

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Σύγκριση Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος Για Τις
Συσκευασίες Πλαστικού και Γυάλινου Δοχείου Με Την
Μέθοδο Της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ)**

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΧΕΙΛΑΡΗΣ

**Επιβλέπων Καθηγητής
ΣΙΣΣΥ ΕΥΘΥΜΙΑΔΟΥ**

Σεπτέμβριος 2017

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Σύγκριση Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος Για Τις
Συσκευασίες Πλαστικού και Γυάλινου Δοχείου Με Την
Μέθοδο Της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ)

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΧΕΙΛΑΡΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής
ΣΙΣΣΥ ΕΥΘΥΜΙΑΔΟΥ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των
απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
Στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος
από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2017

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση του κύκλου ζωής βάση της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης. Για την πολυκριτηριακή ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ιεραρχικής ανάλυσης. Το καινοτόμο της παρούσας ανάλυσης είναι ότι στον κύκλο ζωής συμπεριλήφθηκαν τα ποσοστά ανακύκλωσης τα οποία και υιοθετήθηκαν ως οι πέντε εναλλακτικές (10, 20, 30, 40 και 50% ποσοστό ανακύκλωσης). Και στις δυο περιπτώσεων δοχείων, γυάλινο δοχείο η πλαστικό δοχείο η βέλτιστη λύση για μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με λιγότερη κατανάλωση ενέργειας βρέθηκε για ποσοστό ανακύκλωσης μεταξύ 20 και 30%. Η ποσοτικοποίηση της ανάλυσης του κύκλου ζωής με το πρόγραμμα Solidworks έδειξε ότι η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης έχει άμεση επίδραση κυρίως στο ανθρακικό αποτύπωμα (μειώνεται καθώς αυξάνεται το ποσοστό ανακύκλωσης) και στον ευτροφισμό του νερού. Ωστόσο με την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται δε μειώνεται αλλά μεταβαίνει ουσιαστικά από τη μια διεργασία του κύκλου ζωής στην άλλη. Τέλος, συγκρίνοντας τα δυο υλικά, το γυαλί μόνο με 20% ποσοστό ανακύκλωσης αποτελεί πάντα καλύτερη επιλογή από το πλαστικό ως προς τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος, την κατανάλωση ενέργειας και την εκπομπή διοξειδίου του θείου. Αυξάνοντας το ποσοστό ανακύκλωσης του πλαστικού μειώνεται η περιβαλλοντική επίπτωση, αλλά ωστόσο πάλι έχει πιο αρνητικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο από το γυαλί. Με βάση την ΕΕ η ανάλυση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος καθώς και η ιεράρχηση των αστικών στερεών απορριμμάτων είναι απαραίτητα για ένα αειφόρο μέλλον.

Summary

The objective of the current work is to analyze the life cycle based on multicriteria analysis. For multicriteria analysis the hierarchical analysis method was used. The innovations of this analysis are that the recycling rates that were adopted as the five alternatives (10, 20, 30, 40 and 50% recycling rate) were included in the life cycle ratio. And the best solution for less carbon dioxide emissions and less energy consumption was found for a recycling rate of between 20 and 30%. Quantification of life cycle analysis with the Solidworks program has shown that increasing recycling rates have a direct impact on carbon footprint (decreases as the rate of recycling increases) and water absorption. However, by increasing the rate of recycling, the total energy consumed does not decrease but varies substantially from one life cycle process to the other. Finally, comparing the two materials, glass only with a recycling rate of 20% is always a better choice than plastic in terms of carbon footprint reduction, energy consumption and sulfur emission. Increasing the rate of plastic recycling reduces the environmental impact, but it still has a more negative environmental impact than the glass material. Based on the EU, the life cycle analysis of a product and the distribution of urban solid waste are essential for a sustainable future.

Ευχαριστίες

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού Έργων Υποδομής του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου και πραγματοποιήθηκε με τη συμβολή επιστημονικών συνεργατών τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά.

Με την ολοκλήρωση της Διπλωματικής Εργασίας επιθυμώ να εκφράσω πρώτα από όλα τις ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα κυρία Σίσσυ Ευθυμιάδου για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγηση και τη συνεχή ενθάρρυνση κατά τη διάρκεια της παρούσας Εργασίας, καθώς και τα μέλη Δ.Ε.Π. όσο και της Τριμελούς Επιτροπής.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου και στους συναδέλφους μου για την υποστήριξή τους και την υπομονή τους στο πρόσωπό μου.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	11
2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	12
2.1	Προκλήσεις στη διαχείριση στερεών απορριμμάτων με βάση την ΕΕ.....	13
2.1.1	Η εναλλακτική διαχείριση των στερεών απορριμμάτων με βάση την ΕΕ.....	14
2.1.2	Διαχείριση σε κάθε επίπεδο ιεράρχησης με βάση την Ευρωπαϊκή νομοθεσία	17
2.2	Διεθνής διαχείριση των οικιακών στερεών απορριμμάτων	25
2.3	Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο	31
2.4	Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο	46
2.4.1	Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα.....	50
3	Μεθοδολογία	54
3.1	Σκοπός της εργασίας.....	59
3.2	Πολυκριτηριακή ανάλυση.....	59
3.2.1	Διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης (AHP).....	59
3.2.2	Χαρακτηριστικά της διαδικασίας.....	60
3.2.3	Εφαρμογή της μεθόδου	61
3.3	Ανάλυση κύκλου ζωής.....	63
3.3.1	Ιστορική αναδρομή	63
3.3.2	Ανάλυση κύκλου ζωής και περιβάλλον.....	65
3.3.3	Προσέγγιση της ανάλυσης του κύκλου ζωής.....	68
3.3.4	Πλεονεκτήματα της ανάλυσης του κύκλου ζωής.....	70
4	Αποτελέσματα	75
4.1	Ανάλυση κύκλου ζωής γυάλινου δοχείου	75
4.2	Ανάλυση κύκλου ζωής πλαστικού δοχείου.....	85
4.3	Ανάλυση κύκλου ζωής-σύγκριση δυο προϊόντων	95
5	Συμπεράσματα	99
	Βιβλιογραφία	100

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Ιεράρχηση στη διαχείριση των στερεών απορριμμάτων (Gertsakis et al., 2003).....	15
Εικόνα 2. Κύκλος ζωής ενός προϊόντος (European et al., 2010).	17
Εικόνα 3. Τάσεις διαχείρισης αστικών απορριμμάτων στην ΕΕ (European et al., 2010).	23
Εικόνα 4. Κατανομή των αστικών στερεών απορριμμάτων για τις χώρες χαμηλού, μεσαίου και υψηλού εισοδήματος (από τα αριστερά στα δεξιά) (Gertsakis et al., 2003).	26
Εικόνα 5. Το πρώτο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης στερεών απορριμμάτων (Lenschow, 2002).	41
Εικόνα 6. Εκτίμηση παγκόσμιας απόθεσης γυάλινων μπουκαλιών από το 2001 έως το 2010.	54
Εικόνα 7. Διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής ενός γυάλινου δοχείου από τη «γέννηση έως το θάνατο».....	56
Εικόνα 8. Διάγραμμα ροής της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός πλαστικού μπουκαλιού. ...	58
Εικόνα 9. Τυπικό διάγραμμα κύκλου ζωής προϊόντος.....	66
Εικόνα 10. Απολογισμός κύκλου ζωής.....	68
Εικόνα 11. Σκοπός και πορεία της ανάλυσης του κύκλου ζωής.....	69
Εικόνα 12. Κοινωνικές επιπτώσεις της ανάλυσης του κύκλου ζωής.	71
Εικόνα 13. Πλαίσιο βιωσιμότητας.....	73
Εικόνα 14. Ανάλυση κύκλου ζωής πλαστικού μπουκαλιού.....	86

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Βαρύτητα της κάθε εναλλακτικής ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.....	75
Διάγραμμα 2. Βαρύτητα των κύριων διεργασιών σε όλα τα στάδια ζωής ως προς την κατανάλωση ενέργειας.....	76
Διάγραμμα 3. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO ₂ με βάση τις εναλλακτικές 10, 20 και 30%.....	77
Διάγραμμα 4. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO ₂ με βάση τις εναλλακτικές 30, 40 και 50%.....	77
Διάγραμμα 5. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO ₂ με βάση τις εναλλακτικές 20, 30 και 40%.....	77
Διάγραμμα 6. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO ₂ με βάση τις εναλλακτικές 10, 30 και 50%.....	78
Διάγραμμα 7. Βαρύτητα της κάθε εναλλακτικής ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.....	86
Διάγραμμα 8. Βαρύτητα των κύριων διεργασιών σε όλα τα στάδια ζωής ως προς την κατανάλωση ενέργειας.....	87
Διάγραμμα 9. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO ₂ με βάση τις εναλλακτικές 10, 20 και 30%.....	87
Διάγραμμα 10. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO ₂ με βάση τις εναλλακτικές 20,30 και 40%.....	88
Διάγραμμα 11. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO ₂ με βάση τις εναλλακτικές 30, 40 και 50%.....	88

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 10% ανακύκλωση.....	80
Γράφημα 2. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 20% ανακύκλωση.....	81
Γράφημα 3. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 30% ανακύκλωση.....	82
Γράφημα 4. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 40% ανακύκλωση.....	83
Γράφημα 5. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 50% ανακύκλωση.....	84
Γράφημα 6. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 10% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.....	89
Γράφημα 7. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 20% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.....	90
Γράφημα 8. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 30% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.....	92
Γράφημα 9. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 40% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.....	93
Γράφημα 10. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 50% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.....	94
Γράφημα 11. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 10% ανακύκλωση PET.	95

Γράφημα 12. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 20% ανακύκλωση PET.	96
Γράφημα 13. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 30% ανακύκλωση PET.	97
Γράφημα 14. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 40% ανακύκλωση PET.	98
Γράφημα 15. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 50% ανακύκλωση PET.	98

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ποσοστά κατά βάρος συλλογής υλικών ανακύκλωσης κατά το έτος 1993 και 1995 (Aquino, 1995).....	37
Πίνακας 2: Ποσοστά κατά βάρος διαλογής υλικών με βάση το διάταγμα του 1991 (Aquino, 1995).....	37
Πίνακας 3: Πραγματικά ποσοστά ανακύκλωσης (Aquino, 1995).....	38
Πίνακας 4: Συνολική παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα έως το 2020 (Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη et al., 2014)	50
Πίνακας 5: Αναμενόμενη ποσότητα ΑΣΑ στην Ελλάδα ανά κατηγορία υλικών (Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη et al., 2014).....	51
Πίνακας 6: Ποσοτικοποίηση των στόχων διαχείρισης ανά κατηγορία υλικών ΑΣΑ, σε τόνους (t) (Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη et al., 2014).....	52
Πίνακας 7. Πίνακα σχετικής βαθμολόγησης των κριτηρίων.....	62
Πίνακας 8. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 10% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.	80
Πίνακας 9. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 20% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.	82

- Πίνακας 10.** Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 30% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.83
- Πίνακας 11.** Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 40% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.....84
- Πίνακας 12.** Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 50% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.85
- Πίνακας 13.** Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 10% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού. 90
- Πίνακας 14.** Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 20% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού. 91
- Πίνακας 15.** Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 30% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού. 92
- Πίνακας 16.** Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 40% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού. 93
- Πίνακας 17.** Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 50% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού. 94

Κεφάλαιο 1

1 Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση του κύκλου ζωής ενός μπουκαλιού φτιαγμένου από δυο διαφορετικά υλικά, πλαστικό και γυαλί. Η ποιοτική ανάλυση πραγματοποιείται με την πολυκριτηριακή ανάλυση ενώ η ποσοτική ανάλυση με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Solidworks.

Αρχικά γίνεται μια γενική εισαγωγή όπου αναφέρεται στις νέες Οδηγίες της ΕΕ, στην εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων και γενικότερα στην πολιτική της ΕΕ με βάση την οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ολόκληρος ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος. Ταυτόχρονα αναλύεται και το παρόν ελληνικό θεσμικό πλαίσιο και η προσπάθεια συμμόρφωσης με τις Οδηγίες.

Στη συνέχεια αναλύεται η μεθοδολογία της παρούσας εργασίας. Και για τα δυο υλικά υιοθετούνται 5 διαφορετικά σενάρια για ποσοστό ανακύκλωσης από 10 έως 50%. Η πολυκριτηριακή ανάλυση δείχνει μια ποιοτική εκτίμηση των σεναρίων με τον αντίστοιχο βαθμό βαρύτητας, ενώ η ανάλυση του κύκλου ζωής με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Solidworks παρουσιάζει ποσοτική ανάλυση. Με την ποσοτική ανάλυση είναι πιο εφικτή η σύγκριση των δυο υλικών και των διαφορετικών ποσοστών ανακύκλωσης.

Στη συνέχεια αναλύεται η θεωρία της πολυκριτηριακής ανάλυσης και της ανάλυσης του κύκλου ζωής με ποσοτικά δεδομένα για το κάθε υλικό ξεχωριστά και για τα δυο υλικά μαζί. Στο Κεφάλαιο 4 έπειτα συζητούνται τα αποτελέσματα με βάση τα οποία το γυαλί θεωρείται η βέλτιστη επιλογή καθώς αφήνει το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Στο Κεφάλαιο 5 καταγράφονται τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας.

Κεφάλαιο 2

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στην ΕΕ από τα 500 εκατομμύρια ανθρώπους που μένουν σε αυτήν κατά μέσο όρο ο καθένας απορρίπτει μισό τόνο απορρίμματα. Αυτή η ποσότητα συγκαταλέγεται ανάμεσα στις μεγαλύτερες ποσότητες που προέρχονται από δραστηριότητες, όπως της μεταποίησης (360 εκ. τόνοι απορριμμάτων) και της κατασκευής (900 εκ. τόνοι), με τις διαδικασίες παροχής νερού και παραγωγής ενέργειας να παράγουν άλλους 95 εκ. τόνους. Συνολικά η Ευρώπη παράγει έως και 3 δισεκατομμύρια τόνους απορριμμάτων ετησίως (Mazzanti et al., 2008).

Οι πολιτικές διαχείρισης των απορριμμάτων της ΕΕ προσπαθούν να μειώσουν τις περιβαλλοντικές και υγειονομικές επιπτώσεις και να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των πόρων της Ευρώπης. Μακροπρόθεσμος στόχος είναι να μετατραπεί η Ευρώπη σε μια κοινωνία ανακύκλωσης, αποφεύγοντας τη δημιουργία απορριμμάτων και αυξάνοντας τα επίπεδα επαναχρησιμοποίησης, σε όποια απορρίμματα αυτό είναι δυνατόν.

Πιο συγκεκριμένα, ο στόχος είναι να επιτευχθούν πολύ υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης και να ελαχιστοποιηθεί η χρησιμοποίηση επιπλέον φυσικών πόρων. Η σωστή διαχείριση των απορριμμάτων αποτελεί βασικό στοιχείο για την εξασφάλιση της αποδοτικότητας των πόρων και τη βιώσιμη ανάπτυξη της Ευρωπαϊκής οικονομίας (Mazzanti et al., 2008; McCormick, 2001).

Στο παρόν υποκεφάλαιο περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο η ΕΕ εργάζεται για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων των απορριμμάτων. Παράλληλα στόχος

της ΕΕ είναι η μεγιστοποίηση από τα οφέλη της καλής διαχείρισης των απορριμμάτων καθώς και ενίσχυση του ρόλου των ατόμων, των νοικοκυριών, των τοπικών και των εθνικών κυβερνήσεων.

2.1 Προκλήσεις στη διαχείριση στερεών απορριμμάτων με βάση την ΕΕ

Τα στερεά απορρίμματα, είτε πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν, είτε να ανακυκλωθούν ή να αποτεφρωθούν η διαχείρισή τους είναι σημαντική για οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους. Με βάση την ΕΕ, πρώτον τα απορρίμματα πρέπει να συλλέγονται, να ταξινομούνται και να μεταφέρονται πριν την επεξεργασία τους, η οποία μπορεί να είναι δαπανηρή και να έχει ως αποτέλεσμα όχι μόνο την εκπομπή σημαντικών αερίων ρύπων, αλλά και τη μόλυνση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα (Selin et al., 2006).

Η πρώτη σημαντική πρόκληση που όρισε η ΕΕ είναι το γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσό των απορριμμάτων που παράγονται κάθε χρόνο, περίπου 100 εκ. τόνοι, είναι επικίνδυνα απορρίμματα και περιέχουν βαρέα μέταλλα και τοξίνες. Οι τοξίνες κάνουν τη διαχείριση αυτών των απορριμμάτων ιδιαίτερα δύσκολη με ειδικές διαδικασίες να είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση αυτών των συστατικών (Mukherjee et al., 2004).

Η ΕΕ εργάζεται για να μειώσει τα επικίνδυνα υλικά που χρησιμοποιούνται σε προϊόντα, τα οποία στη συνέχεια καταλήγουν στα απορρίμματα. Επίσης προσπαθεί να βρει τρόπους για την ορθότερη διαχείριση και επεξεργασία αυτών των απορριμμάτων. Διάφοροι τύποι χημικών έχουν απαγορευτεί όπως και η χρήση κάποιων επικίνδυνων συστατικών. Επίσης οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας απορριμμάτων βελτιώνονται χρόνο με το χρόνο σε όλη την ΕΕ μέχρι να είναι σίγουρο ότι τα επικίνδυνα υλικά μπορούν να αντιμετωπιστούν με ασφάλεια. Το ιδανικό θα ήταν ο χειρισμός των επικίνδυνων υλικών να γίνεται από την εταιρία που το παράγει, αλλά η πλειοψηφία των χωρών τα εξάγει στο εξωτερικό όπου είναι άγνωστο εάν αυτά τα υλικά τα διαχειρίζονται με ασφάλεια.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τοξινών που κατέληξαν στα απορρίμματα είναι το σκάνδαλο της διοξίνης που έπληξε την Ευρώπη το 1999 (Vogler, 1999). Η κρίση της διοξίνης συνέβη όταν παρτίδα ζωοτροφών μολύνθηκε με τα απορρίμματα της βιομηχανίας πετρελαίου που περιέχουν χημικές ουσίες εξαιρετικά επιβλαβείς για τον άνθρωπο. Η παρτίδα τροφοδοτήθηκε σε φάρμα ζώων με αποτέλεσμα οι τοξίνες να ανιχνευθούν σε ζωικά τροφικά προϊόντα όπως αυγά, κοτόπουλα, κ.ά. Η κρίση αυτή υπογράμμισε την ανάγκη για βιώσιμη και συντονισμένη διαχείριση των απορριμμάτων.

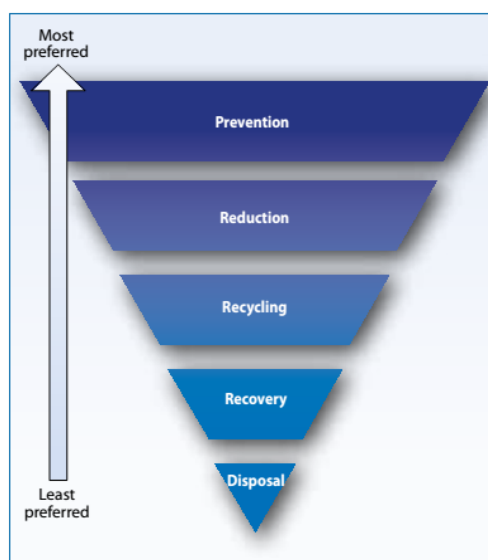
2.1.1 Η εναλλακτική διαχείριση των στερεών απορριμμάτων με βάση την ΕΕ

Η πολιτική της ΕΕ για τα απορρίμματα έχει εξελιχθεί τα τελευταία τριάντα χρόνια μετά από μια σειρά δράσεων για το περιβάλλον και μετά από μια σειρά νομοθετικών πλαισίων που στοχεύουν στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και την υγεία. Στόχος είναι η δημιουργία ενεργειακής και αποδοτικής χρήσης των πόρων και προς όφελος της οικονομίας (Jordan, 2012; Wallace et al., 2015).

Το έκτο πρόγραμμα δράσης της ΕΕ (2002-2012) για το περιβάλλον προσδιόρισε την πρόληψη και τη διαχείριση των απορριμμάτων ως μια από τις πιο σημαντικές ενέργειες. Πρωταρχικός στόχος πρέπει να είναι η διασφάλιση της οικονομικής ανάπτυξης χωρίς τη δημιουργία περισσότερων απορριμμάτων (Van Asselt et al., 2010). Αυτό το σκεπτικό οδήγησε στην ανάπτυξη μιας μακροπρόθεσμης στρατηγικής σχετικά με τα απορρίμματα. Η θεματική στρατηγική του 2005 για την πρόληψη και την ανακύκλωση των απορριμμάτων οδήγησε στην αναθεώρηση της Οδηγίας-Πλαίσιο για τα απορρίμματα, τον ακρογωνιαίο λίθο της πολιτικής της ΕΕ για τα απορρίμματα.

Η αναθεώρηση φέρνει μια νεωτεριστική προσέγγιση θεωρώντας τα απορρίμματα ως ένα αξιόλογο ενεργειακό και οικονομικό πόρο και όχι ως κάτι ανεπιθύμητο. Η οδηγία επικεντρώνεται στην πρόληψη και θέτει νέους στόχους που θα βοηθήσουν την ΕΕ να γίνει κοινωνία που ανακυκλώνει. Οι στόχοι αυτοί θέτονται μέχρι το 2020 και με βάση αυτούς τα κράτη-μέλη πρέπει να ανακυκλώνουν το 50% των αστικών απορριμμάτων τους και το 70% των κατασκευαστικών τους απορριμμάτων (Pacheco-Torgal, 2014).

Με βάση λοιπόν την Ευρωπαϊκή Οδηγία γίνεται μια ιεράρχηση των απορριμμάτων σε πέντε βήματα, όπου η πρόληψη (prevention) είναι η καλύτερη επιλογή, ακολουθούμενη από την επαναχρησιμοποίηση (reduction), ανακύκλωση (recycling), ανάκτηση με μορφή ενέργειας (recovery) και ως έσχατη λύση προτιμάται η υγειονομική ταφή (Εικ. 1). Στόχος της ΕΕ είναι η διαχείριση των απορριμμάτων να μεταφερθεί στο υψηλότερο στάδιο στην ιεραρχία (Zoeteman et al., 2010).



Εικόνα 1. Ιεράρχηση στη διαχείριση των στερεών απορριμμάτων (Gertsakis et al., 2003).

Η Οδηγία πλαίσιο για τα απορρίμματα που αναθεωρήθηκε το 2008, εκσυγχρονίζει τη νομοθεσία περί απορριμμάτων ενσωματώνοντας κανόνες για μια σειρά από θέματα, όπως η διαχείριση των επικίνδυνων απορριμμάτων, των χρησιμοποιημένων ορυκτέλαιων, κ.ά. Επιπλέον σημαντικά σημεία για τα απορρίμματα είναι:

- Ο κανονισμός για τις μεταφορές των απορριμμάτων σε ειδικά σημεία (όπως τα πράσινα σημεία συλλογής) που έχει ως στόχο να εξασφαλίσει την ασφαλή μεταφορά όλων των τύπων απορριμμάτων περιλαμβανομένων και των επικίνδυνων.
- Η Οδηγία για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας καθορίζει πρότυπα για το σχεδιασμό των συσκευασιών και καθορίζει συγκεκριμένους στόχους για την ανακύκλωση και ανάκτηση των απορριμμάτων συσκευασίας.

- Η Οδηγία της ΕΕ για την υγειονομική ταφή και η οδηγία για την αποτέφρωση των απορριμμάτων θέτουν όρια για τη μόλυνση του αέρα και των υπόγειων υδάτων.
- Επίσης θεσπίζονται οδηγίες για τα οχήματα που έχουν κάνει τον κύκλο ζωής τους, να ανακυκλώνονται, να ανακτώνται όσα υλικά επιτρέπονται από αυτά, με στόχο να χρησιμοποιηθούν στα καινούργια αυτοκίνητα. Επίσης περιορίζεται η χρήση επικίνδυνων ουσιών.
- Για τα απορρίμματα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού η νομοθεσία προβλέπει τη συλλογή, την ανακύκλωση και την ανάκτηση όσων υλικών μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.
- Η Οδηγία επίσης περιορίζει και τη χρήση επικίνδυνων εξαρτημάτων στην κατασκευή ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών.
- Επίσης τίθεται στόχος για τη συλλογή, ανακύκλωση και ανάκτηση των μπαταριών εξασφαλίζοντας έτσι την ορθή διαχείριση των απορριμμάτων τους.
- Τέλος, η νομοθεσία στοχεύει ειδικές κατηγορίες απορριμμάτων όπως είναι η ιλύς, ο καθαρισμός λυμάτων και ειδικών πλαστικών όπως τα πολυμερή.

Όλα τα προϊόντα και οι υπηρεσίες έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εξόρυξη των πρώτων υλών για την παραγωγή τους, την κατασκευή, τη διανομή, τη χρήση και μέχρι την τελική τους διάθεση. Αυτές περιλαμβάνουν την ενέργεια, τη χρήση πόρων του εδάφους, του αέρα και των υδάτων καθώς και την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Η συνεκτίμηση του κύκλου ζωής περιλαμβάνει την εξέταση ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια της ζωής του με στόχο να βελτιωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η χρήση πόρων. Ένας βασικός στόχος είναι να μειωθούν οι ενέργειες οι οποίες μετατοπίζουν τις αρνητικές συνέπειες από το ένα στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος στο άλλο στάδιο της ζωής του (Guinee et al., 2010; Hauschild et al., 2013).

Η ανάλυση του κύκλου ζωής έχει δείξει, για παράδειγμα ότι είναι προτιμότερο να αντικατασταθεί ένα παλιό πλυντήριο πιάτων από ένα καινούργιο, παρά το γεγονός ότι θα συμβάλλει στα ηλεκτρικά απορρίμματα, διότι τα ενεργειακά απορρίμματα που προκύπτουν από αυτό είναι περισσότερα από αυτά μιας καινούργιας συσκευής. Δηλαδή κατά τη διάρκεια της χρήσης του οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι μεγαλύτερες. Αγοράζοντας μια ενεργειακά αποδοτική μηχανή και με τη χρήση απορρυπαντικών

χαμηλής θερμοκρασίας μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή και στη δημιουργία του όζοντος (White et al., 2012).

Η νέα οδηγία πλαίσιο για τα απορρίμματα εισήγαγε την έννοια της συνεκτίμησης του κύκλου ζωής στις πολιτικές διαχείρισης των απορριμμάτων. Αυτή η προσέγγιση δίνει μια ευρύτερη άποψη του συνόλου διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων. Αυτό σημαίνει ότι η αντιμετώπιση των απορριμμάτων θα πρέπει να είναι συμβατή με άλλες περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες (Taherzadeh et al., 2015).

Στην Εικ. 2 δίνεται γραφική απεικόνιση της ανάλυσης του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, όπως έχει οριστεί από την ΕΕ και τις θεσπιζόμενες Ευρωπαϊκές Οδηγίες.



Εικόνα 2. Κύκλος ζωής ενός προϊόντος (European et al., 2010).

Στις παρακάτω υποενότητες αναφέρονται περιληπτικά τα μέτρα της ΕΕ και των κρατών-μελών της σε κάθε βήμα της ιεραρχίας διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων, όπως ορίστηκε με βάση την Εικ. 1.

2.1.2 Διαχείριση σε κάθε επίπεδο ιεράρχησης με βάση την Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Όπως θα αναφερθεί και στην πορεία της ενότητας για την ορθή διαχείριση των οικιακών απορριμμάτων έχει τεκμηριωθεί μια ιεράρχηση με βάση την οποία θα

διαχειρίζονται τα απορρίμματα (Εικ. 3). Με βάση λοιπόν την ΕΕ σε κάθε στάδιο της ιεράρχησης τίθενται κάποιοι κανόνες οι οποίοι πρέπει να ακολουθούνται (European et al., 2010).

Υγειονομική ταφή : Η μέθοδος της υγειονομικής ταφής είναι η παλαιότερη μορφή απόρριψης απορριμμάτων. Επίσης σήμερα είναι και η λιγότερο επιθυμητή μέθοδος καθώς έχει πολλές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η πιο σοβαρή εκ των οποίων είναι η παραγωγή και η απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα μεθανίου, το οποίο αποτελεί επικίνδυνο αέριο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι 25 φορές πιο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα. Το μεθάνιο σε περιπτώσεις μαζικής ταφής μπορεί να δημιουργήσει και προβλήματα έκρηξης.

Εκτός από το μεθάνιο η αποσύνθεση βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής, μπορεί να απελευθερώσει χημικές ουσίες, όπως βαρέα μέταλλα με αποτέλεσμα να κατακάθονται στην απορροή των στραγγισμάτων και να διεισδύουν και στον υδροφόρο ορίζοντα. Επίσης είναι δυνατόν εκτός από τα υπόγεια ύδατα να μολυνθούν και τοπικές επιφάνειες νερού και η δημόσια υγεία και το περιβάλλον να τεθούν σε υψηλό κίνδυνο (Scheutz et al., 2004).

Οι συνθήκες διάθεσης των βιοαποδομήσιμων υλικών στους χώρους υγειονομικής ταφής προκαλούν πολλές φορές λόγω απουσίας οξυγόνου τη μη πλήρη βιο-αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων. Σε τέτοιες περιπτώσεις παράγεται το μεθάνιο το οποίο είναι πολύ επικίνδυνο αέριο του θερμοκηπίου. Ωστόσο εάν το μεθάνιο που παράγεται χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε περίπου 20.000 νοικοκυριά για ένα ολόκληρο χρόνο.

Ένας μέσος δημοτικός χώρος υγειονομικής ταφής μπορεί να παράγει έως και 150m³ στραγγισμάτων την ημέρα, που ισοδυναμεί με την ποσότητα νερού που καταναλώνει ένα νοικοκυριό κατά ετήσιο μέσο όρο. Εκτιμάται ότι τα υλικά τα οποία στέλνονται στους χώρους υγειονομικής ταφής θα μπορούσαν να αποφέρουν ετήσιο εισόδημα εμπορικής αξίας έως και 5.5 δις (Costa et al., 2010; Westlake, 2014).

Η αναγνώριση αυτών των κινδύνων οδήγησε στη δημιουργία νομοθεσίας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Σύμφωνα λοιπόν με τη νομοθεσία της ΕΕ οι περιβαλλοντικές αρχές είναι υπεύθυνες για την έκδοση αδειών, τη διενέργεια επιθεωρήσεων και την

εξασφάλιση προτύπων (ISO) (Isidori et al., 2003). Η Οδηγία περί υγειονομικής ταφής υποχρεώνει τα Κράτη-Μέλη να μειώσουν την ποσότητα των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων 35% χαμηλότερα από ότι ήταν το 1995, μέχρι το έτος 2016. Τα μειωμένα επίπεδα θα μειώσουν και σημαντικά το πρόβλημα της παραγωγής μεθανίου. Επίσης με βάση την Οδηγία το παραγόμενο φυσικό αέριο εάν είναι δυνατόν, θα πρέπει να συλλέγεται και να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας (Kelessidis et al., 2012).

Με βάση λοιπόν τη νομοθεσία της ΕΕ χιλιάδες υποβαθμισμένοι χώροι υγειονομικής ταφής στην Ευρώπη έκλεισαν με το ποσοστό των αστικών απορριμμάτων που οδηγούνται στους χώρους υγειονομικής ταφής να μειώνεται σε λιγότερο από 25% έως το 1995. Παρά ωστόσο το γεγονός ότι μόνο ένα μικρό μέρος των απορριμμάτων των Κρατών-Μελών οδηγείται στους χώρους υγειονομικής ταφής σε πολλά Κράτη-Μέλη, η πλειοψηφία αυτών συνεχίζει την ίδια διάθεση απορριμμάτων. Έτσι ακόμα και σήμερα συνεχίζεται μια σημαντική προσπάθεια ώστε όλα τα Κράτη-Μέλη να μειώσουν όσο το δυνατόν γίνεται τους χώρους υγειονομικής ταφής. Αυτό με βάση την ΕΕ θα επιτευχθεί μόνο με τον αρχικό διαχωρισμό των απορριμμάτων, πριν την τελική διάθεσή τους (Gentil et al., 2011; Williams, 2013).

Ανάκτηση ενέργειας: Σύγχρονες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης απορριμμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ατμού και θέρμανσης για τα κτήρια. Μέρος των απορριμμάτων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο και σε ορισμένες βιομηχανικές διεργασίες. Φτωχή ή ελλιπής καύση αυτών μπορεί να οδηγήσει σε μόλυνση του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα να είναι επιβλαβής και για την υγεία μέσω απελευθέρωσης επικίνδυνων χημικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων και διοξινών και άλλων όξινων ουσιών.

Για να εξασφαλιστεί ότι οι επικίνδυνες ουσίες έχουν καταστραφεί ολοσχερώς οι μονάδες αποτέφρωσης πρέπει να λειτουργούν υπό ελεγχόμενες συνθήκες και σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες. Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η πρόληψη των εκπομπών των επικίνδυνων ουσιών, θα πρέπει να ληφθούν πρόσθετα μέτρα για τη μείωση των εκλύσεων στο περιβάλλον (Demirbas, 2011).

Για τους παραπάνω λόγους η ΕΕ έχει θέσει περιβαλλοντικά πρότυπα για τις μονάδες αποτέφρωσης και τους τρόπους αποτέφρωσης. Η νομοθεσία βοηθάει να διασφαλιστεί ότι το περιβαλλοντικό κόστος της αποτέφρωσης ελαχιστοποιείται, ενώ τα οφέλη μεγιστοποιούνται. Με βάση τη νομοθεσία ορίζονται οριακές τιμές για τις εκπομπές για τα εργοστάσια και απαιτείται συχνή επιτήρηση αυτών. Επίσης με βάση την ΕΕ απαιτείται ανάκτηση της παραγόμενης θερμότητας όσο το δυνατόν σε μεγαλύτερο ποσοστό και ταυτόχρονα τίθεται όριο στην ενεργειακή απόδοση των δημοτικών αποτεφρωτηρίων των απορριμμάτων (Al-Mansour et al., 2010; Brems et al., 2012).

Η ανάκτηση ενέργειας μέσω καύσης δεν είναι συχνά και ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για τη διαχείριση χρησιμοποιούμενων υλικών, ιδίως εκείνων που είναι δύσκολο να αποτεφρωθούν ή εκπέμπουν χημικές ενώσεις σε υψηλές θερμοκρασίες (Arafat et al., 2013). Έτσι πριν οδηγήσουν τα απορρίμματα στην αποτέφρωση τα Κράτη-Μέλη καλούνται να χρησιμοποιούν τον κύκλο ζωής, να σταθμίσουν όσο το δυνατόν τα περιβαλλοντικά οφέλη και τα μειονεκτήματα από την αποτέφρωση. Σημειώνεται ότι η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από την αποτέφρωση των αστικών απορριμμάτων έχει υπερδιπλασιαστεί από το 1995.

Τα βιο-αποδομήσιμα απορρίμματα (κήπος, κουζίνα, απορρίμματα τροφίμων) αντιπροσωπεύουν περίπου το 1/3 των απορριμμάτων που απορρίπτονται από κάθε σπίτι. Δηλαδή περίπου 88 εκ. τόνους σε όλη την Ευρώπη ετησίως. Κατά μέσο όρο το 40% των βιο-αποδομήσιμων απορριμμάτων της ΕΕ καταλήγει σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ωστόσο είναι γνωστό ότι τα βιο-αποδομήσιμα απορρίμματα αποτελούν μια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας (Kelessidis et al., 2012).

