



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ  
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΥΛΙΚΩΝ

**Κυκλική Οικονομία και παραγωγή λιπασμάτων  
από ανακυκλωμένα υλικά και οργανικά  
υπολείμματα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τζανικιάν Ρουπέν

Επιβλέπων : Αναστασάκης Γεώργιος

Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ  
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΥΛΙΚΩΝ

**Κυκλική Οικονομία και παραγωγή λιπασμάτων  
από ανακυκλωμένα υλικά και οργανικά  
υπολείμματα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τζανικιάν Ρουπέν

Επιβλέπων : Αναστασάκης Γεώργιος

Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις

Αναστασάκης Γεώργιος, Καθηγητής .....

Ρεμουντάκη Εμμανουέλλα, Καθηγήτρια .....

Αραβώσης Κωνσταντίνος, Καθηγητής .....

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κύριο Γ. Αναστασάκη για τη βοήθεια και τη συμβολή του στην πραγματοποίηση αυτής, όπως επίσης την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την αγάπη και την στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, είναι η ανάλυση των μεθόδων και των διαδικασιών μέσω των οποίων τα οργανικά στερεά απόβλητα και οργανικά υπολείμματα δύνανται να μετατραπούν σε προϊόντα λίπανσης ή παρεμφερή χρήσιμα προϊόντα εντός του πλαισίου μιας κυκλικής οικονομίας.

Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και η υπερκατανάλωση έχουν επιφέρει μια επακόλουθη αύξηση της ποσότητας των παραγόμενων στερεών και μη αποβλήτων. Η διαχείριση των αποβλήτων αυτών με περιβαλλοντικά βιώσιμους όρους αποτελεί πρόκληση για τις σύγχρονες κοινωνίες.

Στην εισαγωγή της εργασίας αυτής, αναφέρονται οι διάφορες κατηγορίες αποβλήτων και οι μέθοδοι διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων. Κατόπιν, επιχειρείται μία επεξήγηση του όρου «κυκλική οικονομία» και μία παρουσίαση των πλεονεκτημάτων της καθώς και των απαιτούμενων δράσεων, οι οποίες είναι αναγκαίες για τη μετάβαση σε αυτήν. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα λιπάσματα, τη χρησιμότητά τους και τις διάφορες κατηγορίες αυτών, δίνοντας έμφαση στα οργανικά λιπάσματα. Αναλύεται εκτενώς η μέθοδος της λιπασματοποίησης, ή αλλιώς κομποστοποίησης, με την περιγραφή των διαφόρων φάσεων, παραμέτρων και διαδικασιών, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη δημιουργία του παραγόμενου φυσικού λιπάσματος (του λεγόμενου κομπόστ), το οποίο και έχει πλείστες εφαρμογές. Έπειτα, γίνεται αναφορά στη σχετική ευρωπαϊκή νομοθεσία που διέπει τα οργανικά λιπάσματα. Τέλος, επιδιώκεται η παρουσίαση της τωρινής κατάστασης στην Ελλάδα, όσον αφορά τις μονάδες κομποστοποίησης και το δίκτυο διαλογής στην πηγή.

Η εργασία καταλήγει σε συμπεράσματα όσον αφορά στη βιωσιμότητα της μεθόδου και τις προοπτικές περαιτέρω ανάπτυξής της στο προσεχές μέλλον.

# ABSTRACT

The objective of the current thesis is to analyze the methods and procedures by which organic solid waste and organic residues can be converted into fertilizers or similar useful products within the framework of a circular economy.

The increase of global population and overconsumption has brought about a subsequent increase in the production of solid and non-solid wastes. The management of these wastes in environmentally sustainable terms is a challenge for contemporary societies.

In the introduction of this thesis, reference is made to the various waste categories and the methods for managing urban solid waste. Then, an attempt is made to explain the term “circular economy”, to present its advantages as well as the necessary actions for the transition to it. Then, the various fertilizers, their utility and their various categories are presented, emphasizing on organic fertilizers. The method of composting is extensively analyzed, with the description of the various phases, parameters and procedures, which are necessary to create the so-called compost, which has numerous applications. Furthermore, reference is made to the relevant European legislation concerning organic fertilizers. Finally, the thesis presents the current situation in Greece with regard to composting units and the separation at the source.

The thesis is completed with conclusions on the sustainability of composting and the prospects for its further development in the near future.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Απόβλητα.....	1
1.2 Κατηγορίες αποβλήτων.....	1
1.3 Αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) - Το πρόβλημα της διαχείρισής τους.....	2
1.4 Μέθοδοι διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων.....	3
1.5 Στατιστικά στοιχεία.....	5
2. Κυκλική Οικονομία.....	8
2.1 Οφέλη της κυκλικής οικονομίας.....	9
2.2 Η κυκλική οικονομία στην Ελλάδα.....	10
2.2.1 Στόχοι του έργου LIFE-IP CEI-Greece .....	11
2.2.2 Δράσεις του έργου.....	12
2.3 Η κυκλική οικονομία στην Ευρώπη.....	14
2.3.1 Προτάσεις του νέου σχεδίου δράσης της Ε.Ε.....	16
3. Λιπάσματα.....	19
3.1 Απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.....	19
3.1.1 Κύρια μακροθρεπτικά Συστατικά.....	19
3.1.2 Δευτερεύοντα μακροθρεπτικά Συστατικά.....	20
3.1.3 Μικροθρεπτικά συστατικά.....	22
3.2 Η χρησιμότητα των λιπασμάτων.....	24
3.3 Κατηγορίες λιπασμάτων.....	25
3.4 Η αναγκαιότητα της οργανικής λίπανσης στις μέρες μας.....	26
3.4.1 Αξιοποίηση οργανικών υπολειμμάτων τροφών.....	27

4. Παραγωγή Οργανικών Λιπασμάτων (Λιπασματοποίηση ή Κομποστοποίηση).....	28
4.1 Διαδικασία κομποστοποίησης.....	28
4.2 Φάσεις κομποστοποίησης.....	28
4.3 Βιοχημεία και βιολογία στην κομποστοποίηση.....	31
4.3.1 Στοιχεία βιοχημείας – Μηχανισμός της κομποστοποίησης..	31
4.3.2 Βιολογία στη διαδικασία της κομποστοποίησης.....	34
4.4 Βασικές παράμετροι που επηρεάζουν τη διαδικασία της κομποστοποίησης.....	36
4.4.1 Αναλογία άνθρακα / αζώτου (C/N).....	36
4.4.2 Θερμοκρασία.....	37
4.4.3 Οξυγόνο.....	38
4.4.4 Οξύτητα (pH).....	38
4.4.5 Υγρασία.....	39
4.4.6 Πορώδες.....	39
4.5 Βασικές κατηγορίες εισερχόμενων αποβλήτων προς κομποστοποίηση.....	40
4.5.1 Υλικά κατάλληλα για κομποστοποίηση.....	40
4.5.2 Υλικά ακατάλληλα για κομποστοποίηση.....	41
4.6 Πρόσθετα – Δομικό υλικό.....	42
4.6.1 Ενεργοποιητές.....	42
4.6.2 Πρόσθετα στο αρχικό μείγμα.....	42
4.6.3 Πρόσθετα στο τελικό προϊόν.....	43
4.7 Είδη συστημάτων κομποστοποίησης.....	43
4.8 Στάδια μονάδας κομποστοποίησης – Βασικές λειτουργίες.....	44



4.8.1 Παραγωγικά στάδια μονάδας κομποστοποίησης.....	44
4.8.2 Διαδικασίες μονάδας κομποστοποίησης ανά στάδιο.....	47
4.9 Χρήσεις και εφαρμογές του κομπόστ ως τελικό προϊόν.....	52
5. Σχετική Νομοθεσία.....	55
5.1 Χαρακτηριστικά οργανικού λιπάσματος.....	55
5.1.1 Οργανικό λίπασμα.....	55
5.1.2 Στερεό οργανικό λίπασμα.....	56
5.1.3 Υγρό οργανικό λίπασμα.....	57
5.2 Βελτιωτικό εδάφους.....	58
5.2.1 Οργανικό βελτιωτικό εδάφους.....	58
5.3 Κομπόστ.....	59
5.4 Ειδικές ανά προϊόν απαιτήσεις επισήμανσης.....	62
5.4.1 Οργανικό λίπασμα.....	62
5.4.2 Οργανικό βελτιωτικό εδάφους.....	63
5.5 Κανόνες ανοχών.....	63
5.5.1 Κανόνες ανοχών για το οργανικό λίπασμα.....	64
5.5.2 Κανόνες ανοχών για τα βελτιωτικά εδάφους.....	65
6. Η Κατάσταση Στην Ελλάδα.....	66
6.1 Μονάδες κομποστοποίησης στην Ελλάδα.....	66
6.1.1 ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων.....	66
6.1.2 ΕΜΑΚ Χανίων.....	67
6.2 Διαλογή στη πηγή – Το δίκτυο των καφέ κάδων στην Ελλάδα....	68
6.2.1 Τι βάζουμε και τι δεν βάζουμε στους καφέ κάδους.....	68
6.2.2 Το δίκτυο των καφέ κάδων.....	69

7. Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	71
Βιβλιογραφία.....	72

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Απόβλητα

Ως απόβλητο θεωρείται κάθε ουσία ή αντικείμενο, το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει επειδή έχει παύσει να εξυπηρετεί τον σκοπό για τον οποίο έχει κατασκευαστεί. Ανάλογα με την φυσική τους κατάσταση, τα απόβλητα διακρίνονται σε στερεά, υγρά και αέρια.

## 1.2 Κατηγορίες αποβλήτων

Σύμφωνα με το Ε.Σ.Δ.Α. (Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, 2015), τα διάφορα είδη αποβλήτων ταξινομούνται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

### 1) Απόβλητα αστικού τύπου

Στα απόβλητα αστικού τύπου περιλαμβάνονται τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) και οι ιλύες αστικού τύπου.

Στα ΑΣΑ περιλαμβάνονται:

- α) Τα απόβλητα των νοικοκυριών
- β) Τα απόβλητα, που παράγονται από τις εμπορικές επιχειρήσεις, τις βιομηχανίες, τους κοινωφελείς οργανισμούς (σιδηροδρομικοί σταθμοί, λιμάνια, αεροδρόμια), τις υγειονομικές μονάδες και τις μονάδες των ενόπλων δυνάμεων.

Οι ιλύες αστικού τύπου περιλαμβάνουν τις ιλύες που παράγονται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων αστικής προέλευσης, τουριστικών μονάδων, των βιομηχανιών του κλάδου τροφίμων και ποτών, καθώς και κοινωφελών οργανισμών και άλλων πηγών.

### 2) Βιομηχανικά απόβλητα και απόβλητα λοιπών δραστηριοτήτων

Σε αυτή την κατηγορία αποβλήτων περιλαμβάνονται τα απόβλητα βιομηχανικής προέλευσης τα οποία προκύπτουν κυρίως από τους τομείς της μεταποίησης και της παραγωγής ενέργειας, καθώς και τα απόβλητα λοιπών δραστηριοτήτων, συγκεκριμένα τα απόβλητα των υγειονομικών μονάδων και τα απόβλητα από τις εγκαταστάσεις κοινής ωφέλειας και εξυπηρέτησης κοινού. Από την ομάδα αυτή εξαιρούνται τα προαναφερθέντα αστικά

απόβλητα και τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων που προκύπτουν από τις βιομηχανικές και λοιπές δραστηριότητες στο πλαίσιο της λειτουργίας τους.

### 3) Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων

Τα είδη των αποβλήτων που περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία είναι τα απόβλητα από την οικοδομική δραστηριότητα, όπως οι επισκευές, οι κατεδαφίσεις και οι ανεγέρσεις, τα απόβλητα από διάφορα τεχνικά έργα, όπως τα έργα κατασκευής και συντήρησης οδικών αξόνων, τα απόβλητα που προκύπτουν από διάφορες φυσικές καταστροφές, όπως οι πλημμύρες και οι σεισμοί, τα ρυπασμένα απόβλητα από επικίνδυνες ουσίες που προκύπτουν από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις σε βιομηχανικές περιοχές, τα απόβλητα από υποθαλάσσιες εκσκαφές (βυθοκορήματα) και τα απόβλητα από κατασκευαστικά στοιχεία και υλικά που περιέχουν αμιάντο.

### 4) Γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται απόβλητα κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης, υπολείμματα καλλιεργειών, αποσυρόμενα φρούτα και λαχανικά, απόβλητα συσκευασιών λιπασμάτων, αγροχημικών και φαρμακευτικών ουσιών, πλαστικά κάλυψης θερμοκηπίων, καθώς και αποσυρόμενα υλικά άρδευσης και τμήματα γεωργικών μηχανημάτων. (ΕΣΔΑ 2015)

## 1.3 Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ) - Το πρόβλημα της διαχείρισής τους

Οι περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες παράγουν στερεά απόβλητα. Η βελτίωση του επιπέδου ζωής, με την ανάλογη αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών που επιφέρει, οδηγεί σε αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων.

Ειδικότερα, και όσον αφορά την Ελλάδα, σε αντίθεση με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, ο τομέας της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων παρουσίαζε αρκετά προβλήματα. Μάλιστα, σε αρκετές περιπτώσεις τα απόβλητα κατέληγαν να απορρίπτονται ανεξέλεγκτα στη φύση σε ΧΑΔΑ (Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων), κάτι που ευτυχώς πια συμβαίνει σε λίγες περιπτώσεις. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν ακόμα πολλά περιθώρια βελτίωσης.

Η ετήσια παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα κυμάνθηκε, σύμφωνα με στοιχεία του 2018, στους 5.523.809 τόνους, εκ των οποίων το 78,4% κατέληξαν σε ΧΥΤΑ (Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων). (ΕΣΔΑ-ΕΣΔΕΑ 2020).

Η ποιοτική τους σύσταση ήταν η κάτωθι:

- 44,30% οργανικά
- 22,20% χαρτί/χαρτόνι
- 13,9% πλαστικό
- 4,30% γυαλί
- 3,90% μέταλλο
- 11,40% λοιπά

Από τα στοιχεία αυτά συμπεραίνει κανείς ότι πολύ μεγάλο μέρος των ΑΣΑ στην Ελλάδα αποτελείται από οργανικά απόβλητα (βιοαπόβλητα). Για την αποφυγή κατάληξης αυτής της πολύ μεγάλης ποσότητας αποβλήτων στην υγειονομική ταφή (ΧΥΤΑ) υπάρχουν δύο βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις, αυτές της αναερόβιας χώνευσης και της κομποστοποίησης.

#### 1.4 Μέθοδοι διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων

Οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες στηρίζεται ο σχεδιασμός της διαχείρισης των απορριμμάτων στη σύγχρονη κοινωνία είναι οι εξής (Οδηγία 2006/12/ΕΚ):

- Μείωση απορριμμάτων στην πηγή τους
- Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων
- Ανάκτηση ενέργειας από ακατέργαστα υλικά
- Διαχείριση απορριμμάτων
- Διάθεση των υπολειμμάτων από τη χρήση και άλλων αναπόφευκτων απορριμμάτων

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

- Προσωρινή αποθήκευση

Η προσωρινή αποθήκευση αποτελεί το πρώτο στάδιο στη διαχείριση των αποβλήτων. Περιλαμβάνει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην παραγωγή των απορριμμάτων και τη τοποθέτησή τους σε συγκεκριμένο και κατάλληλο χώρο, μέχρι το χρονικό διάστημα της αποκομιδής τους.

- Συλλογή

Με τον όρο συλλογή νοείται η διαδικασία που περιλαμβάνει τη συγκέντρωση των αποβλήτων, το διαχωρισμό τους σε υλικά, σύμφωνα πάντα με τις φυσικές και χημικές ιδιότητές τους, και τέλος, την ανάμειξή τους ώστε να μπορέσουν να μεταφερθούν. Το στάδιο αυτό αρχίζει από τη στιγμή που συλλέγονται τα απορρίμματα στους κάδους που αποθηκεύονται προσωρινά και τελειώνει όταν εισέρχονται στους ειδικούς χώρους επεξεργασίας και διάθεσής τους.

- Μεταφορά

Η μεταφορά περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών μετακίνησης των αποβλήτων από τα μέσα συλλογής, π.χ. φορτηγά, προς τους χώρους διάθεσης, αξιοποίησης ή μεταφόρτωσης.

- Μεταφόρτωση

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τις εργασίες μετακίνησης των απορριμμάτων από τα μέσα συλλογής, συνήθως σε ένα σταθμό μεταφόρτωσης. Πιο συγκεκριμένα, όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της συλλογής, τα απορρίμματα μεταφέρονται στο τελικό χώρο επεξεργασίας/διάθεσης ή σε σταθμούς μεταφόρτωσης.

- Αξιοποίηση

Με τον όρο αξιοποίηση νοείται κάθε είδους εργασία ανάκτησης υλικών ή ενέργειας από τα οικιακά απόβλητα. Η ανάκτηση υλικών θεωρείται από τις πιο σημαντικές μεθόδους διαχείρισης, σύμφωνα με τις αρχές της ευρωπαϊκής πολιτικής και περιλαμβάνει την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση υλικών.

- Επεξεργασία

Με τον όρο επεξεργασία νοείται η εφαρμογή, μεμονωμένα ή συνδυαστικά, των φυσικών, χημικών, θερμικών και βιολογικών διεργασιών που μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων με σκοπό να περιοριστεί ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητες που έχουν. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται ο χειρισμός τους ή/και επιταχύνεται η ανάκτηση των χρήσιμων υλικών και ενέργειας.

Οι κυριότερες μέθοδοι επεξεργασίας των αστικών στερεών αποβλήτων είναι οι ακόλουθες:

A) Θερμική επεξεργασία, η οποία περιλαμβάνει τις μεθόδους της αποτέφρωσης ή καύσης (incineration), της πυρόλυσης (pyrolysis), της αεριοποίησης (gasification) και την τεχνική αεριοποίησης με πλάσμα (plasma gasification).

B) Βιολογική επεξεργασία, η οποία εφαρμόζεται στα βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα και η οποία περιλαμβάνει τις μεθόδους της αερόβιας επεξεργασίας ή κομποστοποίησης και της αναερόβιας επεξεργασίας.

Γ) Μηχανική επεξεργασία, η οποία αναφέρεται στις διαδικασίες προετοιμασίας και διαχωρισμού των αποβλήτων με μηχανικά μέσα.

- Διάθεση

Η εδαφική διάθεση θεωρείται ότι αποτελεί υποσύστημα κάθε συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων, το οποίο δεν μπορεί να παραλειφθεί, επειδή σε κάθε μέθοδο επεξεργασίας παράγονται κάποια υπολείμματα που καταλήγουν είτε σε Χώρους Εδαφικής Διάθεσης Υπολειμμάτων (Χ.Ε.Δ.Υ.) είτε σε χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.). Σημειώνεται ότι πρέπει να είναι η τελευταία επιλογή μετά από τη μείωση στην πηγή, την επαναχρησιμοποίηση και την ανάκτηση υλικών και ενέργειας. (<https://www.recatec.gr/>)

## 1.5 Στατιστικά στοιχεία για την Ευρώπη

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι μεταβολές στην παραγόμενη ποσότητα αστικών αποβλήτων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως επίσης και οι μεταβολές στις μεθόδους που επικρατούν για την διαχείριση των αποβλήτων αυτών.

Πίνακας 1.1 Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων στην Ε.Ε. σε επιλεγμένα έτη της περιόδου 1995-2019 σε kg κατά κεφαλήν (Eurostat 2021)

**Municipal waste generated, in selected years, 1995-2019**

(kg per capita)

	1995	2000	2005	2012	2019	Change 2019/1995 (%)
<b>EU-27</b>	467	513	506	488	502	7.5
Belgium	455	471	482	445	416	-8.6
Bulgaria (*)	694	612	588	460	407	:
Czechia	302	335	289	308	500	65.6
Denmark	521	664	736	806	844	62.0
Germany	623	642	565	619	609	-2.2
Estonia	371	453	433	280	369	-0.5
Ireland (*)	512	599	731	585	598	:
Greece	303	412	442	495	524	72.9
Spain	505	653	588	468	476	-5.7
France	475	514	529	527	546	14.9
Croatia	:	262	336	391	445	:
Italy	454	509	546	504	503	10.8
Cyprus	595	628	688	664	642	7.9
Latvia	264	271	320	323	439	66.3
Lithuania	426	365	387	445	472	10.8
Luxembourg	587	654	672	652	791	34.8
Hungary	460	446	461	402	387	-15.9
Malta	387	533	623	590	694	79.2
Netherlands	539	598	599	549	508	-5.8
Austria	437	580	575	579	588	34.5
Poland	285	320	319	317	336	17.9
Portugal	352	457	452	453	513	45.9
Romania	342	355	383	251	280	-18.0
Slovenia	596	513	494	362	504	-15.5
Slovakia	295	254	273	306	421	42.9
Finland	413	502	478	506	566	36.9
Sweden	386	425	479	454	449	16.2
Iceland (*)	426	462	516	511	656	:
Norway	624	613	426	477	776	24.4
Switzerland	602	659	664	697	709	17.8
United Kingdom (*)	498	577	581	477	463	:
Montenegro (*)	:	:	:	494	530	:
North Macedonia (*)	:	:	:	381	441	:
Albania	:	:	:	:	381	:
Serbia	:	:	:	364	338	:
Turkey	441	465	458	410	424	-3.8
Bosnia and Herzegovina (*)	:	:	:	340	352	:
Kosovo (*)	:	:	:	:	252	:

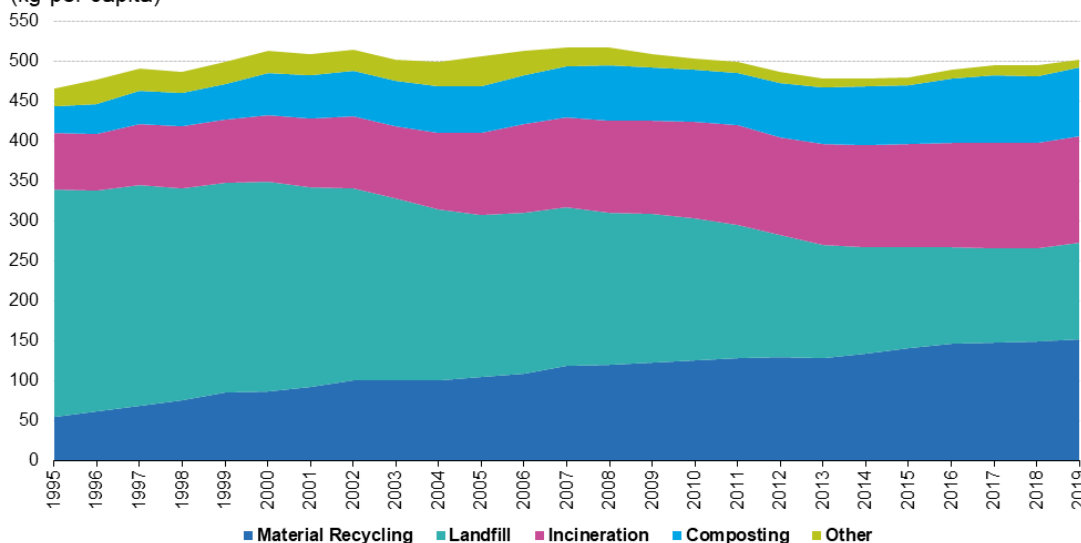
(\*) 2018 data.

(†) 2017 data.



### Municipal waste treatment, EU-27, 1995-2019

(kg per capita)



Σχήμα 1.1 Διαχρονική εξέλιξη μεθόδων διαχείρισης αστικών αποβλήτων στην Ε.Ε. κατά την περίοδο 1995-2019 (Eurostat 2021)

Από τον Πίνακα 1.1 παρατηρείται ότι έχει επέλθει μια μικρή αύξηση της τάξης του 7,5% στην κατά κεφαλήν παραγωγή αστικών αποβλήτων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης από το 1995 μέχρι το 2019. Συγκεκριμένα, και όσον αφορά την Ελλάδα, παρατηρούμε ότι είναι μετά την Μάλτα η χώρα με τη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν αύξηση των παραγόμενων αστικών αποβλήτων στο διάστημα αυτό. Αντιθέτως, ορισμένες χώρες της κεντρικής Ευρώπης, όπως η Γερμανία, το Βέλγιο και η Ολλανδία κατάφεραν να μειώσουν τα αστικά απόβλητα που παράγουν μέσα σε αυτά τα 24 έτη.

Διαφοροποιήσεις παρατηρούνται και όσον αφορά τις μεθόδους διαχείρισης των αποβλήτων αυτών. Συγκεκριμένα, η καύση, η κομποστοποίηση, αλλά κυρίως η ανακύκλωση είναι μέθοδοι που έχουν διαδοθεί ευρέως, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δε μπορούν να καταλάβουν ακόμα μεγαλύτερο μερίδιο ως μέθοδοι διαχείρισης. Επίσης, έχουν οδηγήσει στο να πάψει να είναι η υγειονομική ταφή η βασική μέθοδος διαχείρισης των αστικών αποβλήτων σήμερα. Αυτή μάλιστα τείνει να αποτελέσει την τελευταία επιλογή με συνεχώς μειούμενο μερίδιο.

