



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ Ι: ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ) βιοαποβλήτων και κομποστοποίησή
τους με πρότυπο σύστημα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΒΙΒΙΑΝ ΜΟΛΧΟ

Επιβλέπουσα:

Μαρία Λοιζίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ Ι: ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Τίτλος:

**Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ) βιοαποβλήτων και κομποστοποίησή τους με πρότυπο
σύστημα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

BIBIAN ΜΟΛΧΟ

Επιβλέπουσα: Μαρία Λοϊζίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 2016

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Λοϊζίδου Μαρία
Καθηγήτρια ΕΜΠ

.....
Χαραλάμπους Αικ. Ι.
Καθηγήτρια ΕΜΠ

.....
Δέτση Α.
Επικ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2016

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία μου ανατέθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2014 - 2015 και πραγματοποιήθηκε στη Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με επιβλέπουσα καθηγήτρια την κυρία Λοϊζίδου Μαρία.

Βασικό αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής ήταν η διερεύνηση της απόδοσης ενός πιλοτικού συστήματος αποκεντρωμένης διαχείρισης (Διαλογής στην Πηγή (ΔσΠ) και αερόβια βιολογική επεξεργασία/κομποστοποίηση) βιοαποβλήτων σε πρότυπη μονάδα κομποστοποίησης σε νησιωτική περιοχή (νήσος Τήνος, Νότιο Αιγαίο).

Ευχαριστίες

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω την υπεύθυνη Καθηγήτρια του Ε.Μ.Π. Κα Λοϊζίδου Μαρία, που μου ανέθεσε την παρούσα εργασία, δίνοντάς μου την δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα θέμα ιδιαίτερα ενδιαφέρον και επίκαιρο, αφού σχετίζεται άμεσα με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η σύγχρονη κοινωνία.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ την υποψήφια διδάκτορα Παναρέτου Βασιλική για την πολύτιμη καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχε κατά την διενέργεια των εργαστηριακών αναλύσεων και για την καθοριστική συμβολή της στη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Επιπροσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλο το προσωπικό της Μονάδας της Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π., για την άμεση και πολύτιμη βοήθεια που παρείχαν.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου και τους ανθρώπους που είναι δίπλα μου σε κάθε καθοριστικό βήμα της ζωής μου δίνοντας μου κουράγιο, δύναμη και αγάπη.

Ημερομηνία

(Υπογραφή)

.....

BIBIAN ΜΟΛΧΟ

Περίληψη στα Ελληνικά

Η παρούσα διπλωματική, με τίτλο: "**Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ) βιοαποβλήτων και κομποστοποίησή τους με πρότυπο σύστημα**" περιγράφει και διερευνά την απόδοση ενός σχεδίου ολοκληρωμένης διαχείρισης βιοαποβλήτων. Το σχέδιο περιλάμβανε την ξεχωριστή συλλογή βιοαποβλήτων, κυρίως οικιακής προέλευσης, και την μετέπειτα επεξεργασία τους σε καινοτόμο μονάδα κομποστοποίησης, η οποία σχεδιάστηκε και εγκαταστάθηκε υπό την επίβλεψη της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας (ΜΠΕΤ), της Σχολής Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, στην Τήνο και συγκεκριμένα στο βόρειο τμήμα του νησιού, πλησίον των οικισμών Πύργου και Όρμου Πανόρμου. Απώτερος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να εξετάσει την ΔσΠ σε συνδυασμό με την αποκεντρωμένη κομποστοποίηση των παραγόμενων βιοαποβλήτων, ως ολοκληρωμένη, εναλλακτική λύση έναντι των τεχνικών διάθεσης και κεντρικής ανάκτησης των Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (ΑΣΑ). Πιο αναλυτικά:

Στην **πρώτη ενότητα**, γίνεται αναγνώριση του προβλήματος διαχείρισης των ΑΣΑ στη σύγχρονη εποχή, σε παγκόσμια, ευρωπαϊκή και τοπική κλίμακα. Οι επιπτώσεις που προκύπτουν από τη μη ορθή διαχείριση στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και την οικονομία είναι ποικίλες και ευρέως γνωστές. Διαπιστώνεται ότι οι διαστάσεις του προβλήματος γιγαντώνονται στην ειδική περίπτωση των απομακρυσμένων περιοχών, όπως οι ορεινοί οικισμοί και τα νησιά λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Με έναυσμα την πρόκληση της βιώσιμης διαχείρισης των ΑΣΑ, ως αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής καθορίστηκε η παρακολούθηση και η αξιολόγηση της απόδοσης πιλοτικού συστήματος αποκεντρωμένης διαχείρισης βιοαποβλήτων σε νησιωτική περιοχή. Επίσης, στην ενότητα αυτή παρατίθενται βασικοί ορισμοί και αρχές που σχετίζονται με την ιεράρχηση προτεραιοτήτων της πολιτικής διαχείρισης των αποβλήτων στην Ευρώπη και κατ' επέκταση στην Ελλάδα.

Στην **δεύτερη ενότητα**, αναλύονται οι τάσεις και το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στη διαχείριση των βιοαποβλήτων, υπό το πρίσμα της στρατηγικής της βιώσιμης ανάπτυξης και της κυκλικής οικονομίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) και την Ελλάδα. Για αυτό το σκοπό, παρουσιάζονται οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες με τους αντίστοιχους δεσμευτικούς στόχους τους για τα Κράτη Μέλη, καθώς και η υφιστάμενη εθνική νομοθεσία, όπως έχει θεσπιστεί έως σήμερα στην προσπάθεια προσαρμογής της Ελλάδας στις Κοινοτικές επιταγές.

Στην **τρίτη ενότητα** γίνεται ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή μελέτης της Τήνου και λεπτομερής περιγραφή των σταδίων της ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων στην πιλοτική περιοχή της Τήνου. Επιπλέον, γίνεται παρουσίαση του πρωτότυπου σχεδιασμένου, κλειστού συστήματος κομποστοποίησης, στο οποίο επιτελέστηκε η επεξεργασία των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων με στόχο την παραγωγή εδαφοβελτιωτικού (κόμποστ) υψηλής καθαρότητας και ποιότητας.

Στην **τέταρτη ενότητα** δίδεται ο ορισμός της κομποστοποίησης και επικεντρώνεται στην ανάλυση των σταδίων της διεργασίας, των υλικών που δύνανται να αποτελούν κατάλληλο υπόστρωμα της αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας, των κυριότερων παραμέτρων παρακολούθησης της κομποστοποίησης, καθώς και των παραμέτρων ποιοτικού ελέγχου του τελικού προϊόντος (κόμποστ). Επίσης, γίνεται περιγραφή των κλειστών και ανοικτών συστημάτων κομποστοποίησης κα σύντομη παρουσίαση μερικών υπαρχόντων εμπορικών συστημάτων και τέλος συγκριτική τους αξιολόγηση.

Η **πέμπτη ενότητα** αποτελεί την εισαγωγή στο πειραματικό μέρος της παρούσας εργασίας και συγκεκριμένα το πρωτόκολλο πειραμάτων. Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται οι δείκτες με τους οποίους έγινε η παρακολούθηση της ΔσΠ των βιοαποβλήτων στην περιοχή μελέτης, οι παράμετροι ελέγχου της διεργασίας της κομποστοποίησης για την αξιολόγηση της ποιότητας του τελικού προϊόντος και παρατίθενται οι εργαστηριακές μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό τους.

Στην **έκτη ενότητα**, παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων και γίνεται ο σχολιασμός τους. Αναλυτικότερα, εξετάστηκαν 10 δείγματα νωπών βιοαποβλήτων προδιαλεγμένων στην πηγή στην περιοχή μελέτης και 10 δείγματα κόμποστ ως προς τις εξής φυσικοχημικές παραμέτρους: υγρασία (%), πτητικά στερεά (%), pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, TOC (%), TN (%), λόγος C/N. Για τα για τα 10 δείγματα νωπών βιοαποβλήτων, προδιαλεγμένων στην πηγή στην περιοχή μελέτης οι τιμές που υπολογίστηκαν για την % υγρασία 76,73 % ενώ ο μέσος όρος για τα % πτητικά στερεά ήταν 89,70 %. Όσον αφορά την παράμετρο του pH, η τιμή του ήταν γύρω στο 5,36. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε στα 3,20 mS/cm και το ποσοστό σε ολικό οργανικό άνθρακα στο 50,00 %. Για την παράμετρο του % ολικού αζώτου, ο μέσος όρος σημειώθηκε στο 2,87 %. Τέλος, ο λόγος C/N υπολογίστηκε περίπου στο 23,66 %. Για τα για τα 10 δείγματα του κόμποστ οι τιμές που υπολογίστηκαν για την % υγρασία 56,89 % ενώ ο μέσος όρος για τα % πτητικά στερεά ήταν 76,07 %. Όσον αφορά την παράμετρο του pH, η τιμή του ήταν γύρω στο 7,94. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε στα 5,27 mS/cm και το ποσοστό σε ολικό οργανικό άνθρακα στο 37,29 %. Για την παράμετρο του % ολικού αζώτου, ο μέσος όρος σημειώθηκε στο 1,71 %. Τέλος, η πυκνότητά του ήταν 0.32 g/cm³. Επίσης, από τον έλεγχο για βαρέα μέταλλα και βιολογικές παραμέτρους, τα δείγματα κόμποστ βρέθηκαν εντός των επιτρεπτών ορίων (EoW 2014) και ελεύθερα παθογόνων μικροοργανισμών.

Η **έβδομη** και τελευταία **ενότητα** περιλαμβάνει τα συμπεράσματα που προέκυψαν τόσο από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, όσο και τη μελέτη των πειραματικών διαδικασιών και αποτελεσμάτων. Η διπλωματική εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι στη σημερινή εποχή η διαχείριση των αποβλήτων συνεχίζει να αποτελεί ένα διαχρονικό πρόβλημα για την Ελλάδα. Οι νησιωτικές περιοχές, οι οποίες αποτελούν κλειστά, ευαίσθητα συστήματα επιβαρύνονται ακόμη περισσότερο σε σύγκριση με την ηπειρωτική χώρα από την εφαρμογή μη ορθολογικών πρακτικών διαχείρισης. Η διεθνής εμπειρία έχει αποδείξει ότι η διαλογή στην πηγή σε συνδυασμό με τις κατάλληλες τεχνολογίες μπορεί

να αποτελέσει μια βιώσιμη, εναλλακτική για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του προβλήματος με πολλαπλάσια κοινωνικό-οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Κατά συνέπεια το εξεταζόμενο πιλοτικό σύστημα διαχείρισης βιοαποβλήτων, αξιολογήθηκε ως μια αποτελεσματική, ολοκληρωμένη και αποκεντρωμένη προσέγγιση για νησιωτικές περιοχές και δύναται να αποτελέσει ένα αειφόρο 'εργαλείο' προκειμένου νησιά σαν την Τήνο, αλλά και άλλες απομακρυσμένες περιοχές να χρησιμοποιήσουν τα ιδιαίτερα γεωγραφικά χαρακτηριστικά τους ως πλεονεκτήματα και ευκαιρίες, υπερνικώντας τα μόνιμα διαρθρωτικά μειονεκτήματά τους.

Λέξεις Κλειδιά: <<Ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης στερεών αποβλήτων, Διαλογή στην Πηγή, Αποκεντρωμένη διαχείριση, Κομποστοποίηση, Εδαφοβελτιωτικό, Νησιωτική περιοχή>>

Summary in English

The present thesis, entitled: “ **Biowaste source separation and composting in a prototype system**” describes and examines the performance of an integrated scheme for biowaste management. The scheme included the separate collection of, mainly domestic, biowaste and their subsequent aerobic treatment in an innovative composting unit which was designed and installed under the supervision of the Unit of Environmental Science & Technology, of the School of Chemical Engineering, NTUA, in Tinos island and particularly in the northern part, near the communities of Pyrgos and Panormos Bay. The main objective of this thesis was to examine the separate collection of biowaste in conjunction with their decentralized composting, as an integrated, alternative technical solution, in contrast with the disposal and centralized recovery techniques for Municipal Solid Waste (MSW). In more detail:

In the **first section**, there is an introduction to the widely recognized problem of MSW management in modern times, in global, European and local level. The consequences arising from the improper management to the environment, human health and the economy are varied and widely known. It has been found that the dimensions of the problem could become huge in the special case of remote regions, such as mountainous communities and islands due to their particular characteristics. Inspired by the challenge of sustainable management of MSW, the subject of study of this thesis was defined to be the monitoring and evaluation of the performance of a pilot system for decentralized biowaste management in an island region. In addition, this section includes basic definitions and principles related to the prioritization of waste management policy in Europe and in Greece.

The **second section** analyzes the trends and the current institutional framework in the management of MSW, including biowaste, in the light of the strategy of sustainable development and circular economy promoted in the European Union (EU) and Greece. For this purpose, within this section the EU Directives are presented with their respective binding targets for the Member States (MS) and the existing national legislation, as established up to date, as an effort of Greece to comply with the Commissions requirements.

The **third section** includes the analysis of the current status of the natural and built environment and the formerly applied MSW management practices in the study area and a detailed description of the Integrated Solid Waste Management (ISWM) for biowaste in the pilot area of Tinos island. Moreover, a presentation is provided of the innovatively designed, in-vessel composting system in which the treatment of the pre-sorted biowaste is done with the aim of producing compost of high purity and quality.

In the **fourth section**, the definition of composting is given, focusing on the analysis of the process steps, materials that may be suitable as substrate for aerobic biological treatment, the main monitoring parameters and the quality control parameters of the final product

(compost). Also, closed (in-vessel) and open composting systems are briefly presented regarding existing commercial systems and a comparison is provided.

The **fifth section** is an introduction to the experimental part of this work, namely the protocol of the experimental analyses. Specifically, this section presents the indicators by which the biowaste source separation was monitored in the study area, the control parameters of the composting process for the evaluation of the quality of the finished product (compost) and the detailed description of the laboratory analytical methods used to determine them.

The **sixth section** includes the experimental results in the form of tables and diagrams and the elaborated observations and remarks. More specifically, 12 samples of fresh biowaste were tested and 10 samples of compost for the following control physicochemical parameters: moisture content (%), volatile solids (%), pH, electrical conductivity, TOC (%), TN (%), ratio C/N. Regarding the samples of fresh pre-sorted biowaste, collected from the study area, the (mean) measured values for the aforementioned parameters were the following: moisture content 76,73%, VS 89,7 %, pH 5,36, EC 3,2 mS/cm, TOC 50%, TN 2,87%, and C/N 23,66%. For the compost samples, the mean measured values of the selected control parameters were the following: moisture content 56,89%, VS 76,07%, pH 7,94, EC 5,27 mS/cm, TOC 37,29%, TN 1,71%, density 0.32 g/cm³. Moreover, regarding the heavy metals and biological parameters tested, the compost samples were found within the limit values (EoW 2014) and free of pathogenic microorganisms.

The **seventh** and final **section** contains the conclusions derived from both the literature review, and the study of the experimental procedures and results. The thesis concludes that nowadays since waste management continues to be a timeless problem for Greece, the island regions, which are closed, sensitive systems are further burdened compared to the mainland by the application of non-rational management practices. International experience has shown that the separation at source combined with the appropriate technology can be a viable alternative for the integrated management of the problem with multiple socio-economic and environmental benefits. Consequently, the examined pilot biowaste management scheme was evaluated as an efficient, integrated and decentralized approach for island regions and may constitute a sustainable 'tool' so that islands like Tinos, and other remote areas to use their particular geographic characteristics as advantages and opportunities for growth and environmental protection, overcoming permanent structural disadvantages.

Keywords: “Integrated Solid Waste Management (ISWM), Source Separation, Decentralised management, composting, compost, island region”

Περιεχόμενα

Περίληψη στα Ελληνικά.....	iii
Summary in English.....	vi
Περιεχόμενα	viii
Πίνακες	xiii
Διαγράμματα	xv
Εικόνες	xvii
Συντομογραφίες και Ακρωνύμια	xix
1 Η διαχείριση των αποβλήτων στη σύγχρονη εποχή.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας	3
1.2 Βασικές έννοιες και αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων.....	3
1.3 Βιοαπόβλητα και απόβλητα τροφών	7
1.3.1 Ορισμοί.....	7
1.3.2 Το παγκόσμιο πρόβλημα της διαχείρισης των βιοαποβλήτων	8
1.3.3 Περιβαλλοντικά οφέλη από τη βιώσιμη διαχείριση των βιοαποβλήτων.....	14
1.3.4 Οφέλη από την αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος και τη χρήση του εδαφοβελτιωτικού	15
1.4 Η ειδική περίπτωση των απομονωμένων νησιωτικών περιοχών στη διαχείριση των αποβλήτων.....	17
2 Η στρατηγική της βιώσιμης ανάπτυξης και της κυκλικής οικονομίας στην Ε.Ε. και την Ελλάδα: τάσεις της περιβαλλοντικής πολιτικής και θεσμικό πλαίσιο στη διαχείριση των βιοαποβλήτων.....	20
2.1 Κοινοτική νομοθεσία και στόχοι που απορρέουν.....	21
2.1.1 Οδηγία για τα Απόβλητα 2008/98/ΕΚ.....	21
2.1.2 Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.....	22
2.2 Εθνική νομοθεσία και θεσμοθετημένοι στόχοι.....	23
2.2.1 Νόμος 4042/2012 «Ποινική προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων –	

	<i>Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.»</i>	23
2.2.2	<i>ΚΥΑ 29407/3508, ΦΕΚ 1572Β/2002 16.12.2002 «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων»</i>	24
2.2.3	<i>ΚΥΑ 50910/2727, ΦΕΚ 1909Β/22-12-03 «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων/ Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης»</i>	26
2.2.4	<i>ΕΣΔΑ 2015</i>	27
2.2.5	<i>ΚΥΑ 114218/1997</i>	29
2.2.6	<i>ΚΥΑ 56366/4351/2014</i>	30
3	Κομποστοποίηση: μια εναλλακτική, βιώσιμη μέθοδος διαχείρισης των βιοαποβλήτων	
	33	
3.1	Ορισμός.....	33
3.1.1	<i>Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κομποστοποίησης</i>	35
3.1.2	<i>Ο ρόλος των μικροοργανισμών</i>	36
3.2	Τα στάδια της διεργασίας της κομποστοποίησης.....	38
3.2.1	<i>1^ο στάδιο – Μεσόφιλη φάση</i>	39
3.2.2	<i>2^ο στάδιο – Θερμόφιλη φάση</i>	39
3.2.3	<i>Φάση πτώσης της θερμοκρασίας και φάση της ωρίμανσης</i>	40
3.3	Υλικά κομποστοποίησης.....	41
3.4	Παράμετροι ελέγχου και παρακολούθησης της κομποστοποίησης.....	42
3.4.1	<i>Θερμοκρασία</i>	42
3.4.2	<i>Υγρασία</i>	43
3.4.3	<i>Αερισμός – παροχή οξυγόνου</i>	44
3.4.4	<i>pH</i>	44
3.4.5	<i>Φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος (πορώδες, μέγεθος, δομή, υφή τεμαχιδίων υποστρώματος)</i>	45
3.4.6	<i>Θρεπτικά συστατικά</i>	47
3.5	Παράμετροι ποιοτικού ελέγχου του τελικού προϊόντος.....	52
3.6	Συστήματα κομποστοποίησης.....	53
3.6.1	<i>Κλειστά συστήματα</i>	53

3.6.2	Ανοικτά συστήματα	55
3.6.3	Σύγκριση συστημάτων κομποστοποίησης.....	56
4	Η αποκεντρωμένη διαχείριση των βιοαποβλήτων σε νησιωτική περιοχή: ένα πιλοτικό σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης στην Τήνο.....	59
4.1	Ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή μελέτης της Τήνου	60
4.1.1	Γεωγραφική θέση ν. Τήνου.....	60
4.1.2	Διοικητική διαίρεση ν. Τήνου με το Πρόγραμμα ‘Καλλικράτης’	61
4.1.3	Υφιστάμενη κατάσταση περιβάλλοντος της ν. Τήνο	62
4.1.3.1	Φυσικό περιβάλλον	62
4.1.3.1.1	Γεωγραφία – Μορφολογία Εδάφους	62
4.1.3.1.2	Σεισμικότητα	63
4.1.3.1.3	Κλίμα	65
4.1.3.1.4	Ύδατα και υδρογραφικό δίκτυο	66
4.1.3.1.5	Χλωρίδα και πανίδα	67
4.1.3.1.6	Προστατευόμενες περιοχές	68
4.1.3.2	Ανθρωπογενές περιβάλλον.....	71
4.1.3.2.1	Πληθυσμικά στοιχεία	71
4.1.3.2.2	Παραγωγικοί Τομείς.....	72
4.1.3.2.3	Ηλεκτρικό δίκτυο.....	73
4.1.3.2.4	Χρήσεις γης.....	74
4.1.4	Υφιστάμενη κατάσταση στη διαχείριση των ΑΣΑ της ν. Τήνου	74
4.1.4.1	Παραγωγή ΑΣΑ στο Δήμο Τήνου (ποσοτικά στοιχεία)	75
4.1.4.2	Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στο Δήμο Τήνου	76
4.1.4.3	Αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης των ΑΣΑ – προβλήματα και αναγκαιότητα της βιώσιμης και ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων	77
4.2	Το σχέδιο ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων στην περιοχή μελέτης της Τήνου	80
4.2.1	Τα στάδια της ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων στην πιλοτική περιοχή της Τήνου.....	80
4.2.1.1	Συλλογή.....	81
4.2.1.2	Μεταφορά.....	82
4.2.1.3	Επεξεργασία.....	83
4.3	Το πρότυπο κλειστό σύστημα κομποστοποίησης στην περιοχή μελέτης της Τήνου	

4.3.1	Γενική περιγραφή	84
4.3.1.1	Τμήμα προσωρινής αποθήκευσης και προεπεξεργασίας του οργανικού υλικού	84
4.3.1.2	Τμήμα τροφοδοσίας του βιοαντιδραστήρα της πρότυπης εγκατάστασης κομποστοποίησης.	86
4.3.1.3	Τμήμα 1 ^{ου} μέρους της πρότυπης εγκατάστασης κομποστοποίησης	87
4.3.1.4	Τμήμα βιοαντιδραστήρα (2 ^ο μέρος του κομποστοποιητή) και του εξοπλισμού υποστήριξής του	88
4.3.1.5	Βιόφιλτρο	91
4.3.1.6	Τμήμα προσωρινής αποθήκευσης του κόμποστ.....	91
5	Πρωτόκολλο πειραμάτων	93
5.1	Παρακολούθηση του πιλοτικού συστήματος ΔσΠ των βιοαποβλήτων στην περιοχή μελέτης	94
5.2	Παρακολούθηση της διεργασίας κομποστοποίησης στο πρότυπο σύστημα	94
5.3	Εργαστηριακές μέθοδοι ανάλυσης	96
5.3.1	Προσδιορισμός θερμοκρασίας.....	96
5.3.2	Προσδιορισμός υγρασίας.....	96
5.3.3	Προσδιορισμός pH.....	97
5.3.4	Προσδιορισμός αγωγιμότητας	97
5.3.5	Προσδιορισμός Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC).....	97
5.3.6	Προσδιορισμός πτητικών στερεών (VS)	98
5.3.7	Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου (TN).....	99
5.3.8	Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου κατά Kjeldahl (TKN).....	100
5.3.9	Προσδιορισμός αμμωνιακών ($N-NH_4^+$) και νιτρικών ($N-NO_3^-$).....	103
5.3.10	Προσδιορισμός λόγου άνθρακα προς άζωτο (C/N).....	104
5.3.11	Προσδιορισμός μετάλλων και θρεπτικών στοιχείων	104
5.3.12	Προσδιορισμός φυτοτοξικότητας.....	105
6	Παρουσίαση και Συζήτηση Αποτελεσμάτων	107
6.1	Αξιολόγηση του πιλοτικού συστήματος ΔσΠ των βιοαποβλήτων στην περιοχή μελέτης	107
6.1.1	Τα βιοαπόβλητα μέσα στα ΑΣΑ στην περιοχή μελέτης	107
6.1.2	Εποχιακή Διακύμανση και ανάλυση σύστασης.....	110
6.1.3	Καθαρότητα-προσμίξεις συλλεχθέντων βιοαποβλήτων από τα νοικοκυριά..	115

6.1.4	Αποφευξιμότητα ή μη των κυριότερων ομάδων βιοαποβλήτων.....	116
6.1.5	Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός των προδιαλεγμένων νωπών βιοαποβλήτων & πράσινων αποβλήτων.....	119
6.1.5.1	Θρεπτικά συστατικά.....	125
6.1.5.2	Βαρέα μέταλλα στα βιοαπόβλητα	125
6.2	Αξιολόγηση της αερόβιας βιολογικής διεργασίας στο πρότυπο κλειστό σύστημα κομποστοποίησης.....	128
6.2.1	Εισερχόμενα βιοαπόβλητα στο πρότυπο σύστημα κομποστοποίησης.....	128
6.2.2	Η διεργασία της κομποστοποίησης.....	129
6.2.3	Αποτελέσματα τελικού προϊόντος (κόμποστ).....	132
7	Συμπεράσματα	135
8	Βιβλιογραφικές Αναφορές	140

Πίνακες

Πίνακας 1	Σύνολο μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των βιοαποβλήτων .	13
Πίνακας 2:	Ποσοτικοί στόχοι διαχείρισης ΑΣΑ στο νέο ΕΣΔΑ 2015	28
Πίνακας 3	Ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων από εγκαταστάσεις Μηχανικής Διαλογής - Κομποστοποίησης σύμφωνα με την ΚΥΑ114218/1997	30
Πίνακας 4	Κατανομή των μικροοργανισμών στις φάσεις της κομποστοποίησης.....	41
Πίνακας 5	Εύρος βέλτιστων θερμοκρασιακών τιμών (°C) στο οποίο παρατηρείται μεγιστοποίηση του ρυθμού διάσπασης της οργανικής ουσίας	43
Πίνακας 6	Ενδεικτικές τιμές C/N ορισμένων βιοαποδομήσιμων στερεών αποβλήτων.....	48
Πίνακας 7	Συγκεντρώσεις Φωσφόρου, Καλίου, Ασβεστίου, Μαγνησίου σε κομποστ από επιλεγμένες χώρες.	49
Πίνακας 8	Μέσος όρος συγκεντρώσεων μικροθρεπτικών συστατικών σε κόμποστ από Αμερική και Ευρωπαϊκές χώρες	50
Πίνακας 9	Παράμετροι ποιοτικού ελέγχου του τελικού προϊόντος	52
Πίνακας 10	Πρόγραμμα ελέγχου ποιότητας κόμποστ από σύμμεικτα ΑΣΑ στο ΕΜΑΚ Λιοσίων	53
Πίνακας 11	Σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων κομποστοποίησης	57
Πίνακας 12	Ταυτότητα προστατευόμενων περιοχών νήσου Τήνου.	70
Πίνακας 13	Δημογραφική εξέλιξη νήσου Τήνου.....	72
Πίνακας 14.	Συντελεστής απόκλισης παραγωγής απορριμμάτων από τη μέση ετήσια παραγωγή στο Δ. Τήνου λόγω εποχικότητας.....	75
Πίνακας 15	Σύσταση ΑΣΑ σε Δήμους της Περιφέρειας Ν. Αιγαίου καθώς και σε επίπεδο χώρας.....	76
Πίνακας 16	Εύρος τιμών και μέση τιμή φυσικοχημικών παραμέτρων των ΑΣΑ Κρήτης.....	77
Πίνακας 17	Συχνότητα συλλογής ΑΣΑ στο Δήμο Τήνου.....	78
Πίνακας 18	Στοιχεία εσωτερικού και εξωτερικού εξοπλισμού για την ξεχωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων.....	81
Πίνακας 19	Σύνοψη παραμέτρων ελέγχου και αντίστοιχων μεθόδων ανάλυσης	95
Πίνακας 20	Αποτελέσματα μελετών πεδίου για σύσταση ΑΣΑ από νοικοκυριά & επιχειρήσεις της περιοχής μελέτης.....	108

Πίνακας 21 Δεδομένα σύστασης ΑΣΑ από αναθεωρημένη μελέτη ΠΕΣΔΑ Νοτίου Αιγαίου 2008.....	108
Πίνακας 22 Μέση ποιοτική σύσταση αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα (ΥΠΕΚΑ, 2011)	109
Πίνακας 23 Κατηγορίες βιοαποβλήτων που μελετήθηκαν.....	111
Πίνακας 24 Αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης των βιοαποβλήτων ανά εποχή.....	111
Πίνακας 25 Αποτελέσματα αναλύσεων καθαρότητας των βιοαποβλήτων ανά εποχή	116
Πίνακας 26 Αποτελέσματα μετρήσεων ‘αποφευξιμότητας’ (avoidability) ή μη βιοαποβλήτων	117
Πίνακας 27 Φυσικοχημικές παράμετροι σε εποχιακά δείγματα νωπών βιοαποβλήτων, προδιαλεγμένων στην πηγή στην περιοχή μελέτης	120
Πίνακας 28 Φυσικοχημικές παράμετροι σε δείγματα πράσινων αποβλήτων, προδιαλεγμένων στην πηγή στην περιοχή μελέτης	120
Πίνακας 29 Περιεχόμενο σε βαρέα μέταλλα νωπών βιοαποβλήτων.....	126
Πίνακας 30 Αποτελέσματα παραμέτρων ελέγχου της κομποστοποίησης	132
Πίνακας 31 Αποτελέσματα μετρήσεων ελέγχου της ποιότητας του τελικού προϊόντος σε αντιστοιχία με τα ΕοW 2014	134

Διαγράμματα

Διάγραμμα 1 Απόβλητα τροφίμων ανά πηγή προέλευσης	9
Διάγραμμα 2 Κατηγορίες προέλευσης και διακριτά ρεύματα παραγωγής των βιοαποβλήτων (Στοιχεία 2011)	11
Διάγραμμα 3 Ιδιαιτερότητες νησιωτικών περιοχών	19
Διάγραμμα 4 Κύριες βιοχημικές αντιδράσεις της κομποστοποίησης	37
Διάγραμμα 5 Χρονική εξέλιξη pH κατά την κομποστοποίηση.....	45
Διάγραμμα 6 Μέσες θερμοκρασίες ανά μήνα της περιόδου 1958- 2010.....	65
Διάγραμμα 7 Τομείς οικονομικής δραστηριότητας	72
Διάγραμμα 8 Σύγκριση ποιοτικής σύστασης διαφόρων μελετών για τα ΑΣΑ της Τήνου.....	110
Διάγραμμα 9 Εποχιακή διακύμανση σύστασης προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων	113
Διάγραμμα 10 Κύριες κατηγορίες αποβλήτων ανά εποχή και μέση ποσοστιαία σύσταση ανά τύπο βιοαποβλήτου	114
Διάγραμμα 11 Ανάλυση καθαρότητας προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων ανά εποχή	116
Διάγραμμα 12 Αποφευξιμότητα' των κύριων κατηγοριών βιοαποβλήτων	118
Διάγραμμα 13 Αποφευξιμότητα στα συνολικά παραγόμενα βιοαπόβλητα	118
Διάγραμμα 14 Συγκριτική απεικόνιση του pH στα δείγματα νωπού υλικού	121
Διάγραμμα 15 Συγκριτική απεικόνιση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα δείγματα νωπού υλικού.....	121
Διάγραμμα 16 Συγκριτική απεικόνιση της υγρασίας στα δείγματα νωπού υλικού	121
Διάγραμμα 17 Συγκριτική απεικόνιση του TOC (%) στα δείγματα νωπού υλικού	121
Διάγραμμα 18 Συγκριτική απεικόνιση του TN (%) στα δείγματα νωπού υλικού	122
Διάγραμμα 19 Συγκριτική απεικόνιση του Norg (%) στα δείγματα νωπού υλικού.....	122
Διάγραμμα 20 Συγκριτική απεικόνιση των αμμωνιακών στα δείγματα νωπού υλικού.....	122
Διάγραμμα 21 Συγκριτική απεικόνιση των νιτρικών στα δείγματα νωπού υλικού.....	122
Διάγραμμα 22 Συγκριτική απεικόνιση της οργανικής ουσίας στα δείγματα νωπού υλικού	123
Διάγραμμα 23 Συγκριτική απεικόνιση του C/N στα δείγματα νωπού υλικού.....	123
Διάγραμμα 24 περιεχόμενο θρεπτικών συστατικών σε δείγματα νωπών βιοαποβλήτων ..	125
Διάγραμμα 25 Συγκέντρωση χαλκού σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα.....	127

Διάγραμμα 26 Συγκέντρωση χρωμίου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα	127
Διάγραμμα 27 Συγκέντρωση νικελίου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα.....	127
Διάγραμμα 28 Συγκέντρωση καδμίου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα.....	127
Διάγραμμα 29 Συγκέντρωση μολύβδου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα.....	127
Διάγραμμα 30 Συγκέντρωση ψευδαργύρου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα	127
Διάγραμμα 31 Παράμετροι ελέγχου της κομποστοποίησης	131
Διάγραμμα 32 Σύγκριση τιμών βαρέων μετάλλων σε νωπά βιοαπόβλητα, κόμποστ και οριακές τιμές κριτηρίων ΕοW (2014).....	133

Εικόνες

Εικόνα 1 Γραμμική vs Κυκλική Οικονομία.....	2
Εικόνα 2 Η πυραμίδα ιεράρχησης για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων	5
Εικόνα 3 Διαφορετικά Είδη Βιοαποδομήσιμων Αποβλήτων	8
Εικόνα 4 Σχηματική απεικόνιση των βιοαποβλήτων ως μέρος του συνόλου των Αστικών Στερεών Αποβλήτων.....	10
Εικόνα 5 Οι 17 στόχοι της βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών.....	12
Εικόνα 6 Η πυραμίδα ιεράρχησης στόχων διαχείρισης των βιοαποβλήτων.....	14
Εικόνα 7 Διαγραμματική απεικόνιση της διεργασίας της κομποστοποίησης.....	34
Εικόνα 8 Τα θερμικά στάδια κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης	38
Εικόνα 9 Διάφορες περιπτώσεις καταναμημένων τεμαχιδίων	46
Εικόνα 10 Σχηματική αναπαράσταση τυπικών κάθετων κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης (α) χωρίς ανάδευση και (β) με ανάδευση	54
Εικόνα 11 Τυπική διάταξη οριζόντιων κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης, τύπου κιβωτίων, σε παράλληλα στοιχεία	54
Εικόνα 12 Τυπική διάταξη οριζόντιων κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης, τύπου καναλιών	55
Εικόνα 13 Τυπική διάταξη οριζόντιου κλειστού συστήματος κομποστοποίησης, τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου	55
Εικόνα 14 Τυπική διάταξη οριζόντιου ανοιχτού συστήματος κομποστοποίησης, τύπου αναστρεφόμενων σειραδιών	56
Εικόνα 15 Τυπική διάταξη οριζόντιου ανοιχτού συστήματος κομποστοποίησης, τύπου αεριζόμενων στατικών σωρών.....	56
Εικόνα 16 Διάφορα συστήματα κομποστοποίησης.....	58
Εικόνα 17 Θέση της ν. Τήνου στην Ελλάδα (αριστερά) και το Νότιο Αιγαίο (δεξιά).....	60
Εικόνα 18 Γεωγραφικός διαχωρισμός της Τήνου (κατ' εκτίμηση).....	61
Εικόνα 19 Γεωγραφική απεικόνιση διοικητικής διαίρεσης Τήνου βάσει σχεδίου «Καλλικράτης» (Δήμος Τήνου, 2011).....	61
Εικόνα 20 Γεωμορφολογία Τήνου και σημαντικοί ορεινοί όγκοι.....	63
Εικόνα 21 Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας Ελλάδος	63
Εικόνα 22 Θέσεις επικέντρων σεισμών 3 έως 4 βαθμών της κλίμακας Richter στην ευρύτερη περιοχή της Τήνου, ακτίνας 15 km	64
Εικόνα 23 Θέσεις επικέντρων σεισμών άνω των 4 βαθμών της κλίμακας Richter στην ευρύτερη περιοχή της Τήνου, ακτίνας 150 km	64
Εικόνα 24 Υδρογραφικό δίκτυο και λεκάνες απορροής Τήνου	66
Εικόνα 25 Υδροκρίτες του νησιού	66
Εικόνα 26 Επιφανειακό ποτάμιο σύστημα της Τήνου με ονομασία Ταγέρ Λαγκάδι Ρ	67
Εικόνα 27 Περιοχές που αντιμετωπίζουν πρόβλημα υφαλμύρισης της Τήνου	67
Εικόνα 28 (α), (β) Βιότοποι NATURA (GR4220019 & GR4220031), (γ) Βιότοπος CORINE (A00060031), (δ) ΤΙΦΚ (AT5011031 & AT5011032)	69
Εικόνα 29 Απεικόνιση χρήσεων γης για το νησί της Τήνου	74
Εικόνα 30 Περιοχές εφαρμογής του συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων.....	80
Εικόνα 31 Σχέδιο 'ISWM – TINOS' ολοκληρωμένης διαχείρισης για τα βιοαπόβλητα	81
Εικόνα 32 Εσωτερικός και εξωτερικός εξοπλισμός συστήματος 'ISWM – TINOS' ολοκληρωμένης διαχείρισης για τα βιοαπόβλητα	82
Εικόνα 33 Χαρακτηριστικά δορυφορικού οχήματος τύπου Spider SWC24 που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων στον Πύργο & Πάνορμο, Τήνου	82

Εικόνα 34 Θέση πρότυπου συστήματος κομποστοποίησης.....	83
Εικόνα 35 Πρωτότυπη μονάδα κομποστοποίησης, εγκατεστημένη στον Πύργο της Τήνου .	85
Εικόνα 36 Τεμαχιστής οργανικού υλικού: ενδεικτικό παράδειγμα που χρησιμοποιείται στην πρωτότυπη μονάδα κομποστοποίησης, μοντέλο Leisehäcksler Einhell BG-RS 2845/1 CB BLUE Walzenhäcksler Häcksler Gartenhäcksler B-Ware	86
Εικόνα 37 Δείγμα προεπεξεργασμένου, τεμαχισμένου οργανικού υλικού	86
Εικόνα 38 Φωτογραφία κάδου τροφοδοσίας, χωρητικότητας 1100 λίτρων.....	86
Εικόνα 39 Υδραυλικό σύστημα ανύψωσης κάδου και εκφόρτωσης οργανικού υλικού.....	87
Εικόνα 40 Χειριστήριο υδραυλικού συστήματος ανύψωσης κάδου και εκφόρτωσης οργανικού υλικού.....	87
Εικόνα 41 Τμήμα 1 ^{ου} μέρους του βιοαντιδραστήρα που περιλαμβάνει το θάλαμο του μηχανολογικού εξοπλισμού.....	88
Εικόνα 42 Πλάγια όψη βιοαντιδραστήρα (δεξιά) και όψη τμήματος εξόδου του ώριμου κόμποστ (αριστερά)	89
Εικόνα 43 Εξωτερικό τμήμα συστήματος αερισμού αποτελούμενο από (i) φυσητήρα, (ii) μανόμετρο, (iii) βαλβίδα που απολήγουν σε πλαστικό σωλήνα Φ50 mm.....	89
Εικόνα 44 Ζεύγη γαλβανισμένων σωλήνων που διατρέχουν όλο το μήκος του αντιδραστήρα και λεπτομέρεια από τη βάση του σωλήνα που εφαρμόζει στις αντίστοιχες οπές της θύρας εξόδου/εκφόρτωσης.	89
Εικόνα 45 Σύστημα ύγρυνσης, (εσωτερικά του βιοαντιδραστήρα) αποτελούμενο από τρεις κλάδους πλαστικών σωλήνων ύδρευσης. Η λειτουργία κάθε κλάδου γίνεται μέσω ηλεκτροβάνας η οποία ελέγχεται από PLC.	90
Εικόνα 46 Σωλήνες συστήματος ύγρυνσης που διατρέχουν εξωτερικά το κέλυφος του βιοαντιδραστήρα.	90
Εικόνα 47 Διάταξη αναρρόφησης αέρα από το εσωτερικό του βιοαντιδραστήρα, αποτελούμενη από (i) φυσητήρα, (ii) μανόμετρο, (iii) βαλβίδα που απολήγουν σε πλαστικό σωλήνα Φ50 mm.....	90
Εικόνα 48 Εσωτερικό τμήμα της διάταξης αναρρόφησης αέρα εντός του βιοαντιδραστήρα	90
Εικόνα 49 Δεξαμενή συλλογής στραγγισμάτων, τοποθετημένη και συνδεδεμένη στο σημείο εξόδου των στραγγισμάτων	92
Εικόνα 50 Οπές δειγματοληψίας του 2 ^{ου} , 3 ^{ου} και 4 ^{ου} τμήματος του βιοαντιδραστήρα	92
Εικόνα 51 Διαδοχικά στάδια κατασκευής βιόφιλτρου	92
Εικόνα 52 Δεξαμενή συλλογής στραγγισμάτων, συνδεδεμένη με το βιόφιλτρο	92
Εικόνα 53 Ψηφιακό θερμόμετρο	96
Εικόνα 54 Φούρνος ξήρανσης.....	97
Εικόνα 55 Μετρητής pH	97
Εικόνα 56 Σύστημα υπολογισμού TOC (αριστερά), πορσελάνινες κάψες με δείγμα (δεξιά)	98
Εικόνα 57 Φούρνος ξήρανσης και πορσελάνινες κάψες που χρησιμοποιούνται κατά τον προσδιορισμό των πτητικών στερεών	99
Εικόνα 58 Σωλήνας χώνευσης (αριστερά), συσκευή KJELDATHERM (δεξιά)	101
Εικόνα 59 Συσκευή απόσταξης Varodest 30s.....	101
Εικόνα 60 Η αλλαγή χρώματος κατά την τιτλοδότηση	102
Εικόνα 61 Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (Varian)	105
Εικόνα 62 Τρυβλίο με δοκιμαστικούς σπόρους που έχουν βλαστήσει	106

Συντομογραφίες και Ακρωνύμια

ΑΕΚΚ	Απόβλητα Εκσκαφών Κατασκευών και Κατεδαφίσεων
ΑΚΖ	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΑΧ	Αναερόβια Χώνευση
ΒΑΑ	Βιοαποδομήσιμα Απόβλητα
ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΒΑ	Βιοαπόβλητα
Δ.Β.	Δείκτης Βλαστικότητας
ΔσΠ	Διαλογή στη Πηγή
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Επιτροπή
ΕΕΔΣΑ	Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
Ε.Ε.Τ.Α.Α.	Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης
ΕΚΑ	Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων
ΕΛ.ΣΤΑΤ.	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΟΚ	Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΕΠΠΕΡΑΑ	Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη
ΕΣΔΑ	Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΜΠΕΤ	Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας
ΠΝΑ	Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
ΟΟΣΑ	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΟΤΚΖ	Οχήματα στο Τέλος του Κύκλου Ζωής
ΠΕΣΔΑ	Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Αποβλήτων
ΤΙΦΚ	Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής
ΦΕΚ	Φύλλα Εφημερίδας της Κυβερνήσεως
ΧΑΔΑ	Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
ΧΥΤΕΑ	Χώροι Υγειονομικής Ταφής Επικινδύνων Αποβλήτων
ΧΥΤΑ/Υ	Χώροι Υγειονομικής Ταφής μη επικινδύνων αποβλήτων / υπολειμμάτων
CH ₄	Μεθάνιο
CLO	Compost Like Output
CNG	Compressed Natural Gas
COM	Commission Working Document
EC	European Commission
EEB	European Environmental Bureau
EU	European Union
Eurostat	Statistical Office of the European Communities
EWC	European Waste Catalogue
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IFAD	International Fund for Agricultural Development

IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISWM	Integrated Solid Waste Management
MS	Member States
MSW	Municipal Solid Waste
NEA	National Environment Agency
NTUA	National Technical University of Athens
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
RDF	Refuse Derived Fuel
SRF	Solid recovered Fuel
STDEV	Standard Deviation (Τυπική απόκλιση)
STOA	Science and Technology Options Assessment
TN	Total Nitrogen
TOC	Total Organic Carbon
UNEA	UNITED NATIONS ENVIRONMENT ASSEMBLY
USEPA	US Environmental Protection Agency
VOCs	Volatile Organic Compounds
VS	Volatile Solids
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment
WHO	World Health Organization
WFD	Waste Framework Directive
WFP	World Food Programme
WRAP	Waste & Resources Action Programme

1

Η διαχείριση των αποβλήτων στη σύγχρονη εποχή

1.1 Εισαγωγή

Το μοντέλο της κατανάλωσης στη σύγχρονη εποχή, το οποίο περιλαμβάνει την αγορά προϊόντων, τη χρησιμοποίησή τους με σύντομο, ωφέλιμο, χρόνο ζωής και κατόπιν την απόρριψή τους για την αγορά νέων προϊόντων, θέτει σε κίνδυνο τη 'φέρουσα ικανότητα'¹ του πλανήτη. Οι άνθρωποι δεν παράγουν μόνο περισσότερα απόβλητα, αλλά επιταχύνουν την εξάντληση των φυσικών πόρων. Σήμερα η παγκόσμια κατανάλωση ήδη υπερβαίνει την 'φέρουσα ικανότητα' της Γης κατά 50% περίπου και με ένα σενάριο πεπατημένης ή

¹ 'Φέρουσα ικανότητα': Η φέρουσα ικανότητα (που μπορεί κανείς να τη συναντήσει και ως 'δυνατότητα φόρτισης', 'οριακό φορτίο', 'χωρητικότητα ενός βιότοπου'), είναι μία έννοια που είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Για την εκτίμησή της συνυπολογίζονται μεγέθη όπως ο πληθυσμός της γης ή μιας συγκεκριμένης περιοχής, ο τρόπος ζωής και πώς αυτά θα μπορούσαν να διατηρηθούν χωρίς να υπονομεύεται η 'ικανότητα' του να στηρίξει τις μελλοντικές γενιές. Η φέρουσα ικανότητα εμπεριέχει βιοφυσικές και κοινωνικές διαστάσεις. Δεδομένων των όλο και αυξανόμενων αναγκών του ανθρώπου και των πιέσεων που δημιουργούνται στο βιοφυσικό περιβάλλον, καθίσταται δύσκολη η χρήση των φυσικών και ανανεώσιμων πόρων με βιώσιμο ρυθμό. Επομένως, οι ανθρώπινες δραστηριότητες παίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση ή μείωση της φέρουσας ικανότητας, επηρεάζοντας τα αποθέματα των βιοφυσικών στοιχείων. Πηγή: Daily, G.C. & Ehrlich, P.R. (1992) Population, Sustainability, and Earth's Carrying Capacity: A framework for estimating population sizes and lifestyles that could be sustained without undermining future generations. BioScience, Nov. 1992

συνήθους τακτικής (business-as-usual scenario) το 2030 θα χρειαστούμε ισοδύναμο δύο πλανητών Γης για να υποστηρίξουν τις ανάγκες μας (UNEA, 2014). Ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) (OECD, 2015) εκτιμά ότι η ποσότητα των υλικών που εξορύσσονται, συλλέγονται και καταναλώνονται σε όλο τον κόσμο διπλασιάστηκε από το 1980, φθάνοντας τα 72 δισεκατομμύρια τόνους (Gt) ετησίως το 2010 και αναμένεται να φτάσει τους 100 Gt μέχρι το 2030. Σε έναν κόσμο όπου η ζήτηση και ο ανταγωνισμός για τους πόρους θα συνεχίσει να αυξάνεται (στην Ευρώπη, στοιχεία όπως το κοβάλτιο, οι σπάνιες γαίες ή λευκόχρυσος είναι σήμερα 100% εισαγόμενα) και η πίεση στους πόρους προκαλεί σοβαρά περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα, η Ευρώπη μπορεί να επωφεληθεί οικονομικά και περιβαλλοντικά από την καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων (EC, 2014). Το 2014, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με την «Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών — Προς μια κυκλική οικονομία: πρόγραμμα μηδενικών αποβλήτων για την Ευρώπη» [Commission Working Document, COM(2014) 398 final] παρουσίασε ένα σχέδιο για να διατηρήσει την προστιθέμενη αξία των προϊόντων για όσο το δυνατόν περισσότερο και να ελαχιστοποιήσει τα απόβλητα, χαράσσοντας το δρόμο για τη μετάβαση προς μια κυκλική οικονομία. Εκτιμάται ότι η βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων σε όλο το μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού θα μπορούσε να μειώσει τις εισαγωγές υλικών κατά 17% -24% μέχρι το 2030. Επιπλέον, η καλύτερη χρήση των πόρων θα αποφέρει οικονομικά οφέλη που θα ενισχύουν το ΑΕΠ της ΕΕ έως και κατά 3,9% (The Ellen MacArthur Foundation, 2013) . Ως εκ τούτου, η μετάβαση από τη γραμμική οικονομία σε μια κυκλική οικονομία (Εικόνα 1), δίνοντας μεγαλύτερη προσοχή στην διατήρηση των πόρων θα οδηγήσει στην εξοικονόμησή τους και τη δημιουργία νέων οικονομικών ευκαιριών για την Ευρώπη (Núria Cases i Sampere, 2015).



Εικόνα 1 Γραμμική vs Κυκλική Οικονομία

Πηγή: <http://www.foodwastenetwork.org.uk/>

1.1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Ως αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, με τίτλο: **"Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ) βιοαποβλήτων και κομποστοποίησή τους με πρότυπο σύστημα"** ορίστηκε η διερεύνηση της απόδοσης ενός σχεδίου ολοκληρωμένης διαχείρισης βιοαποβλήτων. Το σχέδιο περιλάμβανε την ξεχωριστή συλλογή βιοαποβλήτων, κυρίως οικιακής προέλευσης, και την μετέπειτα επεξεργασία τους σε καινοτόμο μονάδα κομποστοποίησης, η οποία σχεδιάστηκε και εγκαταστάθηκε υπό την επίβλεψη της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας, της Σχολής Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, στην Τήνο και συγκεκριμένα στο βόρειο τμήμα του νησιού, πλησίον των οικισμών Πύργου και Όρμου Πανόρμου. Απώτερος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να εξετάσει την ΔσΠ σε συνδυασμό με την αποκεντρωμένη κομποστοποίηση των παραγόμενων βιοαποβλήτων, ως ολοκληρωμένη, εναλλακτική λύση έναντι των υφιστάμενων, μη ορθών πρακτικών, διαχείρισης των ΑΣΑ (απόθεση σε Χώρο Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (ΧΑΔΑ)).

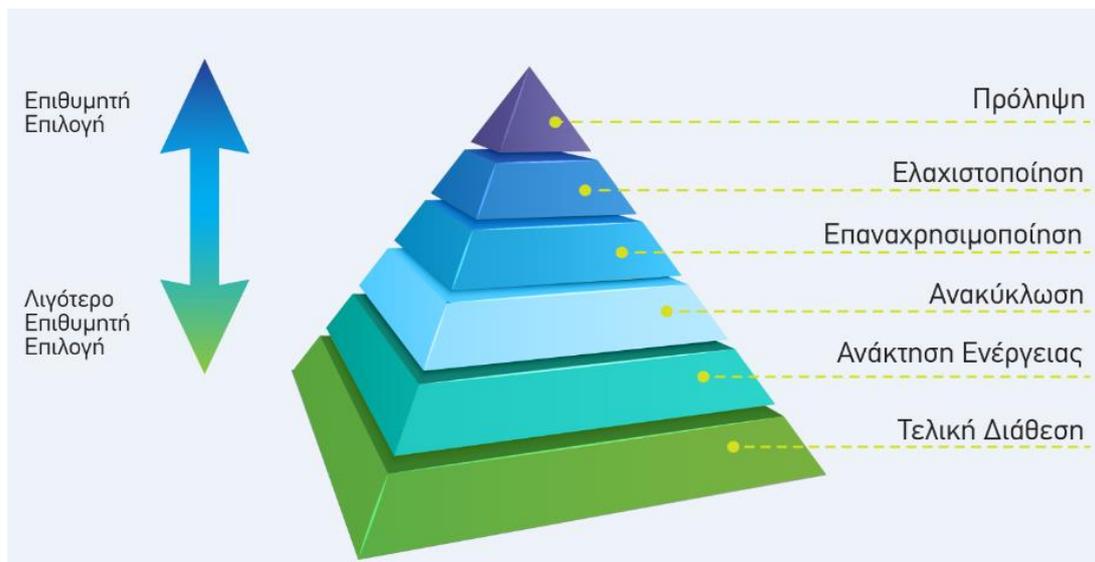
Οι κυριότερες έννοιες που διερευνήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ήταν:

- Ολοκληρωμένη διαχείριση των βιοαποβλήτων
- Αποκεντρωμένη διαχείριση των βιοαποβλήτων
- Ανάδειξη πλεονεκτημάτων της ΔσΠ στην περίπτωση των βιοαποβλήτων
- Κομποστοποίηση ως βιώσιμη μέθοδος για την επεξεργασία των βιοαποβλήτων που αποτελούν το μεγαλύτερο κλάσμα των ΑΣΑ
- Κλείσιμο του κύκλου ζωής των βιοαποβλήτων & πλεονεκτήματα

1.2 Βασικές έννοιες και αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων

Ως στοιχειώδεις έννοιες που συνδέονται με τη διαχείριση των αποβλήτων και περιλαμβάνονται στον πιο πρόσφατο Νόμο 4042/2012 (Άρθρο 11) [*«Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ - Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ - Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ 24/Α/13.2.2012)»*] παρατίθενται ακολούθως με σκοπό την πληρέστερη προσέγγιση του αντικειμένου της παρούσας εργασίας (Νταράκας, 2014, ISWM TINOS, 2012α, Ν. 4042/2012, Οδηγία 2008/98/ΕΚ):

- 1) **Απόβλητο:** Κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει.
- 2) **Παραγωγός αποβλήτων:** Κάθε πρόσωπο του οποίου οι δραστηριότητες παράγουν απόβλητα (αρχικός παραγωγός αποβλήτων) ή κάθε πρόσωπο που πραγματοποιεί εργασίες προεπεξεργασίας, ανάμειξης ή άλλες οι οποίες οδηγούν σε μεταβολή της φύσης ή της σύνθεσης των αποβλήτων αυτών.
- 3) **Κάτοχος αποβλήτων:** Ο παραγωγός αποβλήτων ή το φυσικό ή νομικό πρόσωπο στην κατοχή του οποίου ευρίσκονται τα απόβλητα.
- 4) **Έμπορος αποβλήτων:** Οποιαδήποτε επιχείρηση η οποία ενεργεί ως εντολέας για την αγορά και την περαιτέρω πώληση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των εμπορών που δεν καθίστανται υλικοί κάτοχοι των αποβλήτων.
- 5) **Μεσίτης αποβλήτων:** Οποιαδήποτε επιχείρηση η οποία οργανώνει την ανάκτηση ή τη διάθεση αποβλήτων για λογαριασμό τρίτων, συμπεριλαμβανομένων των μεσιτών που δεν καθίστανται υλικοί κάτοχοι των αποβλήτων.
- 6) **Διαχείριση αποβλήτων:** Η συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση και διάθεση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της επίβλεψης των χώρων απόρριψης και των ενεργειών στις οποίες προβαίνουν οι έμποροι ή οι μεσίτες.
- 7) **Συλλογή:** η συγκέντρωση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της προκαταρκτικής διαλογής και της προκαταρκτικής αποθήκευσης αποβλήτων με σκοπό τη μεταφορά τους σε εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων.
- 8) **Χωριστή συλλογή:** η συλλογή όπου μια ροή αποβλήτων διατηρείται χωριστά με βάση τον τύπο και τη φύση για να διευκολυνθεί η ειδική επεξεργασία.
- 9) **Ιεράρχηση των αποβλήτων:** Η ιεράρχηση κατατάσσει τις επιλογές διαχείρισης των αποβλήτων ανάλογα με το τι είναι καλύτερο για το περιβάλλον. Έτσι, δίνεται προτεραιότητα στην πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων ως τη βέλτιστη λύση και ακολουθούν η προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση, η ανάκτηση και τέλος η διάθεση (π.χ. ΧΥΤΑ) (Άρθρο 4, Οδηγία 2008/98/ΕΚ). Η ιεράρχηση των αποβλήτων συχνά αποδίδεται σχηματικά από μια πυραμίδα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Οι πιο επιθυμητές επιλογές διαχείρισης βρίσκονται προς την κορυφή της πυραμίδας.



Εικόνα 2 Η πυραμίδα ιεράρχησης για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων

Πηγή: <http://www.rethink.com.cy/el/rrr/ti-einai-to-rrr>

- 10) **Πρόληψη ή και μείωση των παραγόμενων αποβλήτων:** Τα μέτρα, τα οποία λαμβάνονται πριν μία ουσία, υλικό ή προϊόν καταστούν απόβλητα, και τα οποία μειώνουν: α) την ποσότητα των αποβλήτων, μέσω επαναχρησιμοποίησης ή παράτασης της διάρκειας ζωής των προϊόντων, β) τις αρνητικές επιπτώσεις των παραγόμενων αποβλήτων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, ή γ) την περιεκτικότητα των υλικών και προϊόντων σε επικίνδυνες ουσίες.
- 11) **Επαναχρησιμοποίηση των υλικών:** κάθε εργασία με την οποία προϊόντα ή συστατικά στοιχεία που δεν είναι απόβλητα χρησιμοποιούνται εκ νέου για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν. Ο παραγωγός και, ο κατασκευαστής έχουν την ευθύνη και οφείλουν να εξασφαλίζουν τα μέσα για τον περιορισμό δημιουργίας αποβλήτων, (με συνετή χρήση των φυσικών πόρων, ανανεώσιμων πρώτων υλών ή μη επικίνδυνων υλικών) και για τη δημιουργία προϊόντων ώστε να διευκολύνεται επαναχρησιμοποίησή και ανάκτησή τους.
- 12) **Επεξεργασία:** οι εργασίες ανάκτησης ή διάθεσης, στις οποίες συμπεριλαμβάνεται η προετοιμασία πριν από την ανάκτηση ή τη διάθεση.
- 13) **Ανάκτηση:** Οποιαδήποτε εργασία της οποίας το κύριο αποτέλεσμα είναι ότι απόβλητα εξυπηρετούν ένα χρήσιμο σκοπό αντικαθιστώντας άλλα υλικά τα οποία, υπό άλλες συνθήκες, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση συγκεκριμένης λειτουργίας, ή ότι απόβλητα υφίστανται προετοιμασία για την πραγματοποίηση αυτής της λειτουργίας, είτε στην εγκατάσταση είτε στο γενικότερο πλαίσιο της οικονομίας. Το Παράρτημα II του Ν. 4042/2012 περιλαμβάνει ένα μη εξαντλητικό κατάλογο των εργασιών ανάκτησης.

14) Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση: Κάθε εργασία ανάκτησης που συνιστά έλεγχο, καθαρισμό ή επισκευή, με την οποία προϊόντα ή συστατικά στοιχεία προϊόντων που αποτελούν πλέον απόβλητα προετοιμάζονται προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς άλλη προεπεξεργασία.

15) Ανακύκλωση των υλικών: Οποιαδήποτε εργασία ανάκτησης με την οποία τα απόβλητα μετατρέπονται εκ νέου σε προϊόντα, υλικά ή ουσίες που προορίζονται είτε να εξυπηρετήσουν και πάλι τον αρχικό τους σκοπό είτε άλλους σκοπούς. Περιλαμβάνει την επανεπεξεργασία οργανικών υλικών αλλά όχι την ανάκτηση ενέργειας και την επανεπεξεργασία σε υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα ή σε εργασίες επίχωσης.

Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αειφόρου πολιτικής διαχείρισής τους. Ακόμα και στις περιπτώσεις που δεν μπορούμε να αποφύγουμε την παραγωγή τους θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να ανακτώνται από αυτά υλικά. Η διαδικασία που συμβάλλει σημαντικά στην ανάκτηση υλικών είναι η διαλογή στην πηγή με την προϋπόθεση ότι οι καταναλωτές και οι τελικοί χρήστες είναι ενήμεροι και ευαισθητοποιημένοι για την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Επίσης θα πρέπει να έχει δημιουργηθεί η αγορά των προϊόντων που θα προκύψουν.

16) Διάθεση: Οποιαδήποτε εργασία η οποία δεν συνιστά ανάκτηση, ακόμη και στην περίπτωση που η εργασία έχει ως δευτερογενή συνέπεια την ανάκτηση ουσιών ή ενέργειας. Στο Παράρτημα Ι του Ν. 4042/2012 παρατίθεται μη εξαντλητικός κατάλογος των εργασιών διάθεσης,

17) Αρχές της αυτάρκειας και της εγγύτητας: Η «Αρχή της Εγγύτητας» και η «Αρχή της Αυτάρκειας» βασίζονται στο Άρθρο 174 της Συνθήκης για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, σύμφωνα με το οποίο ότι η περιβαλλοντική ζημία πρέπει κατά προτεραιότητα να επανορθώνεται στην πηγή. Η αρχή της εγγύτητας αναφορικά με τη διάθεση των αποβλήτων ορίζεται στην Οδηγία 75/442/ΕΟΚ (Άρθρο 5) ενώ στην Οδηγία 2008/98/ΕΚ (Άρθρο 16) ορίζεται επίσης για τις εγκαταστάσεις ανάκτησης των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων.

