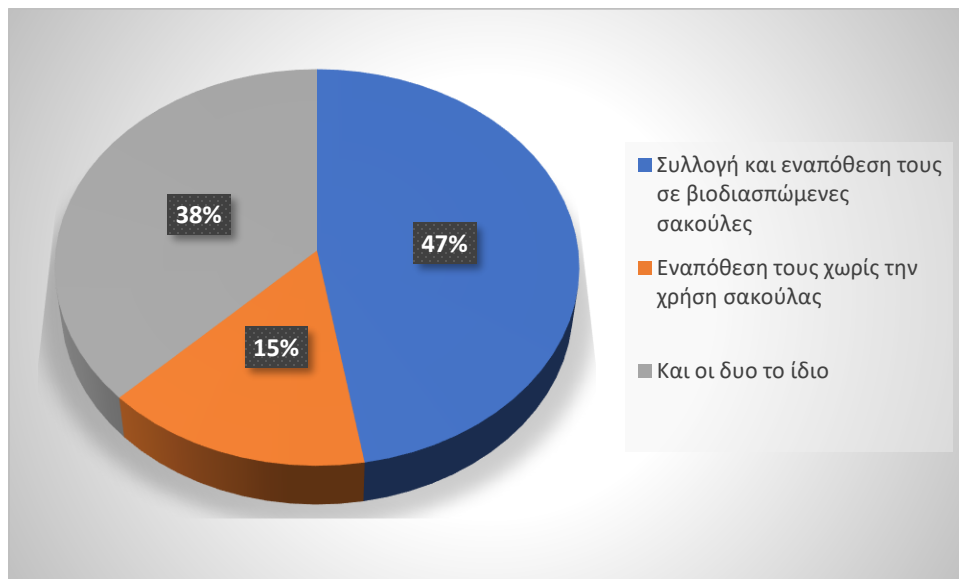
Γράφημα 3. 17 Παραγόμενα βιοαπόβλητα στην καθημερινότητα

4. Ποια διαδικασία αποκομιδής των αποβλήτων θα σας ήταν πιο εύκολη ως προς την επιτυχία του διαχωρισμού;



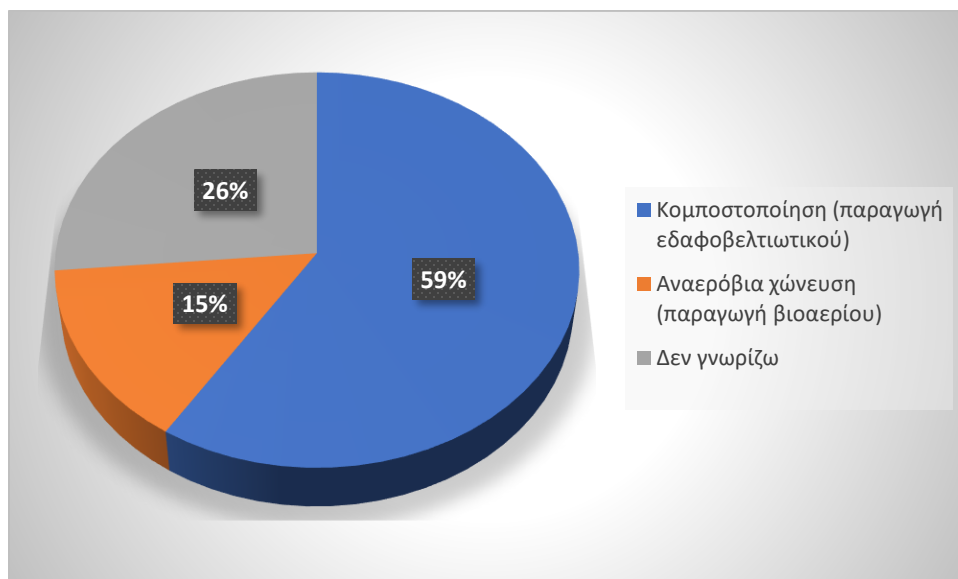
Γράφημα 3. 18 Διαδικασία αποκομιδής που θα προτιμούσαν

5. Ποια διαδικασία ρίψης των βιοαποβλήτων στους κάδους είναι πιο εύκολη;



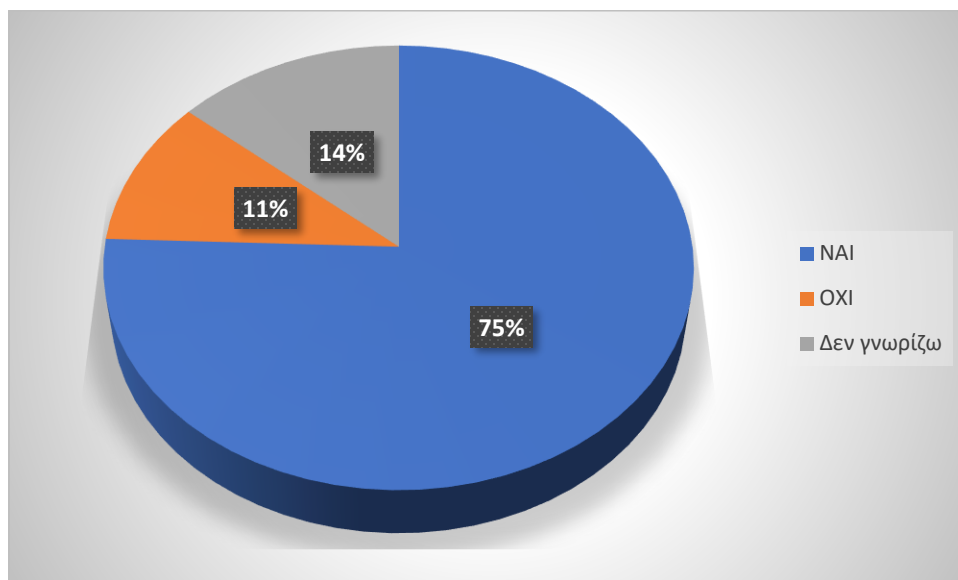
Γράφημα 3. 19 Διαδικασία ρίψης βιοαποβλήτων που θα προτιμούσαν

6. Ποια από τα παρακάτω αποτελέσματα – οφέλη επεξεργασίας βιοαποβλήτων είστε ενημερωμένοι; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)



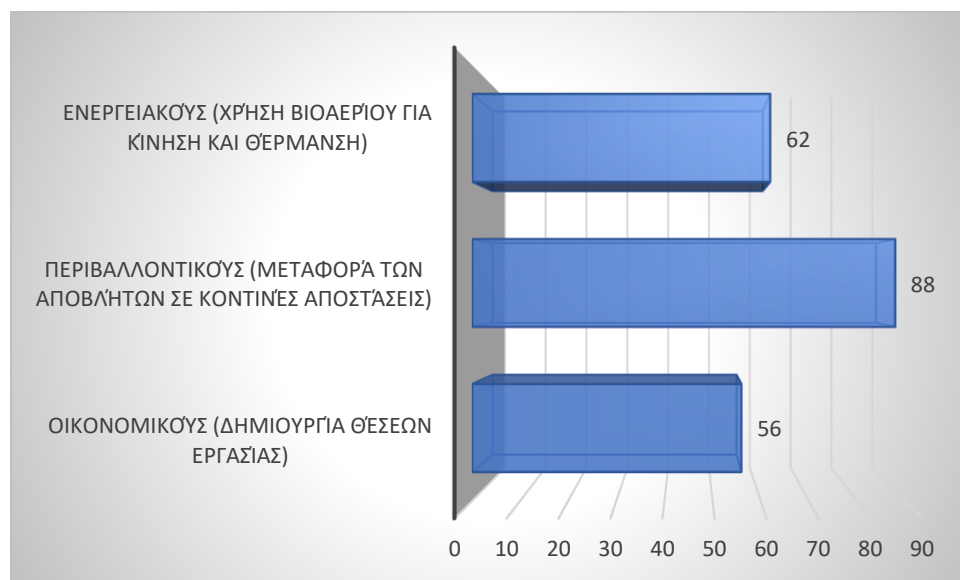
Γράφημα 3. 20 Αποτελέσματα – Οφέλη επεξεργασίας βιοαποβλήτων

7. Θεωρείτε πως η δημιουργία εγκατάστασης για διαλογή και επεξεργασία των βιοαποβλήτων εντός του Δήμου είναι μια θετική δράση;



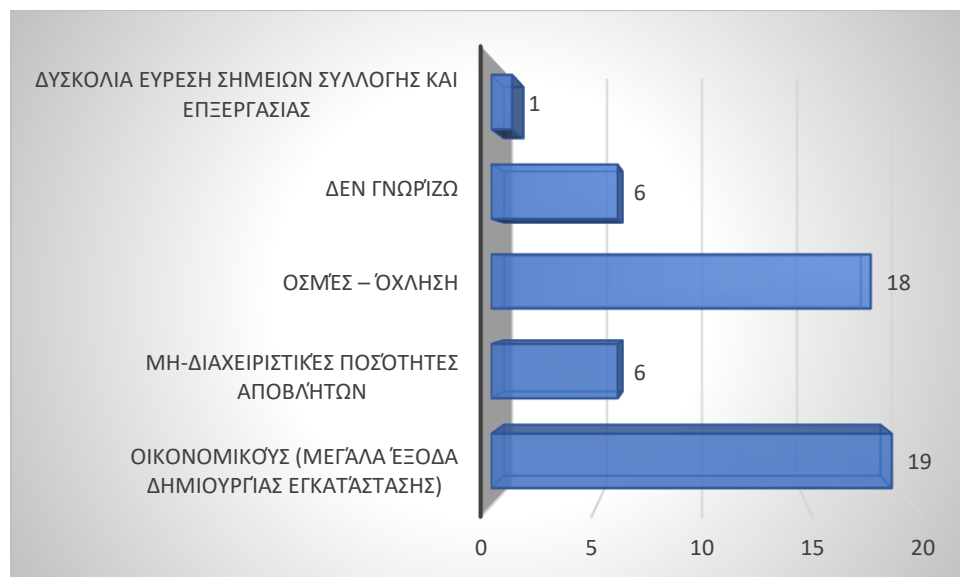
Γράφημα 3. 21 Γνώμη για δημιουργία εγκατάστασης

8. Εάν ΝΑΙ, για ποιους λόγους πιστεύετε ότι η εγκατάσταση συλλογής και επεξεργασίας βιοαποβλήτων εντός του Δήμου θεωρείται βέλτιστη λύση; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)



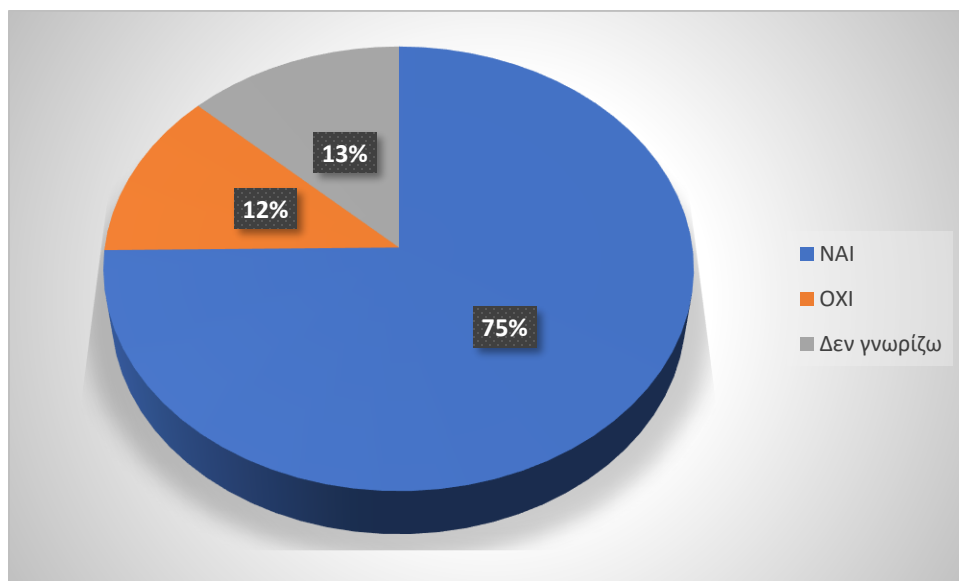
Γράφημα 3. 22 Γιατί ΝΑΙ

9. Εάν ΟΧΙ, για ποιους λόγους πιστεύετε ότι η εγκατάσταση συλλογής και επεξεργασίας βιοαποβλήτων εντός του Δήμου ενδέχεται να δημιουργήσει πρόβλημα στον Δήμο; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)



Γράφημα 3. 23 Γιατί ΟΧΙ

10. Πιστεύετε ότι η συνεργασία με γειτονικούς δήμους για την συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων θα είναι αποδοτικότερη;



Γράφημα 3. 24 Συνεργασία γειτονικών Δήμων θα βοηθούσε

Δ. Αξιολόγηση Ερωτηματολογίου

Στη τέταρτη ενότητα αξιολογείται το ερωτηματολόγιο ώστε να ενημερωθούν οι κάτοικοι και να μάθουν για τα βιοαπόβλητα.

1. Πιστεύετε ότι αυτό το ερωτηματολόγιο σας βοήθησε να ενημερωθείτε σχετικά με την πορεία των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων και ιδιαίτερα των βιοαποβλήτων;



Γράφημα 3. 25 Αξιολόγηση

3.5 Γενικά Αποτελέσματα και Σχολιασμός Ερωτηματολογίου

Μετά την μελέτη και ανάλυση των 131 ερωτηματολογίων που συλλέχθηκαν, καταλήξαμε στα ακόλουθα αποτελέσματα.

Ξεκινώντας με το πρώτο μέρος το οποίο ασχολείται με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του ερωτηματολογίου βλέπουμε ότι οι περισσότεροι που έχουν απαντήσει είναι γυναίκες αλλά το ποσοστό τους δεν διαφέρει πολύ με των αντρών. Τα ηλικιακά όρια στα οποία κυμαίνονται περισσότερο οι ερωτηθέντες είναι τα 18-25, 26-40 με το δεύτερο να επικρατεί λίγο περισσότερο και το μορφωτικό επίπεδο των περισσότερων είναι απόφοιτοι πανεπιστημίου ή κολεγίου. Κατόπιν όσο αφορά τις ερωτήσεις που αφορούν την οικία των ερωτηθέντων το μεγαλύτερο ποσοστό διαμένει σε οικία των 50-100m², αλλά και ένα πολύ μεγάλο ποσοστό σε οικία των 100-200m² και αυτές βρίσκονται σε μονοκατοικίες και πολυκατοικίες καθώς το ποσοστό αυτών είναι σχεδόν εξ ημισείας. Ο αριθμός των ατόμων που διαμένουν ανά οικία είναι κατά πολύ μεγάλο ποσοστό 2 με 4.

Στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου το οποίο ασχολείται με τους τρόπους συλλογής και διαχείρισης των αποβλήτων αρχικά βλέπουμε τις γνώσεις που έχουν οι ερωτηθέντες σχετικά με τους τρόπους διάθεσης και επεξεργασίας, ο πιο γνωστός είναι η ανακύκλωση, αλλά εξίσου σημαντικό είναι το ποσοστό το οποίο γνωρίζει τους χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) και κομποστοποίηση. Αξιοσημείωτο είναι ότι στην τελευταία θέση όσο αφορά τις γνώσεις των κατοίκων είναι η αναερόβια χώνευση η οποία είναι μια πολύ αποτελεσματική και αποδοτική μέθοδος επεξεργασίας όσο αφορά την ανάκτηση ενέργειας. Έπειτα τα είδη των απορριμμάτων που παράγουν στην καθημερινότητα τους είναι σε πολύ μεγάλο ποσοστό το πλαστικό, χαρτί - χαρτόνι και υπολείμματα τροφών. Στη συνέχεια βλέπουμε ότι η αποκομιδή των απορριμμάτων γίνεται 3 φορές την εβδομάδα και σε μεγάλο ποσοστό οι κάτοικοι είναι ικανοποιημένοι με τον Δήμο όσο αφορά αυτό το θέμα. Στο ποσοστό το οποίο δεν είναι ικανοποιημένοι ερωτήθηκαν για πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης και βελτίωσης του προβλήματος, και βλέπουμε σχεδόν ομόφωνα ότι χρειάζονται περισσότεροι κάδοι απορριμμάτων, συχνότερη αποκομιδή αυτών και συχνότερος καθαρισμός των κάδων. Σημαντικό είναι ότι πολύ μεγάλο ποσοστό των κατοίκων (44%) δηλώνει ότι δεν έχει ενημερωθεί από τον Δήμο για θέματα ανακύκλωσης. Ακόμη, οι κάτοικοι ρωτήθηκαν ποιες μεθόδους ανακύκλωσης χρησιμοποιούν στη καθημερινότητα τους και βλέπουμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό ανακυκλώνει συσκευασίες και χαρτί, αλλά και ένα εξίσου σημαντικό ποσοστό ανακυκλώνει μπαταρίες και γυαλί. Εν κατακλείδι έχουμε μια πολύ θετική πρόθεση από τους κατοίκους για το διαχωρισμό των διαφόρων ειδών εντός στην οικία τους, το οποίο είναι κάτι πολύ σημαντικό.

Όσον αφορά το τρίτο και ίσως σημαντικότερο μέρος του ερωτηματολογίου το οποίο αφορά τα βιοαπόβλητα και τους τρόπους επεξεργασίας τους, οι κάτοικοι ερωτήθηκαν με πιο τρόπο διαχωρίζουν τα απόβλητα τους στην οικία και οι περισσότεροι απάντησαν σε σύμμεικτα απόβλητα (πράσινοι κάδοι) και ανακυκλώσιμα. Πολύ σημαντικό για την έρευνα μας είναι ότι αυτοί που διαχωρίζουν τα οργανικά απόβλητα είναι ένα μικρό ποσοστό. Συνεχίζοντας βλέπουμε σε πιο βαθμό γνωρίζουν οι ερωτηθέντες τι είναι βιοαπόβλητα και από τι αποτελούνται, έχοντας καταγράψει πως περίπου το 1/3 γνωρίζει, το άλλο 1/3 δεν είναι σίγουρο και το υπολειπόμενο 1/3 δεν γνωρίζει. Κατόπιν ερευνήθηκε το είδος των βιοαποβλήτων που παράγετε από κάθε άτομο καθημερινά με τους περισσότερους να απαντούν υπολείμματα μαγειρεμένου φαγητού, φρούτα – λαχανικά, χαρτί κουζίνας, χαρτοσακούλες και εφημερίδες. Διόλου ευκαταφρόνητη όμως είναι και

η παραγωγή υπολειμμάτων καφέ/τσάι, ζυμαρικών, ρύζι, όσπρια, δημητριακών, ψωμί, γλυκά, τσόφλια αυγών και γαλακτοκομικών προϊόντων. Ακολουθώς έχουμε διαχωρισμό των ποσοστών για τον χώρο συγκέντρωσης των βιοαποβλήτων το οποίο καθιστά τους κατοίκους ανοικτούς στον τρόπο με τον οποίο θα γίνετε αυτό, είτε στην οικία είτε σε δημόσιους κάδους. Αντίθετα με αυτά τα αποτελέσματα στο ερώτημα κατά πιο τρόπο θα προτιμούσαν να εναποθέτουν τα απόβλητα το μεγαλύτερο ποσοστό δήλωσε πως θα προτιμούσε να χρησιμοποιεί βιοαποδομήσιμες σακούλες. Τώρα πάλι όσο αφορά τις γνώσεις των ερωτηθέντων σχετικά με τους τρόπους επεξεργασίας των βιοαποβλήτων έχουμε ισχυρή πλειοψηφία για την κομποστοποίηση αλλά και ένα χαμηλό ποσοστό για την αναερόβια χώνευση. Προχωρώντας πιο κάτω λάβαμε γνώμες για μια πιθανή δημιουργία εγκατάστασης και επεξεργασίας βιοαποβλήτων εντός του Δήμου και έχουμε μια πολύ θετική ένδειξη σε αυτό πιστεύοντας ότι μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στο περιβάλλον, την οικονομία και στην ανάκτηση ενέργειας μέσω του βιοαερίου για σκοπούς κίνησης και θέρμανσης. Το ποσοστό όμως το οποίο δεν θεωρεί θετική την δημιουργία εγκατάστασης το αποδίδει κυρίως σε οικονομικούς λόγους αλλά και διάφορες οσμές και οχλήσεις που μπορεί να προκύψουν κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης αλλά και την διάρκεια της κατασκευής της. Στη τελευταία ερώτηση αυτού του μέρους βλέπουμε τους κάτοικους σε πολύ μεγάλο ποσοστό να θεωρούν ότι θα είναι αποδοτικότερη η συνεργασία περισσότερων Δήμων για τη συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων.

Τέλος στο τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου το οποίο αφορά την χρησιμότητα την οποία είχε ως προς την ενημέρωση αλλά και την κατανόηση των βιοαποβλήτων, κατά μεγάλο ποσοστό αποδείχτηκε αρκετά βοηθητικό.

3.6 Στατιστική Ανάλυση

Για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SPSS.

Εξετάστηκε κατά πόσο υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στα δημογραφικά στοιχεία των ερωτηθέντων και τις γνώσεις τους σχετικά με τις διάφορες μεθόδους επεξεργασίας αποβλήτων καθώς και την άποψη τους για διάφορα δημοτικά θέματα.

Σχετικά με το φύλο των ερωτηθέντων και το κατά πόσο είναι ικανοποιημένοι με την συχνότητα και τον τρόπο αποκομιδής των απορριμμάτων στον Δήμο, όπως φαίνεται και στον πιο κάτω πίνακα οι άντρες είναι αρκετά πιο ευχαριστημένοι με ποσοστό 78% σε σχέση με τις γυναίκες με ποσοστό 56%.

Πίνακας 3. 1 Συσχέτιση Φύλου και Ευχαρίστησης

Φύλο * Είστε ευχαριστημένοι				
		Είστε ευχαριστημένοι		Total
		Ναι	Όχι	
Φύλο	Άνδρας %	45	13	58
		78%	22%	100%
	Γυναίκα %	41	32	73
		56%	44%	100%
Total %		86	45	131
		66%	34%	100%

Σχετικά με την ηλικία των ερωτηθέντων και το κατά πόσο είναι ικανοποιημένοι με την συχνότητα και τον τρόπο αποκομιδής των απορριμμάτων στον Δήμο, όπως φαίνεται και στον πιο κάτω πίνακα η ηλικιακή ομάδα μεταξύ 26-40 χρονών είναι η πιο δυσαρεστημένη σε αυτό τον τομέα με ποσοστό 42%, ενώ η ηλικιακή ομάδα άνω των 50 χρονών είναι η λιγότερο δυσαρεστημένη με ποσοστό 22%.

Πίνακας 3. 2 Συσχέτιση Ηλικίας και Ευχαρίστησης

Ηλικία * Είστε ευχαριστημένοι				
		Είστε ευχαριστημένοι		Total
		Ναι	Όχι	
Ηλικία	18-25	29	14	43
	%	67%	33%	100%
	26-40	32	23	55
	%	58%	42%	100%
	41-50	11	4	15
	%	73%	27%	100%
	50+	14	4	18
	%	78%	22%	100%
Total		86	45	131
%		66%	34%	100%

Σχετικά με το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων και κατά πόσο είναι ικανοποιημένοι με την συχνότητα και τον τρόπο αποκομιδής των απορριμμάτων στον Δήμο, όπως φαίνεται και στον πιο κάτω πίνακα αν εξαιρέσουμε τους απόφοιτους δημοτικού και γυμνασίου λόγο του πολύ μικρού αριθμού δηγημάτων, όσο μεγαλύτερο είναι το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων τόσο λιγότερο ευχαριστημένοι είναι.

Πίνακας 3. 3 Συσχέτιση Μορφωτικού Επιπέδου και Ευχαρίστησης

Μορφωτικό Επίπεδο * Είστε ευχαριστημένοι				
		Είστε ευχαριστημένοι		Total
		Ναι	Όχι	
Μορφωτικό Επίπεδο	Απόφοιτος Δημοτικού %	2	0	2
		100%	0%	100%
	Απόφοιτος Γυμνασίου %	1	0	1
		100%	0%	100%
	Απόφοιτος Λυκείου %	31	11	42
		74%	26%	100%
	Απόφοιτος Πανεπιστημίου / Κολεγίου %	37	21	58
		64%	36%	100%
	Μεταπτυχιακό %	15	13	28
		54%	46%	100%
	Total %	86	45	131
		66%	34%	100%

Σχετικά με την ηλικία των ερωτηθέντων και την γνώμη τους για την δημιουργία εγκατάστασης διαλογής και επεξεργασίας βιοαποβλήτων εντός του Δήμου, όπως φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα η μικρότερη ηλικιακή ομάδα 18-25 χρονών είναι η πιο θετική στην δημιουργία μονάδας διαλογής και επεξεργασίας των βιοαποβλήτων με ποσοστό 88%, ενώ οι υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα θετικότητας για την κατασκευή μονάδας, περίπου στο 70%.

Πίνακας 3. 4 Συσχέτιση Ηλικίας και Δημιουργίας Εγκατάστασης

Ηλικία * Θεωρείτε πως η δημιουργία εγκατάστασης για διαλογή και επεξεργασία των βιοαποβλήτων εντός του Δήμου είναι μια θετική δράση;					
		Θεωρείτε πως η δημιουργία εγκατάστασης για διαλογή και επεξεργασία των βιοαποβλήτων εντός του Δήμου είναι μια θετική δράση;			Total
		Ναι	Όχι	Δεν γνωρίζω	
Ηλικία	18-25	38	2	3	43
	%	88%	5%	7%	100%
	26-40	38	8	9	55
	%	70%	15%	15%	100%
	41-50	11	2	2	15
	%	73%	13,5%	13,5%	100%
50+		12	2	4	18
	%	67%	11%	22%	100%
Total		99	14	18	131
%		76%	10%	14%	100%

Σχετικά με το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων και την γνώμη τους για την δημιουργία εγκατάστασης διαλογής και επεξεργασίας βιοαποβλήτων εντός του Δήμου, όπως φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα αν εξαιρέσουμε τους αποφοίτους δημοτικού και γυμνασίου λόγω του πολύ μικρού αριθμού δηγμάτων που συλλέχθηκαν για αυτές τις κατηγορίες, όσο υψηλότερο είναι το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων τόσο θετικότεροι είναι στην δημιουργία μιας μονάδας διαλογής και επεξεργασίας βιοαποβλήτων στον Δήμο, με τους απόφοιτους πανεπιστημίου/κολλεγίου και μεταπτυχιακού να κυμαίνονται στα ίδια ποσοστά.

Πίνακας 3. 5 Συσχέτιση Μορφωτικού Επιπέδου και Δημιουργίας Εγκατάστασης

Μορφωτικό Επίπεδο * Θεωρείτε πως η δημιουργία εγκατάστασης για διαλογή και επεξεργασία των βιοαποβλήτων εντός του Δήμου είναι μια θετική δράση;					
		Θεωρείτε πως η δημιουργία εγκατάστασης για διαλογή και επεξεργασία των βιοαποβλήτων εντός του Δήμου είναι μια θετική δράση;			Total
		Ναι	Όχι	Δεν γνωρίζω	
Μορφωτικό Επίπεδο	Απόφοιτος Δημοτικού %	1	0	1	2
		50%	0%	50%	100%
	Απόφοιτος Γυμνασίου %	1	0	0	1
		100%	0%	0%	100%
	Απόφοιτος Λυκείου %	28	5	9	42
		67%	12%	21%	100%
	Απόφοιτος Πανεπιστημίου / Κολλεγίου %	46	6	6	58
		79%	10,5%	10,5%	100%
	Μεταπτυχιακό %	23	3	2	28
		82%	11%	7%	100%
Total %		99	14	18	131
		76%	10%	14%	100%

Σχετικά με την ηλικία των ερωτηθέντων και την γνώμη τους για την συνεργασία γειτονικών Δήμων στη συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων όπως φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα, οι ηλικιακές ομάδες 41-50 χρονών και άνω των 50 χρονών είναι οι πιο θετικές στην συνεργασία μεταξύ των Δήμων με ποσοστά 87% και 83% αντίστοιχα.

Πίνακας 3. 6 Συσχέτιση Ηλικίας και Συνεργασίας Δήμων

Ηλικία * Πιστεύετε ότι η συνεργασία με γειτονικούς δήμους για την συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων θα είναι αποδοτικότερη;					
		Πιστεύετε ότι η συνεργασία με γειτονικούς δήμους για την συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων θα είναι αποδοτικότερη;			Total
		Ναι	Όχι	Δεν γνωρίζω	
Ηλικία	18-25 %	29	7	7	43
		68%	16%	16%	100%
	26-40 %	41	6	8	55
		75%	11%	14%	100%
	41-50 %	13	2	0	15
		87%	13%	0%	100%
	50+ %	15	1	2	18
		83%	6%	11%	100%
Total %		98	16	17	131
		75%	12%	13%	100%

Σχετικά με το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων και την γνώμη τους για την συνεργασία γειτονικών Δήμων στη συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων όπως φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα, όλες οι ομάδες μορφωτικού επιπέδου κυμαίνονται στα ίδια ποσοστά θετικότητας ως προς την συνεργασία των Δήμων με ποσοστό περίπου 75%.