## 2. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Απαραίτητη προϋπόθεση, για να συνεχιστεί η ανάπτυξη των ανθρώπινων κοινωνιών και να εξασφαλίζεται η επάρκεια φυσικών πόρων και η σταθερότητα, είναι να ακολουθηθεί ένα νέο οικονομικό μοντέλο ανάπτυξης που θα περιορίζει τα απόβλητα, αλλά και θα μειώνει την ανάγκη για νέους πόρους που πρέπει να αντληθούν με μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

Σύμφωνα με το μέχρι τώρα μοντέλο της οικονομίας, πολύτιμα υλικά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων, την κατασκευή έργων υποδομής και κατοικιών, την παραγωγή καταναλωτικών αγαθών ή την παραγωγή ενέργειας. Όταν τα προϊόντα αυτά καταναλωθούν ή δεν είναι πλέον απαραίτητα, τότε απορρίπτονται. Κάθε χρόνο στην ΕΕ χρησιμοποιούνται σχεδόν 15 τόνοι υλικών ανά άτομο, ενώ κάθε πολίτης της ΕΕ παράγει, κατά μέσο όρο, πάνω από 4,5 τόνους αποβλήτων ετησίως, εκ των οποίων πάνω από το μισό καταλήγει σε ΧΥΤΑ.

Ωστόσο, η αύξηση του πληθυσμού αλλά και του πλούτου καθιστά τη ζήτηση για σπάνιες πρώτες ύλες μεγαλύτερη από ποτέ και εξαντλεί τους πόρους του πλανήτη με ταχύτερους ρυθμούς από ό,τι αναπληρώνονται. Η εντεινόμενη ανεπάρκεια οδηγεί αφενός σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος και αφετέρου στην αύξηση των τιμών των πόρων (μεταλλεύματα, ορυκτά καύσιμα, ζωοτροφές, τρόφιμα, καθαρό νερό, γόνιμα εδάφη). Η γραμμική οικονομία, η οποία βασίζεται αποκλειστικά στην εξόρυξη πόρων, και συνεπώς το γραμμικό παραγωγικό μοντέλο "προμήθεια, παρασκευή, απόρριψη", κατά το οποίο κάθε προϊόν αναπόφευκτα φτάνει στο "τέλος της ωφέλιμης ζωής" του, δεν είναι πλέον βιώσιμο.

Η κυκλική οικονομία έρχεται ως απάντηση στη φιλοδοξία για αειφόρο ανάπτυξη, λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη ανησυχία για την εξάντληση των φυσικών πόρων και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Η κυκλική οικονομία είναι ένα οικονομικό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης που εστιάζει στη μείωση της σπατάλης των πόρων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία, δίνοντας έμφαση στην αξιοποίηση ανανεώσιμων πόρων, φυτικών και ζωικών υποπροϊόντων και βιοαποικοδομήσιμων υλικών, την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση προϊόντων, αλλά και την παραγωγή ενέργειας από τα απόβλητα παραγωγικών διαδικασιών, τη διατήρηση ενός προϊόντος σε καλή λειτουργική κατάσταση για μακρύ χρονικό διάστημα, τη χρησιμοποίηση προϊόντων για την παροχή υπηρεσιών σε πολλαπλούς χρήστες (sharing economy), και στη χρήση της υπηρεσίας που προσφέρει ένα προϊόν και όχι στην κατοχή αυτού του ίδιου του προϊόντος. Στην πράξη, η κυκλική οικονομία υποδηλώνει τη μείωση των αποβλήτων στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο. Όταν ένα προϊόν φτάνει στο τέλος της ζωής του, τα υλικά κατασκευής του διατηρούνται μέσα στην οικονομία με οποιονδήποτε δυνατό τρόπο για να χρησιμοποιηθούν ξανά και ξανά, δημιουργώντας προστιθέμενη αξία στο προϊόν. Ό,τι προηγουμένως θεωρείτο ως "απόβλητο", τώρα δύναται να μετατραπεί σε πρώτη ύλη.

Η κυκλική οικονομία είναι σε κάποιο βαθμό η μετεξέλιξη της ανακύκλωσης, έχει όμως και μια σημαντική διαφορά: Στην ανακύκλωση, ένα χρησιμοποιημένο προϊόν αποσυντίθεται σε πρώτες ύλες που ανακτώνται προς επαναχρησιμοποίηση στην παραγωγή νέων προϊόντων. Στην κυκλική οικονομία, το προϊόν σχεδιάζεται εξαρχής, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα για ανακατασκευή και επαναμεταποίηση και για να επαναχρησιμοποιηθεί ως καινούργιο. Μπαίνει, έτσι, φρένο ανεπιστρεπτί στην αλόγιστη εξάντληση των πλουτοπαραγωγικών πόρων του πλανήτη και την καταστροφή της βιόσφαιρας λόγω της ρύπανσης του περιβάλλοντος και της συνεπαγόμενης κλιματικής αλλαγής. (EKT 2019)

Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας προϋποθέτει νέους τρόπους σύλληψης και σχεδιασμού προϊόντων. Διαδικασίες, αλυσίδες αξίας (value chains), ακόμα και επιχειρηματικά μοντέλα παραγωγής και κατανάλωσης, σχεδιάζονται εξαρχής με γνώμονα την ανακατασκευή, την επαναμεταποίηση, την επισκευή και την επαναχρησιμοποίηση υφιστάμενων υλικών και προϊόντων. Απαιτείται η ενεργός συμμετοχή όλων των φορέων της οικονομικής ζωής, με τις επιχειρήσεις να έχουν κεντρικό ρόλο για την αλλαγή του υπάρχοντος συστήματος. Σε μία κυκλική οικονομία είναι σημαντικό να επιτευχθεί η μείωση της ποσότητας αποβλήτων, η αύξηση της ανακύκλωσης, η επιδιόρθωση και επαναχρησιμοποίηση προϊόντων, η χρήση εναλλακτικών καυσίμων, η μείωση χρησιμοποίησης επικίνδυνων ουσιών και η προώθηση της κυκλικότητας στις παραγωγικές διαδικασίες.

Η κυκλική οικονομία και η οικονομία χαμηλού άνθρακα είναι βασικά στοιχεία του πανευρωπαϊκού και παγκόσμιου πρότυπου οικονομικού μοντέλου. Κεντρικός στόχος του νέου αυτού «πράσινου μοντέλου ανάπτυξης» είναι η παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών με λιγότερους και πιο «πράσινους πόρους», με παράλληλη ελαχιστοποίηση ή και μηδενισμό των αποβλήτων σε όλα τα στάδια παραγωγής, αλλά και μετά το τέλος του κύκλου ζωής των προϊόντων. Προϋπόθεση του μοντέλου της κυκλικής οικονομίας είναι η μετάβαση σε πιο βιώσιμα πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης, που συμβάλλουν στην επίτευξη των παγκόσμιων στόχων για τη διατήρηση της φύσης και της βιοποικιλότητας, δεδομένου ότι η εξόρυξη και η επεξεργασία πόρων αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 90% των πιέσεων στην παγκόσμια βιοποικιλότητα και τα ύδατα, και περίπου το ήμισυ των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα.

## 2.1 Οφέλη της Κυκλικής Οικονομίας

Η πρόληψη παραγωγής αποβλήτων, ο οικολογικός σχεδιασμός, η επαναχρησιμοποίηση και άλλα παρόμοια μέτρα θα μπορούσαν να αποφέρουν στις επιχειρήσεις της ΕΕ καθαρή εξοικονόμηση χρημάτων, μειώνοντας παράλληλα τις συνολικές ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η στροφή προς μια κυκλική οικονομία θα μπορούσε να αποφέρει οφέλη όπως τη μειωμένη επιβάρυνση του περιβάλλοντος, εξοικονόμηση ενέργειας και την ορθολογικότερη χρήση των φυσικών

πόρων, περιορισμό της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υδάτων, την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, την μεγαλύτερη ασφάλεια του εφοδιασμού πρώτων υλών, την αύξηση της ανταγωνιστικότητας, την τόνωση της καινοτομίας, την προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης και τη δημιουργία θέσεων εργασίας. Εξασφαλίζει επίσης την παροχή πιο ανθεκτικών και καινοτόμων προϊόντων στους καταναλωτές, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση σημαντικών ποσών και την βελτίωση της ποιότητας ζωής. (Europarlament 2021)

Η κυκλική οικονομία μπορεί να ενισχύσει την παραγωγικότητα των πόρων της Ευρώπης, να μειώσει την εξάρτηση από μη ανανεώσιμους πόρους και κρίσιμες πρώτες ύλες. Στηρίζεται στην βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων και στην επέκταση του κύκλου ζωής των προϊόντων. Επιδιώκει και ενθαρρύνει την χρήση δευτερογενών υλικών και αποβλήτων ως παραγωγικών πόρων και χρήσιμων υλικών, προσδίδοντας μια αειφορική διάσταση στο παραγωγικό μοντέλο.

Τα αναμενόμενα οφέλη της κυκλικής οικονομίας με βάση ευρωπαϊκά στατιστικά στοιχεία είναι αξιοσημείωτα και περιλαμβάνουν μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από 2% έως 4%, εξοικονόμηση 600 δις. ευρώ για τις ευρωπαϊκές επιχειρήσεις, που ισοδυναμεί με το 6%-8% του κύκλου εργασιών τους, δημιουργία άνω των 2 εκατομμυρίων θέσεων εργασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ανάπτυξη έως 6% και μεγάλη εξοικονόμηση πόρων με δεδομένο ότι σήμερα το 80% των προϊόντων μετατρέπονται σε απόβλητα μέσα στους πρώτους 6 μήνες από τη διάθεσή τους στην αγορά. (YPIEN 2020)

## 2.2 Η κυκλική οικονομία στην Ελλάδα

Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας είναι εύκολα προσαρμόσιμο στην ελληνική οικονομία λόγω της πληθώρας ευκαιριών και δυνατοτήτων αξιοποίησης πόρων που παρουσιάζει. Η ολοκλήρωση των Περιφερειακών Σχεδιασμών, η έναρξη κατασκευής έργων επεξεργασίας σύμμικτων απορριμμάτων αλλά και καθαρών ρευμάτων (π.χ. οργανικό), η αξιοποίηση RDF στην Τσιμεντοβιομηχανία και κομπόστ στην γεωργική παραγωγή είναι ενδεικτικοί τομείς της κυκλικής οικονομίας. Η κυκλική οικονομία δημιουργεί πολλαπλά οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη και ως εκ τούτου είναι μείζονος σημασίας η υιοθέτησή της. (YPIEN 2020)

Στην Ελλάδα, έχει ξεκινήσει από το 2019 το έργο LIFE-IP CEI-Greece, το οποίο φιλοδοξεί να συμβάλει στην υλοποίηση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων, του Εθνικού Στρατηγικού Σχεδίου Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων και της Εθνικής Στρατηγικής για την κυκλική οικονομία. Με το έργο αναδεικνύεται μια νέα αντίληψη στον τομέα των αποβλήτων στη βάση των αρχών της κυκλικής οικονομίας, υιοθετώντας πρακτικές και αλλαγή συμπεριφοράς για την αύξηση του

κύκλου ζωής των προϊόντων, την μετατροπή των αποβλήτων σε πόρους και την αποτελεσματική εφαρμογή της νομοθετικής δέσμης μέτρων για τα απόβλητα.

Το έργο, το οποίο έχει διάρκεια 8 έτη (01/11/2019 – 31/10/2027), χωρίζεται σε 4 διετείς φάσεις και έχει προϋπολογισμό 15.934.810 ευρώ, με συγχρηματοδότηση από την Ε.Ε. 60% – 9.560.739 ευρώ.

Οι εμπλεκόμενοι φορείς – Ομάδα του έργου είναι οι εξής:

- Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας
- Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης
- Πράσινο Ταμείο
- Οργανισμός Φυσικού Περιβάλλοντος & Κλιματικής Αλλαγής
- Δήμος Αθηναίων
- Δήμος Θεσσαλονίκης
- Δήμος Αλοννήσου
- Δήμος Πάρου
- Δήμος Αντιπάρου
- Δήμος Τήνου
- Δήμος Θήρας
- Δήμος Βάρης, Βούλας, Βουλιαγμένης
- Δήμος Ναυπακτίας
- Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης
- Δίκτυο Αειφόρων Νήσων – ΔΑΦΝΗ
- Terra Nova
- Διαχείριση Απορριμμάτων Δυτικής Μακεδονίας, ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε.
- Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- Εθνικό Σύστημα Υποδομών Ποιότητας - Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης

### 2.2.1 Στόχοι του έργου LIFE-IP CEI-Greece

Το έργο στοχεύει στην ανάπτυξη πιλοτικών δράσεων σε 9 δήμους και σε 1 περιφέρεια της χώρας για την προώθηση της πρακτικής εφαρμογής της ιεράρχησης των αποβλήτων (πρόληψη, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση, τελική διάθεση). Στοχεύει επίσης στην εφαρμογή πολλών δράσεων για την πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων τροφίμων, στην ανάπτυξη προτύπων δευτερογενών υλικών για την υποστήριξη της εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας, στην ευαισθητοποίηση των εμπλεκόμενων φορέων αλλά και του ευρύτερου κοινού σχετικά με αυτήν και τη σύνδεσή της με τον τομέα των αποβλήτων. Θα ενεργοποιηθούν ακόμα συμπληρωματικοί πόροι χρηματοδότησης για την υποστήριξη της αποτελεσματικής εφαρμογής του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων, θα διαχυθούν τα αποτελέσματα του έργου και θα υποστηριχθεί η εφαρμογή τους σε άλλες περιοχές.

## 2.2.2 Δράσεις του έργου

### I) Προπαρασκευαστικές δράσεις

Αρχικά θα πρέπει να υλοποιηθούν συγκεκριμένες προπαρασκευαστικές δράσεις, οι οποίες θα περιλαμβάνουν:

- Προσπάθειες προσδιορισμού της υφιστάμενης κατάστασης, χαρτογράφηση των ενδιαφερόμενων μερών και μελέτες εκκίνησης σε εθνικό επίπεδο.
- Πραγματοποίηση όλων των απαραίτητων τεχνικών και οικονομικών μελετών για τα έργα επίδειξης κυκλικής οικονομίας και την έγκαιρη αδειοδότηση των απαιτούμενων υποδομών των έργων αυτών.
- Μελέτη εκκίνησης με αντικείμενο την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου για την υιοθέτηση και την εφαρμογή των επικείμενων υποχρεώσεων της νομοθεσίας της ΕΕ για τα απόβλητα στην Ελλάδα και αξιολόγηση των δυνατοτήτων εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας σε βασικούς τομείς.

### II) Δράσεις υλοποίησης

Στη συνέχεια, θα πραγματοποιηθούν ορισμένες δράσεις για την υλοποίηση του έργου:

- Κατασκευή και λειτουργία τριών ολοκληρωμένων πράσινων σημείων (ΟΠΣ) – ένα στο Δήμο Θεσσαλονίκης και δύο στο Δήμο Αθηναίων, με στόχο τα σημεία αυτά να αποτελέσουν ένα χώρο που δεν θα εξυπηρετεί μόνο τη χωριστή συλλογή αποβλήτων, αλλά και την εκ νέου προώθηση των αντικειμένων (όπως έπιπλα, απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, ρούχα και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, βιβλία, παιχνίδια κ.λπ.) για την επαναχρησιμοποίηση ή την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίησή τους.
- Εφαρμογή της νομοθετικής δέσμης μέτρων για την κυκλική οικονομία σε επιλεγμένες νησιωτικές και ορεινές περιοχές (Αλόνησος, Πάρος και Αντίπαρος, Θήρα, Τήνος και Δήμος Ναυπακτίας). Θα περιλαμβάνει την εγκατάσταση απαραίτητων υποδομών και δικτύων συλλογής, την αδειοδότηση λειτουργίας υποδομών, όπου αυτό απαιτείται, και τη λειτουργία του συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων στις πιλοτικές περιοχές.
- Εφαρμογή σε πλήρη κλίμακα δικτύων συλλογής και διαχείρισης επικίνδυνων οικιακών αποβλήτων, των οποίων η χωριστή συλλογή είναι επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, παρότι έχουν μικρό μερίδιο στα συνολικά παραγόμενα αστικά στερεά απόβλητα.
- Πρόληψη παραγωγής αποβλήτων τροφίμων σε όλο το μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού, από την παραγωγή έως την κατανάλωση (πρωτογενής παραγωγή,

επεξεργασία και μεταποίηση, λιανική πώληση, εστιατόρια και υπηρεσίες εστίασης, νοικοκυριά)

- Ανάπτυξη ενός μηχανισμού διάδοσης της κυκλικής οικονομίας, με σχεδιασμό και πραγματοποίηση σεμιναρίων ειδικής θεματολογίας, ενός φόρουμ πρόληψης αποβλήτων τροφίμων, εξ αποστάσεως κατάρτισης των ενδιαφερομένων μερών και ενός ηλεκτρονικού εθνικού αποθετηρίου για αυτήν.

### III) Δράσεις παρακολούθησης των επιπτώσεων του έργου

Σε επόμενο στάδιο θα υπάρξουν και ορισμένες δράσεις παρακολούθησης των επιπτώσεων του έργου, οι οποίες θα αφορούν στην:

- Ανάπτυξη δεικτών κυκλικής οικονομίας σε εθνικό επίπεδο και για σημαντικούς οικονομικούς τομείς, με σκοπό την συνεχή παρακολούθηση της εφαρμογής των πολιτικών σχετικών με τη μετάβαση του κυρίαρχου γραμμικού μοντέλου παραγωγής και κατανάλωσης στην κυκλική οικονομία.
- Παρακολούθηση του αντίκτυπου των πιλοτικών δράσεων και των δράσεων επίδειξης του έργου.
- Εκτίμηση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων των δράσεων του έργου στην τοπική οικονομία και τον πληθυσμό των περιοχών που θα εφαρμοστεί.
- Εκτίμηση, τέλος, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των πιλοτικών δράσεων χρησιμοποιώντας ποσοτικούς και ποιοτικούς δείκτες σε διάφορους περιβαλλοντικούς τομείς, όπως η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον και οι επιπτώσεις στην ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

### IV) Δράσεις ευαισθητοποίησης και διάχυσης των αποτελεσμάτων του έργου

Σημαντική είναι και η διάχυση των αποτελεσμάτων του έργου, με συμμετοχή και ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με την έννοια της κυκλικής οικονομίας και τη σημασία των συστημάτων ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων. Θα αναπτυχθεί ένα σχέδιο διάχυσης και μια στρατηγική επικοινωνίας, με τη διεξαγωγή έρευνας της κοινής γνώμης (π.χ. δελτία τύπου, εκστρατεία μέσων ενημέρωσης, ιστοσελίδα και λογαριασμοί μέσων κοινωνικής δικτύωσης) και τη διοργάνωση συνεδρίων και εκδηλώσεων. Θα κατασκευαστεί επίσης ένα καινοτόμο βιωματικό πάρκο Ανακύκλωσης, Επισκευής και Επαναχρησιμοποίησης (RRR) στη Θεσσαλονίκη, με στόχο την ενεργό συμμετοχή των παιδιών στη διαδικασία ανακύκλωσης, με επιστημονικά ορθό αλλά απλό και κατανοητό τρόπο.

V) Δράσεις διαχείρισης και παρακολούθησης της προόδου του έργου

Στις δράσεις αυτές περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες δραστηριότητες για τη διασφάλιση της ομαλής και αποτελεσματικής διαχείρισης και συντονισμού του έργου, καθώς και την αποτελεσματική υποβολή εκθέσεων σχετικά με τα πορίσματα και την πρόοδο του έργου στην ΕΕ και η παρακολούθηση και αναζήτηση περαιτέρω ευκαιριών συμπληρωματικών χρηματοδοτήσεων.

(<https://circulargreece.gr/el/>)

## 2.3 Η κυκλική οικονομία στην Ευρώπη

Στις 11 Μαρτίου του 2020 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε νέο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία - δομικό στοιχείο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, που αποτελεί το νέο θεματολόγιο της Ευρώπης για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Τι περιλαμβάνει το νέο σχέδιο δράσης της ΕΕ για την κυκλική οικονομία;

Το νέο σχέδιο δράσης περιλαμβάνει πρωτοβουλίες για ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή έως την κατανάλωση, την επισκευή, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την επαναφορά των πόρων στην οικονομία. Εισάγει νομοθετικά και μη νομοθετικά μέτρα και στοχεύει σε τομείς στους οποίους η δράση σε επίπεδο ΕΕ προσφέρει προστιθέμενη αξία. Το σχέδιο δράσης βρίσκεται στο επίκεντρο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, η οποία αποτελεί τον χάρτη πορείας της ΕΕ προς την κλιματική ουδετερότητα, στόχος που δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί έως το 2050 χωρίς μετάβαση σε μια πλήρως κυκλική οικονομία. Η εφαρμογή μέτρων για την κυκλική οικονομία στην Ευρώπη μπορεί να αυξήσει το ΑΕΠ της ΕΕ κατά 0,5 % έως το 2030 και να οδηγήσει στη δημιουργία περίπου 700.000 νέων θέσεων εργασίας.

Ποια μέτρα προβλέπονται για τα προϊόντα;

Επί του παρόντος, πολλά προϊόντα παθαίνουν βλάβη υπερβολικά γρήγορα, δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να επισκευαστούν ή να ανακυκλωθούν, ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο μία φορά. Αυτό το γραμμικό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης («αγορά-παραγωγή-χρήση-απόρριψη») δεν παρέχει στους παραγωγούς κίνητρα για να καταστήσουν τα προϊόντα τους περισσότερο βιώσιμα. Επιτακτικός στόχος είναι να αλλάξει αυτή η κατάσταση με δράσεις που θα καταστήσουν τη χρήση «πράσινων» προϊόντων συνήθη πρακτική. Το νέο πλαίσιο πολιτικής για τα βιώσιμα προϊόντα περιλαμβάνει τρεις βασικές συνιστώσες –



δράσεις: για τον σχεδιασμό των προϊόντων, για την ενδυνάμωση των καταναλωτών και για την ενίσχυση της βιωσιμότητας των μεθόδων παραγωγής.

#### Ποια μέτρα προβλέπονται όσον αφορά τον σχεδιασμό:

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα δρομολογήσει νομοθετική πρωτοβουλία για βιώσιμα προϊόντα. Στον πυρήνα της εν λόγω πρωτοβουλίας θα βρίσκεται η διεύρυνση της οδηγίας για τον οικολογικό σχεδιασμό, ενώ θα εξεταστεί το ενδεχόμενο θέσπισης αρχών βιωσιμότητας. Οι νέοι κανόνες θα καλύψουν ιδίως την ανάγκη για βελτίωση της ανθεκτικότητας και της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης, αναβάθμισης και επισκευής των προϊόντων, με την αντιμετώπιση της παρουσίας επικίνδυνων χημικών ουσιών και με την αύξηση του ανακυκλωμένου περιεχομένου σε αυτά. Θα επιδιωχθεί επίσης να περιοριστούν τα προϊόντα μιας χρήσης, καθώς και να θεσπιστεί η απαγόρευση της καταστροφής απούλητων αγαθών διαρκείας.

#### Ποιες δράσεις προβλέπονται για τους καταναλωτές και τους αγοραστές του δημόσιου τομέα:

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα καταβάλει προσπάθειες για την ενίσχυση της δυνατότητας επισκευής των προϊόντων. Στόχος είναι να ενσωματωθεί το «δικαίωμα επισκευής» στις πολιτικές της ΕΕ για τους καταναλωτές και τα προϊόντα, ενώ προβλέπονται επίσης δράσεις για να δίνονται στους καταναλωτές πιο αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα στο σημείο πώλησης, μεταξύ άλλων σχετικά με τη διάρκεια ζωής τους καθώς και άλλες περιβαλλοντικές επιδόσεις.

#### Με ποιον τρόπο η μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία θα ωφελήσει την οικονομία μας και θα συμβάλει στην επίτευξη του στόχου της κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050:

Μεταξύ του 1970 και του 2017 η παγκόσμια εξόρυξη και επεξεργασία υλικών όπως η βιομάζα, τα ορυκτά καύσιμα, τα μεταλλεύματα και τα ορυκτά τριπλασιάστηκε - και συνεχίζει να αυξάνεται, προκαλώντας εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, απώλεια βιοποικιλότητας και πίεση στους υδάτινους πόρους. Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, στο πλαίσιο του οποίου η αξία και οι πόροι διατηρούνται στην οικονομία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και η παραγωγή αποβλήτων ελαχιστοποιείται, μειώνει τις πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον. Η κυκλική οικονομία μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά στην απαλλαγή της οικονομίας από τις εκπομπές άνθρακα και επιπλέον, τα τελευταία χρόνια, αρκετές μελέτες έχουν καταδείξει τη δυναμική της κυκλικότητας ως εργαλείο για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Όλες οι ενέργειες που περιλαμβάνονται στο σχέδιο δράσης θα συμβάλουν στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της ΕΕ. (European Commission 2020)

### 2.3.1 Προτάσεις του νέου σχεδίου δράσης της Ε.Ε.

Από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατατέθηκαν συγκεκριμένες προτάσεις που αφορούν διαφόρων ειδών προϊόντα. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τα:

- Ηλεκτρονικά προϊόντα και προϊόντα ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών)

Το σχέδιο δράσης προτείνει τη δρομολόγηση πρωτοβουλίας για την κυκλικότητα των ηλεκτρονικών προϊόντων με στόχο την επίτευξη μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους μέσω της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης και επισκευής, καθώς και της δυνατότητας αναβάθμισης των εξαρτημάτων και του λογισμικού, ώστε να αποφεύγεται η πρόωγη απαξίωση τους. Εξετάζεται επίσης το ενδεχόμενο να τεθεί σε εφαρμογή σύστημα επιστροφής ή επαναπώλησης παλαιών κινητών τηλεφώνων, ταμπλετών και φορτιστών σε επίπεδο ΕΕ.

- Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Το σχέδιο δράσης περιλαμβάνει πολιτικές που θα έχουν ως στόχο την ώθηση στην αγορά της ΕΕ για βιώσιμα και κυκλικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένης της αγοράς των επαναχρησιμοποιημένων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα δώσει επίσης οδηγίες για τη χωριστή συλλογή αποβλήτων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, την οποία πρέπει τα κράτη μέλη να επιτύχουν έως το 2025, συνεργαζόμενη με τους παράγοντες της βιομηχανίας και της αγοράς για τον εντοπισμό των εμποδίων στην κυκλικότητα αυτών.

