



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

ΠΜΣ: ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΒΟΛΟΥ.**

ΕΚΠΟΝΗΣΗ:

ΙΩΑΝΝΑ ΜΑΣΛΟΥΜΙΔΗ

Πολιτικός Μηχανικός

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΧΡΥΣΗ ΛΑΣΠΙΔΟΥ

Επίκ. Καθηγήτρια

ΒΟΛΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ / ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΠΜΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΒΟΛΟΥ.

ΙΩΑΝΝΑ ΜΑΣΛΟΥΜΙΔΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: κ. ΧΡΥΣΗ ΛΑΣΠΙΔΟΥ

Εξεταστική Επιτροπή:

Χ. Λασπίδου, Επικ. Καθηγήτρια (Επιβλέπουσα)

Α. Κούγκολος, Καθηγητής

Β. Κοτζαμάνης, Καθηγητής

ΒΟΛΟΣ

Ιούνιος 2013

"For most of history, man has had to fight nature to survive; in this century he is beginning to realize that, in order to survive, he must protect it."

«Σε όλη τη διάρκεια της Ιστορίας, ο άνθρωπος έπρεπε να παλεύει με τη Φύση για να επιβιώσει. Σ' αυτόν τον αιώνα, έχει αρχίσει να συνειδητοποιεί ότι για να επιβιώσει, πρέπει να την προστατέψει.»

Jacques-Yves Cousteau

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων έχει καθοριστικό ρόλο στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Οι εκάστοτε χρησιμοποιούμενες μέθοδοι επιφέρουν μεγάλη διαφορά τόσο στη συμβολή τους στη ρύπανση του περιβάλλοντος όσο και στην εξοικονόμηση ενέργειας και φυσικών πόρων. Στην παρούσα εργασία γίνεται επισκόπηση της διαδικασίας της ολοκληρωμένης διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων και των παραγόμενων αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρουσιάζονται τα εμπειρικά μοντέλα εκτίμησης των εν λόγω εκπομπών με βάση την ανάλυση του κύκλου ζωής των απορριμμάτων, και πραγματοποιείται εφαρμογή του μοντέλου IWM (Integrated Waste Model) στο Σύστημα Διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων του Δήμου Βόλου. Σκοπός της έρευνας είναι η επιλογή της βέλτιστης μεθόδου διαχείρισης, με κριτήριο τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, μέσω της σύγκρισης σεναρίων. Από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι τη βέλτιστη λύση αποτελεί ο συνδυασμός της αύξησης της ανακύκλωσης με την παράλληλη εισαγωγή της μεθόδου κομποστοποίησης και τελική διάθεση των υπόλοιπων απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ, ενώ είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης της ποσότητας των απορριμμάτων στην πηγή παραγωγής τους.

Λέξεις – κλειδιά: *διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ανάλυση κύκλου ζωής, μοντέλο IWM, Δήμος Βόλου.*

ABSTRACT

Municipal solid waste (MSW) management has a determinant role in the environmental sustainability. The various applied methods result differently in the contribution of environmental pollution, as well as in energy and natural resources saving. The current study presents an overview of the process of integrated MSW management and the consequently produced greenhouse gases (GHG). It also describes the models developed for estimating the GHG emissions, based on waste Life Cycle Assessment. The IWM (Integrated Waste Management) model is applied to the case study of the MSW management system of the Municipality of Volos. The aim of the study is the selection of the optimal method, under the criterion of their impacts on GHG emissions, through the comparison of alternative scenarios. The results show that the combination of increased recycling, together with the implementation of composting, and the landfilling of the rest have the greatest benefits on reducing the GHG emissions, while the source reduction of the produced waste quantity is imperative.

Keywords: municipal solid waste management, greenhouse gas emissions, life cycle assessment, IWM model, Municipality of Volos.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα αποτελεί τη Διπλωματική εργασία στα πλαίσια ολοκλήρωσης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών με τίτλο «Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα Καθηγήτρια κα Χρυσή Λασπίδου για την ενθάρρυνσή της να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα, την άριστη συνεργασία μας και την καθοδήγησή της σε κάθε στάδιο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους Καθηγητές κ. Αθανάσιο Κούγκολο και κ. Βύρωνα Κοτζαμάνη που δέχτηκαν να είναι μέλη της τριμελούς επιτροπής αξιολόγησης της παρούσας.

Ακόμη, ευχαριστώ τον κ. Αντώνη Σουλικιά για την καθοδήγησή του σχετικά με τη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic, τον Προϊστάμενο της Διεύθυνσης καθαριότητας του Δ. Βόλου κ. Χρήστο Τσιλιό και τον υπεύθυνο του ΧΥΤΑ κ. Χρήστο Ζάνη για την παροχή των απαραίτητων πληροφοριών και πρωτογενών δεδομένων.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξή τους και όλους όσους βοήθησαν στη συνολική πορεία των σπουδών μου, και τέλος τους συμφοιτητές μου Μάρω, Μαρία και Αλέξανδρο για τη μετατροπή του συνολικού χρόνου της κοινής μας πορείας στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών σε ένα ευχάριστο ταξίδι...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	x
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	4
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	4
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	5
1.3 ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	6
1.3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	6
1.3.2 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΣΑ.....	6
1.3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΣΑ.....	8
2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΑ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΕΕ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .	11
2.1 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΕ.....	11
2.1.1 Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	11
2.1.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	13
2.1.3 ΘΕΣΜΙΚΟ – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΕ.....	14
2.2 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	16
2.2.1 Η ΕΘΝΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ.....	16
2.2.2 ΘΕΣΜΙΚΟ – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	18
3. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	21

3.1	Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ.....	21
3.2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΑ	24
3.3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΑ	27
3.3.1	ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΛΟΓΗΣ	27
3.3.2	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.....	28
3.3.3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	30
3.3.4	ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	30
3.3.5	ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ.....	32
3.4	Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	33
4.	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ	36
4.1	ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	36
4.1.1	ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	36
4.1.2	ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	36
4.2	ΑΕΡΙΑ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	38
4.3	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	40
4.3.1	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΧΥΤΑ.....	41
4.3.2	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	43
4.3.3	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ	43
4.3.4	ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.....	44
5.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΦΘ ΜΕΣΩ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΚΖ	46
5.1	Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ.....	46
5.2	ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΣΕ CO ₂	47
5.3	ΜΟΝΤΕΛΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	48
5.4	ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	50
5.5	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	52
5.6	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ	52
5.7	ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΩΝ.....	53

6. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΑ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΒΟΛΟΥ.....	55
6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	55
6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	56
6.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	58
6.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΑ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΒΟΛΟΥ ...	61
6.5 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	63
6.6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	64
6.7 ΑΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	66
6.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	70
6.9 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΣΑΣ ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	77
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	79
7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	82
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	86
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100
Α. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	100
Β. Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία.....	105
C. Βιβλιογραφία – Εικονογραφία στο διαδίκτυο.....	110

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1-1: Μεταβολή ΜΠΑ ανάλογα με το επίπεδο ανάπτυξης των χωρών.	9
Πίνακας 5-1: Ισοδυναμία σε CO ₂ των ΑΦΘ.....	48
Πίνακας 6-1: Αριθμός δρομολογίων των απορριμματοφόρων.	61
Πίνακας 6-2: Ετήσια διανυόμενη απόσταση των απορριμματοφόρων.....	68
Πίνακας 6-3: Εκπομπές ΑΦΘ από τα εξεταζόμενα σενάρια.	71
Πίνακας 6-4: Συνολικές εκπομπές από κάθε σενάριο.....	72
Πίνακας 6-5: Διαφορά συνολικών εκπομπών των εναλλακτικών σεναρίων από το Σενάριο 0.	72
Πίνακας 6-6: Απόδοση διαφοράς ποσοτήτων ΑΦΘ από το Σενάριο 0 σε ισοδύναμο αριθμό επιβατικών οχημάτων.	77

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1-1: Εκτίμηση σύνθεσης των αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα.	7
Διάγραμμα 1-2: Παραγωγή Α.Σ.Α. στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. για το έτος 2006 (Κιλά/άτομο)...	10
Διάγραμμα 4-1: Εκπομπές ΑΦΘ ανά τομέα ανθρωπογενούς δραστηριότητας το 2004.	38
Διάγραμμα 4-2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα των απορριμμάτων κατά το έτος 2010.	41
Διάγραμμα 4-3: Εκπομπές CH ₄ από τους ΧΥΤΑ κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας του σταδίου λειτουργίας τους.	42
Διάγραμμα 6-1: Ποσοστιαία κατανομή διαχειριζόμενης ποσότητας ανά μέθοδο ανά σενάριο.	72
Διάγραμμα 6-2: Συνολικές μικτές και καθαρές εκπομπές ΑΦΘ ανά σενάριο.	73
Διάγραμμα 6-3: Ποσοστιαία μείωση εκπομπών ΑΦΘ ανά σενάριο σε σχέση με το Σενάριο 0.	73
Διάγραμμα 6-4: Μικτές εκπομπές ΑΦΘ ανά σενάριο και ανά μέθοδο διαχείρισης.	76
Διάγραμμα 6-5: Ποσοστιαία συμβολή κάθε μεθόδου στις εκπομπές ΑΦΘ ανά σενάριο.	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3-1: Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην ΕΕ.	24
Εικόνα 3-2: Πηγές και καταβόθρες αερίων του θερμοκηπίου, σχετιζόμενες με τον κύκλο ζωής των υλικών.	35
Εικόνα 6-1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας.	60
Εικόνα 6-2: 1 ^η οθόνη εισαγωγής δεδομένων - Σύσταση συνολικών ποσοτήτων ΑΣΑ.	67
Εικόνα 6-3: Σύσταση ποσοτήτων ΑΣΑ που οδηγούνται στην ανακύκλωση.	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 6-1: Εξυπηρετούμενες περιοχές κατά τη διαχείριση των ΑΣΑ από το Δήμο Βόλου.	62
---	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΑΚΖ	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
ΑΦΘ	Αέρια που συμβάλουν στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΑΑ	Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης της Ανακύκλωσης
ΕΕΔΣΑ	Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΕΚ	Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΕΚΑ	Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων
ΕΟΕΔΣΑΠ	Εθνικός Οργανισμός Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων
ΕΟΚ	Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
ΕΣΚΔΕ	Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Διακιωμάτων Εκπομπών
ΚαΣ	Καύσιμα από Σκουπίδια
ΚΔΑΥ	Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών
ΚΠΣ	Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΜΠΑ	Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων
Ν.	Νόμος
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
ΟΟΣΑ	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
ΟΣΜ	Οχήματα Συλλογής – Μεταφοράς
ΟΤΑ	Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης
Π.Σ.	Πολεοδομικό Συγκρότημα
ΠΔΠ	Προγράμματα Δράσης για το Περιβάλλον
ΠΕΠ	Περιφερειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα
ΠΕΣΔΑ	Περιφερειακά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων
ΠΥΣ	Πρακτικά Υπουργικού Συμβουλίου
ΡΠΑ	Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων
ΣΟΔΑ	Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβέρνησης
ΦΟΔΣΑ	Φορείς για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
ΧΥΤΥ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων
GWP	Global Warming Potential
IWM	Integrated Waste Management
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
RDF	Refuse Derived Fuel

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα σημαντικότερα θέματα που τίθενται στην παγκόσμια στρογγυλή τραπέζι είναι η πράσινη ανάπτυξη. Στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης, η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί μείζον ζήτημα, άρρηκτα συνδεδεμένο τόσο με την προστασία της δημόσιας υγείας, όσο και με την εξοικονόμηση φυσικών και πόρων και ενέργειας.

Η διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) αποτελεί προτεραιότητα στην αντζέντα προστασίας του περιβάλλοντος. Αφενός, παράλληλα με την έντονη οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών, επήλθε και αύξηση του βιοτικού επιπέδου, με συνέπεια τόσο τις αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες, όσο και τις αλλαγές στα πρότυπα παραγωγής και συσκευασίας των προϊόντων, με αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας και του όγκου των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων. Αφετέρου, τα ΑΣΑ αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος, με παράλληλη συνέπεια την απειλή της δημόσιας υγείας, αλλά και την απειλή της εξάντλησης των φυσικών πόρων.

Καθίσταται λοιπόν, και στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης, επιτακτική η ανάγκη σχεδιασμού και εφαρμογής ολοκληρωμένων Σχεδίων Διαχείρισης των ΑΣΑ, που θα εξετάζουν τη διαδικασία ολιστικά, υπό το φάσμα όλων των πιθανών επιπτώσεων.

Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια, το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής κυριαρχεί στη θεματολογία των διακρατικών συναντήσεων για θέματα περιβάλλοντος και είναι διαρκώς παρόν στις περιβαλλοντικές αντζέντες. Μία πτυχή αυτού του ζητήματος είναι αδιαμφισβήτητη και το οφειλόμενο στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η διαχείριση των ΑΣΑ είναι μία από τις σημαντικές πηγές εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (ΑΦΘ), και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο την τελευταία δεκαετία αρκετές έρευνες πάνω στη διαχείριση των ΑΣΑ περιλαμβάνουν την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) των απορριμμάτων, με σκοπό να επικεντρωθούν στην εύρεση τρόπων μείωσης των εν λόγω εκπομπών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι αφενός να παρουσιάσει τη διαδικασία ενός ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης των στερεών αστικών αποβλήτων και αφετέρου να αναδείξει το βέλτιστο συνδυασμό μεθόδων για τη διαχείριση των

απορριμμάτων του Δήμου Βόλου με βάση τις εκπομπές αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, μέσω ενός μοντέλου βασισμένου στην ανάλυση του κύκλου ζωής των απορριμμάτων.

Οι επιμέρους στόχοι της εργασίας είναι:

- Η καταγραφή όλων των σταδίων της διαδικασίας ενός σχεδίου διαχείρισης ΑΣΑ, καθώς και των μεθόδων επεξεργασίας τους.
- Η συνοπτική παρουσίαση του θεσμικού πλαισίου και της νομοθεσίας της ΕΕ και της Ελλάδας σχετικά με τη διαχείριση των ΑΣΑ και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από αυτή.
- Η περιγραφή των εκπομπών των σημαντικότερων αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (ΑΦΘ) από τις μεθόδους διαχείρισης ΑΣΑ.
- Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας που ακολουθείται κατά την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) των απορριμμάτων.
- Η περιγραφή της λειτουργίας των μοντέλων που υπολογίζουν τις εκπομπές των ΑΦΘ από τη διαδικασία της διαχείρισης και είναι βασισμένα στην ΑΚΖ.
- Η εξέταση διαφορετικών σεναρίων διαχείρισης στο Δήμο Βόλου και η επιλογή αυτού που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση στις παραγόμενες εκπομπές ΑΦΘ.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 7 κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται λόγος γενικά για τα στερεά απόβλητα και δίνεται ο ορισμός τους και οι κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται. Στη συνέχεια προσδιορίζεται η έννοια των αστικών στερεών αποβλήτων, αποτυπώνεται η σύνθεση και η κατηγοριοποίησή τους, ενώ στο τέλος αναφέρονται γενικά στοιχεία που αφορούν στην παραγωγή των ΑΣΑ στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η Ευρωπαϊκή πολιτική σχετικά με τη διαχείριση των απορριμμάτων και παρουσιάζονται συνοπτικά τα Προγράμματα Δράσης για το Περιβάλλον. Επίσης, περιγράφεται το θεσμικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τη βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων και τις εκπομπές των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στη συνέχεια, γίνεται μια σύντομη

αναφορά στην αντίστοιχη εθνική πολιτική, καθώς και στους βασικότερους νόμους και αποφάσεις του αντίστοιχου Ελληνικού θεσμικού και νομικού πλαισίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο αρχικά προσδιορίζεται η έννοια της βιώσιμης διαχείρισης των απορριμμάτων, παραθέτονται οι στόχοι της και αναλύονται οι αρχές που τη διέπουν. Στη συνέχεια περιγράφονται τα στάδια ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης, καθώς και οι μέθοδοι επεξεργασίας, ενώ στο τέλος εισάγεται η έννοια της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρουσιάζονται τα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι πηγές παραγωγής τους, και τέλος περιγράφονται οι εκπομπές των ΑΦΘ από κάθε μέθοδο διαχείρισης των απορριμμάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερέστερη αναφορά στη διαδικασία Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής των απορριμμάτων και στα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό των εκπομπών ΑΦΘ από τη διαχείρισή τους. Περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας των μοντέλων, η μεθοδολογία και οι τρόποι συλλογής δεδομένων. Τέλος, παραθέτονται οι βασικές παραδοχές που γίνονται κατά τη χρήση των μοντέλων, καθώς και οι διαφορές μεταξύ των μοντέλων αλλά και ορισμένα προβλήματα που έχουν παρουσιασθεί, όπως επίσης και ορισμένοι προβληματισμοί των ερευνητών που τα έχουν χρησιμοποιήσει σε προηγούμενες έρευνες.

Στο έκτο κεφάλαιο μελετάται η περίπτωση Διαχείρισης των ΑΣΑ στο Δήμο Βόλου και γίνεται εφαρμογή με βάση το υπολογιστικό μοντέλο IWM για την εύρεση του σεναρίου με τη μικρότερη ποσότητα παραγόμενων εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αρχικά περιγράφεται αναλυτικά η λειτουργία του μοντέλου, καθώς και ο υπάρχων τρόπος διαχείρισης των απορριμμάτων στο Δήμο. Ακολουθεί η ανάπτυξη των εναλλακτικών υπό εξέταση σεναρίων, καθώς και η απογραφική ανάλυση των δεδομένων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και γίνεται σύγκριση της προκύπτουσας ιεραρχίας των σεναρίων με την αντίστοιχη ιεραρχία προηγούμενων ερευνών.

Τέλος, η εργασία κλείνει με το έβδομο κεφάλαιο, το οποίο περιλαμβάνει τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν, καθώς και ορισμένες προτάσεις σχετικά τόσο με τη διαχείριση των ΑΣΑ, όσο και με ενδεχόμενες μελλοντικές έρευνες.

1. ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Στερεά Απόβλητα είναι «τα στερεά ή ημιστερεά υλικά τα οποία, κάτω από κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες, δεν έχουν αρκετή αξία ή χρησιμότητα για τον κάτοχό τους ώστε αυτός να συνεχίσει να υφίσταται τη δαπάνη, τη μέριμνα ή το βάρος της διατήρησής τους (με άλλα λόγια, το κόστος απόρριψης ή αποβολής τους είναι μικρότερο από το κόστος διατήρησής τους). Είναι τα στερεά υλικά που ανακύπτουν ως παραπροϊόντα από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών, των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, των εμπορικών εγκαταστάσεων, των γεωργικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων κλπ.» (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Είναι ουσίες ή αντικείμενα τα οποία ο κάτοχός τους αποβάλλει ή υποχρεούται να αποβάλλει, δυνάμει των διατάξεων της ισχύουσας εθνικής νομοθεσίας (Οδηγία 75/442/ΕΟΚ). Τα στερεά απόβλητα καθορίζονται από τον ΕΚΑ. (Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων) και υπάγονται σε κατηγορίες (Απόφαση 2000/532/ΕΚ).

Στη διαχείριση στερεών αποβλήτων, ως στερεά απόβλητα νοούνται αυτά που εμπίπτουν στον παραπάνω ορισμό και δεν υπάγονται στην κατηγορία των επικίνδυνων αποβλήτων του Παραρτήματος ΙΒ του ΕΚΑ σύμφωνα με το άρθρο 2 του ΦΕΚ 1909/Β/2003 της εθνικής νομοθεσίας.

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τη διαχείριση στερεών αποβλήτων, κατά την ελληνική νομοθεσία και τις ευρωπαϊκές οδηγίες εξαιρούνται (ΦΕΚ 1909/Β/2003, Οδηγία 75/442/ΕΟΚ):

- τα επισημασμένα ως εν δυνάμει επικίνδυνα από τον Ε.Κ.Α. (εκρηκτικά, οξειδωτικά, εύφλεκτα, ερεθιστικά επιβλαβή, τοξικά, καρκινογόνα, διαβρωτικά, μολυσματικά, μεταλλαξιγόνα, ευαιθητοποιητικά, οικοτοξικά) (Οδηγία 2008/98/ΕΚ),
- τα αέρια απόβλητα που εκλύονται στην ατμόσφαιρα,
- τα λύματα, με εξαίρεση τις ιλύες,

- τα στερεά απόβλητα που προκύπτουν από εργασίες έρευνας, εξαγωγής, επεξεργασίας και εναποθήκευσης των μεταλλευτικών πόρων και των βιομηχανικών ορυκτών, καθώς και από την εκμετάλλευση των λατομείων,
- τα πτώματα ζώων και άλλες φυσικές και μη επικίνδυνες ουσίες γεωργικών αποβλήτων,
- τα αποχαρακτηρισμένα εκρηκτικά,
- τα ραδιενεργά
- άλλα απόβλητα, υποκείμενα σε ειδικούς κοινοτικούς κανόνες.

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Οι κατηγορίες στις οποίες ομαδοποιούνται τα στερεά απόβλητα, κυρίως κατά την πηγή προέλευσής τους (ΠΕ.Σ.Δ.Α. Περιφέρειας Αττικής, 2011), είναι (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002):

- τα αστικά στερεά απόβλητα: οικιακά και παρεμφερή απορρίμματα που παράγονται κυρίως από οικισμούς (από κατοικίες, εμπορικές χρήσης και άλλης φύσης δραστηριότητες που προσομοιάζουν με τις προηγούμενες),
- τα απόβλητα οικοδομικών δραστηριοτήτων: αδρανή απόβλητα από κατασκευές, εκσκαφές και κατεδαφίσεις (μπάζα) από δημόσια και ιδιωτικά έργα,
- τα απόβλητα αγροτικών εκμεταλλεύσεων: αγροτικά υπολείμματα που προέρχονται από γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες,
- οι ιλύες από την επεξεργασία λυμάτων: οι ιλύες που προέρχονται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, αλλά και από την επεξεργασία των βιομηχανικών μη επικίνδυνων λυμάτων,
- τα απόβλητα ορυχείων και μεταλλείων,
- τα απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα),
- τα ιατρικά απόβλητα: νοσοκομειακά απόβλητα από μονάδες υγειονομικού ενδιαφέροντος, τα οποία διακρίνονται σε 3 κατηγορίες (προσομοιάζοντα με τα οικιακά, μολυσματικά και ειδικά),
- τα πετρελαιοειδή απόβλητα,
- απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (Α.Η.Η.Ε.),
- μεταχειρισμένα ελαστικά,

- υλικά σκραπ και
- άλλα στερεά ειδικά απόβλητα τα οποία δεν μπορούν να διατεθούν μαζί με τα αστικά, όπως τοξικά βιομηχανικά, οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους, καταλύτες αυτοκινήτων, τα ογκώδη αντικείμενα εξαιτίας της ιδιαιτερότητάς τους λόγω μεγέθους, στάχτες κ.α.

Σημειώνεται ότι όλα τα υπόλοιπα εκτός από τα αστικά απόβλητα, συμπεριλαμβανομένων των επικίνδυνων, ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των ειδικών αποβλήτων.

1.3 ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.3.1 *ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*

Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ) είναι τα οικιακά απορρίμματα, καθώς και άλλα απόβλητα, τα οποία λόγω της φύσης και της σύνθεσής τους προσομοιάζουν με τα οικιακά, όπως π.χ. τα δημοτικά απόβλητα, τα απόβλητα εμπορικών καταστημάτων και κτιρίων όπου στεγάζονται υπηρεσίες του τριτογενή τομέα, τα απόβλητα κήπων, πάρκων και καθαρισμού δρόμων, αφυδατωμένες ιλύες κ.α. (ΦΕΚ 1909/Β/2003), με εξαίρεση τα απόβλητα εκσκαφών και οικοδομικών κατεδαφίσεων, τα πολύ ογκώδη αντικείμενα καθώς και τα απόβλητα που εμπίπτουν στις κατηγορίες των επικίνδυνων κατά τον Ε.Κ.Α. (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002; www.eedsa.gr). Στον ΕΚΑ τα αστικά στερεά απόβλητα ταξινομούνται υπό τον κωδικό 20 (ΕΚΑ, 2001).

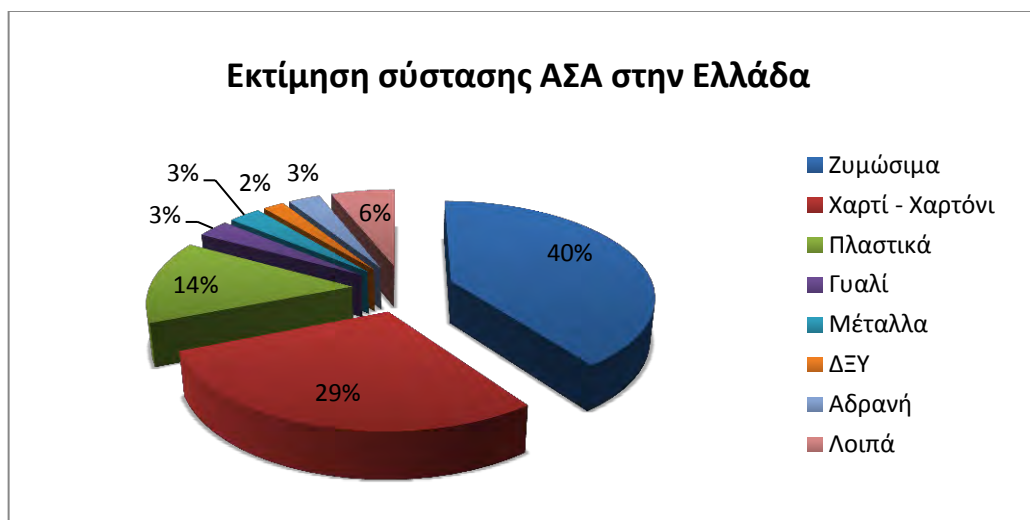
1.3.2 *ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΣΑ*

Οι βασικές κατηγορίες στις οποίες ομαδοποιούνται τα αστικά στερεά απόβλητα είναι οι εξής (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002):

- Ζυμώσιμα: είναι τα οργανικά υλικά που προέρχονται από τα υπολείμματα κουζίνας (τροφικά υπολείμματα) και κήπου.
- Χαρτί: χαρτιά και χαρτόνια από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων.

- **Μέταλλα:** Περιλαμβάνονται όλα τα μεταλλικά υλικά που εμπεριέχονται στα απορρίμματα, ωστόσο γίνεται μια περαιτέρω διάκριση σε σιδηρούχα και μη υλικά, κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων, ενώ στα μη σιδηρούχα περιλαμβάνεται το αλουμίνιο, το οποίο περιλαμβάνεται στις βασικές κατηγορίες των ανακυκλώσιμων.
- **Γυαλί:** όλων των αποχρώσεων τα γυάλινα απορρίμματα, τα οποία ωστόσο αναφορικά με την ανακύκλωση πρέπει να διαχωρίζονται ανά χρώμα.
- **Πλαστικό:** στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλα τα πολυμερή απορρίμματα.
- **Δ-Ξ-Λ-Υ:** απόβλητα από δέρμα, ξύλο, λάστιχο και ύφασμα, τα οποία χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα.
- **Αδρανή:** πρόκειται για τα χημικά ανενεργά υλικά των οικιακών απορριμμάτων, όπως χώμα, πέτρες κ.α.
- **Λοιπά:** οποιαδήποτε άλλα υλικά των αστικών αποβλήτων τα οποία δεν εμπίπτουν σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες.

Η σύνθεση των απορριμμάτων μπορεί να ποικίλει ανάλογα τοπικά και χρονικά. Στην Εικόνα 1.1 απεικονίζεται διαγραμματικά η μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα. Σύμφωνα με το ΥΠΕΧΩΔΕ (2009), στην Ελλάδα δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερα μεγάλες διακυμάνσεις των ποσοστών της κατά βάρους σύστασης των απορριμμάτων.



Διάγραμμα 1-1: Εκτίμηση σύνθεσης των αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα.

Πηγή: (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2009).

Επίσης, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων μπορούν να διαχωριστούν σε 4 κατηγορίες ώστε να μπορούν ευκολότερα να αξιολογηθούν σχετικά με τον τρόπο διαχείρισής τους. Οι 4 κατηγορίες των χαρακτηριστικών τους είναι οι εξής (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002):

- Φυσικά: η κατά βάρος φυσική σύστασή τους σε ευδιάκριτα υλικά, (χαρτί, γυαλί, μέταλλα, κ.τ.λ.), η πυκνότητα και το ειδικό βάρος, το μέγεθος και η κατανομή μεγεθών και η διαπερατότητά τους.
- Χημικά (ανάλογα με τη χημική τους σύσταση): η υγρασία, η περιεκτικότητα σε πτητικά και ανόργανα συστατικά, η ποσοστιαία σύσταση σε χημικά στοιχεία (άνθρακα, οξυγόνο, κ.τ.λ.), η περιεκτικότητά τους σε επικίνδυνα συστατικά. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και η θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων.
- Μικροβιολογικά: ορίζονται από το ποσοστό των μολυσματικών αποβλήτων στην παραγόμενη ποσότητα.
- Βιολογικά: σχετίζονται με τη δυνατότητα μετασχηματισμού του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε αέρια συστατικά και σχετικά αδρανή οργανικά και αέρια στερεά συστατικά μέσω των βιολογικών διεργασιών.

1.3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΣΑ

Η παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων είναι μια δυναμική παράμετρος, καθώς παρουσιάζει μεγάλο εύρος τιμών τοπικά και χρονικά, αφού επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Οι κυριότεροι παράγοντες που συντελούν στη διαφοροποίηση των τιμών είναι (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002):

- η πυκνότητα του πληθυσμού αλλά και η εποχικότητα και οι χρονικές πληθυσμιακές διακυμάνσεις μιας περιοχής,
- οι εποχές του χρόνου,
- το οικονομο-κοινωνικό, πολιτισμικό και μορφωτικό επίπεδο των κατοίκων,
- η γεωγραφική περιοχή (αστικά κέντρα – αγροτικές περιοχές) και το επίπεδο ανάπτυξής της (εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες),
- η συχνότητα συλλογής των απορριμμάτων,

- η ενημέρωση των πολιτών καθώς και
- η ύπαρξη εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης των απορριμμάτων (ανακύκλωση κ.τ.λ.).

Συνεπώς, σε χώρες ή περιοχές μιας χώρας με υψηλότερο βιοτικό επίπεδο και εισόδημα, όπως τα μεγάλα αστικά κέντρα και οι πλούσιες χώρες, παρατηρείται ποσοτικά μεγαλύτερη παραγωγή απορριμμάτων σε σύγκριση με φτωχότερες χώρες, όπου στις τελευταίες δεν επικρατεί η συνήθεια του άμεσου καταναλωτισμού στην καταναλωτική συμπεριφορά των κατοίκων, ενώ γίνεται πλήρης αξιοποίηση των προϊόντων πριν χαρακτηρισθούν ως απορρίματα. Ωστόσο, γενικά τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται αυξητικές τάσεις στην παραγωγή απορριμμάτων παγκοσμίως, ακολουθώντας την αύξηση του οικονομικού επιπέδου ζωής.

Η ποσότητα των παραγόμενων απορριμμάτων περιγράφεται από τη Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) και από το Ρυθμό Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ). Η ΜΠΑ εκφράζεται από το βάρος (σε κιλά) των παραγόμενων απορριμμάτων από ένα άτομο σε μία ημέρα (Kg/άτομο/ημέρα). Συνεπώς, ο ΡΠΑ μιας περιοχής προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της ΜΠΑ με το συνολικό εξυπηρετούμενο πληθυσμό της (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002).

Ενδεικτικά, μερικές χαρακτηριστικές τιμές σχετικά με το εύρος της παραγωγής απορριμμάτων δίνονται στον Πίνακα 1.1. Στην Ελλάδα η τιμή της ΜΠΑ κυμαίνεται από 0,6 – 0,8 Kg/άτομο/ημέρα για τις αγροτικές περιοχές και χωριά με πληθυσμό έως 2.000 κατοίκων, 0,8 – 1,2 Kg/άτομο/ημέρα σε πόλεις μέχρι 100.000 κατοίκους και ως 1,2 - 1,4 Kg/άτομο/ημέρα για τις οικονομικά ακμαίες αστικές περιοχές (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002; Παναγιωτακόπουλος, 2002).

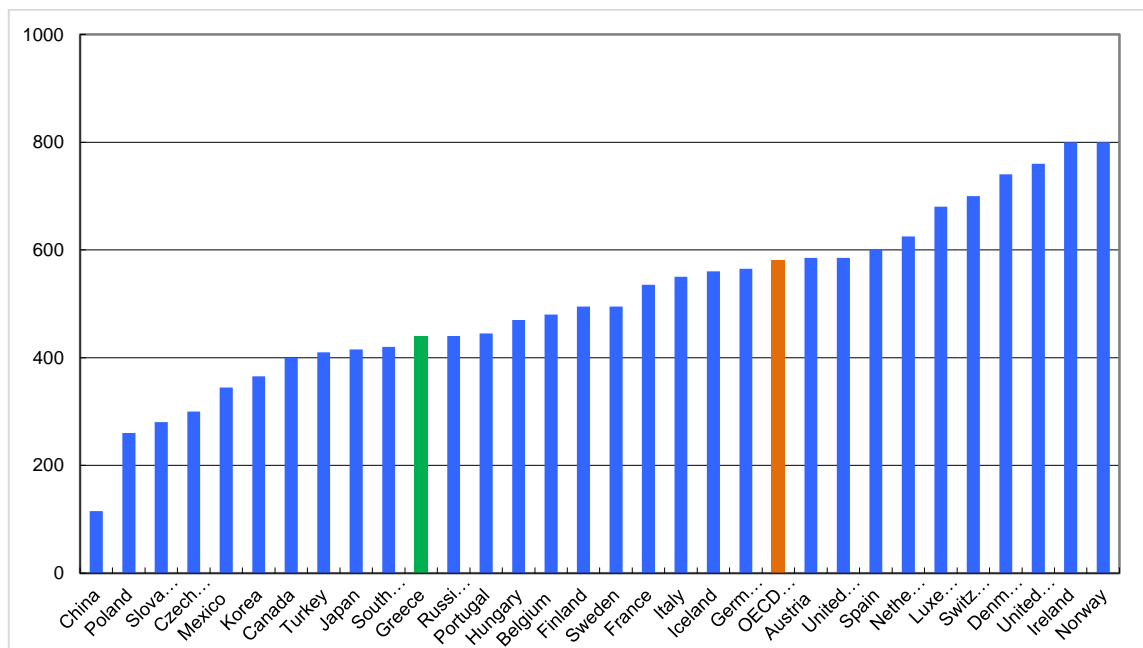
Πίνακας 1-1: Μεταβολή ΜΠΑ ανάλογα με το επίπεδο ανάπτυξης των χωρών.

Περιοχή	ΜΠΑ (kg/cap.day)
Χώρες με πολύ χαμηλό εισόδημα (π.χ. Αιθιοπία)	0,4
Αναπτυσσόμενα κράτη (π.χ. Αίγυπτος, Βραζιλία)	0,7
Βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη	1,1
Πλούσια κράτη (π.χ. Καναδάς, Ελβετία)	έως 2,5
Ελλάδα	0,8-1,0

Πηγή: Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002.

Η μέση ετήσια παραγωγή αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα κατά το έτος 2006 ανερχόταν σε 440 κιλά/άτομο/έτος (OECD, 2009), όταν η μέση τιμή για τις χώρες του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) ήταν 580 κιλά/άτομο/έτος (Διάγραμμα 1.2) και για τις χώρες της Ευρώπης σε 550 κιλά/άτομο/έτος. Ωστόσο, σύμφωνα με την ΕΕΔΣΑ (www.eesda.gr) η μέση παραγωγή στην Ελλάδα το 1997 ανερχόταν σε 0,97 Kg/άτομο/ημέρα ενώ το 2001 σε 1,14 Kg/άτομο/ημέρα και σύμφωνα με το ΠΕ.Σ.Δ.Α. Περιφέρειας Αττικής (2011) ο ετήσιος αναμενόμενος ρυθμός αύξησης της παραγωγής της ποσότητας των απορριμμάτων είναι 1,5%.