Πίνακας 3. 7 Συσχέτιση Μορφωτικού Επιπέδου και Συνεργασίας Δήμων

Μορφωτικό Επίπεδο * Πιστεύετε ότι η συνεργασία με γειτονικούς δήμους για την συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων θα είναι αποδοτικότερη;					
		Πιστεύετε ότι η συνεργασία με γειτονικούς δήμους για την συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων θα είναι αποδοτικότερη;			Total
		Ναι	Όχι	Δεν γνωρίζω	
Μορφωτικό Επίπεδο	Απόφοιτος Δημοτικού %	1	1	0	2
		50%	50%	0%	100%
	Απόφοιτος Γυμνασίου %	1	0	0	1
		100%	0%	0%	100%
	Απόφοιτος Λυκείου %	32	1	9	42
		76%	3%	21%	100%
	Απόφοιτος Πανεπιστημίου / Κολεγίου %	43	10	5	58
		74%	17%	9%	100%
	Μεταπτυχιακό %	21	4	3	28
		75%	14%	11%	100%
Total %		98	16	17	131
		75%	12%	13%	100%

Σχετικά με την ηλικία των ερωτηθέντων και την γνώση τους για το πια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα όπως φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα, η ηλικιακή ομάδα άνω των 50 χρονών έχει την λιγότερη γνώση για το πια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα με ποσοστό 50%.

Πίνακας 3. 8 Συσχέτιση Ηλικίας και Βιοαποβλήτων

Ηλικία * Γνωρίζετε ποια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα;					
		Γνωρίζετε ποια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα;			Total
		Ναι	Όχι	Δεν είμαι σίγουρος/η	
Ηλικία	18-25 %	18	13	12	43
		42%	30%	28%	100%
	26-40 %	17	20	18	55
		31%	36%	33%	100%
	41-50 %	6	5	4	15
		40%	33%	27%	100%
	50+ %	2	9	7	18
		11%	50%	39%	100%
Total %		43	47	41	131
		33%	36%	31%	100%

Σχετικά με το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων και την γνώση τους για το πια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα όπως φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα, οι απόφοιτοι πανεπιστημίου/κολλεγίου και μεταπτυχιακού έχουν περισσότερες γνώσεις για τα απορρίμματα τα οποία αποτελούν τα βιοαπόβλητα με ποσοστό 45% και 32% αντίστοιχα.

Πίνακας 3. 9 Συσχέτιση Μορφωτικού Επιπέδου και Βιοαποβλήτων

Μορφωτικό Επίπεδο * Γνωρίζετε ποια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα;					
		Γνωρίζετε ποια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα;			Total
		Ναι	Όχι	Δεν είμαι σίγουρος/η	
Μορφωτικό Επίπεδο	Απόφοιτος Δημοτικού %	0	2	0	2
		0%	100%	0%	100%
	Απόφοιτος Γυμνασίου %	1	0	0	1
		100%	0%	0%	100%
	Απόφοιτος Λυκείου %	7	18	17	42
		17%	43%	40%	100%
	Απόφοιτος Πανεπιστημίου / Κολεγίου %	26	16	16	58
		45%	27,5%	27,5%	100%
	Μεταπτυχιακό %	9	11	8	28
		32%	39%	29%	100%
Total %		43	47	41	131
		33%	36%	31%	100%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μεθοδολογία και Σενάρια

Στο ακόλουθο κεφάλαιο αναλύονται τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του Δήμου καθώς και μερικές από τις τεχνολογίες επεξεργασίας των βιοαποβλήτων με σκοπό την βέλτιστη περιβαλλοντική και οικονομική ανάπτυξη. Είναι σημαντικό να αναλυθούν οι διάφορες μέθοδοι με τα ως τώρα στοιχεία και χαρακτηριστικά του Δήμου.

4.1 Επαρχία Λεμεσού – Υφιστάμενη κατάσταση

Η επαρχία Λεμεσού είναι μια από τις έξι επαρχίες της Κύπρου. Έχει έκταση 1393,314 km² και είναι η τρίτη μεγαλύτερη επαρχία της Κύπρου. Βρίσκεται στο νότιο μέρος της Κύπρου και συνορεύει με τρεις άλλες επαρχίες, τη Πάφο, τη Λάρνακα και τη Λευκωσία. Ο συνολικός πληθυσμός της σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2011 ανέρχεται στις 235.330. Η επαρχία διοικητικά διαιρείται σε 6 Δήμους και 106 κοινότητες.

Πιο κάτω φαίνεται αναλυτικότερα η καταγραφή πληθυσμού των τελευταίων δεκαετιών.

Πίνακας 4. 1 Απογραφή πληθυσμού Επαρχίας Λεμεσού – Ρυθμός μεταβολής αυτής

Έτος	1976	1982	1992	2001	2011
Πληθυσμός	141.018	145.122	172.787	196.553	235.330
Ποσοστιαία Μεταβολή	-	2.9%	19.1%	13.8%	19.7%

4.2 Δήμος Λεμεσού – Υφιστάμενη κατάσταση

Ο Δήμος Λεμεσού είναι η διοικητική πρωτεύουσα της επαρχίας Λεμεσού και βρίσκεται στο κέντρο της. Συνορεύει συνολικά με άλλους έξι Δήμους της επαρχίας. Η συνολική έκταση του ανέρχεται στα 35 km² και ο γενικός πληθυσμός του στις 101.000 σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2011. Η πληθυσμιακή πυκνότητα του Δήμου ανέρχεται στα 2896 άτομα/ km².



Εικόνα 4. 1 Χωρική έκταση Επαρχίας και Δήμου Λεμεσού

Πιο κάτω φαίνεται αναλυτικότερα η καταγραφή πληθυσμού των τελευταίων δεκαετιών.

Πίνακας 4. 2 Απογραφή πληθυσμού για τον Δήμο Λεμεσού – Ρυθμός μεταβολής αυτού

Έτος	1976	1982	1992	2001	2011
Πληθυσμός	62.116	74.423	78.136	94.250	101.000
Ποσοστιαία Μεταβολή	-	19.8%	17.1%	8.2%	7.2%

Ο Δήμος Λεμεσού είναι ο Δήμος με τον μεγαλύτερο πληθυσμό και τρίτος σε έκταση στην επαρχία Λεμεσού. Είναι ένας από τους πιο αναπτυσσόμενους Δήμους της Κύπρου καθώς τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη οικιστική και οικονομική ανάπτυξη.

Όσο αφορά την παραγωγή βιοαποβλήτων του Δήμου, αναφέρονται αναλυτικότερα πιο κάτω οι διάφορες μονάδες ενδιαφέροντος και πως αυτές επηρεάζουν την παραγωγή.

Πίνακας 4. 3 Μονάδες ενδιαφέροντος Δήμου Λεμεσού

Μονάδες ενδιαφέροντος	Αριθμός	Σύνθεση-Χαρακτηρισμός αποβλήτων
Φρουτοαγορές	4	Βιοαπόβλητα 65%, Χαρτί/Χαρτόνι 17%, Πλαστικά 7%, Γυαλί 5%, Μέταλλα 3%, Λοιπά 3%
Κοιμητήρια	4	Οικιακού τύπου από απορρίμματα επισκεπτών και μεγάλες ποσότητες πρασίνων αποβλήτων από κλαδέματα και φύλλα.
Πλατείες – Πάρκα – Παιδικές χαρές	16	
Γήπεδα	2	
Ξενοδοχεία	8	Οικιακού τύπου
Χώροι εστίασης – Take away	472	Βιοαπόβλητα 65%, Χαρτί/Χαρτόνι 17%, Πλαστικά 7%, Γυαλί 5%, Μέταλλα 3%, Λοιπά 3%
Καφετέριες	47	
Υπεραγορές – Μίνι μάρκετ – Περίπτερα	199	Βιοαπόβλητα 45%, Χαρτί/Χαρτόνι 28%, Πλαστικά 11%, Λοιπά 8%, Μέταλλα 5%, Γυαλί 3%
Υγειονομικές μονάδες	3	Το 80-90% είναι μη επικίνδυνα και θεωρούνται οικιακού τύπου. Το 10-20% θεωρούνται επικίνδυνα απόβλητα και πρέπει να συλλέγονται ξεχωριστά.
Τράπεζες	16	Χαρτί/Χαρτόνι 40%, Βιοαπόβλητα 30%, Πλαστικά 11%, Λοιπά 11%, Μέταλλα 5%, Γυαλί 3%
Παιδικοί σταθμοί – Νηπιαγωγεία	17	Βιοαπόβλητα 44%, Χαρτί/Χαρτόνι 40%, Πλαστικά 10%, Λοιπά 6%, Μέταλλα 2%, Γυαλί 2%
Δημοτικά Σχολεία	15	
Γυμνάσια	9	
Λύκεια	4	
Ζωολογικό Κήπο	1	Οικιακού τύπου από απορρίμματα επισκεπτών και μεγάλες ποσότητες πρασίνων αποβλήτων από κλαδέματα και φύλλα.

4.3 Δήμος Λεμεσού – Στοιχεία – Εγκατάσταση διαχειρίσεις βιοαποβλήτων

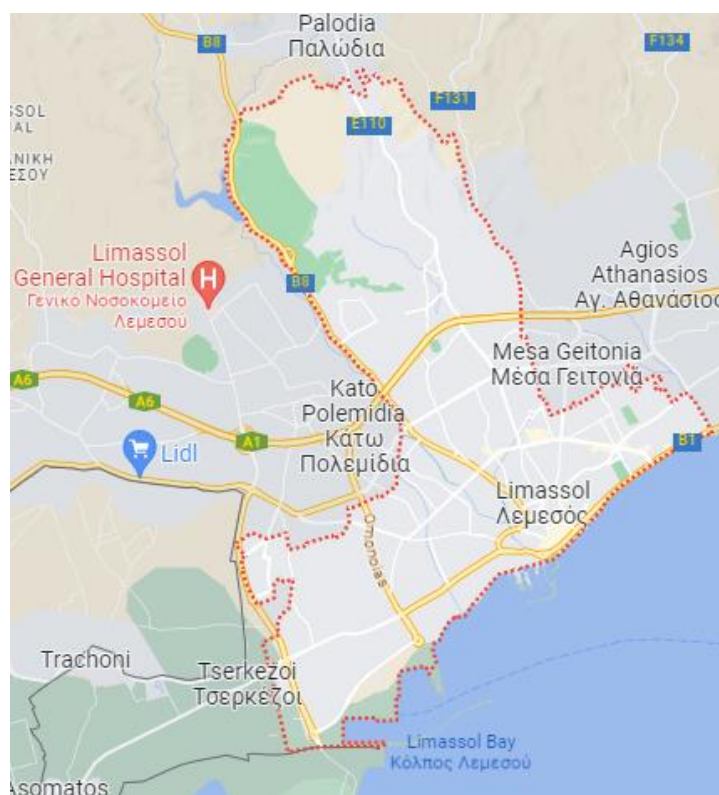
Ο Δήμος Λεμεσού είναι ο Δήμος με τον περισσότερο πληθυσμό στην επαρχία Λεμεσού. Η μελέτη ενός έργου επεξεργασίας και αξιοποίησης των παραγόμενων βιοαποβλήτων θα αποτελούσε σημαντική πρόοδο για τον Δήμο και κατ' επέκταση για ολόκληρη την Επαρχία, τόσο στο περιβαλλοντικό όσο και στον οικονομικό τομέα. Στο Δήμο Λεμεσού υπάρχουν πολλές επιχειρήσεις λιανεμπορίου καθώς και παροχής υπηρεσιών οι οποίες έχουν σημαντική παραγωγή βιοαποβλήτων. Οι παραγωγή βιοαποβλήτων για της πιο πάνω κατηγορίες ενδείκνυται στον πιο κάτω πίνακα.

Πίνακας 4. 4 Ποσοστά παραγωγής βιοαποβλήτων ανά μονάδα

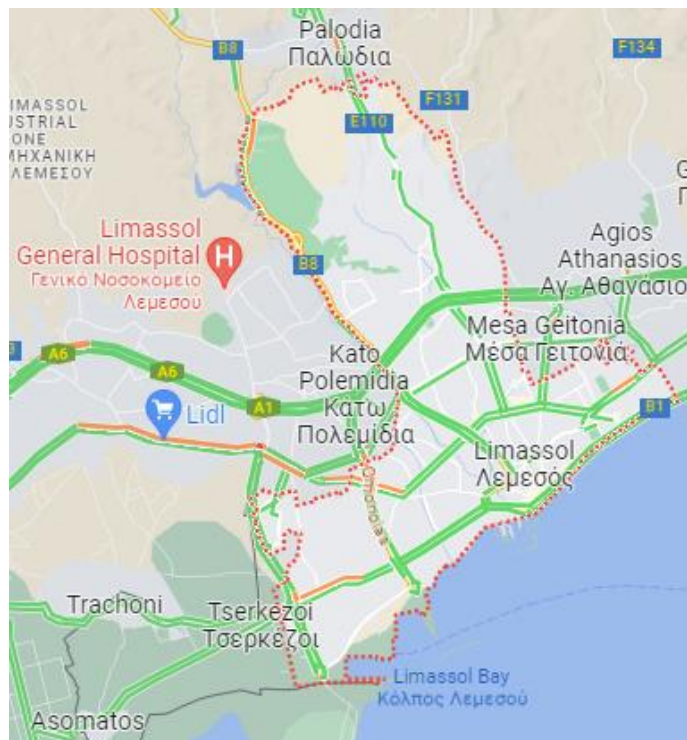
Λαϊκές αγορές – Φρουτοαγορές	Παραγωγή Βιοαποβλήτων 65%
Κοινόχρηστοι χώροι πρασίνου	Σημαντική πηγή πράσινων απορριμμάτων από κλαδέματα
Ξενοδοχεία – Χώροι εστίασης	Παραγωγή Βιοαποβλήτων 65%
Υπεραγορές – Μίνι μάρκετ	Παραγωγή Βιοαποβλήτων 45%
Δημόσιες υπηρεσίες – Τράπεζες	Παραγωγή Βιοαποβλήτων 30%
Εκπαιδευτικά ιδρύματα	Παραγωγή Βιοαποβλήτων 44%

(Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου)

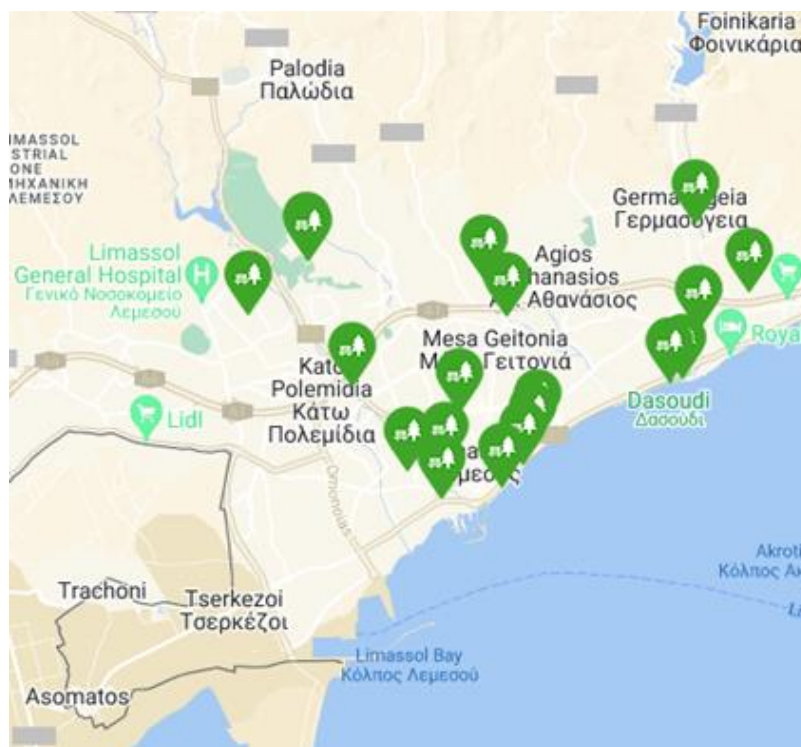
Με βάση την χωρική οριοθέτηση του Δήμου, απεικονίζονται οι χάρτες με τα αντίστοιχα όρια καθώς και με τα σημεία ειδικού ενδιαφέροντος τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο για την πρώτη ύλη μας.



