



ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΡΧΩΝ ΤΟΥ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
ΤΩΝ ΑΝΑΔΙΠΛΟΥΜΕΝΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Συγγραφή και επιμέλεια: Μαργώνη Ε. Μαρία, ΜΠΣ/1133

Επιβλέπων Καθηγητής: Καραλέκας Δημήτριος

ΑΘΗΝΑ, 2013

Περίληψη

Η ανάλυση των παραγόντων που χαρακτηρίζουν τις διαδικασίες ανάπτυξης στις βιομηχανικές χώρες αποδεικνύει ότι η υφιστάμενη περιβαλλοντική κρίση αποτελεί απόρροια του οικονομικού μοντέλου, το οποίο ποτέ μέχρι σήμερα δεν υπήρξε συμβατό με την φέρουσα ικανότητα της φύσης.

Η κατάρρευση του οικονομικού μοντέλου σε συνδυασμό με τα συνεχώς αυξανόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα καθιστούν αναγκαία την επιδίωξη των στόχων της Βιώσιμης Ανάπτυξης, έννοιας που αντικατοπτρίζει την αρμονική και συντονισμένη συμπίεση των οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών αναπτυξιακών στόχων.

Την πορεία προς την Βιώσιμη Ανάπτυξη ακολουθούν και οι βιομηχανίες παραγωγής συσκευασιών με σκοπό να διασφαλίσουν την επιβίωσή τους στο μακροπρόθεσμο μέλλον. Τις κατευθυντήριες γραμμές προς την ανάπτυξη της «βιώσιμης συσκευασίας» θέτει ο Οικολογικός ή Πράσινος Σχεδιασμός, όπου η εφαρμογή του συνόλου των αρχών του εξασφαλίζει την βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των συσκευασιών.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάδειξη της αξίας εφαρμογής των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού, μέσω της σύγκρισης της περιβαλλοντικής απόδοσης δύο οικολογικά σχεδιασμένων κιβωτίων μεταφοράς και ενός κιβωτίου που δεν πληροί τις αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού.

Για την σύγκριση των περιβαλλοντικών αποδόσεων των κιβωτίων μεταφοράς χρησιμοποιείται η μέθοδος της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής, η οποία εστιάζει στην εκτίμηση των επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς. Η διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων πραγματοποιήθηκε με την χρήση των λογισμικών περιβαλλοντικής διαχείρισης CES – Edupack και SimaPro 7.1.8.

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης οδηγούν στην επίτευξη του σκοπού της εργασίας. Καθώς, τα οικολογικά σχεδιασμένα κιβώτια μεταφοράς εμφανίζουν την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση. Με βάση την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς παρουσιάζεται μία πρόταση βελτιστοποίησης της περιβαλλοντικής τους απόδοσης και ενίσχυσης του οικολογικού τους χαρακτήρα.

Abstract

Analysis and consideration of factors that govern the developmental processes in industrialized countries prove that the existing/ongoing environmental crisis stems from the financial model, which has never been compatible with nature's carrying capacity.

The collapse of the financial model combined with the constantly increasing environmental problems begets the need to invest in sustainable development, a concept that aims at the simultaneously progress of the financial, environmental and social developmental goals.

The route towards sustainable development is adopted by production packaging industries with the aim to ensure their survival in the long-term future. The guidelines towards the development of "sustainable packaging" are set by the ecological or green design. Application of these guidelines leads to optimization of the environmental output of packaging.

The aim/purpose of this thesis is to highlight the importance of the application of Ecological Design requirements, through the comparison of the environmental output of two ecologically designed transport crates and another one that does not fulfill these requirements.

This comparison is based upon the method of Life Cycle Analysis, which focuses on the impact assessment of transport crates Life Cycle. The environmental management software CES-Edupack and SimaPro 7.1.8 were utilized for this assessment process.

The results obtained indicate that the ecologically designed transport containers exhibit a significantly better environmental output. Based on these results, suggestions that aim at improving the environmental output and enhancing the ecological profile of these crates are presented.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Abstract	3
Περιεχόμενα.....	4
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	7
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	7
Ευχαριστίες.....	8
1.Εισαγωγή.....	9
1.1 Ορισμός του προβλήματος	11
1. Σκοπός Εργασίας	12
2. Βιώσιμη Ανάπτυξη.....	13
3. 1 Συνιστώσες της Βιώσιμης Ανάπτυξης	15
3.2 Οι θεμελιώδεις αρχές της Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	17
3. Εισαγωγή στην έννοια του Οικολογικού Σχεδιασμού	19
3.1 Στάδια εφαρμογής του Οικολογικού Σχεδιασμού	21
3.2 Αρχές Οικολογικού Σχεδιασμού.....	24
4.3 Φιλοσοφία Οικολογικού Σχεδιασμού	27
4.4 Οφέλη της Εφαρμογής των Αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού	27
5. Ο ρόλος της συσκευασίας	29
5.1 Ορισμός της βιώσιμης συσκευασίας	30
7. Ανάλυση του Κύκλου Ζωής	34
6.1 Ορισμοί ΑΚΖ.....	36
6.2 Ιστορική αναδρομή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.....	38
6.3 Το πλαίσιο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.....	40
6.4 Πλεονεκτήματα της ΑΚΖ.....	45
7. Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής Τριών Κιβωτίων Μεταφοράς	46
7.1 Ο σκοπός και το αντικείμενο της μελέτης.....	46
7.2 Διάγραμμα Ροής.....	52
7.3 Συλλογή Δεδομένων.....	53
7.4 Όρια Συστήματος.....	55
7.4.1 Παραδοχές.....	57

7.5 Υπολογισμός εισροών ενέργειας και εκροών διοξειδίου του άνθρακα.....	58
7.5.1 Περιγραφή Λογισμικού CES – EDUPACK.....	61
7.5.2 Αποτελέσματα Καταναλισκόμενης Ενέργειας	63
7.5.3 Δείκτης Εκπεμπόμενου Διοξειδίου του Άνθρακα ανά Στάδιο του Κύκλου Ζωής..	67
7.5.4 Σύγκριση κιβωτίων μεταφοράς με βάση τους δείκτες ενέργειας και CO2.....	70
8. Αποτελέσματα Εκτίμησης Επιπτώσεων	72
8.1 Περιγραφή Λογισμικού SimaPro 7.1.8.....	72
8.2 Εκτίμηση επιπτώσεων κάθε είδους κιβωτίου μεταφοράς	74
8.3 Σύγκριση επιπτώσεων των τριών κιβωτίων μεταφοράς.....	80
8.4 Εκτίμηση βελτιώσεων	83
8.4.1 Εφαρμογή προτεινόμενης βελτίωσης και Επανεκτίμηση επιπτώσεων.....	84
8.4.2 Νέα σύγκριση περιβαλλοντικής απόδοσης κιβωτίων	87
8.5 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων.....	89
9. Συμπεράσματα	91
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	94

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Συνιστώσες Βιώσιμης Ανάπτυξης	16
Εικόνα 2 Κλειστός Βρόγχος Κύκλου Ζωής	22
Εικόνα 3 Πλαίσιο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	40
Εικόνα 4 Διάγραμμα Ροής	42
Εικόνα 5 1ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς	48
Εικόνα 6 2ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς	49
Εικόνα 7 Χαρτοκιβώτιο Μεταφοράς	51
Εικόνα 8 Διάγραμμα Ροής Κιβωτίων Μεταφοράς	52
Εικόνα 9 Εκπομπές CO ₂ από ορυκτά καύσιμα ανά περιοχή (1960-2006)	59
Εικόνα 10 Κύκλος Ζωής προϊόντος με βάση το λογισμικό Ces-Edurack	61

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά 1ου Οικολογικού Κιβωτίου	53
Πίνακας 2 Μεταφορά 1ου οικολογικού κιβωτίου	54
Πίνακας 3 Καταναλισκόμενη ενέργεια 1ου οικολογικού κιβωτίου	63
Πίνακας 4 Καταναλισκόμενη ενέργεια 2ου οικολογικού κιβωτίου	65
Πίνακας 5 Καταναλισκόμενη ενέργεια χαρτοκιβωτίου	66
Πίνακας 6 Εκπομπές CO ₂ 1ου οικολογικού κιβωτίου	67
Πίνακας 7 Εκπομπές CO ₂ 2ου οικολογικού κιβωτίου	68
Πίνακας 8 Εκπομπές CO ₂ χαρτοκιβωτίου	69
Πίνακας 9 Ποσοστά επίδρασης των δύο οικολογικών κιβωτίων στις εξεταζόμενες επιπτώσεις	81

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 Συνολική κατανάλωση Ενέργειας 100 χρήσεων	70
Διάγραμμα 2 Συνολικές εκπομπές CO ₂ 100 χρήσεων	70
Διάγραμμα 3 Εκτίμηση επιπτώσεων 1ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 40-30-20	75
Διάγραμμα 4 Εκτίμηση επιπτώσεων 1ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-17	75
Διάγραμμα 5 Εκτίμηση επιπτώσεων 1ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-25	76
Διάγραμμα 6 Εκτίμηση επιπτώσεων 2ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-25	77
Διάγραμμα 7 Εκτίμηση επιπτώσεων χαρτοκιβωτίου διαστάσεων 60-40-25	78
Διάγραμμα 8 Σύγκριση εκτίμησης επιπτώσεων κιβωτίων μεταφοράς διαστάσεων 60-40-25	80
Διάγραμμα 9 Επανεκτίμηση επιπτώσεων 1ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-25	85
Διάγραμμα 10 Επανεκτίμηση επιπτώσεων 2ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-25	85
Διάγραμμα 11 Επανεκτίμηση επιπτώσεων χαρτοκιβωτίου διαστάσεων 60-40-25 ...	86
Διάγραμμα 12 Νέα σύγκριση εκτίμησης επιπτώσεων των κιβωτίων μεταφοράς διαστάσεων 60-40-25	87

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Συντομογραφία	Ερμηνεία
Ε.Ε.	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΣΕΒ	Συμβούλιο για την Βιώσιμη Ανάπτυξη
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ISO	International Standardization Organization
IUCN	International Union for the Conservation of Nature
GRANTA	Granta material design
Prè	Prè-Consultants
SETAC	Society for Environmental Toxicology and Chemistry
UNEP	United Nations Environment Programme
WCED	World Commission of the Environment and Development
WWF	World Wide Fund for Nature

Ευχαριστίες

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της εργασίας, Καθηγητή του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιά, Δρ. Καραλέκα Δημήτριο, για την ανάθεση του θέματος, την συνεχή καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια διαμόρφωσης και ολοκλήρωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω εγκάρδια τον Άκη για την ανεκτίμητη βοήθεια του, καθώς συνέβαλλε στο μέγιστο στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας και στηρίζει με αγάπη και κατανόηση κάθε προσπάθειά μου.

Επιπλέον, ένα «ταπεινό» ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου Ευάγγελο και Αικατερίνη για όλη την πολύπλευρη υποστήριξη και φροντίδα τους, αλλά και στην αδελφή μου Νικολέττα, πηγή θετικής ενέργειας και αισιοδοξίας.

Τέλος, δε θα μπορούσα να ξεχάσω την γιαγιά μου Άννα που στήριξε με κάθε δυνατό τρόπο την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Αθήνα 2013

1.Εισαγωγή

Το φυσικό περιβάλλον και η ανθρώπινη κοινωνία αποτελούν δύο σύνθετα συστήματα, τα οποία αλληλεπιδρούν. Η αλληλεπίδραση αυτή επιφέρει ένα σύνολο επιπτώσεων, οι οποίες είναι δύσκολα προβλέψιμες και συχνά μη αναστρέψιμες. Ένα μέρος αυτών προκύπτει λόγω της λανθασμένης ποσοτικής διαχείρισης της ενέργειας και της επιλογής των υλικών που απαιτούνται για την ανάπτυξη της παραγωγής. [1]

Η ύπαρξη της συνεχούς αντίφασης μεταξύ της παγκόσμιας ανάπτυξης της παραγωγής και της προστασίας του περιβάλλοντος καθιστά αναγκαία για κάθε βιομηχανία και επιχείρηση την επιδίωξη των στόχων της Βιώσιμης Ανάπτυξης (sustainable development). Σε αυτές τις επιχειρήσεις συμπεριλαμβάνονται και οι βιομηχανίες παραγωγής συσκευασιών, αφού πλέον η συσκευασία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των παραγωγικών διαδικασιών. Η στροφή του κλάδου παραγωγής συσκευασιών στην Βιώσιμη Ανάπτυξη και η υιοθέτηση των στρατηγικών της είναι άμεση και αναγκαία, λόγω της επικρατούσας αντίληψης ότι η συσκευασία αποτελεί κάτι εξεζητημένο και επιφέρει πληθώρα περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αναμφισβήτητα, και η συμπεριφορά των καταναλωτών τα τελευταία χρόνια, οι οποίοι επιδεικνύουν ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον για προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον με λογικό κόστος αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα δημιουργίας της «βιώσιμης συσκευασίας».

Για τον λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η υιοθέτηση ενός συνόλου στρατηγικών προκειμένου να προσαρμοστεί η συσκευασία στις υπάρχουσες περιβαλλοντικές απαιτήσεις, δίνοντας έμφαση στην επιλογή υλικών και στο σχεδιασμό συσκευασιών φιλικών προς το περιβάλλον, ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο την περιβαλλοντικά φιλική εικόνα των συσκευασιών.

Επομένως, έμμεσα εισχώρησε η βιώσιμη ανάπτυξη στην διαδικασία παραγωγής των συσκευασιών, λόγω της ασταθούς παγκόσμιας οικονομικής κατάστασης, αλλά και της αύξησης των τιμών του πετρελαίου, της ενέργειας και των πρώτων υλών που σταδιακά οδήγησαν στην ανάγκη μείωσης των περιττών συσκευασιών και

γενικότερα στην βελτιστοποίηση της παραγωγής τους, με την χρήση νέων τεχνολογιών, υλικών και καινοτομιών. [2]

Το αποτέλεσμα της εφαρμογής των στρατηγικών της Βιώσιμης Ανάπτυξης στις βιομηχανίες παραγωγής συσκευασιών είναι η γνωστή ως «βιώσιμη συσκευασία» ή «οικολογικά σχεδιασμένη συσκευασία» που επικεντρώνεται στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο σύνολο των σταδίων του Κύκλου Ζωής της.

Ωστόσο, προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταξύ των οικολογικά σχεδιασμένων συσκευασιών και αυτών που δεν πληρούν τις αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού, αλλά και να αποφεύγεται η παραπλανητική πληροφόρηση που παρέχουν οι επιχειρήσεις κυρίως στους καταναλωτές σχετικά με τις περιβαλλοντικές δράσεις τους, είναι απαραίτητη η διενέργεια αξιολογήσεων σε σχέση με την περιβαλλοντική απόδοση των συσκευασιών.

Για το λόγο αυτό, υπάρχουν εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης, που επικεντρώνονται στην τεχνική της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής προϊόντων - υπηρεσιών, με σκοπό την παροχή πληροφοριών που αφορούν την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης τους.

Με την χρήση αυτών των εργαλείων είναι δυνατή η παροχή πληροφοριών που επιτρέπει:

- Τον εντοπισμό του είδους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ως αποτέλεσμα του Κύκλου Ζωής προϊόντων – υπηρεσιών.
- Την σύγκριση των περιβαλλοντικών αποδόσεων των προϊόντων – υπηρεσιών.
- Τον εντοπισμό σταδίων του Κύκλου Ζωής που προκαλούν σε μεγαλύτερο βαθμό το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Την παροχή πληροφοριών που αποσκοπούν στην βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης προϊόντων – υπηρεσιών. [1, 3]

1.1 Ορισμός του προβλήματος

Η Βιώσιμη Ανάπτυξη έννοια κλειδί του 21^{ου} αιώνα δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί τόσο από τους επιστήμονες που ασχολούνται με θέματα ανάπτυξης και περιβάλλοντος όσο και από κάθε ευαισθητοποιημένο καταναλωτή που προβληματίζεται για την κατάσταση στο σύγχρονο κόσμο.

Αναμφισβήτητα, κάθε ενημερωμένος και περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένος καταναλωτής αποζητά κυρίως οικολογικά προϊόντα συσκευασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητά τους, πράγμα που αποτελεί πρόκληση για τις βιομηχανίες παραγωγής συσκευασιών που στοχεύουν στην μείωση των υλικών συσκευασίας, επιθυμώντας ωστόσο τη διατήρηση της ποιότητας.

Στο πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης, οι σχεδιαστές των συσκευασιών οφείλουν όχι μόνο να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των καταναλωτών με απώτερο σκοπό την αποδοχή των προϊόντων τους, αλλά και να αξιολογούν συνολικά τις επιδράσεις των προϊόντων τους στην οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον.

Αυτή η αλλαγή στην νοοτροπία του σχεδιασμού των συσκευασιών αποτελεί σημαντική πρόκληση που απαιτεί χρόνο για την προσαρμογή του σχεδιασμού στις νέες απαιτήσεις. Αναγκαία καθίσταται η ανάπτυξη νέων ιδεών, νέων τεχνολογιών αλλά και η ανάπτυξη αντικειμενικών συστημάτων αξιολόγησης, προκειμένου ο σχεδιασμός των συσκευασιών να συμβάλει ουσιαστικά και δραστικά με νέα καινοτομικά προϊόντα - λύσεις στην Βιώσιμη Ανάπτυξη. [2]

1. Σκοπός Εργασίας

Βασικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση της αναγκαιότητας της υιοθέτησης των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού στην διαδικασία σχεδιασμού των προϊόντων και υπηρεσιών στο ευρύτερο πλαίσιο του μοντέλου της Βιώσιμης Ανάπτυξης που έχει θεσπιστεί παγκοσμίως.

Όπως κάθε προϊόν έτσι και οι συσκευασίες αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι στην σημερινή πραγματικότητα και έχουν ένα συγκεκριμένο Κύκλο Ζωής, ο οποίος επιβαρύνει αναπόφευκτα το περιβάλλον. Επομένως, προκειμένου να επιτευχθεί ο περιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και να αναδειχθεί η χρησιμότητα του Οικολογικού Σχεδιασμού, η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην σύγκριση της περιβαλλοντικής απόδοσης τριών προϊόντων συσκευασίας μέσω της αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής τους.

Τα υπό εξέταση προϊόντα συσκευασίας έχουν παρόμοιες ιδιότητες και χαρακτηριστικά και αφορούν την ίδια χρήση. Η επιλογή των προϊόντων συσκευασίας με κοινά χαρακτηριστικά και χρήση έγινε, προκειμένου να υπάρχει μία βάση για την μεταξύ τους σύγκριση.

Ωστόσο, οι διαφορές τους έγκεινται στον σχεδιασμό τους και σε δραστηριότητες που αφορούν κάποια στάδια του Κύκλου Ζωής τους. Συγκεκριμένα, η μελέτη αφορά δύο διαφορετικές οικολογικά σχεδιασμένες συσκευασίες και μία τυποποιημένη συσκευασία που δεν ικανοποιεί τις αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού.

Η ανάλυση και αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής των τριών προϊόντων συσκευασίας θα γίνει με την χρήση δύο διαφορετικών εργαλείων περιβαλλοντικής διαχείρισης. Με στόχο τον εντοπισμό και την καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ως αποτέλεσμα του Κύκλου Ζωής των προϊόντων συσκευασίας.

Τέλος, μέσω της τελικής σύγκρισης της περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων συσκευασίας επιδιώκεται η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων της εφαρμογής των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού που αφορά όλο τον Κύκλο Ζωής των προϊόντων στο ευρύτερο πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης.

2. Βιώσιμη Ανάπτυξη

Η έννοια της αειφόρου ή Βιώσιμης Ανάπτυξης πρωτοεμφανίστηκε το 1980 σε μελέτη με τίτλο «Παγκόσμια Στρατηγική Διατήρησης» (World Conservation Strategy), η οποία δημοσιεύτηκε από τη Διεθνή Ένωση για την Προστασία της Φύσης (International Union for the Conservation of Nature – IUCN), το Παγκόσμιο Ταμείο για τη Φύση (World Wide Fund for Nature – WWF) και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environment Programme – UNEP). [4]

Επιπλέον, οι προαναφερθέντες οργανισμοί δημοσίευσαν το 1991 μία δεύτερη μελέτη με τίτλο «Φροντίζοντας τη Γη» (Caring for the Earth) ως συνέχεια της πρώτης μελέτης «Παγκόσμια Στρατηγική Διατήρησης». Οι μελέτες αυτές αν και εισήγαγαν την έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης και πρόσφεραν μία σειρά εργαλείων περιβαλλοντικής διαχείρισης δεν εμπεριείχαν τα άμεσα συνδεδεμένα με την περιβαλλοντική προστασία, οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα.

Από την άλλη πλευρά, το 1987 η έκθεση με τίτλο «Το Κοινό μας Μέλλον» (Our Common Future) που δημοσιεύτηκε από την Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (World Commission of the Environment and Development – WCED), γνωστή και ως «Έκθεση Brundtland», αποτέλεσε μια πιο ολοκληρωμένη ερμηνεία της έννοιας της Βιώσιμης Ανάπτυξης.