Στην Ελλάδα παράγονται κάθε χρόνο 4,8 εκατομμύρια τόνοι αστικών στερεών απορριμμάτων από κατοικίες και εμπορικές δραστηριότητες, ενώ σε αυτή την ποσότητα δε συμπεριλαμβάνονται τα αγροτικά, βιομηχανικά και οικοδομικού τομέα απόβλητα. Συνεπώς, στον κάθε κάτοικο ισοδυναμούν κατά μέσο όρο 480 κιλά ετησίως. Στην Περιφέρεια Αττικής παράγεται σχεδόν το 39% της συνολικής ποσότητας, ενώ ακολουθεί η Κεντρική Μακεδονία με ποσοστό παραγωγής 19% (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2009).



Διάγραμμα 1-2: Παραγωγή Α.Σ.Α. στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. για το έτος 2006 (Κιλά/άτομο).

Πηγή: OECD, 2009.

2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΑ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΕΕ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΕ

2.1.1 *Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ*

Σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat (2012), μόνο κατά το 2010 η συνολική παραγωγή αποβλήτων στην ΕΕ των 27 κρατών-μελών ανήλθε σε 2,57 δισεκατομμύρια τόνους, και γενικότερα αναμένεται ότι μέχρι το 2020 η παραγωγή απορριμμάτων στην ΕΕ θα έχει αυξηθεί κατά 45% σε σχέση με τις ποσότητες του 1995 (Shinn, 2005), γεγονός που δικαιολογεί την επιτακτική ανάγκη για τη χάραξη ειδικής στρατηγικής πολιτικής για τον κλάδο των απορριμμάτων ξεχωριστά.

Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαχείριση των απορριμμάτων, καθώς το ζήτημα της διαχείρισης εμπεριέχεται ήδη από τη δεκαετία του 70 στο νομοθετικό έργο και τα Προγράμματα Δράσης για το Περιβάλλον (ΠΔΠ). Η πρώτη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον έγινε στη Στοκχόλμη το 1972 και στη συνέχεια, το Νοέμβριο του 1973 εγκρίθηκε το πρώτο Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Δράσης για το διάστημα 1973-1976, ενώ αριθμούνται μέχρι στιγμής 6 ΠΔΠ, με το έβδομο να στοχεύει στο 2014-2020 (Απόφαση 2012/0337/ΕΚ). Η πρώτη θεματική στρατηγική της ΕΕ για τη διαχείριση των αποβλήτων, η Κοινοτική Στρατηγική για τη Διαχείριση των Αποβλήτων (Hansen et al, 2002), εγκρίθηκε το 1989 με τη Σύμβαση της Βασιλείας, αφορώντας στην καθαρότερη παραγωγή, στην ελαχιστοποίηση των επικίνδυνων αποβλήτων και στους ελέγχους διακίνησής τους (<http://ec.europa.eu>), και αναθεωρήθηκε το 1996 (Shinn, 2005), ενώ με τις συνθήκες του Μάαστριχτ (1993) και του Άμστερνταμ (1997) συνδέεται η προστασία του περιβάλλοντος με τη βιώσιμη ανάπτυξη και ιδιαίτερα η αρχή της πρόληψης. Ακόμα, το 1992 στο Ρίο με την Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη αναπτύχθηκε η Ατζέντα 21, η οποία καθόρισε ένα σύνολο οικουμενικών αρχών με μια σειρά διεθνών συμφωνιών και δεσμευτικών συμβάσεων για όλες τις χώρες σχετικά με τη συνεργασία τους για την προστασία του περιβάλλοντος. Η Δράση 21 της Ατζέντας του Ρίο αναφέρεται συγκεκριμένα στη

διαχείριση των στερεών αποβλήτων (<http://habitat.igc.org/agenda21/>). Το 2002 στην Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για την Αειφόρο Ανάπτυξη στο Γιοχάνεσμπουργκ εγκρίθηκε πρόγραμμα εφαρμογής για τη διαχείριση των αποβλήτων που στηρίζεται στη Δράση 21 και προτείνει τη θέσπιση μέτρων για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων, την ελαχιστοποίηση των παραγόμενων ποσοτήτων και τη μεγιστοποίηση της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης υλικών (<http://ec.europa.eu>).

Στα πλαίσια της στρατηγικής η ΕΕ έχει θέσει τις γενικές αρχές για τη διαχείριση των αποβλήτων, καθώς επίσης και τις προτεραιότητες στις επιλογές της διαχείρισης, όπως αυτές αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο. Επίσης, έχει θέσει συγκεκριμένους στόχους στα κράτη-μέλη, όπως την ποσοστιαία μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων και την ποσοστιαία αύξηση των ανακυκλώσιμων υλικών κατά βάρος από τα απορρίμματα (π.χ. κατά 50% αύξηση της ανακύκλωσης των οικιακών αποβλήτων έως το 2020 και κατά 70% των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις) (Οδηγία 2008/98/ΕΚ), καθώς επίσης και την υποχρέωση των κρατών μελών για την κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων στα οποία πρέπει να εμπεριέχονται συγκεκριμένες αναλυτικές πληροφορίες και ποσοτικά στοιχεία και να υποβάλλονται προς έλεγχο στην ΕΕ (Shinn, 2005). Γενικά, η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική στρατηγική προωθεί την ανακύκλωση τόσο ως την περισσότερο περιβαλλοντικά αποδεκτή λύση σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους αναφορικά με τις εκπομπές ρύπων, όσο και σχετικά με τη μείωση των παραγόμενων αποβλήτων στα πλαίσια της επαναχρησιμοποίησης. Τέλος, εισάγεται η έννοια του κύκλου ζωής των απορριμμάτων, με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθ' όλη τη διαδικασία της διαχείρισής τους, δηλαδή από τη στιγμή παραγωγής τους έως και την τελική τους διάθεση (Shinn, 2005).

Επίσης, η διαχείριση των αποβλήτων συνδέεται και με την ατμοσφαιρική ρύπανση, αφού από τις διαδικασίες της διαχείρισης εκπέμπονται αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η ΕΕ έχει καθορίσει μέσα από διάφορες οδηγίες ανώτατες τιμές για τις εκπομπές των ακόλουθων αέριων ρύπων: διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου, οξείδια του αζώτου, αιωρούμενα σωματίδια, μόλυβδος, βενζόλιο, μονοξείδιο του άνθρακα, όζον, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, νικέλιο, κάδμιο, αρσενικό και υδράργυρος (Καλλία – Αντωνίου, 2012). Το 2002 συμπεριλήφθηκε στα μέτρα της ΕΕ το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών, το οποίο περιορίζει τις ποσότητες εκπομπών CO₂ από τους βασικούς κλάδους των βιομηχανιών (www.civitas.org.uk).

Ειδικότερα για τα αέρια του θερμοκηπίου, η ΕΕ το 2002 κύρωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997) το οποίο τέθηκε σε εφαρμογή το Φεβρουάριο του 2005 (Καλλία – Αντωνίου, 2012), με το οποίο ρυθμίζονται οι εκπομπές των διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μεθανίου (CH₄), οξειδίου του αζώτου (N₂O), υδροφθορανθράκων (HFC), υπερφθοριωμένων υδρογονανθράκων (PFC) και εξαφθοριούχου θείου (SF₆). Επίσης, με το Πρωτόκολλο του Κιότο τίθενται στόχοι μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 κατά 8% ως το 2012 και 20% ως το 2020, καθώς επίσης και η δέσμευση το 20% της ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (www.civitas.org.uk).

2.1.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα 6 συνολικά Προγράμματα Δράσης κατευθύνουν τη χάραξη της περιβαλλοντικής πολιτικής, αποτελώντας πλαίσια μακροπρόθεσμης στρατηγικής πολιτικής και περιβαλλοντικού προσανατολισμού, ξεκινώντας αρχικά με στόχο τη διαχείριση των πιο σημαντικών προβλημάτων και εν συνεχεία προχωρούν σε μια περισσότερο ολιστική αντιμετώπιση του θέματος, με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων να έχει καίρια θέση από την αρχή και στη συνέχεια να αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστός κλάδος της περιβαλλοντικής πολιτικής (Απόφαση 2012/0337/ΕΚ).

Στο πρώτο ΠΔΠ συνδέθηκε η προστασία του περιβάλλοντος με τη βιώσιμη ανάπτυξη, ενώ βασικοί στόχοι ήταν η πρόληψη και ο περιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και η ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων. Επίσης, έγινε ειδική αναφορά τόσο στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων όσο και στον έλεγχο των εκπεμπόμενων ρύπων.

Το 1977 ακολούθησε το δεύτερο ΠΔΠ, όπου ουσιαστικά συμπληρώθηκε το εύρος των ζητημάτων του πρώτου και συντάχθηκαν οι οδηγίες-πλαίσια για τα νερά και τα απόβλητα, ενώ οι στόχοι του τρίτου (1982) και του τέταρτου (1987) ΠΔΠ σχετικά με τα απόβλητα ήταν ο έλεγχος και περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων, η μείωση της παραγωγής αποβλήτων και η αποδοτικότερη χρήση των φυσικών πόρων, και ουσιαστικά με το τέταρτο ΠΔΠ ξεκίνησε η περισσότερο ολιστική προσέγγιση του κλάδου των αποβλήτων.

Με το πέμπτο ΠΔΠ το 1992 εκδόθηκαν νεότερες οδηγίες-πλαίσια και ορίστηκαν οι βασικές αρχές για τη διαχείριση των αποβλήτων. Στα τέλη της δεκαετίας του 90 επίσης ορίστηκαν νέες οδηγίες-πλαίσια σχετικά με τις εγκαταστάσεις καύσης και την υγειονομική ταφή, την εμπορία των εκπομπών CO₂, ορίζοντας επίσης τα ανώτατα όρια εκπομπών όπως και ποσοτικούς αλλά και ποιοτικούς στόχους για τα κράτη-μέλη. Οι βασικές προτεραιότητες του έκτου ΠΔΠ διαμορφώνουν στόχους οι οποίοι καθορίζονται περισσότερο σε πλαίσια θεματικών πολιτικών, δίνοντας έμφαση με δύο θεματικές στρατηγικές στην πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων και τη χρήση της ανακύκλωσης, τη μείωση των εκπομπών των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων (Hey, 2005; Morgera, 2010). Τέλος, έχει προταθεί το έβδομο ΠΔΠ «Ευημερία εντός των ορίων του πλανήτη μας» για το 2014-2020, το οποίο στηρίζεται στη στρατηγική «Ευρώπη 2020» και στη σύνοδο κορυφής του Ρίο και θέτει 9 στόχους προτεραιότητας. Το 7^ο ΠΔΠ αποβλέπει «στη μετατροπή της ΕΕ σε μια πράσινη και ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων ανθρακούχων εκπομπών και αποδοτικής χρήσης των πόρων». Σχετικά με το θέμα των απορριμμάτων, στοχεύει στην πτώση των ποσοτήτων παραγωγής τους, την πραγματική σταδιακή εξάλειψη της υγειονομικής ταφής, τον περιορισμό της ανάκτησης ενέργειας στα μη ανακυκλώσιμα, και τη χρήση των ανακυκλωμένων ως μείζονος πηγής πρώτων υλών. Επίσης, στοχεύει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% ως το 2020 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 και κατά 80-95% ως το 2050, σύμφωνα με το χάρτη πορείας για τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών επιπέδων ανθρακούχων εκπομπών ως το 2050, στα πλαίσια της παγκόσμιας προσπάθειας για την αποτροπή της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Απόφαση 2012/0337/ΕΚ).

2.1.3 ΘΕΣΜΙΚΟ – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΕ

Το θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ αποτελείται από πλήθος οδηγιών με σκοπό τη χάραξη κοινής πολιτικής από τα κράτη – μέλη και την εναρμόνισή τους στις εθνικές νομοθεσίες. Σχετικά με τα στερεά απόβλητα, δίνεται βάρος στη μείωση των ποσοτήτων παραγωγής και την ορθότερη και ολοκληρωμένη διαχείρισή τους, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τίθενται συγκεκριμένοι ποσοτικοί και ποιοτικοί στόχοι. Επίσης, δίνεται έμφαση σε θέματα που αφορούν στην

ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση πρώτων υλών με σκοπό την προστασία των φυσικών πόρων. Οι κυριότερες σχετικές οδηγίες είναι οι εξής:

- Η Οδηγία 75/442/ΕΟΚ «περί των στερεών αποβλήτων» είναι η πρώτη σχετική οδηγία – πλαίσιο και αποτέλεσε τη βάση για τη χάραξη της ευρωπαϊκής πολιτικής για τα στερεά απόβλητα. Στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, στη διαφύλαξη των φυσικών πόρων και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής από τις επιβλαβείς επιδράσεις που προκαλούνται από τη συγκέντρωση, μεταφορά, επεξεργασία και απόθεση των στερεών αποβλήτων. Με την παρούσα οδηγία διατυπώθηκε ο ορισμός των «στερεών αποβλήτων» και της «διάθεσης» στερεών αποβλήτων και τονίστηκε η ανάγκη για τη θέσπιση και λήψη μέτρων από τα κράτη – μέλη για τον περιορισμό της ποσότητας, την ανακύκλωση με σκοπό την ανάκτηση προϊόντων, την επεξεργασία και την ασφαλή διάθεση των στερεών αποβλήτων, τη σύσταση αρμόδιων αρχών για τη διαχείριση των αποβλήτων και την αδειοδότηση και εποπτεία των επιχειρήσεων που ασχολούνται με αυτή, τη σύνταξη σχεδίων διαχείρισης και την εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» (Οδηγία 74/442/ΕΟΚ).
- Η απόφαση 91/156/ΕΟΚ «για την τροποποίηση της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων» συμπληρώνει την προηγούμενη οδηγία, διατυπώνοντας κοινές ορολογίες σχετικά με τα στερεά απόβλητα και τη διαχείρισή τους και σκοπεύει στην αποτελεσματικότερη διαχείριση, στην υπεύθυνη συλλογή και αξιοποίηση των αποβλήτων και στην προώθηση των καθαρών τεχνολογιών - για την οικονομικότερη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων - και των ανακυκλώσιμων και αναχρησιμοποιήσιμων προϊόντων με στόχο τη δευτερογενή παραγωγή πρώτων υλών και τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων ως πηγή ενέργειας. Επίσης με την οδηγία αυτή έγινε η κατηγοριοποίηση των ουσιών που νοούνται ως απόβλητα καθώς και των εργασιών διάθεσης και αξιοποίησης (απόφαση 95/156/ΕΟΚ).
- Σύμφωνα με τις παραπάνω οδηγίες με την απόφαση 2000/532/ΕΚ καταρτίστηκε ο ΕΚΑ (Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων) που αφορά την κατανομή τους σε κατηγορίες ανάλογα με την πηγή προέλευσης και την επισήμανση αυτών που υπάγονται στα επικίνδυνα απόβλητα, σύμφωνα με την οδηγία 67/548/ΕΟΚ για «την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων ουσιών». Ο ΕΚΑ ενημερώνεται κατά διαστήματα με αποφάσεις της Ε.Ε (ΕΚΑ, 2001).

- Με την οδηγία 2006/12/ΕΚ «περί των στερεών αποβλήτων» κωδικοποιείται η 75/442/ΕΟΚ, ενώ ταυτόχρονα καθορίζεται η διαδικασία αδειοδότησης για τη διάθεση και ανάκτηση των αποβλήτων.
- Η οδηγία 2008/98/ΕΚ «για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών» αντικαθιστά την 2006/12/ΕΚ και στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών συνεπειών της παραγωγής και διαχείρισης των αποβλήτων στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία και στη μείωση της χρήσης των φυσικών πόρων. Αποσαφηνίζει βασικές έννοιες, θεσπίζει την ιεράρχηση για την πολιτική διαχείρισης των αποβλήτων, η οποία περιλαμβάνει κατά προτεραιότητα α) την πρόληψη, β) την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, γ) την ανακύκλωση, δ) άλλου είδους ανάκτηση και ε) τη διάθεση. Ενισχύει τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την πρόληψη, λαμβάνει υπόψη ολόκληρο τον κύκλο ζωής των αποβλήτων, ενισχύει την οικονομική αξία των αποβλήτων και ευνοεί την ανάκτησή τους με σκοπό τη διαφύλαξη των φυσικών πόρων.

Επίσης, έχουν εκδοθεί για επιμέρους θέματα σχετικά με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων οδηγίες και αποφάσεις, όπως η οδηγία 1999/31/ΕΚ «περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων», η οδηγία 89/369/ΕΟΚ «σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις νέες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων» και η 2000/76/ΕΚ «για την αποτέφρωση των αποβλήτων», και άλλες οδηγίες, αποφάσεις και κανονισμούς που σχετίζονται με τα επικίνδυνα απόβλητα (Οδηγία 91/689) καθώς και τη διασυνοριακή μεταφορά τους (Κανονισμός 1013/2006), με τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασιών, με οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, με ηλεκτρικές στήλες και συσσωρευτές και ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια κ.α.

2.2 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.2.1 *Η ΕΘΝΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ*

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος στην Ελλάδα. Τα τελευταία χρόνια γίνονται σημαντικές προσπάθειες για την εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης. Ωστόσο, παρατηρείται γενικά μια καθυστέρηση στις υποχρεώσεις σχετικά

με την τήρηση των δεσμεύσεων και των ποσοτικών ορίων, που οφείλεται τόσο στο επίπεδο των υποδομών και τη μη αποτελεσματική λειτουργία των φορέων διαχείρισης, όσο και στην ελλιπή συμμετοχή, ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού σε σχετικά θέματα (ΕΕΣΔΑ, 2008).

Γενικά στον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων της η Ελλάδα θέτει τις βασικές κατευθύνσεις διαχείρισης, υποδεικνύει τα κατάλληλα μέτρα για την εφαρμογή τους και εναρμονίζει την εθνική νομοθεσία με τους βασικούς άξονες της στρατηγικής της ΕΕ, μέσω των ευρωπαϊκών οδηγιών. Περαιτέρω εξειδίκευση γίνεται μέσω των Περιφερειακών Σχεδίων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ), τα οποία καταρτίζονται με βάση τις συγκεκριμένες συνθήκες της κάθε Περιφέρειας και καθορίζουν τις διαχειριστικές ενότητες, τις μεθόδους διαχείρισης που θα εφαρμόζονται σε αυτές και τα μέτρα αποκατάστασης των χώρων διάθεσης. Επίσης, καθορίζονται οι υπόχρεοι Φορείς για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων (ΦΟΔΣΑ). Στα πλαίσια της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» εφαρμόζεται τιμολογιακή πολιτική, κοστολογώντας τα δημοτικά τέλη καθαριότητας με βάση τα τετραγωνικά μέτρα του νοικοκυριού. Τέλος, στην εθνική πολιτική περιλαμβάνεται και η εφαρμογή περιβαλλοντικών προγραμμάτων, τα οποία χρηματοδοτούνται κυρίως μέσω των Κοινοτικών Πλαισίων Στήριξης (ΚΠΣ) αλλά και από εθνικούς πόρους.

Οι κυριότεροι ΦΟΔΣΑ είναι το ΥΠΕΧΩΔΕ, οι Περιφέρειες και οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ). Το ΥΠΕΧΩΔΕ είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία του Εθνικού Σχεδιασμού με την οριοθέτηση των βασικών πολιτικών που θα πρέπει να εφαρμόζονται στα ΠΕΣΔΑ από τις Περιφέρειες και τους ΟΤΑ, καθώς επίσης και για την ενσωμάτωση της Κοινοτικής νομοθεσίας της ΕΕ στην εθνική και για τον έλεγχο της εφαρμογής της. Οι Περιφέρειες είναι υπεύθυνες για τη σύνταξη των ΠΕΣΔΑ με βάση τις πολιτικές του Εθνικού Σχεδιασμού, την ένταξη έργων στα Περιφερειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα (ΠΕΠ) και τον έλεγχο υλοποίησής τους, καθώς και για την περιβαλλοντική αδειοδότηση των έργων που εντάσσονται στις αρμοδιότητές τους. Οι ΟΤΑ είναι υπεύθυνοι για την υλοποίηση των ΠΕΣΔΑ και τη λειτουργία σε λεπτομερέστερο επίπεδο όλης της διαδικασίας διαχείρισης των απορριμμάτων, από τα στάδια συλλογής και μεταφοράς ως την τελική διάθεση, τη λειτουργία των εγκαταστάσεων και τα έργα αποκατάστασης, την τήρηση των χρονικών ορίων καθώς και την εφαρμογή της τιμολογιακής πολιτικής.

2.2.2 ΘΕΣΜΙΚΟ – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στο Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο έχουν επίσης εκδοθεί νόμοι, Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις (ΚΥΑ), προεδρικά διατάγματα και εγκύκλιοι σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και αναφορικά με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Το 85% περίπου της ελληνικής νομοθεσίας αποτελείται από την ενσωμάτωση των οδηγιών της ΕΕ (Καλλία – Αντωνίου, 2012). Ειδικότερα ως κράτος – μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει την υποχρέωση να εναρμονίζει στην εθνική νομοθεσία τις Οδηγίες που εκδίδονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και να συμμορφώνεται με τους κανόνες της. Οι βασικότεροι νόμοι και αποφάσεις στο ελληνικό θεσμικό πλαίσιο είναι:

- Ο Ν. **1650/1986** «για την προστασία του περιβάλλοντος» (ΦΕΚ 160/Α/1986) θέτει το γενικό πλαίσιο για την προστασία του περιβάλλοντος θεσπίζοντας θεμελιώδεις κανόνες και κριτήρια για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, καθώς επίσης και για τη διαφύλαξη των φυσικών πόρων. Σχετικά με τα στερεά απόβλητα, ορίζει τις έννοιες των αποβλήτων και της διαχείρισής τους, και στο άρθρο 12 ορίζει ως υπόχρεους φορείς για τη διαχείριση αποβλήτων τους ΟΤΑ, ενώ τους υποχρεώνει για τη σύνταξη σχεδίου για τον τρόπο λήψης μέτρων για τον περιορισμό των στερεών αποβλήτων, την εφαρμογή μεθόδων για την ανακύκλωση και την επεξεργασία τους και για την εξοικονόμηση από αυτά πρώτων υλών και ενέργειας καθώς επίσης και για τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής τους. Επίσης απαγορεύει την ανεξέλεγκτη απόρριψη στερεών αποβλήτων και ορίζει τις κυρώσεις προς όσους παρανομούν.
- Με την **ΚΥΑ 49541/1424/86** (ΦΕΚ 444/Β/86) έγινε η πρώτη προσπάθεια προσαρμογής της ελληνικής νομοθεσίας με την αντίστοιχη Κοινοτική σχετικά με τη διαχείριση απορριμμάτων, με τη συμμόρφωση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ. Στην παρούσα ΚΥΑ δίνονται πολλοί ορισμοί σχετικοί με τα στερεά απόβλητα και τη διαχείρισή τους, διατυπώνονται οι βασικές αρχές της διαχείρισης και περιγράφονται τα μέτρα για την εκπόνηση και εφαρμογή των σχεδίων διαχείρισης.
- Με τις **ΚΥΑ 69728/824/1996** (ΦΕΚ 358/Β/96), **114218/1997** (ΦΕΚ 1016/Β/97) και **Η.Π. 50910/2727/2003** (ΦΕΚ 1909/Β/2003) θεσμοθετούνται μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, δίνονται επιπλέον ορισμοί σχετικά με

τα στερεά απόβλητα, περιγράφονται οι υποχρεώσεις των υπεύθυνων για τη διαχείριση φορέων, δίνονται γενικές κατευθύνσεις για την πολιτική διαχείρισης, καταρτίζεται το πλαίσιο γενικών και τεχνικών προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης, περιγράφονται τα μέτρα και οι προϋποθέσεις του σχεδιασμού διαχείρισης και τίθενται ορισμένοι επί μέρους χρονικοί και ποσοτικοί στόχοι.

- Ο Ν. 2939/2001 (ΦΕΚ 179/Α/2001) «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις» διαμορφώνει το πλαίσιο για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων με στόχο την υλοποίηση προγραμμάτων ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης και αξιοποίησής τους και θεσπίζει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους και χρονικά όρια.
- Με τον πλέον πρόσφατο Ν. 4042/2012 (ΦΕΚ 24/Α/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» ορίζεται το πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων σε εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ και τροποποιείται ο Ν.1650/1986. Αυτός ο νόμος περιλαμβάνει σχετικούς ορισμούς καθώς και τον κατάλογο αλλά και αποχαρακτηρισμό των αποβλήτων και τη σήμανση των επικίνδυνων αποβλήτων, αναφέρεται στις αρχές αυτάρκειας της χώρας ως προς τη διαχείριση, ιεραρχεί τις δράσεις και εργασίες της διαχείρισης, προβλέπει την εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης καθώς και προγραμμάτων για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων, την ανακύκλωση, ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση, περιλαμβάνει θέματα εθνικού και περιφερειακού σχεδιασμού καθώς και θέματα εναλλακτικής διαχείρισης και τέλος ορίζει τις κυρώσεις για τη μη εφαρμογή των παραπάνω.

Επίσης έχουν εκδοθεί πολλές ΚΥΑ και Προεδρικά Διατάγματα για επιμέρους θέματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, που περιλαμβάνουν μέτρα, όρους και προγράμματα για την εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών οχημάτων, οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, χρησιμοποιημένων ανταλλακτικών και καταλυτών, αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις, μέτρα και όρους για τη διαχείριση και

διάθεση χρησιμοποιημένων ορυκτέλαιων και ιατρικών αποβλήτων, περιορισμούς για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων, καθώς και μέτρα και προϋποθέσεις για τη λειτουργία επιχειρήσεων που ασχολούνται με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (www.elinyae.gr).

Τέλος, σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με την ΠΥΣ 5/2003 εγκρίθηκε το Εθνικό Πρόγραμμα Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου 2000-2010, με βάση το οποίο υπήρχε η δυνατότητα αύξησης των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα μέχρι 25% ως το 2012 (Καλλία – Αντωνίου, 2012), και με την ΚΥΑ 52115/2970/Ε103/2008 (ΦΕΚ Β΄ 2575/19.12.2008) εγκρίθηκε το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΣΚΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008-2012.

3. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Η έννοια της διαχείρισης αποβλήτων περιλαμβάνει το σύνολο των δραστηριοτήτων για τη συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση, αξιοποίηση και διάθεση των αποβλήτων, καθώς επίσης και την εποπτεία για τη σωστή διεξαγωγή αυτών των εργασιών, αλλά και την επίβλεψη των χώρων διάθεσης και των ενεργειών στις οποίες προβαίνουν οι έμποροι ή οι μεσίτες (Ν. 4042/12).

Από τον παραπάνω σύγχρονο πλέον ορισμό της διαχείρισης των αποβλήτων φαίνεται ότι είναι επιτακτική η ανάγκη για ολοκληρωμένα σχέδια διαχείρισης που εξετάζουν το θέμα των αποβλήτων ολιστικά και δεν περιορίζονται μόνο στις μεθόδους επεξεργασίας τους.

Σε συνδυασμό με την αρχή της «βιώσιμης ανάπτυξης», η οποία λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες των μελλοντικών γενεών σχετικά με τους φυσικούς πόρους και κατ' επέκταση την προστασία του περιβάλλοντος, η βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων στοχεύει πρώτιστα:

- στην ελάττωση της παραγόμενης ποσότητας απορριμμάτων,
- στην αύξηση της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των συστατικών τους,
- στην προστασία του περιβάλλοντος και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων,

καθώς επίσης περιλαμβάνει και παράγοντες οικολογικούς, οικονομικούς και κοινωνικής αποδοχής (Παναγιωτακόπουλος, 2002; www.ntua.gr).

Συμπερασματικά, η βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων χρήζει σχεδίων ολοκληρωμένης διαχείρισης, τα οποία περιλαμβάνουν το βέλτιστο συνδυασμό μεθόδων διαχείρισής τους, ώστε το τελικό σύστημα να είναι περιβαλλοντικά αποδεκτό, οικονομικά εφικτό και κοινωνικά αποδεκτό αλλά κυρίως να προσαρμόζεται και να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της κάθε περίπτωσης ξεχωριστά. Συνεπώς, δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη βέλτιστη λύση συνδυασμού μεθόδων για όλες τις περιπτώσεις η

οποία να μπορεί να αποτελέσει πανάκεια στο θέμα της διαχείρισης, αφού οι ανάγκες του κάθε συστήματος διαφέρουν τοπικά, ανάλογα με το βιοτικό επίπεδο και τις καταναλωτικές συνήθειες της κάθε περιοχής.

Ωστόσο, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καταρτίσει τους βασικούς άξονες και τις κατευθυντήριες γραμμές για την πολιτική της βιώσιμης διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων, ιεραρχώντας κατά προτεραιότητα τις επιλογές για τη διαχείριση όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-1, σύμφωνα με την οποία τα βασικά στάδια είναι η πρόληψη και ελαχιστοποίηση της δημιουργίας αποβλήτων, η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση, η ανάκτηση ενέργειας από αυτά και τέλος η τελική διάθεσή τους (Οδηγία 75/442/ΕΟΚ).

Οι βασικές αρχές για τη βιώσιμη διαχείριση των στερεών αποβλήτων είναι:

- **η αρχή της πρόληψης και μείωσης της παραγωγής των απορριμμάτων**, η οποία αποτελεί την ιδανικότερη μέθοδο για τη βιώσιμη διαχείριση και κατέχει την πρώτη θέση στην ιεράρχηση των επιλογών. Η αρχή αυτή βασίζεται στην εκτίμηση του κύκλου ζωής των προϊόντων και εφαρμόζεται μέσω της θεσμοθέτησης τεχνικών προτύπων, των περιορισμών χρήσης συγκεκριμένων ουσιών αλλά και μέσω οικολογικών ελέγχων (www.eesda.gr).
- **η αρχή της επαναχρησιμοποίησης**, με βάση την οποία ο κατασκευαστής/παραγωγός έχει την ευθύνη για τον περιορισμό της δημιουργίας αποβλήτων, κυρίως μέσω της χρήσης κατάλληλων υλικών κατά την παραγωγική διαδικασία ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακτηθούν υλικά από τα τελικά προϊόντα (www.eesda.gr).
- **η αρχή της ανακύκλωσης**: Η ανακύκλωση αποτελεί ένα από τα βασικότερα στάδια στη βιώσιμη διαχείριση κυρίως όσον αφορά στη μείωση του όγκου των ποσοτήτων που θα οδηγηθούν στην τελική διάθεση των απορριμμάτων, αφού αυτός μειώνεται από την ανάκτηση των υλικών μέσω της ανακύκλωσης. Τα 2 βασικά σημεία για την επιτυχία της ανακύκλωσης είναι ο διαχωρισμός των υλικών στην πηγή όσον αφορά στην επικείμενη ανάκτηση, και η δημιουργία αγορών για τα ανακτημένα προϊόντα όσον αφορά στην οικονομική βιωσιμότητα της ανακύκλωσης (www.eesda.gr).
- **η αρχή της ανάκτησης ενέργειας**, η οποία έρχεται να συμπληρώσει την αρχή της ανακύκλωσης, στις περιπτώσεις όπου λόγω τεχνικών περιορισμών δεν είναι

δυνατή η ανάκτηση υλικών, αλλά είναι δυνατή η ανάκτηση ενέργειας στα απορρίμματα τα οποία έχουν σημαντικό θερμικό περιεχόμενο (www.eesda.gr).

- **η αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει**, σύμφωνα με την οποία ο παραγωγός και κάτοχος των αποβλήτων οφείλει να τα διαχειρίζεται με τρόπο που να εξασφαλίζει την προστασία του περιβάλλοντος και την ανθρώπινη υγεία. Το κόστος της διαχείρισης βαρύνει τους κατόχους/παραγωγούς των απορριμμάτων (Οδηγία 2008/98/EK).
- **η αρχή της αποκατάστασης στην πηγή**, σύμφωνα με την οποία η αποκατάσταση των περιβαλλοντικών ζημιών θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην πηγή παραγωγής των αποβλήτων (Shinn, 2005).
- **η αρχή της εγγύτητας**, σύμφωνα με την οποία η διάθεση των απορριμμάτων πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς την πηγή παραγωγής τους, και η οποία ουσιαστικά απορρέει από την αρχή της αποκατάστασης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην πηγή (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002; Shinn, 2005).
- **η αρχή της ευθύνης** όλων των εμπλεκόμενων μερών στη διαχείριση των προϊόντων, όπως είναι οι προμηθευτές υλικών, οι παραγωγοί, οι εισαγωγείς, οι έμποροι, οι διανομείς, οι δημόσιες αρχές και οι ΟΤΑ (Shinn, 2005; Σκορδίλης, 2008).
- **η αρχή της δημοσιότητας** προς τους χρήστες και καταναλωτές και
- **η αρχή της μη διάκρισης των προϊόντων** (Σκορδίλης, 2008).



Εικόνα 3-1: Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην ΕΕ.

Πηγή: <http://www.eedsa.gr/>

3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΑ

Για να επιτευχθούν οι στόχοι της βιώσιμης διαχείρισης είναι αναγκαίος ο σχεδιασμός Συστημάτων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΣΟΔΑ), ώστε να συνδυάζονται κριτήρια περιβαλλοντικά, οικονομικά, τεχνολογικά, κοινωνικά και πολιτικά. Με τα ΣΟΔΑ το ζήτημα της διαχείρισης εξετάζεται ολιστικά, αφού στο σχεδιασμό περιλαμβάνονται όλα τα στάδια των απορριμμάτων από την αρχική παραγωγή τους έως και τον τελικό προορισμό τους, και γίνεται αξιολόγηση διάφορων εναλλακτικών λύσεων και συνδυασμός ποικίλων μεθόδων ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση απορριμμάτων αποτελείται από τα εξής βασικά στάδια (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002):

- παραγωγή
- προσωρινή αποθήκευση
- συλλογή
- μεταφορά και μεταφόρτωση

- επεξεργασία και ανάκτηση
- τελική διάθεση.

Η **παραγωγή** των απορριμμάτων σε συνδυασμό με την προσωρινή αποθήκευση στο σημείο παραγωγής τους από τους καταναλωτές αποτελεί σημαντικό στάδιο για τη βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων, αφού κατά τη διάρκεια της παραγωγής γίνεται ο «διαχωρισμός στην πηγή» των απορριμμάτων. Οι στόχοι του διαχωρισμού στην πηγή είναι να αποθηκεύονται ξεχωριστά διαφόρων ειδών απορρίμματα, όπως τα οργανικά, τα ανακυκλώσιμα κ.τ.λ. με σκοπό τη διευκόλυνση της διαδικασίας της μηχανικής επεξεργασίας αλλά και τη μείωση του κόστους της όλης διαδικασίας της διαχείρισης, κυρίως κατά τα επικείμενα στάδια της συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας. Βασική προϋπόθεση για την επιτυχία της διαδικασίας της διαλογής στην πηγή είναι η σωστή ενημέρωση του κοινού και η ευαισθητοποίησή του.

Το στάδιο της **προσωρινής αποθήκευσης** αποτελεί ουσιαστικά το πρώτο στάδιο στη διαχείριση των απορριμμάτων και αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη στιγμή παραγωγής των απορριμμάτων στην πηγή τους μέχρι τη στιγμή της αποκομιδής τους. Η προσωρινή αποθήκευση μπορεί να χωριστεί σε 2 επιμέρους κατηγορίες, αρχικά αυτή της επιτόπου αποθήκευσης ακριβώς στο σημείο παραγωγής τους (μέσα στο σπίτι ή στα καταστήματα κ.τ.λ.) και αυτή της αποθήκευσης υπό την έννοια της απόρριψής τους στους κάδους που βρίσκονται στα σημεία συλλογής. Τα συνηθέστερα μέσα που χρησιμοποιούνται κατά την προσωρινή αποθήκευση είναι σακούλες από πολυαιθυλένιο και κυλιόμενοι ή σταθεροί κάδοι από μέταλλο ή πλαστικό, καθώς επίσης και μεγαλύτεροι υποδοχείς (containers), ιδίως για περιπτώσεις αποθήκευσης ογκωδών αντικειμένων απορριμμάτων τα οποία δεν είναι δυνατόν να μεταφερθούν από τα συμβατικά οχήματα συλλογής.