Εικόνα 4. 2 Οριοθέτηση Δήμου Λεμεσού



Εικόνα 4. 3 Κύριοι Δρόμοι Δήμου Λεμεσού



Εικόνα 4. 4 Χώροι Πρασίνου Δήμου Λεμεσού

Στη συνέχεια παρουσιάζεται στον πιο κάτω πίνακα ο συνολικός αριθμός των αστικών αποβλήτων έχουν συλλεχθεί τα τελευταία τρία χρόνια στον Δήμο Λεμεσού.

Πίνακας 4. 5 Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων στον Δήμο Λεμεσού

Χρονιά	Αστικά Απόβλητα (Τόνους)
2018	48090,06
2019	52832,53
2020	51582,74

Οι ποσότητες των αποβλήτων παρουσιάζουν αυξομείωση αυτά τα τρία χρόνια. Το 2019 υπάρχει μια αύξηση της τάξης του 9% ενώ το 2020 παρουσιάζεται μια μικρή μείωση της τάξης του 2%.

Με βάση τα δεδομένα και τη βοήθεια της βιβλιογραφίας για την σύσταση των αστικών αποβλήτων η οποία επικρατεί στην Κύπρο κατασκευάστηκε ο ακόλουθος πίνακας.

Πίνακας 4. 6 Ποσοστά και Ποσοτική Σύνθεση Αστικών Αποβλήτων

Κατηγορία	Ποσοστό %	2018	2019	2020
Οργανικά	42	20197,83	22189,66	21664,75
Χαρτί – Χαρτόνι	20	9618,01	10566,51	10316,55
Πλαστικά	17	8175,31	8981,53	8769,07
Γυαλί	3	1442,70	1584,98	1547,48
Μέταλλα	2	961,80	1056,65	1031,66
Ξύλο	2	961,80	1056,65	1031,66
Αδρανή υλικά	2	961,80	1056,65	1031,66
Άλλα υλικά	12	5770,81	6339,90	6189,93
Σύνολο	100	48090,06	52832,53	51582,74

(Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου)

Η σύσταση των αποβλήτων αποτελεί βασική παράμετρο διαμόρφωσης των προδιαγραφών της μονάδας, καθώς καθορίζει τις απαιτήσεις σε εξοπλισμό και συστήματα διαλογής, καθώς επίσης και τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και επεξεργασίας.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβλήτων καταλαμβάνουν τα οργανικά απόβλητα με ένα υψηλό ποσοστό, το οποίο είναι σε φυσιολογικά πλαίσια καθώς σε μια αστική περιοχή υπάρχουν πολλά νοικοκυριά και παράγονται οικιακά απόβλητα τα οποία έχουν υψηλή περιεκτικότητα ορατικών αποβλήτων. Στη συνέχεια η δεύτερη και τρίτη κατηγορία στις οποίες έχουμε αρκετά υψηλά ποσοστά είναι το χαρτί - χαρτόνι και τα πλαστικά αντίστοιχα. Όπως και η πρώτη κατηγορία έτσι και αυτές είναι απόλυτα δικαιολογημένες λόγω της καθημερινής χρήσεις τους σε συσκευασίες. Τέλος οι υπόλοιπες κατηγορίες βρίσκονται σε πολύ χαμηλά ποσοστά συγκρίνοντας τα με αυτά των προηγούμενων κατηγοριών.

Συγκρίνοντας τα στοιχεία της σύνθεσης των αποβλήτων του Δήμου Λεμεσού (Πίνακας 4.3) σε σχέση με άλλες πόλεις Ελλάδας και Κύπρου με παρόμοιο πληθυσμό ή διαμόρφωση (Πίνακας 4.4), φαίνεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη σύσταση των αποβλήτων μεταξύ τους.

Πίνακας 4. 7 Στοιχεία Σύνθεσης Αποβλήτων Άλλων Δήμων

Κατηγορία	Ποσοστό % Λάρνακα	Ποσοστό % Κατερίνης	Ποσοστό % Δήμο Αγ. Δημητρίου	Ποσοστό % Δήμο Χανίων
Οργανικά	40	44	44	55
Χαρτί – Χαρτόνι	18	22	28	19
Πλαστικά	12	14	13	9
Γυαλί	1	4	3	4
Μέταλλα	2	4	3	4
Ξύλο	-	-	-	2
Αδρανή υλικά	-	-	-	2
Άλλα υλικά	27	12	9	5
Σύνολο	100	100	100	100

Στη συνέχεια καταγράφεται και αναλύεται το πρόγραμμα του Δήμου Λεμεσού όσο αφορά την καθαριότητα του. Η περισυλλογή αστικών αποβλήτων γίνεται με απορριματοφόρα οχήματα του Δήμου. Η συχνότητα αποκομιδής των απορριμμάτων στις ενορίες του Δήμου είναι δυο (2) φορές την εβδομάδα, σε κεντρικούς και κύριους δρόμους συμπεριλαμβανομένου και μεγάλων κτιριακών συγκροτημάτων τρεις(3) φορές την εβδομάδα και για το κέντρο της πόλης και την παραλιακή οδό καθημερινά. Η συλλογή των ογκωδών και αδρανών πραγματοποιείτε έπειτα από τηλεφωνική ειδοποίηση και καθημερινά στο κέντρο της πόλης. Ο τελικός χώρος διάθεσης όπου και γίνεται η επεξεργασία των απορριμμάτων είναι ο ΟΕΔΑ Πεντακώμου.

Με βάση τα στοιχεία καταγραφής, η αποκομιδή των αστικών στερεών αποβλήτων του Δήμου Λεμεσού εκτελείται από συνολικά 16 οχήματα διαφόρων τύπων, 25 οδηγούς και 50 εργάτες περισυλλογής αποβλήτων. Ο τύπος και το πλήθος των οχημάτων (Πίνακας 4.4) που χρησιμοποιούνται για την αποκομιδή παρουσιάζονται πιο κάτω.

Πίνακας 4. 8 Οχήματα Δήμου Λεμεσού

Τύπος Οχήματος	Αριθμός Οχημάτων
Απορριματοφόρα Πρέσας (19m ³)	1
Απορριματοφόρα Πρέσας (18m ³)	12
Απορριματοφόρα Πρέσας (17m ³)	2
Απορριματοφόρα Πρέσας (2m ³)	1

Τέλος, ο Δήμος διαθέτει τα παρακάτω μέσα προσωρινής αποθήκευσης αστικών στερεών αποβλήτων (Πίνακας 4.5). Οι κάδοι τοποθετούνται επί του οδοστρώματος, επί του πεζοδρομίου και σε ελεύθερους κοινόχρηστους χώρους.

Πίνακας 4. 9 Κάδοι Δήμου Λεμεσού

Είδος	Χωρητικότητα	Ποσότητα
Μπλε κάδοι (σταθεροί)	40L	600
Μπλε κάδοι (τροχήλατοι)	1100L	1200
Μεταλλικοί κάδοι απορριμμάτων τύπου container (κυλιόμενοι) Συμπιεστές	12m ³	7
Γυαλί (πράσινο) - Ανακύκλωση	1,5-2,5tn	130
Χαρτί (Καφέ) – Ανακύκλωση	1100L	29
Μπαταρίες (Πράσινο - Κίτρινο) – Ανακύκλωση	10-20L	547
PMD (Μπλε) – Ανακύκλωση	1100L	314

Όσον αφορά τα οχήματα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή οργανικών αποβλήτων, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες, όπως η έκταση της περιοχής κάλυψης, το αναμενόμενο βάρος των αποβλήτων, ο βέλτιστος χρόνος συλλογής ανά σημείο και η συνολική χωρητικότητα των οχημάτων. Στην περίπτωση των οργανικών αποβλήτων, καθοριστικό περιοριστικό στοιχείο είναι το βάρος και όχι ο όγκος. Τα κύρια χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν τα οχήματα είναι τα εξής: να είναι κλειστά, ώστε να αποτρέπεται η πρόσβαση στα απόβλητα από ζώα ή πουλιά, και να μην επιτρέπουν διαρροή υγρών. Πρέπει επίσης να μπορούν να φορτώνουν τόσο μικρούς όσο και μεγάλους κάδους, χωρίς τη χρήση συμπιεστή, καθώς αυτό αυξάνει τον κίνδυνο απώλειας υγρών. Επιπλέον, είναι σημαντικό να διαθέτουν δοχείο συλλογής υγρών, με δυνατότητα εκροής σε ειδικό χώρο για την κατάλληλη διαχείρισή τους. Λόγω της φύσης των οργανικών αποβλήτων, τα οποία υπόκεινται σε ταχεία μικροβιακή δράση και εκλύουν οσμές και υγρά, ιδιαίτερα σε κλιματικές συνθήκες όπως αυτές της Κύπρου, η συλλογή τους πρέπει να πραγματοποιείται τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Υπολογισμός κύριων προϊόντων από επεξεργασία βιοαποβλήτων

5.1 Σχεδιασμός μονάδας κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη για τον σχεδιασμό της εγκατάστασης μιας μονάδας κομποστοποίησης καθώς και αναερόβιας χώνευσης. Σκοπός της όλης έρευνας είναι να προταθεί μια βιώσιμη λύση για την παραγωγή ενέργειας και εδαφοβελτιωτικού κόμποστ, ενώ ταυτόχρονα αξιοποιείται ένα προϊόν το οποίο δεν έχει καμία χρησιμότητα για τον άνθρωπο.

Η συγκεκριμένη μελέτη θα πραγματοποιηθεί για τα οργανικά απόβλητα του Δήμου Λεμεσού.

Πίνακας 5. 1 Συνολικές ποσότητες ΑΣΑ στον Δήμο Λεμεσού

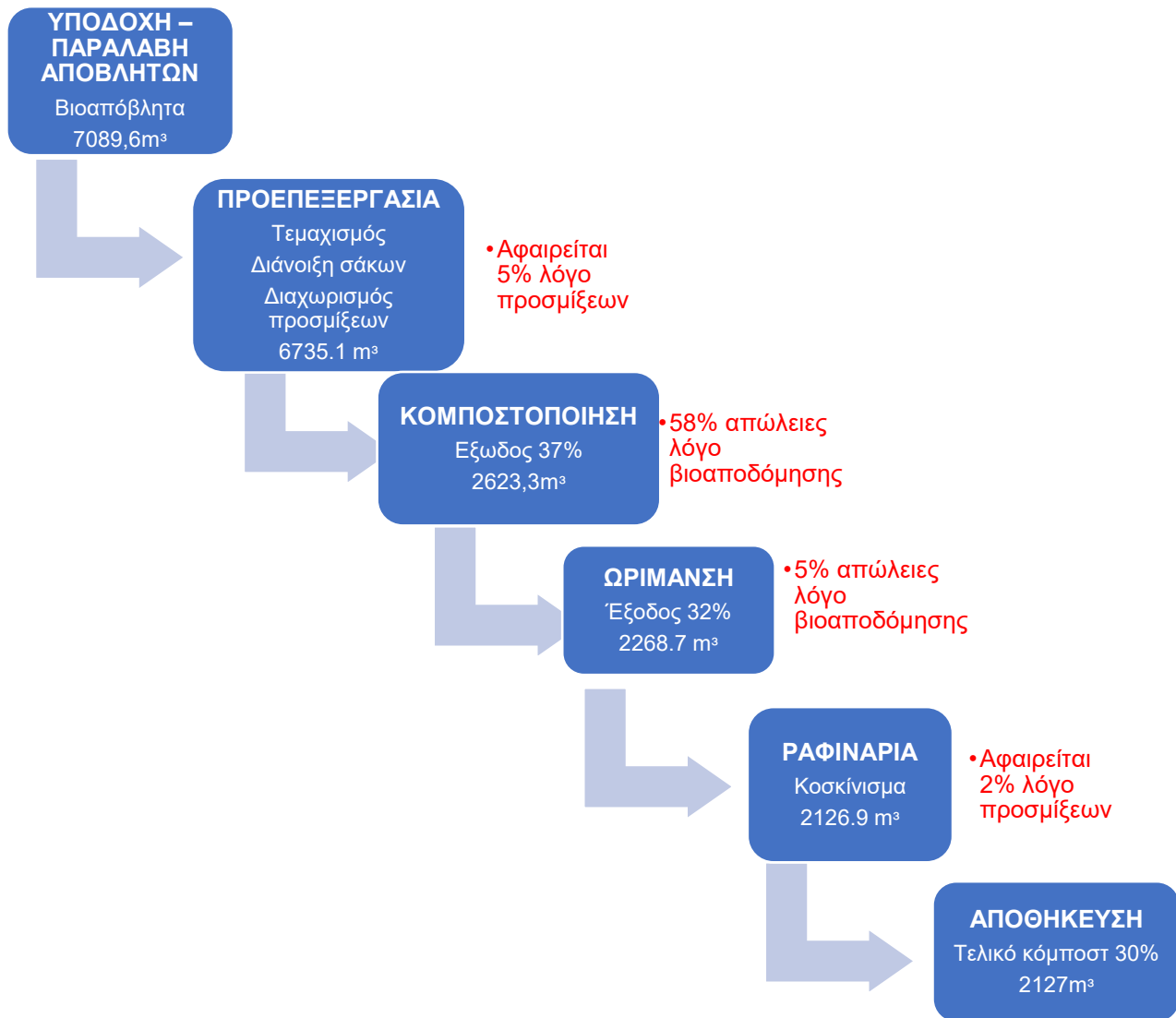
Χρονιά	Αστικά Απόβλητα (Τόνους)
2018	48090,06
2019	52832,53
2020	51582,74
Μέσος Όρος	50835,11

Για την εξασφάλιση καλύτερων αποτελεσμάτων και για την κάλυψη τυχών μελλοντικών αυξήσεων προστίθεται περίπου 10% του παρών μέσου όρου, άρα το σύνολο των αστικών αποβλήτων ανέρχεται στους 55000 τόνους. Από την βιβλιογραφία προκύπτει ότι το ποσοστό οργανικών αποβλήτων κυμαίνεται στο 42% (Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου). Οι ποσότητες των οργανικών αποβλήτων εισέρχονται για επεξεργασία ανά τρεις ημέρες και υπολογίζεται ο όγκος τους, έχοντας ειδικό βάρος οργανικών αποβλήτων 500 kg/m³ (Υπουργείο Περιβάλλοντος Κύπρου).