Η ενέργεια αυτή μπορεί να ανακτηθεί με τη μορφή βιοαερίου ή θερμικής ενέργειας. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της ΕΕ περίπου το 1/3 του στόχου για το 2020 για συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα μεταφοράς, θα μπορούσε να επιτευχθεί από την παραγωγή βιοαερίου από τα βιο-αποδομήσιμα απορρίμματα. Ενώ το 2% του συνολικού στόχου της ΕΕ για τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα μπορούσε να καλυφθεί εάν όλα τα βιο-αποδομήσιμα απορρίμματα μετατρέπονταν σε ενέργεια (Scaglia et al., 2010). Επίσης αυτά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή λιπασμάτων. Αυτού του είδους το λίπασμα θα μπορούσε να βελτιώσει την ποιότητα στα εδάφη, αντικαθιστώντας τα μη-ανανεώσιμα λιπάσματα. Το 1995

περισσότεροι από 13 εκ. τόνοι αστικών απορριμμάτων οδηγήθηκαν προς κομποστοποίηση. Μέχρι το 2008 η ποσότητα αυτή ανήλθε στους 43.5 εκ. τόνους, αντιπροσωπεύοντας το 17% των αστικών απορριμμάτων (Weiland, 2010).

Ανακύκλωση: Η πολιτική της ΕΕ για τα απορρίμματα έχει ως στόχο να εξασφαλίσει ότι τα απορρίμματα επεξεργάζονται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό, ώστε να προκύψουν ύλες για την δημιουργία νέων προϊόντων. Η ανακύκλωση επίσης βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Για παράδειγμα, η ανακύκλωση αλουμινίου, ανακυκλώνοντας τις κονσέρβες εξοικονομεί περίπου το 95% της ενέργεια που απαιτείται για να δημιουργηθεί το δοχείο της κονσέρβας.

Η ΕΕ με τη νέα της πολιτική θέτει στόχους ανακύκλωσης για πολλούς τύπους απορριμμάτων, συμπεριλαμβανομένου των παλαιών οχημάτων, ηλεκτρονικού εξοπλισμού, απορρίμματα από κατεδαφίσεις και κατασκευές, έπιπλα, κ.ά. Τα Κράτη-Μέλη πρέπει να εξασφαλίσουν συνεργασία μεταξύ των δημοτικών φορέων και των πολιτών για να εξασφαλίσουν το μεγαλύτερο μέρος των ανακυκλώσιμων υλικών. Η ευθύνη της ανακύκλωσης με βάση την ΕΕ πρέπει να διανέμεται από τον παραγωγό, μέχρι αυτούς που είναι υπεύθυνοι για όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος, μέχρι και το τελικό στάδιο που το προϊόν γίνεται απόβλητο.

Οι πολίτες, ο καθένας ξεχωριστά, πρέπει να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο. Ήδη σήμερα σε πολλά Κράτη-Μέλη, όπως αναλύεται στις ακόλουθες υποενότητες οι πολίτες καλούνται να διαχωρίζουν τα απορρίμματά τους ανάλογα με τον τύπο των υλικών (χαρτί, γυαλί, πλαστικό, μέταλλο, απορρίμματα κήπων, κ.ά.). Στη διαδικασία αυτής της πολιτικής συμπεριλήφθηκε και η ανάλυση του κύκλου ζωής. Ο παραπάνω λοιπόν προτεινόμενος από την ΕΕ καταμερισμός ευθύνης και διαχείρισης των απορριμμάτων, μεγιστοποιεί την αξία των υλικών και αυξάνει τον αριθμό των προϊόντων που μπορούν να προέρχονται από αυτά.

Σήμερα σε ορισμένα Κράτη-Μέλη η ανακύκλωση και η μείωση είναι οι κυρίαρχες επιλογές της διαχείρισης απορριμμάτων, με τους χώρους υγειονομικής ταφής να αποτελούν αμελητέες ποσότητες (Gentil et al., 2011). Ωστόσο υπάρχουν και περιπτώσεις όπου οι χώροι υγειονομικής ταφής είναι ο κύριος τρόπος διαχείρισης των απορριμμάτων. Με βάση λοιπόν όχι μόνο την ΕΕ, αλλά και όλο τον κόσμο θεωρείται

κρίσιμο για το μέλλον να δημιουργηθεί μια κοινωνία ανακύκλωσης, με βάση την ιεράρχηση των απορριμμάτων. Επίσης, μαζί με την ιεράρχηση των απορριμμάτων η ανακύκλωση μπορεί να καταστεί και μια οικονομική ευκαιρία.

Οι βιομηχανίες ανακύκλωσης και διαχείρισης στερεών απορριμμάτων σήμερα έχουν ένα κύκλο εργασιών της τάξης των €137 δις, ο οποίος είναι μόλις πάνω από 1.1% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της ΕΕ. Μαζί με τα οικονομικά πλεονεκτήματα δημιουργούνται και πάνω από 2 εκ. θέσεις εργασίας.

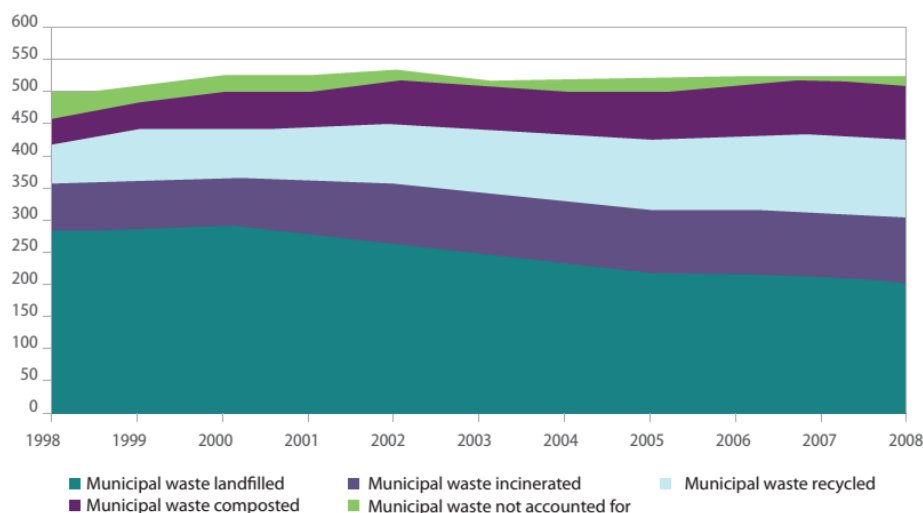
Από το 1998 έως το 2007 τα συνολικά αστικά απορρίμματα αυξήθηκαν από 19% σε 38%. Εάν τα Κράτη-Μέλη ανακύκλωναν το 70% των απορριμμάτων τους θα μπορούσαν να δημιουργηθούν τουλάχιστον μισό εκατομμύριο θέσεις σε όλη την Ευρώπη. Στην Εικ. 3 δίνονται οι τάσεις εκμετάλλευσης των απορριμμάτων στην ΕΕ από το 1998 έως το 2008.

Επαναχρησιμοποίηση: Η επαναχρησιμοποίηση περιλαμβάνει την επαναλαμβανόμενη χρήση των προϊόντων και των εξαρτημάτων τους για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν. Ψυγεία, δοχεία μελανιού, εκτυπωτές, μπορούν να επανασυσκευαστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Η επαναχρησιμοποίηση προϊόντων ή υλικών, όπως επίπλων και ρούχων που σε άλλη περίπτωση θα αποτελούσαν απορρίμματα, έχει κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Μερικά από αυτά είναι η δημιουργία θέσεων εργασίας και η παροχή προϊόντων σε καταναλωτές που δεν έχουν την οικονομική ευχέρεια. Πολλά Κράτη-Μέλη θεσπίζουν τις πολιτικές ενθάρρυνσης της επαναχρησιμοποίησης και ενθαρρύνουν τις αγορές να πουλάνε επαναχρησιμοποιημένα προϊόντα. Με σκοπό λοιπόν την ενθάρρυνση της επαναχρησιμοποίησης δημιουργούνται τα 'Πράσινα Σημεία Συλλογής', όπου ο πολίτης ενθαρρύνεται να διαθέσει τέτοιου είδους απορρίμματα (King et al., 2006).

Η επαναχρησιμοποίηση υλικών προωθεί πολύ, σε ορισμένες χώρες της ΕΕ, κατεστραμμένα αυτοκίνητα ή αυτοκίνητα που είναι στο τέλος του κύκλου της ζωής τους. Αυτά εμπεριέχουν ένα τεράστιο ποσό εξαρτημάτων και υλικών, όπως καουτσούκ, μέταλλα, γυαλί, πλαστικά, τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Life στηρίζει ένα έργο στην Ολλανδία όπου εργάζονται φορείς για να επιτευχθεί μεγάλης κλίμακας επαναχρησιμοποίηση των υλικών μεταχειρισμένων

αυτοκινήτων (Johnson et al., 2002). Πριν από την έναρξη αυτού του έργου δεν υπήρχε εταιρία στην Ολλανδία η οποία θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί κατεστραμμένα αυτοκίνητα και τα μεταχειρισμένα ανταλλακτικά. Όλα τα αυτοκίνητα επισκευάζονταν με καινούργια ανταλλακτικά.



Εικόνα 3. Τάσεις διαχείρισης αστικών απορριμμάτων στην ΕΕ (European et al., 2010).

Το έργο Life καλείται λοιπόν να αποδείξει ότι από τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα (μεγαλύτερα των δυο χρόνων) μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί το 80% των υλικών τους χωρίς να μειωθεί η ποιότητα αυτών. Μια Ολλανδική εταιρία μάλιστα ασφάλισης σχεδίασε την πολιτική 'πράσινης' ασφάλισης επιτρέποντας σε πελάτες να επισκευάσουν το αυτοκίνητό τους με μεταχειρισμένα ανταλλακτικά. Αυτό περιλαμβάνει την εταιρική σχέση μεταξύ της ασφαλιστικής και των αλυσίδων αυτοκινητοβιομηχανιών (κατάστημα διάλυσης αυτοκινήτου, ιδιοκτήτες εταιρειών). Με βάση λοιπόν αυτό το έργο περίπου 75.000 πράσινα ανταλλακτικά πωλήθηκαν και 6.000 επισκευές πραγματοποιήθηκαν με μεταχειρισμένα ανταλλακτικά.

Πρόληψη: Η καλή διαχείριση των απορριμμάτων αρχίζει με την πρόληψη των απορριμμάτων που παράγονται σε πρώτη φάση και σε δεύτερη φάση συνεχίζετε με τη λογική ότι τίποτα δεν απορρίπτεται. Η πρόληψη των απορριμμάτων γίνεται όλο και πιο σημαντική καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται και οι φυσικοί πόροι

εξαντλούνται. Ωστόσο η πρόβλεψη είναι μια δύσκολη διαδικασία αν δεν υπάρχει η κατάλληλη διαχείριση (Gentil et al., 2011).

Ένα από τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ενθάρρυνση της πρόληψης είναι ο οικολογικός σχεδιασμός των προϊόντων. Ο οικολογικός σχεδιασμός επικεντρώνεται σε περιβαλλοντικά ζητήματα κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού ενός προϊόντος. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των προϊόντων θα πρέπει να είναι ικανά να ανακυκλωθούν όταν απορριφθούν και δε θα πρέπει να είναι τοξικά ή επικίνδυνα. Επίσης τα υλικά που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια κατά τη διάρκεια της φάσης της χρήσης τους (Sienkiewicz et al., 2012; Vellinga et al., 1998).

Η πρόληψη των απορριμμάτων συνδέεται στενά με τη βελτίωση των μεθόδων κατασκευής και επηρεάζει και τους καταναλωτές ώστε να απαιτούν πιο οικολογικά προϊόντα και λιγότερα υλικά συσκευασίας. Πολλά Κράτη-Μέλη εκτελούν εκστρατείες ευαισθητοποίησης για να εκπαιδεύσουν το κοινό και να ενθαρρύνουν καταναλωτές να αγοράζουν αγαθά τα οποία παράγουν λιγότερα απορρίμματα. Η πρόληψη έχει στόχο στη δημιουργία πιο αποδοτικής χρήσης των φυσικών πόρων στην αγορά.

Για παράδειγμα, τα απορρίμματα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού τα οποία αποτελούν την ταχύτερα αναπτυσσόμενη ροή απορριμμάτων στην ΕΕ μπορούν να προβλεφθούν με ικανοποιητική ακρίβεια. Μάλιστα έχει ειπωθεί ότι το 2020 μόνο στην Ευρώπη αναμένεται να φτάσουν τα 12 εκ. τόνους. Η ασφαλής συλλογή και διαχείριση των ηλεκτρονικών απορριμμάτων είναι απαραίτητη δεδομένου ότι συχνά εμπεριέχουν βαρέα μέταλλα τα οποία είναι ρυπογόνα και επικίνδυνα για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Τα ηλεκτρονικά απορρίμματα εμπεριέχουν επίσης και σημαντικές ποσότητες πρώτων υλών, όπως χρυσός, ασήμι και πλατίνα (Widmer et al., 2005).

Η νομοθεσία της ΕΕ περιορίζει την ποσότητα των επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού για να είναι πιο εύκολη η ανακύκλωσή τους καθώς και για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Η ΕΕ επίσης θέτει στόχους για τα Κράτη-Μέλη για τους όγκους των απορριμμάτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που πρέπει να συλλέγουν και να ανακυκλώνουν.

Η συγκεκριμένη νομοθεσία είναι υπό αναθεώρηση για να γίνει πιο αποτελεσματική και για να εφαρμόζεται πιο πρακτικά έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ανάπτυξη κατάλληλων αγορών ανακύκλωσης. Επίσης οι κατασκευαστές είναι υπεύθυνοι για την ορθή επαναχρησιμοποίηση, την ανάκτηση ή την τελική διάθεση του προϊόντος (Kuehr, 2004).

Τα Κράτη-Μέλη δεν έχουν ενημερωθεί από την ΕΕ πώς να επιτευχθούν οι στόχοι. Κάθε Κράτος-Μέλος αναπτύσσει ένα σύστημα προσαρμοσμένο στις δικές τους περιστάσεις. Προσπάθειες από τα Κράτη-Μέλη και από τους πολίτες για να διαχωρίζουν τα απόβλητά τους σημαίνει ότι στο μέλλον θα μπορεί να γίνεται καλύτερη χρήση των φυσικών πόρων, χωρίς αυτοί να χάνονται στους χώρους υγειονομικής ταφής (Chang, 2015).

2.2 Διεθνής διαχείριση των οικιακών στερεών απορριμμάτων

Στο παρόν υποκεφάλαιο αναφέρονται εν συντομία η διεθνής πραγματικότητα και οι προκλήσεις οι οποίες πρέπει να αντιμετωπίσουν όλες οι χώρες σήμερα, όσον αφορά τη διαχείριση των στερεών απορριμμάτων, και με βάση αυτή να υπάρξει αειφόρος διαχείριση και το λεγόμενο «πρασινίστε τα απόβλητά σας» ('greening your waste') (Curzons et al., 2001).

Αξίζει να αναφερθεί ότι σήμερα, μετά από πάρα πολλά χρόνια υιοθέτησης του συμβόλου του σημείου ανακύκλωσης έχει τεθεί μια ιεράρχηση ως προς τη διαχείριση των στερεών απορριμμάτων (ΑΣΑ) από τα οποία εξαιρούνται τα λύματα. Η ιεράρχηση αυτή απεικονίζεται στην Εικ. 1. Με βάση λοιπόν αυτήν την ιεράρχηση η λιγότερο προτιμώμενη μέθοδος είναι η διάθεση των απορριμμάτων (disposal) και η χρήση των κλασσικών μεθόδων, όπως η αποτέφρωση ή διάθεσή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής.

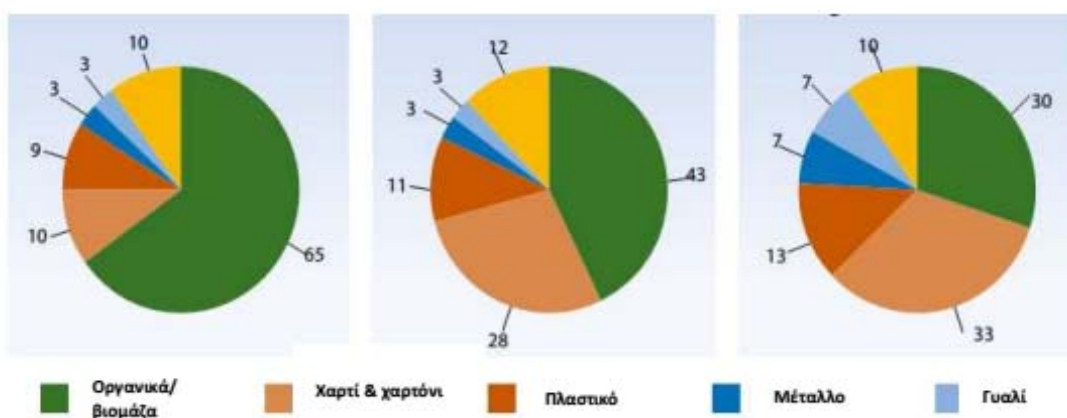
Η πιο επιθυμητή λοιπόν μέθοδος είναι η χρησιμοποίηση των τριών « r »: η ανάκτηση (recovery), η ανακύκλωση (recycling) και η μείωση 'reduction' έτσι ώστε να επιτευχθεί η παρεμπόδιση απόρριψης απορριμμάτων (prevention) (Athanassiou et al., 2008).

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο του Βούπερταλ ένας Ευρωπαίος καταναλώνει κατά μέσο όρο πενήντα τόνους πόρων το χρόνο, περίπου τρεις φορές πάνω από ότι καταναλώνει ένας πολίτης μιας αναπτυσσόμενης χώρας. Επίσης κατά μέσο όρο οι Ευρωπαίοι

διαθέτουν τα διπλάσια απορρίμματα από ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες. Οι κατά κεφαλήν πόροι ωστόσο στις αναπτυσσόμενες χώρες συνεχίζουν να αυξάνονται όσο ανθίζει η οικονομία της χώρας (Troschinetz et al., 2009).

Σήμερα, 3.5-4 δισεκατομμύρια τόνοι αστικών και βιομηχανικών απορριμμάτων παράγονται κάθε χρόνο, εκ των οποίων τα 1.2 εκατομμύρια αποτελούν βιομηχανικά επικίνδυνα απορρίμματα. Ένα σημαντικό ποσοστό των απορριμμάτων που παράγονται, 1.7-1.9 δισεκατομμύρια τόνοι (46% των αστικών απορριμμάτων), είναι αστικά στερεά απορρίμματα τα οποία προέρχονται από αστικούς οικισμούς.

Όταν αναπτύσσεται μια χώρα η σύνθεση και η ροή των απορριμμάτων γίνεται συνήθως μεγαλύτερη και πιο περίπλοκη. Η Εικ. 4 απεικονίζει τη διαφορετική σύνθεση των αστικών στερεών απορριμμάτων για τις αναπτυσσόμενες χώρες, τις χώρες με μεσαίο βιοτικό επίπεδο και για τις πολύ αναπτυγμένες χώρες. Στις αναπτυσσόμενες χώρες παρατηρείται πολύ μεγάλο ποσοστό οργανικού υπολείμματος ενώ στις ανεπτυγμένες χώρες παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό απορριμμάτων σε χαρτί και χαρτόνι ακολουθώντας το πλαστικό και το γυαλί.



Εικόνα 4: Κατανομή των αστικών στερεών απορριμμάτων για τις χώρες χαμηλού, μεσαίου και υψηλού εισοδήματος (από τα αριστερά στα δεξιά) (Gertsakis et al., 2003).

Εκτός όμως από τα προαναφερόμενα στερεά απορρίμματα στις ακόλουθες παραγράφους αναφέρονται απορρίμματα τα οποία τα τελευταία χρόνια παρουσιάζουν σημαντική άνοδο:

- **Απορρίμματα κατασκευών και κατεδαφίσεων:** αποτελούν το 10-15% των στερεών απορριμμάτων που παράγονται στις αναπτυσσόμενες χώρες με ορισμένες χώρες να αναφέρουν υψηλότερα ποσοστά. Για παράδειγμα, εκτιμάται ότι η Γερμανία παράγει 178.5 εκατομμύρια τόνους απορριμμάτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, νούμερο που αποτελεί το 55% των στερεών απορριμμάτων της. Αυτού του είδους τα απορρίμματα θεωρούνται υψηλού όγκου αλλά με σχετικά χαμηλό αντίκτυπο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα απορρίμματα (Rao et al., 2007).
- **Απορρίμματα οχημάτων:** στο τέλος του κύκλου της ζωής τους τα οχήματα καταλαμβάνουν και αυτά σημαντικό όγκο απορριμμάτων. Σύμφωνα με αναφορές της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυτού του είδους τα απορρίμματα φτάνουν τα 8-9 εκατομμύρια τόνους με τη Γερμανία, τη Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ισπανία και την Ιταλία να είναι υπεύθυνες για το 75% του συνόλου των απορριμμάτων εξαιτίας της απόσυρσης αυτών (Kanari et al., 2003). Η Ιαπωνία με τη σειρά της παράγει 0.7 εκατομμύρια τόνους υπολειμμάτων κάθε χρόνο από τον τεμαχισμό των αυτοκινήτων, όπως και από πλαστικό, γυαλί, αφρό, ύφασμα, χαρτί. Αυτά ανακυκλώνονται αφού έχουν αφαιρεθεί τα επαναχρησιμοποιούμενα μέρη του αυτοκινήτου (Sakai et al., 2007). Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής τα απορρίμματα από οχήματα ανέρχονται σε πέντε εκατομμύρια τόνους ετησίως (Gutowski et al., 2005).
- **Απορρίμματα υγειονομικής περίθαλψης:** αυτά ταξινομούνται σε υποκατηγορία των επικίνδυνων απορριμμάτων και δεν μπορούν να διατεθούν σε καμία κατηγορία ανακύκλωσης ούτε να διατεθούν στα πράσινα σημεία συλλογής. Σήμερα δεν υπάρχουν παγκόσμιες εκτιμήσεις. Κατά μέσο όρο ωστόσο οι χώρες με χαμηλό εισόδημα παράγουν 0.5-3 κιλά ανά κάτοικο ετησίως ανεξάρτητα αν περιέχουν κάποιο επικίνδυνο συστατικό ή όχι. Οι χώρες υψηλού εισοδήματος έχει αναφερθεί ότι έχουν δημιουργήσει έως και 6 κιλά ανά άτομο ανά έτος, επικίνδυνων απορριμμάτων υγειονομικής περίθαλψης (Castensson, 2008).

- **Ηλεκτρονικά απορρίμματα:** Συνεχίζουν να αυξάνονται δραματικά εν μέσω της παγκόσμιας αυξανόμενης ζήτησης ηλεκτρονικών συσκευών. Υπολογίζεται ότι μόνο το 2004, 315 εκατομμύρια προσωπικοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές καταστράφηκαν παγκοσμίως και 130 εκατομμύρια κινητά τηλέφωνα έφτασαν στο τέλος του κύκλου ζωής τους το 2005. Με βάση τις παγκόσμιες καταγραφές οι Ηνωμένες Πολιτείες παράγουν το μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτρονικών απορριμμάτων, με 3.16 εκατομμύρια τόνους να καταγράφονται το έτος 2008. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονικών απορριμμάτων αυξήθηκε από 6 εκατομμύρια τόνους που ήταν το 1998 σε 20-50 εκατομμύρια τόνους το 2005 (Kahhat et al., 2008). Προβλέπεται ότι κατά τη διάρκεια των ετών 2016-2018 τα ηλεκτρονικά απορρίμματα των αναπτυσσόμενων χωρών θα ξεπεράσουν αυτά των αναπτυγμένων και το 2030 θα φτάσουν τις 400-700 εκατομμύρια μονάδες. Ωστόσο για τις αναπτυγμένες χώρες υπολογίζεται ότι το 2030 θα φτάσουν τις 200-300 εκατομμύρια μονάδες. Η Κίνα παράγει το 64% από τα συνολικά ηλεκτρονικά απορρίμματα παγκοσμίως, ακολουθεί η Ινδία με 13% και η Βραζιλία με 11%. Η Σενεγάλη, η Ουγκάντα, η Κίνα, η Ινδία και η Νότια Αφρική είναι οι χώρες στις οποίες η αύξηση των ηλεκτρονικών απορριμμάτων αναμένεται να είναι από δυο μέχρι και οχτώ φορές πάνω (Qu et al., 2013; Terazono et al., 2006).
- **Επικίνδυνα απορρίμματα:** τα επικίνδυνα απορρίμματα απαιτούν ειδικό χειρισμό ακόμα και σε πολύ μικρές ποσότητες. Μπαταρίες, κλιματιστικά, χρησιμοποιημένα φυτοφάρμακα, κ.ά. ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Σήμερα 8.5 εκατομμύρια από επικίνδυνα απορρίμματα διασχίζουν διεθνή σύνορα κάθε χρόνο καθώς η διαχείρισή τους σπάνια γίνεται στην ίδια τη χώρα (Mukherjee et al., 2004; Selin et al., 2006).
- **Απορρίμματα συσκευασίας:** αποτελεί μείζον θέμα στις χώρες υψηλού εισοδήματος. Χαρακτηριστικό είναι ότι τα απορρίμματα συσκευασίας αυξήθηκαν από 160 κιλά ανά άτομο το 1997 σε 179 κιλά ανά άτομο το έτος 2004. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος η αύξηση αυτή παρατηρήθηκε τόσο σε νεότερα όσο και σε παλαιότερα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Clapp, 2002).
- **Απορρίμματα θαλάσσης:** σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται όλα τα απορρίμματα τα οποία απορρίπτονται στη θάλασσα. Με βάση τη Διεθνή Μελέτη

Καθαρισμού Ακτογραμμών μεταξύ του 1989 και 2007 καταγράφηκαν 103 εκατομμύρια απορρίμματα με τα τσιγάρα να αποτελούν το ένα τέταρτο αυτών. Τα θαλάσσια απορρίμματα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην άγρια ζωή της φύσης, στην ανθρώπινη υγεία, στην ασφάλεια και στην οικονομία των παράκτιων χωρών (Rochman et al., 2013).

Γενικότερα δεν υπάρχουν παγκόσμιοι στόχοι ως προς το « πρασίνισμα » των απορριμμάτων, αλλά πρόκειται περισσότερο για τοπικούς και εγχώριους στόχους. Για παράδειγμα στη Βόρεια Ευρώπη, στη Δημοκρατία της Κορέας και στη Σιγκαπούρη πάνω από το 50% των στερεών απορριμμάτων τους υποβάλλονται σε διαδικασίες διαχωρισμού.

Η Ιαπωνία έχει θέσει σε κάθε προϊόν δείκτες ροής των υλικών που εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες: εισόδου, κύκλου και εξόδου, με στόχο να συγκρίνουν τα ποσοστά ανακύκλωσης σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη (Bai et al., 2002). Οι δείκτες περιλαμβάνουν παραγωγικότητα των πόρων ανά τόνο (παρατηρήθηκε αύξηση από 210, 000 το 1990 σε 390,000 το 2010), το ποσοστό ανακύκλωσης (αυξήθηκε από το 8 στο 14% από το 1990 έως το 2010) και το ποσοστό της τελικής διάθεσης (μειώθηκε από 110 εκατομμύρια τόνους το 1990 σε 28 εκατομμύρια τόνους το 2010) (Geng et al., 2010).

Η Κίνα με τη σειρά της έχει υιοθετήσει την κυκλική οικονομία για την ανάπτυξη ενός πιο ισορροπημένου συστήματος διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων. Στην Κίνα έχουν υιοθετηθεί δυο δείκτες εισροών (άμεση εισροή υλικού και συνολική ζήτηση υλικού), ένας δείκτης εξόδου (εγχώρια απόρριψη), δυο δείκτες κατανάλωσης (εγχώρια κατανάλωση και συνολική κατανάλωση υλικού) και δυο δείκτες ισοζυγίου (το εμπορικό και το καθαρό ισοζύγιο) (Zhang et al., 2010). Η Δημοκρατία της Κορέας αύξησε το δείκτη ανακύκλωσής της από 56.3 % το 2007 στο 61% το 2012.

Σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές οδηγίες ο δείκτης ανακύκλωσης από 25% (ελάχιστο) - 45%(μέγιστο) που ήταν το 1994 έπρεπε το 2004 να αυξηθεί σε 55-80%. Ακριβές παράδειγμα εφαρμογής των « 3r » (Εικ. 4.1) με στόχο την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης είναι το Λονδίνο και η στρατηγική διαχείρισης του 2011 που αφορά τα στερεά απορρίμματα. Πιο συγκεκριμένα ο στόχος ως το 2015 ήταν το 45% των

δημοτικών απορριμμάτων να ανακυκλώνεται. Μέχρι το 2020 ο στόχος είναι το 70% των εμπορικών, βιομηχανικών απορριμμάτων να ανακυκλώνονται και το 95% μέχρι το 2020 των απορριμμάτων κατασκευών και κατεδαφίσεων να επαναχρησιμοποιούνται.

Στα πλαίσια του σχεδίου της Εθνικής Στρατηγικής Διαχείρισης Απορριμμάτων το Τμήμα Περιβαλλοντικών Θεμάτων της Νότιας Αφρικής έχει θέσει κάποιες μικρές παραμέτρους στόχους στην παροχή διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων. Οι στόχοι - παράμετροι αφορούν τον αριθμό των νοικοκυριών που εξυπηρετεί η υπηρεσία απορριμμάτων, τα κονδύλια τα οποία λαμβάνει η υπηρεσία για την καλύτερη διαχείριση, τον εξοπλισμό και την παροχή του κατάλληλα εκπαιδευμένου προσωπικού, τη μείωση των απορριμμάτων στους χώρους υγειονομικής ταφής και τη βελτίωση των μέτρων ανάκτησης των στερεών απορριμμάτων. Κάτω από αυτές τις παραμέτρους κάθε Δήμος απαιτείται να πράξει τις κατάλληλες ενέργειες για τη σωστή διαχείριση των απορριμμάτων.

Γενικότερα είναι δύσκολο να τεθεί ένα ποσοστό « πρασινίσματος » των απορριμμάτων. Σε γενικές γραμμές όμως πρέπει να τηρούνται ορισμένες προϋποθέσεις όπως : 1) εξαρχής αποφυγή δημιουργίας απορριμμάτων με τη βοήθεια βιώσιμων τρόπων διαχείρισης πιθανών απορριμμάτων, 2) η ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων, 3) όπου τα απορρίμματα είναι αναπόφευκτα πρέπει να επιτυγχάνεται ανάκτηση υλικών και ανακύκλωση έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν και για παραγωγή ενέργειας, 4) διαχείριση των μη χρήσιμων απορριμμάτων με τον πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο ή τουλάχιστο το λιγότερο επιζήμιο (Curzons et al., 2001).

Με βάση λοιπόν την ΕΕ είναι σημαντικό η κάθε συσκευασία να μην εξετάζεται μεμονωμένα, κατά την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων της. Μια προσέγγιση του κύκλου ζωής είναι απαραίτητη και πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις λειτουργίες και το ρόλο της συσκευασίας, καθώς και το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισής της. Αυτό περιλαμβάνει όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός συσκευασμένου προϊόντος, από τον υπεύθυνο προμήθειας πρώτων υλών, την επεξεργασία, τη συσκευασία, τη διανομή και τη χρήση στο τέλος του κύκλου ζωής.

Για να αναπτυχθεί μια προσέγγιση του κύκλου ζωής είναι απαραίτητο λοιπόν να εκτιμάται και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Στα ακόλουθα Κεφάλαια συζητείται και αναλύεται ο τρόπος εκτίμησης των περιβαλλοντικών αποτυπωμάτων γενικότερα και

στη συνέχεια δίνεται έμφαση στα δυο υλικά, πλαστικό και γυαλί, που αποτελούν αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας.

2.3 Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο

Η διαχείριση των αστικών απορριμμάτων και ιδιαίτερα των μη βιοαποδομήσιμων έχει αποτελέσει αντικείμενο σημαντικής νομοθετικής δραστηριότητας από το 1990. Η οδηγία 1991/31/EC της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με την υγειονομική ταφή απαιτεί μείωση των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων (Haverland, 2003). Επιπλέον μέσω της υιοθέτησης της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 94/62 διαχείρισης συσκευασιών και αποβλήτων συσκευασιών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής κατά το έτος 1994, ρυθμίζονται οι συσκευασίες και τα απορρίμματα των συσκευασιών για πάνω από δέκα χρόνια (Monte et al., 2009).

Ο στόχος της Οδηγίας διαχείρισης συσκευασιών και αποβλήτων συσκευασιών ήταν η εναρμόνιση των εθνικών μέτρων για την πρόληψη ή τη μείωση των επιπτώσεων των συσκευασιών και των απορριμμάτων συσκευασίας στο περιβάλλον. Επιπλέον η οδηγία απαιτεί από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) να θεσπίσουν εθνικά μέτρα για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων ανάκτησης και ανακύκλωσης των απορριμμάτων συσκευασίας. Πιο συγκεκριμένα το άρθρο Euro Watch του Ιουνίου 2015 αποτελεί το άρθρο όπου συζητήθηκαν οι στόχοι της προαναφερθείσας οδηγίας και αποτελεί απόδειξη της συμμόρφωσης με την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Πιο αναλυτικά, η Ευρωπαϊκή Οδηγία 94/62 διαχείρισης συσκευασιών και αποβλήτων συσκευασιών απαιτεί από τα κράτη μέλη της ΕΕ να λάβουν τα αναγκαία μέτρα για να εξασφαλίσουν ένα κατάλληλο σύστημα διαχείρισης κατά το οποίο θα μεριμνά για την επιστροφή ή και τη συλλογή χρησιμοποιημένων συσκευασιών ή και απορριμμάτων συσκευασίας από τους καταναλωτές ή άλλους τελικούς χρήστες ή από τη ροή αποβλήτων που θα διοχετεύονται προς την πιο ενδεδειγμένη εναλλακτική διαχείριση απορριμμάτων. Στη διαχείριση συμπεριλαμβάνεται είτε η επαναχρησιμοποίηση ή ανάκτηση, συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης των απορριμμάτων συσκευασίας.

Προς αυτήν την κατεύθυνση κινήθηκε το Γερμανικό Κράτος δημιουργώντας για πρώτη φορά το 1990 το Πρόγραμμα της ανακύκλωσης, το οποίο μέχρι σήμερα έχει υιοθετηθεί

από πολλές χώρες. Επίσης η ποσότητα των απορριμμάτων όσο αυξάνεται το βιοτικό επίπεδο συνεχίζει να αυξάνεται, ιδιαίτερα των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Ωστόσο τα υλικά που χρειάζονται για την κατασκευή αυτών των προϊόντων μειώνονται σταδιακά και προκαλείται έλλειψη στην αγορά. Για αυτό το λόγο πρέπει να διασφαλιστεί ότι οι πόροι του πλανήτη Γη διαχειρίζονται με υπεύθυνο τρόπο έτσι ώστε να μειωθεί η εξάρτηση των επόμενων γενεών από αυτούς (Baud et al., 2001).