Το στάδιο της **συλλογής** ξεκινά με την αποκομιδή των απορριμμάτων από τα σημεία προσωρινής αποθήκευσης και περατώνεται με την εισαγωγή τους στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τους. Περιλαμβάνει συνεπώς και τη μεταφορά τους από τα οχήματα συλλογής – μεταφοράς (ΟΣΜ) των απορριμμάτων, τα οποία διακρίνονται σε κλειστού και ανοικτού τύπου. Τα οχήματα ανοικτού τύπου χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των ογκωδών απορριμμάτων ενώ τα κλειστού τύπου διαθέτουν και σύστημα συμπίεσης (τύπου μύλου ή πρέσας) ώστε να αυξάνουν την πυκνότητα και να μειώνουν τον όγκο των απορριμμάτων. Το στάδιο της συλλογής περιλαμβάνει ακόμα και τη συλλογή των

υπολειμμάτων του σταδίου επεξεργασίας της αποτέφρωσης και μηχανικής διαλογής, τα οποία δεν είναι αξιοποιήσιμα.

Το στάδιο της συλλογής ακολουθεί η **μεταφόρτωση** των απορριμμάτων, κατά την οποία τα απορρίμματα είτε μεταφορτώνονται απευθείας στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τους ή οδηγούνται σε σταθμούς μεταφόρτωσης. Οι σταθμοί μεταφόρτωσης μπορεί να είναι κινητοί ή σταθεροί. Ως κινητοί σταθμοί μεταφόρτωσης νοούνται ακόμα και τα απορριματοφόρα οχήματα, ενώ οι σταθεροί σταθμοί μεταφόρτωσης είναι συνήθως εγκατεστημένοι έξω από τα μεγάλα αστικά κέντρα, σε κεντροβαρικά σημεία ως προς τις πηγές παραγωγής των ΑΣΑ και χρησιμοποιούνται προκειμένου να μειωθεί το κόστος μεταφοράς των απορριμμάτων. Στους σταθερούς σταθμούς αποθηκεύονται τα απορρίμματα που έχουν συλλεχθεί από τα μικρού μεγέθους και χωρητικότητας ΟΣΜ τα οποία είναι λειτουργικά για τα αστικά κέντρα, και στη συνέχεια μεταφέρονται στους χώρους επεξεργασίας και διάθεσης με μεγαλύτερα οχήματα τα οποία είναι κατάλληλα για μεγάλες αποστάσεις (Γαβριλάκης, 2000; Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002; www.eesda.gr). Επίσης στους σταθμούς μεταφόρτωσης (κινητούς και σταθερούς) πραγματοποιείται συμπίεση των απορριμμάτων με σκοπό τη μείωση της πυκνότητάς τους και την αύξηση του επιτρεπόμενου ωφέλιμου φορτίου για την περαιτέρω μεταφορά τους (www.eesda.gr).

Το στάδιο της **επεξεργασίας** των απορριμμάτων περιλαμβάνει μηχανικές, βιολογικές και θερμικές μεθόδους. Κατά το στάδιο της επεξεργασίας σκοπός είναι να μειωθεί περαιτέρω ο όγκος των απορριμμάτων αλλά και να περιορισθούν οι επικίνδυνες ιδιότητές τους, όπως και να επιταχυνθεί η ανάκτηση των χρήσιμων υλικών και να αξιοποιηθεί το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας.

Η **τελική διάθεση** των απορριμμάτων είναι το τελευταίο και απαραίτητο στάδιο ενός Συστήματος Διαχείρισης απορριμμάτων και γίνεται από τη στιγμή που τα απορρίμματα έχουν υποστεί τα προηγούμενα στάδια μεθόδων επεξεργασίας και δεν μπορεί να εφαρμοσθεί περαιτέρω ανάκτηση υλικών ή μεταβολή των ιδιοτήτων τους από αυτές. Σε τελική διάθεση αναλυτικότερα οδηγούνται τα απορρίμματα που δεν είναι θερμικά αξιοποιήσιμα και που δεν ενδείκνυνται για τη διαδικασία της ανάκτησης υλικών, αλλά και τα υπολείμματα όλων των υπόλοιπων μεθόδων επεξεργασίας. Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος τελικής διάθεσης είναι η κατόρυξή τους στους ΧΥΤΑ και τους ΧΥΤΥ. Η

μεγαλύτερη δυνατή μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων που καταλήγουν στους χώρους τελικής διάθεσης συνιστά έναν από τους κεντρικούς στόχους των Συστημάτων Διαχείρισης (Γαβριλάκης, 2000).

3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΑ

3.3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΛΟΓΗΣ

Διαλογή στην πηγή

Η διαλογή στην πηγή αφορά στο διαχωρισμό των απορριμμάτων στην πηγή παραγωγής τους και στοχεύει κυρίως στο διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων υλικών (Ανδρεαδάκης, 2000). Πραγματοποιείται επίσης για τα ογκώδη αντικείμενα, όπως έπιπλα, ηλεκτρικές συσκευές κ.τ.λ. Με τη μέθοδο της διαλογής στην πηγή επιτυγχάνεται η μείωση του όγκου και της ποσότητας των απορριμμάτων που καταλήγουν προς τελική διάθεση, με τη συνεπαγόμενη μείωση του κόστους αλλά και την παράλληλη αξιοποίηση υλικών. Αυτή η μέθοδος πραγματοποιείται με το διαχωρισμό των απορριμμάτων σε ξεχωριστά δοχεία απόρριψης ανάλογα με τα υλικά, με πιο κοινές τις κατηγορίες των οργανικών και τις χάρτινες, γυάλινες, πλαστικές και τις συσκευασίες αλουμινίου (Γαβριλάκης, 2000). Για την επιτυχημένη λειτουργία της μεθόδου αυτής σχετικά με τα οικιακά απορρίμματα είναι απαραίτητα: χωριστές σακούλες στο σπίτι, ειδικοί κάδοι για κάθε κατηγορία ξεχωριστά, ειδικά οχήματα συλλογής και μεταφοράς τους, κέντρα συλλογής των διαχωρισμένων υλικών καθώς επίσης και κέντρα αγοράς τους (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της μεθόδου είναι η ενεργός συμμετοχή των παραγωγών των απορριμμάτων, δηλαδή των πολιτών (αλλά και επιχειρήσεων και οργανισμών), μέσω της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης του κοινού αλλά και της σωστής ενημέρωσής του.

Μηχανική διαλογή

Η μέθοδος της μηχανικής διαλογής στοχεύει επίσης στο διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων υλικών για την ανάκτηση και περαιτέρω επεξεργασία τους, και κατ' επέκταση στη μείωση του όγκου των προς τελική διάθεση απορριμμάτων

(Ανδρεαδάκης, 2000). Ο διαχωρισμός των υλικών πραγματοποιείται σε μονάδες διαλογής με μηχανικά μέσα και οι 2 βασικές κατηγορίες διεργασιών είναι ο υποβιβασμός του μεγέθους των υλικών και ο διαχωρισμός και η ταξινόμησή τους (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002). Ο διαχωρισμός βασίζεται κυρίως στη διαφορά μεγέθους μεταξύ των υλικών αλλά και στις φυσικοχημικές ιδιότητες αυτών, όπως οι μαγνητικές ιδιότητες για την ανάκτηση σιδηρούχων μετάλλων (Γαβριλάκης, 2000). Γίνεται επικρατέστερα σε ξηρή κατάσταση, ενώ υπάρχει δυνατότητα πραγματοποίησής του σε υγρή κατάσταση, καθώς και σε τεχνικές βασισμένες στην ηλεκτρική αγωγιμότητα των υλικών, οι οποίες ωστόσο παρουσιάζουν αυξημένο κόστος και χαμηλά ποσοστά ανάκτησης. Τα βασικότερα στάδια της μηχανικής διαλογής είναι ο τεμαχισμός, το κοσκίνισμα, ο διαχωρισμός και η συμπίεση και τα προϊόντα που ανακτώνται είναι κυρίως ζυμώσιμα υλικά, σιδηρούχα μέταλλα, αλουμίνιο, γυαλί, χαρτί και πλαστικό, όπως και ΚαΣ (Καύσιμο από Σκουπίδια, RDF – Refuse Derived Fuel) το οποίο αποτελεί μίγμα των εναπομεινάντων κλασμάτων χαρτιού, πλαστικού, Δ-Ξ-Λ-Υ και λοιπών καυσίμων. Τα ζυμώσιμα οδηγούνται προς την τελική διάθεση ή κομποστοποίηση, τα υπόλοιπα από τα παραπάνω υλικά μετά την κατάλληλη επεξεργασία ανακυκλώνονται, ενώ το ΚαΣ λόγω της υψηλής θερμογόνου δύναμής του χρησιμοποιείται ως καύσιμο (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002).

3.3.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Με τον όρο ανακύκλωση εννοούμε τη διαδικασία της «συστηματικής συλλογής, διαλογής και επαναφοράς υλικών από τα απορρίμματα στον κοινωνικό και οικονομικό κύκλο» (Μουσιόπουλος, 1998). Κατά την ανακύκλωση πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των ΑΣΑ σε ομοιογενείς κατηγορίες συστατικών και μετά από ενδεχόμενη επεξεργασία τους η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίησή τους (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Μεταξύ των μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων θεωρείται η φιλικότερη προς το περιβάλλον, αφού μεριμνά τόσο για την προστασία των φυσικών πόρων στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης, όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος αφού η διαδικασία της μεθόδου ανακύκλωσης παρουσιάζει τους λιγότερους ρύπους. Ως παράδειγμα αναφέρεται η μείωση των τοξικών ρύπων που θα προέκυπταν από την καύση πλαστικών στην περίπτωση που αυτά οδηγούνταν προς θερμικές μεθόδους για ανάκτηση θερμότητας αντί της μεθόδου ανακύκλωσης για την επαναχρησιμοποίηση

των υλικών (Κούγκολος, 2007). Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της μεθόδου είναι ο σωστός διαχωρισμός των υλικών, ο οποίος γίνεται με τις προαναφερόμενες μεθόδους. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανακύκλωση είναι οικονομικά αποδοτική μέθοδος με την προϋπόθεση ότι τα ανακτώμενα υλικά είναι ανταγωνιστικά σε κόστος (όσον αφορά στην τιμή πώλησής τους) κατά τη διάθεσή τους στην αγορά σε σχέση με τα αντίστοιχα προϊόντα που παράγονται από πρώτες ύλες.

Ο διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών σε ομοιογενείς κατηγορίες κυρίως όταν αυτά προέρχονται από τη μέθοδο της Διαλογής στην Πηγή πραγματοποιείται στα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ), με συνδυασμό της μεθόδου μηχανικής και χειρωνακτικής διαλογής (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Τα ανακυκλώσιμα υλικά αποτελούνται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους από υλικά συσκευασίας (Κούγκολος, 2007) και μπορούν να χωριστούν στις εξής κύριες κατηγορίες:

- Χαρτιά – χαρτόνια, όπως εφημερίδες, χαρτοσακούλες, κουτιά από χαρτόνι και χαρτί γραφείου, με την προϋπόθεση ότι δεν είναι ρυπασμένα, βρεγμένα, πλαστικοποιημένα, κυρωμένα ή αναμειγμένα με άλλα υλικά. Η κατηγορία του χαρτιού αποτελεί την περισσότερο ανεπτυγμένη αγορά δευτερογενούς υλικού.
- Γυαλί: για την ανακύκλωση των γυάλινων συσκευασιών προηγείται ο διαχωρισμός τους σε 3 υποκατηγορίες, αφού το γυαλί υποδιαιρείται ανάλογα με το χρώμα σε λευκό, πράσινο και καφέ. Ο λόγος είναι ότι τα ανακτώμενα γυαλιά πρέπει να είναι συμβατά με την ποιότητα των προϊόντων που θα κατασκευαστούν από αυτά.
- Μέταλλα, όπως το αλουμίνιο, ο λευκοσίδηρος (επικασσιτερωμένος χάλυβας) και ο επιχρωμιωμένος χάλυβας, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε συσκευασίες αναψυκτικών και κονσέρβες.
- Πλαστικά, η ανακύκλωση των οποίων είναι αντιοικονομική αλλά παρουσιάζει πολλά περιβαλλοντικά οφέλη. Χρειάζεται ωστόσο ιδιαίτερη προσοχή ώστε να κατηγοριοποιούνται κατά είδος. Τα συνηθέστερα είδη πλαστικού που ανακυκλώνονται είναι το PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο), το HDPE (πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας), το LDPE (πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας), το PP (πολυπροπυλένιο), το PS (πολυστενρένιο) και το PET.
- Άλλα υλικά, όπως ελαστικά, λιπαντικά και ογκώδη αντικείμενα.

3.3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας αφορούν τα βιοαποικοδομήσιμα (οργανικά) απορρίμματα και ενώ λαμβάνουν χώρα και στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, μπορούν να πραγματοποιηθούν και σε ξεχωριστές εγκαταστάσεις ώστε να γίνει αποκλειστικά ανάκτηση ενέργειας μέσω του βιοαερίου και προϊόντος κομπόστ, αλλά και να μειωθεί σημαντικά ο όγκος των απορριμμάτων – υπολειμμάτων στην περίπτωση των βιολογικών μεθόδων – που θα κατέληγε στους ΧΥΤΑ.

Αναερόβια επεξεργασία – Χώνευση/Ζύμωση

Κατά την αναερόβια βιολογική επεξεργασία (αναερόβια ζύμωση) η αποδόμηση των οργανικών υλικών πραγματοποιείται μέσω αναερόβιων μικροοργανισμών σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Τα τελικά προϊόντα είναι οι σταθεροποιημένες οργανικές ουσίες και το βιοαέριο, κυρίως αποτελούμενο από αέριο μεθάνιο (CH_4), το οποίο οδηγείται προς καύση για την παραγωγή ενέργειας (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002).

Αερόβια επεξεργασία – Κομποστοποίηση/Λιπασματοποίηση

Η κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα σε αερόβιο περιβάλλον, με τα βακτήρια να μετατρέπουν τη βιοαποικοδομήσιμη μάζα των οργανικών συστατικών σε σταθεροποιημένο οργανικό υλικό (κομπόστ), ως τελικά προϊόντα, διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό αντί για μεθάνιο που παράγεται κατά την αναερόβια επεξεργασία (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002). Η αναερόβια επεξεργασία μπορεί άτυπα να θεωρηθεί και ως μια μορφή ανακύκλωσης των οργανικών ουσιών, αφού το τελικό προϊόν της κομποστοποίησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό (Κούγκολος, 2007).

3.3.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας χρησιμοποιούνται για τα κλάσματα των απορριμμάτων που δεν είναι υλικά αξιοποιήσιμα και ταυτόχρονα παρουσιάζουν υψηλή θερμογόνο δύναμη με σκοπό την ανάκτηση και αξιοποίηση ενέργειας από την επεξεργασία τους (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002). Η παραγόμενη ενέργεια

χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή για τηλεθέρμανση/ψύξη. Παράλληλα, μειώνεται σημαντικά ο όγκος των απορριμμάτων, τα υπολείμματα των οποίων αδρανοποιημένα πλέον μετά τη θερμική επεξεργασία οδηγούνται τους ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ. Οι επικρατέστερες πλέον μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας είναι η καύση, η πυρόλυση και η αεριοποίηση, λόγω των οικολογικών, ενεργειακών και οικονομικών οφελών τους (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002).

Καύση ή αποτέφρωση

Η διαδικασία που λαμβάνει χώρα κατά την καύση είναι ουσιαστικά η οξείδωση των απορριμμάτων με το οξυγόνο. Με την καύση μειώνεται σημαντικά ο όγκος των απορριμμάτων (έως 80% περίπου), ωστόσο είναι μια μέθοδος που ενέχει πολλούς περιβαλλοντικούς κινδύνους, αφού τα προϊόντα της εμπεριέχουν πολλές επιβλαβείς ουσίες. Τα παραγόμενα αερολύματα περιέχουν οξείδια του αζώτου (NO_x), διοξείδιο του θείου (SO_2), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδροχλώριο (HCl), αιωρούμενα σωματίδια, διοξίνες και φουράνια, ενώ στα στερεά υπολείμματα περιέχονται βαρέα μέταλλα και άλλες τοξικές ουσίες (Παναγιωτακόπουλος, 2002; Κούγκολος, 2007; Σαχινίδης, 2011).

Πυρόλυση

Η αποσύνθεση της οργανικής ύλης κατά τη διαδικασία της πυρόλυσης γίνεται χημικά, μέσω της θέρμανσής τους σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου και τη μετατροπή αυτών σε καύσιμα αέρια κυρίως υδρογόνου (H_2), μεθανίου (CH_4), μονοξειδίου (CO) και διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), καθώς και σε μια μικρή ποσότητα υγρών και ένα στερεό υπόλειμμα άνθρακα, αδρανών και στάχτης (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002; www.ntua.gr). Διαφέρει από την καύση ως προς την απαίτηση χαμηλότερης θερμοκρασίας λειτουργίας και πολύ μικρότερης ποσότητας οξυγόνου (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002). Ωστόσο, για τη σχάση των οργανικών ενώσεων λαμβάνουν χώρα ενδόθερμες αντιδράσεις θερμικής διάσπασης, επομένως για την πυρόλυση απαιτείται παροχή ενέργειας από εξωτερική πηγή (www.ntua.gr).

Αεριοποίηση

Μέσω της αεριοποίησης επιτυγχάνεται η ατελής καύση ανθρακούχων καυσίμων με τελικό προϊόν μείγμα καυσίμου αερίου που αποτελείται κυρίως από μονοξείδιο του

άνθρακα (CO), υδρογόνο (H₂) και κορεσμένους υδρογονάνθρακες, καθώς επίσης και στερεά υπολείμματα αποτελούμενα από άνθρακα και αδρανή (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002; www.ntua.gr).

3.3.5 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ

Η τελική διάθεση των απορριμμάτων γίνεται με την κατόρυξή τους στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) ή Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ). Η υγειονομική ταφή είναι μια μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται σε οποιονδήποτε συνδυασμό μεθόδων εναλλακτικής διαχείρισης, αφού εκτός από τα συνήθη απορρίμματα (οικιακά απορρίμματα, μπάζα, τέφρες και σκουριές, σταθεροποιημένες και αφυδατωμένες ιλεις) (Κούγκολος, 2007) στους ΧΥΤΑ (ή ΧΥΤΥ) καταλήγουν και τα υπολείμματα άλλων μεθόδων επεξεργασίας, π.χ. της καύσης και λιπασματοποίησης (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Επομένως, η υγειονομική ταφή αποτελεί μια πλήρη μέθοδο διαχείρισης. Επίσης, είναι μια μέθοδος που απαιτεί σχετικά απλή τεχνολογία και χαμηλή δαπάνη λειτουργίας, ενώ ο χώρος μετά το πέρας του χρόνου ζωής του και την αποκατάστασή του δίνει τη δυνατότητα για άλλου είδους χρήση (π.χ. ανάπτυξη βλάστησης για πάρκα κ.τ.λ.). Ωστόσο, η κατόρυξη των απορριμμάτων είναι θεμιτό να γίνεται αφού αυτά έχουν υποστεί την επεξεργασία από εναλλακτικές μεθόδους, αφενός ώστε να μειωθεί ο όγκος των απορριμμάτων προς τελική διάθεση και αφετέρου, επειδή τα αδρανοποιημένα με αυτόν τον τρόπο υπολείμματα επιφέρουν αρκετά μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Hadjibiros et al., 2011).

Κατά την κατόρυξή τους τα απορρίμματα διατίθενται σε διαδοχικές στρώσεις 2 – 3 μέτρων στις οποίες καθημερινά μετά τη συμπίεσή τους παρεμβάλλονται στρώσεις κάλυψής τους από χώμα ώστε να αποφευχθούν η έκλυση οσμών αλλά και η έλξη τρωκτικών κ.τ.λ. Η επιφάνεια του πυθμένα των ΧΥΤΑ είναι από αργιλικά υλικά αλλά και επιπρόσθετη στρώση γεωφύσματος ώστε να είναι αδιαπέραστη και να προστατεύεται ο υδροφόρος ορίζοντας από τη μόλυνση από τα διασταλάζοντα υγρά των απορριμμάτων (Κούγκολος, 2007), τα οποία συλλέγονται με σωλίνες και οδηγούνται είτε προς εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είτε επιστρέφουν στο χώρο κατόρυξης με σκοπό την αύξηση της υγρασίας των απορριμμάτων. Πριν ή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της διάθεσης τα απορρίμματα είναι δυνατόν να υφίστανται

συμπύεση ή λεπτοτεμαχισμό ώστε να μειωθεί ο όγκος τους (Κούγκολος, 2007). Από τη διαδικασία της κατόρυξης παράγεται βιοαέριο το οποίο συλλέγεται και οδηγείται προς καύση και σε πολλούς ΧΥΤΑ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή ζεστού νερού (Κούγκολος, 2007). Η διαδικασία σταθεροποίησης των απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ μπορεί να είναι αερόβια ή αναερόβια. Σε αναερόβιο περιβάλλον η σταθεροποίηση λαμβάνει χώρα με πιο αργούς ρυθμούς, καθώς ταυτόχρονα παράγεται μεθάνιο και τοξικά στραγγίσματα, ενώ υπό αερόβιες συνθήκες, με την παροχή των κατάλληλων αναλογιών αέρα και υγρασίας, ο ρυθμός σταθεροποίησης αυξάνεται, η παραγωγή μεθανίου μειώνεται, όπως επίσης μειώνεται η τοξικότητα των στραγγισμάτων και το επίπεδο του κινδύνου μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα. Επίσης, υπό αερόβιες συνθήκες μεγάλο μέρος του οργανικού κλάσματος υφίσταται αποδοτικότερη κομποστοποίηση, ενώ μειώνεται το κόστος λειτουργίας του ΧΥΤΑ και επεκτείνεται ο χρόνος ζωής του, αφού πραγματοποιείται μεγαλύτερη μείωση του όγκου των απορριμμάτων σε σχέση με την αναερόβια διαδικασία.

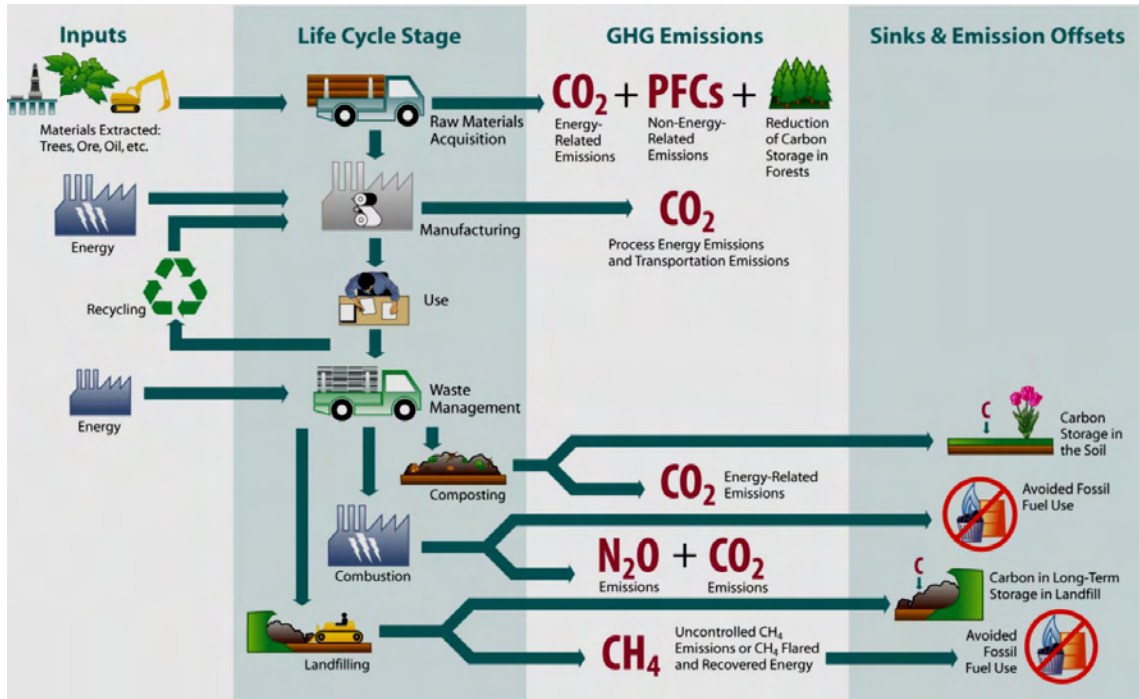
3.4 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι στα πλαίσια της βιώσιμης διαχείρισης, ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης απορριμμάτων δεν επικεντρώνεται μόνο στην εκάστοτε καταλληλότερη μέθοδο επεξεργασίας τους, αλλά στοχεύει στην καθολική διαδικασία, δηλαδή από το στάδιο της παραγωγής έως και την τελική διάθεση, με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος τόσο σχετικά με τη μείωση των παραγόμενων ρύπων, όσο και σχετικά με την εξοικονόμηση φυσικών πόρων και πρώτων υλών. Για το σκοπό αυτό έχει αναπτυχθεί η διαδικασία της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) των απορριμμάτων, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθ' όλες τις φάσεις διαχείρισής τους.

Η ΑΚΖ (LCA - Life Cycle Assessment) ενός αντικειμένου (προϊόντος ή υπηρεσίας) αφορά ολόκληρη τη διαδρομή του από την αρχική παραγωγή του έως και τη διάθεσή του ως τελικό προϊόν (cradle-to-grave). Περιλαμβάνει τη διαδρομή του (Εικόνα 3-2) από την απόκτηση των πρώτων υλών, την παραγωγή και τη χρήση του, τη μεταφορά του και την τελική διάθεσή του στο περιβάλλον ως άχρηστο υλικό χωρίς περαιτέρω δυνατή επεξεργασία, δηλαδή ακόμα και την απαιτούμενη διαδικασία για την

επαναχρησιμοποίησή του, ή για την αδρανοποίηση και την εναπόθεσή του στο περιβάλλον είτε ως αδρανές υλικό στους ΧΥΤΑ, είτε ως εκπομπές στο περιβάλλον και, τέλος, την απαιτούμενη για τις παραπάνω δραστηριότητες ενέργεια (Weitz et al., 2002; Liamsanguan and Gheewala, 2008; Mohareb et al., 2008; Vergara et al., 2011).

Συνεπώς, αποτελεί μια μεθοδολογία ολιστικής αποτίμησης της ζωής του αντικειμένου και χρησιμοποιείται για τη σύγκριση των διαφορετικών στρατηγικών διαχείρισης απορριμμάτων. Επίσης, μέσω της ανάλυσης του κύκλου ζωής έχουν αναπτυχθεί μοντέλα που δίνουν χρήσιμα αποτελέσματα κυρίως αναφορικά με τις εκπομπές των αερίων από τη διαχείριση των απορριμμάτων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Liamsanguan and Gheewala, 2008). Ωστόσο, συνήθως για την εκτίμηση των παραγόμενων εκπομπών στα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων η εκτίμηση του κύκλου ζωής ξεκινά από τη στιγμή που το προϊόν εντάσσεται στην κατηγορία των απορριμμάτων, δηλαδή από τη στιγμή που απορρίπτεται στον κάδο απορριμμάτων (στάδιο παραγωγής απορριμμάτων) (Mohareb et al., 2008). Τέλος, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο, το οποίο έχει αρχίσει μόνο πρόσφατα να χρησιμοποιείται, για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τους τρόπους διαχείρισης των απορριμμάτων με σκοπό την περιβαλλοντική αειφορία και βιωσιμότητα (Weitz et al., 2002).



Εικόνα 3-2: Πηγές και καταβόθρες αερίων του θερμοκηπίου, σχετιζόμενες με τον κύκλο ζωής των υλικών.

Πηγή: EPA, 2012c.

4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ

4.1 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

4.1.1 *ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ*

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο, χάρη στο οποίο η θερμοκρασία της Γης διατηρείται σταθερή, με μέση ετήσια θερμοκρασία τους 15°C σε παγκόσμια βάση, και συνεπώς ευνοείται η ανάπτυξη ζωής στον πλανήτη. Χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου η θερμοκρασία του πλανήτη θα ήταν περίπου -15°C (<http://environment.about.com>).

Από το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας που προσκρούει στη Γη, μόνο το 50% καταφέρνει να διαπεράσει την ατμόσφαιρα και να θερμάνει την επιφάνεια του πλανήτη και το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, ενώ το 30% περίπου αντανακλάται στο διάστημα από τα σύννεφα και τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας, και το υπόλοιπο 20% κατακρατείται από τα σύννεφα, τα αιωρούμενα σωματίδια και τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας (αέρια του θερμοκηπίου).

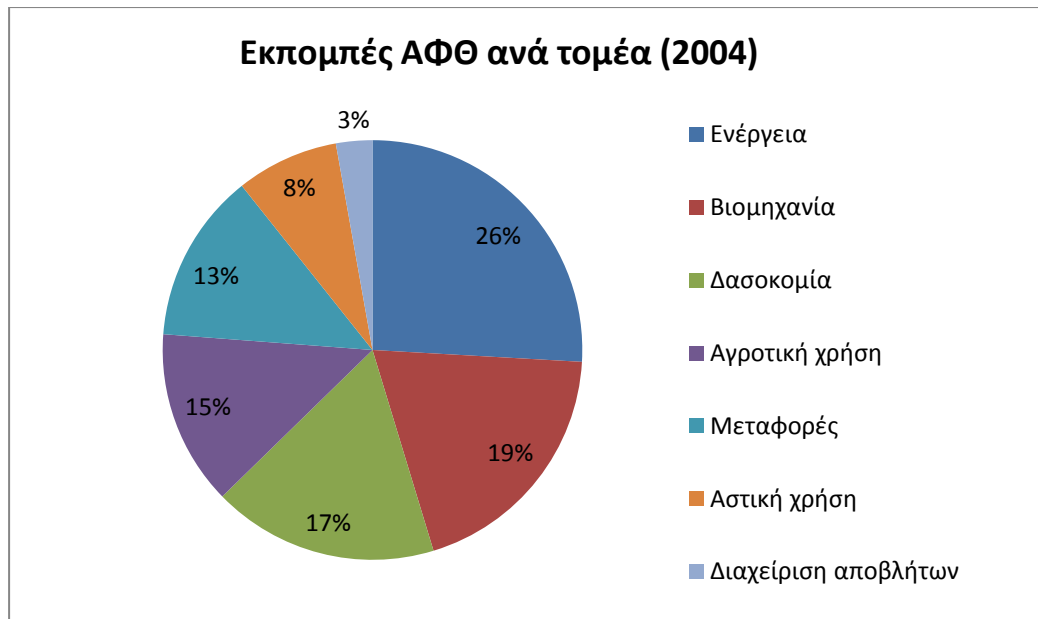
Επίσης, η επιφάνεια της γης λόγω της θέρμανσής της από την ηλιακή ακτινοβολία εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία προς το διάστημα, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας (90%) απορροφάται από τα αέρια του θερμοκηπίου της ατμόσφαιρας και επιστρέφει στη γη, γεγονός από το οποίο ονομάστηκε το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Le Treut et al., 2007).

4.1.2 *ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ*

Η αρνητική διάσταση που δίδεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αποδίδεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες αυξάνουν τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την αύξηση της απορρόφησης ακτινοβολίας από αυτά και τη συνεπαγόμενη αύξηση της θερμικής ενέργειας που επιστρέφει προς τη Γη, με συνέπεια την υπερθέρμανση του πλανήτη (Le Treut et al., 2007). Σημαντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

παγκοσμίως που προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες παρατηρούνται ήδη από την προβιομηχανική εποχή, σημειώνοντας μια αύξηση της τάξης του 70% από το 1970 έως το 2004 (IPCC, 2007). Οι κυριότερες δραστηριότητες που συμβάλλουν στο φαινόμενο είναι η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η αποψίλωση των δασών (Le Treut et al., 2007). Αναλυτικότερα, οι δραστηριότητες που είναι κυρίως υπεύθυνες – σύμφωνα με τον υπολογισμό των επιπέδων εκπομπών του 2004 (Διάγραμμα 4-1) – είναι (Rogner et al, 2007; www.epa.gov α; www.e-education.psu.edu):

- Η παραγωγή ενέργειας: η καύση του άνθρακα, του φυσικού αερίου και του πετρελαίου για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και θέρμανσης είναι η μεγαλύτερη πηγή παραγωγής εκπομπών, με ποσοστό συμβολής 26%.
- Οι βιομηχανικές δραστηριότητες: εκτός από την καύση ορυκτών καυσίμων για την επιτόπου παραγωγή ενέργειας στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνονται επίσης οι εκπομπές από παραγωγή χημικών, από μεταλλουργία και διαδικασίες μετασχηματισμού ορυκτών που δε σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας, καθώς επίσης και από διυλιστήρια.
- Οι αλλαγές στις χρήσεις γης και κυρίως η δασοκομία: οι εκπομπές προέρχονται κυρίως από την αποψίλωση των δασών και την εκχέρσωση για γεωργία, καθώς και την αποσύνθεση της εναπομένουσας βιομάζας από την υλοτομία.
- Οι αγροτικές δραστηριότητες, όπως η διαχείριση γεωργικού εδάφους, η κτηνοτροφία και η καύση γεωργικών αποβλήτων (βιομάζας).
- Οι μεταφορές: οι εκπομπές προέρχονται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο κίνησης, βενζίνη – diesel) για τις οδικές, σιδηροδρομικές, αεροπορικές και θαλάσσιες μεταφορές.
- Η αστική χρήση γης – κτίρια εμπορίου και κατοικίας: οι εκπομπές αυτού του τομέα αναφέρονται στη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και της βιομάζας (για θέρμανση).
- Η διαχείριση στερεών αποβλήτων και λυμάτων: η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αυτού του τομέα είναι η υγειονομική ταφή, ενώ ακολουθούν οι εκπομπές από τη διαχείριση των λυμάτων και από την καύση των απορριμμάτων που σχετίζονται με ορυκτά καύσιμα (πλαστικά, συνθετικά υφάσματα).



Διάγραμμα 4-1: Εκπομπές ΑΦΘ ανά τομέα ανθρωπογενούς δραστηριότητας το 2004.

Πηγή: Rogner et al, 2007.

4.2 ΑΕΡΙΑ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Τα αέρια που συμβάλλουν στο πρόβλημα του φαινομένου του θερμοκηπίου – μέσω της απορρόφησης και συγκράτησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα μόριά τους – είναι κυρίως τριατομικά ή πολυατομικά αέρια. Τα βασικότερα από αυτά είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), ενώσεις του αζώτου (N_2O , NO_x), το φρέον, το όζον (O_3) αλλά και οι υδρατμοί που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Πιο αναλυτικά (www.epa.gov):

Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2): το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κυριότερο αέριο του φαινομένου του θερμοκηπίου. Κατά τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στη φύση, οι εκπομπές του αλλά και η απορρόφησή του αποτελούν μέρος του κύκλου του άνθρακα, ενώ εκπέμπεται κυρίως από την αναπνοή των ζώων και φυτών, τις ηφαιστειακές εκρήξεις και τις ανταλλαγές μεταξύ ωκεανών και ατμόσφαιρας. Ωστόσο, υπεύθυνες για το πρόβλημα του φαινομένου του θερμοκηπίου θεωρούνται οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα που οφείλονται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Αυτές παράγονται κυρίως από την καύση των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας) και τις αλλαγές στις χρήσεις γης, καθώς επίσης και από τη διαχείριση στερεών αποβλήτων, από τα προϊόντα ξυλείας αλλά και από χημικές αντιδράσεις που

λαμβάνουν χώρα κατά τις βιομηχανικές διεργασίες (όπως κατά την παραγωγή τσιμέντου). Η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει παρουσιάσει αύξηση κατά 40% από την προβιομηχανική εποχή ως σήμερα, δηλαδή από 280 μέρη στο εκατομμύριο κατ' όγκο (ppmv) που εκτιμήθηκε για τον 18^ο αιώνα, να φτάνει τα 390 ppmv κατά το έτος 2010.