- Πλαστικές ύλες

Το σχέδιο δράσης επικεντρώνεται στην αύξηση του ποσοστού συμμετοχής της ανακυκλωμένης πλαστικής ύλης. Θα προταθούν υποχρεωτικές απαιτήσεις για το ανακυκλωμένο περιεχόμενο σε τομείς όπως οι συσκευασίες, τα οχήματα και τα δομικά υλικά. Επιπλέον, θα εξεταστεί ο εφοδιασμός και η χρήση πλαστικών υλών βιολογικής προέλευσης και βιοαποδομήσιμων πλαστικών υλών, ενώ όσον αφορά τα μικροπλαστικά, θα περιοριστεί η σκόπιμη προσθήκη τους.

- Κατασκευές και κτίρια

Ο κατασκευαστικός τομέας καταναλώνει περίπου το 50 % του συνόλου των εξορυσσόμενων υλικών και είναι υπεύθυνος για πάνω από το 35% της συνολικής παραγωγής αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα εγκρίνει μια νέα ολοκληρωμένη στρατηγική με σκοπό την προώθηση των αρχών της κυκλικότητας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των κτιρίων. Σχεδιάζεται επίσης να προταθεί μια αναθεώρηση του κανονισμού για τα δομικά προϊόντα, στο πλαίσιο της οποίας ενδέχεται να συμπεριληφθούν απαιτήσεις ανακυκλωμένου υλικού σε ορισμένα από αυτά.

- Συσκευασίες

Η ποσότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για συσκευασία αυξάνεται διαρκώς. Το 2017 τα απορρίμματα συσκευασίας στην Ευρώπη ανήλθαν σε 173 kg ανά κάτοικο - επίπεδο υψηλότερο από ποτέ. Θα παρθούν μέτρα ώστε να διασφαλιστεί ότι η αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων συσκευασίας θα περιοριστεί, με τον καθορισμό στόχων και τη λήψη μέτρων για την πρόληψη της δημιουργίας τους. Στόχος της Επιτροπής είναι να καταστήσει όλες τις συσκευασίες που διατίθενται στην αγορά της ΕΕ επαναχρησιμοποιήσιμες ή ανακυκλώσιμες με τρόπο οικονομικά βιώσιμο έως το 2030.

- Ηλεκτρικές στήλες και οχήματα

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα προτείνει νέο κανονιστικό πλαίσιο για τις ηλεκτρικές στήλες. Αυτό θα περιλαμβάνει μέτρα για τη βελτίωση των ποσοστών συλλογής και ανακύκλωσης όλων των ηλεκτρικών στηλών, τη διασφάλιση της ανάκτησης πολύτιμων υλικών, το επίπεδο ανακυκλωμένου υλικού σε νέες ηλεκτρικές στήλες και απαιτήσεις βιωσιμότητας για αυτές. Θα προταθούν επίσης αλλαγές στους κανόνες για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα της ανακύκλωσης.

- Τρόφιμα

Εκτιμάται ότι στην ΕΕ το 20% του συνόλου των παραγόμενων τροφίμων χάνεται ή απορρίπτεται. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα προτείνει στόχο για μείωση των αποβλήτων τροφίμων. Ζητούμενο είναι να καλυφθεί ολόκληρη η αξιακή αλυσίδα των τροφίμων, ώστε να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα του τομέα. Θα προωθηθεί νομοθετική πρωτοβουλία για την επαναχρησιμοποίηση,

ώστε στις υπηρεσίες τροφίμων να αντικατασταθούν τα επιτραπέζια σκεύη, οι συσκευασίες τροφίμων και τα μαχαιροπήρουνα μίας χρήσης από επαναχρησιμοποιούμενα προϊόντα.

Τέλος, όσον αφορά τα απόβλητα, ουσιαστικής σημασίας είναι η πρόληψη της δημιουργίας τους και εφόσον δημιουργηθούν, αυτά θα πρέπει να μετατραπούν σε πόρους υψηλής ποιότητας. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα προτείνει στόχους μείωσης των αποβλήτων για πιο σύνθετες ροές και θα συνεχιστεί επίσης ο εκσυγχρονισμός της νομοθεσίας της ΕΕ σχετικά με τα απόβλητα. Οι κανόνες για τις μεταφορές αποβλήτων θα αναθεωρηθούν ώστε να διευκολυνθεί η ανακύκλωση ή η επαναχρησιμοποίησή τους εντός της ΕΕ. Η αναθεώρηση αυτή θα έχει επίσης ως στόχο τον περιορισμό των εξαγωγών αποβλήτων που προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία σε τρίτες χώρες. Τέλος, θα εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο θα βοηθηθούν οι πολίτες ώστε να διαχωρίζουν τα απόβλητά τους μέσω ενός εναρμονισμένου σε επίπεδο ΕΕ μοντέλου για τη χωριστή συλλογή τους. (European Commission 2020)

## 3. ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

### 3.1 Απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών

Τα φυτά χρειάζονται απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για να αναπτυχθούν και να καρποφορήσουν. Όπως ακριβώς και στους ανθρώπους, αν ένα φυτό δεν λάβει τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία θα επηρεαστούν σημαντικά όλες οι λειτουργίες του.

Δεκαεπτά στοιχεία χρειάζεται ένα φυτό για να αξιοποιήσει πλήρως τις διατροφικές του δυνατότητες. Για να αποδειχθεί απαραίτητο ένα στοιχείο, πρέπει να αποδειχθεί ότι ένα φυτό δεν μπορεί να ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του απουσία του στοιχείου αυτού, και ότι κανένα άλλο στοιχείο δεν μπορεί να το αντικαταστήσει. Τρία από αυτά τα στοιχεία, ο άνθρακας (C), το υδρογόνο (H) και το οξυγόνο (O), χρησιμοποιούνται στις μεγαλύτερες ποσότητες και παρέχονται από τον αέρα και από το νερό. Τα υπόλοιπα 14 θρεπτικά συστατικά είναι μεταλλικά στοιχεία που λαμβάνονται από το έδαφος μέσω των ριζών του φυτού.

Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: κύρια μακροθρεπτικά συστατικά, δευτερεύοντα μακροθρεπτικά συστατικά και μικροθρεπτικά συστατικά. (The Fertilizer Institute 2016)

#### 3.1.1 Κύρια μακροθρεπτικά συστατικά (Ελευθεροχωρινός 2018)

Τα κύρια μακροθρεπτικά συστατικά είναι το Άζωτο (N), ο Φωσφόρος (P) και το Κάλιο (K). Τα τρία αυτά συστατικά απαιτούνται από τα φυτά σε σχετικά μεγάλες ποσότητες.

Το Άζωτο (N<sub>2</sub>) ως αέριο αποτελεί το 78% της ατμόσφαιρας της Γης και είναι αδρανές. Πρέπει να μετατραπεί σε μη αδρανείς χημικές ενώσεις (αμμωνιακό και νιτρικό άλας) που θα χρησιμοποιηθούν από τα φυτά. Η μετατροπή αυτή γίνεται από μικροοργανισμούς στο έδαφος, από συμβιωτικά βακτήρια που ζουν στα φυτά ή με χημικές αντιδράσεις. Μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων, το άζωτο θεωρείται ως το σημαντικότερο διότι είναι:

1) συστατικό των αμινοξέων, που συνθέτουν τις πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα, και τη χλωροφύλλη, η οποία μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε σάκχαρα. Επιπλέον, είναι ζωτικής σημασίας για το μεταβολισμό των υδατανθράκων, την ανάπτυξη και την ευρωστία των φυτών. Είναι, επίσης, συστατικό δομικών πρωτεϊνών, ενζύμων, αλκαλοειδών, ορμονών, RNA, DNA, της δι- ή τρι-φωσφορικής αδενοσίνης (ADP, ATP, συστατικού αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας)

2) στοιχείο των μεγαλύτερων απαιτήσεων των φυτών και της μεγαλύτερης επίδρασης στην απόδοσή τους

3) το πρώτο στοιχείο έναρξης ανταγωνισμού μεταξύ ζιζανίων και καλλιεργειών.

Ο φωσφόρος (P) εμφανίζεται συνήθως σε μεγάλες ποσότητες στα ορυκτά του εδάφους και την οργανική ύλη και πρέπει να μετατραπεί σε ανόργανα φωσφορικά ιόντα ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ή  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) για χρήση από τα φυτά. Ο φωσφόρος είναι το δεύτερο, από πλευράς σπουδαιότητας, στοιχείο, αφού είναι δομικό συστατικό των φωσφολιπιδίων (κυτταρικές μεμβράνες), RNA, DNA, ενζύμων (NADP, φωσφολιπασών, Συνενζύμου A), ADP, ATP, καθώς και συστατικό συμμετοχής στη φωτοσύνθεση, γλυκόλυση, αναπνοή, ενεργοποίηση ενζύμων, ορμονών και μορίων μεταγωγής μηνυμάτων εντός και μεταξύ των κυττάρων μέσω της διαδικασίας των φωσφορυλιώσεων, καθώς και σε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, στο μεταβολισμό υδατανθράκων και στη βιολογική δέσμευση αζώτου. Ο φωσφόρος έχει σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση και στη μεταφορά της ενέργειας, καθώς και στη διαπερατότητα των μεμβρανών. Επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών στα πρώιμα στάδια, προάγει την ανάπτυξη των ριζών, την πρώιμη ανθοφορία και την ωρίμανση.

Το κάλιο (K) υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες στα ορυκτά του εδάφους και προσροφείται στην ιοντική μορφή  $\text{K}^+$  σε σωματίδια εδάφους και οργανική ύλη. Εισέρχεται στις ρίζες των φυτών ως ιόν  $\text{K}^+$ , συχνά από ώσμωση μέσω των κυτταρικών τοιχωμάτων σε αρνητικά φορτισμένα ιόντα. Το κάλιο δεν σχηματίζει χημικές ενώσεις στα φυτά, αλλά θεωρείται επίσης σημαντικό θρεπτικό στοιχείο διότι: παίζει σημαντικό ρόλο στη μεταφορά νερού και άλλων ιόντων μέσω των κυτταρικών μεμβρανών, είναι συμπαραγοντας πολλών ενζύμων, απαραίτητος για την δράση τους, κύριος ρυθμιστής της σπαργής των κυττάρων (δημιουργία ωσμωτικών φαινομένων στο χυμοτόπιο), κατιόν ρύθμισης του ηλεκτρικού δυναμικού των κυττάρων, στοιχείο ρύθμισης της κίνησης των στοματίων των φύλλων (που βοηθεί τα φυτά στη μείωση των απωλειών νερού από τα στομάτια των φύλλων τους σε περιπτώσεις ξηρασίας και αυξάνει την αντοχή των φυτών στις αβιοτικές καταπονήσεις). Είναι στοιχείο για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων και τη μεταφορά των προϊόντων της φωτοσύνθεσης.

### 3.1.2 Δευτερεύοντα μακροθρεπτικά συστατικά (Reetz, Jr. 2016)

Τα δευτερεύοντα μακροθρεπτικά συστατικά είναι το Ασβέστιο (Ca), το Μαγνήσιο (Mg) και το Θείο (S). Τα στοιχεία αυτά δεν είναι λιγότερο σημαντικά από τα κύρια μακροθρεπτικά συστατικά, αλλά είναι απαραίτητα σε μικρότερες ποσότητες.

Το ασβέστιο (Ca) χρειάζεται σε σχετικά μεγάλες ποσότητες για φυτά στη μορφή  $\text{Ca}^{2+}$ . Σε ορισμένα είδη, η απαίτηση για Ca είναι μεγαλύτερη από αυτή για φωσφόρο

(P). Η κρίσιμη συγκέντρωση Ca στα φυτά ποικίλλει ευρέως, κυμαίνεται από περίπου 0,2% στα χόρτα, 1,0 έως 1,25% στα φυλλώματα φρούτων και έως 2,0% σε φύλλα βαμβακιού. Παίζει σημαντικό ρόλο στη δομή και περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών. Επηρεάζει τη σταθερότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων, ενεργοποιεί τα ένζυμα, ρυθμίζει τη διαδικασία της ώσμωσης, καθώς και την ιοντική ισορροπία. Επίσης, αυξάνει την αντοχή των φυτών σε αβιοτικές καταπονήσεις (ξηρασία, υψηλές/χαμηλές θερμοκρασίες). Τα ισχυρά κυτταρικά τοιχώματα βοηθούν επίσης στην πρόληψη εισβολής από πολλούς μύκητες και βακτήρια. Το ασβέστιο προάγει επιπλέον τη σωστή επιμήκυνση των φυτικών κυττάρων, συμμετέχει στην ορμονική διαδικασία και παίζει ρόλο στις διαδικασίες πρόσληψης άλλων θρεπτικών ουσιών.

Το μαγνήσιο (Mg) είναι απαραίτητο για πολλές λειτουργίες, όπως

- θέτει σε κίνηση (καταλύει) την παραγωγή χλωροφύλλης (που είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση των φυτών και την ανάπτυξη των πράσινων φύλλων) και χρησιμεύει ως το κεντρικό άτομο στο μόριο της χλωροφύλλης,
- μειώνει την καταπόνηση των φυτών που προκαλείται από την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία και τις ακραίες θερμοκρασίες, που συχνά προκαλούν αναστολή της ανάπτυξής τους,
- χρησιμεύει ως δομικό στοιχείο των ριβοσωμάτων, των «εργοστασίων» που συνθέτουν τις πρωτεΐνες στα κύτταρα,
- σταθεροποιεί ορισμένες δομές νουκλεϊκών οξέων, τα μόρια που μεταφέρουν γενετικές πληροφορίες όταν σχηματίζονται νέα κύτταρα,
- ενεργοποιεί ή προωθεί τη δραστηριότητα των ενζύμων, τα οποία είναι μόρια που έχουν συγκεκριμένα σχήματα που απαιτούνται για να τεθούν σε κίνηση ορισμένες χημικές αντιδράσεις απαραίτητες για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών,
- χρησιμεύει ως βασικό στοιχείο για τη δημιουργία τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP), της «μπαταρίας» που αποθηκεύει ενέργεια στο φυτό,
- διασφαλίζει ότι οι υδατάνθρακες που δημιουργούνται στα φύλλα εξάγονται στα άλλα όργανα των φυτών. Οι υδατάνθρακες χρησιμοποιούνται στα φυτά για ενέργεια.

Το θείο (S) αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο όλων των ζωντανών φυτικών κυττάρων και βοηθεί στην παραγωγή αμινοξέων, πρωτεϊνών και βιταμινών, ενώ συμμετέχει και στη σύνθεση της χλωροφύλλης. Συμβάλλει στην ανάπτυξη των φυτών και στο σχηματισμό των σπόρων. Βελτιώνει την αντοχή των φυτών στις χαμηλές θερμοκρασίες. Το διαλυτό θειικό άλας ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) είναι η κύρια πηγή πρόσληψης Θείου για τα φυτά. Είναι ένα απαραίτητο συστατικό των τριών αμινοξέων (κυστεΐνη, μεθειονίνη και κυστίνη) που απαιτούνται για την σύνθεση των πρωτεϊνών. Σιτάρι που καλλιεργείται σε εδάφη με χαμηλά επίπεδα διαθέσιμου θείου, έχει ως αποτέλεσμα

χαμηλότερη ποιότητα πρωτεΐνης κόκκων, καθιστώντας το αλεύρι λιγότερο κατάλληλο για ψωμί (Reetz, Jr. 2016). Δεδομένου ότι τόσο το Θείο όσο και το Άζωτο χρειάζονται για τον σχηματισμό πρωτεϊνών, αυτά τα δύο θρεπτικά συστατικά συνδέονται στενά. Επίσης, το Θείο εμπλέκεται σε έναν αριθμό δευτερογενών φυτικών ενώσεων. Για παράδειγμα, η χαρακτηριστική γεύση και μυρωδιά των κρεμμυδιών και του σκόρδου σχετίζεται με πτητικές θειικές ενώσεις.

### 3.1.3 Μικροθρεπτικά συστατικά (Σ.Π.Ε.Λ. 2018)

Τα μικροθρεπτικά συστατικά χρειάζονται μόνο σε ελάχιστες ποσότητες, αλλά εξακολουθούν να παραμένουν αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών. Στα μικροθρεπτικά συστατικά περιλαμβάνονται: Το Βόριο (B), το Χλώριο (Cl), ο Χαλκός (Cu), ο Σίδηρος (Fe), το Μαγγάνιο (Mn), το Μολυβδαίνιο (Mo), το Νικέλιο (Ni), και ο Ψευδάργυρος (Zn).

Το βόριο απαιτείται για τη σύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος και τη μεγέθυνση των κυττάρων. Η ανεπάρκεια βορίου διαταράσσει την αναπαραγωγική ανάπτυξη, την ανάπτυξη των βλαστών και των ριζών, τη βλαστικότητα της γύρης και ως εκ τούτου επηρεάζει το σύνολο των σπόρων και την απόδοση. Η έλλειψη βορίου μπορεί να οδηγήσει σε παραμορφωμένα φύλλα και κακή ποιότητα παραγωγής

Το χλώριο βελτιώνει την παραγωγικότητα των φυτών, παίζει σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση και χρειάζεται στην ώσμωση και στην ιοντική ισορροπία. Μπορεί να βοηθήσει στην ελαχιστοποίηση της απώλειας νερού σε περιόδους ξηρασίας.

Ο χαλκός έχει ρόλο κλειδί στην αφομοίωση του αζώτου, στο μεταβολισμό των ορμονών και εμπλέκεται στη λειτουργία πολλών ενζύμων, όπως επίσης και στη φωτοσύνθεση και στη σποροπαραγωγή. Ανεπάρκεια σε χαλκό μπορεί να οδηγήσει σε μικρές αποδόσεις.

Ο σίδηρος αποτελεί άλλο ένα βασικό συστατικό της χλωροφύλλης και χρησιμεύει ως καταλύτης για την κυτταρική διαίρεση, που είναι βασική στην ανάπτυξη των φυτών. Επίσης, πολλά φυτά χρησιμοποιούν σίδηρο για τη λειτουργία των ενζύμων. Η έλλειψη σιδήρου οδηγεί σε κιτρινισμένα φύλλα και μικρότερη τελική απόδοση και ποιότητα.

Το μαγγάνιο έχει βασικό ρόλο σε πολλές φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών, όπως στη φωτοσύνθεση, στην ενεργοποίηση διαφόρων ενζυμικών συστημάτων, στην αναπνοή και στην αφομοίωση του αζώτου. Ανεπάρκεια μαγγανίου μπορεί να προκαλέσει ευαισθησία σε αβιοτικές καταπονήσεις, όπως στην ξηρασία και στις υψηλές θερμοκρασίες.

Το μολυβδαίνιο εμπλέκεται σε ορισμένες μετατροπές των μορφών του αζώτου, ώστε να είναι αφομοιώσιμο από τα φυτά, ενώ σε ορισμένα είδη φυτών είναι απαραίτητο για την αζωτοδέσμευση. Σε συνθήκες έλλειψης μολυβδαινίου, σε ορισμένα είδη



καθίσταται ανέφικτη η αζωτοδέσμευση, η παραγωγή πρωτεϊνών και η ανάπτυξη των φυτών.

Το νικέλιο είναι απαραίτητο στοιχείο για τη βλαστική ικανότητα των σπόρων, τη φωτοσύνθεση, τη λειτουργία διαφόρων ενζύμων, και το μεταβολισμό του αζώτου. Έλλειψη νικελίου προκαλεί καχεκτική ανάπτυξη, οξειδωτική καταπόνηση και ευαισθησία στις αβιοτικές καταπονήσεις.

Ο ψευδάργυρος συμμετέχει στη σύνθεση της χλωροφύλλης και απαιτείται για την ενεργοποίηση πολλών ενζύμων. Συνεπώς, είναι σημαντικό συστατικό στοιχείο για την πρωίμηση των καλλιεργειών και την ευρωστία των φυτών.

Το Βόριο, ο Χαλκός, ο Ψευδάργυρος και το Μαγγάνιο είναι τα στοιχεία που βρίσκονται συχνότερα σε έλλειψη στα εδάφη.

Πίνακας 3.1 Μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών (International Plant Nutrition Institute 2012)

Category	Nutrient	Symbol	Primary form of uptake	Main form in soil reserves	Relative # atoms in plants
Macronutrient	Nitrogen	N	nitrate, $\text{NO}_3^-$ , ammonium, $\text{NH}_4^+$	organic matter	1 million
	Phosphorus	P	phosphate, $\text{HPO}_4^{2-}$ , $\text{H}_2\text{PO}_4$	organic matter, minerals	60,000
	Potassium	K	potassium ion, $\text{K}^+$	minerals	250,000
	Calcium	Ca	calcium ion, $\text{Ca}^{2+}$	minerals	125,000
	Magnesium	Mg	magnesium ion, $\text{Mg}^{2+}$	minerals	80,000
	Sulphur	S	sulphate, $\text{So}_4^{2-}$	organic matter, minerals	30,000
Micronutrient	Chlorine	Cl	chloride, $\text{Cl}^-$	minerals, rainfall	3,000
	Iron	Fe	ferrous iron, $\text{Fe}^{2+}$	minerals	2,000
	Boron	B	boric acid, $\text{H}_3\text{BO}_3$	organic matter	2,000
	Manganese	Mn	manganese ion, $\text{Mn}^{2+}$	minerals	1,000
	Zinc	Zn	zinc ion, $\text{Zn}^{2+}$	minerals	300
	Copper	Cu	cupric ion, $\text{Cu}^{2+}$	organic matter, minerals	100
	Molybdenum	Mo	molybdate, $\text{MoO}_4^{2-}$	organic matter, minerals	1
Nickel	Ni	nickel ion, $\text{Ni}^{2+}$	minerals	1	

### 3.2 Η χρησιμότητα των λιπασμάτων

Ο στόχος της διαχείρισης θρεπτικών συστατικών είναι να παρέχει σε επάρκεια όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για μια καλλιέργεια κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Εάν η ποσότητα οποιουδήποτε θρεπτικού συστατικού είναι περιορισμένη, ανά πάσα στιγμή υπάρχει πιθανότητα απώλειας μέρους ή/ και όλης της παραγωγής. Καθώς αυξάνεται η απόδοση των καλλιεργειών και διαρκώς αυξανόμενες ποσότητες θρεπτικών ουσιών αφαιρούνται από τους αγρούς, όπου βρίσκονται οι καλλιέργειες, η παροχή θρεπτικών ουσιών στο έδαφος μπορεί να εξαντληθεί εκτός εάν συμπληρωθεί μέσω της παροχής λιπασμάτων.

Οι κύριες ευκαιρίες για την αύξηση της παραγωγής είναι η επέκταση της καλλιεργήσιμης γης και η αύξηση της απόδοσής της. Οι δυνατότητες για τη δημιουργία νέας γης για παραγωγή είναι περιορισμένες, και, εάν υπάρχουν νέες εκτάσεις, αυτές είναι συχνά λιγότερο παραγωγικές. Η ανάγκη θα καλυφθεί πιθανότατα με έναν συνδυασμό και των δύο προσεγγίσεων, με το επικρατέστερο σενάριο να είναι αυτό της αυξημένης παραγωγής καλλιεργειών μέσω μεγαλύτερων αποδόσεων στην υπάρχουσα αγροτική γη.

Τα εύφορα και παραγωγικά εδάφη είναι ζωτικής σημασίας για την ευημερία των κοινωνιών, επειδή διασφαλίζουν την ανάπτυξη των φυτών που απαιτούνται για τρόφιμα, φυτικές ίνες, ζωοτροφές, βιομηχανικά προϊόντα και ενέργεια. Τα εδάφη διαφέρουν ευρέως στην ικανότητά τους να ικανοποιούν τις θρεπτικές απαιτήσεις των φυτών. Τα περισσότερα έχουν μόνο μέτρια φυσική γονιμότητα. Για την επίτευξη των στόχων παραγωγής, συνήθως περισσότερα θρεπτικά συστατικά απαιτούνται από όσα μπορούν να τροφοδοτηθούν από το έδαφος. Οι υψηλές αποδόσεις καλλιέργειας σημαίνουν μεγαλύτερη εξάντληση των θρεπτικών συστατικών του εδάφους, η οποία τελικά πρέπει να εξισορροπηθεί με την αύξηση της προσθήκης θρεπτικών συστατικών για να διατηρηθούν τα εύφορα εδάφη που χρειάζονται οι κοινωνίες.

Τα λιπάσματα παρέχουν τα απαραίτητα στοιχεία για τη θρέψη των φυτών και τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους (αναπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων που απορροφήθηκαν από φυτά προηγούμενων καλλιεργειών ή απομακρύνθηκαν λόγω έκπλυσης, απορροής, διάβρωσης, απονιτροποίησης, αμμωνιοποίησης ή συγκομιδής).

Η χρήση των λιπασμάτων αυξάνει σημαντικά την απόδοση των καλλιεργειών και βελτιώνει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, με αποτέλεσμα τη μείωση των προβλημάτων της έλλειψης τροφίμων και της εξεύρεσης νέων εκτάσεων για καλλιέργεια, την αύξηση του γεωργικού εισοδήματος, τη βελτίωση της βιωσιμότητας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και γενικότερα των δεικτών της αγροτικής οικονομίας. (Reetz, Jr. 2016)

### 3.3 Κατηγορίες Λιπασμάτων

Τα λιπάσματα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: στα ανόργανα λιπάσματα και στα οργανικά ή βιολογικά λιπάσματα.

Τα ανόργανα λιπάσματα μπορεί να είναι βιομηχανικώς παρασκευασμένα λιπάσματα (χημικά) ή, αν οι πρώτες ύλες για την παρασκευή τους προέρχονται από ορυκτά ή πετρώματα που δεν έχουν υποστεί χημική επεξεργασία, φυσικά ανόργανα ή ορυκτά λιπάσματα.