Αυτό θα επιτευχθεί με ποικίλους τρόπους, με σημαντικότερο αυτόν της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης, αλλά με τον πιο σημαντικό αυτόν της πρόληψης. Τα προϊόντα που θα σχεδιάζονται θα πρέπει να είναι φιλικά προς το περιβάλλον και όλοι οι χρήστες που συμπεριλαμβάνονται στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος (από την παραγωγή μέχρι τη διάθεση) θα πρέπει να είναι υπεύθυνοι για τον τρόπο διάθεσης του. Ο κάθε πολίτης ξεχωριστά διαχωρίζοντας τα απόβλητά του θα πρέπει να συνεισφέρει σήμερα σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι στο παρελθόν, στην αύξηση του ποσοστού της ανακύκλωσης και στη προμήθεια πρώτων υλών για επαναχρησιμοποίηση στην Ευρωπαϊκή βιομηχανία.

Προς τη συμμόρφωση λοιπόν της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας, αλλά κυρίως για λόγους ευθύνης απέναντι στο περιβάλλον και στις μελλοντικές γενεές πολλά Κράτη-Μέλη ανέπτυξαν οικολογικούς τρόπους διαχείρισης των οικιακών στερεών αποβλήτων και δημιουργήθηκε η ανάλυση του κύκλου ζωής.

Το πρόγραμμα της ανακυκλώσιμης συσκευασίας προτάθηκε για πρώτη φορά από τη Γερμανική εταιρία Duales System AG η οποία ιδρύθηκε το 1900. Πρόκειται για μια ιδιωτική μη κερδοσκοπική εταιρία η οποία ανέλαβε να διοργανώσει τη συλλογή και διαλογή των συσκευασιών πώλησης που φέρουν το εμπορικό σήμα της ανακυκλώσιμης συσκευασίας το λεγόμενο στα Αγγλικά « Green Dot » (Fishbein, 1996). Το εμπορικό σήμα λοιπόν αντιπροσωπεύει ταυτόχρονα την οικονομία κλειστού κύκλου και με βάση αυτό αναπτύχθηκαν στην πορεία.

Το 1991 λοιπόν το Γερμανικό Προεδρικό Διάταγμα απαιτεί κατά κύριο λόγο αρχικά από τη βιομηχανία, από την οποία προέρχονται και οι περισσότερες συσκευασίες να λάβει μέτρα για την ανάκτηση, ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων των συσκευασιών. Η ανακύκλωση των συσκευασιών της βιομηχανίας αποτέλεσε στη

συνέχεια τη βάση για την έναρξη ανακύκλωσης των αστικών στερεών απορριμμάτων (Roussio et al., 1994).

Ο τότε επικεφαλής του Ομοσπονδιακού Υπουργείου Περιβάλλοντος επισημαίνει ότι: «Το διάταγμα αυτό σε αντίθεση με οποιαδήποτε άλλη ρύθμιση σηματοδοτεί την οριστική εγκατάλειψη της λογικής πετάω ότι δε μου χρησιμεύει». Στόχος ήταν, η λογική του νέου διατάγματος να περάσει από τη βιομηχανία και στις τοπικές κοινωνίες (Billatos, 1997).

Υποχρεώνοντας τη βιομηχανία να πάρει πίσω τη συσκευασία της, το βάρος διαχείρισης της συσκευασίας μετατοπίζεται από τις χωματερές, τους δήμους και τις κοινότητες στον ίδιο τον κατασκευαστή, διανομέα και χρήστη. Ο στόχος ήταν να δώσει αρχικά το κίνητρο στις βιομηχανίες να εξετάσουν την περίπτωση διαχείρισης των στερεών αποβλήτων τους, με αποτέλεσμα κατά τη σχεδίαση και την κατασκευή των συσκευασιών να λαμβάνουν υπόψη τους και τον τρόπο με το οποίο θα μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί ή ανακυκλωθεί μια συσκευασία καθώς επίσης και το κόστος αυτής για την ανακύκλωσή της. Σαφώς η εταιρία θα μπορούσε να ωφεληθεί οικονομικά εάν τα απορρίμματα της συσκευασίας εξαλείφονταν ή μειώνονταν (Roussio et al., 1994).

Το διάταγμα ωστόσο του 1991 δεν είναι πρωτότυπο καθώς έχει τις ρίζες του στο διάταγμα του 1986, σχετικά με την αποφυγή παραγωγής αποβλήτων και στη διαχείριση των ήδη παραγόμενων. Αρχικά λοιπόν τα χρόνια πριν το 1991 η Γερμανική κυβέρνηση προσπάθησε να κάνει μια εθελοντική προσέγγιση ζητώντας από τον τομέα της βιομηχανίας να μειώσει τον αριθμό των συσκευασιών και να αυξήσει την ανακύκλωση. Όταν αυτή η τακτική απέτυχε η κυβέρνηση εισήγαγε τη νομοθεσία που έγινε νόμος τον Ιούνιο του 1991 (Billatos, 1997).

Όταν η ανώτερη Βουλή του Κοινοβουλίου εξέταζε τον προτεινόμενο νέο νόμο το ομόσπονδο κράτος ζήτησε αυστηρότερα μέτρα συμπεριλαμβανόμενης της ρύθμισης της υπερβολικής και επιβλαβούς για το περιβάλλον συσκευασίας, όπως τα πλαστικά, με τα υψηλότερα ποσοστά προστίμου να αναφέρονται στη αναπλήρωση των δοχείων των ποτών. Η ομοσπονδιακή κυβέρνηση υποστήριξε ότι απαιτείται η έγκριση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας με αποτέλεσμα να καθυστερήσει η εφαρμογή του νόμου. Οι εκπρόσωποι των κρατών συμφώνησαν να αποσύρουν τις προτεινόμενες

τροποποιήσεις, αλλά υιοθέτησαν ένα ψήφισμα για συμπληρωματικά μέτρα με στόχο την ενίσχυση του διατάγματος (Haverland, 1999).

Η κινητήρια δύναμη του διατάγματος του 1991 ήταν ο από το 1987 Υπουργός Περιβάλλοντος Klaus Topfer. Ήταν ο Υπουργός με τη μεγαλύτερη θητεία στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα, πρώην Καθηγητής οικονομικού και περιφερειακού σχεδιασμού (Barry et al., 1993).

Το διάταγμα για τις συσκευασίες είναι ένα από τα μέτρα του νομοθετήματος ο « ρυπαίνων πληρώνει ». Είναι το πρότυπο πάνω στο οποίο θα απαιτηθεί από τις εταιρίες να πάρουν πίσω αυτοκίνητα, ηλεκτρονικές συσκευές, μπαταρίες και να εσωτερικεύσουν το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων, στρατηγική η οποία υποστηρίζεται από πολλούς οικονομολόγους. Ωστόσο αυτή η στρατηγική μέχρι τότε δεν είχε εφαρμοστεί ποτέ για τα αστικά στερεά απόβλητα σε μια ευρεία κλίμακα (David Pearce et al., 1992; Stevens, 1994).

Η εσωτερίκευση του κόστους είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται στην οικονομική ανάλυση και σημαίνει ότι οι παραγωγοί των συσκευασιών και των προϊόντων υποχρεώνονται να μοιραστούν το κόστος ανάκτησης, ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης αυτών. Αυτοί απαγορεύεται να επιβαρύνουν με τα δικά τους απόβλητα το δημόσιο προϋπολογισμό, αλλά το μειονέκτημα είναι ότι επιβαρύνεται η τελική τιμή του προϊόντος.

Το 1995 η ιδιωτική Γερμανική εταιρία με στόχο να υπερπηδήσει οποιαδήποτε εμπόδια στην Ευρώπη ιδρύει την Ευρωπαϊκή Οργάνωση Pro Europe. Καθήκον της είναι να διανέμει το αποτύπωμα του σήματος της ανακύκλωσης στα εθνικά συστήματα συλλογής και ανάκτησης ανακυκλωμένων υλικών των Κρατών Μελών της ΕΕ καθώς και στις αναπτυσσόμενες χώρες, με τους ίδιους κανονισμούς και όρους (Silvestri, 1981; Venezky, 1986).

Όπως προαναφέρθηκε, το διάταγμα προβλέπει ότι η βιομηχανία θα πρέπει, όχι από το δημόσιο σύστημα διαχείρισης των αποβλήτων να λάβει πίσω, να επαναχρησιμοποιήσει και να ανακυκλώσει όλες τις συσκευασίες μιας χρήσης συμπεριλαμβανομένων και των συσκευασιών που εισάγονται (Dalmijn, 1987; Hayward, 1988). Από τις συσκευασίες αυτές εξαιρούνται όλα τα υλικά με επικίνδυνα κατάλοιπα, οι οποίες υπόκεινται σε

άλλους κανονισμούς. Για παράδειγμα φυτοφάρμακα, απολυμαντικά, διαλύτες, οξέα και πετρελαιοειδή (Berkhout et al., 1989; Bevis, 1982).

Το διάταγμα ορίζει τέσσερις κύριους στόχους (Rhyner et al., 1995; Schmilewski, 1990):

1. Οι συσκευασίες θα πρέπει να είναι φτιαγμένες από « περιβαλλοντικά υπεύθυνα » υλικά και συμβατά για ανακύκλωση.
2. Το βάρος και ο όγκος των συσκευασιών θα πρέπει να μειωθούν.
3. Η συσκευασία θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ξαναγεμίζεται εάν είναι δυνατόν.
4. Αν δεν έχει τη δυνατότητα να ξαναγεμίζεται θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ανακυκλωθεί.

Ενώ αυτοί αρχικά είναι στόχοι και όχι νομικές υποχρεώσεις δείχνουν την υψηλή προτεραιότητα που θέτει η τότε κυβέρνηση για τη μείωση των αποβλήτων με τη διαδικασία της ανακύκλωσης (Dibbert et al., 1988).

Έτσι το διάταγμα χωρίζει τα στερεά απόβλητα με έμφαση στις συσκευασίες στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες (Rhyner et al., 1995):

1. Μεταφορές: συσκευασίες που χρησιμοποιούνται για την αποστολή αγαθών στους εμπόρους λιανικής πώλησης (κιβώτια, παλέτες, κ.ά.).
2. Βασική συσκευασία: το βασικό πακέτο που περιέχει το προϊόν, όπως βάζο μαρμελάδας, κουτί σαπουνιού σκόνης, κ.ά.
3. Δευτεροβάθμιες πρόσθετες συσκευασίες: προορίζονται για τη διευκόλυνση των πωλήσεων, για την πρόληψη κλοπής, εξωτερικά κουτιά, ταινίες.

Το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Περιβάλλοντος κάνει αυτή τη διάκριση των κατηγοριών με βάση το πότε χάνει το πακέτο τη λειτουργία του. Πιο αναλυτικά, οι συσκευασίες μεταφοράς χάνουν τη λειτουργία τους όταν το εμπόρευμα φτάσει στο κατάστημα. Οι δευτερεύουσες συσκευασίες χάνουν τη λειτουργία τους αμέσως μετά τις συσκευασίες μεταφοράς, μόλις πωληθούν. Ενώ η βασική συσκευασία χάνει τη λειτουργία της μόλις καταναλωθεί από τον καταναλωτή (Min et al., 1997).

Το διάταγμα λοιπόν αρχίζει και θέτει προθεσμίες για τη βιομηχανία για τη διαχείριση των συσκευασιών:

Δεκέμβριος 1991: Οι κατασκευαστές και οι διανομείς πρέπει να παίρνουν πίσω τις συσκευασίες μεταφοράς.

Απρίλιος 1992: Οι έμποροι λιανικής πώλησης θα πρέπει να εγκαταστήσουν ειδικούς κάδους ώστε ο καταναλωτής να επιστρέφει τις δευτερεύουσες συσκευασίες.

Ιανουάριος 1993: Οι καταναλωτές θα πρέπει να επιστρέφουν τις κύριες συσκευασίες στους λιανοπωλητές. Δίνεται στους καταναλωτές μια ελάχιστη αποζημίωση για τις συσκευασίες που θα επέστρεφαν, όπως μπουκάλια, δοχεία απορρυπαντικών, κ.ά. Η επιστροφή χρημάτων για ένα μπουκάλι 200mL ήταν σε αντιστοιχία με το τότε γερμανικό νόμισμα, 0.30 δολάρια, ενώ για συσκευασίες άνω των 1.5 λίτρων ήταν 0.60 δολάρια.

Οι παραπάνω ρυθμίσεις τέθηκαν σε εφαρμογή όπως είχε προγραμματιστεί. Ωστόσο το διάταγμα προέβλεπε απαλλαγή από τους κύριους κανονισμούς εάν η βιομηχανία πρότεινε μια εναλλακτική λύση, π.χ ιδιωτική χρηματοδότηση ενός σχεδίου που θα πληρούσε τις προϋποθέσεις και τους στόχους του διατάγματος.

Έτσι εμφανίζεται η ιδιωτική εταιρία *Duales System Deutschland GmbH* και προτείνει ένα διπλό σύστημα διαχείρισης των συσκευασιών. Η ιδιωτική εταιρία είναι υπεύθυνη για τη διαλογή, ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των συσκευασιών, ενώ οι λιανικοί έμποροι δεν υποχρεούνται να διαχειρίζονται οι ίδιοι τα στερεά απόβλητα εάν η ιδιωτική εταιρία με τη δράση της κατάφερνε να τηρήσει τους όρους του διατάγματος. Στην περίπτωση που η εταιρία αποτύγχανε οι έμποροι έπρεπε να διαχειριστούν αυτοί τα στέρεα απορρίμματα (Wollny et al., 2001).

Το διάταγμα λοιπόν προσανατολίζεται σε δύο συνολικά στόχους που σχετίζονται με τη βασική, πρωτογενή συσκευασία: τις ποσοτώσεις για τη συλλογή των συσκευασιών και τις ποσοτώσεις για τη διαλογή και το διαχωρισμό των συλλεγόμενων υλικών. Θεωρώντας ότι όλα τα υλικά που ταξινομούνται παραδίνονται στους υπεύθυνους της ανακύκλωσης, τότε το ποσοστό ανακύκλωσης και διαλογής είναι σύμφωνα με αυτό που ορίζεται από το νόμο (David W Pearce, 1998).

Μέχρι το 1993 το 60% των γυάλινων δοχείων και το 30% κατά βάρος των χάρτινων συσκευασιών συλλέγονταν. Αυτό το ποσοστό θεωρούνταν χαμηλό και θεωρούνταν ως

το μεταβατικό στάδιο εγκατάστασης ενός ολοκληρωμένου συστήματος ανακύκλωσης. Στον Πίνακα 1 δίνονται τα ποσοστά συλλογής διαφόρων ειδών ανακυκλώσιμων απορριμμάτων.

Πίνακας 1: Ποσοστά κατά βάρος συλλογής υλικών ανακύκλωσης κατά το έτος 1993 και 1995 (Aquino, 1995).

Υλικό	Έτος 1993	Έτος 1995
	(κατά βάρος)	(κατά βάρος)
Γυαλί	60	80
Σίδηρος	40	80
Αλουμίνιο (κονσέρβες)	30	80
Πλαστικό	30	80
Χαρτί	30	80
Μικτά υλικά	20	80

Μέχρι το 1995 όπου άρχισε να γίνεται μια σωστή λειτουργία του συστήματος ανακύκλωσης το ποσοστό αυξήθηκε στο 80%. Σύμφωνα λοιπόν με αυτό, μεγάλο μέρος των αστικών απορριμμάτων διαχωρίζεται με σωστό τρόπο (Bomberg, 1998).

Τα ποσοστά συλλογής δεν είναι τα μόνα που πρέπει να επιτευχθούν σύμφωνα με το διάταγμα, καθώς μετά τη συλλογή πρέπει να γίνει και ο διαχωρισμός – ταξινόμηση των υλικών, σύμφωνα με τον Πίνακα 2. Για παράδειγμα, το 1993 από το συλλεγόμενο χαρτί το 60% έπρεπε να προωθηθεί στην ανακύκλωση, ενώ το 1995 το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 80%. Τα αρχικά χαμηλά ποσοστά ανακύκλωσης πλαστικών και μικτών υλικών έδωσαν χρόνο να αναπτυχθούν κατάλληλα συστήματα ανακύκλωσης λαμβάνοντας υπόψη την επικινδυνότητα ορισμένων υλικών. Έτσι ακόμα και το 1995 αφήνεται ένα περιθώριο 10-20% για τα συλλεγόμενα υλικά να μην ανακυκλωθούν (Aquino, 1995).

Πίνακας 2: Ποσοστά κατά βάρος διαλογής υλικών με βάση το διάταγμα του 1991 (Aquino, 1995).

Υλικό	Έτος 1993	Έτος 1995
	(κατά βάρος)	(κατά βάρος)
Γυαλί	70	90
Σίδηρος	65	90
Αλουμίνιο (κονσέρβες)	60	90

Πλαστικό	30	80
Χαρτί	60	80
Μικτά υλικά	30	80

Το 1993 εκδηλώνονται αντιρρήσεις σχετικά με το αν το ποσοστό διαλογής των πλαστικών θα έπρεπε να περιορίζεται στο απαιτούμενο από το διάταγμα ποσοστό ή στην πραγματική ποσότητα η οποία συλλέγεται. Επίσης εκφράστηκαν αμφιβολίες για τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα θα μπορούσε να διαχειριστεί την περίσσεια ποσότητα πλαστικών απορριμμάτων.

Παρά το γεγονός ότι η νομοθεσία στην πραγματικότητα δεν περιλαμβάνει συγκεκριμένα ποσοστά ανακύκλωσης, τα πραγματικά ποσοστά μπορούν ωστόσο να υπολογιστούν καθώς ο νόμος απαιτεί όλα τα διαλεγμένα υλικά να παραδίδονται στην υπεύθυνη υπηρεσία ανακύκλωσης (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Πραγματικά ποσοστά ανακύκλωσης (Aquino, 1995).

Υλικό	Έτος 1993 (κατά βάρος)	Έτος 1995 (κατά βάρος)
Γυαλί	42	72
Σίδηρος	26	72
Αλουμίνιο (κονσέρβες)	18	72
Πλαστικό	9	64
Χαρτί	18	64
Μικτά υλικά	6	64

Έτσι το ποσοστό της ανακύκλωσης είναι το ποσοστό της συλλογής και διαλογής. Για παράδειγμα μέχρι το 1995, θα έπρεπε να συλλέγονται το 80% των γυάλινων δοχείων και το 90% αυτής της ποσότητας θα έπρεπε να διαχωριστεί με στόχο 72% αποτελεσματικής ανακύκλωσης. Ωστόσο το ποσοστό αυτό της ανακύκλωσης δε λαμβάνει υπόψη του τυχόν απώλειες επεξεργασίας στο στάδιο της ανακύκλωσης (Aquino, 1995).

Εκείνα τα χρόνια πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούσαν την αποτέφρωση, τη λεγόμενη θερμική ανακύκλωση, για την ανάκτηση ενέργειας από την καύση των αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή όμως δεν επιτρεπόταν και δε λαμβανόταν υπόψη στο συνολικό ποσοστό

διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων. Ωστόσο στο ποσοστό διαχείρισης συμπεριλαμβάνονταν η διεργασία της χημικής ανακύκλωσης των πλαστικών, που διασπούσε τα πλαστικά στα βασικά τους συστατικά, όπως υγρό πετρέλαιο (Aquino, 1995). Κανένα ποσοστό ωστόσο δεν ορίστηκε για τα υλικά, όπως ξύλο, υφάσματα όπου το ποσοστό ανακύκλωσής τους είναι μικρό. Για να μην υπάρξει ωστόσο πτώση στην κατασκευή νέων συσκευασιών ορίστηκε ένα ποσοστό μέχρι το οποίο θα επιτρέπεται να ξαναγεμίζουν για παράδειγμα τα γυάλινα μπουκάλια.

Δεν ήταν τυχαίο που η εφαρμογή διαχείρισης στερεών αποβλήτων ξεκίνησε από τις συσκευασίες. Οι συσκευασίες τότε αντιπροσώπευαν το 50% του όγκου και το 30% του βάρους των στερεών αποβλήτων καθιστώντας τις συσκευασίες την πιο ρυπογόνο πηγή. Από αυτές το 70% κατέληγε σε χώρους υγειονομικής ταφής, ενώ το 30% αποτεφρώνονταν. Ωστόσο αυτοί οι δύο τρόποι διάθεσης παρουσίασαν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα (Fishbein, 1996).

Ένας άλλος λόγος στον οποίο αρχικά στόχευσαν, για τη μείωση των αποβλήτων των συσκευασιών, ήταν η μακρά διαμάχη με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, εκτελεστικό όργανο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, η οποία απαιτεί την επιστροφή των πλαστικών μπουκαλιών και επιβάλλει πρόστιμο. Η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Κοινότητας υποστηρίζει ότι η νομοθεσία είναι αρκετά διακριτική που ξεχωρίζει το είδος συσκευασίας στο οποίο απαιτεί επιστροφή. Για να αποφευχθούν λοιπόν και μελλοντικές επιβαρύνσεις οποιουδήποτε τύπου το διάταγμα εκτείνεται σε όλες τις συσκευασίες και όχι μόνο στα πλαστικά μπουκάλια (Jones, 2008).

Με στόχο λοιπόν να ωθήσουν στη λήψη αποφάσεων στη διαχείριση των συσκευασιών τους, αρχικά στο βιομηχανικό τομέα και στη συνέχεια στον κάθε πολίτη ατομικά, εφαρμόζεται η λογική « ο ρυπαίνων πληρώνει » για τα στερεά αστικά απόβλητα. Σύμφωνα με το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Περιβάλλοντος η δημόσια χρηματοδότηση, όλων των μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος, από τα χρήματα των φορολογούμενων δεν είναι πολιτική η οποία πρέπει να συνεχιστεί (Bailey, 2002).

Το κόστος λοιπόν προστασίας του περιβάλλοντος πρέπει να μετατεθεί και σε αυτούς που κατασκευάζουν τις συσκευασίες. Επίσης μέρος των δημόσιων πόρων, σύμφωνα με το Γερμανικό Υπουργείο, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των

στερεών αποβλήτων. Σύμφωνα με αυτή την πρωτοποριακή νομοθεσία η βιομηχανία διατηρεί την ευθύνη για τα πακέτα της αφού έχουν απορριφθεί από τους καταναλωτές (Sinclair, 2000). Οι καταναλωτές όμως μοιράζονται το κόστος, αλλά η νομοθεσία δεν προβλέπει ειδικές εντολές για τους καταναλωτές. Η βιομηχανία αναμένεται να ενσωματώσει το κόστος της συλλογής, διάθεσης και ανακύκλωσης στην τιμή των προϊόντων (Roussio et al., 1994).

Η θεωρία-εντολή για τη βιομηχανία να πάρει πίσω τις συσκευασίες της δε σημαίνει κυριολεκτικά να τις πάρει πίσω και σε αυτό το βαθμό θεωρήθηκε το διάταγμα μια θεωρητική προσέγγιση και όχι μια πρακτική στρατηγική. Οι επιχειρήσεις και οι περιβαλλοντικές οργανώσεις συμφωνούν ότι είναι αδύνατον να απαιτήσουν να πληρώνουν το κόστος των μεταφορικών για την επιστροφή των στερεών αποβλήτων, ή πιο συγκεκριμένα των συσκευασιών καθώς η πολιτική ο ρυπαίνων πληρώνει θα φέρνει κάθε χρόνο πίσω εκατομμύρια συσκευασίες (Gaines, 1991; Tobey et al., 1996).

Η στρατηγική στη συνέχεια μετά και τις παραπάνω διατυπώσεις ακολουθεί μια αλλαγή στην οικονομική ευθύνη και το βάρος πέφτει κυρίως στους κατασκευαστές των συσκευασιών και οι εταιρίες μπορούν να αναθέσουν της διαχείριση των στερεών απορριμμάτων σε τρίτους. Έτσι τα απόβλητα ξεκινάνε να συλλέγονται από ένα συνδυασμό των δημοτικών και των ιδιωτικών υπηρεσιών.

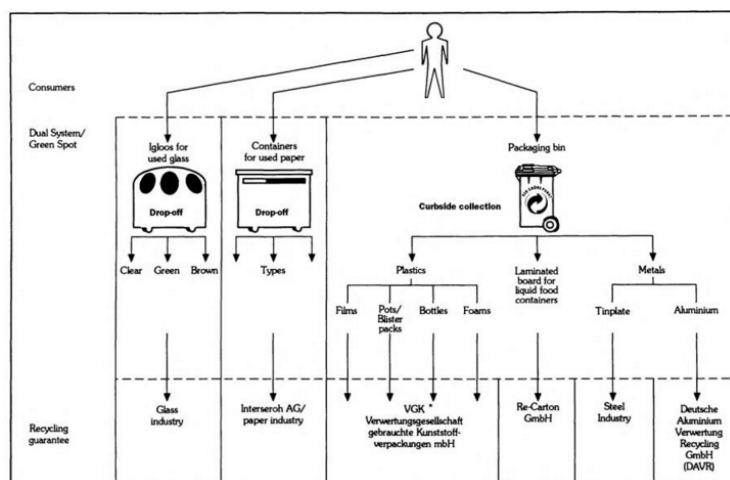
Προκειμένου λοιπόν η ιδιωτική εταιρία να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο σχέδιο του διατάγματος δημιουργεί ένα σύστημα συλλογής των ανακυκλωμένων υλικών που θα είναι προσιτό και στους πολίτες (Εικ. 5).

Πολλοί από τους κάδους ανακύκλωσης (drop-off), χαρτιών και γυαλιού, είχαν ήδη διανεμηθεί σε πολλούς δήμους. Η ιδιωτική εταιρία απαιτούσε την επέκταση του ήδη υπάρχοντος συστήματος με αναλογία ένα σύστημα συλλογής στερεών απορριμμάτων εκτεταμένο ανά 500 κατοίκους. Έτσι γίνεται διαχωρισμός πράσινου και καφέ γυαλιού και ανάλογα με την περιοχή υπάρχουν διαφορετικοί κάδοι συλλογής χαρτιών.

Υλικά διαφορετικά από γυαλί και χαρτιά ωστόσο συνεχίζουν και απορρίπτονται μαζί με τα υπόλοιπα απορρίμματα. Η ιδιωτική εταιρία διανέμει δωρεάν κίτρινους κάδους στα νοικοκυριά, των οποίων το κόστος προέρχεται από την αμοιβή των ανακυκλώσιμων

υλικών. Με αυτόν τον τρόπο εισάγει και τους πολίτες στην έννοια της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης με τη ταυτόχρονη διαχείριση και των οικιακών απορριμμάτων.

Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα παρατηρείται ότι η ιδιωτική εταιρία δεν ήταν φερέγγυα ώστε να μπορεί να ανακυκλώσει όλο αυτό το υλικό και το σύστημά της έφτασε σε κορεσμό. Έτσι δημιουργήθηκαν διαφορετικά σήματα ανακύκλωσης με διαφορετικούς κάδους για κάθε απόβλητο και όχι μόνο χαρτιών και γυαλιού σε συνεργασία όμως με τους κατοίκους, αλλά και τους αντίστοιχους Δήμους (Lenschow, 2002).



Εικόνα 5. Το πρώτο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης στερεών απορριμμάτων (Lenschow, 2002).

Διαμέσου λοιπόν των σημείων διαλογής (παράδοση-παραλαβή) που δημιουργήθηκαν το 2002 αποστάθηκαν 6.32 χιλιάδες τόνοι συσκευασιών με το αποτύπωμα του σημείου ανακύκλωσης, ποσότητα η οποία ισοδυναμεί με 76.7 κιλά συσκευασίας ανά άτομο. Με βάση μια έρευνα το 1998 το 94% των Γερμανών πολιτών διαχωρίζουν τα απόβλητά τους. Αυτή η συλλογή κοστίζει στους Γερμανούς πολίτες δυο ευρώ το μήνα. Αυτή ήταν η αρχική τιμή στα πρώτα χρόνια λειτουργίας, ενώ σήμερα οι δαπάνες της ανακύκλωσης έχουν μειωθεί και έχουν κατανεμηθεί ανάλογα με το είδος του αποβλήτου και το κόστος ανακύκλωσής του (Pires et al., 2011).

Μέχρι σήμερα τουλάχιστον 20 χώρες, όπως η Τουρκία, η Γαλλία, Ουγγαρία, Ιρλανδία, Βέλγιο, έχουν υιοθετήσει το σήμα-αποτύπωμα του σήματος ανακύκλωσης. Το σήμα αυτό είναι η απόδειξη ότι η αρχή της ευθύνης του παραγωγού-κατασκευαστή

συσκευασιών αρχίζει να επιτυγχάνεται σε όλη την Ευρώπη. Ωστόσο σε πολλές χώρες υπάρχει το σήμα της ανακύκλωσης, όπως και στην Κύπρο, αλλά δεν υπάρχουν τα σωστά σημεία συλλογής στα οποία θα μπορούν να έχουν πρόσβαση και οι πολίτες για να επιτευχθεί μια σωστή διαχείριση των στερεών απορριμμάτων (Dreyfus et al., 2010).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 1993 όπου η ΕΕ έθετε στόχο για όλα τα κράτη- μέλη το 25% των στερεών απορριμμάτων να ανακυκλώνεται, μόνο η Ολλανδία, η Γερμανία, το Βέλγιο και η Δανία έφτασαν αυτό το ποσοστό (Monte et al., 2009). Το 2001 ωστόσο παρά τις διαφωνίες των μελών κρατών το ποσοστό επιτυγχάνεται και από άλλες χώρες οι οποίες βελτίωσαν το συνολικό σύστημα ανακύκλωσής τους (Jones, 2008).

Έτσι οι πολίτες συμβάλλουν σημαντικά στην ανακύκλωση και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Γενικότερα ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων μπορεί να απαρτίζεται από τους ακόλουθους τρόπους συλλογής (Chang, 2015):

1) Συλλογή με κάδους:

✓ Κίτρινοι κάδοι για πλαστικά, μεταλλικά και χάρτινα δοχεία:

Τα χάρτινα δοχεία παραδίδονται στα αντίστοιχα εργοστάσια διαλογής τα οποία με ένα συνδυασμό οπτικών μηχανικών και χειροκίνητων μεθόδων διαχωρίζονται. Τα διάφορα επιλεγμένα υλικά συμπιέζονται, συσκευάζονται και διανέμονται στα κέντρα ανακύκλωσης. Αυτοί οι κάδοι μπορούν να δεχτούν πλαστικά δοχεία (μπουκάλια νερού, πλαστικές σακούλες, δοχεία γιαουρτιού), δοχεία ποτών και τροφίμων, πιάτα και μεταλλικά καπάκια, αλουμινόχαρτο, δίσκους από πολυστυρένιο. Σε αυτούς τους κάδους δε γίνονται δεκτά παιχνίδια πλαστικά, σωλήνες ποτίσματος, βιντεοκασέτες, CD καθώς και άλλες συσκευασίες από επικίνδυνα προϊόντα.

✓ Πράσινοι κάδοι απόρριψης γυαλιού:

Η ανακυκλωμένη ποσότητα γυαλιού παραδίδεται στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης, όπου τα σωστά υλικά «εκχυλίζονται» με μαγνήτες σιδήρου και στη συνέχεια συνθλίβονται για να μετατραπούν σε σκόνη ή σε κομματάκια. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα να κατασκευαστούν γυάλινες συσκευασίες όπως οι αρχικές, π.χ. μπουκάλια, φιάλες, λάμπες. Στους κάδους αυτούς μπορούν να απορριφθούν: γυάλινα

δοχεία και φιάλες. Δεν μπορούν να απορριφθούν: σπασμένα γυαλιά, καθρέφτες, κεραμικά, πιάτα, λαμπτήρες φθορισμού.

✓ *Μπλε κάδοι για χαρτί:*

Τα χαρτιά και τα χαρτόνια παραδίδονται στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης όπου τακτοποιούνται σε μεγάλες χάρτινες μπάλες. Αυτές οι μπάλες υγραίνονται έτσι ώστε να γίνουν πολτός και να φιλτραριστούν τα σιδηρούχα υλικά τους. Η προκύπτουσα πάστα από το φιλτράρισμα ξηραίνεται, σιδερώνεται και μετατρέπεται σε κομμάτια τα οποία διανέμονται στις χαρτοβιομηχανίες για να ξανακατασκευάσουν τα προϊόντα τους. Αυτά που μπορούν να πεταχτούν είναι συσκευασίες χαρτοκιβωτίων, εφημερίδες, περιοδικά, φάκελοι, χαρτιά περιτυλίγματος, κ.ά. Αυτά που δεν μπορούν να πεταχτούν είναι χαρτί βρώμικο, λαδωμένες χαρτοπετσέτες, τα οποία θα πρέπει να ρίχνονται στον καφέ κάδο. Τα αλουμινόχαρτα θα πρέπει να ρίχνονται στους κίτρινους κάδους.

✓ *Καφέ κάδοι για οργανικά απόβλητα:*

Τα οργανικά απορρίμματα είτε προέρχονται από φυτά είτε από ζώα μπορούν να υποβαθμίσουν σημαντικά το περιβάλλον. Αυτό το είδος απορριμμάτων είναι πολύ σημαντικό καθώς είναι η τρίτη μεγαλύτερη ποσότητα από όλα τα απορρίμματα. Αυτού του είδους τα απορρίμματα παραδίδονται στο ειδικό εργοστάσιο όπου γίνονται κομπόστ και παράγεται βιοαέριο. Σε αυτού του είδους τους κάδους μπορούν να απορριφτούν: κατακάθια καφέ, χαρτί κουζίνας και χαρτοπετσέτες λαδωμένες, κελύφη αυγών, φελλοί, φακελάκια τσαγιού, απόβλητα κηπουρικής. Αυτοί οι κάδοι δεν μπορούν να δεχτούν πάνες, περιττώματα ζώων, χαρτιά, οικοδομικά απορρίμματα, κ.ά.

✓ *Γκρι κάδοι και λοιπά απορρίμματα:*

Αυτού του είδους οι κάδοι περιλαμβάνουν όλα τα στερεά απόβλητα τα οποία δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στους προαναφερθέντες κάδους. Τα εν λόγω απόβλητα παραδίδονται στα λεγόμενα οικολογικά πάρκα στα οποία διαχωρίζονται και οτιδήποτε ανακυκλώνεται οδηγείτε προς την αλυσίδα της ανακύκλωσης. Τα απόβλητα που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν οδηγούνται στους υγειονομικούς χώρους ταφής ή αποτεφρώνονται. Σε αυτούς τους κάδους μπορούν να απορριφθούν: στυλό, μολύβια, βαμβάκι, αποτσίγαρα. Δεν μπορούν να απορριφθούν: τοξικά υλικά, ρούχα, χαρτοπετσέτες, CD, λάδι, περισσεύματα φαγητών.

II) Πνευματική υπηρεσία συλλογής:

Η πνευματική συλλογή στερεών αποβλήτων γίνεται μέσω ενός υπογείου συστήματος σωλήνων με αναρρόφηση οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε έναν κεντρικό κάδο συλλογής των απορριμμάτων. Οι κεντρικοί κάδοι βρίσκονται στους δρόμους ή σε κοινόχρηστους χώρους. Η αναρρόφηση γίνεται με δυο τρόπους: ι) ένα φορηγό αναρροφά από συγκεκριμένα σημεία τα απόβλητα, ιι) η αναρρόφηση γίνεται από ειδικά φυτεμένα φυτά (σταθερό σημείο πνευματικής συλλογής). Η πνευματική συλλογή δίνει τη δυνατότητα να παραδίδονται τα απόβλητα οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας, δεν προκαλεί οσμές και βελτιώνει την οπτική επίδραση. Η πνευματική συλλογή ελέγχεται με σύστημα υπολογιστών.