Μεθάνιο (CH₄): είναι το δεύτερο επικρατέστερο αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αφού πάνω από το 60% των εκπομπών του οφείλονται σε αυτές και η συγκέντρωσή του εξαιτίας αυτών έχει αυξηθεί από την προβιομηχανική εποχή έως σήμερα κατά 250%. Ωστόσο, στις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί σημαντική επιβράδυνση στο ρυθμό αύξησης της συγκέντρωσής του. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που είναι υπεύθυνες για τις εκπομπές μεθανίου είναι η παραγωγή και μεταφορά των ορυκτών καυσίμων και κυρίως του φυσικού αερίου, η κτηνοτροφία και η αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής.

Υποξείδιο του αζώτου (N₂O): Το N₂O εκπέμπεται από φυσικές πηγές και είναι ένα αέριο που προέρχεται από τον κύκλο του αζώτου. Ενώ η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα ήταν ανέκαθεν σχετικά σταθερή, από τη βιομηχανική επανάσταση και μετά έχει παρατηρηθεί αύξηση κατά 18%, και ιδιαίτερα με ταχύτερους ρυθμούς τις τελευταίες δεκαετίες. Σε παγκόσμιο επίπεδο οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για το 40% των εκπομπών του N₂O, το οποίο εκπέμπεται κατά τις αγροτικές δραστηριότητες (κυρίως από τη χρήση λιπασμάτων), από τις μεταφορές (καύσιμα) και από βιομηχανικές δραστηριότητες όπως η παραγωγή λιπασμάτων και συνθετικών ινών, αλλά και κατά την καύση ορυκτών καυσίμων και των στερεών αποβλήτων.

Φθοριούχα αέρια: όπως υδροφθοράνθρακες (HFCs), χλωροφθοράνθρακες (CFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs), υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs) και εξαφθοριούχο θείο (SF₆). Αυτά είναι ισχυρά συνθετικά – τεχνητά παραγόμενα – αέρια του θερμοκηπίου και προέρχονται μόνο από ανθρωπογενείς πηγές. Ενώ εκπέπονται σε μικρότερες ποσότητες, έχουν ισχυρές επιπτώσεις στο φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω του υψηλού δυναμικού τους στην υπερθέρμανση του πλανήτη ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις και λόγω του μεγάλου χρόνου ζωής τους, γι αυτό και αναφέρονται και ως αέρια με υψηλό δυναμικό θέρμανσης (High Global Warming Potential gases - High GWP gases). Εκπέπονται από βιομηχανικές διεργασίες, όπως από την παραγωγή

αλουμινίου και την επεξεργασία μαγνησίου, από τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών όπου χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά, καθώς επίσης χρησιμοποιούνται και ως διαλύτες και επιβραδυντικά πυρκαγιάς.

Ένα ακόμη αέριο του θερμοκηπίου είναι το όζον, το οποίο δημιουργείται από τη χημική αντίδραση του φωτός με τις εκπομπές οξειδίου του αζώτου και πτητικών οργανικών ενώσεων που προέρχονται από τα αυτοκίνητα, τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και άλλες βιομηχανικές πηγές.

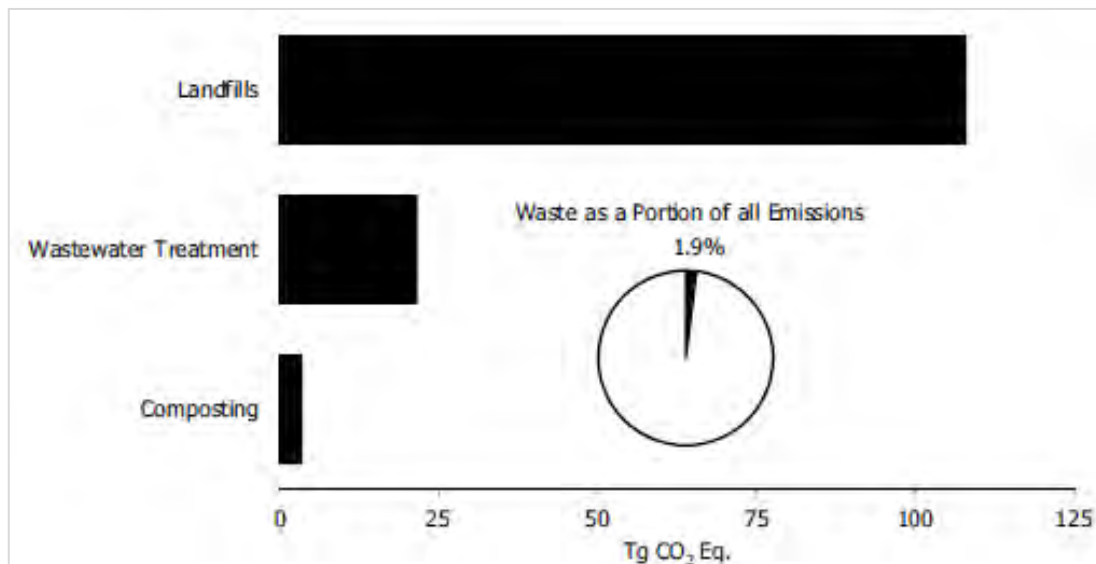
Επίσης, οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας παίζουν σημαντικό ρόλο στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η συγκέντρωσή τους παραμένει σχετικά σταθερή αφού ρυθμίζεται από τη θερμοκρασία και τις κατακρημνίσεις, και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν τη συγκέντρωση μόνο σε τοπική κλίμακα. Επομένως, οι υδρατμοί δε λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη του προβλήματος του φαινομένου του θερμοκηπίου.

4.3 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα κυριότερα αέρια που εκπέμπονται από τις διάφορες μεθόδους διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων και στα οποία επικεντρώνονται οι περισσότερες έρευνες είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O). Σύμφωνα με τους Pipatti and Manso Vieira (2006) το μεθάνιο που παράγεται από τους χώρους διάθεσης στερεών αποβλήτων αποτελεί το 4% περίπου των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται παγκοσμίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Στον τομέα των στερεών αποβλήτων, το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών προέρχεται από το παραγόμενο μεθάνιο στους ΧΥΤΑ (81.4% εκπομπές CH₄ σε σχέση με τις ολικές εκπομπές από τον τομέα διαχείρισης στερεών αποβλήτων) (EPA, 2012a). Επίσης, σημαντικές ποσότητες μεθανίου εκλύονται και κατά την επεξεργασία των διασταλαζόντων νερών των απορριμμάτων. Οι σημαντικότερες εκπομπές σε CO₂ προέρχονται από τη μέθοδο της καύσης των απορριμμάτων, οι οποίες όμως στη βιβλιογραφία υπάγονται στον τομέα της ενέργειας, αφού τα εκκλύμενα αέρια της καύσης χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας (Pipatti and Manso Vieira,

2006). Ωστόσο, CO₂ παράγεται και στους ΧΥΤΑ αλλά και κατά την επεξεργασία των διασταλαζόντων νερών, τα εκπεμπόμενα μεγέθη του όμως δεν προσμετρώνται στις αναφορές των μελετών για τις επιπτώσεις του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω της βιογενούς προέλευσής του (Pipatti and Manso Vieira, 2006). Οι ποσότητες του παραγόμενου N₂O ποικίλουν σημαντικά, ανάλογα με το είδος της επεξεργασίας αλλά και τις συνθήκες που επικρατούν. Επίσης, υπάρχουν και έμμεσες εκπομπές N₂O από τα NO_x και την αμμωνία που παράγονται κατά την καύση και την κομποστοποίηση αντίστοιχα, η συνεισφορά αυτών όμως στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τον τομέα των απορριμμάτων είναι ασήμαντη (Pipatti and Manso Vieira, 2006). Το 2010 η συνεισφορά των εκπεμπόμενων αερίων από τον τομέα των αποβλήτων ήταν το 1.9% των ολικών εκπομπών (Διάγραμμα 4-2) (EPA, 2012a).



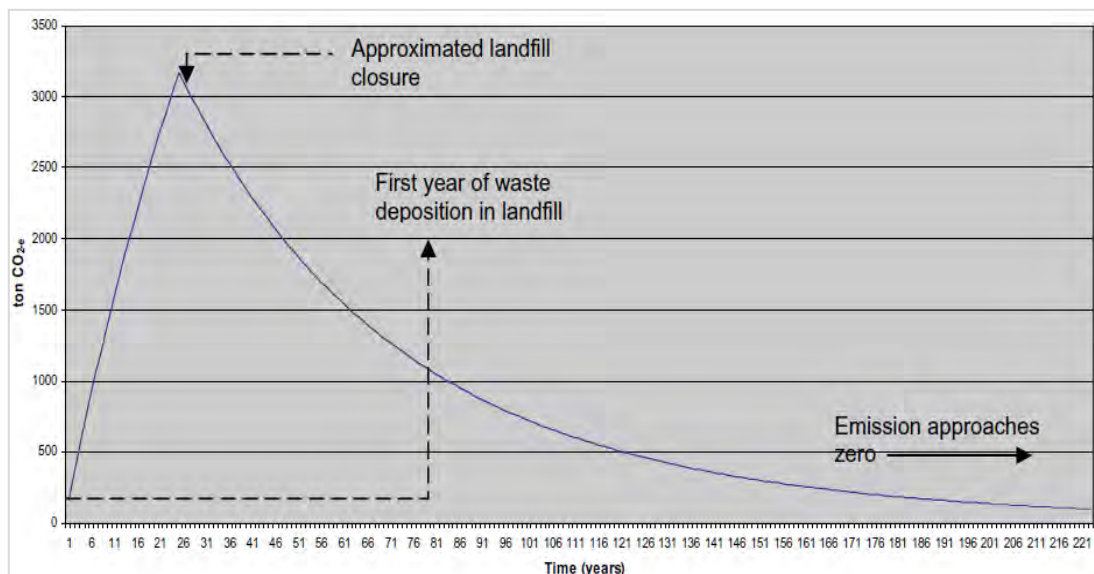
Διάγραμμα 4-2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα των απορριμμάτων κατά το έτος 2010.

Πηγή: EPA, 2012a.

4.3.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΧΥΤΑ

Τα κυριότερα εκπεμπόμενα αέρια από τους ΧΥΤΑ από την αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων των απορριμμάτων είναι το CH₄ και το CO₂. Το μεθάνιο παράγεται τόσο κατά το στάδιο λειτουργίας τους όσο και με το πέρας της χωρητικότητάς τους και το κλείσιμό τους, και για περισσότερα από 200 χρόνια (Διάγραμμα 4-2). Ωστόσο, το μεγαλύτερο ποσοστό παράγεται κατά το στάδιο λειτουργίας τους, καθώς ο βαθμός αποδόμησης των απορριμμάτων είναι μεγαλύτερος (Lou and Nair, 2009). Η ποσότητα

του παραγόμενου μεθανίου εξαρτάται σε κάθε περίπτωση από διάφορους παράγοντες (Komilis et al., 1999), μεταξύ των οποίων η σύσταση των απορριμμάτων και η περιεκτικότητά τους σε οργανικά, το ποσοστό υγρασίας (Bogner et al., 1997), καθώς επίσης και από τους τρόπους διαχείρισης των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ, όπως η συμπίκνωση, η επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων και η αερόβια ή μη υγειονομική ταφή των απορριμμάτων. Στρατηγικές κατά τις οποίες επιτυγχάνεται μείωση της ποσότητας του παραγόμενου μεθανίου από τους ΧΥΤΑ είναι η συλλογή και καύση του βιοαερίου προς την παραγωγή ενέργειας εξ αυτού, η εισαγωγή αερόβιων διαδικασιών αντί των αναερόβιων, καθώς και η κάλυψη της τελικής στρώσης του ΧΥΤΑ με κομπόστ. Η αερόβια υγειονομική ταφή, μέσω της εισαγωγής αέρα, επιταχύνει την αποσύνθεση των απορριμμάτων, ενώ τα αερόβια βακτήρια μετατρέπουν την οργανική ύλη σε CO₂ και H₂O αντί για μεθάνιο (Read et al., 2001). Ωστόσο, χρήζει ιδιαίτερης προσοχής το είδος της ενέργειας που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς τα ορυκτά καύσιμα πρέπει να αποφεύγονται, προς αποφυγή αύξησης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (Lou and Nair, 2009).



Διάγραμμα 4-3: Εκπομπές CH₄ από τους ΧΥΤΑ κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας του σταδίου λειτουργίας τους.

Πηγή: (Lou and Nair, 2009)

4.3.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Τα κύρια προϊόντα της διαδικασίας είναι το CO₂ και το H₂O, ενώ οι εκπομπές CH₄ από την κομποστοποίηση θεωρούνται γενικά αμελητέες (EPA, 2012a). Ωστόσο, ακόμα και το CO₂ λόγω της βιογενούς προέλευσής του, αφού τα βιοαποδομούμενα απορρίμματα αποτελούνται από πρόσφατα δεσμευμένο άνθρακα, καθίσταται περιβαλλοντικά ουδέτερο αναφορικά με το θέμα του φαινομένου του θερμοκηπίου (ΕΠΤΑ, 2010). Επίσης, από τη διαδικασία της κομποστοποίησης παράγεται και N₂O (Pipatti and Manso Vieira, 2006), και ενώ υπάρχει διαφοροποίηση των απόψεων των μελετητών για το μέγεθος αλλά και το χρόνο παραγωγής των εκπομπών (He at al., 2000; Beck-Friis et al., 2000), δεδομένου του γεγονότος ότι είναι 300 φορές πιο ενεργό από το CO₂ (Houghton et al., 1996), η μέτρηση των εκπομπών του έχει αρχίσει να λαμβάνεται υπόψη και να μελετάται περαιτέρω. Οι ποσότητες των εκπομπών CH₄ και N₂O εξαρτώνται από τη σύσταση, τη θερμοκρασία, την υγρασία και τον αερισμό των απορριμμάτων (EPA, 2012a). Ωστόσο, όσον αφορά στο θέμα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τα αέρια από τη διαδικασία της κομποστοποίησης δε λαμβάνονται υπόψη (Lou and Nair, 2009). Από την άλλη, εκτός από τα εκπεμπόμενα αέρια κατά τη διαδικασία της αερόβιας αποσύνθεσης, η ολική διαδικασία της κομποστοποίησης απαιτεί τη χρήση βαρέων μηχανημάτων, και κατ' επέκταση τη χρήση ενέργειας, με συνέπεια να εκλύονται επίσης αέρια τα οποία συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Lou and Nair, 2009). Τέλος, η διαδικασία της κομποστοποίησης συμβάλει έμμεσα στο μετριασμό των εκπομπών, μέσω της χρήσης και των πλεονεκτημάτων του τελικού παραγόμενου προϊόντος κομπόστ (Lou and Nair, 2009).

4.3.3 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ

Η καύση των απορριμμάτων μετατρέπει τα οργανικά σε CO₂ (EPA, 2012a). Σύμφωνα με τους Pipatti and Manso Vieira (2006) οι εκπομπές των αερίων από την καύση με εκμετάλλευση της εκλυόμενης ενέργειας συμπεριλαμβάνονται στον τομέα της ενέργειας, ενώ χωρίς την εκμετάλλευση αυτής συμπεριλαμβάνονται στις μετρήσεις του τομέα των απορριμμάτων. Τα εκπεμπόμενα αέρια από την καύση είναι το CO₂, το CH₄ και το N₂O, ωστόσο οι πιο σημαντικές είναι αυτές του CO₂ (Pipatti and Manso Vieira, 2006). Επίσης, σύμφωνα με τους Pipatti and Manso Vieira (2006) στην εκτίμηση των

συνολικών εκπομπών θα πρέπει να προσμετρούνται μόνο οι εκπομπές προερχόμενες από την καύση πλαστικών, ελαστικών, υγρών διαλυτών, κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων – κυρίως συνθετικές ίνες (EPA, 2012a) - και χρησιμοποιημένων ορυκτέλαιων, καθώς οι εκπομπές από την καύση υλικών βιομάζας (χαρτί, τροφή, ξύλο) είναι βιογενούς προέλευσης. Σύμφωνα με τους Liamsanguan and Gheewala (2008) τη σημαντικότερη συνεισφορά στις εκπομπές αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει η καύση πλαστικών. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Weitz et al. (2002) η καύση των απορριμμάτων συνεισφέρει έμμεσα στη μείωση αφενός του CH₄ που θα εκλύονταν από την απόθεσή τους στους ΧΥΤΑ και αφετέρου των εκπομπών που θα εκλύονταν κατά την παραγωγή ενέργειας από την καύση ορυκτών καυσίμων, αφού αντί των τελευταίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ενέργεια που παράγεται κατά την καύση.

4.3.4 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η ανακύκλωση συμβάλλει έμμεσα στη μείωση των εκπομπών των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Μέσω της ανακύκλωσης μειώνεται ο όγκος και η ποσότητα των απορριμμάτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ, με αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας του παραγόμενου CH₄ από αυτούς (Pipatti and Manso Vieira, 2006). Επίσης, εκτός από την εξοικονόμηση φυσικών πόρων με την επαναχρησιμοποίηση των ανακυκλώσιμων υλικών (Liamsanguan and Gheewala, 2008), μειώνεται και η απαιτούμενη ενέργεια, αφού τα ανακτηθέντα υλικά αντικαθιστούν το στάδιο παρασκευής υλικών από πρώτες ύλες, με συνέπεια τη μείωση τόσο των εκπομπών από τη διαδικασία της παρασκευής τους (Liamsanguan and Gheewala, 2008; Chen and Lin, 2008; Weitz et al., 2002; Batool and Chuadhry, 2009) αλλά και από τη διαδικασία εξόρυξης πρώτων υλών (Weitz et al., 2002), όσο και από την καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας (Weitz et al., 2002; Batool and Chuadhry, 2009). Σύμφωνα με τους Chen and Lin (2008), η ανακύκλωση συμβάλλει στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου λιγότερο από κάθε άλλη μέθοδο διαχείρισης απορριμμάτων. Ωστόσο, κατά την καθολική διαδικασία της ανακύκλωσης λαμβάνουν χώρα μικρές ποσότητες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όπως για παράδειγμα από την κυκλοφορία των οχημάτων που μεταφέρουν τα προς ανακύκλωση υλικά (Chen and Lin, 2008) και γι' αυτό το λόγο είναι θεμιτό όσον αφορά στην εκτίμηση των παραγόμενων εκπομπών από κάθε μέθοδο να περιλαμβάνεται η εκτίμηση του κύκλου

ζωής. Τέλος, σύμφωνα με την ΕΠΤΑ (2010), προϋπόθεση για να θεωρηθεί ότι η ανακύκλωση έχει θετικές επιπτώσεις στο ζήτημα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι η διαδικασία ανακύκλωσης να έχει συνολικά λιγότερες εκπομπές από τη διαδικασία παραγωγής ενός νέου προϊόντος.

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΦΘ ΜΕΣΩ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΚΖ

5.1 Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη διαδικασία διαχείρισης των απορριμμάτων γίνεται πλέον μέσω της ολιστικής ανάλυσης, χρησιμοποιώντας την ΑΚΖ των απορριμμάτων. Ο κύκλος ζωής των απορριμμάτων θεωρείται ότι ξεκινά από τη στιγμή που το κάθε προϊόν απορρίπτεται στον κάδο απορριμμάτων, δηλαδή από το στάδιο παραγωγής απορριμμάτων (Mohareb et al., 2008) και τελειώνει με τη μετατροπή του σε αξιοποιήσιμο προϊόν (ανακύκλωση) ή με την τελική διάθεσή του πίσω στο οικοσύστημα (Bhander et al., 2010).

Η ΑΚΖ αποτελεί ένα διαγνωστικό εργαλείο, και χρησιμοποιείται αφενός για να περιγράψει ένα σύστημα κατά τον περισσότερο δυνατό ρεαλιστικό τρόπο και να αποτυπώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του συστήματος, και αφετέρου για τη σύγκριση των επιπτώσεων ενός συστήματος μέσω των εναλλακτικών διαδικασιών εφαρμογής αυτού. Κύριος στόχος της ανάλυσης είναι η διεξαγωγή αντιπροσωπευτικών και ασφαλών συμπερασμάτων από τα αποτελέσματα, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Καθώς η ΑΚΖ αποτελεί και ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων, είναι σημαντικό να τονισθεί η σημασία της συμμετοχής των ενδιαφερομένων μερών στη διαδικασία της μελέτης της ανάλυσης, ώστε τελικά να εφαρμοσθούν οι διαδικασίες που προβλέπονται με βάση τα αποτελέσματα της ΑΚΖ (Krutwagen et al., 2008). Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης έχει δημιουργήσει μια σειρά προτύπων σχετικά με τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης (τη σειρά ISO 14000), και συγκεκριμένα για την ΑΚΖ δημιούργησε το πρότυπο ISO 14040:2006 (Guinée et al., 2001).

Η ΑΚΖ ενός συστήματος αποτελείται από τα εξής κύρια στάδια (www.epa.gov β, <http://lca.jrc.ec.europa.eu/>):

- Τον καθορισμό του σκοπού και των στόχων της ανάλυσης: στο στάδιο αυτό ορίζονται ο σκοπός και οι στόχοι της ΑΚΖ, καθώς και παράμετροι όπως τα όρια

του συστήματος, η λειτουργία και ροή του και η απαιτούμενη ποιότητα των δεδομένων, αλλά και οι χρησιμοποιούμενες απλοποιητικές παραδοχές, υποθέσεις και περιορισμοί.

- Την απογραφική ανάλυση (LCI – Life Cycle Inventory analysis), η οποία περιλαμβάνει την καταγραφή, συλλογή και αξιολόγηση των απαιτούμενων δεδομένων και στοιχείων εισόδου και εξόδου, όπως π.χ. τους χρησιμοποιούμενους πόρους και τις εκπομπές του συστήματος.
- Την εκτίμηση των επιπτώσεων (LCIA – Life Cycle Impact Assessment): σε αυτό το στάδιο γίνεται η ανάλυση των δεδομένων και η μετάφρασή τους σε δείκτες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τόσο σε επίπεδο εκπομπών όσο και σε επίπεδο διαθεσιμότητας των πόρων αλλά και κατανάλωσης ενέργειας.
- Την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Τα όρια του συστήματος ουσιαστικά καθορίζουν τις διεργασίες που θα συμπεριληφθούν στη μελέτη του κύκλου ζωής. Ο καθορισμός των ορίων του συστήματος είναι υποκειμενικός και οι κύριες παράμετροι είναι τεχνολογικές, οικολογικές, γεωγραφικές και χρονικές.

Ουσιαστικά, η AKZ πραγματοποιείται μέσω ενός στατικού υπολογιστικού μοντέλου προσομοίωσης. Για τη σύγκριση των εκπομπών των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από τις διάφορες μεθόδους διαχείρισης απορριμμάτων έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα. Για την ευκολότερη σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από κάθε μοντέλο, τα περισσότερα χρησιμοποιούν το ισοδύναμο σε CO₂ του κάθε αερίου (Batoool and Chuadhry, 2009).

5.2 ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΣΕ CO₂

Το Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη (GWP – Global Warming Potentials) είναι μια ποσοτική μέτρηση των σχετικών μέσων όρων ακτινοβολίας και των επιπτώσεών της σε παγκόσμιο επίπεδο ενός αερίου του θερμοκηπίου και ορίζεται από την EPA (2012a) ως «ο λόγος της έντασης ακτινοβολίας σε ολοκληρωμένο χρόνο από τη στιγμιαία απελευθέρωση 1Kg ίχνους της ουσίας (του αερίου) προς 1Kg του αερίου αναφοράς». Ουσιαστικά αντικατοπτρίζει το πόσο καιρό παραμένει στην ατμόσφαιρα ένα αέριο και πόσο έντονα απορροφά ενέργεια. Ως αέριο αναφοράς χρησιμοποιείται το CO₂ και οι

σταθμισμένες εκπομπές των αερίων μετρούνται σε Teragrams (Tg) (ή εκατομμύρια μετρικούς τόνους) ισοδύναμου CO₂ (Tg CO₂ Eq.) (EPA, 2012a). Το χρονικό διάστημα στο οποίο αντιστοιχούν οι μετρήσεις είναι συνήθως τα 100 έτη. Η σχέση μετατροπής των επιπτώσεων ενός αερίου σε ισοδύναμο CO₂ είναι η εξής: Tg CO₂ Eq. = (Gg αερίου) × (GWP) × $\left(\frac{Tg}{1000 Gg}\right)$ (EPA, 2012a). Ακολουθεί ο Πίνακας 5-1 με τα ισοδύναμα CO₂ των αερίων που μελετώνται κατά τη σύγκριση των εκπομπών των αερίων από τις μεθόδους διαχείρισης στερεών αποβλήτων, καθώς και το χρόνο παραμονής τους στην ατμόσφαιρα σε έτη.

Πίνακας 5-1: Ισοδυναμία σε CO₂ των ΑΦΘ.

Αέριο	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆
GWP (100ετών)	1	21	310	140 - 11700	6500 - 9200	23900
Έτη παραμονής	50 - 200	12	120	1 - 270	800 - 50000	3200

Πηγή: EPA, 2012a.

Όσο μεγαλύτερο Δυναμικό έχει ένα αέριο, τόσο περισσότερη ενέργεια απορροφά, και συνεπώς τόσο περισσότερο εντείνει το πρόβλημα του φαινομένου του θερμοκηπίου. Παρατηρείται ότι οι κατηγορίες αερίων στις 3 τελευταίες στήλες έχουν πολύ υψηλότερο δυναμικό, γι αυτό και συνήθως αναφέρονται ως αέρια υψηλού GWP (EPA, 2012a), ωστόσο λόγω της σχετικά χαμηλής συγκέντρωσής τους ιδίως από τις εκπομπές από τις μεθόδους διαχείρισης απορριμμάτων, αυτά τα αέρια δε συμπεριλαμβάνονται στις μελέτες εκπομπών. Τα αέρια που μελετώνται είναι το CO₂, το CH₄ και το N₂O.

5.3 ΜΟΝΤΕΛΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Τα υπάρχοντα ανεπτυγμένα μοντέλα σκοπεύουν στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και ενεργειακών επιπτώσεων των διαφόρων μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων, μέσω της σύγκρισης των εκπομπών των αερίων της κάθε μεθόδου και της καταναλισκόμενης ενέργειας. Υποστηρίζονται από 2 εκδόσεις λογισμικών συνήθως, είτε με υπολογιστικά φύλλα της εφαρμογής Microsoft Excel με μακροεντολές για την εισαγωγή των δεδομένων, έχοντας ως υπόβαθρο την γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic (EPIC et al., 2004), είτε με διαδικτυακές εφαρμογές (EPA, 2012b; EPIC et

al., 2004). Οι εκδόσεις των διαδικτυακών εφαρμογών είναι ελαφρώς απλούστερες, ενώ μέσω των υπολογιστικών φύλλων Excel παρέχονται περισσότερες λειτουργίες, όπως π.χ. η δυνατότητα αλλαγής των τιμών διαφόρων συντελεστών (EPA, 2012c).

Ο τρόπος λειτουργίας τους βασίζεται στην εκτίμηση του κύκλου ζωής των απορριμμάτων. Η διαφορά του κύκλου ζωής των απορριμμάτων από αυτόν των προϊόντων, είναι ότι ο πρώτος ξεκινά από τη στιγμή που ένα αντικείμενο θεωρείται ως άχρηστο (Batool and Chuadhry, 2009), ενώ ο δεύτερος από τη στιγμή εξόρυξης των πρώτων υλών για τη δημιουργία τους (EPIC et al., 2004). Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται στα μοντέλα ο κύκλος ζωής των απορριμμάτων είναι γιατί μόνο από αυτόν εξαρτώνται οι διαφορές στις εκπομπές από τις διαφορετικές μεθόδους διαχείρισής τους, ενώ θεωρείται ότι ο τρόπος χρήσης των προϊόντων μέχρι να θεωρηθούν απορρίμματα δεν αλλάζει (EPA, 2012c; Vergara et al., 2011).

Τα μοντέλα συγκρίνουν 2 διαφορετικά σενάρια διαχείρισης απορριμμάτων, το ένα εκ των οποίων είναι συνήθως ο τρέχων τρόπος διαχείρισης, και το δεύτερο αποτελείται από τον επικείμενο προς εξέταση εναλλακτικό τρόπο διαχείρισης. Αφού εισαχθούν τα δεδομένα από το χρήστη, τα μοντέλα μετά την εφαρμογή του προγράμματος δίνουν αποτελέσματα σχετικά με τις παραγόμενες εκπομπές του κάθε σεναρίου, αλλά και μια αναφορά - απολογισμό σχετικά με τη διαφορά των εκπομπών, δηλαδή τη συνολική αύξηση ή μείωση των εκπομπών. Στις επιμέρους παραμέτρους που συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη είναι τα χαρακτηριστικά και η σύσταση των απορριμμάτων, η αποδοτικότητα της διαδικασίας συλλογής και μεταφοράς τους, οι διανυόμενες αποστάσεις, η διαθεσιμότητα και εγγύτητα των αγορών για τα ανακτηθέντα από την ανακύκλωση υλικά, η τελική χρήση των ανακυκλωμένων υλικών, τα επίπεδα εκπομπών από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων και οι κοινωνικές προτιμήσεις της κοινότητας (EPIC et al., 2004). Η απόφαση για τον καλύτερο συνδυασμό μεθόδων διαχείρισης και την ανάδειξη του σεναρίου με τη μεγιστοποίηση της μείωσης των εκπομπών εξαρτάται κάθε φορά από την εξεταζόμενη περίπτωση, ανάλογα με τα εκάστοτε δεδομένα. Επίσης, κάποια από τα μοντέλα εξάγουν και αποτελέσματα σχετικά με τα οικονομικά οφέλη των διαφόρων τρόπων διαχείρισης.

Τα περισσότερο ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα είναι το WARM (Waste Reduction Model) της EPA (EPA, 2012b) και το IWM (Integrated Waste Management model for municipalities) των CSR (Corporations Supporting Recycling), EPIC (Environment and

Plastics Industry Council) και του Πανεπιστημίου του Waterloo στον Καναδά (EPIC et al., 2004), καθώς επίσης και το EASEWASTE (Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies) του Τεχνικού Πανεπιστημίου της Δανίας (Technical University of Denmark) (Kirkeby et al., 2006; EASEWASTE, 2009). Οι πιο πρόσφατες εκδόσεις τους έχουν τη δυνατότητα εξέτασης τόσο της συμβατικής μεθόδου των ΧΥΤΑ σε συνδυασμό με την ανακύκλωση, όσο και με την καύση και κομποστοποίηση (EPA, 2012c; EPIC et al., 2004). Το WARM χρησιμοποιεί το ισοδύναμο C ή CO₂ μετρημένα σε μετρικούς τόνους (MT) αλλά και μονάδες ενέργειας όπως τα εκατομμύρια BTU (British Thermal Units), το IWM δίνει αποτελέσματα μετρημένα σε tCO₂E, ενώ άλλοι ερευνητές, όπως οι Liamsanguan and Gheewala (2008) χρησιμοποιούν το KgCO₂E για τα αποτελέσματά τους. Επίσης, οι Franchetti and Kilaru (2011) έχουν αναπτύξει ένα δικό τους μοντέλο, το οποίο εξετάζει τη συμβολή της ανακύκλωσης τόσο σχετικά με τη μείωση των εκπομπών των αερίων, όσο και με τα οικονομικά οφέλη από τη μείωση των εκπομπών και τα αποτελέσματα των εκπομπών μετρούνται σε MTCE. Τέλος, υπάρχουν και άλλα μοντέλα, τα οποία βασίζονται επίσης στην ανάλυση του κύκλου ζωής με το ίδιο μεθοδολογικό υπόβαθρο (Winkler and Bilitewski, 2007), λειτουργούν όμως με διαφορετικό λογισμικό, τα περισσότερο διαδεδομένα εκ των οποίων είναι το ORWARE του Πανεπιστημίου της Σουηδίας που λειτουργεί με βάση τη Matlab και τη γραφική διεπαφή της Simulink (Eriksson et al., 2002), το UMBERTO του Γερμανικού Ινστιτούτου έρευνας και το IWM2 της Industry UK.

5.4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ο πλέον συνηθισμένος από πολλούς ερευνητές αλλά και εγκυρότερος τρόπος για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη σύνθεση και τις ποσότητες των απορριμμάτων είναι μέσω του ελέγχου των απορριμμάτων (waste auditing) στην πηγή παραγωγής τους, δηλαδή στα νοικοκυριά. Επιλέγοντας δείγμα νοικοκυριών από την υπό μελέτη περιοχή, εξετάζεται η ποσότητα των απορριμμάτων ανά κατηγορία υλικού κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος.

Οι Mohareb et al. (2008), στη μελέτη καθορισμού των εκπομπών στην Ottawa, στο Ontario του Καναδά, ανέλυσαν τα απορρίμματα 110 νοικοκυριών, εφαρμόζοντας τη χωρικά στρωματοποιημένη δειγματοληψία (βλ. Φώτης, 2010), αφού το δείγμα

αποτελούνταν από 10 νοικοκυριά σε κάθε έναν από 11 δρόμους, ο κάθε ένας των οποίων ήταν από διαφορετικό μέρος της πόλης. Η έρευνα διεξήχθη κατά τη διάρκεια 2 εβδομάδων του φθινοπώρου και 2 του χειμώνα του έτους 2003. Τα υλικά μεταφέρθηκαν ώστε να γίνει η διαλογή και ταξινόμησή τους ανά 6 κύριες και 46 ειδικές κατηγορίες, ώστε να υπολογισθούν τα ποσοστά υλικών ανά κατηγορία και να μπορούν να εισαχθούν τα δεδομένα στο μοντέλο IWM.

Οι Batool and Chuadhry (2009), σε αντίστοιχη έρευνα στην πόλη Data Ganj Bukhsh Town στο Lahore του Πακιστάν, για την ανάλυση της σύνθεσης και των ποσοτήτων των παραγόμενων απορριμμάτων χρησιμοποίησαν τις μεθόδους άμεσης και συνεχούς τυχαίας δειγματοληψίας (Batool and Chuadhry, 2009), διενεργώντας αρχικά μια προκαταρκτική έρευνα σε 1000 νοικοκυριά και στη συνέχεια την πλήρη και λεπτομερή έρευνα σε 360 νοικοκυριά, επιλέγοντάς τα τυχαία και βασισμένοι στη στρωματοποιημένη δειγματοληψία (βλ. Φώτης, 2010) με βάση την κατανομή του πληθυσμού ανάλογα με τις κοινωνικο-οικονομικές κλάσεις και την κατανομή του εισοδήματος. Η έρευνά τους συμπληρώθηκε με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τους κατοίκους σχετικά με τη σύνθεση και την ποσότητα των απορριμμάτων, και διήρκησε πάνω από ένα έτος, ώστε να συλλεχθούν δεδομένα από όλες τις εποχές, λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές της σύνθεσης και ποσότητας ανάλογα με την εποχή του χρόνου ή με ξεχωριστές περιπτώσεις όπως η διάρκεια των διακοπών.

Αντίθετα, οι Vergara et al. (2011) σε έρευνα αποκλειστικά για ΧΥΤΑ, χρησιμοποίησαν δεδομένα από το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων της California, ενώ οι Liamsanguan and Gheewala (2008), συνέλλεξαν τα δεδομένα ζυγίζοντας τα απορριμματοφόρα, τα οποία διαχωρίζονται ανάλογα με την πηγή παραγωγής των απορριμμάτων.

Παράλληλα, συμπληρωματικά χρησιμοποιούνται δεδομένα από τιμολόγια, αποδείξεις και δελτία απόθεσης στις εγκαταστάσεις και τους ΧΥΤΑ, όπως και από τον έλεγχο των κάδων απορριμμάτων (Franchetti and Kilaru, 2012), κυρίως για τον καθορισμό του όγκου, με διαδικασία αντίστοιχη με αυτή των νοικοκυριών.

Εκτός από τη σύνθεση και ποσότητα των απορριμμάτων, άλλου είδους δεδομένα, κυρίως για τις εκπομπές λόγω της μεταφοράς τους, προέρχονται είτε από τη βιβλιογραφία και από το ιστορικό των εγκαταστάσεων διαχείρισης των απορριμμάτων

(Franchetti and Kilaru, 2012), είτε από Ινστιτούτα εκπομπών αυτοκινήτων (Liamsanguan and Gheewala, 2008) και σε συνδυασμό με εμπειρικούς τύπους και μέσες τιμές (Mohareb et al., 2008; Franchetti and Kilaru, 2012).