Στα ανόργανα λιπάσματα, τα δηλούμενα θρεπτικά συστατικά περιέχονται υπό ανόργανη μορφή, που λαμβάνεται με εκχύλιση ή με φυσικές ή/και χημικές διεργασίες. Κατά συνθήκη, θεωρούνται ως ανόργανα λιπάσματα το ασβεστοκυαναμίδιο, η ουρία, καθώς και τα προϊόντα συμπύκνωσης και συνδυασμού αυτής.

Τα οργανικά λιπάσματα είναι προϊόντα επεξεργασίας αυτούσιων υλικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, που περιέχουν τα θρεπτικά στοιχεία σε οργανική μορφή, και η κύρια συμβολή τους στην ανάπτυξη των φυτών είναι η παροχή των στοιχείων αυτών.

Υπάρχουν και τα μίγματα οργανικών και ανόργανων λιπασμάτων ή αλλιώς οργανοανόργανα λιπάσματα.

Τα ανόργανα λιπάσματα διακρίνονται σε:

Απλά: περιέχουν ένα από τρία κύρια λιπαντικά στοιχεία N, P, K

Σύνθετα: περιέχουν δύο ή περισσότερα από τα τρία κύρια λιπαντικά στοιχεία

Πλήρη: περιέχουν και τα τρία κύρια λιπαντικά στοιχεία

Με βάση τα θρεπτικά συστατικά τα ανόργανα λιπάσματα διακρίνονται σε:

A) Αζωτούχα

B) Φωσφορικά

Γ) Καλιούχα

Δ) Λιπάσματα ιχνοστοιχείων

(ΥΠΕΝ 2015)

### 3.4 Η αναγκαιότητα της οργανικής λίπανσης στις μέρες μας

Ένα σημαντικό ζήτημα στις μέρες μας είναι η αύξηση της ζήτησης τροφίμων λόγω της αύξησης του πληθυσμού και αυτό έχει δημιουργήσει περιορισμούς στη χρήση γης για καλλιέργειες λόγω της ανάγκης αυτών των εδαφών για εκβιομηχάνιση και έργα ανάπτυξης.

Ως εκ τούτου, για την παραγωγή των απαραίτητων ποσοτήτων τροφίμων, χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για να αυξηθεί το μέγεθος της παραγωγής και η απόδοση των καλλιεργειών για παραγωγή τροφίμων. Η χρήση λιπασμάτων είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών του φυτού και την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών.

Ωστόσο, η αλόγιστη χρήση χημικών λιπασμάτων έχει οδηγήσει σε επιδείνωση της δυναμικής ισορροπίας του οικοσυστήματος του εδάφους, της χλωρίδας και της πανίδας, καθώς και σε μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα. Η ανάγκη για βιώσιμη λίπανση και ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών λιπασμάτων για χρήση στη γεωργία.

Έτσι, την τελευταία δεκαετία υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για ανανεώσιμες πρώτες ύλες από οργανικά απόβλητα, πολλά από τα οποία απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής ή αποτεφρώνονται λόγω έλλειψης χώρου. Τα οργανικά απόβλητα περιέχουν πολύτιμα θρεπτικά συστατικά, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν με σωστή διαχείριση. Περιέχουν υψηλό ποσοστό οργανικής ύλης και μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία για την απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για τη λίπανση των εδαφών.

Η χρήση οργανικών λιπασμάτων αναμένεται να οδηγήσει σε κοινωνικοοικονομικές και οικολογικές βελτιώσεις, ιδίως με την τροποποίηση της ποιότητας του εδάφους, οι οποίες θα συμβάλουν εξαιρετικά στην ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια, στην ποιότητα των τροφίμων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η οργανική λίπανση αναμένεται να βελτιώσει τις αποδόσεις των καλλιεργειών και να μειώσει τις επιπτώσεις της μόλυνσης των υπόγειων υδάτων, η οποία προκαλείται από τη χρήση ορυκτών ανόργανων λιπασμάτων.

Η συνδυαστική χρήση οργανικών και χημικών λιπασμάτων έχει οδηγήσει σε αξιοσημείωτες βελτιώσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών και στην αύξηση του οργανικού άνθρακα του εδάφους. Παρά την ικανότητα των συμβατικών λιπασμάτων να ενισχύουν γρήγορα την ανάπτυξη των καλλιεργειών στο αρχικό στάδιο, η χρήση οργανικών λιπασμάτων θα συμβάλει στη συνολική ανάπτυξη των φυτών και μακροπρόθεσμα στην αύξηση της περιεκτικότητας οργανικού άνθρακα στο έδαφος. Ο συνδυασμός οργανικών και χημικών λιπασμάτων επιτυγχάνει επίσης συγκρίσιμη παραγωγικότητα με εκείνη των συμβατικών λιπασμάτων, και ταυτόχρονα, μείωση της απώλειας θρεπτικών συστατικών μέσω της χρήσης οργανικών υλικών. Εκτός από αυτό, είναι γνωστό ότι τα βιολιπάσματα έχουν αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά

βελτίωσης της βιολογικής γονιμότητας του εδάφους και καταστολής παθογόνων μικροοργανισμών που μεταδίδονται σε αυτό.

Συνοψίζοντας, ο συνδυασμός οργανικού και χημικού λιπάσματος είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για τη διατήρηση της ισορροπίας των μικροοργανισμών του εδάφους σε έναν συνεχή κύκλο καλλιέργειας. (Kit Wayne Chew et. al. 2019)

#### 3.4.1 Αξιοποίηση οργανικών υπολειμμάτων τροφών

Μεγάλο μέρος των απορριμμάτων τροφίμων που δημιουργούνται από αχρησιμοποίητα αναλώσιμα προϊόντα τροφίμων, οικιακά απορρίμματα τροφίμων και απορρίμματα προϊόντων από την παραγωγή τροφίμων και μεταποιητικές βιομηχανίες καταλήγουν σε χωματερές.

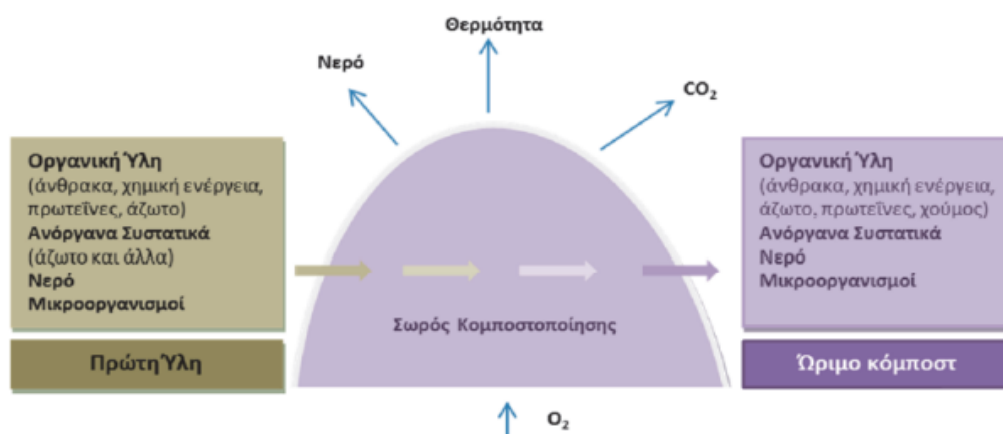
Ωστόσο, αυτά τα οργανικά απόβλητα τροφίμων μπορούν να μετατραπούν σε πολύτιμη οργανική ύλη μέσω της δράσης μικροοργανισμών, οι οποίοι μπορούν να αποσυνθέσουν τα απόβλητα και να τα μετατρέψουν σε χρησιμοποιήσιμο λίπασμα. Επίσης, τα απορρίμματα τροφίμων έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια και οργανικά οξέα, που τα καθιστούν πιθανή πηγή λιπασματοποίησης.

Η μετατροπή τροφίμων και αστικών στερεών αποβλήτων σε κομπόστ και η χρήση τους για τη βελτίωση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών και της γονιμότητας του εδάφους θα συμβάλουν στη διαχείριση της οργανικής ύλης του εδάφους και στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα. (Kit Wayne Chew et. al. 2019)

## 4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ (ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ή ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ)

### 4.1 Διαδικασία κομποστοποίησης

Ως κομποστοποίηση νοείται η ελεγχόμενη διαδικασία αποδόμησης οργανικού κλάσματος, από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες, και η επανασύστασή του σε σταθεροποιημένη οργανική ύλη. Διάφοροι μικροοργανισμοί όπως βακτήρια, μύκητες, ακτινοβακτήρια, υπό της κατάλληλης συνθήκες αερισμού, υγρασίας και μέσω των ενζύμων του παράγουν, αποδομούν σύνθετες χημικές ενώσεις που βρίσκονται στην οργανική ύλη. Η μικροβιολογική αυτή δράση προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στην μάζα του υλικού, η οποία μειώνεται στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος μετά την έντονη αποσύνθεση και σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών. Κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, νερό, ανόργανα στοιχεία, θερμότητα και σταθεροποιημένο οργανικό υλικό (κομπόστ) που αποτελεί το τελικό προϊόν. Πολυάριθμες χημικές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στην κομποστοποίηση, καθώς σύνθετες ενώσεις στην αρχική οργανική ύλη διασπώνται σε πιο απλά συστατικά, τα οποία μετά συντίθενται για τη δημιουργία νέων σύνθετων συστατικών, όπως ο χούμος. Η τελική οργανική ύλη ή αλλιώς κομπόστ, αποτελεί περίπου το 20-40% κ.β. της αρχικής οργανικής ύλης. (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

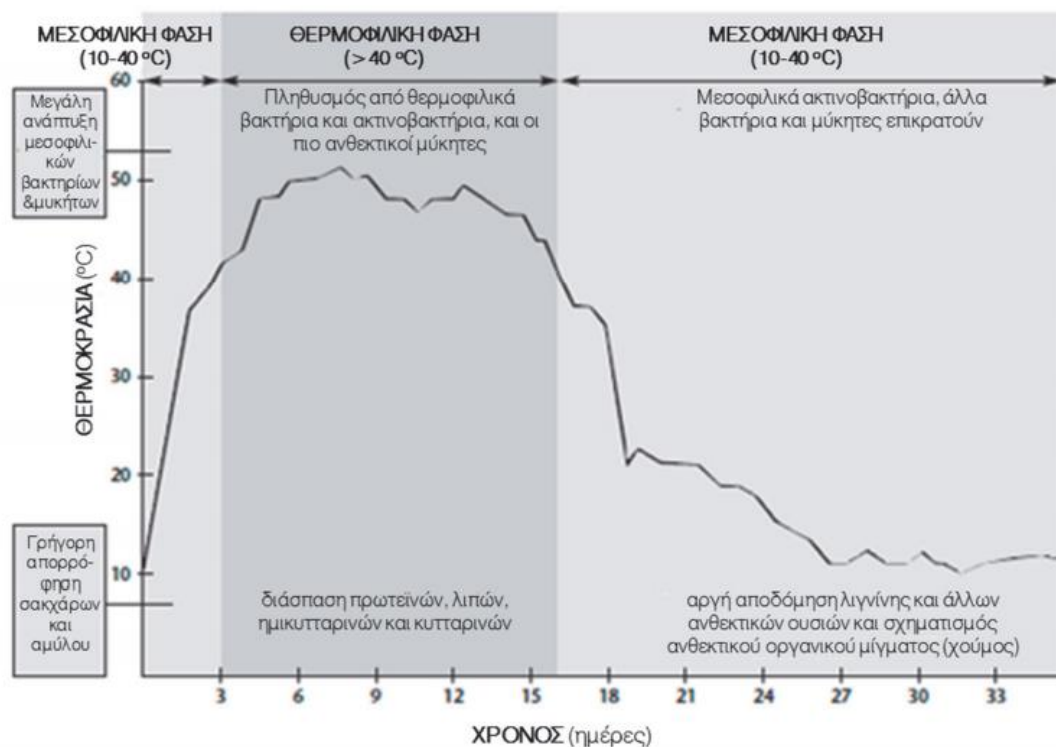


Σχήμα 4.1 Διαδικασία της κομποστοποίησης (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

### 4.2 Φάσεις Κομποστοποίησης (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

Λόγω των πολυάριθμων χημικών αντιδράσεων, αλλά και των διαφορετικών μικροοργανισμών που αναπτύσσονται και δραστηριοποιούνται, η κομποστοποίηση

λαμβάνει χώρα σε τέσσερις φάσεις, οι οποίες διακρίνονται με την διακύμανση της θερμοκρασίας σε:



Σχήμα 4.2 Φάσεις της κομποστοποίησης (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

- Ψυχοφιλική φάση - Φάση Υστέρησης (Θερμοκρασία: μέχρι 22 βαθμούς Κελσίου, Διάρκεια: 1-2 ημέρες)

Κατά τη φάση αυτή τα «εσωτερικά» μικρόβια των αποβλήτων, εγκλιματίζονται στις επικρατούσες συνθήκες και ξεκινούν να πολλαπλασιάζονται χρησιμοποιώντας ως τροφή το άμυλο, τα σάκχαρα και τα αμινοξέα που βρίσκονται στα απόβλητα. Οι μικροοργανισμοί που απαντώνται σε μεγάλο βαθμό είναι τα βακτήρια ενώ διακρίνονται επίσης μύκητες και πρωτόζωα. Όταν τα απόβλητα αποτελούνται από υψηλής σηπτικότητας υλικά και ποώδη απορρίμματα κήπων, η φάση αυτή είναι πολύ σύντομη χρονικά.

- Πρώτη μεσοφιλική φάση - Φάση ανάπτυξης (Θερμοκρασία: από 22 έως 40 °C, Διάρκεια: 3-4 ημέρες)

Στη φάση αυτή οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται με γοργούς ρυθμούς προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας σε μεσοφιλικά επίπεδα. Δραστηριοποιούνται μεσόφιλοι μικροοργανισμοί (μύκητες, βακτήρια,

ακτινοβακτήρια) που αποσυνθέτουν με ταχείς ρυθμούς τις εύκολα διασπάσιμες ουσίες (πρωτεΐνες, αμινοξέα, λιπίδια, υδατάνθρακες μικρού μοριακού βάρους). Καθώς η συγκέντρωση των εύκολα αποδομήσιμων αποβλήτων είναι αρκετά μεγάλη, η μικροβιακή δραστηριότητα και επέκταση συνεχίζεται με αποτέλεσμα την άνοδο της θερμοκρασίας σε θερμοφιλικά επίπεδα που οδηγεί στην επόμενη θερμοφιλική φάση.

- Θερμοφιλική φάση (Θερμοκρασία: από 40 έως 60+ °C, Διάρκεια: περίπου 15-20 ημέρες)

Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης επιτυγχάνεται μέγιστη θερμοκρασία που, αν δεν ληφθούν μέτρα, είναι δυνατόν να ξεπεράσει τους 70 °C. Εντούτοις, η συγκεκριμένη διαδικασία επηρεάζεται αρνητικά εάν η θερμοκρασία υπερβεί τους 60-65 °C, καθώς πολλά είδη μικροοργανισμών δύναται να καταστραφούν και να περιοριστεί σημαντικά ο ρυθμός αποδόμησης του υλικού. Σε αυτήν την φάση υπάρχει αντικατάσταση των μεσόφιλων μικροοργανισμών με θερμοφίλους, οι οποίοι επιταχύνουν τη διάσπαση των πρωτεϊνών, λιπών και σύνθετων υδατανθράκων, όπως κυτταρίνες και ημικυτταρίνες. Το κύριο πλεονέκτημα της θερμοφιλικής φάσης είναι ότι οι σπόροι των ζιζανίων και τα περισσότερα παθογόνα μικρόβια δεν αντέχουν την έκθεση σε αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να καταστρέφονται. (Υγειονοποίηση του υλικού σε θερμοκρασία > 55 °C). Στο τελικό στάδιο αυτής της φάσης, η θερμοκρασία μειώνεται φθάνοντας τους 40 °C. Καθ' όλη τη διάρκεια, εάν παρατηρηθεί απότομη μείωση της θερμοκρασίας, είναι ένδειξη δυσλειτουργίας και απαιτεί άμεση προσοχή. Ο χρόνος που απαιτείται για την έναρξη του θερμοφιλικού σταδίου ποικίλλει, αλλά συνήθως επιτυγχάνεται σε 2 με 3 μέρες.

- Δεύτερη μεσοφιλική Φάση Ωρίμανσης (Θερμοκρασία: από 40 °C έως θερμοκρασία περιβάλλοντος, Διάρκεια: > 30 ημέρες)

Αποτελεί μια αργή, δευτερεύουσα μεσοφιλική φάση κατά την οποία η θερμοκρασία μειώνεται ωστόσο επιτευχθεί θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η πτώση αυτή οφείλεται στην παύση της μικροβιακής δραστηριότητας. Μεσοφιλικό μικροοργανισμοί προερχόμενοι είτε από εξωτερικό εμπλουτισμό του υλικού είτε από την αρχική φάση της κομποστοποίησης διατηρημένοι σε ανθεκτικά σπόρια, αποδομούν, στη φάση αυτή, ουσίες όπως το άμυλο και την κυτταρίνη. Παρόλο που η θερμοκρασία φτάνει στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, χημικές αντιδράσεις συνεχίζουν να λαμβάνουν χώρα κάνοντας την τελική οργανική ύλη πιο σταθερή και κατάλληλη για χρήση. Τελικά, το κομπόστ φτάνει στο στάδιο ωρίμανσης, περιέχοντας ουσίες που δεν επιδέχονται περαιτέρω διάσπασης, όπως χουμικά κολλοειδή που συνδέονται με ανόργανα στοιχεία (σίδηρο, άζωτο, ασβέστιο, κ.ά.) και χούμο.

Η διαδικασία της κομποστοποίησης ολοκληρώνεται όταν έχει σταματήσει η έντονη αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και αυτές είναι βιολογικά και χημικά σταθερές.



Το έτοιμο κομπόστ συχνά αποκαλείται σταθερό ή ώριμο κομπόστ.

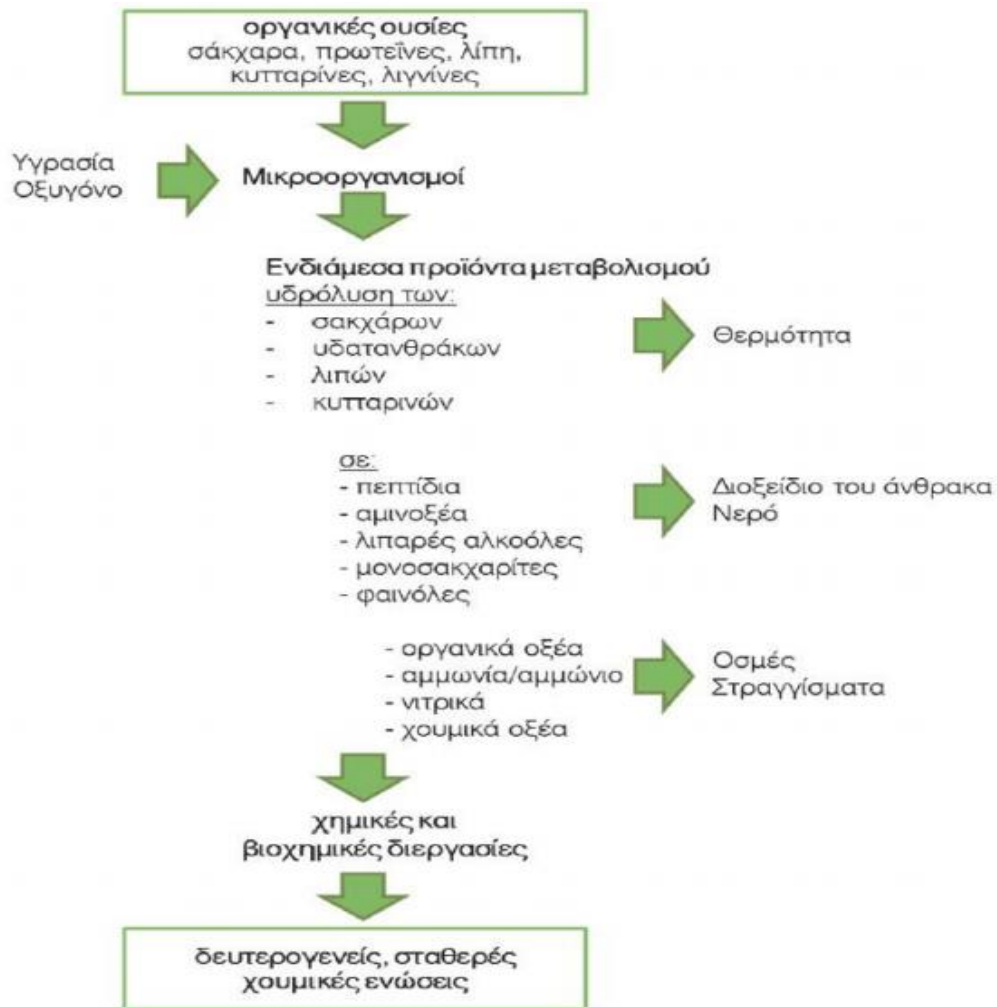
Σταθερό κομπόστ: χαρακτηρίζει το βαθμό σταθερότητας του υλικού και την ολοκλήρωση της βιολογικής διαδικασίας.

Ωριμο κομπόστ: Χαρακτηρίζει το βαθμό χουμοποίησης (μετατροπή οργανικών ουσιών σε χουμικές ουσίες, οι οποίες είναι ανθεκτικές στην μικροβιολογική αποδόμηση).

### 4.3 Βιοχημεία και Βιολογία της κομποστοποίησης (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

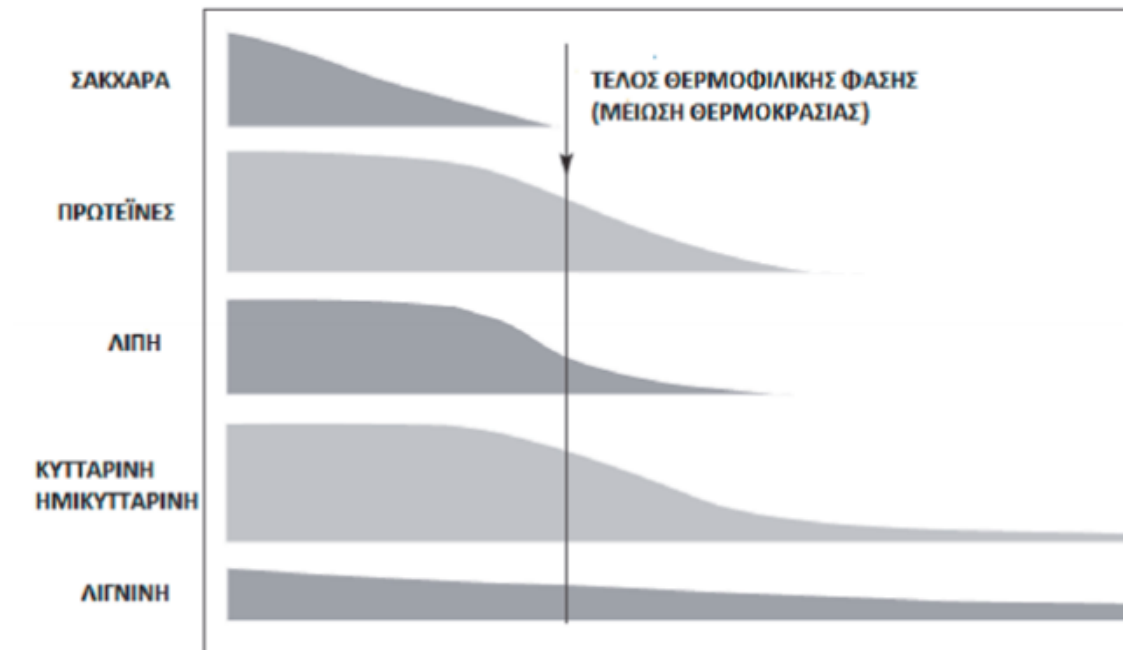
#### 4.3.1 Στοιχεία βιοχημείας – Μηχανισμός της κομποστοποίησης

Στην διαδικασία της κομποστοποίησης πραγματοποιούνται, όπως έχουμε αναλύσει, χημικές διασπάσεις της οργανικής ύλης μέσω των ενζύμων που παράγονται από τους μικροοργανισμούς. Τα ένζυμα λειτουργούν ως καταλύτες των χημικών αντιδράσεων κατά τις οποίες σύνθετες οργανικές ενώσεις (σάκχαρα, άμυλα, πρωτεΐνες κ.α.) οξειδώνονται παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα, νερό, ενέργεια και ανθεκτικά συνθετικά για την περαιτέρω αποδόμηση. Στο Σχήμα 4.3, απεικονίζεται η διαδικασία της μετατροπής των αρχικών οργανικών υλικών σε ανόργανα (ανοργανοποίηση).



Σχήμα 4.3 Σταδιακή ανοργανοποίηση των αρχικών υλικών και των υλικών μεταβολισμού (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

Οι πιο εύκολα αποδομήσιμες ουσίες είναι τα σάκχαρα, το άμυλο, το αλάτι, οι ημικυτταρίνες και κάποιες πρωτεΐνες, ενώ η κυτταρίνη και η λιγνίνη χρειάζονται μεγάλο διάστημα και σωστές συνθήκες για να αποδομηθούν. Ο ρυθμός αποδόμησης απεικονίζεται στο Σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4 Αποσύνθεση διαφόρων χημικών ενώσεων (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

Είναι προφανές ότι ανάλογα με την σύνθεση των βιοαποβλήτων και επομένως με το είδος των οργανικών ενώσεων των βιοαποβλήτων, ο ρυθμός αποδόμησης διαφοροποιείται. Τα φρούτα και τα λαχανικά που περιέχουν κυρίως απλούς υδατάνθρακες, όπως άμυλο και σάκχαρα αποσυντίθενται πιο γρήγορα σε σχέση με τα φύλλα, τα κελύφη, τους μίσχους και τους φλοιούς των δέντρων που περιέχουν ημικυτταρίνες, κυτταρίνη και λιγνίνη και απαιτούν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να αποδομηθούν. Όμως το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών ενώσεων έχει βιοαποδομηθεί κατά το τέλος της θερμοφιλικής φάσης.