III) Υπηρεσία συλλογής πόρτα με πόρτα:

Κάθε δημοτική κοινότητα έχει μια υπηρεσία όπου σε ορισμένες για την πόλη σημαντικές ζώνες, όπως παλιό ιστορικό κέντρο ή ζώνη της αγοράς, και γενικότερα εμπορικές περιοχές όπου η τοποθέτηση κάδων είναι δύσκολη, περνάνε οχήματα συλλογής των στερεών απορριμμάτων. Σύμφωνα με την Ισπανία όπου διαχειρίζεται ένα τέτοιο σύστημα, τα οργανικά απόβλητα και άλλα είδη αποβλήτων, τοποθετούνται μπροστά στο κατώφλι του καταστήματος, 8-10μμ. Η συμμετοχή των γειτόνων είναι απαραίτητη για τη συλλογή από πόρτα σε πόρτα. Η ειδική αυτή υπηρεσία συλλογής είναι ένας τρόπος να εξορθολογηστεί το σύστημα συλλογής των απορριμμάτων. Με το σύστημα αυτό αποφεύγεται η συσσώρευση απορριμμάτων και οι δρόμοι είναι πάντα καθαροί.

Σε αυτήν την κατηγορία τρόπου συλλογής μπορούν να συμπεριληφθούν και τα φυτικά υπολείμματα. Αυτά αποτελούν μια εξαιρετική πρώτη ύλη για τη δημιουργία ποιοτικών οργανικών λιπασμάτων. Με ειδικά δοχεία που έχουν διανεμηθεί στους κατοίκους λοιπόν συλλέγονται τα φυτικά υπολείμματα. Ως αποτέλεσμα μειώνεται ο όγκος των σκουπιδιών καθώς κλαδιά, φρούτα, χορτάρια, φύλλα δεν απορρίπτονται στους κάδους.

IV) Κινητά και σταθερά πράσινα σημεία συλλογής:

Συνήθως οι χώρες που εφαρμόζουν ένα ορθό σύστημα διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων τους έχουν τόσο κινητά πράσινα σημεία συλλογής (green dots) όσο και σταθερά πράσινα σημεία συλλογής (green points area). Τα κινητά πράσινα σημεία

συλλογής είναι ειδική δημοτική υπηρεσία όπου συλλέγει τα στερεά απορρίμματα τα οποία δεν μπορούν να πεταχτούν στους κάδους, όπως για παράδειγμα οικοδομικά υλικά, και τα απορρίπτει στα σταθερά πράσινα σημεία συλλογής. Με τη χρήση αυτής της υπηρεσίας βελτιώνεται η διαδικασία της ανακύκλωσης και βοηθάει στη διατήρηση του περιβάλλοντος. Η εν λόγω δημοτική αρχή έχει ένα online πρόγραμμα περιήγησης για να βοηθάει τους κατοίκους να βρίσκουν το πλησιέστερο σε αυτούς κινητό αλλά και σταθερό πράσινο σημείο συλλογής, ανάλογα με τα απόβλητα που θέλει ο καθένας να ανακυκλώσει.

✓ *Διαχείριση ειδικών απορριμμάτων:* στα προαναφερόμενα πράσινα σημεία απορρίπτονται ορισμένα είδη στερεών αποβλήτων τα οποία χρήζουν ειδικής διαχείρισης.

- *Έπιπλα:* Για παράδειγμα στη Βαρκελώνη υπάρχουν συγκεκριμένες ώρες και ημέρες όπου τα έπιπλα αφήνονται στο κατώφλι του κάθε σπιτιού για διάστημα δύο ωρών. Οι διαδρομές της υπηρεσίας συλλογής επίπλων γίνονται γνωστές και παρακολουθούνται online. Τα είδη επίπλων που συλλέγονται είναι καναπέδες, πόρτες, έπιπλα ακόμα και σπασμένα ξύλινα παιχνίδια, περσίδες, πηχάκια, κ.ά. Ωστόσο αυτή η υπηρεσία συλλογής επίπλων είναι διαθέσιμη κυρίως για ανθρώπους με κινητικά προβλήματα. Μια επιπλέον υπηρεσία αναλαμβάνει και τη μεταφορά των επίπλων. Μπορεί να υπάρξει επίσης υπηρεσία επί πληρωμή η οποία είναι στη διάθεση του κάθε πολίτη επί 36 ώρες για τη συλλογή των μη χρειαζόμενων επίπλων. Η υπηρεσία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από ιδιωτικές εταιρίες, γραφεία, καφετέριες και μικρούς βιομηχανικούς χώρους.
- *Πτώματα ζώων:* Η υπηρεσία αυτή απευθύνεται σε κατοίκους και επιχειρήσεις. Η υπηρεσία είναι υπεύθυνη για τη συλλογή των πτωμάτων των ζώων από δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους εξασφαλίζοντας ότι ως ειδική κατηγορία στερεών αποβλήτων θα λάβουν κατάλληλη διαχείριση. Η συλλογή αυτού του είδους των απορριμμάτων γίνεται με ένα κατάλληλα διαμορφωμένο φορτηγό με ενσωματωμένο ψυγείο. Η υπηρεσία αυτή προσφέρεται σε τιμές πολύ χαμηλές που εξαρτώνται από το βάρος του ζώου.
- *Ρούχα:* Στην υπηρεσία αυτή απασχολούνται άτομα τα οποία ξεδιαλέγουν τα ρούχα τα οποία μπορούν να δοθούν για φιλανθρωπικό σκοπό (επαναχρησιμοποίηση) και αυτά τα οποία μπορούν να ανακυκλωθούν.

- *Οικοδομικά απόβλητα:* Τα οικοδομικά στερεά απόβλητα έχουν απασχολήσει κατά καιρούς πολλές χώρες. Τα συντρίμια λοιπόν παραδίδονται σε έναν εξουσιοδοτημένο από τη δημοτική υπηρεσία διαχειριστή ο οποίος θα πρέπει να έχει κληθεί εντός 24 ωρών και τα συντρίμια θα πρέπει να έχουν συλλεχθεί εντός 24 ωρών από την κλήση. Σε περίπτωση που δε συμμορφώνεται ένας από τους δύο υπάρχει και το ανάλογο πρόστιμο. Ειδική διαχείριση γίνεται στα οικοδομικά υλικά όπου εντοπίζεται αμίαντος. Ο αμίαντος παλαιότερα εντοπιζόνταν σε τζάκια, καμινάδες, κ.ά. και είναι επιβλαβής για την υγεία. Στην περίπτωση αυτή τα υλικά θα πρέπει να παραδίδονται στη ειδική υπηρεσία του Δήμου πακεταρισμένα και τυλιγμένα καλά σε σακούλες.

2.4 Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο

Το νεότερο νομοθετικό πλαίσιο που αφορά την διαχείριση των ΑΣΑ στην Ελλάδα σηματοδοτείται με τη θέση σε ισχύ του Νόμου 4042/2012 (ΦΕΚ24/Α/13-2-2012) που ενσωματώνει την οδηγία-πλαίσιο για τα απόβλητα 2008/98/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Ο Νόμος αποτελεί τον συνδυασμό των διάφορων νομοθεσιών περί διαχείρισης όλων των ρευμάτων αποβλήτων, τις οποίες επικαιροποιεί και ανανεώνει με βάση τις σύγχρονες ανάγκες της χώρας.

Θεσπίζει επίσης αυστηρότερες απαιτήσεις για τις προτεραιότητες που πρέπει να υπάρχουν στην διαχείριση των απορριμμάτων. Κύριοι άξονες των προτεραιοτήτων αυτών είναι: α) η πρόληψη για την μείωση της συνολικής παραγωγής αποβλήτων, β) η επαναχρησιμοποίηση-ανακύκλωση των απορριμμάτων, γ) η ανάκτηση αξιοποιήσιμων υλικών από τα απόβλητα.

Η εξάλειψη χρόνιων προβλημάτων και κωλυσιεργιών στη διαχείριση αποβλήτων, όπως για παράδειγμα ο τερματισμός της ανεξέλεγκτης διάθεσης αστικών αποβλήτων σε ΧΑΔΑ και η υπολειτουργία μονάδων διαχείρισης αποβλήτων, αποτελούν βασικό σκοπό του νέου πλαισίου, καθώς όπως ειπώθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο επιφέρουν ευρωπαϊκά πρόστιμα, και επηρεάζουν αρνητικά την ευημερία των πολιτών (Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία

διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη et al., 2014).

Το ΥΠΕΚΑ για την πλήρη συμμόρφωση της χώρας μας με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ και του Νόμου 4042/2012, προβλέπει 3 βασικά βήματα, τα οποία είναι:

- Κατάρτιση του Εθνικού Στρατηγικού Προγράμματος Πρόληψης Παραγωγής Αποβλήτων
- Αναθεώρηση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), που αποτελεί το στρατηγικό σχέδιο για το σύνολο των ρευμάτων αποβλήτων και θα αναλυθεί στην συνέχεια της εργασίας.
- Επικαιροποίηση και αναθεώρηση των Περιφερειακών Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) σύμφωνα με υποδείξεις της οδηγίας 2008/98/ΕΚ, του ν.4042/2012 και του αναθεωρημένου εθνικού σχεδιασμού.

Από το νομικό πλαίσιο που αναφέρθηκε παραπάνω, προκύπτουν συνοπτικά οι εξής υποχρεώσεις - στόχοι:

- Εφαρμογή προγραμμάτων ανακύκλωσης με χωριστή συλλογή αποβλήτων (πλαστικό, χαρτί, μέταλλο, γυαλί), σε κάθε περιφέρεια.
- Άμεσο κλείσιμο όλων των ενεργών ΧΑΔΑ και περιβαλλοντική αποκατάστασή τους.
- Τα ΑΣΑ που κατευθύνονται προς τους ΧΥΤΑ θα πρέπει πρωτίτερα να έχουν υποστεί κάποιου είδους επεξεργασία (άρθρο 7 της ΚΥΑ 29407/3508/2003) (Στουραϊτή, 2014).
- Έως το 2020 πρέπει να αυξηθεί τουλάχιστον στο 50 % κατά βάρος, η επεξεργασία των υλικών αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση για το χαρτί, το μέταλλο, το πλαστικό και το γυαλί (Νταρακάς, 2014).
- Αρχής γενομένης από τον Ιανουάριο 2014, όσες επιχειρήσεις ή οργανισμοί οδηγούν τα απόβλητα τους σε ΧΥΤΑ, ενώ δεν έχουν προβεί σε εργασίες επεξεργασίας, θα επιβαρύνονται οικονομικά με ειδικό τέλος ταφής ανά τόνο αποβλήτων που διατίθενται. Αυτό θεσπίστηκε, σε τριάντα πέντε ευρώ (35€), για το 2014 ενώ προσαυξάνεται ετησίως κατά πέντε ευρώ (5€). Τα έσοδα από το ειδικό τέλος ταφής προβλέπεται να διατίθενται αποκλειστικά για τη οικονομική στήριξη

προγραμμάτων και έργων ανάκτησης και διάθεσης απορριμμάτων (Μακρυγιάννης, 2014).

Κύριος σκοπός του ΕΣΔΑ είναι η επίτευξη των υποχρεώσεων της χώρας όπως αυτοί έχουν καθορισθεί στο Νόμο 4042/2012 με τον προσδιορισμό των κύριων κατευθύνσεων, στρατηγικών και στόχων γύρω από την διαχείριση των αποβλήτων σε πανελλαδικό επίπεδο, προτείνοντας τις κατάλληλες ενέργειες και μέτρα ώστε να επιτευχθούν πλήρως οι στόχοι που έχουν θεσπιστεί στο Νόμο 4042/2012 (Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη et al., 2014).

Λόγω των αυξανόμενων προκλήσεων και αναγκών στον τομέα διαχείρισης των αποβλήτων, το 2014 αποφασίστηκε από το ΥΠΕΚΑ, η αναθεώρηση του ΕΣΔΑ. Η αναθεώρηση του ΕΣΔΑ περιλαμβάνει την διαχείριση του συνόλου των ρευμάτων αποβλήτων, όπως για παράδειγμα τα ΑΣΑ, τα ανακυκλώσιμα υλικά από τους μπλε κάδους ή από χωριστή διαλογή (ΔσΠ), τα απόβλητα από τους ΟΚΩ και τις βιομηχανίες, απόβλητα όπως ΑΗΗΕ και μπαταρίες που υπόκεινται σε εναλλακτική διαχείριση, ΑΕΚΚ, απόβλητα υγειονομικών και κτηνοτροφικών μονάδων κ.α.. Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε στην διαχείριση των ΑΣΑ.

Οι νέες συνθήκες και στόχοι που διαμορφώθηκαν με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ όπως αυτή ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο συμπεριλήφθηκαν στην αναθεώρηση του ΕΣΔΑ. Με τον τρόπο αυτό υιοθετείται μια καθολική εθνική πολιτική για όλα τα ζητήματα και τις προκλήσεις που αφορούν την παραγωγή και διαχείριση αποβλήτων. Σημαντικό κομμάτι της είναι η ευθυγράμμιση των προοπτικών μαζί με τους μελλοντικούς στόχους της χώρας μας, οι οποίες διαμορφώνονται από τις ευρωπαϊκές τάσεις που επικρατούν στην ΕΕ, που με την σειρά τους καθορίζονται από τη συνολική αναθεώρηση της ευρωπαϊκής πολιτικής και νομοθεσίας για τα απόβλητα και την Στρατηγική «Ευρώπη 2020» (Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής, 2015).

Ο ΕΣΔΑ, προβλέπει για την εκτέλεση των στρατηγικών του, την ανάπτυξη σε κάθε Περιφέρεια της χώρας, Περιφερειακών Σχέδιων Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ). Τα σχέδια αυτά έχουν σκοπό να προσαρμόσουν την ολοκληρωμένη πολιτική διαχείρισης

του συνόλου των αποβλήτων που παράγονται στην γεωγραφική περιοχή, στην εθνική στρατηγική και τους στόχους που ορίζονται στο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων.

Στα ΠΕΣΔΑ καθορίζονται οι περιοχές που συγκροτούν τις ενότητες διαχείρισης των αποβλήτων, οι μέθοδοι διαχείρισης που πρέπει να εφαρμόζονται σε κάθε διαχειριστική ενότητα, ενώ εξειδικεύονται συγκεκριμένοι στόχοι, μέτρα, όροι και περιορισμοί για την επίτευξη των στρατηγικών και στόχων του Ν.4042/2012 και του ΕΣΔΑ (Στουραϊτή, 2014). Οι στόχοι που τίθενται, είναι φιλόδοξοι, για το λόγο αυτό για να είναι εφικτοί απαιτείται πρωτίστως ενημέρωση, ενεργοποίηση και εκπαίδευση της τοπικής κοινωνίας.

Με βάση το ΕΣΔΑ και το νομοθετικό πλαίσιο, είναι υποχρέωση των οικείων Περιφερειακών Φορέων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Φο.Δ.Σ.Α.) ή των ιδίων των Περιφερειών εάν αυτοί δεν υπάρχουν, να εκπονήσουν και να εφαρμόσουν τους ΠΕΣΔΑ.

Όσον αφορά στη διαχείριση των ΑΣΑ σε επίπεδο Περιφέρειας προβλέπονται-προτείνονται σε γενικές γραμμές τα εξής (Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής, 2015; Υπουργείο περιβαλλοντικής ανασυγκρότησης, 2015):

1. Ανάπτυξη χωριστής συλλογής αποβλήτων, τουλάχιστον για το γυαλί, το χαρτί, το μέταλλο και το πλαστικό, ώστε να εξασφαλισθεί η ανακύκλωση του 65% του συνολικού τους βάρους από το στάδιο της προ-διαλογής, ως το 2020.
2. Ανάπτυξη χωριστής συλλογής των βίο-αποβλήτων, έτσι ώστε να καλυφθεί ο στόχος της χωριστής συλλογής 40% του συνολικού βάρους των βίο-αποβλήτων, ως το 2020.
3. Προώθηση των απαιτούμενων έργων και υποδομών ανακύκλωσης και εναλλακτικών μορφών διαχείρισης σύμφωνα με τους αναθεωρημένους ΠΕΣΔΑ, με έμφαση στη ΔσΠ και στην ελαχιστοποίηση της επεξεργασίας συμμίκτων.
4. Επίσπευση της κατασκευής των προβλεπόμενων μονάδων επεξεργασίας σύμμεικτων ή/ και προ-διαλεγμένων ΑΣΑ, με βάση τους οικείους ΠΕΣΔΑ.
5. Ολοκλήρωση των υποδομών μεταφοράς και επεξεργασίας ΑΥ με την κατασκευή νέων ΚΔΑΥ.
6. Ανάπτυξη δικτύου Πράσινων Σημείων, δηλαδή ειδικών χώρων σε κάθε δήμο της χώρας για την εφαρμογή της διαλογής στην πηγή.

7. Προσπάθεια βελτιστοποίησης και εκσυγχρονισμού των εθνικών δικτύων συλλογής και μεταφοράς, όπως για παράδειγμα η κατασκευή νέων και η αναβάθμιση παλαιών ΣΜΑ. Τα δίκτυα συλλογής θα πρέπει να επανασχεδιαστούν από τους υπόχρεους φορείς, ώστε να ενσωματωθούν τα προγράμματα χωριστής συλλογής των ειδικών ρευμάτων.
8. Εντατικοποίηση των ελέγχων - επιθεωρήσεων για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τη νομοθεσία.
9. Εξοικείωση των πολιτών για τη χωριστή συλλογή (χαρτί, μέταλλα, γυαλί, πλαστικό και βίο-απόβλητα) και των διαθέσιμων Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης αποβλήτων (πχ ΑΗΗΕ).

2.4.1 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα

Ο νέος ΕΣΔΑ θέτει σε εναρμόνιση με τις ευρωπαϊκές οδηγίες και το νεότερο νομικό πλαίσιο (N.4042/2012), τους στόχους συλλογής, προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωσης και ανάκτησης που τίθενται ανά ρεύμα αποβλήτων και ισχύουν αναλογικά σε σχέση με την παραγωγή αποβλήτων σε περιφερειακό επίπεδο.

Στη χώρα μας εκτιμάται ότι ο κάθε κάτοικος θα παράγει το 2016, κατά μέσο όρο περίπου 1,35 kg/ημέρα. Επίσης εκτιμάται πως στα επόμενα χρόνια το νούμερο αυτό θα μεγαλώσει έως και σε 1,43 kg/κάτοικο/ημέρα μέχρι το 2020, σύμφωνα με τις προβλέψεις του αναθεωρημένου ΕΣΔΑ (Νταρακάς, 2014). Οι παραπάνω εκτιμήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 όπου παρατίθενται οι ποσότητες παραγωγής ΑΣΑ στην Ελλάδα, συναρτήσει και του εκτιμώμενου πληθυσμού της χώρας, έως το έτος 2020 καθώς και η εκτιμώμενη ποιοτική τους σύσταση.

Πίνακας 4: Συνολική παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα έως το 2020 (Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη et al., 2014)

Έτος Προβολής	Ισοδ.	Συνολική	kg/ισοδ./έτος	kg/ισοδ./ημέρα
	Πληθυσμός χώρας	Παραγωγή ΑΣΑ (t)		
2011	10.962.751	5.574.757	508,5	1,39
2012	10.985.000	5.375.700	489,4	1,34
2013	11.007.000	5.375.700	488,4	1,34
2014	11.029.000	5.375.700	487,4	1,34
2015	11.051.000	5.375.700	486,4	1,33
2016	11.063.000	5.454.185	493,0	1,35
2017	11.074.000	5.533.816	499,7	1,37
2018	11.085.000	5.614.610	506,5	1,39
2019	11.097.000	5.696.583	513,3	1,41
2020	11.108.000	5.780.000	520,0	1,43

Πιο αναλυτικά στον Πίνακα 5 καταγράφεται η προβλεπόμενη τάση στην εγχώρια παραγωγή ΑΣΑ ανά κατηγορία υλικού για την επόμενη πενταετία, σύμφωνα με τον εθνικό σχεδιασμό (οι ποσότητες για το 2020 παρουσιάζονται στρογγυλοποιημένες).

Πίνακας 5: Αναμενόμενη ποσότητα ΑΣΑ στην Ελλάδα ανά κατηγορία υλικών (Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη et al., 2014).

Συστατικό	Έτος προβολής παραγωγής (Συνολική παραγωγή ΑΣΑ σε t/έτος)						
	%	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	κ.β.	5.375.700	5.454.185	5.533.816	5.614.610	5.696.583	5.780.000
Οργανικά	44,3%	2.381.435	2.416.204	2.451.481	2.487.272	2.523.586	2.560.500
Χαρτί	22,2%	1.193.405	1.210.829	1.228.507	1.246.443	1.264.642	1.283.200
Πλαστικά	13,9%	747.222	758.132	769.200	780.431	791.825	803.400
Μέταλλα	3,9%	209.652	212.713	215.819	218.970	222.167	225.400
Γυαλί	4,3%	231.155	234.530	237.954	241.428	244.953	248.500
Ξύλο	4,6%	247.282	250.893	254.556	258.272	262.043	265.800
Λοιπά	6,8%	365.548	370.885	376.300	381.793	387.368	393.200

Είναι εμφανές ότι στην χώρα μας, όπως και στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες, οι ποσότητες των στερεών αποβλήτων αυξάνουν συνεχώς, ενώ ταυτόχρονα, το θεσμικό πλαίσιο διαχείρισής τους επιβάλλει διαρκώς υψηλότερες περιβαλλοντικές απαιτήσεις, προβάλλοντας ως προτεραιότητες την ανάκτηση υλικών και ενέργειας.

Παράλληλα όμως η πρόσφατη κρίση στην χώρα μας, συνέβαλε στην μείωση του ρυθμού παραγωγής στερεών αποβλήτων κυρίως λόγω την μείωσης της αγοραστικής δυναμης των πολιτών. Για παράδειγμα μόνο στον δήμο Αθηναίων, καταγράφηκε κατακόρυφη μείωση του όγκου, των σκουπιδιών που συλλέγονται, κατά 29% για το 2011 σε σχέση με το 2010, γεγονός που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην οικονομική κρίση και όχι στην λειτουργία του υφιστάμενου σχεδιασμού. Επιπρόσθετα η οικονομική κρίση αποτελεί κίνητρο για την αναζήτηση πιο οικονομικών επιλογών διαχείρισης των αποβλήτων, τον εξορθολογισμό των δαπανών και την σωστή αξιοποίηση των διαθέσιμων πορων.

Η κατ' ελάχιστο βασική προτεραιότητα κατά την ανάπτυξη των δικτύων ανάκτησης είναι η διασφάλιση της επίτευξης των τιθέμενων στόχων, όπως αυτοί απορρέουν από τις κείμενες διατάξεις της νομοθεσίας. Σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη η χώρα μας έχει να καλύψει πολύ έδαφος στην επίτευξη των στόχων, καθώς βασίζεται σε ποσοστό άνω του 90% στην υγειονομική ταφή, αν και σε αυτό συντελεί και η σύσταση των αποβλήτων αφού όπως καταγράφηκε περιέχουν μεγάλο ποσοστό, σχεδόν 45%, οργανικού υλικού (λαχανικά, αποφάγια κλπ) ενώ τα ανακυκλώσιμα (χαρτί, 22%, πλαστικά, 14%, γυαλί, 4% και μέταλλα, 4%) συμμετέχουν κατά 44%.

Στο Πίνακα 6 παρουσιάζονται ποσοτικά οι στόχοι που έχουν τεθεί σύμφωνα με τις διατάξεις αυτές και αφορούν αποκλειστικά απόβλητα συσκευασιών, τα ανακυκλώσιμα υλικά και τα βιοαπόβλητα.

Πίνακας 6: Ποσοτικοποίηση των στόχων διαχείρισης ανά κατηγορία υλικών ΑΣΑ, σε τόνους (t) (Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη et al., 2014).

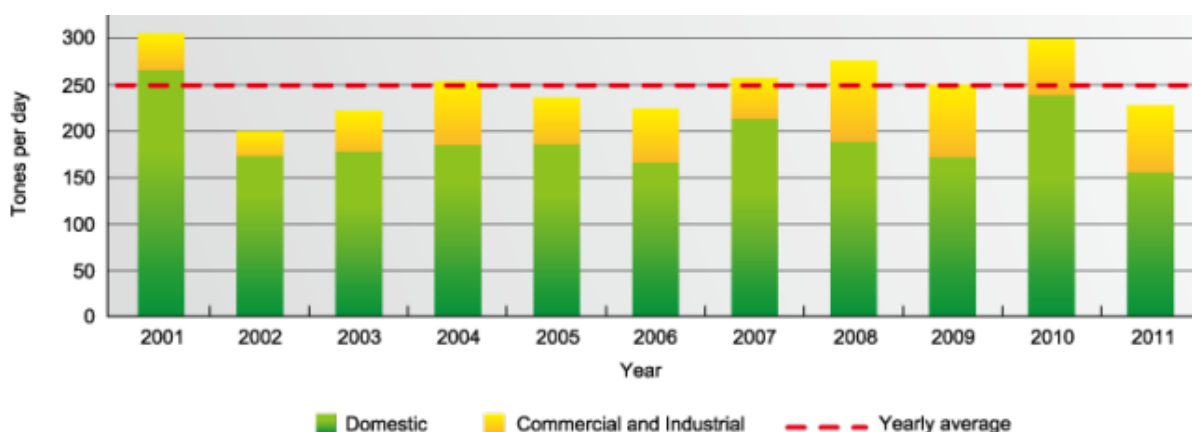
Ανάκτηση						
	Χωριστή συλλογή & επεξεργασία			Συλλογή & επεξεργασία υπολειπόμενων		Διάθεση
				σύμμεκτων		
	Ανακύκλωση αποβλήτων συσκευασιών	Ανακύκλωση λοιπών ανακυκλώσιμων υλικών (ν.4042/2012)	Ανάκτηση βιοαποβλήτων (ν.4042/2012)	Ανακύκλωση (ν.4042/2012)	Εκτροπή BAA	
ΑΣΑ 5.780.000						
BAA 2.560.500			21% 530.000		46% 1.755.700	
Χαρτί 1.283.200	26% 333.600	25% 314.400		12% 150.300		24% 910.000
Πλαστικά 803.400	8% 63.600	4% 31.800		9% 70.800		79% 637.200
Μέταλλα 225.400	26% 64.200	13% 29.100		49% 110.500		12% 27.600
Γυαλί 248.500	26% 64.200	13% 32.100		9% 22.800		52% 129.400
Ξύλο 265.800	9% 23.300					91% 242.500
Σύνολο	548.900	407.400	530.000	354.400	1.755.700	1.946.700

Απ' ότι φαίνεται όμως από τα παραπάνω στοιχεία, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να μην επιτευχθούν οι τιθέμενοι στόχοι για τα ΑΥ, καθώς τα ποσοστά ανακύκλωσης είναι χαμηλά στην χώρα μας, ειδικά όσον αφορά τα μέταλλα και τα γυαλιά, αλλά και διότι η δυναμικότητα των ΚΔΑΥ στο σύνολο της χώρας αγγίζει περίπου στο μισό τη συνολική ποσότητα που πρέπει να ανακτάται.

Κεφάλαιο 3

3 Μεθοδολογία

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο κύριος όγκος των αποβλήτων γυαλιού είναι γυάλινες φιάλες (πάνω από 80%) μεταξύ των οποίων ένα σημαντικό μέρος προέρχεται από αλκοολούχα ποτά. Όπως απεικονίζεται στην Εικ.6 κατά την τελευταία δεκαετία, το ποσό των αποβλήτων γυάλινων φιαλών που διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής είναι γύρω στους 250 τόνους την ημέρα («tprd») παγκοσμίως, περίπου ισοδύναμο με μισό εκατομμύριο φιάλες των 750 mL. Αυτό αντιπροσωπεύει περίπου το 3% της καθημερινής απόθεσης των αστικών στερεών αποβλήτων.



Εικόνα 6. Εκτίμηση παγκόσμιας απόθεσης γυάλινων μπουκαλιών από το 2001 έως το 2010.

Το γυαλί αποτελείται κυρίως από πυρίτιο, το οποίο είναι μια φυσική πρώτη ύλη όπως η άμμος. Το γυαλί είναι απίθανο να μολύνει το περιβάλλον ή να επηρεάσει την ανθρώπινη υγεία και έτσι μπορεί εύκολα να επαναχρησιμοποιηθεί και να ανακυκλωθεί και για αυτό το λόγο είναι ευρέως αποδεκτό ως ανακυκλώσιμο υλικό σε διεθνές επίπεδο.

Το χρησιμοποιημένο γυαλί συχνά ανακυκλώνεται και μετατρέπεται σε φιάλες. Για την ανακύκλωση του γυαλιού αυτό που πρέπει να γίνει πρώτα είναι να διαχωριστεί στο ρεύμα αποβλήτων και στη συνέχεια ταξινομείται και πλένεται για την εκ νέου

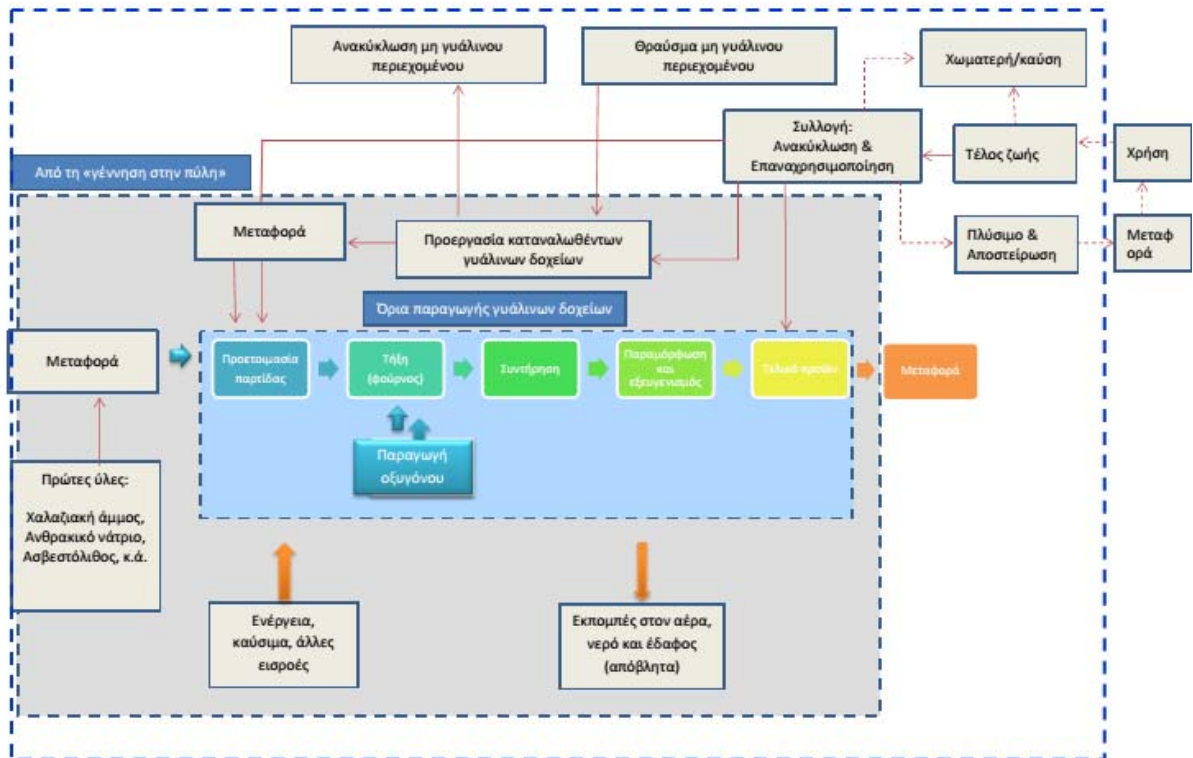
εμφιάλωση, ή επαναπεξεργάζεται σε νέες φιάλες και άλλα προϊόντα γυαλιού. Η ανακύκλωση του γυαλιού είναι κυρίως ευεργετική προς το περιβάλλον, επειδή μπορεί να μειώσει σε σημαντικό βαθμό την ενέργεια που χρησιμοποιείται στη διαδικασία παραγωγής γυαλιού από ακατέργαστα υλικά. Υπάρχουν επίσης εφαρμογές που μετατρέπουν τα γυάλινα απόβλητα σε δομικά υλικά, εφαρμογές σκυροδέματος και οδόστρωσης, στη θέση της άμμου και άλλων φυσικών πόρων.

Δεν μπορούν να ανακυκλωθούν όλα τα απορρίμματα γυαλιού με τις ίδιες διαδικασίες, ωστόσο, προϊόντα από γυαλί, όπως λαμπτήρες, οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών ή οθόνες τηλεόρασης ενδέχεται να περιέχουν μόλυβδο, υδράργυρο ή άλλα επικίνδυνα απόβλητα για τα οποία απαιτείται προηγουμένως πριν από την ανακύκλωση ένα είδος απομάκρυνσης των επικίνδυνων ουσιών. Λόγω των διαφορετικών φυσικών ιδιοτήτων, άλλα υλικά από γυαλί, όπως γυάλινα σκεύη δε θα πρέπει να ανακυκλώνονται.

Οι αξιολογήσεις του κύκλου ζωής επιτρέπουν την ανάλυση σε διάφορα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος:

- 1) Από «πηγή σε πηγή»: εστιάζοντας σε μια συγκεκριμένη μονάδα ή λειτουργία.
- 2) Από τη «γέννηση στην πύλη» με προσθήκη παροχών (εξόρυξη πρώτων υλών, υλικά, επεξεργασία και μεταφορά).
- 3) Από τη «γέννηση έως το θάνατο»-περιλαμβάνοντας ολόκληρο το γραμμικό κύκλο ζωής του προϊόντος από την εκχύλιση μέχρι τη διάθεσης.
- 4) Από «γέννηση σε γέννηση»-περιλαμβάνοντας ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος με την προσθήκη ανακύκλωσης του προϊόντος στον αρχικό του σκοπό.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία υιοθετείται η τέταρτη μέθοδος, όπου περιλαμβάνεται η ανακύκλωση στον κύκλο ζωής του προϊόντος. Στην Εικ.7 αντικατοπτρίζεται το Διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής ενός γυάλινου δοχείου.



Εικόνα 7. Διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής ενός γυάλινου δοχείου από τη «γέννηση έως το θάνατο».

Η συλλογή και η διαφορετική διαχείριση στο τέλος του κύκλου ζωής, μας δίνουν επιλογές για τις γυάλινες συσκευασίες. Το τέλος της διάρκειας ζωής τους μπορούν να προσεγγίσουν τα ακόλουθα σενάρια διαχείρισης: 1. Κλειστός βρόχος γυάλινης συσκευασίας πίσω στη νέα συσκευασία, 2. Ανακύκλωση των γυάλινων συσκευασιών σε μη συσκευασμένα προϊόντα ή υαλοθραύσματα. 3. Απώλειες μέσω επιθετικής κάλυψης χώρων υγειονομικής ταφής, αποτέφρωσης.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην παρούσα εργασία επικεντρώνεται σε ένα ή δύο στάδια του πλήρους κύκλου ζωής, όπως από «πύλη σε πύλη» ή από «γέννηση σε πύλη». Όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα ροής στη δεξιά πλευρά, η προσέγγιση από «γέννηση σε γέννηση» περιλαμβάνει όλα τα στάδια της κατασκευής και της διαχείρισης του τέλους ζωής.

Συγκεκριμένα, η μελέτη περιλαμβάνει την επίδραση της εξόρυξης των πρώτων υλών και την επεξεργασία υλικών, καθώς και τον κλειστό βρόχο της ανακύκλωσης. Ο κλειστός βρόχος αναφέρεται στην επαναχρησιμοποίηση του γυαλιού στην αρχική του

κατάσταση ή ως ανακυκλωμένο στην παραγωγή για να παραχθούν νέα δοχεία, με αποτέλεσμα τη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για την παραγωγή.