18) Αρχή της Προφύλαξης²: Η εν λόγω αρχή αναφέρεται στο Άρθρο 191 της συνθήκης για τη λειτουργία της ΕΕ. Στόχος της είναι να διασφαλίσει υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος μέσω προληπτικής λήψης αποφάσεων σε περιπτώσεις κινδύνου. Ωστόσο στην πράξη το πεδίο εφαρμογής της αρχής της προφύλαξης είναι ευρύτερο και εκτείνεται επίσης στον τομέα της πολιτικής για τους καταναλωτές, στην ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα είδη διατροφής, και στην

² COM(2000) 1: Ανακοίνωση της Επιτροπής της 2ας Φεβρουαρίου 2000 για την προσφυγή στην αρχή της προφύλαξης. Διαθέσιμο στο: http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/consumer_safety/l32042_el.htm

υγεία των ανθρώπων, των ζώων και των φυτών. Σύμφωνα με την Επιτροπή μπορεί να γίνει επίκληση της αρχής της προφύλαξης όταν ένα φαινόμενο, ένα προϊόν ή μία διεργασία ενδέχεται να έχει επικίνδυνα αποτελέσματα, τα οποία έχουν προσδιοριστεί μέσω επιστημονικής και αντικειμενικής αξιολόγησης, εάν η αξιολόγηση αυτή δεν επιτρέπει να προσδιοριστεί ο κίνδυνος με επαρκή βεβαιότητα.

19) **Αρχή «ο Ρυπαίνων Πληρώνει» και η Αρχή της Διευρυμένης Ευθύνης του Παραγωγού:** Η αρχή «ο Ρυπαίνων Πληρώνει» και η Αρχή της «Διευρυμένης Ευθύνης του Παραγωγού» περιλαμβάνονται στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Απόβλητα. Σύμφωνα με την αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει", το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων βαρύνει τον αρχικό παραγωγό αποβλήτων, τον τρέχοντα ή τους προηγούμενους κατόχους αποβλήτων. Επίσης, προκειμένου να ενισχυθούν η επαναχρησιμοποίηση και πρόληψη, η ανακύκλωση και άλλες μορφές ανάκτησης αποβλήτων, τα κράτη μέλη μπορούν να λαμβάνουν νομοθετικά και μη νομοθετικά μέτρα για να εξασφαλίζουν ότι τα φυσικά ή νομικά πρόσωπα τα οποία κατ'επάγγελμα αναπτύσσουν, κατασκευάζουν, μεταποιούν, επεξεργάζονται, πωλούν ή εισάγουν προϊόντα (παραγωγός του προϊόντος) φέρουν διευρυμένη ευθύνη παραγωγού.

1.3 Βιοαπόβλητα και απόβλητα τροφών

1.3.1 Ορισμοί

Οι βασικοί ορισμοί των βιολογικών αποβλήτων περιέχονται στις θεμελιώδεις για τη διαχείριση των αποβλήτων Ευρωπαϊκές Οδηγίες για τα Απόβλητα (2008/98/ΕΚ) και την Υγειονομική Ταφή (1999/31/ΕΚ) και είναι οι εξής:

- **«Βιολογικά Απόβλητα»:** τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα κήπων και πάρκων, τα απορρίμματα τροφών και μαγειρειών από σπίτια, εστιατόρια, εγκαταστάσεις ομαδικής εστίασης και χώρους πωλήσεων λιανικής και τα συναφή απόβλητα από εγκαταστάσεις μεταποίησης τροφίμων (Οδηγία 2008/98/ΕΚ) (Εικόνα 3).
- **«Βιοαποδομήσιμα Απόβλητα»:** κάθε απόβλητο που είναι σε θέση να υποστεί αναερόβια ή αερόβια αποσύνθεση, όπως είναι τα απόβλητα τροφών και κηπουρικής, το χαρτί και το χαρτόνι (Οδηγία 1999/31/ΕΚ)
- **«Πράσινα Απόβλητα»:** είναι τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα που μπορεί να αποτελούνται από απόβλητα πάρκων και κήπων, όπως γρασίδι ή λουλούδια και κλαδέματα, καθώς και διατροφικά απόβλητα από οικίες και εμπορικά καταστήματα. Τα

πράσινα απόβλητα έχει υψηλό περιεχόμενο σε άζωτο και αυτό τα διαφοροποιεί από τα 'καφέ' απόβλητα τα οποία έχουν υψηλό περιεχόμενο σε άνθρακα. Τα πράσινα απόβλητα συλλέγονται συχνά από τα συστήματα συλλογής των τοπικών αυτοδιοικήσεων (Δήμων), είτε μέσω ιδιωτικών επιχειρήσεων. Τα πράσινα απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μη εδώδιμες καλλιέργειες για την παραγωγή κυτταρινικής αιθανόλη (EC, 2008).



Εικόνα 3 Διαφορετικά Είδη Βιοαποδομήσιμων Αποβλήτων

Πηγή: Saveyn & Eder, 2014

1.3.2 Το παγκόσμιο πρόβλημα της διαχείρισης των βιοαποβλήτων

Η παγκόσμια διατροφική κρίση πιστεύεται πως θα είναι μια από τις κύριες προκλήσεις της ανθρωπότητας αυτό τον αιώνα (Vanham et al, 2015). Ένα βασικό ερώτημα είναι αν η ανθρωπότητα έχει τους φυσικούς πόρους για να θρέψει τον εαυτό της δίκαια και βιώσιμα τόσο σήμερα, όσο και στο μέλλον. Επί του παρόντος, 842 εκατ. Άνθρωποι υποσιτίζονται εδώ και χρόνια (FAO, IFAD & WFP, 2013) , ενώ την ίδια στιγμή 1,46 δις ενήλικες είναι υπέρβαροι, εκ των οποίων 502 εκατ. είναι παχύσαρκοι (Finucane et al, 2011). Εντός της Ε.Ε., η κατάσταση είναι αντίστοιχη, 227 εκατ. (58% του συνόλου) των ενηλίκων είναι υπέρβαροι, εκ των οποίων 91 εκατ. (ήτοι 23 % του συνόλου των ενηλίκων) είναι παχύσαρκοι (Eurostat, 2014; WHO, 2014).

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) των Ηνωμένων Εθνών, σχεδόν το 1/3 της παγκόσμιας παραγωγής των τροφίμων για την ανθρώπινη διατροφή είτε χάνεται είτε πετιέται σε παγκόσμιο επίπεδο, ποσό το οποίο ανέρχεται σε περίπου 1,3 δις τόνους ετησίως. Έτσι, όλοι οι φυσικοί πόροι που καταναλώθηκαν για την παραγωγή τους, χρησιμοποιήθηκαν μάταια. Τα τρόφιμα χάνονται ή απορρίπτονται σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, από την αρχική αγροτική παραγωγή μέχρι την τελική διανομή και κατανάλωση από τα νοικοκυριά. Ειδικότερα, στις ανεπτυγμένες, βιομηχανοποιημένες

χώρες, οι ποσότητες είναι υψηλότερες σε σύγκριση με τις φτωχότερες χώρες. Σύμφωνα με την προαναφερόμενη μελέτη του FAO, τα τρόφιμα που απορρίπτονται από τους καταναλωτές (νοικοκυριά) στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική κυμαίνονται από 95 έως 115 κιλά ανά κάτοικο ανά έτος. Αν επικεντρωθούμε σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού τότε η συνολική τροφή που χάνεται ανέρχεται στα 280-300 κιλά ανά κάτοικο ανά έτος. Συμπερασματικά, τα διατροφικά απόβλητα που προκύπτουν από τα νοικοκυριά αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 1/3 της συνολικής ποσότητας. (Gustavsson et al, 2011; Segrè & Gaiani, 2012). Μία μελέτη που διεξήχθη σχετικά με τα απόβλητα τροφίμων των νοικοκυριών στην ΕΕ-27 (Monier et al, 2010) έδειξε πως η συνολική κατά κεφαλήν ποσότητα διατροφικών αποβλήτων είναι 101 κιλά/έτος. Εξίσου ενδιαφέρον ήταν και η εξής ποσοτικοποίηση: 76 κιλά/έτος προέρχονται από τα νοικοκυριά και 25 κιλά/έτος αποδίδονται στον τομέα υπηρεσιών εστίασης.

Τα αντίστοιχα ποσοστά ανά πηγή προέλευσης δίνονται στο Διάγραμμα 1.



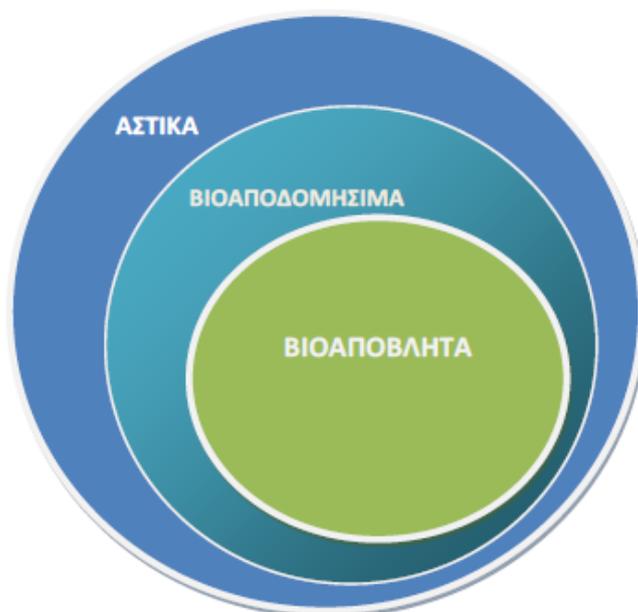
Διάγραμμα 1 Απόβλητα τροφίμων ανά πηγή προέλευσης

Πηγή: Βασισμένο στα EC, 2010; STOA, 2013; Roels et al, 2011

Σε γενικές γραμμές, η παραγωγή και η ποσοστιαία σύνθεση των βιοαποβλήτων ως προς τα αστικά στερεά απόβλητα, καθώς και τα κυριότερα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού στα οποία χάνονται τα βιοαπόβλητα διαφοροποιείται μεταξύ των χωρών και εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως οι συνθήκες ζωής του πληθυσμού, το βιοτικό επίπεδο, οι καταναλωτικές συνήθειες καθώς και το επίπεδο της τεχνολογικής προόδου της εκάστοτε χώρας.

Τα βιοαπόβλητα αποτελούν κατά μέσο όρο το 32% κ.β. της συνολικής παραγόμενης ποσότητας αστικών στερεών αποβλήτων στην ΕΕ, ενώ στην περίπτωση της Ελλάδας η αντίστοιχη ποσοστιαία σύνθεση ανέρχεται περίπου στο 40% κ.β.

Η Εικόνα 4 απεικονίζει σχηματικά τη σχέση συνόλου-υποσυνόλου για τις κατηγορίες ΑΣΑ που είναι και το μεγαλύτερο σύνολο, στο οποίο περιέχονται τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα, μέρος των οποίων είναι τα βιοαπόβλητα.

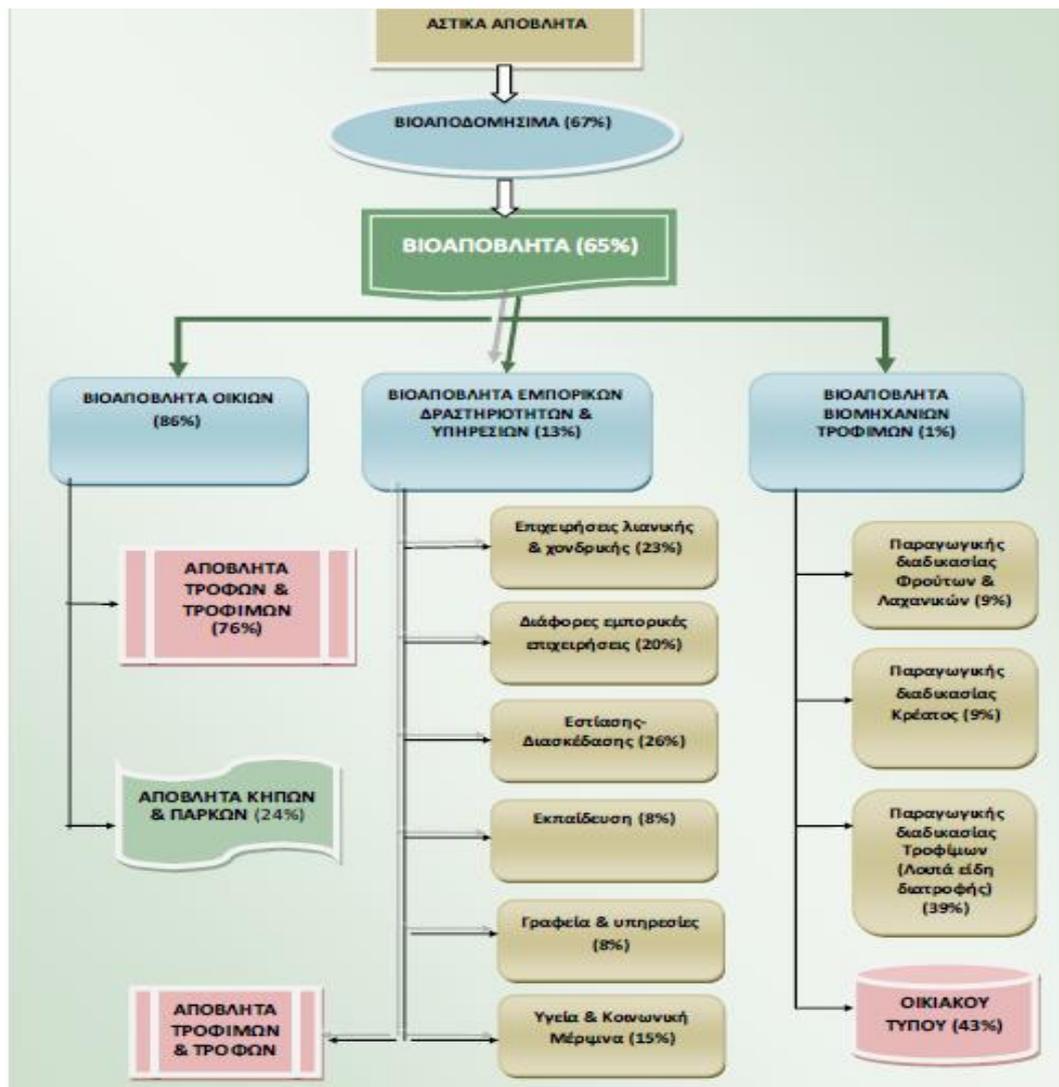


Εικόνα 4 Σχηματική απεικόνιση των βιοαποβλήτων ως μέρος του συνόλου των Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012

Στο Διάγραμμα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται εκτίμηση των ποσοστών των βιοαποβλήτων από διάφορες πηγές παραγωγής τους, στην ελληνική επικράτεια σύμφωνα με υπολογισμούς που περιλαμβάνονται στη μελέτη «Υπάρχουσα κατάσταση διαχείρισης και εκτίμηση ποσοτήτων βιοαποβλήτων στην ελληνική επικράτεια». Επομένως, τα βιοαπόβλητα μπορούν να διακριθούν σε οικιακής, εμπορικής και βιομηχανικής προέλευσης. (ΕΠΠΕΡΑΑ, ΕΠΕΜ ΑΕ, 2011).

Από τη διαγραμματική απεικόνιση ροής των διαφόρων κατηγοριών προέλευσης των βιοαποβλήτων για τα ελληνικά δεδομένα αποκαλύπτεται ότι τα βιοαπόβλητα αποτελούν το 65% των βιοαποδομήσιμων, ενώ τα βιοαποδομήσιμα είναι το 67% των ΑΣΑ. Ειδικότερα, παρατηρείται ότι το 86% των βιοαποβλήτων είναι οικιακής προέλευσης, το 13% προέρχεται από τις εμπορικές δραστηριότητες και υπηρεσίες και μόλις το 1% από βιομηχανίες τροφίμων.



Διάγραμμα 2 Κατηγορίες προέλευσης και διακριτά ρεύματα παραγωγής των βιοαποβλήτων (Στοιχεία 2011)

Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ , 2012

Το υψηλό οργανικό φορτίο καθώς και τα υψηλά ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος των αστικών απορριμμάτων σε συνδυασμό με την διάθεση σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) να αποτελεί την κύρια μέθοδο διαχείρισής του στη χώρα μας σε ποσοστό που φθάνει το 80%, χωρίς χωριστή συλλογή και αξιοποίηση, δημιουργούν πληθώρα οικονομικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων (επιβάρυνση Δήμων με 45 ευρώ/τόνο ως τέλος ταφής σε ΧΥΤΑ & από την 1η Ιανουαρίου 2014 επιπλέον ειδικό τέλος ταφής 35 ευρώ/τόνο για τα βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα που οδηγούνται στο ΧΥΤΑ χωρίς επεξεργασία, ένταση φαινομένου θερμοκηπίου, επιδείνωση κλιματικής αλλαγής, ρύπανση εδάφους & υδάτων, απειλή δημόσιας υγείας κ.ά.) (Athens Biowaste, 2014).

Από την άλλη πλευρά, έως το 2050, προβλέπεται 9 – 10 δις άνθρωποι ότι θα πρέπει να τους παρέχεται μια υγιεινή διατροφή με βιώσιμο τρόπο (Beddington et al, 2012). Τα 193 κράτη μέλη των Ηνωμένων Εθνών κατέληξε σε συμφωνία σχετικά με το νέο πρόγραμμα για τη βιώσιμη ανάπτυξη που εγκρίθηκε τον περασμένο Σεπτέμβριο από τους παγκόσμιους ηγέτες στη Σύνοδο Κορυφής για την αειφόρο ανάπτυξη στη Νέα Υόρκη. Οι χώρες συμφώνησαν σε ένα φιλόδοξο πρόγραμμα που περιλαμβάνει **17 νέους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης** (βλ. Εικόνα 5) που υποστηρίζουν την εξάλειψη της φτώχειας και την προώθηση της ευημερίας των ανθρώπων, προστατεύοντας παράλληλα το περιβάλλον μέχρι το 2030.

Πιο συγκεκριμένα, ο **Στόχος 12** "Διασφάλιση της βιώσιμης κατανάλωσης και παραγωγής» περιλαμβάνει μεταξύ των επιμέρους επιδιώξεών του την «κατά κεφαλήν παγκόσμια μείωση των διατροφικών αποβλήτων κατά το ήμισυ στο λιανικό εμπόριο και στο επίπεδο των καταναλωτών, και να μειώσει τις απώλειες των τροφίμων κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής και προμήθειας μέχρι το 2030» (ΟΗΕ, 2015). Για να επιτευχθούν οι στόχοι, ο καθένας πρέπει να κάνει το καθήκον του: οι κυβερνήσεις, ο ιδιωτικός τομέας, και οι κοινωνίες των πολιτών.



Εικόνα 5 Οι 17 στόχοι της βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών

Πηγή: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

Θεωρητικά, η εξάλειψη των διατροφικών αποβλήτων, ειδικά εκείνων που μπορούν να αποφευχθούν είναι μια δυνατότητα για τους καταναλωτές της ΕΕ. Αυτό θα μπορούσε να σώσει όχι μόνο πολλά χρήματα για τους ίδιους τους καταναλωτές, αλλά και για τις τοπικές αρχές (Δήμους), οι οποίες πρέπει να δαπανούν χρήματα για τη συλλογή και την επεξεργασία και τελική διάθεση των διατροφικών αποβλήτων με ασφάλεια. Επιπλέον, θα εξοικονομηθούν σημαντικές ποσότητες φυσικών και μερικές φορές, μη ανανεώσιμων πόρων, όπως νερό, γη, ενέργεια, άζωτο, φώσφορος κτλ. Σε έναν κόσμο με περιορισμένους πόρους, η διατροφική ασφάλεια μπορεί να επιτευχθεί μόνο με μια πιο βιώσιμη χρήση των πόρων, μαζί με προσαρμογές στην καταναλωτική συμπεριφορά μας, συμπεριλαμβανομένης

της μείωσης ή, ιδανικά, της εξάλειψης των διατροφικών αποβλήτων (Foley et al, 2011; Godfray et al, 2010; Bodirsky et al, 2014).

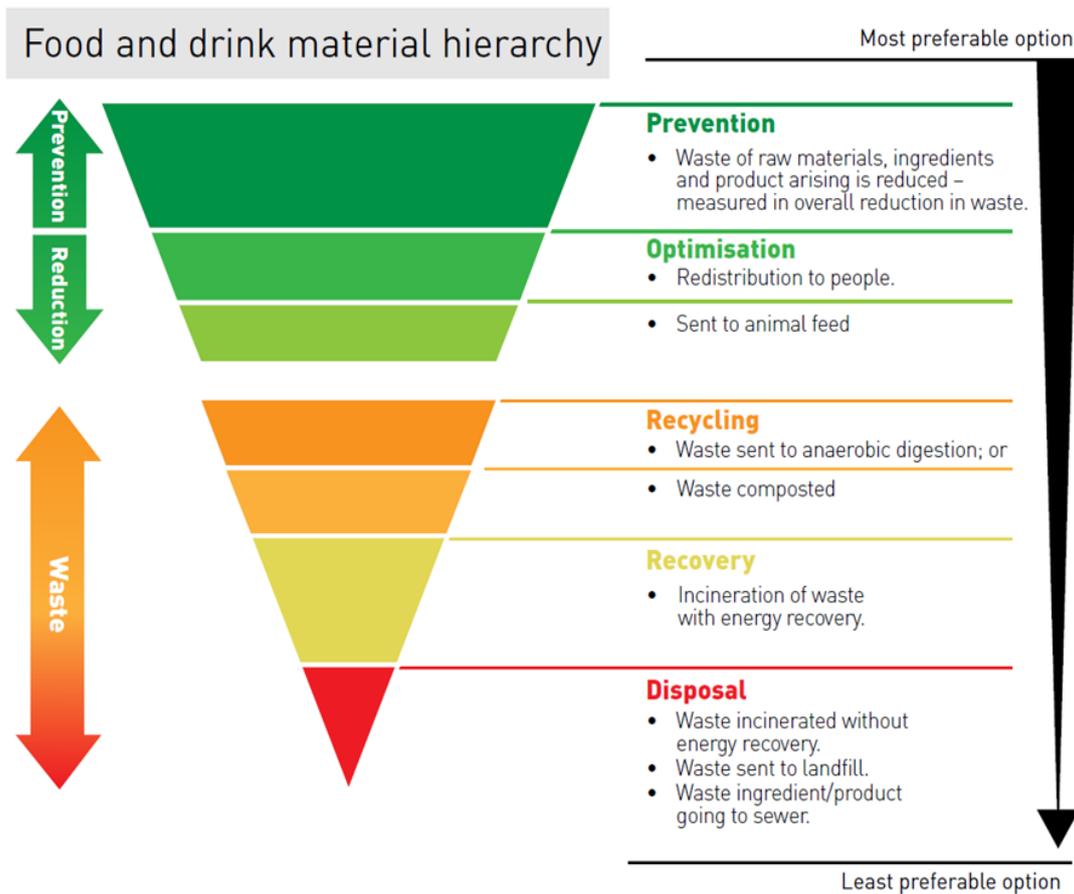
Οι βασικές μέθοδοι επεξεργασίας και διάθεσης βιοαποβλήτων που είναι ευρέως διαδεδομένες στον τομέα της διαχείρισης των ΑΣΑ, ανά τον κόσμο, συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακας 1:

Πίνακας 1 Σύνολο μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των βιοαποβλήτων

Μέθοδος Διαχείρισης Βιοαποβλήτων	Χαρακτηριστικά μεθόδου
1. Κομποστοποίηση	Ανοικτού ή κλειστού τύπου, κεντρικά συστήματα, οικιακή κομποστοποίηση
2. Αναερόβια χώνευση	Προ-επεξεργασία και μετα-επεξεργασία του οργανικού κλάσματος
3. Αποτέφρωση	Με ή χωρίς θερμική/ ενεργειακή ανάκτηση
4. Αεριοποίηση	Κυρίως για πράσινα απόβλητα
5. Υγειονομική ταφή	Με ή χωρίς ανάκτηση βιοαερίου, νόμιμη ή παράνομη διάθεση

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Λαμβάνοντας υπόψη το πώς διαμορφώνεται η πυραμίδα ιεράρχησης των στόχων διαχείρισης από την αντίστοιχη Κοινοτική νομοθεσία για την περίπτωση των βιοαποβλήτων (Εικόνα 6), η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση (Α.Χ), είναι οι προτιμότερες λύσεις για την διαχείριση των βιοαποβλήτων, αν η παραγωγή τους δεν μπορεί να προληφθεί, καθώς δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον αντιθέτως προσφέρουν ευεργετικές λύσεις για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών κινδύνων που προκύπτουν από την ταφή (ανεξέλεγκτη ή υγειονομική) τους, και η οποία αποτελεί τη λιγότερη επιθυμητή λύση. Η αποτέφρωση και η αεριοποίηση έρχονται δεύτερες και καταλαμβάνουν κατώτερο σκαλοπάτι στη διαχείριση των βιοαποβλήτων, καθώς δεν παρέχουν τόσα πλεονεκτήματα όσο οι δύο πρώτες μέθοδοι.



Εικόνα 6 Η πυραμίδα ιεράρχησης στόχων διαχείρισης των βιοαποβλήτων

Πηγή: Waste & Resources Action Programme (WRAP) website

[http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/image/Food%20waste%20hierarchy%20\(updated\).png](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/image/Food%20waste%20hierarchy%20(updated).png)

Ειδικότερα, η κομποστοποίηση των βιοαποβλήτων, η οποία αποτελεί την κύρια διεργασία που μελετάται στην παρούσα εργασία συνεπώς, μπορεί να θεωρηθεί μια εναλλακτική, βιώσιμη μέθοδος για την επεξεργασία και παραγωγή χρήσιμων, ασφαλών, σταθεροποιημένων προϊόντων (εδαφοβελτιωτικών), με προστιθέμενη αξία. Τα οφέλη από την αειφόρα διαχείριση και συγκεκριμένα την εκτροπή από την τελική διάθεση και την αερόβια βιολογική επεξεργασία των βιοαποβλήτων είναι πολλαπλά και επισημαίνονται ακολούθως.

1.3.3 Περιβαλλοντικά οφέλη από τη βιώσιμη διαχείριση των βιοαποβλήτων

- 1) Με την εκτροπή του ρεύματος των βιοαποβλήτων από την ταφή σε ΧΥΤΑ μειώνεται η παραγωγή μεθανίου. Το μεθάνιο (CH₄) αποτελεί αέριο με ικανότητα επιδείνωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου, 25 φορές μεγαλύτερη από το διοξείδιο του

άνθρακα. Εκτιμάται ότι η επίτευξη των στόχων που θέτει η ΕΕ για επεξεργασία των βιοαποβλήτων μπορεί να οδηγήσει σε αποφυγή 10 εκατ. ισοδύναμων τόνων διοξειδίου του άνθρακα το 2020.

- 2) Περίπου το 1/3 των στόχων της ΕΕ για το 2020 για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές θα μπορούσε να επιτευχθεί με χρήση του βιοαερίου που παράγεται από τα βιοαπόβλητα ενώ περίπου το 2% του συνολικού στόχου για τη χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας εάν όλα τα βιοαπόβλητα μετατρέπονταν σε ενέργεια.
- 3) Τα καλής ποιότητας προϊόντα χώνευσης και λιπασματοποίησης από αναερόβιο χώνευση θα καθιστούσαν αποτελεσματικότερη την εκμετάλλευση των πόρων επιτρέποντας τη μερική αντικατάσταση των μη ανανεώσιμων ανόργανων λιπασμάτων και συμβάλλοντας στη διατήρηση της ποιότητας των εδαφών στην ΕΕ.
- 4) Οικονομικά, τα οφέλη αποτιμώνται μεταξύ 1,5 και 7 δις. Ευρώ για την ΕΕ.

Στα παραπάνω οφέλη της μείωσης των οργανικών που οδηγούνται προς ταφή θα πρέπει να προστεθούν και τα ακόλουθα:

- Μείωση της ποσότητας των στραγγισμάτων που δημιουργούνται κατά την αναερόβια αποδόμηση των οργανικών όταν αυτά θάβονται σε ΧΥΤΑ. Η επεξεργασία των στραγγισμάτων είναι μια δύσκολη και δαπανηρή διεργασία και πολλές φορές αστοχία στο σχεδιασμό και την κατασκευή στεγανοποίησης του ΧΥΤΑ μπορεί να οδηγήσει σε μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα δυσάρεστες συνέπειες για την υγεία ανθρώπων και ζώων.
- Μείωση της απαιτούμενης έκτασης γης για τη δημιουργία ΧΥΤΑ, ελάφρυνση των υφιστάμενων ΧΥΤΑ από δυσάρεστες οσμές.

Η ποσοτική αποτίμηση του οφέλους που θα έχει το περιβάλλον από την εφαρμογή της χωριστής συλλογής και αξιοποίησης των βιοαποβλήτων έχει ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον και μελετάται από πολλούς επιστήμονες μέσω της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ).

1.3.4 Οφέλη από την αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος και τη χρήση του εδαφοβελτιωτικού

Το σημαντικότερο όφελος της εναλλακτικής διαχείρισης των βιοαποβλήτων είναι η χρήση του εδαφοβελτιωτικού (κόμποστ). Το υλικό αυτό παρουσιάζει εξαιρετικές ιδιότητες σε μια σειρά εφαρμογών στη γεωργία (US EPA, 2015) με την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προφύλαξης και ασφάλειας, κυρίως ως προς την καθαρότητα των αποβλήτων και τηρούνται οι απαιτούμενες προδιαγραφές ποιότητας:

- 1) Το κόμποστ βοηθά στην αποκατάσταση/βελτίωση της δομής των φτωχών εδαφών. Κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης παράγονται ωφέλιμοι μικροοργανισμοί (κυρίως βακτήρια και fungi) τα οποία διασπούν οργανική ουσία προς παραγωγή του χούμου, ενός πλούσιου σε θρεπτικά συστατικά υλικού που αυξάνει την παραγωγικότητα του εδάφους και βελτιώνει την υδατο-ικανότητά του. Επιπλέον, ενισχύει τη δράση των χημικών λιπασμάτων, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για χρήση μεγαλύτερων ποσοτήτων και προστατεύοντας το περιβάλλον από εμφάνιση φαινομένων ευτροφισμού. Η χρήση του κόμποστ καταστέλλει τα φυτοπαθογόνα, οπότε δεν είναι απαραίτητη η χρήση εντομοκτόνων σκευασμάτων.
- 2) Τα εδάφη των μεσογειακών κρατών απειλούνται από ερημοποίηση λόγω της διάβρωσης του εδάφους αλλά και των συχνών και σε μεγάλη έκταση πυρκαγιών που εξαφάνισαν την τελευταία δεκαετία μεγάλες εκτάσεις δασών και καλλιεργειών με αποτέλεσμα την απώλεια οργανικού υλικού και θρεπτικών συστατικών μειώνοντας σημαντικά την γονιμότητα του εδάφους. Η χρήση κόμποστ στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος (Larchevêque et al, 2006).
- 3) Το κόμποστ χρησιμοποιείται σε βιόφιλτρα αφού έχει αποδειχθεί ότι απορροφά τις οσμές και τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs). Μελέτες δείχνουν ότι κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης δεσμεύονται τα βαρέα μέταλλα που υπάρχουν στο εισερχόμενο υλικό και εμποδίζεται η μετανάστευσή τους σε υδάτινους πόρους και η απορρόφηση από τα φυτά. Η επίδραση της κομποστοποίησης δημοτικών αποβλήτων στη συγκέντρωση, τη διαλυτότητα στο νερό και στη συμπεριφορά του μολύβδου (Pb), καδμίου (Cd), ψευδαργύρου (Zn) και χαλκού (Cu) που βρίσκονταν σε υψηλές συγκεντρώσεις πριν την κομποστοποίηση οδηγεί από ευδιάλυτα και ασταθή σύμπλοκα ενώσεων σε πιο σταθερές δομές (Castaldi et al, 2006). Έχει αποδειχθεί (Hanc et al, 2012) ότι η κομποστοποίηση είναι μια κατάλληλη μέθοδος για να μειωθεί σημαντικά η συγκέντρωση άλλων βαρέων μετάλλων όπως το χρώμιο (Cr), το νικέλιο (Ni) και το αρσενικό (As) που μπορεί να περιέχονται σε οικιακά βιοαπόβλητα. Το κόμποστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση ρυπασμένων από συντηρητικά ξυλείας, εντομοκτόνα και χλωριωμένους και μη υδρογονάνθρακες, αποτελώντας μια οικονομική και αποδοτική λύση.

1.4 Η ειδική περίπτωση των απομονωμένων νησιωτικών

περιοχών στη διαχείριση των αποβλήτων

Εδώ και πολλές δεκαετίες το σύστημα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στα Ελληνικά νησιά βασιζόταν αποκλειστικά στην διάθεση τους στο έδαφος, χωρίς προηγούμενη επεξεργασία. Η συντήρηση αυτής της πρακτικής είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική υποβάθμιση των περιβαλλοντικών πόρων, το μέγεθος της οποίας δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί. Επίσης, οι πολύχρονες, μη βιώσιμες, πρακτικές διαχείρισης των ΑΣΑ έχουν παγιώσει συμπεριφορές και αντιλήψεις οι οποίες απαιτούν εκτεταμένες και συνεχείς καμπάνιες ενημέρωσης ώστε να αφυπνιστεί η περιβαλλοντική ευαισθησία και να αλλάξουν η έλλειψη κοινωνικής εμπιστοσύνης και οι τυχόν αρνητικές προκαταλήψεις. Στην ελληνική νομοθεσία έχει ενσωματωθεί μεγάλο τμήμα της συναφούς ευρωπαϊκής νομοθεσίας, με σχετική επιτυχία (βλ. **Ενότητα 2**). Σε πρακτικό επίπεδο, γίνονται αργά, αλλά σταδιακά θετικά βήματα, όμως η διαφοροποίηση στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων παραμένει έντονη σε σύγκριση με τις συνθήκες και το επίπεδο προόδου που επικρατούν σε χώρες της Βόρειας και Δυτικής, κυρίως, Ευρώπης. Το σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα εξακολουθεί να παραμένει σε μεγάλο βαθμό προσανατολισμένο στην εδαφική διάθεση, ενώ τα ποσοστά ανακύκλωσης, αν και σαφώς βελτιωμένα, περιορίζονται ακόμη σε μικρό εύρος ρευμάτων αποβλήτων.

Η περιορισμένη εδαφική έκταση των νησιών σε συνδυασμό με τις εποχικές διακυμάνσεις του πληθυσμού, δημιουργούν συνθήκες δύσκολης συμβίωσης του ανθρώπου με τη φύση και συχνά προκαλούν συγκρούσεις συμφερόντων και δυσκολίες στη διαχείριση των απορριμμάτων. Τα νησιά καλούνται να αντιμετωπίσουν την αυξημένη παραγωγή απορριμμάτων και υποφέρουν από τη διπλή πίεση που ασκούν τα οικονομικά και τα οικολογικά προβλήματα. Η βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων απαιτεί ιδιαίτερη προσπάθεια καθώς η πληθυσμιακή συσσώρευση στη νησιωτική χώρα φτάνει περίπου το 15% του συνολικού πληθυσμού. Τα απορρίμματα των νησιών συλλέγονται και μεταφέρονται με ευθύνη των ΟΤΑ, για να αποθεθούν σε χώρους ταφής. Η διαδικασία αυτή ανήκει στην δικαιοδοσία των δήμων. Οι χώροι πρέπει να πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές, για να μη παρουσιάζονται κρούσματα ανάφλεξης. Το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων υφίσταται ακόμα, καθώς πολλά νησιά δεν διαθέτουν Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).

Στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, η τουριστική βιομηχανία αποτελεί την πιο σημαντική οικονομική δραστηριότητα στα νησιά και ταυτόχρονα, οι περιοχές αυτές έχουν σημαντικούς πόρους, όπως απaráμιλλο φυσικό κάλλος και ιδιαίτερη πολιτιστική κληρονομιά. Επομένως, ο ορθολογικός σχεδιασμός διαχείρισης απορριμμάτων αποτελεί την πιο ουσιαστική παράμετρο. Η αντιμετώπιση της διαχείρισης των απορριμμάτων δε

μπορεί να συντελεστεί με επιτυχία απλά ακολουθώντας το μοντέλο της διαχείρισης όπως στην ηπειρωτική χώρα. Σύμφωνα με τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΚΥΑ 14312/1302, 9/6/2000), τα νησιά έχουν αναγνωριστεί ως ειδική περίπτωση καθώς έχουν μια σειρά από ιδιαιτερότητες που επιβάλλουν την ξεχωριστή αντιμετώπισή τους. Αυτές οι ιδιαιτερότητες που αντιπροσωπεύουν το νησιωτικό χώρο δίνονται στο Διάγραμμα 3 που ακολουθεί.

Αναφορικά με τις έως τώρα πρωτοβουλίες και προγράμματα που υλοποιούνται σε νησιωτικούς Δήμους και Κοινότητες, σημειώνεται ότι παρά την επιτυχία τους, θεωρούνται σποραδικές. Οι περισσότερες δράσεις που έχουν υλοποιηθεί μέχρι σήμερα διεξήχθησαν βασιζόμενες στη μέθοδο της ΔσΠ με κάδους χωροθετημένους σε κεντρικά ή ειδικά σημεία. Με ελάχιστες εξαιρέσεις τα συλλεγόμενα απόβλητα-στόχοι ήταν ανακυκλώσιμα και συγκεκριμένα το χαρτί και το αλουμίνιο, ενώ η διάρκεια 'ζωής' τους ήταν έως δύο έτη. Προγράμματα σχετικά με τη διαχείριση των βιοαποβλήτων σε μικρά και μεσαία νησιά είναι μικρής κλίμακας και περιορίζονται κατά κύριο λόγο στην οικιακή κομποστοποίηση. Τα προγράμματα ανακύκλωσης λοιπόν που εφαρμόστηκαν στα ελληνικά νησιά παρουσίασαν κυρίως οργανωτικής και οικονομικής φύσεως προβλήματα. Η μη ικανοποιητική οργάνωση αποδίδεται σε πιθανό ελλιπή σχεδιασμό και απουσία συνεχούς στήριξης των προγραμμάτων, η οποία επαφίεται συνήθως στην πρωτοβουλία μεμονωμένων ενθουσιωδών ατόμων ή/και αιρετών. Από την άλλη πλευρά, τα οικονομικής φύσεως εμπόδια αποδίδονται κυρίως στο μικρό εύρος της κλίμακας εφαρμογής, καθώς και στις δυσκολίες που προκύπτουν από την ανάγκη μεταφοράς των ανακυκλώσιμων υλικών σε μακρινές αποστάσεις, δεδομένου ότι αυτά μπορούν να απορροφηθούν και να αξιοποιηθούν κυρίως σε εγκαταστάσεις και βιομηχανίες της ηπειρωτικής χώρας, ελλείψει των οργανωμένων εγκαταστάσεων στα νησιά (Σπιλάνης Ι κ.ά., 2011).

Αποκτώντας μια ευρύτερη ματιά των διαστάσεων του προβλήματος στην Ευρώπη, υπάρχουν 310 νησιά τα οποία προσφέρουν διαμονή για περισσότερο από το 3% του συνολικού πληθυσμού της ΕΕ. Αυτό ισοδυναμεί με 15 εκατομμύρια πολίτες οι οποίοι πρέπει να και έχουν ανάγκη να ζουν σε ένα υγιές περιβάλλον. Η σωστή διαχείριση των αποβλήτων οδηγεί στην ενίσχυση της προστασίας των φυσικών πόρων και της ανθρώπινης υγείας. Όσο πιο αποτελεσματική είναι η προστασία του περιβάλλοντος, τόσο πιο υγιής είναι και η κοινωνία μας. Μια υγιής κοινωνία συμβάλλει με τη σειρά της σε μια πλουσιότερη οικονομία και όλα αυτά αποτελούν αναπόσπαστα κομμάτια ενός βρόχου, γνωστού και ως αειφόρος ανάπτυξη (Falzon,2012).

Γεωγραφική θέση	Κλιματολογικά χαρακτηριστικά	Κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά	Γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά	Κόστος μεταφοράς	Διοικητικά χαρακτηριστικά
<ul style="list-style-type: none"> •Απόσταση από την ηπειρωτική χώρα •Απόσταση από άλλο νησί •Συχνότητα κακοκαιρίας / απαγόρευση απόπλου πλοίων 	<ul style="list-style-type: none"> •Μεγάλη περίοδος υψηλών θερμοκρασιών που επιτείνει τα προβλήματα δυσοσμίας και τους κινδύνους υγείας και επιπλέον συντελεί στην αύξηση της παρουσίας συσκευασιών αναψυκτικών, χυμών κλπ στα απορρίμματα •Ισχυροί άνεμοι που προκαλούν διασπορά των απορριμμάτων •Οι υψηλές θερμοκρασίες που συμβάλουν στην γρήγορα αποδόμηση του οργανικού κλάσματος με ταυτόχρονη δημιουργία οχλήσεων (έκλυση δυσάρεστων οσμών), αλλά συνετελούν & στην αύξηση της παρουσίας συσκευασιών αναψυκτικών, χυμών κλπ στα ΑΣΑ 	<ul style="list-style-type: none"> •Σημαντική πληθυσμιακή αύξηση την τουριστική περίοδο •Σημαντική εξάρτηση της τοπικής οικονομίας από τον τουρισμό •Συγκέντρωση των περισσότερων εμπορικών δραστηριοτήτων σε λίγα μέρη του νησιού 	<ul style="list-style-type: none"> •Περιορισμένη διαθέσιμη γη •Περιορισμένα υδατικά αποθέματα, ευαίσθητος υδροφορέας 	<ul style="list-style-type: none"> •Μεγάλο κόστος μεταφοράς των ανακυκλώσιμων αποβλήτων σε κέντρα συλλογής στην ηπειρωτική χώρα, όπου εφαρμόζονται προγράμματα ανακύκλωσης 	<ul style="list-style-type: none"> •Δυσκολία στην εφαρμογή κοινής διαχείρισης με την ηπειρωτική χώρα ή με μεγαλύτερα νησιά •Συχνή έλλειψη πόρων για τη λειτουργία συστήματος επεξεργασίας και διάθεσης απορριμμάτων

Διάγραμμα 3 Ιδιαιτερότητες νησιωτικών περιοχών

Πηγή: ΚΥΑ 14312/1302, 9/6/2000

2

Η στρατηγική της βιώσιμης ανάπτυξης και της κυκλικής οικονομίας στην Ε.Ε. και την Ελλάδα: τάσεις της περιβαλλοντικής πολιτικής και θεσμικό πλαίσιο στη διαχείριση των βιοαποβλήτων

Η σωστή διαχείριση των αποβλήτων συμβάλει δραματικά στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της χρήσης των πόρων στο περιβάλλον. Λόγω των τεράστιων περιβαλλοντικών προβλημάτων που έχουν δημιουργηθεί, η σωστή διαχείριση των αποβλήτων είναι προτεραιότητα σε όλες σχεδόν τις ευρωπαϊκές χώρες.

Ο σημαντικότερος στόχος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας είναι να καταστεί πιο αποδοτική η χρήση των φυσικών πόρων. Πιο συγκεκριμένα, ο βασικότερος στόχος είναι κάθε χώρα να αξιοποιεί στο μέγιστο βαθμό τους φυσικούς της πόρους, έτσι ώστε να αυξήσει τα οικονομικά οφέλη της μειώνοντας συγχρόνως το κόστος στο περιβάλλον και την επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας. (ΕΕ, 2011)

Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης επικεντρώνεται :

- Στην παραδοχή ότι η πρόληψη είναι προτιμότερη από τη λήψη διορθωτικών μέτρων
- Τα περιβαλλοντικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους
- Η περιβαλλοντική πολιτική πρέπει να ενσωματώνεται και στις λοιπές πολιτικές της Ευρωπαϊκής Κοινότητας

Πιο συγκεκριμένα, οι κυριότερες κοινοτικές και εθνικές νομοθεσίες και θεσμοθετημένοι στόχοι περιλαμβάνονται στις ακόλουθες ενότητες 2.1 και 2.2.

2.1 Κοινοτική νομοθεσία και στόχοι που απορρέουν

2.1.1 Οδηγία για τα Απόβλητα 2008/98/ΕΚ

Η νέα Οδηγία πλαίσιο 2008/98/ΕΚ, η οποία ενσωματώθηκε στο ελληνικό δίκαιο με το Ν. 4042/2012, αντικαθιστά την Οδηγία 2006/12/ΕΚ, καταργεί τις Οδηγίες για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων και των λιπαντικών - 75/439/ΕΚ, 91/689/ΕΚ. Η Οδηγία θεσπίζει την ιεραρχία δράσεων για το σχεδιασμό της διαχείρισης των απορριμμάτων (πρόληψη, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση, διάθεση), προβλέπει τη θέσπιση στόχων πρόληψης της παραγωγής των απορριμμάτων μέχρι το 2014, προβλέπει τη χωριστή συλλογή υλικών όπως το χαρτί, τα μέταλλα, το πλαστικό, το γυαλί από το 2015 και θέτει τους εξής στόχους ανακύκλωσης:

- έως το 2020 η προετοιμασία για την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των υλικών αποβλήτων, όπως το χαρτί, το μέταλλο, το πλαστικό και το γυαλί από τα νοικοκυριά και ενδεχομένως άλλης προέλευσης στο βαθμό που τα απόβλητα αυτά είναι παρόμοια με τα απόβλητα των νοικοκυριών, πρέπει να αυξηθεί κατ' ελάχιστον στο 50 % ως προς το συνολικό βάρος.
- έως το 2020 η προετοιμασία για την επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση και η ανάκτηση των αποβλήτων εκσκαφών κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.) πρέπει να αυξηθεί κατά 70 % τουλάχιστον ως προς το βάρος.

Επίσης καθορίζει πότε η αποτέφρωση των απορριμμάτων θεωρείται ανάκτηση και όχι διάθεση, σε συμφωνία και με τα έγγραφα αναφοράς των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών για την αποτέφρωση των αποβλήτων (IPPC Directive).

Αναφορικά με τα Βιολογικά απόβλητα³, η Οδηγία δεν επιβάλλει ποσοτικούς στόχους αλλά προτρέπει (άρθρο 22) :

³ Ορισμός σύμφωνα με την 98/2008: τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα κήπων και πάρκων, τα απορρίμματα τροφών και μαγειριών από σπίτια, εστιατόρια, εγκαταστάσεις ομαδικής εστίασης και χώρους πωλήσεων λιανικής και τα συναφή απόβλητα από εγκαταστάσεις μεταποίησης τροφίμων.

1. Την ξεχωριστή συλλογή τους με στόχο την ξεχωριστή επεξεργασία τους
2. Την επεξεργασία του οργανικού κλάσματος με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος
3. Τη χρήση περιβαλλοντικά ασφαλών προϊόντων από την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων

Η Οδηγία πλαίσιο θέτει όπως αναφέρθηκε το στόχο της ανακύκλωσης του 50% των οικιακών και ενδεχομένως άλλης προέλευσης απορριμμάτων στο βαθμό που τα απόβλητα αυτά είναι παρόμοια με τα απόβλητα των νοικοκυριών, καθώς και την χωριστή συλλογή υλικών, τουλάχιστον όσον αφορά στο γυαλί, πλαστικό, χαρτί και μέταλλο. Τη δεδομένη χρονική στιγμή η Ε.Ε. δεν έχει καθορίσει την ακριβή ερμηνεία και τις μεθόδους εφαρμογής και υπολογισμού για τον παραπάνω στόχο ανακύκλωσης. Επισημαίνεται επίσης ότι οι στόχοι που τίθενται είναι εθνικοί. Παρόλα αυτά, όπως συνέβη και με τους στόχους για την εκτροφή των ΒΑΑ από τους Χ.Υ.Τ.Α., οι στόχοι αυτοί ενδέχεται να καταμεριστούν αναλογικά στην Περιφέρεια.

2.1.2 Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής απορριμμάτων⁴

Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, στοχεύει στην πρόληψη ή στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων στο περιβάλλον, και ειδικότερα στις επιπτώσεις στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα ή στην υγεία του ανθρώπου. Η Οδηγία ταξινομεί τους χώρους ταφής σε τρεις κατηγορίες:

- Χώροι Υγειονομικής Ταφής Επικινδύνων Αποβλήτων (ΧΥΤΕΑ)
- Χώροι Υγειονομικής Ταφής μη επικινδύνων αποβλήτων / υπολειμμάτων (ΧΥΤΑ/Υ)
- Χώροι Υγειονομικής Ταφής αδρανών αποβλήτων (ΧΥΤ Αδρανών)

Επιπροσθέτως, αποσκοπώντας στη διασφάλιση της ελεγχόμενης διάθεσης των αποβλήτων, απαγορεύει τη διάθεση αποβλήτων χωρίς να προηγηθεί η επεξεργασία τους και επιβάλλει ποσοτικούς στόχους για την εκτροφή των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων από τους χώρους διάθεσης:

- Μέχρι 16 Ιουλίου του 2010 τα ΒΑΑ που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ να μειωθούν στο 75% σε σχέση με τις ποσότητες βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που παράχθηκαν το 1995.

⁴ Οδηγία 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 182 της 16.7.1999. Διαθέσιμο στο: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0031:EL:NOT>

- Μέχρι 16 Ιουλίου του 2013 η μείωση αυτή να φτάσει στο 50%, και
- Μέχρι 16 Ιουλίου του 2020 η μείωση να φθάσει στο 35%

Επισημαίνεται ότι από τους παραπάνω στόχους, σύμφωνα με το άρθρο 3 της Οδηγίας, εξαιρείται η ιλύς.

2.2 Εθνική νομοθεσία και θεσμοθετημένοι στόχοι

2.2.1 Νόμος 4042/2012 «Ποινική προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.»⁵

Με τον εν λόγω νόμο ενσωματώνεται στην εθνική μας νομοθεσία η Οδηγία 98/2008/ΕΚ. Όπως προαναφέρθηκε, θεσπίζει την ιεραρχία δράσεων για το σχεδιασμό της διαχείρισης των απορριμμάτων (πρόληψη, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση, διάθεση), προβλέπει τη θέσπιση στόχων πρόληψης της παραγωγής των απορριμμάτων μέχρι το 2014 επιβάλλοντας πλέον ειδικό πρόστιμο ταφής. Συγκεκριμένα, με το άρθρο 43 οι οργανισμοί ή οι επιχειρήσεις που διαθέτουν σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής τα απόβλητα που κατατάσσονται στους παρακάτω κωδικούς ΕΚΑ 20 01 08, 20 02 01, 20 02 02, 20 03 01, 20 03 02, 20 03 07 17 01, 17 02, 17 03 02, 17 05 04, 17 05 06, 17 09 04, χωρίς να έχουν προηγηθεί εργασίες επεξεργασίας επιβαρύνονται από 1/1/2014 με 35 ευρώ ανά τόνο, ποσό που θα αυξάνεται ετησίως 5 ευρώ έως του ποσού των 60 ευρώ.

Επίσης προβλέπει τη χωριστή συλλογή υλικών όπως τουλάχιστον το χαρτί, μέταλλα, πλαστικό, γυαλί από το 2015 και αναφέρει ότι έως το 2020 η προετοιμασία για την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των υλικών αποβλήτων, όπως τουλάχιστον το χαρτί, το μέταλλο, το πλαστικό και το γυαλί από τα νοικοκυριά και ενδεχομένως άλλης προέλευσης στο βαθμό που τα απόβλητα αυτά είναι παρόμοια με τα απόβλητα των νοικοκυριών, πρέπει να αυξηθεί κατ' ελάχιστον στο 50% ως προς το συνολικό βάρος.

⁵ Νόμος 4042/2012 - Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ - Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ - Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ 24/Α/13.2.2012)]. Διαθέσιμο: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=7Z1up05Xrto%3d&tabid=777&language=el-GR>

Ειδικά για τα βιοαπόβλητα, με το Άρθρο 41, έως το 2015, αναφέρει ότι το ποσοστό χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων πρέπει να ανέλθει, κατ' ελάχιστον στο 5% του συνολικού βάρους των βιολογικών αποβλήτων και έως το 2020, κατ' ελάχιστον, στο 10% του συνολικού βάρους των βιολογικών αποβλήτων.

2.2.2 ΚΥΑ 29407/3508, ΦΕΚ 1572B/2002 16.12.2002 «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων»

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση 29407/3508⁶ ενσωματώνει στο εθνικό δίκαιο την κοινοτική Οδηγία 99/31/ΕΚ του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων («περί υγειονομικής ταφής αποβλήτων»), η οποία επιτάσσει τις εξής δράσεις : α) η χώρα να εισάγει άμεσα τεχνολογίες επεξεργασίας αποβλήτων, β) να θέσει αυστηρότερους κανόνες λειτουργίας των Χ.Υ.Τ.Α., γ) να εισάγει αλλαγές στην κοστολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών, δ) να αναβαθμίσει και να μετασχηματίσει τους φορείς διαχείρισης, ε) να αλλάξει τη διαδικασία σχεδιασμού και αδειοδότησης των έργων.

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στο να κατασκευάζονται λιγότεροι και πιο ελεγχόμενοι ΧΥΤΑ., να λειτουργούν με πολύ υψηλά πρότυπα (standards) και, σταδιακά όπου είναι δυνατό, να μετατρέπονται σε ΧΥΤΥ. Οι πλέον ουσιαστικές υποχρεώσεις που προκύπτουν για την Ελλάδα περιλαμβάνουν:

1. Την υλοποίηση προγραμμάτων επεξεργασίας αποβλήτων όπου αφορά όλα τα απόβλητα πριν αυτά οδηγηθούν προς υγειονομική ταφή, σύμφωνα με το άρθρο 7 σε χώρους ταφής οδηγούνται προς διάθεση μόνο τα απόβλητα που έχουν υποστεί επεξεργασία. Η υποχρέωση αυτή ισχύει για όλους τους νέους χώρους ταφής, ενώ για τους υφιστάμενους δίνει περιθώριο 2 ετών. Σημειώνεται ότι ως υφιστάμενοι θεωρούνται αυτοί που λειτουργούσαν πριν την έκδοση της ΚΥΑ ή αυτοί για τους οποίους έχει εκδοθεί άδεια λειτουργίας.

Η επεξεργασία των στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει:

⁶ Υ.Α. Η.Π. 29407/3508/2002 - Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων (ΦΕΚ 1572/B/16.12.2002). Διαθέσιμο: http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b1572_2002.1126869857589.pdf

- Τη διαλογή υλικών στην πηγή (συσκευασιών, οργανικών, πράσινων, επικίνδυνων οικιακών κλπ) καθώς μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, περιορίζει τον όγκο ή και τις επικίνδυνες ιδιότητες αυτών και βελτιώνει την ανάκτηση χρήσιμων υλικών
- Τη μηχανική διαλογή (ακριβώς για τους ίδιους λόγους)
- Τη μεταφόρτωση και τη δεματοποίηση (μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά, περιορίζει τον όγκο και διευκολύνει την διακίνηση)
- Τις τεχνολογίες θερμικής, φυσικής, χημικής και βιολογικής επεξεργασίας και τους συνδυασμούς τους

2. Τη δέσμευση για μία μέγιστη ποσότητα Β.Α.Α. που επιτρέπεται να οδηγείται σε χώρους ταφής. Οι στόχοι που θέτει η ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508 είναι :

- Μέχρι την 16 Ιουλίου του 2010, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 75% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995.
- Μέχρι την 16 Ιουλίου του 2013, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 50% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995.
- Μέχρι την 16 Ιουλίου του 2020, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 35% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995.

Η επίτευξη των παραπάνω οδηγεί στην αξιοποίηση των αποβλήτων και ειδικότερα στην ανακύκλωση, λιπασματοποίηση ή παραγωγή βιομεθανίου ή ανάκτηση υλικών/ ενέργειας (άρθρο 21 Παράρτημα IV.Β της ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727).

3. Τις αλλαγές που προβλέπονται όσον αφορά στον σχεδιασμό, την κατασκευή, την αδειοδότηση και την λειτουργία των ΧΥΤΑ.

4. Τις αλλαγές στην κοστολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών σύμφωνα με την ΚΥΑ θα περιλαμβάνει εκτός από τα κόστη κατασκευής και λειτουργίας και:

- Το κόστος της χρηματοοικονομικής ή ισοδύναμης εγγύησης, προκειμένου να εξασφαλίζονται η εκπλήρωση των υποχρεώσεων της άδειας και η τήρηση των διαδικασιών της παύσης λειτουργίας.
- Το κόστος της μετέπειτα φροντίδας του ΧΥΤΑ για μια περίοδο τουλάχιστον 30 ετών.

2.2.3 ΚΥΑ 50910/2727, ΦΕΚ 1909Β/22-12-03 «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων/ Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης»

Με την παραπάνω Κοινή Υπουργική Απόφαση ενσωματώθηκε η βασική Κοινοτική Νομοθεσία που αφορά στα στερεά απόβλητα, όπως αυτή εκφράζεται από την οδηγία 75/442/ΕΟΚ όπως τελικά κωδικοποιήθηκε με την 2006/12/ΕΚ «περί στερεών αποβλήτων». Ειδικότερα, τίθενται οι στόχοι και οι αρχές που πρέπει να ισχύουν σε επίπεδο χώρας και δίνονται οι γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Παρουσιάζεται η εθνική στρατηγική για τα στερεά απόβλητα που στοχεύει στη λήψη των αναγκαίων μέτρων για τη ορθολογική και ολοκληρωμένη διαχείριση αυτών και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων διέπεται από τις ακόλουθες αρχές:

- α) Την αρχή της πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων
- β) Την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», με έμφαση στην ευθύνη του παραγωγού των αποβλήτων
- γ) Την αρχή της εγγύτητας, που σημαίνει ότι τα απόβλητα πρέπει να οδηγούνται σε μία από τις πλησιέστερες κατάλληλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας ή/και διάθεσης, με κύριο κριτήριο το περιβαλλοντικά αποδεκτό και οικονομικά εφικτό της διαχείρισης

Εξάλλου, στον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΣΔΣΑ), ο οποίος καταρτίζεται στο πλαίσιο της προαναφερθείσας ΚΥΑ, ιεραρχούνται τα παραπάνω ως ακολούθως:

1. Πρόληψη ή μείωση της παραγωγής αποβλήτων (ποσοτική μείωση) καθώς και μείωση της περιεκτικότητας αυτών σε επικίνδυνες ουσίες (ποιοτική βελτίωση).
2. Αξιοποίηση των υλικών που προέρχονται από τα απόβλητα με τη μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης και την ανάκτηση προϊόντων και ενέργειας.
3. Τελική διάθεση των αποβλήτων, που δεν υπόκεινται σε διεργασίες αξιοποίησης, και των υπολειμμάτων της επεξεργασίας των αποβλήτων, κατά τρόπο περιβαλλοντικά αποδεκτό, στοχεύοντας στην αειφορία.

Επίσης, επαναλαμβάνονται στόχοι για την μέγιστη ποσότητα Β.Α.Α. που επιτρέπεται να οδηγείται σε χώρους ταφής., όπως αυτοί αναφέρονται και στην ΚΥΑ 29407/3508.

2.2.4 ΕΣΔΑ 2015

Σύμφωνα με την πρόσφατη αναθεώρηση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων⁷ (ΕΣΔΑ) (Ιούλιος 2015), οι γενικοί στόχοι είναι οι παρακάτω:

- 1) Σταθεροποίηση παραγωγής αποβλήτων στα επίπεδα του 2011, με φθίνουσα τάση
- 2) Προτεραιότητα στην διαλογή αποβλήτων υλικών στην πηγή με σκοπό στην συνέχεια να οδηγηθούν σε – αποκεντρωμένες – υποδομές διαχείρισης, έναντι της διαχείρισής τους σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας σύμμεικτων ΑΣΑ.
- 3) Ολοκλήρωση του αναγκαίου δικτύου με τη προσθήκη του νέου δικτύου των Πράσινων Σημείων –ΚΑΕΣΔΙΠ σε υποδομές διαχείρισης αποβλήτων έως το 2020\
- 4) Μείωση στο ελάχιστο δυνατό της συνολικής ποσότητας ανακτήσιμων αποβλήτων που διατίθενται για υγειονομική ταφή
- 5) Ριζικός ανασχεδιασμός των υφιστάμενων υποδομών διαχείρισης, με στόχο τη ριζική αναβάθμιση της ανακύκλωσης και ανάκτησης με χωριστή συλλογή έως το 2020
- 6) Περαιτέρω αξιοποίηση δευτερογενών υλικών (κομπόστ /compost, κομπόστ τύπου Α) με εξασφάλιση αυστηρών ποιοτικών προδιαγραφών
- 7) Ανάκτηση ενέργειας σε συμπληρωματικό ρόλο, όταν έχουν εξαντληθεί τα περιθώρια άλλου είδους ανάκτησης
- 8) Συστηματική καταγραφή και παρακολούθηση των δεδομένων παραγωγής και διαχείρισης των αποβλήτων - Δημιουργία ηλεκτρονικού μητρώου δεδομένων αποβλήτων έως το 2015, το οποίο θα είναι προσβάσιμο από όλους τους αρμόδιους φορείς
- 9) Αναμόρφωση κεντρικού μηχανισμού παρακολούθησης και ελέγχου της διαχείρισης των αποβλήτων
- 10) Ανάπτυξη εθνικής επικοινωνιακής στρατηγικής για τα απόβλητα έως και το 2015, η οποία θα προκαθορίσει ομάδες-στόχους και θα αξιοποιήσει το σύνολο των προσβάσιμων τρόπων επικοινωνίας (π.χ. κοινωνικά μέσα δικτύωσης)
- 11) Αναθεώρηση των Περιφερειακών Σχεδίων (ΠΕΣΔΑ) με γνώμονα το παρόν ΕΣΔΑ έως τον Σεπτέμβριο του 2015. Βασικά χαρακτηριστικά τους το μοντέλο αποκεντρωμένης διαχείρισης των αποβλήτων, με κεντρικό άξονα την πρόληψη – επαναχρησιμοποίηση αλλά και την οικονομική ανάπτυξη της Τοπικής Αυτοδιοίκησης με ίδιους πόρους, από την ανακύκλωση, σε άμεση συνεργασία με τους δημότες – ανακυκλωτές

⁷ Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) και το Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων εγκρίθηκαν με την Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου 49 της 15.12.2015 «Τροποποίηση και έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (Ε.Σ.Δ.Α.) και του Εθνικού Στρατηγικού Σχεδίου Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων που κυρώθηκαν με την 51373/4684/ 25-11-2015 κοινή απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών και Διοικητικής Ανασυγκρότησης και Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σύμφωνα με το άρθρο 31 του Ν. 4342/2015» (ΠΥΣ 49/15.12.2015 (ΦΕΚ 174Α)) (<http://www.ypeka.gr/>)

- 12) Εκπόνηση και εφαρμογή τοπικών σχεδίων αποκεντρωμένης διαχείρισης από όλους τους Δήμους, το αργότερο εντός 5μηνών από την ισχύ του παρόντος
- 13) Εξάλειψη της ανεξέλεγκτης διάθεσης αστικών αποβλήτων εντός του 2015 και λοιπών αποβλήτων έως το 2018
- 14) Ορθολογική διαχείριση των ιστορικά αποθηκευμένων αποβλήτων, με υποβολή των σχετικών προγραμμάτων/ σχεδίων συμμόρφωσης από τους υπόχρεους έως τα τέλη του πρώτου εξαμήνου του 2016. Κατόπιν έγκρισης των παραπάνω σχεδίων συμμόρφωσης η διαχείριση των αποβλήτων και η αποκατάσταση των χώρων αποθήκευσής τους θα ολοκληρωθεί βάσει αυστηρού χρονοδιαγράμματος μέχρι το τέλος 2016, λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια όπως κυρίως η επικινδυνότητα και η ποσότητα
- 15) Προτεραιότητα στην διαλογή υλικών στην πηγή μέσα από αποκεντρωμένες υποδομές, έναντι της ανάκτησης σε συγκεντρωτικές εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής σύμμεικτων ΑΣΑ
- 16) Αποκατάσταση των κυριότερων ρυπασμένων χώρων διάθεσης αποβλήτων έως το 2020.