Συγκεκριμένα, ο τίτλος της μελέτης προέκυψε λόγω της επιδίωξης που υπήρχε για την συνένωση της περιβαλλοντικής ατζέντας του Βορρά και της αναπτυξιακής ατζέντας του Νότου. Σύμφωνα με την μελέτη, η Βιώσιμη Ανάπτυξη ορίζεται ως «Η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές του ανάγκες». [5]

Σύμφωνα με τον ορισμό της Βιώσιμης Ανάπτυξης της WCED, αυτός στηρίζεται σε δύο βασικές ιδέες:

- ❖ Την ιδέα των αναγκών και ουσιαστικά των ζωτικής σημασίας αναγκών των φτωχών του πλανήτη, η κάλυψη των οποίων πρέπει να αποτελεί βασική προτεραιότητα.
- ❖ Την ιδέα των ορίων που επιβάλλονται από την υπάρχουσα τεχνολογική γνώση και μορφή κοινωνικής οργάνωσης και από τις δυνατότητες που μας παρέχει το φυσικό περιβάλλον για την ικανοποίηση των τωρινών και μελλοντικών αναγκών.[5]

Επίσης, στην «Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη» που πραγματοποιήθηκε το 1992 στο Ρίο Ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας, διαμορφώθηκε η ατζέντα της Διάσκεψης, με όνομα «Ατζέντα 21», σύμφωνα με τις αρχές της Βιώσιμης Ανάπτυξης που τέθηκαν από την WCED. Η «Ατζέντα 21» αποτελεί ουσιαστικά την αφηγηρία ενός προγράμματος δράσης για το 21^ο αιώνα με σκοπό την παγκόσμια συνεργασία για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη.

Μετά την Συνδιάσκεψη του Ρίο το 1992, όλα τα κράτη-μέλη του Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών έχουν υπογράψει την «Ατζέντα 21», ενώ σε ευρωπαϊκό επίπεδο η Βιώσιμη Ανάπτυξη αποτέλεσε θεμελιώδη στόχο από τον Οκτώβριο του 1997, όπου και ενσωματώθηκε στη «Συνθήκη του Άμστερνταμ». [6]

Η Ευρωπαϊκή Στρατηγική για την Βιώσιμη Ανάπτυξη περιλαμβάνει τέσσερις κεντρικούς στόχους:

- ❖ Περιβαλλοντική Προστασία

Διατήρηση της βιοποικιλότητας της Γης, προωθώντας βιώσιμα πρότυπα κατανάλωσης και παραγωγής, προλαμβάνοντας και μειώνοντας την ρύπανση του περιβάλλοντος.

❖ Κοινωνική Δικαιοσύνη

Πρώθηση μίας δημοκρατικής και δίκαιης κοινωνίας με σεβασμό στα θεμελιώδη δικαιώματα και την πολιτιστική ποικιλομορφία, με απώτερο σκοπό την καταπολέμηση κάθε μορφής διάκρισης.

❖ Οικονομική Ευημερία

Πρώθηση μίας ακμάζουσας, καινοτόμου, πλούσιας σε γνώση, ανταγωνιστικής και οικολογικά αποτελεσματικής οικονομίας, που θα εξασφαλίζει ένα υψηλό επίπεδο διαβίωσης, την πλήρη απασχόληση και την ποιότητα της εργασίας.

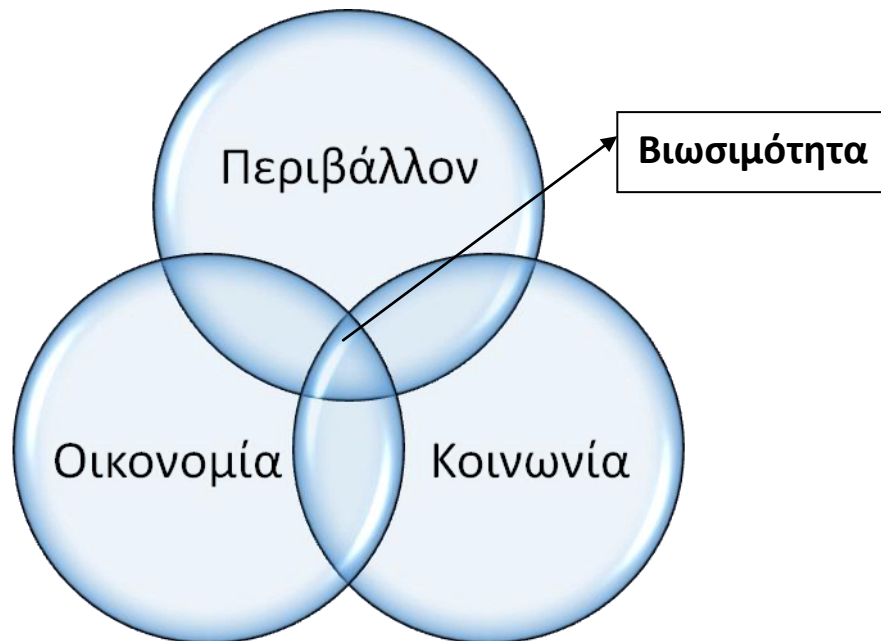
❖ Ανάληψη Διεθνών Ευθυνών

Εφαρμογή δημοκρατικών θεσμών παγκοσμίως, με σκοπό την διασφάλιση της ειρήνης, της ασφάλειας και της ελευθερίας με απώτερο σκοπό την συνεχή προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης σε ολόκληρο τον κόσμο. [7]

3. 1 Συνιστώσες της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Η έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης αποτελεί ουσιαστικά την τομή τριών στοιχείων σε ένα κοινό τόπο (όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα). Τα στοιχεία που περιγράφονται είναι: η Οικονομία, η Κοινωνία και το Περιβάλλον, η τομή των οποίων αποτελεί την Βιώσιμη Ανάπτυξη. Οι τρεις αυτές πτυχές από τις οποίες εξαρτάται η Βιώσιμη Ανάπτυξη, δεν ταυτίζονται μεταξύ τους, ωστόσο η τομή τους αφορά και εστιάζει στην ικανοποίηση των αναγκών της παρούσας και των μελλοντικών γενεών.

Η έννοια της τομής των τριών στοιχείων της Οικονομίας, της Κοινωνίας και του Περιβάλλοντος, περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1994 από τον John Elkington, γνωστή ως τριπλή βάση των επιχειρήσεων (triple bottom line). Η τριπλή βάση των επιχειρήσεων εστιάζει στην κατάσταση εκείνη, στην οποία οι επιχειρήσεις εναρμονίζουν τις προσπάθειές τους έτσι ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμες, περιβαλλοντικά ορθές και κοινωνικά υπεύθυνες. [8]



Εικόνα 1 Συνιστώσες Βιώσιμης Ανάπτυξης

Γενικότερα, η σχέση των στοιχείων της Οικονομίας, της Κοινωνίας και του Περιβάλλοντος με την Βιώσιμη Ανάπτυξη περιγράφει την αλληλεξάρτηση που αναπτύσσεται μεταξύ τους. Η σχέση αλληλεξάρτησης των στοιχείων αυτών αποδεικνύεται λόγω των προβλημάτων που δημιουργήθηκαν στο παρελθόν, αλλά υφίστανται και σήμερα και απαιτείται να αντιμετωπισθούν. Τέτοια προβλήματα είναι η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, ο κοινωνικός αποκλεισμός, η άνιση κατανομή των πόρων και η απουσία ενός φιλικού προς το περιβάλλον σχεδιασμού. [9] [10]

3.2 Οι θεμελιώδεις αρχές της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Η υιοθέτηση της ιδέας της Βιώσιμης Ανάπτυξης απαιτεί αλλαγές στην νοοτροπία και στις αντιλήψεις των ανθρώπων, στο νομοθετικό πλαίσιο αλλά και στην επιστημονική προσέγγιση. [11]

Οι αλλαγές αυτές συνοψίζονται στο γενικό πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης που παρατίθεται με τη μορφή δώδεκα θεμελιωδών αρχών. Αποτελούν την αφετηρία για εφαρμογής της Βιώσιμης Ανάπτυξης αλλά και σύστημα ελέγχου με απώτερο σκοπό την ποιοτική ανάπτυξη:

1. Αρχή της Δημόσιας Οικολογικής Τάξης

Η Βιώσιμη Ανάπτυξη αποτελεί ευθύνη του κράτους και δεν αφήνεται στη λειτουργία της αγοράς.

2. Αρχή της Βιωσιμότητας

Διατήρηση του φυσικού κεφαλαίου και απαγόρευση κάθε μείωσης ή υποβάθμισης

3. Αρχή της Φέρουσας Ικανότητας

Διατήρηση της σταθερής κατάστασης των οικοσυστημάτων με ανάπτυξη που βρίσκεται κάτω από τα όρια της αντοχής τους.

4. Αρχής Υποχρεωτικής Αποκατάστασης διαταραχθέντων οικοσυστημάτων

Αποκατάσταση του απολεσθέντος φυσικού κεφαλαίου.

5. Αρχής της Βιοποικιλότητας

Διατήρηση της βιοποικιλότητας που θεωρείται κριτήριο και παράγοντας ευρωστίας των οικοσυστημάτων.

6. Αρχή της Κοινής Φυσικής Κληρονομιάς

Τα κοινά φυσικά αγαθά δεν επιτρέπεται να ιδιοποιηθούν και η κοινή χρήση τους να περιορισθεί ή να καταργηθεί.

7. Αρχή της Ήπιας Ανάπτυξης των Ευπαθών Οικοσυστημάτων

Στα ευπαθή οικοσυστήματα επιτρέπεται ήπια ανάπτυξη που ορίζεται κατά περίπτωση, ώστε να μην επιβαρύνει το περιβάλλον υπέρμετρα.

8. Αρχή της Χωρονομίας

Επιβάλλεται ο συνολικός σχεδιασμός και χωροταξικός σχεδιασμός των δραστηριοτήτων, ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση της φέρουσας ικανότητας των οικοσυστημάτων.

9. Αρχή της Πολιτιστικής Κληρονομιάς

Διατήρηση των σπουδαιότερων πολιτιστικών στοιχείων (μνημεία, αρχιτεκτονικά σύνολα, τόποι).

10. Αρχή του Βιώσιμου Αστικού Περιβάλλοντος

Διατήρηση της ποιότητας της ζωής στις πόλεις και αναχαίτιση της ανάπτυξης μέγα – πόλεων.

11. Αρχή Προστασίας του Φυσικού Κάλλους

Διατήρηση και προστασία του τοπίου με παρεμβάσεις που δεν το αλλοιώνουν.

12. Αρχή της Οικολογικής Συνείδησης

Καθιέρωση της οικολογικής συνείδησης των πολιτών που είναι και οι προστάτες του περιβάλλοντος.

3. Εισαγωγή στην έννοια του Οικολογικού Σχεδιασμού

Ο Οικολογικός Σχεδιασμός γνωστός και ως Σχεδιασμός για το Περιβάλλον, Πράσινος Σχεδιασμός ή Περιβαλλοντικά Προσαρμοσμένος Σχεδιασμός είναι η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης κατά το στάδιο του σχεδιασμού ενός προϊόντος – υπηρεσίας, λαμβάνοντας υπόψη ολόκληρο τον Κύκλο Ζωής του προϊόντος – υπηρεσίας, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλα τα στάδια του Κύκλου Ζωής.

Ο Οικολογικός Σχεδιασμός ορίζεται, επίσης, ως ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών πτυχών και χαρακτηριστικών στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη προϊόντων – υπηρεσιών. Ενσωματώνεται με τρόπο παρόμοιο της ενσωμάτωσης άλλων σημαντικών απαιτήσεων στη διαδικασία του σχεδιασμού, όπως η ποιότητα, η ασφάλεια, η νομοθεσία, εργονομία και η λειτουργικότητα. Αποτέλεσμα της εφαρμογής των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού είναι τα οικολογικά σχεδιασμένα προϊόντα να είναι καινοτομικά, με καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση και όσον αφορά την ποιότητα να είναι τουλάχιστον το ίδιο καλά όσο τα πρότυπα προϊόντα της αγοράς.[12]

Η πρώτη εμφάνιση του όρου του Οικολογικού Σχεδιασμού έγινε στις αρχές της δεκαετίας του 1970, όπου ο σχεδιαστής Paraneek V.J. τόνισε την ανάγκη σχεδιασμού προϊόντων δίνοντας βάση τόσο στην απόδοση κέρδους όσο και στην περιβαλλοντική απόδοση των προϊόντων.

Αργότερα, στις αρχές της δεκαετίας του 1990 πραγματοποιείται μία πρώτη συγγραφική προσέγγιση με θέμα τον σχεδιασμό περιβαλλοντικά φιλικών προϊόντων. Συγκεκριμένα, ο P. Burall με το σύγγραμμά του *Green Design* (1991) τονίζει την άμεση σύνδεση της περιβαλλοντικής ανάπτυξης με την κερδοφορία των επιχειρήσεων. Επιπλέον, ο J. Fiksel με το σύγγραμμά του *Design for the Environment* (1996; 2009) καταγράφει την άμεση σύνδεση του Οικολογικού Σχεδιασμού με την διαδικασία εξέτασης του Κύκλου Ζωής των προϊόντων και την ανάπτυξη νέων περιβαλλοντικά φιλικότερων. Στη συνέχεια και καθώς η έννοια του Σχεδιασμού για το Περιβάλλον αναπτύσσονταν ολοένα και περισσότερο, οι Brezet και van Hemel το

1997 προτείνουν έναν πρακτικό οδηγό εφαρμογής των αρχών του Σχεδιασμού για το Περιβάλλον, που ονομάστηκε «*EcoDesign*».

Έκτοτε, τα μία σειρά νέων συγγραμμάτων που αφορούν τον Οικολογικό Σχεδιασμό, εμπεριέχουν επίσης έννοιες ηθικών και κοινωνικών επιπτώσεων, ως αποτέλεσμα του Κύκλου Ζωής των προϊόντων που αποτελούν ουσιαστικά κομμάτι της Βιώσιμης Ανάπτυξης, τονίζοντας με αυτόν τον τρόπο την άμεση σύνδεση αυτής με τον Οικολογικό Σχεδιασμό. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί και το σύγγραμμα των Bhamra και Lofthouse, το οποίο αναφέρει ότι στο πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης απαιτείται ο περιορισμός όχι μόνο των περιβαλλοντικών, αλλά ταυτόχρονα των ηθικών και κοινωνικών επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής της παραγωγής των προϊόντων. [8]

3.1 Στάδια εφαρμογής του Οικολογικού Σχεδιασμού

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού αποτελεί η εξέταση ολόκληρου του Κύκλου Ζωής του εκάστοτε προϊόντος. Αναμφισβήτητα, ο Κύκλος Ζωής οποιουδήποτε προϊόντος επιφέρει ένα σύνολο περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για τον λόγο αυτό είναι επιτακτική η ανάγκη ύπαρξης ενός συνόλου αποτελεσματικών αρχών - πρακτικών που θα εφαρμόζονται κατά την διάρκεια του σχεδιασμού του κάθε προϊόντος. Με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής και κυρίως την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής των προϊόντων.

Είναι σημαντικό επίσης, να αναφερθεί ότι η εφαρμογή των αρχών - πρακτικών του Οικολογικού Σχεδιασμού θα πρέπει να πραγματοποιείται κατά το στάδιο του σχεδιασμού ενός προϊόντος. Σε αντίθετη περίπτωση η προσπάθεια εφαρμογής των πρακτικών αυτών αποτελεί μια χρονοβόρα και σύνθετη διαδικασία που πολλές φορές μπορεί να μην επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα.[13]

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Κύκλου Ζωής των προϊόντων συνδέονται άμεσα με την κατανάλωση της ενέργειας αλλά και με την επιλογή των υλικών κατασκευής των προϊόντων. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την κατανάλωση της ενέργειας κατά τον Κύκλο Ζωής ενός προϊόντος μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την εύρεση τρόπων μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας, αλλά και με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Από την άλλη πλευρά, όμως, η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που οφείλονται στα υλικά κατασκευής των προϊόντων δεν μπορεί να δρομολογηθεί άμεσα. Η αντικατάσταση υλικών με νέα φιλικότερα προς το περιβάλλον υλικά απαιτεί πολύ χρόνο, διότι απαιτείται η εύρεση υλικών με παρόμοιες αν όχι ίδιες ιδιότητες. Επίσης, η αντικατάσταση των υλικών συχνά αποτελεί μία μεγάλη οικονομική επιβάρυνση που εμπεριέχει μεγάλο ρίσκο, διότι είναι δύσκολο να προβλεφθεί εάν η επένδυση για την δημιουργία ενός νέου περιβαλλοντικά φιλικότερου προϊόντος θα επιφέρει τα αναμενόμενα οικονομικά οφέλη.

Η βασική ιδέα του Οικολογικού Σχεδιασμού εστιάζει στο να σχεδιαστεί ένα προϊόν αφού έχει μελετηθεί και εξεταστεί διεξοδικά ο Κύκλος Ζωής του. Αυτό, οφείλεται στο γεγονός ότι η εφαρμογή των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού αποσκοπεί στο να αποτελέσει ο Κύκλος Ζωής του κάθε προϊόντος έναν «κλειστό βρόγχο», παρεμφερή με τους αναγεννησιακούς κύκλους της φύσης. Με την δημιουργία αυτού του βρόγchu, είναι δυνατόν στο τέλος της ωφέλιμης ζωής ενός προϊόντος τα συστατικά του μέρη να επαναχρησιμοποιηθούν για την δημιουργία ενός νέου ισάξιου προϊόντος και επομένως να «εισέλθουν» σε έναν νέο Κύκλο Ζωής. [14]



Εικόνα 2 Κλειστός Βρόγχος Κύκλου Ζωής

Με βάση το σύνολο των αρχών του, ο Οικολογικός Σχεδιασμός, δεν εστιάζει μόνο στην μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και στην μείωση της χρήσης των φυσικών πόρων, αλλά επαναπροσδιορίζει τον Κύκλο Ζωής των προϊόντων και επανασχεδιάζοντας όλες τις διαδικασίες παραγωγής τους με σκοπό την αποφυγή της ρύπανσης και της σπατάλης των φυσικών πόρων.[14]

Συγκεκριμένα, τα συνήθη βήματα εφαρμογής των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού περιλαμβάνουν:

- ❖ Την ανάπτυξη μίας νέας ιδέας

Ο επανασχεδιασμός ενός προϊόντος με οικολογικά χαρακτηριστικά μπορεί να περιλαμβάνει την ενσωμάτωση στον σχεδιασμό νέων καινοτομικών ιδεών όπως η κοινή χρήση ενός προϊόντος από πολλούς χρήστες και η ενσωμάτωση πολλών λειτουργιών σε ένα προϊόν (κινητά τηλέφωνα) με αποτέλεσμα την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

- ❖ Τον προσδιορισμό των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Επιτακτική είναι η ανάγκη εντοπισμού και καθορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του νέου προϊόντος μέσω της ανάλυσης και αξιολόγησης ολόκληρου του Κύκλου Ζωής του.

- ❖ Καθορισμός των κατευθυντήριων γραμμών του Σχεδιασμού

Είναι απαραίτητος ο πλήρης καθορισμός του τρόπου σχεδιασμού του προϊόντος, διότι οι αλλαγές μετά τον σχεδιασμό του δεν ευδοκιμούν.

- ❖ Σχεδιασμός πρότυπου του προϊόντος

Αυτό το στάδιο αφορά την κατασκευή ενός προϊόντος σύμφωνα με τα νέα δεδομένα και τις αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού που έχει αποφασιστεί να εφαρμοστούν. Στην συνέχεια πραγματοποιείται επανεξέταση του Κύκλου Ζωής του προϊόντος για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής του απόδοσης με σκοπό την πραγματοποίηση τυχόν επιθυμητών αλλαγών.

- ❖ Εισαγωγή στην αγορά

Τελικό βήμα αποτελεί η παραγωγή του νέου προϊόντος που αντικατοπτρίζει το σύνολο των επιθυμητών ιδιοτήτων με απώτερο σκοπό την προώθησή του, γνωστοποιώντας στο ευρύτερο καταναλωτικό κοινό το σύνολο των ιδιοτήτων του.[15]

3.2 Αρχές Οικολογικού Σχεδιασμού

Ο Οικολογικός Σχεδιασμός αφορά την ανάπτυξη μίας νέας ιδέας που έχει να κάνει με την βελτίωση ενός υπάρχοντος προϊόντος ή με τον σχεδιασμό ενός νέου που θα πληροί το σύνολο των αρχών του. Επιπλέον, στο γενικότερο πλαίσιο των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού υφίσταται η ανάγκη δημιουργίας ενός κλειστού βρόγχου όπως προαναφέρθηκε με σκοπό την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Συγκεκριμένα, οι αρχές και πρακτικές του Οικολογικού Σχεδιασμού αφορούν:

- ❖ Τη μείωση της χρήσης πολλών και διάφορων υλικών

Η μείωση των πολλών και διαφορετικών υλικών αποσκοπεί τόσο στην εύκολη αποσυναρμολόγηση των προϊόντων μετά το πέρας της ωφέλιμης ζωής τους όσο και στην ύπαρξη της δυνατότητας ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης όλων των συστατικών μερών τους. Επιπλέον, η μείωση των υλικών που χρησιμοποιούνται διευκολύνει την έρευνα για την εύρεση περιβαλλοντικά φιλικών υλικών που πληρούν το σύνολο των προϋποθέσεων.

