

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΔΙΑΛΕΓΜΕΝΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΝΗΣΙ

**Δ.Κουρκούμπας<sup>1</sup>, Γ. Θεοπούλου, Π. Γραμμέλης<sup>1</sup>, Σ. Καρέλλας<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης / Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ), 4<sup>ο</sup> χλμ Πτολεμαΐδας Μποδοσάκειο Νοσ. 50200, Πτολεμαΐδα, Ελλάδα.

<sup>2</sup>Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο / Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου, Αθήνα, Ελλάδα

email: [kourkoumpas@certh.gr](mailto:kourkoumpas@certh.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη, εξετάζεται η εφαρμογή της μεθόδου κομποστοποίησης σε ένα ελληνικό νησί. Το σύστημα συλλογής των απορριμμάτων πραγματοποιείται με Διαλογή στην Πηγή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων, του ρεύματος του χαρτιού, καθώς επίσης και ενός ρεύματος που περιλαμβάνει μέταλλα, πλαστικά και γυαλί. Με την εφαρμογή της μεθόδου της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής υπολογίζεται η συνολική περιβαλλοντική αποτύπωση των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου για την προτεινόμενη μέθοδο διαχείρισης, η οποία προκύπτει μικρότερη σε σχέση με τη διάθεση των οργανικού κλάσματος στους ΧΑΔΑ και ΧΥΤΑ. Επιπλέον πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας βάσει της περιεκτικότητας του οργανικού κλάσματος σε χαρτί και βάσει του τύπου λιπάσματος που αντικαθιστά το παραγόμενο κομπόστ. Τα αποτελέσματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι απαιτείται εκτροπή του χαρτιού από το ρεύμα κομποστοποίησης, προκειμένου να οδηγηθεί στη διαδικασία της ανακύκλωσης, ενώ προτιμάται η αντικατάσταση με κομπόστ των συνθετικών λιπασμάτων N.

**Λέξεις κλειδιά:** κομπόστ, λίπασμα, οργανικό κλάσμα απορριμμάτων, φαινόμενο του θερμοκηπίου, Ανάλυση Κύκλου Ζωής

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα κατάσταση στη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων στα ελληνικά νησιά αναφέρεται κυρίως στη διάθεση τους σε ΧΥΤΑ και ΧΑΔΑ. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος (ΥΠΕΚΑ 2012) στα ελληνικά νησιά είναι καταγεγραμμένοι 36 ΧΥΤΑ και 34 ΧΑΔΑ εκ των οποίων οι 20 είναι ενεργοί. Με το Εθνικό Θεσμικό πλαίσιο Διαχείρισης Απορριμμάτων βάσει των οδηγιών της Ευρωπαϊκής ένωσης καθορίζεται ότι μέχρι το 2013, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 50% και μέχρι το 2020 στο 35% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995. Επιπλέον σύμφωνα με την Εθνικό Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΚΥΑ 50910/2727/2003) κάθε δήμος θεωρείται υπεύθυνος για τη διαχείριση των απορριμμάτων που παράγονται στα όρια του, απαγορεύοντας τη μεταφορά μη επεξεργασμένων αστικών απορριμμάτων εκτός των ορίων του.

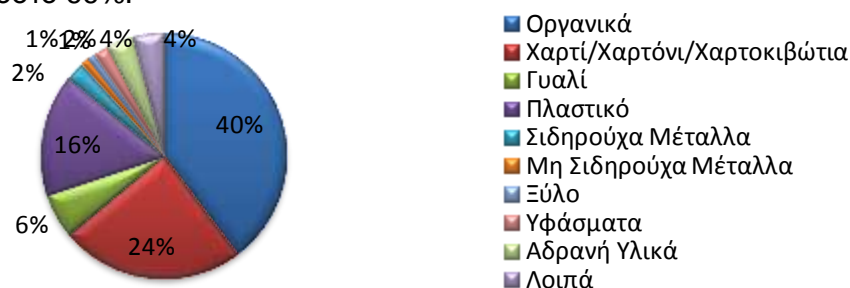
Η παρούσα μελέτη εστιάζει στη μέθοδο της κομποστοποίησης για την κάλυψη των ιδιοτεροτήτων και αναγκών του ελληνικού νησιού. Το πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά και άνθρακα φυσικό οργανικό λίπασμα, το κομπόστ, αντικαθιστά τα χημικά λιπάσματα βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ποιότητα του εδάφους και του τελικού προϊόντος (Favoino et al. 2008, Hermann et al 2011). Βασική παράμετρος για την επιλογή της μεθόδου κομποστοποίησης σε ελληνικό νησί αποτελεί η δυσκολία χωροθέτησης των