Η μεθοδολογία από τη «γέννηση σε γέννηση» του γυαλιού περιλαμβάνει όλες τις εισροές και εκροές για τη διαχείριση της παραγωγής και του τέλους ζωής συμπεριλαμβανομένων:

- Εξόρυξη και επεξεργασία πρώτων υλών και θραυσμάτων.
- Μεταφορά πρώτων υλών και θραυσμάτων.
- Παραγωγή και καύση καυσίμων και ενέργειας για την τήξη και το σχηματισμό γυαλιού (συμπεριλαμβανομένων και των δραστηριοτήτων μη-τήξης στη μονάδα).
- Επιπτώσεις της επεξεργασίας των θραυσμάτων μετά τον καταναλωτή.
- Μεταφορά του τελικού δοχείου στον τελικό χρήστη.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την πολυκριτηριακή ανάλυση είναι η ιεραρχική ανάλυση αποφάσεων. Στόχος της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι η μικρότερη εκπομπή γραμμικοδύναμων CO₂ συνολικά στον κύκλο ζωής ενός γυάλινου δοχείου.

Ως κριτήρια επιλέχθηκαν δυο:

- 1) Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα
- 2) Κατανάλωση ενέργειας

Οι εναλλακτικές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν σε αριθμό 5:

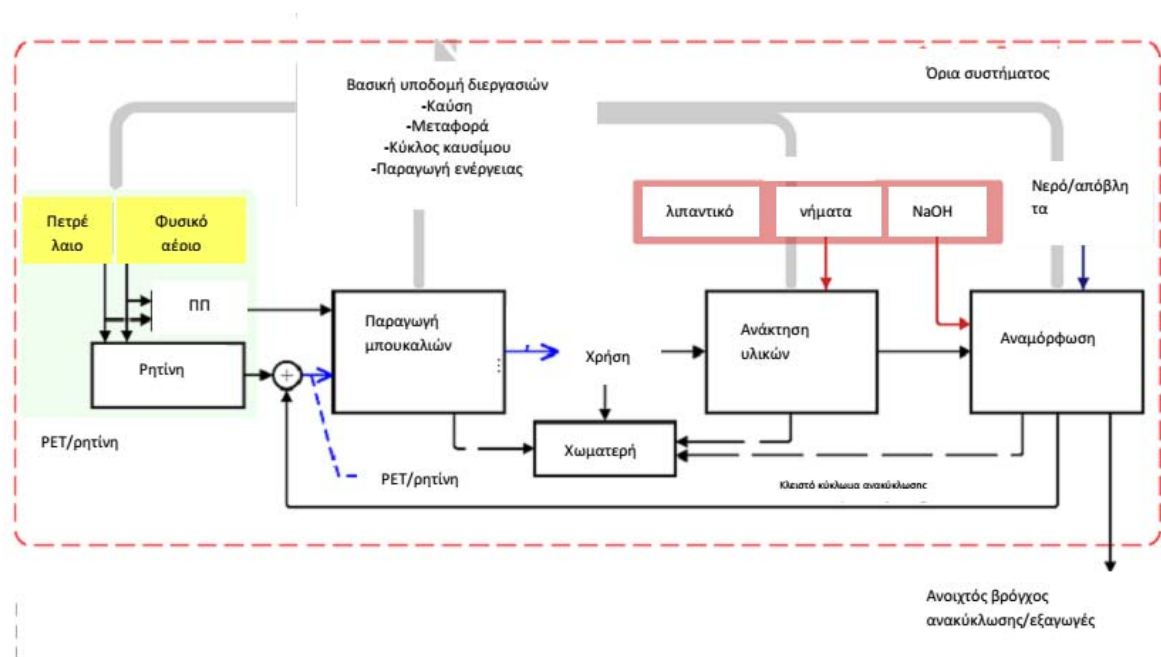
- 3) 10% ανακύκλωση θραυσμάτων γυάλινου περιεχομένου
- 4) 20% ανακύκλωση θραυσμάτων γυάλινου περιεχομένου
- 5) 30% ανακύκλωση θραυσμάτων γυάλινου περιεχομένου
- 6) 40% ανακύκλωση θραυσμάτων γυάλινου περιεχομένου
- 7) 50% ανακύκλωση θραυσμάτων γυάλινου περιεχομένου

Ως υπό-κριτήρια επιλέχθηκαν τα ακόλουθα:

- 1) Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα κατά τη μεταφορά των πρώτων υλών και των θραυσμάτων που ανακυκλώθηκαν.

- 2) Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα κατά την επεξεργασία των πρώτων υλών και των ανακυκλωμένων υαλοθραυσμάτων.
- 3) Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διαδικασία λειτουργίας των φούρνων για την τήξη.
- 4) Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα για διαδικασίες εκτός φούρνου.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για το πλαστικό μπουκάλι είναι ίδια με εκείνη για την ανάλυση του κύκλου ζωής γυάλινων δοχείων. Στην Εικ.8 αντικατοπτρίζεται το Διάγραμμα ροής της ανάλυσης του κύκλου ζωής ενός πλαστικού μπουκαλιού.



Εικόνα 8. Διάγραμμα ροής της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός πλαστικού μπουκαλιού.

Το πεδίο εφαρμογής της παρούσας πολυκριτηριακής ανάλυσης περιλαμβάνει την εξαγωγή των ορυκτών καυσίμων για την πρώτη ύλη πλαστικής ρητίνης, την παραγωγή παρθένων ρητινών, την παραγωγή φιαλών και ποτών, τη διανομή ποτών στο λιανικό εμπόριο, τη διάθεση από τον καταναλωτή σε δημοτικούς κάδους απόρριψης ή ανακύκλωσης, ανάκτηση υλικών από ανακυκλωμένα μπουκάλια και ανάκτηση ανακυκλωμένου τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET) για να σχηματίσουν δευτερογενείς ρητίνες.

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής περιλαμβάνει τις επιπτώσεις από αυτές τις διεργασίες άμεσα, καθώς και τις επιπτώσεις που οφείλονται στην υποστήριξη και τις διαδικασίες

υποδομής που απαιτούνται για την εκτέλεση των μετασχηματισμών. Στο βασικό μοντέλο συμπεριλαμβάνονται όλα τα στάδια του κύκλου ζωής για την παροχή δεδομένων σχετικά με τους πόρους και τις εκπομπές για την παραγωγή καυσίμων, την καύση και τη μεταφορά.

Στην παρούσα ανάλυση κύκλου ζωής δε συμπεριλήφθηκαν για την παραγωγή πρωτογενούς υλικού, διαδικασίες του μοντέλου μας που δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις. Αντί αυτού, κάθε παραγόμενο δευτερεύον υλικό είναι ένα επιπλέον προϊόν του συστήματος του προϊόντος.

Σαν εναλλακτικές επιλέγονται πάλι τα διαφορετικά ποσοστά ανακύκλωσης ενώ σαν κριτήρια επιλέγονται η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και η κατανάλωση χαμηλής ενέργειας.

3.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η ανάλυση και σύγκριση του κύκλου ζωής ενός δοχείου που παρασκευάζεται από γυάλινο υλικό ή από πλαστικό υλικό. Στόχος είναι να εκτιμηθεί το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα μέσα από την πολυκριτηριακή ανάλυση δίνοντας έμφαση σε διαφορετικά σενάρια ποσοστού ανακύκλωσης. Στην ανάλυση του κύκλου ζωής συμπεριλαμβάνονται και τα ποσοστά ανακύκλωσης.

3.2 Πολυκριτηριακή ανάλυση

Η διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης (Analytic Hierarchy Process), που εισήχθη από τον Thomas Saaty (1980), αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο που ασχολείται με τη σύνθετη λήψη αποφάσεων και μπορεί να βοηθήσει τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να θέσει προτεραιότητες και να καταλήξει στην καλύτερη απόφαση.

3.2.1 Διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης (AHP)

Μειώνοντας τις πολύπλοκες αποφάσεις σε μια σειρά ζευγών συγκρίσεων και στη συνέχεια συνθέτοντας τα αποτελέσματα, το AHP συμβάλλει στη συλλογή τόσο των υποκειμενικών όσο και των αντικειμενικών πτυχών της απόφασης. Επιπλέον, το AHP ενσωματώνει μια χρήσιμη τεχνική για τον έλεγχο της συνέπειας των αξιολογήσεων του

υπεύθυνου για τη λήψη αποφάσεων, μειώνοντας έτσι τη μεροληψία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η AHP εξετάζει ένα σύνολο κριτηρίων αξιολόγησης και ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών μεταξύ των οποίων πρέπει να ληφθεί η καλύτερη απόφαση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, δεδομένου ότι ορισμένα από τα κριτήρια θα μπορούσαν να είναι αντίθετα, δεν είναι γενικά αληθές ότι η καλύτερη επιλογή είναι αυτή που βελτιστοποιεί το κάθε ένα κριτήριο, αλλά εκείνο που επιτυγχάνει το πιο κατάλληλο συμβιβασμό μεταξύ των διαφόρων κριτηρίων.

Η AHP παράγει ένα βάρος για κάθε κριτήριο αξιολόγησης σύμφωνα με τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων συγκρίνοντας κατά ζεύγη τα κριτήρια. Όσο υψηλότερο είναι το βάρος, τόσο πιο σημαντικό είναι το αντίστοιχο κριτήριο. Στη συνέχεια, για ένα σταθερό κριτήριο, η AHP αποδίδει ένα σκορ σε κάθε επιλογή σύμφωνα με τα ζεύγη συγκρίσεων των επιλογών που βασίζονται στο εν λόγω κριτήριο. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολογία, τόσο καλύτερη είναι η απόδοση της επιλογής σε σχέση με το κριτήριο που εξετάζεται.

Τέλος, η AHP συνδυάζει τα βάρη κριτηρίων και τις βαθμολογίες επιλογών, καθορίζοντας έτσι ένα συνολικό σκορ για κάθε μια επιλογή και την επακόλουθη κατάταξη. Η συνολική βαθμολογία για μια δεδομένη επιλογή είναι ένα σταθμισμένο άθροισμα της βαθμολογίας που έλαβε σε σχέση με όλα τα κριτήρια.

3.2.2 Χαρακτηριστικά της διαδικασίας

Η AHP είναι ένα πολύ ευέλικτο και ισχυρό εργαλείο γιατί τα αποτελέσματα, και κατά συνέπεια η τελική κατάταξη λαμβάνεται βάσει των σχετικών αξιολογήσεων αλλά και των κριτηρίων και των επιλογών που παρέχονται από το χρήστη. Οι υπολογισμοί που γίνονται από την AHP καθοδηγούνται πάντα από την απόφαση και την εμπειρία του κατασκευαστή, και η AHP μπορεί έτσι να θεωρηθεί ως ένα εργαλείο που είναι σε θέση να μεταφράσει τις αξιολογήσεις (τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές) από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων σε μια πολυκριτηριακή ανάλυση.

Επιπλέον, το AHP είναι απλό, διότι δεν υπάρχει ανάγκη κατασκευής ενός πολύπλοκου συστήματος με τις γνώσεις του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων. Από την άλλη πλευρά, η

AHP μπορεί να απαιτήσει μεγάλο αριθμό αξιολογήσεων από το χρήστη, ειδικά για τα προβλήματα με πολλά κριτήρια και επιλογές. Αν και κάθε αξιολόγηση είναι πολύ απλή, δεδομένου ότι απαιτεί μόνο από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να εκφράσει τον τρόπο σύγκρισης δύο εναλλακτικών επιλογών ή κριτηρίων μεταξύ τους, το φορτίο της αξιολόγησης μπορεί να γίνει περίπλοκο.

Στην πραγματικότητα ο αριθμός των ζευγών συγκρίσεων αυξάνεται τετραδικά με τον αριθμό των κριτηρίων και των επιλογών. Για παράδειγμα, κατά τη σύγκριση 10 εναλλακτικών λύσεων σε 4 κριτήρια, $4 \times 3/2 = 6$ συγκρίσεις για την κατασκευή του φορέα βάρους και $4 \times (10 \times 9/2) = 180$ συγκρίσεις ζευγών είναι απαραίτητες για την κατασκευή της μήτρας βαθμολογίας.

Ωστόσο, για να μειωθεί ο φόρτος εργασίας του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων, το AHP μπορεί να είναι εντελώς ή εν μέρει αυτοματοποιημένο, καθορίζοντας κατάλληλα κατώτατα όρια για την αυτόματη λήψη αποφάσεων σε ορισμένα ζεύγη συγκρίσεων.

3.2.3 Εφαρμογή της μεθόδου

Η AHP μπορεί να υλοποιηθεί σε τρία απλά βήματα:

- 1) Υπολογισμός του φορέα των σταθμών κριτηρίων.
- 2) Υπολογισμός του πίνακα των βαθμολογιών επιλογών.
- 3) Κατάταξη των επιλογών.

Κάθε βήμα θα περιγραφεί λεπτομερώς στις ακόλουθες παραγράφους.

Προκειμένου να υπολογιστούν τα βάρη για τα διαφορετικά κριτήρια, η AHP αρχίζει να δημιουργεί ένα ζεύγος πίνακα σύγκρισης A . Η μήτρα A είναι πραγματική μήτρα $m \times m$, όπου m είναι ο αριθμός των κριτηρίων αξιολόγησης. Κάθε καταχώρηση a_{jk} του πίνακα A αντιπροσωπεύει τη σημασία του κριτηρίου j_{th} σε σχέση με το κριτήριο k . Αν $a_{jk} > 1$, τότε το κριτήριο j_{th} είναι πιο σημαντικό από το κριτήριο k , ενώ αν $a_{jk} < 1$, τότε το κριτήριο j_{th} είναι λιγότερο σημαντικό από το κριτήριο k . Εάν δύο κριτήρια έχουν την ίδια σημασία, τότε η εγγραφή a_{jk} είναι 1. Οι καταχωρήσεις a_{jk} και a_{kj} πληρούν τον ακόλουθο περιορισμό:

$$a_{jk} \times a_{kj} = 1$$

(1)

Προφανώς $a_{jj}=1$ για όλα τα j . Η σχετική σημασία μεταξύ δύο κριτηρίων μετράτε σύμφωνα με την αριθμητική κλίμακα από 1 έως 9, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7, όπου θεωρείται ότι το κριτήριο j^{th} είναι ίσο ή πιο σημαντικό από το κριτήριο k . Οι φράσεις που χρησιμοποιούνται στον Πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μεταφράσουν επίσης ποιοτικές αξιολογήσεις του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων σχετικά με τη σημασία μεταξύ δύο κριτηρίων σε αριθμούς. Είναι επίσης δυνατή η εκχώρηση ενδιάμεσων τιμών που δεν αντιστοιχούν σε ακριβή ερμηνεία. Οι τιμές στη μήτρα A είναι ανά ζεύγος, ενώ από την άλλη πλευρά, οι αξιολογήσεις ενδέχεται γενικά να δείχνουν ελαφρά ασυνεπείς, ωστόσο, αυτά δεν προκαλούν σοβαρές δυσκολίες στην AHP.

Πίνακας 7. Πίνακα σχετικής βαθμολόγησης των κριτηρίων.

Τιμή a_{jk}	Μετάφραση
1	το j με το k είναι το ίδιο σημαντικά
3	το j είναι λίγο πιο σημαντικό από το k
5	το j είναι πολύ πιο σημαντικό από το k
7	το j είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό πιο σημαντικό από το k
9	το j είναι σίγουρα πιο σημαντικό από το k

Μόλις κατασκευαστεί η μήτρα A , είναι δυνατόν να αντληθεί από την κανονικοποιημένη σύγκριση ζευγών κάνοντας το άθροισμα των καταχωρήσεων ίσο με το 1 σε κάθε στήλη, δηλ. κάθε είσοδος jk της μήτρας υπολογίζεται ως εξής:

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{l=1}^m a_{lk}} \quad (2)$$

Τέλος, ο συντελεστής βαρών w (δηλαδή ένας διανυσματικός φορέας στήλης) κατασκευάζεται από τον μέσο όρο των καταχωρίσεων σε κάθε σειρά του A_{norm} , δηλ.

$$w_j = \frac{\sum_{l=1}^m a_{jl}}{m} \quad (3)$$

3.3 Ανάλυση κύκλου ζωής

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (AKZ) έχει εξελιχθεί σε ένα σημαντικό εργαλείο για την λήψη αποφάσεων με στόχο την αειφόρο υποστήριξη. Η συνάφειά της δεν έχει ακόμη κριθεί όσον αφορά την ποιότητα της υποστήριξης που παρέχει: παρέχει τις πληροφορίες όπως απαιτείται ή μπορεί να κάνει καλύτερη δουλειά; Αυτό εξαρτάται σχετικά με τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν. Το σημείο εκκίνησης ήταν η εφαρμογή σε σχετικά απλές επιλογές, όπως η πραγματοποίηση τεχνικών αλλαγών στα προϊόντα και η επιλογή ενός υλικού σε σχέση με το άλλο, με τη συσκευασία ως κύριο παράδειγμα. Στη συνέχεια ακολούθησε η χρήση της AKZ στις επιλογές των καταναλωτών. Με την πάροδο του χρόνου, υπήρξε μια στροφή προς πιο εμπειριστά ζητήματα, όπως η ελκυστικότητα των βιοκαυσίμων και η συνάφεια των αλλαγών στον τρόπο ζωής.

3.3.1 Ιστορική αναδρομή

Η έννοια της διερεύνησης του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή μιας λειτουργίας αρχικά αναπτύχθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες κατά τη δεκαετία του 1950 και του εξήντα στο πλαίσιο των δημόσιων αγορών. Τότε, το κόστος χρήσης συχνά έφερε το κύριο μερίδιο του συνολικού κόστους. Μια πρώτη αναφορά στην έννοια του κύκλου ζωής, με αυτό το όνομα, γίνεται από τον Novick (1959) σε μια έκθεση της RAND Corporation, εστιάζοντας στην ανάλυση του κύκλου ζωής του κόστους.

Το κόστος των οπλικών συστημάτων, μια κύρια εφαρμογή εκείνης της εποχής, περιλαμβάνει όχι μόνο το κόστος αγοράς ή μόνο το κόστος χρήσης, αλλά καλύπτει επίσης το κόστος ανάπτυξης και το κόστος των εργασιών στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

Η ανάλυση κύκλου ζωής (ακόμα αναφέρεται ως «αξιολόγηση») έγινε το εργαλείο για τη βελτίωση της διαχείρισης του προϋπολογισμού, συνδέοντας τη λειτουργικότητα με το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας. Αυτό ήταν ένα πρώτο βήμα για την κυβέρνηση, ενώ σύντομα ακολούθησαν ζητήματα μεθόδων και οι ερωτήσεις τυποποίησης, όπως: Πώς θα πρέπει τα δεδομένα σχετικά με τις προηγούμενες επιδόσεις να σχετίζονται με τις αναμενόμενες μελλοντικές επιδόσεις; Πώς ορίζεται η λειτουργικότητα; Μπορούν μικρότερα συστήματα όπως κινητήρες αεριοθουμένων να αποσυρθούν από τη λειτουργία του συνόλου του αεροπλάνου;

Για την ανάλυση του δημόσιου προϋπολογισμού, η προσέγγιση του κύκλου ζωής οδήγησε σε γενικές ερωτήσεις σχετικά με τη μεθοδολογία και την τυποποίηση, όπως στην Marks & Massey (1971), που επίσης συνδέεται με άλλα εργαλεία για τον κύκλο ζωής, για την ανάλυση και ειδικά για την ανάλυση κόστους - όφελους.

Η έννοια του κύκλου ζωής εξαπλώθηκε γρήγορα στον ιδιωτικό τομέα όπου οι επιχειρήσεις έθεταν παρόμοιες ερωτήσεις. Μέχρι το 1985, ένα έγγραφο έρευνας (Gurta et al., 1985) έδειξε πάνω από εξακόσιες σαφείς μελέτες κύκλου ζωής που είχαν δημοσιευθεί, όλες εστιασμένες στο σχετικό κόστος του συστήματος ως προς τη λειτουργικότητα. Τα θέματα μεθοδολογίας για παράδειγμα αντιμετωπίστηκαν με επιχειρησιακό τρόπο (Dhillon, 2009). Η βελτιστοποίηση της ανάπτυξης του συστήματος και της απόδοσης του συστήματος έγινε βασικός στόχος για την πλέον ευρέως εφαρμοζόμενη ανάλυση του κόστους ζωής του δημόσιου και του ιδιωτικού κύκλου ζωής.

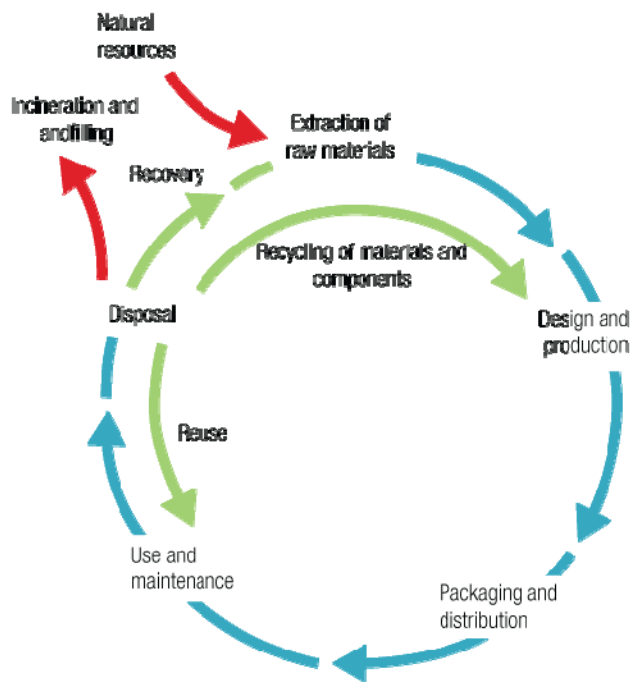
Υπάρχει τώρα πάνω από μισός αιώνας εμπειρίας σχετικά με τη λειτουργική ανάλυση του κόστους του συστήματος, (Suh et al., 2004) η οποία συνεχίζεται παράλληλα με την εκτίμηση περιβαλλοντικού κύκλου ζωής ή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (που μετακινείται τώρα από την Ανάλυση στην Αξιολόγηση), και αργότερα μεταβαίνει στην έννοια του κόστους του κύκλου ζωής (Life Cycle Costing). Η επιστροφή στις ρίζες αυτές μπορεί να είναι μια ενδιαφέρουσα προσπάθεια.

3.3.2 Ανάλυση κύκλου ζωής και περιβάλλον

Η έννοια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος είχε ήδη αναπτυχθεί πλήρως όταν η περιβαλλοντική πολιτική έγινε ένα σημαντικό θέμα σε όλες τις βιομηχανικές κοινωνίες, στο τέλος της δεκαετίας του εξήντα και στις αρχές της δεκαετίας του εβδομήντα. Οι περιβαλλοντικές πολιτικές, κυρίως τύπου command and - control, ήταν αρχικά προσανατολισμένες στην πηγή όπου κατάφεραν και πραγματοποίησαν πολύ σημαντικές μειώσεις των αερίων εκπομπών.

Σύντομα έγινε σαφές ότι όλα τα μέτρα ανέβαζαν το κόστος, ωστόσο, άλλες εναλλακτικές λύσεις δεν εισήχθησαν εύκολα στο ρυθμιστικό πλαίσιο και στο πλαίσιο ελέγχου όπως είχε αναπτυχθεί. Με τις μεταβολές στον τρόπο μεταφοράς, για παράδειγμα, ήταν σαφές ότι δεν ήταν εύκολο να εισέλθουν κανονισμοί. Η συγκριτική ανάλυση τέτοιων διαφορετικών τεχνικών για μια παρόμοια λειτουργία δύσκολα αναπτύχθηκε με πρακτικό τρόπο. Η ανάλυση κόστους-οφέλους για παράδειγμα, επικεντρώθηκε σε έργα που στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της ευημερίας. Ξεκινώντας το 1971 με την εκτελεστική εντολή 20503, για παράδειγμα, έγινε υποχρεωτικό για περιβαλλοντικά ρυθμιστικά προγράμματα στις ΗΠΑ, να στοχεύουν στην ποιότητα ζωής.

Σήμερα έχει λάβει ευρύτερη έννοια η έννοια του κύκλου ζωής. Η έννοια του κύκλου ζωής (LCT) ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας υπερβαίνει την παραδοσιακή εστίαση στον χώρο παραγωγής και στις διαδικασίες παραγωγής και περιλαμβάνει περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις ενός προϊόντος σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του. Οι κύριοι στόχοι της ανάλυσης του κύκλου ζωής είναι να μειώσει τη χρήση των πόρων του προϊόντος και τις επιπτώσεις, π.χ. αέριες εκπομπές στο περιβάλλον, καθώς και στη βελτίωση των κοινωνικοοικονομικών επιδόσεων του μέσω του κύκλου ζωής του. Αυτό μπορεί να διευκολύνει τις σχέσεις μεταξύ της οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής διάστασης μέσα σε έναν οργανισμό και μέσω ολόκληρης της αλυσίδας αξίας. Στην Εικ. 9 απεικονίζεται ένα τυπικό διάγραμμα κύκλου ζωής ενός προϊόντος.



Εικόνα 9. Τυπικό διάγραμμα κύκλου ζωής προϊόντος.

Εξετάζοντας τον βιομηχανικό τομέα, η υιοθέτηση της ανάλυσης του κύκλου ζωής ως προσέγγιση, σημαίνει υπέρβαση της στενότερης παραδοσιακής εστίασης στην εγκατάσταση παραγωγής μιας επιχείρησης. Ένας κύκλος ζωής του προϊόντος μπορεί να ξεκινήσει με την εξόρυξη πρώτων υλών από τους φυσικούς πόρους στο έδαφος και την παραγωγή ενέργειας. Τα υλικά και η ενέργεια αποτελούν μέρος της παραγωγής, της συσκευασίας, της διανομής, της χρήσης, της συντήρησης και τελικά της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης, της ανάκτησης ή της τελικής διάθεσης. Σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής υπάρχει η δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης πόρων και βελτίωσης της απόδοσης των προϊόντων.

Η περιβαλλοντική εκτίμηση είναι μια διαδικασία που διασφαλίζει ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποφάσεων λαμβάνονται υπόψη πριν από τη λήψη των αποφάσεων. Η αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων μπορεί να γίνει για μεμονωμένα έργα, όπως φράγμα, αυτοκινητόδρομο, αεροδρόμιο ή εργοστάσιο, βάσει της οδηγίας 2011/92/ΕΕ (γνωστής ως «εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων» - οδηγία ΕΠΕ) ή για δημόσια σχέδια ή προγράμματα βάση της οδηγίας 2001/42/ΕΚ (γνωστή ως «Στρατηγική περιβαλλοντική εκτίμηση» - οδηγία SEA).

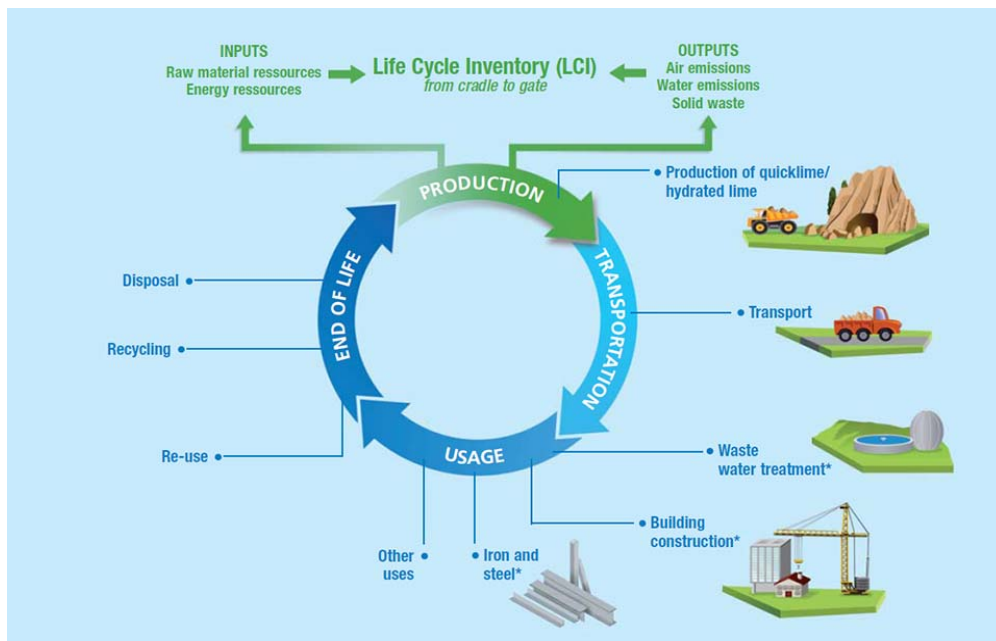
Η κοινή αρχή και των δύο οδηγιών είναι να διασφαλιστεί ότι τα σχέδια, τα προγράμματα και τα έργα που ενδέχεται να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον υποβάλλονται σε περιβαλλοντική εκτίμηση πριν από την έγκρισή τους. Η διαβούλευση με το κοινό αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των διαδικασιών περιβαλλοντικής αξιολόγησης.

Σήμερα, ο αντίκτυπος των προϊόντων και των υπηρεσιών στο περιβάλλον έχει γίνει ένα βασικό στοιχείο των διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Αντί να εξετάζονται μεμονωμένα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως αυτές που προκύπτουν από την παραγωγή, τη χρήση ή τη διάθεση, οι κοινωνίες του μέλλοντος θα πρέπει να εξετάσουν το σύνολο του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Στο πλαίσιο αυτό, «η σκέψη του κύκλου ζωής» έχει γίνει ένας κεντρικός πυλώνας των περιβαλλοντικών πολιτικών και της βιώσιμης λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων. Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) είναι ένα εργαλείο για την επανεξέταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους από την εξόρυξη πρώτων υλών μέσω της μεταφοράς, της κατασκευής και της χρήσης μέχρι το τέλος της ζωής τους.

Προκειμένου η ανάλυση να έχει νόημα, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν συνεπή και αξιόπιστα δεδομένα. Επομένως, ένα κρίσιμο πρώτο βήμα στη διαδικασία LCA είναι η παραγωγή ενός Αποθέματος Κύκλου Ζωής (AKZ). Το AKZ αποτελεί ένα εκτεταμένο σύνολο δεδομένων σχετικά με τις σχετικές εισροές ενέργειας και υλικών και τις περιβαλλοντικές εκροές.

Για παράδειγμα, σε αυτό το πλαίσιο, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει αναπτύξει ένα AKZ «από τη βάση προς την έξοδο» για τον άνυδρο ασβέστη και τον ενυδατωμένο ασβέστη. Η μελέτη του LCI είναι η πρώτη αντιπροσωπευτική μελέτη που καλύπτει την ευρωπαϊκή παραγωγή ασβέστου, με βάση μια εκτενή συλλογή και επεξεργασία δεδομένων.



Εικόνα 10. Απολογισμός κύκλου ζωής.

Ο Απολογισμός Κύκλου Ζωής (Life Cycle Inventory) (Εικ.10) που ανατέθηκε από την ΕΕ παρέχει αξιόλογα και αξιόπιστα δεδομένα στους μεταγενέστερους χρήστες που προτίθενται να πραγματοποιήσουν ανάλυση του κύκλου ζωής για τα προϊόντα τους.

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA), όπως προαναφέρθηκε, είναι ένα εργαλείο για την αναθεώρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους από την εξόρυξη πρώτων υλών μέσω της μεταφοράς, της κατασκευής και της χρήσης μέχρι το τέλος της ζωής τους.

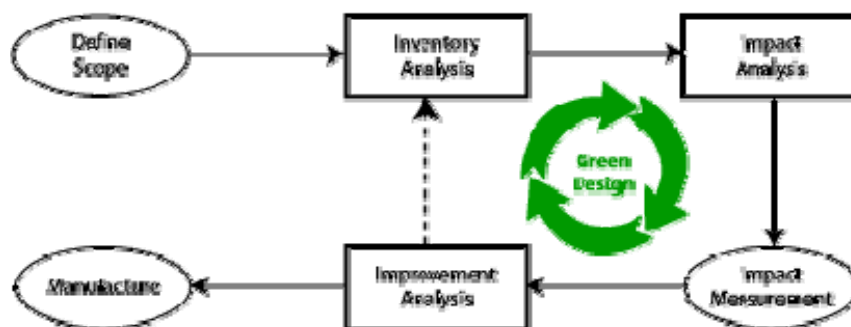
3.3.3 Προσέγγιση της ανάλυσης του κύκλου ζωής

Η κατασκευή ενός προϊόντος μπορεί να είναι πολύ περίπλοκη. Οι πρώτες ύλες προέρχονται από πολλές διαφορετικές πηγές και η απόκτηση του καθενός από τα υλικά αυτά περιλαμβάνει μια διαφορετική σειρά εισροών, αποτελεσμάτων και διαδικασιών, καθένα από τα οποία έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για να προσδιοριστεί η συνολική περιβαλλοντική επίπτωση ενός προϊόντος, είναι απαραίτητο να γίνει μια ανάλυση κύκλου ζωής.

Για να εξεταστεί πόσο ένα προϊόν επηρεάζει το περιβάλλον, είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη όλες οι εισροές και οι εκροές καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος, από τη γέννησή του, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού, της εξαγωγής πρώτων υλών, της παραγωγής υλικών, τη χρήση και την τελική διάθεσή του.

Το πρώτο στάδιο της ανάλυσης του κύκλου ζωής ονομάζεται ανάλυση απογραφής. Σε μια ανάλυση απογραφής, ο στόχος είναι να εξεταστούν όλες οι εισροές και οι εκροές στον κύκλο ζωής του προϊόντος, ξεκινώντας με το προϊόν από το οποίο αποτελείται, από που προέρχονται τα υλικά αυτά, που κινούνται, καθώς και τις εισροές και εκροές που σχετίζονται με τα εν λόγω συστατικά υλικά κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

Είναι επίσης απαραίτητο να συμπεριληφθούν οι εισροές και οι έξοδοι κατά τη διάρκεια της χρήσης του προϊόντος, όπως το εάν το προϊόν χρησιμοποιεί ή όχι ηλεκτρική ενέργεια. Ο σκοπός της ανάλυσης απογραφής είναι να ποσοτικοποιήσει τί εισέρχεται και τί εξέρχεται, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας και του υλικού που σχετίζεται με την εξόρυξη υλικών, την παραγωγή και τη συναρμολόγηση, τη διανομή, τη χρήση και τη διάθεση των προϊόντων και τις περιβαλλοντικές εκπομπές που προκύπτουν.



Εικόνα 11. Σκοπός και πορεία της ανάλυσης του κύκλου ζωής.

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι η ανάλυση του αντίκτυπου κατά την οποία ανάλυση απαριθμούνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που εντοπίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο, όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής ενέργειας για τις διεργασίες και τα επικίνδυνα απόβλητα που εκπέμπονται στη διαδικασία παραγωγής.