5.5 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα τα οποία εισάγονται στα μοντέλα για την εξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικά με τις βέλτιστες μεθόδους για τη μείωση των εκπομπών περιλαμβάνουν την κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων σχετικά με τη σύνθεσή τους και τις ποσότητές τους, το διαχωρισμό και τα ποσοστά αυτών των ποσοτήτων ανάλογα με τις εγκαταστάσεις διάθεσής τους (ΧΥΤΑ, ανακύκλωση, κομπόστ, καύση, αναερόβια χώνευση), τις διανυόμενες αποστάσεις των απορριμματοφόρων για τη μεταφορά τους από τα σημεία συλλογής τους έως τους χώρους διάθεσής τους, τις αποστάσεις από τις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης έως τους χώρους αγοράς των ανακτηθέντων από την ανακύκλωση υλικών, τα καύσιμα και την απαιτούμενη ενέργεια τόσο για τη μεταφορά των απορριμμάτων όσο και για τις εγκαταστάσεις διαχείρισής τους, καθώς και τις εκπομπές από τις παραπάνω δραστηριότητες (Mohareb et al., 2008; Franchetti and Kilaru, 2012).

5.6 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Η εισαγωγή των δεδομένων και η εφαρμογή του προγράμματος των μοντέλων γίνονται υπό ορισμένες παραδοχές. Οι παραδοχές αυτές αφορούν είτε στο είδος των δεδομένων που εισάγονται, είτε στις τιμές τους. Σχετικά με το είδος των υλικών των απορριμμάτων, παρόλο που αναλύοντας τη σύνθεσή τους είναι δυνατό να προκύπτουν περισσότερες κατηγορίες υλικών, η κατηγοριοποίηση για την εισαγωγή τους στο μοντέλο γίνεται σύμφωνα με τις κατηγορίες οι οποίες έχουν προβλεφθεί από το εκάστοτε χρησιμοποιούμενο μοντέλο (Vergara et al., 2011). Επίσης, όσον αφορά στους ΧΥΤΑ, οι Vergara et al. (2011) θεωρούν ότι το χρονοδιάγραμμα της λειτουργικότητάς τους σχετικά με τις εκπομπές είναι τα 100 έτη. Σχετικά με τις αποστάσεις αλλά και τα καύσιμα και την απαιτούμενη ενέργεια κατά τη μεταφορά των απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα, χρησιμοποιούνται οι μέσες τιμές τους (Chen and Lin, 2008; Vergara

et al., 2011). Επίσης εκτιμώμενες τιμές χρησιμοποιούνται και για τις εκπομπές από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης απορριμμάτων, αφού στην περίπτωση που λειτουργούν περισσότερες της μιας όμοιες εγκαταστάσεις, είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν διαφορές οφειλόμενες τόσο στη λειτουργία τους, όσο και στην εκάστοτε σύνθεση των απορριμμάτων (Chen and Lin, 2008). Σε ορισμένες περιπτώσεις, σύμφωνα με τους Chen and Lin (2008) λόγω έλλειψης δεδομένων, χρησιμοποιούνται οι προεπιλεγμένες από τα μοντέλα τιμές για διάφορες παραμέτρους. Τέλος, οι Vergara et al. (2011) θεωρούν ότι η καταναλισκόμενη ενέργεια σε όλες τις εγκαταστάσεις στην περίπτωση έρευνας στην California προέρχεται εξ ολοκλήρου από την καύση φυσικού αερίου.

Από πολλούς ερευνητές και ινστιτούτα το βιογενές παραγόμενο CO₂ από τον τομέα των απορριμμάτων, δηλαδή αυτό που απελευθερώνεται από την αποσύνθεση των οργανικής ύλης που προέρχεται από πηγές βιομάζας (όπως οι καλλιέργειες και το ξύλο), δε λαμβάνεται υπόψη στις μετρήσεις των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (Piratti and Manso Vieira, 2006; Chen and Lin, 2008; Vergara et al., 2011; EPA, 2012), αφού θεωρείται ότι ο περιεχόμενος άνθρακας είναι βιογενούς προέλευσης και δεν προκαλεί επιπτώσεις στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την υπερθέρμανση του πλανήτη, επειδή έχει απορροφηθεί πρόσφατα από την ατμόσφαιρα μέσω της βλάστησης.

5.7 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΩΝ

Σύμφωνα με τους Franchetti and Kilaru (2012) κάποια από τα μοντέλα δεν περιλαμβάνουν τη συμμετοχή της ανακύκλωσης στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, ενώ τα υπόλοιπα χρησιμοποιούν τελείως διαφορετικές προσεγγίσεις καθώς και απλουστευμένους συντελεστές, οι οποίοι δε διαφέρουν ανάλογα με το είδος των υλικών ή τη γεωγραφική διαφοροποίηση, με αποτέλεσμα μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές των εκπομπών, όπως και μεγάλες διαφορές στα αποτελέσματα ανάμεσα στα διάφορα μοντέλα για τα ίδια δεδομένα. Συνεπώς, τα αποτελέσματα άλλες φορές υπερεκτιμούν τα μεγέθη των εκπομπών και άλλες τα υποεκτιμούν. Αναφέρουν επίσης ότι υπάρχει έλλειψη διαφάνειας (Padgett et al., 2008; Franchetti and Kilaru, 2012) τόσο κατά τους υπολογισμούς όσο και στις παραδοχές που χρησιμοποιούν.

Το IWM λαμβάνει υπόψη κατά την ανάλυση και γεωγραφικά κριτήρια, καθώς και κριτήρια κοινωνικής αποδοχής και κοινωνικών προσδοκιών (EPIC et al., 2004). Τα IWM και EASEWASTE (EPIC et al., 2004; EASEWASTE, 2009) δίνουν αποτελέσματα σχετικά και με οικονομικά μεγέθη των επιμέρους μεθόδων και συνδυασμών, ενώ το WARM (EPA, 2012b) διαχωρίζει τα υλικά σε 34 κατηγορίες και το EASEWASTE σε 48 (Vergara et al., 2011). Επίσης, κατά τη διάρκεια ερευνών βασισμένες στα ως τότε ανεπτυγμένα μοντέλα, το WARM, σε αντίθεση με το EASEWASTE, δεν προέβλεπε την εξέταση της αναερόβιας χώνευσης των απορριμμάτων (Vergara et al., 2011).

Σχετικός προβληματισμός και δίλλημα επικρατεί αναφορικά τόσο με τη συμπερίληψη του βιογενούς CO₂ στις μετρήσεις των εκπομπών, όσο και με τα όρια εκκίνησης της εκτίμησης του κύκλου ζωής. Παρά το γεγονός ότι, όπως προκύπτει από έρευνες (Christensen et al., 2009), η συμπερίληψη του βιογενούς CO₂ παίζει ουδέτερο ρόλο στα αποτελέσματα των ερευνών, οι Gentil et al. (2009) υποστηρίζουν ότι πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στα προς εισαγωγή στα μοντέλα δεδομένα. Οι Mühle et al. (2010) το λαμβάνουν υπόψη στους υπολογισμούς, ενώ οι Vergara et al. (2011) ερευνούν το εάν και κατά πόσο αυτό επηρεάζει τα τελικά αποτελέσματα και την ιεραρχία των εξεταζόμενων σεναρίων, ενώ επίσης αναφέρουν ότι το κατά πόσο μπορεί να θεωρηθεί ολικά ουδέτερο το βιογενές CO₂ εξαρτάται από την παραδοχή της επιλεγόμενης κλίμακας χρόνου, και προτείνουν την παράλληλη εξέταση των εκάστοτε σεναρίων τόσο χωρίς όσο και με την αναφορά στο βιογενές CO₂. Σχετικά με τα όρια εκκίνησης της εκτίμησης του κύκλου ζωής, υπάρχουν διαφορές – κυρίως κατά το παρελθόν – στα χρησιμοποιούμενα μοντέλα, αφού από ορισμένα λαμβάνονταν ως σημείο εκκίνησης η απόθεση των απορριμμάτων στις εγκαταστάσεις διαχείρισης, χωρίς να περιλαμβάνονται οι εκπομπές που δημιουργούνται κατά τη συλλογή και μεταφορά τους, ενώ από άλλα η στιγμή παραγωγής τους (Mohareb et al., 2008), δηλαδή η στιγμή κατά την οποία τα χρησιμοποιημένα ήδη αντικείμενα δεν είχαν πλέον αξία για τον κάτοχό τους και απορρίπτονταν στον κάδο απορριμμάτων/ανακύκλωσης.

6. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΦΘ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΑ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΒΟΛΟΥ

6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το IWM (Integrated Waste Management), των CSR (Corporations Supporting Recycling), EPIC (Environment and Plastics Industry Council) και του Πανεπιστημίου του Waterloo του Καναδά (EPIC et al., 2004), είναι ένα από τα περισσότερο εξελιγμένα και ολοκληρωμένα μοντέλα. Επιλέχθηκε στην παρούσα έρευνα επειδή η χρήση του δεν απαιτεί την γνώση κάποιας πολύπλοκης γλώσσας προγραμματισμού και η διατιθέμενη εφαρμογή του βασίζεται στο Excel, συνοδευόμενη από μια σειρά μακροεντολών σε Visual Basic, ενώ σύμφωνα με την έρευνα σύγκρισης διαφορετικών μοντέλων από τους Winkler και Bilitewski (2007), τα αποτελέσματά του δεν παρουσίασαν ακραίες τιμές. Επίσης, σε σχέση με παρόμοια μοντέλα, τα στάδια της επεξεργασίας εξετάζονται πιο αναλυτικά από άλλα μοντέλα και τα απορρίμματα υπάγονται σε περισσότερες κατηγορίες υλικών. Ακόμη, οι προεπιλεγμένες τιμές που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο εξαιτίας έλλειψης δεδομένων, προέρχονται από πηγές τόσο του Καναδά και των Η.Π.Α. όσο και της Ευρώπης αλλά και γενικά από στοιχεία που έχουν δημοσιευτεί από έρευνες σε αναγνωρισμένα επιστημονικά περιοδικά, οπότε θεωρείται ότι είναι ως επί το πλείστον αντιπροσωπευτικές (EPIC et al., 2004).

Εκτός από τις ποσότητες εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, υπολογίζει την παραγόμενη ποσότητα όξινων αερίων, βαρέων μετάλλων και άλλων τοξικών χημικών ουσιών, τους ρύπους που καταλήγουν στο έδαφος και τα ύδατα, και τους ατμοσφαιρικούς ρύπους που συμβάλουν στην αστική αιθαλομίχλη.

Η άδεια χρήσης αλλά και η ίδια η εφαρμογή¹ διατέθηκε για τις ανάγκες της έρευνας από το Πανεπιστήμιο του Waterloo, από τον Καθηγητή M. Height, μετά από σχετική αίτηση.

¹ Για την εκτέλεση της εφαρμογής απαιτείται η έκδοση του MS Excel να είναι στην αγγλική γλώσσα. Επίσης για την επιτυχία της εκτέλεσης και την εξαγωγή αποτελεσμάτων απαιτείται η δήλωση στις προεπιλογές του Excel ότι προδηλωμένη μορφή αποθήκευσης των αρχείων είναι η μορφή "Βιβλίο εργασίας του Excel 97-2003" (.xls) και όχι η τρέχουσα μορφή (.xlsx).

6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Το μοντέλο λειτουργεί σε περιβάλλον Visual Basic, καθώς και σε υπολογιστικά φύλλα της Microsoft Excel με μακροεντολές για την εισαγωγή δεδομένων και εξετάζει ταυτόχρονα 2 σενάρια, το τρέχον και ακόμη ένα υποθετικό, με σκοπό τόσο την ανάλυση των ποσοτήτων εκπομπών του κάθε σεναρίου όσο και τη μεταξύ τους σύγκριση και αξιολόγηση.

Τα όρια του συστήματος συνάδουν με την ΑΚΖ των απορριμμάτων, οπότε εξετάζεται η διαδικασία της διαχείρισης από τα στάδια της συλλογής και μεταφοράς, τις μεθόδους επεξεργασίας (ανακύκλωση, κομποστοποίηση, χώνευση αλλά και παραγωγή ενέργειας) έως και την τελική διάθεσή τους (υγειονομική ταφή και αγορές ανακυκλώσιμων και αξιοποιήσιμων προϊόντων) (EPIC et al., 2004).

Τα δεδομένα εισάγονται στο μοντέλο μέσω μιας σειράς οθονών εισόδου δεδομένων, τα οποία καλύπτουν τις εξής ενότητες (EPIC et al., 2004; .Mohareb et al., 2008):

- Την ποσότητα, τη σύνθεση και την κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων,
- Τη ροή των απορριμμάτων, δηλαδή την περιγραφή της κατεύθυνσης των διαφορετικών τύπων απορριμμάτων και τα ποσοστά των διαφόρων κατηγοριών που καταλήγουν στις αντίστοιχες εγκαταστάσεις (ΧΥΤΑ, λιπασματοποίησης, ανακύκλωσης κ.τ.λ.),
- Τη συλλογή και μεταφορά των απορριμμάτων, όπου περιλαμβάνονται δεδομένα σχετικά με τις διανυόμενες αποστάσεις τόσο από τα σημεία συλλογής έως τις ανάλογες εγκαταστάσεις, όσο και από τις εγκαταστάσεις προς τα σημεία απόθεσης (προϊόντα κομποστοποίησης) και αγοράς και αξιοποίησης προϊόντων (προϊόντα ανακύκλωσης), την αποδοτικότητα των καυσίμων και τις λειτουργίες των σταθμών μεταφόρτωσης,
- Στοιχεία σχετικά με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων (από πυρηνική, υδροηλεκτρική, καύση άνθρακα κ.τ.λ.),
- Τη διαδικασία ανακύκλωσης και τις διεργασίες ανάκτησης υλικών, συμπεριλαμβανομένων της κατανάλωσης ενέργειας, της διαχείρισης υπολειμμάτων κ.τ.λ.,
- Τη διαδικασία κομποστοποίησης,

- Τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από τα απορρίμματα,
- Την υγειονομική ταφή, και τέλος
- Τη διαδικασία ανάκτησης υλικών και αναερόβιας χώνευσης.

Επίσης, για την περίπτωση της ενδεχόμενης απουσίας κάποιων δεδομένων, το μοντέλο παρέχει προεπιλεγμένες τιμές συντελεστών, οι οποίες προέρχονται από πλήθος πηγών, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή αντιπροσωπευτική κάλυψη.

Οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται κατά την ανάλυση των δεδομένων είναι (EPIC et al., 2004):

- για τις εγκαταστάσεις υγειονομικής ταφής, η χρονική περίοδος των 100 ετών,
- για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, το βιογενούς προέλευσης CO₂ δε λαμβάνεται υπόψη (για τους λόγους που έχουν προαναφερθεί) για το χαρτί και την καύση των οργανικών απορριμμάτων, ενώ αντίθετα λαμβάνεται πάντα υπόψη για την υγειονομική ταφή.

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων, λαμβάνει χώρα η επεξεργασία τους και η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων μέσω 7 διαφορετικών ενοτήτων για κάθε μέθοδο διαχείρισης των απορριμμάτων, οι οποίες εξάγουν αποτελέσματα σχετικά με (EPIC et al., 2004):

- τα ποσά της καταναλισκόμενης ενέργειας, ως δείκτη εξάντλησης των φυσικών πόρων,
- τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO₂ και CH₄), ως δείκτες για την κλιματική αλλαγή,
- τις εκπομπές όξινων αερίων (NO_x, SO_x και HCl), ως δείκτες για τις όξινες κατακρημνίσεις,
- τις εκπομπές των ατμοσφαιρικών ρύπων που είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία αιθαλομίχλης (NO_x, εισπνεύσιμα σωματίδια και πτητικές οργανικές ενώσεις εκτός του μεθανίου),
- τις αέριες εκπομπές μολύβδου, καδμίου, υδραργύρου και ίχνη διοξεινίων, ως δείκτες του κινδύνου προσβολής της ανθρώπινης υγείας,
- τις εκπομπές βαρέων μετάλλων, διοξεινίων και BOD στα ύδατα, ως δείκτες για τις επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού και,

- τα υπολείμματα στερεών αποβλήτων, ως δείκτες για τη διαταραχή του εδάφους (χρήσεις γης).

Τα δεδομένα εξόδου που ακολουθούν την επεξεργασία περιλαμβάνουν μια σύνοψη των δεδομένων εισόδου, μια σύνοψη των αποτελεσμάτων που συμπεριλαμβάνουν τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από ολόκληρο τον κύκλο ζωής, έναν αναλυτικότερο πίνακα με πληροφορίες για την κάθε μέθοδο επεξεργασίας και τέλος έναν πίνακα στον οποίο παρουσιάζεται η απόδοση των αποτελεσμάτων σε σύγκριση με ισοδύναμες μονάδες της καθημερινής ζωής. Δηλαδή, το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα μετάφρασης των αποτελεσμάτων σε ισοδύναμες μονάδες που θα μπορεί να κατανοήσει το ευρύ κοινό, όπως για παράδειγμα τη σύγκριση της καταναλισκόμενης ενέργειας από τη διαχείριση απορριμμάτων με την ενέργεια που καταναλώνει ένα μέσο νοικοκυριό κατά τη διάρκεια ενός χρόνου και τη σύγκριση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με τον αριθμό επιβατικών οχημάτων που εκπέμπουν ισοδύναμο ποσό ρύπων. Τα αποτελέσματα των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου δίνονται σε τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα tCO_2E , ενώ για τα βαρέα μέταλλα και τις υπόλοιπες εκπομπές τα αποτελέσματα δίνονται σε μονάδες μέτρησης βάρους.

6.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η ροή των εργασιών σχετικά με την εφαρμογή για την επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού μεθόδων επεξεργασίας στο Σύστημα Διαχείρισης των ΑΣΑ στο Δήμο Βόλου φαίνεται στο Σχήμα 6.1.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η συλλογή πρωτογενών δεδομένων μέσω προσωπικών συνεντεύξεων με τους υπεύθυνους υπαλλήλους του τμήματος καθαριότητας του Δ. Βόλου. Τα πρωτογενή δεδομένα αφορούν στις μηνιαίες ποσότητες των απορριμμάτων που καταλήγουν στο ΧΥΤΑ και το ΚΔΑΥ και στη σύνθεσή τους, καθώς και στον μηνιαίο αριθμό των δρομολογίων των αντίστοιχων οχημάτων συλλογής και μεταφοράς. Επίσης, μέσω των προσωπικών συνεντεύξεων συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του ΧΥΤΑ.

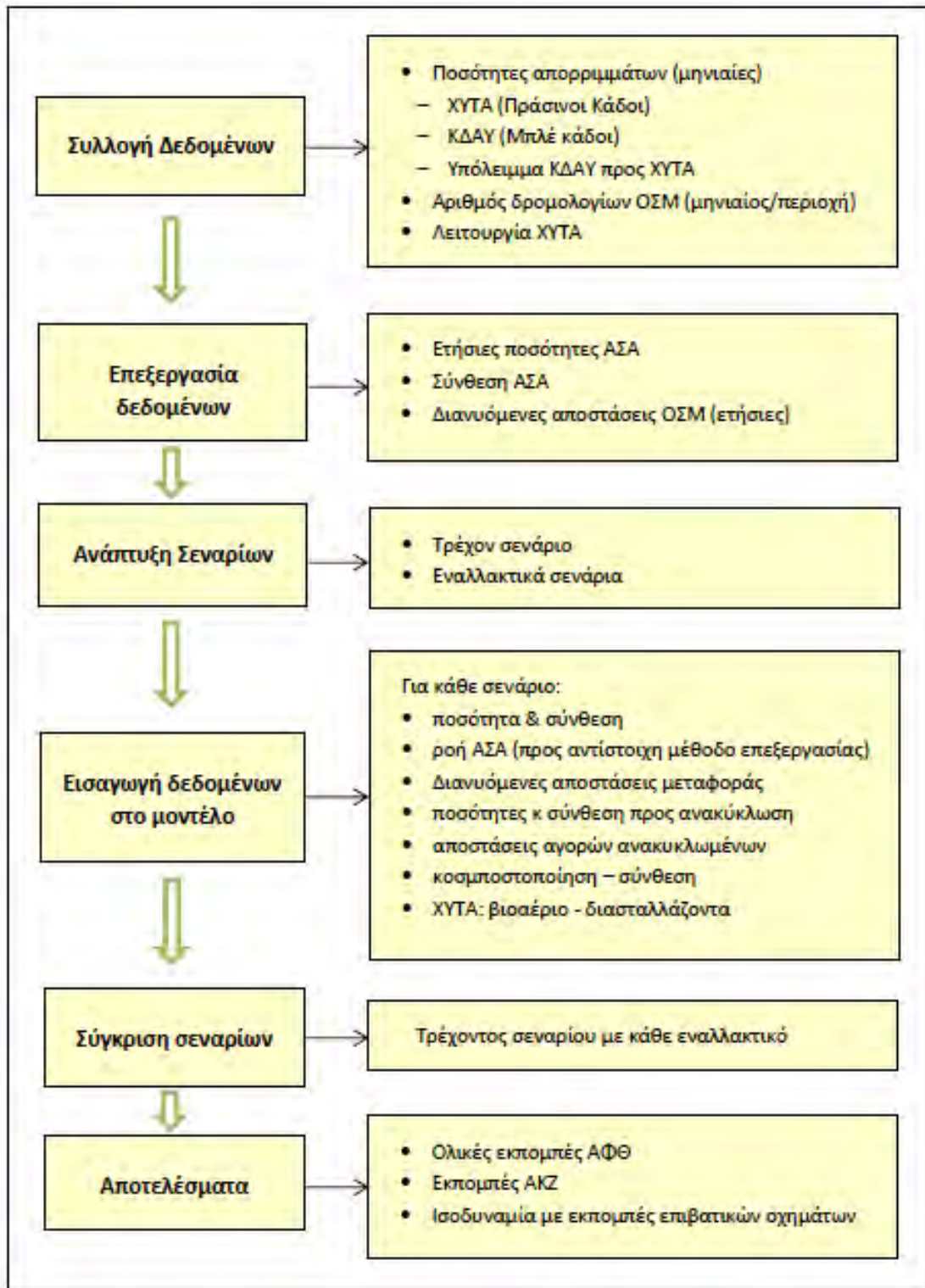
Στη συνέχεια έγινε η επεξεργασία των ανωτέρω δεδομένων με σκοπό την εύρεση των ετησίων ποσοτήτων των απορριμμάτων και τις ετήσιες συνολικές διανυόμενες

αποστάσεις των ΟΣΜ. Για την ανάλυση της σύνθεσης των απορριμμάτων στις επιμέρους απαιτούμενες από το υπολογιστικό μοντέλο κατηγορίες, στις περιπτώσεις έλλειψης δεδομένων, αυτά εκτιμήθηκαν με βάση τόσο τις πανελλαδικές συνόψεις των ετήσιων εκθέσεων της ΕΕΑΑ, όσο και από τις προεπιλεγμένες τιμές του μοντέλου IWM.

Ακολούθησε η ανάπτυξη των υπό εξέταση σεναρίων, και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή των δεδομένων στο υπολογιστικό μοντέλο. Στο Σχήμα 6-1 παρουσιάζονται οι τύποι των δεδομένων που εισήχθησαν για κάθε σενάριο στις αντίστοιχες οθόνες εισαγωγής.

Στη συνέχεια έγινε αφενός η ανάλυση των δεδομένων για το κάθε σενάριο ξεχωριστά, και αφετέρου η σύγκριση των εναλλακτικών σεναρίων με το τρέχον σενάριο του συστήματος διαχείρισης του Δ. Βόλου.

Τέλος, τα εξαγόμενα αποτελέσματα, στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, αφορούν τόσο στις ολικές μικτές εκπομπές της διαδικασίας του συστήματος διαχείρισης, όσο και στις καθαρές εκπομπές, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη την ΑΚΖ των απορριμμάτων, καθώς επίσης και στην απόδοση των εκπομπών σε αντίστοιχες εκπομπές επιβατικών αυτοκινήτων.



Εικόνα 6-1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας.

6.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΑ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΒΟΛΟΥ

Η διαχείριση των ΑΣΑ του Δήμου Βόλου εξυπηρετεί πληθυσμό 144.449 κατοίκων, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, και περιλαμβάνει τις περιοχές των πρώην καποδιστριακών Δήμων Βόλου, Ν. Ιωνίας, Αισωνίας (περιοχή Διμηνίου), Ν. Αγχιάλου, Αγριάς και Πορταριάς (Χάρτης 6-1).

Σε όλες τις περιοχές με εξαίρεση αυτή της Πορταριάς, πραγματοποιείται διαλογή στην πηγή, με σύστημα πράσινων και μπλε κάδων. Οι μπλε κάδοι ωστόσο δέχονται τις συνολικές ποσότητες των σύμμεικτων ανακυκλώσιμων υλικών, και περαιτέρω διαχωρισμός λαμβάνει χώρα στο ΚΔΑΥ.

Για το στάδιο της συλλογής διατίθενται 42 απορριματοφόρα για τους πράσινους κάδους και 5 για τα ανακυκλώσιμα υλικά. Η αποκομιδή λαμβάνει χώρα καθημερινά από 35 απορριματοφόρα για τα απορρίμματα των πράσινων κάδων, και από 5 για τους μπλε για τις περιοχές του Π.Σ. Βόλου, Αγριάς, Διμηνίου και Ν. Αγχιάλου, ενώ στην περιοχή της Πορταριάς η αποκομιδή των απορριμμάτων (μόνο πράσινοι κάδοι) πραγματοποιείται 3 φορές την εβδομάδα. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.1) παρατίθενται στοιχεία των δρομολογίων των απορριματοφόρων των 3 τελευταίων μηνών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την εισαγωγή δεδομένων στο μοντέλο για τον υπολογισμό των εκπομπών κατά το στάδιο της συλλογής (Τσιλιός, 2013).

Πίνακας 6-1: Αριθμός δρομολογίων των απορριματοφόρων.

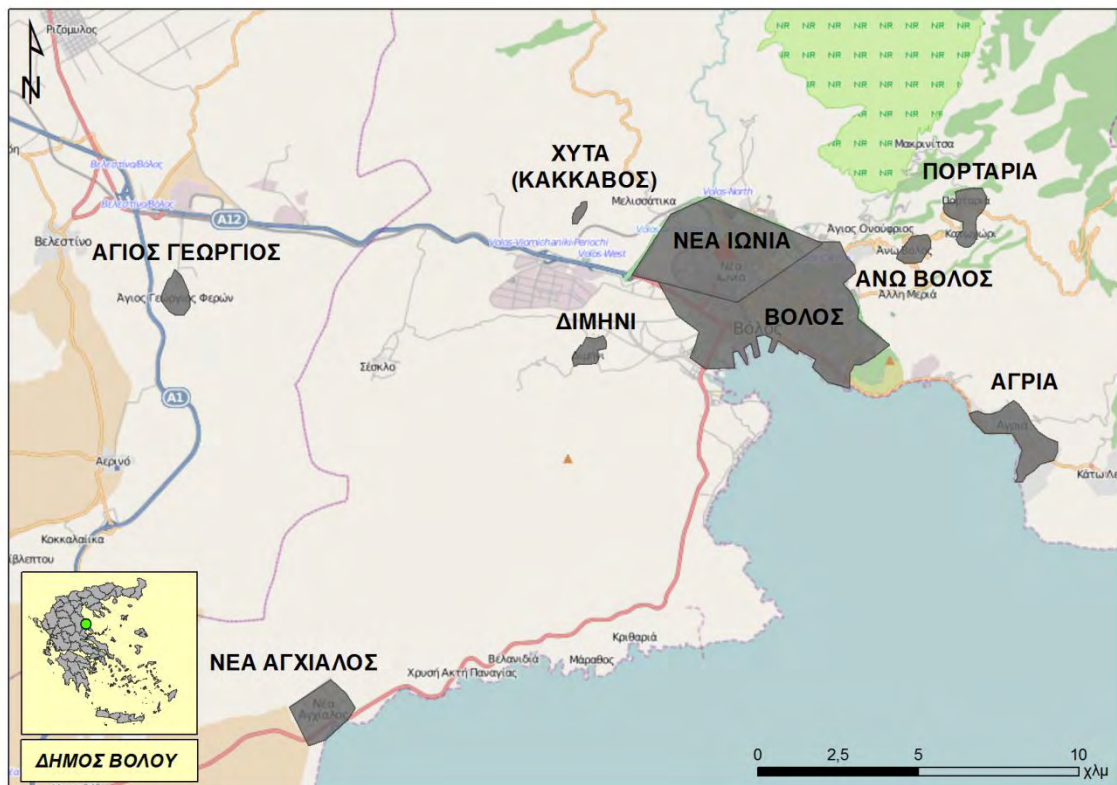
Περιοχή/Αριθμός δρομολογίων	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Μ.Ο.
Βόλος	996	909	872	925
Ν. Ιωνία Ν. Αγχιάλος Αισωνία	177	190	243	203
Αγριά	233	206	92	177
Πορταριά	93	75	38	68

Οι τεχνικές διαχείρισης που εφαρμόζονται στην περιοχή περιορίζονται μόνο στην ανακύκλωση και την τελική διάθεση των απορριμμάτων στον ΧΥΤΑ, ενώ στο μέλλον προβλέπεται πιλοτική λειτουργία κομποστοποίησης ορισμένων ειδών απορριμμάτων,

κυρίως κλαδευμάτων και κηπευτικών υπολειμμάτων, σε συνεργασία του Δήμου Βόλου με ιδιώτες.

Τα ανακυκλώσιμα υλικά των μπλε κάδων οδηγούνται στην ΕΕΑΑ (Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης), η οποία έχει υπογράψει σύμβαση αξιοποίησης των ανακυκλώσιμων με το Δήμο Βόλου τα τελευταία χρόνια, και εδρεύει στον Άγιο Γεώργιο Φερών, σε απόσταση 20 Km από την πόλη του Βόλου (Χάρτης 6-1). Η ΕΕΑΑ είναι υπεύθυνη για τη διάθεση των ανακυκλωμένων υλικών προς αγορά στους αντίστοιχους φορείς επανεπεξεργασίας υλικών.

Τα απορρίμματα των πράσινων κάδων καθώς και το υπόλειμμα του ΚΔΑΥ οδηγούνται στο ΧΥΤΑ Βόλου, ο οποίος βρίσκεται στην περιοχή «Κάκαβος», σε απόσταση 10 Km από την πόλη του Βόλου (Χάρτης 6-1). Στο ΧΥΤΑ γίνεται συλλογή και αξιοποίηση του βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Χάρτης 6-1: Εξυπηρετούμενες περιοχές κατά τη διαχείριση των ΑΣΑ από το Δήμο Βόλου.

Πηγή: ίδια επεξεργασία.

6.5 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Η εισαγωγή των δεδομένων στο μοντέλο για τον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου γίνεται υπό τις εξής απλοποιητικές παραδοχές:

- Κατά το στάδιο της συλλογής, για τις διανυόμενες αποστάσεις των απορριμματοφόρων τόσο για τα απορρίμματα των πράσινων κάδων που οδηγούνται στο ΧΥΤΑ, όσο και για τα ανακυκλώσιμα υλικά που οδηγούνται στο ΚΔΑΥ, εισάγονται οι τελικές συγκεντρωτικές τιμές τους. Οι τελικές τιμές έχουν υπολογισθεί με γνώμονα τόσο την απόσταση της κάθε αστικής περιοχής από τον τελικό προορισμό, όσο και το ποσοστό συμμετοχής της κάθε περιοχής στον αριθμό των δρομολογίων, με βάση τον πληθυσμό της.
- Επίσης κατά το στάδιο αυτό, εισάγονται οι προεπιλεγμένες από το μοντέλο τιμές για την απόδοση των καυσίμων των απορριμματοφόρων, αφού ούτως ή άλλως για τη σύγκριση των εναλλακτικών σεναρίων ουσιαστικά λαμβάνεται υπόψη η σχετική διαφορά των απόλυτων τιμών τους.
- Για τον ίδιο λόγο εισάγονται οι προεπιλεγμένες από το μοντέλο τιμές σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις.
- Σχετικά με την τελική ποσότητα των απορριμμάτων, το μοντέλο εξετάζει τις εκπομπές των ποσοτήτων κατά τη διάρκεια ενός έτους. Λόγω έλλειψης δεδομένων από την υπηρεσία καθαριότητας του Δήμου για τους τελευταίους μήνες του 2012, οι ποσότητες των απορριμμάτων των μηνών αυτών εκτιμώνται λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές τόσο των προηγούμενων μηνών του έτους, όσο και των 3 πρώτων μηνών του 2013, δεδομένου του σχετικά μικρού εύρους διακύμανσης των τιμών.
- Λόγω περιορισμού πρόσβασης στα δεδομένα της ΕΕΑΑ σχετικά με τη σύσταση των ανακυκλώσιμων υλικών, χρησιμοποιείται η σύσταση που έχει δημοσιευτεί κατά την ετήσια πανελλαδική αναφορά των ετών 2011 και 2012 της ΕΕΑΑ, για τα ποσοστά των ανακυκλώσιμων ανά κατηγορία, καθώς και οι προεπιλεγμένες από το μοντέλο τιμές για τις περαιτέρω υποκατηγορίες, κυρίως της αναλυτικότερης σύστασης της κατηγορίας του χαρτιού.
- Στις ποσότητες των απορριμμάτων που καταλήγουν στο ΧΥΤΑ, δε λαμβάνονται υπόψη τα υλικά επικάλυψης.

6.6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Για την επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού μεθόδων διαχείρισης των ΑΣΑ θα γίνει σύγκριση των παραγόμενων εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε 5 διαφορετικά σενάρια. Το πρώτο σενάριο απεικονίζει την υπάρχουσα κατάσταση στο σύστημα διαχείρισης, και αποτελεί το σενάριο αναφοράς, με το οποίο θα συγκριθούν στο μοντέλο IWM τα εναλλακτικά σενάρια.

Τα εναλλακτικά σενάρια διαμορφώνονται με τρόπο ώστε να είναι ρεαλιστικά εφικτή η εφαρμογή τους στο σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ στο Δήμο Βόλου. Γι αυτό το λόγο, δίνεται έμφαση αφενός στην αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης επί των τελικών ποσοτήτων των απορριμμάτων, και αφετέρου στην εισαγωγή της κομποστοποίησης στο σύστημα διαχείρισης, αφού η πιλοτική εφαρμογή της περιλαμβάνεται ήδη στα σχέδια της υπηρεσίας καθαριότητας του Δήμου (Τσιλιός, 2013).

Συγκεκριμένα, το πρώτο εναλλακτικό σενάριο εξετάζει την κομποστοποίηση του 40% της ποσότητας των κηπευτικών απορριμμάτων, σύμφωνα με το μελλοντικό πιλοτικό προαναφερόμενο πρόγραμμα.

Στο δεύτερο εναλλακτικό σενάριο εξετάζονται τα αποτελέσματα από την αύξηση της ανακύκλωσης. Το σενάριο αυτό βασίζεται στην πρόθεση του Δήμου Βόλου για πραγματοποίηση ειδικής καμπάνιας τόσο για τη συλλογή σε ξεχωριστούς κάδους όλων των γυάλινων φιαλών των χώρων εστίασης, όσο και για τη γενική αύξηση της συλλογής των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων στους μπλε κάδους κατά τη διαλογή στην πηγή.

Το τρίτο σενάριο αφορά στη γενικότερη εφαρμογή της κομποστοποίησης ενώ στο τέταρτο και τελευταίο εναλλακτικό σενάριο γίνεται συνδυασμός των δύο προηγούμενων.