Πίνακας 4.1 Οργανικές ενώσεις στα βιοαπόβλητα (ενδεικτικές τιμές) (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

Είδος Βιοαποβλήτου	Πρωτεΐνες (%)	Λίπη (%)	Ημι-κυτταρίνες (%)	Κυτταρίνη (%)	Λιγνίνη (%)
Ξύλο πεύκου	μ.δ.	μ.δ.	26	44	27,8
Άχυρο σίτου	μ.δ.	μ.δ.	28,4	30,5	18
Υπολείμματα τροφών	12-18	9-15	μ.δ.	10	μ.δ.
Βιοστερεά	37,0	4,7	μ.δ.	2,6	6,9

μ.δ.= μη διαθέσιμο

#### 4.3.2 Βιολογία κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης

Οι βασικότεροι μικροοργανισμοί στην διαδικασία της κομποστοποίησης είναι τα βακτήρια, τα ακτινοβακτήρια, οι μύκητες και τα πρωτόζωα. Επίσης, η κομποστοποίηση μπορεί να γίνει τόσο με την παρουσία ασπόνδυλων ειδών (γαιοσκώληκες) όσο χωρίς, τα οποία εμφανίζονται κυρίως στην οικιακή ή στην ανοιχτή κομποστοποίηση σε σωρούς.

- **ΒΑΚΤΗΡΙΑ**

Τα βακτήρια αποτελούν την πλειοψηφία του πληθυσμού των μικροοργανισμών που δρουν κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης (άνω του 80%).

Αποσυνθέτουν το μεγαλύτερο τμήμα της οργανικής ύλης και, συνεπώς, ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την παραγωγή θερμότητας κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης.

Μεσοφιλικά βακτήρια εμφανίζονται στην αρχή της κομποστοποίησης (<40°C), τα οποία μπορούν να εντοπιστούν και στο έδαφος-χώμα.

Όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, θερμοφιλικά βακτήρια αναλαμβάνουν δράση, με κυρίαρχα αυτά του γένους *Bacillus*. Στις υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται τα βακτήρια του γένους *Thermus*. Όταν η θερμοκρασία μειώνεται, τα μεσοφιλικά βακτήρια αναλαμβάνουν πάλι δράση.

- **ΑΚΤΙΝΟΜΥΚΗΤΕΣ Ή ΑΚΤΙΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ (ΝΗΜΑΤΟΕΙΔΗ ΒΑΚΤΗΡΙΑ)**

Διασπών σύνθετες οργανικές ενώσεις όπως κυτταρίνες, λιγνίνες, χυτίνες και πρωτεΐνες. Τα ένζυμά τους βοηθούν στη διάσπαση σκληρών υλικών, όπως στελέχη ξύλου, φλοιούς ή εφημερίδες.

Μερικά από τα είδη εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της θερμοφιλικής φάσης και άλλα κατά τη διάρκεια της φάσης ωρίμανσης, όπου μόνο οι ιδιαίτερα ανθεκτικές ουσίες παραμένουν στα τελευταία στάδια παραγωγής του χούμου.

Τα ακτινοβακτήρια σχηματίζουν μέσα στο κομπόστ μακριές νηματοειδείς διακλαδώσεις που προσομοιάζουν με ιστούς αράχνης. Αυτές εντοπίζονται, συνήθως στο τέλος της διαδικασίας, στα εξωτερικά στρώματα του σωρού.

- **ΜΥΚΗΤΕΣ**

Περιλαμβάνουν βλαστομύκητες και υφομύκητες. Παίζουν σημαντικό ρόλο στην κομποστοποίηση γιατί αποδομούν σκληρά υλικά, επιτρέποντας στα

βακτήρια να συνεχίσουν τη διαδικασία της αποσύνθεσης, όταν το μεγαλύτερο τμήμα της κυτταρίνης έχει εξαντληθεί.

Εμφανίζονται τόσο στη μεσοφιλική όσο και στη θερμοφιλική φάση και ζουν στο εξωτερικό στρώμα του κομπόστ, όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές. Οι υφομύκητες είναι αποκλειστικά αερόβιοι και μπορεί κάποιες φορές να εμφανίζονται στο κομπόστ υπό τη μορφή γκρι ή άσπρου χνουδιού.

- ΠΡΩΤΟΖΩΑ

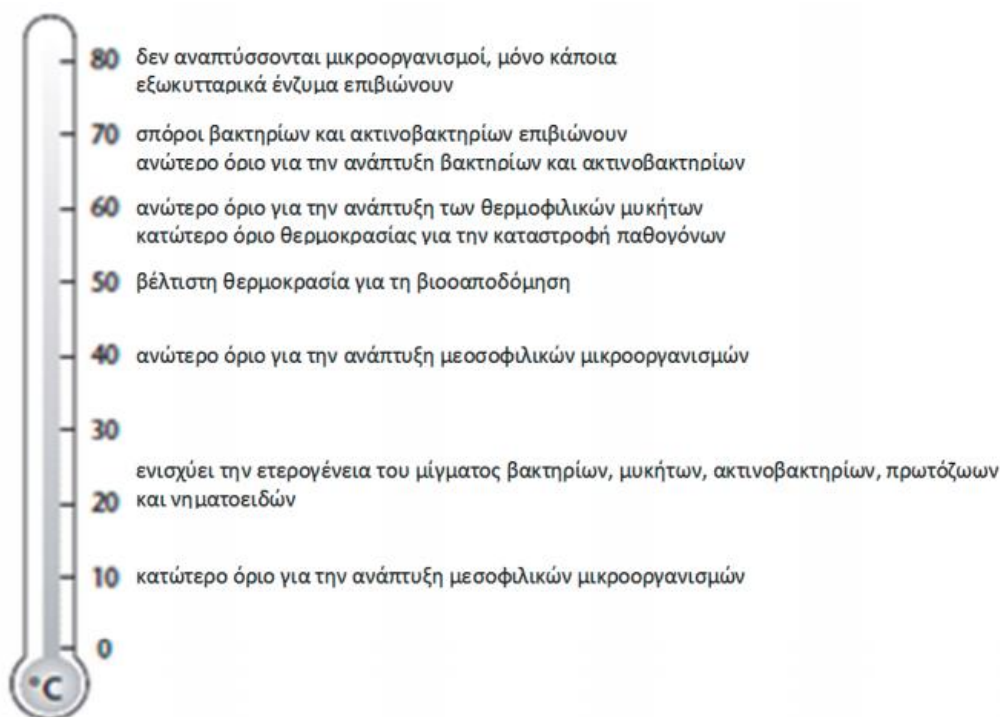
Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι μικροσκοπικοί οργανισμοί, οι οποίοι τρέφονται με βακτήρια και μύκητες. Στην κομποστοποίηση έχουν μόνο μικρό ρόλο στη μικροβιακή δράση.

- ΑΣΠΟΝΔΥΛΑ

Τα ασπόνδυλα, στα οποία συμπεριλαμβάνονται οι γαιοσκώληκες, εμφανίζονται κυρίως στη φάση σταθεροποίησης. Επειδή όμως δεν είναι ενεργά σε υψηλές θερμοκρασίες, δεν συναντώνται σε συστήματα κομποστοποίησης που απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες για την αδρανοποίηση (υγειονομοποίηση) του υλικού, π.χ. σε κλειστά συστήματα. Εμφανίζονται και δραστηριοποιούνται στην οικιακή κομποστοποίηση καθώς και σε ανοιχτούς σωρούς.

Παρόλο που η βασική αποδόμηση γίνεται από τους μικροοργανισμούς, τα ασπόνδυλα συμβάλλουν σημαντικά, τεμαχίζοντας την οργανική ύλη και μεταβάλλοντας τη χημική της σύνθεση μέσω της χώνευσης. Επίσης, βελτιώνουν το πορώδες του υλικού καθώς το διασχίζουν.

Κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης, οι διάφοροι μικροοργανισμοί δραστηριοποιούνται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 20 έως και 70°C. Η βέλτιστη θερμοκρασία για την πραγματοποίηση της βιοαποδόμησης είναι 50°C.



Σχήμα 4.5 Εύρος θερμοκρασιών για τους μικροοργανισμούς (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

#### 4.4 Βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την διαδικασία της κομποστοποίησης (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

##### 4.4.1 Αναλογία άνθρακα / αζώτου (C/N)

Η αναλογία C/N είναι από τις πιο σημαντικές παραμέτρους και πρέπει να ρυθμιστεί πριν την έναρξη της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Η βέλτιστη αναλογία κυμαίνεται από 27 έως 30 μέρη άνθρακα προς 1 μέρος αζώτου ενώ, κατά περίπτωση, αποδεκτές είναι αναλογίες από 22 έως 40 μέρη άνθρακα προς 1 μέρος αζώτου. Η αναλογία C/N διαφόρων αποβλήτων δίνονται στον Πίνακα 4.2. Υψηλές τιμές του λόγου C/N (>50:1), επιβραδύνουν τη διεργασία της κομποστοποίησης. Στην φάση της διεργασίας το πρόβλημα παρουσιάζεται με την μείωση της παραγόμενης θερμότητας. Αν ο λόγος C/N είναι πιο χαμηλός από μία αναλογία 15-20/1, το πλεόνασμα αζώτου με την μορφή αμμωνίας χάνεται στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν δυσάρεστες οσμές και να αυξηθεί το pH σε επίπεδα ακατάλληλα για κομποστοποίηση.

Ο υψηλός δείκτης C/N μπορεί να ρυθμιστεί με την προσθήκη αποβλήτων υψηλής περιεκτικότητας σε άζωτο, όπως τα φρέσκα λαχανικά.

Ο χαμηλός δείκτης C/N μπορεί να ρυθμιστεί με την προσθήκη αποβλήτων υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, όπως οι φλοιοί δέντρων.

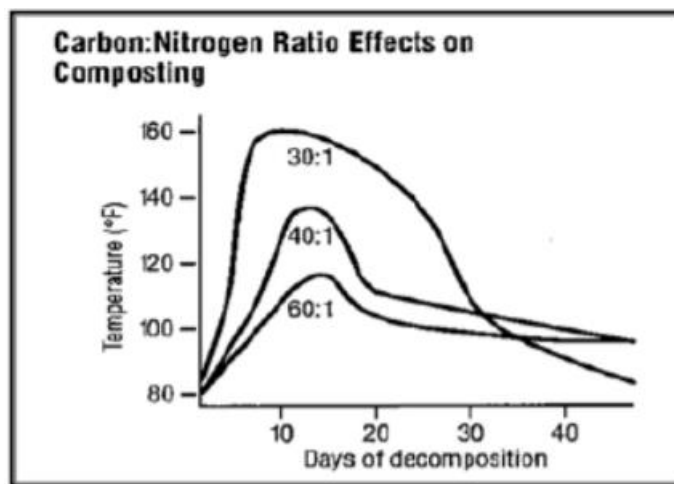
Πίνακας 4.2 Τιμές λόγου C/N (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	C/N	ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	C/N
υπολείμματα λαχανικών	10 - 20	γρασίδι	12 - 25
απόβλητα τροφίμων (από εστιατόρια)	12 - 20	διάφορα μικρά απόβλητα κήπου	20 - 60
απόβλητα από επεξεργασία φρούτων	15 - 25	φυτά πατάτας	25
μίγμα αποβλήτων κουζίνας	20 - 23	λουλούδια και μίγμα φυτικού ιστού	20 - 60
απόβλητα κουζίνας	23	ογκώδη υπολείμματα θάμνων, τεμαχισμένα	23 - 31
φρούτα	35	διάφορα φύλλα	30 - 60
απόβλητα χαρτιού	120 - 170	φύλλα (κλήθρα, μελία, γαύρος)	25
πριονίδι	100 - 500	φύλλα (φλαμουριά, βελανιδιά, σημύδα, ξύλο βαμβακιού, οξύ)	40 - 60
χαρτί και χαρτόνι	200 - 500	βελόνες κωνοφόρων	30 - 100
υγρή κοπριά	2 - 3	άχυρο (κριθάρι, ψυχανθή)	40 - 50
κοπριά πτηνών χωρίς υλικό επίστρωσης	10	άχυρο (βρώμη)	60
κόμποστ από κοπριά βοοειδών	10	άχυρο (σίκαλη, σιτάρι)	100
κοπριά πτηνών και άχυρο	13 - 18	φλοιοί	100 - 130
κοπριά βοοειδών (με λίγο άχυρο)	20	υπολείμματα κοπής δέντρων από καθαρό ξύλο	100 - 150
κοπριά αλόγων	25	άχυρο (βρώμη)	60
κοπριά βοοειδών & μεγάλη ποσότητα επίστρωσης από άχυρο	30	τύρφη	30 - 50

#### 4.4.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι μία από τις βασικότερες παραμέτρους και είναι δείκτης του βαθμού βιοαποδόμησης και της μικροβιακής δραστηριότητας. Είναι επίσης ο βασικότερος δείκτης για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Η ιδανική θερμοκρασία για την καταστροφή των παθογόνων και των ζιζανίων είναι μεταξύ 45 και 59°C. Οι μικροοργανισμοί ενεργούν αποδοτικότερα στα ανώτερα όρια της θερμοκρασίας ανοχής τους (>55°C). Αν όμως ξεπεραστούν τα όρια (>65°C), οι μικροοργανισμοί καταστρέφονται με αποτέλεσμα την μείωση της μικροβιακής ποικιλίας, που οδηγεί στην αναστολή της κομποστοποίησης (Richard 1992). Η θερμοκρασία αυξάνεται ή μειώνεται αυτόματα ανάλογα με τη φάση της

κομποστοποίησης, θα πρέπει όμως να ρυθμίζεται επειδή δεν κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του κομπόστ για να αποφευχθεί η άνοδος της άνω των 65°C όπως αναφέρθηκε παραπάνω.



Σχήμα 4.6 Σχέση λόγου C/N με την θερμοκρασία στην κομποστοποίηση (Erstein 1997)

#### 4.4.3 Οξυγόνο

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη δράση των αερόβιων μικροοργανισμών και την οξείδωση των οργανικών ουσιών. Ο ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου αποτελεί ένδειξη της έντασης της μικροβιακής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης. Είναι επίσης δείκτης μη ύπαρξης αναερόβιων συνθηκών, καθώς χωρίς επαρκές οξυγόνο, η διαδικασία γίνεται αναερόβια και προκαλείται έκλυση οσμηρών ουσιών, όπως το υδρόθειο. Στον σωρό κομποστοποίησης, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο θα πρέπει να κυμαίνεται ιδανικά από 7% έως 12% κατ' όγκο και να μην ελαττωθεί κάτω από 5% για να αποφευχθούν οι αναερόβιες συνθήκες. Το οξυγόνο μπορεί να ρυθμιστεί με την ανάδευση/ αερισμό του σωρού κομποστοποίησης. Γενικά, η ανάγκη για οξυγόνο εξαρτάται από το είδος των αποβλήτων, το πορώδες, την υγρασία, τη γεωμετρία των σωρών και τη φάση αποδόμησης του υλικού.

#### 4.4.4 Οξύτητα (pH)

Το pH είναι μια παράμετρος η οποία επηρεάζει τη δράση των μικροοργανισμών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως δείκτης της πορείας της κομποστοποίησης. Ιδανικό επίπεδο pH για τα βακτήρια είναι μεταξύ 6,5 και 8. Εάν το pH πέσει κάτω από 6, τότε τα βακτήρια πεθαίνουν και η κομποστοποίηση επιβραδύνεται. Εάν το pH ξεπεράσει το 8, υπάρχει κίνδυνος μετατροπής του αζώτου (N) σε αμμωνία (NH<sub>3</sub>). Η ρύθμιση



επιτυγχάνεται κυρίως με την κατάλληλη αναλογία υλικών στο αρχικό μείγμα ή με προσθήκη ασβεστίου ή παρόμοιου χημικού μέσου (πρόσθετου υλικού).

#### 4.4.5 Υγρασία

Η υγρασία επηρεάζει τη διάχυση του αέρα στη μάζα του υλικού και την πρόσβαση των μικροοργανισμών στην επιφάνεια των σωματιδίων. Είναι σημαντική σε όλες τις δραστηριότητες των μικροοργανισμών και για αυτό θα πρέπει το επίπεδο υγρασίας να διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα κατά τη διάρκεια όλων των φάσεων της κομποστοποίησης. Κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης, λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας του σωρού, υπάρχει συνεχής απώλεια νερού (μέσω εξάτμισης). Το νερό αυτό θα πρέπει να αντικατασταθεί, διαφορετικά η υγρασία είναι πιθανό να γίνει περιοριστικός παράγοντας. Οι βέλτιστες τιμές περιεκτικότητας σε υγρασία είναι μεταξύ 45% - 60%, ενώ αποδεκτές είναι τιμές από 40% μέχρι και 65%. Σε ποσοστά υγρασίας μικρότερα του 40%, η οργανική ύλη δεν διασπάται και μπορεί να σταματήσει η αποδόμηση και να γίνει ξηρή σταθεροποίηση του υλικού. Με πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία από την άλλη (πάνω από 65%), η διαδικασία τείνει να γίνει με αναερόβια κομποστοποίηση. Ένα χαμηλό ποσοστό υγρασίας μπορεί να ρυθμιστεί με διαβροχή του μείγματος κομποστοποίησης είτε με προσθήκη υλικών με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Απεναντίας, ένα χαμηλό ποσοστό υγρασίας ρυθμίζεται με αερισμό του μείγματος κομποστοποίησης, κάλυψη του σωρού κομποστοποίησης για την αποφυγή πιθανής διαβροχής και με προσθήκη υλικών με χαμηλή υγρασία.

Πίνακας 4.3 Ενδεικτικές τιμές υγρασίας διαφόρων ειδών αποβλήτων (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (% κ.β.)
φρούτα και λαχανικά	80-90
γρασίδι	80
φύλλα	40
πριονίδι	40
υπολείμματα κοπής δέντρων από καθαρό ξύλο	15

#### 4.4.6 Πορώδες

Είναι μία παράμετρος που επηρεάζει την διάχυση του αέρα στην μάζα του υλικού και την πρόσβαση των μικροοργανισμών στην επιφάνεια των σωματιδίων. Βέλτιστη τιμή ειδικού βάρους υλικού προς κομποστοποίηση θεωρείται μία τιμή μεταξύ 500 και 650kg/m<sup>3</sup>. Όταν το πορώδες είναι πολύ μικρό, όπως για παράδειγμα σε τεμαχισμένα

ή συμπιεσμένα υλικά, η διάχυση του αέρα δεν είναι εφικτή και οδηγούμαστε σε αναερόβιες συνθήκες. Αυτό ρυθμίζεται με την προσθήκη δομικού υλικού και μπορεί να αυξηθεί με τη μείωση της υγρασίας.

## 4.5 Βασικές κατηγορίες εισερχόμενων αποβλήτων προς κομποστοποίηση

### 4.5.1 Υλικά κατάλληλα για κομποστοποίηση

Κυρίως βάσει των πηγών προέλευσης, γίνεται η εξής κατηγοριοποίηση:

- Απόβλητα τροφών/τροφίμων

Μίγμα μαγειρεμένων και ωμών υπολειμμάτων τροφών από τα νοικοκυριά ή τα καταστήματα υγειονομικού ενδιαφέροντος ή από καταστήματα λιανικής (supermarkets, μανάβικα, λαϊκές αγορές, κλπ.).

- Απόβλητα κήπων και πάρκων

Φυτικά απόβλητα (π.χ. χόρτα, είδη ανθοκομίας, κλαδέματα) από ιδιωτικούς κήπους, δημοτικά πάρκα, χώρους όπως παιδικές χαρές και πλατείες. Αποτελούν πρώτη ύλη απαραίτητη για χρήση ως υλικό δομής στο αρχικό προς κομποστοποίηση μίγμα.

- Βιοαποδομήσιμα απόβλητα από τη γεωργία, υδατοκαλλιέργεια, κηπευτική, κυνήγι και αλιεία, δασοκομία

Φυτικά και ζωικά υπολείμματα όπως και ζωικά υποπροϊόντα από κτηνοτροφικές μονάδες.

- Λοιπά οργανικά απόβλητα από εγκαταστάσεις μεταποίησης

Απόβλητα από την προετοιμασία και επεξεργασία γεωργικών προϊόντων και τροφίμων.

- Λοιπά βιοαποδομήσιμα απόβλητα

Προϊόντα κομποστοποίησης εκτός προδιαγραφών και λυματολάσπη από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Στις δύο πρώτες κατηγορίες η συλλογή των αποβλήτων γίνεται μέσω συστήματος Διαλογής στη Πηγή (ΔσΠ) από τους δήμους.

Σε περίπτωση που η μονάδα κομποστοποίησης δέχεται ζωικά υποπροϊόντα, θα πρέπει να έχει λάβει σχετική έγκριση από τη Γενική Διεύθυνση Κτηνιατρικής του ΥΠ.Α.Α.Τ. και να τηρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Η χρήση λυματολάσπης ως πρώτη ύλη στη μονάδα κομποστοποίησης, μπορεί να οδηγήσει σε υπερβάσεις τιμών σε βαρέα μέταλλα στο τελικό προϊόν. Για αυτό τον λόγο θα πρέπει πάντα να γίνεται έλεγχος των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων πριν την επεξεργασία στη μονάδα κομποστοποίησης.

Επίσης, σε περίπτωση που ο φορέας λειτουργίας επιθυμεί την πιστοποίηση του τελικού προϊόντος με το κοινοτικό οικολογικό σήμα, η λυματολάσπη δεν περιλαμβάνεται στα αποδεκτά εισερχόμενα απόβλητα. (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

#### 4.5.2 Υλικά ακατάλληλα για κομποστοποίηση

Συγκεκριμένες κατηγορίες υλικών επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα του τελικού παραγόμενου προϊόντος και θα πρέπει να αποφεύγονται κατά τη κομποστοποίηση. Αυτά τα υλικά είναι κυρίως το γυαλί, το πλαστικό, και τα μέταλλα.

- Το γυαλί, πέρα από την αισθητική υποβάθμιση της εικόνας του τελικού προϊόντος, θα το καταστήσει πιθανά επικίνδυνο και μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της εμπορικής του αξίας. Για τους λόγους αυτούς θα πρέπει να απομακρύνεται πριν την έναρξη της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Σε αντίθετη περίπτωση, ελλοχεύει ο κίνδυνος περαιτέρω θρυμματισμού του κατά την ανάδευση.
- Το πλαστικό μειώνει και αυτό με τη σειρά του την εμπορική αξία του παραγόμενου κομπόστ και, όπως το γυαλί, απαιτεί ειδικές διατάξεις προκειμένου να απομακρυνθεί από το τελικό προϊόν.
- Όσον αφορά τα σιδηρούχα μέταλλα, αυτά είναι κυρίως υπεύθυνα για την ύπαρξη βαρέων μετάλλων, όπως το νικέλιο, το χρώμιο και ο υδράργυρος στο κομπόστ και για τον λόγο αυτό ενδείκνυται η απομάκρυνση τους κατά το στάδιο της προεπεξεργασίας. (Haug, 1993)

## 4.6 Πρόσθετα – Δομικό υλικό (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

Τα πρόσθετα (additives) είναι οργανικά, ανόργανα ή αδρανή υλικά που προστίθενται σε μικρές ποσότητες στο αρχικό μίγμα προς κομποστοποίηση ώστε να βελτιώσει τη διαδικασία της κομποστοποίησης. Επιτρέπεται η προσθήκη πρόσθετων μόνο για τους σκοπούς βελτίωσης της διαδικασίας κομποστοποίησης ή τη βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης (π.χ. μείωση οσμών) και σε ποσοστό που δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 5% κ.β. του εισερχόμενου υλικού στη μονάδα. Επίσης, τα πρόσθετα μπορεί να είναι υλικά που προστίθενται για την βελτίωση της εμπορικής αξίας του τελικού προϊόντος (π.χ., προσθήκη θρεπτικών) και θα πρέπει να προστίθενται στο τέλος της διεργασίας και εφόσον το τελικό προϊόν έχει χαρακτηριστεί.

### 4.6.1 Ενεργοποιητές

Οι ενεργοποιητές αποτελούνται από μικροοργανισμούς και ένζυμα που προστίθενται στο μίγμα για την ταχεία έναρξη της βιοαποδόμησης. Με τη χρήση τους επιτυγχάνεται αύξηση του πληθυσμού των αερόβιων μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα την άμεση εκκίνηση της διαδικασίας κομποστοποίησης και την αποφυγή δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών.

Τα υλικά από τα οποία αποτελούνται μπορεί να είναι:

- Ωριμο κομπόστ, που είναι πάντα διαθέσιμο στην εγκατάσταση κομποστοποίησης
- Χώμα από εύπορο έδαφος
- Άλλοι ειδικοί ενεργοποιητές, οι οποίοι θα πρέπει να ελέγχονται με τη διενέργεια δοκιμών σε δείγματα σωρών κομποστοποίησης

Η χρήση τους συνιστάται πάντα κατά την διαμόρφωση του σωρού.

### 4.6.2 Πρόσθετα στο αρχικό μείγμα

Είναι υλικά / ουσίες που προστίθενται για τη ρύθμιση των κρίσιμων παραμέτρων της κομποστοποίησης (C/N, pH, πορώδες, υγρασία), την αποφυγή αναερόβιων συνθηκών και τη μείωση των οσμών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

Τα υλικά από τα οποία αποτελούνται μπορεί να είναι:

- Υλικά δομής όπως τεμαχισμένα κλαδιά, άχυρο, φλοιοί, πριονίδια κλπ.