απορριμμάτων εξαιτίας της περιορισμένης έκτασης, η οποία εντείνεται με την έντονη τουριστική κίνηση, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, και προκαλεί ποσοτικές και ποιοτικές διακυμάνσεις παραγόμενων απορριμμάτων εντείνοντας το πρόβλημα χωροθέτησης αυτών. Οπότε απαιτούνται μικρές, ευέλικτες ως προς την εισροή των απορριμμάτων μονάδες για την κάλυψη των συγκεκριμένων αναγκών. Τέλος, στην πλειοψηφία τους τα ελληνικά νησιά χαρακτηρίζονται από έδαφος ασβεστολιθικό (Καραμάνου 2006), μέτριας ως υψηλής υδροπερατότητας, άρα ακατάλληλο για υγειονομική ταφή.

Σκοπός της μελέτης είναι ο υπολογισμός της συνολικής επίδρασης της προτεινόμενης μεθόδου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, στηριζόμενη στις αρχές της ανάλυσης κύκλου ζωής

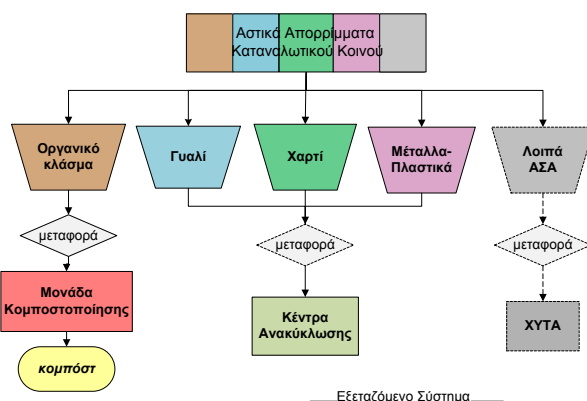
## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η σύσταση Αστικών Σύμμεικτων Απορριμμάτων (ΑΣΑ) στο εξεταζόμενο σύστημα απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Σύμφωνα με CEN/TS 15440 το βιογενές κλάσμα εκτιμάται ότι βρίσκεται σε ποσοστό 66%.



Σχήμα 1. Σύσταση ΑΣΑ εξεταζόμενου συστήματος

Στο κλάσμα των σύμμεικτων απορριμμάτων, θεωρείται ότι πραγματοποιείται διαλογή στην πηγή με τα ακόλουθα είδη κάδων: (α) κάδος για πλαστικά-μέταλλα. (β) κάδος για χαρτί, (γ) κάδος για οργανικά κλάσμα και (δ) κάδος για γυαλί. Επιπλέον υπάρχει και κάδος για τη συλλογή των υπολοίπων σύμμεικτων απορριμμάτων.



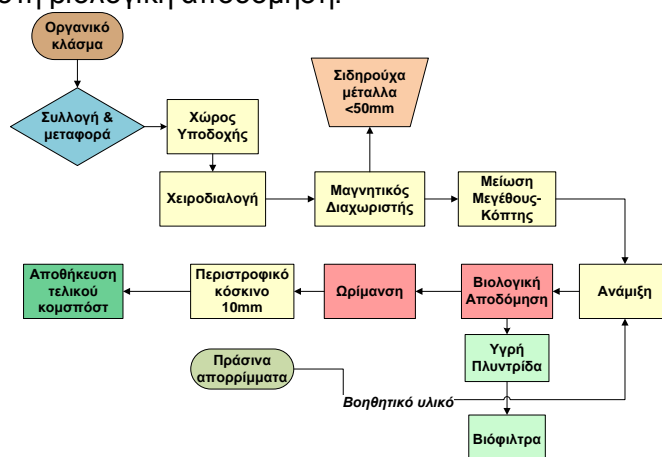
Σχήμα 2. Αποτύπωση Εξεταζόμενου Συστήματος