Σημειώνεται ότι ο ΕΣΔΑ ορίζει ως έτος για τον προσδιορισμό των ποσοτήτων απορριμμάτων που θα καταλήξουν σε ΧΥΤΑ, το 1997 και όχι το 1995, όπως ο ΠΕΣΔΑ του 2008. Αναφορικά με τα απόβλητα συσκευασίας, ο ΕΣΔΑ 2015 ορίζει βάση της ΥΑ 9268/469/2007.

Πιο συγκεκριμένα, για τα αστικά στερεά απόβλητα και δη για τα βιοαπόβλητα και για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα των ΑΣΑ ορίζονται οι ποσοτικοί στόχοι που παρατίθενται στον Πίνακα 2:

Πίνακας 2: Ποσοτικοί στόχοι διαχείρισης ΑΣΑ στο νέο ΕΣΔΑ 2015

Ρεύμα αποβλήτου	Έτος		Περιγραφή στόχου
Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα (ΒΑΑ) (ΚΥΑ 29407/3508/2002)	2020		Μείωση αποβλήτων που οδηγούνται σε υγειονομική ταφή στο 35% κ.β. σε σχέση με τα επίπεδα παραγωγής του 1997
Βιοαπόβλητα	2015	5%	του συνολικού βάρους σε χωριστή συλλογή
	2020	40%	
Ανακυκλώσιμα Υλικά	2015		Καθιέρωση χωριστής συλλογής τουλάχιστον σε χαρτί, γυαλί, μέταλλα και πλαστικό. Η χωριστή συλλογή σε λιγότερα ρεύματα υλικών αποβλήτων μπορεί να γίνεται μόνο εφόσον αυτό τεκμηριώνεται από άποψη περιβαλλοντική, τεχνική και οικονομική. Για τα Πράσινα Σημεία τα ρεύματα αποβλήτων θα είναι περισσότερα
	2020		65% κ.β. προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση τουλάχιστον για χαρτί, μέταλλα, πλαστικό και γυαλί

2.2.5 ΚΥΑ 114218/1997

Η πρώτη ΚΥΑ που έθεσε τεχνικές προδιαγραφές για τη διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) ήταν η ΚΥΑ 114218/1997. Αναφορικά με το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων, οι προδιαγραφές περιορίζονταν στη γενική λειτουργία της αερόβια επεξεργασία, και στα χαρακτηριστικά του παραγόμενου κόμποστ από επεξεργασία σύμμεικτων απορριμμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, για τις μονάδα κομποστοποίησης η ΚΥΑ προέβλεπε εν συντομία τα παρακάτω:

- Στις μονάδες κομποστοποίησης θα πρέπει να προβλέπεται κεντρικός αεραγωγός με διακλαδώσεις για την αναρρόφηση του αέρα από κάθε κτήριο κομποστοποίησης. Αυτός ο αέρας, εφόσον προηγουμένως διέλθει από υδατοπαγίδες, θα πρέπει να καταλήγει σε φίλτρα απόσμησης (συνήθως βιόφιλτρα).
- Στη ραφιναρία θα πρέπει να υπάρχουν διακλαδώσεις για την αναρρόφηση αέρα από τις ακόλουθες θέσεις: 1) χοάνη υποδοχής του κόμποστ, 2) κόσκινα και 3) λοιπό εξοπλισμό εξευγενισμού. Ο αναρροφούμενος αέρας θα πρέπει να καταλήγει σε φίλτρα αποκονίωσης. Ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων αποκονίωσης και μείωσης των οσμών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 98%.Ειδικότερα για τις βαρυμετρικές τράπεζες ο αέρας εφόσον θα οδηγείται σε κυκλώνα θα καταλήγει τελικά σε φίλτρο αποκονίωσης.
- Η σκόνη των φίλτρων αποκονίωσης θα πρέπει να συλλέγεται σε ειδικούς χώρους και θα διατίθεται έπειτα απόστερεοποίηση / σταθεροποίηση.Τα απενεργοποιημένα φίλτρα θα διατίθενται σε ΧΥΤΑ ή θα καίγονται σε ειδικές εγκαταστάσεις οι οποίες θα πληρούν τις προδιαγραφές καθαρισμού των αερίων της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων.
- Τα στραγγίσματα από τη μονάδα κομποστοποίησης θα πρέπει να συλλέγονται και όσα από αυτά δεν επανατρέπονται στο σώμα του κομποστοποιημένου υλικού θα πρέπει να οδηγούνται στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της εγκατάστασης.

Τα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων από εγκαταστάσεις Μηχανικής Διαλογής - Κομποστοποίησης σύμφωνα με την εν λόγω ΚΥΑ, ήταν τα παρακάτω:

Πίνακας 3 Ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων από εγκαταστάσεις Μηχανικής Διαλογής - Κομποστοποίησης σύμφωνα με την ΚΥΑ114218/1997

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

Στην ΚΥΑ δεν αναφέρονταν προδιαγραφές για την αναερόβια χώνευση, αλλά ούτε και για την καύση βιομάζας / δευτερογενούς καυσίμου πλούσιο σε βιομάζα. Αναφορικά γινόνταν μονό σε RDF (Refuse Derived Fuel) το οποίο αποτελείτε κυρίως από πλαστικό και χαρτί (αθροιστικά >95% σε Ξ.Β.).

2.2.6 ΚΥΑ 56366/4351/2014

Η ΚΥΑ 56366/4351/2014(ΦΕΚ Β 3339 12.12.2014), δημοσιεύτηκε τέλος Δεκεμβρίου 2014 και τροποποιεί την ΚΥΑ 114218/1997, εισάγοντας νέα όρια για το κομπόστ, τεχνικές προδιαγραφές τόσο για την αερόβια όσο και για την αναερόβια διαδικασία επεξεργασίας,

⁸ Ξ.Β. Ξηρού Βάρους

ενώ παράλληλα παραθέτει και οριακές τιμές για τα δευτερογενή καύσιμα (SRF – solid recovered fuel ή RDF).

Ορισμοί:

Συμπληρωματικά προς τους ορισμούς του άρθρου 11 του Ν. 4042/2012, η εν λόγω ΚΥΑ εισαγάγει και τους παρακάτω ορισμούς:

1. «σύμμεικτα αστικά απόβλητα»: τα αστικά απόβλητα τα οποία δεν έχουν διαχωριστεί στην πηγή ή δεν έχουν υποβληθεί σε διαδικασία διαχωρισμού (ΕΚΑ 20 03 01),
2. «μηχανική – βιολογική επεξεργασία»: συνίσταται σε τεχνικές που συνδυάζουν τη μηχανική επεξεργασία (διαλογή) με τη βιολογική επεξεργασία (αερόβια χώνευση ή αναερόβια χώνευση) σύμμεικτων αστικών αποβλήτων, προκειμένου να περιοριστούν ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητες τους, να σταθεροποιηθούν, να διευκολυνθεί η διακίνηση τους ή να βελτιωθεί η ανάκτηση χρήσιμων υλών ή οι ιδιότητες καύσης τους,
3. «αερόβια επεξεργασία (κομποστοποίηση)»: η ελεγχόμενη αερόβια (οξειδωτική) βιολογική διαδικασία αποδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών, που πραγματοποιείται υπό τις φυσικές και χημικές εκείνες συνθήκες που ευνοούν τη διαδοχή συγκεκριμένων θερμοφίλων, θερμο άντοχων και μεσόφιλων μικροβιακών πληθυσμών,
4. «αναερόβια χώνευση»: η ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών υλικών απουσία οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες), σε θερμοκρασίες κατάλληλες για την ανάπτυξη μεσόφιλων ή θερμοφίλων βακτηρίων, που οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (ένα μίγμα κυρίως μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα) και ενός υδαρούς υπολείμματος (χώνευμα),
5. «κομπόστ (compost)»: το υγειονοποιημένο και σταθεροποιημένο στερεό υλικό, το οποίο προκύπτει από την κομποστοποίηση οργανικών υλικών,
6. «χώνευμα (digestate)»: το υδαρές υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης βιοδιασπώμενων υλικών. Μπορεί να είναι ενιαίο αιώρημα (μείγμα υγρού και στερεού) ή να διαχωρίζεται σε υγρή φάση και στερεό πλακούντα,
7. «κομπόστ τύπου A⁹»: το υγειονοποιημένο και σταθεροποιημένο κομπόστ που προκύπτει από την επεξεργασία σύμμεικτων αστικών αποβλήτων,
8. «χώνευμα τύπου A»: το υγειονοποιημένο και σταθεροποιημένο χώνευμα που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση σύμμεικτων αστικών αποβλήτων σε μορφή στερεού πλακούντα,
9. «απορριμματογενές ανακτώμενο στερεό καύσιμο (SRF ή RDF)»: καύσιμο που ανακτάται κατά τη μηχανική – βιολογική επεξεργασία των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων και πληροί τις προδιαγραφές κατηγοριοποίησης της ευρύτερης

⁹ Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται εκτενώς ως Compost Like Output - CLO.

κατηγοριοποίησης των στερεών ανακτηθέντων καυσίμων SRF σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15359:2011.

10. «επίχωση»: εργασία ανάκτησης κατά την οποία χρησιμοποιούνται κατάλληλα μη επικίνδυνα απόβλητα, υποκαθιστώντας υλικά που δεν είναι απόβλητα, σε χώρους όπου έχουν γίνει εκσκαφές, με σκοπό την ποιοτική αποκατάσταση τους ή για λόγους μηχανικής ισορροπίας στην αρχιτεκτονική τοπίου,
11. «αποκατάσταση εδάφους»: Η χρησιμοποίηση κομπόστ τύπου Α ή χωνεύματος τύπου Α για την βελτίωση της ποιότητας του εδάφους.

3

Κομποστοποίηση: μια εναλλακτική, βιώσιμη μέθοδος διαχείρισης των βιοαποβλήτων

3.1 Ορισμός

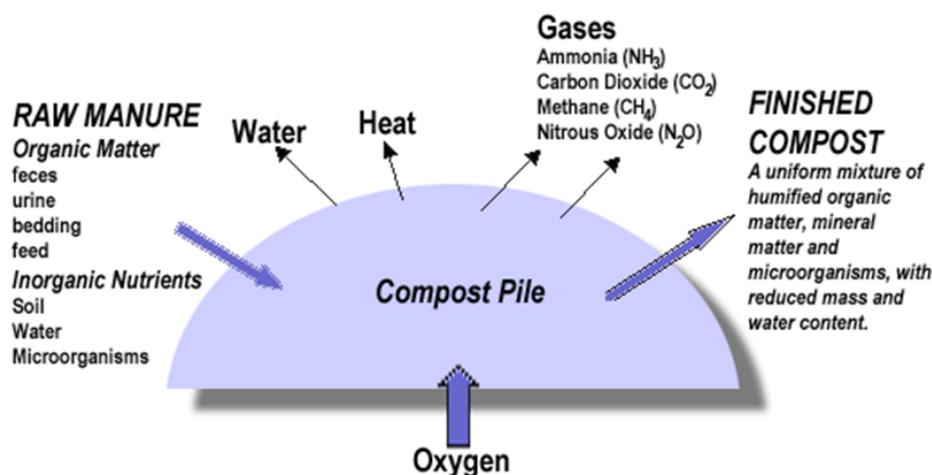
Ο όρος κομποστοποίηση αναφέρεται στην αερόβια βιολογική επεξεργασία αποδόμησης που λαμβάνει χώρα υπό αυστηρά ελεγχόμενες βιο-οξειδωτικές συνθήκες και η οποία:

- Επιδρά σε ετερογενή οργανικά απόβλητα σε στερεή μορφή(απορρίμματα).
- Εξελίσσεται μέσω μιας αρχικής σύντομης μεσόφιλης σε μια παρατεταμένη θεرمόφιλη φάση ως αποτέλεσμα βιολογικής παραγωγής θερμότητας.
- Ακολουθεί μια μεσόφιλη φάση και ολοκληρώνεται με θερμοκρασία μικρότερη της μεσόφιλης, προς ψυχρόφιλη.
- Οδηγεί στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, νερού, θερμότητας και σταθεροποιημένης οργανικής ύλης(compost).

Η διεργασία της κομποστοποίησης εξελίσσεται από ένα αρχικό στάδιο που χαρακτηρίζεται από υψηλούς ρυθμούς οξυγόνωσης, θερμοφιλικές θερμοκρασίες, υψηλό ρυθμό μείωσης των βιοαποδομήσιμων πτητικών στερεών προς ένα στάδιο που χαρακτηρίζεται από

χαμηλότερες θερμοκρασίες, μειωμένους ρυθμούς οξυγόνωσης και σημαντικά μειωμένη παραγωγή οσμών. (Λοϊζίδου, 2006)

Ο ορισμός της κομποστοποίησης ως «αερόβια βιολογική επεξεργασία αποδόμησης» διαφοροποιεί σημαντικά την συγκεκριμένη μέθοδο από άλλες τεχνικές διαχείρισης του οργανικού κλάσματος όπως η αναερόβια χώνευση, η θερμική επεξεργασία και η υγειονομική ταφή. Με τον όρο «οργανικά απόβλητα» ορίζονται τα υλικά τα οποία έχουν την δυνατότητα να αποδομηθούν βιολογικά ενώ με τη φράση «ελεγχόμενες συνθήκες» η κομποστοποίηση διαφοροποιείται από τη βιολογική αποδόμηση που λαμβάνει χώρα στη φύση, καθώς ελέγχονται οι συνθήκες της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του αερισμού κατά τη διάρκεια της διεργασίας. Το τελικό προϊόν ορίζεται ως βιολογικά σταθεροποιημένο την στιγμή κατά την οποία σταματάει να δέχεται έντονη μικροβιακή δραστηριότητα. Η τελική χρήση του compost εξαρτάται από ποικίλες φυσικοχημικές και βιολογικές παραμέτρους που προσδιορίζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Στις χρήσεις του compost συμπεριλαμβάνονται η ρύθμιση των εδαφών, η αποκατάσταση εδαφών, η αξιοποίηση του ως φυσικό εδαφοβελτιωτικό κ.α. (Hogg et al., 2009; Epstein, 1997; Engeli et al., 1993; Carry et al., 1990; Toffey, 1990).



Εικόνα 7 Διαγραμματική απεικόνιση της διεργασίας της κομποστοποίησης

Πηγή: Ministry of Agriculture, Government of Saskatchewan website, 2008

<http://www.agriculture.gov.sk.ca/>

Η διαδικασία περιγράφεται με την σχέση:



όπου Sum=οργανική ουσία και Am=βιομάζα.

3.1.1 Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κομποστοποίησης

Σε σχέση με όλες τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες η κομποστοποίηση έχει αρκετά πλεονεκτήματα που την καθιστά την καλύτερη επιλογή στο τομέα της διαχείρισης αποβλήτων.

Πλεονεκτήματα:

- Συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες ανταγωνιστικές τεχνολογίες, η κομποστοποίηση, απαιτεί αρκετά χαμηλό λειτουργικό και επενδυτικό κόστος.
- Έχει χαμηλό κόστος μεταφοράς των αποβλήτων, αφού μπορεί να χωροθετηθεί η μονάδα πολύ κοντά στην παραγωγή αποβλήτων. Έτσι, τα δημοτικά τέλη είναι εμφανώς χαμηλότερα σε σχέση με άλλες μεθόδους.
- Η μονάδα μπορεί να στηθεί και να λειτουργήσει άμεσα, σε λιγότερο από 6 μήνες.
- Δεν παράγονται επικίνδυνα-τοξικά αέρια ή καρκινογενές ουσίες.
- Δεν παράγονται τοξικά στερεά κατάλοιπα. Αλλά η παραγωγή μικρής ποσότητας αδρανών στερεών υπολειμμάτων μπορεί να ταφεί σε ΧΥΤΥ.
- Το γεγονός ό,τι τα οργανικά γίνονται χρήσιμο compost που επιστρέφει πάλι στην γη ως λίπασμα, κλείνει αρμονικά τον κύκλο ζωής των οργανικών υλικών.
- Ευνοείται η ανακύκλωση όλων των βασικών υλικών, όπως το χαρτί και το πλαστικό.
- Ανοίγει δρόμους σε νέες θέσεις εργασίας σε σχέση με άλλες μεθόδους (όπως ΧΥΤΑ, θερμική επεξεργασία), πράγμα που στην Ελλάδα είναι εξίσου σημαντικό μιας που η ανεργία μαστίζει ολόκληρη την χώρα.
- Πρόκειται για μια απλούστατη τεχνολογία με ελάχιστη εξάρτηση από τους προμηθευτές.

Μειονεκτήματα:

Έκτος από τα πολλά πλεονεκτήματα, έχει και δύο μειονεκτήματα που είναι εύκολα αντιμετωπίσιμα.

- Καταλαμβάνει περισσότερο χώρο σε σχέση με άλλες τεχνολογίες. Ωστόσο, υπάρχουν παντού διαθέσιμοι χώροι που θα μπορούσαν να τοποθετηθούν μονάδες κομποστοποίησης. Όπως για παράδειγμα, στην Αττική, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν οι προηγούμενες περιοχές των ΧΥΤΑ.
- Για να γίνεται σωστή αποκομιδή, χρειάζεται να τοποθετηθεί ξεχωριστός κάδος για την ΔσΠ των οικιακών οργανικών αποβλήτων. Οι επιπλέον κάδοι στην περίπτωση της κομποστοποίησης έχουν μικρό κόστος και μειώνουν τον όγκο και το κόστος των κάδων απορριμμάτων, ενώ μπορούν να κάνουν άμεση απόσβεση από τους ΟΤΑ.

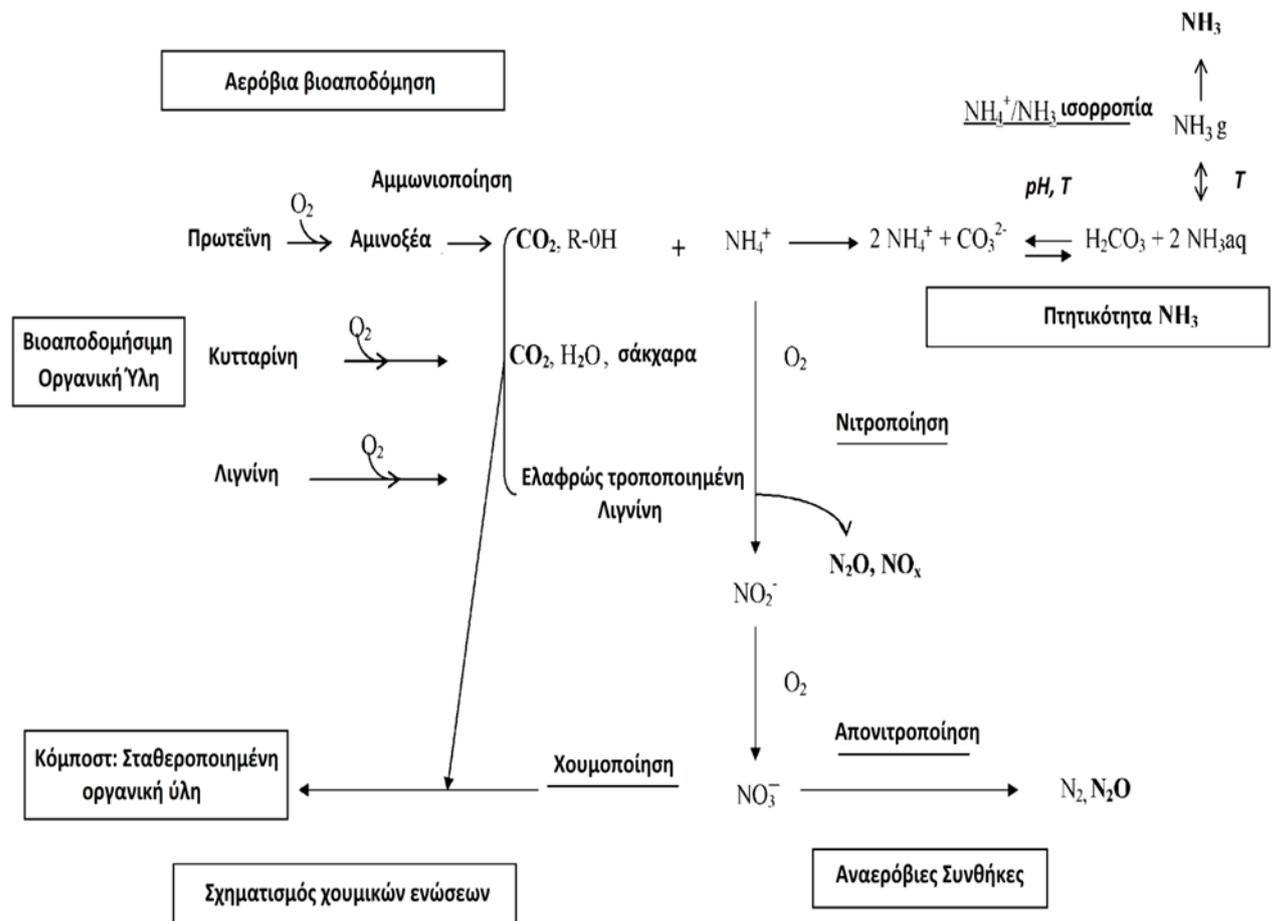
Είναι ξεκάθαρο λοιπόν πως η διαχείριση των οργανικών αποβλήτων με κομποστοποίηση είναι στην καρδιά του ορισμού της αειφορίας και την καθιστά την καλύτερη

επιλογή(http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=170%3A2013-03-04-14-07-28&catid=23&Itemid=496&lang=en).

3.1.2 Ο ρόλος των μικροοργανισμών

Η διεργασία αυτή βασίζεται στην επεξεργασία που κάνουν τα βακτήρια και μύκητες (Bharadwaj, 1995). Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας οι αερόβιοι μικροοργανισμοί καταναλώνουν οξυγόνο για την οξείδωση της οργανικής ουσίας διασπώντας σύνθετες οργανικές ενώσεις του υποστρώματος σε ενδιάμεσα προϊόντα και έπειτα σε απλούστερες ενώσεις παράγοντας CO₂, ανόργανες μορφές αζώτου, νερό και θερμότητα ενώ επιτυγχάνεται μείωση του όγκου και της μάζας του υποστρώματος (Ipek et al., 2002; Epstein, 1997). Οι μικροοργανισμοί αυτοί ποικίλλουν. Εναλλάσσονται ανάλογα με το φυσικοχημικό περιβάλλον (π.χ. θερμοκρασία, pH, θρεπτικά συστατικά, επίπεδα οξυγόνου, αζώτου κ.λ.π.) που διαμορφώνεται και τις συνθήκες που μπορούν να επιβιώσουν. Κάθε φυσικοχημική αλλαγή σημαίνει αλλαγή στο μικροβιακό πληθυσμό.

Δύο μείζονος σημασίας φάσεις στην διεργασία της κομποστοποίησης, είναι η ενεργή θερμόφιλη και η φάση της ωρίμανσης. Στην πρώτη, πραγματοποιείται βιοαποδόμηση της οργανικής ύλης από την έντονη μικροβιακή δραστηριότητα. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιούνται διεργασίες χουμοποίησης όπου τα υπολείμματα των οργανικών συστατικών μετατρέπονται σε χουμικές ενώσεις. Οι διεργασίες χουμοποίησης περιλαμβάνουν τον πολυμερισμό ενώσεων από τους μικροοργανισμούς ή/και το σχηματισμό απλούστερων ενώσεων προερχόμενα από την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (Paredes et al., 2001). Στη συνέχεια το βιοαποδομήσιμο οργανικό υλικό μετατρέπεται μέσω διαδοχικών μικροβιακών δραστηριοτήτων και βιοχημικών αντιδράσεων σε σταθερότερη οργανική ουσία. Η ουσία αυτή έχει μοιράζεται τα ίδια χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά με τις χουμικές ενώσεις (Pare et al., 1998).



Διάγραμμα 4 Κύριες βιοχημικές αντιδράσεις της κομποστοποίησης

Πηγή: Peigné and Girardin, 2004

Στη πρώτη φάση της κομποστοποίησης, πρωταρχικό ρόλο έχουν τα βακτήρια που παράγουν αμμωνία. Ο πληθυσμός τους αναπτύσσεται ταχύρρυθμα τις πρώτες περίπου δύο εβδομάδες, ενώ στην συνέχεια μειώνονται για να δώσουν την «θέση τους» στα αυτότροφα νιτροποιητικά βακτήρια, τα οποία δεν εγκαταλείπουν το σωρό έως το τέλος της διαδικασίας. Στις επόμενες φάσεις, αυτή της θερμόφιλης και της ακριβώς επόμενης φάσης, σειρά έχουν να δράσουν τα κυτταρινολυτικά βακτήρια, τα οποία πολλαπλασιάζονται με πολύ αργούς ρυθμούς. Στη τελευταία φάση επικρατούν κυτταρινολυτικοί μύκητες και ακτινομύκητες (Riffaldi et al, 1986).

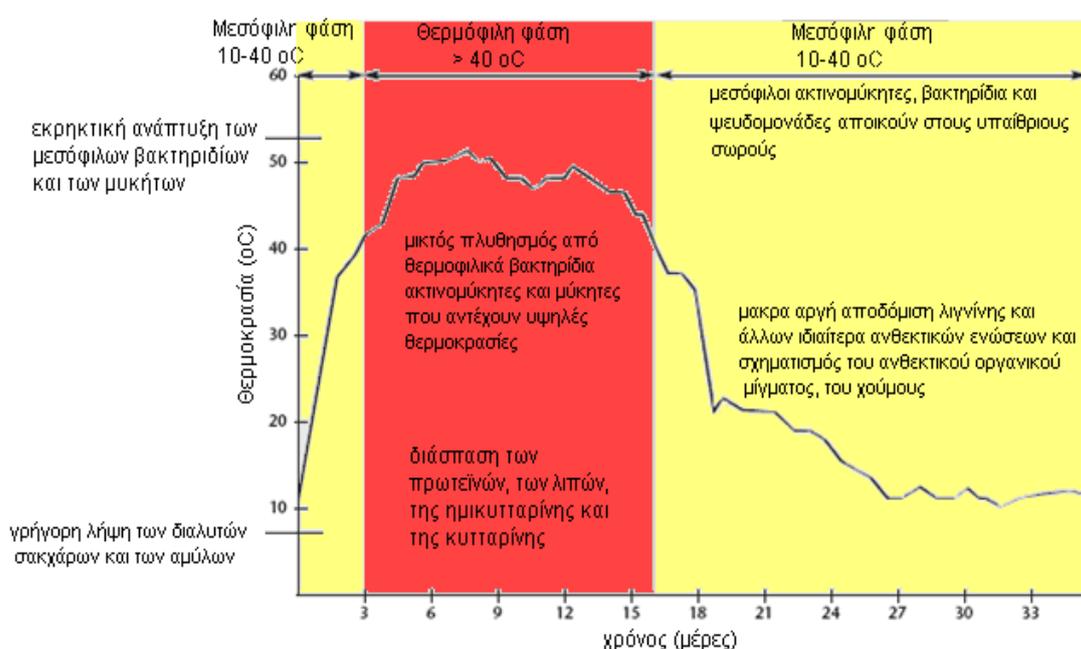
Γενικά, στην αποδόμηση της οργανικής ύλης οι μύκητες αποτελούν πολύ σημαντικό ρόλο σε όλα τα χειρσαία οικοσυστήματα. Στην διεργασία της κομποστοποίησης όμως η συμβολή τους είναι πολύ μικρή σε σχέση με αυτή των βακτηρίων (Miller, 1996). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην εν λόγω διεργασία η θερμόφιλη φάση

αγγίζει θερμοκρασία μεγαλύτερη των 650C, με αποτέλεσμα οι μύκητες να μην μπορούν να επιβιώσουν (Peters et al., 2000). Παρόλα αυτά δεν σημαίνει πως δεν έχουν κάποιο σημαντικό ρόλο και στη κομποστοποίηση, στην οποία δραστηριοποιούνται κυρίως στη μεσόφιλη φάση, ανάμεσα από την αρχική και την δεύτερη θερμοφιλή φάση (De Bertoldi et al., 1983). Ως πηγή ενέργειας χρησιμοποιούν άνθρακα λυγνοκυτταρινούχα πολυμερή και αποικοδομούν πολύπλοκα πολυμερή, όπως αρωματικές ενώσεις. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες το κόμποστ θα χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα, βοηθούν στη καλύτερη γονιμότητα του εδάφους και μειώνουν τα φυτικές ασθένειες.

3.2 Τα στάδια της διεργασίας της κομποστοποίησης

Σύμφωνα με την θερμοκρασία που αποκτά η διεργασία και την δράση των ετερότροφων μικροοργανισμών (βακτήρια, πρωτόζωα, μύκητες), η κομποστοποίηση χωρίζεται σε 3 βασικά στάδια:

1. Μεσόφιλη φάση,
2. Θερμόφιλη φάση,
3. Φάση πτώσης της θερμοκρασίας και φάση της ωρίμανσης.



Εικόνα 8 Τα θερμοκά στάδια κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης

3.2.1 1^ο στάδιο – Μεσόφιλη φάση

Σε αυτό το στάδιο παρατηρείται πόσο σημαντικό ρόλο έχει η ενυδάτωση των μικροοργανισμών καθώς εξασφαλίζει την επιβίωση τους. Παράλληλα με τους μικροοργανισμούς που μεταβολίζουν την οργανική ύλη από τα στερεά απόβλητα, αναπτύσσεται θερμότητα ($T < 40\text{oC}$). Οι πρώτες διασπάσεις προέρχονται από τις ενώσεις που αποδομούνται ευκολότερα και έτσι έχουμε μείωση του pH. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι τα μεσόφιλα βακτήρια ($25 < T < 45\text{oC}$) παράγουν οργανικά οξέα από την αποικοδόμηση των σακχάρων και των πρωτεϊνών, τέτοια είναι τα *Lactobacillus spp.* και *Acetobacter spp.* (Strom et al., 1985). Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία κ βρίσκεται μεταξύ μεσόφιλης και θερμόφιλης φάσης, οι μεσόφιλοι και θερμόφιλοι μύκητες αλλά και τα θερμοανθεκτικά βακτήρια απομονώνονται. Ο σωρός των στερεών αποβλήτων δεν έχει ελαττωθεί επομένως υπάρχει πλήθος θρεπτικών συστατικών προς αποικοδόμηση. Με την αύξηση της θερμοκρασίας περνάμε από το μεσόφιλο στάδιο στο θερμόφιλο στάδιο έτσι ώστε να σταματήσουν να δρουν οι μύκητες του μεσόφιλου σταδίου (Idris et al., 2010).

3.2.2 2^ο στάδιο – Θερμόφιλη φάση

Τα θερμοκρασιακά όρια δράσης της θερμόφιλης φάσης είναι 40oC έως 80oC . Η αύξηση της θερμοκρασίας αιτιολογείται από τους μικροοργανισμούς που μεταβολίζουν το οργανικό υλικό. Έτσι ο μεταβολικός ρυθμός επιταχύνεται σημαντικά, αυξάνοντας με την σειρά του και τις θερμοκρασιακές τιμές σε επίπεδα ανασταλτικά για τη μικροβιακή κοινότητα ($T > 60\text{oC}$). Επί προσθέτως, σε αυτό το στάδιο έχουμε αύξηση και του pH, λόγω της διάσπασης των οργανικών οξέων και της δημιουργίας αλάτων κατά την εξάτμιση του νερού.

Τα μικρόβια που αντέχουν σε αυτές τις θερμοκρασίες είναι τα εξής:

- οι θερμόφιλοι μύκητες (αντέχουν έως $40\text{-}50\text{oC}$),
- οι ακτινομύκητες ($50\text{-}60\text{oC}$)
- και τα θερμόφιλα βακτήρια.

Σε θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 60oC , για να μπορέσουν να ζήσουν κάποια μικρόβια αποκτούν ανθεκτικές μορφές, όπως τα σπόρια. Από την άλλη, με την επίτευξη τόσο υψηλών θερμοκρασιών, σκοτώνονται οι παθογόνοι οργανισμοί και έτσι επιτυγχάνεται εξυγίανση του προϊόντος. Παράλληλα, όσο ο σωρός αποβλήτων ελαττώνεται, μειώνονται τα θρεπτικά συστατικά και οι πηγές ενέργειας με αποτέλεσμα οι μικροβιακές κοινότητες να πεθαίνουν. Με αυτή την τροπή έχουμε πτώση της θερμοκρασίας και εμφάνιση των μεσόφιλων οργανισμών. (Ευθυμίου, 2012)

3.2.3 Φάση πτώσης της θερμοκρασίας και φάση της ωρίμανσης

Η μείωση του όγκου του σωρού και η εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων καθιστούν αδύνατη την επιβίωση των μικροοργανισμών, έτσι έχουμε μια σημαντική και συνεχή μείωση της θερμοκρασίας. Στις συνθήκες αυτές αντέχουν τα θερμοανθεκτικά και μεσόφιλα βακτήρια που συντελούν στην ωρίμανση και βελτίωση του compost. (Cho et al., 2008)

Τα βακτήρια συντελούν καθοριστικά στις παρακάτω λειτουργίες:

- αποικοδόμηση και των δύσκολα αποικοδομήσιμων οργανικών ενώσεων,
- παραγωγή πολύπλοκων χημικών ενώσεων
- παραγωγή αντιμυκητιακών ουσιών για την καταστολή των φυτοπαθογόνων μυκήτων,
- σχηματισμό ανόργανων αλάτων για την αποτοξικοποίηση των βαρέων μετάλλων,
- σχηματισμό αδρανών υλικών και δέσμευση μετάλλων (Mg^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} κ.ά.).
- παραγωγή νιτρικών και θεικών, για την οξείδωση και μετατροπή των ανηγμένων ανόργανων αζωτούχων και θειούχων ενώσεων,
- μετατροπή σε νιτρικά από τα νιτροποιητικά βακτήρια και αζωτοδέσμευση και παραγωγή αμμωνίας. (Beffa, 2002)

Τέλος, σε αυτό το στάδιο αποδομούνται οι δύσκολες ενώσεις, όπως η κυτταρίνη, η πηκτίνη, η λιγνίνη και το άμυλο. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια εξωκυτταρικών ενζύμων που εκκρίνονται από τους μύκητες και τους ακτινομύκητες. Οι ακτινομύκητες γίνονται αντιληπτοί από το χαρακτηριστικό ωχροκίτρινο χρώμα που έχει ο σωρός, αλλά και από την οσμή που έχει το χώμα που οφείλεται στη γεωσμίνη (geosmin).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα μικρόβια σε σχέση με την φάση της κομποστοποίησης.

Πίνακας 4 Κατανομή των μικροοργανισμών στις φάσεις της κομποστοποίησης

Πληθυσμός	Κατανομή πληθυσμού			
	Μεσόφιλη	Θερμόφιλη	Μεσόφιλη	Ωρίμανσης
Βακτήρια - μεσόφιλα		---	+++	+
Βακτήρια - θερμόφιλα	-	+++	---	-
Ακτινομύκητες - μεσόφιλοι		---	+++	+
Ακτινομύκητες - θερμόφιλοι	-	+++	---	-
Μύκητες - μεσόφιλοι		---	+++	+
Μύκητες - θερμόφιλοι	-	+++	---	-

-:καμία ανάπτυξη, +:αργή ή μικρή αλλαγή, ---:μείωση, +++:αύξηση στο μέγεθος του πληθυσμού

Πηγή: Fogarty & Tuovinen, 1991

3.3 Υλικά κομποστοποίησης

Τα οργανικά απόβλητα τα οποία μπορούν να ακολουθήσουν και να διαχειριστούν με την μέθοδο της κομποστοποίησης είναι τα εξής:

- ❖ Ίλυσ προερχόμενη από αστικά υγρά απόβλητα.
- ❖ Κτηνοτροφικά απόβλητα (π.χ. κοπριά οικόσιτων ζώων)
- ❖ Γεωργικά υπολείμματα (π.χ. υπολείμματα φυτικών καλλιεργειών)
- ❖ Υπολείμματα και απόβλητα δασοκομίας.

Τα οργανικά αυτά απόβλητα προέρχονται από τις διεργασίες μεταποίησης του ξύλου καθώς και από τις δραστηριότητες υλοτομίας και συγκομιδής των δασών.

- ❖ Οργανικό κλάσμα αστικών στερεών αποβλήτων.

Σε αυτή την κατηγορία συγκαταλέγεται το οργανικό φορτίο των συλλεγόμενων αστικών στερεών απορριμμάτων όπως είναι τα υπολείμματα τροφίμων, ξύλου και τα πράσινα κηπευτικά απορρίμματα.

- ❖ Υπολείμματα βιομηχανίας και βιοτεχνίας τροφίμων

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων, όπως γαλακτοβιομηχανία, βιομηχανία

επεξεργασίας μεταποίησης φυτικών πρώτων υλών, βιομηχανία επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών. Στην κατηγορία αυτή όμως δεν ανήκουν τα βιομηχανικά στερεά απόβλητα τα οποία χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα και τοξικά.

3.4 Παράμετροι ελέγχου και παρακολούθησης της κομποστοποίησης

3.4.1 Θερμοκρασία

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους ελέγχου της κομποστοποίησης είναι η θερμοκρασία. Αυτό έγκυται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία αποτελεί στοιχείο για την παρακολούθηση της δραστηριότητας των μικροοργανισμών στο υπόστρωμα και την ομαλή διεξαγωγή της διεργασίας (Diaz and Savage, 2007). Η θερμοκρασία του υποστρώματος προσδιορίζει τον ρυθμό με τον οποίο εξελίσσονται οι βιολογικές αντιδράσεις. Η θερμοκρασιακή εξέλιξη μαρτυρεί τα διαφορετικά στάδια της κομποστοποίησης (Hassen et al., 2001). Ο βέλτιστος ρυθμός βιοαποικοδόμησης στην θερμοφιλή φάση κυμαίνεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 45-55°C. Στην μεσόφιλη φάση η περιοχή θερμοκρασιών είναι από 35 έως 45°C.

Η αποτελεσματικότητα της διεργασίας της κομποστοποίησης, βασίζεται στην επίτευξη βέλτιστων θερμοκρασιών σε κάθε επίπεδο (Finstain et al., 1986; Finstein and Morris, 1975) καθώς συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη υψηλών ρυθμών βιοαποδόμησης (Miller, 1992).

Στη πρώτη στάδια της διεργασίας, η περίσσεια του οργανικού υποστρώματος ωθεί την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της δράσης των μικροβίων. Μόλις η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 65°C για ένα διάστημα, οι παθογόνων οργανισμοί εξαλείφονται πλήρως. Αμέσως μετά επέρχεται πτώση της θερμοκρασίας, που βοηθά στην συνέχεια της διεργασίας όπου η δράση των μικροβίων είναι ελάχιστη αφού έχουν έλλειψη τροφής (Ευθυμίου, 2012).

Εύρος βέλτιστων θερμοκρασιακών τιμών (°C) στο οποίο παρατηρείται μεγιστοποίηση του ρυθμού διάσπασης της οργανικής ουσίας

Πίνακας 5 Εύρος βέλτιστων θερμοκρασιακών τιμών (°C) στο οποίο παρατηρείται μεγιστοποίηση του ρυθμού διάσπασης της οργανικής ουσίας

Εύρος θερμοκρασίας	Σχόλιο	Βιβλιογραφία
52 - 60°C	Μεγιστοποίηση της αποσύνθεσης	Bach et al. (1984), McKinley and Vestal (1984), MacGregor et al. (1981)
≤ 55°C	-	McKinley and Vestal (1984).
50 - 55°C	Η μικροβιακή δραστηριότητα παρεμποδίζεται σε υψηλότερα θερμοκρασιακά επίπεδα	Diaz and Savage (2007)
45 - 55°C	Μεγιστοποίηση του ρυθμού βιοαποδόμησης	Pagans et al. (2005), Stentiford (1996), De Bertoldi et al. (1983)
43 - 65°C	Αποδοτική κομποστοποίηση	EA (2001)
55 - 65°C	Αποδοτική λειτουργία της διεργασίας της κομποστοποίησης	Shammas and Wang (2007)

3.4.2 Υγρασία

Μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους της κομποστοποίησης λόγω της επιρροής στη δράση των μικροοργανισμών αποτελεί η υγρασία. Αποτελεί το μοναδικό μέσο μεταφοράς των διαλυμένων θρεπτικών συστατικών που είναι απαραίτητα για την μεταβολική δράση των μικροοργανισμών (Gajalakshmi and Abbasi, 2008). Η υγρασία είναι απαραίτητη για την διεργασία της βιοαποδόμησης της οργανικής μάζας εφόσον το μεγαλύτερο μέρος της πραγματοποιείται στα λεπτά υγρά στρώματα στην επιφάνεια των σωματιδίων του υλικού. Το βέλτιστο εύρος τιμών σε περιεχόμενη υγρασία στο υπόστρωμα κυμαίνεται από 50% έως 70%, εξαρτάται άμεσα όμως από την φύση και το πορώδες του υλικού (Nova Scotia, 2008; Diaz and Savage, 2007; Manios, 2004).

Αξίζει να σημειωθεί ότι πολύ χαμηλή (<30%) και πολύ υψηλή περιεχόμενη υγρασία (>75%) διαμέσου της θερμόφιλης φάσης της κομποστοποίησης αναστέλλει τις μικροβιακές δράσεις λόγω του ότι θα επέλθει αφυδάτωση και ότι θα επικρατήσουν αναερόβιες συνθήκες (Gajalakshmi and Abbasi, 2008; de Bertoldi et al., 1983; Tiquia, et al., 2002, 1996).

3.4.3 Αερισμός – παροχή οξυγόνου

Κατά την αερόβια αποδόμηση το επίπεδο του οξυγόνου είναι μέγιστης σημασίας καθώς μόνο έτσι μπορεί να διασφαλιστεί η ανάπτυξη των μικροοργανισμών και να λάβει χώρα η οξείδωση των διαφόρων οργανικών υλικών (Barrington et al., 2003). Το ποσοστό του οξυγόνου, πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5-15% (Alexander et al., 2002) (Wesner, 1978). Κατά την διεργασία παρατηρείται πως το οξυγόνο εξαντλείται διαρκώς και χρειάζεται μονίμως αναπλήρωση. Οι τρόποι επίτευξης της ανατροφοδότησης του οξυγόνου είναι είτε με εφαρμογή συστημάτων αερισμού είτε με ανάδευση και αναποδογύρισμα του υλικού. Η απουσία του οξυγόνου στην οργανική μάζα οδηγεί στην διαμόρφωση αναγωγικών αντιδράσεων και ενδιάμεσων δύσοσμων προϊόντων (Diaz et al., 2002).

Σημαντικό είναι να σημειωθεί πως ο αερισμός θα μπορούσε να παίξει το ρόλο ρυθμιστικού παράγοντα των παραμέτρων της θερμοκρασίας και της υγρασίας (Nagao et al., 2008).

Τα πλεονεκτήματα του αερισμού είναι:

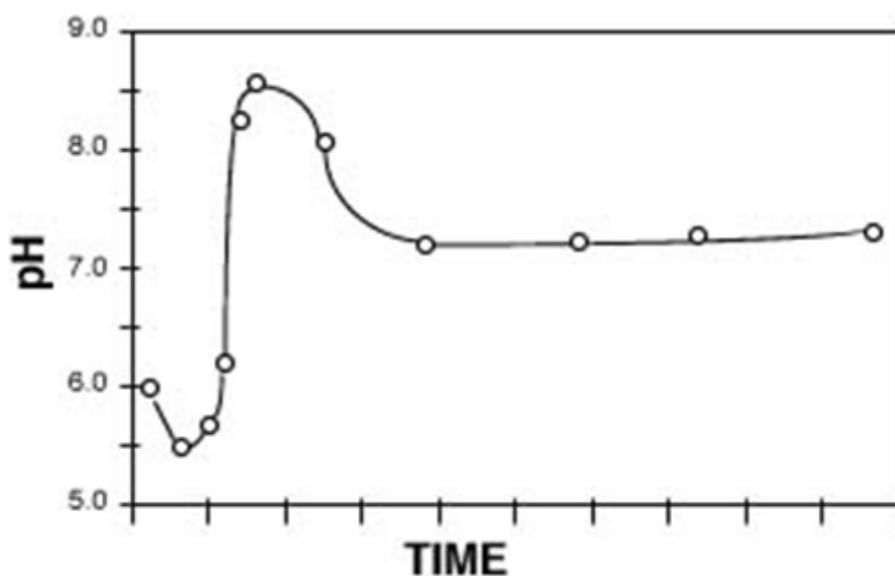
- Ανατροφοδοτεί συνεχώς το απαιτούμενο οξυγόνο
- Κρατάει σε επιθυμητά επίπεδα τη θερμοκρασία, αφού βοηθάει στην αποσυμφόρηση της θερμότητας που αναπτύσσεται
- Το υλικό ερχόμενο σε επαφή με τον θερμό αέρα αποκτά μια ξηρή μορφή, συνεπώς η υγρασία μειώνεται.
- Αποφεύγεται η παραγωγή προϊόντων μικροβιακού μεταβολισμού (CO₂, NO₂).

3.4.4 pH

Μια ακόμη παράμετρος που συντελεί στον τρόπο ελέγχου της διεργασίας της κομποστοποίησης είναι η οξύτητα και η αλκαλικότητα (pH). Το pH παίζει καθοριστικό ρόλο στην δράση των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται με σκοπό την βιοαποδόμηση του οργανικού κλάσματος. Τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 6.0-7,5 δημιουργούν στα βακτήρια ένα φιλικό περιβάλλον, ενώ τιμές μεταξύ 5.0-8.0 ευνοούν την ανάπτυξη των μυκήτων. Στην πρώτη φάση την κομποστοποίησης παρατηρείται μια μικρή μείωση στο pH, αυτό συμβαίνει λόγω της ενεργοποίησης της οξυγενούς βακτηριακής μικροχλωρίδας και την διάσπαση των άμεσα αποδομήσιμων οργανικών ενώσεων για το σχηματισμό οργανικών οξέων (π.χ. σάκχαρα, άμυλο και λιπαρά) ως ενδιάμεσο προϊόν του μικροβιακού μεταβολισμού (Kirchmann and Widen, 1994; Haug, 1993; Nakasaki et al., 1993; Poincelot, 1974).

Στο επόμενο στάδιο της κομποστοποίησης το pH αυξάνεται λόγω της κατανάλωσης των οργανικών οξέων από μύκητες ανθεκτικούς σε όξινο περιβάλλον παράλληλα λαμβάνει χώρα και η παραγωγή αμμωνιακών λόγω της βιοαποδόμησης του οργανικού αζώτου (Finstein and Morris, 1975). Οι δραστηριότητες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την επικράτηση αλκαλικών συνθηκών στο υπόστρωμα προτρέποντας το άζωτο να αποδεσμευτεί υπό μορφή

αμμωνίας. Τιμές του pH μεγαλύτερες του 8.5 ευνοούν τη μετατροπή των αζωτούχων ενώσεων σε αμμωνιακά γεγονός που εντείνει την αλκαλικότητα του υποστρώματος και των εκπομπών αμμωνίας στην ατμόσφαιρα (EA, 2001). Με την μεγιστοποίηση της θερμοκρασίας στο υποστρώμα επέρχεται μια σταδιακή πτώση του pH (Pagans et al., 2005; Mena et al. 2003) η οποία παρουσιάζεται εξαιτίας της δράσης νιτροποιητικών μικροοργανισμών για τη μετατροπή αμμωνιακών σε νιτρικά (διεργασία της νιτροποίησης) αλλά και της πτητικότητας της αμμωνίας. Το τελικό προϊόν πρέπει να παρουσιάζει σταθερό pH, κοντά στις ουδέτερες τιμές, ανεξάρτητα από το pH του αρχικού οργανικού μίγματος EA (2001).

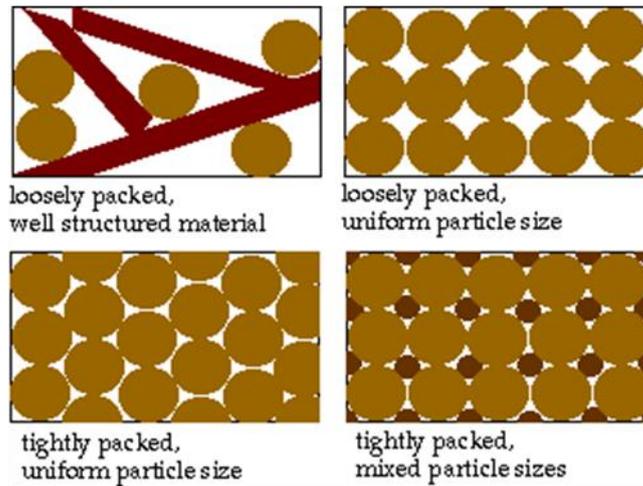


Διάγραμμα 5 Χρονική εξέλιξη pH κατά την κομποστοποίηση

Πηγή: http://ohioline.osu.edu/b792/b792_4.html

3.4.5 Φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος (πορώδες, μέγεθος, δομή, υφή τεμαχιδίων υποστρώματος)

Το πορώδες αποτελεί ακόμα μια βασική παράμετρο για την διεργασία της κομποστοποίησης, αφού επηρεάζει την διάχυση οξυγόνου στην οργανική μάζα και έχει άμεση σχέση με την ταχύτητα των αντιδράσεων βιοξείδωσης σε κάθε στάδιο της κομποστοποίησης. Το σχήμα, το μέγεθος αλλά και η δομή των σωματιδίων επηρεάζουν τον τρόπο που εγκαθίστανται. Μικρά μεγέθη σωματιδίων μειώνουν τον αριθμό των μεγάλων πόρων και δυσκολεύουν το οξυγόνο να διαχυθεί.



Εικόνα 9 Διάφορες περιπτώσεις καταναμημένων τεμαχιδίων

Πηγή: <http://compost.css.cornell.edu/odors/inadeq.porosity.html>

Οι λευκές περιοχές στο παραπάνω σχήμα απεικονίζουν την αποτελεσματική περιοχή διάχυσης του οξυγόνου. Πόροι μικρής διαμέτρου μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα ακόμη και αν στο σύνολο ο αέρας διατηρείται σε καλά επίπεδα. Ο τεμαχισμός του οργανικού υλικού σε πολύ μικρά τεμαχίδια αυξάνει την επιφάνεια δράσης των μικροοργανισμών αλλά μειώνει τα κενά του αέρα και φέρνει την διεργασία σε κατάσταση αναερόβιων συνθηκών. Το βέλτιστο μέγεθος είναι περίπου 10mm και 50mm (Diaz et al., 2002).

Σωματίδια με μεγάλο εμβαδόν επιφάνειας ανά μονάδα όγκου διαμορφώνουν τα απαραίτητα διάκενα έτσι ώστε να αυξάνεται ο ρυθμός αποδόμησης της οργανικής ύλης αλλά και να διατηρείται η θερμοκρασία σε σωστά επίπεδα (O'Leary and Walsh, 1995).

Σε ορισμένους αντιδραστήρες που δεν διαθέτουν σύστημα ανάδευσης για να ανταπεξέλθουν στις συνθήκες τις βαρυτικής πίεσης επιβάλλεται το μέγεθος των σωματιδίων να είναι μεγαλύτερο από 50mm (Diaz and Savage,).

Η ρύθμιση του μεγέθους των τεμαχιδίων γίνεται με κατάλληλες διεργασίες όπως θρυμματισμός, κοκκοποίηση και τεμαχισμός καθώς επίσης και με ανάμιξη κατάλληλων πρώτων υλών, όπως διογκωτικά υλικά (bulking agents). Τα διογκωτικά υλικά διασφαλίζουν την κατάλληλη δομή και πορώδες στο μίγμα ενώ ταυτόχρονα αποτελούν πηγή άνθρακα για την διασφάλιση της σωστής αναλογίας C/N. (Seo et al., 2004; Eklind and Kirchmann, 2000a). Τυπικά διογκωτικά αποτελούν το ροκανίδι, το πριονίδι, τα φύλλα, το άχυρο, ο φλοιός ρυζιού κ.α. (Adhikari et al., 2009a; Bernal et al., 2009; Chang et al., 2006; Pagans et al., 2006; Hong and Park, 2005; Eklind and Kirchmann, 2000; Crobe, 1994)

3.4.6 Θρεπτικά συστατικά

Οι μικροοργανισμοί έχοντας μείζονος σημασίας ρόλο στην αναερόβια βιοαποδόμηση της οργανικής μάζας, απαιτούν συγκεκριμένα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξή τους και τις μεταβολικές δραστηριότητές τους. Τα στοιχεία αυτά αποτελούνται από άνθρακα, άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Τα περισσότερα οργανικά απόβλητα περιέχουν ικανοποιητικές ποσότητες από αυτά τα συστατικά. Ο άνθρακας και το άζωτο έχουν την ικανότητα ακόμα και να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη της κομποστοποίησης (ΕΑ, 2001).

Τα θρεπτικά συστατικά μπορούν να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες «μακροθρεπτικά συστατικά» και «μικροθρεπτικά συστατικά». Τα μακροθρεπτικά περιλαμβάνουν άνθρακα (C), άζωτο (N), φωσφόρος (P), ασβέστιο (Ca), και κάλιο (K). Ωστόσο, οι απαιτούμενες ποσότητες του Ca και K είναι πολύ μικρότερες από εκείνες του C, N και P. Τα συστατικά αυτά που απαιτούνται μόνο σε ίχνη, αναφέρονται συχνά ως "ιχνοστοιχεία". Στην πραγματικότητα, τα περισσότερα γίνονται τοξικά σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από το ίχνος. Μεταξύ των ιχνοστοιχείων είναι το μαγνήσιο (Mg), το μαγγάνιο (Mn), το κοβάλτιο (Co), ο σίδηρος (Fe), και το θείο (S). Τα περισσότερα ιχνοστοιχεία έχουν σημαντικό ρόλο στο κυτταρικό μεταβολισμό. Το υπόστρωμα των ουσιών είναι η πηγή των μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών συστατικών. Ακόμα κι αν εισαχθεί ένα άγνωστο στοιχείο στη διεργασία, η οικονομική πραγματικότητα υπαγορεύει ότι το απόβλητο πρέπει να μετατραπεί, ολοκληρω ή έστω το μεγαλύτερο κομμάτι του, σε λίπασμα. Κάθε άγνωστο στοιχείο οφείλεται στην διακύμανση και στην διαθεσιμότητα ορισμένων θρεπτικών ουσιών στα μικρόβια. Η διακύμανση και η διαθεσιμότητα, με τη σειρά τους, προκύπτουν από τις αντιστάσεις ορισμένων οργανικών μορίων σε μικροβιακή προσβολή. Παραλλαγές στην αντίσταση οδηγούν σε μεταβολές στον ρυθμό με τον οποίο η διαδικασία προχωρά. Παραδείγματα ανθεκτικών υλικών είναι η λιγνίνη (ξύλο), η χιτίνη (φτερά, εξωσκελετικά οστρακοειδή), και διάφορες μορφές κυτταρίνης. (http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/solid_waste_management/Vol_1/14-Chapter8.pdf)

Λόγος Άνθρακα/Αζώτου

Ο άνθρακας αποτελεί το στοιχείο όπου καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις των μικροοργανισμών, ενώ παράλληλα ένα μέρος του συνιστά βασικό δομικό συστατικό τους. Το άζωτο αποτελεί βασικό στοιχείο των πρωτεϊνών, των νουκλεϊκών οξέων, των αμινοξέων, των ενζύμων και των συνενζύμων που είναι απαραίτητα για τη μικροβιακή ανάπτυξη των κυττάρων αποτελώντας το 50% της ξηρής τους μάζας (Gajalakshmi and Abbasi, 2008). Ως αποτέλεσμα των παραπάνω έρχεται η παρατήρηση πως με βάση των λόγο του άνθρακα προς άζωτο (Bernal et al., 2009), εκφράζοντας ουσιαστικά την αναλογία των ατόμων άνθρακα προς τα άτομα αζώτου στο πρότυπο μόριο του αποβλήτου, μπορεί να προσδιοριστεί η θρεπτική ισορροπία στο υλικό. Η βέλτιστη αναλογία C/N στο αρχικό υπόστρωμα κυμαίνεται μεταξύ 25-35 (Gaur, 2000; Golueke, 1992; Bishop and Godfrey,

1983). Σε υψηλές τιμές του λόγου, (C/N>35), είναι απαραίτητη μια διαδικασία οξείδωσης της περίσσειας του άνθρακα μέσω διαδοχικών βιοχημικών κύκλων έως ότου η αναλογία έρθει σε φυσιολογικά επίπεδα (Bernal et al., 1998; Verdonck, 1988). Αντίθετα, αν οι τιμές του λόγου είναι χαμηλές (C/N<10), δηλαδή υπόκειται σε συνθήκες περίσσειας αζώτου, υπάρχει αύξηση απωλειών αζώτου κυρίως υπό μορφή αμμωνίας (Pagans et al., 2005; Sanchez-Monedero et al., 2001; Reddy et al., 1979)

Σε πρόσφατες μελέτες όμως έχει παρατηρηθεί πως η διεργασία της κομποστοποίησης τελείται πιο αποτελεσματικά και σε αναλογίες C/N μικρότερες από 20 (Kumar et al., 2010; Zhu, 2007; Huang et al., 2004).

Επί προσθέτως, κατά την διεξαγωγή της κομποστοποίησης, υπάρχει δημιουργία CO₂ με αποτέλεσμα ο άνθρακας να μειώνεται. Παράλληλα, το άζωτο αυξάνεται εξαιτίας των αζωτοδευσμευτικών βακτηρίων (Goyal et al., 2005).

Πίνακας 6 Ενδεικτικές τιμές C/N ορισμένων βιοαποδομήσιμων στερεών αποβλήτων

Οργανικά Απόβλητα	C/N			
	Díaz et al. (2002)	Díaz and Savage (2007b)	Trautmann and Krasny (1998)	IWMI (2003)
Κοτσάνι αραβοσίτου	60-73	-	-	
Υπολείμματα φρούτων	20-49	-	20-50	
Φλοιός ρυζιού	113-1120	-	-	
Υπολείμματα λαχανικών	11-13	-	10-20	13
Κοπριά πτηνών-πουλερικών	12-15	15	-	10-18
Κοπριά βοοειδών	11-30	18	-	
Κοπριά αλόγων	22-50	25	20-50	
Σκουπίδια (απορρίμματα τροφών)	14-16	-	15	10-16
Χαρτί (από οικιακά απορρίμματα)	127-178	-	100-200	
Εφημερίδες	-	-	400-900	
Σκουπίδια, απορρίμματα – Οργανικό κλάσμα αστικών απορριμμάτων	34-80	-	-	23-66
Ανεπεξέργαστη ιλύς λυμάτων	5-16	11	-	6-10
Ιλύς λυμάτων πρωτοβάθμιας επεξεργασίας	-	-	-	7-11
Ιλύς λυμάτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας	-	6	-	6-8
Υπολείμματα χλοοκοπής	9-25	-	10-25	
Φυλλώματα	40-80	-	40-80	
Κλαδέματα θάμνων	53	-		
Κλαδέματα δένδρων	16	-	-	170-500 υπολείμματα ξυλουργικών διεργασιών
Φλοιοί δέντρων				
-μαλακό ξύλο	-	-	100-400	
-σκληρό ξύλο	-	-	100-1200	
Υπολείμματα κομμένου ξύλου				
-μαλακό ξύλο	-	-	450-800	
-σκληρό ξύλο	-	-	200-1300	
Πριονίδι	200-750	200-500	200-750	
Άχυρο	-	128-150	50-150	

Μακροθρεπτικά Συστατικά

Η ύπαρξη ορισμένων θρεπτικών στοιχείων απαιτείται, προκειμένου οι μικροοργανισμοί να είναι σε θέση να αναπτυχθούν και να επιτελέσουν την αποικοδόμηση του οργανικού υποστρώματος. Τα στοιχεία αυτά, που πρέπει να υφίστανται σε αφομοιώσιμη μορφή και στις κατάλληλες ποσότητες, είναι ο άνθρακας (C), το άζωτο (N), ο φωσφόρος (P), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg).