- ❖ Την επιλογή περιβαλλοντικά προσαρμοσμένων υλικών

Η αύξηση της χρήσης περιβαλλοντικά φιλικών υλικών κρίνεται απαραίτητη. Συγκεκριμένα, τα περιβαλλοντικά προσαρμοσμένα υλικά είναι υλικά τα οποία προέρχονται από ανανεώσιμους πόρους, παράγονται και επεξεργάζονται με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή με την απαίτηση μικρών ποσοτήτων ενέργειας, ενώ είναι δυνατή και η ανακύκλωσή τους.

- ❖ Την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των παραγωγικών διαδικασιών των προϊόντων

Κατά τον σχεδιασμό ενός προϊόντος είναι απαραίτητη η εφαρμογή ενεργειών που θα βελτιώσουν τις παραγωγικές διαδικασίες, όπως η μείωση του αριθμού των σταδίων της παραγωγής, η επανεισαγωγή ελαττωματικών προϊόντων στην παραγωγική διαδικασία καθώς επίσης και η αποδοτική χρήση του νερού και της ενέργειας.

❖ Την βελτιστοποίηση της διανομής των προϊόντων

Η διανομή των προϊόντων περιλαμβάνει την χρήση συστημάτων συσκευασίας και μεταφοράς. Η βελτιστοποίηση του σταδίου του συστήματος της συσκευασίας θα πρέπει να περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση της χρήσης συσκευασιών. Εάν ωστόσο η συσκευασία κρίνεται απαραίτητη θα πρέπει να σχεδιάζεται ώστε να είναι επαναχρησιμοποιήσιμη και να αποτελείται από περιβαλλοντικά προσαρμοσμένα υλικά. Αντίστοιχα, όσον αφορά τα στάδια της διανομής απαιτείται σχεδιασμός του προϊόντος με σκοπό την μεγιστοποίηση της ποσότητας του προϊόντος που μεταφέρεται ανά μονάδα όγκου μεταφέροντας για παράδειγμα τα προϊόντα πριν την πλήρη συναρμολόγησή τους. Καθώς και μείωση του βάρους των προϊόντων, με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά την μεταφορά τους.

❖ Την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την χρήση των προϊόντων

Η εφαρμογή των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού σε προϊόντα – υπηρεσίες κατά την χρήση των οποίων απαιτείται η κατανάλωση ενέργειας, νερού και υλικών αποτελεί το πιο σημαντικό στάδιο του Κύκλου Ζωής των προϊόντων – υπηρεσιών αυτών. Αυτό συμβαίνει διότι είναι απαραίτητος ο επανασχεδιασμός τους με σκοπό την αύξηση της αποδοτικότητας της ενέργειας και την μείωση της κατανάλωσης αυτής ανά λειτουργική μονάδα προϊόντος, την ενσωμάτωση χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη λειτουργία του προϊόντος, αλλά και την μείωση της κατανάλωσης του νερού, με την ενσωμάτωση μηχανισμών εξοικονόμησης νερού.

❖ Την αύξηση της χρήσιμης ζωής των προϊόντων

Η μεγάλη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αποφυγή χρήσης και παραγωγής ανταλλακτικών προϊόντων και συνεπώς με την αποφυγή της δημιουργίας επιπρόσθετων περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Ενδεικτικά, αναφέρεται μία σειρά ενεργειών που θα μπορούσαν να αυξήσουν τον χρόνο ζωής των προϊόντων είναι:

- Ο σχεδιασμός των προϊόντων με σκοπό την αύξηση του χρόνου ζωής τους, χρησιμοποιώντας ποιοτικά υλικά με ιδιότητες αντοχής στην συνεχή χρήση.
- Ο σχεδιασμός των προϊόντων σε υπομονάδες ώστε να είναι δυνατή η αντικατάσταση ή αναβάθμιση κάποιων.
- Η παροχή της δυνατότητας επιδιόρθωσης των προϊόντων σε περίπτωση βλάβης, αλλά και η παροχή ανταλλακτικών εξαρτημάτων.

❖ Την βελτιστοποίηση της διαχείρισης των αποβλήτων

Για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος, πρέπει να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωσή του. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται κατά τον σχεδιασμό, η χρήση ανακυκλώσιμων ή βιοδιασπώμενων υλικών, η ελαχιστοποίηση των σταδίων αποσυναρμολόγησης του προϊόντος μειώνοντας την ύπαρξη πολλών και διαφορετικών μεταξύ τους υλικών, αλλά και η ελαχιστοποίηση της χρήσης υλικών που μπορούν να δυσκολέψουν την ανακύκλωση του προϊόντος. [16]

4.3 Φιλοσοφία Οικολογικού Σχεδιασμού

Συμπερασματικά, έχοντας περιγράψει αναλυτικά τις αρχές και πρακτικές του Οικολογικού Σχεδιασμού, η φιλοσοφία της έννοιας του μπορεί περιγραφεί συνοπτικά με τα ακόλουθα έξι σημεία:

- ❖ Επαναπροσδιορισμός των λειτουργιών και των χαρακτηριστικών του εκάστοτε προϊόντος με σκοπό την βελτίωση της απόδοσής του.
- ❖ Μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας και της χρήσης υλικών καθ' όλο τον Κύκλο Ζωής του προϊόντος.
- ❖ Αντικατάσταση των επιβλαβών ουσιών με εναλλακτικές, περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον.
- ❖ Σχεδιασμός του προϊόντος με σκοπό να υπάρχει η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των τμημάτων του προϊόντος.
- ❖ Σχεδιασμός του προϊόντος έτσι ώστε να είναι εύκολο να επισκευαστεί και να μην απαιτείται η αντικατάστασή του.

4.4 Οφέλη της Εφαρμογής των Αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού

Η εφαρμογή των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού στον σχεδιασμό ενός προϊόντος, αναμφισβήτητα, επιφέρει άμεσα και έμμεσα οφέλη για την επιχείρηση. Στα άμεσα οφέλη συγκαταλέγεται η δυνατότητα μεγαλύτερης παραγωγής με την χρήση λιγότερων πόρων. Αυτό είναι δυνατόν να συμβεί, καθώς ο Οικολογικός Σχεδιασμός στοχεύει στον εντοπισμό των μη αποδοτικών διεργασιών παραγωγής και οδηγεί στην βελτίωση ή αντικατάστασή τους με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους.

Επίσης, άμεση είναι η εναρμόνιση του προϊόντος με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς που υφίστανται και πρέπει να ληφθούν υπόψη και να αποτελέσουν το σημείο εκκίνησης για βελτιώσεις. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι κίνδυνοι που συνδέονται με τον Κύκλο Ζωής των προϊόντων, μειώνοντας ταυτόχρονα και τις νομικές ανησυχίες της επιχείρησης που σχετίζονται με τα παραπάνω.

Επιπρόσθετα, στα άμεσα οφέλη επιπλέον περιλαμβάνεται η αυξημένη πρόσθετη αξία των νέων οικολογικά σχεδιασμένων προϊόντων. Η προστιθέμενη αξία είναι

αποτέλεσμα της καλύτερης περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων και της βελτιωμένης ποιότητας τους, που ενισχύει την θέση τους στην αγορά και βελτιώνει την ανταγωνιστική τους ικανότητα.

Από την άλλη πλευρά, ένα από τα έμμεσα οφέλη που αποκομίζει η επιχείρηση με την εφαρμογή των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού είναι η αλλαγή του τρόπου δράσης αυτής, καθώς επιλέγονται περιβαλλοντικές στρατηγικές και παρακινείται η καινοτόμος σκέψη και η περιβαλλοντική ευσυνειδησία των εργαζομένων. Με αποτέλεσμα την αύξηση των καινοτομιών και την δημιουργία ευκαιριών στην αγορά, ενώ παράλληλα ενισχύεται η επωνυμία και η εικόνα των προϊόντων.

Ακόμη, στα έμμεσα οφέλη περιλαμβάνεται η αύξηση της γνώσης της επιχείρησης για τα προϊόντα – υπηρεσίες της μέσω της διεξοδικής μελέτης του Κύκλου Ζωής τους, πράγμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την επιχείρηση για περαιτέρω βελτιώσεις των διεργασιών παραγωγής τους και την δημιουργία ανταγωνιστικότερων προϊόντων. [17]

5. Ο ρόλος της συσκευασίας

Σήμερα η κοινωνία είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα συσκευασμένα προϊόντα και δεν μπορεί να επιβιώσει χωρίς την χρήση συσκευασιών. Η συσκευασία διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο στην σύγχρονη ζωή και οι λειτουργίες της σε όλο τον Κύκλο Ζωής της είναι σημαντικές και πολυάριθμες.

Στις λειτουργίες αυτές συμπεριλαμβάνονται:

- ❖ Η διατήρηση και προστασία του προϊόντος
- ❖ Η ασφαλής μεταφορά του
- ❖ Η μετάδοση πληροφοριών για τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου, την ορθή χρήση και τον χειρισμό του προϊόντος
- ❖ Η προώθηση του προϊόντος

Οι παραπάνω λειτουργίες της συσκευασίας πρέπει να επιτυγχάνονται σε όλα τα στάδια του Κύκλου Ζωής του προϊόντος που κρίνεται απαραίτητη η χρήση της συσκευασίας, πληρώντας τις προϋποθέσεις του κόστους, της ορθολογικής χρήσης της ενέργειας και των υλικών πόρων.[18]

Οι συσκευασίες μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

Πρωτογενής Συσκευασία

Η πρωτογενής ή η συσκευασία προς πώληση, είναι η συσκευασία που έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αποτελεί στο σημείο αγοράς μεμονωμένη μονάδα πώλησης προς τον τελικό χρήστη - καταναλωτή.

Δευτερογενής Συσκευασία

Η δευτερογενής ή ομαδοποιημένη συσκευασία είναι σχεδιασμένη κατάλληλα ώστε να αποτελεί στο σημείο αγοράς ένα σύνολο συγκεκριμένου αριθμού μονάδων προς πώληση, είτε αυτές πωλούνται στον τελικό χρήστη – καταναλωτή, είτε χρησιμοποιούνται για την πλήρωση των εκθετηρίων στο σημείο πώλησης. Το συγκεκριμένο είδος συσκευασίας μπορεί να αφαιρεθεί από το προϊόν χωρίς να επηρεάσει τα χαρακτηριστικά του.

Τριτογενής Συσκευασία

Η τριτογενής συσκευασία ή συσκευασία μεταφοράς είναι σχεδιασμένη κατά τρόπο που διευκολύνει την διακίνηση ή μεταφορά ορισμένου αριθμού μονάδων προς πώληση ή ομαδοποιημένων συσκευασιών, προκειμένου να αποφεύγεται η διαχειρής διακίνηση καθώς και πιθανές ζημιές κατά την μεταφορά. Σε αυτό το είδος συσκευασίας δεν συμπεριλαμβάνονται τα εμπορευματοκιβώτια των οδικών, σιδηροδρομικών, θαλάσσιων και αεροπορικών μεταφορών. [19]

5.1 Ορισμός της βιώσιμης συσκευασίας

Όπως προαναφέρθηκε, η συσκευασία διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο στις κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές πτυχές της σύγχρονης κοινωνίας και συνεπώς αποτελεί έναν από τους παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα το μοντέλο της Βιώσιμης Ανάπτυξης.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από τον «Συνασπισμό» Βιώσιμης Συσκευασίας Sustainable Packaging Coalition (SPC), η βιώσιμη συσκευασία οφείλει να ακολουθεί τα παρακάτω κριτήρια:

1. Σε όλο τον Κύκλο Ζωής της πρέπει να είναι ωφέλιμη και να παρέχει ασφάλεια στο κοινωνικό σύνολο.
2. Πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις κόστους και ποιότητας που επικρατούν στην αγορά.
3. Πρέπει να προέρχεται, κατασκευάζεται και μεταφέρεται με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
4. Η παραγωγή της πρέπει να γίνεται με την χρήση καθαρής τεχνολογίας και καλών πρακτικών και με την χρήση περιβαλλοντικά προσαρμοσμένων υλικών.
5. Ο σχεδιασμός της πρέπει να αποσκοπεί στην βελτιστοποίηση της χρήσης υλικών και ενέργειας.
6. Μετά το πέρας ζωής της πρέπει να ανακτάται αποτελεσματικά και να εισέρχεται σε νέους βιολογικούς κύκλους ή βιομηχανικούς κύκλους «κλειστού βρόγχου». [20]

Τα παραπάνω κριτήρια αποτελούν ένα σύνολο υποδείξεων που αποσκοπούν στην υλοποίηση του οράματος της βιώσιμης συσκευασίας και όπου ο χρόνος επίτευξης αυτών, σύμφωνα τον «Συνασπισμό» της βιώσιμης συσκευασίας SPC ποικίλει.

Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι η επίτευξη των στόχων του σχεδιασμού της βιώσιμης συσκευασίας είναι ένα δύσκολο έργο, καθώς αφορά την μηδενική επίδραση του Κύκλου Ζωής της συσκευασίας στο περιβάλλον. Δεδομένου, ότι η συσκευασία είναι αδύνατον να επιφέρει μηδενικό αντίκτυπο στο περιβάλλον, μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση για την βιώσιμη συσκευασία είναι η δημιουργία του ελάχιστου δυνατού αντίκτυπου της συσκευασίας στον περιβάλλον.

Για τον παραπάνω λόγο, η έννοια της βιώσιμης συσκευασίας πρέπει να αποτελεί έναν υψηλότερο στόχο και όχι μία στάσιμη κατάσταση που επιτυγχάνεται με την εύρεση μιας προσωρινής λύσης. Η επίτευξη του στόχου της βιώσιμης συσκευασίας που αποσκοπεί την συνεχή μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελεί μια σειρά διαδικασιών που σχετίζονται με την συνεχή βελτίωση και αλλαγή των συσκευασιών. Οι διαδικασίες αυτές αφορούν καταρχήν την κατανόηση όλων των σταδίων του Κύκλου Ζωής της συσκευασίας, την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών, την εύρεση καινοτομιών, αλλά και την αλλαγή της νοοτροπίας των βιομηχανιών συσκευασίας.

Όσον αφορά τους επαγγελματίες που εμπλέκονται στη διαδικασία βελτίωσης της συσκευασίας κατέχουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο, καθώς από αυτούς εξαρτάται η επίτευξη της προόδου προς την κατεύθυνση του μοντέλου της Βιώσιμης Ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, στον ρόλο των επαγγελματιών περιλαμβάνεται η συνεργασία τους με όλα τα πρόσωπα που εμπλέκονται στα στάδια του Κύκλου Ζωής, όπως οι προμηθευτές πρώτων υλών, οι διανομείς, οι κατασκευαστές και οι πωλητές.

Η συνεργασία αυτή αφορά την ανταλλαγή ιδεών με σκοπό την ανάπτυξη μίας νέας καινοτόμου ιδέας και την εφαρμογή νέων τεχνολογιών που θα στοχεύει στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για την εξασφάλιση της απόδοσης όμως της δράσης των επαγγελματιών που εμπλέκονται στην διαδικασία της βελτίωσης της συσκευασίας, απαιτείται η εκπαίδευση και επιμόρφωση αυτών σε σχέση με νέες τεχνολογίες, νέα υλικά και εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης. [18]

Η Βιώσιμη Ανάπτυξη αποτελεί μια συνεχή διαδικασία, λόγω της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών και των περιβαλλοντικών νόμων που ολοένα αυξάνονται. Για τον λόγο αυτό είναι αναγκαία η συνεχής ενημέρωση των επαγγελματιών, προκειμένου η εκάστοτε βιομηχανία συσκευασιών να πληροί τις προϋποθέσεις της νομοθεσίας αλλά και να συμβαδίζει με τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνει την εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος και την δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος στην αγορά. [21]

Επιπλέον, όπως έχει προαναφερθεί, το πιο σημαντικό στάδιο στη διαδικασία βελτίωσης ενός προϊόντος, με κατεύθυνση την Βιώσιμη Ανάπτυξη, είναι ο σχεδιασμός. Στο στάδιο του σχεδιασμού λαμβάνονται όλες οι κύριες αποφάσεις που αφορούν την επιλογή υλικών, τις μεθόδους κατασκευής, τον τρόπο χρήσης του προϊόντος. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι οι αποφάσεις αυτές πρέπει να ληφθούν στο στάδιο του σχεδιασμού, διότι σε μεταγενέστερο στάδιο η πραγματοποίηση αλλαγών είναι δύσκολη έως και αδύνατη, και πολλές φορές οι αλλαγές αυτές μπορούν να επιφέρουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

Ο σχεδιασμός με σκοπό την βελτίωση της συσκευασίας, αφορά την εφαρμογή των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τη διάρκεια του Κύκλου Ζωής της συσκευασίας, αλλά και την δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος στην αγορά. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί ο πρωταρχικός ρόλος της συσκευασίας που αφορά τη διατήρηση και προστασία του προϊόντος, την ασφαλή μεταφορά του, τη μετάδοση πληροφοριών για τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου της και την ορθή χρήση και χειρισμό του προϊόντος αλλά και την προώθηση του προϊόντος σε συνδυασμό με την εφαρμογή των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού.[22]

Ταυτόχρονα, στο στάδιο του σχεδιασμού πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι ένας από τους ρόλους της συσκευασίας είναι να ενημερώνει τους καταναλωτές και να τους εκπαιδεύει όσον αφορά θέματα βιωσιμότητας και περιβαλλοντικής ευσυνειδησίας.

Για τον λόγο αυτό, ο σχεδιασμός της συσκευασίας πρέπει να στοχεύει:

1. Στην απόκτηση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών, διότι είναι γεγονός ότι παρατηρείται εχθρική στάση αυτών, όταν εταιρείες επικαλούνται ψευδείς και παραπλανητικές περιβαλλοντικές δράσεις.
2. Στην αποφυγή του «greenwashing», όρος ο οποίος προέκυψε ύστερα από την «Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη» και χρησιμοποιείται για να περιγράψει την παραπλανητική πληροφόρηση που παρέχουν οι επιχειρήσεις κυρίως στους καταναλωτές, σχετικά με τις περιβαλλοντικές δράσεις τους ή τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από κάποιο προϊόν ή υπηρεσία. [2]

7. Ανάλυση του Κύκλου Ζωής

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο η Αειφόρος Ανάπτυξη ή Βιώσιμη Ανάπτυξη σχεδιάζεται και υλοποιείται λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιωσιμότητα. Γνώμονας της αειφόρου ανάπτυξης είναι η μέγιστη δυνατή απολαβή αγαθών από το περιβάλλον, χωρίς όμως να διακόπτεται η φυσική παραγωγή αυτών των προϊόντων σε ικανοποιητική ποσότητα και στο μέλλον.

Η βιώσιμη παραγωγή και κατανάλωση προϊόντων αποτελεί έναν από τους βασικούς άξονες της πορείας της ανθρωπότητας προς τη Βιώσιμη Ανάπτυξη. Για να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη προϋποθέεται η ύπαρξη μεθόδων και εργαλείων που να επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση και τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παροχής αγαθών και υπηρεσιών στην κοινωνία μας.

Κάθε προϊόν που σχεδιάζεται, παράγεται και χρησιμοποιείται για να καλύπτει μια συγκεκριμένη ανάγκη, όμως κάθε προϊόν έχει ένα Κύκλο Ζωής, του οποίου τα στάδια μπορούν να περιγραφούν αναλυτικότερα με την ακόλουθη σειρά:

1. Εξόρυξη πρώτων υλών
2. Σχεδιασμός
3. Έρευνα αγοράς και ανάπτυξη προϊόντος
4. Σχεδιασμός διεργασιών
5. Προμήθεια υλικών
6. Παραγωγή και συναρμολόγηση
7. Έλεγχος παραγωγής
8. Επεξεργασία απορριμμάτων, εκπομπών και θορύβου
9. Συσκευασία και αποθήκευση
10. Μάρκετινγκ
11. Πωλήσεις
12. Μεταφορά
13. Χρήση, επισκευή και συντήρηση
14. Ανακαίνιση, αναβάθμιση
15. Επαναχρησιμοποίηση, Ανακύκλωση
16. Τελική Απόθεση

Κατά τη διάρκεια του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος οι διεργασίες και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν έχουν ως αποτέλεσμα περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες πηγάζουν από τη την κατανάλωση τόσο των πρώτων υλών και της ενέργειας όσο και από τις εκπομπές ανεπιθύμητων ρύπων στον αέρα, το νερό και το έδαφος. [23]

Οι κυριότερες κατηγορίες επιπτώσεων είναι οι εξής:

- η αλλαγή κλίματος
- η μείωση στρατοσφαιρικού όζοντος
- η δημιουργία τροποσφαιρικού όζοντος (αιθαλομίχλη)
- ο ευτροφισμός
- η όξυνση
- οι τοξικολογικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα
- η μείωση των μη ανανεώσιμων ορυκτών πόρων
- η χρήση ύδατος
- η χρήση εδάφους
- η δημιουργία θορύβου κ.α.