Μόλις αναλυθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις όλων των εισροών και αποτελεσμάτων του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, η ανάλυση κύκλου ζωής παράγει

έναν αριθμό που αντιπροσωπεύει πόσο επηρεάζεται το περιβάλλον. Ωστόσο, ο κύριος σκοπός της ανάλυσης είναι να αξιολογηθεί, από τη στιγμή που προσδιορίζονται ποσοτικά οι εισροές και οι εκροές, το πώς επηρεάζεται το προϊόν από το περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

Μόλις υπολογιστεί ο γενικός περιβαλλοντικός αντίκτυπός του, το επόμενο βήμα είναι η διεξαγωγή ανάλυσης βελτίωσης για να διαπιστωθεί ο αντίκτυπος του προϊόντος στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, η εξοικονόμηση ενέργειας ή νερού στη διαδικασία κατασκευής θα μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτής της διαδικασίας. Αντικαθιστώντας ένα λιγότερο επικίνδυνο χημικό αντί για ένα πιο τοξικό θα μειωνόταν επίσης η πρόσκρουση. Στη συνέχεια γίνεται η αλλαγή στην ανάλυση απογραφής για τον υπολογισμό του συνολικού περιβαλλοντικού αντίκτυπου.

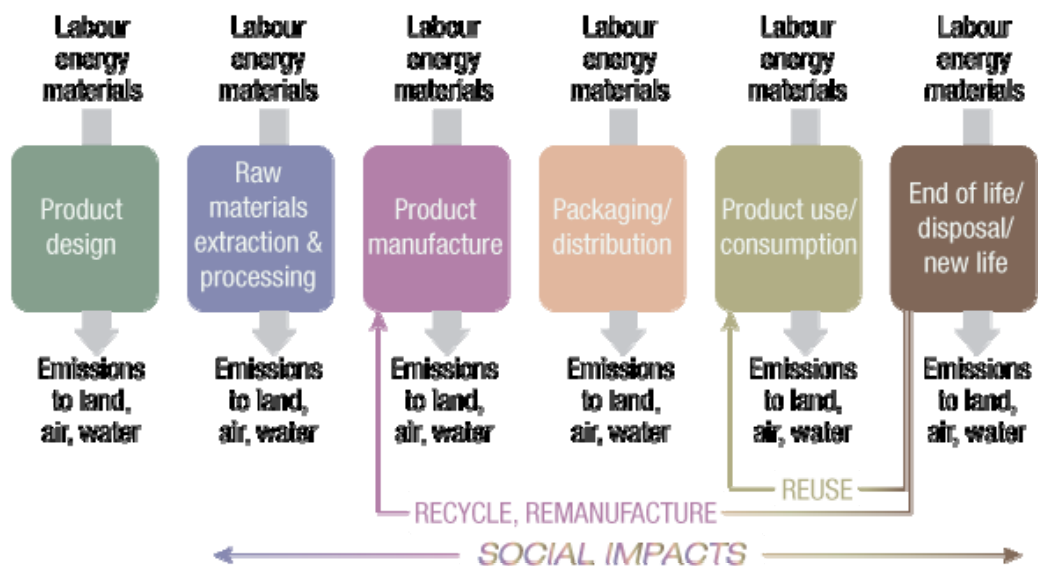
Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις, προγράμματα και δραστηριότητες για την ανάλυση του κύκλου ζωής που είναι απαραίτητες για μια πράσινη οικονομία. Αυτά έχουν αναπτυχθεί για να βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων σε όλα τα επίπεδα σχετικά με την ανάπτυξη προϊόντων, την παραγωγή, την προμήθεια και την τελική διάθεση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλους τους τομείς και να προσφέρουν τη δυνατότητα να εξετασθούν διάφορες βασικές κατηγορίες και δείκτες επιπτώσεων, οι οποίες αξιολογούν τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις (π.χ. περιβαλλοντική ΑΚΖ και κοινωνική ΑΚΖ, αποτύπωμα άνθρακα, αποτύπωμα νερού κ.λπ.) αυτών και για τους τρεις βασικούς πυλώνες της αειφορίας (π.χ. αξιολόγηση της βιωσιμότητας του κύκλου ζωής).

3.3.4 Πλεονεκτήματα της ανάλυσης του κύκλου ζωής

Μια προσέγγιση κύκλου ζωής μπορεί να μας βοηθήσει να κάνουμε επιλογές. Αυτό συνεπάγεται ότι όλοι σε ολόκληρη την αλυσίδα του κύκλου ζωής του προϊόντος, από το την πηγή μέχρι την τελική απόρριψη, έχουν ευθύνη και παίζουν κάποιο ρόλο λαμβάνοντας υπόψη όλες τις σχετικές επιπτώσεις στην οικονομία, στο περιβάλλον και στην κοινωνία.

Οι επιπτώσεις όλων των σταδίων του κύκλου ζωής πρέπει να λαμβάνονται πλήρως υπόψη από τους πολίτες, τις εταιρείες και τις κυβερνήσεις, όταν λαμβάνουν αποφάσεις

σχετικά με τα πρότυπα κατανάλωσης και παραγωγής, τις πολιτικές και τις στρατηγικές διαχείρισης (Εικ. 12).



Εικόνα 12. Κοινωνικές επιπτώσεις της ανάλυσης του κύκλου ζωής.

Η προσέγγιση της ανάλυσης του κύκλου ζωής επιτρέπει στους σχεδιαστές προϊόντων, στους φορείς παροχής υπηρεσιών, στους κυβερνητικούς παράγοντες και στα άτομα να κάνουν επιλογές μακροπρόθεσμα λαμβάνοντας υπόψη όλα τα περιβαλλοντικά μέσα (π.χ. αέρα, νερό, γη). Οι προσεγγίσεις του κύκλου ζωής αποφεύγουν να μετατοπίζουν προβλήματα από το ένα στάδιο του κύκλου ζωής στο άλλο, από μια γεωγραφική περιοχή στην άλλη και από ένα περιβαλλοντικό μέσο (π.χ. ποιότητα του αέρα) σε ένα άλλο (π.χ. νερό ή έδαφος).

Πολλές αποφάσεις στην πράξη βασίζονται ήδη στην προσέγγιση του κύκλου ζωής. Για παράδειγμα, οι αποφάσεις αγοράς καταναλωτών μέσω οικολογικών σημείων ή εταιρικών εκθέσεων για περιβαλλοντικά και κοινωνικά θέματα, ο σχεδιασμός προϊόντων και υπηρεσιών μέσω μελετών αξιολόγησης κύκλου ζωής, ο σχεδιασμός για το περιβάλλον, οι υπολογισμοί συνολικού κόστους της ιδιοκτησίας ή συστήματα διαχείρισης που προσανατολίζονται προς τα προϊόντα ή τις εγκαταστάσεις, δημιουργία κυβερνητικής πολιτικής με τη συμμετοχή ενός ευρέος φάσματος ενδιαφερομένων (π.χ. μέσω των πάνελ προϊόντων) ή μέσω προσεγγίσεων της ολοκληρωμένης πολιτικής προϊόντων (ΟΠΠ). Συνολικά, οι προσεγγίσεις του κύκλου ζωής μπορούν να φέρουν πολλά οφέλη σε τομείς όπως:

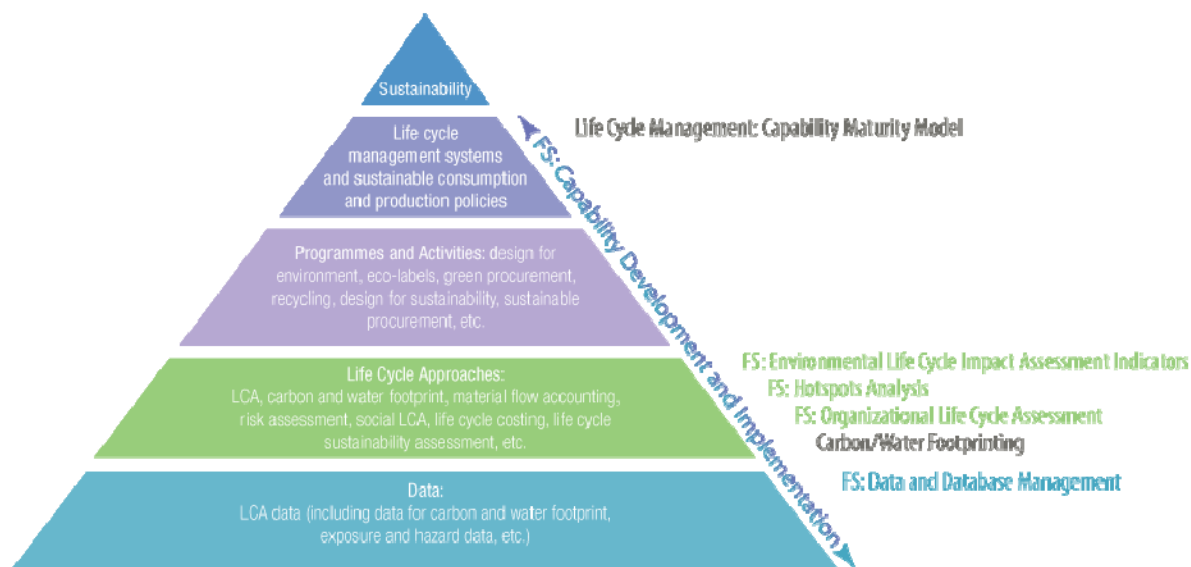
Οφέλη για τις βιομηχανίες: Με την ενσωμάτωση της προοπτικής του κύκλου ζωής στη συνολική διαχείριση και την προώθηση της ανάπτυξης προϊόντων και διαδικασιών σε πιο βιώσιμη κατεύθυνση, μια βιομηχανία μπορεί να συγκεντρώσει τα οφέλη της περιβαλλοντικής, επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας, της διαχείρισης κινδύνου και ποιότητας, καθώς και επιλογές για την ανάπτυξη και εφαρμογή καθαρότερων διαδικασιών και προϊόντων. Η ενσωμάτωση του κύκλου ζωής και της διαχείρισης της βιωσιμότητας θα βελτιώσουν την εικόνα και την αξία του σήματος τόσο για τους φορείς της παγκόσμιας αγοράς, όσο και για τους μικρότερους προμηθευτές και παραγωγούς.

Οφέλη για τους κυβερνώντες: Οι κυβερνητικές πρωτοβουλίες όχι μόνο θα εξασφαλίσουν και θα ενισχύσουν τη θέση των βιομηχανικών τομέων και των υπηρεσιών στις περιφερειακές και τις παγκόσμιες αγορές, αλλά θα εξασφαλίσουν και τα συνολικά περιβαλλοντικά οφέλη για την κοινωνία (ισορροπημένα με οικονομικές και κοινωνικές πτυχές). Ενεργώντας σε υποστηρικτικά προγράμματα και πρωτοβουλίες και εφαρμόζοντας προσεγγίσεις κύκλου ζωής, οι κυβερνήσεις μπορούν να επιδείξουν παγκόσμια ευθύνη και διακυβέρνηση με την ανταλλαγή και τη διάδοση επιλογών βιωσιμότητας, παγκοσμίως.

Οφέλη για τους καταναλωτές: Οι προσεγγίσεις του κύκλου ζωής θα βοηθήσουν την κατανάλωση να κατευθυνθεί σε μια πιο βιώσιμη κατεύθυνση, προσφέροντας καλύτερες πληροφορίες για την αγορά, τα συστήματα μεταφορών, τις πηγές ενέργειας, ώστε να καθοδηγήσει τους καταναλωτές. Προσφέρει μια πλατφόρμα για διάλογο μεταξύ πολλών ενδιαφερομένων και με συμμετοχή του κοινού με βιομηχανίες και κυβερνήσεις, από το τοπικό πρόγραμμα δράσης έως τις εθνικές και διεθνείς στρατηγικές για την αειφόρο ανάπτυξη.

Το πλαίσιο βιωσιμότητας (Εικ. 13) περιγράφει μια Εικόνα όπου η βιωσιμότητα επιτυγχάνεται με τη χρήση προσεγγίσεων, προγραμμάτων και δραστηριοτήτων του κύκλου ζωής και υποστηρίζεται από συναφή και αξιόπιστα σύνολα δεδομένων καθώς και από ένα κατάλληλο πλαίσιο πολιτικής.

Phase III Flagship Activities (FS) and other workstreams



Εικόνα 13. Πλαίσιο βιωσιμότητας

Στην παρούσα εργασία με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος solidworks πραγματοποιείται η ποσοτική ανάλυση του κύκλου ζωής των προϊόντων, του καθενός ξεχωριστά και στη συνέχεια και των δυο ταυτόχρονα. Στην ανάλυση του κύκλου ζωής λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

Αέρια οξείδωση: Διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου και άλλες όξινες εκπομπές στον αέρα προκαλούν αύξηση της οξύτητας του βρόχινου νερού, γεγονός που με τη σειρά του οξύνει τις λίμνες και το έδαφος. Αυτά τα οξέα μπορούν να καταστήσουν το έδαφος και το νερό τοξικά για τα φυτά και την υδρόβια ζωή. Η όξινη βροχή μπορεί επίσης να διαλύσει αργά ανθρωπογενή οικοδομικά υλικά όπως το σκυρόδεμα. Αυτός ο αντίκτυπος τυπικά μετρείται σε μονάδες είτε σε kg ισοδυνάμου διοξειδίου του θείου (SO₂) είτε σε ισοδύναμα γραμμομόρια H⁺.

Αποτύπωμα άνθρακα: Το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια που προκύπτουν από την καύση ορυκτών καυσίμων συσσωρεύονται στην ατμόσφαιρα, γεγονός που με τη σειρά του αυξάνει τη μέση θερμοκρασία της γης. Το αποτύπωμα άνθρακα λειτουργεί ως υποκατάστατο για τον μεγαλύτερο παράγοντα επιπτώσεων που αναφέρεται ως δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential - GWP). Η υπερθέρμανση του πλανήτη κατηγορείται για προβλήματα όπως απώλεια παγετώνων, εξαφάνιση ειδών και πιο ακραίες καιρικές συνθήκες, μεταξύ άλλων.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας: Μέτρο των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που σχετίζεται με τον κύκλο ζωής τους μετριέται σε μονάδες megajoules (MJ). Αυτός ο αντίκτυπος περιλαμβάνει όχι μόνο την ηλεκτρική ενέργεια ή τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος αλλά και την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή και την επεξεργασία αυτών των καυσίμων και την ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών που θα απελευθερωνόταν αν καίγονταν. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας εκφράζεται ως η καθαρή θερμογόνος δύναμη της ζήτησης ενέργειας από μη ανανεώσιμους πόρους (π.χ. πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.λπ.). Τέλος αξιολογούνται οι αποδόσεις στην ενεργειακή μετατροπή (π.χ. ισχύς, θερμότητα, ατμός κ.λπ.).

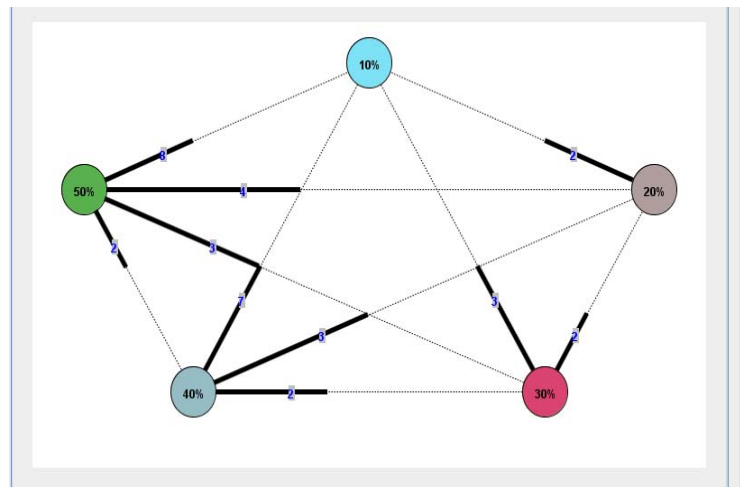
Ευτροφισμός του νερού: Όταν προστίθεται μια υπερβολική ποσότητα θρεπτικών ουσιών σε ένα υδατικό οικοσύστημα, συμβαίνει ευτροφισμός. Το άζωτο και ο φώσφορος από τα λύματα και τα αγροτικά λιπάσματα προκαλούν υπερβολική αφυδάτωση των φυκιών, τα οποία στη συνέχεια καταστρέφουν το οξυγόνο του νερού και οδηγούν στον θάνατο τόσο τη φυτική όσο και τη ζωική ζωή. Αυτή η πρόσκρουση τυπικά μετράτε είτε σε ισοδύναμο φωσφορικών (PO_4) ή σε ισοδύναμο αζώτου (N) kg.

Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA): Πρόκειται για μια μέθοδο ποσοτικής εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, από την προμήθεια πρώτων υλών μέσω της παραγωγής, της διανομής, της χρήσης, της διάθεσης και της ανακύκλωσης αυτού του προϊόντος.

4 Αποτελέσματα

4.1 Ανάλυση κύκλου ζωής γυάλινου δοχείου

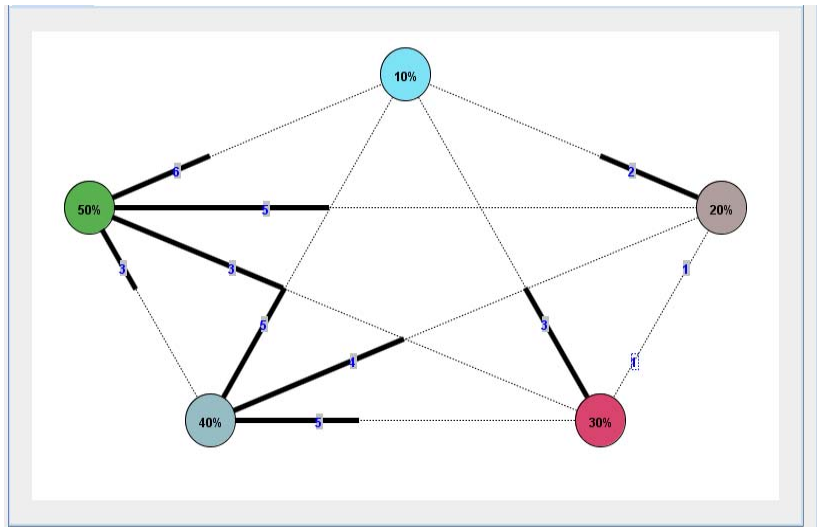
Στο Διάγραμμα 1 αντικατοπτρίζεται η βαρύτητα της κάθε εναλλακτική στη συνολική εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα. Όπως αναμένονταν όσο μικρότερο είναι το ποσοστό των ανακυκλωμένων υαλοθραυσμάτων τόσο μεγαλύτερη είναι η βαρύτητα ως προς τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα.



Διάγραμμα 1. Βαρύτητα της κάθε εναλλακτικής ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

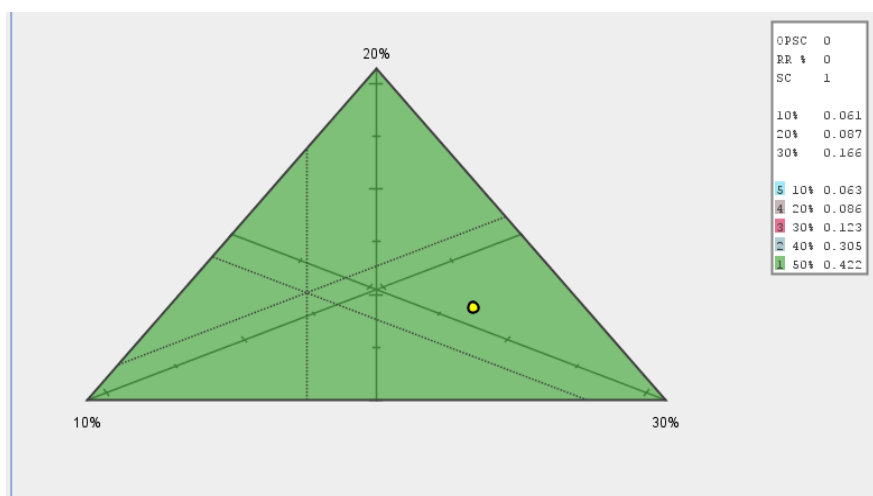
Στο Διάγραμμα 2 αντικατοπτρίζεται η βαρύτητα της κάθε διεργασίας ως προς την κατανάλωση ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη και το ανακυκλωμένο ποσοστό, όπως προαναφέρθηκε. Οι φούρνοι τήξης έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, ακολουθεί η επεξεργασία των πρώτων υλών και των ανακυκλωμένων θραυσμάτων, έπειτα οι διαδικασίες εκτός φούρνου και τέλος η μεταφορά των πρώτων υλών και των ανακυκλωμένων υλικών.

Στο Διάγραμμα 2 δίνεται η βαρύτητα του κάθε ποσοστού ανακύκλωσης ως προς κάποιο άλλο ποσοστό με βάση την κατανάλωση ενέργειας. Επίσης σημειώνεται ότι το δεύτερο κριτήριο, δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας επιλέχθηκε σε βαθμό 2, δηλαδή να είναι λίγο πιο σημαντική από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

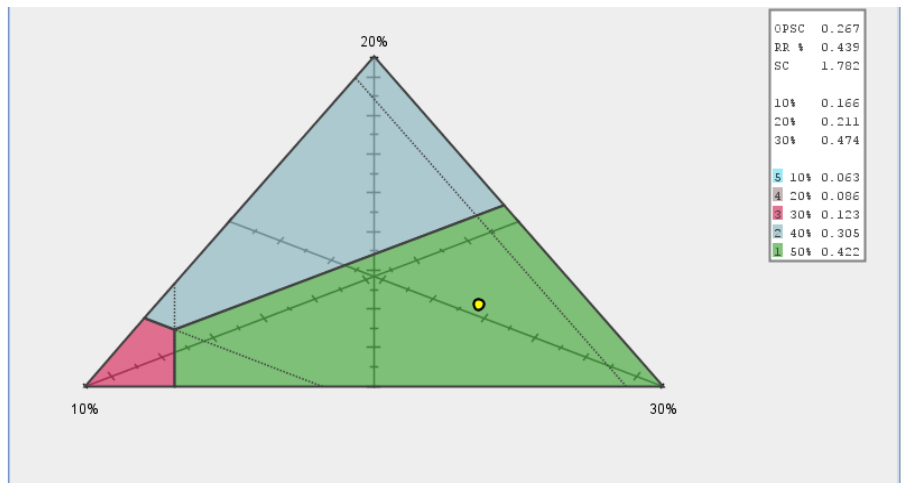


Διάγραμμα 2. Βαρύτητα των κύριων διεργασιών σε όλα τα στάδια ζωής ως προς την κατανάλωση ενέργειας.

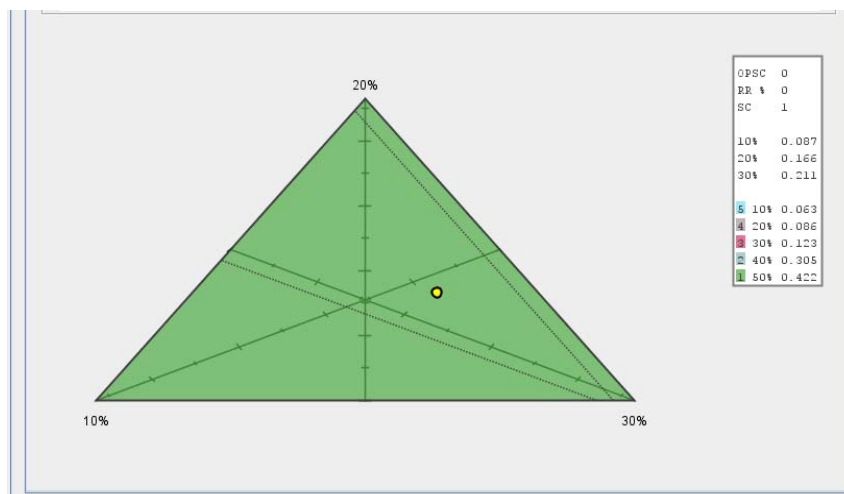
Στα Διαγράμματα 3-6 αντικατοπτρίζονται τα αποτελέσματα από την πολυκριτηριακή ανάλυση. Όπως προαναφέρθηκε το σημαντικό είναι να βρίσκεται μια ενδιάμεση λύση από τις εναλλακτικές τις οποίες υπάρχουν. Με βάση επίσης την πολυκριτηριακή ανάλυση τη μεγαλύτερη βαρύτητα, 0,422 όπως αναμένονταν την έχει η εναλλακτική με 50% της πρώτης ύλης να προέρχεται από ανακυκλώσιμα υλικά, ακολουθεί η εναλλακτική με 40% ποσοστό ανακύκλωσης και 0,306 συντελεστή βαρύτητας.



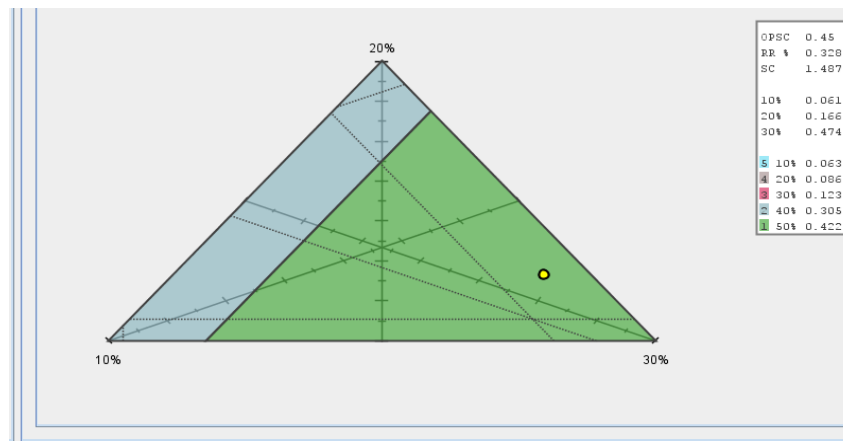
Διάγραμμα 3. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO₂ με βάση τις εναλλακτικές 10, 20 και 30%.



Διάγραμμα 4. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO₂ με βάση τις εναλλακτικές 30, 40 και 50%.



Διάγραμμα 5. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO₂ με βάση τις εναλλακτικές 20, 30 και 40%.



Διάγραμμα 6. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO₂ με βάση τις εναλλακτικές 10, 30 και 50%.

Συνολικά, λοιπόν με βάση τα αποτελέσματά μας η αύξηση της ανάκτησης και της ανακύκλωσης έχει ως αποτέλεσμα: τη μείωση της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας και ακόμη μεγαλύτερη μείωση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη. Το μεγαλύτερο όφελος για το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη σχετίζεται με το γεγονός ότι μειώνονται οι εκπομπές CO₂ και επίσης μειώνεται η πρώτη ύλη και άρα το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται από την εξαγωγή των πρώτων υλών.

Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της ανακύκλωσης σε αυτό το σενάριο μπορεί να έχει εμφανή επίδραση στα αέρια του θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, κατά το έτος βάσης 2007, η βιομηχανία στη Βόρεια Αμερική παρήγαγε 8,17 εκατομμύρια μετρικούς τόνους διαμορφωμένου και τελειωμένου γυαλιού, ενσωματώνοντας ένα μέσο όρο ανακύκλωσης με ρυθμό εισόδου 23%. Αυτή η προσπάθεια ανακύκλωσης έσωσε 894 χιλιάδες μετρικούς τόνους CO₂-eq, ενώ αντίστοιχη ποσότητα εκπέμπεται όταν χρησιμοποιούνται πρώτες ύλες.

Η επίδραση στο περιβάλλον κατά την κατασκευή γυάλινων δοχείων προέρχεται από την τήξη του γυαλιού στον κλίβανο, και ακολουθούν οι δραστηριότητες μη τήξης όπως η θέρμανση και η ψύξη των συστημάτων, συμπιεστές και τελικά στάδια επεξεργασίας των γυάλινων δοχείων. Αυτά ακολουθούνται από την κατασκευή και τελικά τη μεταφορά αυτών των υλικών. Η τήξη συμβάλλει στο μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα.

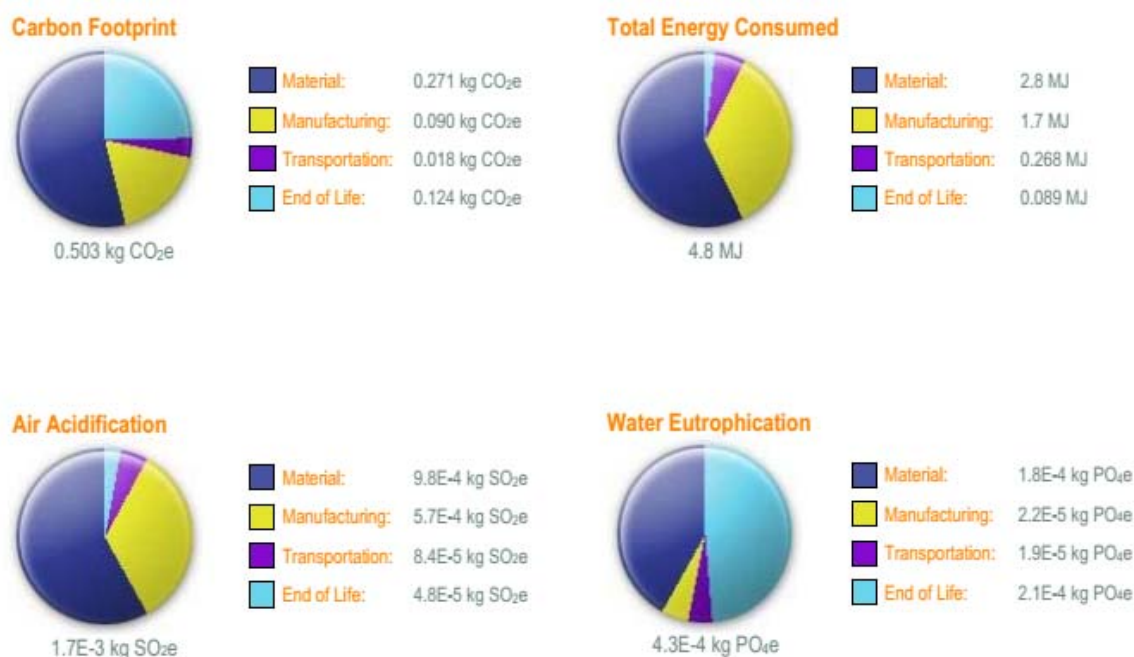
Ένα από τα κύρια ευρήματα της AKZ είναι οι σχετικά μικρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τη μεταφορά των γυάλινων συσκευασιών εντός του συνολικού πεδίου της περιβαλλοντικής ζωής του γυαλιού. Γενικότερα η μεταφορά πρώτων υλών που χρησιμοποιείται στην παραγωγή γυαλιού αντιπροσωπεύει λιγότερο από 10% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στην παραγωγή ενός γυάλινου δοχείου. Ακόμη και στην τρέχουσα βιομηχανία που ανακυκλώνονται ορισμένα ποσοστά του περιεχομένου, είναι σαφές ότι οι εκπομπές από τις μεταφορές αντισταθμίζονται από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται από τη χρήση ανακυκλωμένου γυαλιού κατά τη διαδικασία παραγωγής.

Τα γυάλινα δοχεία ανακύκλωσης παρέχουν απaráμιλλες δυνατότητες στην παραγωγικότητα και σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη: i) μειώνει την ποσότητα των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται, ii) μειώνει τη ζήτηση ενέργειας, iii) μειώνει τις εκπομπές CO₂, iv) επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του κλιβάνου χωρίς οποιαδήποτε υποπροϊόντα επεξεργασίας και v) εξοικονομεί το συνολικό κόστος κατασκευής.

Με στόχο την ποσοτική ανάλυση που αφορά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα γίνεται εκτίμηση των εκπομπών άνθρακα, της κατανάλωσης ενέργειας, αέρα και νερού. Για την ποσοτική εκτίμηση χρησιμοποιήθηκε το σχεδιαστικό πρόγραμμα solidworks (2016), έτσι ώστε να μπορεί να μεταβάλλεται το βάρος του μπουκαλιού.

Για την ποσοτική ανάλυση του κύκλου ζωής γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

- Το βάρος του μπουκαλιού θεωρείται: 192.00g
- Η παραγωγή γίνεται στην Ευρώπη
- Λαμβάνονται ποσοστά ανακύκλωσης 10-50%
- Για την παραγωγή καταναλώνονται 0.77 kWh/g ηλεκτρικής ενέργειας, 407,00 BTU/g και 5% scrap rate.
- Το μπουκάλι δεν έχει υποστεί καμία επεξεργασία με βαφή.
- Η μεταφορά τους γίνεται με φορτηγό με μέγιστη απόσταση 2,000km.
- Το ποσοστό της ανακύκλωσης μεταβάλλεται ανάλογα, ενώ το ποσοστό της καύσης του προϊόντος παραμένει σταθερό (2%). Όσο αυξάνεται το ποσοστό ανακύκλωσης, τόσο μειώνεται το ποσοστό που καταλήγει στα ΧΥΤΑ (% ανακύκλωσης+% καύσης+ %υγειονομικής ταφής =100%).



Γράφημα 1. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 10% ανακύκλωση.

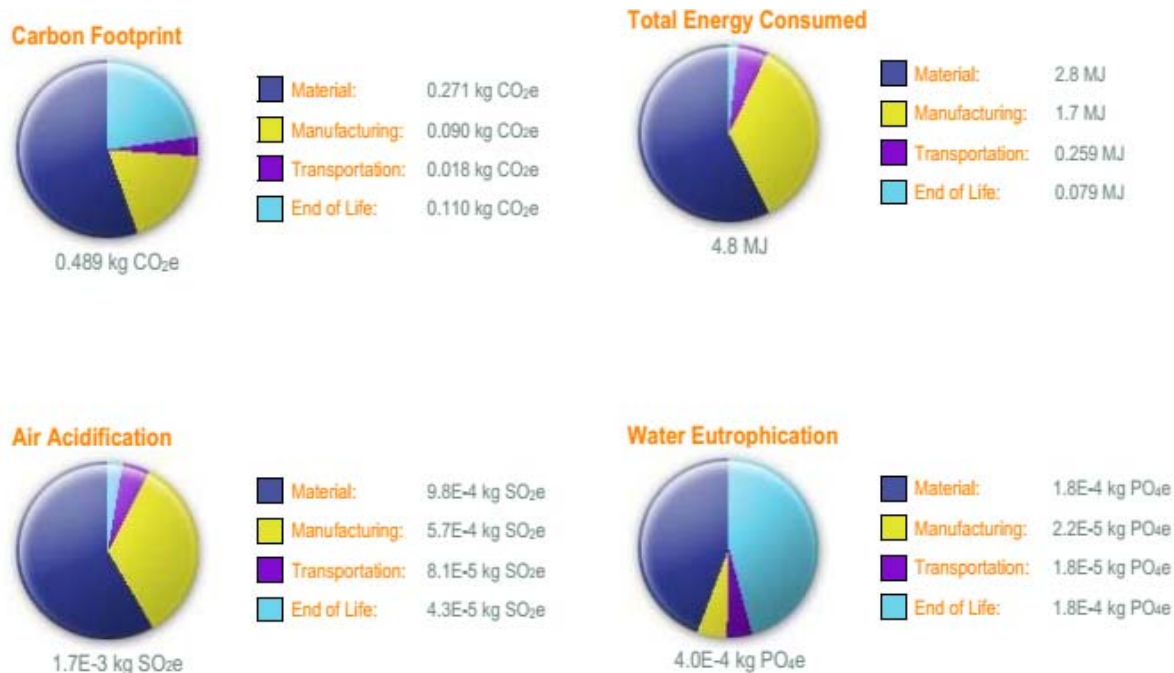
Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κύκλου ζωής για το σενάριο με 10% ανακύκλωση αντικατοπτρίζεται στο Γράφημα1 με τα αντίστοιχα ποσά και τα ποσοστά συμμετοχής να καταγράφονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 10% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	53.80%	17,97%	3,61%	24.62%
Ένέργεια	57,21%	35,40%	5,558%	1,84%
Όξυνση αέρα	58,06%	34,062%	5,01%	2,86%
Ευτροφισμός νερού	41,73%	5,06%	4,50%	48,71%

Με βάση τον Πίνακα 8 η εξαγωγή της πρώτης ύλης κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό επιβάρυνσης σε όλους τους τομείς. Στον ευτροφισμό του νερού σημαντικό ρόλο παίζει η τελική διάθεση του προϊόντος μετά το τέλος ζωής του και στο αποτύπωμα άνθρακα.