Φώσφορος (P)

Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στο κομποστ συνήθως ποικίλουν από 0,4 έως 23 g/kg αναλόγως με τις πηγές (He et al., 1995; Vogtmann et al., 1993a). Τα βιοστερεά γενικά περιέχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση φωσφόρου από τις περισσότερες πρώτες ύλες. Παρόλα αυτά μεγάλο ποσοστό P στα βιοαπόβλητα είναι σε οργανική μορφή που είναι λιγότερο διαθέσιμη σε φυτά. Τα περισσότερα στερεά απόβλητα δήμων από την Αμερική και Ευρωπαϊκές χώρες έχουν συγκεντρώσεις φωσφόρου από 2-6 g/kg με μέσο όρο 3.3 g/kg . Αυτή η συγκέντρωση φωσφόρου είναι περίπου 2 με 10 φορές μεγαλύτερη από τον συνολικό φώσφορο στα περισσότερα γεωργικά εδάφη (Tisdale and Nelson, 1996). Επί προσθέτως, ο διαθέσιμος φώσφορος στα φυτά είναι συνήθως <1% του συνολικού φωσφόρου στο έδαφος ενώ το 20 με 40% του φωσφόρου στο κόμποστ είναι διαθέσιμο στα φυτά (Vogtmann et al., 1993b). Έτσι με την χρήση του κόμποστ στο έδαφος μπορεί να αυξηθεί ο διαθέσιμος φώσφορος στα φυτά.

Πίνακας 7 Συγκεντρώσεις Φωσφόρου, Καλίου, Ασβεστίου, Μαγνησίου σε κομποστ από επιλεγμένες χώρες.

Countries	Composts ²	Organic						Reference
		C	P	K	Ca	Mg	C/P	
U.S.	MSW	252	3.4	4.3	27.8	2.8	74	He et al., 1995
Germany	MSW	192	2.7	8.4	28.2	4.8	71	Vogtmann et al., 1993a
China	PMC	190	2.4	12.5	—	—	79	Yang, 1996
Spain	MSW	284	6.0	7.0	75.0	5.0	47	Gonzalez-Vila et al., 1982
France	MSW	—	2.6	2.5	40.0	3.0	—	De Haan, 1981
Italy	MSW	395	2.7	0.7	—	—	146	Petruzzelli et al., 1985
Netherlands	MSW	—	3.3	2.7	21.4	1.7	—	De Hann, 1981
Mean		263	3.3	5.4	38.5	3.5	85	

Note: Values for organic C, P, K, Ca, and Mg are given in g·kg⁻¹ (oven dry basis).

² MSW = municipal solid waste; PMC = pig manure **compost**.

Κάλιο (K)

Οι συγκεντρώσεις καλίου στο κομποστ συνήθως ποικίλουν από 0,7 έως 12 g/kg με μέσο όρο περόπου τα 5,4 g/kg. Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από την συγκέντρωση K στους ιστούς των φυτών των περισσότερων καλλιεργειών. Επίσης, έχει μεγάλη κινητικότητα στα φυτά μέσα σε κάθε ατομικό κύτταρο αλλά και στους ιστούς (Marschner, 1995). Ως εκ τούτου, ένα μέρος του καλίου των φυτών μπορεί να χαθεί κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

Τα περισσότερα γεωργικά εδάφη περιέχουν 4 έως 25 g/kg (Tisdale and Nelson, 1996) συγκέντρωσης καλίου αλλά με <1% του συνολικού διαθέσιμο στα φυτά. Τα κόμποστ αποτελούν εναλλακτική πηγή καλίου για τις καλλιέργειες.

Ασβέστιο

Η συγκέντρωση ασβεστίου στα κόμποστ ποικίλει από 21 έως 75 g/kg με μέσο όρο 39 g/kg . Οι μορφές και η διαθεσιμότητα του ασβεστίου έχουν άμεση εξάρτηση από την πηγή και τη σύνθεση του κόμποστ. Τα περισσότερα ουδέτερα προς αλκαλικά εδάφη περιέχουν επαρκές ασβέστιο για τη ανάπτυξη των φυτών. Παρόλα αυτά, η ανεπάρκεια ασβεστίου αποτελεί μεγάλο πρόβλημα κυρίως για τα όξινα εδάφη και την ποιότητα της σοδειάς που συνήθως επηρεάζεται από την επάρκεια του ασβεστίου. Ως εκ τούτου, στα όξινα και αμμώδη εδάφη, το κόμποστ μπορεί να αυξήσει τη διαθεσιμότητα του ασβεστίου και να διευκολύνει την ανάπτυξη της σοδειάς.

Μαγνήσιο

Στο κόμποστ περιέχεται μαγνήσιο με συγκέντρωση από 1-5 g/kg και μέσο όρο 3.5 g/kg. Το μαγνήσιο είναι απαραίτητο στα εδάφη για τις σοδειές. Η εφαρμογή κόμποστ στο έδαφος μπορεί να συμβάλλει σε αύξηση μαγνησίου για τις περισσότερες καλλιέργειες.

Μικροθρεπτικά Συστατικά

Ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn), ο χαλκός (Cu), ο ψευδάργυρος (Zn), το βόριο (B) και το μολυβδένιο (Mo) είναι απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη της σοδειάς και την ποιότητα των τροφών . Μια μακράς διάρκειας διαίτα η οποία περιέχει μικρές συγκεντρώσεις Fe , Mn, Cu, Zn έχει αναφερθεί ότι προκαλεί ανθρώπινο υποσιτισμό (Yang et al., 2000).

Η διαθεσιμότητα Fe, Cu και Zn σε ασβεστολιθικά εδάφη είναι γενικά χαμηλή και μια εξωτερική πηγή αυτών των θρεπτικών συστατικών είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της ανάπτυξης της σοδειάς και της ποιότητας των τροφών (Martens and Westermann, 1991). Το κόμποστ περιέχει ποικίλες ποσότητες μικροθρεπτικών συστατικών.

Πίνακας 8 Μέσος όρος συγκεντρώσεων μικροθρεπτικών συστατικών σε κόμποστ από Αμερική και Ευρωπαϊκές χώρες

Countries	Fe	B	Cu	Mn	Mo	Zn	Reference
U.S.	16400	54.1	250	431	7.2	609	He et al., 1995
Germany	—	—	43.2	—	—	211	Vogtmann et al., 1993a
Spain	2200	3.0	200	500	—	700	Gonzalez-Vila et al., 1982
France	—	60.0	250	600	—	1000	De Hann, 1981
Italy	—	—	422	—	—	857	Petruzzelli et al., 1985
Netherlands	—	60.0	630	400	—	1650	De Haan, 1981
Mean	9300	44.3	299	483	7.2	838	

Note: Values for micronutrients are given in mg·kg⁻¹ (dry weight basis).

Σίδηρος

Η συγκέντρωση σιδήρου στο κόμποστ κυμαίνεται από 2000 έως 16,000 mg/kg. Τα βιοστερεά έχουν σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις Fe, αλλά η διαλυτότητα του στο νερό είναι

πολλή χαμηλή (οι αδιάλυτες μορφές του σιδήρου είναι πολύ ισχυρές) (He et al., 2000). Γενικά, τα κομποστ που προέρχονται από ΑΣΑ περιέχουν λιγότερο σίδηρο από εκείνα που προέρχονται από βιοαπόβλητα.

Βόριο

Η συγκέντρωση βορίου στο κόμποστ κυμαίνεται από 3-60 mg/kg, όπου είναι συγκρίσιμο με την συγκέντρωση βορίου στα φυτά(5-70 mg/kg) (Romheld and Marschner, 1991). Το βόριο σχετίζεται άμεσα με τα φυτά και συγκρίνεται με άλλα μικροθρεπτικά στοιχεία, κυρίως όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε όξινο και αμμώδες έδαφος με μικρή περιεκτικότητα σε βάριο. Το κόμποστ μπορεί να θεωρηθεί πηγή βορίου για την ανάπτυξη της σοδειάς και του εδάφους.

Χαλκός

Οι συγκεντρώσεις χαλκού στο κόμποστ ποικίλουν από 43 έως 630 mg/kg σύμφωνα με στοιχεία από την Αμερική και κάποιες ευρωπαϊκές χώρες. Αυτό το εύρος συγκεντρώσεων είναι περίπου 4 με 50 φορές μεγαλύτερο από το μέσο όρο χαλκού παγκοσμίως στα εδάφη (12mg/kg) (Berrow and Reavew,1984). Ο χαλκός στο κόμποστ προέρχεται γενικά από οργανική ύλη, έτσι δεν είναι διαθέσιμος στα φυτά πριν από τη διάσπαση του οργανικού κλάσματος.

Μαγγάνιο

Ο μέσος όρος συγκέντρωση μαγγανίου ποικίλει από 40 έως 600 mg/kg για τα κόμποστ από διάφορες χώρες, που συγκρίνεται με το μέσο όρο συνολικού μαγγανίου στα εδάφη (450 mg/kg) (Berrow and Reaves, 1984). Το μαγγάνιο (manganese) στο κόμποστ μπορεί να είναι πιο βιοδιαθέσιμο από ότι το στερεό μαγγάνιο.

Μολυβδένιο

Το μολυβδένιο στο κομποστ από την Αμερική ποικίλει από 1 έως 12.8 mg/kg με μέσο όρο 7.2 mg/kg, ενώ στον υπόλοιπο κόσμο έχει τιμή περίπου 1,5 mg/kg (Berrow and Reaves, 1984). Η ανεπάρκεια Mo στην Αμερική οφείλεται στα όξινα και αμμώδη εδάφη. Παρόλο που το κομποστ μπορεί να είναι μια πηγή μολυβδενίου για διόρθωση της ανεπάρκειας, η χρήση των κομποστ για τον εμπλουτισμό μολυβδενίου δεν έχει ερευνηθεί ευρέως.

Ψευδάργυρος

Τα κομποστ συνήθως περιέχουν περισσότερο ψευδάργυρο από ότι χαλκό με εύρος συγκέντρωσης από 21 έως 1650 mg/kg το οποίο είναι 4 με 5 φορές μεγαλύτερο από το μέσο όρο ψευδαργύρου στα εδάφη παγκοσμίως (Berrow and Reaves, 1984). Οι ανεπάρκειες ψευδαργύρου συναντώνται συνήθως σε ασβεστολιθικά και αμμώδη εδάφη. Η εφαρμογή κόμποστ σε τέτοια εδάφη μπορεί να αυξήσει τη διαθεσιμότητα του και να βελτιώσει την ποιότητα των φυτών (Martens and Westermann, 1991).

3.5 Παράμετροι ποιοτικού ελέγχου του τελικού προϊόντος

Η αξιολόγηση του τελικού οργανικού υλικού που προκύπτει από τη διεργασία της κομποστοποίησης στηρίζεται στη σύγκριση των ιδιοτήτων του προϊόντος που παράχθηκε με παραμέτρους που τίθενται από συγκεκριμένες προδιαγραφές ποιότητας κόμποστ. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν πρωτίστως στα ευρωπαϊκά κριτήρια αποχαρκτηρισμού των βιοαποβλήτων όταν αυτά υπόκεινται σε επεξεργασία με τη μέθοδο της κομποστοποίησης (IPTS, 2014).

Στην Ευρώπη, η στρατηγική για τα βιοαπόβλητα θεωρεί υψίστης σημασίας την ύπαρξη κοινών ποιοτικών προδιαγραφών για το κόμποστ, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι συνεχείς έλεγχοι, να υπάρχει κλίμα εμπιστοσύνης μεταξύ παραγωγών και χρηστών του υλικού και να μπορεί το προϊόν να διακινηθεί με ασφάλεια μεταξύ των Κρατών-Μελών, ενισχύοντας την οικονομική του αξία. Τα κριτήρια περιλαμβάνουν οριακές τιμές σε παραμέτρους που αφορούν στην οργανική ουσία, στους παθογόνους μικροοργανισμούς, στους παρασιτικούς οργανισμούς, στις προσμίξεις και στα βαρέα μέταλλα του προς εξέταση υλικού (Πίνακας 9). Με βάση τις άνω παραμέτρους προτείνεται να γίνεται η αξιολόγηση για το χαρακτηρισμό του τελικού κομποστοποιημένου υλικού ως κόμποστ ή απόβλητο όπως ορίζουν τα κριτήρια αποχαρκτηρισμού των βιοαποβλήτων. Το τελικό προϊόν δύναται να χαρακτηριστεί ως κόμποστ μόνο εφόσον τηρεί όλα τα προβλεπόμενα όρια όπως αυτά έχουν οριστεί στα κριτήρια αποχαρκτηρισμού των βιοαποβλήτων.

Πίνακας 9 Παράμετροι ποιοτικού ελέγχου του τελικού προϊόντος

Κριτήρια Ποιότητας για Κόμποστ	Παράμετρος
Εδαφοβελτιωτικό	Οργανική Ουσία
Ανόργανοι Ρυπαντές (Βαρέα Μέταλλα)	Χρώμιο (Cr) Χαλκός (Cu) Νικέλιο (Ni) Κάδμιο (Cd) Μόλυβδος (Pb) Ψευδάργυρος (Zn) Υδράργυρος (Hg)
Υγιεινοποίηση (Παθογόνοι)	Salmonella sp. E. Coli
Ανεπιθύμητα συστατικά & ιδιότητες	Προσμίξεις (πλαστικό, γυαλί, μέταλλα) Παρασιτικούς οργανισμούς

Πηγή: IPTS, 2014; Athens Biowaste, 2014

Για παράδειγμα, σε μια μονάδα επεξεργασίας και κομποστοποίησης σύμμεικτων ΑΣΑ (ΕΜΑΚ Λιοσίων) τηρείται ένα αυστηρό και πιστοποιημένο πρόγραμμα ελέγχου της ποιότητας του παραχθέντος κόμποστ το οποίο βασίζεται σε διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα (πρότυπες μέθοδοι ανάλυσης), αλλά επιτελείται και με συγκεκριμένη συχνότητα δειγματοληψιών, αναλόγως την παράμετρο που προσδιορίζεται (Πίνακας 10).

Πίνακας 10 Πρόγραμμα ελέγχου ποιότητας κόμποστ από σύμμεκτα ΑΣΑ στο ΕΜΑΚ Λιοσίων

Φυσικές Παράμετροι	Μέθοδοι ανάλυσης	Συχνότητα Δειγματοληψίας	
Πυκνότητα	TMECC 03.01	1 δείγμα από τον τελικό σωρό ο οποίος ολοκληρώνει τη διαδικασία τελικής χουμοποίησης	
pH	TMECC 04.11-A		
Καθαρότητα	TMECC 02.012-C		
Κοκκομετρική διαβάθμιση	TMECC 02.02-B		
Αγωγιμότητα	TMECC 04.10		
Χημικές Παράμετροι			
Αζωτο (TKN)	TMECC 04.02-A	1 δείγμα από τον τελικό σωρό ο οποίος ολοκληρώνει τη διαδικασία τελικής χουμοποίησης	
Οργανική ουσία	TMECC 05.07-A		
Σταθερότητα	Solvita maturity index		
Βαρέα Μέταλλα			
Ni	EPA 7130	1 δειγματοληψία/μήνα	
Pb	EPA 7210		
Cr	EPA 7520		
Cu	EPA 7421		
Zn	EPA 7190		
Cd	EPA 7060		
Na	TMECC 04.05		
K	TMECC 04.04-A		
Μικροβιολογικές αναλύσεις			
E. Coli	ISO 16649-2:2001		1 sample /month
Salmonella	ISO 6579:2002		

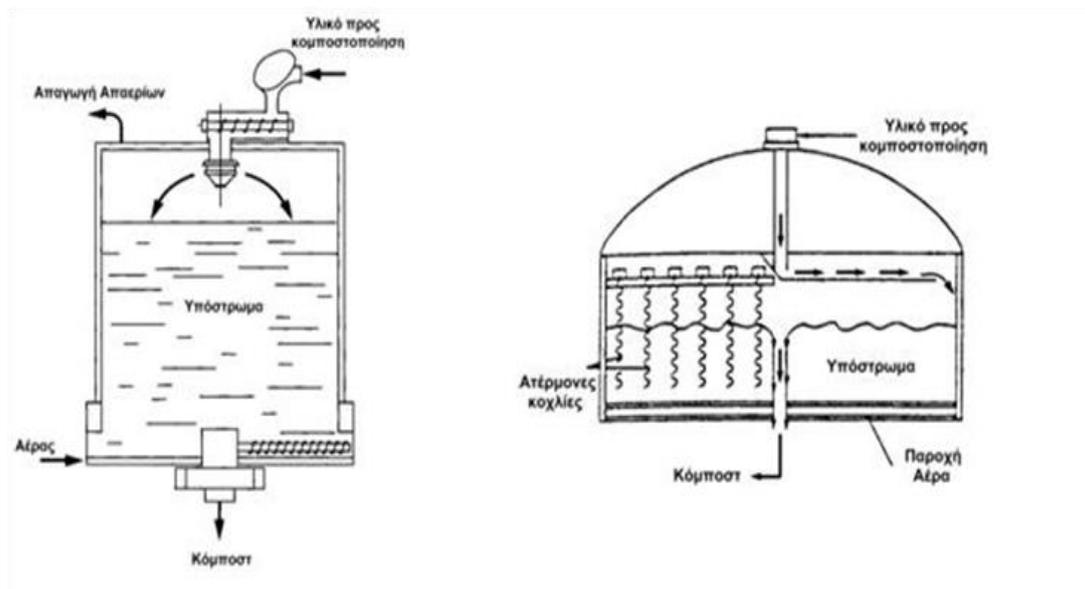
3.6 Συστήματα κομποστοποίησης

Τα συστήματα κομποστοποίησης χωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες χωρίς αντιδραστήρα, δηλαδή τα ανοικτά συστήματα, και αυτά με αντιδραστήρα, δηλαδή κλειστά συστήματα. Στα ανοικτά συστήματα η κομποστοποίηση διεξάγεται σε ανοιχτούς χώρους ενώ στα κλειστά συστήματα η διεργασία πραγματοποιείται σε ειδικά σχεδιασμένους βιοαντιδραστήρες ή σε στεγασμένα κτίρια. Με αυτό το τρόπο είναι εφικτή η απαγωγή και δέσμευση των αερίων εκπομπών οι οποίες αποτελούν σημαντικό πρόβλημα όχλησης, ειδικά στις περιπτώσεις όπου οι εγκαταστάσεις είναι κοντά σε κατοικημένες περιοχές (Pagans et al., 2006)

3.6.1 Κλειστά συστήματα

Σε αυτά τα συστήματα οι κλειστοί αντιδραστήρες διακρίνονται σε κατακόρυφους, οριζόντιους ή περιστρεφόμενου τυμπάνου. Διαθέτουν κατάλληλο μηχανολογικό εξοπλισμό που επιτρέπει την επιτάχυνση της διαδικασίας, τον περιορισμό των οσμών και τον έλεγχο των παραμέτρων, όπως η παροχή αέρα, η θερμοκρασία, η συγκέντρωση οξυγόνου, το pH και η υγρασία (Ανδρεαδάκης κ.α., 2001). Σε κάποιες περιπτώσεις πρέπει να προστίθεται νερό στο υλικό που βρίσκεται μέσα στον αντιδραστήρα, ώστε να συνεχιστεί η

δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας της κομποστοποίησης, θερμός αέρας μπορεί να εισάγεται στον αντιδραστήρα με σκοπό η θερμοκρασία να διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα ή εναλλακτικά μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνωση στα τοιχώματα. Στα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος συγκαταλέγεται καλύτερος έλεγχος των οσμών, το προς κομποστοποίηση υλικό παραμένει για μικρό χρονικό διάστημα στον αντιδραστήρα και απαιτείται μικρότερη έκταση για την εγκατάσταση του (Ανδρεαδάκης κ.α., 2001; Metcalf & Eddy, 2003). Επίσης δεν προσελκύει έντομα και τρωκτικά (Idris et al., 2010).



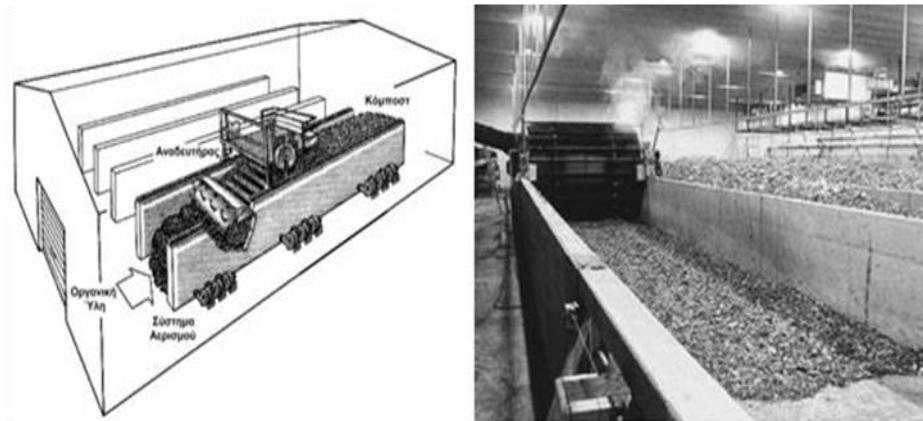
Εικόνα 10 Σχηματική αναπαράσταση τυπικών κάθετων κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης (α) χωρίς ανάδευση και (β) με ανάδευση

Πηγή: Diaz et al., 2002



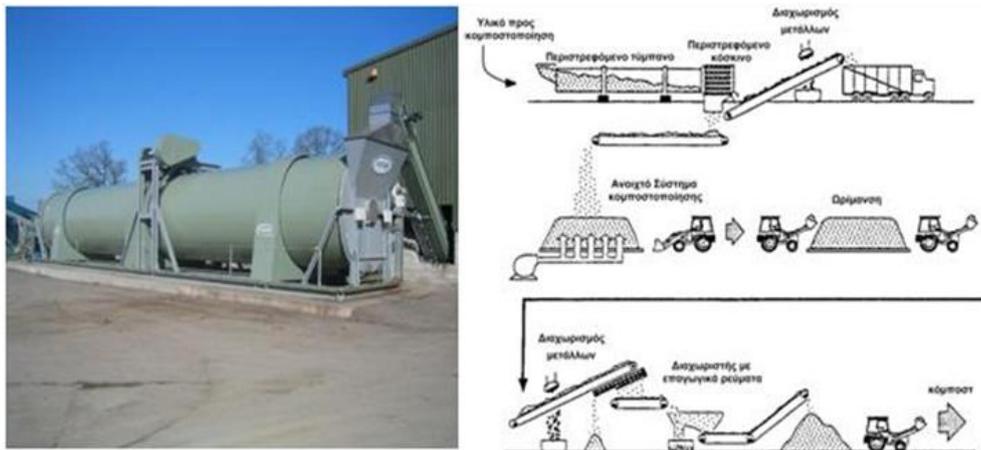
Εικόνα 11 Τυπική διάταξη οριζόντιων κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης, τύπου κιβωτίων, σε παράλληλα στοιχεία

Πηγή: Μαλαμής, 2011



Εικόνα 12 Τυπική διάταξη οριζόντιων κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης, τύπου καναλιών

Πηγή: Turovskiy and Mathai, 2006; Diaz et al., 2002



Εικόνα 13 Τυπική διάταξη οριζόντιου κλειστού συστήματος κομποστοποίησης, τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου

Πηγή: Diaz et al., 2002

3.6.2 Ανοικτά συστήματα

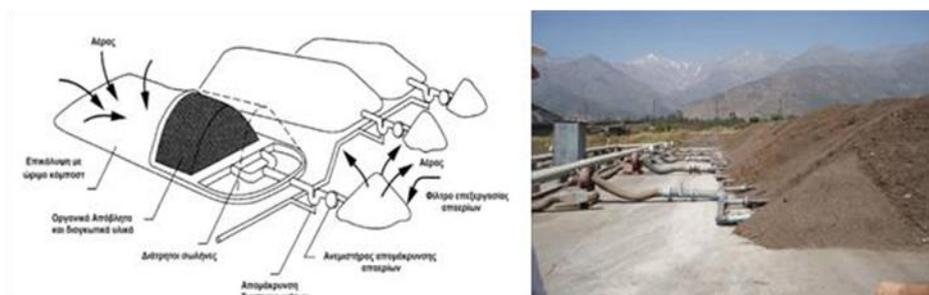
Στα συστήματα κομποστοποίησης που δεν περιλαμβάνουν αντιδραστήρα ή μηχανικό εξοπλισμό, όλη η διεργασία λαμβάνει χώρα σε εξωτερικό χώρο. Τα στατικά συστήματα (static piles) αλλά και τα αναδευόμενα συστήματα (windrows) ανήκουν στα ανοικτά συστήματα κομποστοποίησης. Τα απόβλητα δημιουργούν σωρούς και ο αερισμός ενισχύεται με την βοήθεια της ανάδευσης. Τα σειράδια, ή αλλιώς αναδευόμενα συστήματα, είναι πολύ χρηστικά σε περιπτώσεις με σωρούς αποβλήτων μεγάλου όγκου και λόγω του απλού σχεδιασμού αποτελούν μια πολύ οικονομική μέθοδο κομποστοποίησης. Ο αερισμός των σωρών πραγματοποιείται είτε με αναρρόφηση αέρα είτε με εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα διαμέσου των σωρών ή με συνδυασμό και των δύο, έτσι ώστε να διατηρείται το διαλυμένο οξυγόνο και η θερμοκρασία στα απαραίτητα επίπεδα μέσα στο σωρό για την

καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών (Ανδρεαδάκης κ.α., 2001). Το ύψος, το πλάτος και το σχήμα των γραμμικών σωρών εξαρτώνται από το είδος του προς κομποστοποίηση κλάσματος και από τον τύπο του μηχανολογικού εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάδευση. Η καλύτερη αναλογία πλάτους προς ύψος της σωρού είναι ίση με 2. Σε αναλογίες μεγαλύτερες του 2 (>2), εμφανίζονται μεγάλες απώλειες θερμότητας με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του υποστρώματος (μη επίτευξη κρίσιμου όγκου). Σε μικρότερες αναλογίες (<2) διαμορφώνονται αναερόβιες συνθήκες εξαιτίας της λιγοστής διάχυσης του αέρα (Shammas and Wang, 2009).



Εικόνα 14 Τυπική διάταξη οριζόντιου ανοιχτού συστήματος κομποστοποίησης, τύπου αναστρεφόμενων σειραδιών

Πηγή: Diaz et al., 2002



Εικόνα 15 Τυπική διάταξη οριζόντιου ανοιχτού συστήματος κομποστοποίησης, τύπου αεριζόμενων στατικών σωρών

Πηγή: Diaz et al., 2007, 2002

3.6.3 Σύγκριση συστημάτων κομποστοποίησης

Ο ακόλουθος πίνακας αποτυπώνει μια συγκριτική αξιολόγηση των ανοικτών και κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης από οικονομικής, περιβαλλοντικής και τεχνικής πλευράς.

Στα συστήματα κομποστοποίησης ανοιχτού τύπου (αναδεδυόμενα, στατικά) ενώ το κόστος κεφαλαίου είναι σχετικά χαμηλό, το κόστος λειτουργίας για τα στατικά είναι αρκετά υψηλό και η ρύθμιση αερισμού απαραίτητη. Αντίθετα, τα αναδεδυόμενα συστήματα ενώ που δεν έχουν τέτοιου είδους απαιτήσεις, έχουν μεγάλη ευαισθησία στις κλιματικές αλλαγές. Επί προσθέτως, τα ανοιχτού τύπου συστήματα έχουν μεγάλη απαίτηση χώρου.

Τα συστήματα κλειστού τύπου (εξαναγκασμένου αερισμού με ή χωρίς ανάδευση) ακολουθούν ένα πιο σταθερό μοτίβο μεταξύ των δύο περιπτώσεων. Έχοντας αρκετά υψηλό κόστος κεφαλαίου, αλλά χαμηλό κόστος λειτουργίας. Επίσης, απαιτείται η ρύθμιση αερισμού μέσα στον αντιδραστήρα. Θετικό όμως είναι το γεγονός πως δεν παρουσιάζουν καμία ευαισθησία στις κλιματικές αλλαγές και απαιτούν πολύ χαμηλή απαίτηση χώρου.

Τέλος, για να επιλεγεί κατάλληλα η διάταξη, πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι ανάγκες αλλά και ο χώρος που θα τοποθετηθεί η μονάδα ώστε να είναι πιο αποτελεσματική και να μην δημιουργεί προβλήματα στους γύρω κατοίκους.

Πίνακας 11 Σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων κομποστοποίησης

ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	Συστήματα ανοιχτού τύπου (χωρίς αντιδραστήρα)		Συστήματα κλειστού τύπου (με αντιδραστήρα)	
	Αναδεδυόμενα συστήματα	Στατικά συστήματα	Εξαναγκασμένου αερισμού με ανάδευση	Εξαναγκασμένου αερισμού χωρίς ανάδευση
Κόστος κεφαλαίου	χαμηλό	- χαμηλό για μικρά συστήματα - υψηλό για μεγαλύτερα	πολύ υψηλό	υψηλό
Κόστος λειτουργίας	χαμηλό	υψηλό	χαμηλό	χαμηλό
Ρύθμιση αερισμού	περιορισμένη	απαραίτητη	απαραίτητη	απαραίτητη
Απαίτηση για επακόλουθη ξήρανση	όχι απαραίτητα	όχι απαραίτητα	όχι απαραίτητα	σε μικρό βαθμό
Ευαισθησία στις κλιματικές αλλαγές	ναι	όχι	όχι	όχι
Απαίτηση χώρου	πολύ υψηλή	υψηλή	πολύ χαμηλή	χαμηλή

Πηγή: Idris et al., 2010

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΣΩΡΟΥΣ

Κατά τη μέθοδο αυτή, το υλικό που προορίζεται για το χώνεμα συγκεντρώνεται σε σωρούς με ελάχιστες διαστάσεις του ενός κυβικού μέτρου, ώστε να εξασφαλίζεται η ελάχιστη δυνατή μάζα υλικού και να αναπτυχθεί στο εσωτερικού του η απαραίτητη θερμοκρασία των 60 - 65 βαθμών Κελσίου. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται τακτική ανάδευση του σωρού για να υπάρξει επαρκής αερισμός και διαβροχή ώστε το προς κομποστοποίηση μίγμα να διατηρεί την κατάλληλη υγρασία. Η μέθοδος αυτή απαιτεί τακτική εργασία από την μεριά του πολίτη και ενδείκνυται κυρίως για αγροτικές περιοχές που έχουν μεγάλες αυλές και πολλά υπολείμματα κήπου. Σε σωρούς όπου προστίθενται και υπολείμματα κουζίνας συχνά γίνεται κάλυψη του σωρού με φύλλα πλαστικού έτσι ώστε να αποφευχθεί η προσέλκυση τρωκτικών και ζώων στο σωρό. Η εν λόγω μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί συνδυαστικά με τη χρήση κάδων οικιακής κομποστοποίησης.

Στην κομποστοποίηση σε σωρούς δεν απαιτεί καμία τεχνική υποδομή, αφού τα οργανικά απορρίμματα αποθέτονται και ανά τακτά διαστήματα αναποδογυρίζονται.



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η επιφανειακή κομποστοποίηση είναι η διαδικασία εκείνη κατά την οποία το χώνεμα των φυτικών υλικών γίνεται στην επιφάνεια του εδάφους. Η επιφανειακή κομποστοποίηση είναι πιο απλή και δεν απαιτεί τη δημιουργία σωρού κατά τη διάρκεια της χώνευσης. Δεν κάνει τίποτα περισσότερο από το να μιμείται αυτό που συμβαίνει στη φύση, όπου το έδαφος καλύπτεται από τα φύλλα των φυτών και τη νεκρή βλάστηση, η οποία σταδιακά χωνεύεται και μετατρέπεται σε οργανική ουσία. Η διεργασία αυτή δεν απαιτεί την ιδιαίτερη συμμετοχή των πολιτών και ενδείκνυται για την περίπτωση αγροτικών περιοχών και για την κομποστοποίηση υπολειμμάτων κήπων (δεν ενδείκνυται για την κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας).



ΥΠΟΓΕΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η υπόγεια κομποστοποίηση έχει λιγότερες δαπάνες και φροντίδες. Πρόκειται για μια μέθοδο κατά την οποία η χώνευση των υλικών γίνεται σε λάκκους. Η υπόγεια κομποστοποίηση συνιστάται για τη γρήγορη βελτίωση των φτωχών εδαφών κήπων. Σε αυτή την περίπτωση ανοίγονται λάκκοι βάθους τουλάχιστον 30cm όπου τοποθετούνται τα υλικά προς αποδόμηση και στη συνέχεια γίνεται κάλυψη με εδαφικό υλικό. Απαιτούνται λίγοι μήνες ώστε το σαπισμένο υλικό να ενσωματωθεί στο έδαφος και να είναι δυνατή η φύτευση σε αυτό το σημείο.

Η εν' λόγω μέθοδος μπορεί να παίζει υποστηρικτικό ρόλο στην οικιακή κομποστοποίηση με κάδους όταν τα παραγόμενα βιοαπόβλητα είναι πολλά και δεν επαρκή μόνο ο οικιακός κομποστοποιητής. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η οικία να διαθέτει μεγάλο κήπο



ΚΟΥΤΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Σε αυτή την περίπτωση τα οργανικά απορρίμματα τοποθετούνται σε μια ιδιόχειρη κατασκευή, συνήθως ξύλινη, πλαστική, ή από σύρμα πάνω στο έδαφος. Η εν λόγω μέθοδος δε κοστίζει ακριβά. Σε αυτή την περίπτωση ο σωρός του υλικού εντός του «κουτιού» αποδομείται αργά και δύναται να προσελκύσει τρωκτικά και γενικά μικρά ζώακια. Συνιστάται κυρίως για υπολείμματα κήπων.



Εικόνα 16 Διάφορα συστήματα κομποστοποίησης

πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΠΕΡΑΑ) (2012) Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή στην Πηγή & συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων]. Γραφείο Τύπου του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ελλάδα

http://www.epperaa.gr/Lists/Custom_Announcements/Attachments/194/%CE%9F%CE%94%CE%97%CE%93%CE%9F%CE%A3%20%CE%92%CE%99%CE%9F%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%92%CE%9B%CE%97%CE%A4%CE%91.pdf

4

Η αποκεντρωμένη διαχείριση των βιοαποβλήτων σε νησιωτική περιοχή: ένα πιλοτικό σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης στην Τήνο

Η παρακάτω ενότητα περιέχει πληροφορίες για το Δήμο Τήνου σχετικά με τη γεωγραφική θέση στο Νομό Κυκλάδων, της Περιφέρειας του Νοτίου Αιγαίου, καθώς και οργανωτικά/διαρθρωτικά στοιχεία για τη νέα διοικητική διαίρεση του Δήμου με βάση το νέο Πρόγραμμα "Καλλικράτης". Επιπλέον, δίνεται η περιγραφή του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος του Δήμου, η οποία περιλαμβάνει βασικά στοιχεία αναφορικά με το έδαφος, την κλιματολογία, τη σεισμικότητα, την υδρογεωλογία καθώς και τα δημογραφικά και οικονομικά στοιχεία του Δήμου της Τήνου.

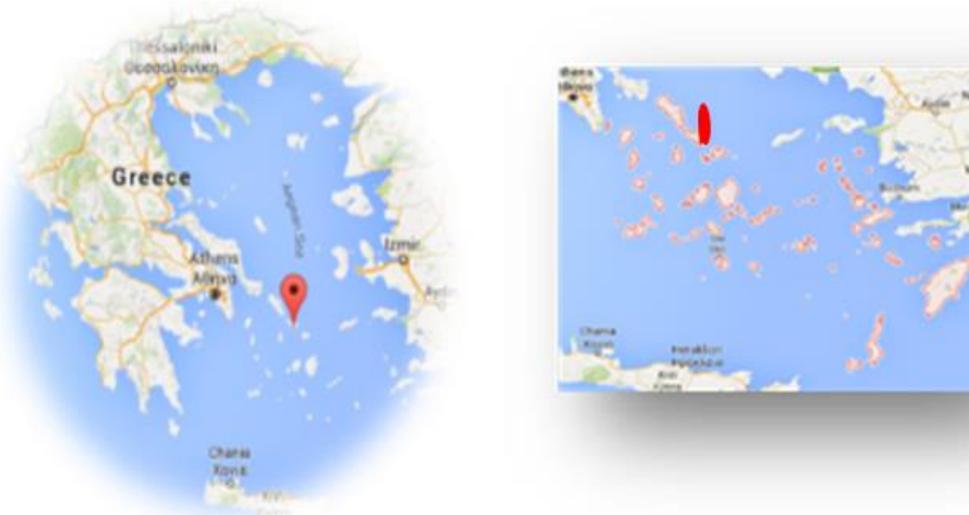
Ειδικότερα, παρατίθενται στοιχεία για τους επιλεγμένους οικισμούς εφαρμογής του συστήματος και τον πληθυσμό που εξυπηρετείται. Επίσης, δίνεται ο ορισμός της κατηγορίας – στόχου των ΑΣΑ, δηλαδή των βιοαποβλήτων και αναλύονται τα οφέλη που προκύπτουν από την ορθή διαχείρισή τους. Τέλος, στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά το σχέδιο διαχείρισης που υιοθετήθηκε για την ξεχωριστή συλλογή τους και τη μετέπειτα επεξεργασία τους σε πρότυπα σχεδιασμένο κλειστό σύστημα κομποστοποίησης με σκοπό την εκτροπή τους από την τελική διάθεση (απόθεση σε ΧΑΔΑ) και την παραγωγή χρήσιμου και υψηλής ποιότητας προϊόντος (κόμποστ).

4.1 Ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή μελέτης της Τήνου

4.1.1 Γεωγραφική θέση ν. Τήνου

Το νησί της Τήνου βρίσκεται νοτιοανατολικά της Άνδρου (700 μ.), βορειοδυτικά της Μύκονου (8 ναυτικά μίλια) και βορειοανατολικά της Σύρου (13 ναυτικά μίλια). Είναι το τρίτο σε μέγεθος νησί των Κυκλάδων μετά την Νάξο, την Άνδρο. Έχει έκταση 197,044 τ. χλμ. και μήκος ακτών περίπου 114 χλμ. Απέχει από τον Πειραιά 85 ναυτικά μίλια, από το λιμάνι της Ραφήνας 67 και από το λιμάνι του Λαυρίου 54. Πρωτεύουσα και λιμάνι του νησιού είναι η Τήνος (η οποία χαρακτηριστικά αποκαλείται, Χώρα). Το νησί χωρίζεται σε τέσσερις γεωγραφικές ενότητες. Η περιοχή που περιλαμβάνει τη Χώρα και τους πέριξ αυτής οικισμούς, τα Πάνω Μέρη, που περιλαμβάνουν τους οικισμούς γύρω από το οροπέδιο της Λειβαδεράς, τα Κάτω Μέρη, που περιλαμβάνουν τις περιοχές της πεδιάδας της Κώμης και τα Έξω Μέρη ή Έξω Μεριά το βορειοανατολικό κομμάτι του νησιού από την Καρδιανή ως το στενό Τήνου Άνδρου.

Η Εικόνα 17 δείχνει τη θέση της ν. Τήνου στην Ελλάδα και το Νότιο Αιγαίο (σύμπλεγμα Κυκλάδων), ενώ η Εικόνα 18 περιλαμβάνει τον κατ' εκτίμηση γεωγραφικό διαχωρισμό του νησιού.



Εικόνα 17 Θέση της ν. Τήνου στην Ελλάδα (αριστερά) και το Νότιο Αιγαίο (δεξιά)

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 18 Γεωγραφικός διαχωρισμός της Τήνου (κατ' εκτίμηση)

Πηγή: Δήμος Τήνου, 2015

4.1.2 Διοικητική διαίρεση ν. Τήνου με το Πρόγραμμα 'Καλλικράτης'

Βάσει της νέας διοικητικής μεταρρύθμισης που εγκρίθηκε από το Πρόγραμμα «Καλλικράτης» (Ν. 3852/2010, ΦΕΚ Α' 87/07-06-2010, σε ισχύ από 1-1-2011) και στόχο είχε να βελτιστοποιηθεί η δημόσια διοίκηση της Ελλάδας, η Τήνος σήμερα αποτελείται από δύο Δημοτικές Ενότητες (Δ.Ε.) και μία Κοινότητα, οι οποίες είναι οι εξής:

- 1) Δημοτική Ενότητα Εξωμβούργου που καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα της νήσου με έδρα την Ξινάρα
- 2) Δημοτική Ενότητα Τήνου που καταλαμβάνει το νότιο τμήμα της νήσου με έδρα την Τήνο (Χώρα)
- 3) Κοινότητα Πανόρμου που καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα της νήσου με έδρα τον Πύργο



Εικόνα 19 Γεωγραφική απεικόνιση διοικητικής διαίρεσης Τήνου βάσει σχεδίου «Καλλικράτης» (Δήμος Τήνου, 2011)

Η νέα διοικητική διαίρεση του Δήμου Τήνου παρουσιάζεται γεωγραφικά στην Εικόνα 19.

Σύμφωνα με το σχέδιο 'Καλλικράτης' δημιουργήθηκαν μία Δημοτική Κοινότητα και δώδεκα Τοπικές Κοινότητες, οι οποίες είναι οι εξής:

- Δημοτική Κοινότητα Τήνου
- Τοπικές Κοινότητες:

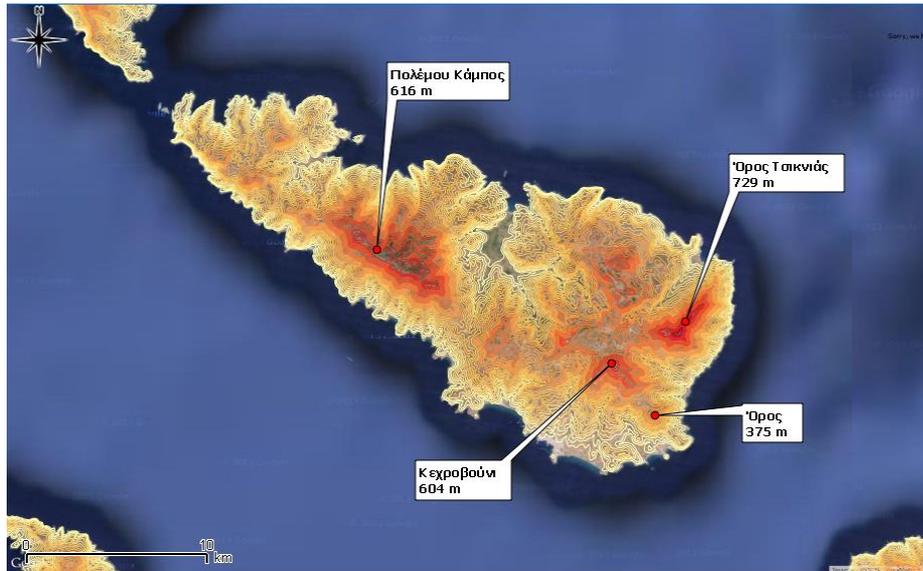
- | | | |
|--------------|-------------|--------------|
| - Αγάπης | - Κώμης | - Κτικάδου |
| - Δύο Χωριών | - Πάνορμου | - Φαλατάδου |
| - Καλλονής | - Στενής | - Τριαντάρου |
| - Κάμπου | - Καρδιανής | - Υστερνίων |

4.1.3 Υφιστάμενη κατάσταση περιβάλλοντος της ν. Τήνο

4.1.3.1 Φυσικό περιβάλλον

4.1.3.1.1 Γεωγραφία – Μορφολογία Εδάφους

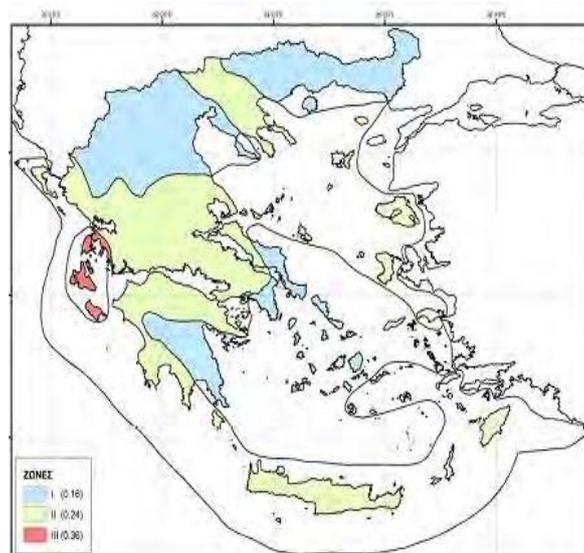
Το έδαφος γενικά είναι ορεινό και πετρώδες με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και τα έντονα φαινόμενα διάβρωσης έχουν οδηγήσει στη μείωση της παραγωγικής ικανότητάς του ενώ το υψόμετρο δεν ξεπερνά τα 720 m. Εν γένει δεν παρατηρούνται δάση και μεγάλες πεδινές εκτάσεις. Το νησί διασχίζεται από μία μακριά και απότομη οροσειρά που έχει κατεύθυνση από τα βορειοδυτικά προς τα βορειοανατολικά. Η οροσειρά αυτή αποτελείται κυρίως από γρανίτη, μάρμαρα σχιστόλιθους και σερπεντινίτη. Η υψηλότερη κορυφή της οροσειράς είναι ο Τσικνιάς που έχει ύψος 729 m. Σε αυτή σχηματίζονται πολλά φυσικά, γραφικά σπήλαια, από τα οποία πιο ονομαστό είναι της 'Γαστριάς' αποκαλούμενο από πολλούς ως "Άντρο του Αιόλου". Στο μεγαλύτερο μέρος του νησιού χαρακτηριστικό είναι το επικλινές του εδάφους έτσι ώστε οι αγροί να παρουσιάζουν εικόνα μεγάλων σκαλοπατιών διαχωριζομένων από χαμηλούς μανδρότοιχους, τις λεγόμενες "ξερολιθιές" οι οποίες αποτελούν τεχνητό μηχανισμό καταπολέμησης της διάβρωσης. Μία μικρή πεδινή έκταση συναντάται στον κάμπο της Κολυμπήθρας, στο βόρειο τμήμα του νησιού όπου καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά και εσπεριδοειδή. Το νησί σχηματίζει στις ακτές του πολλά ακρωτήρια, όρμους και κολπίσκους. Κυριότερα ακρωτήρια είναι η Περατή, η Βίγλα, ο Ζέφυρος, το Ούριο, ο Άγιος Ιωάννης, η Καμένη Σπηλιά κ.ά. Κυριότεροι όρμοι είναι ο Άγιος Πέτρος, ο Άγιος Ρωμανός, ο Άγιος Νικόλαος που βρίσκεται και το λιμάνι της Τήνου, η Λιβάδα κ.ά. Κοντά στις βόρειες ακτές του νησιού υπάρχουν πολλές νησίδες όπως το Δύσβατο, ο Καλόγερος κ.ά. Τα υψηλότερα βουνά είναι κατά σειρά ο Τσικνιάς (729 m) στο Ν.Α. τμήμα της νήσου, Πατέλα ή Πολέμου Κάμπος (616 m) στο δυτικό τμήμα της νήσου και το Κεχροβούνι (604 m) και τέλος το Όρος με υψόμετρο 375 m όπως αυτά παρουσιάζονται στην Εικόνα 20. (<http://www.hellenica.de/Griechenland/Geo/GR/Tinos.html>)



Εικόνα 20 Γεωμορφολογία Τήνου και σημαντικοί ορεινοί όγκοι

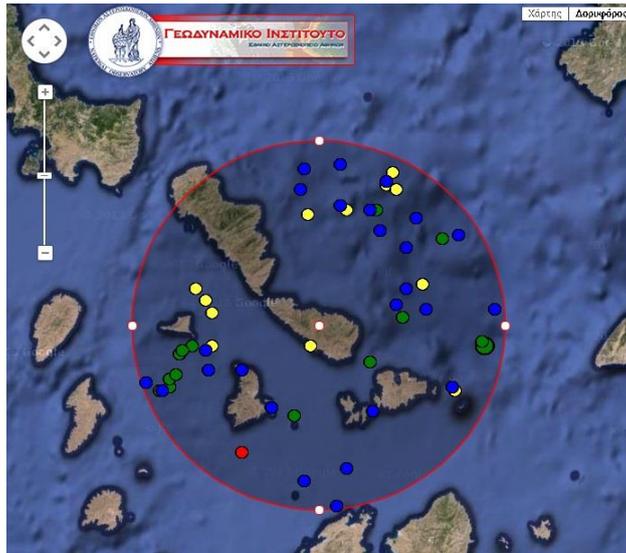
4.1.3.1.2 Σεισμικότητα

Η νήσος Τήνος, σύμφωνα με τον χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας που αναθεωρήθηκε το 2003, εντάσσεται στην 1^η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας που χαρακτηρίζεται από εδαφική επιτάχυνση 0.16g. Υπάρχουν τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας που χαρακτηρίζονται από διαφορετικές τιμές εδαφικών επιταχύνσεων με τιμές 0.16g, 0.24g, 0.36g αντίστοιχα (Εικόνα 21). Σύμφωνα με στοιχεία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου οι σεισμοί που έχουν γίνει στην περιοχή της Τήνου αλλά και στον ευρύτερο χώρο των Κυκλάδων από το 1964 έως το Μάη του 2015, φαίνονται στις Εικόνα 22 και Εικόνα 23. (ΤΕΕ, 2011)



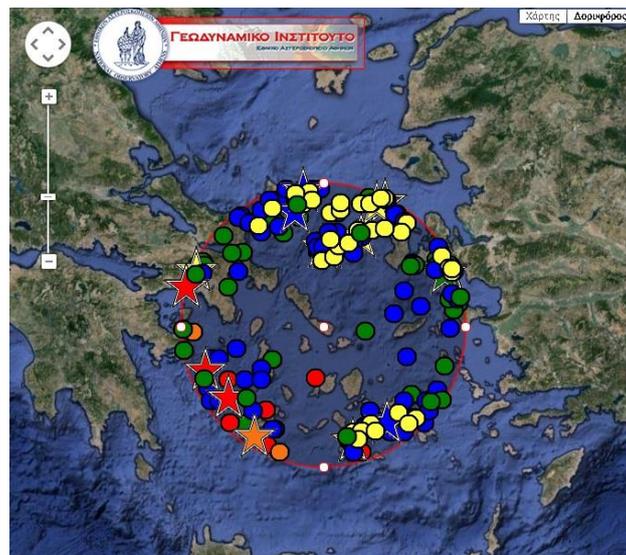
Εικόνα 21 Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας Ελλάδος

Πηγή: ΤΕΕ, 2011



Εικόνα 22 Θέσεις επικέντρων σεισμών 3 έως 4 βαθμών της κλίμακας Richter στην ευρύτερη περιοχή της Τήνου, ακτίνας 15 km

Πηγή: Γεωδυναμικό Ινστιτούτο (<http://www.gein.noa.gr/el/>)



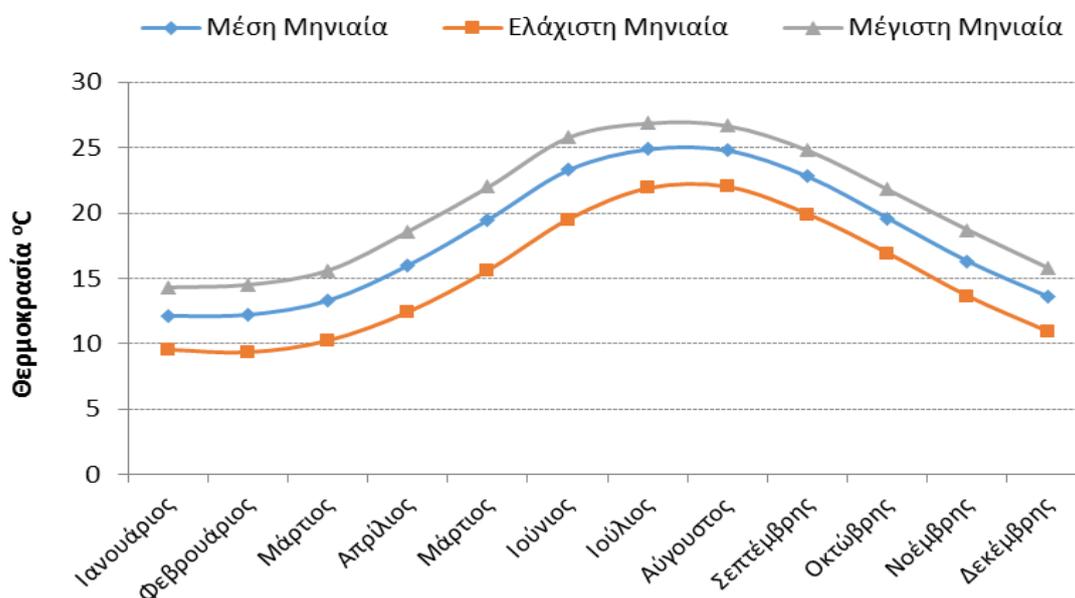
Εικόνα 23 Θέσεις επικέντρων σεισμών άνω των 4 βαθμών της κλίμακας Richter στην ευρύτερη περιοχή της Τήνου, ακτίνας 150 km

Πηγή: Γεωδυναμικό Ινστιτούτο (<http://www.gein.noa.gr/el/>)

Τα συμπεράσματα που αντλούνται από τις δύο τελευταίες εικόνες είναι ότι η Τήνος ανήκει σε μία ζώνη χαμηλής σεισμικότητας αφού οι σεισμοί που έχουν σημειωθεί σε ακτίνα 15 km είναι πολύ λίγοι και έντασης μόνο 3 έως 4 βαθμών της κλίμακας Richter (Εικόνα 5) συγκριτικά με την ευρύτερη περιοχή των Κυκλάδων ακτίνας 150 km όπου οι σεισμοί 4 έως 8 βαθμών της κλίμακας Richter είναι σαφώς περισσότεροι για το ίδιο χρονικό διάστημα καταγραφών (Εικόνα 23).

4.1.3.1.3 Κλίμα

Στην Τήνο το κλίμα είναι εύκρατο μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από δροσερά καλοκαίρια, με τη θερμοκρασία σπάνια να ξεπερνά τους 37°C και ήπιους χειμώνες, με το θερμομότρο σπάνια να κατεβαίνει στο μηδέν. Από μετεωρολογικής και κλιματικής άποψης, το έτος διαχωρίζεται σε δύο εποχές, μία ψυχρή, η οποία διαρκεί από τον Οκτώβριο μέχρι το Μάρτιο και μία θερμή, η οποία διαρκεί από τον Απρίλιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Ο αέρας στο νησί της Τήνου είναι ξηρότερος με τιμές σχετικής υγρασίας της τάξης του 65-70% έναντι του 70-75% των υπολοίπων Κυκλάδων. Καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου επικρατούν βόρειοι άνεμοι εντάσεως 9.9 – 15.8 kt (EMY, 2010). Συγκεκριμένα, κατά την ψυχρή εποχή οι επικρατούντες άνεμοι πνέουν από βόρειες και βορειοανατολικές διευθύνσεις, ενώ κατά τη θερμή εποχή επικρατούν οι Ετήσιοι Άνεμοι που αποτελούν έντονο χαρακτηριστικό του Κυκλαδίτικου Συμπλέγματος (Θεοχαράτος, 1978, Κατσούλης, 1970, Λεωνιδοπούλου, 2008). Επιπλέον, η μηνιαία βροχόπτωση κυμαίνεται από 0.5-18.0 cm κατά τη θερινή περίοδο και 34.7-70.3 cm τη χειμερινή, μεγέθη τα οποία δεν ευνοούν την ανάπτυξη επιφανειακών υδάτων και το σχηματισμό υπόγειων υδροφόρων (EMY, 2010). Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζεται η μέση, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία της περιοχής από δεδομένα τα οποία προκύπτουν από το μετεωρολογικό σταθμό της Νάξου.

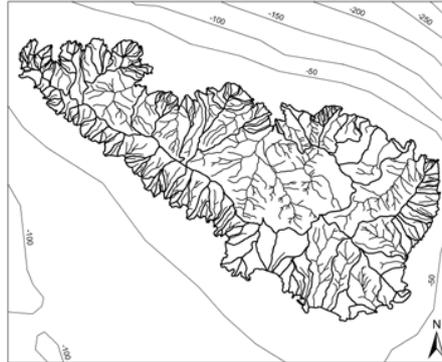


Διάγραμμα 6 Μέσες θερμοκρασίες ανά μήνα της περιόδου 1958- 2010

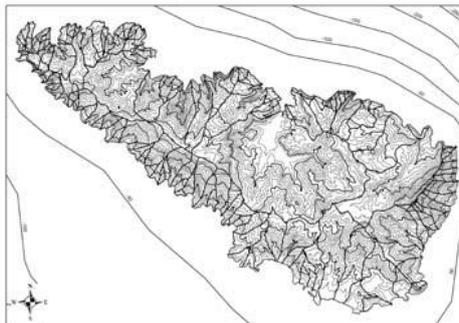
Πηγή: EMY, 2010 (<http://www.hnms.gr>)

4.1.3.1.4 Υδατα και υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής απεικονίζεται στην Εικόνα 24. Συνίσταται ως επί το πλείστον από ρέματα και ποταμοχειμάρους εποχικής ροής. Το δίκτυο αυτό παρουσιάζει χαρακτηριστική εγκάρσια διεύθυνση σε σχέση με τον άξονα του νησιού με κύριες κατευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ. Γενικά παρατηρούνται 314 τμήματα-κλάδοι ροών τα οποία τελικά ενώνονται και συνιστούν τους 16 ποταμοχειμάρους που παρατηρούνται στο νησί .Οι αντίστοιχοι υδροκρίτες του νησιού φαίνονται στην Εικόνα 25.



Εικόνα 24 Υδρογραφικό δίκτυο και λεκάνες απορροής Τήνου



Εικόνα 25 Υδροκρίτες του νησιού

Σύμφωνα με το Προσχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Νήσων Αιγαίου (GR14) (ΥΠΕΚΑ, 2015) το επιφανειακό ποτάμιο σύστημα της Τήνου, Ταγέρ Λαγκάδι Ρ. έχει μήκος 3508,99 m, έχει παροχή 5,1 hm³/γ και είναι άγνωστης οικολογικής και χημικής κατάστασης. Το ποτάμιο σύστημα απεικονίζεται στην Εικόνα 26.



Εικόνα 26 Επιφανειακό ποτάμιο σύστημα της Τήνου με ονομασία Ταγέρ Λαγκάδι Ρ

Το υπόγειο υδατικό σύστημα (ΥΥΣ) της Τήνου το οποίο ανήκει στη λεκάνη απορροής των Κυκλάδων (GR37) σύμφωνα με το Προσχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Νήσων Αιγαίου (GR14) (ΥΠΕΚΑ, 2015) χαρακτηρίζεται από ρωγματικό υδροφόρο ορίζοντα υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας που οφείλεται στη γεωλογία της περιοχής με εναλλαγές μαρμάρων και σχιστολίθων. Η ποσοτική και ποιοτική κατάσταση του ΥΥΣ χαρακτηρίζεται ως καλή. Οι μέσες υδροληψίες ανέρχονται σε 2,2 hm³/γ όμως δεν έχουν επηρεάσει αυτές τα περιορισμένα σε τοπικό επίπεδο φαινόμενα φυσικής υφαλμύρισης που παρατηρούνται στο νησί όπως αυτά παρουσιάζονται στην Εικόνα 27.



Εικόνα 27 Περιοχές που αντιμετωπίζουν πρόβλημα υφαλμύρισης της Τήνου

4.1.3.1.5 Χλωρίδα και πανίδα

Παρά τη φτωχή βλάστηση της Τήνου και ευρύτερα των Κυκλάδων, παρουσιάζεται πλούσια χλωρίδα με σπάνια και ενδιαφέροντα είδη φυτών. Τη χλωρίδα της υπό μελέτη περιοχής απαρτίζουν ποικίλα θαμνώδη φυτά όπως κέδροι (*Cedrus*), μυρτιές (*Myrtus communis*), πουρνάρια (*Quercus coccifera* L.), σπάρτα (*Spartium junceum*) και διάφορα θαμνολιβαδικά φυτά κατάλληλα για αφέψημα και μαγειρική όπως φασκόμηλο (*Salvia officinalis*), τσάι βουνού (*Sideridis raeseri*), άγριο χαμομήλι (*Anthemis cotula*), μάραθος (*Foeniculum vulgare*), αγριομέντα (*Mentha spicata*), ρίγανη (*Origanum onites*), κάππαρη (*Capparis spinosa*), θυμάρι (*Thymus capitatus*) κ.ά. (<http://www.tinos.biz/>; <http://www.exombourgo.gr/>).