Στις μέρες μας στόχος είναι να περιοριστούν οι προαναφερθέντες επιπτώσεις έχοντας απώτερο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος. Το μεθοδολογικό εργαλείο που βοηθά στην αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κάθε προϊόντος για όλη τη διάρκεια της ζωής του είναι η Ανάλυση Κύκλου Ζωής ή Life Cycle Assessment.[2]

6.1 Ορισμοί ΑΚΖ

Αρχικά σύμφωνα με τον περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environmental Programme, UNEP), η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής αποτελεί διαδικασία αξιολόγησης των επιπτώσεων που έχει ένα προϊόν στο περιβάλλον σε όλη την περίοδο του κύκλου ζωής του.

Επίσης, ως Αποτίμηση – Ανάλυση του Κύκλου Ζωής σύμφωνα με την Εταιρεία Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (Society for Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC), νοείται η αντικειμενική μέθοδος εκτίμησης και αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με ένα προϊόν, μία διεργασία ή μία δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τους ρύπους που εκπέμπονται στο περιβάλλον και με απώτερο σκοπό την επίτευξη περιβαλλοντικών βελτιώσεων. [24]

Επιπλέον, η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας (την εξόρυξη και πρωτογενή επεξεργασία πρώτων υλών, τη βιομηχανική κατεργασία, τη μεταφορά, τη διανομή, τη χρήση, την ανακύκλωση, έως και την τελική απόρριψη). Ιστορικά, σύμφωνα με την SETAC το πρώτο πλαίσιο της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής προτάθηκε το 1993 και αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

- **Προσδιορισμό του σκοπού και αντικειμένου της μελέτης**
- **Απογραφή δεδομένων**
- **Εκτίμηση Επιπτώσεων**
- **Εκτίμηση Βελτιώσεων**

Όπως προαναφέρθηκε, η ανάλυση, αξιολόγηση και μελέτη του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος- υπηρεσίας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την βελτίωση της περιβαλλοντικής του απόδοσης. Συγκεκριμένα, απαιτείται η ανάλυση όλων των σταδίων του Κύκλου Ζωής για την διεξαγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων, καθώς η εκπομπή ρύπων και η κατανάλωση πόρων και κατ' επέκταση το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων συνδέονται με όλα τα στάδια του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος. [15]

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος – υπηρεσία αποτελεί βασικό εργαλείο και τρόπο προσέγγισης για την εφαρμογή πρακτικών διαχείρισης βιωσιμότητας, όπως ο Οικολογικός Σχεδιασμός, καθώς ουσιαστικά αποσκοπεί στην αξιολόγηση των δυνατοτήτων περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση των πρώτων υλών και ενέργειας.

6.2 Ιστορική αναδρομή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Από τα τέλη κιάλας της δεκαετίας του '60 άρχισαν να πραγματοποιούνται οι πρώτες μελέτες για την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) ενός προϊόντος, όπου τα ζητήματα στα οποία επικεντρώθηκαν ήταν η απόδοση της ενέργειας, η κατανάλωση των πρώτων υλών και έως ένα βαθμό η διάθεση των αποβλήτων.

Η εταιρεία Coca – Cola ήταν η πρώτη που πραγματοποίησε το 1969 Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Συγκεκριμένα ανατέθηκε στο Midwest Research Institute να διεξάγει έρευνα όσον αφορά την τυποποίηση των προϊόντων της, δηλαδή θα αναζητούσε νέα υλικά εμφιάλωσης με λιγότερες ενεργειακές απώλειες καθώς επίσης και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα βήματα της εταιρείας Coca – Cola ακολούθησαν και άλλες εταιρείες στις ΗΠΑ όπου πραγματοποίησαν παρόμοιες μελέτες. Στην Γηραιά Ήπειρο πραγματοποιήθηκαν ανάλογες μελέτες, γνωστές και ως έρευνες οικολογικού ισοζυγίου (Ecobalances).

Βέβαια με την κλιμάκωση της πετρελαϊκής κρίσης σημειώθηκε αύξηση του ενδιαφέροντος για Αναλύσεις του Κύκλου Ζωής. Ενώ το ενδιαφέρον των ΗΠΑ για Αναλύσεις του Κύκλου Ζωής έφθινε σταδιακά στις αρχές της δεκαετίας του '80, λόγω της εξασθένησης της επίδρασης που ασκούσε η ενεργειακή κρίση, το ενδιαφέρον από μεριάς της Ευρώπης ολοένα και αυξανόταν.

Οι Αναλύσεις του Κύκλου Ζωής που διεξήχθησαν από διαφορετικούς μελετητές οδήγησαν σε διαφορετικά συμπεράσματα, τα οποία πολλές φορές ήταν και αλληλοσυγκρουόμενα. Αυτός ήταν και ο λόγος που πολλές πρωτοβουλίες αναλήφθηκαν για να ερμηνεύσουν τη μεθοδολογία της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής. Μέσω των προσπαθειών αυτών προέκυψαν μεθοδολογικές οδηγίες από τις οποίες η πλειοψηφία αυτών ισχύουν για μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή αλλά και για μια ιδιαίτερη κατηγορία.

Η πρώτη προσπάθεια που πραγματοποιήθηκε ώστε να επιτευχθεί η συναίνεση σε ένα ευρύ φάσμα ξεκίνησε το 1990 εντός της Εταιρείας Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (Society for Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC). Η δεύτερη προσπάθεια τυποποίησης της μεθοδολογίας της Ανάλυσης του

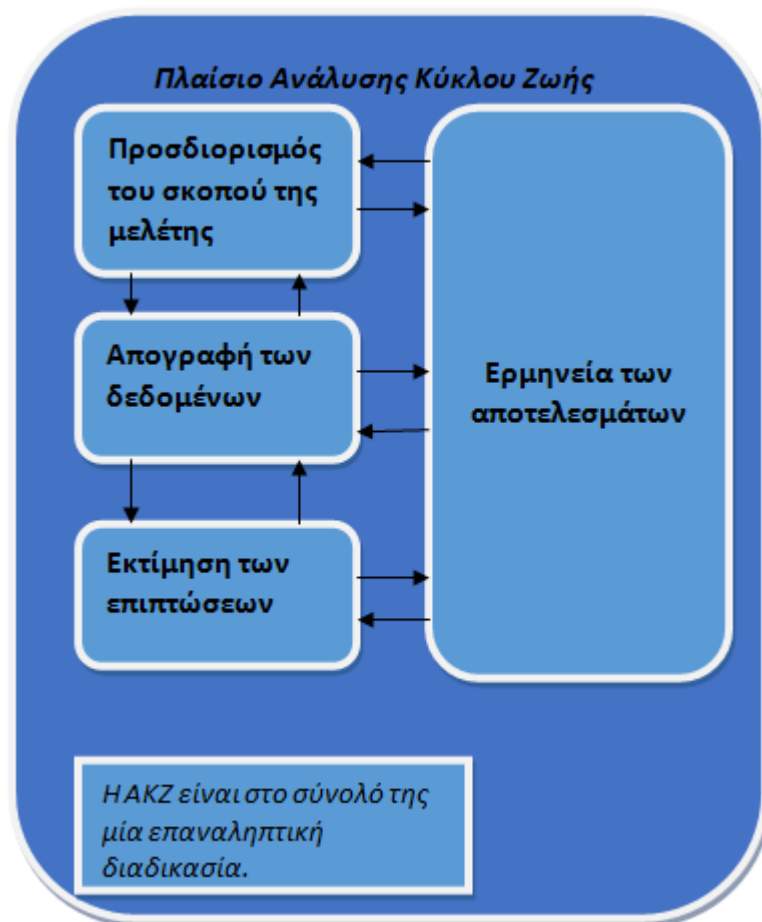
Κύκλου Ζωής άρχισε στα πλαίσια του Διεθνούς Οργανισμού για την Τυποποίηση (International Standardization Organization –ISO).

Το ενδιαφέρον του ακαδημαϊκού κόσμου ήταν ιδιαίτερα μεγάλο έπειτα από την αντιμετώπιση των προβλημάτων στην εναρμόνιση και την τυποποίηση της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Τόσο η ανάπτυξη της μεθοδολογίας Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής όσο και της περιβαλλοντικής έρευνας βασισμένης στη μεθοδολογία αυτής εξελίχθησαν σε διαδεδομένα ακαδημαϊκά θέματα. Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής θεωρείται ότι η καθιερώθηκε ως περιβαλλοντικό εργαλείο μόλις στα τέλη της δεκαετίας του '90 με την έκδοση της σχετικής σειράς διεθνών προτύπων ISO 14040 - 14049. Η σειρά προτύπων ανανεώθηκε το 2006 (ISO 14040:2006 – 4049:2006).

Όσον αφορά την Ελλάδα η ανάπτυξη της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής είναι εξαιρετικά περιορισμένη, εφαρμόζεται μονάχα από πολυεθνικές εταιρείες διότι έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν αυτούσια την τεχνογνωσία που χρειάζεται για την πραγματοποίηση μιας μελέτης Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής από τις μητρικές εταιρείες.

6.3 Το πλαίσιο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η εφαρμογή της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής είναι μια συστηματική, σταδιακή προσέγγιση όπου περιλαμβάνει τέσσερα συγκεκριμένα στάδια όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.



Εικόνα 3 Πλαίσιο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

(Πηγή: ISO 14040, 1997)

Αναλυτικότερα τα στάδια της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής περιλαμβάνουν τα εξής:

1^ο Στάδιο

- Προσδιορισμός του σκοπού και αντικειμένου της μελέτης

Η εφαρμογή της διαδικασίας της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής ξεκινά με τον προσδιορισμό του σκοπού και στόχου της μελέτης που πραγματοποιείται. Επιπλέον, επισημαίνεται ο λόγος διεξαγωγής της μελέτης καθώς και καθορίζεται η προοριζόμενη χρήση των αποτελεσμάτων. Επίσης, σε αυτό το σημείο ακόμη

καθορίζεται ο τύπος και η μορφή της μελέτης που θα διεξαχθεί, πράγμα που σχετίζεται άμεσα με το κοινό στο οποίο απευθύνεται η μελέτη.

Ζωτικής σημασίας βήμα για την επιτυχία της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής αποτελεί ο σαφής καθορισμός του σκοπού της μελέτης, ο οποίος αφορά τον λόγο διεξαγωγής της μελέτης, την μελλοντική χρήση των αποτελεσμάτων αλλά και την ομάδα – στόχο στην οποία απευθύνονται τα αποτελέσματα της μελέτης.

Ο καθορισμός του σκοπού της μελέτης ουσιαστικά απαντά σε ερωτήματα όπως:

- Αν η μελέτη αφορά μόνο την παροχή πληροφοριών για την περιβαλλοντική απόδοση ενός προϊόντος, υπηρεσίας ή λειτουργίας.
- Αν η μελέτη αφορά την σύγκριση μεταξύ διάφορων προϊόντων, υπηρεσιών ή λειτουργιών.
- Αν η χρήση των αποτελεσμάτων της μελέτης αποσκοπεί στην περιβαλλοντική βελτίωση ενός προϊόντος, υπηρεσίας ή λειτουργίας

Επιπρόσθετα, σε αυτό το σημείο απαραίτητο είναι να οριστεί το αντικείμενο της μελέτης, το οποίο μπορεί να είναι ένα προϊόν, μία υπηρεσία ή μία λειτουργία. Ο σαφής ορισμός του αντικειμένου της μελέτης παρέχει πληροφορίες για τα εισαγόμενα στοιχεία αλλά και για τα αποτελέσματα και επιτρέπει την σύγκριση μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Ταυτόχρονα καθορίζεται η λειτουργική μονάδα της μελέτης, δηλαδή η βάση του αντικειμένου της. Η λειτουργική μονάδα πρέπει να είναι καθορισμένη, μετρήσιμη και σχετική με τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του συστήματος.

Τέλος, απαραίτητος είναι ο καθορισμός της έκτασης της μελέτης, δηλαδή πόσο λεπτομερειακή και αξιόπιστη θα είναι αλλά και ο χρόνος που απαιτείται για τη διεξαγωγή της. [25]

2^ο Στάδιο

Απογραφή των δεδομένων

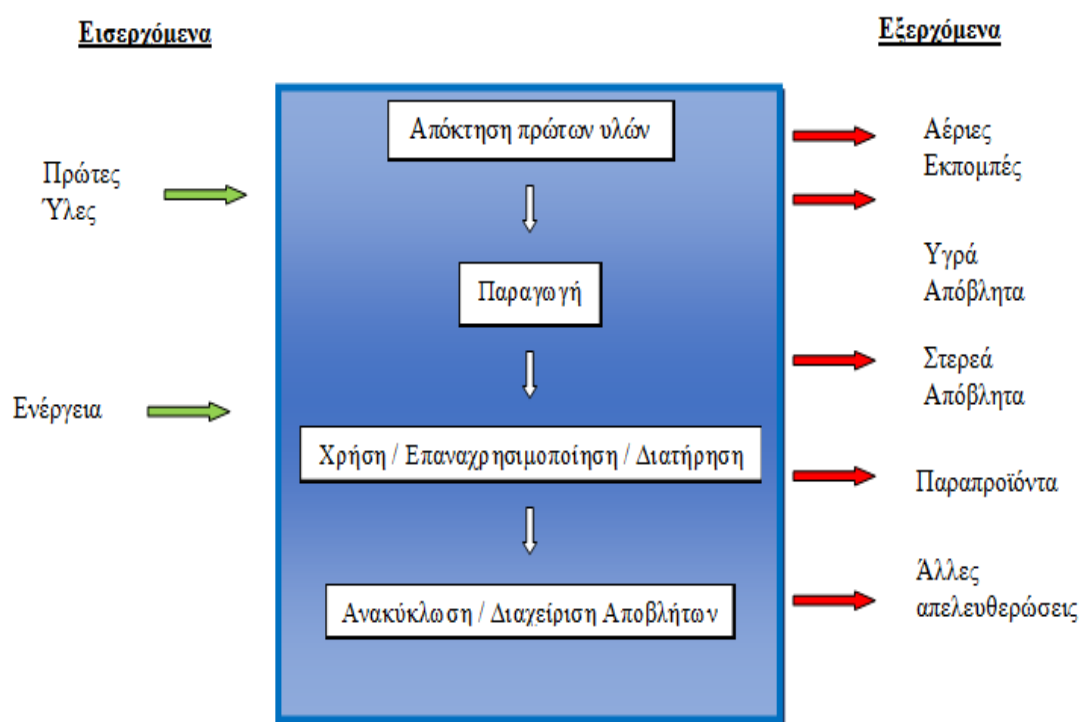
Το συγκεκριμένο στάδιο της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής αποτελεί το πιο σημαντικό και χρονοβόρο καθώς αφορά διαδικασίες όπως την κατασκευή του διαγράμματος ροής, τη συλλογή δεδομένων, τον καθορισμό των ορίων του συστήματος και την επεξεργασία των δεδομένων.[26]

Διάγραμμα Ροής

Το διάγραμμα ροής αποτελεί μία ποιοτική γραφική απεικόνιση του συνόλου των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του Κύκλου Ζωής του συστήματος που εξετάζεται. Ουσιαστικά ένα διάγραμμα ροής μπορεί να συμπεριλαμβάνει όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός συστήματος ξεκινώντας από την εξόρυξη των πρώτων υλών και καταλήγοντας στην τελική απόθεση.

Η κατασκευή του διαγράμματος ροής είναι πολύ σημαντική για την κατανόηση του συστήματος του προϊόντος και τη συλλογή των δεδομένων, ενώ επίσης αποτελεί βασικό βήμα για την τελική οριοθέτηση του συστήματος.

Το παρακάτω σχήμα αναπαριστά ένα τυπικό διάγραμμα ροής.



Εικόνα 4 Διάγραμμα Ροής

Πηγή EPA (2006)

Συλλογή των δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων αφορά την καταγραφή των στοιχείων που απαιτούνται για την διεξαγωγή της μελέτης της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής. Εφόσον έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή του διαγράμματος ροής είναι πλέον δυνατός ο προσδιορισμός καθώς και η ποσοτικοποίηση της ενέργειας, των αποβλήτων και των υλικών που χρησιμοποιούνται. Επιπρόσθετα προσδιορίζονται και ποσοτικοποιούνται οι απελευθερώσεις στο περιβάλλον (π.χ. αέριες εκπομπές, απόθεση στερεών αποβλήτων, απελευθέρωση υγρών αστικών λυμάτων).

Η συλλογή των δεδομένων αποτελεί μία χρονοβόρα διαδικασία καθώς απαιτείται ο έλεγχος της εγκυρότητας των πηγών συλλογής των δεδομένων, καθώς από αυτά εξαρτάται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Καθορισμός ορίων του συστήματος

Ύστερα από την κατασκευή του διαγράμματος ροής και της συλλογής των δεδομένων που αφορούν το αντικείμενο της μελέτης είναι δυνατός ο καθορισμός των ορίων του συστήματος.

Όσον αφορά το αντικείμενο της μελέτης, όπως κάθε προϊόν – υπηρεσία αποτελεί ένα ξεχωριστό και αυτοτελές σύστημα, τα όρια του οποίου δεν είναι πεπερασμένα. Για τον λόγο αυτό απαιτείται ο σαφής καθορισμός των ορίων του συστήματος που θα εξεταστεί. Ουσιαστικά, τα όρια αυτά περιέχουν το σύνολο των σταδίων του κύκλου ζωής του αντικειμένου που θα μελετηθεί. Ο σαφής ορισμός των ορίων του συστήματος διευκολύνει την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν, διασφαλίζει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της μελέτης και περιορίζει σε λογικά πλαίσια το κόστος και τον χρόνο διεξαγωγής της μελέτης.

Τέλος, σε αυτό το στάδιο του πλαισίου της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής συμπεριλαμβάνεται και η καταγραφή των παραδοχών που πραγματοποιούνται για την διευκόλυνση της διεξαγωγής της εκάστοτε μελέτης. Οι παραδοχές αφορούν το αντικείμενο μελέτης, τη συλλογή των δεδομένων αλλά και τα όρια του συστήματος και αποσκοπούν στην απλοποίηση υπολογισμών και στην επίτευξη γενικεύσεων σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην αλλοιώνονται τα αποτελέσματα.

3^ο Στάδιο

- Εκτίμηση των επιπτώσεων

Σε αυτό το στάδιο περιγράφονται συστηματικά οι περιβαλλοντικές συνέπειες της εξεταζόμενης δραστηριότητας. Δίνεται έμφαση στην προσπάθεια εκτίμησης των ποσοτικών αυτών δεδομένων όσον αφορά την περιβαλλοντική σημασία τους. Η διαδικασία του προσδιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων συντελείται από τα ακόλουθα βήματα: [27]

❖ Υποχρεωτικά βήματα

- Επιλογή των κατηγοριών των επιπτώσεων που θα εξεταστούν, των αντίστοιχων δεικτών και του χαρακτηρισμού (characterization) της διαδικασίας και των δεδομένων τα οποία την περιγράφουν.
- Ταξινόμηση (classification) των δεδομένων της Απογραφής των Δεδομένων
- Υπολογισμός των δεικτών για κάθε κατηγορία επιπτώσεων με τη χρήση ισοδύναμων παραμέτρων (χαρακτηρισμός).

❖ Προαιρετικά βήματα

- Κανονικοποίηση (normalization)
- Ομαδοποίηση (grouping) των κανονικοποιημένων δεικτών
- Στάθμιση των κανονικοποιημένων (weighting) δεικτών

4^ο Στάδιο

- Ερμηνεία των αποτελεσμάτων- Εκτίμηση βελτιώσεων

Η εκτίμηση βελτιώσεων αποτελεί μία συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και των δυνατοτήτων για τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που συνδέεται με τη χρήση ενέργειας και πρώτων υλών και τις περιβαλλοντικές εκπομπές καθ' όλη τη διάρκεια του Κύκλου Ζωής προϊόντων, διεργασιών και δραστηριοτήτων.