Η προσθήκη υλικών δομής είναι απαραίτητη όταν η βασική πρώτη ύλη είναι προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα και τα υλικά αυτά θα πρέπει να βρίσκονται πάντα στη μονάδα κομποστοποίησης.

- Άλλα υλικά όπως σκόνη ορυκτών (ζεόλιθος, περλίτης, βασάλτης, ελαφρόπετρα), μπεντονίτης, άργιλος, γεωργικός ασβέστης σε μορφή σκόνης ή πέτρας, χώμα εκσκαφών, τέφρα (κατά μέγιστο 2% κ.β.)

Τα υλικά δομής είναι απαραίτητα σε ποσοστό 40-60% κ.ο. του αρχικού μείγματος κομποστοποίησης, ενώ τα λοιπά υλικά προστίθενται κατά περίπτωση και ανάλογα με τη διαθεσιμότητά τους στην περιοχή.

#### 4.6.3 Πρόσθετα στο τελικό προϊόν

Πρόκειται για υλικά που προστίθενται στο ώριμο κομπόστ, προκειμένου να αποκτήσει εμπορική αξία ή να είναι κατάλληλο για συγκεκριμένες γεωργικές χρήσεις.

Μπορεί να είναι υλικά όπως ζεόλιθος, περλίτης, άμμος, τύρφη κλπ. και χρησιμοποιούνται ανάλογα με την τελική χρήση του κομπόστ.

#### 4.7 Είδη συστημάτων κομποστοποίησης (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

Τα συστήματα κομποστοποίησης μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Ανοιχτά συστήματα, με κύριο χαρακτηριστικό ότι η κομποστοποίηση γίνεται σε επιμήκεις σωρούς (σειράδια) σε πλήρως ανοιχτούς ή στεγασμένους χώρους.
- Κλειστά συστήματα, με κύριο χαρακτηριστικό ότι η κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα σε κλειστούς χώρους, κτίρια ή βιοαντιδραστήρες.

Υπάρχουν αρκετές παραλλαγές των παραπάνω συστημάτων, όπως:

- Ανοιχτό σύστημα κομποστοποίησης σε σειράδια με φυσικό αερισμό και μηχανική ανάδευση.
- Ανοιχτό σύστημα κομποστοποίησης σε σειράδια με εξαναγκασμένο αερισμό με ή χωρίς μηχανική ανάδευση.
- Κλειστό σύστημα κομποστοποίησης σε σειράδια με εξαναγκασμένο αερισμό με ή χωρίς μηχανική ανάδευση.
- Κλειστό σύστημα κομποστοποίησης σε σειράδια με εξαναγκασμένο αερισμό και μηχανική ανάδευση, όπου τα βιοαπόβλητα τοποθετούνται μέσα σε οριζόντια κανάλια.
- Κιβώτια (Container) κομποστοποίησης με τυποποιημένες διαστάσεις και ενσωματωμένο σύστημα αερισμού, ύγρανσης και ελέγχου.
- Κελιά κομποστοποίησης με ενσωματωμένο σύστημα αερισμού, ύγρανσης και ελέγχου.

## 4.8 Στάδια μονάδας κομποστοποίησης – Βασικές λειτουργίες (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

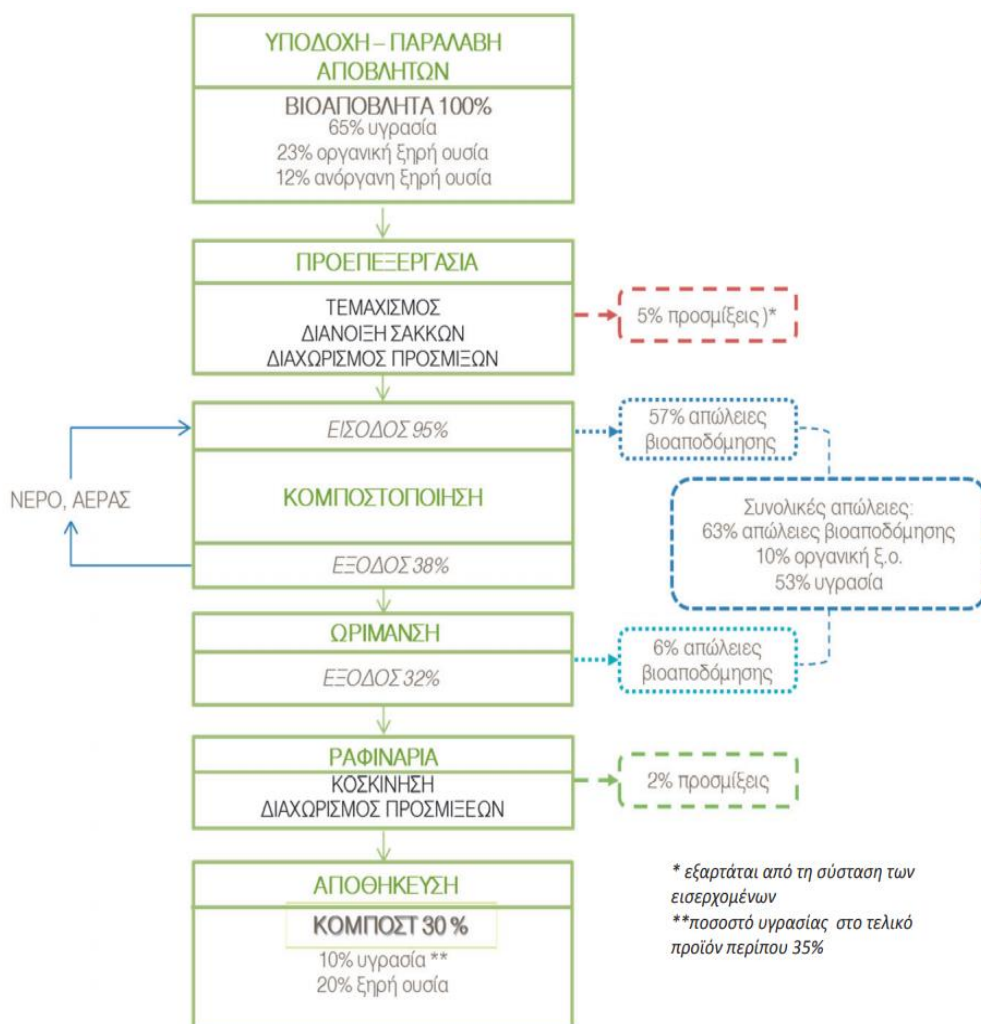
### 4.8.1 Παραγωγικά στάδια μονάδας κομποστοποίησης

Τα παραγωγικά στάδια μιας μονάδας κομποστοποίησης είναι τα εξής:

1. Υποδοχή – παραλαβή αποβλήτων
2. Προεπεξεργασία
3. Κομποστοποίηση
4. Ωρίμανση
5. Καθαρισμός (ραφίναρια)
6. Αποθήκευση

Πίνακας 4.4 Μετατροπή τιμών μάζας σε όγκο (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)





Σχήμα 4.7 Τυπικό διάγραμμα ροής - ισοζύγιο μάζας μονάδας κομποστοποίησης (ΕΙΠΠΕΡΑΑ 2014)

Οπότε, σύμφωνα με τον Πίνακα 4.4 τα στάδια της μονάδας και οι βασικές λειτουργίες διακρίνονται στα εξής:

1. Υποδοχή – παραλαβή αποβλήτων

Περιλαμβάνει την εκφόρτωση των εισερχόμενων αποβλήτων από τα οχήματα συλλογής, τον οπτικό έλεγχο και την παραλαβή των αποβλήτων, όπως και την ενδιάμεση αποθήκευσή τους μέχρι το στάδιο της προεπεξεργασίας αυτών.

2. Προεπεξεργασία

Περιλαμβάνει την αφαίρεση των ξένων προσμίξεων, την διάνοιξη των σάκων, τον τεμαχισμό ξυλωδών υλικών (όπως κλαδιά, δέντρα κλπ.) για την δημιουργία δομικού υλικού και τέλος την ανάμιξη και ομογενοποίηση των υλικών για τη ρύθμιση των παραμέτρων (υγρασία κλπ.).

### 3. Κομποστοποίηση

Περιλαμβάνει τις πρώτες φάσεις της κομποστοποίησης όπως αναφέρεται στο προηγούμενο κεφάλαιο:

- Τη ψυχροφιλική φάση, όπου γίνεται αποικισμός του υλικού με μικροοργανισμούς
- Τη μεσοφιλική φάση (22-44 °C), όπου γίνεται αποσύνθεση των εύκολα διασπάσιμων ουσιών.
- Τη θερμοφιλική φάση (40-60 °C), όπου γίνεται υγειονοποίηση του υλικού.

Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε σειράδια τριγωνικού ή τραπεζοειδούς σχήματος.

### 4. Ωρίμανση

Περιλαμβάνει την τελευταία φάση της κομποστοποίησης, όπου ολοκληρώνεται όταν η θερμοκρασία του υλικού εξισωθεί με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. (δεύτερη μεσοφιλική φάση - 40 °C – θερμοκρασία περιβάλλοντος)

### 5. Καθαρισμός (ραφιναρία)

Περιλαμβάνει την τελική μηχανική επεξεργασία του κομπόστ.

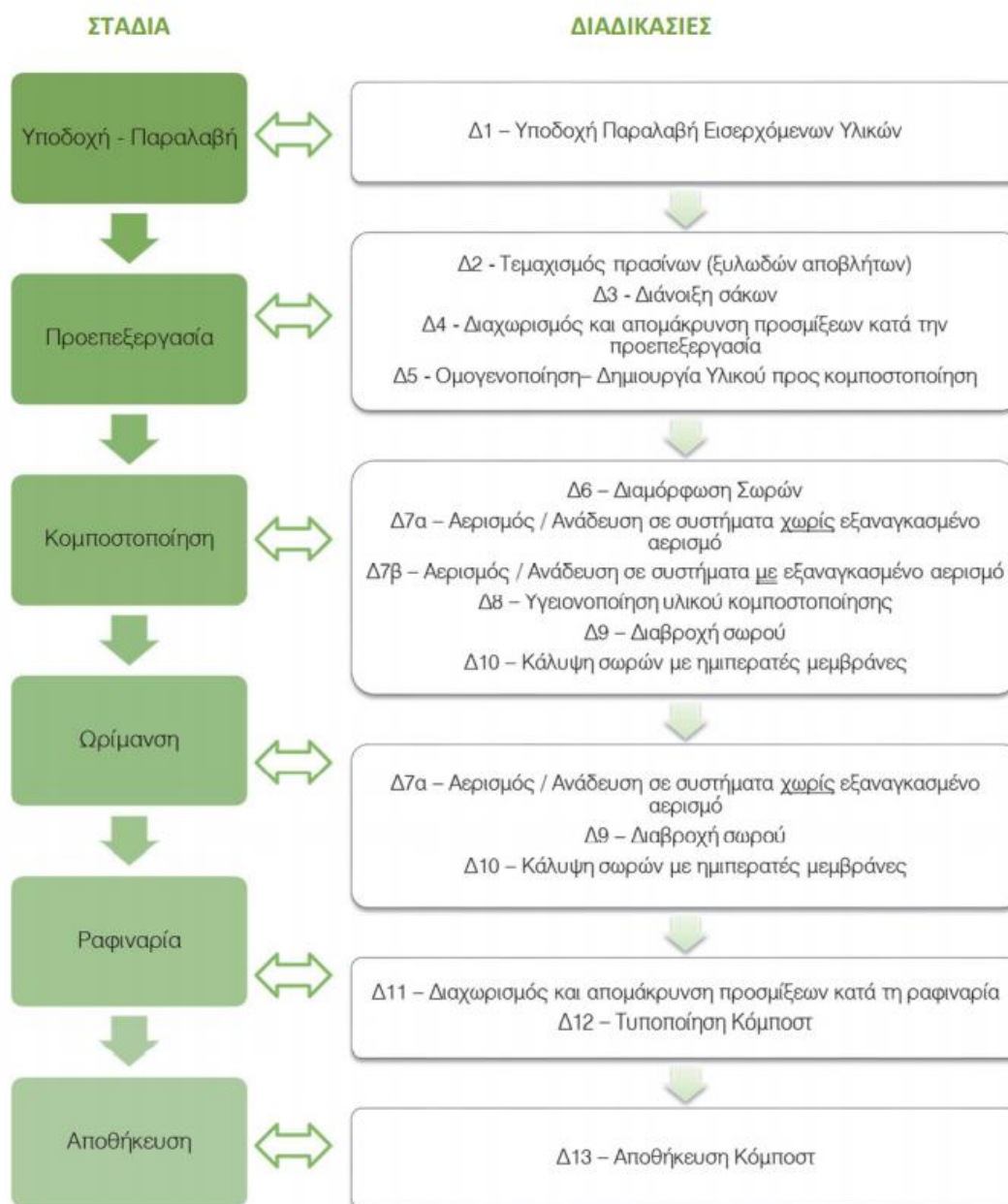
### 6. Αποθήκευση

Περιλαμβάνει την αποθήκευση του έτοιμου κομπόστ σε κατάλληλες συνθήκες και για εύλογο χρονικό διάστημα για την αποφυγή αλλοίωσης της ποιότητας.



#### 4.8.2 Διαδικασίες μονάδας κομποστοποίησης ανά στάδιο

Σε μια ανοιχτή μονάδα κομποστοποίησης προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων διακρίνουμε τις παρακάτω διαδικασίες:



Σχήμα 4.8 Διαδικασίες μονάδας κομποστοποίησης ανά στάδιο (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

Διαδικασία 1: Υποδοχή – Παραλαβή εισερχομένων υλικών.

Περιλαμβάνει την είσοδο, ενδεχομένως ζύγιση, οπτικό έλεγχο, και οριστική παραλαβή των αποβλήτων.

Διαδικασία 2: Τεμαχισμός πρασίνων (ξυλωδών αποβλήτων)

Περιλαμβάνει τον τεμαχισμό των ξυλωδών υλικών (δέντρα, κλαδιά, κλπ.) και είναι απαραίτητος καθώς τα ογκώδη, ξυλώδη υλικά, όπως κλαδιά με διάμετρο >4 cm ή ρίζες δέντρων ή φυτών δεν υπόκεινται σε μικροβιακή αποσύνθεση, αν δεν τεμαχιστούν. Με τον τεμαχισμό αυξάνεται η ενεργή τους επιφάνεια για τους μικροοργανισμούς. Πέρα από αυτό, για την επίτευξη ενός αρχικού μείγματος κομποστοποίησης με κατάλληλο πορώδες είναι απαραίτητη η χρήση τεμαχισμένων ξυλωδών υλικών, ως υλικό δομής σε ποσοστό 40%-60% κ.ό.

Στον εξοπλισμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί περιλαμβάνονται ο τεμαχιστής (shredder) και ο τεμαχιστής υψηλών στροφών (chipper, grinder).

Διαδικασία 3: Διάνοιξη σάκων

Περιλαμβάνει εναλλακτικές μεθόδους για τη διάνοιξη των σάκων, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα προδιαλεγμένα αστικά βιοαπόβλητα παραλαμβάνονται στη μονάδα μέσα σε κλειστούς σάκους (βιοδιασπώμενοι ή μη).

Για τη διάνοιξη των σάκων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος η χειροδιαλογή ή ειδικός εξοπλισμός όπως τεμαχιστής ή σχίστης σάκων.

Διαδικασία 4: Διαχωρισμός και απομάκρυνση προσμίξεων κατά την προεπεξεργασία

Περιλαμβάνει την αφαίρεση μόνο ευδιάκριτων υλικών μεγάλου μεγέθους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των προσμίξεων μπορεί να αφαιρεθεί πιο αποτελεσματικά (λόγω χαμηλότερου ποσοστού υγρασίας) στο στάδιο της ραφιναρίας.

Μπορεί να γίνει με χειροδιαλογή με τη χρήση δίκρανου (τσουγκράνας), ενώ θα μπορούσε υπό περιπτώσεις να χρησιμοποιηθεί και μηχανολογικός εξοπλισμός όπως κόσκινο, μαγνητικός διαχωριστής ή αεροδιαχωριστής.

Διαδικασία 5: Ομογενοποίηση – Δημιουργία υλικού προς κομποστοποίηση

Περιλαμβάνει την ομογενοποίηση των διαφόρων υλικών με τη χρήση αναμίκτη και τη δημιουργία του κατάλληλου μίγματος κομποστοποίησης.

Τα εισερχόμενα υλικά αναμιγνύονται στην κατάλληλη αναλογία για την επίτευξη της βέλτιστης τιμής του λόγου C/N, υγρασίας και πορώδους. Στον αναμίκτη μπορούν να προστεθούν όλα τα είδη αποβλήτων ενώ μπορεί επίσης να γίνει προσθήκη νερού ή προσθέτων, αν απαιτούνται.

#### Διαδικασία 6: Διαμόρφωση σωρών

Περιλαμβάνει τη διάστρωση των υλικών στο χώρο κομποστοποίησης και τη διαμόρφωση ενός σωρού τριγωνικού ή τραπεζοειδούς σχήματος.

Η διαμόρφωση του σωρού γίνεται με φορτωτή. Πρώτα γίνεται διάστρωση του υλικού δομής στην επιφάνεια του χώρου κομποστοποίησης και στη συνέχεια προστίθενται τα πρόσθετα και τα βιοαπόβλητα. Ακολουθεί ανάδευση με αναστροφέα/αναδευτήρα (windrow turner).

Ο τριγωνικός σωρός είναι ιδανικός για υγρές περιόδους, ενώ ο τραπεζοειδής για ξηρές περιόδους.

Οι διαστάσεις του σωρού δεν ξεπερνούν συνήθως τα 2,5 μέτρα ύψος και τα 5 μέτρα πλάτος.

#### Διαδικασία 7<sup>α</sup>: Αερισμός / Ανάδευση σε συστήματα χωρίς εξαναγκασμένο αερισμό

Ο αερισμός του σωρού σε συστήματα χωρίς εξαναγκασμένο αερισμό γίνεται με την ανάδευση του σωρού μέσω αναστροφέα ή μέσω φορτωτή (για πολύ μικρές μονάδες).

Η ανάδευση πραγματοποιείται με στόχο:

- Την παροχή οξυγόνου για τη δράση των αερόβιων μικροοργανισμών και την οξείδωση των οργανικών ουσιών.
- Τη ρύθμιση της υγρασίας στο σωρό.
- Την αύξηση της ενεργής επιφάνειας των σωματιδίων για την πρόσβαση των μικροοργανισμών.
- Τη ρύθμιση της θερμοκρασίας στο σωρό.
- Την ανάμειξη και ομογενοποίηση των υλικών του σωρού.

Ανάδευση απαιτείται, όταν:

- Κατά τη θερμοφιλή φάση η θερμοκρασία του σωρού αυξάνεται πάνω από τις επιθυμητές τιμές (>55-60 °C), εφόσον έχει ολοκληρωθεί η υγειονομοποίηση του υλικού.
- Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> αυξάνεται (>12% κ.ο. CO<sub>2</sub>).
- Ο σωρός έχει έντονες οσμές.
- Η συγκέντρωση του O<sub>2</sub> μειώνεται (<7% κ.ο. O<sub>2</sub>).

- Ο σωρός έχει υψηλά ποσοστά υγρασίας (>60% κ.β.).

Διαδικασία 7<sup>β</sup>: Αερισμός / Ανάδευση σε συστήματα με εξαναγκασμένο αερισμό

Ο αερισμός του σωρού σε συστήματα με εξαναγκασμένο αερισμό γίνεται με την παροχή αέρα στη μάζα του σωρού μέσω αεραγωγών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή αέρα και υγρασίας μέσα στο σωρό.

Τα συστήματα εξαναγκασμένου αερισμού χωρίζονται σε αυτά με εμφύσηση (positive aeration) και αυτά με αναρρόφηση (negative aeration). Τα δύο συστήματα συνήθως συνδυάζονται. Αρχικά, όταν οι οσμές είναι πιο έντονες, γίνεται αναρρόφηση και ο επαγόμενος αέρας διέρχεται από βιόφιλτρο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται εμφύσηση.

Διαδικασία 8: Υγειονοποίηση υλικού κομποστοποίησης

Η υγειονοποίηση του υλικού είναι απαραίτητη, διότι στα εισερχόμενα απόβλητα υπάρχουν πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί όπως μύκητες, ιοί, βακτήρια και παράσιτα, μιας και τα βιοαπόβλητα περιλαμβάνουν και υλικά ζωικής προέλευσης. Με τις υψηλές θερμοκρασίες, αυτοί οι παθογόνοι μικροοργανισμοί (E.coli, σαλμονέλα, σταφυλόκοκκος, λιστέρια κ.α.), όπως και οι σπόροι ζιζανίων, οι οποίοι δεν είναι επιθυμητοί, καταστρέφονται.

Η υγειονοποίηση πρέπει να γίνεται μια φορά για κάθε σωρό και υπάρχουν τρία προτεινόμενα προφίλ χρόνου-θερμοκρασίας για την πραγματοποίησή της:

- 65 °C ή περισσότερο για τουλάχιστον 5 ημέρες
- 60 °C ή περισσότερο για τουλάχιστον 7 ημέρες
- 55 °C ή περισσότερο για τουλάχιστον 14 ημέρες

Διαδικασία 9: Διαβροχή σωρού

Με την διαβροχή, η οποία ενδείκνυται να εκτελείται ταυτόχρονα με την ανάδευση, η υγρασία στο σωρό παραμένει εντός του βέλτιστου εύρους τιμών (45-60% κ.β.). Με τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται η επιβράδυνση της διαδικασίας της κομποστοποίησης ή ακόμα και η παύση της.

Για την διαβροχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί καρούλι διαβροχής αναρτημένο στον αναστροφέα, ή διάταξη εκνέφωσης.

Διαδικασία 10: Κάλυψη σωρών με ημιπερατές μεμβράνες

Περιλαμβάνει την κάλυψη των σωρών με ημιπερατή μεμβράνη τύπου φλις (fleece) για την προστασία τους από τις διάφορες καιρικές συνθήκες (άνεμο, βροχόπτωση, ήλιο).

Η μεμβράνη αποτελείται από ίνες πολυπροπυλενίου και η διάστρωσή της πάνω στους σωρούς γίνεται ειδικό εξάρτημα που προστίθεται πάνω στους αναστροφείς και τα τρακτέρ είτε χειρωνακτικά. Επιτελεί τις εξής λειτουργίες:

- Εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή του αέρα στους σωρούς.
- Διατηρεί τα επίπεδα υγρασίας σε σχετικά σταθερά επίπεδα.
- Εμποδίζει την προσέλκυση πτηνών και τρωκτικών.
- Εμποδίζει την εισροή ομβρίων στους σωρούς.
- Προστατεύει τους σωρούς από τον αέρα.
- Συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών οσμών.

Διαδικασία 11: Διαχωρισμός και απομάκρυνση προσμίξεων κατά τη ραφιναρία

Περιλαμβάνει την απομάκρυνση των προσμίξεων από το κομπόστ (λόγω της μη καθαρότητας των εισερχομένων υλικών) αλλά και το διαχωρισμό των υλικών που δεν έχουν βιοαποδομηθεί (ξυλώδη υλικά που προστέθηκαν ως υλικά δομής).

Περιλαμβάνεται υποχρεωτικά το κοσκίνισμα, που είναι απαραίτητη διαδικασία για την απομάκρυνση των προσμίξεων και του υλικού δομής (ευμεγέθες κλάσμα) από το τελικό προϊόν και γίνεται συνήθως με περιστρεφόμενα κόσκινα. Προαιρετικά περιλαμβάνεται ο αεροδιαχωριστής, με τον οποίο απομακρύνονται τα πλαστικά υλικά όπως σακούλες (ελαφρύ κλάσμα), και ο μαγνητικός διαχωριστής με τον οποίο απομακρύνονται τα σιδηρούχα μέταλλα.

Διαδικασία 12: Τυποποίηση κομπόστ

Περιλαμβάνει την περαιτέρω μηχανική επεξεργασία του κομπόστ, προκειμένου να αποκτήσει συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά και εμπορική αξία.

Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνονται οι παρακάτω διεργασίες:

- Περαιτέρω κοσκίνισμα, ανάλογα με την τελική χρήση του προϊόντος.
- Ανάμειξη με πρόσθετα, π.χ. με ορυκτά πρόσθετα ή τύρφη, ανάλογα με την τελική χρήση του κομπόστ.
- Ενσάκευση μέρους ή του συνολικά παραγόμενου προϊόντος ανάλογα με τη ζήτηση, συνήθως σε σάκους των 40-80 λίτρων.

Διαδικασία 13: Αποθήκευση κομπόστ

Περιλαμβάνει την αποθήκευση του έτοιμου κομπόστ σε κατάλληλες συνθήκες και για εύλογο χρονικό διάστημα για την αποφυγή αλλοίωσης της ποιότητάς του.

Η αποθήκευση θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύεται το κομπόστ από έντονα καιρικά φαινόμενα (βροχή, άνεμο, ξηρασία).

Πιο λεπτομερώς:

- Το ύψος των σωρών αποθήκευσης συνήθως δεν υπερβαίνει το 1,5 m.
- Όταν γίνεται αποθήκευση σε σωρούς, πρέπει να εξασφαλίζεται περιοδική ανάδευση με ρυθμό 1 φορά ανά 3-4 εβδομάδες.
- Θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση κοινών μηχανημάτων με τα στάδια υποδοχής και κομποστοποίησης, χωρίς προηγούμενη απολύμανση, για την αποφυγή επιμόλυνσης του κομπόστ.
- Όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, το κομπόστ θα πρέπει να διαβρέχεται για να μην χάσει την επιθυμητή υγρασία του.
- Οι σωροί αποθήκευσης θα πρέπει να προστατεύονται από τη βροχόπτωση, τον ήλιο και τον άνεμο μέσω στέγασης ή κάλυψης των σωρών με ημιπερατές μεμβράνες.