Στην πανίδα της Τήνου περιλαμβάνονται πολλά θηλαστικά, όπως αγριοκούνελα (*Oryctolagus cuniculus*), ασβοί (*Meles meles*), λαγοί (*Lepus capensis*), σκαντζόχοιροι (*Erinaceus concolor*), μεσογειακή φώκια (*Monachus monachus**), διάφορα πτηνά, όπως αγριοπερίστερα (*Columba livia*), πέρδικες (*Alectoris chukar*), κοράκια (*Corvus corax*), γλάροι (*Larus cacchianus/audouinii*) καθώς και αμφίβια και ερπετά, όπως σαμιαμίδια (*Cyrtopodion kotschy*), κροκοδειλάκια (*Agama stellio mykonensis**), σπιτόφιδα (*Elaphe situla**), νερόφιδα (*Natrix natrix*), νεροχελώνες (*Mauremys caspisa rivulata**) και οχιές (*Vipera ammadytes meridionalis**). Επιπλέον, στην περιοχή απαντώνται διάφορα αποδημητικά πουλιά (τρυγόνια, ορτύκια, αγριόπαπιες κ.ά), για τα οποία το νησί της Τήνου αποτελεί πέρασμα τους μήνες από Σεπτέμβριο μέχρι και Φεβρουάριο. (<http://www.tinos.biz/>; <http://www.exombourgo.gr/>)

4.1.3.1.6 Προστατευόμενες περιοχές

Δίκτυο «Φύση 2000»

Το νησί της Τήνου περιλαμβάνει περιοχές οι οποίες τελούν υπό καθεστώς προστασίας, η οποία καθορίζεται από σχετική τοπική, εθνική και κοινοτική νομοθεσία. Από τις εν λόγω περιοχές τρεις (3) ορίζονται προστατευόμενες από διεθνή δίκτυα προστασίας (NATURA, CORINE) και δύο (2) χαρακτηρίζονται ως Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ). (Εικόνα 28)

Γενικά, παρά το ότι η σπουδαιότητα των προαναφερθέντων φυσικών οικοτόπων αναγνωρίστηκε με την ένταξή τους στο εθνικό και κοινοτικό περιβαλλοντικό πλαίσιο προστασίας, εξακριβώνεται η απουσία ολοκληρωμένης στρατηγικής και αειφόρου προσέγγισης για τη διασφάλιση και ανάδειξη του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος του νησιού. Οι σημαντικότερες απειλές για τους βιότοπους προέρχονται από μια πληθώρα δραστηριοτήτων που ασκούν πιέσεις σε αυτά τα τοπικά οικοσυστήματα σημαντικής οικολογικής αξίας. Το σύγχρονο μοντέλο τουριστικής ανάπτυξης που ακολουθείται, η εξάπλωση της οικιστικής ζώνης σε παράκτιες περιοχές, η τροποποίηση των τεχνικών καλλιέργειας, η συχνή εκδήλωση πυρκαγιών, οι πρακτικές εξόρυξης, η υπερεκμετάλλευση των αλιευτικών πόρων καθώς και η επέκταση των θαλασσίων οδών μεταφοράς πετρελαίου και πετρελαιοειδών επιβαρύνουν το περιβάλλον. Άλλοι κίνδυνοι συνδέονται με την κλιματική αλλαγή, τη σεισμικότητα, την ανύψωση της θάλασσας στάθμης και τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (τσουνάμι). Σε περιοχές που λαμβάνουν χώρα περισσότερες της μιας παρέμβασης-δραστηριότητας, παρατηρούνται αθροιστικές και συνεργιστικές επιπτώσεις (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1999). Οι ονομασίες, οι κωδικοί αναφοράς, η έκταση και τα κύρια χαρακτηριστικά των προστατευόμενων περιβαλλοντικών στοιχείων που ανήκουν στο νησί της Τήνου παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 12.



Εικόνα 28 (α), (β) Βιότοποι NATURA (GR4220019 & GR4220031), (γ) Βιότοπος CORINE (A00060031), (δ) ΤΙΦΚ (AT5011031 & AT5011032)

Πηγή: ΕΜΠ, 2011

Πίνακας 12 Ταυτότητα προστατευόμενων περιοχών νήσου Τήνου.

ΕΙΔΟΣ ΤΟΠΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΠΟΥ	ΕΚΤΑΣΗ (ha)	ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΧΡΩΜΑ ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ
Βιότοπος Natura	GR4220019	SCI**	ΤΗΝΟΣ: ΜΥΡΣΙΝΗ - ΑΚΡΩΤΗΡΙΟ ΛΙΒΑΔΑ	1949,1	-	Ακατοίκητο τμήμα νησιού, χωρίς τουριστικές δραστηριότητες,, με στάσιμα και τρεχούμενα νερά, παρόχθια βλάστηση, δάσος με βελανιδιές και πλάτανους, φρύγανα, προστατευόμενα είδη: θηλαστικά, ερπετά, αμφίβια	ΡΟΖ
Βιότοπος Natura	GR4220031	SPA***	ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΤΗΝΟΣ ΚΑΙ ΝΗΣΙΔΕΣ	5055,95	-	Ακατοίκητο τμήμα νησιού, χωρίς τουριστικές δραστηριότητες,, με στάσιμα και τρεχούμενα νερά, παρόχθια βλάστηση, δάσος με βελανιδιές και πλάτανους, φρύγανα, προστατευόμενα είδη: θηλαστικά, πτηνά, ερπετά, αμφίβια	ΡΟΖ
Τοπίο(ΤΙΦΚ)*	AT5011031	-	ΒΩΛΑΞ ΤΗΝΟΥ	485,14	Πρωτεύουσα	Διατηρητέος Οικισμός/Διατηρητέα κτίσματα: Γυμνοί βράχοι, κρημνοί ενδοχώρας, θαμνότοποι, φρύγανα, χορτολίβαδα	ΠΡΑΣΙΝΟ
Τοπίο (ΤΙΦΚ)*	AT5011032	-	ΧΩΡΑ ΤΗΝΟΥ	18,72	Δευτερεύουσα	Διατηρητέος Οικισμός/Διατηρητέα κτίσματα, Ιστορικός Τόπος, Χώρος Ειδικής Κρατικής Προστασίας	ΠΡΑΣΙΝΟ
Βιότοπος Corine	A00060031	-	ΕΞΩ ΜΕΡΙΑ & ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΤΗΝΟΣ	5578,01	Πρωτεύουσα	Ακατοίκητο τμήμα νησιού, μεσογειακού χαρακτήρα, προστατευόμενα είδη: θηλαστικά, πτηνά, αμφίβια, ερπετά	ΚΙΤΡΙΝΟ

*ΤΙΦΚ: Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους

**SCI: Sites of Community Importance (ΤΚΣ – Τόποι Κοινωνικής Σημασίας)

***SPA: Special Protected Areas (ΖΕΠ – Ζώνες Ειδικής Προστασίας)

(πηγές: ΕΜΠ (2011) Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, 'Φιλότης'

Βάση δεδομένων για την Ελληνική φύση; Kykladesnews.gr, 2011)

Καταφύγια Άγριας Ζωής

Στην Δ.Ε. Πάνορμου υπάρχει το καταφύγιο άγριας ζωής με κωδικό 406.15 και έκταση 2700 στρέμματα. (<http://www.e-fox.gr/index.php?pN=wildliferesort&txtAreaID=1350>)

Βιότοποι για τα Πουλιά

Στα βορειοανατολικά της Τήνου (Εικόνα 13: (γ) Βιότοπος CORINE (A00060031)) βρίσκεται ένας μικρός υγρότοπος με βραχώδες τοπίο, έντονη βλάστηση και δεκάδες ζώα και πτηνά που βρίσκουν καταφύγιο στα νερά του. Το ρέμα της Λιβάδας σχηματίζεται στη σκιά του μεγαλύτερου βουνού της Τήνου, του Τσικνιά. Ο υγρότοπος σχηματίζεται από τα νερά των μικρών χειμάρρων που κατεβαίνουν μέχρι την θάλασσα στα δυτικά της παραλίας της Λιβάδας. Το ρέμα ξεκινάει κοντά στο χωριό Μυρσίνη και κατευθύνεται προς τα βορειοανατολικά για 5 χλμ. μέχρι να συναντήσει την ακτή, κινούμενο σε μια περιοχή που ονομάζεται Λιβάδα. Αποτελεί έναν χείμαρρο που σε εποχές ξηρασίας στερεύει, αλλά τις περισσότερες χρονιές κρατάει νερά μέχρι και κάποια δεκάδες μέτρα πριν την ακτή. Η περιοχή προσελκύει πολλά πουλιά, όπως μαυροπετρίτες, βραχοκιρκίνεζα, πετρίτες, σπιζαετούς, αετομάχους, ποταμοσφυριχτές, διάφορες σουσουράδες, αλκυόνες, χελιδόνια, κοκκινοτσιροβάκους, μαυροτσιροβάκους, πέρδικες, κ.ά. Ιδιαίτερα κατά την εποχή των μεταναστεύσεων, πολλά είδη χρησιμοποιούν το ρέμα ως τόπο ξεκούρασης και ανεφοδιασμού, καθώς στα νερά του ζούνε μεγάλοι πληθυσμοί από κεφαλόπουλα. Την άνοιξη μπορεί να κανείς συναντήσει νυχτοκόρακες, σταχτοτσικνιάδες, λευκοτσικνιάδες, κοκκινোসκέληδες, πρασινοσκέληδες, μπεκατσίνια, νερόκοτες, καλαμοκανάδες, πετροτουρλίδες, σταχτάρες, κορυδαλλούς, τσαλαπετεινούς, διάφορα χελιδόνια, ασπροκωλίνες, γαλαζοκότσυφες, σταχτοπετρόκληδες, κ.ά. Στα βράχια της θάλασσας φωλιάζουν θαλασσοκόρακες και περιστασιακά εμφανίζονται αιγαιόγλαροι. (<http://www.naturagraeca.com/ws/130,192,60,1,1,%CE%A1%CE%AD%CE%BC%CE%B1-%CE%9B%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%B4%CE%B1%CF%82-%CE%A4%CE%AE%CE%BD%CE%BF%CF%85>)

4.1.3.2 Ανθρωπογενές περιβάλλον

4.1.3.2.1 Πληθυσμιακά στοιχεία

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της πιο πρόσφατης Απογραφής Πληθυσμού-Κατοικιών του 2011 για το μόνιμο πληθυσμό της χώρας που πραγματοποιήθηκε από την ΕΛ.ΣΤΑΤ., οι μόνιμοι κάτοικοι της Τήνου είναι 8.590, ενώ η πυκνότητα του πληθυσμού μετρούμενη σε άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (km²) υπολογίζεται περίπου ίση με 44,17. Η αντίστοιχη τιμή στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου είναι μεγαλύτερη και ίση με 58,38, όπως και σε εθνικό επίπεδο που υπολογίστηκε ίση με 81,75 μόνιμοι κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Η κατανομή με βάση το φύλο είναι περίπου ίδια με τις γυναίκες να υπερτερούν ελάχιστα των ανδρών με 4320 (50,3%), έναντι 4270 (49,7%) αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τα πληθυσμιακά στοιχεία από καταγραφές του παρελθόντος από το 1940 και ύστερα η Τήνος παρουσιάζει μία συνεχόμενη μείωση των κατοίκων της, η οποία βέβαια μετά το 1991 ανακόπτεται λόγω της ανάπτυξης του τουριστικού κλάδου στο νησί καθώς και καλύτερων υποδομών που ενισχύουν το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων (Πίνακας 13).

Πίνακας 13 Δημογραφική εξέλιξη νήσου Τήνου

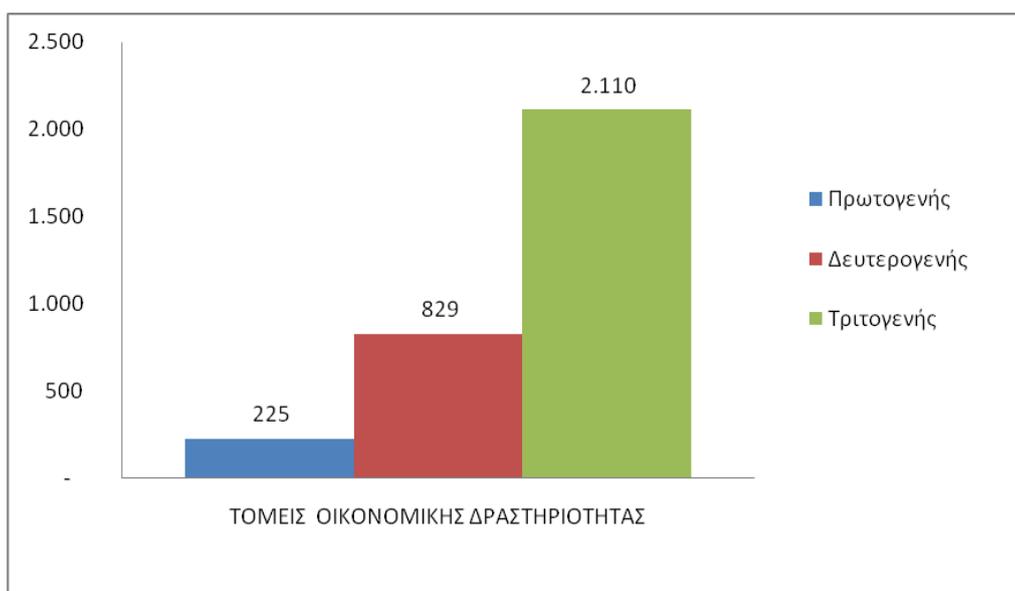
Έτος	1940	1951	1961	1971	1981	1991	2001	2011
Πληθυσμός	11380	10187	9273	8232	7730	7747	8574	8590
Μεταβολή (%)		-10,48	-8,97	-11,23	-6,10	0,22	10,68	0,19
Πυκνότητα (κατοικ/τ.χλμ.)	-	-	-	-	-	39,32	42,2	44,17

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ, 2011

Τέλος με βάση τα στοιχεία που αφορούν την αύξηση και μείωση του πληθυσμού ανά οικισμό, παρατηρείται μία αύξηση του πληθυσμού τα τελευταία χρόνια στην Χώρα της Τήνου καθώς και γύρω από αυτή σε οικισμούς που αποτελούν 'προάστια' της.

4.1.3.2.2 Παραγωγικοί Τομείς

Σύμφωνα με τα απογραφικά στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ. για το έτος 2011, οι οικονομικά ενεργοί κάτοικοι του νησιού της Τήνου, δραστηριοποιούνται στους παραγωγικούς τομείς ως εξής:



Διάγραμμα 7 Τομείς οικονομικής δραστηριότητας

Πηγή: , ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2011

Πρωτογενής τομέας (7,1 %)

Οι τομείς της γεωργίας, της κτηνοτροφίας και της αλιείας αποτελούν τους παραδοσιακούς κλάδους οικονομικής δραστηριότητας, δεδομένου ότι η τουριστική ανάπτυξη είναι εποχιακή. Στα κύρια προϊόντα φυτικής παραγωγής, έντονη είναι η παρουσία των ετήσιων καλλιεργειών, των σιτηρών για καρπό, των κτηνοτροφών για σανό και καρπό, καθώς και ορισμένων λαχανικών και οπωροκηπευτικών. Στην ομάδα των μόνιμων φυτειών το οικονομικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα οινοστάφυλλα, τα εσπεριδοειδή και τους ελαιώνες κυρίως για παραγωγή ελαιόλαδου. Προς το παρόν στην Περιφέρεια δεν έχουν αξιοποιηθεί τα συγκριτικά της πλεονεκτήματα αναφορικά με την παραγωγή κηπευτικών προϊόντων εκτός εποχής, ενώ επιπλέον οι απαιτούμενες συνθήκες τυποποίησης, μεταφοράς και εμπορίας των φυτικών προϊόντων και ειδικότερα των ευπαθών προϊόντων, δεν έχουν οργανωθεί σε ικανοποιητικό βαθμό. Αξιόλογο οικονομικό ενδιαφέρον κατέχει η εκτροφή αιγοπροβάτων και βοοειδών ενώ παρουσιάζεται σημαντική δραστηριότητα στο κλάδο της αλιείας δεδομένης της προτίμησης στην εγχώρια αγορά, αλλά και λόγω της δυνατότητας εξαγωγής προϊόντων (Δήμος Τήνου, 2006).

Δευτερογενής τομέας (26,2 %)

Η αδυναμία εκμετάλλευσης οικονομικών κλίμακας υπήρξε πάντα ο βασικός ανασταλτικός παράγοντας στην ανάπτυξη του δευτερογενή τομέα παραγωγής της Περιφέρειας του Νοτίου Αιγαίου. Το μικρό μέγεθος των μικρομεσαίων επιχειρήσεων, το οποίο αποτελεί και την πλειοψηφία των επιχειρήσεων, δεν επιτρέπει την αξιοποίηση προγραμμάτων για την εφαρμογή επενδυτικών σχεδίων που κατ' ουσίαν αναφέρονται σε πολύ μεγαλύτερα μεγέθη επιχειρήσεων.

Η δραστηριότητα των περισσότερων μεταποιητικών και βιοτεχνικών επιχειρήσεων εντοπίζεται στα προϊόντα που σχετίζονται με την τοπική παράδοση και τον πρωτογενή τομέα και αφορούν μια μικρή και περιορισμένη αγορά. Στο νησί της Τήνου λειτουργούν μονάδες επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων, ετοιμών ενδυμάτων, χυμών-αναψυκτικών, κεραμικών, επίπλων και χρυσοχοΐας καθώς επίσης παρατηρείται και σημαντική εξορυκτική δραστηριότητα. (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου, 2012).

Τριτογενής τομέας (66,7 %)

Το νησί της Τήνου, όπως και τα περισσότερα της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου, έχει έντονη τουριστική δραστηριότητα. Οι κλάδοι διαχείρισης ακίνητης περιουσίας, εκμίσθωσης, επιχειρηματικών δραστηριοτήτων και ξενοδοχείων-εστιατορίων, είναι εκείνοι οι οποίοι απασχολούν μεγάλη μερίδα του μόνιμου πληθυσμού του νησιού.

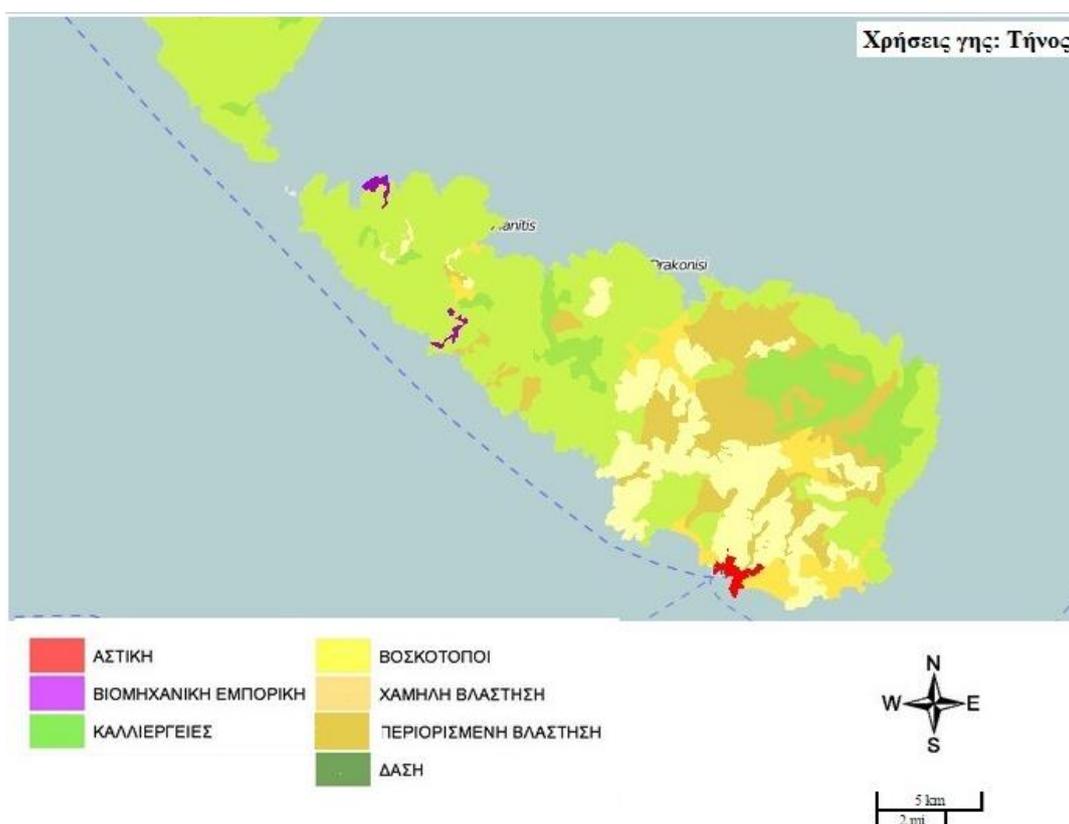
4.1.3.2.3 Ηλεκτρικό δίκτυο

Σύμφωνα με το Δεκαετές Πρόγραμμα Ανάπτυξης 2014-2023 του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) το οποίο αφορά την ηλεκτρική διασύνδεση των Κυκλάδων, το νησί της

Τήνου τροφοδοτείται ήδη μέσω υποβρύχιου καλωδίου 150 kV AC το οποίο προέρχεται από την Άνδρο, η οποία αρχικά τροφοδοτείται από τη Ν. Εύβοια με τον ίδιο τρόπο. (ΑΔΜΗΕ, 2013)

4.1.3.2.4 Χρήσεις γης

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, κατά βάση το νησί της Τήνου καλύπτεται από καλλιέργειες. Η βιομηχανική – εμπορική δραστηριότητα είναι περιορισμένη σε δύο σημεία του νησιού ενώ ως αστική χαρακτηρίζεται μόνο η περιοχή όπου βρίσκεται και το λιμάνι. Γενικά, παρατηρούνται περιοχές με χαμηλή και περιορισμένη βλάστηση, καθώς και κάποιοι βοσκότοποι και δάση.



Εικόνα 29 Απεικόνιση χρήσεων γης για το νησί της Τήνου

Πηγή: Corine 2000

<http://geodata.gov.gr/dataset/corine-2000/resource/7ab7931b-fb33-48a0-ae56-75c6473be24d>

4.1.4 *Υφιστάμενη κατάσταση στη διαχείριση των ΑΣΑ της ν. Τήνου*

Στη συγκεκριμένη ενότητα περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με τις κύριες κατηγορίες ΑΣΑ και ταυτόχρονα γίνεται υπολογισμός της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης των παραγόμενων ποσοτήτων στην υπό μελέτη νησιωτική περιοχή. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να επιτευχθεί η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης ελήφθησαν από τις εξής έγκυρες πηγές: δεδομένα από το νέο ΕΣΔΑ (2015), του αναθεωρημένου ΠΕΣΔΑ Νοτίου Αιγαίου, στοιχεία σχετικών μελετών για τη συγκεκριμένη περιοχή και επίσημες ιστοσελίδες αρμόδιων φορέων.

4.1.4.1 Παραγωγή ΑΣΑ στο Δήμο Τήνου (ποσοτικά στοιχεία)

Οι ποσότητες των παραγόμενων ΑΣΑ έχουν αποτελέσει πεδίο διερεύνησης για πληθώρα ερευνητών, με συνήθη πρακτική να χρησιμοποιούνται μετρήσεις από την εκάστοτε περιοχή. Για την Τήνο δεν υπάρχουν διαθέσιμα πραγματικά στοιχεία (δειγματοληπτικά ή συνολικές μετρήσεις), ως εκ τούτου θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν εμπειρικές τιμές από άλλες έρευνες και περιοχές. Έτσι συγκεκριμένα για την Τήνο, τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν προκύπτουν από τη μελέτη του ΠΕΣΔΑ Νοτίου Αιγαίου που κρίνεται και ως η πλέον αξιόπιστη διαθέσιμη πηγή. Πιο συγκεκριμένα, στον ΠΕΣΔΑ του 2008, παίρνοντας στοιχεία από τις ζυγίσεις στο ΧΥΤΑ βόρειας Ρόδου, από την ΔΕΚΡ καθώς και στοιχεία της ΕΣΥΕ για το μόνιμο πληθυσμό (2011) και επισκέπτες (2007), βγήκε μία εκτίμηση για το νησί της Τήνου.

Από το Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) που εκπονήθηκε για την περιοχή του Νοτίου Αιγαίου, κατά το έτος 2008, στο νησί της Τήνου κατ' εκτίμηση παρήχθησαν 4.716 τόνοι απορριμμάτων, εκ των οποίων οι 4.314 τόνοι από τους μόνιμους κάτοικους και οι 402 τόνοι από τους επισκέπτες. Λαμβάνοντας υπόψη το μόνιμο πληθυσμό βάσει της απογραφής του 2011, που ανέρχεται σε 8.590 κατοίκους, και τους επισκέπτες που προσεγγιστικά είναι 223.334 άτομα, προέκυψε ότι η παραγόμενη ποσότητα ανά ημέρα και κάτοικο προσεγγιστικά είναι 1,2 κιλά/κάτοικο/ημέρα για τους μόνιμους κατοίκους και 1,80 κιλά/κάτοικο/ημέρα για τους επισκέπτες (ΕΠΕΜ, 2008).

Είναι προφανές ότι για μια νησιωτική περιοχή όπως η Τήνος, τα απορρίμματα επηρεάζονται άμεσα από την τουριστική δραστηριότητα στο νησί, που με τη σειρά της καθορίζεται από μία σειρά σταθερούς και αστάθμητους παράγοντες. Η εποχικότητα της τουριστικής δραστηριότητας και επομένως και των παραγόμενων απορριμμάτων ακολουθεί μία πορεία όπως αυτή που φαίνεται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14. Συντελεστής απόκλισης παραγωγής απορριμμάτων από τη μέση ετήσια παραγωγή στο Δ. Τήνου λόγω εποχικότητας

Εποχή	Συντελεστής Απόκλισης	Παραγωγή για το έτος 2008 (kg/κάτοικο/ημέρα)
Χειμώνας	1,10	1,66
Άνοιξη	1,01	1,52
Καλοκαίρι	0,96	1,45
Φθινόπωρο	0,90	1,36
Μέση Ετήσια	1,00	1,50

Πηγή: ΠΝΑ, 2005

Η γενικότερη τάση αναφορικά με τη διαχρονική εξέλιξη του ρυθμού παραγωγής των ΑΣΑ είναι ότι αναμένεται αύξησή τους κατά 0,5% ανά έτος, συνυπολογίζοντας τα εξής:

- τη σημαντική πληθυσμιακή αύξηση στο Νομό Κυκλάδων (19,8%) αλλά και στο Δήμο Τήνου (10,6%) την περίοδο 1991-2001
- τη μικρότερη αύξηση του πληθυσμού τόσο στο Νομό Κυκλάδων (0,72%), όσο και στο Δήμο Τήνου (0,59%) την περίοδο 2001 – 2011

- την οικονομική ύφεση που μείωσε την αγοραστική δύναμη, αρά και τα παραγόμενα ΑΣΑ (Καθημερινή, 2014) και
- τις στρατηγικές ενημέρωσης για τη μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων

4.1.4.2 Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στο Δήμο Τήνου

Η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ είναι μία εξίσου σημαντική παράμετρο με την ποσοτική εκτίμηση, προκειμένου να γίνεται ορθολογικός σχεδιασμός και αποτελεσματική υλοποίηση των συστημάτων διαχείρισης των ΑΣΑ. Για την αποτύπωση μιας ακριβούς εικόνας σχετικής με τη σύσταση ποιότητας των ΑΣΑ κρίνεται απαραίτητη η διεξαγωγή δειγματοληπτικών αναλύσεων στις συλλεγόμενες ποσότητες ΑΣΑ. Οι δειγματοληψίες τέτοιου είδους γίνονται συνήθως στην είσοδο του ΧΥΤΑ κατά τη ζύγιση των απορριμματικών φορτίων. Σε γενικές γραμμές, στην Ελλάδα δεν υπάρχει ισχύον εθνικό πρότυπο δειγματοληψίας και αναλύσεων σύμφωνα με το οποίο να πραγματοποιούνται μετρήσεις για τη σύνθεση των ΑΣΑ. Στην Ελλάδα για όσες δειγματοληψίες γίνονται χρησιμοποιούνται μεθοδολογικές προσεγγίσεις όπως για παράδειγμα η μέθοδος του Πανεπιστημίου Αθηνών, με την ονομασία «3Σ», που αρχικώς χρησιμοποιήθηκε για τη ποιοτική σύσταση στην Αττική, μέσω του ΕΣΚΔΝΑ. Επίσης χρησιμοποιούνται βέβαια και διεθνή πρότυπα όπως το ASTM D5231 – 92 “Standard Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste” (επαναπιστοποιήθηκε το 2008) και το EN 14899:2005 από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Πιστοποίησης. Άλλες μεθοδολογίες που απαντώνται σε Ευρωπαϊκές Χώρες είναι το μοντέλο «ARGUS» στη Γερμανία, το Βελγικό «IBEE», το Γαλλικό «MODECOM», το «IPA» της Ιρλανδίας αλλά και το Αμερικάνικο μοντέλο που χρησιμοποιεί η Αμερικάνικη Υπηρεσία Περιβάλλοντος «US EPA». (ISWM TINOS, 2012β).

Γενικά, η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ μπορεί να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, αλλά και από εποχή σε εποχή. Δεδομένου ότι στην περίπτωση της Τήνου δεν υπάρχουν δεδομένα, τα στοιχεία που παρατίθενται ακολούθως αφορούν σε δεδομένα εθνικού επιπέδου και επιπέδου Περιφέρειας. Έτσι, στον Πίνακα 15 παρατηρείται πως υπάρχουν αρκετές διαφοροποιήσεις από το επίπεδο χώρας στο περιφερειακό επίπεδο του Νότιου Αιγαίου.

Πίνακας 15 Σύσταση ΑΣΑ σε Δήμους της Περιφέρειας Ν. Αιγαίου καθώς και σε επίπεδο χώρας

Κατηγορία ΑΣΑ	Δ. Ρόδου	Δ. Κω	Κοινότητες Κω	Δ. Νάξου	Ελλάδα
Μέση Ποιοτική Σύσταση (% κ.β.)					
Οργανικά (τροφικά υπολείμματα)	41,6	37,3	39,8	48,3	40,0
Χαρτόνι/Χαρτί/Χαρτοκιβώτιο	13,6	25,0	23,5	21,6	29,0
Μέταλλα	10,5	5,4	5,3	3,4	3,0
Γυαλί	12,6	12,3	9,6	5,8	3,0
Πλαστικά	11,7	10,9	11,4	9,4	14,0
Δ-Ξ-Υ-Λ	4,2	4,6	4,9	4,5	-
Λοιπά	5,8	4,7	4,9	7,0	11,0
Σύνολο	100	100	100	100	100

Πηγή: ΠΝΑ, 2005

4.1.4.3 Αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης των ΑΣΑ – προβλήματα και αναγκαιότητα της βιώσιμης και ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων

Από τα στοιχεία που παρατέθηκαν προηγουμένως προκύπτει ότι στην περιοχή μελέτης τα ΒΑΑ αποτελούν το 69% του συνόλου των ΑΣΑ και συμπεριλαμβάνουν τα οργανικά (40%) και το χαρτί/χαρτόνι (29%). Λαμβάνοντας υπόψη, λοιπόν, ότι το οργανικό κλάσμα καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των ΑΣΑ και γνωρίζοντας τις ιδιαιτερότητες της φύσης του (Πίνακας 16) και τα προβλήματα που προκύπτουν από την μη ορθή διαχείρισή του (π.χ. ευπαθές κλάσμα, γρήγορη αποδόμηση, έκλυση αερίων του θερμοκηπίου, ρύπανση εδάφους και υδάτων, υποβάθμιση φυσικών πόρων περιβάλλοντος, ενοχλητικές οσμές, παθογόνο περιεχόμενο κτλ.), διαπιστώνεται πόσο σημαντική είναι η εκτροπή τους από τα σύμμεικτα απόβλητα και η ξεχωριστή συλλογή και επεξεργασία τους με βιώσιμο, εναλλακτικό τρόπο από την ταφή.

Πίνακας 16 Εύρος τιμών και μέση τιμή φυσικοχημικών παραμέτρων των ΑΣΑ Κρήτης

Παράμετρος	Οργανικά (Υπολείμματα)		Πλαστικό		Χαρτί		Δ-Ξ-Υ-Λ		Σύνολο	
	Εύρος	Μέση Τιμή	Εύρος	Μέση Τιμή	Εύρος	Μέση Τιμή	Εύρος	Μέση Τιμή	Εύρος	Μέση Τιμή
Υγρασία (%)	63,55-81,72	72,60	2,50-8,20	4,14	12,72-19,65	15,58	18,44-23,00	20,16	37,44-46,14	41,00
Τέφρα (%)	9,33-10,10	9,68	1,72-3,04	2,38	5,03-9,11	7,01	5,13-10,45	7,10	6,81-8,17	7,34
Πτητική Ύλη (%)	74,18-80,49	77,54	93,30-95,74	94,73	80,55-84,12	82,57	0,42-1,75	0,95	81,52-84,35	82,87
Fixed Carbon (%)	9,62-15,72	12,78	2,34-3,67	2,88	6,83-12,94	10,42	83,64-90,94	85,58	8,60-11,06	9,79
C (%)	44,14-46,20	45,35	77,06-81,18	79,17	37,34-45,13	41,15	44,21-48,05	46,20	50,21-52,38	51,39
H (%)	6,04-6,50	6,26	8,31-12,29	10,3	4,78-6,66	5,81	5,57-6,45	6,12	6,44-7,24	7,01
N (%)	1,64-2,31	2,01	0,30-0,53	0,42	0,23	0,64	0,44-2,63	1,46	1,13-1,41	1,25
C/N	19,44-28,10	23,09	-	-	-	-	-	-	-	-
Α Θ Δ Φ (KJ/kg)	3.336-6.629	5104	34.545-39.106	37.062	12.946-14.479	13.603	13.731-15.997	14.849	13.331-15.427	14.454
Κ Θ Δ Φ (KJ/kg)	1.972-5.237	3602	32.668-36.753	34.698	11.751-12.976	12.292	12.472-14.596	13.468	11.712-13.793	12.828

Πηγή: ΕΜΠ, 2010

Στην παρούσα χρονική περίοδο στο Δήμο Τήνου δεν υφίσταται καμία εγκατάσταση επεξεργασίας ή ασφαλούς διάθεσης των απορριμμάτων, ενώ αποτελεί βασική προτεραιότητα των αρμόδιων αρχών τόσο σε κεντρικό όσο και σε τοπικό επίπεδο να προβούν σε δράσεις παύσης και αποκατάστασης των Χ.Α.Δ.Α. Έτσι, το Δεκέμβριο του 2011, ο Δήμος προκήρυξε το διαγωνισμό με τίτλο «Μελέτη χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων Τήνου». Η μελέτη αυτή έχει ενταχθεί σε πρόγραμμα χρηματοδότησης ενώ ταυτόχρονα γίνονται ενέργειες για την αποκατάσταση των ανενεργών Χ.Α.Δ.Α. Η συλλογή των σύμμεικτων αποβλήτων γίνεται με μεγάλη συχνότητα (Πίνακας 17), ειδικότερα κατά τη θερινή περίοδο που ο ρυθμός παραγωγής τους κορυφώνεται, καθώς αποτελεί δημοφιλή τουριστικό προορισμό.

Πίνακας 17 Συχνότητα συλλογής ΑΣΑ στο Δήμο Τήνου

Δημοτική Ενότητα Δήμου Τήνου	Συχνότητα συλλογής ΑΣΑ	
	Χειμερινή Περίοδος	Θερινή Περίοδος
Δ.Ε. Τήνου	Κάδοι: 2 φορές την ημέρα, 6 ημέρες την εβδομάδα Container: 1 φορά την εβδομάδα	Κάδοι: 5 φορές την ημέρα, 6 ημέρες την εβδομάδα Container: 2 φορές την εβδομάδα
Δ.Ε. Εξωμβούργου	1 φορά την ημέρα, 6 ημέρες την εβδομάδα	2 φορές την ημέρα, 6 ημέρες την εβδομάδα
Δ.Ε. Πανόρμου	1 φορά την ημέρα, 6 ημέρες την εβδομάδα	2 φορές την ημέρα, 6 ημέρες την εβδομάδα

Πηγή: ISWM TINOS, 2012β, Δήμος Τήνου 2015

Η συλλογή των ΑΣΑ γίνεται ως επί των πλείστον σε κάδους χωρητικότητας 1.100 λίτρων για την προσωρινή αποθήκευση των σύμμεικτων απορριμμάτων τα οποία εν συνεχεία συλλέγονται μηχανικά με Οχήματα Συλλογής και Μεταφοράς (ΟΣΜ) συνήθως τύπου μύλου. Επιπλέον, για τη Δ.Ε. Τήνου όπου παρουσιάζεται και η μεγαλύτερη παραγωγή απορριμμάτων διατίθεται και container υψηλής χωρητικότητας (10-20 κ.μ.) καθώς και το αντίστοιχο ΟΣΜ για τη μετακίνησή τους, ενώ για την εξυπηρέτηση ειδικών περιπτώσεων υφίσταται δορυφορικό ΟΣΜ για τη συλλογή συγκεκριμένου τύπου ΑΣΑ εντός του οικισμού (π.χ. ογκώδη ή απόβλητα συσκευασιών).

Τα συλλεγμένα σύμμεικτα απόβλητα κατόπιν δεματοποιούνται και αποθηκεύονται προσωρινά έως ότου ολοκληρωθεί η κατασκευή του προβλεπόμενου ΧΥΤΑ, από τον εγκεκριμένο ΠΕΣΔΑ του 2005 για την ΠΝΑ, για την ασφαλή διάθεση των παραγόμενων ΑΣΑ ολόκληρου του Δήμου. Πρακτική η οποία δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως βιώσιμη.

Επιπλέον, ο επικαιροποιημένος, αλλά μη εγκεκριμένος ΠΕΣΔΑ για το έτος 2008 προβλέπει την εφαρμογή της διαλογής στην πηγή των ΑΣΑ και την κομποστοποίηση των βιοαποβλήτων σε κλειστού τύπου σύστημα.

Επιπροσθέτως, στο νέο ΕΣΔΑ (2015) εντός της εθνικής στρατηγικής για την εφαρμογή της νέας πολιτικής διαχείρισης των αποβλήτων περιλαμβάνει την **«Εφαρμογή της Διαλογής στην Πηγή, ως του πλέον δόκιμου τρόπου συλλογής με σκοπό την επίτευξη υψηλής ποιότητας ανακύκλωσης.....μεΚαθιέρωση της χωριστής συλλογής των βιοαποβλήτων, ως πρωταρχικού βήματος του νέου συστήματος διαχείρισης, για τη διευκόλυνση της χωριστής συλλογής και ανακύκλωσης των διαλεγμένων στην πηγή βιοαποβλήτων ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της χωριστής συλλογής ήτοι 40% του συνολικού βάρους των βιοαποβλήτων, ως το 2020. Επεξεργασία των χωριστά συλλεγμένων βιοαποβλήτων με στόχο την παραγωγή κόμποστ το οποίο να πληροί ποιοτικές προδιαγραφές για την περαιτέρω χρήση του σύμφωνα με διεθνή ή / και εθνικά πρότυπα».**

Στο νησί η ανακύκλωση επιτελείται κυρίως σε περιορισμένες ροές ειδικών αποβλήτων, όπως ηλεκτρικές στήλες και συσσωρευτές, λαμπτήρες, οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (ΟΤΚΖ) και μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων.

Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου, ένα σχέδιο ολοκληρωμένης διαχείρισης των ΑΣΑ κρίνεται ως επιτακτική ανάγκη για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων, αλλά και την ενίσχυση της οικονομικής ανάπτυξης του νησιού, εφαρμόζοντας τις διεθνώς αναγνωρισμένες καλές πρακτικές και τα κατάλληλα εργαλεία που έχουν αναδειχθεί από την πολύχρονη εμπειρία που έχουν οι πρωτοπόρες στο τομέα αυτό χώρες της ΕΕ.

Σε αυτή τη σημαντική βάση και τις παραπάνω πληροφορίες, σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε ένα σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης των ΑΣΑ (ISWM – TINOS) σε 2 επιλεγμένους οικισμούς. Κύριος στόχος του συστήματος ήταν να προσφέρει μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της διαχείρισης, στηριζόμενο στα εξής βασικά στοιχεία:

- Ολοκληρωμένη προσέγγιση στο πρόβλημα της διαχείρισης, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα απαραίτητα στάδια από την πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, την ανακύκλωση, την επεξεργασία και κατόπιν την ασφαλή διάθεση με τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύει την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.
- Αξιολόγηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και τοπικών συνθηκών της περιοχής μελέτης, ώστε ο σχεδιασμός να προσαρμοστεί στις τοπικές ανάγκες και να διασφαλιστεί η επιτυχία της υλοποίησης (Skordilis¹⁰, 2004).
- Επιλογή της ΔσΠ που έχει αποδειχθεί τα τελευταία χρόνια ως η πιο αποτελεσματική μέθοδος. Έτσι, τα ρεύματα – στόχοι που επιλέχθηκαν να προ-διαλέγονται στην πηγή (νοικοκυριά) ήταν 4 ξεχωριστά:

- Πλαστικό & μέταλλο
 - Χαρτί/Χαρτόνι
 - Γυαλί
 - **Βιοαπόβλητα (κυρίως διατροφικά απόβλητα)**
- } ξηρά ανακυκλώσιμα

Κατόπιν, τα προδιαλεγμένα ξηρά ανακυκλώσιμα, αποθηκεύονταν σε ξεχωριστά κοντέινερ προσωρινά και μεταφέρονταν περιοδικά για την περαιτέρω ανάκτησή τους σε Κέντρο Διαλογής & Ανάκτησης Υλικών (ΚΔΑΥ) στο Δήμο Κρωπίας, ενώ τα προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα οδηγούνταν σε πρότυπο σύστημα κομποστοποίησης που εγκαταστάθηκε στην περιοχή μελέτης με σκοπό την αερόβια επεξεργασία τους για την παραγωγή εδαφοβελτιωτικού υψηλής ποιότητας.

Στο σημείο αυτό διευκρινίζεται ότι το κομμάτι του οργανωμένου συστήματος που αφορά στην ολοκληρωμένη διαχείριση των ξηρών ανακυκλώσιμων είναι εκτός του αντικειμένου της παρούσας εργασίας, οπότε δεν θα αναπτυχθεί περαιτέρω.

¹⁰ Skordilis A. (2004) Modelling of integrated solid waste management systems in an island. Resources, Conservation and Recycling. Volume 41, Issue 3, June 2004, 243–254. Διαθέσιμο στο: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344903001654>

4.2 Το σχέδιο ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων στην περιοχή μελέτης της Τήνου



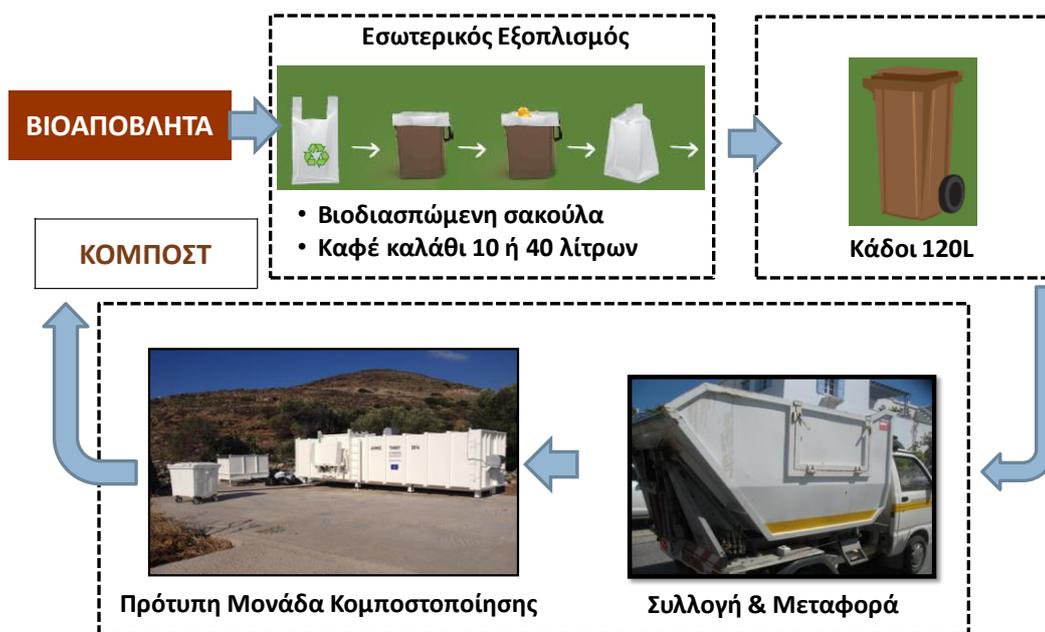
Στην παρούσα ενότητα δίνεται η περιγραφή του συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης για τα βιοαπόβλητα που εφαρμόστηκε στους οικισμούς Πύργου και Όρμου Πανόρμου, στη βόρεια Τήνο.

Εικόνα 30 Περιοχές εφαρμογής του συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων

Το σύστημα αναπτύχθηκε για την εξυπηρέτηση 428 κατοίκων, δηλ. περίπου 100 νοικοκυριών (στοιχεία απογραφής 2011). Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής έγινε διότι πληρούσε συγκεκριμένα πληθυσμιακά και διαρθρωτικά κριτήρια (π.χ. μόνιμος πληθυσμός όλο το χρόνο, ιστορικός οικισμός, συνεκτικότητα και εμπειρία στη διαχείριση τοπικών ζητημάτων και απομακρυσμένος οικισμός από το υπόλοιπο νησί και από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης των ΑΣΑ). Τα στάδια της ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων περιγράφονται ακολούθως.

4.2.1 Τα στάδια της ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων στην πιλοτική περιοχή της Τήνου

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του σχεδίου ολοκληρωμένης διαχείρισης που υλοποιήθηκε στους οικισμούς Πύργου και Όρμου Πανόρμου. Αναλυτικότερα:



Εικόνα 31 Σχέδιο 'ISWM – TINOS' ολοκληρωμένης διαχείρισης για τα βιοαπόβλητα

Πηγή: ISWM – TINOS, 2015

4.2.1.1 Συλλογή

Η προδιαλογή των βιοαποβλήτων από νοικοκυριά κυρίως, αλλά και εμπορικές επιχειρήσεις (καφετέριες, εστιατόρια, σούπερ-μάρκετ) και τοπικές βιοτεχνίες (ξυλουργείο) γινόταν με συγκεκριμένο εξοπλισμό, ο οποίος διανεμήθηκε στους συμμετέχοντες κατοίκους (εσωτερικός εξοπλισμός) και εγκαταστάθηκε σε δημόσια σημεία συλλογής, περιφερειακά των οικισμών. Τα επιμέρους στοιχεία του εξοπλισμού παρουσιάζονται στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18 Στοιχεία εσωτερικού και εξωτερικού εξοπλισμού για την ξεχωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (L)	ΧΡΩΜΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΣΤΟΧΟΥ	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ	Καλάθι	10 ή 40	Καφέ	Βιοαπόβλητα
	Βιοδιασπώμενη σακούλα	10 ή 40	Άσπρη	Βιοαπόβλητα
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ	Κάδος με τροχούς	120	Καφέ	Βιοαπόβλητα

Για το ρεύμα-στόχο των βιοαποβλήτων ορίστηκε το 'καφέ' χρώμα ως διακριτικό για τη διευκόλυνση των χρηστών. Για τα νοικοκυριά επιλέχθηκαν καλάθια χωρητικότητας 10 λίτρων, με αντίστοιχου μεγέθους βιοδιασπώμενες σακούλες (κατασκευασμένες από άμυλο πατάτας), ώστε να ελαχιστοποιούνται οι προσμίξεις στο υπόστρωμα της κομποστοποίησης. Για τις εμπορικές επιχειρήσεις και ειδικότερα για τους παραγωγούς βιοαποβλήτων (π.χ. εστιατόρια, καφετέριες)

επιλέχθηκαν καλάθια μεγαλύτερης χωρητικότητας 40 λίτρων, με αντίστοιχου μεγέθους βιοδιασπώμενες σακούλες. Τέλος, σε εξωτερικά σημεία συλλογής, τοποθετήθηκαν τροχήλατοι κάδοι, των 120 λίτρων, και επίσης καφέ χρώματος (Εικόνα 32).



Εικόνα 32 Εσωτερικός και εξωτερικός εξοπλισμός συστήματος 'ISWM – TINOS' ολοκληρωμένης διαχείρισης για τα βιοαπόβλητα

4.2.1.2 Μεταφορά

Η μεταφορά των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων γίνεται με δορυφορικό όχημα, δυναμικότητας 2,4 m³, με δυνατότητα μηχανικής και χειροκίνητης φόρτωσης-εκφόρτωσης των εξωτερικών κάδων.



Εικόνα 33 Χαρακτηριστικά δορυφορικού οχήματος τύπου Spider SWC24 που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων στον Πύργο & Πάνορμο, Τήνου

Αναφορικά με τη συχνότητα συλλογής του προδιαλεγμένου οργανικού κλάσματος, σύμφωνα με το σχέδιο προβλέπεται η συλλογή του κάθε 3 ημέρες με σκοπό να προλαμβάνεται η εκτεταμένη αποδόμησή του, η οποία με τη σειρά της προκαλεί αισθητικά προβλήματα (ενοχλητικές οσμές), ειδικά κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου, αλλά ενέχει και κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Ως εκ τούτου, η συχνότητα συλλογής για τη θερινή περίοδο (Μάιος έως Σεπτέμβριος) μετατρέπεται σε πιο εντατική, δηλαδή κάθε 2 ημέρες, λόγω των αυξημένων επιπέδων θερμοκρασίας που ενισχύουν το ρυθμό βιοαποικοδόμησης του ζυμώσιμου κλάσματος.

4.2.1.3 Επεξεργασία

Η αερόβια επεξεργασία των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων, σύμφωνα με το σχέδιο γίνεται σε πρότυπο, κλειστό, σύστημα, το οποίο σχεδιάστηκε με καινοτόμα χαρακτηριστικά και κατασκευάστηκε υπό την επίβλεψη της ομάδας εργασίας της ΜΠΕΤ, ΕΜΠ. Η μονάδα εγκαταστάθηκε στον Πάνορμο Τήνου, σε κοντινή ακτίνα των 3 km από τους συμμετέχοντες οικισμούς και ξεκίνησε τη λειτουργία της από τον Ιούλιο του 2014. Τα βασικά μέρη και λειτουργίες του πρότυπου συστήματος δίνονται στην επόμενη ενότητα. (βλ. **Ενότητα 4.3**)



Εικόνα 34 Θέση πρότυπου συστήματος κομποστοποίησης

4.3 Το πρότυπο κλειστό σύστημα κομποστοποίησης στην περιοχή μελέτης της Τήνου

Στο πλαίσιο υλοποίησης του Ευρωπαϊκού προγράμματος LIFE+ 'ISWM-TINOS'¹¹, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια των δράσεων υλοποίησης του έργου, ένα πρωτότυπο επιδεικτικό σύστημα για την αερόβια επεξεργασία (κομποστοποίηση) του οργανικού κλάσματος των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ). Το σύστημα εγκαταστάθηκε και ξεκίνησε να λειτουργεί τον Ιούλιο του 2014 με σκοπό να επεξεργάζεται προδιαλεγμένο στην πηγή οργανικό υλικό (κυρίως διατροφικά απόβλητα) από σύνολο 100 συμμετεχόντων νοικοκυριών (~400 κάτοικοι), προκειμένου να παραχθεί εδαφοβελτιωτικό (κόμποστ) υψηλής ποιότητας και καθαρότητας.

¹¹ Ευρωπαϊκό πρόγραμμα LIFE+ 'ISWM-TINOS', με τίτλο: «Ανάπτυξη και εφαρμογή πιλοτικού συστήματος για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων στην Τήνο σε συμφωνία με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Στερεά Απόβλητα», με ακρωνύμιο ISWM-TINOS και κωδικό LIFE 10 ENV/GR/000610, συγχρηματοδοτούμενο από το Ευρωπαϊκό Χρηματοδοτικό μέσο για το Περιβάλλον (LIFE+). Ιστοσελίδα έργου: <http://iswm-tinos.uest.gr/>

4.3.1 Γενική περιγραφή

Η πρωτότυπη μονάδα κομποστοποίησης αποτελείται από τον τεμαχιστή, το κέλυφος, στο εσωτερικό του οποίου γίνεται η διεργασία της κομποστοποίησης και το βιόφιλτρο για την απόσμιση του αέρα που απάγεται από το κέλυφος.

Το κέλυφος απαρτίζεται από τέσσερα στάδια κομποστοποίησης και διαθέτει σύστημα αερισμού αποτελούμενο από τέσσερις γαλβανισμένους σωλήνες με οπές και σύστημα ύγρυνσης με τρεις κλάδους και ακροφύσια ψεκασμού. Επίσης, διαθέτει ανυψωτικό μηχανισμό κατάλληλο για την ανύψωση κάδου τροφοδοσίας, τυποποιημένου κατά EN 840, χωρητικότητας 1100 lt και στο πάνω μέρος του φέρει στόμιο τροφοδοσίας με κάλυμμα που ανοιγοκλείνει με χρήση υδραυλικού κυλίνδρου. Στο εμπρόσθιο μέρος του κελύφους, φέρει το χώρο μηχανολογικού εξοπλισμού με τη δεξαμενή ελαίου, τον ηλεκτροκινητήρα, την υδραυλική αντλία, τον ηλεκτρικό πίνακα και το κομπρεσέρ.

Η γενική διάταξη της πρωτότυπης εγκατάστασης κομποστοποίησης η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 35, αποτελείται από τα εξής διακριτά τμήματα:

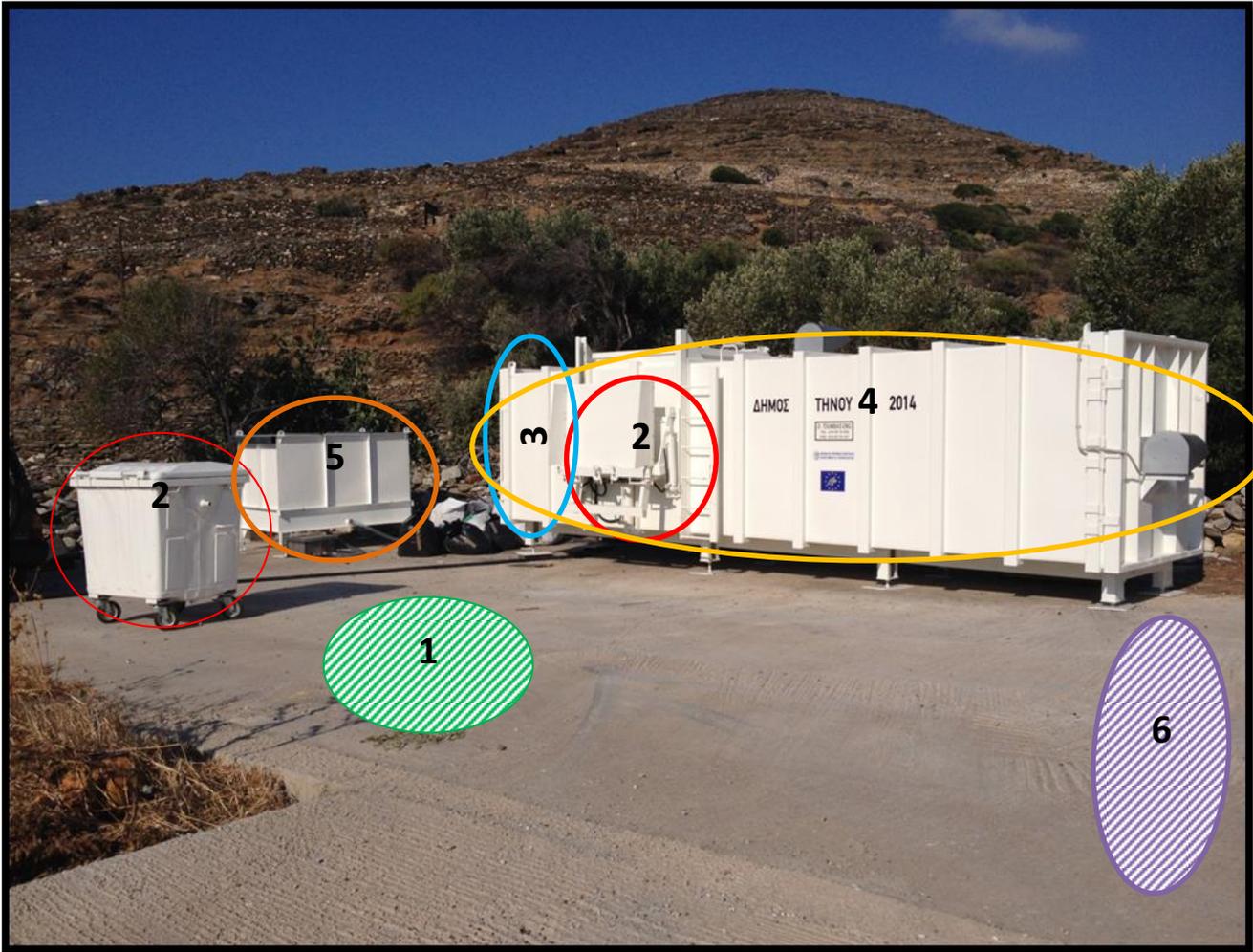
4.3.1.1 Τμήμα προσωρινής αποθήκευσης και προεπεξεργασίας του οργανικού υλικού

Τα προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα μεταφέρονται από το όχημα συλλογής στο χώρο της εγκατάστασης κομποστοποίησης προκειμένου να αποθηκευτούν προσωρινά και να οδηγηθούν προς επεξεργασία. Για το σκοπό αυτό στο χώρο του πρότυπου συστήματος βρίσκεται εγκατεστημένος ένας τεμαχιστής (Εικόνα 36) και ο κάδος τροφοδοσίας του πρότυπου συστήματος κομποστοποίησης (Εικόνα 38). Ο τεμαχιστής είναι απαραίτητος κατά την προεπεξεργασία του προς κομποστοποίηση μίγματος καθώς μετατρέποντας σε τεμαχίδια το οργανικό υλικό (Εικόνα 37), αφενός αυξάνεται η επιφάνεια του υλικού και αφετέρου γίνεται ομοιόμορφο ως προς τις διαστάσεις του, εξασφαλίζοντας έτσι την ομαλή και επιταχυμένη εξέλιξη του ρυθμού της κομποστοποίησης.

1 Τμήμα προσωρινής αποθήκευσης και προεπεξεργασίας του οργανικού υλικού (ενδεικτική θέση)

2 Τμήμα τροφοδοσίας του βιοαντιδραστήρα της πρωτότυπης εγκατάστασης κομποστοποίησης

3 Τμήμα 1ου μέρους της πρωτότυπης εγκατάστασης κομποστοποίησης



Εικόνα 35 Πρωτότυπη μονάδα κομποστοποίησης, εγκατεστημένη στον Πύργο της Τήνου

4 Τμήμα βιοαντιδραστήρα (2ο μέρος του κομποστοποιητή) και του εξοπλισμού υποστήριξής του

5 Τμήμα βιόφιλτρου

2.6 Τμήμα προσωρινής αποθήκευσης του κόμποστ. (ενδεικτική θέση)



Εικόνα 36 Τεμαχιστής οργανικού υλικού: ενδεικτικό παράδειγμα που χρησιμοποιείται στην πρωτότυπη μονάδα κομποστοποίησης, μοντέλο Leisehäcksler



Εικόνα 37 Δείγμα προεπεξεργασμένου, τεμαχισμένου οργανικού υλικού

4.3.1.2 Τμήμα τροφοδοσίας του βιοαντιδραστήρα της πρότυπης εγκατάστασης κομποστοποίησης

Το τμήμα αυτό περιλαμβάνει τον κάδο τροφοδοσίας του συστήματος. Πρόκειται για τροχήλατο, μεταλλικό κάδο, χωρητικότητας 1100 lt , κατασκευασμένο σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές EN 840 και DIN

30740. Οι διαστάσεις του είναι 1280 mm x 1370 mm x 1079 mm.



Εικόνα 38 Φωτογραφία κάδου τροφοδοσίας, χωρητικότητας 1100 λίτρων

Το πρότυπο σύστημα διαθέτει υδραυλικό σύστημα ανύψωσης του κάδου και εκφόρτωσης του προδιαλεγμένου οργανικού υλικού στο 1^ο στάδιο του βιοαντιδραστήρα. Ο χειρισμός του υδραυλικού συστήματος γίνεται με ενσωματωμένο τοπικό χειριστήριο (Εικόνα 39, Εικόνα 40).