Σημειώνεται ότι η διαλογή του χαρτιού σε ανεξάρτητο κάδο οφείλεται στην ευκολία διάκρισης του από το καταναλωτικό κοινό αλλά και παράλληλα στον υψηλό βαθμό δυσκολίας ανάκτησης του από το κλάσμα μίξης του με άλλα ρεύματα απορριμμάτων (ΕΕΑ 2006). Το οργανικό κλάσμα που συγκεντρώνεται στους αντίστοιχους κάδους, οδηγείται στη μονάδα κομποστοποίησης.

Σύμφωνα με το διάγραμμα ροής, κατά την πρώτη φάση της διαδικασίας τα οχήματα συλλογής, αφού ζυγίσουν τα απορρίμματα σε ειδική γεφυροπλάστιγγα, εκφορτώνουν

στον χώρο υποδοχής απορριμμάτων ο οποίος διαμορφώνεται σε κλειστό κτίριο λειτουργώντας ταυτόχρονα και ως προσωρινός αποθηκευτικός χώρος παρέχοντας τη δυνατότητα αποθήκευσης ως τη σταδιακή επεξεργασία τους.

Από τις ειδικές δεξαμενές του χώρου υποδοχής τα απορρίμματα μέσω ταινιόδρομου με ιμάντα οδηγούνται στην προεπεξεργασία τους. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται χειροδιαλογή για την απομάκρυνση ογκώδων και ανεπιθύμητων υλικών. Στη συνέχεια, αφού το ρεύμα διαχωριστεί από πιθανές προσμίξεις μετάλλων, υπόκειται μείωση μεγέθους για βέλτιστη βιολογική αποδόμηση.



**Σχήμα 3.** Σχηματική απεικόνιση διαγράμματος ροής των επιμέρους διεργασιών εντός της μονάδας κομποστοποίησης

Το οργανικό ρεύμα, αφού αναμειχθεί με πράσινα απόβλητα (κλαδέματα κλπ) που θεωρείται ότι βρίσκονται διαθέσιμα στην περιοχή, και λειτουργούν ως διογκωτικό μέσο, οδηγείται σε ειδικά διαμορφωμένα κελιά για τη βιολογική αποδόμηση του. Η μίξη πραγματοποιείται σε αναλογία ογκομετρική 1:1. Η βιολογική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων πραγματοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες αερισμού και θερμοκρασίας, διάρκειας 21 ημερών. Η ωρίμανση, που είναι το επόμενο στάδιο πραγματοποιείται σε σειράδια εντός στεγανού-κλειστού κτιρίου για χρονικό διάστημα 6-8 εβδομάδων. Ακολουθεί ο εξευγενισμός του κομπόστ όπου μέσω περιστροφικού κόσκινου αφαιρείται το μη αποδομημένο οργανικό κλάσμα. Τελικά το κομπόστ δεματοποιείται και αποθηκεύεται σε κατάλληλο χώρο πριν την τελική του διάθεση στην αγορά. Στα βιοκελιά πραγματοποιείται μερική ανακυκλοφορία του εξερχόμενου αέρα επιτρέποντας τη μείωση των απαερίων στην ατμόσφαιρα σε όλη τη φάση της αποδόμησης μέχρι και 95% (Ambiocell Ambientalia 2011), ενώ για την αποφυγή οσμών χρησιμοποιούνται βιόφιλτρα (Cadena et al. 2009). Το τελικό κομπόστ χρησιμοποιείται για αντικατάσταση συμβατικών λιπασμάτων (-N, -P, -K).