Κατά την παρούσα έρευνα, η μέθοδος της καύσης δεν συμπεριλήφθηκε στα εξεταζόμενα σενάρια, διότι ήταν εξ αρχής γνωστό ότι δε θα αποτελούσε ρεαλιστικά εφικτή επιλογή. Ο λόγος είναι ότι ενώ είχε γίνει προσπάθεια για τη δημιουργία εγκατάστασης καύσης στη βιομηχανική περιοχή του Π.Σ. Βόλου από ιδιωτική εταιρία, το σχέδιο δεν εγκρίθηκε εξαιτίας τόσο τεχνολογικών όσο και κοινωνικών συνθηκών. Επίσης, για τους ίδιους λόγους ο Δήμος Βόλου δεν προτίθεται να εξετάσει τη

δυνατότητα καύσης κατά την επεξεργασία των απορριμμάτων. Παρόλα αυτά, σε έρευνες κατά τις οποίες εξετάζονται εκτός των άλλων και σενάρια που περιλαμβάνουν την καύση, τα σενάρια που συνδυάζουν την καύση με την ανακύκλωση κατέχουν αξιοσημείωτη θέση στην ιεραρχία των σεναρίων. Ωστόσο, στην έρευνα των Mühle et al. (2010) προέκυψε ότι με την καύση τριπλάσιας ποσότητας απορριμμάτων, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από αυτή εννιαπλασιάζονται. Τέλος, η χρήση της μεθόδου της καύσης παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα κατά τη μελέτη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε συνδυασμό με την κατανάλωση ενέργειας από κάθε μέθοδο, διότι τα πλέον θετικά αποτελέσματα οφείλονται στην παραγωγή ενέργειας από την καύση των απορριμμάτων.

Ακολουθούν τα εξεταζόμενα σενάρια:

- **Σενάριο 0 (τρέχον σενάριο – σενάριο αναφοράς):** Το σενάριο αναφοράς περιλαμβάνει την ανακύκλωση και την τελική διάθεση των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ. Η ανακύκλωση εφαρμόζεται σε ποσοστό 11.6% επί των συνολικών ποσοτήτων των απορριμμάτων, ενώ το υπόλοιπο 88.4% οδηγείται στον ΧΥΤΑ. Ωστόσο, επειδή η απόδοση από τη διαδικασία ανακύκλωσης προκύπτει 72,6% (σύμφωνα με το υπόλειμμα που οδηγείται στο ΧΥΤΑ), το τελικό επιτευχθέν ποσοστό ανακύκλωσης είναι 8,4%.
- **Σενάριο 1 (πιλοτική κομποστοποίηση):** Το πρώτο εναλλακτικό σενάριο ουσιαστικά αντιπροσωπεύει την μελλοντική πιλοτική εφαρμογή κομποστοποίησης των κηπευτικών απορριμμάτων. Το τελικό ποσοστό της ανακύκλωσης κατά το σενάριο αυτό παραμένει ίδιο, δηλαδή 8,4% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων, και εξετάζεται η κομποστοποίηση στο 40% της ποσότητας των κηπευτικών απορριμμάτων σε μικρές εγκαταστάσεις κομποστοποίησης.
- **Σενάριο 2 (αύξηση ανακύκλωσης):** Κατά το δεύτερο εναλλακτικό σενάριο εξετάζεται η αύξηση της ανακύκλωσης κατά 20% περίπου, ώστε το τελικό ποσοστό ανακύκλωσης επί της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων να ανέρχεται στο 30%.
- **Σενάριο 3 (εφαρμογή κομποστοποίησης):** Το τρίτο εναλλακτικό σενάριο περιλαμβάνει την εφαρμογή κομποστοποίησης στο 15% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων. Πιο αναλυτικά, εξετάζεται η κομποστοποίηση του

50% της ποσότητας των κηρευτικών απορριμμάτων (5,5% της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων), του 25% των οργανικών που προέρχονται από την κατηγορία των απορριμμάτων τροφίμων (υποκατηγορία οργανικών αναφερόμενη ως «food waste» στο μοντέλο - 7,5% της συνολικής ποσότητας), και τέλος του 13% των λοιπών απορριμμάτων (other waste - 2% της συνολικής ποσότητας). Το ποσοστό της ανακύκλωσης παραμένει ίδιο με αυτό της υπάρχουσας κατάστασης.

- **Σενάριο 4 (συνδυασμός σεναρίων 2 & 3):** Το τέταρτο εναλλακτικό σενάριο είναι συνδυαστικό και περιλαμβάνει όλες τις προηγούμενες επιλογές. Η ανακύκλωση λαμβάνει χώρα σε ποσοστό 30% επί του συνόλου της ποσότητας, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό της κομποστοποίησης είναι 15%.

6.7 ΑΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων του Δήμου Βόλου αφορούν στις ποσότητες των απορριμμάτων. Πιο αναλυτικά, περιλαμβάνουν τις ποσότητες των απορριμμάτων από τους πράσινους κάδους που οδηγήθηκαν στον ΧΥΤΑ, τις ποσότητες των ανακυκλώσιμων υλικών που συλλέχθηκαν από τους μπλε κάδους και οδηγήθηκαν στο ΚΔΑΥ, καθώς και τις ποσότητες του υπολείμματος των ανακυκλώσιμων υλικών από το ΚΔΑΥ, οι οποίες τελικά οδηγήθηκαν επίσης στον ΧΥΤΑ. Οι ποσότητες αυτές αφορούν στο συνολικό βάρος των απορριμμάτων συγκεντρωτικά, ενώ για τα απορρίμματα των πράσινων κάδων υπάρχουν δεδομένα ανά μήνα, για τους μήνες Ιανουάριο – Αύγουστο του έτους 2012, και για τα ανακυκλώσιμα υλικά υπάρχει διαχωρισμός των ποσοτήτων ανά περιοχή συλλογής.

Ωστόσο, το μοντέλο υπολογίζει τις ετήσιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από τα απορρίμματα. Γι αυτό το λόγο, λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη το σχετικά μικρό εύρος διακύμανσης των τιμών ανά μήνα, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ποσοτήτων των 8 διαθέσιμων μηνών, και στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκε επί 12 ώστε να εκτιμηθούν οι ετήσιες ποσότητες. Η σύσταση της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων εκτιμήθηκε με βάση τόσο τα εκτιμώμενα από τον υπεύθυνο του ΧΥΤΑ ποσοστά (Ζάνης, 2013), όσο και από τις προεπιλεγμένες τιμές του μοντέλου IWM, ώστε να γίνει αντιστοίχιση με τις υποκατηγορίες που δέχεται το μοντέλο κατά την εισαγωγή των δεδομένων. Οι προκύπτουσες ποσότητες των δεδομένων της σύστασης

των ΑΣΑ φαίνονται στην Εικόνα 6-2 - η οποία απεικονίζει την πρώτη οθόνη εισαγωγής δεδομένων στην εφαρμογή του μοντέλου - και είναι κοινές για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια.

QUANTITY & COMPOSITION OF WASTE	
QUANTITY OF WASTE MANAGED:	68862 tonnes
COMPOSITION OF WASTE:	
PAPER	
Newspaper	10673,6 tonnes
OCC	1790,4 tonnes
Telephone Directories	137,7 tonnes
Boxboard	2341,3 tonnes
Mixed Paper	2823,3 tonnes
GLASS	
	2754,5 tonnes
FERROUS METALS	
	2065,9 tonnes
ALUMINUM	
	688,6 tonnes
PLASTICS	
PET	1721,5 tonnes
HDPE	688,6 tonnes
LLDPE	2065,9 tonnes
PP	688,6 tonnes
PS	688,6 tonnes
PVC	1033 tonnes
ORGANICS	
Food Waste	20658,6 tonnes
Yard Waste	7574,82 tonnes
OTHER WASTE	
	10467 tonnes

Εικόνα 6-2: 1^η οθόνη εισαγωγής δεδομένων - Σύσταση συνολικών ποσοτήτων ΑΣΑ.

Επίσης, σχετικά με τη σύσταση των ανακυκλώσιμων υλικών, λόγω περιορισμού πρόσβασης στα δεδομένα της ΕΕΑΑ αλλά και παράλληλα λόγω της αναγκαιότητας εισαγωγής των αντίστοιχων δεδομένων στο μοντέλο, η σύστασή τους εκτιμήθηκε με βάση δεδομένα από την πανελλαδική σύνοψη της ετήσιας έκθεσης της ΕΕΑΑ προς το ΥΠΕΚΑ για το έτος 2012 (ΕΕΑΑ, 2012), από τον Ελληνικό Οργανισμό Ανακύκλωσης (www.eoan.gr) καθώς και από τις προεπιλεγμένες προτεινόμενες τιμές του μοντέλου, οι οποίες ενδείκνυνται να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις ελλείψεων δεδομένων.

Οι διανυόμενες από τα απορριματοφόρα αποστάσεις υπολογίσθηκαν ως εξής, τόσο για τα απορριματοφόρα των πράσινων κάδων όσο και αυτών των μπλε: αρχικά πολλαπλασιάστηκε ο μηνιαίος μέσος όρος των δρομολογίων επί 12 για να υπολογισθεί ο ετήσιος αριθμός δρομολογίων. Στη συνέχεια, για τις περιοχές του Βόλου, της Αγριάς και της Πορταριάς πολλαπλασιάστηκε ο ετήσιος αριθμός δρομολογίων με την

απόσταση της κάθε περιοχής από το ΧΥΤΑ και το ΚΔΑΥ αντίστοιχα και στη συνέχεια επί 2 για να ληφθούν υπόψη οι εκπομπές τόσο κατά τη μεταφορά των απορριμμάτων όσο και κατά την επιστροφή των οχημάτων. Τέλος, για τις περιοχές της Ν. Ιωνίας, Ν. Αγχιάλου και Αισωνίας, επειδή υπάρχει μόνο ο συγκεντρωτικός αριθμός δρομολογίων και για τις 3 περιοχές, έγινε ο καταμερισμός των δρομολογίων ανά περιοχή με την παραδοχή αντιστοιχίας των ποσοστών των δρομολογίων με τον πληθυσμό της κάθε περιοχής, σύμφωνα με την απογραφή πληθυσμού του 2011 της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (<http://www.statistics.gr/>) και στη συνέχεια υπολογίσθηκαν οι επιμέρους και τέλος η τελική διανυόμενη απόσταση. Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 6-2 που ακολουθεί. Τέλος, απαιτείται ως δεδομένο εισαγωγής η απόσταση των αγορών των ανακυκλώσιμων υλικών. Δεδομένου ότι από την ΕΕΑΑ όλα τα υλικά μεταφέρονται στις κεντρικές εγκαταστάσεις της εταιρίας στην Αθήνα, απ' όπου και πραγματοποιείται η περαιτέρω μεταφορά τους στις αγορές υλικών, εισάγεται σε όλες τις κατηγορίες των ανακυκλώσιμων υλικών η απόσταση Βόλου – Αθήνας.

Πίνακας 6-2: Ετήσια διανυόμενη απόσταση των απορριμματοφόρων.

Περιοχή	Δρομολόγια Μηνιαίος Μ.Ο.		Απόσταση (Κm)		Συνολικά διανυόμενη απόσταση (Κm)	
	Πράσινοι	Μπλε	ΧΥΤΑ	ΚΔΑΥ	ΧΥΤΑ	ΚΔΑΥ
Βόλος	810	115	10	20	194400	55200
Αγριά	155	22	18	28	66960	14784
Πορταριά	68	0	23	---	37536	---
Ν.Ιωνία	142	20	10	20	34080	9600
Ν. Αγχιάλος	25	4	28	23.4	16800	2246
Αισωνία	11	1	5	21	1320	504
Σύνολο	1211	162	---	---	351096	82334

Στην οθόνη εισαγωγής δεδομένων σχετικά με τα ποσά των ανακυκλώσιμων υλικών (βάση της σύστασης) που ανακυκλώνονται, όσον αφορά στο σενάριο αναφοράς, η ποσότητα των υλικών που έχουν συλλεχθεί από τους μπλε κάδους πολλαπλασιάζεται με την απόδοση της διαδικασίας ανακύκλωσης, η οποία προκύπτει από την αφαίρεση της

ποσότητας του υπολείμματος του ΚΔΑΥ που οδηγείται στο ΧΥΤΑ από τη συνολική ποσότητα συλλογής από τους μπλε κάδους και τη διαίρεση της διαφοράς τους με τη συνολική ποσότητα των μπλε κάδων. Το ποσοστό αυτό ισούται με 72.6%. Οι επιμέρους ποσότητες, στις οποίες επιτυγχάνεται ανακύκλωση, προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό της τελευταίας, με τα ποσοστά σύνθεσης των ανακυκλώσιμων υλικών που έχουν προκύψει από τους υπολογισμούς προηγούμενα. Οι τελικές ποσότητες εισαγωγής στο μοντέλο απεικονίζονται στην Εικόνα 6-3.

AMOUNT SENT TO RECYCLING:		AMOUNTS BEING	
5805,1			
TOTAL AVAILABLE FOR RECYCLING:		RECYCLED	NOT RECYCLED
PAPER	17766	3541,1	14224,9
STEEL	2066	522,4	1543,6
ALUMINUM	689	58,1	630,9
GLASS	2754	812,7	1941,3
PLASTICS	6886	870,8	6015,2
		Remainder:	0

Forest Sequestration: Yes No

Note: Enter recycling amounts as tonnes of material.

Buttons: Notes, < Back, Next >

Εικόνα 6-3: Σύσταση ποσοτήτων ΑΣΑ που οδηγούνται στην ανακύκλωση.

Κατά το πρώτο εναλλακτικό σενάριο, για τον υπολογισμό της διανυόμενης απόστασης των απορριμματοφόρων θεωρείται ότι γίνεται 1 δρομολόγιο το μήνα ανά περιοχή, και ότι οι εγκαταστάσεις κομποστοποίησης χωροθετούνται σε μέση απόσταση 3 Km από τα κέντρα των περιοχών. Οι διανυόμενες αποστάσεις κατά το τρίτο εναλλακτικό σενάριο υπολογίζονται με βάση την ποσοστιαία μείωση των απορριμμάτων των πράσινων κάδων για την ξεχωριστή αποθήκευσή τους σε κάδους που δέχονται οργανικά

απορρίμματα, ενώ θεωρείται επίσης μέση απόσταση 5Km από τα σημεία συλλογής έως τις εγκαταστάσεις κομποστοποίησης.

6.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

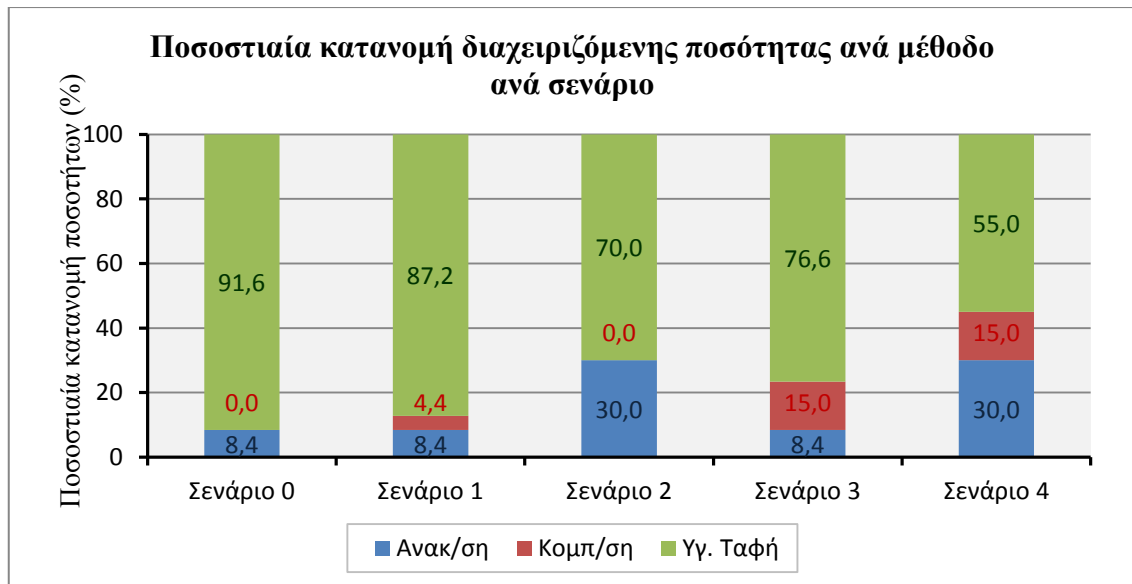
Από την εισαγωγή των δεδομένων στο μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα που παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες. Ο Πίνακας 6-3 παρουσιάζει τα αποτελέσματα των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου (ΑΦΘ) από κάθε εξεταζόμενο σενάριο. Στην τελευταία γραμμή του κάθε υποπίνακα δίνεται η συνολική ποσότητα των αερίων, μετά τη μετατροπή των ποσοτήτων των CH₄ και NO_x σε ισοδύναμη ποσότητα CO₂. Οι πρώτες στήλες παρουσιάζουν τα αποτελέσματα ανά μέθοδο επεξεργασίας, στα οποία περιλαμβάνονται και οι εκπομπές από το στάδιο συλλογής και μεταφοράς των αντίστοιχων ποσοτήτων. Η στήλη με τις μικτές εκπομπές παρουσιάζει το σύνολο των εκπομπών από το αντίστοιχο σύστημα διαχείρισης, περιλαμβάνοντας και τις εκπομπές επανεπεξεργασίας των ανακυκλωμένων υλικών, οι οποίες ακολουθούν ξεχωριστά σε επόμενη στήλη. Η στήλη των εκπομπών από παραγωγή Α υλών (virgin material displacement credit) αναφέρεται στις εκπομπές οι οποίες θα παράγονταν κατά τη διαδικασία παραγωγής υλικών της αντίστοιχης ποσότητας των ανακυκλωμένων, από Α ύλες. Με την αφαίρεση των τελευταίων από το σύνολο των μικτών εκπομπών, και την αντικατάστασή τους από τις εκπομπές της επανεπεξεργασίας των ανακυκλωμένων, προκύπτουν στην τελευταία στήλη του πίνακα οι καθαρές εκπομπές, σε σχέση με την απογραφή του κύκλου ζωής (Net Life Cycle Inventory Emissions).

Ο Πίνακας 6-4 παρουσιάζει συνοπτικά τις συνολικές μικτές και καθαρές εκπομπές από κάθε σενάριο, ενώ τα αντίστοιχα αποτελέσματα απεικονίζονται και στο Διάγραμμα 6-2. Ακολουθεί ο Πίνακας 6-5, στον οποίο παρουσιάζεται η διαφορά των απόλυτων τιμών των μικτών και καθαρών εκπομπών κάθε εναλλακτικού σεναρίου από το σενάριο αναφοράς (σενάριο 0), καθώς επίσης και η ποσοστιαία μείωση των συνολικών εκπομπών του κάθε εναλλακτικού σεναρίου σε σχέση με το τρέχον σενάριο, η οποία απεικονίζεται επίσης στο Διάγραμμα 6-3.

Επισημαίνεται ότι διαπιστώθηκε πως λόγω στρογγυλοποιήσεων που εφαρμόζονται κατά τη διαδικασία υπολογισμών της εφαρμογής, υπάρχει μια απόκλιση στο 5^ο ψηφίο (όπως επισημαίνεται και από τους προγραμματιστές της εφαρμογής).

Πίνακας 6-3: Εκπομπές ΑΦΘ από τα εξεταζόμενα σενάρια.

Σενάριο 0	Ανακ/ση	Κομπ/ση	Υγ. Ταφή	Μικτές εκπομπές	Εκπομπές από Α ύλες	Επανεπ/σία ανακ/νων	Καθαρές εκπομπές (ΑΚΖ)
Διαχειρ/νη ποσότητα (t)	5.805	0	63.057	68.862	---	---	---
CO ₂ (t)	424	0	-253	171	-5.883	1.559	-4.152
CH ₄ & NO _x (t)	3,8	0,0	2.035	2.039	-57,0	15,5	1.997
Σύνολο ΑΦΘ (tCO₂ Eq)	1.377	0	45.595	46.972	-17.549	6.379	35.802
Σενάριο 1	Ανακ/ση	Κομπ/ση	Υγ. Ταφή	Μικτές εκπομπές	Εκπομπές από Α ύλες	Επανεπ/σία ανακ/νων	Καθαρές εκπομπές (ΑΚΖ)
Διαχειρ/νη ποσότητα (t)	5.805	3.030	60.027	68.862	---	---	---
CO ₂ (t)	424	43	-196	271	-5.883	1.559	-4.052
CH ₄ & NO _x (t)	3,8	0,29	1.935	1.939	-57,0	15,5	1.897
Σύνολο ΑΦΘ (tCO₂ Eq)	1.377	82	43.505	44.964	-17.549	6.379	33.795
Σενάριο 2	Ανακ/ση	Κομπ/ση	Υγ. Ταφή	Μικτές εκπομπές	Εκπομπές από Α ύλες	Επανεπ/σία ανακ/νων	Καθαρές εκπομπές (ΑΚΖ)
Διαχειρ/νη ποσότητα (t)	20.659	0	48.203	68.862	---	---	---
CO ₂ (t)	1.287	0	-203	1.085	-20.967	5.533	-14.349
CH ₄ & NO _x (t)	11,3	0,0	1.630	1.642	-203,4	55,9	1.494
Σύνολο ΑΦΘ (tCO₂ Eq)	4.073	0	36.529	40.602	-62.737	22.874	738
Σενάριο 3	Ανακ/ση	Κομπ/ση	Υγ. Ταφή	Μικτές εκπομπές	Εκπομπές από Α ύλες	Επανεπ/σία ανακ/νων	Καθαρές εκπομπές (ΑΚΖ)
Διαχειρ/νη ποσότητα (t)	5.805	10.313	52.744	68.862	---	---	---
CO ₂ (t)	424	145	-149	271	-5.883	1.559	-3.904
CH ₄ & NO _x (t)	3,8	0,96	1.499	1.939	-57,0	15,5	1.463
Σύνολο ΑΦΘ (tCO₂ Eq)	1.377	277	33.689	35.343	-17.549	6.379	24.173
Σενάριο 4	Ανακ/ση	Κομπ/ση	Υγ. Ταφή	Μικτές εκπομπές	Εκπομπές από Α ύλες	Επανεπ/σία ανακ/νων	Καθαρές εκπομπές (ΑΚΖ)
Διαχειρ/νη ποσότητα (t)	20.659	10.313	48.203	68.862	---	---	---
CO ₂ (t)	1.287	145	-99	1.333	-20.967	5.533	-14.101
CH ₄ & NO _x (t)	11,3	0,96	1.095	1.107	-203,4	55,9	960
Σύνολο ΑΦΘ (tCO₂ Eq)	4.073	277	24.624	28.974	-62.737	22.874	-10.890



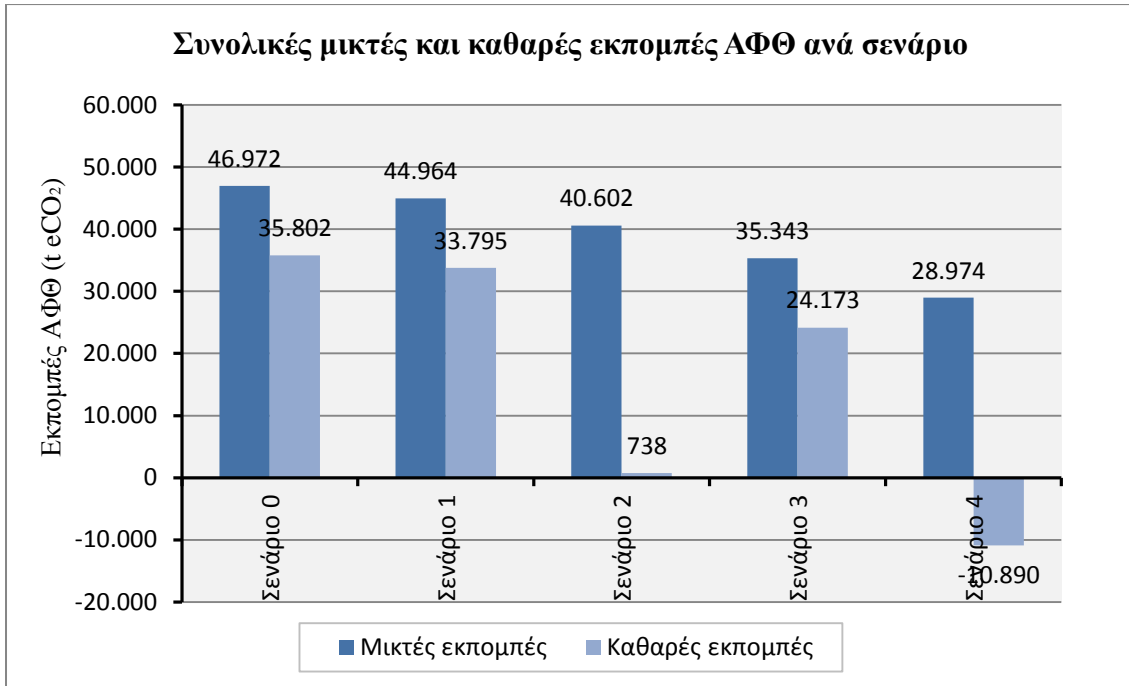
Διάγραμμα 6-1: Ποσοστιαία κατανομή διαχειριζόμενης ποσότητας ανά μέθοδο ανά σενάριο.

Πίνακας 6-4: Συνολικές εκπομπές από κάθε σενάριο.

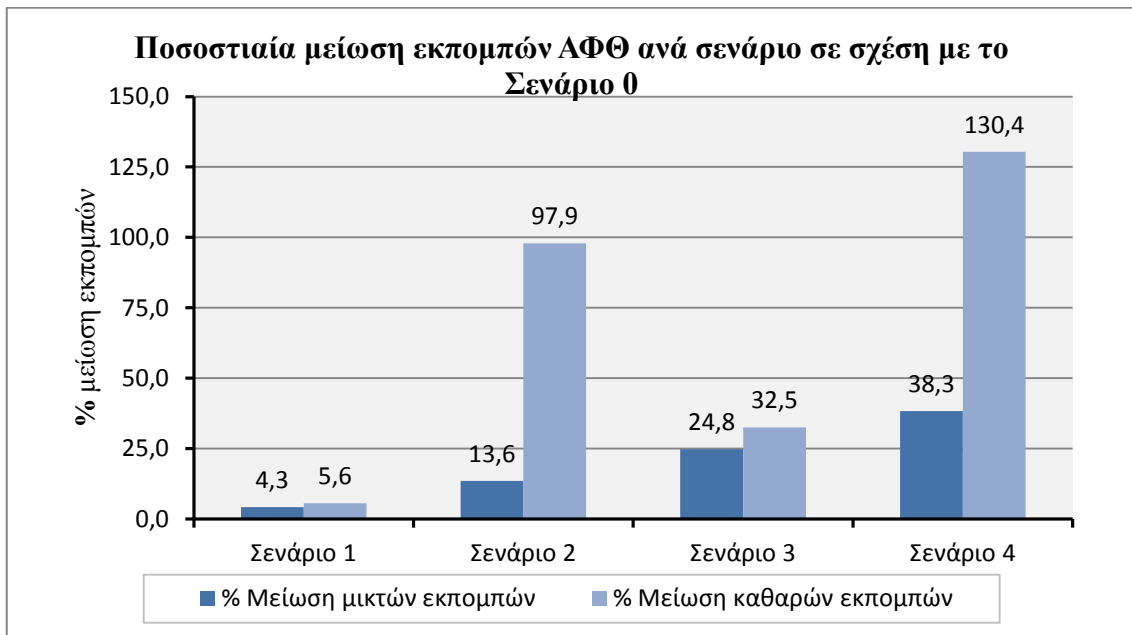
Σενάριο	Μικτές εκπομπές (t)	Καθαρές εκπομπές (t)
0 (8,4% ανακύκλωση)	46.972	35.802
1 (τρέχον + 40% κομπ/ση κηπευτικών)	44.964	33.795
2 (30% ανακύκλωση)	40.602	738
3 (τρέχον + 15% κομπ/ση)	35.343	24.173
4 (30% ανακύκλωση + 15% κομπ/ση)	28.974	-10.890

Πίνακας 6-5: Διαφορά συνολικών εκπομπών των εναλλακτικών σεναρίων από το Σενάριο 0.

Σενάριο	Διαφορά μικτών εκπομπών (t)	Διαφορά καθαρών εκπομπών (t)	% Μείωση μικτών εκπομπών	% Μείωση καθαρών εκπομπών
1	-2.008	-2.007	4,3	5,6
2	-6.370	-35.064	13,6	97,9
3	-11.629	-11.629	24,8	32,5
4	-17.998	-46.692	38,3	130,4



Διάγραμμα 6-2: Συνολικές μικτές και καθαρές εκπομπές ΑΦΘ ανά σενάριο.



Διάγραμμα 6-3: Ποσοστιαία μείωση εκπομπών ΑΦΘ ανά σενάριο σε σχέση με το Σενάριο 0.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το τρέχον σενάριο (σενάριο 0) είναι αυτό με τις περισσότερες εκπομπές, αναφορικά τόσο με τις μικτές όσο και με τις καθαρές (Πίνακες 6-3 και 6-4, Διάγραμμα 6-2), γεγονός το οποίο είναι αναμενόμενο, αφού κατά την τρέχουσα διαδικασία διαχείρισης το μεγαλύτερο ποσοστό των απορριμμάτων οδηγείται προς υγειονομική ταφή, ενώ μόλις το 8,4% αυτών ανακυκλώνεται.

Επίσης, και στις δύο περιπτώσεις βέλτιστη λύση αποτελεί το σενάριο 4, σημειώνοντας μείωση κατά 40% περίπου (38,3%) των μικτών και 130,4% των καθαρών εκπομπών (Πίνακες 6-4 και 6-5, Διάγραμμα 6-3). Το αρνητικό πρόσημο της τιμής στην ποσότητα των καθαρών εκπομπών σημαίνει ότι εφαρμόζοντας τη μέθοδο διαχείρισης που προτείνεται κατά το σενάριο αυτό, λαμβάνοντας υπόψη την αποτίμηση του κύκλου ζωής των υλικών σε σχέση με την παραγωγή υλικών που ανακυκλώνονται, οι αντίστοιχες εκπομπές που αποφεύγονται κατά την παραγωγή είναι περισσότερες από αυτές που παράγονται κατά τη διαδικασία διαχείρισης της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων.

Το πρώτο εναλλακτικό σενάριο παρουσιάζει ελάχιστη διαφορά από το σενάριο αναφοράς, αφού αλλάζει η διαχείριση μόνο του 4,4% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων, σύμφωνα με τα σχέδια του πιλοτικού προγράμματος κομποστοποίησης του Δήμου.

Κατά το δεύτερο εναλλακτικό σενάριο εξετάστηκε η αύξηση της ανακύκλωσης, ώστε το ποσοστό της διαχειριζόμενης ποσότητας που οδηγείται στην ανακύκλωση να φτάνει το 30% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μείωση της τάξης του 13,6% στις μικτές εκπομπές, ενώ σχετικά με τις καθарές εκπομπές σημειώθηκε ικανοποιητικότερη μείωση (97,9%).

Αντίθετα, κατά το τρίτο εναλλακτικό σενάριο, ενώ αυξάνεται το ποσοστό μείωσης των μικτών εκπομπών, οι τελικές καθарές εκπομπές παρουσιάζουν μείωση μόλις 32,5%.

Πιο αναλυτικά, όσον αφορά στις μικτές εκπομπές, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις ολικές εκπομπές από την εκάστοτε εξεταζόμενη διαδικασία διαχείρισης, όπως φαίνεται από τον συγκεντρωτικό Πίνακα 6-4 και το αντίστοιχο Διάγραμμα 6-2, καθώς και από τον Πίνακα 6-5 και το αντίστοιχο Διάγραμμα 6-3, βέλτιστη λύση αποτελεί το σενάριο 4, με σύνολο 28.974 ισοδύναμους τόνους εκπομπών CO₂, το οποίο συνδυάζει το μεγαλύτερο ποσοστό ανακύκλωσης με την κομποστοποίηση μέρους των απορριμμάτων, ενώ μόλις το 55% των απορριμμάτων οδηγείται προς υγειονομική ταφή. Αμέσως μετά ακολουθεί το σενάριο 3 με 35.343 ισοδύναμους τόνους και μείωση 24,8%, και αντίστοιχα τα σενάρια 2 και 1 με 40.602 και 44.964 ισοδύναμους τόνους εκπομπών ΑΦΘ και μείωση από το τρέχον σενάριο κατά 13,6 και 4,3%.

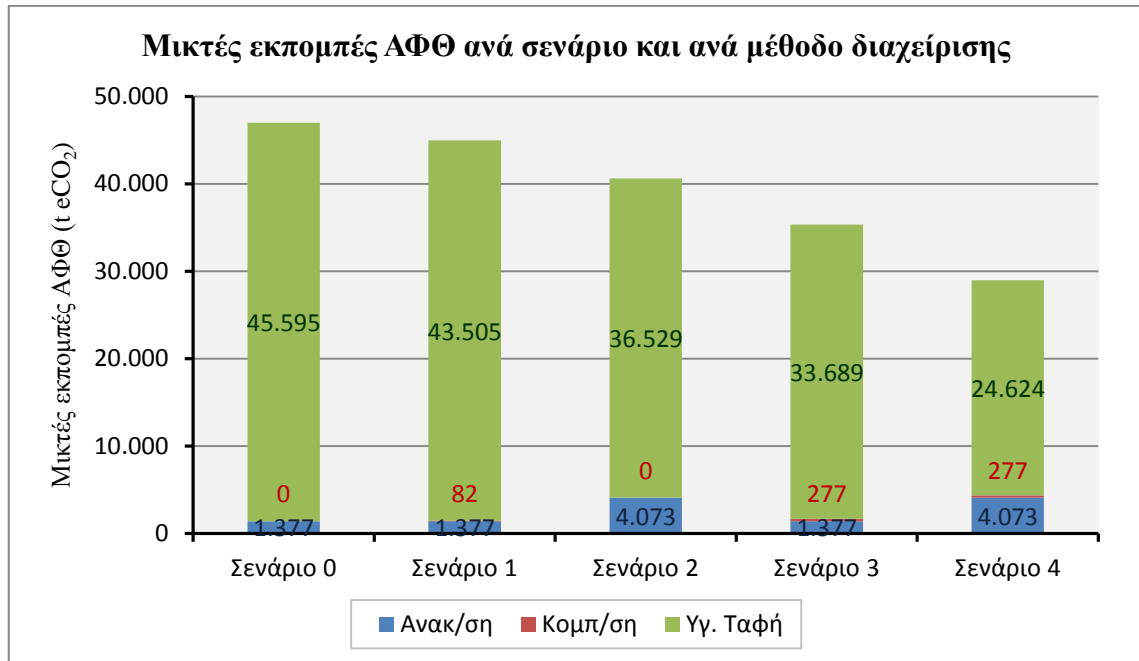
Ωστόσο, εξετάζοντας τις καθαρές εκπομπές, προκύπτει ότι το σενάριο 2 παρουσιάζει λιγότερες εκπομπές από το σενάριο 3 (738 έναντι 24.173 τόνων), με αντίστοιχη μείωση 97,9% έναντι 32,4%, ενώ η βέλτιστη λύση παρουσιάζεται και πάλι στο τελευταίο σενάριο, με μείωση 130,4% σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (Σενάριο 0). Ουσιαστικά, παρόλο που κατά την εξέταση των ολικών εκπομπών η ανακύκλωση παρουσιάζει περισσότερες εκπομπές από την κομποστοποίηση, αναφορικά με τις καθαρές εκπομπές τα σενάρια που περιλαμβάνουν τη μέθοδο της ανακύκλωσης υπερτερούν. Το παραπάνω συμβαίνει συνεκτιμώντας την αποφυγή των εκπομπών που θα προέκυπταν κατά την παραγωγή υλικών από πρώτες ύλες της αντίστοιχης ποσότητας των ανακτώμενων υλικών, λαμβάνοντας δηλαδή υπόψη την ευρύτερη αποτίμηση του κύκλου ζωής σχετικά με την παραγωγή των υλικών.

Σχετικά με τις επιμέρους εκπομπές του συστήματος διαχείρισης ανά μέθοδο, από τις πρώτες στήλες του Πίνακα 6-3, οι οποίες παρουσιάζουν τις εκπομπές ανά μέθοδο του κάθε σεναρίου, προκύπτει ότι η μέθοδος με τη μικρότερη παραγωγή εκπομπών είναι η κομποστοποίηση, γεγονός το οποίο φαίνεται πιο καθαρά κατά το τελευταίο εναλλακτικό σενάριο, αφού για ποσότητα 10.313 τόνων οι οποίοι κομποστοποιούνται προκύπτουν 277 τόνοι εκπομπών ΑΦΘ, ενώ για τη διπλάσια περίπου ποσότητα η οποία οδηγείται προς ανακύκλωση, οι εκπομπές (4.013 τόνοι) είναι αυξημένες κατά 1470%, είναι δηλαδή υπερδεκαπλάσιες αυτών της μεθόδου κομποστοποίησης. Ωστόσο, αυτές οι τιμές σχετίζονται με τις ολικές εκπομπές, χωρίς να συνυπολογίζουν τις αρνητικές εκπομπές από την έκτη στήλη του πρώτου πίνακα οι οποίες όπως προαναφέρθηκε δημιουργούν πιστωτικό υπόλοιπο εκπεμπόμενων ρύπων.