Πίνακας 5. 2 Ποσότητα οργανικών αποβλήτων στον Δήμο Λεμεσού

Αστικά Στερεά Απόβλητα (Τόνους)	55000
Ποσοστό Οργανικών Αποβλήτων	42%
Οργανικά Απόβλητα (Τόνους)	23100
Ημερήσια (Τόνους)	63,3
Τρεις Ημέρες (Τόνους)	190
Ημερήσιος Όγκος (m ³)	126,6
Όγκος Τρεις Ημέρες (m ³)	380

Η μέγιστη ποσότητα κόμποστ η οποία μπορεί να παραχθεί μετά το πρώτο στάδιο της κομποστοποίησης ανέρχεται 7089,6m³ μετά από παραγωγή 8 εβδομάδων.



Σύμφωνα με την προσέγγιση και τον υπολογισμό των ποσοστών του τελικού προϊόντος ανά 8 εβδομάδες, υπολογίζεται η συνολική ποσότητα κόμποστ για το σύνολο ενός έτους στον Δήμο Λεμεσού.

$$2127\text{m}^3 * 6,5 = 13825,5\text{m}^3$$

Έχοντας ειδικό βάρος οργανικών αποβλήτων 500 kg/m^3

Άρα το παραγόμενο κόμποστ σε τόνους ανέρχεται στους 6900 tn/έτος

5.2 Στάδια μονάδας – Βασικές λειτουργίες

Στην ενότητα αυτή γίνεται περιγραφή των σταδίων μιας μονάδας κομποστοποίησης καθώς και οι βασικές λειτουργίες της.

Τα στάδια της μονάδας διαχωρίζονται στα εξής:

- Υποδοχή – Παραλαβή αποβλήτων
- Προεπεξεργασία
- Κομποστοποίηση
- Ωρίμανση
- Ραφινάρια
- Αποθήκευση

Οι βασικές λειτουργίες του κάθε σταδίου που είναι απαραίτητο για την μονάδα αναπτύσσονται λεπτομερώς πιο κάτω.

- Η υποδοχή και παραλαβή των αποβλήτων, περιλαμβάνει την εκφόρτωση των εισερχόμενων αποβλήτων από τα οχήματα, τον οπτικό έλεγχο των αποβλήτων καθώς και την ενδιάμεση αποθήκευση τους μέχρι το στάδιο της προεπεξεργασίας αυτών.
- Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει την διάνοιξη των σάκων και την αφαίρεση ξένων προσμίξεων, όπως και την ανάμιξη των υλικών για τη ρύθμιση των διάφορων παραμέτρων.
- Η κομποστοποίηση περιλαμβάνει τις πρώτες φάσεις της, την ψυχροφιλική, τη μεσοφιλική και την θερμοφιλική. Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε σειράδια για την αποδόμηση των οργανικών ουσιών και την υγειονομοποίηση του υλικού.
- Η ωρίμανση περιλαμβάνει την τελευταία φάση της κομποστοποίησης όπου διασπώνται δύσκολα αποδόσιμα οργανικά υλικά και ολοκληρώνεται όταν η θερμοκρασία του υλικού εξισωθεί με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Τα ραφινάρια περιλαμβάνουν την τελική μηχανική επεξεργασία όπου διαχωρίζονται οι εναπομείναντες προσμίξεις και παράγεται το κόμποστ με σταθερά ποιοτικά χαρακτηριστικά.
- Η αποθήκευση περιλαμβάνει την φύλαξη του έτοιμου κόμποστ σε κατάλληλες συνθήκες για εύλογο χρονικό διάστημα, για διαφύλαξη του από διάφορα καιρικά φαινόμενα αποφεύγοντας την αλλοίωση την ποιότητάς του.

5.3 Τεχνικά και Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά

Στην ενότητα αυτή γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των τεχνικών και κατασκευαστικών χαρακτηριστικών μιας μονάδας κομποστοποίησης.

- Γενικά ο χώρος της μονάδας πρέπει να είναι πλήρως περιφραγμένος και προστατευμένος από την πρόσβαση μη εξουσιοδοτημένων ατόμων, να γίνουν δέντροφυτεύεις για την αντιανεμική προστασία του καθώς και για αισθητικούς σκοπούς. Σημαντικό είναι να υπάρχει εγκατάσταση επαρκούς πυροπροστασίας σε όλη την έκταση της μονάδας.
- Η είσοδος πρέπει να διαθέτει πύλη η οποία θα ελέγχεται, όπως επίσης και σύστημα ζύγισης των εισερχόμενων αυτοκινήτων που προμηθεύουν την μονάδα με οργανικά απόβλητα και άλλα υλικά.
- Η Υποδοχή και Παραλαβή Αποβλήτων σχεδιάζεται ώστε να δέχεται την μέγιστη προβλεπόμενη ημερήσια ποσότητα υλικών. Πρέπει ο χώρος να μην βρίσκεται κοντά στο χώρο αποθήκευσης του τελικού κόμποστ, προς αποφυγή τυχών επιμόλυνσης του τελικού προϊόντος.
- Η Προεπεξεργασία εγκαθίσταται πλησίον του χώρου υποδοχής ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη μεταφορά των υλικών και να υπάρχει επαρκής χώρος για την κίνηση των οχημάτων τα οποία θα διέρχονται σε αυτή.
- Η κομποστοποίηση πρέπει να καλύπτετε από στέγαστρο για την προστασία των σωρών από διάφορες καιρικές συνθήκες, και ο χώρος αυτός να βρίσκεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση από γειτονικούς ευαίσθητους αποδέκτες.
- Τα Ραφινάρια εγκαθίστανται κοντά στον χώρο ωρίμανσης ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη μετακίνηση των υλικών προς επεξεργασία, όπως επίσης να διαθέτει ξεχωριστό χώρο αποθήκευσης του κοσκινευμένου υλικού.
- Η Αποθήκευση πρέπει να διαθέτει χωρητικότητα ίση με το 25% της ετήσιας προβλεπόμενης ποσότητας παραγόμενου κόμποστ, όπως επίσης στέγαστρο και προστασία από διάφορους ανέμους και τυχών βροχοπτώσεις. Επιπλέον συνιστάτε ιδικός χώρος φόρτωσης των αυτοκινήτων για εύκολη μεταφορά του τελικού κόμποστ.

5.4 Απαιτήσεις σε έκταση σειραδιών

Για τον υπολογισμό των αναγκών σε έκταση λαμβάνονται υπόψη οι ποσότητες αποβλήτων οι οποίες θα οδηγούνται στη μονάδα μετά τη συλλογή τους. Η συχνότητα διαμόρφωσης των σειραδιών γίνεται καθημερινά, εκτός σε περιόδους αιχμής διαμορφώνεται το πολύ εντός τριών ημερών. Η διαμόρφωση των σωρών επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός φορτωτή. Το είδος του σωρού το οποίο διαμορφώνεται εξαρτάτε κυρίως από τις δυνατότητες του μηχανήματος αναστροφής καθώς και από της καιρικές συνθήκες. Ο τριγωνικός σωρός είναι κατάλληλος για υγρές περιόδους, λόγο του σχήματος του αποτρέπει σε μεγάλο βαθμό την περιττή υγρασία να εισέλθει εντός αυτού. Ο τραπεζοειδής σωρός είναι κατάλληλος για ξηρές περιόδους, όπως επίσης και καταλληλότερος ενάντια στους ισχυρούς ανέμους λόγο της μικρότερης έκθεσης της επιφάνειας του σε αυτούς. Επιπλέον η ενεργά θερμή ζώνη του τραπεζοειδή σωρού, όπου η αποδόμηση είναι εντονότερη, είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τους τριγωνικούς σωρούς. Σύμφωνα με τον όγκο της ποσότητας υλικού που έχει υπολογιστεί και την παραδοχή τραπεζοειδών σειραδιών (διαστάσεων μεγάλης βάσης 2m, μικρής βάσης 1m, ύψους 1,80m, μήκους 50m και απόστασης μεταξύ των

σειραδιών 2,5m) προκύπτει αριθμός σειραδιών ίσος με 50. Αντίστοιχα με τα ίδια δεδομένα και την ποσότητα του υλικού στη φάση της ωρίμανσης προκύπτει αριθμός σειραδιών ίσος με 20.

Η απαιτούμενη επιφάνεια για κομποστοποίηση και έπειτα για ωρίμανση υπολογίζεται με βάση τον τύπο:

$$I = n \cdot b \cdot L + (n-1) \cdot B \cdot L$$

Όπου:

I: η συνολική επιφάνεια

n: ο αριθμός των σειραδιών

b: το πλάτος της βάσης των σειραδιών

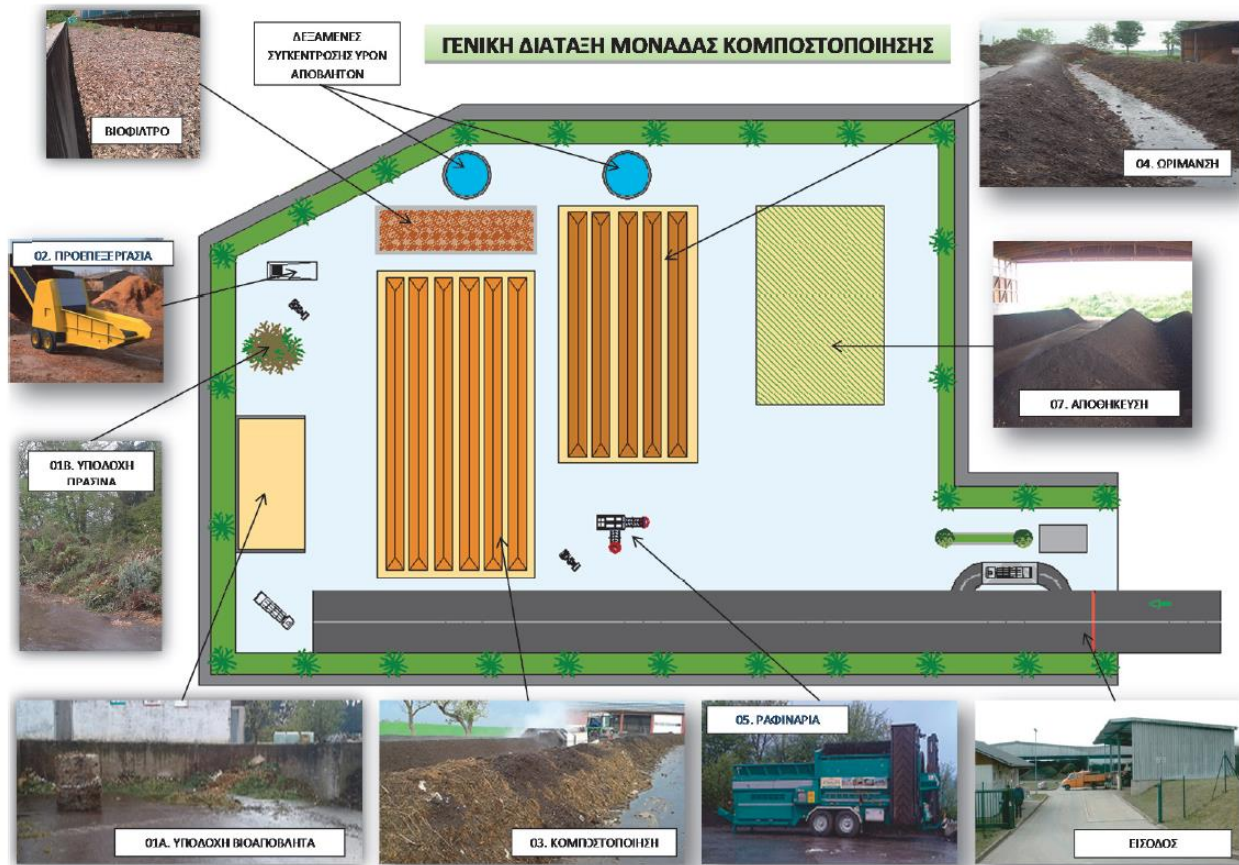
L: το μήκος των σειραδιών

B: η απόσταση μεταξύ των σειραδιών

Με βάση τους υπολογισμούς που έγιναν προκύπτει συνολικά για την φάση της κομποστοποίησης επιφάνεια ίση με 11125m², και για την φάση της ωρίμανσης συνολική επιφάνεια ίση με 4375m². Αυτές οι επιφάνειες θα πρέπει να επιστρωθούν με οπλισμένο σκυρόδεμα για την αποφυγή εισροής των στραγγισμάτων στο έδαφος και κατ'επέκταση την αποφυγή μόλυνσης του. Οι επιφάνειες αυτές θα πρέπει να έχουν κλίση της τάξης του 2-3% για να αποφευχθεί η συσσώρευση υγρασίας στο προϊόν.

5.5 Αποθήκευση κόμποστ

Η αποθήκευση του ετοίμου κόμποστ περιλαμβάνει τις κατάλληλες συνθήκες για ένα εύλογο διάστημα, για την αποφυγή αλλοίωσης της ποιότητας του. Η αποθήκευση θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το κόμποστ να προστατεύεται από έντονα καιρικά φαινόμενα όπως βροχή, ξηρασία και άνεμο. Σε περίπτωση που η αποθήκευση γίνεται για μεγάλο χρονικό διάστημα πρέπει να εξασφαλίζεται περιοδική ανάδευση κάθε 3-4 εβδομάδες, και όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος θα πρέπει να διαβρέχεται για να διατηρεί την επιθυμητή υγρασία του.



Εικόνα 5. 1 Γενική Διάταξη Μονάδας Κομποστοποίησης

5.6 Επιλογή συστήματος κομποστοποίησης

Για την επιλογή του καταλλήλου συστήματος κομποστοποίησης πρέπει να ληφθούν υπόψη τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του καθενός. Μια καλή λύση θα ήταν η κατασκευή ενός κλειστού τύπου σύστημα καθώς χρειάζεται μικρές απαιτήσεις σε χώρο και χαμηλό κόστος λειτουργίας. Επίσης δεν απελευθερώνει διάφορες δυσάρεστες οσμές και δεν επηρεάζεται από κλιματικές αλλαγές της ατμόσφαιρας. Επιπλέον, μπορεί να παραχθεί ένα καλής ποιότητας κόμποστ σε σχετικά μικρό διάστημα. Άρα εάν εξαιρεθεί το σχετικά υψηλό κόστος εγκαταστάσεις είναι ίσως η ιδανική επιλογή για την εγκατάσταση.