Συνεπώς, η τεχνική της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής είναι μία συγκεκριμένη διαδικασία, η οποία εξετάζει και περιλαμβάνει το σύνολο των δραστηριοτήτων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που ξεκινούν από την διαδικασία εξόρυξης των

πρώτων υλών και τελειώνουν με την τελική απόθεση του προϊόντος – υπηρεσίας που εξετάζεται. [26]

6.4 Πλεονεκτήματα της ΑΚΖ

Μέσω της εκτέλεσης της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής οι ερευνητές έχουν τη δυνατότητα των εξής:

- Να αναπτύξουν μια σύνθετη αποτίμηση των περιβαλλοντικών συνεπειών που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο προϊόν.
- Να αναλύσουν τα περιβαλλοντικά αντισταθμίσιμα που συνδέονται με ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα προϊόντα / διαδικασίες με σκοπό να βοηθήσουν τους ενδιαφερόμενους (κράτος, κοινότητα, κλπ) για την αποδοχή μιας προγραμματισμένης δράσης.
- Να πραγματοποιούν ποσοτικό προσδιορισμό των περιβαλλοντικών εκροών στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής και/ή της κυρίας συνεισφέρουσας μεθόδου.
- Να προσδιορίσουν κάθε σημαντική μετακίνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταξύ των σταδίων του κύκλου ζωής και των περιβαλλοντικών μέσων.
- Να αποτιμήσουν τις επιπτώσεις στον άνθρωπο και στην οικολογία από την κατανάλωση υλικών αγαθών και των εκροών στο περιβάλλον, στα όρια μιας τοπικής κοινωνίας, μιας γεωγραφικής περιοχής και στον κόσμο.
- Να συγκρίνουν τις επιπτώσεις στην υγεία και στη οικολογία, δύο ή περισσότερων εφάμιλλων προϊόντων / μεθόδων ή να προσδιορίσουν τις επιπτώσεις ενός συγκεκριμένου προϊόντος ή μιας συγκεκριμένης μεθόδου.
- Να προσδιορίσουν τις επιπτώσεις για ένα ή περισσότερους συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς τομείς όπου υπάρχει ανησυχία.

Τέλος, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος, η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής αυξάνει την αποδοτικότητα της χρήσης των πόρων και μειώνει τα μειονεκτήματα από τη χρήση τους. [28]

7. Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής Τριών Κιβωτίων Μεταφοράς

7.1 Ο σκοπός και το αντικείμενο της μελέτης

Η μελέτη που θα πραγματοποιηθεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αφορά την αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής τριών διαφορετικών ειδών κιβωτίων μεταφοράς. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η σύγκριση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κιβωτίων μεταφοράς με κύριο στόχο την πρόταση βελτιώσεων του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων, αλλά και την επισήμανση της αξίας εφαρμογής των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού.

Αντικείμενο της μελέτης αποτελούν τρία διαφορετικά κιβώτια μεταφοράς. Τα κιβώτια μεταφοράς ανήκουν σε εκείνα τα μέσα συσκευασίας, που δημιουργήθηκαν για να συγκεντρώνουν και να προστατεύουν τα προϊόντα, κατά τη διάρκεια διαχείρισης και μεταφοράς τους, σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ως εκ τούτου το συγκεκριμένο είδος συσκευασίας αποτελεί ένα από τα βασικότερα μέσα προστασίας των καταναλωτικών, κυρίως, προϊόντων και όχι μόνο.

Η διαδικασία κατασκευής τους, έχει διαφοροποιηθεί θεαματικά στο πέρασμα του χρόνου και η τεχνολογία έχει επιδράσει αποφασιστικά στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά την παραγωγή τους και στην απόδοση των βέλτιστων αποτελεσμάτων κατά την χρήση τους.

Επίσης, άξια αναφοράς είναι η πρόοδος που έχει καταγραφεί όσον αφορά την περιβαλλοντική απόδοση των κιβωτίων μεταφοράς, καθώς πλέον είναι δυνατή η κατασκευή κιβωτίων με κίνητρο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τον Κύκλο Ζωής τους.

Γενικά χαρακτηριστικά Κιβωτίων Μεταφοράς

Τα τρία είδη κιβωτίων μεταφοράς που θα μελετηθούν είναι τα ακόλουθα:

- Οικολογικά σχεδιασμένο κιβώτιο μεταφοράς τύπου 1
- Οικολογικά σχεδιασμένο κιβώτιο μεταφοράς τύπου 2
- Χαρτοκιβώτιο μεταφοράς

Η σύγκρισή τους, όπως προαναφέρθηκε, αποσκοπεί στον εντοπισμό του συνόλου των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κάθε είδους. Για την πραγματοποίηση της

μεταξύ τους σύγκρισης και την διεξαγωγή των επιθυμητών συμπερασμάτων ήταν απαραίτητη η ύπαρξη κάποιων κοινών χαρακτηριστικών.

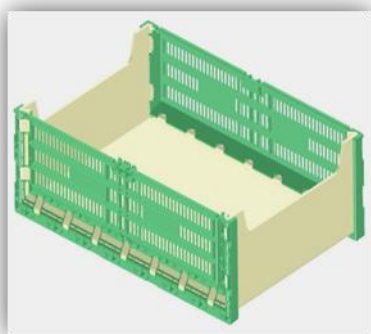
Τα τρία αυτά είδη κιβωτίων μεταφοράς έχουν διαφορετικά υλικά κατασκευής, διατίθενται σε πολλές διαθέσιμες διαστάσεις και επιπλέον έχουν διαφορετικούς Κύκλους Ζωής.

Τα χαρακτηριστικά των κιβωτίων μεταφοράς βάσει των οποίων θα πραγματοποιηθεί η συγκριτική μελέτη περιγράφονται αναλυτικά. Ενώ, επίσης καταγράφεται το σύνολο των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού που έχουν εφαρμοστεί σε κάθε κιβώτιο μεταφοράς.

Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς 1

Περιγραφή

Τα κιβώτια μεταφοράς αυτού του τύπου αποτελούνται από δύο πλαστικές διάτρητες πλευρές, κατασκευασμένες από πολυπροπυλένιο, και μία χάρτινη βάση



Εικόνα 5 1ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς

κατασκευασμένη από κυματοειδές χαρτί ή συμπαγές χαρτόνι. Το κυματοειδές χαρτόνι αποτελείται από επίπεδα εξωτερικά φύλλα, τα οποία περιβάλλουν το κυματοειδές χαρτόνι. Αυτός ο τύπος κατασκευής λειτουργεί προστατευτικά για το περιεχόμενο του κιβωτίου.

Οι διάτρητες πλαστικές πλευρές επιτρέπουν τον σωστό αερισμό των προϊόντων που μεταφέρονται με σκοπό την σωστή και ασφαλή διατήρησή τους,

ενώ η χάρτινη βάση του κιβωτίου δεν ακουμπά στο έδαφος και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η μεταφορά σκόνης και μικροβίων στα προϊόντα. Τα διάφορα υλικά των κιβωτίων αυτών με σκοπό την συναρμολόγηση τους συνδέονται μεταξύ τους στέρεα χωρίς την χρήση επιπλέον υλικών, όπως κόλλα ή μεταλλικούς συνδετήρες.

Αξίζει να αναφερθεί ότι είναι δυνατή η πολλαπλή χρήση των πλαστικών πλευρών (έως 100 φορές), ενώ η χάρτινη βάση ενδείκνυται μόνο για μία χρήση. Επιπλέον, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η αποσυναρμολόγηση των κιβωτίων μετά από την χρήση τους γίνεται χειρονακτικά με εύκολο τρόπο, χωρίς την χρήση κάποιας μηχανής. Επομένως, είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση του κιβωτίου, εφόσον αντικατασταθεί η χάρτινη βάση και πλυθούν οι πλαστικές πλευρές πριν από κάθε χρήση. Η συναρμολόγηση του νέου κιβωτίου γίνεται με την χρήση της μηχανής συναρμολόγησης, η οποία παραχωρείται από τον κατασκευαστή του κιβωτίου μαζί με την μηχανή πλύσης των πλαστικών πλευρών και τοποθετούνται στο τόπο χρήσης των κιβωτίων, προκειμένου να αποφεύγονται οι επιπλέον μεταφορές. Αυτό, ενισχύει τον οικολογικό χαρακτήρα του κιβωτίου καθώς είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των κιβωτίων αποφεύγοντας την περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκύπτει από τις μεταφορές.

Λόγω της δυνατότητας συναρμολόγησης των κιβωτίων στο χώρο χρήσης τους, εξοικονομείται χώρος τόσο κατά την μεταφορά τους, όσο και κατά την αποθήκευση πριν από τη χρήση τους. Επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χώρου, αλλά και μείωση κατανάλωσης καυσίμου, καθώς μεταφέρεται μεγαλύτερος αριθμός κιβωτίων ανά μονάδα όγκου.

Όσον αφορά τη μεταφορά των κιβωτίων αυτή γίνεται με τη χρήση φορτηγών, όπου τα κιβώτια στοιβάζονται εύκολα σε παλέτες και είναι δυνατός ο συνδυασμός διαφορετικών διαστάσεων κιβωτίων σε μία παλέτα. Τέλος, όλα τα συστατικά μέρη του κιβωτίου μεταφοράς, δηλαδή η χάρτινη βάση και οι πλαστικές πλευρές, είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν.

Οι αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού που έχουν εφαρμοστεί και αφορούν ολόκληρο τον Κύκλο Ζωής του 1^{ου} οικολογικά σχεδιασμένου κιβωτίου μεταφοράς είναι:

- ❖ Χρήση ανακυκλώσιμων υλικών, καθώς το κυματοειδές χαρτί προέρχεται από ανακυκλωμένο χαρτί.
- ❖ Μείωση χρήσης υλικών.
- ❖ Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τμημάτων του κιβωτίου.
- ❖ Μείωση των μεταφορών, καθώς είναι δυνατός ο καθαρισμός των πλαστικών πλευρών και η εκ νέου συναρμολόγηση του κιβωτίου στον χώρο χρήσης του.
- ❖ Αύξηση του χρόνου χρήσιμης ζωής του προϊόντος.
- ❖ Δυνατότητα ανακύκλωσης όλων των συστατικών μερών του κιβωτίου.

Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς 2

Περιγραφή



Εικόνα 6 2ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς

Το οικολογικό κιβώτιο μεταφοράς αυτού του τύπου κατασκευάζεται εξ ολοκλήρου από πολυπροπυλένιο και είναι αναδιπλούμενο παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο τη δυνατότητα εξοικονόμησης χώρου κατά την αποθήκευση ή μεταφορά των κιβωτίων.

Συγκεκριμένα, αποτελείται από τέσσερις διάτρητες πλαστικές πλευρές (2 μικρές – 2 μεγάλες) και μία πλαστική βάση πάνω στην οποία αναδιπλώνονται οι πλαστικές πλευρές. Οι διάτρητες πλευρές επιτρέπουν τον αερισμό των εμπορευμάτων, εξασφαλίζοντας την ασφάλεια και την ποιότητα τους κατά την μεταφορά τους.

Οι εργονομικές λαβές που υπάρχουν και στις τέσσερις πλευρές διευκολύνουν τον χειρισμό του κιβωτίου, καθώς και το στρογγυλεμένο εσωτερικό των πλαστικών πλευρών επιτρέπει την εξασφάλιση της καλύτερης δυνατής ποιότητας των εμπορευμάτων.

Θα πρέπει ακόμη να αναφερθεί το γεγονός ότι μετά την χρήση των κιβωτίων απαιτείται μεταφορά στην επιχείρηση κατασκευής τους για την πλύση και καθαρισμό αυτών και μεταφορά στον νέο τόπο χρήσης, με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους.

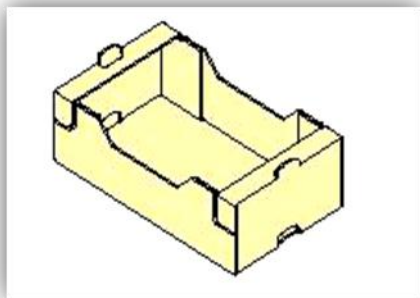
Επίσης, τα κιβώτια μεταφοράς αυτού του τύπου μεταφέρονται με τη χρήση φορτηγών και τα κιβώτια αναδιπλώνονται και στοιβάζονται σε παλέτες ανεξάρτητα με τις διαστάσεις τους με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χώρου και την δυνατότητα μεταφοράς μεγάλου αριθμού κιβωτίων ανά μονάδα όγκου, πράγμα που ενισχύει τον οικολογικό τους χαρακτήρα.

Η αναδίπλωση των κιβωτίων πραγματοποιείται εύκολα και αποφεύγεται το οποιοδήποτε ξαφνικό άνοιγμα των πλαστικών πλευρών χάρη στην ύπαρξη της κλειδαριάς ασφαλείας. Τέλος, μετά το πέρας ζωής των κιβωτίων, δηλαδή μετά από περίπου 100 χρήσεις, είναι δυνατή η ανακύκλωση τους.

Οι αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού που έχουν εφαρμοστεί και αφορούν ολόκληρο τον Κύκλο Ζωής του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς είναι:

- ❖ Αύξηση της χρήσιμης ζωής του προϊόντος
- ❖ Μείωση χρήσης υλικών
- ❖ Βελτιστοποίηση διανομής
- ❖ Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του κιβωτίου
- ❖ Δυνατότητα ανακύκλωσης όλων των συστατικών μερών του

Χαρτοκιβώτιο Μεταφοράς



Εικόνα 7 Χαρτοκιβώτιο Μεταφοράς

Περιγραφή – Υλικό Κατασκευής

Το συγκεκριμένο είδος κιβωτίου μεταφοράς, αποτελεί ένα κλασικού τύπου χαρτοκιβώτιο, το οποίο κατασκευάζεται από κυματοειδές χαρτί ή συμπαγές χαρτόνι. Το κυματοειδές χαρτόνι όπως προαναφέρθηκε προσφέρει ανθεκτικότητα και προστατεύει αποτελεσματικά

το περιεχόμενο του κιβωτίου.

Το απλό χαρτοκιβώτιο ανήκει στα μέσα συσκευασίας, που δημιουργήθηκε για να μεταφέρει και να προστατεύει προϊόντα, κατά τη διάρκεια διαχείρισής τους και μεταφοράς τους. Η διαδικασία κατασκευής του έχει διαφοροποιηθεί θεαματικά στο πέρασμα του χρόνου και η τεχνολογία έχει επιδράσει θετικά στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του κατά την παραγωγή του και στην βελτίωση της απόδοσής του κατά τη χρήση του.

Αναμφισβήτητα, το χαρτοκιβώτιο αποτελεί μια οικονομικότερη λύση σε σχέση με άλλους τύπους συσκευασίας. Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι χρήσεις του εκάστοτε χαρτοκιβωτίου είναι περιορισμένες διότι δεν υπάρχει η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης μετά την οποιαδήποτε βλάβη υποστεί αφού είναι απαραίτητη η αντικατάστασή του. Επιπλέον, είναι προφανές ότι οι αντοχές ενός χαρτοκιβωτίου είναι μικρότερες από άλλους τύπους κιβωτίων μεταφοράς με αποτέλεσμα να μην παρέχεται η ίδιου τύπου ποιοτική φύλαξη των προϊόντων.

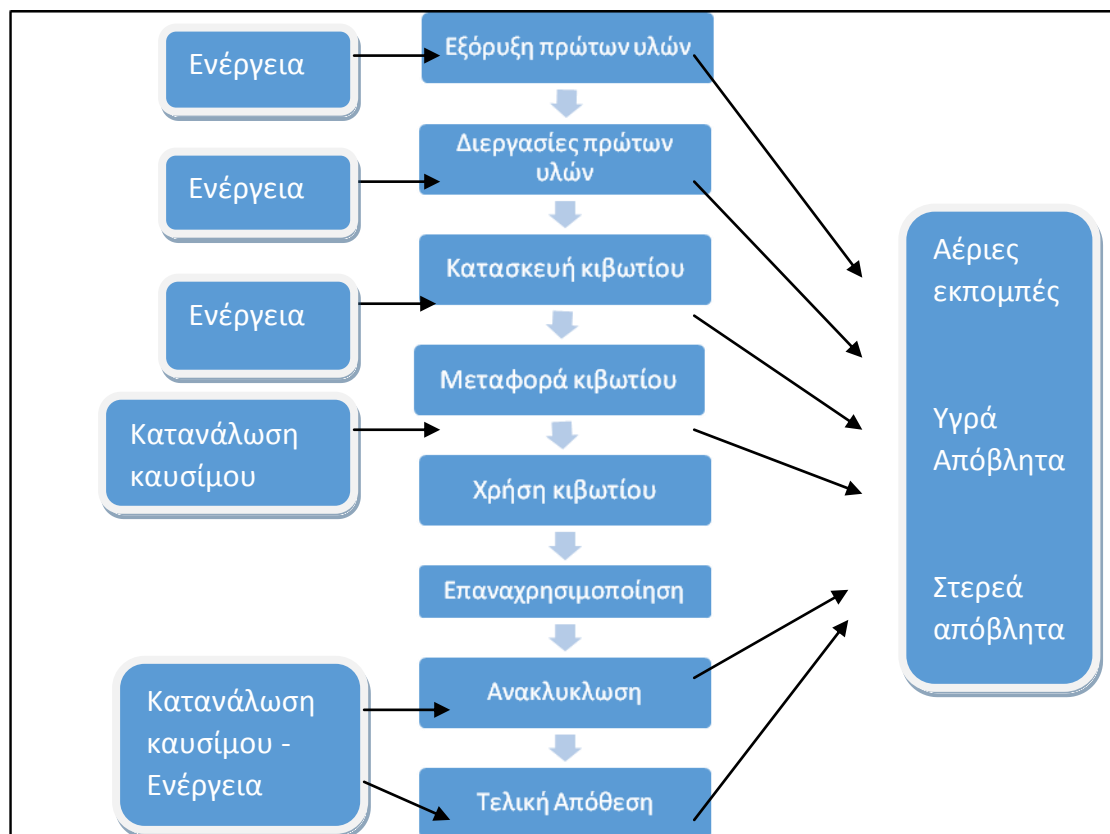
Επίσης, η μεταφορά των χαρτοκιβωτίων επιβαρύνει σημαντικά τον Κύκλο Ζωής τους, τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά, διότι απαιτείται μεγαλύτερος χώρος αποθήκευσης για την μεταφοράς τους σε σχέση με άλλους τύπους αναδιπλούμενων κιβωτίων μεταφοράς. Τέλος, όσον αφορά το πέρας ζωής των χαρτοκιβωτίων είναι δυνατή η ανακύκλωση τους.

7.2 Διάγραμμα Ροής

Η κατασκευή των διαγραμμάτων ροής είναι απαραίτητη για την κατανόηση του κύκλου ζωής των κιβωτίων, αλλά και τον εντοπισμό των σταδίων που συνδέονται κατά κύριο με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το διάγραμμα ροής που θα δημιουργηθεί, προκειμένου να παρουσιάσει το σύνολο των διεργασιών που συνδέονται με τον Κύκλο Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς, αποτελεί μια γενική προσέγγιση.

Το γενικό διάγραμμα ροής όλων των κιβωτίων μεταφοράς που περιγράφηκαν προηγουμένως παρουσιάζεται παρακάτω, ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί ότι το στάδιο της επαναχρησιμοποίησης αφορά μόνο τα δύο είδη οικολογικά σχεδιασμένων κιβωτίων μεταφοράς, καθώς η επαναχρησιμοποίηση δεν είναι δυνατή στην περίπτωση του χαρτοκιβωτίου μεταφοράς.

Επιπλέον, όπως είναι εμφανές από το διάγραμμα ροής, όλα τα στάδια του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς συνδέονται με την κατανάλωση ενέργειας και καυσίμου, εκτός από το στάδιο της χρήσης των κιβωτίων μεταφοράς.



Εικόνα 8 Διάγραμμα Ροής Κιβωτίων Μεταφοράς

7.3 Συλλογή Δεδομένων

Όσον αφορά τη συλλογή δεδομένων για την πραγματοποίηση της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς, αυτή έγινε χρησιμοποιώντας ως πηγές τις εταιρείες κατασκευής των κιβωτίων.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποια από τα βασικά δεδομένα που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά των κιβωτίων μεταφοράς και χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της μελέτης.

Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς 1

Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής αυτού του κιβωτίου αφορά πέντε διαφορετικές διαστάσεις κιβωτίων οι οποίες περιγράφονται στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) μαζί με την μάζα των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του κιβωτίου. Οι διαστάσεις των κιβωτίων αφορούν το μήκος, το ύψος και το πλάτος του κάθε κιβωτίου και ως μονάδα μέτρησής τους χρησιμοποιούνται τα εκατοστά (cm). Αντίστοιχα, για την μέτρηση της μάζας των υλικών χρησιμοποιούνται τα κιλά (kg).

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά 1ου Οικολογικού Κιβωτίου

ΜΗΚΟΣ (εκατοστά)	ΠΛΑΤΟΣ (εκατοστά)	ΥΨΟΣ (εκατοστά)	Μάζα πολυπροπυλενίου (κιλά)	Μάζα κυματοειδούς χαρτιού (κιλά)
40	30	20	0,550	0,1919
60	40	14	0,640	0,2833
60	40	25	0,900	0,3521

Επιλέχθηκαν οι τρεις παραπάνω διαστάσεις, προκειμένου να πραγματοποιηθεί μία σύγκριση με βάση τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν ανάλογα με την διάσταση των κιβωτίων σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής τους.