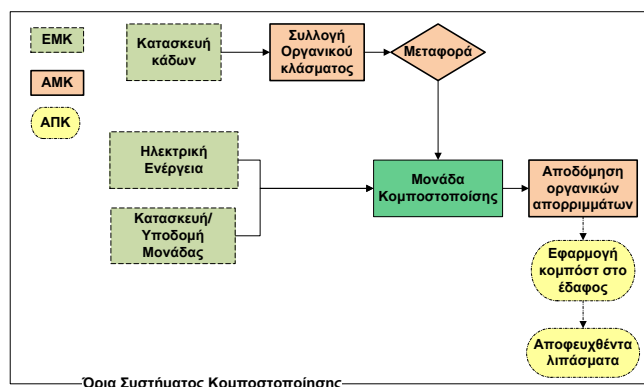
### 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Η Ανάλυση κύκλου ζωής εξετάζει τις περιβαλλοντικές πτυχές και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος από την απόκτηση της πρώτης ύλης μέσω της παραγωγής, χρήσης μέχρι την επεξεργασία και την τελική διάθεση του (τέλος ζωής). (ISO 14040, 2006).

Η μέθοδος της AKZ αποτελείται από τέσσερα στάδια, με 1<sup>ο</sup> τον καθορισμό του σκοπού και των ορίων συστήματος της ανάλυσης. Κατά το 2<sup>ο</sup> στάδιο καταγράφονται τα απαιτούμενα δεδομένα, καθορίζονται οι εισροές και οι εκροές του συστήματος βάσει των οποίων σχεδιάζεται το υπολογιστικό μοντέλο και εκτιμώνται οι επιπτώσεις. Τα δεδομένα σχετίζονται με τις επιμέρους διεργασίες για τη διαχείριση των οργανικών απορριμμάτων και το σύστημα της κομποστοποίησης. Ακολουθεί το 3<sup>ο</sup> στάδιο όπου αξιολογούνται οι επιπτώσεις με επιπλέον ανάλυση ευαισθησίας για την βέλτιστη κατανόηση και

αξιολόγηση της περιβαλλοντικής σημασίας των αποτελεσμάτων. Στο 4<sup>ο</sup> στάδιο, στην εκτίμηση των βελτιώσεων, συνοψίζονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα για την εξαγωγή συμπερασμάτων και βελτιώσεων σε συμφωνία με τον σκοπό και τον στόχο του συστήματος που εξετάζεται.

Η μεθοδολογία των υπολογισμών των εκπομπών του φαινομένου του θερμοκηπίου, εκφρασμένες σε ισοδύναμες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά τόνο ΑΣΑ (kg CO<sub>2eq</sub>/Mg ΑΣΑ), βασίζεται στη διάκριση τους σε άμεσες, έμμεσες και αποφευχθείσες (Gentil et al. 2009, ErE 2010). Η βασική μονάδα που χρησιμοποιείται είναι 1Mg ΑΣΑ. Τα όρια του συστήματος απεικονίζονται στο Σχήμα 4 και περιγράφονται στον Πίνακα 1.



**Σχήμα 4.** Σχηματική απεικόνιση του συστήματος κομποστοποίησης

**Πίνακας 1.** Διαδικασίες – Όρια συστήματος

Συλλογή Οργανικού κλάσματος (κατασκευή κάδων, μεταφορά)
Υποδομή Μονάδας
Ηλεκτρική ενέργεια
Διαδικασία κομποστοποίησης (Αποδόμηση οργανικού κλάσματος)
Εφαρμογή κομπόστ για αντικατάσταση λιπασμάτων

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

##### 4.1. Δεδομένα - Υπολογιστικές παραδοχές

Το οργανικό κλάσμα που σχετίζεται με τα υπολείμματα τροφής συγκεντρώνεται σε κάδους HDPE χωρητικότητας 120 L και διάρκειας ζωής 20 χρόνια, τοποθετημένοι σε κεντρικά σημεία και σε περιφερειακά της εξεταζόμενης περιοχής.