Για τον υπολογισμό του κόμποστ το οποίο παράγεται, θεωρώντας ότι χρησιμοποιείται ένα κλειστού τύπου σύστημα κομποστοποίησης γίνονται οι ακόλουθοι υπολογισμοί. Ο παραγόμενος όγκος οργανικών αποβλήτων καθημερινά στον Δήμο Λεμεσού ανέρχεται στα 126,6 m³ ημερησίως. Ο σταθερός χρόνος ωρίμανσης του υλικού κυμαίνεται από 4 έως 8 εβδομάδες. Συνεπώς η μέγιστη παραγωγή σε 8 εβδομάδες ανέρχεται στα 7089,6m³.

Τα στάδια δημιουργίας της μονάδας κομποστοποίησης και οι βασικές τους λειτουργίες πρέπει να αρχίζουν από την υποδοχή και παραλαβή αποβλήτων κατά την οποία γίνεται εκφόρτωση των εισερχομένων αποβλήτων από τα οχήματα, οπτικός έλεγχος των αποβλήτων και προσωρινή αποθήκευση τους εν αναμονή της προ επεξεργασίας. Στη συνέχεια γίνεται η προ επεξεργασία όπου διανοίγονται οι σάκοι, αφαιρούνται οι ξένες προσμίξεις και τεμαχίζονται τα ξυλώδη υλικά για να αναμιχτούν και να ομογενοποιηθούν μαζί με τα υπόλοιπα οργανικά απόβλητα. Ακολούθως γίνεται η κομποστοποίηση και η ωρίμανση όπου λαμβάνουν χώρα οι φάσεις της κομποστοποίησης δημιουργώντας ένα προϊόν το οποίο κατόπιν περνάει στα ραφινάρια για την τελική μηχανική επεξεργασία του κόμποστ καταλήγοντας σε ένα κόμποστ με σταθερά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τέλος γίνεται αποθήκευση του τελικού προϊόντος σε κατάλληλες συνθήκες και για εύλογο χρονικό διάστημα για την αποφυγή αλλοίωσης της ποιότητας του.

5.7 Επιλογή συστήματος αναερόβιας χώνευσης

Η ιδανικότερη επιλογή συστήματος αναερόβιας χώνευσης με βάση τον πληθυσμό και τα παραγόμενα οργανικά απόβλητα της πόλης φαίνεται να είναι ο Αναδευτήρας πλήρους ανάμειξης (CSTR). Οι λόγοι επιλογής ενός τέτοιου συστήματος είναι η εξαιρετική ικανότητα του διαχείρισης μεγάλων ποσοτήτων οργανικών αποβλήτων, καθώς επίσης και η υψηλή απόδοση του στην παραγωγή βιοαερίου. Επιπλέον το σύστημα αυτό έχει την δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας, προσφέροντας μεγαλύτερη αποδοτικότητα και ευελιξία στην διαχείριση των οργανικών αποβλήτων, ακόμη και με διακυμάνσεις στην παραγωγή αποβλήτων.

5.8 Διαστασιολόγηση Χωνευτή

Κατά την μελέτη υπολογισμού του αναερόβιου χωνευτή θα πρέπει να υπάρχει ένας συγκεκριμένος οργανικός ρυθμός φόρτωσης (Organic Loading rate – OLR). Η διαδικασία αυτή συνδυάζεται με τον αντίστοιχο υδραυλικό χρόνο παραμονής (Hydraulic Retention Time – HRT) και τον όγκο του αντιδραστήρα. Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται οι λειτουργικές συνθήκες του χωνευτή για το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων σε θερμοφιλικές θερμοκρασίες και υψηλή συγκέντρωση στερεών.

Πίνακας 5. 3 Λειτουργικές συνθήκες Χωνευτή

Λειτουργικές συνθήκες	
HRT	12-16 d
OLR	6-9 Kg/m ³ /d

Απαραίτητα επίσης για τον σχεδιασμό του αντιδραστήρα είναι τα ποσοστά υγρασίας και πτητικών στερεών των αποβλήτων που εισέρχονται στον αντιδραστήρα.

Πίνακας 5. 4 Χαρακτηριστικά αποβλήτων αντιδραστήρα

Υλικό	Ποσοστό Υγρασίας	Ποσοστό Πτητικών Στερεών
Οργανικά Απόβλητα	70%	95%

Για τον υπολογισμό του όγκου του αναερόβιου αντιδραστήρα γίνεται παραδοχή του οργανικού ρυθμού φόρτωσης ίση με 9 Kg/m³/d και συνολική εισροή πτητικών με βάση την ροή οργανικών αποβλήτων ίση με 60135 Kg/d. Οι υπολογισμοί βασίζονται στην πιο κάτω εξίσωση:

$$V = TVS / OLR$$

Όπου : V είναι ο όγκος του αντιδραστήρα (m³)

TVS είναι η συνολική εισροή των πτητικών στερεών (Kg/d)

OLR είναι ο οργανικός ρυθμός φόρτωσης στον αντιδραστήρα (Kg/m³/d)

Πίνακας 5. 5 Όγκος Αντιδραστήρα

Όγκος αντιδραστήρα	6700m ³
---------------------------	--------------------

5.9 Υπολογισμός παραγόμενου μεθανίου

Για τον υπολογισμό του μεθανίου (CH₄) το οποίο βρίσκεται στο βιοαέριο και παράγεται στον Δήμο Λεμεσού χρειάζεται αρχικά μια παράμετρος η οποία ονομάζεται Δυναμικό Βιοχημικού Μεθανίου (BMP) και δίνει δεδομένα για την παραγωγή βιοαερίου από βιοαπόβλητα μέσω της Αναερόβιας Χώνευσης και συνδέεται με την βιοαποδομησιμότητα του επεξεργασμένου υλικού.

Για να οργανικά απόβλητα επιλέγεται εύρος τιμής για την παράμετρο BMP από 0,1 μέχρι 0,2.

Με βάση τους υπολογισμούς υπάρχουν 23100 tn/year οργανικών αποβλήτων.

$$G_w = AB_w * V_{sw} * BMP_w$$

$$G_w = 23100 * 1000 * 0,5 * 0,15$$

$$G_w = 1732500 \text{ kg/cap*year}$$

Σύμφωνα με την σύσταση του βιοαερίου και φαίνεται στον πίνακα το μεθάνιο κυμαίνεται από 50-75%, παίρνοντας μια μέση τιμή 60% αριθμός που υποδηλώνει πως σε κάθε ένα κιλό βιοαερίου εμπεριέχεται 0,6 kg μεθανίου.

$$G_w * 0.6 = 1732500 * 0.6 = 1039500 \text{ kg/year}$$

Άρα το παραγόμενο μεθάνιο από την εγκατάσταση ανέρχεται στους 1039500 kg/year ή 1039500 kg/year / (1,5 kg/m³) = 1559250 = 1500000 m³/year.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συζήτηση Αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα – Μελλοντικές Προτάσεις

6.1 Οφέλη εγκατάστασης επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων

Η διεθνής κοινότητα έχει καθορίσει πλέον σαφείς κανόνες και προδιαγραφές για τη μείωση των ρύπων που επηρεάζουν την ατμόσφαιρα και το περιβάλλον. Σήμερα, η Ευρωπαϊκή Ένωση και, κατ' επέκταση, η Κύπρος εργάζονται συστηματικά για τη μείωση της κατανάλωσης ενεργειακών πόρων και για την προώθηση τεχνολογικών λύσεων που αξιοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ολοκλήρωση μιας σύγχρονης μονάδας αναερόβιας χώνευσης με στόχο την εναλλακτική διαχείριση των αστικών στέρεων αποβλήτων και ειδικότερα των οργανικών αποβλήτων αποτελεί ένα καινοτόμο εγχείρημα για τα δεδομένα της Κύπρου, και για να ληφθεί η τελική απόφαση για τη υλοποίηση της θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι παράμετροι οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο.

Αρχικά ένα από τα σημαντικότερα οφέλη τα οποία προκύπτουν είναι η μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που θα εναποτίθενται στους χώρους υγειονομικής ταφής (ιδιαίτερα τα οργανικά απόβλητα).

Ακολούθως, η παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης του παραγόμενου βιοαερίου μπορεί να καλύψει τις απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας της μονάδας καθώς και ένα σημαντικό μέρος των αναγκών του Δήμου, όπως επίσης και η χρήση βιοαερίου για την αντικατάσταση των καυσίμων κίνησης στα οχήματα του Δήμου. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα εκτός από το περιβαλλοντικό όφελος το οποίο προσφέρουν, να προσφέρουν και ένα σημαντικό οικονομικό όφελος.

Επιπλέον περιβαλλοντικό και οικονομικό όφελος μπορεί να προσφέρει το παραγόμενο κόμποστ, χρησιμοποιώντας το για της ανάγκες του Δήμου ή μεταπουλώντας το.

Παράλληλα με όλα αυτά τα οφέλη τα οποία είναι πιο άμεσα υπάρχουν και οφέλη τα οποία φαίνονται μακροπρόθεσμα και βοηθάνε το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα η εξοικονόμηση νερού, η αποφόρτιση γης, καθώς ανακυκλώνοντας τα οργανικά απόβλητα δεν χρειάζεται περεταίρω οικολογικό αποτύπωμα στον πλανήτη για να πάρουμε διάφορα πράγματα τα οποία να παίρνουμε μέσω της ανακύκλωσης.

Εν κατακλείδι, ο σχεδιασμός τέτοιου είδους μονάδας είναι μια διαδικασία κατά την οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες και κανόνες, που πρέπει να εφαρμοστούν και να τηρηθούν προκειμένου η κατασκευή της μονάδας να ωφελήσει τον άνθρωπο και το περιβάλλον καθώς η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη διεργασία.

6.2 Πρόγραμμα Ενημέρωσης

Ο Δήμος καλείται να παροτρύνει τους κατοίκους να ανταποκριθούν σε διάφορα προγράμματα, περνώντας τους με αυτό τον τρόπο να αλλάξουν συνήθειες και νοοτροπίες στο θέμα ανακύκλωση. Αυτό θα βοηθούσε ένα σχέδιο δράσης με διάφορες ενέργειες.

Σημαντικό θα ήταν να δοθεί ιδιαίτερη σημασία και έμφαση στην εκπαίδευση και ενημέρωση των μαθητών και της νεολαίας καθώς αυτοί είναι το μέλλον. Αναλυτικότερα θα μπορούσε να γίνει κάποιο ολοκληρωμένο πρόγραμμα ενημέρωσης και εκπαίδευσης των πολιτών, ίσως με κάποια ενημερωτικά περίπτερα σε κεντρικά σημεία της πόλης και σχολεία, διάφορες εκδηλώσεις με κεντρικό θέμα την ανακύκλωση. Συμπληρωματικά, για την ενημέρωση θα μπορούσε να εφαρμοστεί κάποια ηλεκτρονική πλατφόρμα στην οποία επίσης θα μπορούσε να δίνονται και επιβραβεύσεις για την περεταίρω παρότρυνση του κοινού. Επίσης θα βοηθούσε η οργάνωση μιας γραμμής επικοινωνίας με τους πολίτες για την επίλυση αποριών και διάφορων προβλημάτων κατά την εφαρμογή του προγράμματος.

6.3 Σύστημα Παρακολούθησης – Αξιολόγησης

Για την ορθή λειτουργία της μονάδας διαχείρισης βιοαποβλήτων είναι απαραίτητος ο συνεχής έλεγχος και η παρακολούθηση σε όλα τα στάδια της διεργασίας. Η συστηματική παρακολούθηση εξασφαλίζει την αποτελεσματικότητα των συστημάτων και την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων. Οι κύριοι τομείς που πρέπει να παρακολουθούνται περιλαμβάνουν:

1. Την ευαισθητοποίηση, τη συμπεριφορά και την ικανοποίηση των συμμετεχόντων σχετικά με τα συστήματα διαχείρισης των βιοαποβλήτων.
2. Τη σωστή χρήση του εφαρμοζόμενου συστήματος και τη συμμετοχή των χρηστών.
3. Τα ποσοστά μείωσης και εκτροπής των βιοαποβλήτων από τα ρεύματα των απορριμμάτων.
4. Τα ποσοστά ανάκτησης των παραγόμενων βιοαποβλήτων.
5. Το κόστος διαχείρισης σε κάθε στάδιο της διαδικασίας.
6. Το επίπεδο προσμίξεων στα συλλεγμένα βιοαπόβλητα.
7. Την αποτελεσματικότητα των καμπανιών ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης σχετικά με τα βιοαπόβλητα.

Παράλληλα, η παρακολούθηση και αξιολόγηση της διεργασίας των αντιδραστήρων και των παραγόμενων προϊόντων κρίνεται απαραίτητη για την εκτίμηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος. Καθημερινά πρέπει να ελέγχονται παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την απόδοση, όπως:

- Η ποιότητα και η ποσότητα της εισαγόμενης πρώτης ύλης.
- Η θερμοκρασία λειτουργίας των αντιδραστήρων.
- Η ποσότητα και η σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου.
- Το pH της διεργασίας.
- Το επίπεδο γεμίσματος των αντιδραστήρων.
- Η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε πτητικά λιπαρά οξέα (VFAs).

Η συνεχής παρακολούθηση αυτών των παραμέτρων επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση τυχόν αποκλίσεων, τη βελτιστοποίηση των συνθηκών λειτουργίας και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της μονάδας, διασφαλίζοντας παράλληλα την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την οικονομική αποδοτικότητα της διαδικασίας.

Τα στοιχεία που εξετάζονται σε μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου εξασφαλίζοντας την σωστή λειτουργία της εγκατάστασης και την βέλτιστη ποιότητα του βιοαερίου είναι:

- i. Η τροφοδοσία της πρώτης ύλης
- ii. Θέρμανση του χωνευτήρα
- iii. Διαχωρισμός υγρών και στερεών
- iv. Ένταση και συχνότητα ανάδευσης
- v. Μεταφορά της πρώτης ύλης μέσω της εγκατάστασης
- vi. Αφαίρεση των ιζημάτων
- vii. Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας
- viii. Αποθείωση

6.4 Συμπεράσματα

Στο πρώτο σκέλος της παρούσας Διπλωματικής εργασίας σχετικά με την έρευνα η οποία διεξήχθη για την γνώση και ενημέρωση των κατοίκων του Δήμου Λεμεσού σχετικά με την διαχείριση των αποβλήτων, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η πιο γνωστή μέθοδος διάθεσης και επεξεργασίας απορριμμάτων ήταν η ανακύκλωση και ακολουθεί η διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής.
- Οι ερωτηθέντες για την βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης αποκομιδής απορριμμάτων πρότειναν την τοποθέτηση περισσότερων κάδων και τον συχνότερο καθαρισμό τους, όπως επίσης και συχνότερη αποκομιδή των απορριμμάτων.
- Οι περισσότεροι κάτοικοι έδειξαν θερμοί στο να διαχωρίζουν τα απορρίμματα τους ανά είδος, γεγονός πολύ θετικό για την καλύτερη και ευκολότερη λειτουργία των μονάδων.
- Τα υπολείμματα μαγειρεμένου φαγητού, φρούτα και λαχανικά, όπως και τα χάρτινα απορρίμματα αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της καθημερινής παραγωγής απορριμμάτων.
- Η κομποστοποίηση αποτελεί την πιο γνωστή μέθοδο επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων.
- Οι πλειοψηφία των ερωτηθέντων βλέπει θετικά την εγκατάσταση μονάδας για την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων.