Εικόνα 39 Υδραυλικό σύστημα ανύψωσης κάδου και εκφόρτωσης οργανικού υλικού



Εικόνα 40 Χειριστήριο υδραυλικού συστήματος ανύψωσης κάδου και εκφόρτωσης οργανικού υλικού

4.3.1.3 Τμήμα 1^{ου} μέρους της πρότυπης εγκατάστασης κομποστοποίησης

Ο πρωτότυπος κομποστοποιητής χωρίζεται στο 1^ο μέρος και στο 2^ο μέρος που είναι ο **βιοαντιδραστήρας**. Το τμήμα 1^{ου} μέρους του κομποστοποιητή περιλαμβάνει:

- το **τμήμα του κομποστοποιητή με το μηχανολογικό εξοπλισμό**, όπου εγκαθίσταται το υδραυλικό κύκλωμα (Εικόνα 41). Αναλυτικότερα το υδραυλικό κύκλωμα αποτελείται από τα εξής:
 - Αντλία
 - Δεξαμενή ελαίου με δείκτη στάθμης
 - Έναν υδραυλικό κύλινδρο για την κίνηση του διαφράγματος
 - Ένα ζεύγος υδραυλικών κυλίνδρων για την ανύψωση/καταβίβαση της θύρας τροφοδοσίας με βαλβίδες έναντι θραύσης σωλήνα
 - Ένα ζεύγος υδραυλικών κυλίνδρων για την ανύψωση/περιστροφή του κάδου τροφοδοσίας μέσω του ειδικού ανυψωτικού μηχανισμού
 - Μία υδραυλική βαλβίδα (χειριστήριο) για τον έλεγχο των λειτουργιών του βιοαντιδραστήρα (άνοιγμα θύρας και μετακίνηση διαφράγματος) που φέρει ασφαλιστική βαλβίδα έναντι υπερφόρτισης
 - Μία υδραυλική βαλβίδα (χειριστήριο) για τη λειτουργία του ανυψωτικού μηχανισμού των κάδων που φέρει ασφαλιστική βαλβίδα έναντι υπερφόρτισης.

Ο ηλεκτροκινητήρας που αφορά στο υδραυλικό κύκλωμα του κομποστοποιητή διαθέτει ισχύ 3 HP στις 1450 rpm, 3 φάσεων αερόψυκτος, με βαθμό προστασίας IP55 και είναι συνδεδεμένος με την αντλία λαδιού που τροφοδοτεί το κύκλωμα. Το διάφραγμα-έμβολο μέσω του οποίου γίνεται η μετάθεση του οργανικού υλικού εντός του βιοαντιδραστήρα, έχει διαστάσεις επιφάνειας σάρωσης ίσες με 2000 mm x 1800 mm ώστε να καλύπτουν όλη τη διατομή του εσωτερικού του βιοαντιδραστήρα.



Εικόνα 41 Τμήμα 1^ο μέρους του βιοαντιδραστήρα που περιλαμβάνει το θάλαμο του μηχανολογικού εξοπλισμού

4.3.1.4 Τμήμα βιοαντιδραστήρα (2^ο μέρος του κομποστοποιητή) και του εξοπλισμού υποστήριξής του

Το τμήμα αυτό περιλαμβάνει:

- τον **βιοαντιδραστήρα**, όπου εισέρχεται το τεμαχισμένο οργανικό υλικό, ακολούθως κομποστοποιείται και κατόπιν εξέρχεται ως ώριμο κόμποστ (Εικόνα 42). Σχετικά με τη **θύρα τροφοδοσίας του βιοαντιδραστήρα**, βρίσκεται στην επάνω πλευρά του 1^{ου} σταδίου κομποστοποίησης και έχει άνοιγμα 1500 mm x 1500 mm, ώστε να μπορεί να εκκενώνει ο κάδος 1280 mm x 1370 mm x 1079 mm, το προς κομποστοποίηση υλικό. Η θύρα ανοιγοκλείνει με χρήση υδραυλικού κυλίνδρου. Ο υδραυλικός κύλινδρος είναι συνδεδεμένος με το δεξί λεβιέ του υδραυλικού χειριστηρίου που βρίσκεται στο δεξί μέρος του θαλάμου μηχανολογικού εξοπλισμού.
- το **σύστημα αερισμού** του κομποστοποιούμενου οργανικού υλικού. Αυτό το σύστημα, αποτελείται εξωτερικά από (i) φυσητήρα (κινητήρα), (ii) μανόμετρο και (iii) βαλβίδα που απολήγουν σε πλαστικό σωλήνα Φ50 (Εικόνα 43). Στο εσωτερικό του βιοαντιδραστήρα, το σύστημα του αερισμού απαρτίζεται από δύο ζεύγη γαλβανισμένων σωλήνων με σπές (Εικόνα 44) στους οποίους γίνεται η προσαγωγή του αέρα μέσω του φυσητήρα και διαμέσου του πλαστικού σωλήνα Φ50, ο οποίος

διαίρειται σε τέσσερις κλάδους καθένας από τους οποίους τροφοδοτεί τον αντίστοιχο σωλήνα.



Εικόνα 42 Πλάγια όψη βιοαντιδραστήρα (δεξιά) και όψη τμήματος εξόδου του ώριμου κόμποστ (αριστερά)



Εικόνα 43 Εξωτερικό τμήμα συστήματος αερισμού αποτελούμενο από (i) φυσητήρα, (ii) μανόμετρο, (iii) βαλβίδα που απολήγουν σε πλαστικό σωλήνα $\Phi 50$ mm.



Εικόνα 44 Ζεύγη γαλβανισμένων σωλήνων που διατρέχουν όλο το μήκος του αντιδραστήρα και λεπτομέρεια από τη βάση του σωλήνα που εφαρμόζει στις αντίστοιχες οπές της θύρας εξόδου/εκφόρτωσης.

Οι σωλήνες $\Phi 60$ mm με πάχος 5 mm έχουν συνολικό μήκος 5760 mm. Οι σωλήνες φέρουν οπές σταυροειδώς, η διάμετρος και η πυκνότητα των οποίων καθορίζεται με βάση τα τέσσερα στάδια του βιοαντιδραστήρα, το μήκος του οποίου διατρέχουν οι σωλήνες. Πιο συγκεκριμένα, κατά το μήκος του πρώτου σταδίου (1700 mm) οι οπές έχουν διάμετρο 5 mm και βρίσκονται ανά 100 mm, κατά μήκος του δεύτερου σταδίου έχουν διάμετρο 3,50 mm και πυκνότητα 100 mm, στο τρίτο στάδιο έχουν διάμετρο 3,00 mm και πυκνότητα 180 mm, ενώ στο τέταρτο στάδιο έχουν διάμετρο 2,5 mm και πυκνότητα 250 mm.

- το **σύστημα ύγρυνσης** του κομποστοποιούμενου οργανικού υλικού. Η ύγρυνση του υλικού γίνεται μέσω πλαστικού σωλήνα ύδρευσης 1" ο οποίος διαίρειται σε τρεις (3) κλάδους πλαστικών σωλήνων ύδρευσης 1" έκαστος των οποίων φέρει ηλεκτροβάννα μέσω της οποίας ελέγχεται η περιοδική ύγρυνση κάθε σταδίου κομποστοποίησης από το PLC (Εικόνες 45 & 46).



Εικόνα 45 Σύστημα ύγρανσης, (εσωτερικά του βιοαντιδραστήρα) αποτελούμενο από τρεις κλάδους πλαστικών σωλήνων ύδρευσης. Η λειτουργία κάθε κλάδου γίνεται μέσω ηλεκτροβάννας η οποία ελέγχεται από PLC.



Εικόνα 46 Σωλήνες συστήματος ύγρανσης που διατρέχουν εξωτερικά το κέλυφος του βιοαντιδραστήρα.

- το σύστημα απαγωγής του αέρα από τον βιοαντιδραστήρα και κατάθλιψής του στο βιόφιλτρο προς απόσμηση. Αναλυτικότερα, το σύστημα απόσμησης αποτελείται από:
 - τη διάταξη αναρρόφησης αέρα από το εσωτερικό του βιοαντιδραστήρα και προσαγωγής του στο βιόφιλτρο. (Εικόνες 47 & 48). Η λειτουργία του φυσητήρα ελέγχεται από PLC.
 - το βιόφιλτρο (βλ. ενότητα 4.3.1.5.)



Εικόνα 47 Διάταξη αναρρόφησης αέρα από το εσωτερικό του βιοαντιδραστήρα, αποτελούμενη από (i) φυσητήρα, (ii) μανόμετρο, (iii) βαλβίδα που απολήγουν σε πλαστικό σωλήνα Φ50 mm.



Εικόνα 48 Εσωτερικό τμήμα της διάταξης αναρρόφησης αέρα εντός του βιοαντιδραστήρα

- **οπές για δειγματοληψία.** Προκειμένου να πραγματοποιείται περιοδική δειγματοληψία στο υπόστρωμα του βιοαντιδραστήρα με ευκολία και ασφάλεια, έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί οπές στο επάνω μέρος του κελύφους για το 2^ο, 3^ο και 4^ο τμήμα του. Οι δειγματοληψίες στο 1^ο τμήμα του βιοαντιδραστήρα

πραγματοποιούνται μέσω της θύρας τροφοδοσίας. Οι οπές τετραγωνικής μορφής φέρουν καπάκι προκειμένου να εξασφαλιστεί η στεγανότητα του βιοαντιδραστήρα (Εικόνα 50).

- τη **δεξαμενή συλλογής των στραγγισμάτων του βιοαντιδραστήρα**. Η δεξαμενή που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε έχει χωρητικότητα 120 λίτρα. Τα στραγγίσματα του βιοαντιδραστήρα, ο οποίος διαθέτει την απαιτούμενη κλίση απομακρύνονται μέσω πλαστικού σωλήνα και καταλήγουν σε μικρή δεξαμενή (Εικόνα 49). Εσωτερικά του βιοαντιδραστήρα, στο σημείο εξόδου των στραγγισμάτων υπάρχει τοποθετημένο ένα μεταλλικό πλαίσιο προς αποφυγή απόφραξης από στερεά τεμαχίδια του κομποστοποιούμενου υλικού. Η δεξαμενή συλλογής των στραγγισμάτων φέρει σφαιρική βάνα για την εκκένωσή της. Τα στραγγίσματα καταλήγουν προς επεξεργασία σε εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων.

4.3.1.5 Βιόφιλτρο

Το εν λόγω τμήμα περιλαμβάνει:

- το βιόφιλτρο όπου γίνεται η βεβιασμένη προσαγωγή του προς απόσμιση αέρα και η εν συνεχεία απόσμιση του σε ποσοστό περίπου 90%. Έχει διαστάσεις 2000 mm X 1000 mm X 1200 mm. Η απομάκρυνση του αέρα γίνεται περιοδικά βάσει προγράμματος και ο έλεγχος της λειτουργίας του φυσητήρα γίνεται με PLC. Για την κατασκευή του βιόφιλτρου χρησιμοποιήθηκαν διαδοχικά τα εξής υλικά: γεωύφασμα, πριονίδι και χωνευμένη οργανική ύλη (ραφινάρισμένο κόμποστ) (Εικόνα 51).
- τη δεξαμενή συλλογής των στραγγισμάτων του βιόφιλτρου, χωρητικότητας 50 λίτρων.

4.3.1.6 Τμήμα προσωρινής αποθήκευσης του κόμποστ

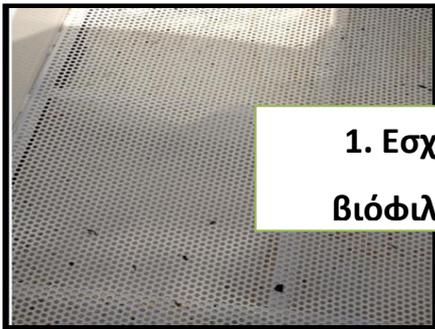
Για την προσωρινή αποθήκευση του κόμποστ, αμέσως μετά την εξαγωγή του από τον βιοαντιδραστήρα, χρησιμοποιείται χώρος πλησίον της πρωτότυπης εγκατάστασης, ο οποίος πρέπει να προσφέρει προστασία από τις καιρικές συνθήκες προκειμένου να επιτραπεί η ωρίμανση του κόμποστ και να αποφευχθεί η διασπορά του.



Εικόνα 49 Δεξαμενή συλλογής στραγγισμάτων, τοποθετημένη και συνδεδεμένη στο σημείο εξόδου των στραγγισμάτων



Εικόνα 50 Οπές δειγματοληψίας του 2^{ου}, 3^{ου} και 4^{ου} τμήματος του βιοαντιδραστήρα



1. Εσχάρα βιόφιλτρου



2. Επικάλυψη με γεωύφασμα



3. Επικάλυψη με πριονίδι



4. Επικάλυψη με ραφινρισμένο ώριμο κόμποστ

Εικόνα 51 Διαδοχικά στάδια κατασκευής βιόφιλτρου



Εικόνα 52 Δεξαμενή συλλογής στραγγισμάτων, συνδεδεμένη με το βιόφιλτρο

5

Πρωτόκολλο πειραμάτων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ερευνάται η αποτελεσματικότητα της ΔσΠ και κατόπιν της επεξεργασίας (με τη μέθοδο της αερόβιας κομποστοποίησης) των βιοαποβλήτων που συλλέγονται από δύο περιοχές της Τήνου –Πύργος και Όρμος Πανόρμου- σε πρότυπο σύστημα κομποστοποίησης εγκατεστημένο στο νησί.

Το πρώτο μέρος αφορά στην αξιολόγηση της ΔσΠ, όπως επιτελέστηκε από τους κατοίκους της πιλοτικής περιοχής και των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του παραγόμενου κλάσματος των βιοαποβλήτων στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

Το δεύτερο μέρος της μεθοδολογίας αφορά στην αξιολόγηση της εξέλιξης της κομποστοποίησης με το πρότυπο σύστημα. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια τα οποία περιλαμβάνουν: α) τις πειραματικές εφαρμογές του συστήματος κομποστοποίησης και β) το χαρακτηρισμό του παραγόμενου κόμποστ. Στο πρώτο στάδιο γίνεται ο φυσικοχημικός χαρακτηρισμός των εισερχόμενων υλικών που είναι βιοαπόβλητα και πράσινα απορρίμματα κήπων. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η έναρξη και παρακολούθηση των διεργασιών της κομποστοποίησης εξετάζοντας συγκεκριμένες φυσικοχημικές παραμέτρους του υποστρώματος και κατόπιν γίνεται ο ποιοτικός έλεγχος του τελικού προϊόντος σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά κριτήρια αποχαρακτηρισμού του προϊόντος.

5.1 Παρακολούθηση του πιλοτικού συστήματος ΔσΠ των

βιοαποβλήτων στην περιοχή μελέτης

Για να διερευνηθεί η επιτυχία της ΔσΠ από τους κατοίκους, η συμμετοχή τους και η ποιότητα καθώς και η ποσότητα των παραγόμενων βιοαποβλήτων, επιλέχθηκε να γίνει παρακολούθηση των ακόλουθων δεικτών:

- Ρυθμός παραγωγής των ΑΣΑ ανά κάτοικο
- Εποχιακή διακύμανση και ανάλυση σύστασης των σημαντικότερων κατηγοριών βιοαποβλήτων της περιοχής
- Καθαρότητα των συλλεχθέντων βιοαποβλήτων από τα συμμετέχοντα νοικοκυριά
- Αποφευξιμότητα ή μη των σημαντικότερων κατηγοριών βιοαποβλήτων της περιοχής
- Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός των συλλεχθέντων βιοαποβλήτων που συνθέτουν το υλικό τροφοδοσίας του πρότυπου κλειστού συστήματος κομποστοποίησης

5.2 Παρακολούθηση της διεργασίας κομποστοποίησης στο

πρότυπο σύστημα

Η παρακολούθηση της διεργασίας της κομποστοποίησης εντός του πρότυπου συστήματος πραγματοποιήθηκε με την εξέταση βασικών για τη διεργασία παραμέτρων ελέγχου. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν στο πλαίσιο της παρακολούθησης ήταν η υγρασία, η θερμοκρασία, το pH και η ηλ. Αγωγιμότητα. Σε τακτά χρονικά διαστήματα γινόταν επιτόπου μέτρηση με χρήση κατάλληλων οργάνων της θερμοκρασίας κατά μήκος του βιοαντιδραστήρα, ο οποίος χωρίζεται σε 4 διακριτά στάδια. Σε κάθε στάδιο το εισερχόμενο οργανικό υλικό παραμένει για 15 ημέρες και κατόπιν μετατίθεται στο επόμενο στάδιο. Κάθε πλήρης κύκλος κομποστοποίησης διαρκεί 60 ημέρες. Από τα ίδια σημεία γινόταν και η συλλογή δειγμάτων με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού και το υλικό τοποθετούνταν σε πλαστικές διαφανείς σακούλες μέχρι τη μεταφορά του στο εργαστήριο της ΜΠΕΤ.

Ο ακόλουθος πίνακας περιλαμβάνει τη σύνοψη των εργαστηριακών αναλύσεων που έγιναν κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής και τις μεθόδους ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 19 Σύνοψη παραμέτρων ελέγχου και αντίστοιχων μεθόδων ανάλυσης

Παράμετρος		Υλικό τροφοδοσίας	Υπόστρωμα	Τελικό προϊόν	Μέθοδος	Μονάδες
Θερμοκρασία			✓		Θερμόμετρο	οC
Υγρασία/ξηρή ουσία		✓	✓	✓	ISO 11465:1993	% wb
Οξυγόνο			✓		Οξυγονόμετρο	% v/v
Πυκνότητα		✓	✓	✓	TMECC 03.01	kg m-3
pH/Αγωγιμότητα		✓		✓	EPA 9045D /EPA 9050A/	-
TOC - OM		✓		✓	EN 13137:2002 & ISO 11465:1993	%
TN		✓		✓	ISO 11261:1995 & ISO 11465:1993	%
NH + 4		✓		✓	EPA 350. 1-3	%
C/N		✓		✓	Προκύπτει από τον προσδιορισμό των παραμέτρων TN και TOC	-
Βαρέα Μέταλλα	Cd	✓		✓	US EPA 3051A:2007 & APHA-AWWA-WEF Standards Methods: 3111, 22th Ed., 2012 & ISO 11465:1993	mg kg-1
	Cr	✓		✓	US EPA 3051A:2007 & APHA-AWWA-WEF Standards Methods: 3111, 22th Ed., 2012 & ISO 11465:1993	mg kg-1
	Pb	✓		✓	US EPA 3051A:2007 & APHA-AWWA-WEF Standards Methods: 3111, 22th Ed., 2012 & ISO 11465:1993	mg kg-1
	Cu	✓		✓	US EPA 3051A:2007 & APHA-AWWA-WEF Standards Methods: 3111, 22th Ed., 2012 & ISO 11465:1993	mg kg-1
	Ni	✓		✓	US EPA 3051A:2007 & APHA-AWWA-WEF Standards Methods: 3111, 22th Ed., 2012 & ISO 11465:1993	mg kg-1
	Zn	✓		✓	US EPA 3051A:2007 & APHA-AWWA-WEF Standards Methods: 3111, 22th Ed., 2012 & ISO 11465:1993	mg kg-1
	Hg	✓		✓	ISO 16772	mg kg-1
Σύνθεση βιοαποβλήτων		✓			ASTM D 5231 - 92 R03 Jansen et al. 2004	% w.w.
Μικροβιολογικά						
i. <i>Salmonella spp</i> ,				✓	TMECC Method 07.02	MPN (4gr)-1
ii. <i>Escherichia coli</i>				✓	TMECC Method 07.01-C	MPN g-1

5.3 Εργαστηριακές μέθοδοι ανάλυσης

5.3.1 Προσδιορισμός θερμοκρασίας

Για την καταγραφή της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό θερμόμετρο και πραγματοποιούνταν μετρήσεις σε διάφορα σημεία του μίγματος κομποστοποίησης.



Εικόνα 53 Ψηφιακό θερμόμετρο

5.3.2 Προσδιορισμός υγρασίας

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας, αρχικά ζυγίζεται το ταψάκι που τοποθετείται το δείγμα και μετά το ταψάκι μαζί με το δείγμα. Τοποθετείται στο φούρνο στους 60°C για 12h. Έπειτα ζυγίζετε ξανά το δείγμα και υπολογίζετε η υγρασία.

Ο προσδιορισμός της υγρασίας μπορεί να υπολογιστεί πολύ εύκολα από τον λόγο της διαφοράς της μάζας προς την αρχική μάζα του επί τοις εκατό. Δηλαδή:

$$\frac{(M_{\tau} + M_{c,1}) - (M_{\tau} + M_{c,2})}{M_{c,1}} * 100\%$$

Όπου:

M_{τ} : η μάζα του ταψιού (g)

$M_{c,1}$: αρχική μάζα του δείγματος πριν την ξήρανση (g)

$M_{c,2}$: τελική μάζα δείγματος μετά την ξήρανση στους 60°C (g)



Εικόνα 54 Φούρνος ξήρανσης

5.3.3 Προσδιορισμός pH

Για τη μέτρηση του pH, **2 g** δείγματος αναδεύονται σε ποτήρι ζέσεως των **100 ml** για **30 λεπτά** με προσθήκη **40 ml** απιονισμένου νερού. Ακολουθεί μέτρηση με χρήση pH – μέτρου (μοντέλο METTLER TOLEDO MPC227).



Εικόνα 55 Μετρητής pH

5.3.4 Προσδιορισμός αγωγιμότητας

Για τη μέτρηση της αγωγιμότητας, **2 g** δείγματος αναδεύονται σε ποτήρι ζέσεως των **100 ml** για **30 λεπτά** με προσθήκη **40 ml** απιονισμένου νερού. Ακολουθεί φυγοκέντρηση του διαλύματος στις **3000 στροφές / λεπτό** για **10 λεπτά** και διήθηση υπό κενό. Η αγωγιμότητα του διαλύματος προσδιορίζεται με αγωγιμόμετρο (μοντέλο METTLER TOLEDO MPC227). Το εν λόγω όργανο είναι το ίδιο, που χρησιμοποιείται και για την μέτρηση του pH.

5.3.5 Προσδιορισμός Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC)

Σε δείγμα που έχει υποστεί ξήρανση στους 60°C, ζυγίζονται 35mg και τοποθετούνται σε ειδικά καψάκια. Έπειτα το κάθε καψάκι ξεχωριστά τοποθετείται στον ειδικό φούρνο (Solid Sample Module SSM 5000A) όπου η θερμοκρασία αγγίζει τους 900°C και πραγματοποιείται

καύση του οργανικού άνθρακα. Τα καυσαέρια οδέυουν στην συνέχεια στην μονάδα TOCV_{CSH} όπου υπολογίζεται η μάζα του οργανικού άνθρακα. Ο τύπος για τον προσδιορισμό του %TOC είναι:

$$\%TOC = \frac{\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)}{2} * 100$$

Όπου:

m_1 : η μετρούμενη μάζα οργανικού άνθρακα του πρώτου δείγματος (mg)

m_2 : η μετρούμενη μάζα του οργανικού άνθρακα του δεύτερου δείγματος (mg)

M_1 : αρχική μάζα του πρώτου δείγματος (mg).

M_2 : αρχική μάζα του δεύτερου δείγματος (mg).



Εικόνα 56 Σύστημα υπολογισμού TOC (αριστερά), πορσελάνινες κάψες με δείγμα (δεξιά)

5.3.6 Προσδιορισμός πτητικών στερεών (VS)

Αφού το δείγμα έχει υποστεί ξήρανση στους 60°C, ζυγίζετε 1gr σε πορσελάνινες κάψες και τοποθετείτε εκ νέου στο φούρνο στους 550°C για 5 ώρες. Ο προσδιορισμός των πτητικών στερεών υπολογίζετε από το λόγο της διαφοράς της μάζας πριν και μετά την ξήρανση στους 550°C προς την αρχική μάζα επί τοις εκατό. Δηλαδή:

$$\frac{(M_{\kappa} + M_{c,1}) - (M_{\kappa} + M_{c,2})}{M_{c,1}} * 100\%$$

Όπου:

M_{κ} : η μάζα του κάψας (g)

$M_{c,1}$: αρχική μάζα του δείγματος πριν την ξήρανση (g)

$M_{c,2}$: τελική μάζα δείγματος μετά την ξήρανση στους 550°C (g)



Εικόνα : Φούρνος ξήρανσης

Εικόνα : Κάψες εντός του φούρνου

Εικόνα : Κάψες σε ξηραντήρα

Εικόνα 57 Φούρνος ξήρανσης και πορσελάνινες κάψες που χρησιμοποιούνται κατά τον προσδιορισμό των πτητικών στερεών

5.3.7 Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου (TN)

Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στην μέτρηση της συγκέντρωσης του αζώτου που περιέχεται στα στερεά δείγματα. Μπορεί να είναι είτε υπό μορφή αμμωνιακού ($N-NH_4$), οργανικού ($N-org$), νιτρώδους αζώτου ($N-NO_2$), και νιτρικού ($N-NO_3$). Η διαδικασία που ακολουθείται μπορεί να χωριστεί σε 3 φάσεις: τη χώνευση, την απόσταξη και τέλος την τιτλοδότηση. Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται στην τροποποιημένη κατά Kjeldahl μέθοδο προσδιορισμού αζώτου. Πιο συγκεκριμένα, κατά την χώνευση λαμβάνει χώρα η μετατροπή του οργανικού αζώτου και ελεύθερου αμμωνίου σε άλας θειικού αμμωνίου με την βοήθεια του θειικού οξέος και των καταλυτών (διοξειδίου του τιτανίου). Στην συνέχεια, σειρά έχει η δράση του σαλικυλικού οξέος και του θειοθειικού νατρίου, όπου ανάγει τα νιτρικά και νιτρώδη σε αμμωνιακά. Έπειτα, ακολουθεί απόσταξη στην συσκευή Varodest 30s και τέλος προσδιορισμός με τιτλοδότηση.

Αφού στο δείγμα έχει προηγηθεί ξήρανση στους 60°C, ζυγίζονται 0,5gr δείγματος και τοποθετείται στον ειδικό σωλήνα Gerhard. Στην συνέχεια προστίθενται 20ml διαλύματος σαλικυλικού οξέος/θειικού οξέος (25g σαλικυλικού οξέος ($C_7H_6O_3$) διαλυμένα σε 1L πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4)). Το δείγμα αφήνεται σε ηρεμία για μια μέρα περίπου. Την επόμενη, προστίθενται σε κάθε φιάλη 2,5gr από καταλύτες θειοθειικού νατρίου ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) και τοποθετούνται στην συσκευή χώνευσης για μισή ώρα. Έπειτα, προστίθενται 5,5gr καταλύτη $K_2SO_4 - CuSO_4 \cdot 5H_2O - TiO_2$ και συνεχίζεται η χώνευση για άλλες 2,5 ώρες σε νέο πρόγραμμα. Στην διαδικασία συμμετέχει και ένα τυφλό διάλυμα, δηλαδή ένα δείγμα αναφοράς που δεν περιέχει στερεό δείγμα και ακολουθεί την ίδια διαδικασία με όλα τα δείγματα.

Κατά την διάρκεια της χώνευσης, οι νιτροενώσεις που σχηματίζονται από την αντίδραση του σαλικυλικού οξέος ανάγονται σε αμινοενώσεις, υπό την θέρμανση του με το θειοθειικό νάτριο. Η θερμοκρασία αγγίζει τους 400°C. Το τελικό προϊόν που απομένει στην φιάλη είναι διάλυμα θειικού αμμωνίου.

Αφού αφήνεται να κρυώσει για μισή ώρα, σειρά έχει η απόσταξη. Τα δείγματα τοποθετούνται ένα ένα στην συσκευή απόσταξης Varodest 30s. Σε κωνική φιάλη τοποθετούνται 25 ml βορικού οξέος H_3BO_3 2% w/v με 2-3 σταγόνες από προπαρασκευασμένο δείκτη που περιέχει ερυθρό του μεθυλίου και μπλε του μεθυλενίου, η οποία χρησιμοποιείται για τη συλλογή του αποστάγματος. Κατά την απόσταξη διοχετεύεται στο δείγμα περίσσεια καυστικού νατρίου NaOH και απιονισμένου νερού μέσω ενός ρυθμιζόμενου προγράμματος. Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία το δείγμα υπόκειται σε τιτλοδότηση με διάλυμα θειικού οξέος H_2SO_4 0,1M.

Η περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό άζωτο σε mg/g υπολογίζεται από παρακάτω τύπο:

$$TN = \frac{(V_{\Delta} - V_T) \times c(H^+) \times M_N}{m} \times \frac{100 + \%Y_{\Xi.B.}}{100}$$

Όπου,

V_{Δ} : ο όγκος (mL) του θειικού οξέος που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση του δείγματος,

V_T : ο όγκος (mL) του θειικού οξέος που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση του τυφλού,

$C(H^+)$: η συγκέντρωση (mol/L) των H^+ σε θειικό οξύ,

M_N : το μοριακό βάρος (g/mol) του αζώτου ίσο με 14.0067,

m : η μάζα (g) του ξηραμένου στερεού δείγματος,

$\%Y_{\Xi.B.}$: η υγρασία δείγματος (%) σε ξηρή βάση.

5.3.8 Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου κατά Kjeldahl (TKN)

Αφού στο δείγμα έχει προηγηθεί ξήρανση στους 60°C, ζυγίζονται 0,5gr δείγματος και τοποθετείται στον ειδικό σωλήνα Gerhard. Αμέσως μετά προστίθεται 5gr καταλύτη (θειικό άλας χαλκού $CuSO_4$ και σελήνιο Se) και 20ml H_2SO_4 98% και ο σωλήνας είναι έτοιμος να τοποθετηθεί στην συσκευή χώνευσης Kjeldatherm, όπου και προγραμματίζεται να ακολουθήσει ένα πρόγραμμα θέρμανσης υπό κενό για 2,5 ώρες.



Εικόνα 58 Σωλήνας χώνευσης (αριστερά), συσκευή KJELDATHERM (δεξιά)

Αφού αφήνεται να κρυώσει για μισή ώρα, σειρά έχει η απόσταξη. Τα δείγματα τοποθετούνται ένα ένα στην συσκευή απόσταξης Vapodest 30s. Σε κωνική φιάλη τοποθετούνται 25 ml βορικού οξέος H_3BO_3 2% w/v με 2-3 σταγόνες από προπαρασκευασμένο δείκτη που περιέχει ερυθρό του μεθυλίου και μπλε του μεθυλενίου, η οποία χρησιμοποιείται για την συλλογή του αποστάγματος. Κατά την απόσταξη διοχετεύεται στο δείγμα περίσσεια καυστικού νατρίου NaOH και απιονισμένου νερού μέσω ενός ρυθμιζόμενου προγράμματος. Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία το δείγμα υπόκειται σε τιτλοδότηση με διάλυμα θειικού οξέος H_2SO_4 0,1M.



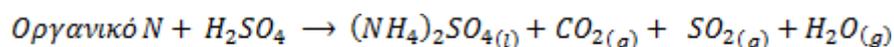
Εικόνα 59 Συσκευή απόσταξης Vapodest 30s



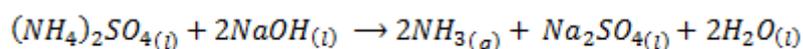
Εικόνα 60 Η αλλαγή χρώματος κατά την τιτλοδότηση

Οι αντιδράσεις που γίνονται στις 3 διαφορετικές φάσεις παρατίθενται παρακάτω αναλυτικά:

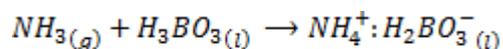
Κατά τη χώνευση:



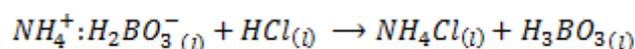
Κατά την απόσταξη:



Κατά την συλλογή του αποστάγματος:



Κατά την τιτλοδότηση:



Η επί τις εκατό περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό άζωτο κατά Kjeldahl υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\%TKN = \frac{1,4007 * c * (V - V_b)}{m}$$

Όπου:

c : η συγκέντρωση του διαλύματος του θεικού οξέος H_2SO_4 0,1M που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση.

V : ο όγκος του διαλύματος θεικού οξέος H_2SO_4 0,1M που χρησιμοποιείται στην τιτλοδότηση (ml).

V_b : ο όγκος του διαλύματος θεικού οξέος H_2SO_4 0,1M που χρησιμοποιείται στον λευκό προσδιορισμό (ml).

5.3.9 Προσδιορισμός αμμωνιακών ($N-NH_4^+$) και νιτρικών ($N-NO_3^-$)

Η μέθοδος μετράει το ιοντοεναλλάξιμο αμμωνιακό άζωτο και χρησιμοποιήθηκαν τα εξής αντιδραστήρια:

- MgO: τοποθετήθηκαν 10 gr στο φούρνο στους 800°C για 2 ώρες λόγο του ότι έχει την τάση να προσροφά CO_2 απ'την ατμόσφαιρα και στην απόσταξη σχηματίζει $MgCO_3$. Στη συνέχεια 8,5gr ψημένου MgO αραιώνονται με 50ml H_2O με συνεχή ανάδευση.

Το MgO παίζει πολύ σημαντικό ρόλο αφού εμποδίζει τις εύκολα διασπώμενες αμίνες(λόγω του NaOH) για να μην δώσουν αποτελέσματα ίδια με του N.

- KCl: αραιώνονται 149gr σε 1L H_2O .

Το KCl χρησιμοποιείται για το extraction των αμμωνιακών(ιονταναλλαγή).

- H_3BO_3 2% w/v :αραιώνονται 20gr σε 1L H_2O .

Το H_3BO_3 δεσμεύει το αμμωνιακό άζωτο.

- Octam-2-ol: 1 κουταλιά αραιώνεται σε 250ml H_2O .

Η octam-2-ol χρησιμοποιείται για να μην αφρίζει το διάλυμα.

Αφού στο δείγμα έχει προηγηθεί ξήρανση στους 60°C, ζυγίζονται 5gr δείγματος σε κωνική φιάλη και προστίενται 50ml διαλύματος χλωριούχου καλίου KCl. Έπειτα, αφού το δείγμα αναδεύεται για 1h, απαιτείται πλήρης διαχωρισμός υγρού και στερεού οπότε και υφίσταται φυγοκέντριση στις 3000 στροφές για 10 λεπτά και διηθήται υπό κενό. Λαμβάνονται 5ml από το διήθημα και μεταφέρονται στους σωλήνες απόσταξης(φιάλες Gerhard), επίσης προστίθενται 6ml MgO και 2-3 σταγόνες octam-2-ol.

Η φιάλη Gerhard τοποθετείται στην συσκευή της αποσταξης Varodest 30s. Για την συλλογή του αποστάγματος τοποθετείται κωνική φιάλη 250ml, η οποία περιέχει 25ml βορικού οξέος H_3BO_3 και 2-3 σταγονες από προπαρασκευασμένο δείκτη που περιέχει ερυθρό του μεθυλίου και μπλε του μεθυλενίου. Κατά την απόσταξη διοχετεύεται στο δείγμα περίσσεια καυστικού νατρίου NaOH και απιονισμένου νερού μέσω ενός ρυθμιζόμενου προγράμματος. Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία το δείγμα υπόκειται σε τιτλοδότηση με διάλυμα θεικού οξέος H_2SO_4 0,01M.

Η επί τις εκατό περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό άζωτο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\%NH_4 = \frac{0,07(V - V_b)}{V_a}$$

Όπου:

V : ο όγκος του διαλύματος θεικού οξέος H_2SO_4 που χρησιμοποιείται στην τιτλοδότηση (ml).

V_b : ο όγκος του διαλύματος θεικού οξέος H_2SO_4 που χρησιμοποιείται στον λευκό προσδιορισμό (ml).

V_a : ο αρχικός όγκος του δείγματος (ml).

5.3.10 Προσδιορισμός λόγου άνθρακα προς άζωτο (C/N)

Η αναλογία C/N υπολογίζεται από την σχέση:

$$C/N = \frac{\%TOC}{\%TKN}$$

5.3.11 Προσδιορισμός μετάλλων και θρεπτικών στοιχείων

Η μέθοδος αυτή βοηθάει στον προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων στο δείγμα. Ανιχνεύει τα παρακάτω μέταλλα: κάδμιο (Cd), χρώμιο (Cr), χαλκό (Cu), μόλυβδο (Pb), μαγγάνιο (Mn), νικέλιο (Ni) και ψευδάργυρο (Zn). Αρχή της μεθόδου είναι η διαδικασία χώνευσης που υποβάλλεται το στερεό με ισχυρά οξέα όπως νιτρικό (HNO_3) ή νιτρικό και υδροχλωρικό οξύ (HNO_3/HCl), για την πλήρη διαλυτοποίηση του και την παραγωγή ενός διαλύματος που θα μπορεί να αναλυθεί στην ατομική απορρόφηση (AAS).

Πιο συγκεκριμένα, σε δείγμα που έχει προηγηθεί ξήρανση στους $60^{\circ}C$, ζυγίζονται 0,5gr δείγματος και τοποθετείται σε teflon (ειδικά δοχεία από πολυμερές φθορανθράκων ή χαλαζία) μαζί με 10ml HNO_3 (~65%) και ανακινείται έως ότου το στερεό διαβραχεί πλήρως. Για κάθε δείγμα λαμβάνονται 3 επαναλήψεις. Τα teflon σφραγίζονται και ξεκινάει η διαδικασία της χώνευσης σε φούρνο μικροκυμάτων Milestone Start D με ATC CE 400 Temperature Sensor και SK-10 Segmented rotor με 10 δοχεία για χώνευση. Σε ένα δοχείο περιέχεται θερμοστοιχείο για να ελέγχεται κάθε στιγμή η θερμοκρασία και ότι όλα βαίνουν καλώς. Μετά το τέλος του φούρνου τα δοχεία μεταφέρονται στο υδατόλουτρο στους $100^{\circ}C$ για 1 ώρα περίπου, έτσι ώστε να απομακρυνθεί ολόενα και περισσότερο οξύ. Εν συνεχεία για ακόμα καλύτερες μετρήσεις το δείγμα υπόκειται σε διήθηση υπό κενό με φίλτρα $0,45\mu m$ ή υποβάλλεται σε φυγοκέντρωση. Τέλος, το δείγμα αραιώνεται σε ογκομετρική φιάλη των 25ml και οδηγείται στο φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης για ανάλυση των μετάλλων. Το φασματόμετρο δίνει τις τελικές συγκεντρώσεις των μετάλλων και εκφράζονται σε mg/kg.



Εικόνα 61 Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (Varian)

5.3.12 Προσδιορισμός φυτοτοξικότητας

Για τη συγκεκριμένη μέθοδο υπολογισμού αμμωνιακών χρησιμοποιούνται τα παρακάτω αντιδραστήρια:

- Τρυβλία.
- Σπόροι.
- Διηθητικό χαρτί (Whatman #1).
- Απιονισμένο νερό.
- Ψυγείο 25°C (σκοτεινός θάλαμος).
- Χάρακας.

Η διαδικασία του υπολογισμού του δείκτη βλαστικότητας περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- 10g φρέσκου compost ζυγίζονται.
- Προστίθενται 100ml H₂O.
- Ανάδευση για 30 λεπτά.
- Φυγοκέντρηση στις 3000 στροφές / λεπτό για 10 λεπτά.
- Διήθηση υπό κενό με Whatman 41 (20 – 25 μm).
- Σε δύο τρυβλία (Petri dish) τοποθετείται διηθητικό χαρτί (Whatman 1).
- 20 σπόροι μαρουλιού (σε κάθε τρυβλίο) τοποθετούνται σε διάταξη ώστε να ισαπέχουν μεταξύ τους.
- Προστίθενται 10ml H₂O και 10ml extract αντίστοιχα.
- Τοποθετούνται σε ψυγείο (20±5 °C) όπου επικρατούν συνθήκες σκότους για 5 ημέρες.
- Καταμέτρηση αριθμού σπόρων όπου έχουν βλαστήσει.
- Καταμέτρηση μήκους βλαστών .

Ο δείκτης βλαστικότητας (Δ.Β.) υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη φυτρωτική ικανότητα και το μήκος του βλαστού σύμφωνα με την πιο κάτω σχέση:

$$\Delta.B. = (G * L) / 100$$

Όπου:

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

L: [μήκος βλαστού στο δείγμα / μήκος βλαστού στον μάρτυρα] * 100

Για το δείκτη βλαστικότητας ισχύει:

0 < Δ.Β. < 25	πολύ φυτοτοξικό
26 < Δ.Β. < 65	φυτοτοξικό
66 < Δ.Β. < 100	μή φυτοτοξικό
Δ.Β. > 101	φυτοδιέγερση – φυτοθρεπτικό



Εικόνα 62 Τρυβλίο με δοκιμαστικούς σπόρους που έχουν βλαστήσει

6

Παρουσίαση και Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Η παρούσα ενότητα περιλαμβάνει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών και επιτόπιων μετρήσεων ανά παράμετρο παρακολούθησης που επιλέχθηκε σύμφωνα με το πειραματικό πρωτόκολλο και κατόπιν τη συζήτησή τους. Η αξιολόγηση της απόδοσης του πρότυπου συστήματος 'ISWM TINOS' που εφαρμόστηκε, έγινε σε 2 διακριτά σκέλη:

- Ως προς το πιλοτικό σύστημα και ειδικότερα την επιτυχία της ΔσΠ των βιοαποβλήτων στην περιοχή μελέτης
- Ως προς την αερόβια βιολογική διεργασία στο πρότυπο κλειστό σύστημα κομποστοποίησης και τη μετέπειτα ποιότητα του τελικού προϊόντος

6.1 Αξιολόγηση του πιλοτικού συστήματος ΔσΠ των

βιοαποβλήτων στην περιοχή μελέτης

6.1.1 Τα βιοαπόβλητα μέσα στα ΑΣΑ στην περιοχή μελέτης

Προκειμένου να καλυφθεί το κενό γνώσης σχετικά με τις πραγματικές ποσότητες παραγόμενων ΑΣΑ στην Τήνο, διενεργήθηκαν επιτόπιες μελέτες (μελέτες πεδίου) με τη συμμετοχή κυρίως νοικοκυριών – εθελοντών και σε μικρότερο ποσοστό τοπικών εμπορικών

επιχειρήσεων, όπως σούπερ-μάρκετ, εστιατόρια και καφετέριες. Στόχων των μελετών πεδίου οι οποίες έλαβαν χώρα τα έτη 2014 και 2015 ήταν η συλλογή ποσοτικών δεδομένων για 6 ξεχωριστά ρεύματα ΑΣΑ, όπως αποτυπώνονται στον Πίνακα 19.

Πίνακας 20 Αποτελέσματα μελετών πεδίου για σύσταση ΑΣΑ από νοικοκυριά & επιχειρήσεις της περιοχής μελέτης

Κατηγορία αποβλήτου	ΑΣΑ	Χ/Χ	ΓΥΑΛΙ	Π&Μ	Πλαστικό	Μέταλλο	Βιοαπόβλητα	Λοιπά
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΔΙΟΥ 1 (2014)	100,00	13,25	3,52	11,76	10,38	1,38	52,45	18,97
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΔΙΟΥ 2 (2015)	100,00	19,32	3,29	15,76	13,94	1,82	50,56	11,07
Μ.Ο.	-	16,29	3,41	13,76	12,16	1,60	51,50	15,02

Συνεπώς, σύμφωνα με τις μελέτες πεδίου οι ρυθμοί παραγωγής ανά υλικό εκτιμώνται ως εξής:

- Χαρτί/χαρτόνι: 70 κιλά ανά κάτοικο ανά έτος (kg/cap.year) ή 192 gr/cap.day
- Γυαλί: 15 kg/cap.year ή 41 gr/cap.day
- Πλαστικό και Μέταλλο: 60 kg/cap.year ή 164 gr/cap.day
- **Βιοαπόβλητα: 223 kg/cap.year ή 611 gr/cap.day**
- Λοιπά απόβλητα: 65 kg/cap.year ή 178 gr/cap.day
- Συνολικά ΑΣΑ: 433 kg/cap.year ή 1,18 kg/cap.day

Ο αναθεωρημένος ΠΕΣΔΑ για το Νότιο Αιγαίο (2008) παρέχει τις ακόλουθες ποσοτικές πληροφορίες σχετικά με την εκτιμώμενη σύσταση των ΑΣΑ, που δίνονται στον Πίνακα 20.

Πίνακας 21 Δεδομένα σύστασης ΑΣΑ από αναθεωρημένη μελέτη ΠΕΣΔΑ Νοτίου Αιγαίου 2008

ΠΕΣΔΑ ΝΑ 2008	ΑΣΑ	Χ/Χ	ΓΥΑΛΙ	Π&Μ	Πλαστικό	Μέταλλο	Βιοαπόβλητα	Λοιπά
Ποσοστιαία σύσταση	100,00	20,98	10,08	17,08	10,88*	6,20*	41,75	10,12

*κατ' εκτίμηση

Τέλος, ο Πίνακας 21 περιέχει την ανάλυση της μέσης ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ, σύμφωνα με εκτιμήσεις της ομάδας του ΕΜΠ και βάσει αναλύσεων που έχουν πραγματοποιηθεί σε άλλες Περιφέρειες της Ελλάδας, καθώς και από στοιχεία της Eurostat.

Πίνακας 22 Μέση ποιοτική σύσταση αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα (ΥΠΕΚΑ, 2011)

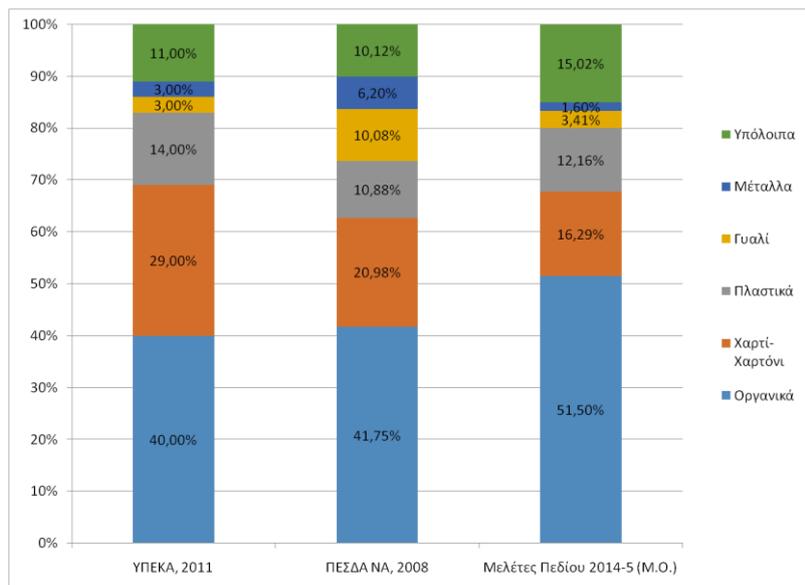
Κατηγορία	Ποσοστό στα ΑΣΑ (% κ.β.)
Οργανικά	40,00%
Χαρτί-Χαρτόνι	29,00%
Χαρτί-Χαρτόνι Συσκευασίας	10,22%
Χαρτί Έντυπο	9,07%
Χαρτί λοιπά	9,70%
Πλαστικά	14,00%
Πλαστικά Συσκευασίας	8,32%
Πλαστικά Λοιπά	5,68%
Γυαλί	3,00%
Γυαλί Συσκευασίας	2,95%
Γυαλί Λοιπά	0,05%
Μέταλλα	3,00%
Μέταλλα Συσκευασίας	2,40%
Μέταλλα Λοιπά	0,60%
Υπόλοιπα	11,00%
Δ-Ξ-Λ* Συσκευασίας	1,21%
Δ-Ξ-Λ* Λοιπά	0,79%
Υφάσματα	1,93%
Υπόλοιπα	7,08%

*Δ-Ξ-Λ: δέρμα – ξύλο – λάστιχο

Οι διαφορές στα δεδομένα που απορρέουν από τις 3 μελέτες που διεξήχθησαν στην Τήνο, το Νότιο Αιγαίο από το ΠΕΣΔΑ αλλά και σε ολόκληρη την Ελλάδα από το ΥΠΕΚΑ οφείλονται κατά κύριο λόγο στα εξής:

- ❖ οι μετρήσεις έλαβαν χώρα με διαφορετικές μεθόδους. Για παράδειγμα στην Τήνο, ακολουθήθηκε η μέθοδος "πόρτα-πόρτα" σε σπίτια και νοικοκυριά και για αυτό το λόγο τα βιοαπόβλητα ήταν φανερά πιο αυξημένα σε σχέση με τις άλλες 2 μελέτες που προσδιορίστηκαν σε χώρους κεντρικής διάθεσης. Έτσι λοιπόν, υπάρχει μια μεγάλη διαφορά στις πηγές προέλευσης των ΑΣΑ καθώς στις μελέτες του ΠΕΣΔΑ και ΥΠΕΚΑ ήταν πιο μαζική η παραγωγή αποβλήτων και δεν ήταν μόνο από σπίτια.

- ❖ Άλλη μια βασική διαφορά είναι οι χρονιές που διεξήχθησαν οι μετρήσεις. Η μελέτη της Τήνου έλαβε χώρα το 2014-2015, η μελέτη στο Νότιο Αιγαίο το 2008 και στην Περιφέρεια Ελλάδας το 2011. Κάθε χρόνο αλλάζουν τα δεδομένα, με αποτέλεσμα να αλλάζουν τα ποσοστά και των απόβλητων.
- ❖ Τέλος, μια ακόμα μείζονος σημασίας ιδιαιτερότητα, είναι οι περιοχές της μελέτης. Από αστικές μέχρι αγροτικές περιοχές έλαβαν χώρα στις παραπάνω μελέτες μ και φυσικό επακόλουθο είναι τα απόβλητα να αποτελούνται είτε από περισσότερα οργανικά ή περισσότερα "πράσινα απόβλητα", είτε περισσότερες συσκευασίες κλπ.



Διάγραμμα 8 Σύγκριση ποιοτικής σύστασης διαφόρων μελετών για τα ΑΣΑ της Τήνου

6.1.2 Εποχιακή Διακύμανση και ανάλυση σύστασης

Η ποιοτική ανάλυση της σύστασης των παραγόμενων βιοαποβλήτων διενεργήθηκε με επιτόπιες αναλύσεις, λαμβάνοντας δείγματα από νοικοκυριά εθελοντές κυρίως, αλλά συμπεριλαμβάνονταν και εμπορικές επιχειρήσεις υγειονομικού ενδιαφέροντος (εστιατόρια, καφετέριες)

Οι επιτόπιες αναλύσεις έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια εφαρμογής του συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης των βιοαποβλήτων με περιοδική συχνότητα, ώστε να καλύψουν τις 4 εποχές του χρόνου. Συνεπώς οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν τις εξής εποχές:

Πίνακας 23 Κατηγορίες βιοαποβλήτων που μελετήθηκαν

- ✓ Άνοιξη 2014
- ✓ Καλοκαίρι 2014
- ✓ Φθινόπωρο 2014
- ✓ Χειμώνας 2015,
- ✓

καλύπτοντας έτσι όλες τις εποχές ενός πλήρους ημερολογιακού έτους, από την άνοιξη του 2014 έως το χειμώνα του 2015.

Βιοαπόβλητα	
1.	Λαχανικά και σαλάτες
2.	Φρούτα
3.	Ψωμί και είδη αρτοποιίας
4.	Γεύματα (σπιτικά ή προπαρασκευασμένα)
5.	Κρέας & ψάρι (& κόκκαλα)
6.	Γαλακτοκομικά & αυγά
7.	Κέικ, γλυκά, γλυκίσματα & σνακ
8.	Ποτά (φακελάκια τσαγιού και καφέ)
9.	Ζυμαρικά / ρύζι / αλεύρι / δημητριακά
10.	Χαρτί
11.	Πράσινα απορρίμματα (Φύλλα)
12.	Πλαστικές Σακούλες
13.	Λοιπά βιοαπόβλητα
14.	Ξένες προσμίξεις (μέταλλο, πλαστικό κτλ.)
15.	Βιοδιασπώμενες Σακούλες

Πίνακας 24 Αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης των βιοαποβλήτων ανά εποχή

Κατηγορία βιοαποβλήτων	ΑΝΟΙΞΗ 2014	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2014	ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2014	ΧΕΙΜΩΝΑΣ 2015	Μ.Ο.
Λαχανικά και σαλάτες	39,87%	20,90%	58,64%	33,23%	38,16%
Φρούτα	30,77%	39,63%	13,51%	21,12%	26,26%
Ψωμί και είδη αρτοποιίας	9,30%	10,31%	3,16%	10,86%	8,41%
Γεύματα (σπιτικά ή προπαρασκευασμένα)	5,18%	14,71%	19,55%	7,94%	11,84%
Κρέας & ψάρι (& κόκκαλα)	3,76%	2,12%	0,86%	1,80%	2,14%
Γαλακτοκομικά & αυγά	2,83%	0,76%	0,29%	11,68%	3,89%
Κέικ, γλυκά, γλυκίσματα & σνακ	2,07%	5,97%	1,15%	8,03%	4,30%
Ποτά (φακελάκια τσαγιού και καφέ)	1,01%	0,71%	0,29%	2,79%	1,20%
Ζυμαρικά / ρύζι / αλεύρι / δημητριακά	2,26%	2,82%	0,00%	0,73%	1,45%
Λοιπά βιοαπόβλητα	2,95%	2,06%	2,56%	1,80%	2,34%

Από τα παρακάτω διαγράμματα που παρουσιάζουν τη σύνθεση των διατροφικών απορριμμάτων, προκύπτει ότι τη μεγαλύτερη ποσοστιαία σύνθεση στο σύνολο κατέχει η κατηγορία "**λαχανικά και σαλάτες**" με μέσο όρο 38,16% αλλά τους φθινοπωρινούς μήνες να αγγίζει μέχρι και το 58,64%.

Η κατηγορία "**φρούτα**" παρουσιάζει ραγδαία αύξηση τους θερινούς μήνες κοντά στο 40%, ενώ ο μέσος όρος όλων των μηνών είναι 26,26%.

Αξιοσημείωτο είναι το μικρό ποσοστό στην κατηγορία "**Κρέας και ψάρι (και κόκκαλα)**" (σταθερά χαμηλό ποσοστό κοντά στο 2,14%).

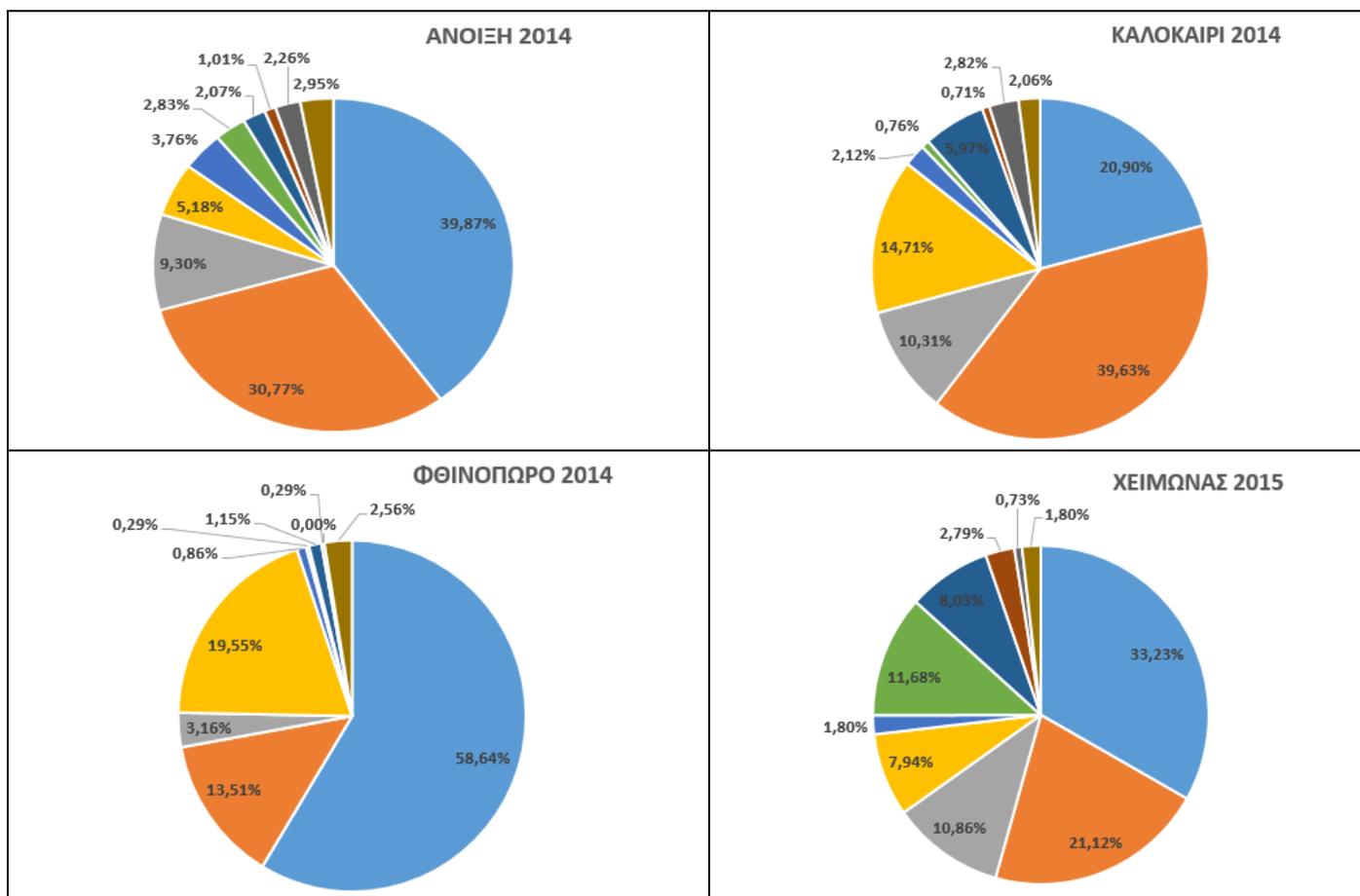
Η κατηγορία "**Ψωμί και είδη αρτοποιίας**" παρουσιάζεται σε υψηλά επίπεδα, 8,41%, και ενδεχομένως να οφείλεται και στις διατροφικές συνήθειες των κατοίκων της Τήνου.

Η κατηγορία "**γεύματα**" επίσης, εμφανίζεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα με ποσοστό 11,84%.

Οι ακόλουθες κατηγορίες βιοαποβλήτων εμφανίζονται σε πολύ μικρά ποσοστά στο σύνολο του προδιαλεγμένου οργανικού υλικού, με τους εξής μέσους όρους:

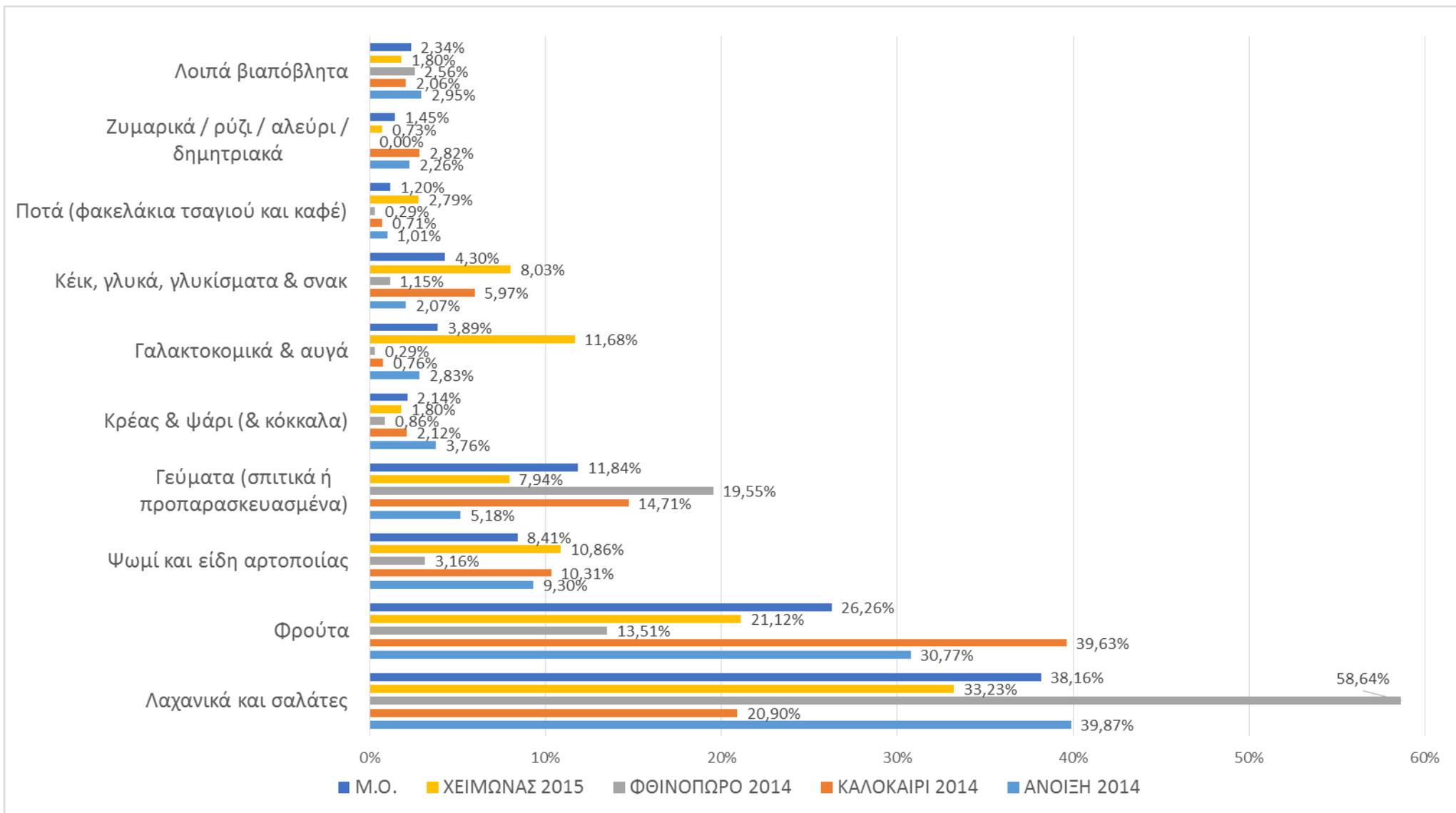
Γαλακτοκομικά & αυγά	3,89%
Κέικ, γλυκά, γλυκίσματα & σνακ	4,30%
Ποτά (φακελάκια τσαγιού και καφέ)	1,20%
Ζυμαρικά / ρύζι / αλεύρι / δημητριακά	1,45%

Η κατηγορία "**Λοιπά διατροφικά απορρίμματα**" περιλαμβάνει το κλάσμα εκείνο των βιοαποβλήτων που είναι μικρότερο των 3 περίπου εκατοστών και στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν μπορεί να ενταχθεί σε άλλη κατηγορία γιατί δεν αναγνωρίζεται. Στην περίπτωση της Τήνου κυμαίνεται στο 2,34%.