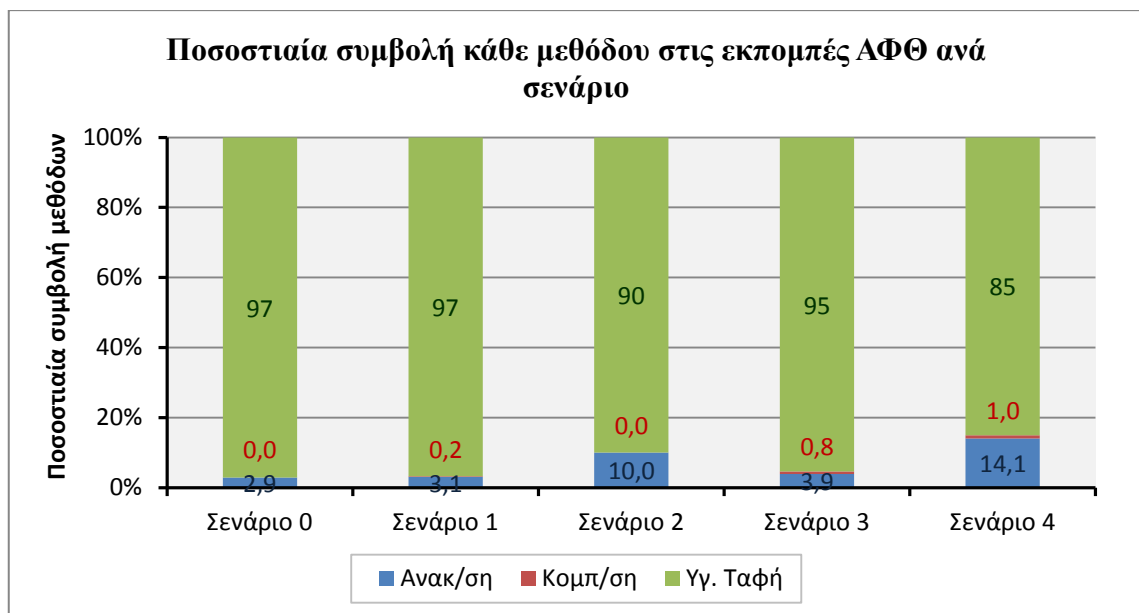
Όπως φαίνεται παρακάτω (Διάγραμμα 6-4), σε όλα τα σενάρια οι μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών προέρχονται από την υγειονομική ταφή. Επίσης, εξετάζοντας την ποσοστιαία συμβολή των εκπομπών κάθε μεθόδου (Διάγραμμα 6-5), προκύπτει ότι για όλα τα σενάρια οι εκπομπές αερίων ΑΦΘ που προέρχονται από την υγειονομική ταφή κυμαίνονται σε εύρος μόλις 15% (85-97%) επί των συνολικών εκπομπών κάθε σεναρίου, ενώ το εύρος στη διαφορά των αντίστοιχων ποσοτήτων των απορριμμάτων που διαχειρίζονται με τη μέθοδο αυτή (Διάγραμμα 6-1) ανέρχεται στο 36,6% (55,0 - 91,6%).

Επίσης, από τα 2 παρακάτω γραφήματα προκύπτει ότι η συμβολή των εκπομπών που προέρχονται από την κομποστοποίηση είναι αμελητέα σε σχέση με τις εκπομπές από

την υγειονομική ταφή, ενώ επίσης μικρή είναι και η συμβολή ακόμα και των ολικών εκπομπών από την ανακύκλωση, ιδίως λαμβάνοντας περαιτέρω υπόψη την επικείμενη μείωση αυτών, αφού συνυπολογισθεί και το πιστωτικό υπόλοιπο από την αποφυγή παραγωγής προϊόντων από Α ύλες.



Διάγραμμα 6-4: Μικτές εκπομπές ΑΦΘ ανά σενάριο και ανά μέθοδο διαχείρισης.



Διάγραμμα 6-5: Ποσοστιαία συμβολή κάθε μεθόδου στις εκπομπές ΑΦΘ ανά σενάριο.

Τέλος, στον παρακάτω Πίνακα 6-6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης των εναλλακτικών σεναρίων με το σενάριο αναφοράς σε απόδοση ισοδύναμων μονάδων της καθημερινής ζωής. Η διαφορά των ποσοτήτων των παραγόμενων αερίων δηλαδή μεταφράζονται στον αριθμό επιβατικών οχημάτων που εκπέμπουν ισοδύναμους ρύπους κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Πίνακας 6-6: Απόδοση διαφοράς ποσοτήτων ΑΦΘ από το Σενάριο 0 σε ισοδύναμο αριθμό επιβατικών οχημάτων.

Σύγκριση σεναρίων	Από μικτές εκπομπές	Από καθαρές εκπομπές
0-1	600	600
0-2	1.800	10.000
0-3	3.300	3.300
0-4	5.100	13.300

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι βέλτιστη λύση τόσο σχετικά με τις μικτές εκπομπές του συστήματος, όσο και με τις καθαρές εκπομπές συνυπολογίζοντας και την αποφυγή επεξεργασίας Α υλών, αποτελεί το Σενάριο 4, ενώ το τρέχον σενάριο (Σενάριο 0) παρουσιάζει τις περισσότερες εκπομπές αερίων ΑΦΘ. Η μέθοδος που παράγει τη λιγότερη ποσότητα μικτών ολικών εκπομπών είναι η κομποστοποίηση, ενώ εξετάζοντας τις καθαρές εκπομπές, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν την αποτίμηση του κύκλου ζωής των υλικών σχετικά με την αποφυγή επεξεργασίας πρώτων υλών, η μέθοδος της ανακύκλωσης μειώνει σημαντικά το φορτίο εκπομπών ΑΦΘ στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, εξετάζοντας αποκλειστικά τις μικτές εκπομπές από το σύστημα διαχείρισης, είναι προφανές ότι για να επέλθει σημαντική μείωση των εκπομπών ΑΦΘ, είναι απαραίτητο να γίνουν προσπάθειες για τη μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων στην πηγή παραγωγής τους, ώστε να μειωθεί ακόμη περισσότερο η μάζα των απορριμμάτων που καταλήγει στην υγειονομική ταφή, αφού σε όλα τα σενάρια οι εκπομπές του ΧΥΤΑ συμβάλλουν στις εκπομπές κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό από τις άλλες μεθόδους.

6.9 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΣΑΣ ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Κατά την εξέταση των παραπάνω σεναρίων προέκυψε ότι η βέλτιστη λύση αποτελείται από το συνδυασμό της κομποστοποίησης με την παράλληλη αύξηση του ποσοστού της

ανακύκλωσης, ενώ σχετικά με τις μικτές εκπομπές ακολουθεί το σενάριο που εξετάζει την κομποστοποίηση και έπειτα το σενάριο της αυξημένης ανακύκλωσης. Αντίθετα, εξετάζοντας τις καθαρές εκπομπές, στη δεύτερη θέση βρίσκεται το σενάριο με την αύξηση της ανακύκλωσης και ακολουθεί η κομποστοποίηση.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρόμοια ιεραρχία των αντίστοιχων σεναρίων παρατηρείται και στην έρευνα των Mohareb et al. (2008) στην πόλη Ottawa του Καναδά, όπου σχετικά με τις μικτές εκπομπές οι λιγότεροι τόνοι αερίων παράγονται κατά το σενάριο που εξετάζει την κομποστοποίηση σε ποσοστό 30% (102.606 tCO_{2e}) ενώ ακολουθεί το σενάριο αύξησης της ανακύκλωσης κατά 50% (116.695 tCO_{2e}) έναντι των 123.155 tCO_{2e} που παράγονται κατά το τρέχον σενάριο. Επίσης, σχετικά με τις καθαρές εκπομπές, στην πρώτη θέση βρίσκεται το σενάριο με την αυξημένη ανακύκλωση (33006 tCO_{2e}) ενώ ακολουθεί το σενάριο της κομποστοποίησης με 44324 tCO_{2e} έναντι 64873 tCO_{2e} του τρέχοντος σεναρίου.

Επίσης, σε έρευνα των Mühle et al. (2010) συγκρίθηκαν οι εκπομπές των συστημάτων διαχείρισης της Γερμανίας και του Ενωμένου Βασιλείου, ανάγοντας τις συνολικές ποσότητες στην εξεταζόμενη ποσότητα του 1t απορριμμάτων. Δεδομένου ότι η σύνθεση των απορριμμάτων είναι παρόμοια για τις 2 χώρες, θεωρώντας το σύστημα διαχείρισης της κάθε χώρας ως ένα διαφορετικό σενάριο, προέκυψε ότι σε σχέση με τις τελικές εκπομπές, το σύστημα της Γερμανίας, κατά το οποίο η ανακύκλωση λαμβάνει χώρα σε τριπλάσια ποσότητα απορριμμάτων από αυτή του Ενωμένου Βασιλείου, και η κομποστοποίηση στο διπλάσιο, ενώ μόλις το 8% οδηγείται προς υγειονομική ταφή έναντι του 66% της τελευταίας, παράγει μόλις το 30% της ποσότητας των εκπομπών του αντίστοιχου συστήματος του Ενωμένου Βασιλείου.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη συνολική θεώρηση του θέματος της παρούσας εργασίας προέκυψαν αξιοσημείωτα συμπεράσματα και παρατηρήσεις, τόσο σε επίπεδο θεωρίας, όσο και πρακτικής εφαρμογής. Αρχικά, από τη θεωρητική ανάλυση του θέματος σχετικά με τη διαχείριση των ΑΣΑ προέκυψε καταρχήν και στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης η αναγκαιότητα κατάρτισης ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης, τα οποία θα εξετάζουν το θέμα ολιστικά, ώστε να περιλαμβάνουν την εξέταση όλων των σταδίων τα οποία περιλαμβάνονται στην έννοια του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.

Η βιώσιμη διαχείριση στοχεύει πρώτιστα στην προστασία του περιβάλλοντος και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς επίσης και στη μείωση των παραγόμενων ποσοτήτων των απορριμμάτων στην πηγή παραγωγής τους αλλά και στην ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των ανακυκλώσιμων υλικών, σε συμφωνία και με τις προτεραιότητες που έχουν τεθεί από την ΕΕ.

Σχετικά με τη μείωση της παραγόμενης ποσότητας απορριμμάτων στην πηγή, που είναι και ένας από τους κύριους στόχους της βιώσιμης διαχείρισης, παρατηρήθηκε ότι για την επιτυχία της διαδικασίας είναι αναγκαία η σωστή και ανελλιπής ενημέρωση του κοινού, αλλά και η περιβαλλοντική ευαισθητοποίησή του.

Κατ' επέκταση των παραπάνω τίθεται η έννοια της ανάλυσης του κύκλου ζωής, με στόχο την εξέταση της καθολικής διαδικασίας διαχείρισης των απορριμμάτων, από το στάδιο της παραγωγής έως και την τελική διάθεσή τους. Η έννοια του κύκλου ζωής εισήχθη πρόσφατα και στην πολιτική της ΕΕ με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθόλη τη διαδικασία της διαχείρισης.

Στη συνέχεια, διαπιστώθηκε ότι στα πλαίσια της βιώσιμης διαχείρισης των απορριμμάτων έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες από την ΕΕ τόσο σχετικά με στρατηγικά σχέδια όσο και με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, κατά την οποία προωθούνται οι εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην ανακύκλωση, η οποία θεωρείται ως η περισσότερο περιβαλλοντικά αποδεκτή λύση, αναφορικά τόσο με

τις εκπομπές ρύπων όσο και με την έμμεση μείωση της παραγόμενης ποσότητας απορριμμάτων, στα πλαίσια της επαναχρησιμοποίησης.

Η Ελλάδα έχει κάνει σημαντική πρόοδο στις προσπάθειες ενσωμάτωσης των οδηγιών της ΕΕ στην εθνική νομοθεσία, ωστόσο παρατηρείται σοβαρή καθυστέρηση στην εφαρμογή τους και στην επίτευξη των στόχων, τόσο σχετικά με την τήρηση των δεσμεύσεων όσο και των ποσοτικών ορίων.

Καθίσταται λοιπόν εμφανές ότι η ανακύκλωση εκτός από την παραπάνω άμεση συμβολή της στη μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων αλλά και στους παραγόμενους ρύπους από τη διαχείρισή τους, αφού είναι η μέθοδος με τις λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συνεισφέρει και έμμεσα στην προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό γίνεται μέσω της εξοικονόμησης φυσικών πόρων με την επαναχρησιμοποίηση των ανακυκλώσιμων υλικών, αλλά και μέσω της μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας, αφού τα ανακτηθέντα υλικά αντικαθιστούν το στάδιο παρασκευής υλικών από πρώτες ύλες, με περαιτέρω συνέπεια τη μείωση τόσο των εκπομπών από τη διαδικασία της παρασκευής τους αλλά και από τη διαδικασία εξόρυξης πρώτων υλών, όσο και από την καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας.

Ο συνδυασμός λοιπόν των εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης των απορριμμάτων με την υγειονομική ταφή αποφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος, τόσο με τη μείωση των εκπομπών των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όσο και με τη μείωση κατανάλωσης των φυσικών πόρων αλλά και της απαιτούμενης για τη διαδικασία της διαχείρισης ενέργειας.

Ωστόσο, δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη βέλτιστη λύση συνδυασμού μεθόδων για όλες τις περιπτώσεις διαχείρισης των ΑΣΑ που να μπορεί να αποτελέσει πανάκεια, διότι οι ανάγκες του κάθε συστήματος διαφέρουν σε κάθε περιοχή, αφού εξαρτώνται τόσο από την εκάστοτε σύνθεση των απορριμμάτων, όσο και από τους οικονομικούς, κοινωνικούς, πολιτικούς αλλά και τεχνολογικούς παράγοντες της κάθε περιοχής.

Στη συνέχεια, η χρήση των διαφόρων μοντέλων που είναι βασισμένα στην ΑΚΖ διευκολύνει τη μελέτη του συστήματος διαχείρισης με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης περιβαλλοντικά λύσης, αφού μέσω αυτών επιτυγχάνεται η σύγκριση των επιπτώσεων εναλλακτικών σεναρίων σχετικά με το συνδυασμό των μεθόδων διαχείρισης.

Από την έρευνα μέσω του μοντέλου IWM για τη διαχείριση των ΑΣΑ στο Δήμο Βόλου προέκυψε ότι βέλτιστη λύση αποτελεί το Σενάριο 4, στο οποίο γίνεται συνδυασμός των μεθόδων ανακύκλωσης και κομποστοποίησης, παράλληλα με την τελική διάθεση των υπόλοιπων απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ, ενώ το τρέχον σενάριο, το οποίο βασίζεται ως επί το πλείστον στην υγειονομική ταφή, παράγει τις περισσότερες εκπομπές αερίων ΑΦΘ.

Επιπρόσθετα, η μέθοδος της κομποστοποίησης είναι αυτή που παράγει τις λιγότερες ποσότητες εκπομπών σε σχέση με τη διαδικασία του συστήματος διαχείρισης, καθώς οι ποσότητες των εκπομπών σε σχέση με την αντίστοιχα διαχειριζόμενη ποσότητα απορριμμάτων είναι αμελητέες. Ωστόσο, με την κομποστοποίηση δεν επιτυγχάνεται αποφυγή ρύπων από παράλληλες διαδικασίες, αφού το σύνολο των μικτών εκπομπών ισούται με το σύνολο των συνυπολογιζόμενων εκπομπών με την ΑΚΖ.

Άξιο αναφοράς είναι επίσης ότι η μέθοδος της ανακύκλωσης, μελετώντας την ΑΚΖ, παρουσιάζει κατακόρυφη μείωση των εκπομπών αερίων ΑΦΘ, η οποία οφείλεται στην αποφυγή ρύπων που θα παράγονταν από τη διαδικασία επεξεργασίας Α υλών για την παραγωγή της αντίστοιχης μάζας των ανακτώμενων υλικών. Συνεπώς, επαληθεύεται από την έρευνα η θεώρηση της ανακύκλωσης ως της περισσότερο περιβαλλοντικά αποδεκτής λύσης, όπως προαναφέρθηκε στη βιβλιογραφική επισκόπηση.

Επίσης, εξετάζοντας αποκλειστικά τις μικτές εκπομπές του συστήματος διαχείρισης, συμπεραίνεται ότι για να επέλθει σημαντική μείωση των εκπομπών ΑΦΘ, είναι απαραίτητο να μειωθεί η ποσότητα των απορριμμάτων στην πηγή παραγωγής τους, ώστε να μειωθεί ακόμη περισσότερο η μάζα των απορριμμάτων που καταλήγει στην υγειονομική ταφή, αφού σε όλα τα σενάρια οι εκπομπές του ΧΥΤΑ συμβάλλουν στις εκπομπές ΑΦΘ κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό απ' ό,τι οι άλλες μέθοδοι.

Άξιο παρατήρησης είναι ακόμη το γεγονός ότι ελλείπει στοιχείων από το Δ. Βόλου, σε κάποια σημεία των δεδομένων τα οποία προαναφέρονται, έχουν χρησιμοποιηθεί εκτιμώμενες τιμές. Γι αυτό το λόγο, ενώ κατά τη σύγκριση των σεναρίων χρησιμοποιούνται οι τιμές τις σχετικής διαφοράς τους, είναι λογικό να παρουσιάζεται μια μικρής τάξης απόκλιση στις απόλυτες τιμές των εκπομπών. Ο συχνότερος επομένως έλεγχος κατά τη διαδικασία του συστήματος διαχείρισης είναι αναγκαίος για τη

συγκέντρωση τόσο όλων των απαιτούμενων για την έρευνα στοιχείων, όσο όμως και των απαιτούμενων στοιχείων για τις εκθέσεις αναφοράς στην ΕΕ.

7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συνεκτιμώντας τόσο την παραπάνω βιβλιογραφική επισκόπηση, όσο και τα αποτελέσματα της έρευνας για το σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ στο Δήμο Βόλου, προτείνονται τα παρακάτω:

Σχετικά με τη διαχείριση των ΑΣΑ στο Βόλο αλλά και γενικότερα στην Ελλάδα, η προσπάθεια μείωσης των ποσοτήτων παραγωγής στην πηγή, ώστε να μειωθεί η μάζα και ο όγκος των ΑΣΑ που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ. Με αυτό τον τρόπο θα επιτευχθεί μείωση τόσο των εκπεμπόμενων ποσοτήτων ΑΦΘ στην ατμόσφαιρα, όσο και των άλλων ρύπων που καταλήγουν στο έδαφος και τα νερά, καθώς επίσης και εξοικονόμηση χώρου στους ΧΥΤΑ, με αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου λειτουργίας τους.

Επίσης, η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης των υλικών, η οποία θα επιτευχθεί με προγράμματα ενημέρωσης και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης του κοινού, ώστε να επιτευχθεί η μετάβαση «σε μια κοινωνία ανακύκλωσης».

Επιπλέον, η αλλαγή του συστήματος τιμολογιακής πολιτικής, ώστε η κοστολόγηση να γίνεται με βάση την ποσότητα παραγωγής απορριμμάτων των πολιτών, και όχι με βάση το εμβαδόν της οικίας τους, όπως ισχύει σήμερα. Η κοστολόγηση με αυτόν τον τρόπο θα αποτελέσει κίνητρο για τη μείωση των ποσοτήτων παραγωγής στην πηγή.

Ένας άλλος τρόπος ευαισθητοποίησης του κοινού που μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στη μείωση του όγκου των απορριμμάτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ είναι η εφαρμογή προγραμμάτων ενημέρωσης και προώθησης της οικιακής κομποστοποίησης, ιδιαίτερα στους περιιαστικούς οικισμούς και περιοχές, όπου το ποσοστό των οργανικών απορριμμάτων ενδέχεται να είναι ελαφρώς αυξημένο. Παράλληλα με την ενημέρωση, προτείνεται η παροχή κινήτρων για την εφαρμογή της κομποστοποίησης.

Στη συνέχεια, αναφορικά με το σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ στο Δήμο Βόλου, η παρούσα έρευνα αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια προσέγγισης του θέματος, αναφερόμενη στην επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού μεθόδων διαχείρισης, περιλαμβάνοντας τη μελέτη των εξεταζόμενων σεναρίων ως προς τις παραγόμενες εκπομπές αερίων ΑΦΘ. Ωστόσο, για να καταστεί περισσότερο ρεαλιστικά εφικτή η εφαρμογή της βέλτιστης μεθόδου, προτείνεται να μελετηθούν τα σενάρια σε ολιστικό επίπεδο.

Πιο αναλυτικά, για περαιτέρω έρευνα προτείνεται ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων τόσο των εκπομπών των παραγόμενων ΑΦΘ, όσο και όλων των άλλων τύπων ρύπων, με αποτελέσματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας από ολόκληρη τη διαδικασία της διαχείρισης, αλλά και το κόστος καθώς και την κοινωνική αποδοχή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός μοντέλου με τη δυνατότητα συνεξέτασης τεχνικο-οικονομικών αλλά και κοινωνικών παραγόντων. Προτείνεται δηλαδή να συνεξετασθεί το κόστος κατασκευής των μη ήδη υπαρχόντων υποδομών, καθώς και τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης των υπαρχόντων, όπως επίσης και η σφυγμομέτρηση της άποψης του κοινού (των κατοίκων του Δ. Βόλου) σχετικά με την εφαρμογή των εναλλακτικών σεναρίων, αφού ένα ολοκληρωμένο εργαλείο λήψης αποφάσεων συμπεριλαμβάνει αυτούς τους παράγοντες. Ο βέλτιστος τελικά συνδυασμός μεθόδων διαχείρισης θα προκύψει συνυπολογίζοντας τους παραπάνω παράγοντες, προσαρμοσμένους με τους κατάλληλους συντελεστές βαρύτητας.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Αδιαμφισβήτητα, η διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων, όπως έχει προειπωθεί, έχει αποτελέσει ένα ζήτημα που πλέον κυριαρχεί στις παγκόσμιες συζητήσεις για την προστασία του περιβάλλοντος. Το εν λόγω ζήτημα τα τελευταία χρόνια εξετάζεται όχι μόνο αυστηρά ως προς τις επιπτώσεις από τις μεθόδους επεξεργασίας των απορριμμάτων, αλλά και ως προς έναν περισσότερο ολιστικό τρόπο, καθώς δίνεται έμφαση και στην ανάλυση του κύκλου ζωής τους.

Η συμβολή της διαχείρισης των απορριμμάτων στο πρόβλημα του φαινομένου του θερμοκηπίου εισήχθη σχετικά πρόσφατα στο πεδίο επιστημονικής έρευνας και επιδέχεται περαιτέρω ανάλυσης. Σε αυτό το σημείο, θα μπορούσε να αποτυπωθεί ο ισχυρισμός πως το ζήτημα έχει υπεραναλυθεί, δεδομένου ότι οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από τη διαχείριση των απορριμμάτων συμβάλλει μόλις κατά ένα αρκετά μικρό ποσοστό στην κλίμακα των παγκόσμιων εκπομπών.

Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη αφενός την αυξητική τάση του πληθυσμού παγκοσμίως και αφετέρου την αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών του, η αύξηση των ποσοτήτων των απορριμμάτων αποτελεί συνεπαγόμενο επακόλουθο. Επιπλέον, συνυπολογίζοντας ότι σε παγκόσμια κλίμακα, υπάρχουν αρκετές χώρες στις οποίες συναντάται ακόμα η χρήση των ανεξέλεγκτων χώρων απόρριψης των απορριμμάτων, και ότι η αύξηση των εκπομπών από τον τομέα της διαχείρισης παρουσιάζει κατακόρυφη αύξηση σε σχέση με προηγούμενες δεκαετίες, προκύπτει πως τελικά ο παραπάνω ισχυρισμός μπορεί να καταρριφθεί.

Άλλωστε, ο τρόπος διαχείρισης των απορριμμάτων είναι ένα θέμα που πλέον απασχολεί την κοινή γνώμη, αφού η λάθος εφαρμογή του απειλεί άμεσα τη δημόσια υγεία. Η ευαισθητοποίηση λοιπόν του κοινού σχετικά με το εν λόγω θέμα μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την περαιτέρω ενημέρωσή του αναφορικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων γενικότερα. Έμμεσο αποτέλεσμα αυτού θα είναι η αρχή για την απαλοιφή του συνδρόμου NIMBY (Not In My Back Yard).

Κλείνοντας, μπορεί το ζήτημα της διαχείρισης των απορριμμάτων να συμβάλλει σε μικρό ποσοστό στο παγκοσμίου κλίμακας φαινόμενο του θερμοκηπίου, ωστόσο δεν πρέπει να ξεχνούμε την επισήμανση του Λάο Τσε πως: *«Ένα ταξίδι χιλίων χιλιομέτρων αρχίζει με ένα μόνο βήμα»...*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

(Πίνακες αποτελεσμάτων όπως προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου IWM)

Πίνακας Π- 1: Αποτελέσματα IWM για το Σενάριο 0

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM scenario0ref-fin

	Recycling	Composting	EFW	AD	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
<i>Tonnes Managed (***)</i>	5.805	0	0	0	63.057	68.862			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	6.789	0	0	0	-14.849	-8.060	-219.523	79.671	-147.912
<i>Greenhouse Gases</i>									
- CO2 (tonnes)	424	0	0	0	-253	171	-5.883	1.559	-4.152
- CH4 + NOx (tonnes)	3,8	0,00	0	0	2.035	2.039	-57,0	15,5	1.997
- CO2 Equivalents (tonnes)	1.377	0	0	0	45.595	46.972	-17.549	6.379	35.802
<i>Acid Gases</i>									
- NOx (tonnes)	3,02	0,000	0	0	10,78	13,80	-36,2	15,5	-6,9
- SOx (tonnes)	1,08	0,000	0	0	-2,68	-1,60	-53	27,4	-26,9
- HCl (tonnes)	0,026	0,000	0	0	-0,187	-0,16	-150,2	0,84	-149,5
<i>Smog Precursors</i>									
- NOx (tonnes)	3,02	0,000	0	0	10,78	13,8	-36,2	15,5	-6,9
- PM (tonnes)	0,67	0,0	0	0	17,6	18,2	-17,6	9,3	10,0
- VOCs (tonnes)	1,24	0,00	0	0	6,4	7,7	-31,9	16,5	-7,7
<i>Heavy Metals & Organics</i>									
- Air									
Pb (kg)	0,033	0,000	0	0	-0,19	-0,2	-1,59	0,78	-1,0
Hg (kg)	0,004	0,000	0	0	-0,039	-0,04	-0,03	0,00	-0,06
Cd (kg)	0,004	0,000	0	0	0,008	0,01	-0,02	0,00	-0,01
Dioxins (TEQ) (g)	0,0000	0,00000	0	0	0,002	0,002	n/a	0,0000	0,002
- Water									
Pb (kg)	0,474	0,000	0	0	-3,10	-2,63	-14,7	12,6	-4,68
Hg (kg)	0,0002	0,00000	0	0	0,047	0,048	0,00	0,00	0,051
Cd (kg)	0,010	0,000	0	0	2,89	2,90	-0,3	0,27	2,852
BOD (kg)	0,45	0,000	0	0	22.787	22.788	-8.707	11.058	25.138
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0	0,00023	0,0002	n/a	n/a	0,00023
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	0	63.057	63.057	-1.052	905	62.909

*** Tonnes Managed may not display exactly as entered due to rounding errors (+/- 17 tonnes)

Πίνακας Π- 2:Αποτελέσματα IWM για το Σενάριο 1

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM scenario1-fin

	Recycling	Composting	EFW	AD	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
<i>Tonnes Managed (***)</i>	5.805	3.030	0	0	60.027	68.862			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	6.789	890	0	0	-13.476	-5.797	-219.523	79.671	-145.650
<i>Greenhouse Gases</i>									
- CO2 (tonnes)	424	43	0	0	-196	271	-5.883	1.559	-4.052
- CH4 + NOx (tonnes)	3,8	0,29	0	0	1.935	1.939	-57,0	15,5	1.897
- CO2 Equivalent (tonnes)	1.377	82	0	0	43.505	44.964	-17.549	6.379	33.795
<i>Acid Gases</i>									
- NOx (tonnes)	3,02	0,116	0	0	10,64	13,78	-36,2	15,5	-6,9
- SOx (tonnes)	1,08	0,169	0	0	-2,45	-1,20	-53	27,4	-26,5
- HCl (tonnes)	0,026	0,011	0	0	-0,177	-0,14	-150,2	0,84	-149,5
<i>Smog Precursors</i>									
- NOx (tonnes)	3,02	0,116	0	0	10,64	13,8	-36,2	15,5	-6,9
- PM (tonnes)	0,67	0,6	0	0	16,8	18,0	-17,6	9,3	9,8
- VOCs (tonnes)	1,24	0,09	0	0	6,3	7,6	-31,9	16,5	-7,7
<i>Heavy Metals & Organics</i>									
- Air									
Pb (kg)	0,033	0,009	0	0	-0,18	-0,1	-1,59	0,78	-1,0
Hg (kg)	0,004	0,001	0	0	-0,037	-0,03	-0,03	0,00	-0,06
Cd (kg)	0,004	0,000	0	0	0,008	0,01	-0,02	0,00	-0,01
Dioxins (TEQ) (g)	0,0000	0,00000	0	0	0,002	0,002	n/a	0,0000	0,002
- Water									
Pb (kg)	0,474	0,185	0	0	-2,93	-2,27	-14,7	12,6	-4,33
Hg (kg)	0,0002	0,00006	0	0	0,045	0,045	0,00	0,00	0,048
Cd (kg)	0,010	0,002	0	0	2,76	2,77	-0,3	0,27	2,718
BOD (kg)	0,45	0,009	0	0	21.708	21.708	-8.707	11.058	24.059
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0	0,00022	0,0002	n/a	n/a	0,00022
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	0	60.027	60.027	-1.052	905	59.879

Πίνακας Π- 3: Αποτελέσματα IWM για το σενάριο 2

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM scenario2

	Recycling	Composting	EFW	AD	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
<i>Tonnes Managed (***)</i>	20.659	0	0	0	48.203	68.862			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	21.008	0	0	0	-11.897	9.110	784.826	284.935	-490.781
<i>Greenhouse Gases</i>									
- CO2 (tonnes)	1.287	0	0	0	-203	1.085	-20.967	5.533	-14.349
- CH4 + NOx (tonnes)	11,3	0,00	0,0	0	1.630	1.642	-203,4	55,9	1.494
- CO2 Equivalents (tonnes)	4.073	0	0	0	36.529	40.602	-62.737	22.874	738
<i>Acid Gases</i>									
- NOx (tonnes)	8,81	0,000	0,0	0,00	8,63	17,45	-129,8	55,9	-56,4
- SOx (tonnes)	3,35	0,000	0,0	0,00	-2,14	1,20	-189	98,8	-88,7
- HCl (tonnes)	0,090	0,000	0,00	0,00	-0,149	-0,06	-525,2	2,86	-522,4
<i>Smog Precursors</i>									
- NOx (tonnes)	8,81	0,000	0,0	0,0	8,63	17,4	-129,8	55,9	-56,4
- PM (tonnes)	2,05	0,0	0,00	0,0	14,1	16,2	-63,1	33,4	-13,5
- VOCs (tonnes)	3,56	0,00	0,00	0,0	5,1	8,7	-114,5	59,6	-46,3
<i>Heavy Metals & Organics</i>									
- Air									
Pb (kg)	0,109	0,000	0,0	0,0	-0,16	0,0	-5,68	2,80	-2,9
Hg (kg)	0,013	0,000	0,00	0,00	-0,031	-0,02	-0,09	0,00	-0,11
Cd (kg)	0,012	0,000	0,00	0,00	0,006	0,02	-0,07	0,01	-0,04
Dioxins (TEQ) (g)	0,0001	0,00000	0,000	0,000	0,001	0,001	n/a	0,0000	0,001
- Water									
Pb (kg)	1,652	0,000	0,000	0,00	-2,47	-0,82	-51,3	44,1	-8,04
Hg (kg)	0,0006	0,00000	0,000	0,000	0,038	0,039	-0,01	0,02	0,049
Cd (kg)	0,031	0,000	0,000	0,00	2,33	2,36	-1,1	0,94	2,188
BOD (kg)	1,31	0,000	0,000	0	18.330	18.332	-31.376	39.790	26.746
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0,0000	0,00018	0,0002	n/a	n/a	0,00018
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	0	48.203	48.203	-3.783	3.248	47.668

Πίνακας Π- 4: Αποτελέσματα IWM για το σενάριο 3

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM scenario 3

	Recycling	Composting	EFW	AD	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
<i>Tonnes Managed (***)</i>	5.805	10.313	0	0	52.744	68.862			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	6.789	3.015	0	0	-10.297	-493	-219.523	79.671	-140.346
<i>Greenhouse Gases</i>									
- CO2 (tonnes)	424	145	0	0	-149	420	-5.883	1.559	-3.904
- CH4 + NOx (tonnes)	3,8	0,96	0,0	0	1.499	1.504	-57,0	15,5	1.463
- CO2 Equivalent (tonnes)	1.377	277	0	0	33.689	35.343	-17.549	6.379	24.173
<i>Acid Gases</i>									
- NOx (tonnes)	3,02	0,388	0,0	0,00	8,15	11,55	-36,2	15,5	-9,1
- SOx (tonnes)	1,08	0,574	0,0	0,00	-1,86	-0,20	-53	27,4	-25,5
- HCl (tonnes)	0,026	0,036	0,00	0,00	-0,132	-0,07	-150,2	0,84	-149,4
<i>Smog Precursors</i>									
- NOx (tonnes)	3,02	0,388	0,0	0,0	8,15	11,6	-36,2	15,5	-9,1
- PM (tonnes)	0,67	2,0	0,00	0,0	14,8	17,4	-17,6	9,3	9,1
- VOCs (tonnes)	1,24	0,30	0,00	0,0	4,8	6,3	-31,9	16,5	-9,0
<i>Heavy Metals & Organics</i>									
- Air									
Pb (kg)	0,033	0,029	0,0	0,0	-0,14	-0,1	-1,59	0,78	-0,9
Hg (kg)	0,004	0,005	0,00	0,00	-0,028	-0,02	-0,03	0,00	-0,04
Cd (kg)	0,004	0,001	0,00	0,00	0,006	0,01	-0,02	0,00	-0,01
Dioxins (TEQ) (g)	0,0000	0,00001	0,000	0,00	0,001	0,001	n/a	0,0000	0,001
- Water									
Pb (kg)	0,474	0,631	0,000	0,00	-1,99	-0,88	-14,7	12,6	-2,93
Hg (kg)	0,0002	0,00019	0,000	0,00	0,040	0,040	0,00	0,00	0,043
Cd (kg)	0,010	0,006	0,000	0,00	2,43	2,45	-0,3	0,27	2,397
BOD (kg)	0,45	0,030	0,000	0,00	19,113	19,114	-8,707	11,058	21,464
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0,00	0,00019	0,0002	n/a	n/a	0,00019
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	0	52.744	52.744	-1.052	905	52.596