Συνεχίζοντας, η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στις δυνατότητες αξιοποίησης των βιοαποδομήσιμων αστικών στερεών αποβλήτων. Λαμβάνοντας υπόψη τη συνεχή αύξηση του πληθυσμού και τον υπερκαταναλωτισμό, παρατηρείται αντίστοιχη αύξηση των αναγκών των πολιτών, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερες ποσότητες αποβλήτων. Τα βιοαποδομήσιμα αστικά απορρίμματα αποτελούν κατηγορία που απαιτεί ειδική διαχείριση, με στόχο τη μείωση του όγκου τους και την αξιοποίησή τους με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Αναλύθηκαν δυο σενάρια, ένα για δημιουργία μονάδας κομποστοποίησης και ένα για δημιουργία μονάδας αναερόβιας χώνευσης. Με βάση τα δεδομένα, τα αποτελέσματα που έχουν υπολογιστεί για την μονάδα της

κόμποστοποίησης είναι η ετήσια παραγωγή κόμποστ ότι ανέρχεται στους 13825 tn/έτος. Για την μονάδα της αναερόβιας χώνευσης έχει υπολογιστεί ετήσια παραγωγή μεθανίου ίση με 150000 m³. Το κόμποστ και το βιοαέριο που υπολογίζονται, θεωρείται ότι έχουν σταθερή σύσταση, κάτι που στην πράξη και λόγω έλλειψης δεδομένων δεν μπορεί να επιτευχθεί. Αυτό θα οδηγούσε σε πιθανή αστοχία των αποτελεσμάτων.

Με την εγκατάσταση τέτοιων μονάδων σε ένα Δήμο η αλλαγή στην καθημερινότητα των πολιτών θα είναι ξεκάθαρη. Αρχικά κατά την κατασκευή και μετέπειτα την λειτουργία της μονάδας θα ανοιχτούν αρκετές θέσεις εργασίας. Επίσης θα μειωθεί σημαντικά ο όγκος των αποβλήτων τα οποία μένουν ανεκμετάλλεута ή εναποτίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Επιπλέον θα δημιουργηθούν διάφοροι οικονομικοί πόροι οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν προς όφελος του Δήμου και των κατοίκων. Ειδικότερα με την μονάδα της αναερόβιας χώνευσης και την αξιοποίηση της βιομάζας επιτυγχάνουμε την εξοικονόμηση χρημάτων και την μείωση εξάρτησης της χώρας από άλλες χώρες εφόσον χιάζονται λιγότερα συμβατικά καύσιμα, γεγονός το οποίο καθιστά την αναερόβια χώνευση μια υποσχόμενη τεχνολογία για την διαχείριση των αστικών αποβλήτων, ενώ παράλληλα και μια σημαντική επένδυση σε επιστημονικό, ερευνητικό και βιομηχανικό επίπεδο. Παρόλα αυτά, για τα σημερινά δεδομένα της Κύπρου, η αναερόβια χώνευση είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία. Ακολουθώντας τα παραδείγματα ξένων χωρών, θα μπορούσε να μετατρέψει τον τομέα των αποβλήτων από δίκτυο εκπομπής σε δίκτυο μείωσης των αέριων του θερμοκηπίου.

Μολονότι δεν υπάρχει ένα βέλτιστο σύστημα συλλογής, είναι δυνατόν να μεταφερθούν ορισμένες επιτυχημένες στρατηγικές της Ευρώπης και όχι μόνο σε διάφορες περιοχές με παρόμοιες συνθήκες. Αυτό θα μπορούσε να βελτιστοποιήσει το πλήθος των υπάρχων συστημάτων. Επιπλέον τα αχρησιμοποίητα οργανικά υπολείμματα από την γεωργία και την κτηνοτροφία μπορούν να ενταχθούν και να βοηθήσουν το όλο σύστημα καθώς απαλλάσσονται από διάφορα ανεπιθύμητα απόβλητα.

Ο σωστός σχεδιασμός εγκαταστάσεων είναι εξαιρετικά σημαντικός για μια ποιοτικά και οικονομικά αποδοτική λειτουργία. Είναι σημαντικό κατά τον σχεδιασμό να εξετάζεται η θέση σε σχέση με κατοικίες και εμπορικές επιχειρήσεις. Παρόλο που οι περισσότεροι άνθρωποι εγκρίνουν τις μονάδες αυτές, η ιστορία των εγκαταστάσεων δείχνει να επιβαρύνει τη διάθεση για τη θέση τους, ιδιαίτερα όσο αφορά τις οσμές. Επομένως, είναι σημαντικό στον σχεδιασμό, όχι μόνο να εντοπιστεί ένας χώρος στον οποίο να μπορεί εύκολα να επιτραπεί η εγκατάσταση αλλά παράλληλα να επικρατούν ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, και να υπάρχει ενημέρωση προς τους κατοίκους που βρίσκονται κοντά στην εγκατάσταση.

Καταλήγοντας, η εφαρμογή προγραμμάτων διαχείρισης των αποβλήτων απαιτεί μακροχρόνιο σχεδιασμό. Η αλλαγή νοοτροπίας στη διαχείριση των αποβλήτων είναι μια χρονοβόρος διαδικασία και απαιτεί επικοινωνία, ενημέρωση, συνέπεια και προσήλωση. Η εξέλιξη στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων θα ήταν προτιμότερο να γίνεται βήμα – βήμα σε πραγματικούς χρόνους και όχι με φανταστικά άλματα σε μελλοντικούς χρόνους.

Γενικά τα τελευταία χρόνια διεξάγονται αρκετές έρευνες σχετικά με την χρήση αυτών των συστημάτων για την μετατροπή των αστικών στερεών αποβλήτων σε χρήσιμα προϊόντα, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολύ ελπιδοφόρα αποτελέσματα.

6.5 Μελλοντικές Προτάσεις

Για την διασφάλιση την ομαλής και σωστής λειτουργίας της μονάδας καθώς και της διατήρησης της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων προτείνονται τα εξής:

- Πρόγραμμα επιβράβευσης των πολιτών για την σωστή απόρριψη των παραγόμενων απορριμμάτων τους.
- Αύξηση των κάδων για τον διαχωρισμό περισσότερων απορριμμάτων.
- Διαμόρφωση του θεσμικού πλαισίου των αρμοδιοτήτων του Δήμου ώστε να ξεπεράσουν αδυναμίες και επικαλύψεις, να αναδειχθεί ο ρόλος του Δήμου.
- Να αναζητηθούν νέοι τρόποι χρηματοδότησης όπως κονδύλια από ευρωπαϊκά προγράμματα.
- Συνεχής παρακολούθηση των παραγόμενων προϊόντων για την συνεχή βελτίωση τους.
- Να ερευνηθεί και να αξιολογηθεί η πιθανότητα επέκτασης της μονάδας ή η κατασκευή επιπλέον εγκατάστασης.
- Υλοποίηση παρόμοιων ερευνών σε γειτονικούς Δήμους για τυχόν συνεργασία.
- Να υπάρξουν προγράμματα για δωρεάν διάθεση κομποστοποιητών οικίας και μεταξύ άλλων να αυξηθεί η ενημέρωση και προς την οικιακή κομποστοποίηση.

Η εφαρμογή προγραμμάτων ολοκληρωμένης διαχείρισης των αποβλήτων απαιτεί μακροχρόνιο σχεδιασμό. Η εξέλιξη στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων θα ήταν προτιμότερο να γίνεται βήμα – βήμα σε πραγματικούς χρόνους και όχι με τεράστια άλματα σε μελλοντικούς χρόνους. Όπως άλλοι τα έχουν καταφέρει, πρέπει να τα καταφέρουμε και εμείς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ

Breitenbeck, G.A. & Schellinger, D. (2004). Calculating the Reduction in Material Mass And Volume during Composting. Compost Science & Utilization.

<https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702206>

Cucchiella, F., D'Adamo, I. & Gastaldi, M. (2017). Sustainable waste management: Waste to energy plant as an alternative to landfill. Energy Conversion and Management.

Korres, N.E., O' Klely, P., Benzie, J.A.H & West, J.S. (επιμ.) (2013). Bioenergy Production by Anaerobic Digestion. Abingdon: Routledge.

<https://doi.org/10.4324/9780203137697>

Maroulis, G.D. & Saravacos, G.D. (2011). Food Process Engineering Operations. Boca Raton, FL: CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/b12254>

Mir, M.A., Hussain, A. & Verma, C. (2016). Design considerations and operational performance of anaerobic digester: A review. Cogent Engineering.

<https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1181696>

Subramanian, B. & Pagilla, K.R. (2014). Anaerobic digester foaming in full-scale cylindrical digesters – Effects of organic loading rate, feed characteristics, and mixing. Bioresource Technology.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.089>

Zhang, C., Su, H., Baeyens, J. & Tan, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. Renewable and Sustainable Energy Reviews.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.038>

Clift R. et al. (2000), The application of Life Cycle Assessment to integrated solid waste management Part 1 – Methodology, IChemE

<https://doi.org/10.1205/095758200530790>

Standard Handbook of Environmental Engineering,

<http://www.scribd.com/doc/16998461/Standard-Handbook-of-Environmental-Engineering>

Mata - Alvarez, J., Mace, S., Llabres, P. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. Bioresource Technology, (2003)

[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00023-7)

Logan, M. *et al.* (2019) 'Investigating the performance of internet of things based anaerobic digestion of food waste', *Process Safety and Environmental Protection*.
[doi:10.1016/j.psep.2019.05.025](https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.05.025).

Vázquez, M.A. *et al.* (2020) 'Development of technologies for local composting of food waste from universities', *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
[doi:10.3390/ijerph17093153](https://doi.org/10.3390/ijerph17093153)

Palaniveloo, K. *et al.* (2020) 'Food Waste Composting and microbial community structure profiling', *Processes*.
[doi:10.3390/pr8060723](https://doi.org/10.3390/pr8060723)

Linden, A. van der and Reichel, A. (2020) 'Bio-waste in Europe — turning challenges into opportunities', *Climate Change and Law Collection* [Preprint].
[doi:10.1163/9789004322714_cclc_2019-0190-520](https://doi.org/10.1163/9789004322714_cclc_2019-0190-520)

Ljupa Arsova, Nickolas J. Themelis, Kartik Chandan (2015). Anaerobic digestion of food waste: Current status, problems and an alternative product.
<https://www.researchgate.net/publication/265220417>

Kosuke Kawai, Chen Liu, Premakumara Jagath Dickella Gamaralage (2020). Composting

C. Mao, Y. Feng, X. Wang and G. Ren, "Review on reasearch achievements of biogas from anaerobic digestion," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 45, pp. 540-555, 2015.

P. Sallis and S. Uyanik, "Granule development in a split-feed anaerobic baffled reactor," *Bioresource Technology*, no. 89, pp. 255-265, 2003.

I. Skiadas and G. Lyberatos, "THE PERIODIC ANAEROBIC BAFFLED REACTOR," *Water Science and Technology*, vol. 38, no. 8-9, pp. 401-408, 1998.

Panda et al, (2016), Mass balances and life cycle inventory of home composting of organic waste *Waste Management*,31, pp.1934-1942

Idris, A., Saed, K., Hung, Y.T. (2010) Biotreatment of sludge and reuse. In: Wang, L., Tay, Joo Hwa, Tay, S. Tiong-Lee, Hung, Yung-Tse. *Environmental Bioengineering. Handbook of environmental engineering*, Volume 11. Humana Press. USA.

Shammas, N. K. and Wang, L. K., (2009). Biosolids composting. in: L. K. Wang, N. C. Pereira, Y. T. Hung and N. K. Shammas (Eds.), *Handbook of Environmental Engineering: Biosolids Treatment Process*, vol. 8, Humana Press, pp. 669–714.

Ardolino, F., Parrillo, F., Arena, U., Biowaste-to-biomethane or biowaste-to-energy? An LCA study on anaerobic digestion of organic waste, *Journal of Cleaner Production* 174 (2018) 462-476

Atalia K.R., Buha D.M., Bhavsar K.A., Shah N.K., «A Review on Composting of Municipal Solid Waste», OSR Journal of Environmental Science, 2015.
<https://pdfs.semanticscholar.org/69d3/625bf8871f0cd7b7f6c4de8650bcab8a9b2a.pdf>

Chowdhury Muktadirul Bari, Khayer Abu, , (2014) «Composting of Argo- Industrial Wastes», Labotatory of Environmental Systems Department of Environmental and Natural Resources Management School of Engineering University of Patras.
<https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/8573/1/PDF.pdf>

Pace Michael G., Miller Bruce E., Farrell-Poe Kathryn L. (1995), « The Composting Process», Systems Tech. & Ed. Dept., Utah State University.
https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1047&context=extension_hist_all

Bond T. and M. R. Templeton (2011: History and future of domestic biogas plants in the developing world, Energy for Sustainable Development 15 (2011) 28-354

Meegoda N Jay, Li Brian , Patel Kush and Wang B. Lily (2018) «A Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion» International Journal of Environmental Research and Public Health, p. 2-16.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Ζαχαρίου, Α., Ιακώβου, Μ., Κουνναμάς, Κ., 2017. Ξανά Σκέψου Το, το καλύτερο απόβλητο είναι αυτό που δεν παράχθηκε ποτέ: προσεγγίζοντας θεωρητικά το ζήτημα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Λευκωσία. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου.

Μανιός, Θ., Κομποστοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων, Εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων & Υγρών Αποβλήτων, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, (2009)

Νταράκας, Ε. 2014. “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων.” Εκδόσεις Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Παναγιωτακόπουλος, Δ. 2002. Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζυγός.

Βεργενελάκης, Κ. (2007). Δυνατότητες Περιβαλλοντικής και Ενεργειακής Αξιοποίησης Βιοαερίου από Α.Σ.Α. Ημερίδα Βιοκαύσιμα και ο αναπτυξιακός ρόλος για τη βιομηχανία και τον αγροτικό τομέα. ΤΕΕ-Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.

Γκλιάος Κ., «Οδηγός Κομποστοποίησης: Πως Θα Βελτιώσουμε το Έδαφος Ανακυκλώνοντας Οργανικά Απορρίμματα», Πολύγυρος, 2004

Κομίλης, Δ. (2020). Διαχείριση και μηχανική στερεών αποβλήτων. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Μουτάφης, Ε. Ι. (2018). Διαχείριση οργανικών αποβλήτων με κομποστοποίηση και επιλογή κατάλληλων δομικών υλικών (No. GRI-2018-21426). (Master's thesis, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

[10.26262/heal.auth.ir.297593](https://hdl.handle.net/10.26262/heal.auth.ir.297593)

Μαστροδημήτρης, Α. Τεχνικοοικονομική μελέτη συστημάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων βιομηχανίας επεξεργασίας ντομάτας και επιλογή βέλτιστου σεναρίου.