- Λαχανικά και σαλάτες
- Φρούτα
- Ψωμί και είδη αρτοποιίας
- Γεύματα (σπιτικά ή προπαρασκευασμένα)
- Κρέας & ψάρι (& κόκκαλα)
- Γαλακτοκομικά & αυγά
- Κέικ, γλυκά, γλυκίσματα & σνακ
- Ποτά (φακελάκια τσαγιού και καφέ)
- Ζυμαρικά / ρύζι / αλεύρι / δημητριακά
- Λουτά βιαπόβλητα

Διάγραμμα 9 Εποχιακή διακύμανση σύστασης προδιαλεγμένων βοιοαποβλήτων



Διάγραμμα 10 Κύριες κατηγορίες αποβλήτων ανά εποχή και μέση ποσοστιαία σύσταση ανά τύπο βιοαποβλήτου

6.1.3 Καθαρότητα-προσμίξεις συλλεχθέντων βιοαποβλήτων από τα νοικοκυριά

Η παρουσία των προσμίξεων στα βιοαπόβλητα παρεμποδίζει την αποτελεσματικότητα της ανακύκλωσής τους, αυξάνοντας το κόστος επεξεργασίας τους και επηρεάζοντας αρνητικά την ποιότητα του παραγόμενου κόμποστ (Huerta et al., 2010) εμποδίζοντας την εμπορευσιμότητά του. Σε σχετικές επιστημονικές μελέτες έχει συσχετισθεί η παρουσία υψηλών ποσοστών βαρέων μετάλλων στο κόμποστ, υποβαθμίζοντας την ποιότητα του ως προϊόν, με την παρουσία προσμίξεων στα βιοαπόβλητα (Soliva et al., 2008).

Στην κατηγορία «Σακούλες» είναι μόνο οι πλαστικές. Οι πλαστικές σακούλες είναι μια σημαντική παράμετρος στο σύστημα ΔσΠ και για το λόγο αυτό εντάσσεται σαν ξεχωριστή κατηγορία. Η κατηγορία «Λοιπές Προσμίξεις» περιλαμβάνει κυρίως υλικά συσκευασίας από μέταλλο, γυαλί, πλαστικό. Η κατηγορία «Σακούλες» και «Λοιπές προσμίξεις» μας κάνουν το σύνολο των προσμίξεων στο προδιαλεγμένο υλικό και προσδιορίζουν την καθαρότητα του τελικού προϊόντος.

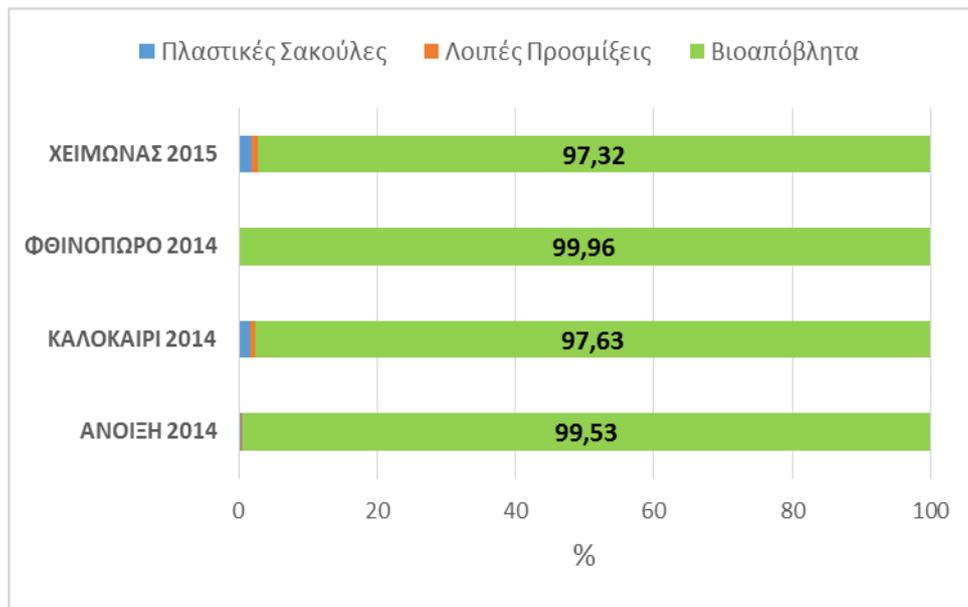
Στην περίπτωση της Τήνου, παρατηρείται πως οι κάτοικοι είχαν τη σωστή ενημέρωση καθώς και όλη την καλή διάθεση να ακολουθήσουν τις οδηγίες που τους δόθηκαν. Αυτό παρατηρείται κυρίως από τις προσμίξεις όπου την άνοιξη του 2014 και το χειμώνα του 2015 ήταν κάτω από το 1% αλλά και το καλοκαίρι του 2014 και το χειμώνα του 2015 που ήταν κάτω από το 3% αποτελούσαν και πάλι οι προσμίξεις ένα πολύ μικρό ποσοστό αυξάνοντας κατά πολύ την καθαρότητα του υλικού.

Οι Puig-Ventosa et al., (2013) μετά από μελέτη που διεξήγαγαν στην περιοχή της Καταλονίας, κατέληξαν ότι το σύστημα ΔσΠ «πόρτα-πόρτα» οδηγεί σε μικρότερα ποσοστά προσμίξεων στο υλικό τροφοδοσίας. Επίσης το υποχρεωτικό σύστημα χρήσης βιοδιασπώμενης σακούλας ήταν πιο αποδοτικό στη μείωση των προσμίξεων στα βιοαπόβλητα. Αυτό μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι οι βιοδιασπώμενες σακούλες είναι διαφανείς και επομένως είναι πιο εύκολη η οπτική παρατήρηση και η απόρριψη από το σύστημα συλλογής των σακουλών με υψηλό ποσοστό προσμίξεων. Άλλοι λόγοι που αναφέρεται ότι συντελούν στη μείωση των προσμίξεων στα προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα είναι οι επαναλαμβανόμενες δράσεις ευαισθητοποίησης, το μέγεθος του ανοίγματος των κάδων συλλογής βιοαποβλήτων (στην περίπτωση ΔσΠ με κεντρικά συστήματα), η τιμολογιακή πολιτική των εγκαταστάσεων επεξεργασίας βιοαποβλήτων.

Η σύνοψη των αποτελεσμάτων καθαρότητας δίνεται στον πίνακα 24 σε ποσοστά, ενώ απεικονίζεται με μορφή διαγραμμάτων στο διάγραμμα 11.

Πίνακας 25 Αποτελέσματα αναλύσεων καθαρότητας των βιοαποβλήτων ανά εποχή

Υλικό	ΑΝΟΙΞΗ 2014	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2014	ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2014	ΧΕΙΜΩΝΑΣ 2015
	Περιεκτικότητα % κ.β.			
Πλαστικές Σακούλες	0,31	1,58	0,02	1,81
Λοιπές Προσμίξεις	0,16	0,79	0,02	0,87
Βιοαπόβλητα	99,53	97,63	99,96	97,32
% προσμίξεις	0,47	2,37	0,04	2,68



Διάγραμμα 11 Ανάλυση καθαρότητας προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων ανά εποχή

6.1.4 Αποφευξιμότητα ή μη των κυριότερων ομάδων βιοαποβλήτων

Ο μέσος καταναλωτής πετά το 16% του φαγητού του κάθε χρόνο. Το μεγαλύτερο ποσοστό θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί. Οι πολίτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά μέσο όρο πετούν 47 χιλιάδες τόνους φαγητού κάθε χρόνο (ΕΥ, 2015).

Μια νέα έρευνα που διεξήχθη για τους καταναλωτές και τα τροφικά απόβλητα, εκτιμήθηκε πως οι Ευρωπαίοι πετούν 123kg κατά άτομο το χρόνο, δηλαδή το 16% από όλα τα αγαθά που είναι διαθέσιμα στον καταναλωτή. Σχεδόν το 80% (97kg) είναι δυνατόν να αποφευχθεί, αφού είναι φαγώσιμο φαγητό. Αυτό, μεταφράζεται κατά μέσο όρο για όλους τους Ευρωπαίους πολίτες σε 47 χιλιάδες τόνους πεταμένο βρώσιμο φαγητό.

Η έρευνα 'Lost water and nitrogen resources due to EU consumer food waste', είναι βασισμένη σε στοιχεία από 6 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ολλανδία, τη Δανία, τη Φιλανδία, τη Γερμανία και τη Ρουμανία, όπου το μοτίβο των

καταναλωτών είναι πολύ διαφορετικό αφού έχουν διαφορετικό τρόπο ζωής και διαφορετική αγοραστική δύναμη.

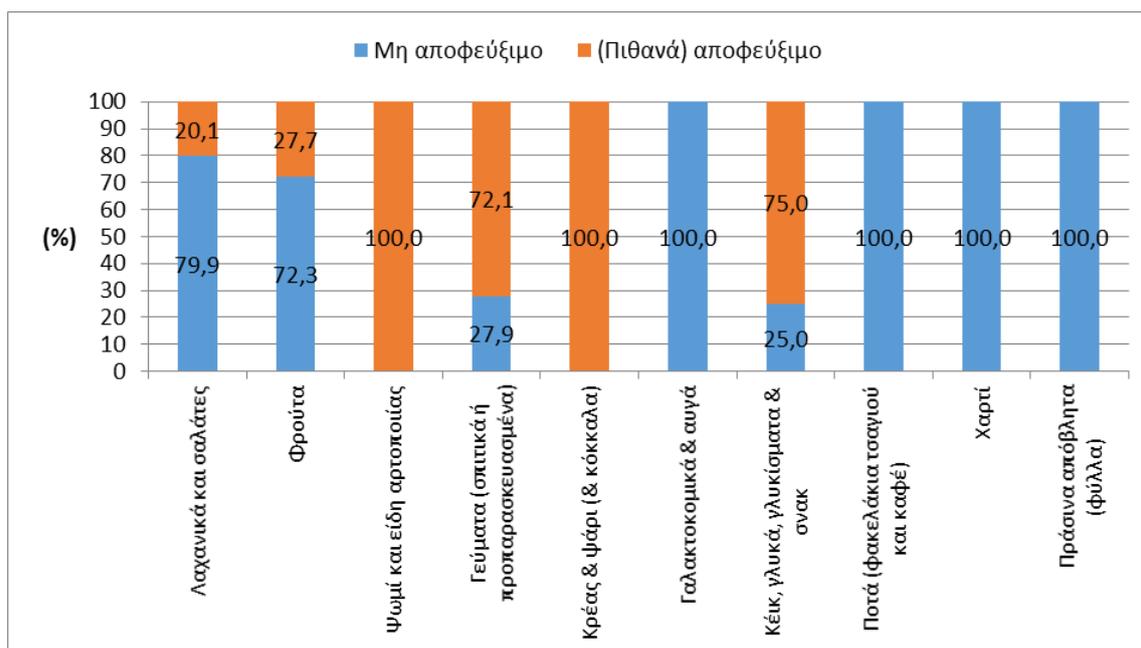
Οι έρευνες σε καταναλωτές αποκαλύπτουν πως τα απόβλητα προέρχονται κυρίως από νοικοκυριά (που αποτελεί όντως ένα πολύ μεγάλο κομμάτι) και από πηγές πιο μαζικής παραγωγής φαγητού όπως τα εστιατόρια και τα σχολεία. Λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα και παρέχοντας εκτίμηση του πιθανού εύρους των στατιστικών, η μελέτη υπολόγισε τα ποσά του συνόλου των αποβλήτων τροφίμων που μπορούν να αποφευχθούν, διαφοροποιώντας τις ομάδες προϊόντων διατροφής. Τα τροφικά απόβλητα που μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί ενός μέσου πολίτη της ΕΕ, για παράδειγμα, είναι εντός του εύρους των 45 έως 153 κιλά ανά κάτοικο ετησίως.

Τα λαχανικά, τα φρούτα και τα δημητριακά εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερη σπατάλη σε σχέση με άλλες ομάδες τροφίμων καθώς τείνουν να έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής και συχνά αγοράζονται σε μεγάλες ποσότητες, επειδή είναι γενικά φθηνότερα από άλλες ομάδες προϊόντων, όπως το κρέας. Αν και η ποσότητα σπατάλης του κρέατος είναι πολύ μικρή, το κρέας αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο αποτύπωμα τροφικών αποβλήτων που μπορούν να αποφευχθούν, επειδή για την παραγωγή του καταναλώνονται περισσότεροι φυσικοί πόροι (ζωική παραγωγή, νερό, ενέργεια, κτλ.). Με άλλα λόγια, μια μικρή μείωση στην σπατάλη κρέατος ισοδυναμεί με μια μεγάλη μείωση στην σπατάλη του νερού και του αζώτου (Vanham et al, 2015; <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/average-eu-consumer-wastes-16-food-most-which-could-be-avoided>)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν σε προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα στην περιοχή μελέτης κατά τις 4 διαφορετικές εποχές του χρόνου.

Πίνακας 26 Αποτελέσματα μετρήσεων ‘αποφευξιμότητας’ (avoidability) ή μη βιοαποβλήτων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	Μη αποφεύξιμο		(Πιθανά) αποφεύξιμο	
	kg	% του συνόλου	kg	% του συνόλου
Λαχανικά και σαλάτες	16,3	79,9	4,1	20,1
Φρούτα	3,4	72,3	1,3	27,7
Ψωμί και είδη αρτοποιίας		0,0	1,1	100,0
Γεύματα (σπιτικά ή προπαρασκευασμένα)	1,9	27,9	4,9	72,1
Κρέας & ψάρι (& κόκκαλα)		0,0	0,3	100,0
Γαλακτοκομικά & αυγά	0,1	100,0		0,0
Κέικ, γλυκά, γλυκίσματα & σνακ	0,1	25,0	0,3	75,0
Ποτά (φακελάκια τσαγιού και καφέ)	0,1	100,0		0,0
Χαρτί	0,2	100,0	0	0,0
Πράσινα απόβλητα (φύλλα)	0,1	100,0		0,0
ΣΥΝΟΛΟ	22,2	ΜΟ: 64,91	12	ΜΟ: 35,09



Διάγραμμα 12 Αποφευξιμότητα' των κύριων κατηγοριών βιοαποβλήτων



Διάγραμμα 13 Αποφευξιμότητα στα συνολικά παραγόμενα βιοαπόβλητα

Στο Διάγραμμα 12 εμφανίζονται αναλυτικά οι κατηγορίες βιοαποβλήτων και η ποσοστιαία διάκρισή τους σε αποφεύξιμο και μη αποφεύξιμο, ενώ το Διάγραμμα 13 απεικονίζει σε μορφή πίτας την ίδια παράμετρο για το σύνολο του προδιαλεγμένου οργανικού που αναλύθηκε με επιτόπιες μελέτες..

Στο σύνολο των παραγόμενων βιοαποβλήτων της περιοχής, από τις μελέτες σύστασης και κατά συνέπεια 'αποφευξιμότητας', αποτυπώθηκε ότι το 65% του προδιαλεγμένου οργανικού υλικού είναι μη αποφεύξιμο, και αποτελείται κυρίως από μέρη των τροφών που δεν μπορούν να καταναλωθούν από τον άνθρωπο, όπως κόκκαλα, κελύφη αυγών, φλούδες από φρούτα και λαχανικά, ενώ το 35% αποτελείται από βιοαπόβλητα τα οποία θα μπορούσαν να αποφευχθούν (π.χ. μουχλιασμένο ψωμί, περίσσειμα έτοιμων γευμάτων κτλ.)

6.1.5 Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός των προδιαλεγμένων νοπών βιοαποβλήτων & πράσινων αποβλήτων

Ο προσδιορισμός των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του υλικού τροφοδοσίας (αποβλήτων τροφών & πράσινων αποβλήτων) αποτελεί σημαντικό στάδιο για την ομαλή εξέλιξη των σταδίων της διεργασίας της κομποστοποίησης, διότι είναι αυτά τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν εκ των προτέρων τις φυσικές, χημικές και βιολογικές συνθήκες που διαμορφώνονται και κυριαρχούν κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης. Ο ρυθμός βιοαποδόμησης του οργανικού υποστρώματος και η ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τις ιδιότητες των βιοαποβλήτων. Μια ισορροπημένη 'συνταγή' οργανικών υλικών εξασφαλίζει τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας, τα οποία με τη σειρά τους επιτρέπουν τον επιθυμητό αερισμό, το κατάλληλο pH εξασφαλίζει τις απαραίτητες περιβαλλοντικές συνθήκες για τους μικροοργανισμούς, ενώ το κατάλληλο C/N συμβάλλει στη μικροβιακή ανάπτυξη.

Αναλύσεις έγιναν στα βιοαπόβλητα που συλλέχθηκαν στους επιλεγμένους οικισμούς του Δήμου Τήνου, καθώς και σε πράσινα απορρίμματα που συλλέχθηκαν από τις εν λόγω περιοχές, τα οποία αναμίχθηκαν με τα βιοαπόβλητα (πρόσθετο διεργασίας) πριν την εισαγωγή τους στο πρότυπο σύστημα κομποστοποίησης.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 18 και 19 αντίστοιχα.

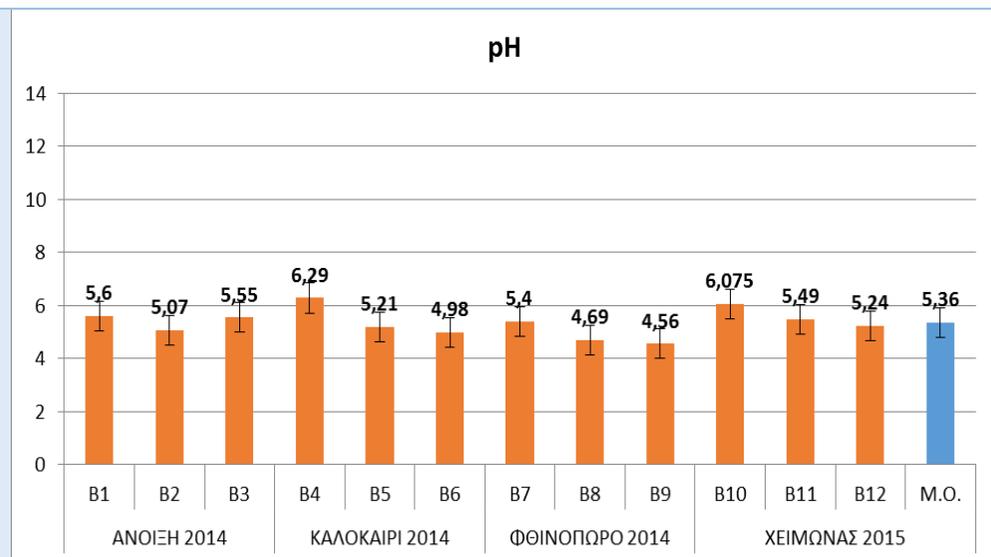
Ακολουθούν και τα διαγράμματα 15 έως 24 με το εύρος των τιμών των δειγμάτων ανά παράμετρο.

Πίνακας 27 Φυσικοχημικές παράμετροι σε εποχιακά δείγματα νωπών βιοαποβλήτων, προδιαλεγμένων στην πηγή στην περιοχή μελέτης

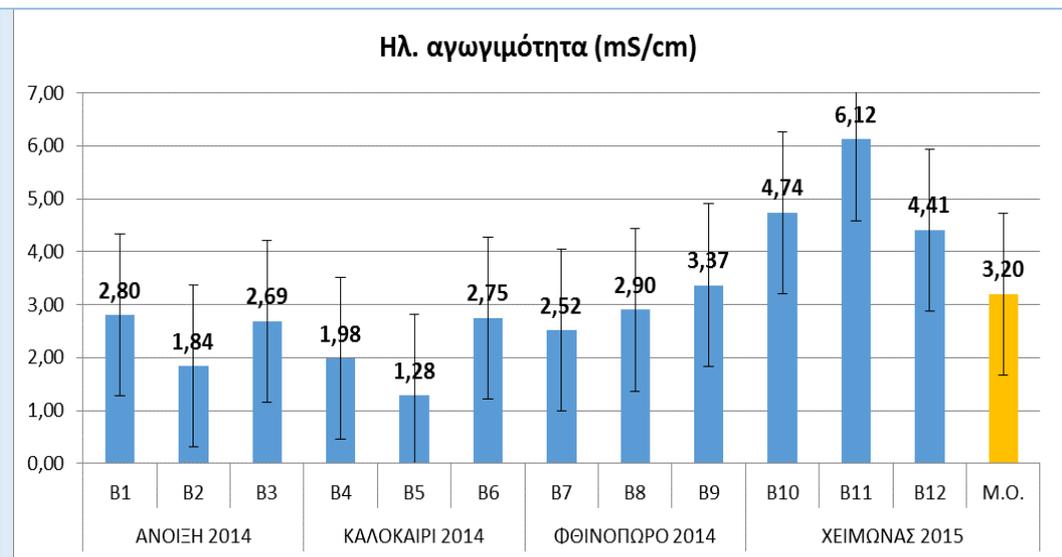
Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	ΑΝΟΙΞΗ 2014			ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2014			ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2014			ΧΕΙΜΩΝΑΣ 2015			MIN	MAX	Μ.Ο.	Τυπική απόκλιση STDV
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12				
ρΗ (1/5)		5,6	5,07	5,55	6,29	5,21	4,98	5,4	4,69	4,56	6,075	5,49	5,24	4,56	6,29	5,36	0,56
Ηλ. αγωγιμότητα (1/5)	mS/cm	2,80	1,84	2,69	1,98	1,28	2,75	2,52	2,90	3,37	4,74	6,12	4,41	1,28	6,12	3,20	1,53
Υγρασία	%	72,30	70,70	71,90	77,10	81,30	70,20	78,90	75,60	78,80	82,21	75,82	84,56	70,2	84,56	76,73	5,00
Ολικός Οργανικός Άθρακας (TOC)	%	51,99	53,68	50,24	49,79	49,99	51,32	50,13	49,48	50,84	55,81	40,80	49,30	40,8	55,81	50,00	4,29
Οργανική Ουσία (LOI)	%	88,01	84,95	83,96	77,27	97,10	95,22	96,81	97,45	97,11	83,90	88,06	91,26	77,27	97,45	89,70	7,16
Ολικό Άζωτο (TN)	%	2,34	2,28	3,53	4,26	5,94	4,19	1,25	1,11	1,36	2,32	2,22	2,30	1,11	5,94	2,87	1,60
Νιτρικά (NO ₃ -N)	%	0,20	0,19	0,04	0,01	0,01	0,10	0,10	0,09	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,20	0,07	0,07
Αμμωνιακά (NH ₄ -N)	%	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,04	0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	0,02	0,01
Οργανικό Άζωτο (N _{οργ})	%	2,13	2,08	3,48	4,23	5,92	4,06	1,14	0,99	1,25	2,30	2,2	2,26	0,99	5,92	2,78	1,63
Λόγος TOC/TN		22,22	23,54	14,23	11,69	8,42	12,25	40,10	44,58	37,38	24,06	18,38	21,43	8,42	44,58	23,66	12,52

Πίνακας 28 Φυσικοχημικές παράμετροι σε δείγματα πράσινων αποβλήτων, προδιαλεγμένων στην πηγή στην περιοχή μελέτης

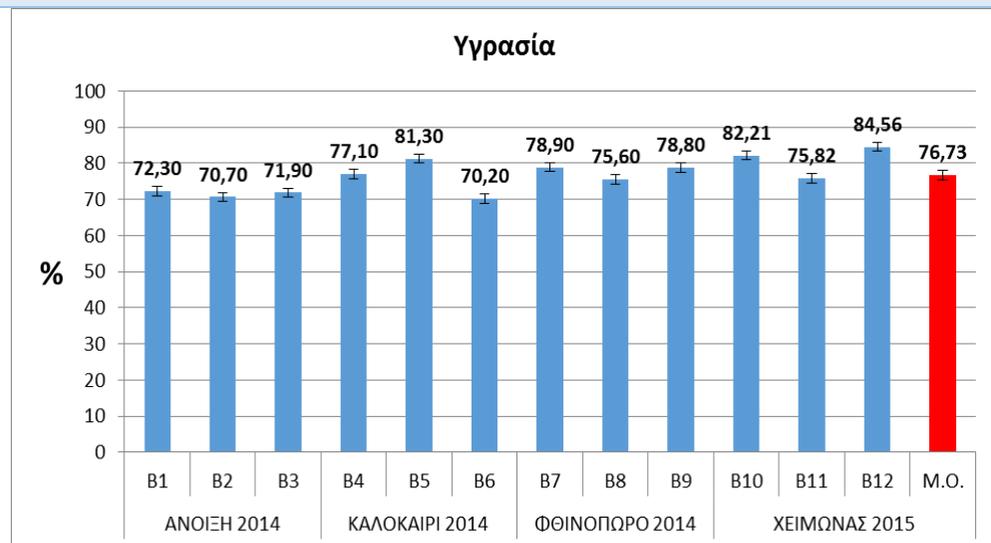
Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Π1	Π2	Π3	Μ.Ο.	Τυπική απόκλιση (STDEV)
ρΗ (1/5)		6,23	5,94	6,02	6,06	0,15
Ηλ. αγωγιμότητα (1/5)	mS/cm	2,64	1,96	2,48	2,36	0,36
Υγρασία	%	38,38	35,72	37,93	37,34	1,42
Ολικός Οργανικός Άθρακας (TOC)	%	47,95	47,88	45,31	47,05	1,51
Οργανική Ουσία (LOI)	%	74,32	75,46	70,11	73,30	2,82
Ολικό Άζωτο (TN)	%	1,10	1,03	1,06	1,06	0,03
Νιτρικά (NO ₃ -N)	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Αμμωνιακά (NH ₄ -N)	%	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01
Οργανικό Άζωτο (N _{οργ})	%	1,07	1,01	1,05	1,04	0,03
Λόγος TOC/TN		45,57	52,48	49,00	49,01	3,45



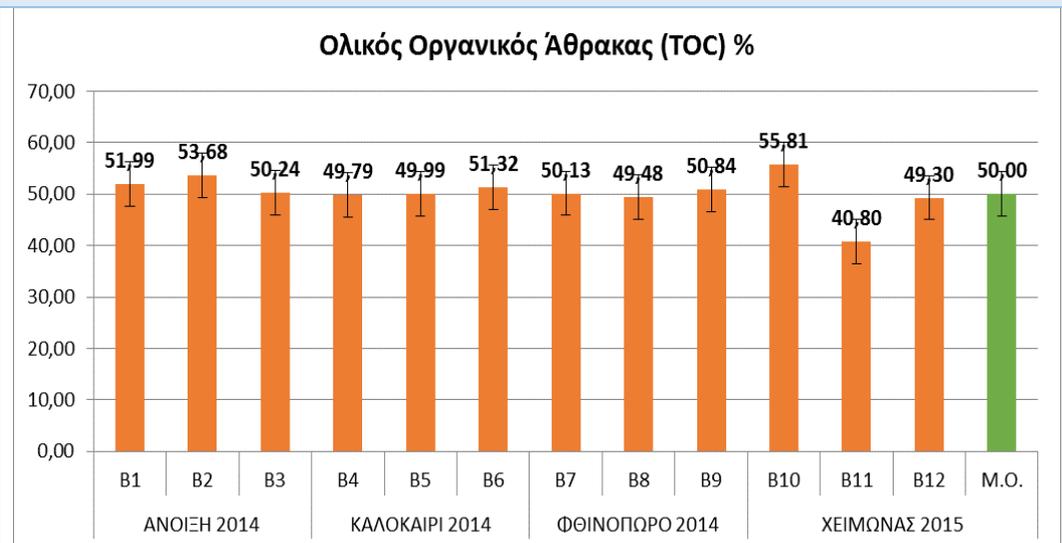
Διάγραμμα 14 Συγκριτική απεικόνιση του pH στα δείγματα νωπού υλικού



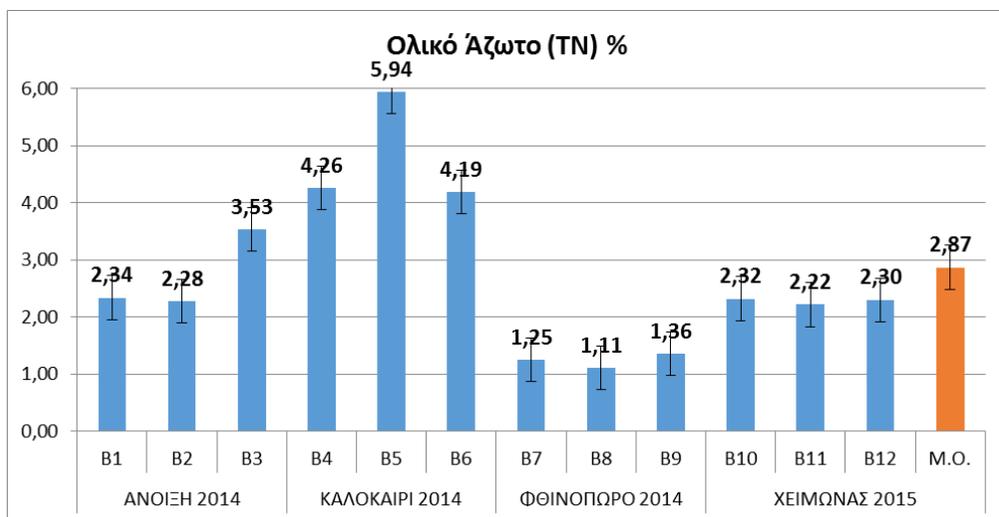
Διάγραμμα 15 Συγκριτική απεικόνιση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα δείγματα νωπού υλικού



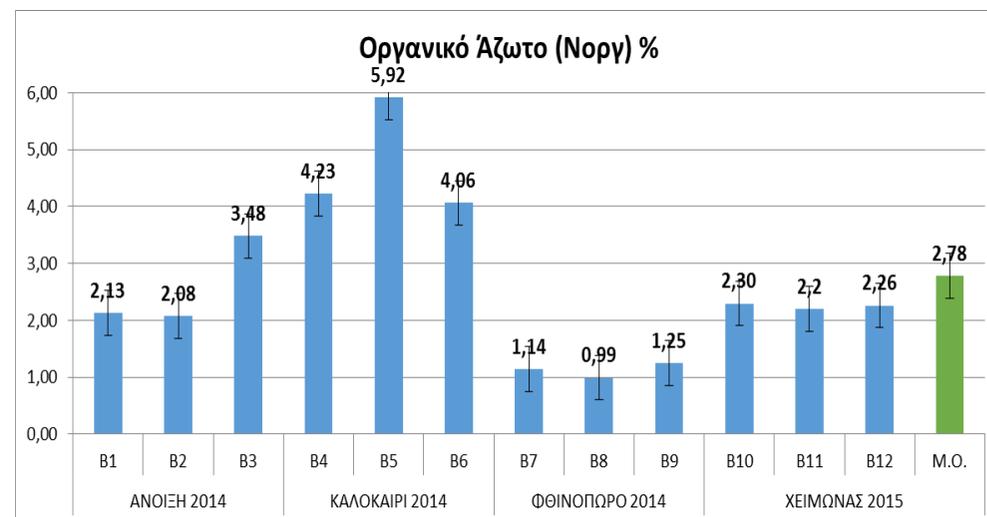
Διάγραμμα 16 Συγκριτική απεικόνιση της υγρασίας στα δείγματα νωπού υλικού



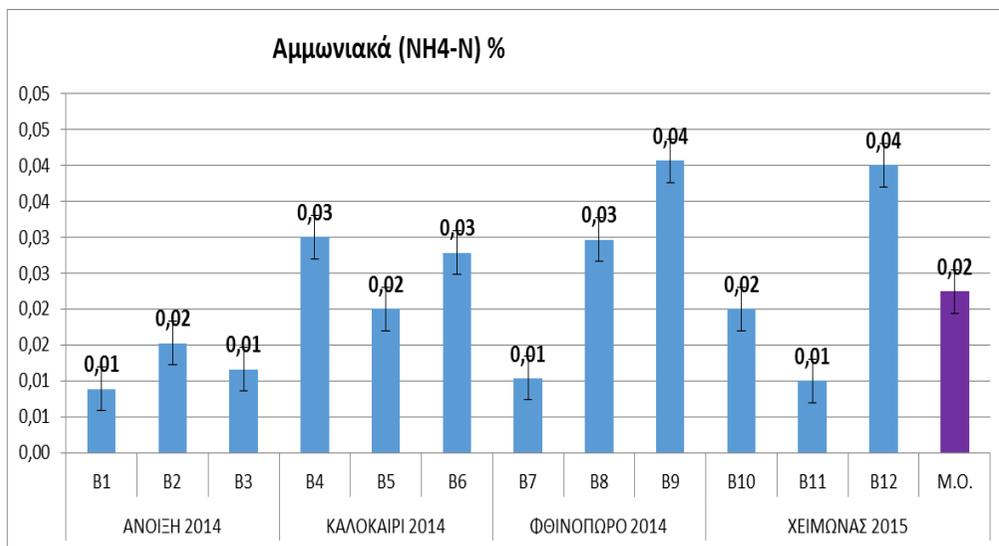
Διάγραμμα 17 Συγκριτική απεικόνιση του TOC (%) στα δείγματα νωπού υλικού



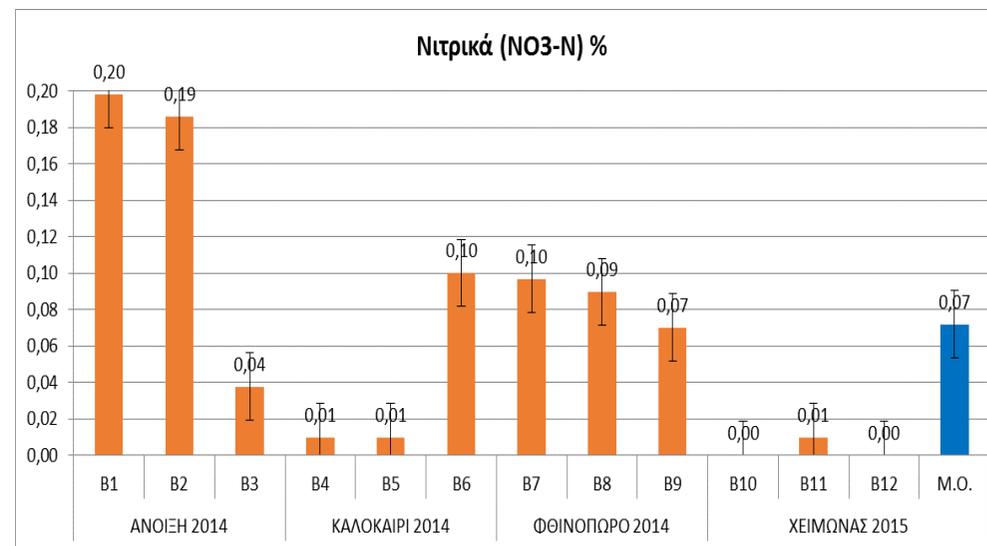
Διάγραμμα 18 Συγκριτική απεικόνιση του TN (%) στα δείγματα νωπού υλικού



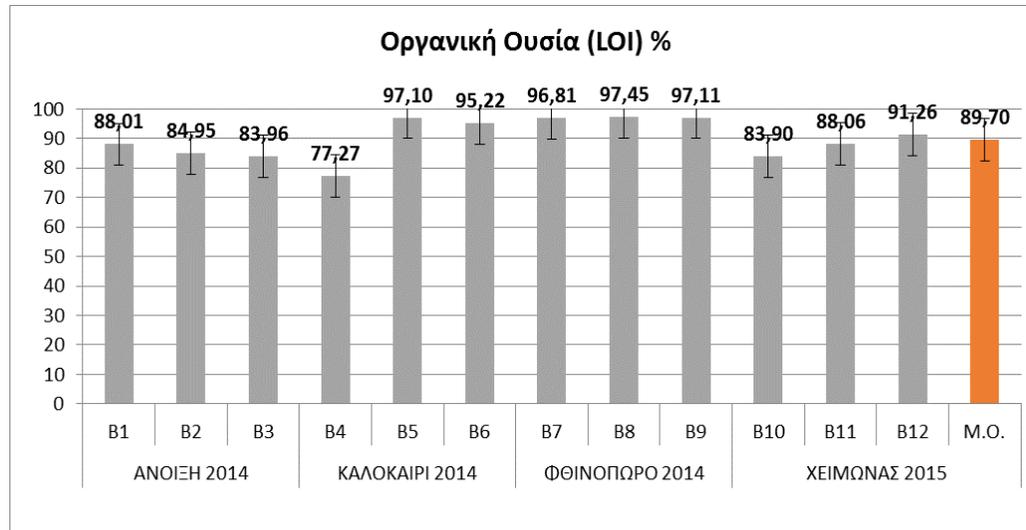
Διάγραμμα 19 Συγκριτική απεικόνιση του Norg (%) στα δείγματα νωπού υλικού



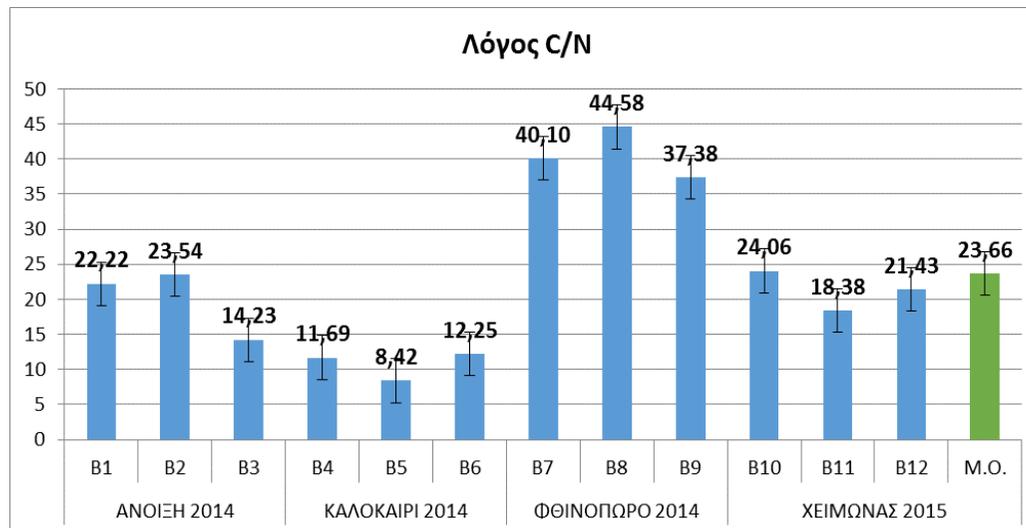
Διάγραμμα 20 Συγκριτική απεικόνιση των αμμωνιακών στα δείγματα νωπού υλικού



Διάγραμμα 21 Συγκριτική απεικόνιση των νιτρικών στα δείγματα νωπού υλικού



Διάγραμμα 22 Συγκριτική απεικόνιση της οργανικής ουσίας στα δείγματα νωπού υλικού



Διάγραμμα 23 Συγκριτική απεικόνιση του C/N στα δείγματα νωπού υλικού

Το pH σχετίζεται με την οξύτητα ή την αλκαλικότητα του υλικού και αποτελεί εξαιρετικά σημαντική παράμετρο για τη διεργασία της κομποστοποίησης, αφού καθορίζει ποια είδη μικροοργανισμών θα αναπτυχθούν κατά τη βιοαποδόμηση της οργανικής ύλης. Η μικρότερη τιμή του pH 4,56 ενώ η μεγαλύτερη ήταν 6,29. Ο μέσος όρος ήταν γύρω στο 5,36. Η τιμή που προσεγγίζει καλύτερα το βέλτιστο εύρος τιμών pH για την διεργασία της κομποστοποίησης είναι από 5,5-8.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί δείκτη της συγκέντρωσης του διαλυτού άλατος που περιέχεται στο κόμποστ. Τα επίπεδα των αλάτων στο κόμποστ επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών, οπότε μέσω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας εκτιμάται αν ένα προϊόν είναι κατάλληλο ή όχι για εδαφοβελτιωτικές χρήσεις. Οι τιμές που εμφανίστηκαν ήταν γύρω στο (Μ.Ο.) 3,20 mS/cm. Η μέγιστη τιμή ήταν 6,12 mS/cm ενώ η ελάχιστη 1,28 mS/cm.

Η υγρασία εξασφαλίζει τον σωστό αερισμό μέσα στο κομποστοποιητή κυμάνθηκε γύρω στο 76,73. Η μεγαλύτερη τιμή που βρέθηκε ήταν 84,56% ενώ η μικρότερη ήταν 70,2%.

Ο άνθρακας αποτελεί πολύ σημαντική παράμετρο για την ομαλή εξέλιξη της κομποστοποίησης, αφού αποτελεί θρεπτικό συστατικό για τους μικροοργανισμούς. Οι τιμές σε Ολικό οργανικό Άνθρακα που βρέθηκαν στα δείγματα κυμάνθηκαν από 40,8-55,81% με μέσο όρο γύρω στο 50,00%.

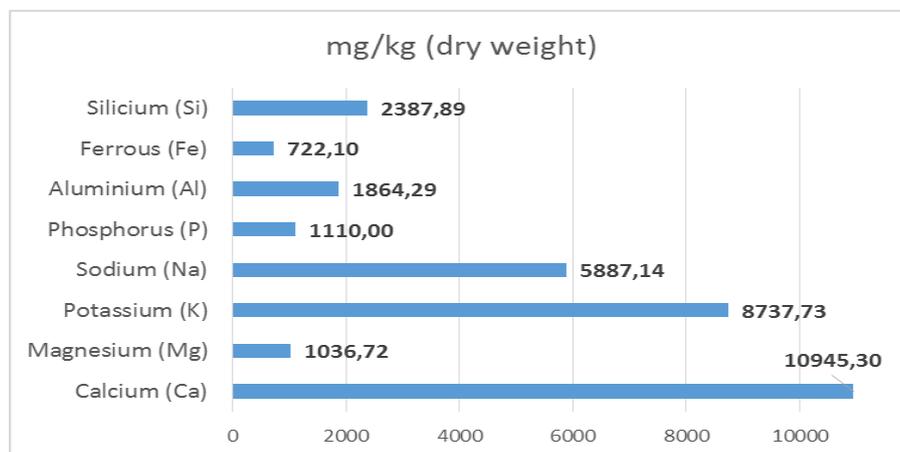
Μέσω της παραμέτρου των πτητικών στερεών εκτιμάται το περιεχόμενο σε οργανική ύλη του προς κομποστοποίηση υποστρώματος. Πιο συγκεκριμένα, τα πτητικά στερεά αποτελούν τις πιο άμεσα προσλήψιμες ενώσεις από τους μικροοργανισμούς, που εμπεριέχονται στο υπόστρωμα. Το εύρος των τιμών της οργανικής ουσίας κυμάνθηκε από 77,27% έως 97,45% και μέσο όρο 89,70%. Οι τιμές αυτές βρίσκονται σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία.

Το ολικό άζωτο των νωπών ποδιαλεγμένων βιοαποβλήτων κυμάνθηκε από 1,1 % έως 5,94%, έχοντας ΜΟ ίσο με 2,87.

Οι μέσες τιμές για το λόγο C/N στα νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα που υπολογίστηκαν από τις παραπάνω προσδιορισθείσες παραμέτρους ήταν από 8,42 έως 44,58 με μέση τιμή το 23,66. Ποσοστό ικανοποιητικό για τη διασφάλιση της ομαλής εξέλιξης της κομποστοποίησης.

6.1.5.1 Θρεπτικά συστατικά

Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών που μετρήθηκαν στα προδιαλεγμένα νωπά δείγματα βιοαποβλήτων παρουσιάζονται στο παρακάτω Διάγραμμα 24.



Διάγραμμα 24 περιεχόμενο θρεπτικών συστατικών σε δείγματα νωπών βιοαποβλήτων

Οι τιμές των συγκεντρώσεων που μετρήθηκαν ήταν κατά μέσο όρο στο πιρίτιο 2387,89 mg/kg, στο σίδηρο 722,10 mg/kg, στο αλουμίνιο 1864,29 mg/kg, στο φώσφορο 1110,00 mg/kg, στο νάτριο 5887,14 mg/kg, στο κάλιο 8737,73 mg/kg, στο μαγνήσιο 1036,72 και τέλος στο ασβέστιο 10945,30 mg/kg.

Τα παραπάνω στοιχεία που μετρήθηκαν στα δείγματα κόμποστ συνιστούν απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Εκείνα που απαιτούνται σε μεγαλύτερες ποσότητες από τα φυτά είναι το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο, ενώ σε μικρότερες ποσότητες το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Συνεπώς, είναι επιθυμητό να περιέχονται στο κόμποστ στις κατάλληλες ποσότητες ανάλογα με τον τύπο του φυτού.

6.1.5.2 Βαρέα μέταλλα στα βιοαπόβλητα

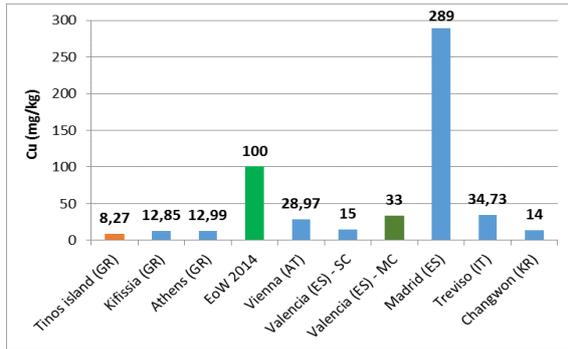
Το περιεχόμενο σε βαρέα μέταλλα στα βιοαπόβλητα αποτελεί σημαντική παράμετρο κατά τον έλεγχο της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Γενικά, κύριος στόχος είναι να ληφθεί ένα προϊόν κατάλληλο για την εφαρμογή του σε καλλιεργήσιμη γη, οπότε υψηλά περιεχόμενα σε βαρέα μέταλλα μπορεί να αποτελέσουν περιοριστική παράμετρο για την ασφαλή διάθεσή του και την τιμή του. Τα αντίστοιχα διαγράμματα (Διάγραμμα 25 – Διάγραμμα 30) συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων από δείγματα ΔσΠ νωπών βιοαποβλήτων που προέκυψαν είναι τα εξής:

Πίνακας 29 Περιεχόμενο σε βαρέα μέταλλα νωπών βιοαποβλήτων

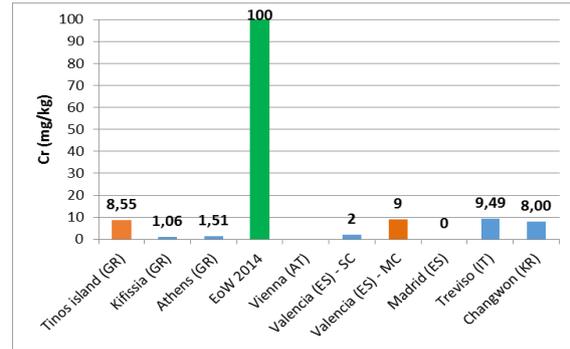
Προέλευση Βιοαποβλήτων	Βαρέα Μέταλλα (mg kg ⁻¹ TS)						Πηγή:
	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb	Zn	
ISWM TINOS Τήνος (GR)	8,27	8,55	8,78	0,19	6,59	56,59	LIFE+ ISWM TINOS, 2015
Κηφισιά (GR)	12,85	1,06	1,44	0,25	5,73	35,47	LIFE+ Athens Biowaste, 2014
Αθήνα (GR)	12,99	1,51	1,14	0,23	15,67	56,97	LIFE+ Athens Biowaste, 2014
ΕοW 2014	100	100	50	1,5	120	400	Saveyn & Eder, 2014
Vienna (AT)	28,97		12,79	0,03	31,09	159,76	Amlinger et al, 2004
Valencia (ES) – Ξ.Σ.	15	2	2	0,3	4	34	Huerta-Pujol, 2011
Valencia (ES) – Μ.Σ.	33	9	10	0,3	33	82	Huerta-Pujol, 2011
Madrid (ES) – Ξ.Σ.	289	30		2	206	160	Garcia et al., 2005
Treviso (IT)	34,73	9,49	8,46	0,24	7,04	107,86	Cavinato et al, 2013
Changwon (KR)	14	8,00		0,20	7,00	35,00	Seo et al, 2004

Ξ.Σ. ξεχωριστή συλλογή Μ.Σ. Μικτή συλλογή

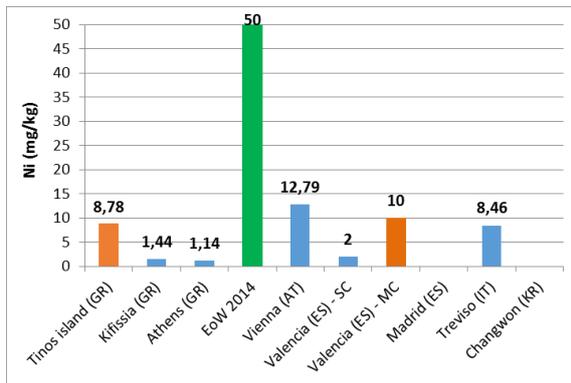
Στην μελέτη της Τήνου, τα βαρέα μέταλλα παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα και δεν ξεπερνούν τα όρια των κριτηρίων αποχαρκτηρισμού των βιοαποβλήτων (End-of-waste criteria, 2014). Οπότε συμπεραίνουμε ότι η ΔσΠ γίνεται αποτελεσματικά. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία και με τα πολύ χαμηλά ποσοστά προσμίξεων που μετρήθηκαν κατά τις αναλύσεις σύστασης των βιοαποβλήτων. Επίσης, το εύρος συγκεντρώσεων που μετρήθηκε για κάθε βαρύ μέταλλο είναι σε συνάφεια με παρόμοιες μελέτες που διερευνούσαν βιοαποβλήτα που προέρχονταν από ξεχωριστή συλλογή (Ξ.Σ.). Στην περίπτωση της μικτής συλλογής (Μ.Σ.) βλέπουμε ότι οι συγκεντρώσεις βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα και αυτό αναδεικνύει την υπεροχή της ΔσΠ και τη σημαντικότητά της όταν έχουμε να κάνουμε με το ευπαθές, ζυμώσιμο, κλάσμα των ΑΣΑ. Επί προσθέτως, η ΔσΠ των βιοαποβλήτων συμβάλει στη βελτίωση της εξοικονόμησης των ορυκτών θρεπτικών ουσιών που περιέχονται στα βιολογικά απόβλητων, κυρίως κάλιο και φώσφορο.



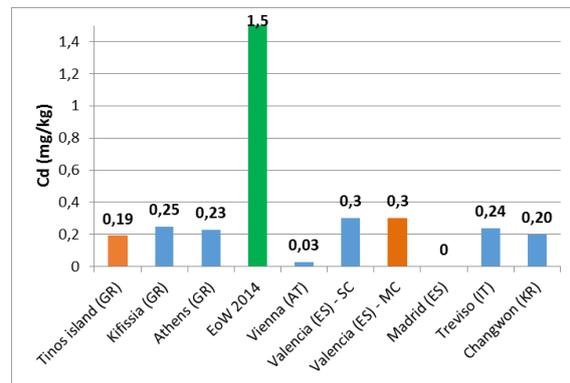
Διάγραμμα 25 Συγκέντρωση χαλκού σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα



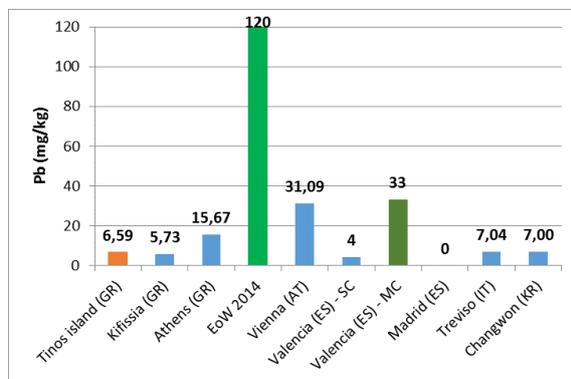
Διάγραμμα 26 Συγκέντρωση χρωμίου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα



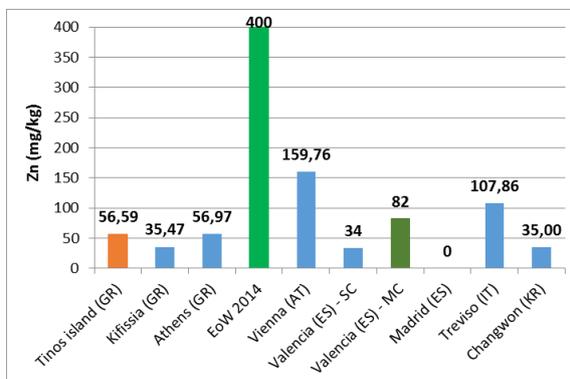
Διάγραμμα 27 Συγκέντρωση νικελίου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα



Διάγραμμα 28 Συγκέντρωση καδμίου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα



Διάγραμμα 29 Συγκέντρωση μολύβδου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα



Διάγραμμα 30 Συγκέντρωση ψευδαργύρου σε νωπά προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα

6.2 Αξιολόγηση της αερόβιας βιολογικής διεργασίας στο

πρότυπο κλειστό σύστημα κομποστοποίησης

6.2.1 Εισερχόμενα βιοαπόβλητα στο πρότυπο σύστημα κομποστοποίησης

Από τις αναλύσεις σύστασης των ΑΣΑ που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης για τον προσδιορισμό των διαφόρων κλασμάτων που περιέχονται στα απορρίμματα των κατοίκων της περιοχής, αποκαλύφθηκε ότι η παραγωγή των βιοαποβλήτων είναι αρκετά υψηλή και εκτιμήθηκε ίση με 600 περίπου γραμμάρια ανά κάτοικο ανά ημέρα, το οποίο σημαίνει 223 κιλά ανά κάτοικο σε ετήσια βάση. Όμως, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος ξεχωριστής συλλογής των βιοαποβλήτων στις πιλοτικές περιοχές της Τήνου, οι ποσότητες των εισερχόμενων ποσοτήτων στου εξωτερικούς κάδους συλλογής δεν ήταν αντίστοιχες με τις αναμενόμενες. Με αποτέλεσμα στο πρότυπο σύστημα κομποστοποίησης να φθάνουν αρκετά περιορισμένες ποσότητες. Η διαφορά αυτή ανέγειρε ερωτήματα και η παρατήρηση εξετάστηκε με χρήση ερωτηματολογίων που απαντήθηκαν από τα συμμετέχοντα νοικοκυριά με στόχο να διερευνηθεί ο τρόπος διαχείρισης των παραγόμενων βιοαποβλήτων ανά χρήστη. Τα αποτελέσματα ήταν διαφωτιστικά, καθώς ήταν δυνατό να γίνει μια ποσοτική εκτίμηση των διαφορετικών οδών διαχείρισης των παραγόμενων οργανικών υλικών στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των κατοίκων, βρέθηκε ότι μόνο το 7% των παραγόμενων βιοαποβλήτων συλλέγεται ξεχωριστά με τους καφέ κάδους και εν συνεχεία καταλήγει για επεξεργασία στο πρότυπο σύστημα.

Ενώ το 30% των παραγόμενων βιοαποβλήτων καταλήγει ως τροφή για τα οικόσιτα ζώα της περιοχής. Αυτή η πρακτική αποτελεί ανταγωνιστική οδό για το πρότυπο σύστημα κομποστοποίησης, όμως θεωρείται παραδοσιακή μέθοδος σε περιοχές της υπαίθρου. Κατ' αυτό τον τρόπο οι χρήστες αναγκάζονται να αγοράζουν λιγότερες ποσότητες ζωοτροφών και το ζυμώσιμο κλάσμα των ΑΣΑ εν τέλει διαχειρίζεται με βιώσιμο και προτιμότερο τρόπο από την ανεξέλεγκτη διάθεση σε διάσπαρτους χώρους.

Επίσης, από την έρευνα αναδείχθηκε και η χαμηλή συμμετοχή των μεγάλων παραγωγών βιοαποβλήτων, όπως είναι τα εστιατόρια και οι καφετέριες, γεγονός που δικαιολογεί επιπρόσθετα τις χαμηλές εισερχόμενες ποσότητες στο πρότυπο σύστημα. Η ενδυνάμωση

της συμμετοχής των τοπικών μεγάλων παραγωγών θα μπορούσε να επιτευχθεί με εντατικοποίηση και επανάληψη των δράσεων ενημέρωσης και πληροφόρησης σε αυτές τις πηγές βιοαποβλήτων.

Οι χαμηλές ροές προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων είχαν επίδραση στη λειτουργία του πρότυπου συστήματος, καθώς κατά την πιλοτική εφαρμογή του δεν λειτούργησε σε πλήρη δυναμικότητα (έως 500 κιλά/ημέρα), με αποτέλεσμα να μη καταστεί δυνατή μια επαρκής και συνεχιζόμενη παραγωγή κόμποστ. Η λειτουργία σε πλήρη δυναμικότητα της μονάδας θα μπορεί να πραγματοποιηθεί με την προσθήκη και νέων γειτονικών οικισμών της Τήνου, ώστε να αυξηθούν οι ροές που συλλέγονται ξεχωριστά και να εξασφαλιστεί η συνεχής παραγωγή χρήσιμου προϊόντος για την αξιοποίησή του από τους τοπικούς χρήστες που ασχολούνται με αγροτικές καλλιέργειες.

Παρ' όλα αυτά, οι αναλύσεις που έγιναν σε διάφορα δείγματα του κόμποστ που παράχθηκε έδειξε ικανοποιητικά αποτελέσματα κατά τον ποιοτικό έλεγχο των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων τους. Τα αποτελέσματα αυτά δίδονται στην ακόλουθη ενότητα.

6.2.2 Η διεργασία της κομποστοποίησης

Οι παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν η υγρασία και η θερμοκρασία του υποστρώματος, το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα 4 διαφορετικά τμήματα του βιοαντιδραστήρα. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται ακολούθως στα διαγράμματα:

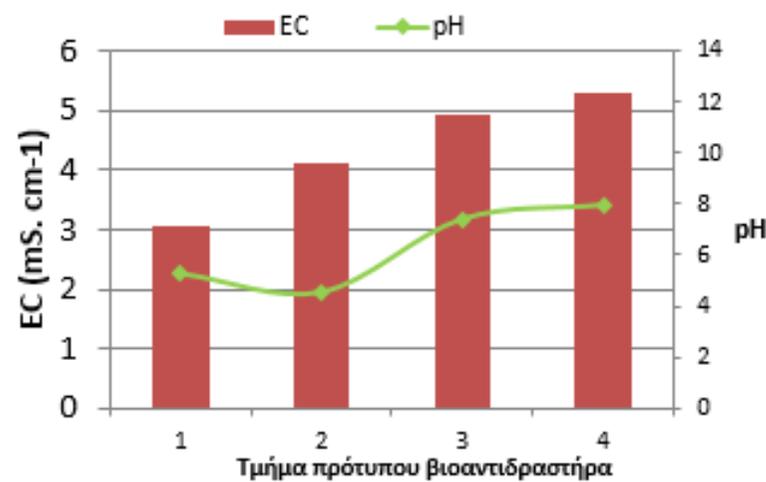
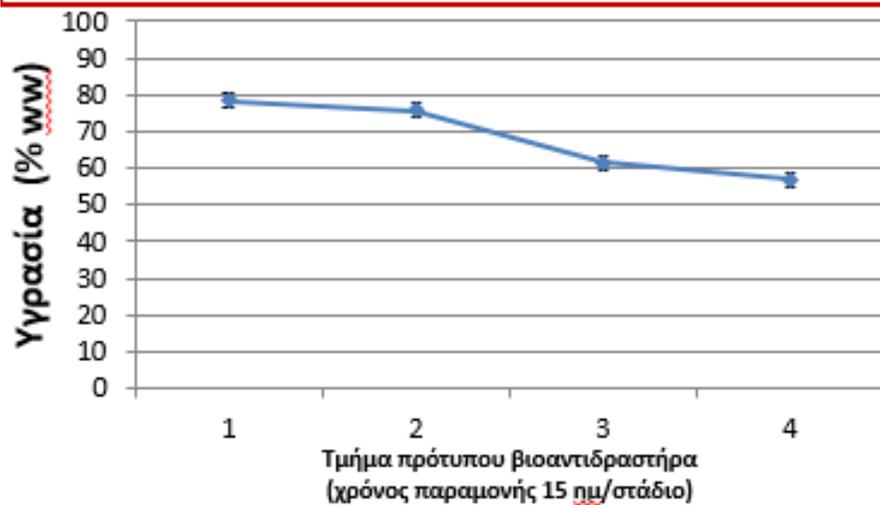
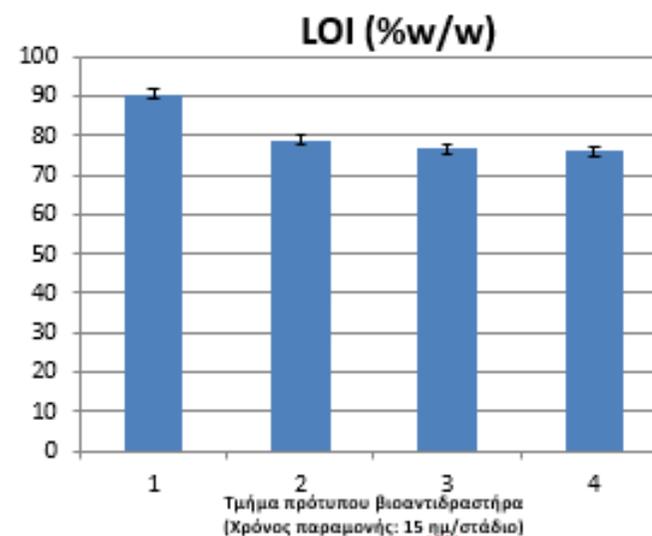
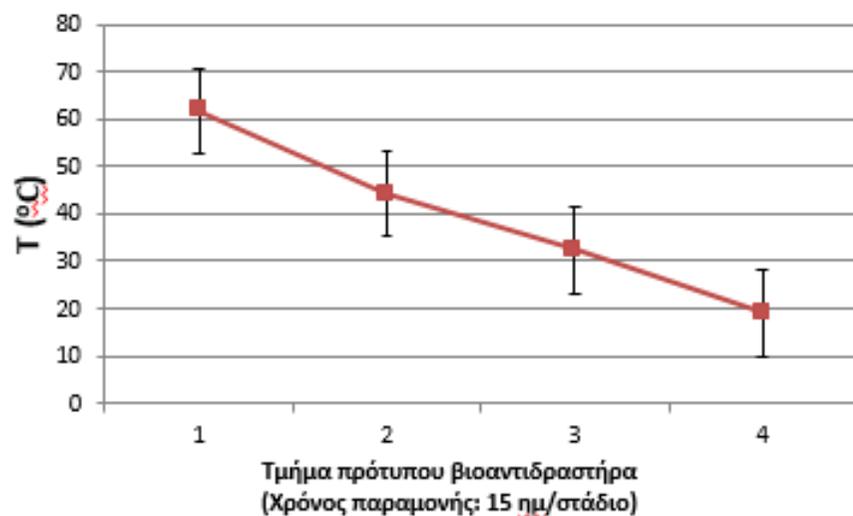
Η **θερμοκρασία** αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες στη διεργασία της κομποστοποίησης, καθώς μέσω της παρακολούθησης της εξέλιξής της είναι δυνατό να προσδιοριστεί το στάδιο, στο οποίο βρίσκεται η διεργασία και εν συνεχεία να εκτιμηθεί εάν έχει επέλθει ο τερματισμός της.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το διάγραμμα συμφωνεί απόλυτα με την θεωρητικά αποδεκτή καμπύλη της θερμοκρασίας για την μέθοδο της κομποστοποίησης ξεκινώντας από τους 60°C και καταλήγοντας στους 20°C περίπου. Καθώς επίσης μπορούμε να διακρίνουμε τα 4 στάδια της κομποστοποίησης.