Η μεταφορά των κιβωτίων αυτού του είδους γίνεται με την χρήση φορτηγών μικτού βάρους 14 τόνων. Ανάλογα με τις διαστάσεις των κιβωτίων που μεταφέρονται

διαφέρει ο αριθμός των κιβωτίων που δύναται το φορτηγό να μεταφέρει. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) παρουσιάζεται ο αριθμός των κιβωτίων που μεταφέρονται ανάλογα με τις διαστάσεις τους.

Πίνακας 2 Μεταφορά 1ου οικολογικού κιβωτίου

Διαστάσεις (μήκος - πλάτος- ύψος) εξεταζόμενων κιβωτίων μεταφοράς (εκατοστά)	Αριθμός μεταφερόμενων κιβωτίων ανά φορτηγό (τεμάχια)
40 - 30 – 20	11520
60 - 40 – 17	9216
60 - 40 – 25	6144

Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς 2

Παρά το γεγονός ότι το συγκεκριμένο είδος κιβωτίων μεταφοράς διατίθεται σε 10 διαφορετικές διαστάσεις, η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής αυτού του κιβωτίου θα πραγματοποιηθεί για μία μόνο διάσταση. Επιλέχθηκε η εξέταση του κιβωτίου διαστάσεων 60 – 40 – 25 (μήκος – πλάτος – ύψος). Η διάσταση αυτή η οποία είναι κοινή με μία από τις διαστάσεις του 1ου είδους οικολογικά σχεδιασμένου κιβωτίου μεταφοράς, προκειμένου να αποτελέσει κοινή βάση για την σύγκριση μεταξύ όλων των διαφορετικών ειδών των κιβωτίων που θα εξεταστούν.

Όπως προαναφέρθηκε το 2^ο είδος οικολογικά σχεδιασμένου κιβωτίου είναι κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου από πολυπροπυλένιο και η μάζα του ανέρχεται σε 2,095 κιλά για την συγκεκριμένη διάσταση. Όσον αφορά την μεταφορά του συγκεκριμένου είδους κιβωτίων, αυτή γίνεται επίσης, με την χρήση φορτηγών μικτού βάρους 14 τόνων. Ο αριθμός των κιβωτίων διάστασης 60 – 40 – 25 cm που χωράνε σε ένα φορτηγό μικτού βάρους 14 τόνων ανέρχεται σε 7680.

Χαρτοκιβώτιο Μεταφοράς

Όπως και τα προηγούμενα είδη κιβωτίων μεταφοράς, έτσι και το χαρτοκιβώτιο μεταφοράς διατίθεται σε πολλές διαστάσεις, ωστόσο η παρούσα μελέτη αφορά μόνο τη διάσταση 60 – 40 – 25 εκατοστών (μήκος x πλάτος x ύψος), που όπως προαναφέρθηκε αποτελεί την κοινή βάση σύγκρισης μεταξύ των κιβωτίων. Το χαρτοκιβώτιο της συγκεκριμένης διάστασης έχει μάζα 0,987 κιλά και κατασκευάζεται αποκλειστικά από κυματοειδές χαρτόνι.

Τέλος, όσον αφορά την μεταφορά των χαρτοκιβωτίων, αυτή πραγματοποιείται, επίσης, με την χρήση φορτηγών μικτού βάρους 14 τόνων, με το οποίο μεταφέρονται έως και 1080 χαρτοκιβώτια διαστάσεων 60 – 40 – 25 cm.

7.4 Όρια Συστήματος

Σύμφωνα με το Διάγραμμα Ροής που παραστάθηκε και αφορά το πλαίσιο του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς που θα εξεταστούν, τα στάδια τα που συμπεριλαμβάνονται είναι:

- Εξόρυξη πρώτων υλών
- Κατασκευή κιβωτίων μεταφοράς
- Μεταφορά και διανομή κιβωτίων μεταφοράς
- Χρήση των κιβωτίων μεταφοράς
- Επαναχρησιμοποίηση κιβωτίων μεταφοράς
- Ανακύκλωση κιβωτίων μεταφοράς
- Τελική απόθεση

Κάθε προϊόν, υπηρεσία ή δραστηριότητα, αποτελεί ένα σύστημα το οποίο μπορεί να αποτελείται από πολλά υποσυστήματα. Κάθε σύστημα έχει κάποια συγκεκριμένα όρια τα οποία καθορίζουν ουσιαστικά το σύνολο των διεργασιών που θα συμπεριληφθούν στην Ανάλυση του Κύκλου Ζωής.

Στην πραγματικότητα τα όρια ενός συστήματος δεν είναι πεπερασμένα, για παράδειγμα για την εξόρυξη των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός προϊόντος απαιτείται ενέργεια, η οποία με τη σειρά της για να παραχθεί χρειάζεται άλλες εισροές ενεργειακών πόρων. Είναι λοιπόν προφανές ότι δεν είναι

δυνατόν να συμπεριληφθούν αυτές οι παράμετροι στα όρια ενός συστήματος, γιατί με αυτό τον τρόπο αυξάνεται ο χρόνος διεξαγωγής της μελέτης καθώς και τα απαιτούμενα δεδομένα.[15]

Τα όρια του συστήματος του κάθε είδους κιβωτίου μεταφοράς που θα μελετηθούν στην παρούσα Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι:

- Η εξόρυξη των πρώτων υλών
- Η επεξεργασία των πρώτων υλών
- Η κατασκευή του κάθε είδους κιβωτίου μεταφοράς
- Η χρήση του κιβωτίου μεταφοράς
- Η επαναχρησιμοποίηση του κιβωτίου για εκατό φορές (1^ο και 2^ο είδος οικολογικών κιβωτίων μεταφοράς) / Κάλυψη των αναγκών που αφορούν τις εκατό χρήσεις με εκατό χαρτοκιβώτια μεταφοράς

Ο καθορισμός των συγκεκριμένων ορίων, που δεν συμπεριλαμβάνουν το σύνολο των σταδίων του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς, όπως αυτά καταγράφονται στο Διάγραμμα Ροής, έγινε με βάση το σύνολο των διαθέσιμων πληροφοριών και δεδομένων και με σκοπό την αποφυγή υποθέσεων για την διασφάλιση της ποιότητας των αποτελεσμάτων της μελέτης.

Στην περίπτωση του χαρτοκιβωτίου μεταφοράς, η επαναχρησιμοποίηση του δεν είναι δυνατή. Προκειμένου να είναι εφικτή η πραγματοποίηση της σύγκρισης των περιβαλλοντικών αποδόσεων των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς, θα υπολογιστεί η περιβαλλοντική απόδοση του χαρτοκιβωτίου μεταφοράς που αντιστοιχεί στον Κύκλο Ζωής εκατό χαρτοκιβωτίων, με σκοπό την κάλυψη των αναγκών των εκατό χρήσεων.

Όσον αφορά το 1^ο είδος οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς και σύμφωνα με τις προδιαγραφές του σχεδιασμού του, το κιβώτιο προορίζεται για 100 χρήσεις. Ωστόσο, πριν από κάθε νέα χρήση απαιτείται η αντικατάσταση της χάρτινης βάσης του κιβωτίου και ο καθαρισμός των πλαστικών πλευρών του. Στο στάδιο της επαναχρησιμοποίησης του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς για 100 φορές συμπεριλαμβάνονται οι διαδικασίες εξόρυξης των πρώτων υλών των χάρτινων βάσεων που αντικαθίστανται, της μεταφοράς των χάρτινων βάσεων και της

συναρμολόγησης των νέων κιβωτίων που πραγματοποιείται στον τόπο χρήσης του κιβωτίου.

Αντίστοιχα, οι προδιαγραφές σχεδιασμού του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου επιτρέπουν την χρήση του εκάστοτε κιβωτίου για εκατό φορές, εφόσον πριν από κάθε νέα χρήση μεσολαβήσει ο καθαρισμός των κιβωτίων. Ο καθαρισμός των κιβωτίων πραγματοποιείται στις κεντρικές εγκαταστάσεις της εταιρείας κατασκευής των κιβωτίων και για τον λόγο αυτό το στάδιο επαναχρησιμοποίησης των κιβωτίων επιβαρύνεται κυρίως από την μεταφορά τους στον τόπο καθαρισμό τους και στη συνέχεια στον τόπο χρήσης τους.

7.4.1 Παραδοχές

Η παραδοχή που πραγματοποιήθηκε για την διεξαγωγή της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς, με σκοπό την σύγκριση των διαφορετικών ειδών που εξετάζονται, αφορά το στάδιο της μεταφοράς.

Συγκεκριμένα, για το στάδιο της μεταφοράς, η χιλιομετρική απόσταση που χρησιμοποιείται είναι κοινή για όλα τα είδη των κιβωτίων μεταφοράς και ανέρχεται σε 350 χιλιόμετρα (km) και πραγματοποιείται με τη χρήση φορτηγών μικτού βάρους 14 τόνων (tn).

7.5 Υπολογισμός εισροών ενέργειας και εκροών διοξειδίου του άνθρακα

Επόμενο βήμα της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής αποτελεί ο προσδιορισμός των εισροών ενέργειας και των εκροών του διοξειδίου του άνθρακα του κύκλου ζωής των κιβωτίων μεταφοράς. Το παραπάνω θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση του λογισμικού CES-EDUPACK. Οι δύο δείκτες που θα υπολογιστούν είναι το ποσό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και το συνολικό ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των κιβωτίων μεταφοράς.

Ο δείκτες ενέργειας και CO₂ αφορούν τα στάδια της εξόρυξης των πρώτων υλών, της κατασκευής των κιβωτίων, της μεταφοράς, της χρήσης και της επαναχρησιμοποίησης του 1^{ου} και 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς για 100 φορές. Αντίστοιχα, για το χαρτοκιβώτιο μελετώνται τα στάδια εξόρυξης των πρώτων υλών, της κατασκευής και χρήσης εκατό χαρτοκιβωτίων, καθώς δεν είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίησή τους.

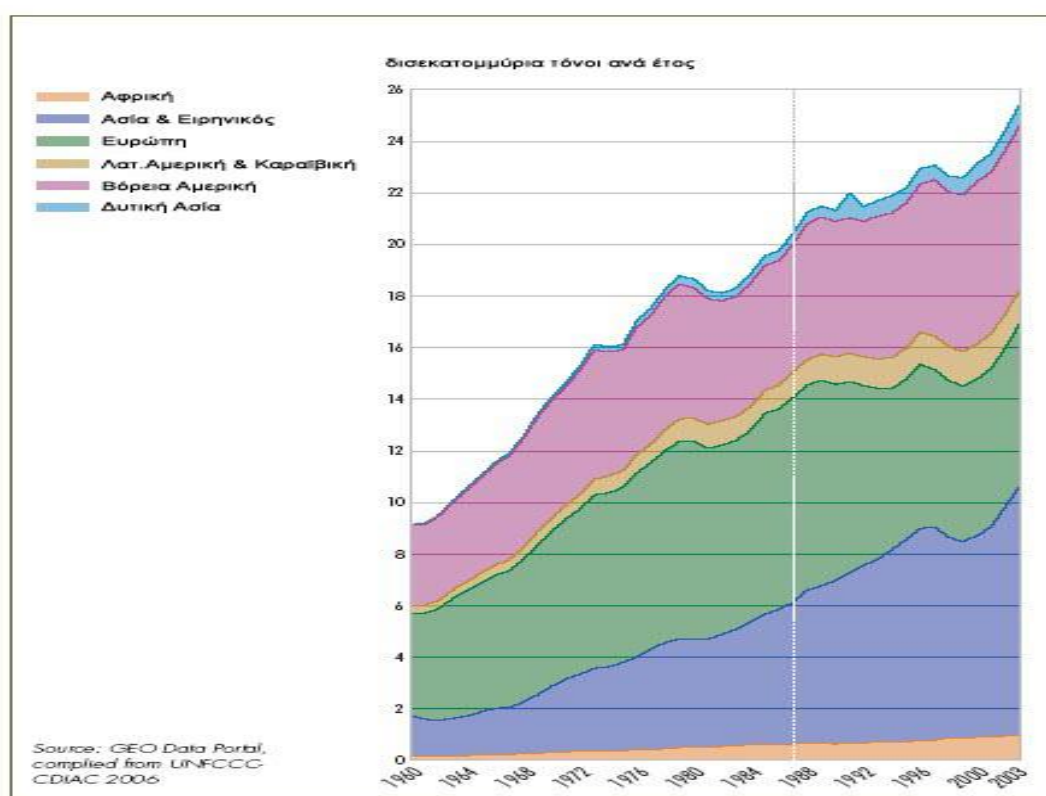
Οι παραπάνω δείκτες σχετίζονται άμεσα με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που προκύπτουν ως αποτέλεσμα του κύκλου ζωής των κιβωτίων μεταφοράς. Επιπλέον, ο υπολογισμός των παραπάνω δεικτών παρέχει την δυνατότητα σύγκρισης των διάφορων σταδίων του κύκλου ζωής των κιβωτίων μεταφοράς και εντοπισμού εκείνων που επιβαρύνουν περισσότερο την περιβαλλοντική απόδοση των κιβωτίων.

Αναμφισβήτητα, όσον αφορά τον δείκτη κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς, μπορούν να διεξαχθούν συμπεράσματα για το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν. Συγκεκριμένα, η αύξηση της κατανάλωσης της ενέργειας συνεπάγεται αύξηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκύπτει, καθώς η χρήση ενέργειας συνδέεται άμεσα τόσο με την κατανάλωση φυσικών πόρων όσο και με την εκπομπή ρύπων. [1]

Αντίστοιχα, ο δείκτης που περιγράφει το ποσό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα συσχετίζεται άμεσα με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Άμεση επίπτωση της συνεχούς αύξησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε συνδυασμό με την αδυναμία της φύσης να τις απορροφήσει είναι και η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα, το διοξείδιο του άνθρακα

δεν είναι τοξικό αέριο, αλλά με την υπερβολική αύξηση της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα, συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Άμεση είναι η σύνδεση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα με την αύξηση της παραγωγικής διαδικασίας των βιομηχανιών καθώς, **η καύση των ορυκτών καυσίμων αποτελεί την δραστηριότητα με τις μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως**. Από αυτές το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από επίγεια οικοσυστήματα ενώ το υπόλοιπο 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. Υπολογίζεται ότι η συνολική μάζα των ατμοσφαιρικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι περίπου 30.000 γιγατόνοι ($3 \cdot 10^{13}$ kg).



Εικόνα 9 Εκπομπές CO₂ από ορυκτά καύσιμα ανά περιοχή (1960-2006)

Πηγή: UNEP 2007

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, οι εκπομπές CO₂ συνολικά έχουν τριπλασιαστεί τα τελευταία 50 χρόνια ενώ οι εκπομπές της Ασίας έχουν υπερπενταπλασιαστεί. Σύμφωνα με έρευνα επιστημόνων της διεθνούς ομάδας ερευνών για το κλίμα Global Carbon Project, (GCP) η οποία δημοσιεύτηκε στο περιοδικό «Nature Geoscience» το 2009, “οι εκπομπές από την καύση ορυκτών

καυσίμων εκτιμάται ότι έχουν αυξηθεί κατά 29% μεταξύ 2000 – 2008 και κατά 41% από το επίπεδο του 1990 (έτος αναφοράς του Πρωτοκόλλου του Κιότο). Επιπλέον, μεταξύ άλλων, η ίδια έρευνα αναφέρει “Κατά μέσο όρο, τα τελευταία 50 χρόνια, το 43% των ετήσιων ανθρωπογενών εκπομπών αερίων παρέμεναν στην ατμόσφαιρα, καθώς μόνο το 57% μπορούσε να απορροφηθεί με φυσικό τρόπο από την ξηρά (φυτά κ.α.) και τους ωκεανούς. Οι φυσικοί μέθοδοι απορρόφησης δεν έχουν καταφέρει να συμβαδίσουν με τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων, με συνέπεια να αυξάνεται διαχρονικά το ποσοστό των αερίων που δεν μπορεί να απορροφηθεί από τη φύση και συνεπώς να παραμένει στην ατμόσφαιρα με τελικό αποτέλεσμα από 40% που ήταν το 1959, να είναι σήμερα (2009, έτος δημοσίευσης της έρευνας) γύρω στο 45%”. [29]

Όσο αφορά στο 2011, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αυξήθηκαν κατά 3,2% φτάνοντας τους 31,6 δισεκατομμύρια τόνους. Οι ΗΠΑ μείωσαν τις εκπομπές τους κατά 1,7% (μείωση που αποδίδεται κυρίως στην αργή οικονομική ανάκαμψη, τις ήπιες σχετικά θερμοκρασίες κατά τους χειμερινούς μήνες αλλά και την ανάπτυξη του κλάδου του σχιστολιθικού αερίου) ενώ η Ευρώπη μείωσε τις εκπομπές της κατά 1,9% (γεγονός που αποδίδεται στην δυσμενή οικονομική κατάσταση σε ολόκληρη την ήπειρο). Αντίθετα, στην Κίνα οι εκπομπές σημείωσαν αύξηση της τάξης του 9%, ακυρώνοντας την πρόοδο που επιτεύχθηκε σε ΗΠΑ και Ευρώπη. [30]

Επομένως, τόσο ο υπολογισμός των εισροών της ενέργειας όσο και ο προσδιορισμός των εκροών του διοξειδίου του άνθρακα που αφορούν το υπό εξέταση σύστημα, δηλαδή το κάθε κιβώτιο μεταφοράς, παρέχει την δυνατότητα σύγκρισης της περιβαλλοντικής τους απόδοσης.

7.5.1 Περιγραφή Λογισμικού CES – EDUPACK

Το πρόγραμμα CES - EDUPACK χρησιμοποιείται από 800 πανεπιστήμια και κολλέγια

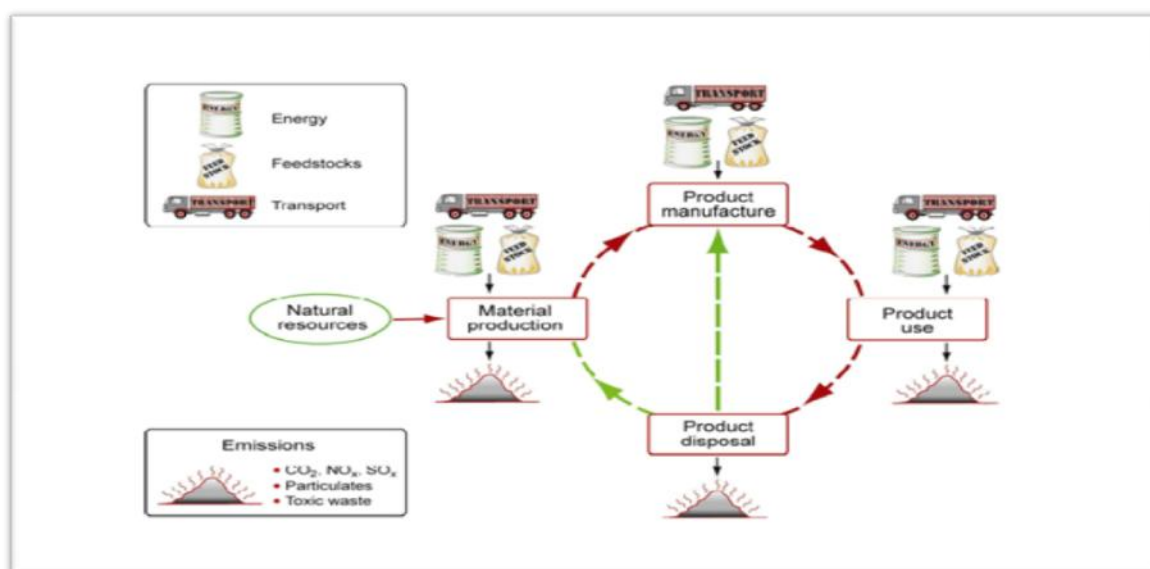


παγκοσμίως και αποτελεί δημιούργημα της ερευνητικής ομάδας του πανεπιστημίου του Cambridge με επικεφαλής τον καθηγητή Mike Ashby. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα αυτό είναι μία παγκόσμια πηγή διεξαγωγής υπολογισμών που αφορούν τα ποσά της ενέργειας που καταναλώνονται

αλλά και το ύψος του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που εκπέμπεται κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος.