Πίνακας Π- 5: Αποτελέσματα IWM για το σενάριο 4

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM scenario 4

	Recycling	Composting	EFW	AD	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
<i>Tonnes Managed (***)</i>	20.659	10.313	0	0	37.890	68.862			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	21.008	3.015	0	0	-7.343	16.680	-784.826	284.935	-483.211
<i>Greenhouse Gases</i>									
- CO2 (tonnes)	1.287	145	0	0	-99	1.333	-20.967	5.533	-14.101
- CH4 + NOx (tonnes)	11,3	0,96	0,0	0	1.095	1.107	-203,4	55,9	960
- CO2 Equivalent (tonnes)	4.073	277	0	0	24.624	28.974	-62.737	22.874	-10.890
<i>Acid Gases</i>									
- NOx (tonnes)	8,81	0,388	0,0	0,00	6,00	15,20	-129,8	55,9	-58,6
- SOx (tonnes)	3,35	0,574	0,0	0,00	-1,32	2,60	-189	98,8	-87,3
- HCl (tonnes)	0,090	0,036	0,00	0,00	-0,095	0,03	-525,2	2,86	-522,3
<i>Smog Precursors</i>									
- NOx (tonnes)	8,81	0,388	0,0	0,0	6,00	15,2	-129,8	55,9	-58,6
- PM (tonnes)	2,05	2,0	0,00	0,0	11,3	15,3	-63,1	33,4	-14,4
- VOCs (tonnes)	3,56	0,30	0,00	0,0	3,5	7,4	-114,5	59,6	-47,6
<i>Heavy Metals & Organics</i>									
- Air									
Pb (kg)	0,109	0,029	0,0	0,0	-0,10	0,0	-5,68	2,80	-2,8
Hg (kg)	0,013	0,005	0,00	0,00	-0,020	0,00	-0,09	0,00	-0,09
Cd (kg)	0,012	0,001	0,00	0,00	0,004	0,02	-0,07	0,01	-0,04
Dioxins (TEQ) (g)	0,0001	0,00001	0,000	0,00	0,001	0,001	n/a	0,0000	0,001
- Water									
Pb (kg)	1,652	0,631	0,000	0,00	-1,36	0,92	-51,3	44,1	-6,30
Hg (kg)	0,0006	0,00019	0,000	0	0,031	0,031	-0,01	0,02	0,042
Cd (kg)	0,031	0,006	0,000	0,00	1,87	1,90	-1,1	0,94	1,733
BOD (kg)	1,31	0,030	0,000	0	14,656	14,657	-31,376	39,790	23,072
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0,00	0,00015	0,0001	n/a	n/a	0,00015
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	0	37.890	37.890	-3.783	3.248	37.355

Πίνακας Π- 6: Αποτελέσματα σύγκρισης σεναρίων 0 – 1 – μικτές εκπομπές

	Scenario 1	Scenario 2	Net Change	Burden Equivalents
Energy Consumed (GJ)	-8.060	-5.797	2.263	Electricity for 100 homes for one year
CO2 (t)	171	271	100	Emissions from 600 cars for one year
CH4 (t)	2.039	1.939	100	
CO2 Equivalents (t)	46.972	44.964	2.008	
Acid Gases				
Nox (t)	13,80	13,78	0,0	Emissions from 1 cars for one year
SO2 (t)	-1,60	-1,20	0,40	Electricity for 100 homes for one year
HCl (t)	-0,16	-0,14	0,02	Electricity for 100 homes for one year
Smog Precursors				
Nox (t)	13,80	13,78	0,0	Emissions from 1 cars for one year
PM -10 (t)	18,23	18,0	0,2	Electricity for 100 homes for one year
VOCs (t)	7,65	7,59	0,1	Emissions from 0 cars for one year
Heavy Metals & Organics				
Air				
Pb (kg)	-0,16	-0,14	0,02	Electricity for 67 homes for one year
Hg (kg)	-0,04	-0,03	0,00	Electricity for 100 homes for one year
Cd (kg)	0,01	0,01	0,00	Electricity for 0 homes for one year
PCDD/F (TEQ) g	0,00	0,00	0,000	
Water				
Pb (kg)	-2,63	-2,27	0,35	Electricity for 0 homes for one year
Hg (kg)	0,05	0,045	0,00	Electricity for 1.000 homes for one year
Cd (kg)	2,90	2,77	0,13	Electricity for 1.900 homes for one year
BOD (kg)	22788	21.708	1.079,4	Sewage from 40 homes
PCDD/F (TEQ) g	0,00	2,2E-04	0,00001	
Total Residual Waste (tonnes)	63.057	60.027	3030	

Πίνακας Π- 7: Αποτελέσματα σύγκρισης σεναρίων 0 – 1 – καθαρές εκπομπές

	Scenario 1	Scenario 2	Net Change	Annual Burden Equivalents
Energy Consumed (GJ)	-147.912	-145.650	2.263	Electricity for 100 homes
Greenhouse Gases				
CO2 (t)	-4.152	-4.052		
CH4 (t)	1.997	1.897		
CO2 Equivalents (t)	35.802	33.795	2.008	Emissions from 600 cars
Acid Gases				
Nox (t)	-6,9	-6,91	0,0	Emissions from 0 cars
Sox (t)	-26,86	-26,46	0,4	Electricity for 100 homes
HCl (t)	-149,53	-149,51	0,0	Electricity for 100 homes
Smog Precursors				
Nox (t)	-6,9	-6,91	0,0	Emissions from 0 cars
PM (t)	10,0	9,8	0,2	Electricity for 100 homes
VOCs (t)	-7,7	-7,73	0,1	Emissions from 0 cars
Heavy Metals & Organics				
Air				
Pb (kg)	-1,0	-0,95	0,02	Electricity for 100 homes for one year
Hg (kg)	-0,1	-0,06	0,00	Electricity for 100 homes for one year
Cd (kg)	-0,01	-0,01	0,00	Electricity for 0 homes for one year
PCDD/F (TEQ) g	0,00	0,00	0,00	
Water				
Pb (kg)	-4,68	-4,33	0,4	Electricity for 0 homes for one year
Hg (kg)	0,0505	0,048	0,002	Electricity for 1.000 homes for one year
Cd (kg)	2,85	2,72	0,13	Electricity for 1.900 homes for one year
BOD (kg)	25.138	24.059	1.079	Sewage from 39 homes
PCDD/F (TEQ) g	2,28E-04	2,2E-04	0,000011	
Total Residual Waste (tonnes)	62.909	59.879	3030	

Πίνακας Π- 8: Αποτελέσματα σύγκρισης σεναρίων 0 – 2 – μικτές εκπομπές

	Scenario 1	Scenario 2	Net Change	Burden Equivalents
Energy Consumed (GJ)	-8.060	9.110	17.170	Electricity for 500 homes for one year
CO2 (t)	171	1.085	913	Emissions from 1.800 cars for one year
CH4 (t)	2.039	1.642	397	
CO2 Equivalents (t)	46.972	40.602	6.370	
Acid Gases				
Nox (t)	13,80	17,45	3,6	Emissions from 185 cars for one year
SO2 (t)	-1,60	1,20	2,80	Electricity for 500 homes for one year
HCl (t)	-0,16	-0,06	0,10	Electricity for 300 homes for one year
Smog Precursors				
Nox (t)	13,80	17,45	3,6	Emissions from 185 cars for one year
PM -10 (t)	18,23	16,2	2,1	Electricity for 600 homes for one year
VOCs (t)	7,65	8,70	1,0	Emissions from 0 cars for one year
Heavy Metals & Organics				
Air				
Pb (kg)	-0,16	-0,05	0,11	Electricity for 382 homes for one year
Hg (kg)	-0,04	-0,02	0,02	Electricity for 300 homes for one year
Cd (kg)	0,01	0,02	0,01	Electricity for 400 homes for one year
PCDD/F (TEQ) g	0,00	0,00	0,000	
Water				
Pb (kg)	-2,63	-0,82	1,80	Electricity for 200 homes for one year
Hg (kg)	0,05	0,039	0,01	Electricity for 4.200 homes for one year
Cd (kg)	2,90	2,36	0,54	Electricity for 7.800 homes for one year
BOD (kg)	22788	18.332	4.456,2	Sewage from 160 homes
PCDD/F (TEQ) g	0,00	1,8E-04	0,00004	
Total Residual Waste (tonnes)	63.057	48.203	14854	

Πίνακας Π- 9: Αποτελέσματα σύγκρισης σεναρίων 0 – 2 – καθαρές εκπομπές

	Scenario 1	Scenario 2	Net Change	Annual Burden Equivalents
Energy Consumed (GJ)	-147.912	-490.781	342.868	Electricity for 10.000 homes
Greenhouse Gases				
CO2 (t)	-4.152	-14.349		
CH4 (t)	1.997	1.494		
CO2 Equivalents (t)	35.802	738	35.064	Emissions from 10.000 cars
Acid Gases				
Nox (t)	-6,9	-56,37	49,5	Emissions from 2.500 cars
Sox (t)	-26,86	-88,70	61,8	Electricity for 10.000 homes
HCl (t)	-149,53	-522,38	372,8	Electricity for 1.096.600 homes
Smog Precursors				
Nox (t)	-6,9	-56,37	49,5	Emissions from 2.500 cars
PM (t)	10,0	-13,5	23,5	Electricity for 6.500 homes
VOCs (t)	-7,7	-46,26	38,6	Emissions from 1.500 cars
Heavy Metals & Organics				
Air				
Pb (kg)	-1,0	-2,92	1,95	Electricity for 6.500 homes for one year
Hg (kg)	-0,1	-0,11	0,05	Electricity for 1.000 homes for one year
Cd (kg)	-0,01	-0,04	0,04	Electricity for 2.400 homes for one year
PCDD/F (TEQ) g	0,00	0,00	0,00	
Water				
Pb (kg)	-4,68	-8,04	3,4	Electricity for 400 homes for one year
Hg (kg)	0,0505	0,049	0,001	Electricity for 600 homes for one year
Cd (kg)	2,85	2,19	0,66	Electricity for 9.500 homes for one year
BOD (kg)	25.138	26.746	1.608	Sewage from 59 homes
PCDD/F (TEQ) g	2,28E-04	1,8E-04	0,000045	
Total Residual Waste (tonnes)	62.909	47.668	15241	

Πίνακας Π- 10: Αποτελέσματα σύγκρισης σεναρίων 0 - 3 - μικτές εκπομπές

	Scenario 1	Scenario 2	Net Change	Burden Equivalents
Energy Consumed (GJ)	-8.060	-493	7.566	Electricity for 200 homes for one year
CO2 (t)	171	420	248	Emissions from 3.300 cars for one year
CH4 (t)	2.039	1.504	535	
CO2 Equivalents (t)	46.972	35.343	11.629	
Acid Gases				
Nox (t)	13,80	11,55	2,3	Emissions from 114 cars for one year
SO2 (t)	-1,60	-0,20	1,40	Electricity for 200 homes for one year
HCl (t)	-0,16	-0,07	0,09	Electricity for 300 homes for one year
Smog Precursors				
Nox (t)	13,80	11,55	2,3	Emissions from 114 cars for one year
PM -10 (t)	18,23	17,4	0,8	Electricity for 200 homes for one year
VOCs (t)	7,65	6,33	1,3	Emissions from 100 cars for one year
Heavy Metals & Organics				
Air				
Pb (kg)	-0,16	-0,08	0,09	Electricity for 284 homes for one year
Hg (kg)	-0,04	-0,02	0,02	Electricity for 300 homes for one year
Cd (kg)	0,01	0,01	0,00	Electricity for 0 homes for one year
PCDD/F (TEQ) g	0,00	0,00	0,000	
Water				
Pb (kg)	-2,63	-0,88	1,75	Electricity for 200 homes for one year
Hg (kg)	0,05	0,040	0,01	Electricity for 3.500 homes for one year
Cd (kg)	2,90	2,45	0,46	Electricity for 6.500 homes for one year
BOD (kg)	22788	19.114	3.674,2	Sewage from 130 homes
PCDD/F (TEQ) g	0,00	1,9E-04	0,00004	
Total Residual Waste (tonnes)	63.057	52.744	10313	

Πίνακας Π- 11: Αποτελέσματα σύγκρισης σεναρίων 0 - 3 - καθαρές εκπομπές

	Scenario 1	Scenario 2	Net Change	Annual Burden Equivalents
Energy Consumed (GJ)	-147.912	-140.346	7.566	Electricity for 200 homes
Greenhouse Gases				
CO2 (t)	-4.152	-3.904		
CH4 (t)	1.997	1.463		
CO2 Equivalents (t)	35.802	24.173	11.629	Emissions from 3.300 cars
Acid Gases				
Nox (t)	-6,9	-9,13	2,3	Emissions from 100 cars
Sox (t)	-26,86	-25,46	1,4	Electricity for 200 homes
HCl (t)	-149,53	-149,44	0,1	Electricity for 300 homes
Smog Precursors				
Nox (t)	-6,9	-9,13	2,3	Emissions from 100 cars
PM (t)	10,0	9,1	0,8	Electricity for 200 homes
VOCs (t)	-7,7	-8,99	1,3	Emissions from 100 cars
Heavy Metals & Organics				
Air				
Pb (kg)	-1,0	-0,89	0,09	Electricity for 300 homes for one year
Hg (kg)	-0,1	-0,04	0,02	Electricity for 300 homes for one year
Cd (kg)	-0,01	-0,01	0,00	Electricity for 0 homes for one year
PCDD/F (TEQ) g	0,00	0,00	0,00	
Water				
Pb (kg)	-4,68	-2,93	1,7	Electricity for 200 homes for one year
Hg (kg)	0,0505	0,043	0,007	Electricity for 3.500 homes for one year
Cd (kg)	2,85	2,40	0,46	Electricity for 6.500 homes for one year
BOD (kg)	25.138	21.464	3.674	Sewage from 134 homes
PCDD/F (TEQ) g	2,28E-04	1,9E-04	0,000037	
Total Residual Waste (tonnes)	62.909	52.596	10313	

Πίνακας Π- 12: Αποτελέσματα σύγκρισης σεναρίων 0 - 4 - μικτές εκπομπές

	Scenario 1	Scenario 2	Net Change	Burden Equivalents
Energy Consumed (GJ)	-8.060	16.680	24.740	Electricity for 700 homes for one year
CO2 (t)	171	1.333	1.162	Emissions from 5.100 cars for one year
CH4 (t)	2.039	1.107	932	
CO2 Equivalents (t)	46.972	28.974	17.998	
Acid Gases				
Nox (t)	13,80	15,20	1,4	Emissions from 71 cars for one year
SO2 (t)	-1,60	2,60	4,20	Electricity for 700 homes for one year
HCl (t)	-0,16	0,03	0,19	Electricity for 600 homes for one year
Smog Precursors				
Nox (t)	13,80	15,20	1,4	Emissions from 71 cars for one year
PM -10 (t)	18,23	15,3	2,9	Electricity for 800 homes for one year
VOCs (t)	7,65	7,38	0,3	Emissions from 0 cars for one year
Heavy Metals & Organics				
Air				
Pb (kg)	-0,16	0,04	0,20	Electricity for 666 homes for one year
Hg (kg)	-0,04	0,00	0,03	Electricity for 700 homes for one year
Cd (kg)	0,01	0,02	0,01	Electricity for 400 homes for one year
PCDD/F (TEQ) g	0,00	0,00	0,001	
Water				
Pb (kg)	-2,63	0,92	3,55	Electricity for 400 homes for one year
Hg (kg)	0,05	0,031	0,02	Electricity for 7.700 homes for one year
Cd (kg)	2,90	1,90	1,00	Electricity for 14.300 homes for one year
BOD (kg)	22788	14.657	8.130,4	Sewage from 300 homes
PCDD/F (TEQ) g	0,00	1,5E-04	0,00008	
Total Residual Waste (tonnes)	63.057	37.890	25167	

Πίνακας Π- 13: Αποτελέσματα σύγκρισης σεναρίων 0 - 4 - καθαρές εκπομπές

	Scenario 1	Scenario 2	Net Change	Annual Burden Equivalents
Energy Consumed (GJ)	-147.912	-483.211	335.299	Electricity for 9.800 homes
Greenhouse Gases				
CO2 (t)	-4.152	-14.101		
CH4 (t)	1.997	960		
CO2 Equivalents (t)	35.802	-10.890	46.692	Emissions from 13.300 cars
Acid Gases				
Nox (t)	-6,9	-58,62	51,7	Emissions from 2.600 cars
Sox (t)	-26,86	-87,30	60,4	Electricity for 9.700 homes
HCl (t)	-149,53	-522,29	372,8	Electricity for 1.096.300 homes
Smog Precursors				
Nox (t)	-6,9	-58,62	51,7	Emissions from 2.600 cars
PM (t)	10,0	-14,4	24,3	Electricity for 6.800 homes
VOCs (t)	-7,7	-47,58	39,9	Emissions from 1.600 cars
Heavy Metals & Organics				
Air				
Pb (kg)	-1,0	-2,84	1,87	Electricity for 6.200 homes for one year
Hg (kg)	-0,1	-0,09	0,03	Electricity for 600 homes for one year
Cd (kg)	-0,01	-0,04	0,04	Electricity for 2.400 homes for one year
PCDD/F (TEQ) g	0,00	0,00	0,00	
Water				
Pb (kg)	-4,68	-6,30	1,6	Electricity for 200 homes for one year
Hg (kg)	0,0505	0,042	0,008	Electricity for 4.000 homes for one year
Cd (kg)	2,85	1,73	1,12	Electricity for 16.000 homes for one year
BOD (kg)	25.138	23.072	2.067	Sewage from 75 homes
PCDD/F (TEQ) g	2,28E-04	1,5E-04	0,000081	
Total Residual Waste (tonnes)	62.909	37.355	25554	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Batool, S. A. and Chuadhry, M. N. (2009) “The impact of municipal solid waste treatment methods on greenhouse gas emissions in Lahore, Pakistan”, *Waste Management*, **29**(2009), pp. 63-69.

Beck-Friis, B., Pell, M., Sonesson, U., Jonsson, H. and Kirchmann, H. (2000) “Formation and emissions of N₂O and CH₄ from compost heaps of organic household waste”, *Environmental Monitoring and Assessment*, **62**(2000), pp. 317-331.

Bhander, G., Christensen, T. and Hauschild, M. (2010) “EASEWASTE – Life cycle modeling capabilities for waste management technologies”, *Life Cycle Assess.*, **15**(2010), pp. 403-416.

Bogner, J., Meadows, M. and Czepiel, P. (1997) “Fluxes of methane between landfills and the atmosphere: natural and engineered controls”, *Soil Use and Management*, **13**(1997), pp. 268-277.

Chen, T.-C. and Lin, C.-F. (2008) “Greenhouse gases emissions from waste management practices using Life Cycle Inventory model”, *Journal of Hazardous Materials*, **155**(2008), pp. 23-31.

Christensen, T. H., Gentil, E., Boldrin, A., Larsen, A. W., Weidema, B. P. and Hauschild, M. (2009) “C balance, carbon dioxide emissions and global warming potentials in LCA-modelling of waste management systems”, *Waste Management and Research*, **27**(2009), pp. 707-715.

EASEWASTE (2009) “Life Cycle Assessment Tool for Integrated Solid Waste Management”, [on line] διαθέσιμο στην:

http://www.easewaste.dk/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=3

[τελευταία επίσκεψη: 25 Μαΐου 2012].

EPA (2012a) *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2010*, Washington D.C.: USEPA, επίσης [on line] διαθέσιμο στην: [http://www.epa.gov/climatechange/emissions/downloads12/Complete%20Report%20\(Main%20Text\).pdf](http://www.epa.gov/climatechange/emissions/downloads12/Complete%20Report%20(Main%20Text).pdf) [τελευταία επίσκεψη: 17 Ιουνίου 2012].

EPA (2012b) *WARM Waste Reduction Model – User’s Guide*, [on line] διαθέσιμο στην: http://www.epa.gov/climatechange/waste/calculators/Warm_home.html [τελευταία επίσκεψη: 25 Μαΐου 2012].

EPA (2012c) *WARM Waste Reduction Model User’s Guide*, [on line] διαθέσιμο στην: <http://www.smallbiz-enviroweb.org/nsc/Subcommittees/climatechangefiles/WARMinstructions.pdf> [τελευταία επίσκεψη: 25 Μαΐου 2012].

EPIC, CSR, University of Waterloo and Environment Canada (2004) *Integrated Solid Waste Management Tools – “Measuring the Environmental Impact of Waste Management Systems”*, [on line] διαθέσιμο στην: http://www.iwm-model.uwaterloo.ca/ISWM_Manual_July04.pdf [τελευταία επίσκεψη: 10 Απριλίου 2013].

Eriksson, O., Frostell, B., Björklund, A., Assefa, G., Sundqvist, J.-O., Granath, J., Carlsson, M., Baky, A. and Thyselius, L. (2002) “ORWARE – a simulation tool for waste management”, *Resources, Conservation and Recycling*, **36**(2002), pp. 287-307.

Franchetti, M. And Kilaru, P. (2012) “Modeling the impact of municipal solid waste recycling on greenhouse gas emissions in Ohio, USA”, *Resources, Conservation and Recycling*, **58**(2012), pp. 107-113.

Gentil, E., Christensen, T. H. and Aoustin, E. (2009) “Greenhouse gas accounting and waste management”, *Waste Management and Research*, **27**(2009), pp. 696-706.

Guinée, J., de Bruijn, H., van Duin, R. and Huijbregts, M. (2001) “Life Cycle Assessment – An Operational Guide to the ISO Standards ”, Maastricht: CML, επίσης [on line] διαθέσιμο στην: <http://media.leidenuniv.nl/legacy/new-dutch-lca-guide-part-1.pdf> [τελευταία επίσκεψη: 22 Μαρτίου 2013].

Hadjibiros, K., Dermatas, D. and Laspidou, C.S. (2011) “Municipal Solid Waste Management and Landfill Site Selection in Greece: Irrationality Versus Efficiency”, *Global NEST Journal*, **13**(2), pp. 150-161.

He, Y., Inamori, Y., Mizuochi, M., Kong, H., Iwami, N. and Sun, T. (2000) “Measurement of N₂O and CH₄ from the aerated composting of food waste”, *The Science of the Total Environment*, **254**(2000), pp. 65-74.

Hansen W., Christopher M. and Verbuecheln M. (2002) “EU Waste Policy and Challenges for Regional and Local Authorities”, background paper for the Seminar on Household Waste Management “Capacity Building on European Community’s Environmental Policy”, December 2002, Berlin, επίσης [on line] διαθέσιμο στην: http://ecologic.eu/download/projekte/1900-1949/1921-1922/1921-1922_background_paper_waste_en.PDF [τελευταία επίσκεψη: 22 Φεβρουαρίου 2013].

Hey C. (2005) Book chapter: “EU Environmental Policies: A short history of the policy strategies”, in Scheuer S. (ed) *EU Environmental Policy Handbook - A Critical Analysis of EU Environmental Legislation: Making it accessible to environmentalists and decision makers*, Brussels: EEB (European Environmental Bureau), επίσης [on line] διαθέσιμο στην: <http://www.eeb.org/?LinkServID=3E1E422E-AAB4-A68D-221A63343325A81B&showMeta=0> [τελευταία επίσκεψη: 10 Ιανουαρίου 2013].

Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. and Maskell, K. (eds.) (1996) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change.*, Cambridge: University Press. Cambridge, United Kingdom.

IPCC (2007) “Climate Change 2007: Synthesis Report”, in Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A (eds) *Contribution of Working Groups I, II and III to*

the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . Geneva, Switzerland: IPCC.

Kirkeby, J., Birgisdottir, H., Hansen, T.-L., Christensen, T., Bhandar, G.-S. and Hauschild, M. (2006) “Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies: EASEWASTE”, *Waste Management & Research*, **24**(3), pp.3-15.

Komilis, D. P., Ham, R. K. and Stegmann, R. (1999) “The effect of landfill design and operation practices on waste degradation behavior: a review”, *Waste Management and Research*, **17**(1999), pp. 20-26.

Krutwagen, B., Kortman, J. and Verbist, K. (2008) *Inventory of Existing Studies Applying Life Cycle Thinking of Biowaste Management – Analysis of existing studies that use a life cycle approach to assess the environmental performance of different options for the management of the organic fraction of municipal solid waste*, Luxembourg: European Communities.

Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T. and Prather, M. (2007) “Historical Overview of Climate Change”, in Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. (eds) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Liamsanguan, C. and Gheewala, S. H. (2008) “The holistic impact of integrated solid waste management on greenhouse gas emissions in Phuket”, *Journal of Cleaner Production*, **16**(2008), pp. 1865-1871.

Lou, X. F. and Nair, J. (2009) “The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review”, *Bioresource Technology*, **100**(2009), pp. 3792-3798.

Mohareb, A. K., Warith, M. A. and Diaz, R. (2008) “Modelling greenhouse gas emissions for municipal solid waste management strategies in Ottawa, Ontario, Canada”, *Resources, Conservation and Recycling*, **52**(2008), pp. 1241-1251.

Morgera, E. (2010) *Introduction to European Environmental Law from an International Environmental Law Perspective*, University of Edinburgh School of Law: Working Paper Series No 2010/37.

Mühle, S., Balsam, I. and Cheeseman, C. R. (2010) “Comparison of carbon emissions associated with municipal solid waste management in Germany and the UK”, *Resources, Conservation and Recycling*, **54**(2010), pp. 793-801.

OECD (2009) Factbook 2009: Economic, Environmental and Social Statistics - ISBN 92-64-05604-1, [on line] διαθέσιμο στην: <http://caliban.sourceoecd.org/vl=60835010/cl=11/nw=1/rpsv/factbook/08/02/02/index.htm> [τελευταία επίσκεψη: 20 Νοεμβρίου 2012].

Padgett, P., Steinemann, A., Clarke, J. and Vandenberg, M. (2008) “A comparison of carbon calculators”, *Environmental Impact Assessment Review*, **28**(2008), pp. 106-115.

Pipatti, R. and Manso Vieira, S.M. (2006) “Volume 5: Waste”, in Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Japan: IGES

Read, A. D., Hudgins, M. and Phillips, P. (2001) “Perpetual landfilling through aeration of the waste mass: lessons from tests cells in Georgia (USA)”, *Waste Management*, **21**(2001), pp. 617-629.

Rogner, H.-H., Zhou, D., Bradley, R., Crabbé, P., Edenhofer, O., Hare, B., Kuijpers, L. and Yamaguchi, M. (2007) ‘Introduction. In Climate Change 2007: Mitigation.’, in Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. and Meyer, L.A. (eds.) *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Shinn M. (2005) “Waste”, in Scheuer S. (ed.) *EU Environmental Policy Handbook – A Critical Analysis of EU Environmental Legislation: Making it accessible to environmentalists and decision makers*, Brussels: EEB (European Environmental Bureau), pp. 77-124.

Vergara, S. E., Damgaard, A. and Horvath, A. (2011) “Boundaries matter: Greenhouse gas emission reductions from alternative waste treatment strategies for California’s municipal solid waste”, *Resources, Conservation and Recycling*, **57**(2011), pp. 87-97.

Weitz, K. A., Thorneloe, S. A., Nishtala, S. R., Yarkosky, S. and Zannes, M. (2002) “The Impact of Municipal Solid Waste Management on Greenhouse Gas Emissions in the United States”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, **52**(9), pp. 1000-1011.

Winkler, J. and Bilitewski, B. (2007) “Comparative Evaluation of Life Cycle Assessment Models for Solid Waste Management”, *Waste Management*, **27**(2007), pp. 1021-1031.

.

B. Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Ανδρεαδάκης Α. (2000) *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, Ειδικά έργα, Ασφάλεια, Β τόμος*, Πάτρα: Ελληνικό Ανοιχτό Πανεπιστήμιο.

Απόφαση 2000/532/ΕΚ της επιτροπής της 3ης Μαΐου 2000 (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 06/09/2000) «για αντικατάσταση της απόφασης 94/3/ΕΚ για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 στοιχείο α) της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου και της απόφασης 94/904/ΕΚ του Συμβουλίου για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων κατ’ εφαρμογή του άρθρου 1 παράγραφος 4της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα».

Απόφαση 2012/0337/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της επιτροπής της 29^{ης} Νοεμβρίου 2012 «σχετικά με το γενικό ενωσιακό πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον έως το 2020 – Ευημερία εντός των ορίων του πλανήτη μας», [on line], διαθέσιμο στην http://ec.europa.eu/environment/newprg/pdf/7EAP_Proposal/el.pdf, [τελευταία επίσκεψη: 26 Φεβρουαρίου 2013].

Γαβριλάκης Κ. (2000) *Απορρίμματα: Προβλήματα και η αντιμετώπισή τους*, Αθήνα: ΥΠΕΠΘ.

ΕΕΑΑ (2012) *Σύνοψη ετήσιας έκθεσης ΕΕΑΑ προς ΥΠΕΚΑ 2012*, [on line], διαθέσιμο στην http://www.herrco.gr/UserFiles/File/161812_SINOPSI_YPEKA_2012.pdf, [τελευταία επίσκεψη: 12 Μαΐου 2013].

ΕΕΔΣΑ (2008) *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων: Νομοθεσία και Πολιτική, έννοιες που δεν ταυτίζονται πάντοτε*, [on line], διαθέσιμο στην <http://www.eedsa.gr/library/downloads/Docs/Documents/%CE%95%CE%9A%CE%A0%CE%91%CE%99%CE%94%CE%95%CE%A5%CE%A3%CE%97/DSA%20-%20Nomothesia.pdf> [τελευταία επίσκεψη: 22 Φεβρουαρίου 2013].

Ε.Κ.Α. (2001) Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων σύμφωνα με το Παράρτημα της απόφασης 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις αποφάσεις 2001/118/ΕΚ, 2001/119/ΕΚ και 2001/573/ΕΚ της επιτροπής Ε.Κ.

ΕΠΤΑ (2010) *Μελέτη Χωροθέτησης Εργοστασίου Επεξεργασίας Στερεών Αποβλήτων – Ανάλυση και Εξέταση των Διαθέσιμων Τεχνολογιών Επεξεργασίας ΑΣΑ για την Περιφέρεια Ηπείρου*, Αθήνα:ΕΠΤΑ (Σύμβουλοι – Μελετητές Περιβαλλοντικών Έργων).

Ζάνης, Χ. (2013) Υπεύθυνος ΧΥΤΑ Βόλου, Προσωπική συνέντευξη: 30 Απριλίου 2013.

Η.Π. 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909/Β/22-12-2003) «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης».

Καλλία – Αντωνίου Α. (2012) «Δίκαιο Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης - Σύντομη επισκόπηση: Ατμόσφαιρα και Κλιματική αλλαγή - Ύδατα - Απόβλητα και Ανακύκλωση -Φύση και Βιοποικιλότητα - Περιβαλλοντική ευθύνη», *Περιβάλλον και Δίκαιο*, 2/2012, σελ. 267-80.

Κούγκολος, Α. (2007) *Εισαγωγή στην περιβαλλοντική μηχανική*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

ΚΥΑ 49541/1424/86 (ΦΕΚ 444/Β/09-07-1986), «Στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15^{ης} Ιουλίου 1975».

ΚΥΑ 52115/2970/Ε103/2008 (ΦΕΚ Β΄ 2575/19.12.2008), «Έγκριση Εθνικού Σχεδίου Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΣΚΔΕ) αερίων θερμοκηπίου περιόδου 2008-2012, σύμφωνα με το άρθρο 7 της υπ αριθμ. 54409/2632/2004 κοινής υπουργικής απόφασης και σε συμμόρφωση με το άρθρο 11 (παρ. 2) της οδηγίας 2003/87/ΕΚ του Συμβουλίου της 31ης Δεκεμβρίου 2003 και άλλες συναφείς διατάξεις».

ΚΥΑ 69728/824/1996 (ΦΕΚ 358/Β/17-05-1996), «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων».

ΚΥΑ 114218/1997 (ΦΕΚ 1016/Β/17-11-1997), «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων».

Μουσιόπουλος, Ν. (1998) *Ανακύκλωση*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.

Μουσιόπουλος Ν. και Καραγιαννίδης Α. (2002) *Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση απορριμμάτων*, Θεσσαλονίκη: Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Α.Π.Θ.

Νόμος 1650/86 (ΦΕΚ 160/Α/16-10-86) «για την προστασία του περιβάλλοντος».

Νόμος 2939/01 (ΦΕΚ 179/Α/06-08-2001) «*Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις*».

Νόμος 4042/12 (ΦΕΚ 24/Α/13-02-2012) «*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*».

Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15ης Ιουλίου 1975 (Επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 25/07/1975) «*περί των στερεών αποβλήτων*»,.

Οδηγία 89/369/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 8ης Ιουνίου 1989 (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 14/06/1989) «*σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις νέες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων*»,.

Οδηγία 91/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18ης Μαρτίου 1991 (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 26/03/1991). «*για την τροποποίηση της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων*»,

Οδηγία 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου της 26^{ης} Απριλίου 1999 (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 16/07/1999) «*περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων*».

Οδηγία 2000/76/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4ης Δεκεμβρίου 2000 (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 28/12/2000) «*για την αποτέφρωση των αποβλήτων*».

Οδηγία 2006/12/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Απριλίου 2006 (Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 27/04/2006) «*περί των στερεών αποβλήτων*».

Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19^{ης} Νοεμβρίου 2008 (Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 22/11/2008) «για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών».

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

ΠΕ.Σ.Δ.Α. Περιφέρειας Αττικής (2011) *Αναθεώρηση Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕ.Σ.Δ.Α.) Περιφέρειας Αττικής*, [on line] διαθέσιμο στην:

http://www.patt.gov.gr/main/attachments/3496_PESDA%20ATTIKHS_FINAL.pdf

[τελευταία επίσκεψη: 20 Οκτωβρίου 2012].

Σαχινίδης, Σ. (2011) «Αξιοποιώντας τις γνώσεις της Χημείας στην αντιμετώπιση και την επίλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων. Αξιοποίηση απορριμμάτων (σκουπιδότοποι).», Ελληνική Δημοκρατία – Υπουργείο Παιδείας, δια βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων: Αριστεία & Καινοτομία στην Εκπαίδευση 2011 – 2012, [on line], διαθέσιμο στην <http://blogs.sch.gr/sachinidi/files/2012/09/ContentForm.pdf> , [τελευταία επίσκεψη: 12 Φεβρουαρίου 2013].

Σκορδίλης, Αδ. (2008) «Η Εναλλακτική Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων», *Η κοινωνία της ανακύκλωσης – Παρόν και προοπτικές στην Ελλάδα*, ΤΕΕ, 25 Ιουνίου 2008: Αθήνα, [on line], διαθέσιμο στην http://library.tee.gr/digital/m2322/m2322_skordilis.pdf , [τελευταία επίσκεψη: 17 Ιανουαρίου 2013].

Τσιλός, Χ. (2013), Προϊστάμενος Διεύθυνσης Καθαριότητας Δ. Βόλου, Προσωπική συνέντευξη: 22 Απριλίου 2013.

Φώτης, Γ. Ν. (2010) *Ποσοτική Χωρική Ανάλυση*, Αθήνα: Εκδόσεις Γκοβόστη.

C. Βιβλιογραφία – Εικονογραφία στο διαδίκτυο

Eurostat (2012):

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Waste_statistics

[τελευταία επίσκεψη: 20 Φεβρουαρίου 2013].

ΥΠΕΧΩΔΕ (2009): <http://www.minenv.gr/anakyklosi/general/general.html> [τελευταία επίσκεψη: 20 Νοεμβρίου 2012].

www.civitas.org.uk/eufacts/FSENV/ENV1.htm [τελευταία επίσκεψη: 20 Φεβρουαρίου 2013].

<https://www.e-education.psu.edu/meteo469/node/181> [τελευταία επίσκεψη: 28 Φεβρουαρίου 2013].

http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/story_book.pdf [τελευταία επίσκεψη: 20 Φεβρουαρίου 2013].

www.eedsa.gr [τελευταία επίσκεψη: 10 Νοεμβρίου 2012].

www.elinyae.gr [τελευταία επίσκεψη: 20 Νοεμβρίου 2012].

<http://environment.about.com/od/globalwarming/a/greenhouse.htm> [τελευταία επίσκεψη: 28 Φεβρουαρίου 2013].

<http://www.eoan.gr/el/content/8> [τελευταία επίσκεψη: 12 Μαΐου 2013].

<http://www.epa.gov> α: <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/> [τελευταία επίσκεψη: 28 Φεβρουαρίου 2013].

<http://www.epa.gov> β: <http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/lca.html> [τελευταία επίσκεψη: 20 Μαρτίου 2013].

<http://habitat.igc.org/agenda21/> [τελευταία επίσκεψη: 22 Φεβρουαρίου 2013].

<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/introduction.vm> [τελευταία επίσκεψη: 20 Μαρτίου 2013].

http://www.environ-develop.ntua.gr/uploads/k_2.pdf [τελευταία επίσκεψη: 16 Ιανουαρίου 2013].

<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-census2011> [τελευταία επίσκεψη: 12 Μαΐου 2013].



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

2013