Η **υγρασία** του υποστρώματος στην είσοδο του καναλιού βρέθηκε κοντά στο 80% και στο 4^ο και τελευταίο τμήμα του κατέληξε στο 55% περίπου. Οι τιμές αυτές είναι αποδεκτές και συμφωνούν με την βιβλιογραφία καθώς κατά την διάρκεια που

μειώνονταν οι τιμές, καμία δεν ξεπέρασε το φράγμα των 10-15% που αναστέλλουν τη βιολογική δραστηριότητα.

Το **pH** αναφέρεται στην οξύτητα ή αλκαλικότητα του υλικού και αποτελεί εξαιρετικά σημαντική παράμετρο για τη διεργασία της κομποστοποίησης, αφού καθορίζει ποια είδη μικροοργανισμών θα αναπτυχθούν κατά τη βιοαποδόμηση της οργανικής ύλης. Η πτώση της τιμής του pH (5,7) οφείλεται στον σχηματισμό οργανικών οξέων οπότε και το υπόστρωμα γίνεται όξινο. Στην κατάσταση αυτή δραστηροποιούνται μύκητες. Στη συνέχεια, οι μικροοργανισμοί διασπούν τα οργανικά οξέα προς CO₂ με ταυτόχρονη έκλυση αμμωνίας οπότε το pH αυξάνει (7,5-8) μέχρι τη σταθεροποίησή του περίπου σε αυτό το όριο.



Διάγραμμα 31 Παράμετροι ελέγχου της κομποστοποίησης

Πίνακας 30 Αποτελέσματα παραμέτρων ελέγχου της κομποστοποίησης

Χρόνος (ημέρες)	Σημείο ελέγχου		Παράμετρος ελέγχου			
	Τμήμα βιοαντιδραστήρα	pH	EC	LOI	Υγρασία	Θερμοκρασία
		-	mS cm ⁻¹	%	% w.w.	(οC)
0-15	1	5,28	3,04	90,6	78,5	39
16-30	2	4,57	4,12	78,7	75,82	62
31-45	3	7,4	4,91	76,5	61,45	46
46-60	4	7,94	5,28	76,1	56,89	19

6.2.3 Αποτελέσματα τελικού προϊόντος (κόμποστ)

Η αξιολόγηση του τελικού οργανικού προϊόντος (κόμποστ) που προκύπτει από τη διεργασία της κομποστοποίησης στηρίζεται στη σύγκριση των ιδιοτήτων του προϊόντος που παράχθηκε με παραμέτρους που τίθενται από συγκεκριμένες προδιαγραφές ποιότητας κόμποστ. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν πρωτίστως στα ευρωπαϊκά κριτήρια αποχαρκτηρισμού των βιοαποβλήτων όταν αυτά υπόκεινται σε επεξεργασία με τη μέθοδο της κομποστοποίησης (IPTS¹², 2014).

Ο ακόλουθος πίνακας (Πίνακας 31) συνοψίζει τα αποτελέσματα των αναλύσεων στα τελικά δείγματα κόμποστοποίησης. Αναλυτικότερα, επισημαίνονται τα εξής:

Οι έλεγχοι ποιότητας κόμποστ χωρίστηκαν σε πέντε κατηγορίες, τις φυσικές ιδιότητες, τις ιδιότητες εδαφοβελτιωτικού, τα βαρέα μέταλλα, τους υγειονομικούς δείκτες-βιολογικοί παράμετροι και τα ανεπιθύμητα συστατικά και οι ιδιότητες τους.

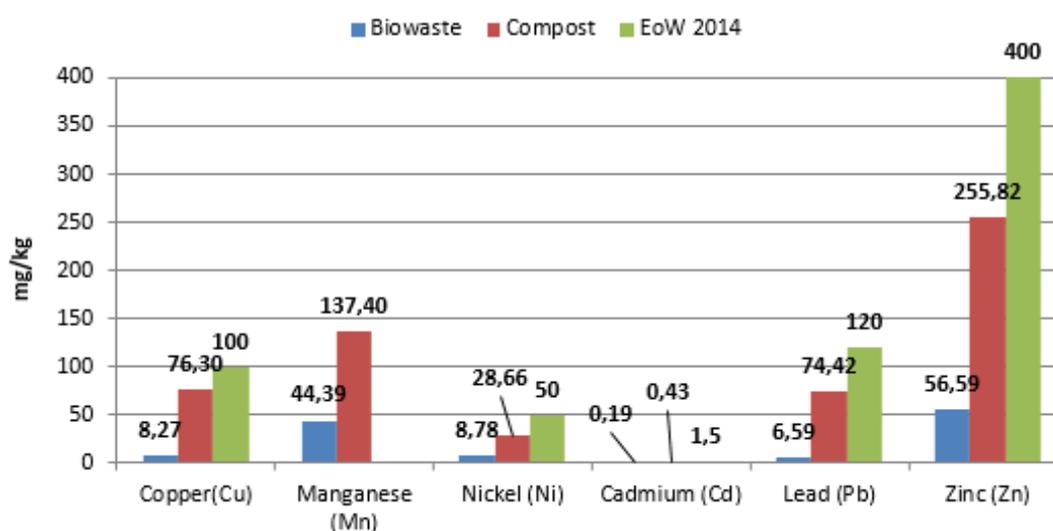
Αξιοσημείωτα είναι να σχολιαστούν τα εξής: η οργανική ουσία βρέθηκε να είναι 76,07%, ικανοποιώντας τις προδιαγραφές ενώ οι προδιαγραφές υποδείκνυαν να είναι απλά μεγαλύτερο από 15.

Στη συνέχεια, σχετικά με το περιεχόμενο των δειγμάτων σε βαρέα μέταλλα, οι τιμές που μετρήθηκαν στο χρώμιο και χαλκό ικανοποίησαν τις οριακές τιμές των 100 mg/kg και βρέθηκαν 22,67 mg/kg και 75,30 mg/kg αντίστοιχα. Η συγκέντρωση νικελίου βρέθηκε 28,66 mg/kg εντός ορίου, αφού το όριο φτάνει τα 50 mg/kg.

¹² IPTS (2014) End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals: Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. Διαθέσιμο στο: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC87124.pdf>

Η οριακή τιμή στο κάδμιο είναι το 1,5 mg/kg και η μέση τιμή των δειγμάτων που αναλύθηκαν βρέθηκε ίση με 0,43 mg/kg. Στο μόλυβδο η μέση τιμή της συγκέντρωσης ανέρχεται στα 74,42 mg/kg, μικρότερο από 120 mg/kg που είναι το ανώτατο όριο και τέλος η μέση τιμή του ψευδαργύρου είναι 255,82 mg/kg αρκετά μικρότερο από το όριο που ανέρχεται στα 400 mg/kg.

Το αντίστοιχο συγκεντρωτικό διάγραμμα των συγκεντρώσεων σε βαρέα μέταλλα σε νωπά βιοαπόβλητα, δείγμα κώμπος και οι οριακές τιμές που πρέπει να ικανοποιούνται σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά κριτήρια αποκατακρίσμου των βιοαποβλήτων, δίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 32 Σύγκριση τιμών βαρέων μετάλλων σε νωπά βιοαπόβλητα, κώμπος και οριακές τιμές κριτηρίων EoW (2014)

Η κατηγορία των υγειονομικών δεικτών περιλαμβάνει την μέτρηση για σαλμονέλα, για την οποία τα δείγματα που εξετάστηκαν βρέθηκαν ελεύθερα, την μέτρηση για τα E-coli όπου βρέθηκαν λιγότερα από 10 και έχει οριακή τιμή κάτω από 1000 CFU ανά g δείγματος και τέλος την μέτρηση φυτοτοξικότητας για την οποία τα δείγματα στα οποία έγινε η ανάλυση ήταν μη φυτοτοξικά.

Στην κατηγορία 'ανεπιθύμητα συστατικά', οι παρασιτικοί οργανισμοί (ζιζάνια) βρέθηκαν 0 σπόροι/L κώμπος και οι προσμίξεις ήταν σε πολύ καλά επίπεδα αφού η διαλογή στην πηγή έδειξε πολύ υψηλά ποσοστά καθαρότητας, πάνω από 97% σε όλες τις εποχιακές διακυμάνσης.

Πίνακας 31 Αποτελέσματα μετρήσεων ελέγχου της ποιότητας του τελικού προϊόντος σε αντιστοιχία με τα ΕοW 2014

	Παράμετρος	Μέτρηση	ΜΟ	Τυπική απόκλιση STDEV	ΕοW 2014
Φυσικές ιδιότητες	ρΗ (1/5)		7,94	0,44	
	Ηλ. αγωγιμότητα(1/5)	mS/cm	5,27	1,24	
	Υγρασία	%	56,89	1,05	
	Πυκνότητα	g/cm ³	0,32	0,04	
	Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC)	%	37,29	1,88	
	Οργανική Ουσία (LOI)	%	76,07	0,51	>15
Ιδιότητες εδαφοβελτιωτικού	Ολικό Άζωτο (TN)	%	1,71	0,08	
	Calcium (Ca)	mg/kg	1206,93		
	Magnesium (Mg)	mg/kg	279,74		
	Potassium (K)	mg/kg	4,77		
	Sodium (Na)	mg/kg	710,24		
Βαρέα μέταλλα	Chromium (Cr)	mg/kg	22,67		<100
	Copper(Cu)	mg/kg	76,30		<100
	Manganese (Mn)	mg/kg	137,40		
	Nickel (Ni)	mg/kg	28,66		<50
	Cadmium (Cd)	mg/kg	0,43		<1,5
	Lead (Pb)	mg/kg	74,42		<120
	Zinc (Zn)	mg/kg	255,82		<400
Υγειονομικοί δείκτες - Βιολογικές παράμετροι	Υγειονοποίηση (Παθογόνοι)				
	Salmonella sp.	σε 25 g δείγματος	απουσία		απουσία Salmonellae
	E.Coli	CFU/g fresh mass	<10		<1000 CFU ανά g δείγματος
	Φυτοτοξικότητα				
	Lattuga Romana verde	Δ.Β.	95 ΜΗ φυτοτοξικό		
Ανεπιθύμητα συστατικά & ιδιότητες	Παρασιτικοί οργανισμοί	σπόροι / L κόμποστ	0		<2
	Προσμίξεις (πλαστικό, γυαλί, μέταλλα) >2 mm	% Ξ.Β.	<0.5% Ξ.Β.		≤0.5% Ξ.Β.

7

Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια, το πρόβλημα των βιοαποβλήτων άρχισε να παίρνει τεράστιες διαστάσεις παγκοσμίως, λόγω του γρήγορου ρυθμού αύξησης των παραγόμενων αποβλήτων γενικά. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, θέλοντας να προστατέψει άμεσα το περιβάλλον αλλά και την υγεία των κατοίκων έχει θεσπίσει ένα συνεκτικό νομοθετικό πλαίσιο για την σωστή διαχείριση των αποβλήτων το οποίο εκφράζεται μέσω των θεμελιωδών Οδηγιών της, όπως 2008/98/ΕΚ και 1999/31/ΕΚ. Κατ' επέκταση, η Ελλάδα ως Κράτος Μέλος πρέπει να συμμορφωθεί με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο τόσο για την προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας των πολιτών, όσο και για την αποφυγή υπέρογκων προστίμων.

Στην περίπτωση της νησιωτικής Ελλάδας τα πράγματα δυσκολεύουν ακόμα περισσότερο. Το ελληνικό νησιωτικό σύνολο περιλαμβάνει μια τεράστια ποικιλία νησιών και νησιωτικών συμπλεγμάτων, που καλύπτουν το 18,8% του εδάφους της χώρας (24.739,4 τετρ. χλμ.). Ειδικότερα, η χώρα μας απαριθμεί συνολικά 9.837 θαλάσσια νησιωτικά εδάφη (νησιά, νησίδες, βραχονησίδες και ερημονήσια), γεγονός που την κατατάσσει στις πρώτες θέσεις μεταξύ των νησιωτικών χωρών του κόσμου. Έχοντας λοιπόν, απομονωμένη γεωγραφική θέση στο χάρτη, με ιδιαίτερα κλιματολογικά χαρακτηριστικά (όπως υψηλές θερμοκρασίες, ισχυρούς ανέμους), έντονες πληθυσμιακές διακυμάνσεις ανάλογα με την εποχή, περιορισμένη αλλά και ακριβή γη, τεράστιο κόστος μεταφοράς αποβλήτων μέσω θαλάσσης αλλά και έλλειψη οικονομικών πόρων για τη λειτουργία βιώσιμων συστημάτων διαχείρισης

και επεξεργασίας απορριμμάτων στις περιοχές αυτές γιγαντώνεται το πρόβλημα της διαχείρισης των ΑΣΑ.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία περιγράφεται και διερευνάται η απόδοση ενός σχεδίου ολοκληρωμένης διαχείρισης βιοαποβλήτων. Το σχέδιο περιλάμβανε την ξεχωριστή συλλογή βιοαποβλήτων, κυρίως οικιακής προέλευσης, και την μετέπειτα επεξεργασία τους σε καινοτόμο μονάδα κομποστοποίησης, η οποία σχεδιάστηκε και εγκαταστάθηκε στην Τήνο και συγκεκριμένα στο βόρειο τμήμα του νησιού, πλησίον των απομακρυσμένων οικισμών Πύργου και Όρμου Πανόρμου.

Με μελέτες που διεξήχθησαν σε παγκόσμιο επίπεδο παρατηρήθηκε πως το μεγαλύτερο μέρος των ΑΣΑ αποτελείται από οργανικά απόβλητα. Οι επιστήμονες ψάχνοντας τρόπους επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος κατέληξαν, ανάμεσα σε άλλα, στην κομποστοποίηση, η οποία θεωρείται μια εναλλακτική, βιώσιμη μέθοδος για την επεξεργασία και παραγωγή χρήσιμων, ασφαλών, σταθεροποιημένων προϊόντων (εδαφοβελτιωτικών), με προστιθέμενη αξία. Η μέθοδος αυτή προωθείται κατά κύριο λόγο από την εθνική, αλλά και ευρωπαϊκή νομοθεσία, καθώς αποτελεί έναν οικονομικό αλλά και οικολογικό τρόπο διαχείρισης των βιοαποβλήτων.

Το πιλοτικό σύστημα κομποστοποίησης που μελετήθηκε είχε εγκατασταθεί ανάμεσα σε 2 απομονωμένους οικισμούς της Τήνου. Αρχικά έγινε μια πρώτη ενημέρωση των κατοίκων για να επιτευχθεί η σύμφωνη γνώμη και πλήρης ενημέρωση ώστε να διασφαλιστεί η συμμετοχή στη διαλογή στην πηγή. Έπειτα, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε το καινοτόμο σύστημα κομποστοποίησης και λειτούργησε για πρώτη φορά το 2014. Οι κάτοικοι των οικισμών εξοπλίστηκαν με βιοδιασπώμενες σακούλες για να απορρίπτουν τα βιοαπόβλητα σε καθημερινή βάση, καθώς και ένα καφέ καλάθι 10 (για οικίες) ή 40 (για εστιατόρια) λίτρων για την ασφαλή προσωρινή τους αποθήκευση εντός των οικιών/καταστημάτων. Στους οικισμούς προστέθηκαν περιφερειακά, στα ήδη υπάρχοντα σημεία συλλογής των σύμμεικτων αποβλήτων, καφέ τροχήλατοι κάδοι των 120 λίτρων. Η τοποθέτηση των κάδων ξεχωριστής συλλογής στα ήδη υπάρχοντα σημεία και όχι σε νέες θέσεις, έγινε προς διευκόλυνση των κατοίκων. Το δορυφορικό όχημα συλλογής του Δήμου συνέλεγε και μετέφερε τα προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα στο σημείο εγκατάστασης της πρότυπης μονάδας κομποστοποίησης. Σκοπός ήταν η παραγωγή κόμποστ υψηλής ποιότητας, αφού η μέθοδος της ΔσΠ έχει αναγνωριστεί ως η πιο αποτελεσματική, μέσω της οποίας μπορούν να επιτευχθούν υψηλά επίπεδα καθαρότητας αν δοθεί έμφαση στη σωστή και συχνή πληροφόρηση των κατοίκων.

Οι ποσότητες των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων που κατέληγαν στους καφέ εξωτερικούς κάδους συλλογής του εξεταζόμενου συστήματος 'ISWM TINOS' ήταν αρκετά μικρότερες από τις αναμενόμενες. Οι αναμενόμενες ποσότητες είχαν υπολογιστεί με βάση τα στοιχεία τους ΠΕΣΔΑ Νοτίου Αιγαίου (2008), αλλά και εκείνα των επιτόπιων αναλύσεων (2014, 2015). Τελικά, το εξεταζόμενο σύστημα κατάφερε να συλλέξει το 7% (15,5 κιλά κάτοικο⁻¹ έτος⁻¹) των παραγόμενων βιοαποβλήτων, καθώς η χρήση των διατροφικών αποβλήτων ως τροφή για τα οικόσιτα ζώα ή η απόθεσή τους σε κήπους και χωράφια βρέθηκε ότι αποτελεί την ανταγωνιστική οδό για την περιοχή εφαρμογής (30% των παραγόμενων βιοαποβλήτων, δηλ. 66,5 κιλά κάτοικο⁻¹ έτος⁻¹). Οι παραδοσιακές αυτές μέθοδοι διαχείρισης παραμένουν βιώσιμες ως προς το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα και εξοικονομούν χρήματα στους κατοίκους λόγω της αποφυγής αγοράς εμπορικών ζωοτροφών. Όμως, επηρέασε την πιλοτική λειτουργία του πρότυπου συστήματος κομποστοποίησης, καθώς δεν κατέστη δυνατό να λειτουργήσει σε πλήρη δυναμικότητα (~500 κιλά/ημέρα). Για να αξιοποιηθεί η πλήρης δυναμικότητα της πρότυπης μονάδας και να επιτευχθεί η σταθερή και συνεχής παραγωγή εδαφοβελτιωτικού καλής ποιότητας, προτείνεται η ενσωμάτωση επιπλέον γειτονικών οικισμών προκειμένου να αυξηθεί η ποσότητα του προδιαλεγμένου οργανικού υλικού, εξαπλώνοντας το βιώσιμο σύστημα ISWM TINOS σταδιακά και στο υπόλοιπο νησί.

Από την άλλη, το εισερχόμενο υλικό από τους 2 οικισμούς (Πύργος και Πάνορμος) χαρακτηρίζεται από υψηλή καθαρότητα. Παρατηρείται πως η καθαρότητα την άνοιξη και το φθινόπωρο ήταν κοντά στο 100% αλλά και στους καλοκαιρινούς, χειμερινούς μήνες ήταν πάνω από το 97%. Γεγονός που δείχνει πως οι κάτοικοι των περιοχών συνεργάστηκαν άψογα, κρατώντας σε χαμηλά ποσοστά τις προσμίξεις, όπως π.χ. τις πλαστικές σακούλες που αποτελούν τις πιο συνηθισμένες προσμίξεις. Σε αυτή την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, συνέβαλλαν και οι εκτεταμένες και ποικίλες δράσεις ευαισθητοποίησης που πραγματοποιήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης του συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης βιοαποβλήτων. Τα μέσα διάχυσης και πληροφόρησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ποικίλα: επαναλαμβανόμενες εκδηλώσεις ενημέρωσης, ερωτηματολόγια, φυλλάδια, αφίσες, δελτία τύπου, ενημερωτικά δελτία, βίντεο, δειγματοληψίες από σπίτια εθελοντών, διεθνές συνέδριο.

Ανά εποχή οι ποσότητες των βιοαποβλήτων άλλαξε. Γεγονός απόλυτα φυσιολογικό αφού τα βιοαπόβλητα σχετίζονται άμεσα με την διατροφή των κατοίκων. Αξιοσημείωτες είναι οι 2 μεγάλες κατηγορίες που έπαιζαν το σημαντικότερο ρόλο, τα "λαχανικά και σαλάτες" και τα "φρούτα" που κατείχαν πάντα πάνω από το 50% των βιοαποβλήτων. Ανάλογα με την εποχιακή διακύμανση "αντάλλαζαν την σκυτάλη". Για παράδειγμα τους θερινούς μήνες τα φρούτα ήταν περισσότερα από τα λαχανικά. Οι επόμενες 2 ομάδες που κυριαρχούσαν στα

βιοαπόβλητα ήταν το "Ψωμί και είδη αρτοποιίας" και τα "Γεύματα (σπιτικά ή προπαρασκευασμένα)" που ήταν το 8,41% και 11,84 αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες κατηγορίες καταλάμβαναν πολύ μικρά ποσοστά από 1,2-4,3%.

Μετρήθηκε, επίσης, το κατά πόσο τοις εκατό ήταν πιθανόν να αποφευχθούν κάποια βιοαπόβλητα (avoidability – unavoidability). Κάνοντας πιο σωστές αγορές αποτρέπεται η οικονομική επιβάρυνση του καταναλωτή αλλά και αποφεύγεται η σπατάλη σε τρόφιμα και φυσικούς πόρους, και κατά συνέπεια η παραγωγή περισσότερων βιοαποβλήτων. Οι μετρήσεις αυτές έδειξαν πως το 64,91% ήταν αναπόφευκτο να παραχθεί, ενώ το 35,09% ήταν πιθανόν αποφεύξιμο.

Κατά το φυσικοχημικό προσδιορισμό στα νωπά βιοαπόβλητα, που είναι ζωτικής σημασίας για την διασφάλιση της ομαλής έναρξης της κομποστοποίησης μετρήθηκαν οι ακόλουθες μέσες τιμές: το pH 5,36, η ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,20 mS/cm, η υγρασία 76,73%, ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) 50,00%, η οργανική ουσία (LOI) 89,70, το ολικό άζωτο (TN) 2,87, τα νιτρικά (NO₃-N) 0,07, τα αμμωνιακά (NH₄-N) 0,02, το οργανικό άζωτο (N_{org}) 2,78 και ο λόγος άνθρακας/άζωτο 23,66 που θεωρείται ικανοποιητικός.

Σχετικά με τη λειτουργία του πρότυπου συστήματος κομποστοποίησης σε πιλοτική κλίμακα, από τις παραμέτρους που εξετάστηκαν:

- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Οργανική ουσία (LOI)
- pH
- Ηλ. Αγωγιμότητα

Για τις ποσότητες προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων που επεξεργάστηκαν από το σύστημα, η εξέλιξή τους χαρακτηρίζεται ομαλή και εντός των επιτρεπόμενων ορίων που προβλέπονται από τα κριτήρια αποχαρακτηρισμού των βιοαποβλήτων, όταν αυτά υπόκεινται σε κομποστοποίηση. Οπότε συμπεραίνεται ότι, η σχεδιαστική καινοτομία του συστήματος και συγκεκριμένα οι επιλεγμένες ρυθμίσεις των αυτόματων λειτουργιών ως προς τις ανάγκες για αερισμό, ύγρανση και απόσμηση των απαερίων της διεργασίας ήταν επαρκείς. Σε περίπτωση διαχείρισης μεγαλύτερων ποσοτήτων εισερχόμενων βιοαποβλήτων ή βιοαποβλήτων με διαφορετικά χαρακτηριστικά, όπως ιλύς, γεωργικά υπολείμματα κτλ. ενδέχεται να χρειάζονται διαφορετικές ρυθμίσεις των αυτόματων λειτουργιών. Για αυτό το

στάδιο ποσοτικού και φυσικοχημικού χαρακτηρισμού του εισερχόμενου ρεύματος προδιαλεγμένου οργανικού υλικού θεωρείται πολύ σημαντικό για την ομαλή εξέλιξη της διεργασίας της κομποστοποίησης.

Επιπροσθέτως, από τις αναλύσεις που έγιναν στο τελικό προϊόν, συμπεραίνουμε ότι το κόμποστ που παράχθηκε είναι ένα υλικό με χαμηλή περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα, και πλούσιο σε οργανική ουσία. Αυτά τα χαρακτηριστικά το κατηγοριοποιούν σε ένα εδαφοβελτιωτικό καλής ποιότητας που μπορεί να βρει πολλές εφαρμογές. Άξιο παρατήρησης είναι οι μικροβιολογικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν και απέδειξαν πως το κόμποστ είναι καλής ποιότητας, καθώς δεν υπήρχε παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών (EoW, 2014). Επίσης, η μέτρηση της φυτοτοξικότητας επιβεβαίωσε πως είναι μη φυτοτοξικό.

Ολοκληρώνοντας την μελέτη καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι στη σημερινή εποχή η διαχείριση των αποβλήτων συνεχίζει να αποτελεί ένα διαχρονικό πρόβλημα για την Ελλάδα. Οι νησιωτικές περιοχές, οι οποίες αποτελούν κλειστά, ευαίσθητα συστήματα επιβαρύνονται ακόμη περισσότερο σε σύγκριση με την ηπειρωτική χώρα από την εφαρμογή μη ορθολογικών πρακτικών διαχείρισης. Η διεθνής εμπειρία έχει αποδείξει ότι η διαλογή στην πηγή σε συνδυασμό με τις κατάλληλες τεχνολογίες μπορεί να αποτελέσει μια βιώσιμη, εναλλακτική για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του προβλήματος με πολλαπλάσια κοινωνικό-οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Κατά συνέπεια το εξεταζόμενο πιλοτικό σύστημα διαχείρισης βιοαποβλήτων, αξιολογήθηκε ως μια αποτελεσματική, ολοκληρωμένη και αποκεντρωμένη προσέγγιση για νησιωτικές περιοχές και μπορεί να αποτελέσει ένα αειφόρο 'εργαλείο' προκειμένου νησιά σαν την Τήνο, αλλά και άλλες απομακρυσμένες περιοχές να χρησιμοποιήσουν τα ιδιαίτερα γεωγραφικά χαρακτηριστικά τους ως πλεονεκτήματα και ευκαιρίες, υπερνικώντας τα μόνιμα διαρθρωτικά μειονεκτήματά τους.

8

Βιβλιογραφικές Αναφορές

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ

Αναλογίδης Α. Δ. 2000. Έδαφος θρεπτικά στοιχεία και φυτική παραγωγή. Αγρότυπος. Αθήνα.

Ανδρεαδάκης, Α., Κατσίρη, Α., Μαμάης, Δ. (2001) *Επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων, Τεχνολογία Αντιμετώπισης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Τόμος Α*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Βιδάλης, Α στο Δήμος Τήνου (2015) Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 2015-2019: Α΄ Μέρος, Στρατηγικός Σχεδιασμός. Αυτοτελές Τμήμα Προγραμματισμού και Πληροφορικής. Τήνος

Δήμος Τήνου (2006) 'Η ταυτότητα της Τήνου'. Διαθέσιμο στο: www.tinos.gr

Δήμος Τήνου (2011) Στοιχεία από παρουσίαση Δήμου Τήνου κατά την εναρκτήρια συνάντηση στο πλαίσιο του προγράμματος Life+ "ISWM-TINOS". Οκτώβριος 2011, Τήνος.

Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) (2013) Δεκαετής Πρόγραμμα Ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς 2014-2023, Σχέδιο προς ΡΑΕ, Αθήνα, Μάρτιος 2013. Διαθέσιμο στο: http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS_DSS/DPA_2014-2023_Schedio_pros_RAE_Kyrio_teychos.pdf

Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ) (2011) Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Ε.Ε. Διαθέσιμο στο: <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=36>

Ελληνική Στατιστική Αρχή ΕΛ.ΣΤΑΤ. (2011) Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011 Διαθέσιμο στο: <http://www.statistics.gr/2011-census-pop-hous>

ΕΜΠ (2010) Έρευνα και Μελέτη για την Αναθεώρηση του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Περιφέρειας Κρήτης, Αθήνα.

ΕΜΠ (2011), Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, 'Φιλότης' Βάση δεδομένων για την Ελληνική Φύση. Διαθέσιμο στο: http://filotis.itia.ntua.gr/biotopes/?category=&geo_code=4%2C2%2C0

ΕΠΕΜ Α.Ε. (2008), Αναθεώρηση/Τροποποίηση Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου – Κεφ.2 Μη τεχνική περίληψη Περιφερειακού Σχεδίου Νοτίου Αιγαίου

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΠΕΡΑΑ) (2012) Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή στη Πηγή & συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων. Γραφείο τύπου του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και κλιματικής Αλλαγής, Ελλάδα

ΕΠΠΕΡΑΑ, ΕΠΕΜ ΑΕ, (09-2011) Υπάρχουσα κατάσταση διαχείρισης και εκτίμηση ποσοτήτων βιοαποβλήτων στην ελληνική επικράτεια.

Ευθυμίου, Α. (2012) Μικροβιακή ποικιλομορφία κατά τη συγκομποστοποίηση υπολειμμάτων εκκοκκισμού βάμβακος και υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Ευθυμίου, Α. (2012) Μικροβιακή ποικιλομορφία κατά τη συγκομποστοποίηση υπολειμμάτων εκκοκκισμού βάμβακος και υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Ευθυμίου, Α. (2012) Μικροβιακή ποικιλομορφία κατά τη συγκομποστοποίηση υπολειμμάτων εκκοκκισμού βάμβακος και υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ) (2011) Αποδοτικότητα των πόρων — μια επιτακτική επιχειρηματική ανάγκη. Υπηρεσία Εκδόσεων ΕΕ. Απρίλιος 2011. doi:10.2779/94784. Διαθέσιμο στο: http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/factsheet_el.pdf

Ευρωπαϊκό έργο ATHENS BIOWASTE, LIFE+ Environment Policy and Governance Project, με κωδικό LIFE 10 ENV/GR/000605. Website: <http://www.biowaste.gr/site/general/collecting-at-source/>

Ευρωπαϊκό έργο LIFE + 'ISWM TINOS' (LIFE 10/ENV/GR/000610) (2012α) Παραδοτέο 1-2: Ευρωπαϊκό και Ελληνικό Νομοθετικό Πλαίσιο για τα στερεά απόβλητα – Εκτενής Περίληψη στα Ελληνικά. Επικαιροποιημένη Έκδοση Απρίλιος 2012. Διαθέσιμο online στο: http://iswm-tinos.uest.gr/uploads/D1_2_A_technical_report_on_EU_and_GR_waste_policies_GR.pdf

Ευρωπαϊκό έργο LIFE + 'ISWM TINOS' (LIFE 10/ENV/GR/000610) (2012β) Παραδοτέο 1-1: Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην Τήνο. Επικαιροποιημένη Έκδοση Απρίλιος 2012. Διαθέσιμο online στο: http://iswm-tinos.uest.gr/uploads/D1_2_A_technical_report_on_EU_and_GR_waste_policies_GR.pdf

Ευρωπαϊκό έργο LIFE + 'ISWM TINOS' (LIFE 10/ENV/GR/000610) Παραδοτέο 6-38: Εκλαϊκευμένη Έκθεση (Layman's report)

Ευρωπαϊκό έργο LIFE+ Athens Biowaste (LIFE 10/ENV/GR/000605) (2014) Παραδοτέο Activity 4(b): Τεχνική έκθεση για τις εργαστηριακές αναλύσεις κόμποστ

Ευρωπαϊκό πρόγραμμα LIFE+ 'ISWM-TINOS', με τίτλο: «Ανάπτυξη και εφαρμογή πιλοτικού συστήματος για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων στην Τήνο σε συμφωνία με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Στερεά Απόβλητα», με ακρωνύμιο ISWM-TINOS και κωδικό LIFE 10 ENV/GR/000610, συγχρηματοδοτούμενο από το Ευρωπαϊκό Χρηματοδοτικό μέσο για το Περιβάλλον (LIFE+). Ιστοσελίδα έργου: <http://iswm-tinos.uest.gr/>

Θεοχαράτος, Α.Γ. (1978) Το κλίμα των Κυκλάδων, Διατριβή επί διδακτορία, Αθήναι

Καθημερινή (2014) Ζούλας, Κ. Λιγότερη κατανάλωση, λιγότερα απορρίμματα. Άρθρο δημοσιευμένο στις 09.11.2014. Διαθέσιμο στο: <http://www.kathimerini.gr/791270/article/epikairothta/ellada/ligoterh-katanalwsh-ligotera-aporrimmata>

Κασιούμης, Κ.Ν. (2005) 'Η έννοια της διαχείρισης προστατευόμενων περιοχών και η εφαρμογή της (ή μη εφαρμογή της) στη χώρα μας'. Σεμιναριακός κύκλος μαθημάτων με θέμα: «Διαχείριση Προστατευτέων Περιοχών», Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη

Κατσούλης, Δ.Β. (1970) Αι ανεμολογικά συνθήκαι εις το Αιγαίον Πέλαγος, Διατριβή επί διδακτορία, Αθήναι

¹Λεωνοδοπούλου, Δ. (2008) Γεωλογικοί και γεωμορφολογικοί παράγοντες διαμόρφωσης της εσωτερικής τρωτότητας σκληρών διερρηγμένων πετρωμάτων: Εφαρμογή στη νήσο Τήνο, Διδακτορική Διατριβή, ΕΚΠΑ

Λοιζίδου, Μ. (2006) Στερεά Απόβλητα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Μήτσιος Κ. Ι. 2004. Γονιμότητα Εδαφών. Αθήνα.

Νόμος 4042/2012 - Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ - Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ - Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ 24/Α/13.2.2012)]. Διαθέσιμο: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=7Z1up05Xrto%3d&tabid=777&language=el-GR>

Νταράκας, Ε. (2014) Διαχείριση στερεών αποβλήτων. Σημειώσεις Μαθήματος. Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος, Τμήμα πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2014. Διαθέσιμο στο: http://users.auth.gr/darakas/Solid_Waste.pdf

Οδηγία 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 182 της 16.7.1999. Διαθέσιμο στο: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0031:EL:NOT>

ΟΗΕ (2015) ιστοσελίδα: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου (ΠΝΑ) (2005) Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) -. Ερμούπολη, Σύρος

Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου (ΠΝΑ) (2012) Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου, 2012. Στρατηγικός Σχεδιασμός. Αναθεωρημένο Τεύχος VI (Κεφάλαιο 11^Α). Αθήνα. Διαθέσιμο στο:

[http://www.pnai.gov.gr/ckfinder/userfiles/files/ANATHEORIMENI%20TEYXOS%20VI\(5\).pdf](http://www.pnai.gov.gr/ckfinder/userfiles/files/ANATHEORIMENI%20TEYXOS%20VI(5).pdf)

Σπιλάνης, Ι., Ακριβοπούλου, Ι., Γάκης, Κ., Μιχαηλίδης, Γ. and Νιάρχος, Α. (2011) Ο Καλλικράτης στα Νησιά. [online] Μυτιλήνη: ΕΕΤΑΑ. Διαθέσιμο στο: <http://www.eetaa.gr:8080/ekdoseis/pdf/148.pdf>

ΤΕΕ (2011), Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. Διαθέσιμο στο:

Υ.Α. Η.Π. 29407/3508/2002 - Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων (ΦΕΚ 1572/Β/16.12.2002). Διαθέσιμο:

http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b1572_2002.1126869857589.pdf

Υ.Α. Η.Π. 50910/2727/2003 Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. – Εθνικός και περιφερειακός σχεδιασμός διαχείρισης (ΦΕΚ 1909/Β/22.12.2003). Διαθέσιμο:

http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b1909_2003.pdf

ΥΠΕΚΑ (2010) 'Κύρωση της Ευρωπαϊκής Σύμβασης του Τοπίου' (Νόμος 3827, ΦΕΚ Α30/25-02-2010) Διαθέσιμο στο:

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=c%2FsYAENZIDo%3D&tabid=559>

ΥΠΕΚΑ (2011) 'ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ NATURA 2000 ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ' Διαθέσιμο στο:

<http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/g1210300000000.html>

ΥΠΕΚΑ (2015), Παροχή Σύμφωνης Γνώμης επί του προτεινόμενου Σχεδίου Δράσης αντιμετώπισης οριστικής παύσης εναπομεινάντων ενεργών ΧΑΔΑ στις Περιφέρειες Βορείου και Νοτίου Αιγαίου της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αιγαίου.

ΥΠΕΧΩΔΕ (1999) Χωροταξικό σχέδιο περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου – Α' φάση, Δ/ση χωροταξίας, ΕΠ.ΠΕΡ-ENVIPLAN, Τσεκούρας, Γ.Θ. και συντελεστές Αθήνα.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ

Adhikari, B. K., Barrington, S., Martinez, J. and King, S., (2009a). Effectiveness of three bulking agents for food waste composting, Waste Management and Research. 29(1) 197-203.

Alexander, F., Szmidt, R. and Cruz, P., (2002). Factsheet on composting biosolids. Remade Scotland

<http://www.remade.org.uk/media/12315/factsheet%20on%20composting%20biosolids%20%28june%202002%29.pdf>

Amlinger, F., Pollack, M., Favoino, E.: Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilizers (fi E. report). ENVA2/ETU/2001/0024 2004, Available at :

http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/hm_finalreport.pdf (2004). Accessed 3 May 2014

Bach, P. D., Shoda, M. and Kubota, H., (1984). Rate of composting of dewatered sewage sludge in continuously mixed isothermal reactor, *Journal of Fermentation Technology* 62 285–291.

Barrington, S., Choiniere, D., Trigui, M. and Knight, W., (2003). Compost convective airflow under passive aeration, *Bioresource Technology* 86 259–266.

Beddington J et al (2012) *Achieving Food Security in the Face of Climate Change: Final Report from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change* (Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS))

Beffa, T. (2002) 'The Composting Biotechnology: A Microbial Aerobic Solid Substrate Fermentation Complex Process, The composting process and management, pp. 1-37.

Bernal, M. P., Albuquerque, J. A. and Moral, R., (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review, *Bioresource Technology* 100(22) 5444-5453.

Bernal, M. P., Albuquerque, J. A. and Moral, R., (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review, *Bioresource Technology* 100(22) 5444-5453.

Bernal, M. P., Navarro, A. F., Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A. and Cegarra, J., (1998). Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil, *Soil Biology and Biochemistry* 30(3) 305-313.

Berrow, M.L. and G.A. Reavew. 1984. Background levels of trace elements in soils, p. 333-340. In: *Proceedings of the First International Conference on Environmental Contamination* CEP Consultants, Edinburgh, Scotland.

Bharadwaj, K. K. R., (1995). Improvements in microbial compost technology: A special reference to microbiology of composting. *Wealth from waste, EC (2001a) 'Establishing ecological criteria for the award of the Community eco-label to soil improvers and growing media'* (2001/688/EC), Official Journal L 242 , 12/09/2001, pp. 0017 – 0022.

Bishop, P. L. and Godfrey, C., (1983). Nitrogen transformation during sewage composting, *Biocycle* 24 34–39.

Bodirsky B L et al (2014) Reactive nitrogen requirements to feed the world in 2050 and potential to mitigate nitrogen pollution *Nat. Commun.* 5 3858

Carry, C. W., Stahl, J. F., Hansen, B. E. and Friess, P. L., (1990). Sludge management and disposal practices of the county sanitation districts of Los Angeles (USA), *Water Science and Technology* 22(12) 23-32.

Castaldi, P., Santona, L., Melis, P.,(2006).Evolution of heavy metals mobility during municipal solid waste composting. *Fresenius Environ.Bull.*15,1133-1140

Cavinato, C., Bolzonella, D., Pavan, P., Fatone, F., Cecchi, F.: Mesophilic and thermophilic anaerobic co-digestion of waste activated sludge and source sorted biowaste in pilot- and full-scale reactors. *Renew. Energy* 55, 260-265 (2013)

Chang, J. I., Tsai, J. J. and Wu, K. H., (2006). Thermophilic composting of food waste, *Bioresource Technology* 97(1) 116-122.

Cho, K., Lee, S., Math, R., Islam, S., Kambiranda, D., Kim, J., Yun, M., Cho, J., Kim, J., Lee, Y. (2008) 'Culture-independent analysis of microbial succession during composting of swine slurry and mushroom cultural wastes', *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18, pp. 1874-1883.

COM(2000) 1: Ανακοίνωση της Επιτροπής της 2ας Φεβρουαρίου 2000 για την προσφυγή στην αρχή της προφύλαξης. Διαθέσιμο στο:

http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/consumer_safety/l32042_el.htm

Crobe, K., (1994). Composter Links up with Food Processor, *Biocycle* 34(7) 40-43.

De Bertoldi, M., Vallini, G., Pera, A., (1983) 'The Biology of Composting: A Review', *Waste, Management & Research*, 1, pp. 157 – 176.

De Bertoldi, M., Vallini, G., Pera, A., (1983) 'The Biology of Composting: A Review', *Waste, Management & Research*, 1, pp. 157 – 176.

De Bertoldi, M., Vallini, G., Pera, A., (1983) 'The Biology of Composting: A Review', *Waste, Management & Research*, 1, pp. 157 – 176.

Diaz, L. F. and Savage, G. M., (2002). Composting of Municipal Wastes. in: G. Tchobanoglous and F. Kreith (Eds.), *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw Hill, USA, p. 459.

Diaz, L. F. and Savage, G. M., (2002). Composting of Municipal Wastes. in: G. Tchobanoglous and F. Kreith (Eds.), *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw Hill, USA, p. 459.

Diaz, L. F. and Savage, G. M., (2007). Factors that Affect the Process. in: L. F. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier and E. Stentiford (Eds.), *Compost Science and Technology* Elsevier, Amsterdam, pp. 49-64.

Diaz, L. F. and Savage, G. M., (2007). Factors that Affect the Process. in: L. F. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier and E. Stentiford (Eds.), *Compost Science and Technology* Elsevier, Amsterdam, pp. 49-64.

Diaz, L. F. and Savage, G. M., (2007a). Factors that Affect the Process. in: L. F. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier and E. Stentiford (Eds.), *Compost Science and Technology* Elsevier, Amsterdam, pp. 49-64.

Diaz, L. F. and Savage, G. M., (2007b). Bioremediation. in: L. F. Diaz, M. de Bertoldi, B. W. and S. E. (Eds.), *Compost Science and Technology*, Elsevier, Amsterdam, pp. 159-176.

Diaz, L. F., Savage, G. M. and Golueke, C. G., (2002). Composting of Municipal Solid Wastes. in: G. Tchobanoglous and F. Kreith (Eds.), *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw Hill USA, New York, pp. 11-70.

EA (Environment Agency), (2001). *Technical Guidance on Composting Operations (Draft)*, Environment Agency UK, Bristol.

- EC (2008) Green Paper on the management of bio-waste in the European Union, Brussels, Belgium
- EC (2010) Communication from the Commission to the council and the European Parliament on future steps in bio-waste management in the European Union, Brussels, 18.5.2010, COM(2010)235 final.
- Eklind, Y. and Kirchmann, H., (2000). Composting and storage of organic household waste with different litter amendments. I: Carbon turnover, *Bioresource Technology* 74(2) 115-124.
- EMY (2010), Κλιματολογία - Εθνική Στατιστική Υπηρεσία. Διαθέσιμο στο: <http://www.hnms.gr>
- Engeli, H., Edelmann, W., Fuchs, J. and Rottermann, K., (1993). Survival of plant pathogens and weed seeds during anaerobic digestion, *Water Science and Technology* 27(2) 69-76.
- Epstein, E., (1997). *The science of composting*, Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania, USA.
- European Commission (EC) (2014) Regulation of the European Parliament and of the Council, setting up a Union system for supply chain due diligence self-certification of responsible importers of tin, tantalum and tungsten, their ores, and gold originating in conflict-affected and high-risk areas.
- EUROSTAT 2014 on-line database (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>)
- Falzon C. (2012) The Unique Waste Management Requirements of Small Island Regions. Διαθέσιμο στο: <http://www.d-waste.com/new-infographics/item/43-the-unique-waste-management-requirements-of-small-island-regions.html>
- FAO, IFAD and WFP (2013) The multiple dimensions of food security The State of Food Insecurity in the World 2013 (Rome: FAO)
- Finstein, M. S. and Morris, M. L., (1975). Microbiology of municipal solid waste composting, *Advances in Applied Microbiology* 19 113–151.
- Finstein, M. S., Miller, F. C. and Strom, P. F., (1986). Waste treatment composting as a controlled system, *Biotechnology* 8 396–398.
- Finucane MM et al (2011) National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet* 377 557–67
- Fogarty, A. M. and Tuovinen, O. H., (1991). Microbiological degradation of pesticides in yard waste composting, *Microbiological Reviews* 55(2) 225-233.
- Fogarty, A.M. & Tuovinen, O.H. (1991) Microbial degradation of pesticides in yard waste composting, *Microbiological Reviews*, June 1991, p. 225-233
- Foley J A et al (2011) Solutions for a cultivated planet *Nature* 478 337–42
- Gajalakshmi, S. and Abbasi, S. A., (2008). Solid waste management by composting: State of the art, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 38(5) 311-400.

- Garcia, A. J., Esteban, M. B., Márquez, M. C., & Ramos, P. (2005). Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs. *Waste Management*, 25(8), 780-787.
- Gaur, A. C., (2000). Bulky organic manures and crop residues. in: H. L. S. Tandon (Ed.), *Fertilizers, organic manures, recyclable wastes and biofertilizers*, Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi, India.
- Godfray H C J et al (2010) Food security: the challenge of feeding 9 billion people *Science* 327 812–8
- Golueke, C. G., (1992). *Bacteriology of composting*, Biocycle 33 55–57.
- Goyal, S., Dhull, S. K. and Kapoor, K. K., (2005). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity, *Bioresource Technology* 96(14) 1584-1591.
- Gustavsson J et al (2011) *Global Food Losses and Food Waste— Extent, Causes and Prevention* (Gothenburg, Rome: Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK), FAO)
- Hanc, A., Szakova, J., Svehla P., (2012). Effect of composting on the mobility of arsenic, chromium and nickel contained in kitchen and garden waste. *Bioresource Technology* 126, 444-452
- Hans Saveyn & Peter Eder (2014): *End-of-Waste Criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals*. Hrsg: European Commission; Joint Research Centre (JRC) Scientific and policy reports. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC87124.pdf>
- Hassen, A., Belguith, K., Jedidi, A., Cherif, A., Cherif, M. and Boudabous, A., (2001). Microbial characterization during composting of municipal solid waste, *Bioresource Technology* 80 217-225.
- Haug, R. T., (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*, Lewis Publishers, Boca Raton, Fla.
- Heaven S, Zhang Y., Arnold R., Paavola T., Vaz F., Cavinato C. (2010) Compositional analysis of food waste from study sites in geographically distinct regions of Europe, Valorisation of food waste to biogas, FP7 project VALORGAS, Available at <http://www.valorgas.soton.ac.uk/>
- Hogg, D., Lister, D., Barth, J., Faviono, E. and Amlinger, F., (2009). *Frameworks for use of compost in agriculture in Europe*, Eunomia Research and Consulting.
- Hong, J. H. and Park, K. J., (2005). Compost biofiltration of ammonia gas from bin composting, *Bioresource Technology* 96 741-745.
- Huang, G. F., Wong, J. W. C., Wu, Q. T. and Nagar, B. B., (2004). Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust, *Waste Management and Research* 24 805–813.
- Huerta, O., Soliva, M., Giro, F. and Lopez, M. (2010). Heavy metal content in rubbish bags used for separate collection of biowaste. *Waste Management* 30, 1450-1456
- Huerta-Pujol, O., Gallart, M., Soliva, M., Martínez-Farré, F.X. & López, M.: Effect of collection system on mineral content of biowaste. *Resour. Conserv. Recy.* 55, 1095–1099 (2011).

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

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

Ipek, U., Obek, E., Akca, L., Arslan, E. I., Hasar, H., Dogru, M. and Baykara, O., (2002). Determination of degradation of radioactivity and its kinetics in aerobic composting, *Bioresource Technology* 84 283–286.

IPTS (2014) End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals: Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. Διαθέσιμο στο: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC87124.pdf>

Kirchmann, H. and Widen, P., (1994). Separately collected organic household wastes chemical composition and composting characteristics, *Swedish Journal of Agricultural Research* 24 3–12.

Kumar, M., Ou, Y. and Lin, J., (2010). Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio, *Waste Management and Research* 30(4) 602-609.

Larchevêque, M., Ballini, C., Korboulewsky, N., Montes, N. 2006. The use of compost in afforestation of Mediterranean areas: effects on soil properties and young tree seedling. *Sci Total Environ.* 369, 220-230

López, M., Soliva, M., Martínez-Farré, F. X., Fernández, M., & Huerta-Pujol, O. (2010). Evaluation of MSW organic fraction for composting: Separate collection or mechanical sorting. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(4), 222-228.

MacGregor, S. T., Miller, F. C., Psarianos, K. M. and Finstein, M. S., (1981). Composting process control based on interaction between microbial heat output and temperature, *Applied and Environmental Microbiology* 41 1321–1330.

Manios, V. I. and Verdonck, A., (1985). Decomposition of vine-canes in heap and evaluation of the produced compost, *Acta Horticulturae* 172 39–46.

McKinley, V. L. and Vestal, J. R., (1984). Biokinetic analysis of adaptation and succession: microbial activity in composting municipal sewage sludge, *Applied and Environmental Microbiology* 47 933–941.

Mena, E., Garrido, A., Hernández, T. and García, C., (2003). Bioremediation of sewage sludge by composting, *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34(7-8) 957-971.

Metcalf, Eddy (2003) 'Wastewater Engineering: Treatment and Reuse'. Revised by Tschobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D. 4th Ed. McGraw-Hill Higher Education, pp. 1546-1554.

Miller, F. C., (1992). Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. in: F. Blaine-Metting (Ed.), *Soil Microbial Ecology: Applications in Agriculture Environment Management*, Marcel Dekker Inc., New York, p. 646.

Miller, F.C. (1996) 'Composting as a process based on the control of ecologically selective factors', *Soil Microbial Technology*, pp. 515-544.

Ministry of Agriculture, Government of Saskatchewan website, 2008. Διαθέσιμο στο: <http://www.agriculture.gov.sk.ca/>

Ministry of Agriculture, Government of Saskatchewan (2008) "Composting Solid Manure". Διαθέσιμο στο: http://www.agriculture.gov.sk.ca/Composting_Solid_Manure.

Monier Vet al (2010) Preparatory study on food waste across EU 27 Report for the European Commission [DGENV—Directorate C] BIO Intelligence Service (BIOIS), Paris

Nagao, N., Watanabe, K., Osa, S., Matsuyama, T., Kurosawa, N., Toda, T. (2008) 'Bacterial community and decomposition rate in long term fed-batch composting using woodchip and Polyethylene terephthalate (PET) as bulking agent', *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24, pp. 1417-1424.

Nakasaki, K., Yaguchi, H., Sasaki, M. and Kubota, H., (1993). Effects of pH control on composting of garbage, *Waste Management and Research* 11 117–125.

Nova Scotia, (2008). Environment Compost Maturity Study, Nova Scotia,. <http://www.gov.ns.ca/nse/waste/docs/Compost.Maturity.Study.Report.pdf>.

Núria Cases i Sampere (2015) Building a rating system to inform consumers and trigger business innovation. MAKING MORE DURABLE AND REPARABLE PRODUCTS. For the European Environmental Bureau (EEB) Brussels, Belgium. February 2015. Διαθέσιμο στο: http://makersourcescount.eu/wp-content/uploads/2015/07/Durability_and_reparability-report_FINAL.pdf

O'Leary, P. R. and Walsh, P. W., (1995). Decision Maker's Guide to Solid Waste Management, USEPA. <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/i/fulltext/decision/decision.pdf>.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) OECD (2015), Material Resources, Productivity and the Environment, OECD Green Growth Studies, OECD Publishing, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190504-en> [Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης]

Pagans, E. L., Font, X. and Sánchez, A., (2005). Biofiltration for ammonia removal from composting exhaust gases, *Chemical Engineering Journal* 113(2-3) 105-110.

Pagans, E. L., Font, X. and Sánchez, A., (2005). Biofiltration for ammonia removal from composting exhaust gases, *Chemical Engineering Journal* 113(2-3) 105-110.

Pagans, E., Barrena, R., Font, X. and Sanchez, A., (2006). Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature, *Chemosphere* 62 1534–1542.

Pare, T., Diné, H., Schnitzer, M. and Dumontet, S., (1998). Transformations of carbon and nitrogen during composting of animal manure and shredded paper, *Biology and Fertility of Soils* 26 173–178.

Paredes, C., Bernal, M. P., Roig, A. and Cegarra, J., (2001). Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes, *Biodegradation* 12 225–234.

Peigné, J. and Girardin, P., (2004). Environmental impacts of farm-scale composting practices, *Water, Air, and Soil Pollut.* 153(1-4) 45-68.

Peters, S., Koschinsky, S., Schwieger, F., Tebbe, C.C. (2000) 'Succession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-single-strand-conformation polymorphism-based genetic profiles of small-subunit rRNA genes', *Applied and Environmental Microbiology*, 66, pp. 930-936.

Poincelot, R. P., (1974). A scientific examination of the principles and practice of composting, *Compost Science* 15(3) 24-31.

Puig-Ventosa, I., Freire-González, J. and Jofra-Sora, M. (2013). Determining factors for the presence of impurities in selectively collected biowaste. *Waste Management and Research* 31,510-517.

Reddy, K. R., Kaleel, R., Overcash, M. R. and Westerman, P. W., (1979). A nonpoint source model for land areas receiving animal wastes: Ammonia volatilization, *Transactions of the ASAE* 22 1398–1405.

Riffaldi, R., Levi-Minzi, R., Pera, A., de Bertoldi, M. (1986) 'Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analyses', *Waste Management and Research*, 4, pp. 387-396.

Roels, Kris and Dirk van Gijseghem. (2011) *Loss and Waste in the Food Chain*.
<http://lv.vlaanderen.be/nlapps/docs/default.asp?id=2647>

Sanchez-Monedero, M. A., Roig, A., Parades, C. and Bernal, M. P., (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effect on pH, EC and maturity of the composting mixtures, *Bioresource Technology* 78 301–308.

Saveyn, H. & Eder P. (2014) *End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals*, European Commission Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla, Spain

Schaub, S. M. and Leonard, J. J., (1996). Composting: An alternative waste management option for food processing industries, *Trends in Food Science and Technology* 7(8) 263-268.

Segrè, A. & Gaiani, S. (2012) *Transforming Food Waste Into A Resource. Last Minute Market – a win-win case study*. Faculty of Agriculture Alma Mater Studiorum - University of Bologna (Italy), Brussels – 28° Brussels Development Meeting European Commission.

Seo, J. Y., Heo, J. S., Kim, T. H., Joo, W. H. and Crohn, D. M., (2004). Effect of vermiculite addition on compost produced from Korean food wastes, *Waste Management and Research* 24(10) 981-987.

Seo, J. Y., Heo, J. S., Kim, T. H., Joo, W. H., & Crohn, D. M. (2004). Effect of vermiculite addition on compost produced from Korean food wastes. *Waste management*, 24(10), 981-987.

Shammas, N. K. and Wang, L. K., (2007). Biosolids composting. in: L. K. Wang, N. K. Shammas and Y. T. Hung (Eds.), *Handbook of Environmental Engineering: Biosolids Treatment Process*, vol. 6, Humana Press, pp. 645–685.

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

Skordilis A. (2004) Modelling of integrated solid waste management systems in an island. Resources, Conservation and Recycling. Volume 41, Issue 3, June 2004, 243–254. Διαθέσιμο στο: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344903001654>

Soliva, M., López, M., and Huerta, O.(2008). Past, present and future of compost. In:// *International Conference on Soil and Compost Eco-Biology*, 26-29 November 2008, Tenerife, Spain

Stentiford, E. I., (1996). Composting control: principles and practice. in: M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes and T. Papi (Eds.), *The Science of Composting, Part 1*, Glasgow, pp. 49-59.

STOA (2013) Underwood, E., Poláková, J., Berman, S., Dooley, E., Freluh-Larsen, A., Kretschmer, B., & Tostivint, C. (2013) Technology options for feeding 10 billion people. Climate change and agriculture; biodiversity and agriculture. Report prepared for the STOA Panel of the European Parliament. Contract IP/A/STOA/FWC/2008, 96.

Strom, P.F. (1985) 'Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid waste composting', *Applied Environmental Microbiology*, 50 (4), pp. 899-905.

The Ellen MacArthur Foundation (2013) *Towards The Circular Economy. Economic and Business Rationale for An Accelerated Transition*. Διαθέσιμο στο: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Toffey, W. E., (1990). Large-scale sewage sludge composting: A case for maintaining a diversified program, *Water Science and Technology* 22(12) 107-116.

Turovskiy, I. S. and Mathai, P. K., (2006). *Wastewater sludge processing*, John Wiley & Sons, New York.

United nations Environment Assembly (UNEA) (2014). Sustainable Consumption and Production: an important contribution to the Post-2015 development Agenda and the SDGs. Διαθέσιμο στο: <http://www.unep.org/10yfp/Activities/InternationalActivities/tabid/106470/Default.aspx>
[Συνέλευση του Περιβαλλοντικού Προγράμματος του ΟΗΕ]

US Environmental Protection Agency (US EPA) (2015) website: <http://www3.epa.gov/>

Vanham D, Bouraoui F, Leip A, Grizzetti B and Bidoglio G (2015) Lost water and nitrogen resources due to EU consumer food waste *Environ. Res. Lett.* 10 084008

Verdonck, O., (1988). Composts from organic waste materials as substitutes for the usual horticultural substrates, *Biological Wastes* 26(4) 325-330.

Wesner, G. M., (1978). *Sewage Biosolids Composting, Technology Transfer Seminar*, Publication on Sludge Treatment and Disposal, Cincinnati, OH.

WHO (2014) Global Health Observatory Data Repository (<http://apps.who.int/gho/data/node.main?lang=en>)

Yang, X., Z.L. He and Z.Q. Ye. 2000. Improving human nutrition through agriculture and plant nutrition. In: proceedings of the International Conference on Improving Human Nutrition through Agriculture. Institute of food Production Research, Washington, D.C. In press.

Zhu, N., (2007). Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw, *Bioresource Technology* 98(1) 9-13.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<http://www.foodwastenetwork.org.uk/>

<http://www.rethink.com.cy/el/rrr/ti-einai-to-rrr>

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

[http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/image/Food%20waste%20hierarchy%20\(updated\).png](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/image/Food%20waste%20hierarchy%20(updated).png)

<http://www.agriculture.gov.sk.ca/>

http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=170%3A2013-03-04-14-07-28&catid=23&Itemid=496&lang=en

http://ohioline.osu.edu/b792/b792_4.html

<http://compost.css.cornell.edu/odors/inadeq.porosity.html>

http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/solid_waste_management/Vol_I/14-Chapter8.pdf

<http://www.hellenica.de/Griechenland/Geo/GR/Tinos.html>

<http://www.gein.noa.gr/el/>

<http://www.hnms.gr>

<http://www.tinos.biz/>

<http://www.exombourgo.gr/>

<http://www.e-fox.gr/index.php?pN=wildliferesort&txtAreaID=1350>

<http://www.naturagraeca.com/ws/130,192,60,1,1,%CE%A1%CE%AD%CE%BC%CE%B1-%CE%9B%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%B4%CE%B1%CF%82-%CE%A4%CE%AE%CE%BD%CE%BF%CF%85>

<http://geodata.gov.gr/dataset/corine-2000/resource/7ab7931b-fb33-48a0-ae56-75c6473be24d>

<https://ec.europa.eu/jrc/en/news/average-eu-consumer-wastes-16-food-most-which-could-be-avoided>