Κατά τη φάση της αποδόμησης οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα λογίζονται ως βιογενείς εκπομπές και ως εκ τούτου δεν συνυπολογίζεται στην επίδραση στο φαινομένου του θερμοκηπίου (Gentil et al 2009, ErE 2010). Σημειώνεται ότι λόγω υψηλών ποσοστών σε υγρασία και μη επαρκούς αερισμού σε όλο τον όγκο του προς κομποστοποίηση υλικού, σε θερμοκρασίες πάνω των 40-50 °C μέρος του άνθρακα δύναται να εκλυθεί ως μεθάνιο, το οποίο λαμβάνεται υπόψη στη συνολική περιβαλλοντική αποτύπωση (Amlinger et al 2008). Η χρησιμοποίηση του κομπόστ ως λίπασμα συνίσταται στην απαγωγή δυνητικών αέριων ισοδύναμων εκπομπών, που ως εκ τούτου αποφεύγονται στο εξεταζόμενο σύστημα. (Favoino et al. 2008). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές που χρησιμοποιήθηκαν.

**Πίνακας 2.** Απώλειες άνθρακα και αζώτου κατά την αποδόμηση, αποθήκευση άνθρακα τελικού κομπόστ

Απώλεια C στο CO <sub>2</sub> (%)	57	[Hermann et al. 2011]
Απώλεια C στο CH <sub>4</sub> (%)	0,11	[Hermann et al. 2011]

Απώλεια N στο N <sub>2</sub> O (%)	1,8	[Boldrin et al. 2010]
Αποθήκευση C στο έδαφος (%)	9 <sup>a</sup>	[Boldrin et al. 2009]

a: χρονικός ορίζοντας 100 χρόνια

Βάσει προσεγγιστικών καμπυλών (Francou et al. 2008, Chang et al. 2008), ο λόγος C/N υπολογίζεται ίσος με 24, ενώ υπολογίζονται βάσει των δεικτών (Yoshida et al. 2012) η σύσταση σε φώσφορο και κάλλιο. Οι εκπομπές για την παραγωγή συμβατικών λιπασμάτων υπολογίζονται βάσει του (Boldrin et al. 2009, Hansen et al. 2006). Σημειώνεται ότι για την κατασκευή της μονάδας έχει θεωρηθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν μπετόν και μέταλλα 199 kg/Mg ΑΣΑ και 0,58 kg/Mg ΑΣΑ αντίστοιχα, ενώ η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στη μονάδα κομποστοποίησης θεωρείται ίση με το 50 kWh/Mg οργανικού κλάσματος ΑΣΑ, (Blanco et al. 2010). Θεωρούνται δύο περιπτώσεις: διασυνδεδεμένου (Eurostat 2008) και μη διασυνδεδεμένου ελληνικού νησιού. Για την ανακύκλωση των υλικών χρησιμοποιούνται οι αντίστοιχες αναλύσεις κύκλου ζωής βάσει (Prognos 2008). Τέλος για την μεταφορά του οργανικού κλάσματος λήφθηκαν υπόψη οι δείκτες κατά (Defra 2008), θεωρώντας συνολική διανυόμενη απόσταση 10 km για κάθε ημέρα λειτουργίας.

#### 4.2. Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου του βασικού σεναρίου

Οι ροές των ρευμάτων του βασικού σεναρίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί. Θεωρείται ότι η διαλογή στην πηγή βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο. Η ροή των αστικών απορριμμάτων του καταναλωτικού κοινού θεωρείται ίση με 1400 kg/ημέρα ενώ ο πληθυσμός της εξεταζόμενης περιοχής ανέρχεται σε 1000 κατοίκους. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι ισοδύναμες εκπομπές του βασικού σεναρίου του συστήματος κομποστοποίησης

**Πίνακας 3.** Ροές ρευμάτων του βασικού σεναρίου

Ρεύματα κάδων	Ποσοστό επί της συνολικής ποσότητας των αστικών απορριμμάτων του καταναλωτικού κοινού
Κάδος κομποστοποίησης	60% οργανικό κλάσμα
Κάδος ανακύκλωσης χαρτιού	70% χαρτί
Κάδος ανακύκλωσης γυαλιού	70% γυαλί
Κάδος ανακύκλωσης μετάλλων-πλαστικού (1)	60 % πλαστικό
Κάδος ανακύκλωσης μετάλλων πλαστικού (2)	70% μέταλλα σιδήρου
Κάδος ανακύκλωσης μετάλλων πλαστικού (3)	70% μέταλλα αλουμινίου