#### 4.9 Χρήσεις και εφαρμογές του κομπόστ ως τελικό προϊόν

Είναι εύλογο ότι τα μη βιοαποδομήσιμα υλικά που εισέρχονται σε μια μονάδα κομποστοποίησης θα ληφθούν αναλλοίωτα στην έξοδό της. Στην περίπτωση των αστικών αποβλήτων τέτοια υλικά περιλαμβάνουν προσμίξεις ξένων σωμάτων, (γυαλί, πλαστική μεμβράνη), αλλά και μη βιοδιασπώμενους ρύπους (βαρέα μέταλλα, εμμένοντες οργανικούς ρύπους- POPs, φάρμακα), μη ορατούς μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, που ανιχνεύονται όμως στο τελικό προϊόν (κομπόστ), υποβαθμίζουν την αξία του και περιορίζουν τις δυνατότητες χρήσης του. Συνεπώς η καθαρότητα των υλικών εισόδου καθορίζει αναπόφευκτα την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η μόνη ασφαλής και ταυτόχρονα οικονομική δυνατότητα για να επιτευχθεί υψηλή ποιότητα στο τελικό προϊόν είναι η Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ) των βιοαποδομήσιμων υλικών. Χωρίς ΔσΠ θα πρέπει οι μονάδες να διαθέτουν ακριβές υποδομές προεπεξεργασίας - μετεπεξεργασίας για να επιτύχουν την καθαρότητα των υλικών εισόδου, χωρίς να μπορούν εύκολα να επιτύχουν υψηλή καθαρότητα του τελικού προϊόντος (κομπόστ).

Συνεπώς, ξεκινώντας με μια υψηλής ποιότητας πρώτη ύλη δίνεται μεγαλύτερη εγγύηση για την παραγωγή κομπόστ υψηλής ποιότητας.

Αυτό δεν σημαίνει ότι το εμπορεύσιμο κομπόστ δεν μπορεί να παρασκευαστεί από ετερογενή υποστρώματα, όπως τα αστικά απορρίμματα. Σημαίνει ότι η ποιότητα του κομπόστ θα είναι χαμηλότερη σε σχέση με το κομπόστ που παράγεται από καθαρά

υποστρώματα και ότι θα χρειαστεί περισσότερη δουλειά για να ολοκληρωθεί. (Haug 1993)

Το κομπόστ που προέρχεται από την επεξεργασία με ΜΒΕ (Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία) των ΑΣΑ είναι δυνατό να αξιοποιηθεί κυρίως:

α) ως υλικό επικάλυψης ή τελικής κάλυψης σε ΧΥΤΑ,

β) ως εδαφοβελτιωτικό σε άγονες ή ξηρές περιοχές

Η χρήση του κομπόστ στο έδαφος συμβάλλει σε:

- Αύξηση της οργανικής ύλης
- Μείωση της διάβρωσης
- Βελτίωση της δομής του εδάφους
- Αύξηση του pH (ιδιαίτερα σε όξινα εδάφη)
- Βελτίωση της βιολογικής δραστηριότητας του εδάφους
- Βελτίωση της υδατοϊκανότητας (ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές με ξηρασία)

γ) ως υλικό αποκατάστασης λατομείων ή παλαιών χωματερών,

δ) σε κάποιες τεχνολογικές χρήσεις, π.χ. βιοφίλτρα.

Αντίθετα, το κομπόστ, που προέρχεται από προδιαλεγμένα οργανικά απόβλητα μέσω διαλογής στη πηγή (ΔσΠ) μπορεί να αξιοποιηθεί σε πολλές χρήσεις με εξαιρετικά αποτελέσματα. (Ecorec 2013)

Πίνακας 4.5 Δυνατές χρήσεις του κομπόστ (Ecorec 2013)

<u>Εφαρμογή</u>	<u>Κομπόστ από μονάδες ΜΒΕ σύμμεικτων αποβλήτων</u>	<u>Κομπόστ από μονάδες προδιαλεγμένων Οργανικών αποβλήτων</u>
Σε αγροτικές καλλιέργειες	Πρακτικά δεν χρησιμοποιείται	Πολύ καλή χρήση
Στη δασοκομία	Περιορισμένη χρήση	Πολύ καλή χρήση
Ως εδαφοβελτιωτικό ειδικά σε άγονες περιοχές	Καλή χρήση	Πολύ καλή χρήση
Σε ενεργειακές καλλιέργειες π.χ. καλλιέργειες κράμβης για βιοντίζελ, και ιτιάς	Πρακτικά δεν χρησιμοποιείται	Πολύ καλή χρήση
Στην κηπουρική	Πρακτικά δεν χρησιμοποιείται	Πολύ καλή χρήση
Σε αθλητικές εγκαταστάσεις (γήπεδα γκολφ, πλαγιές για σκι)	Πολύ περιορισμένη εφαρμογή	Πολύ καλή χρήση

Πληρωτικό υλικό σε βιοφίλτρα απόσμησης (EPA)	Καλή χρήση	Πολύ καλή χρήση
Σε ρυπασμένους χώρους - για αποκατάσταση χώρων	Καλή χρήση	Πολύ καλή χρήση
Για αποκατάσταση σε πρανή Εθνικών Οδών	Καλή χρήση	Πολύ καλή χρήση
Αποκατάσταση ΧΑΔΑ (Χωματερών)	Πολύ καλή χρήση	Πολύ καλή χρήση
Ως υλικό επικάλυψης ή τελική κάλυψη σε ΧΥΤΑ	Πολύ καλή χρήση	Πολύ καλή χρήση

Πίνακας 4.6 Εφαρμογές του κομπόστ (%) στις κύριες χώρες παραγωγής (ΕΠΠΕΡΑΑ 2014)

	Αυστρία 2003	Βέλγιο 2009	Γερμανία 2005	Γαλλία 2005	Ιταλία 2003	ΗΒ 2005	Μέσος Όρος Ε.Ε.
ΓΕΩΡΓΙΑ	40.0		53.4	71.0	51.0	30.0	50.9
ΦΥΤΟΚΟΜΙΑ / ΚΗΠΕΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ	10.0	11	3.9	25.0	-	13.0	10.6
ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΠΙΩΝ	15.0	38	15.9	-	6.0	14.0	10.4
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	15.0		13.6	-		2.0	6.3
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (SOIL MIXING)	2.0		-	-	-	-	1.6
ΧΟΝΔΡΕΜΠΟΡΙΟ	-	44	-	-	-	-	0.9
ΕΡΑΣΙΤΕΧΝΙΚΗ ΚΗΠΕΥΤΙΚΗ	15.0		11.9	4.0	27.0	25.0	12.9
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΚΑΛΥΨΗ Χ.Υ.Τ.	2.0		-	-	2.0	16.0	4.9
ΕΞΑΓΩΓΕΣ	1.0	6	-	-	-	-	1.0
ΆΛΛΑ	-	2	1.3	-	-	-	0.5

Τέλος, το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή οργανικών λιπασμάτων. Θα πρέπει το κομπόστ να είναι υψηλής ποιότητας και καθαρότητας από βιοαπόβλητα προερχόμενα από διαλογή στη πηγή. Η διαδικασία παραγωγής του χρειάζεται τεχνογνωσία και εμπειρία, ειδικά σε ότι αφορά την επάρκεια του θερμοφίλου σταδίου και την ωρίμανσή του. Διαφορετικά, το τελικό προϊόν μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα αλλά και ανταγωνισμό για αφομοιώσιμο άζωτο (N) μεταξύ φυτών και εδαφικών μικροοργανισμών, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα. Όταν χρησιμοποιείται ως λίπασμα σε γεωργικές εφαρμογές είναι απαραίτητο να ελέγχονται εκτός του pH, της κοκκομετρικής σύστασης, της οργανικής ουσίας και ο βαθμός χουμοποίησης και η περιεκτικότητά του σε ορισμένα βασικά στοιχεία θρέψης των φυτών (N, P, K, Mg, Ca). Γενικά η περιεκτικότητά του σε βασικά θρεπτικά στοιχεία (N, P, K) είναι χαμηλότερη από αυτή των ανόργανων λιπασμάτων, αλλά πλεονεκτεί όσον αφορά στην σταδιακή τους απελευθέρωση και διαθεσιμότητα.



## 5. ΣΧΕΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ (European Parliament 2019)

### 5.1 Χαρακτηριστικά οργανικού λιπάσματος

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, λίπασμα καλείται ένα προϊόν λίπανσης το οποίο έχει ως λειτουργία την παροχή θρεπτικών συστατικών σε φυτά.

#### 5.1.1 Οργανικό λίπασμα

Ένα οργανικό λίπασμα περιέχει οργανικό άνθρακα (C<sub>org</sub>) και θρεπτικά στοιχεία αποκλειστικά βιολογικής προέλευσης ενώ δύναται να περιέχει μέχρι και τύρφη, λιγνίτη και λεοναρδίτη (οργανικής προελεύσεως ορυκτό, χρώματος καφέ ή μαύρο που προέρχεται από την εξανθράκωση κυρίως φυτικών οργανισμών). Όμως δεν πρέπει να περιέχει υλικά ενσωματωμένα σε γεωλογικούς σχηματισμούς ή απολιθωμένα.

Σε ένα οργανικό λίπασμα οι επιμολυντές δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις ακόλουθες οριακές τιμές:

- α) κάδμιο (Cd): 1,5 mg/kg ξηράς ουσίας,
- β) εξασθενές χρώμιο (Cr VI): 2 mg/kg ξηράς ουσίας,
- γ) υδράργυρος (Hg): 1 mg/kg ξηράς ουσίας,
- δ) νικέλιο (Ni): 50 mg/kg ξηράς ουσίας,
- ε) μόλυβδος (Pb): 120 mg/kg ξηράς ουσίας, και
- στ) ανόργανο αρσενικό (As): 40 mg/kg ξηράς ουσίας.

Επιπροσθέτως, σε ένα οργανικό λίπασμα δεν πρέπει να περιέχεται διουρία (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>2</sub>).

Όσον αφορά τον χαλκό (Cu), η περιεκτικότητά του δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 300 mg/kg ξηράς ουσίας και η αυτή του ψευδαργύρου (Zn) τα 800 mg/kg ξηράς ουσίας.

Σε ένα οργανικό λίπασμα οι παθογόνοι παράγοντες δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα όρια που καθορίζονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Όρια παθογόνων παραγόντων σε ένα οργανικό λίπασμα (European Parliament 2019)

Μικροοργανισμοί προς έλεγχο	Σχέδια δειγματοληψίας			Όριο
	n	c	m	M
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0	Απουσία σε 25 g ή 25 ml
<i>Escherichia coli</i> ή <i>Enterococcaceae</i>	5	5	0	1 000 σε 1 g ή 1 ml

Όπου: n = ο αριθμός των προς έλεγχο δειγμάτων,

c = ο αριθμός των δειγμάτων στα οποία ο αριθμός των βακτηρίων, εκφραζόμενος σε μονάδες σχηματισμού αποικιών (CFU), είναι μεταξύ m και M,

m = κατώτατη τιμή για τον αριθμό των βακτηρίων, εκφραζόμενο σε CFU, που θεωρείται ικανοποιητική,

M= μέγιστη τιμή για τον αριθμό των βακτηρίων εκφραζόμενο σε CFU.

### 5.1.2 Στερεό Οργανικό Λίπασμα

Για να χαρακτηριστεί ένα λίπασμα ως στερεό οργανικό θα πρέπει να τηρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- i) Να είναι σε στερεά μορφή
- ii) Να περιέχει τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω κύρια θρεπτικά στοιχεία: άζωτο (N), πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) ή οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ).

Εάν ένα στερεό οργανικό λίπασμα περιέχει μόνο ένα δηλούμενο κύριο θρεπτικό στοιχείο, η εν λόγω περιεκτικότητα του θρεπτικού στοιχείου είναι τουλάχιστον η ακόλουθη:

- α) ολικό άζωτο (N) 2,5% κατά μάζα,
- β) ολικό πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) 2% κατά μάζα, ή
- γ) ολικό οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ) 2% κατά μάζα

Εάν ένα στερεό οργανικό λίπασμα περιέχει περισσότερα από ένα δηλούμενα κύρια θρεπτικά στοιχεία, οι εν λόγω περιεκτικότητες του θρεπτικού στοιχείου είναι τουλάχιστον οι ακόλουθες:

α) ολικό άζωτο (N) 1% κατά μάζα, β) ολικό πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) 1% κατά μάζα, ή γ) ολικό οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ) 1% κατά μάζα.

Το άθροισμα των εν λόγω περιεκτικότητων του θρεπτικού στοιχείου είναι τουλάχιστον 4% κατά μάζα.

iii) Η περιεκτικότητά του σε οργανικό άνθρακα (Corg) να είναι τουλάχιστον 15% κατά μάζα.

### 5.1.3 Υγρό Οργανικό Λίπασμα

Για να χαρακτηριστεί ένα λίπασμα ως υγρό οργανικό θα πρέπει να τηρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

i) Να είναι σε υγρή μορφή.

ii) Να περιέχει τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω κύρια θρεπτικά στοιχεία: άζωτο (N), πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) ή οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ).

Εάν ένα υγρό οργανικό λίπασμα περιέχει μόνο ένα δηλούμενο κύριο θρεπτικό στοιχείο, η εν λόγω περιεκτικότητα του θρεπτικού στοιχείου είναι τουλάχιστον η ακόλουθη:

α) ολικό άζωτο (N) 2% κατά μάζα,

β) ολικό πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) 1% κατά μάζα, ή

γ) ολικό οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ) 2% κατά μάζα.

Εάν ένα υγρό οργανικό λίπασμα περιέχει περισσότερα από ένα δηλούμενα κύρια θρεπτικά στοιχεία, οι εν λόγω περιεκτικότητες του θρεπτικού στοιχείου είναι τουλάχιστον οι ακόλουθες:

α) ολικό άζωτο (N) 1% κατά μάζα,

β) ολικό πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) 1% κατά μάζα, ή

γ) ολικό οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ) 1% κατά μάζα.

Το άθροισμα των εν λόγω περιεκτικότητων του θρεπτικού στοιχείου είναι τουλάχιστον 3% κατά μάζα.

iii) Η περιεκτικότητά του σε οργανικό άνθρακα (Corg) να είναι τουλάχιστον 5% κατά μάζα.

## 5.2 Βελτιωτικό Εδάφους

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΕΕ, ένα βελτιωτικό εδάφους χαρακτηρίζεται ως προϊόν λίπανσης, όταν έχει ως λειτουργία τη διατήρηση, τη βελτίωση ή την προστασία των φυσικών ή χημικών ιδιοτήτων, της δομής ή της βιολογικής δραστηριότητας του εδάφους στο οποίο προστίθεται.

### 5.2.1 Οργανικό Βελτιωτικό Εδάφους

Ένα οργανικό βελτιωτικό εδάφους αποτελείται από υλικά το 95% των οποίων είναι αποκλειστικά βιολογικής προέλευσης, ενώ δύναται να περιέχει μέχρι και τύρφη, λιγνίτη και λεοναρδίτη, αλλά δεν πρέπει να περιέχει υλικά ενσωματωμένα σε γεωλογικούς σχηματισμούς ή απολιθωμένα.

Σε ένα οργανικό βελτιωτικό εδάφους οι επιμολυντές δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις ακόλουθες οριακές τιμές:

- α) κάδμιο (Cd): 2 mg/kg ξηράς ουσίας,
- β) εξασθενές χρώμιο (Cr VI): 2 mg/kg ξηράς ουσίας,
- γ) υδράργυρος (Hg): 1 mg/kg ξηράς ουσίας,
- δ) νικέλιο (Ni): 50 mg/kg ξηράς ουσίας,
- ε) μόλυβδος (Pb): 120 mg/kg ξηράς ουσίας και
- στ) ανόργανο αρσενικό (As): 40 mg/kg ξηράς ουσίας

Όσον αφορά τον χαλκό (Cu), η περιεκτικότητά του δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 300 mg/kg ξηράς ουσίας και αυτή του ψευδάργυρου (Zn) τα 800 mg/kg ξηράς ουσίας.

Σε ένα οργανικό βελτιωτικό εδάφους οι παθογόνοι παράγοντες δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα όρια που καθορίζονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Όρια παθογόνων παραγόντων σε ένα οργανικό βελτιωτικό εδάφους (European Parliament 2019)

Μικροοργανισμοί προς έλεγχο	Σχέδια δειγματοληψίας			Όριο
	n	c	m	M
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0	Απουσία σε 25 g ή 25 ml
<i>Escherichia coli</i> ή <i>Enterococcaceae</i>	5	5	0	1 000 σε 1 g ή 1 ml

Όπου:  $n$  = ο αριθμός των προς έλεγχο δειγμάτων,

$c$  = ο αριθμός των δειγμάτων στα οποία ο αριθμός των βακτηρίων, εκφραζόμενος σε μονάδες σχηματισμού αποικιών (CFU), είναι μεταξύ  $m$  και  $M$ ,

$m$  = κατώτατη τιμή για τον αριθμό των βακτηρίων, εκφραζόμενο σε CFU, που θεωρείται ικανοποιητική,

$M$  = μέγιστη τιμή για τον αριθμό των βακτηρίων εκφραζόμενο σε CFU.

Ένα οργανικό βελτιωτικό εδάφους περιέχει τουλάχιστον 20% ξηρά ουσία.

Η περιεκτικότητα ενός οργανικού βελτιωτικού εδάφους σε οργανικό άνθρακα (Corg) είναι τουλάχιστον 7,5% κατά μάζα.

### 5.3 Κομπόστ

Ένα προϊόν λίπανσης της ΕΕ επιτρέπεται να περιέχει κομπόστ που προέρχεται από αερόβια κομποστοποίηση ενός ή περισσότερων από τα ακόλουθα υλικά αποκλειστικά:

α) βιολογικά απόβλητα κατά την έννοια της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, προερχόμενα από χωριστή συλλογή βιολογικών αποβλήτων στην πηγή,

β) παράγωγα προϊόντα που αναφέρονται στο άρθρο 32 του Ευρωπαϊκού Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 για τα οποία το τελικό σημείο στην αλυσίδα παρασκευής έχει καθοριστεί σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 2 τρίτο εδάφιο του εν λόγω Κανονισμού,

γ) ζώντες ή νεκρούς οργανισμούς ή μέρη αυτών, που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία ή έχουν υποστεί επεξεργασία μόνο με χειροκίνητα, μηχανικά ή βαρυτικά μέσα, με διάλυση στο νερό, με επίπλευση, με εκχύλιση με νερό, με απόσταξη με υδρατμούς ή με θέρμανση αποκλειστικά για την αφαίρεση του νερού, ή που λαμβάνονται από τον αέρα με οποιονδήποτε τρόπο, εκτός από:

– το οργανικό κλάσμα μεικτών αστικών οικιακών αποβλήτων, το οποίο έχει διαχωριστεί με μηχανική, φυσικοχημική, βιολογική και/ή μη αυτοματοποιημένη μεταχείριση,

– λυματολάσπη, βιομηχανική ιλύ ή ιλύ βυθοκόρησης, και –

ζωικά υποπροϊόντα ή παράγωγα προϊόντα που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 για τα οποία δεν έχει καθοριστεί τελικό σημείο στην αλυσίδα παρασκευής σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 2 τρίτο εδάφιο του εν λόγω κανονισμού,

δ) πρόσθετα κομποστοποίησης τα οποία είναι αναγκαία για τη βελτίωση της απόδοσης ή των περιβαλλοντικών επιδόσεων της διαδικασίας κομποστοποίησης, εφόσον:

i) το πρόσθετο έχει καταχωριστεί σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1907/2006, με φάκελο που περιέχει:

– τις πληροφορίες που προβλέπονται στα Παραρτήματα VI, VII και VIII του Ευρωπαϊκού Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1907/2006 και

– έκθεση χημικής ασφάλειας σύμφωνα με το άρθρο 14 του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1907/2006, η οποία να καλύπτει τη χρήση του ως προϊόντος λίπανσης, εκτός εάν αυτό καλύπτεται ρητώς από κάποια από τις εξαιρέσεις από την υποχρέωση καταχώρισης που προβλέπει το Παράρτημα IV του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1907/2006 ή το Παράρτημα V σημείο 6, 7, 8 ή 9 του εν λόγω Κανονισμού, και

ii) η συνολική περιεκτικότητα όλων των προσθέτων δεν υπερβαίνει το 5% του συνολικού βάρους των εισερχόμενων υλικών ή

ε) οποιοδήποτε υλικό που αναφέρεται στα στοιχεία (α), (β) ή (γ) και το οποίο:

i) έχει προηγουμένως υποστεί κομποστοποίηση ή χώνευση και

ii) δεν περιέχει ΠΑΥ (Πολύ-Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες) 16 σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 6 mg/kg ξηράς ουσίας

όπου ΠΑΥ16: Άθροισμα ναφθαλινίου, ακεναφθυλενίου, ακεναφθενίου, φλουορενίου, φαινανθρενίου, ανθρακενίου, φθορανθενίου, πυρενίου, βενζο[α]ανθρακενίου, χρυσενίου, βενζο[β]φθορανθενίου, βενζο[κ]φθορανθενίου, βενζο[α]πυρενίου, ινδενο[1,2,3-cd]πυρενίου, διβενζο[α,h]ανθρακενίου και βενζο[ghi]περυλενίου.

Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε μονάδα:

α) όπου οι γραμμές παραγωγής για την επεξεργασία των υλικών τροφοδοσίας (εισροής) που αναφέρονται στο σημείο 1 διαχωρίζονται σαφώς από τις γραμμές παραγωγής για την επεξεργασία υλικών εισροής άλλων από αυτά που αναφέρονται στο σημείο 1 και

β) όπου αποφεύγεται η φυσική επαφή μεταξύ υλικών εισροής και εκροής, ακόμα και κατά την περίοδο της αποθήκευσης.

Η αερόβια κομποστοποίηση συνίσταται στην ελεγχόμενη αποσύνθεση βιοαποδομήσιμων υλικών, η οποία γίνεται κατά κύριο λόγο αερόβια και επιτρέπει την ανάπτυξη θερμοκρασιών κατάλληλων για θερμοφιλά βακτήρια ως αποτέλεσμα βιολογικής παραγόμενης θερμότητας. Όλα τα μέρη κάθε παρτίδας είτε

μετατοπίζονται και αναδεύονται τακτικά και διεξοδικά είτε υπόκεινται σε μηχανικό αερισμό ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή υγιεινοποίηση και ομοιογένεια του υλικού. Κατά τη διαδικασία κομποστοποίησης, όλα τα μέρη κάθε παρτίδας παρουσιάζουν ένα από τα ακόλουθα προφίλ θερμοκρασίας – χρόνου:

- 70 °C ή υψηλότερη επί τουλάχιστον 3 ημέρες,
- 65 °C ή υψηλότερη επί τουλάχιστον 5 ημέρες,
- 60 °C ή υψηλότερη επί τουλάχιστον 7 ημέρες ή
- 55 °C ή υψηλότερη επί τουλάχιστον 14 ημέρες

Το κομπόστ περιέχει:

- α) ΠΑΥ16 σε συγκέντρωση όχι μεγαλύτερη από 6 mg/kg ξηράς ουσίας 1,
- β) μακροσκοπικές προσμείξεις μεγέθους άνω των 2 mm σε ποσότητα όχι μεγαλύτερη από 3 g/kg ξηράς ουσίας σε οποιαδήποτε από τις ακόλουθες μορφές: γυαλί, μέταλλο ή πλαστικό, και
- γ) ποσότητα όχι μεγαλύτερη από 5 g/kg ξηράς ουσίας του συνολικού αθροίσματος των μακροσκοπικών προσμείξεων που αναφέρονται στο στοιχείο (β).

Η παρουσία πλαστικού με μέγεθος άνω των 2 mm εντός των μέγιστων οριακών τιμών που αναφέρονται στο στοιχείο (β) είναι σε ποσότητα όχι μεγαλύτερη από 2,5 g/kg ξηράς ουσίας.

Η οριακή τιμή των 2,5 g/kg ξηράς ουσίας για πλαστικό μεγέθους άνω των 2 mm επανεξετάζεται, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η πρόοδος που θα έχει επιτευχθεί στον τομέα της χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων.

Το κομπόστ πληροί τουλάχιστον ένα από τα ακόλουθα κριτήρια σταθερότητας:

α) Ρυθμός πρόσληψης οξυγόνου:

- Ορισμός: ένδειξη του βαθμού στον οποίο διασπάται η βιοαποδομήσιμη οργανική ύλη εντός καθορισμένης χρονικής περιόδου. Η μέθοδος δεν είναι κατάλληλη για υλικά που περιέχουν σωματίδια μεγέθους > 10 mm σε αναλογία άνω του 20%,
- Κριτήριο: 25 mmol O<sub>2</sub>/kg οργανικής ύλης/h κατά μέγιστο, ή

β) Συντελεστής αυτοθέρμανσης:

- Ορισμός: η μέγιστη θερμοκρασία στην οποία φθάνει το κομπόστ υπό τυποποιημένες συνθήκες, ως ένδειξη της κατάστασης αερόβιας βιολογικής δραστηριότητας,
- Κριτήριο: Rottegrad III (κριτήριο σταθερότητας του κομπόστ, με τιμές 1-6, με βέλτιστη το 6) τουλάχιστον.