Ενώ η κατασκευή κατέχει το δεύτερο σημαντικότερο ρόλο στην ενέργεια και στην όξυνση του αέρα.



Γράφημα 2. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 20% ανακύκλωση.

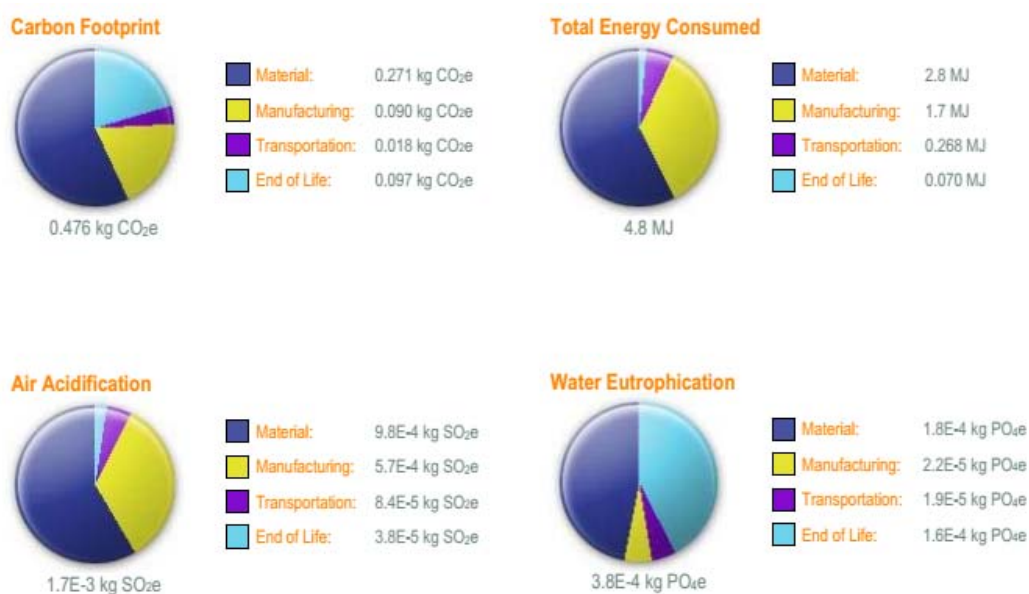
Στο Γράφημα 2 αντικατοπτρίζεται το αποτύπωμα άνθρακα, η κατανάλωση ενέργειας, η όξυνση αέρα που προκαλείται από το διοξείδιο του θείου και ο ευτροφισμός του νερού, συνολικά και για κάθε διεργασία ξεχωριστά. Η εξαγωγή του υλικού και η επεξεργασία του γυαλιού είναι υπεύθυνη για πάνω από το 50% για το αποτύπωμα άνθρακα, την ενεργειακή κατανάλωση και την όξυνση αέρα. Ωστόσο και στην περίπτωση του ευτροφισμού του νερού ο κύκλος ζωής και το ποσοστό ανακύκλωσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο.

Επίσης μεγάλη βαρύτητα διαδραματίζει η κατασκευή του υλικού, ιδιαίτερα στην περίπτωση της ενεργειακής κατανάλωσης και της όξυνσης του αέρα. Ενώ ο τομέας των μεταφορών παραμένει χαμηλός σε όλες τις περιπτώσεις. Στον Πίνακα 9 καταγράφονται αναλυτικά οι τιμές.

Πίνακας 9. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 20% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	55,36%	18,49%	3,58%	22,57%
Ενέργεια	57,43%	35,54%	5,38%	1,65%
Όξυνση αέρα	58,34%	34,22%	4,86%	2,58%
Ευτροφισμός νερού	44,24%	5,37%	4,61%	45,79%

Αυξάνοντας το ποσοστό ανακύκλωσης σε 30% σε σύγκριση με το σενάριο 10% το ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας παραμένει το ίδιο, ενώ το αποτύπωμα του άνθρακα μειώνεται κατά 5%, η όξυνση του αέρα κατά 1%, ενώ ο ευτροφισμός του νερού κατά 11%.

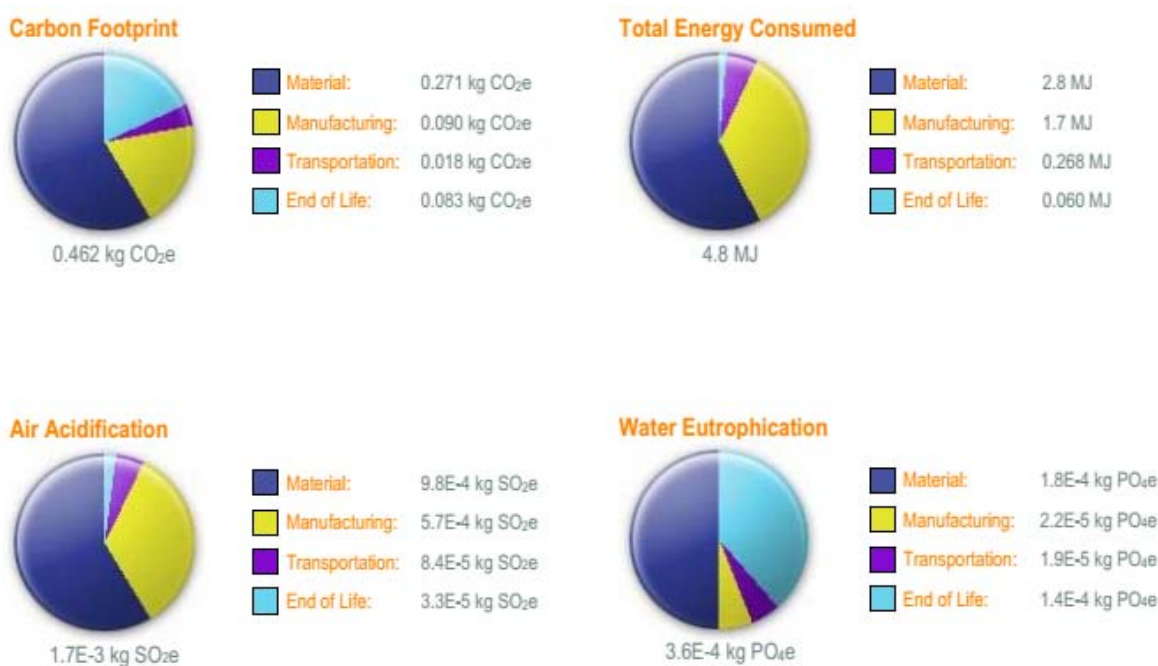


Γράφημα 3. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 30% ανακύκλωση.

Πίνακας 10. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 30% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	56,86%	18,99%	3,81%	20,34%
Ενέργεια	57,44%	35,55%	5,57%	1,44%
Όξυνση αέρα	58,41%	38,44%	2,04%	2,28%
Ευτροφισμός νερού	46,90%	5,69%	5,05%	42,35%

Όπως αναμένονταν αυξάνοντας το ποσοστό ανακύκλωσης μειώνεται το αποτύπωμα άνθρακα, η κατανάλωση ενέργειας, όπως η όξυνση αέρα και ο ευτροφισμός νερού.



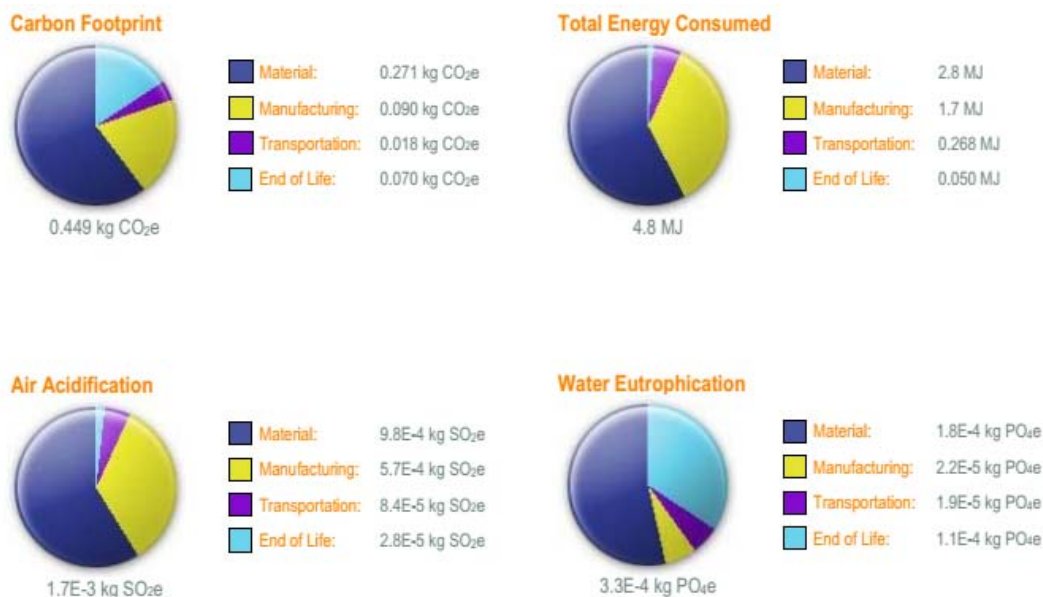
Γράφημα 4. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 40% ανακύκλωση.

Με βάση το Γράφημα 4 τα ποσοστά συμβολής της κάθε διεργασίας μεταβάλλονται είτε αρνητικά είτε θετικά όσο αυξάνεται το ποσοστό ανακύκλωσης, αλλά το συνολικό ποσό και γενικότερα το περιβαλλοντικό αντίκτυπο μειώνεται.

Πίνακας 11. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 40% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	58,52%	19,55%	3,92%	18,55%
Ενέργεια	57,55%	35,62%	5,58%	1,25%
Όξυνση αέρα	58,59%	34,37%	5,05%	1,99%
Ευτροφισμός νερού	50,00%	6,07%	5,39%	38,54%

Συγκρίνοντας το σενάριο 3 (30% ανακύκλωση) με το σενάριο 4 (40% ανακύκλωση) παρατηρείται κατά 8% μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος, 1% στην κατανάλωση ενέργειας, 1% μείωση στην όξυνση αέρα, ενώ ο ευτροφισμός του νερού φτάνει να μειώνεται κατά 17%. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι τα μπουκάλια αποφεύγονται να καταλήξουν στα ΧΥΤΑ, που είναι επικίνδυνα για τον υδροφόρο ορίζοντα.



Γράφημα 5. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 50% ανακύκλωση.

Η αύξηση του ποσοστού της ανακύκλωσης από 40 στο 50% έχει ως επίπτωση τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος κατά 11%, και του ευτροφισμού του νερού

κατά 22%, ενώ η ενέργεια που καταναλώνεται και η όξυνση του αέρα μειώνεται μόλις 1%. Στον Πίνακα 12 αναφέρονται τα ποσοστά συμμετοχής της κάθε διεργασίας σε κάθε επίπτωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Πίνακας 12. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 50% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	60,28%	20,13%	4,04%	15,55%
Ενέργεια	57,67%	35,69%	5,59%	1,05%
Όξυνση αέρα	58,77%	34,47%	5,07%	1,69%
Ευτροφισμός νερού	53,54%	6,50%	5,77%	34,20%

Παρατηρείται ότι καθώς αυξάνεται το ποσοστό ανακύκλωσης η επεξεργασία του υλικού αυξάνει το ανθρακικό αποτύπωμα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με το γεγονός ότι το ανακυκλωμένο υλικό μπορεί να χρειάζεται περισσότερη επεξεργασία πριν επαναχρησιμοποιηθεί.

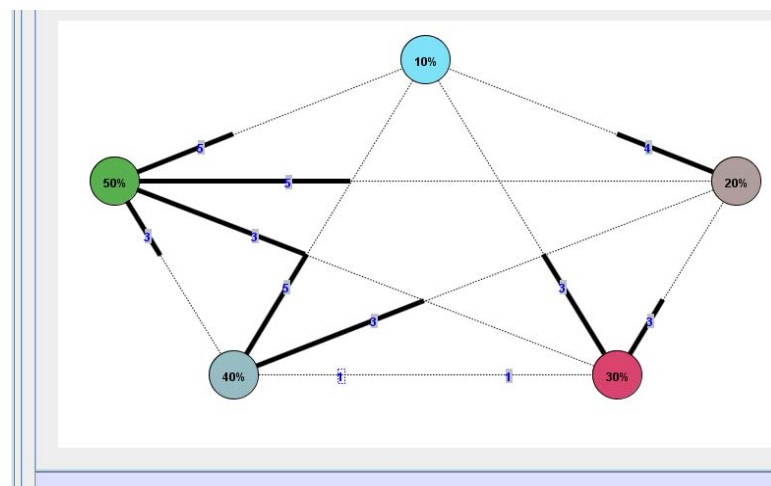
4.2 Ανάλυση κύκλου ζωής πλαστικού δοχείου

Στόχος αυτού ήταν ο χαρακτηρισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζεται με τη χρήση του θερμοπλαστικού πολυμερούς τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET) για την παραγωγή πλαστικών μπουκαλιών. Στην Εικ.14 αντικατοπτρίζεται η ανάλυση κύκλου ζωής ενός πλαστικού μπουκαλιού. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση έτσι και σε αυτήν λαμβάνεται υπόψη η ανακύκλωση των πλαστικών μπουκαλιών και η χρήση τους στην παραγωγή.



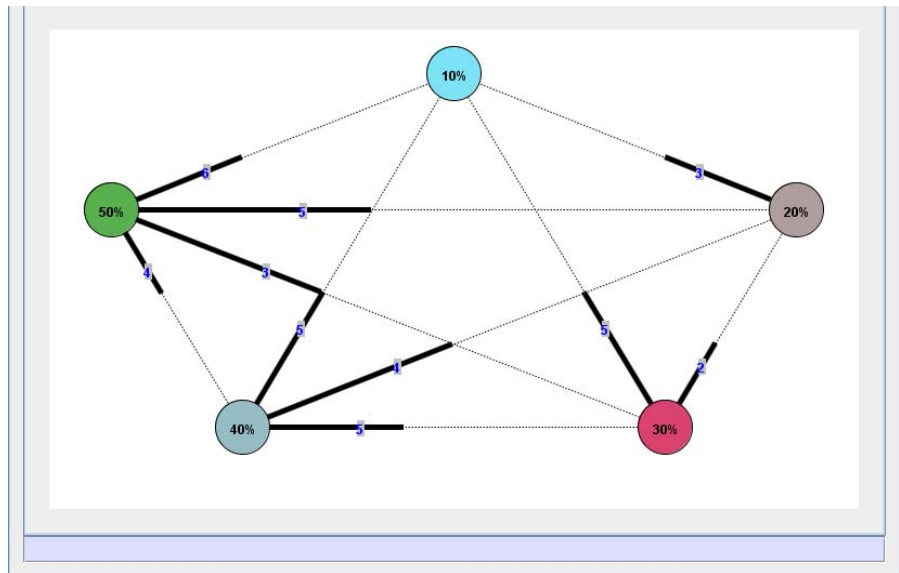
Εικόνα 14. Ανάλυση κύκλου ζωής πλαστικού μπουκαλιού.

Στο Διάγραμμα 7 αντικατοπτρίζονται οι πέντε εναλλακτικές οι οποίες υιοθετήθηκαν για το μοντέλο και η βαρύτητα της κάθε μιας ξεχωριστά ως προς την άλλη σχετικά με την εκπομπή αερίου διοξειδίου του άνθρακα.



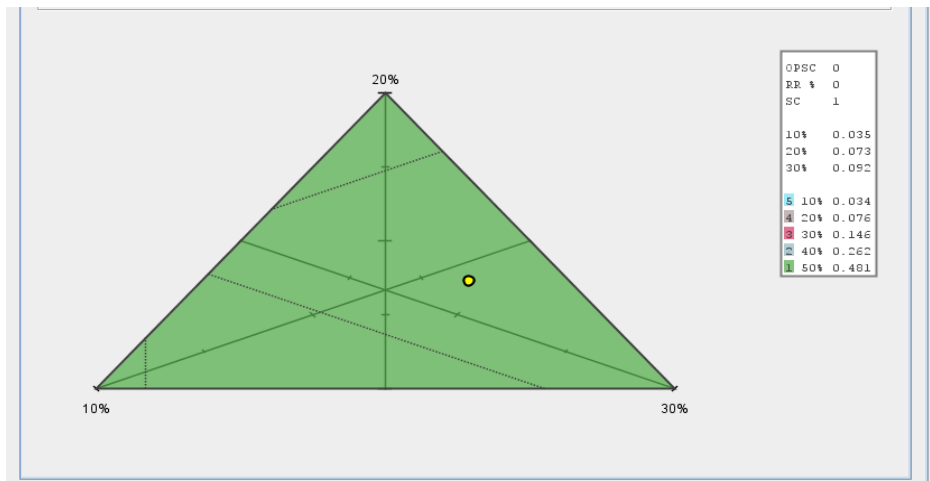
Διάγραμμα 7. Βαρύτητα της κάθε εναλλακτικής ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Στο Διάγραμμα 8 αντικατοπτρίζεται η βαρύτητα που δόθηκε σε κάθε μια εναλλακτική ως προς την κατανάλωση ενέργειας.



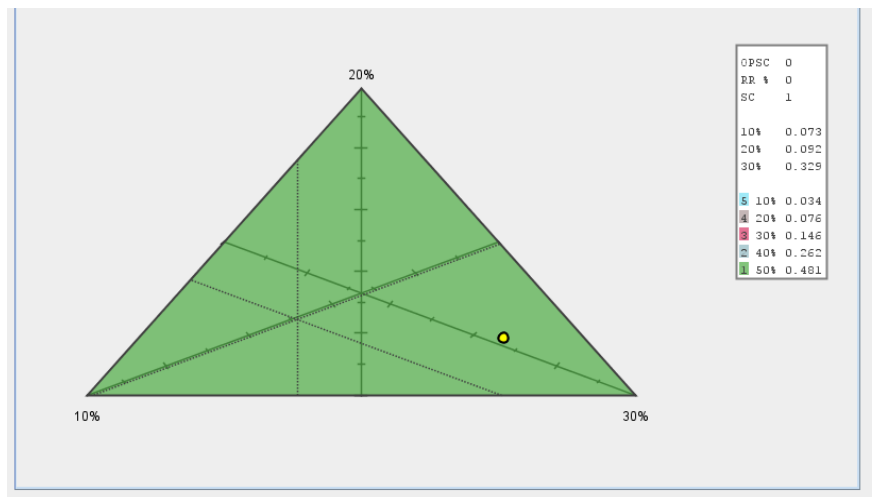
Διάγραμμα 8. Βαρύτητα των κύριων διεργασιών σε όλα τα στάδια ζωής ως προς την κατανάλωση ενέργειας.

Στο Διάγραμμα 9 αντικατοπτρίζεται το αποτέλεσμα της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Με βάση αυτό φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη βαρύτητα την έχει μια ενδιάμεση λύση ανάμεσα από 20 και 30% ποσοστό ανακύκλωσης. Δηλαδή εάν χρησιμοποιηθεί κάποιο ενδιάμεσο ποσοστό θα έχουμε και τη μικρότερη εκπομπή αερίων διοξειδίου του άνθρακα.



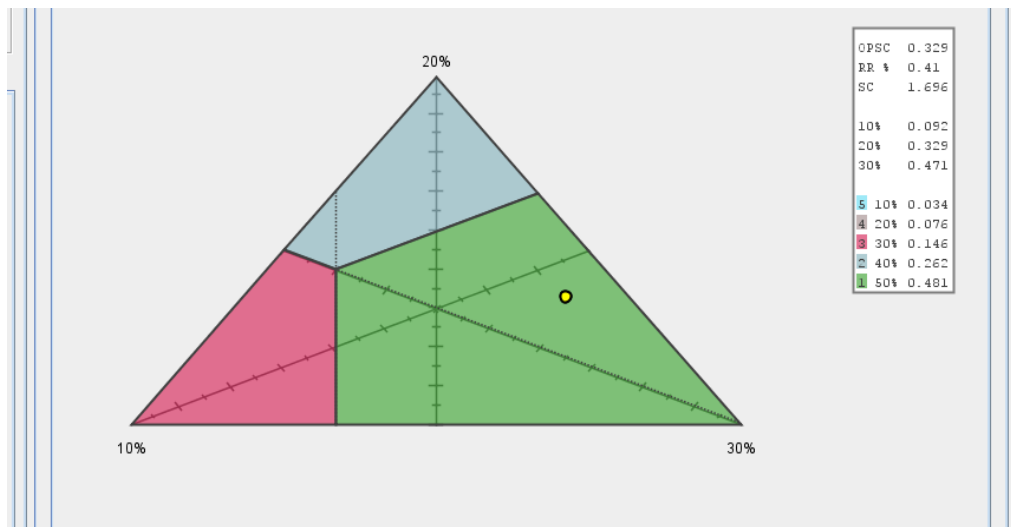
Διάγραμμα 9. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO₂ με βάση τις εναλλακτικές 10, 20 και 30%.

Στο Διάγραμμα 10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την περίπτωση 20, 30 και 40% ποσοστού ανακύκλωσης.



Διάγραμμα 10. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO₂ με βάση τις εναλλακτικές 20,30 και 40%.

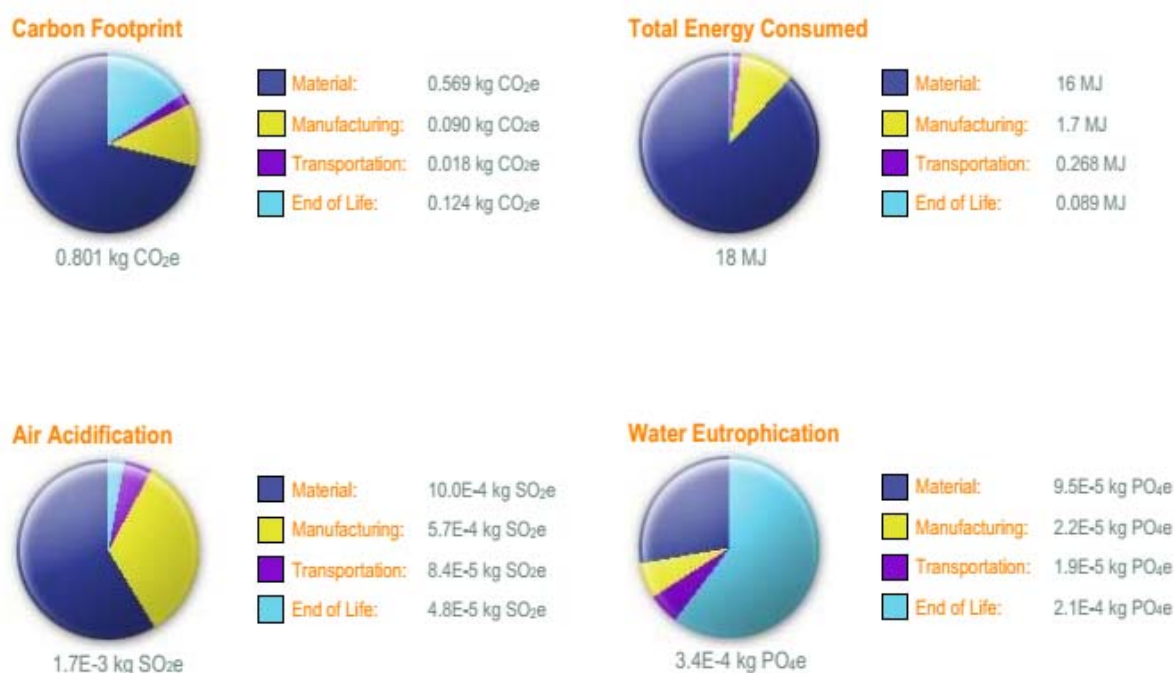
Στην περίπτωση που συγκρίνονται τα ποσοστά ανακύκλωσης 20, 30 και 40% η βέλτιστη λύση όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 10 βρίσκεται πλησίον του ποσοστού 30%. Ωστόσο όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 11 και το OPSC που έχει την τιμή 0,329, η συγκεκριμένη περίπτωση δεν είναι αποτελεσματική.



Διάγραμμα 11. Πολυκριτηριακή ανάλυση ποσότητας εκπομπής CO₂ με βάση τις εναλλακτικές 30, 40 και 50%.

Θέλοντας να εμβαθύνουμε στην ανάλυση του κύκλου ζωής όπως και με το γυάλινο μπουκάλι πραγματοποιείται ποσοτική εκτίμηση του αποτυπώματος του άνθρακα, της κατανάλωσης ενέργειας, της όξυνσης του αέρα και του ευτροφισμού του νερού.

Στο Γράφημα 6 αντικατοπτρίζεται το ποσοστό συμμετοχής με κάθε τιμή της κάθε διεργασίας σε καθεμία από τις προαναφερόμενες κατηγορίες. Είναι χαρακτηριστικό ότι το πλαστικό σαν υλικό συμβάλλει σημαντικά με ποσοστό πάνω από 50% κυρίως στην κατανάλωση ενέργειας και στο αποτύπωμα άνθρακα.



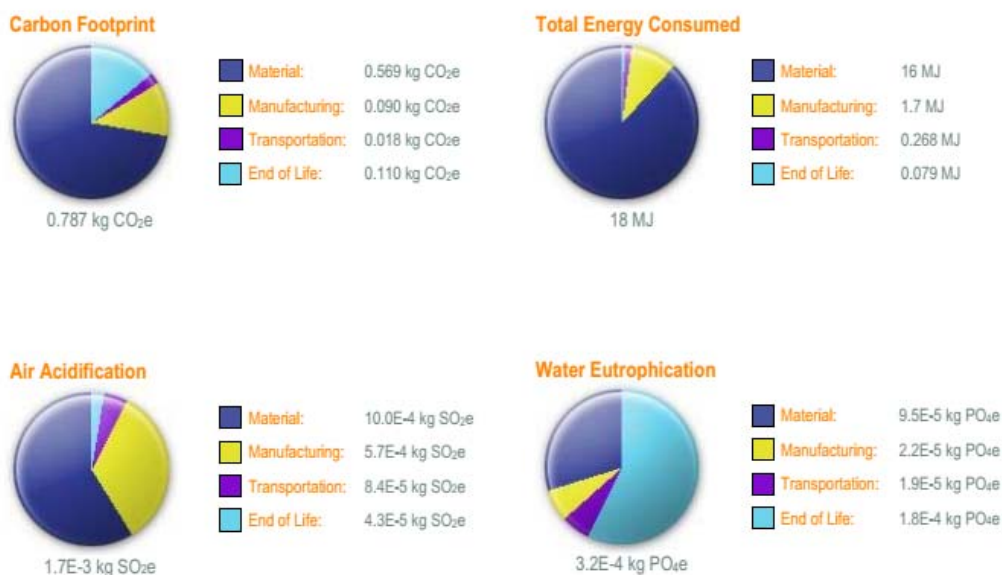
Γράφημα 6. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 10% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.

Σημειώνεται ότι το βάρος του μπουκαλιού διατηρήθηκε το ίδιο, 192.0 gr έτσι ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση. Επίσης ως μέθοδος παρασκευής επιλέχτηκε η εξώθηση (extrusion) με βάση την οποία παρασκευάζονται σήμερα τα περισσότερα προϊόντα. Επίσης διατηρήθηκαν σταθερές οι τιμές χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας, του φυσικού αερίου, ενώ η χρήση του υπολείμματος (scrap) με βάση τη διεργασία προσδιορίστηκε στο 0,5%. Στον Πίνακα 13 καταγράφονται οι τιμές που εκτιμώνται με βάση την ανάλυση του κύκλου ζωής.

Πίνακας 13. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 10% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	71,00%	11,28%	2,26%	15,46%
Ενέργεια	88,24%	9,73%	1,53%	0,5%
Όξυνση αέρα	58,58%	33,64%	4,95%	2,83%
Ευτροφισμός νερού	27,71%	6,28%	5,58%	60,43%

Παρατηρείται ότι η τελική χρήση του προϊόντος επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τον ευτροφισμό του νερού, ενώ το αποτύπωμα άνθρακα, η κατανάλωση ενέργειας και η όξυνση του αέρα επηρεάζονται από το υλικό. Στον τομέα του υλικού περιλαμβάνεται η παραγωγή των πρώτων υλών καθώς και η επεξεργασία τους για την κατασκευή του προϊόντος.



Γράφημα 7. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 20% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.

Στο Γράφημα 7 αντικατοπτρίζεται το περιβαλλοντικό αντίκτυπο όταν η ανακύκλωση αυξάνεται σε ποσοστό 20%. Σε σύγκριση με το 10% παρατηρείται να μειώνεται το

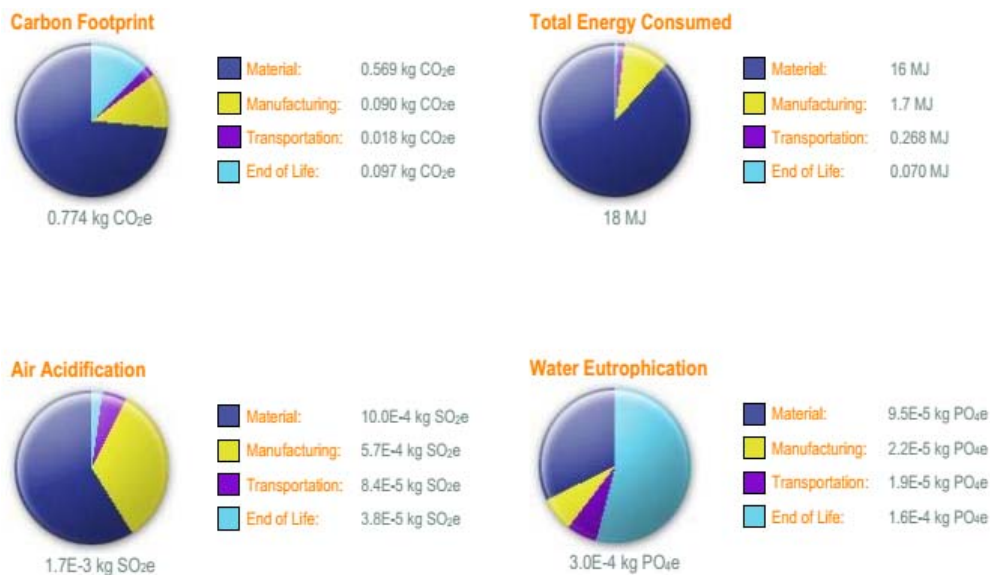
αποτύπωμα άνθρακα, ενώ οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα παραμένουν ίδιοι. Οι αναλυτικές τιμές (%) καταγράφονται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 20% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	72,21%	11,47%	2,30%	14,01%
Ενέργεια	88,29%	9,73%	1,53%	0,45%
Όξυνση αέρα	58,76%	33,74%	4,96%	2,54%
Ευτροφισμός νερού	29,74%	6,74%	5,99%	57,53%

Με βάση τον Πίνακα 14 η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης μείωσε μεν το ποσοστό συμμετοχής της τελικής χρήσης του προϊόντος, αλλά αύξησε το ποσοστό συμμετοχής των υπόλοιπων παραμέτρων κατά ένα μικρό ποσοστό. Αυτή η αύξηση αντισταθμίστηκε από τη μείωση του ποσοστού της τελικής χρήσης, με αποτέλεσμα η συνολική περιβαλλοντική επίπτωση να είναι χαμηλότερη.

Στη συνέχεια στο Γράφημα 8 και στον αντίστοιχο Πίνακα 15 απεικονίζεται η περίπτωση για ποσοστό ανακύκλωσης 30%. Σε σύγκριση με την περίπτωση ανακύκλωσης 20% το αποτύπωμα άνθρακα μειώνεται κατά 2%, η κατανάλωση ενέργειας παραμένει σταθερή, μαζί και η όξυνση αέρα, ενώ παρατηρείται μείωση του αντίκτυπου στο νερό κατά 7%.



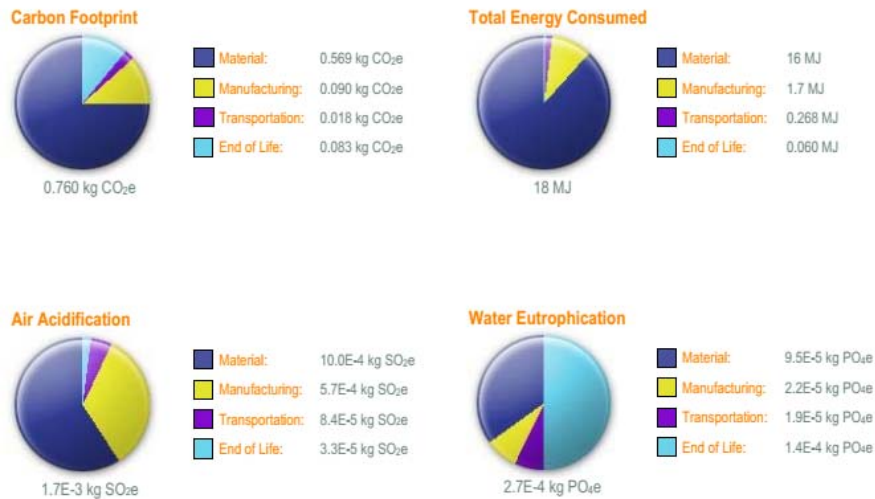
Γράφημα 8. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 30% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.

Όπως προαναφέρθηκε η μείωση της επίπτωσης της τελικής χρήσης εξισορροπεί την αύξηση του ποσοστού του περιβαλλοντικού αποτυπώματος σε κάθε διεργασία.

Πίνακας 15. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 30% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	73,47%	11,67%	2,34%	12,51%
Ενέργεια	88,34%	9,74%	1,53%	0,45%
Όξυνση αέρα	58,93%	33,84%	4,98%	2,25%
Ευτροφισμός νερού	32,10%	7,27%	6,46%	54,16%

Στην περίπτωση που το ποσοστό ανακύκλωσης αυξάνεται σε 40% παρατηρείται (Γράφημα 9) ότι γίνεται μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος, αλλά και του ευτροφισμού του νερού.