**Πίνακας 4.** Ισοδύναμες Εκπομπές σε kgCO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/Mg ΑΣΑ του συστήματος κομποστοποίησης, περίπτωση βασικού σεναρίου

Ισοδύναμες εκπομπές kg CO <sub>2</sub> / Mg ΑΣΑ		
<b>Άμεσες Εκπομπές</b>	Αποδόμηση οργανικού κλάσματος	0.45
	Μεταφορά οργανικού κλάσματος στη μονάδα κομποστοποίησης	1.42
<b>Έμμεσες Εκπομπές</b>	Ηλεκτρική ενέργεια Διασυνδεδεμένο	10.71
	Μη διασυνδεδεμένο	10.52
	Κατασκευή/Υποδομή μονάδας	6.36
	Κατασκευή κάδων	1.66

<b>Αποφευχθείσες Εκπομπές</b>	Αποθήκευση άνθρακα	5.66
	Λίπασμα N	3.46
	Λίπασμα P	1.16
	Λίπασμα K	0.86
	Σύστημα διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών	
	Χαρτί	138.91
	Πλαστικό	134.12
	Γυαλί	7.48
	Μέταλλα Σιδήρου	16.96
	Μέταλλα Αλουμινίου	94.10

#### 4.3. Ανάλυση ευαισθησίας βάσει ανάμιξης χαρτιού με το οργανικό κλάσμα

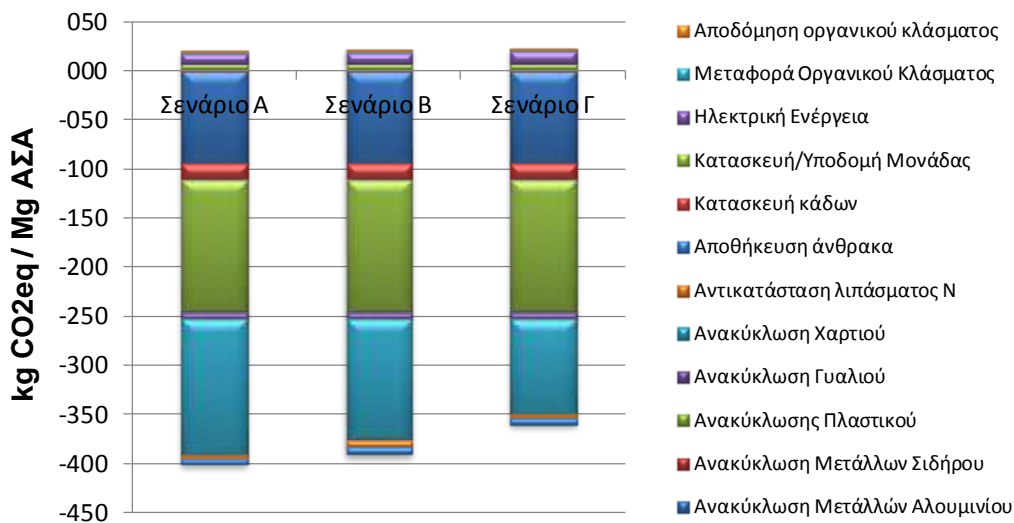
Εξετάζονται δύο σενάρια βάσει της σύστασής του προς κομποστοποίηση ρεύματος σε χαρτί. Σημειώνεται ότι το χαρτί αυτό σε σχέση με το βασικό σενάριο «προέρχεται» από τον αντίστοιχο κάδο ανακύκλωσης. Στον Πίνακα 5 συνοψίζονται τα σενάρια ενώ στο Σχήμα 5, απεικονίζεται η αντίστοιχη περιβαλλοντική αποτύπωση