## 5.4 Ειδικές απαιτήσεις επισήμανσης ανά προϊόν

### 5.4.1 Οργανικό Λίπασμα

Παρέχονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

α) τα δηλούμενα κύρια θρεπτικά στοιχεία άζωτο (N), φωσφόρος (P) ή κάλιο (K), με τα χημικά τους σύμβολα και με τη σειρά N–P–K,

β) τα δηλούμενα δευτερεύοντα θρεπτικά στοιχεία ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), νάτριο (Na) ή θείο (S) με τα χημικά τους σύμβολα και με τη σειρά Ca-Mg-Na-S,

γ) αριθμοί που υποδεικνύουν την περιεκτικότητα των δηλούμενων θρεπτικών στοιχείων σε ολικό άζωτο (N), ολικό φωσφόρο σε μορφή πεντοξειδίου του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) ή ολικό κάλιο σε μορφή οξειδίου του καλίου ( $K_2O$ ), ακολουθούμενοι από αριθμούς εντός αγκυλών που υποδεικνύουν τη συνολική περιεκτικότητα σε οξείδιο του ασβεστίου (CaO), οξείδιο του μαγνησίου (MgO), οξείδιο του νατρίου ( $Na_2O$ ) ή τριοξείδιο του θείου ( $SO_3$ ),

δ) περιεκτικότητα στα παρακάτω δηλούμενα θρεπτικά στοιχεία και άλλες παραμέτρους, με την παρακάτω σειρά και ως % κατά μάζα:

i) άζωτο (N):

- ολικό άζωτο (N),
- ελάχιστη ποσότητα οργανικού αζώτου (N<sub>org</sub>), μαζί με περιγραφή της προέλευσης των οργανικών υλών που χρησιμοποιούνται,
- άζωτο σε μορφή αμμωνιακού αζώτου

ii) ολικό πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ),

iii) ολικό οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ), iv) οξείδιο του ασβεστίου (CaO), οξείδιο του μαγνησίου (MgO), οξείδιο του νατρίου ( $Na_2O$ ) και τριοξείδιο του θείου ( $SO_3$ ), εκφραζόμενα:

- όταν αυτά τα θρεπτικά στοιχεία είναι πλήρως υδατοδιαλυτά, μόνον ως περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτό περιεχόμενο,



– όταν το υδατοδιαλυτό περιεχόμενο αυτών των θρεπτικών στοιχείων ισούται τουλάχιστον με το ένα τέταρτο της συνολικής περιεκτικότητας αυτών των θρεπτικών στοιχείων, ως ολική περιεκτικότητα και ως περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτό περιεχόμενο,

– στις υπόλοιπες περιπτώσεις, ως ολική περιεκτικότητα,

v) οργανικός άνθρακας (Corg),

vi) ξηρά ουσία,

ε) αναλογία οργανικού άνθρακα προς ολικό άζωτο (Corg/N),

στ) ημερομηνία παραγωγής,

ζ) μορφή της φυσικής μονάδας του προϊόντος, όπως σκόνη ή σύμπηκτα, εφόσον αρμόζει.

#### 5.4.2 Οργανικό Βελτιωτικό Εδάφους

1. Δηλώνεται η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία εκφραζόμενη ως % κατά μάζα.

2. Δηλώνονται τα ακόλουθα θρεπτικά στοιχεία εκφραζόμενα ως % κατά μάζα, αν υπερβαίνουν το 0,5% κατά μάζα: άζωτο (N), πεντοξείδιο του φωσφόρου (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) και οξείδιο του καλίου (K<sub>2</sub>O).

Δηλώνονται οι ακόλουθες παράμετροι:

– pH,

– ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφραζόμενη σε mS/m,

– οργανικός άνθρακας (Corg) εκφραζόμενος ως % κατά μάζα,

– ελάχιστη ποσότητα οργανικού αζώτου (Norg), εκφραζόμενου ως % κατά μάζα, μαζί με περιγραφή της προέλευσης των οργανικών υλών που χρησιμοποιούνται,

– αναλογία οργανικού άνθρακα προς ολικό άζωτο (Corg/N).

#### 5.5 Κανόνες Ανοχών

1. Η δηλούμενη περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ενός προϊόντος λίπανσης της ΕΕ επιτρέπεται να αποκλίνουν από την πραγματική τιμή μόνο κατά τις ανοχές που ορίζονται για την αντίστοιχη κατηγορία λειτουργίας προϊόντος (ΚΛΠ). Σκοπός των ανοχών είναι να ληφθούν υπόψη οι

αποκλίσεις κατά την παρασκευή, στην αλυσίδα διανομής και κατά τη δειγματοληψία και τις αναλύσεις.

2. Οι επιτρεπόμενες ανοχές στις δηλούμενες παραμέτρους έχουν θετικές και αρνητικές τιμές.

3. Κατά παρέκκλιση από το σημείο 1, η πραγματική περιεκτικότητα ενός συστατικού, σε ένα προϊόν λίπανσης της ΕΕ, για το οποίο καθορίζεται ελάχιστη ή μέγιστη περιεκτικότητα στο Παράρτημα Ι ή στο Παράρτημα ΙΙ του κανονισμού PE-CONS 76/18 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου δεν επιτρέπεται σε καμία περίπτωση να υπολείπεται της ελάχιστης περιεκτικότητας ή να υπερβαίνει τη μέγιστη περιεκτικότητα.

### 5.5.1 Κανόνες Ανοχών για το οργανικό λίπασμα

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα μέγιστα ποσοστά μέχρι τα οποία επιτρέπεται να αποκλίνουν οι πραγματικές τιμές διαφόρων συστατικών και παραμέτρων σε ένα οργανικό λίπασμα από τις δηλωμένες.

Πίνακας 5.3 Επιτρεπόμενα όρια ανοχών για τα οργανικά λιπάσματα (European Parliament 2019)

Μορφές του δηλούμενου θρεπτικού στοιχείου και άλλες δηλούμενες παράμετροι	Επιτρεπόμενη ανοχή για τη δηλούμενη περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία και άλλες δηλούμενες παραμέτρους
Οργανικός άνθρακας ( $C_{org}$ )	$\pm 20$ % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 2,0 ποσοστιαίων μονάδων σε απόλυτες τιμές
Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία	$\pm 5,0$ ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Ολικό άζωτο (N)	$\pm 50$ % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίων μονάδων σε απόλυτες τιμές
Οργανικό άζωτο ( $N_{org}$ )	$\pm 50$ % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίων μονάδων σε απόλυτες τιμές
Ολικό πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ )	$\pm 50$ % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίων μονάδων σε απόλυτες τιμές
Ολικό οξείδιο του καλίου ( $K_2O$ ).	$\pm 50$ % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίων μονάδων σε απόλυτες τιμές
Ολικό και υδατοδιαλυτό οξείδιο του μαγνησίου (MgO), οξείδιο του ασβεστίου (CaO), τριοξείδιο του θείου ( $SO_3$ ) ή οξείδιο του νατρίου ( $Na_2O$ )	$\pm 25$ % της δηλούμενης περιεκτικότητας αυτών των θρεπτικών στοιχείων, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,5 ποσοστιαίων μονάδων σε απόλυτες τιμές.
Οργανικός άνθρακας ( $C_{org}$ ) /συνολικό άζωτο (N)	$\pm 20$ % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 2,0 ποσοστιαίων μονάδων σε απόλυτες τιμές
Ποσότητα	$\pm 1,5$ % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή

### 5.5.2 Κανόνες Ανοχών για τα βελτιωτικά εδάφους

Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται τα μέγιστα ποσοστά μέχρι τα οποία επιτρέπεται να αποκλίνουν οι πραγματικές τιμές διαφόρων συστατικών και παραμέτρων σε ένα βελτιωτικό εδάφους από τις δηλωμένες.

Πίνακας 5.4 Επιτρεπόμενα όρια ανοχών για τα βελτιωτικά εδάφους (European Parliament 2019)

Μορφές του δηλούμενου θρεπτικού στοιχείου και άλλες δηλούμενες παράμετροι	Επιτρεπόμενο όριο ανοχής για τη δηλούμενη παράμετρο
pH	± 1,0 % της δηλούμενης τιμής
Οργανικός άνθρακας (C <sub>org</sub> )	± 10 % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίας μονάδας σε απόλυτες τιμές
Οργανικό άζωτο (N <sub>org</sub> )	± 50 % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίων μονάδων σε απόλυτες τιμές
Ολικό άζωτο (N)	± 20 % σχετική απόκλιση, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίας μονάδας σε απόλυτες τιμές
Ολικό πεντοξείδιο του φωσφόρου (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	± 20 % σχετική απόκλιση, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίας μονάδας σε απόλυτες τιμές
Ολικό οξείδιο του καλίου (K <sub>2</sub> O).	± 20 % σχετική απόκλιση, μέχρι μια μέγιστη απόκλιση 1,0 ποσοστιαίας μονάδας σε απόλυτες τιμές
Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία	± 10 % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή
Ποσότητα	± 5 % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	± 75 % σχετική απόκλιση από τη δηλούμενη τιμή

## 6. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

### 6.1 Μονάδες κομποστοποίησης στην Ελλάδα

Στη χώρα μας λειτουργούν δύο μονάδες μηχανικής διαλογής – κομποστοποίησης που επεξεργάζονται το οργανικό κλάσμα των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων με σκοπό την παραγωγή εδαφοβελτιωτικού υλικού. Οι μονάδες αυτές είναι:

- 1) Το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) Άνω Λιοσίων του ΕΔΣΝΑ και
- 2) Το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) Χανίων της ΔΕΔΙΣΑ.

#### 6.1.1 ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων

Το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) Άνω Λιοσίων βρίσκεται στην Ολοκληρωμένη Εγκατάσταση Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΟΕΔΑ) Δυτικής Αττικής και είναι ένα από τα μεγαλύτερα εργοστάσια επεξεργασίας απορριμμάτων στην Ευρώπη. Απασχολεί περίπου 200 υπαλλήλους διαφόρων ειδικοτήτων και διαθέτει σύγχρονο εσωτερικό ηλεκτρονικό σύστημα με το οποίο παρακολουθούνται on line όλα τα μηχανήματα και οι φάσεις επεξεργασίας των αποβλήτων. Η ονομαστική δυναμικότητα του ΕΜΑΚ είναι 1.200 τόνοι τη μέρα και παράγονται: 100-150 τόνοι κομπόστ (εδαφοβελτιωτικό), πάνω από 350 τόνοι SRF (Solid Recovered Fuel, απορριμματογενές ανακτώμενο στερεό καύσιμο), ανακτώνται περίπου 50 τόνοι ανακυκλώσιμων υλικών (αλουμίνιο, σίδηρο, πλαστικό και χαρτί-χαρτόνι), προκύπτουν άχρηστα υλικά της τάξης των 250-300 τόνων και άλλες απώλειες (υγρασία και αέρια). Η περιφραγμένη έκταση της εγκατάστασης (κτίρια, οδοποιία, πλατεία χουμοποίησης, πλατεία ελιγμών απορριμματοφόρων και περιβάλλον χώρος) ανέρχεται σε περίπου 135.000 m<sup>2</sup>.

Το συγκρότημα αποτελείται από τα παρακάτω κτήρια:

- Κτήριο Διοίκησης - Κεντρικού Ελέγχου - Εξυπηρέτησης προσωπικού
- Συνεργείο - Αποθήκη
- Ζυγιστήριο και Φυλάκιο
- Μονάδα υποδοχής απορριμμάτων - Κτήριο Μηχανικού Διαχωρισμού
- Κτήριο Ταχείας Κομποστοποίησης – Ωρίμανσης κομπόστ
- Κτήριο Ραφιναρίας
- Κτήριο Συσκευασίας και Τυποποίησης κομπόστ

(Ε.Δ.Σ.Ν.Α. 2020)

### 6.1.2 ΕΜΑΚ Χανίων

Το έργο «Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης και ΧΥΤΥ» υλοποιήθηκε από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Χανίων και χρηματοδοτήθηκε από το Ταμείο Συνοχής με προϋπολογισμό 30 εκ. ευρώ. Ξεκίνησε την λειτουργία του το 2005. Η εγκατάσταση εκτείνεται σε έκταση 235 στρεμμάτων με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3,3MW, ενώ οι δύο γεινιάζοντες Χώροι Υγειονομικής Ταφής καταλαμβάνουν 70 στρέμματα με ολική χωρητικότητα 1,1 εκ. m<sup>3</sup>. Φορέας διαχείρισης είναι η ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. (ΟΤΑ) η οποία εξυπηρετεί ένα πληθυσμό της τάξης των 155 χιλιάδων μόνιμων κατοίκων και 80.000 κλινών σε ένα νομό με έντονο τουριστικό προφίλ και ανάλογη διακύμανση μεταξύ χειμώνα και καλοκαίρι της τάξης του 50%. Σήμερα έχει εκσυγχρονιστεί με την τοποθέτηση βαλλιστικών και οπτικών διαχωριστών, σχιστών σάκων, τεμαχιστή ογκωδών αποβλήτων κ.λπ., και αποτελεί ένα έργο ύψους 7.000.000 €.



Εικόνα 6.1: ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ Ε.Μ.Α.Κ.-Χ.Υ.Τ.Υ. Χανίων

Σύμφωνα με τα καταγεγραμμένα στοιχεία του ΕΜΑΚ και ΧΥΤΥ, το 2016 εισήλθαν στις εγκαταστάσεις 75.000 τόνοι Σύμμεικτα Απόβλητα, 13.500 τόνοι προδιαλεγμένα ανακυκλώσιμα υλικά, 300 τόνοι γυαλιού, 3.000 τόνοι ογκωδών αποβλήτων και 2.500 τόνοι προδιαλεγμένο οργανικό από διαλογή στην πηγή (κλαδιά).

Το ποσοστό ανάκτησης ανέρχεται σε 35% από το σύνολο των αποβλήτων. Τα ανακτώμενα ανακυκλώσιμα υλικά οδηγούνται σε βιομηχανίες ανακύκλωσης στην Κρήτη (για το ΡΕ-Φίλμ,) και στην Αθήνα για τα υπόλοιπα (χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί). Το παραγόμενο κομπόστ συσκευάζεται και διατίθενται στην αγορά. (ΔΕΔΙΣΑ 2017)

## 6.2 Διαλογή στην πηγή – Το δίκτυο καφέ κάδων στην Ελλάδα

Το σύστημα διαλογής στην πηγή πραγματοποιείται στους δήμους με την τοποθέτηση ειδικών κάδων (καφέ κάδων), οι οποίοι βρίσκονται δίπλα στους υπόλοιπους κάδους απορριμμάτων. Με την διαλογή στην πηγή ανακτώνται τα οργανικά υλικά των οικιακών απορριμμάτων πριν καταλήξουν να αναμειχθούν με την υπόλοιπη μάζα των απορριμμάτων. Τα οργανικά απόβλητα από τους καφέ κάδους συλλέγονται από ειδικά απορριμματοφόρα και οδηγούνται σε κάποια μονάδα κομποστοποίησης.

### 6.2.1 Τι βάζουμε και τι δεν βάζουμε στους καφέ κάδους

Στους καφέ κάδους τοποθετούνται:

- Φρούτα, λαχανικά, φλούδες και κοτσάνια
- Κρέας – ψάρι – θαλασσινά (και τα κόκκαλα)
- Αυγά (και τα τσόφλια)
- Δημητριακά, αλεύρι, ψωμί, κέικ, γλυκά
- Γαλακτοκομικά (τυρί, παχύρευστες κρέμες, γιαούρτι)
- Υπολείμματα και φίλτρα από καφέ/τσάι
- Ξηροί καρποί και περιβλήματα
- Ζυμαρικά, ρύζι, όσπρια
- Πριονίδι, ροκανίδι
- Κουκούτσια ελιάς
- Κλαδιά, φύλλα, χώμα, γκαζόν
- Χαρτί κουζίνας, χαρτοσακούλες, εφημερίδες (όχι χρωματιστά, γυαλιστερά ή πλαστικοποιημένα χαρτιά)
- Στάχτη καυσόξυλων

Στους καφέ κάδους δεν τοποθετούνται:

- Τροφές και περιττώματα ζώων
- Μπαταρίες
- Γυαλιστερά χαρτιά (π.χ. περιοδικά)
- Πλαστικά, γυαλιά, μεταλλικά προϊόντα
- Γόπες τσιγάρων
- Συσκευασίες κάθε είδους (μπαίνουν στον μπλε κάδο)

Στους καφέ κάδους τοποθετούνται μόνο βιοαποδομήσιμες σακούλες, γιατί μετατρέπονται κι αυτές σε κόμποστ, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία κομποστοποίησης όπως ακριβώς και τα υπολείμματα τροφών, καθώς η πρώτη τους

ύλη είναι και αυτή τρώσιμο (οι βιοαποδομήσιμες σακούλες κατασκευάζονται από άμυλο καλαμποκιού ή πατάτας). (<https://www.fisikolipasma.gr/>)

### 6.2.2 Το δίκτυο των καφέ κάδων

Πιλοτικά προγράμματα διαλογής στην πηγή εφαρμόστηκαν σε δύο χωριά 400 κατοίκων στην Τήνο, όπου τοποθετήθηκαν οικιακοί κάδοι κομποστοποίησης, αλλά και σε μεγαλύτερη κλίμακα στην Αθήνα, κατά τα έτη 2012-2014 στις περιοχές Γκάζι, Κυπριάδου, Νέα Κηφισιά, Κάτω Κηφισιά και Κεφαλάρι, με την τοποθέτηση καφέ κάδων στους δρόμους των περιοχών αυτών. Το παραγόμενο κομπόστ και στις δύο περιπτώσεις πληρούσε όλα τα Ευρωπαϊκά κριτήρια για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία. (Κούγκολος 2020)

Σήμερα, ο Δήμος Βριλησίων λειτουργεί ένα αναπτυγμένο σύστημα ανακύκλωσης και διαχείρισης αποβλήτων και προωθεί και υλοποιεί το Πιλοτικό Πρόγραμμα Κομποστοποίησης «Διαλογή στην Πηγή», με την εγκατάσταση δικτύου καφέ κάδων χωριστής συλλογής των οικιακών οργανικών αποβλήτων, τα οποία αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή παραγωγής απορριμμάτων, σε συνεργασία με τον Ενιαίο Διαβαθμιδικό Σύνδεσμο Νομού Αττικής (ΕΔΣΝΑ) και την Περιφέρεια Αττικής. Στον δήμο Βριλησίων υπάρχει αυτή την στιγμή δίκτυο 250 καφέ κάδων.

Με στόχο την καθιέρωση της χωριστής συλλογής των βιοαποβλήτων, ώστε αφενός μεν να αυξηθούν οι ποσότητες βιοαποβλήτων που οδηγούνται για κομποστοποίηση και αφετέρου να μειωθούν τα απόβλητα που διατίθενται στον ΧΥΤΑ για ταφή, ο Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής (Ε.Δ.Σ.Ν.Α.) στο πλαίσιο του προγράμματος «Ανακύκλωση 2020», ενίσχυσε τους δήμους της περιφέρειας Αττικής με τον απαραίτητο εξοπλισμό (καφέ κάδους και απορριμματοφόρα οχήματα). (Ε.Δ.Σ.Ν.Α. 2020)

Εντός του 2020 παραδόθηκαν χιλιάδες καφέ κάδοι σε δήμους της περιφέρειας Αττικής. Ενδεικτικά παραδόθηκαν:

- 600 καφέ κάδοι στον δήμο Πειραιά
- 500 καφέ κάδοι στον δήμο Περιστερίου
- 280 καφέ κάδοι στον δήμο Καλλιθέας
- 250 καφέ κάδοι στον δήμο Αιγάλεω
- 200 καφέ κάδοι στον δήμο Νίκαιας - Αγ. Ι. Ρέντη
- 200 καφέ κάδοι στον δήμο Γλυφάδας
- 200 καφέ κάδοι στον δήμο Αχαρνών
- 200 καφέ κάδοι στον δήμο Αμαρουσίου
- 180 καφέ κάδοι στον δήμο Κηφισιάς
- 170 καφέ κάδοι στον δήμο Βάρης Βούλας Βουλιαγμένης

- 120 καφέ κάδοι στον δήμο Νέας Ιωνίας
- 120 καφέ κάδοι στον δήμο Παλαιού Φαλήρου
- 110 καφέ κάδοι στον δήμο Μοσχάτου – Ταύρου
- 100 καφέ κάδοι στον δήμο Διονύσου
- 100 καφέ κάδοι στον δήμο Μαραθώνα
- 90 καφέ κάδοι στον δήμο Κρωπίας
- 80 καφέ κάδοι στον δήμο Πεντέλης
- 80 καφέ κάδοι στον δήμο Νέας Φιλαδέλφειας – Νέας Χαλκηδόνας
- 50 καφέ κάδοι στον δήμο Καισαριανής

Παράλληλα παραδόθηκαν νέα ειδικά απορριμματοφόρα βιοαποβλήτων για τους κάδους αυτούς.

Η στόχευση είναι να δοθούν σταδιακά καφέ κάδοι σε όλους τους δήμους της περιφέρειας Αττικής, με εκτιμώμενο αριθμό κοντά στους 40.000 για την κάλυψη όλης της επικράτειας της, και 100 σύγχρονα απορριμματοφόρα. (Περιφέρεια Αττικής 2021)



## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μέθοδος της λιπασματοποίησης – κομποστοποίησης ως μέθοδος διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, κερδίζει συνεχώς έδαφος και στην Ελλάδα, η οποία είχε μείνει πίσω στον τομέα αυτόν, με σοβαρές δράσεις προς την κατεύθυνση αυτή.

Η κομποστοποίηση είναι απολύτως συμβατή με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας, καθώς επαναφέρει εντός βιολογικού κύκλου τις πρώτες ύλες που παγιδεύονται στα απορρίμματα.

Είναι επιτακτική ανάγκη η περαιτέρω ανάπτυξη της διαλογής των αποβλήτων στην πηγή, με την τοποθέτηση ειδικών καφέ κάδων και την ευαισθητοποίηση και ενημέρωση των πολιτών σχετικά με αυτούς, με την προσδοκία να εξοικειωθούν με τη χρήση τους, όπως συνέβη αντίστοιχα τα τελευταία είκοσι χρόνια με τους μπλε κάδους ανακύκλωσης.

Υλικό προερχόμενο από διαλογή στην πηγή, μπορεί πολύ πιο εύκολα, λόγω καθαρότητας και έλλειψης ανεπιθύμητων προσμίξεων, να οδηγήσει σε παρασκευή κομπόστ υψηλής ποιότητας, το οποίο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή οργανικών λιπασμάτων.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, θα μειωθεί ακόμα περισσότερο ο όγκος των αποβλήτων που θα καταλήξει τελικά σε Χ.Υ.Τ.Α. και, μιας και το τελικό προϊόν θα είναι υψηλής ποιότητας, θα στηριχθεί η οικονομική βιωσιμότητα της μεθόδου, καθώς εκτός όλων των άλλων πλεονεκτημάτων, θα αποφέρει και εμπορικά έσοδα από τις πωλήσεις.

Η χωριστή συλλογή, τέλος, των οργανικών αποβλήτων θα βοηθήσει έμμεσα και στη καθαρότητα των υπολοίπων ρευμάτων αποβλήτων, αφού θα τα απαλλάξει από την οργανική ύλη.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Ελληνική βιβλιογραφία

- ΕΣΔΑ, Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, Αθήνα 2015.
- ΕΣΔΑ-ΕΣΔΕΑ 2020, Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των επικίνδυνων αποβλήτων 2020-2030.
- ΕΠΠΕΡΑΑ, Οδηγός λειτουργίας ανοιχτών εγκαταστάσεων κομποστοποίησης (αερόβια επεξεργασία) προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων 2014.
- Ελευθεροχωρινός, Η.Γ., Αξιοποίηση λιπασμάτων για παραγωγή επαρκών και ποιοτικών προϊόντων 2018.
- Κούγκολος Α., Εμμανουήλ Χ., Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, Εκδόσεις Τζιόλα 2020.
- <https://circulargreece.gr/el/>
- <https://spel.gr/>
- <https://www.dedisa.gr/e-m-a-k/>
- [http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=179:2013-03-04-14-16-30&catid=23&Itemid=496&lang=en](http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=179:2013-03-04-14-16-30&catid=23&Itemid=496&lang=en)
- <https://www.edсна.gr/>
- <https://www.ekt.gr/el/magazines/features/23377>
- <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/priorities/kukliki-oikonomia-kai-meiosi-apovliton/20151201STO05603/kukliki-oikonomia-chrisimopoiise-to-xana>
- <https://www.fisikolipasma.gr/>
- <http://www.opengov.gr/minenv/?p=6537>
- <https://www.patt.gov.gr/site/index.php>
- <https://www.recatec.gr/>
- <https://ypen.gov.gr/perivallon/kykliki-oikonomia/>

## Αγγλική βιβλιογραφία

- E. Epstein, The Science of Composting, CRC Press, 1997.
- Haug R., The Practical Handbook of Compost Engineering, Lewis Publishers, 1993.
- International Plant Nutrition Institute 4R Plant Nutrition Manual, English and metric versions, Peachtree Corners, Georgia, US 2012.
- Kit Wayne Chew, Shir Reen Chia, Hong-Wei Yen, Saifuddin Nomanbhay, Yeek-Chia Ho and Pau Loke Show Transformation of Biomass Waste into Sustainable Organic Fertilizers, MDPI, Open Access Journal, 2019.
- Reetz, H.F., Jr. Fertilizers and their Efficient Use First edition, IFA, Paris, France, May 2016.

<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-76-2018-INIT/en/pdf>  
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal waste statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics)  
[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda\\_20\\_419](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_419)  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009&from=EN>  
[https://www.fertilizer.org/public/resources/publication\\_detail.aspx?SEQN=5221&PUBKEY=811C52B7-F679-472A-B955-3AD6AD18F17D](https://www.fertilizer.org/public/resources/publication_detail.aspx?SEQN=5221&PUBKEY=811C52B7-F679-472A-B955-3AD6AD18F17D)  
<https://www.tfi.org/our-industry/intro-to-fertilizer/nutrient-science>