Τα στάδια του Κύκλου Ζωής που περιλαμβάνει και επεξεργάζεται το λογισμικό είναι:

- ✚ Η διαδικασία εξόρυξης των πρώτων υλών των υλικών
- ✚ Η σύνθεση – διεργασία των υλικών για την κατασκευή των προϊόντων
- ✚ Η μεταφορά των προϊόντων στον τελικό αποδέκτη
- ✚ Η χρήση τους
- ✚ Η απόθεση μετά το πέρας της ωφέλιμης ζωής των προϊόντων



Εικόνα 10 Κύκλος Ζωής προϊόντος με βάση το λογισμικό Ces-Edupack

Πηγή: Granta Material Intelligence

Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα μέσω της βάσης δεδομένων του παρέχει τη δυνατότητα επιλογής των υλικών, των διαδικασιών επεξεργασίας των υλικών, τον τύπο μεταφοράς του προϊόντος, την ποσότητα και τον τύπο ενέργειας και καυσίμου που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια χρήσης του προϊόντος, αλλά και του τρόπου διαχείρισης του προϊόντος μετά το πέρας της ωφέλιμης ζωής του. Οι παραπάνω επιλογές αφορούν ουσιαστικά την εισαγωγή δεδομένων σε κάθε στάδιο του Κύκλου Ζωής του υπό εξέταση προϊόντος, με σκοπό την διεξαγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η διεξαγωγή και αναπαράσταση των αποτελεσμάτων, που αφορούν την κατανάλωση της ενέργειας και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, γίνεται ανά στάδιο του Κύκλου Ζωής του προϊόντος, πράγμα που επιτρέπει τον εντοπισμό του σταδίου που επιδεικνύει την μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. [31]

7.5.2 Αποτελέσματα Καταναλισκόμενης Ενέργειας

Δείκτης Καταναλισκόμενης Ενέργειας ανά Στάδιο του Κύκλου Ζωής

Η παρουσίαση των δεικτών θα γίνει ανά είδος κιβωτίου μεταφοράς και με σειρά ανάλογα με την διάσταση του κατά αύξουσα σειρά.

1ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς

Αποτελέσματα ανά διάσταση

Διάσταση → 40cm(μήκος) – 30cm (πλάτος) – 20cm (ύψος)

Πίνακας 3 Καταναλισκόμενη ενέργεια 1ου οικολογικού κιβωτίου

Καταναλισκόμενη Ενέργεια (MJ)					
Διαστάσεις κιβωτίων (cm)	Στάδια Κύκλου Ζωής				
	Εξόρυξη	Κατασκευή	Μεταφορά	Χρήση	Επαναχρησιμοποίηση
40 - 30 - 20	53,52	1,87	20,07	0	1357,48
60 - 40 - 17	74,77	2,59	31,56	0	2171,36
60 - 40 - 25	88,44	3,07	37,25	0	2497,37

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 3) είναι χαρακτηριστικό ότι η καταναλισκόμενη ενέργεια αυξάνεται γραμμικά, όσο αυξάνουν οι διαστάσεις των κιβωτίων. Η αύξηση αυτή παρατηρείται σε όλα τα στάδια του Κύκλου Ζωής που μελετώνται και είναι φυσικό επακόλουθο, καθώς αυξάνεται η μάζα των υλικών που χρησιμοποιούνται και κατ' επέκταση αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις που σχετίζονται με όλο το Κύκλο Ζωής του κιβωτίου.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι κατά την χρήση των κιβωτίων δεν υφίστανται ενεργειακές καταναλώσεις, ενώ σημαντική είναι η επιβάρυνση που προκύπτει από την εξόρυξη των πρώτων υλών. Επιπλέον, το ποσό της ενέργειας που αφορά την επαναχρησιμοποίηση του εκάστοτε κιβωτίου του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου είναι πολύ μεγάλο καθώς συμπεριλαμβάνει τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Την εξόρυξη και επεξεργασία των πρώτων υλών που απαιτούνται για την αντικατάσταση της χάρτινης βάσης πριν από κάθε χρήση.
- Την μεταφορά των χάρτινων βάσεων στον τόπο συναρμολόγησης του κιβωτίου.
- Την συναρμολόγηση του νέου κιβωτίου.

2^ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς

Πίνακας 4 Καταναλισκόμενη ενέργεια 2ου οικολογικού κιβωτίου

Καταναλισκόμενη Ενέργεια (MJ)					
Διαστάσεις	Στάδια Κύκλου Ζωής				
κιβωτίου (cm)	Εξόρυξη	Κατασκευή	Μεταφορά	Χρήση	Επαναχρησιμοποίηση
60 - 40 - 25	187,43	6,75	62,32	0	12339,36

Αντίστοιχα, όσον αφορά το 2^ο είδος του οικολογικά σχεδιασμένου κιβωτίου διάστασης 60 – 40 - 25, ο παραπάνω πίνακας (Πίνακας 4) παρουσιάζει την καταναλισκόμενη ενέργεια για τα στάδια της εξόρυξης των πρώτων υλών, της κατασκευής του κιβωτίου, της μεταφοράς, της χρήσης και της επαναχρησιμοποίησης του για εκατό φορές.

Εμφανές είναι ότι το στάδιο της εξόρυξης των πρώτων υλών επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό τον Κύκλο Ζωής του, όπως και στην περίπτωση του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς. Ωστόσο, σε σχέση με το 1^ο οικολογικό κιβώτιο οι ενεργειακές απαιτήσεις, που συνδέονται με τα στάδια της εξόρυξης των πρώτων υλών, της κατασκευής και της μεταφοράς του κιβωτίου του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου των ίδιων διαστάσεων (60 – 40 – 25), είναι αρκετά μεγαλύτερες. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στο υλικό κατασκευής του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου όσο και στην μάζα του, η οποία είναι αρκετά μεγαλύτερη από εκείνη του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου των ίδιων διαστάσεων.

Το στάδιο επαναχρησιμοποίησης που αποτελείται από την μεταφορά του κιβωτίου από τον τρόπο χρήσης του στις κεντρικές εγκαταστάσεις της εταιρείας κατασκευής για τον καθαρισμό του και την διανομή του εκ νέου στον τόπο χρήσης του πριν από κάθε, φαίνεται να έχει τις πενταπλάσιες ενεργειακές απαιτήσεις σε σχέση με το στάδιο επαναχρησιμοποίησης του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου των ίδιων διαστάσεων.

Η σύγκριση μεταξύ του 1^{ου} και του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς με βάση τον δείκτη της καταναλισκόμενης ενέργειας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το 1^ο παρουσιάζει καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση, καθώς το σύνολο της ενέργειας που καταναλώνεται στα στάδια του Κύκλου Ζωής του είναι μικρότερο από εκείνο που καταναλώνεται για τα αντίστοιχα στάδια του Κύκλου Ζωής του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου.

Χαρτοκιβώτιο Μεταφοράς

Διάσταση → 60cm(μήκος) – 40cm (πλάτος) – 25cm (ύψος)

Πίνακας 5 Καταναλισκόμενη ενέργεια χαρτοκιβωτίου

Καταναλισκόμενη Ενέργεια (MJ)					
	Στάδια Κύκλου Ζωής				
Διαστάσεις κιβωτίου (cm)	Εξόρυξη	Κατασκευή	Μεταφορά	Χρήση	Κάλυψη αναγκών 100 χρήσεων
60 - 40 - 25	22,20	0,49	29,36	0	7009,20

Ο παραπάνω πίνακας (Πίνακας 5) παρουσιάζει αντίστοιχα την καταναλισκόμενη ενέργεια που συνδέεται με τα στάδια της εξόρυξης των πρώτων, της κατασκευής, της μεταφοράς και της χρήσης του χαρτοκιβωτίου μεταφοράς, ενώ επίσης καταγράφεται η ενεργειακή απαίτηση που συνδέεται με την χρήση 100 χαρτοκιβωτίων.

Αρχικά, παρατηρείται ότι το στάδιο της μεταφοράς επιβαρύνει κατά κύριο λόγο με βάση τον δείκτη της κατανάλωσης της ενέργειας τον κύκλο ζωής του κιβωτίου και όχι το στάδιο της εξόρυξης των πρώτων υλών όπως στην περίπτωση του 1^{ου} και του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς. Επίσης, χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι τα στάδια της εξόρυξης των πρώτων υλών, της κατασκευής και της μεταφοράς του χαρτοκιβωτίου παρουσιάζουν τις μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις με σε σχέση με εκείνες του 1^{ου} και του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς. Το στάδιο της χρήσης όπως και στην περίπτωση των άλλων δύο ειδών κιβωτίων δεν συνδέεται με οποιαδήποτε ενεργειακή κατανάλωση.

7.5.3 Δείκτης Εκπεμπόμενου Διοξειδίου του Άνθρακα ανά Στάδιο του Κύκλου Ζωής

Η παρουσίαση των δεικτών θα γίνει ανά είδος κιβωτίου μεταφοράς και με σειρά ανάλογα με την διάσταση του κατά αύξουσα σειρά.

1^ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 6) περιγράφει τις εκπομπές του CO₂ των τριών διαστάσεων του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς για τα στάδια της εξόρυξης των πρώτων υλών, της κατασκευής, της μεταφοράς, της χρήσης και της επαναχρησιμοποίησης.

Πίνακας 6 Εκπομπές CO₂ 1ου οικολογικού κιβωτίου

Εκπομπές CO₂ (kg)					
	Στάδια Κύκλου Ζωής				
Διαστάσεις κιβωτίων (cm)	Εξόρυξη	Κατασκευή	Μεταφορά	Χρήση	Επαναχρησιμοποίηση
40 - 30 - 20	1,83	0,14	15,58	0	776,45
60 - 40 - 17	2,57	0,20	22,34	0	1222,74
60 - 40 - 25	3,04	0,24	26,29	0	1409,66

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 6) αποδεικνύεται ότι υπάρχει μία γραμμική αύξηση των εκπομπών του CO₂ όσο αυξάνονται οι διαστάσεις των κιβωτίων του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου. Αυτό ενισχύει το γεγονός ότι αύξηση της μάζας των υλικών συνδέεται με αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας που απαιτείται σε όλα τα στάδια του Κύκλου Ζωής, πράγμα που συνεπάγεται και αύξηση του ποσού του εκπεμπόμενου CO₂.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ένα μεγάλο ποσό των εκπομπών CO₂ συνδέεται με το στάδιο της μεταφοράς, σε αντίθεση με το στάδιο της χρήσης των κιβωτίων, κατά το οποίο δεν εκπέμπεται CO₂.

2^ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς

Πίνακας 7 Εκπομπές CO₂ 2ου οικολογικού κιβωτίου

Εκπομπές CO₂ (kg)					
	Στάδια Κύκλου Ζωής				
Διαστάσεις κιβωτίου (cm)	Εξόρυξη	Κατασκευή	Μεταφορά	Χρήση	Επαναχρησιμοποίηση
60 - 40 - 25	6,32	0,54	44	0	8785,35

Η επεξεργασία των δεδομένων για το 2^ο οικολογικό κιβώτιο διαστάσεων 60 – 40 – 25, οδήγησε στον προσδιορισμό των εκπομπών του CO₂ για το στάδιο της εξόρυξης των πρώτων υλών, της κατασκευής, της μεταφοράς, της χρήσης και της επαναχρησιμοποίησης του κιβωτίου για εκατό φορές, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 7).

Όπως και στην περίπτωση του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60 – 40 – 25 cm παρατηρείται ότι ένα μεγάλο ποσό των εκπομπών εμφανίζεται στο στάδιο της μεταφοράς του κιβωτίου.

Επιπλέον, σε σύγκριση με το 1^ο οικολογικό κιβώτιο ίδιας διάσταση παρατηρείται ότι οι εκπομπές του CO₂ εμφανίζονται μεγαλύτερες σε όλα τα στάδια του Κύκλου Ζωής που μελετώνται.

Η σύγκριση μεταξύ των δύο οικολογικών κιβωτίων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το 1^ο παρουσιάζει καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση με βάση τον δείκτη των εκπομπών του CO₂ για τα εξεταζόμενα στάδια του Κύκλου Ζωής.

Χαρτοκιβώτιο Μεταφοράς

Πίνακας 8 Εκπομπές CO₂ χαρτοκιβωτίου

Εκπομπές CO₂ (kg)					
	Στάδια Κύκλου Ζωής				
Διαστάσεις κιβωτίου (cm)	Εξόρυξη	Κατασκευή	Μεταφορά	Χρήση	Κάλυψη αναγκών 100 χρήσεων
60 - 40 - 25	0,91	0,02	20,73	0	2144,34

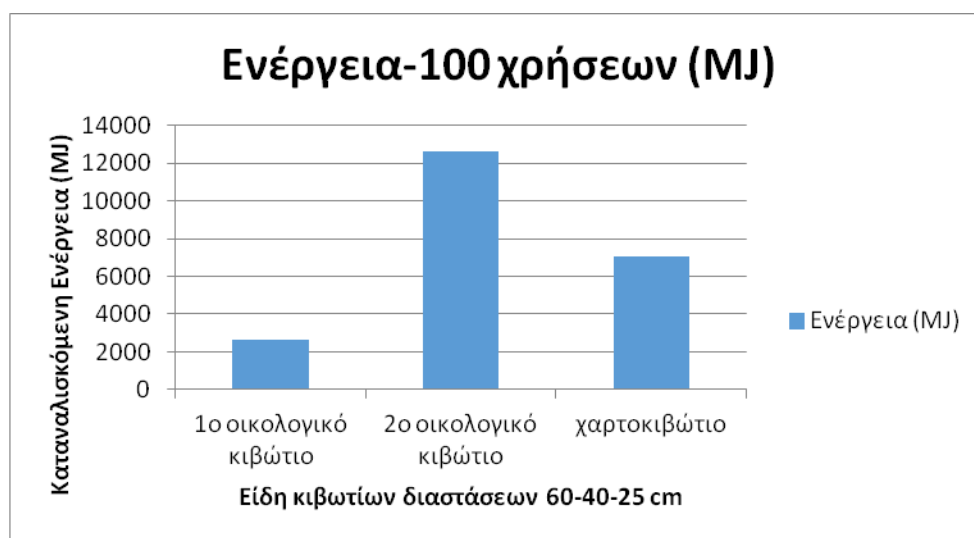
Σύμφωνα με τον Πίνακα 8, όπως και στην περίπτωση των οικολογικών κιβωτίων, όσον αφορά τα στάδια της εξόρυξης των πρώτων υλών της κατασκευής, της μεταφοράς και της χρήσης του κιβωτίου, το μεγαλύτερο ποσό του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα εμφανίζεται στο στάδιο της μεταφοράς του κιβωτίου.

Ενώ, όσον αφορά τις εκπομπές του CO₂ που συνδέονται με την κάλυψη των αναγκών για τις εκατό χρήσεις θα πρέπει να αναφερθεί ότι ισοδυναμούν με τις εκπομπές του Κύκλου Ζωής εκατό χαρτοκιβωτίων.

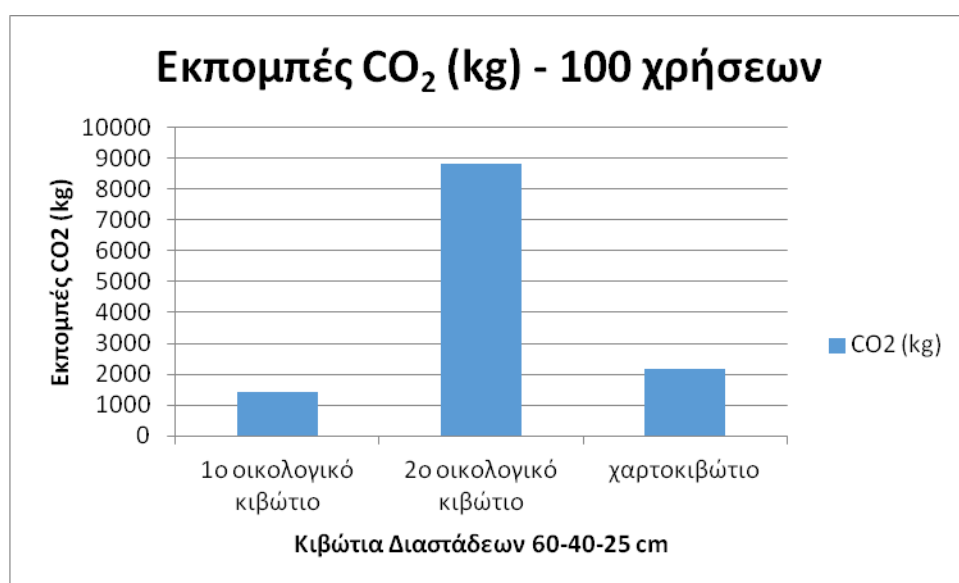
7.5.4 Σύγκριση κιβωτίων μεταφοράς με βάση τους δείκτες ενέργειας και CO₂

Ο υπολογισμός των δεικτών της καταναλισκόμενης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ επιτρέπει την σύγκριση της απόδοσης των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς διαστάσεων 60 – 40 – 25 με βάση τους δείκτες αυτούς.

Στα παρακάτω διαγράμματα (Διαγράμματα 1, 2) με σκοπό την σύγκριση των κιβωτίων έχει υπολογιστεί η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια και η ποσότητα του CO₂ που εκπέμπεται στις 100 χρήσεις των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς.



Διάγραμμα 1 Συνολική κατανάλωση Ενέργειας 100 χρήσεων



Διάγραμμα 2 Συνολικές εκπομπές CO₂ 100 χρήσεων

Η σύγκριση των δεικτών της καταναλισκόμενης ενέργειας και των εκπομπών του CO₂ των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα που αφορούν την κάλυψη των εκατό χρήσεων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι την καλύτερη απόδοση παρουσιάζει το 1^ο και την χειρότερη το 2^ο οικολογικό κιβώτιο.

Η καλύτερη απόδοση του 1^{ου} οφείλεται στον περιορισμό των μεταφορών που συνδέονται με την επαναχρησιμοποίηση των κιβωτίων, καθώς ο καθαρισμός των πλαστικών πλευρών και η συναρμολόγηση του νέου κιβωτίου αφού αντικατασταθεί η χάρτινη βάση πριν από κάθε βάση πραγματοποιείται στον τόπο χρήσης των κιβωτίων.

Αντίστοιχα, η χειρότερη απόδοση του 2^{ου} αποδίδεται στο γεγονός ότι αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις που σχετίζονται με τις μεταφορές των κιβωτίων με σκοπό τον καθαρισμό τις πριν από κάθε χρήση. Παρά το γεγονός ότι το 2^ο οικολογικό κιβώτιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς την αντικατάσταση κάποιου συστατικού του μέρους, αυτό εμφανίζει τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις που αντιστοιχούν στις εκατό χρήσεις του εκάστοτε κιβωτίου.

Όσον αφορά το χαρτοκιβώτιο, το οποίο δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και για τον λόγο αυτό η κάλυψη των εκατό χρήσεων απαιτεί την κατασκευή εκατό νέων χαρτοκιβωτίων, παρουσιάζει μία μέση απόδοση με βάση την καταναλισκόμενη ενέργεια και τις εκπομπές του CO₂ σε σχέση με τα άλλα δύο είδη κιβωτίων. Οι δείκτες της κατανάλωσης της ενέργειας και των εκπομπών CO₂ που υπολογίστηκαν για το χαρτοκιβώτιο αφορούν ουσιαστικά την εξόρυξη και διεργασία πρώτων υλών, την κατασκευή και την μεταφορά εκατό χαρτοκιβωτίων.

8. Αποτελέσματα Εκτίμησης Επιπτώσεων

8.1 Περιγραφή Λογισμικού SimaPro 7.1.8

Η επεξεργασία αλλά και ανάλυση των δεδομένων που διατίθενται και αφορούν τον Κύκλο Ζωής των υπό εξέταση κιβωτίων μεταφοράς, όπως προαναφέρθηκε θα πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια του λογισμικού SimaPro 7.1.8.

Το λογισμικό SimaPro “System for Integrated Environmental Assessment of Products” κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1990 και από τότε χρησιμοποιείται τόσο από πολυεθνικές εταιρείες και εταιρείες συμβούλων-μελετητών της Ανάλυσης Κύκλου ζωής προϊόντων και υπηρεσιών, όσο και από ερευνητικά ιδρύματα και πανεπιστήμια. Δημιουργήθηκε από την εταιρεία Pre-Consultant και πλέον χρησιμοποιείται σε 80 περίπου χώρες.

Αποτελεί ένα ευρύτατα χρησιμοποιούμενο λογισμικό, το οποίο αποσκοπεί στον εντοπισμό και στην αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που είναι αποτέλεσμα του Κύκλου Ζωής των υπό εξέταση προϊόντων και υπηρεσιών. Το λογισμικό του SimaPro 7.1.8 καλύπτει πλήρως τα πρότυπα ISO που έχουν διαμορφωθεί για την ανάλυση εφαρμογών ανάλυσης κύκλου ζωής. Συγκεκριμένα, το λογισμικό αυτό αποτελεί ένα εργαλείο για την συλλογή, ανάλυση και παρακολούθηση της βιωσιμότητας των εξεταζόμενων προϊόντων και υπηρεσιών παρέχοντας επίσης την δυνατότητα εξέτασης όλων των διαφορετικών σταδίων του Κύκλου Ζωής τους.

Η περιβαλλοντική αξιολόγηση του προϊόντος στηρίζεται στις εκπομπές λόγω των βασικών υλικών αλλά και διαδικασιών που απαιτούνται για την παραγωγή τους και οι οποίες είναι καταχωρημένες στις βάσεις δεδομένων που διαθέτει το πρόγραμμα.