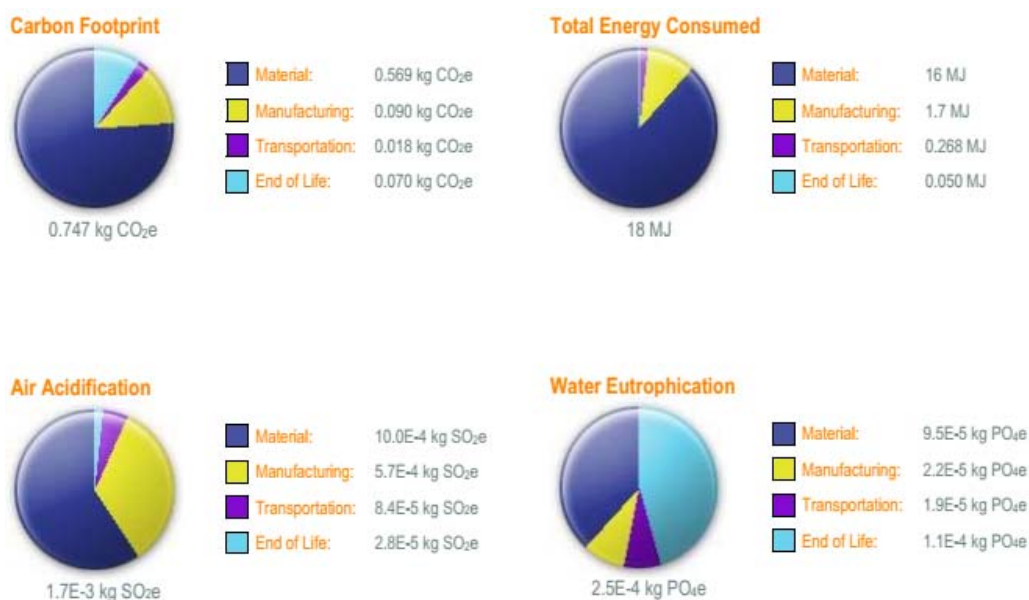
Γράφημα 9. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 40% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.

Πιο συγκεκριμένα όπως καταγράφεται στον Πίνακα 16 επήλθε μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος κατά 2%, ενώ της επίπτωσης του ευτροφισμού του νερού κατά 8%. Το ποσοστό συμμετοχής του αέρα και του νερού παρέμεινε το ίδιο.

Πίνακας 14. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 40% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	74,78%	11,88%	2,38%	10,96%
Ενέργεια	88,39%	9,74%	1,53%	0,34%
Όξυνση αέρα	59,11%	33,94%	4,99%	1,96%
Ευτροφισμός νερού	34,86%	7,90%	7,02%	50,22%

Τέλος στο Γράφημα 10 απεικονίζεται η περίπτωση ανακύκλωσης 50%. Το ανθρακικό αποτύπωμα μειώνεται 2% επιπλέον και ο ευτροφισμός νερού επιπλέον 9%. Ενώ το συνολικό αποτέλεσμα για την ενέργεια και την όξυνση του αέρα παραμένει το ίδιο.



Γράφημα 10. Αποτύπωμα άνθρακα, συνολική κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα, ευτροφισμός νερού, για το σενάριο 50% ανακύκλωση πλαστικού μπουκαλιού.

Ουσιαστικά η μεγαλύτερη επίδραση σε όλους τους παράγοντες προέρχεται από το στάδιο απόκτησης της πρώτης ύλης και της επεξεργασίας αυτής.

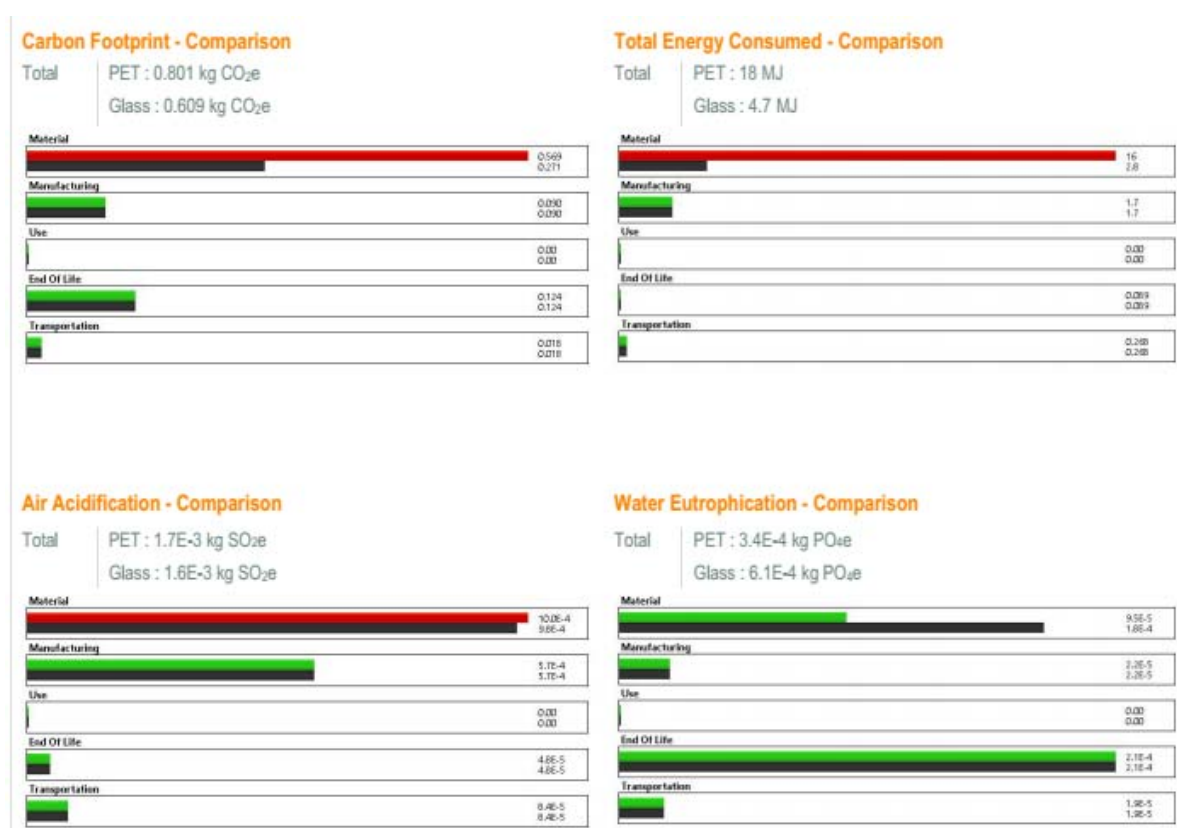
Πίνακας 15. Ποσοστά συμμετοχής της κάθε διαδικασίας για 50% ανακύκλωση από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση και την τελική διάθεση στο αποτύπωμα άνθρακα, κατανάλωση ενέργειας, όξυνση αέρα και ευτροφισμό νερού.

	Υλικό	Κατασκευή προϊόντος	Μεταφορά	Τελική χρήση
Αποτύπωμα άνθρακα	76,13%	12,10%	2,43%	12,10%
Ενέργεια	88,44%	9,75%	1,53%	0,28%
Όξυνση αέρα	59,28%	34,04%	5,01%	1,67%
Ευτροφισμός νερού	34,14%	8,64%	7,68%	45,53%

Στην επόμενη υποενότητα γίνεται πολυκριτηριακή ανάλυση και σύγκριση των περιπτώσεων κατασκευής μπουκαλιών καθώς και ποσοτική ανάλυση. Στόχος είναι να βρεθεί ποιες από τις δυο περιπτώσεις έχει το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

4.3 Ανάλυση κύκλου ζωής-σύγκριση δυο προϊόντων

Στην παρούσα υποενότητα πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των δυο προϊόντων για τις διαφορετικές περιπτώσεις ανακύκλωσης, 10, 20, 30, 40 και 50% ανακύκλωση του PET. Με αυτή τη σύγκριση είναι δυνατό να αποδειχθεί πιο από τα δυο υλικά έχει το σημαντικότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Για τη σύγκριση διατηρήθηκε σταθερό το ποσοστό ανακύκλωσης του γυαλιού 20%, γιατί το γυαλί εκτιμάται πάντα πιο καλό υλικό σε σύγκριση με το πλαστικό. Το ζήτημα είναι με τι ποσοστό ανακύκλωσης το πλαστικό μπορεί να προσεγγίσει τις τιμές του γυαλιού σε όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

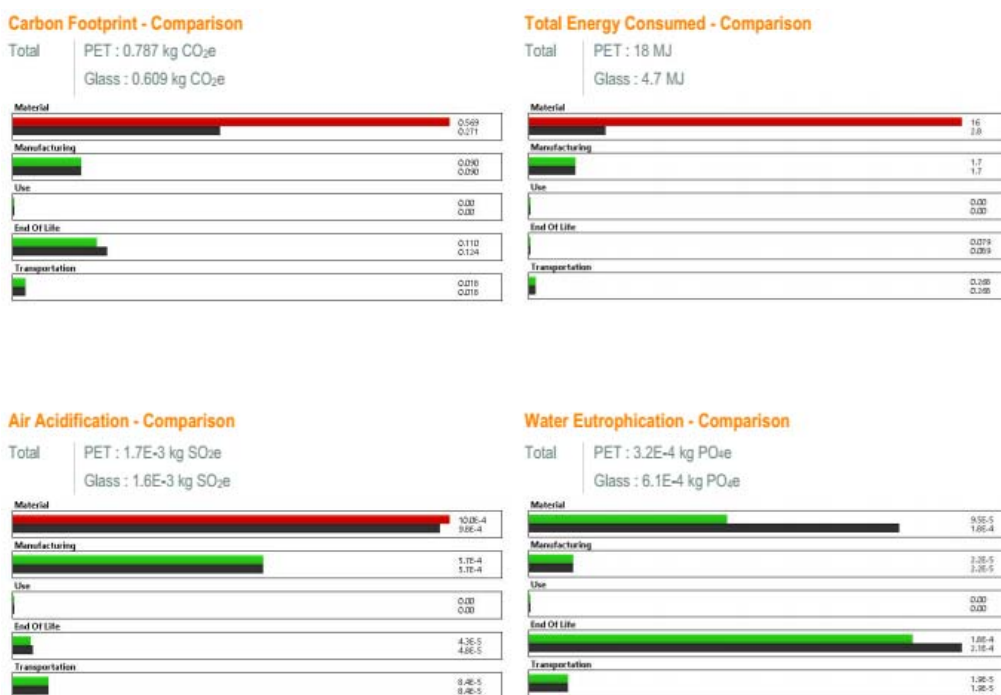


Γράφημα 11. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 10% ανακύκλωση PET.

Στο Γράφημα 11 απεικονίζεται το περιβαλλοντικό αντίκτυπο του κάθε υλικού για κάθε μέρος του κύκλου ζωής του. Για το σενάριο με 10% ανακύκλωση το συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα του PET φθάνει 0,801 kgCO₂e ενώ του γυαλιού τα 0,609kgCO₂e. Χαρακτηριστικό είναι ότι η ενέργεια που χρησιμοποιείται για το γυαλί είναι κατά

σχεδόν 3 φορές λιγότερη από την ενέργεια που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του πλαστικού. Επίσης η όξυνση του αέρα είναι μικρότερη κατά 0,1 E-3 kgSO_{2e}.

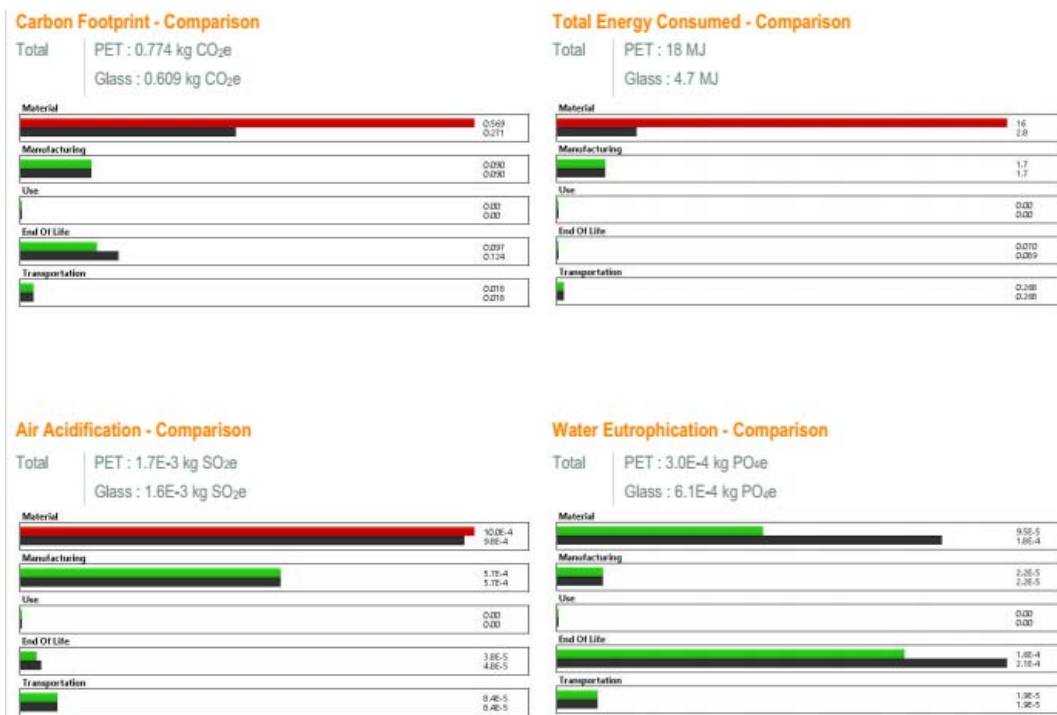
Μεγάλη διαφορά παρατηρείται στον ευτροφισμό του νερού αλλά με το γυαλί να έχει τη μεγαλύτερη αρνητική συνέπεια. Ενώ το PET παράγει μέσω της επεξεργασίας ή τελικής διάθεσης 3,4 E-4 kgPO_{4e} το γυαλί παρατηρείται να παράγει διπλάσια ποσότητα ισοδύναμων φωσφορικών.



Γράφημα 12. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 20% ανακύκλωση PET.

Όπως παρατηρείται στο Γράφημα με κόκκινη γραμμή επισημαίνεται το PET ως προς το αποτύπωμα άνθρακα, ως προς την ενέργεια και ως προς την όξυνση του αέρα. Ενώ ως προς τον ευτροφισμό του νερού επισημαίνεται με πράσινη γραμμή που σημαίνει ότι είναι καλύτερη επιλογή από το γυαλί.

Όπως παρατηρείται από το Γράφημα 13 όσο αυξάνεται το ποσοστό ανακύκλωσης τόσο τείνει να μειώνεται το αποτύπωμα άνθρακα και ο ευτροφισμός στην περίπτωση και των δυο υλικών.



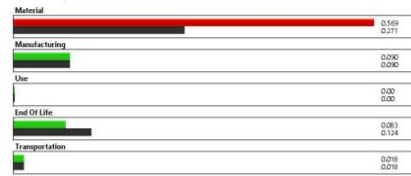
Γράφημα 13. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 30% ανακύκλωση PET.

Με αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης και συγκρίνοντας τα δυο υλικά μειώνεται ακόμα περισσότερο το ανθρακικό αποτύπωμα, η ενέργεια η συνολική παραμένει ίδια, ενώ μεταβάλλεται θετικά (μείωση της τιμής της επίπτωσης) του ευτροφισμού του νερού. Όπως ήταν αναμενόμενο αλλάζει το αποτύπωμα άνθρακα και ο ευτροφισμός ενώ η συνολική ενέργεια με την όξυνση του αέρα ουσιαστικά παραμένει ίδια.

Στο Γράφημα 15 δίνεται η περίπτωση όπου η ανακύκλωση αυξάνεται σε ποσοστό 50%. Παρατηρείται επίσης μια μικρή μείωση της ποσότητας του ανθρακικού αποτυπώματος, καθώς και του διοξειδίου του θείου που εκπέμπεται. Ωστόσο ακόμα και σε αυτήν την περίπτωση, με μεγαλύτερο ποσοστό ανακύκλωσης για το πλαστικό μπουκάλι, παρατηρείται ότι το γυάλινο μπουκάλι είναι η καλύτερη επιλογή ως προς το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

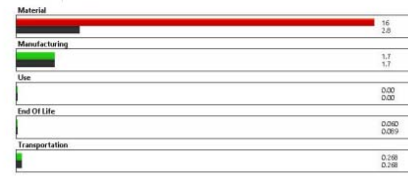
Carbon Footprint - Comparison

Total PET : 0.760 kg CO₂e
Glass : 0.609 kg CO₂e



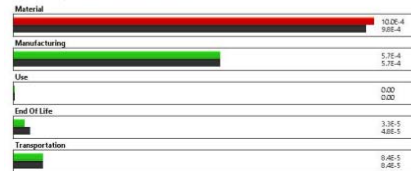
Total Energy Consumed - Comparison

Total PET : 18 MJ
Glass : 4.7 MJ



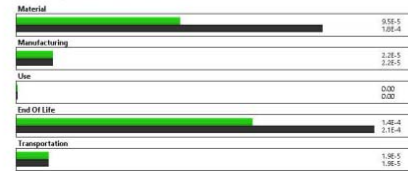
Air Acidification - Comparison

Total PET : 1.7E-3 kg SO₂e
Glass : 1.6E-3 kg SO₂e



Water Eutrophication - Comparison

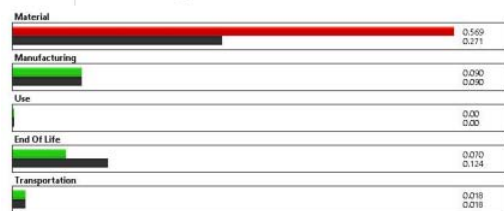
Total PET : 2.7E-4 kg PO₄e
Glass : 6.1E-4 kg PO₄e



Γράφημα 14. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 40% ανακύκλωση PET.

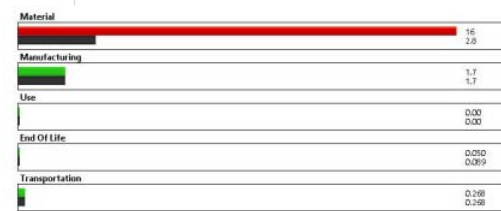
Carbon Footprint - Comparison

Total PET : 0.747 kg CO₂e
Glass : 0.609 kg CO₂e



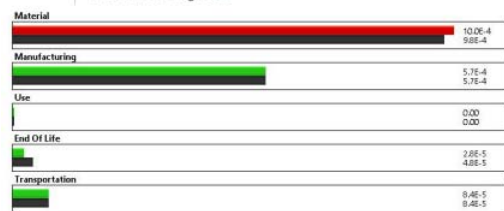
Total Energy Consumed - Comparison

Total PET : 18 MJ
Glass : 4.7 MJ



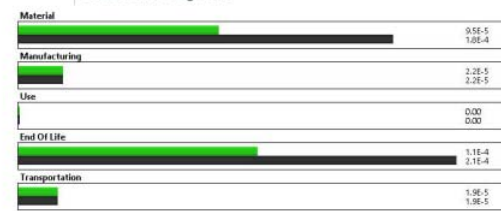
Air Acidification - Comparison

Total PET : 1.7E-3 kg SO₂e
Glass : 1.6E-3 kg SO₂e



Water Eutrophication - Comparison

Total PET : 2.5E-4 kg PO₄e
Glass : 6.1E-4 kg PO₄e



Γράφημα 15. Σύγκριση περιβαλλοντικού αποτυπώματος πλαστικού και γυάλινου μπουκαλιού για 50% ανακύκλωση PET.

5 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας λοιπόν, καταλήγουμε με γνώμονα και την μελέτη μας στα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από ένα σωστό σχεδιασμό ενός προϊόντος. Μια ευρύτερα εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη σε οικονομικό κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Μέσα από την ανάλυση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος μπορούμε να δούμε από πριν όλα τα στάδια της ζωής του και να επέμβουμε μειώνοντας στο ποσοστό που μπορούμε τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στον άνθρωπο. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να επιτύχουμε οικονομικά οφέλη που θα επιδράσουν θετικά τόσο στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων όσο και στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε κατά πόσο επηρεάζεται το περιβάλλον από την παραγωγή δοχείων γυαλιού και πλαστικού στην πορεία της AKZ τους από την γέννησή τους μέχρι το τέλος της ζωής τους. Ταυτόχρονα μελετήσαμε και για τα δύο υλικά το πώς μπορούν τόσο ο παραγωγός όσο και ο καταναλωτής μέσα από την διαδικασία της ανακύκλωσης κατά κύριο λόγο να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές αέριων ρύπων και την σπατάλη πρωτογενών πόρων. Πιο συγκεκριμένα για την μελέτη μας παρατηρούμε ότι το πλαστικό δοχείο έχει μεγαλύτερη επίδραση στο περιβάλλον με βάση την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με το γυάλινο δοχείο.

Όσο αυξάνεται το ποσοστό ανακύκλωσης τόσο αυξάνεται ο βαθμός βαρύτητας δείχνοντας (εικονικά) ότι το μεγαλύτερο ποσοστό δίνει και την πιο εφικτή λύση. Ωστόσο καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η βέλτιστη λύση με βάση τη βελτιστοποίηση βρίσκεται και για τις δυο περιπτώσεις ανάμεσα σε ποσοστά ανακύκλωσης 20-30%.

Με βάση λοιπόν αυτήν την ιεράρχηση, η λιγότερο προτιμώμενη μέθοδος είναι η διάθεση των απορριμμάτων (disposal) και η χρήση των κλασσικών μεθόδων, όπως η αποτέφρωση ή διάθεσή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η πιο επιθυμητή λοιπόν μέθοδος είναι η χρησιμοποίηση των τριών «r»: η ανάκτηση (recovery), η ανακύκλωση

(recycling) και η μείωση (reduction) έτσι ώστε να επιτευχθεί η παρεμπόδιση απόρριψης απορριμμάτων (prevention).

Η ανάλυση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος δεν αποτελεί μια καινούργια μέθοδο καθώς με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση οι ρίζες της ξεκινάνε από την Αμερική από το έτος 1959. Σήμερα η ανάγκη για αειφόρο ανάπτυξη έχει εξελίξει τις μεθόδους ανάλυσης.

Βιβλιογραφία

Al-Mansour, F., & Zuwala, J. «An evaluation of biomass co-firing in Europe», *Biomass and Bioenergy* (2010) 620-629.

Aquino, J. T., *Waste Age and Recycling Times: Recycling Handbook*, Washington, United States of America, 1995.

Arafat, H. A., Jijakli, K., & Ahsan, A. «Environmental performance and energy recovery potential of five processes for municipal solid waste treatment», *Journal of Cleaner Production* (2013)

Athanassiou, M., & Zabaniotou, A. «Techno-economic assessment of recycling practices of municipal solid wastes in Cyprus», *Journal of Cleaner Production* (2008) 1474-1483.

Bai, R., & Sutanto, M. «The practice and challenges of solid waste management in Singapore», *Waste management* (2002) 557-567.

Bailey, I. «European environmental taxes and charges: economic theory and policy practice», *Applied Geography* (2002) 235-251.

Barry, J., Girard, G., & Perras, C. «Logistics planning shifts into reverse», *The Journal of European Business* (1993) 34.

Baud, I., Grafakos, S., Hordijk, M., & Post, J. «Quality of life and alliances in solid waste management: contributions to urban sustainable development», *Cities* (2001) 3-12.

Berkhout, F., Boehmer-Christiansen, S., & Skea, J. «Deposits and repositories: electricity wastes in the UK and West Germany», *Energy Policy* (1989) 109-115.

- Bevis, M. «Secondary recycling of plastics», *Materials & Design* (1982) 344-349.
- Billatos, S., *Green Technology and Design for the Environment*, Washington, United States of America, 1997.
- Bomberg, E. «Issue networks and the environment: explaining European Union environmental policy», *Comparing policy networks* (1998) 167-184.
- Brems, A., Baeyens, J., & Dewil, R. «Recycling and recovery of post-consumer plastic solid waste in a European context», *Thermal Science* (2012) 669-685.
- Castensson, S. (2008). *Pharmaceutical waste Pharmaceuticals in the Environment* (pp. 489-499): Springer.
- Chang, N. B., *Sustainable Solid Waste Management: A Systems Engineering Approach*, New York, United States of America, 2015.
- Clapp, J. «The distancing of waste: Overconsumption in a global economy», *Confronting consumption* (2002) 155-176.
- Costa, I., Massard, G., & Agarwal, A. «Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries», *Journal of Cleaner Production* (2010) 815-822.
- Curzons, A. D., Constable, D. J., Mortimer, D. N., & Cunningham, V. L. «So you think your process is green, how do you know?—Using principles of sustainability to determine what is green—a corporate perspective», *Green Chemistry* (2001) 1-6.
- Dalmijn, W. «Glass recycling prospects and limitations», *Resources and Conservation* (1987) 195-204.
- Demirbas, A. «Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes», *Energy Conversion and Management* (2011) 1280-1287.
- Dhillon, B. S., *Life cycle costing for engineers*, 2009.
- Dibbert, H., Huber, J., & Winnik, S. «Plutonium recycling in LWRs in FR Germany», (1988)
- Dreyfus, M., Töller, A. E., Iannello, C., & McEldowney, J. «Comparative study of a local service: waste management in France, Germany, Italy and the UK», H. Wollmann/G. Marcou: *The Provision of Public Services in Europe. Between State, Local Government and Market*. Edward Elgar: Cheltenham–Northampton (2010) 146-167.
- European, & Union, *Being wise with waste: the EU's approach to waste management*, Belgium, 2010,
- Fishbein, B. K., *Germany, Garbage and the Green Dot: Challenging a Throwaway Society*, Washington, United States of America, 1996.

- Gaines, S. E. «Polluter-Pays Principle: From Economic Equity to Environmental Ethos, The», *Tex. Int'l LJ* (1991) 463.
- Geng, Y., Tsuyoshi, F., & Chen, X. «Evaluation of innovative municipal solid waste management through urban symbiosis: a case study of Kawasaki», *Journal of Cleaner Production* (2010) 993-1000.
- Gentil, E. C., Gallo, D., & Christensen, T. H. «Environmental evaluation of municipal waste prevention», *Waste management* (2011) 2371-2379.
- Gertsakis, J., & Lewis, H. «Sustainability and the waste management hierarchy», Retrieved on January (2003) 2008.
- Guinee, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., . . . Rydberg, T. «Life cycle assessment: past, present, and future†», *Environmental science & technology* (2010) 90-96.
- Gupta, Y., & Sing Chow, W. «Twenty-five years of life cycle costing—theory and applications: a survey», *International Journal of Quality & Reliability Management* (1985) 51-76.
- Gutowski, T., Murphy, C., Allen, D., Bauer, D., Bras, B., Piwonka, T., . . . Wolff, E. «Environmentally benign manufacturing: observations from Japan, Europe and the United States», *Journal of Cleaner Production* (2005) 1-17.
- Hauschild, M. Z., Goedkoop, M., Guinée, J., Heijungs, R., Huijbregts, M., Joliet, O., . . . Laurent, A. «Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment», *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2013) 683-697.
- Haverland, M., *National adaptation to European integration: The importance of institutional veto points*, 1999.
- Haverland, M. «The impact of the European Union on environmental policies», *The Politics of Europeanization* (2003) 203-221.
- Hayward, P. (1988). *Glass-ceramics Radioactive waste forms for the future*.
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., & Parrella, A. «Toxicity identification evaluation of leachates from municipal solid waste landfills: a multispecies approach», *Chemosphere* (2003) 85-94.
- Johnson, M., & Wang, M. «Evaluation policies and automotive recovery options according to the European Union Directive on end-of-life vehicles (ELV)», *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* (2002) 723-739.
- Jones, L. P., *Green Marketing in the European Union: The German Green Dot Program, Oregon, United States of America*, 2008.

- Jordan, A., *Environmental Policy in the European Union: Actors, Institutions, and Processes*, 2012.
- Kahhat, R., Kim, J., Xu, M., Allenby, B., Williams, E., & Zhang, P. «Exploring e-waste management systems in the United States», *Resources, Conservation and Recycling* (2008) 955-964.
- Kanari, N., Pineau, J.-L., & Shallari, S. «End-of-life vehicle recycling in the European Union», *Jom* (2003) 15-19.
- Kelessidis, A., & Stasinakis, A. S. «Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries», *Waste management* (2012) 1186-1195.
- King, A. M., Burgess, S. C., Ijomah, W., & McMahon, C. A. «Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?», *Sustainable Development* (2006) 257-267.
- Kuehr, R. (2004). *Environmentally effective policy directions for computers*. Paper presented at the Electronics and the Environment, 2004. Conference Record. 2004 IEEE International Symposium on.
- Lenschow, A., *Environmental policy integration: Greening sectoral policies in Europe*, 2002.
- Mazzanti, M., & Zoboli, R. «Waste generation, waste disposal and policy effectiveness: Evidence on decoupling from the European Union», *Resources, Conservation and Recycling* (2008) 1221-1234.
- McCormick, J., *Environmental policy in the European Union*, 2001.
- Min, H., & Galle, W. P. «Green purchasing strategies: trends and implications», *Journal of Supply Chain Management* (1997) 10.
- Monte, M. C., Fuente, E., Blanco, A., & Negro, C. «Waste management from pulp and paper production in the European Union», *Waste management* (2009) 293-308.
- Mukherjee, A. B., Zevenhoven, R., Brodersen, J., Hylander, L. D., & Bhattacharya, P. «Mercury in waste in the European Union: sources, disposal methods and risks», *Resources, Conservation and Recycling* (2004) 155-182.
- Pacheco-Torgal, F. «Eco-efficient construction and building materials research under the EU Framework Programme Horizon 2020», *Construction and building materials* (2014) 151-162.
- Pearce, D., & Turner, R. K. «Packaging waste and the polluter pays principle: a taxation solution», *Journal of Environmental Planning and Management* (1992) 5-15.

- Pearce, D. W. «Environmental appraisal and environmental policy in the European Union», *Environmental and Resource Economics* (1998) 489-501.
- Pires, A., Martinho, G., & Chang, N.-B. «Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques», *Journal of environmental management* (2011) 1033-1050.
- Qu, Y., Zhu, Q., Sarkis, J., Geng, Y., & Zhong, Y. «A review of developing an e-wastes collection system in Dalian, China», *Journal of Cleaner Production* (2013) 176-184.
- Rao, A., Jha, K. N., & Misra, S. «Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete», *Resources, Conservation and Recycling* (2007) 71-81.
- Rhyner, C. R., Schwartz, L. J., Wenger, R. B., & Kohrell, M. G., *Waste Management and Resource Recovery*, New York, United States of America, 1995.
- Rochman, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., . . . Thompson, R. C. «Policy: Classify plastic waste as hazardous», *Nature* (2013) 169-171.
- Rousso, A. S., & Shah, S. P. «Packaging taxes and recycling incentives: the German green dot program», *National Tax Journal* (1994) 689-701.
- Sakai, S.-i., Noma, Y., & Kida, A. «End-of-life vehicle recycling and automobile shredder residue management in Japan», *Journal of Material Cycles and Waste Management* (2007) 151-158.
- Scaglia, B., Confalonieri, R., D'Imporzano, G., & Adani, F. «Estimating biogas production of biologically treated municipal solid waste», *Bioresource technology* (2010) 945-952.
- Scheutz, C., Mosbæk, H., & Kjeldsen, P. «Attenuation of methane and volatile organic compounds in landfill soil covers», *Journal of Environmental Quality* (2004) 61-71.
- Schmilewski, G. K. (1990). *Quality control and use of composted organic wastes as components of growing media in the Federal Republic of Germany*. Paper presented at the II Symposium on Horticultural Substrates and their Analysis, XXIII IHC 294.
- Selin, H., & VanDeveer, S. D. «Raising global standards: hazardous substances and e-waste management in the European Union», *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* (2006) 6-18.
- Sienkiewicz, M., Kucinska-Lipka, J., Janik, H., & Balas, A. «Progress in used tyres management in the European Union: a review», *Waste management* (2012) 1742-1751.

- Silvestri, S. «European security problems and foreign policy», *International Spectator* (1981) 201-226.
- Sinclair, A. J. «Assuming responsibility for packaging and packaging waste», *Electronic Green Journal* (2000)
- Stevens, C. «Interpreting the polluter pays principle in the trade and environment context», *Cornell Int'l LJ* (1994) 577.
- Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G. J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., . . . Moriguchi, Y. «System boundary selection in life-cycle inventories using hybrid approaches», *Environmental science & technology* (2004) 657-664.
- Taherzadeh, M. J., & Richards, T., *Resource Recovery to Approach Zero Municipal Waste*, 2015.
- Terazono, A., Murakami, S., Abe, N., Inanc, B., Moriguchi, Y., Sakai, S.-i., . . . Yang, J. «Current status and research on E-waste issues in Asia», *Journal of Material Cycles and Waste Management* (2006) 1-12.
- Tobey, J. A., & Smets, H. «The Polluter - Pays Principle in the Context of Agriculture and the Environment», *The World Economy* (1996) 63-87.
- Troschinetz, A. M., & Mihelcic, J. R. «Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries», *Waste management* (2009) 915-923.
- Van Asselt, H., & Brewer, T. «Addressing competitiveness and leakage concerns in climate policy: An analysis of border adjustment measures in the US and the EU», *Energy Policy* (2010) 42-51.
- Vellinga, P., Berkhout, F., & Gupta, J., *Managing a material world: Perspectives in industrial ecology*, 1998.
- Venezky, D. L., *European Science Notes*. Volume 40, Number 3, 1986,
- Vogler, J. «The European Union 1 as an actor in international environmental politics», *Environmental Politics* (1999) 24-48.
- Wallace, H., Pollack, M. A., & Young, A. R., *Policy-making in the European Union*, 2015.
- Weiland, P. «Biogas production: current state and perspectives», *Applied microbiology and biotechnology* (2010) 849-860.
- Westlake, K., *Landfill waste pollution and control*, 2014.
- White, P., Dranke, M., & Hindle, P., *Integrated solid waste management: a lifecycle inventory*, 2012.

- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., & Böni, H. «Global perspectives on e-waste», Environmental impact assessment review (2005) 436-458.
- Williams, P. T., Waste treatment and disposal, 2013.
- Wollny, V., Dehoust, G., Fritsche, U. R., & Weinem, P. «Comparison of plastic packaging waste management options: feedstock recycling versus energy recovery in Germany», Journal of Industrial Ecology (2001) 49-63.
- Zhang, D. Q., Tan, S. K., & Gersberg, R. M. «Municipal solid waste management in China: status, problems and challenges», Journal of environmental management (2010) 1623-1633.
- Zoeteman, B. C., Krikke, H. R., & Venselaar, J. «Handling WEEE waste flows: on the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world», The International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2010) 415-436.
- Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής, Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων Δήμου Κρωπίας, 2015,
- Μακρυγιάννης, Κ. (2014). *Συγκριτική μελέτη ορθολογικής διαχείρισης απορριμμάτων στους Δήμους Λίμνης Πλαστήρα και Λαμιέων*. Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. Retrieved from <https://ikee.lib.auth.gr/record/271919/files/Makrygiannis.pdf>
- Νταρακάς, Ε. (2014). *Διαχείριση στερεών αποβλήτων*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Στουραΐτη, Χ., Διαχείριση αποβλήτων στην Ελλάδα-Υφιστάμενη κατάσταση, προβλήματα, δράσεις, 2014, http://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/GEOL105/%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9B%CE%95%CE%9E%CE%95%CE%A9%CE%9D-%CE%A7.%20%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%A5%CE%A1%CE%91%CE%AA%CE%A4%CE%97/WASTE%20MANAGEMENT%20GREECE_6_3_2014.pdf.
- Υπουργείο περιβαλλοντικής ανασυγκρότησης, π. κ. ε., Εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων, Αθήνα, 2015, <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2015/06/paragoqikhsanasygkrothsh.pdf>.
- Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής-ειδική υπηρεσία διαχείρισης επιχειρησιακού προγράμματος περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη, & Κουγιαννός Ιωάννης & Συνεργάτες, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον & Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΕΡΡΕΑ), Αναθεώρηση εθνικού σχεδιασμού διαχείρισης αποβλήτων-Σχέδια διαχείρισης αποβλήτων ανά ρεύμα

αποβλήτου, με χρονικό ορίζοντα ολοκλήρωσης και άμεσους-μεσοπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους στόχους, Αθήνα, 2014,