Παπαδημητρίου, Χ. Α. (2014). *Ανάλυση κύκλου ζωής διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων με χρήση βιολογικών και θερμικών μεθόδων επεξεργασίας* (Bachelor's thesis).

[http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.6658](https://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.6658)

Στυλιανίδης, Θ. Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης με διαλογή στην πηγή, μηχανική επεξεργασία και αναερόβια χώνευση.

[http://dx.doi.org/10.26257/heal.duth.12480](https://dx.doi.org/10.26257/heal.duth.12480)

Τζανεράς, Γ. (2020). Αναερόβια χώνευση οικιακών ζυμώσιμων αποβλήτων σε ημιβιομηχανικής κλίμακας αντιδραστήρα CSTR.

Τζαλή, Ά. (2021). Διερεύνηση και σχεδιασμός μονάδας βιοαερίου από αναερόβια χώνευση υπολειμμάτων συσκευαστηρίων στον Τύρναβο.

<http://hdl.handle.net/20.500.12688/9878>

Ρεκλείτης, Γ. Σ. (2014). *Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (ΣΗΘ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης* (Master's thesis).

[http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.3872](https://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.3872)

Στούπας, Π. (2018). *Σχεδιασμός αναερόβιου χωνευτή για την επεξεργασία των αποβλήτων κτηνοτροφικής μονάδας* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

ΔΙΑ, Μ. Διπλωματική Εργασία «Βιοκομποστοποίηση στο Δήμο Κατερίνης. Προοπτική για ενεργειακή αξιοποίηση».

Δέρου, Σ. (2018). Διαχείριση βιοαποβλήτων σε αστικό Δήμο. Περίπτωση μελέτης στο Δήμο Κορδελιού-Ευόσμου Θεσσαλονίκης.

Στεργιούλας, Γ. (2022). *Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων–Διαχείριση οργανικού κλάσματος και κομποστοποίηση. Η περίπτωση του Δήμου Θεσσαλονίκης* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

Αμπατζίδου, Χ. Κ. (2012). *Ολοκληρωμένη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων στο Δήμο Αλμωπίας* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

[10.26262/heal.auth.ir.131452](https://hdl.handle.net/10.26262/heal.auth.ir.131452)

Πρασσάς, Α. Ενεργειακή Αξιοποίηση ΧΥΤ Α Δομοκού: Σχεδίαση Μονάδας Κομποστοποίησης και Βιοαερίου για την αξιοποίηση των αστικών απορριμμάτων.

Χρονόπουλος, Θ. Ανάπτυξη τοπικών και περιφερειακών σχεδίων διαχείρισης αποβλήτων.
<http://dx.doi.org/10.26257/heal.duth.12587>

Γκορόγια, Μ. (2020). Μοντέλο κυκλικής οικονομίας με σχεδόν μηδενικά απόβλητα: η περίπτωση της Σαντορίνης.
<http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/5434>

Στρατή, Ε. Θ. (2012). *Διαχείριση Οργανικού Κλάσματος Αστικών Στερεών Αποβλήτων Στους Δήμους Αμφίπολης και Νέας Ζίχνης Στο Νομό Σερρών (Συλλογή Σε Καφέ Κάδους–Κομποστοποίηση)* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
10.26262/heal.auth.ir.129551

Δαμασκηνός, Α. (2018). Ανάλυση κύκλου ζωής στη διαχείριση αστικών αποβλήτων.

Στεργιόπουλος, Δ. (2022). Σύγκριση τεχνολογιών κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης με τεχνικές ανάλυσης κύκλου ζωής εστιάζοντας στο ενεργειακό και περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα.
<http://dx.doi.org/10.26265/polynoe-2397>

Κονιδάρης, Π. Διαχείριση αστικών στερεών απορριμμάτων και ενεργειακή αξιοποίηση αυτών, στην Ελλάδα. Μελέτη περίπτωσης της μονάδας επεξεργασίας στο Ελευθεροχώρι Ιωαννίνων.

Υπουργείο Ανάπτυξης & Επενδύσεων (2019). Μεθοδολογία ανάπτυξης δημοτικού συστήματος διαχείρισης βιοαποβλήτων.

Ανθή Χαραλάμπους (2021). Διαδικτυακή ημερίδα «Παραγωγή βιοαερίου για κυβερνητικούς και βιομηχανικούς χρήστες στην Κύπρο». Παραγωγή βιοαερίου στην Κύπρο: Προκλήσεις και Προοπτικές.

Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen. Εγχειρίδιο Βιοαερίου.

Χ. Φεσά, "Αναερόβια χώνευση αποβλήτων τυπογραφείου," Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο , Αθήνα, 2011.

Α. Κοψαχείλης, "Αναερόβια χώνευση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου σε ένα περιοδικό αναερόβιο αντιδραστήρα με ανακλαστήρες (PABR) και κλασματοποίηση των εκροών," ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, 2009.

Ι. Μιχαλόπουλος, Ολοκληρωμένη αξιοποίηση στερεών οργανικών αποβλήτων προς παραγωγή βιοαερίου σε πιλοτικής κλίμακας Περιοδικό Αναερόβιο 81 Χωνευτήρα με Ανακλαστήρες (PABR) και παραγωγή εδαφοβελτιωτικού (Διδακτορική διατριβή), 2017.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ

[Αρχική - Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος \(moa.gov.cy\)](http://moa.gov.cy)

[ΟΕΔΑ Λεμεσού \(oeda-lemesou.com\)](http://oeda-lemesou.com)

[ΚΟΔΑ - Κυπριακός Οργανισμός Διαχείρισης Αποβλήτων » ΚΟΔΑ \(koda.org.cy\)](http://koda.org.cy)

[Compost Physics - Cornell Composting](#)

[Composting - www.carryoncomposting.com](http://www.carryoncomposting.com)

[Ο Περί Αποβλήτων Νόμος του 2011 - 185\(I\)/2011 \(cylaw.org\)](http://cylaw.org)

[Ανακοινωθέντα Άρθρο - ΡΙΟ](#)

[Statistics Explained \(europa.eu\)](http://europa.eu)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



Ερωτηματολόγιο σε κατοίκους του Δήμου Λεμεσού για την εκπόνηση διπλωματικής εργασίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Α. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΙΑ

1. Φύλο

☐

Ανδρας

☐

Γυναίκα

☐

Άλλο

2. Ηλικία

☐

18-25

☐

26-40

☐

41-50

☐

50 και άνω

3. Μορφωτικό Επίπεδο

- ☐ Απόφοιτος Δημοτικού
- ☐ Απόφοιτος Γυμνασίου
- ☐ Απόφοιτος Λυκείου
- ☐ Απόφοιτος Πανεπιστημίου / Κολεγίου
- ☐ Μεταπτυχιακό

4. Τετραγωνικά μέτρα οικίας (m²)

- ☐ Έως 50
- ☐ 50-100
- ☐ 100-200
- ☐ Άνω τον 200

5. Αριθμός ατόμων που διαμένουν στην οικία

- ☐ 1
- ☐ 2-4
- ☐ 5-7
- ☐ 8 και άνω

6. Είδος κατοικίας

- ☐ Μονοκατοικία
- ☐ Πολυκατοικία
- ☐ Άλλο:.....

B. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

**1. Ποιους τρόπους διάθεσης και επεξεργασίας απορριμμάτων γνωρίζετε;
(μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)**

- ☐ Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)
- ☐ Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ), μετρά από ανακύκλωση
- ☐ Αναερόβια Χώνευση
- ☐ Κομποστοποίηση
- ☐ Καύση
- ☐ Ανακύκλωση
- ☐ Κανένα
- ☐ Άλλο:.....

2. Ποια από τα παρακάτω είδη απορριμμάτων παράγετε περισσότερο στην καθημερινότητά σας; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)

- ☐ Υπολείμματα τροφών
- ☐ Χαρτί – Χαρτόνι
- ☐ Πλαστικό
- ☐ Προϊόντα Κήπου (Κλαδιά, Χόρτα, κλπ.)
- ☐ Γυαλί
- ☐ Μέταλλα
- ☐ Άλλο:.....

3. Με ποια συχνότητα γίνεται η αποκομιδή των απορριμμάτων στην περιοχή σας;

- ☐ Κάθε μέρα
- ☐ 5 φορές την εβδομάδα
- ☐ 3 φορές την εβδομάδα
- ☐ 1 φορά την εβδομάδα
- ☐ Δεν γνωρίζω

4. Είστε ευχαριστημένοι από την συχνότητα και τον τρόπο αποκομιδής των απορριμμάτων από τον Δήμο;

☐ ΝΑΙ

☐ ΟΧΙ

5. Εάν ΟΧΙ, ποιες δράσεις θεωρείτε πως είναι δυνατόν να βελτιώσουν και να αναβαθμίσουν το σύστημα αποκομιδής των απορριμμάτων; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)

☐ Συχνότερη αποκομιδή των απορριμμάτων

☐ Συχνότερος καθαρισμός των κάδων

☐ Περισσότεροι κάδοι

☐ Εγκατάσταση υπόγειων κάδων

☐ Άλλο:.....

6. Ο Δήμος σας έχει ενημερώσει για τις δράσεις ανακύκλωσης;

☐ ΝΑΙ

☐ ΟΧΙ

7. Ποια από τα παρακάτω προγράμματα χρησιμοποιείτε στην καθημερινότητα σας; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)

☐ Ανακύκλωση συσκευασιών

☐ Ανακύκλωση γυαλιού

☐ Ανακύκλωση Ηλεκτρικών Συσκευών

☐ Ανακύκλωση Λαμπτήρων

☐ Ανακύκλωση Χαρτιού

☐ Ανακύκλωση Μπαταριών

☐ Κανένα

8. Έχετε πρόθεση να διαχωρίζετε ανά είδος τα οικιακά σας απορρίμματα;

☐ ΝΑΙ

☐ ΟΧΙ

☐ Δεν είμαι σίγουρος/η

Γ. ΑΠΟΚΟΜΙΔΗ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

1. Σε ποιες υποκατηγορίες διαχωρίζετε τα απορρίμματα που προκύπτουν από την οικία σας; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή):

- ☐ Σύμμεικτα απόβλητα (Πράσινοι κάδοι)
- ☐ Ανακυκλώσιμα απορρίμματα
- ☐ Γυάλινες συσκευασίες
- ☐ Οργανικά απόβλητα (υπολείμματα τροφών, φύλλα, υπολείμματα καφέ, χαρτιά)

2. Γνωρίζετε ποια απορρίμματα αποτελούν τα βιοαπόβλητα;

- ☐ ΝΑΙ
- ☐ ΟΧΙ
- ☐ Δεν είμαι σίγουρος/η

3. Από την παρακάτω λίστα βιοαποβλήτων ποια είδη παράγετε περισσότερο στην καθημερινότητά σας; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)

- ☐ Φρούτα, Λαχανικά
- ☐ Υπολείμματα μαγειρεμένου φαγητού, κρέας, ψάρι, κόκκαλα
- ☐ Τσόφλια αυγών
- ☐ Ζυμαρικά, Ρύζι, Όσπρια
- ☐ Δημητριακά, Αλεύρι, Ψωμί, Γλυκά
- ☐ Υπολείμματα από καφέ/τσάι
- ☐ Γαλακτοκομικά (τυρί, γιαούρτι)
- ☐ Ξηροί καρποί
- ☐ Κουκούτσια Ελιάς
- ☐ Χαρτί κουζίνας, χαρτοσακούλες, εφημερίδες (όχι χρωματιστά ή πλαστικοποιημένα χαρτιά)

4. Ποια διαδικασία αποκομιδής των αποβλήτων θα σας ήταν πιο εύκολη ως προς την επιτυχία του διαχωρισμού;

- ☐ Συγκέντρωση σε ειδικό οικιακό κάδο (εντός σπιτιού) και αποκομιδή από τον Δήμο κατόπιν συνεννόησης
- ☐ Συγκέντρωση σε δημόσιο κάδο κοντά στην οικία σας
- ☐ Και οι δυο το ίδιο

5. Ποια διαδικασία ρίψης των βιοαποβλήτων στους κάδους είναι πιο εύκολη;

- ☐ Συλλογή και εναπόθεση τους σε βιοδιασπώμενες σακούλες
- ☐ Εναπόθεση τους χωρίς την χρήση σακούλας
- ☐ Και οι δυο το ίδιο

6. Ποια από τα παρακάτω αποτελέσματα – οφέλη επεξεργασίας βιοαποβλήτων είστε ενημερωμένοι; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)

- ☐ Κομποστοποίηση (παραγωγή εδαφοβελτιωτικού)
- ☐ Αναερόβια χώνευση (παραγωγή βιοαερίου)
- ☐ Δεν γνωρίζω

7. Θεωρείτε πως η δημιουργία εγκατάστασης για διαλογή και επεξεργασία των βιοαποβλήτων εντός του Δήμου είναι μια θετική δράση;

- ☐ ΝΑΙ
- ☐ ΟΧΙ
- ☐ Δεν γνωρίζω

8. Εάν ΝΑΙ, για ποιους λόγους πιστεύετε ότι η εγκατάσταση συλλογής και επεξεργασίας βιοαποβλήτων εντός του Δήμου θεωρείται βέλτιστη λύση; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)

- ☐ Οικονομικούς (Δημιουργία θέσεων εργασίας)
- ☐ Περιβαλλοντικούς (Μεταφορά των αποβλήτων σε κοντινές αποστάσεις)
- ☐ Ενεργειακούς (Χρήση βιοαερίου για κίνηση και θέρμανση)
- ☐ Άλλο:.....

9. Εάν ΟΧΙ, για ποιους λόγους πιστεύετε ότι η εγκατάσταση συλλογής και επεξεργασίας βιοαποβλήτων εντός του Δήμου ενδέχεται να δημιουργήσει πρόβλημα στον Δήμο; (μπορείτε να επιλέξετε παραπάνω από μια επιλογή)

- ☐ Οικονομικούς (Μεγάλα έξοδα δημιουργίας εγκατάστασης)
- ☐ Μη-διαχειριστικές ποσότητες αποβλήτων
- ☐ Οσμές – Όχληση
- ☐ Δεν γνωρίζω
- ☐ Άλλο:.....

10. Πιστεύετε ότι η συνεργασία με γειτονικούς δήμους για την συγκέντρωση και επεξεργασία των βιοαποβλήτων θα είναι αποδοτικότερη;

- ☐ ΝΑΙ
- ☐ ΟΧΙ
- ☐ Δεν γνωρίζω

Δ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

1. Πιστεύετε ότι αυτό το ερωτηματολόγιο σας βοήθησε να ενημερωθείτε σχετικά με την πορεία των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων και ιδιαίτερα των βιοαποβλήτων;

- ☐ Καθόλου
- ☐ Λίγο
- ☐ Αρκετά
- ☐ Πολύ
- ☐ Πάρα πολύ

Σας ευχαριστώ πολύ για τον χρόνο σας!