**Πίνακας 5.** Σενάρια βάσει της σύστασης του προς κομποστοποίηση ρεύματος σε χαρτί<sup>1</sup>

<i><b>Εξεταζόμενα ρεύματα</b></i>	<b>Ποσοστό επί της συνολικής ποσότητας σύμμεικτων απορριμμάτων του καταναλωτικού κοινού</b>		
	<i><b>A Σενάριο</b></i>	<i><b>B Σενάριο</b></i>	<i><b>Γ Σενάριο</b></i>
Χαρτί προς κομποστοποίηση	0%	8%	21%
Χαρτί προς κάδο ανακύκλωσης	70%	62%	49%

<sup>1</sup> Το υπόλοιπο ποσοστό χαρτιού βρίσκεται στο ρεύμα των λοιπών ΑΣΑ

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 5, βάσει του τελικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος η ανακύκλωση του χαρτιού αποτελεί την καταλληλότερη μέθοδο για τη διαχείρισή του. Ως εκ τούτου όπως γίνεται αντιληπτό η διαλογή στην πηγή των ανακυκλώσιμων υλικών, καθώς επίσης και του οργανικού κλάσματος το οποίο οδηγείται για κομποστοποίηση, αποτελεί την ιδανικότερη μέθοδο διαχείρισης. Πιο συγκεκριμένα όπως παρατηρείται στο Σχήμα 5, η αύξηση της ποσότητας χαρτιού στο ρεύμα κομποστοποίησης οδηγεί σε μείωση των αποφευχθέντων εκπομπών, αφού οι αποφευχθείσες εκπομπές του ρεύματος του χαρτιού λόγω ανακύκλωσης είναι πολύ μεγαλύτερης τάξης μεγέθους από τις εκπομπές του χαρτιού κατά την κομποστοποίησή του.



**Σχήμα 5:** Ισοδύναμες εκπομπές CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>eq/Mg ΑΣΑ) βάσει της σύστασης σε χαρτί του κλάσματος απορριμμάτων που οδηγείται για κομποστοποίηση.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μέθοδος της κομποστοποίησης σύμφωνα με τις αρχές της ανάλυσης κύκλου ζωής έχει μικρότερη επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε σχέση με τη μέθοδο της υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων, η οποία εφαρμόζεται στα ελληνικά νησιά στην παρούσα κατάσταση. Μάλιστα η διαλογή στην πηγή του οργανικού κλάσματος σε συνδυασμό με την διαλογή στην πηγή των ανακυκλώσιμων υλικών αποτελεί σενάριο που όπως παρουσιάζεται στη μελέτη είναι περιβαλλοντικά φιλικό, με το τελικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα να παρουσιάζει αποφευχθείσες εκπομπές.

Σημειώνεται ότι οι περιβαλλοντικές επιδράσεις της κομποστοποίησης εξαρτώνται από τις μεθόδους διατήρησης των αερόβιων διαδικασιών, ενώ τα αποτελέσματα της ανάλυσης κύκλου ζωής της διαδικασίας της κομποστοποίησης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις παραμέτρους αντιστάθμισης που θα χρησιμοποιηθούν (πχ το είδος λιπασμάτων). Μεγαλύτερο όφελος παρουσιάζεται με την αντικατάσταση λιπάσματος Ν. Τέλος το περιβαλλοντικό κέρδος βάσει των αρχών της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι μεγαλύτερο κατά την ανακύκλωση του χαρτιού σε σχέση με την κομποστοποίηση του με το υπόλοιπο οργανικό κλάσμα.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία έγινε στα πλαίσια του Έργου «ISWM-TINOS» (LIFE10/ENV/GR/000610) και αποτελεί στάδιο προμελέτης. Η ομάδα Εργασίας θα ήθελε να ευχαριστήσει το ευρωπαϊκό χρηματοδοτικό μέσο για το περιβάλλον (LIFE+) για τη μερικώς χρηματοδότησή του.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Καραμάνου Άννα, Αθήνα 2006. *Η Διαχείριση των απορριμμάτων και οι ιδιαιτερότητες των νησιών. Τμήμα Πολιτικής Επιστήμης και Δημόσιας Διοίκησης, Διεθνής Προστασία του Περιβάλλοντος*. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΚΥΑ 50910/2727/2003, (ΥΑ Η.Π.50910/2727 ΦΕΚ Β 1909 2003): *Μέτρα-Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων*. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδ. Διαχείρισης

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής αλλαγής, 2012, Διαθέσιμο στο: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=438> [Πρόσβαση 15 Ιουνίου 2012]

Ambiocell Ambientalia, 2011, *Aerobic Composting processes*. Available from: <http://www.ambientalia.com/ambi/english/ambiocell.htm> [Accessed 20 May 2012]

- Amlinger Florian, Peyr Stefan and Cuhls Carsten, 2008. Green house gas emissions form composting and mechanical biological treatment. *Waste Management & Research* 26, 47-60
- Blanco Julia Martinez, Colon Joan, Gabarrell Xavier, Font Xavier, Sanchez Antoni, Artola Adriana , Rieradevall Joan, 2010. The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale. *Waste Management* 30, 983-994.
- Boldrin Alessio , Anderson Jacob K., Moller Jacob, Christensen Thomas H., 2009. Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste management & Research* 27, 800-812
- Boldrin Alessio,. Hartling Karin R, Laugen Maria, Christensen Thomas H., 2010. *Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation. Resources, Conservation and Recycling* 54, 1250-1260.
- Cadena Erasmo, Colon Joan, Sanchez Antoni, Font Xavier, Artola Adriana, 2009. A methodology to determine gaseous emissions in a composting plant. *Waste Management* 29, 2799-2807. .
- Chang James I., Hsu Tin-En, 2008. Effects of compositions on food waste composting. *Biosource Technology* 99, 8068-8074.
- Defra Guidelines, 2008., *GHG Conversion Factors: Methodology Paper for Transport Emission Factors*. Available from: <http://archive.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/passenger-transport.pdf>. [Accessed 10 July 2012]
- EpE, Entreprises pour l' Environnement, 2010 *Protocol for the quantification of greenhouse gases emissions from waste management activities*.
- European Committee for Standardization, 2006. *CEN/TS 15440 Solid Recovered fuels-Method for the determination of biomass content*
- European Environment Agency (EEA), 2006. *Paper and cardboard-recovery or disposal, Review of life cycle Assessment and cost benefit analysis on the recovery and disposal of paper and cardboard, Technical report*
- Favoino Enzo & Hogg Dominic 2008. The potential role of compost in reducing greenhouse gases. *Waste management & Research*, 26, 61-69.
- Francou Cedric, Lineres Monique, Derenne Sylvie, Maelenn Le Villio-Poitrenaud, Sabine Houot, 2008. Influence of green waste, biowaste and paper-cardboard initial ratios on organic matter transformations. *Bioresource Technology* 99, 8926-8934.
- Gentil Emmanuel, Christensen Thomas H & Aoustin Emmanuelle, 2009. Greenhouse gas accounting and waste management. *Waste Management & Research*, 27, 696-706.
- Hansen Trine Lund, Højlund Thomas, Schmidt Christensen and Sonja, 2006. Environmental modelling of use of treated organic waste on agricultural land: a comparison of existing models for life cycle assessment of waste systems. *Waste Management Research* 24, 141-152
- Hermann B.G, Debeer, Wilde B.De ., Blok K, Patel M.K, 2011. To compost or not to compost: Carbon & energy footprints of biodegradable materials' waste treatment. *Polymer Degradation & Stability* 96, 1159-1171.
- Hiroko Yoshida, Joshua J. Gable, Jae K. Park, 2012. Evaluation of organic waste diversion alternatives for greenhouse gas reduction. *Resources, Conservation & Recycling* 60, 1-9.
- ISO 14040, 2006. Environmental management – *Life cycle assessment – Principles and framework*. International Standard, Second Edition
- Prognos in Co-operation with institute of Environmental research university of Dortmund, 2008, Resource savings and CO2 reduction potential in waste management in Europe and the possible contribution to the CO2 reduction target in 2020.