Τα υπό εξέταση προϊόντα και υπηρεσίες που εξετάζονται είναι απαραίτητο να μοντελοποιηθούν κατάλληλα προκειμένου να είναι εφικτή η χρήση του λογισμικού SimaPro 7.1.8 με απώτερο σκοπό την διεξαγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων και τον εντοπισμό των σταδίων με την μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το λογισμικό αυτό παρέχει την δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των υπό εξέταση προϊόντων και υπηρεσιών. [32]

Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό των επιπτώσεων μέσω της αξιολόγησης των δεδομένων που εισάγονται στο λογισμικό.

Στην παρούσα μελέτη αξιολόγησης των επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς η μέθοδος που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ονομάζεται EDIP/2003. Η μέθοδος αυτή είναι κατασκευασμένη σύμφωνα με την δανική μεθοδολογία ανάλυσης του κύκλου ζωής και αποτελεί συνέχεια της μεθόδου EDIP 97. Οι κατηγορίες των επιπτώσεων που περιλαμβάνει είναι αυτές που περιγράφονται παρακάτω:

- Η υπερθέρμανση του πλανήτη (Global Warming)
- Δημιουργία όξινου περιβάλλοντος (Acidification)
- Ευτροφισμός (Eutrophication)
- Φωτοχημικό νέφος (Photochemical Smog)
- Χρονική υδάτινη οικοτοξικότητα (Ecotoxicity water chronic)
- Χρόνια οικοτοξικότητα υδάτων (Ecotoxicity water acute)
- Χρόνια οικοτοξικότητα εδάφους (Ecotoxicity soil chronic)
- Τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω αέρα (Human toxicity air)
- Τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω υδάτων (Human toxicity water)
- Τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω εδάφους (Human toxicity soil)
- Χρήση της γης (Land use)

Με τη χρήση του λογισμικού και αφού επιλεγεί η μέθοδος επεξεργασίας των αποτελεσμάτων και καθοριστούν οι κατηγορίες των επιπτώσεων, παρουσιάζεται ανά κατηγορία των επιπτώσεων η ποσοστιαία συνεισφορά των δεδομένων απογραφής μέσω της διαδικασίας του χαρακτηρισμού. Όπως προαναφέρθηκε, βασική προϋπόθεση για την εκτίμηση των επιπτώσεων που συνδέονται με τα στάδια του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων που εξετάζονται, αποτελεί ο καθορισμός των συντελεστών χαρακτηρισμού (Characterization factors). Οι συντελεστές αυτοί

αντανακλούν την σχετική συνεισφορά των αποτελεσμάτων της απογραφής των σταδίων του Κύκλου Ζωής στις διάφορες κατηγορίες των επιπτώσεων. [33]

8.2 Εκτίμηση επιπτώσεων κάθε είδους κιβωτίου μεταφοράς

Τα αποτελέσματα της εκτίμησης των επιπτώσεων αφορούν τα στάδια της εξόρυξης των πρώτων υλών, της κατασκευής, της μεταφοράς και της χρήσης και της επαναχρησιμοποίησης για εκατό φορές του 1^{ου} και 2^{ου} είδους κιβωτίου μεταφοράς και της κάλυψης εκατό χρήσεων με εκατό χαρτοκιβώτια του 3^{ου} είδους, σύμφωνα με τα όρια του συστήματος που έχουν οριστεί. Τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν ανά είδος και ανά διάσταση των κιβωτίων μεταφοράς.

Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι για την διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων με την χρήση του λογισμικού SimaPro, για το στάδιο της μεταφοράς των κιβωτίων επιλέχθηκε η χρήση φορτηγού μικτού βάρους 16 τόνων, σε αντίθεση με το λογισμικό CES-Edurack, όπου επιλέχθηκε φορτηγό 14 τόνων.

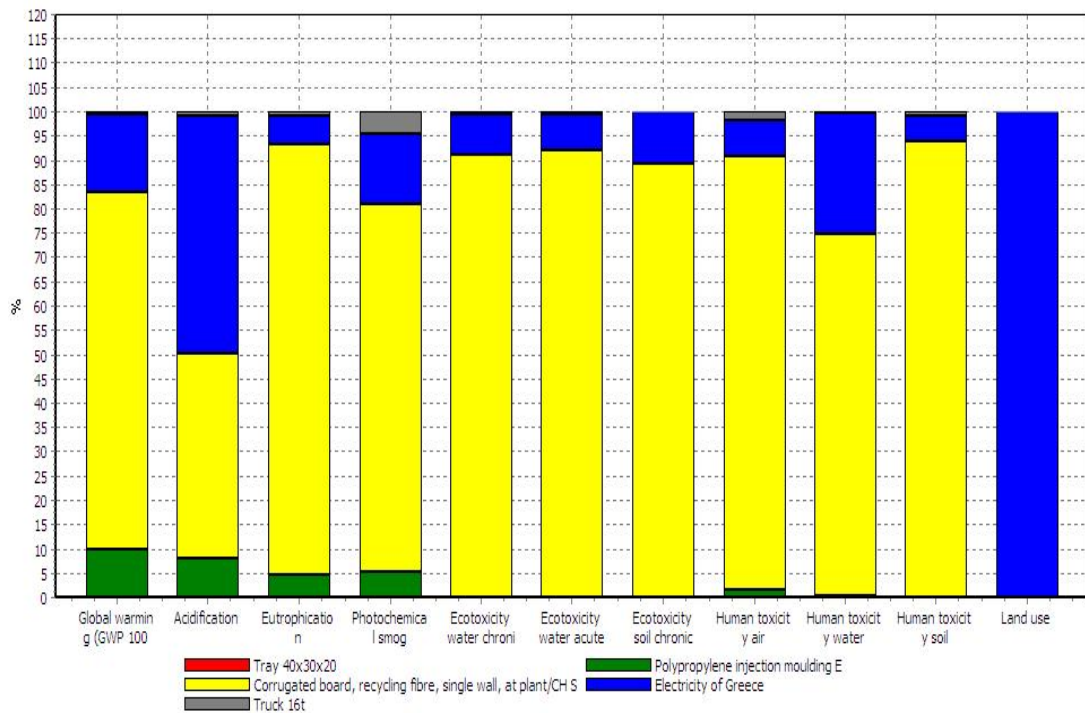
1ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς

Αποτελέσματα ανά διάσταση

Στη συνέχεια παρατίθενται το σύνολο των διαγραμμάτων που περιγράφουν το σύνολο των επιπτώσεων ως απόρροια του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου για τις εξεταζόμενες διαστάσεις. Για κάθε κατηγορία επιπτώσεων καταγράφεται το ποσοστό συνεισφοράς των δεδομένων απογραφής σε αυτήν.

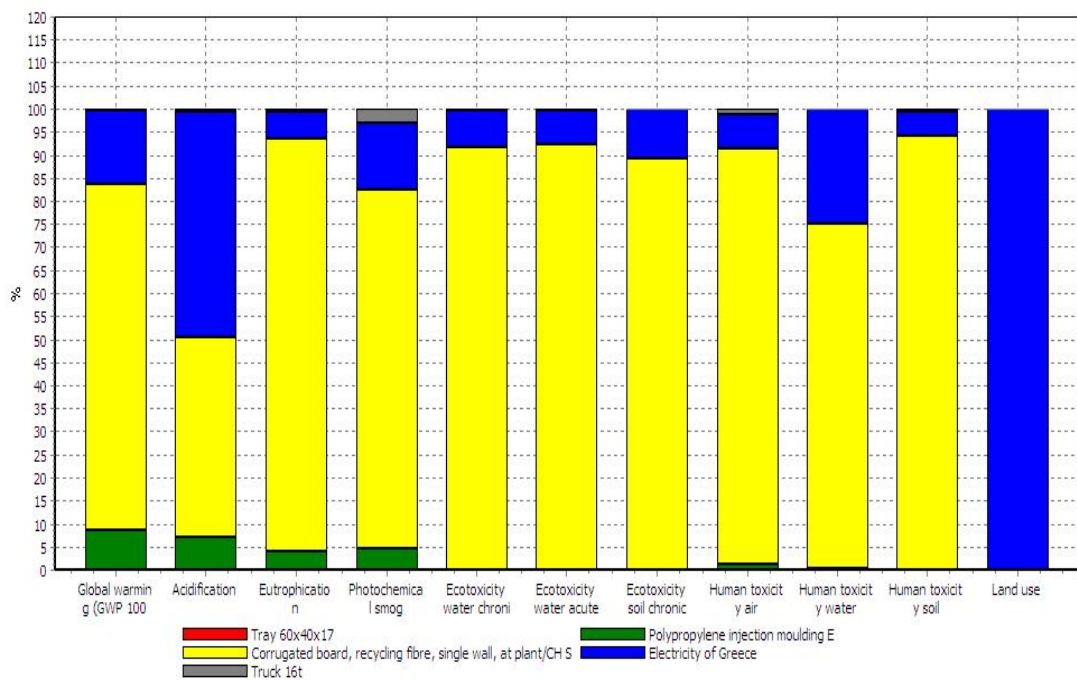
Συγκεκριμένα, το σύνολο των διαγραμμάτων που ακολουθεί παρουσιάζει την ποσοστιαία συνεισφορά της εξόρυξης και κατεργασίας των πρώτων υλών, δηλαδή του προπυλενίου και του κυματοειδούς χαρτιού, της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας και της μεταφοράς των κιβωτίων με την χρήση φορτηγού μικτού βάρους 16 τόνων.

Διάσταση → 40cm(μήκος) – 30cm (πλάτος) – 20cm (ύψος)



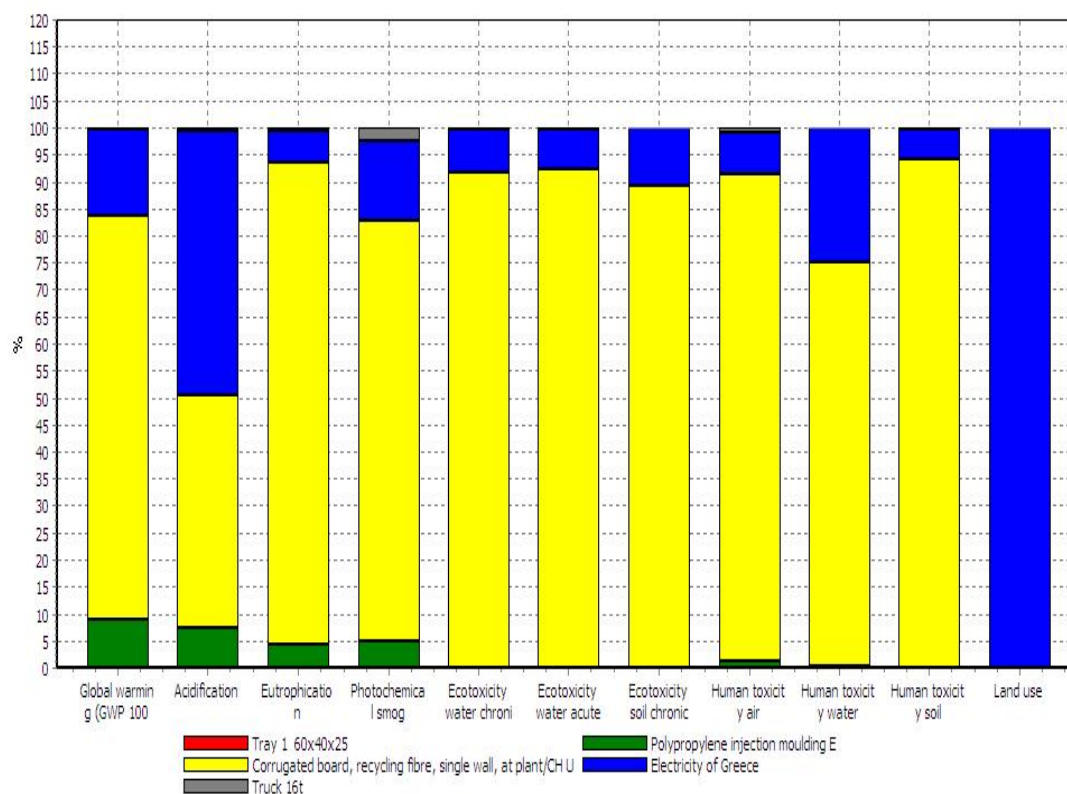
Διάγραμμα 3 Εκτίμηση επιπτώσεων 1ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 40-30-20

Διάσταση → 60cm(μήκος) – 40cm (πλάτος) – 17cm (ύψος)



Διάγραμμα 4 Εκτίμηση επιπτώσεων 1ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-17

Διάσταση → 60cm(μήκος) – 40cm (πλάτος) – 25cm (ύψος)



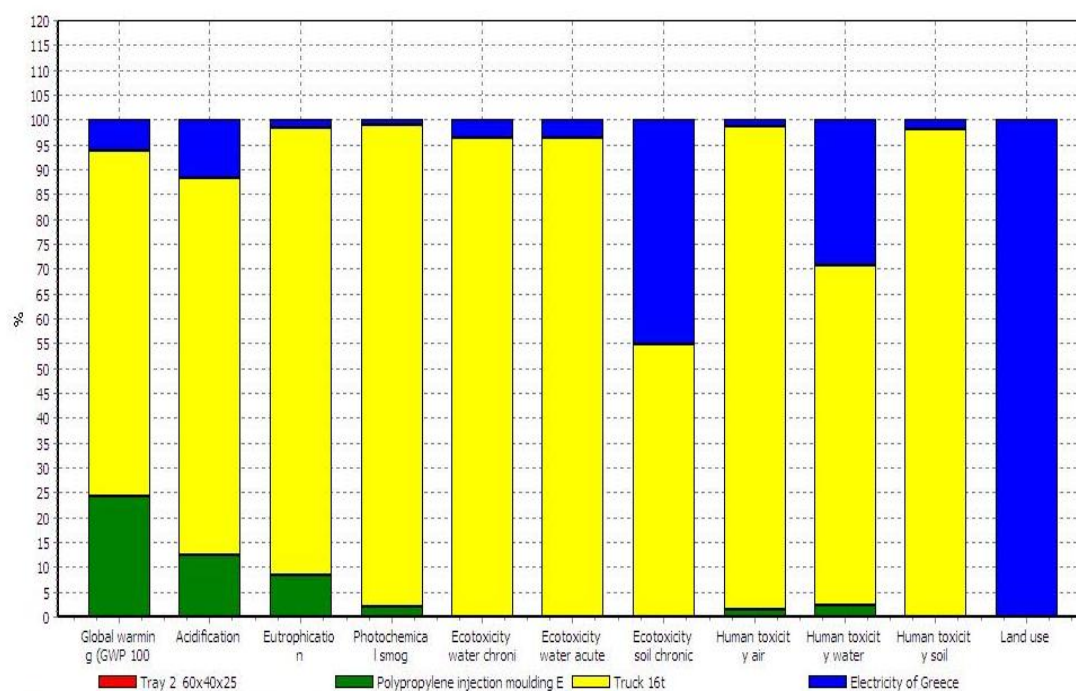
Διάγραμμα 5 Εκτίμηση επιπτώσεων 1ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-25

Συγκρίνοντας τα παραπάνω τρία διαγράμματα (Διαγράμματα 3, 4, 5) προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα ποσοστά επιβάρυνσης του προπυλενίου, του κυματοειδούς χαρτιού, της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας και της μεταφοράς των κιβωτίων για κάθε κατηγορία επιπτώσεων σε όλες τις εξεταζόμενες διαστάσεις του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς είναι παρόμοια. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι εκτιμώνται οι επιπτώσεις του ίδιου κιβωτίου μεταφοράς, αλλά σε διαφορετικές διαστάσεις.

Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι η χρήση του κυματοειδούς χαρτιού για την αντικατάσταση των χάρτινων βάσεων συνεισφέρει με ποσοστά μεγαλύτερα του 40% σχεδόν σε όλες τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η επίδραση της χρήσης του κυματοειδούς χαρτιού στο σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που μελετώνται, οφείλεται στην μεγάλη ποσότητα που απαιτείται για την αντικατάσταση των χάρτινων βάσεων. Επίσης, όπως είναι εμφανές η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας οδηγεί σε σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και

επιδρά με σημαντικά ποσοστά στο σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που εξετάζονται, χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι επιδρά σε ποσοστό της τάξης του 100% στην χρήση γης. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η επίδραση τόσο της χρήσης του προπυλενίου όσο και της μεταφοράς των κιβωτίων και των χάρτινων είναι αμελητέα σε σχέση με την επίδραση της χρήσης του κυματοειδούς χαρτιού στο σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

2^ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς



Διάγραμμα 6 Εκτίμηση επιπτώσεων 2ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-25

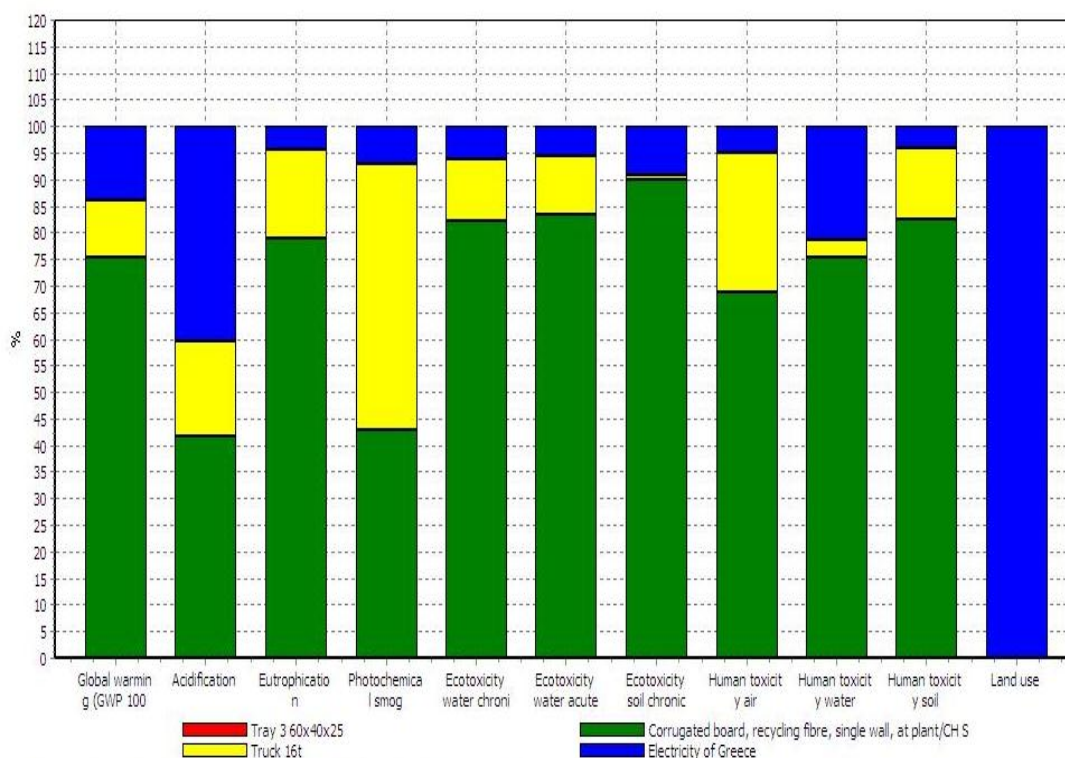
Αντίστοιχα, όσον αφορά την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ως αποτέλεσμα του Κύκλου Ζωής του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς, παρατηρείται σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα (Διάγραμμα 6) ότι το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων επιβαρύνεται κυρίως λόγω της μεταφοράς του κιβωτίου. Η συνεισφορά της μεταφοράς στο σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτός της χρήσης γης ξεπερνά το 50% και σε ορισμένες περιπτώσεις όπως στην Χρονική υδάτινη οικοτοξικότητα και στην χρόνια οικοτοξικότητα υδάτων ξεπερνά το 95%. Όπως προαναφέρθηκε η μεταφορά του κιβωτίου αφορά κυρίως

την χιλιομετρική απόσταση που διανύεται με σκοπό τον καθαρισμό του κιβωτίου πριν από κάθε χρήση.

Επιπλέον, η χρήση του προπυλενίου φαίνεται να επιδρά στην υπερθέρμανση του πλανήτη, στην δημιουργία όξινου περιβάλλοντος, στον ευτροφισμό, στο φωτοχημικό νέφος, στις τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω αέρα και μέσω υδάτων. Χαρακτηριστική είναι η επίδραση της χρήσης προπυλενίου στην υπερθέρμανση του πλανήτη, όπου ξεπερνά το ποσοστό του 25%.

Τέλος, η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με χαρακτηριστικό ποσοστό συνεισφοράς της τάξεως του 100% στην περίπτωση της χρήσης γης.

Χαρτοκιβώτιο Μεταφοράς



Διάγραμμα 7 Εκτίμηση επιπτώσεων χαρτοκιβωτίου διαστάσεων 60-40-25

Το παραπάνω διάγραμμα (Διάγραμμα 7) περιγράφει την εκτίμηση των επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής εκατό χαρτοκιβωτίων, προκειμένου να υπάρχει κοινή βάση σύγκρισης με τα άλλο δύο είδη κιβωτίων μεταφοράς. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό επιβάρυνσης σε όλες σχεδόν τις κατηγορίες των

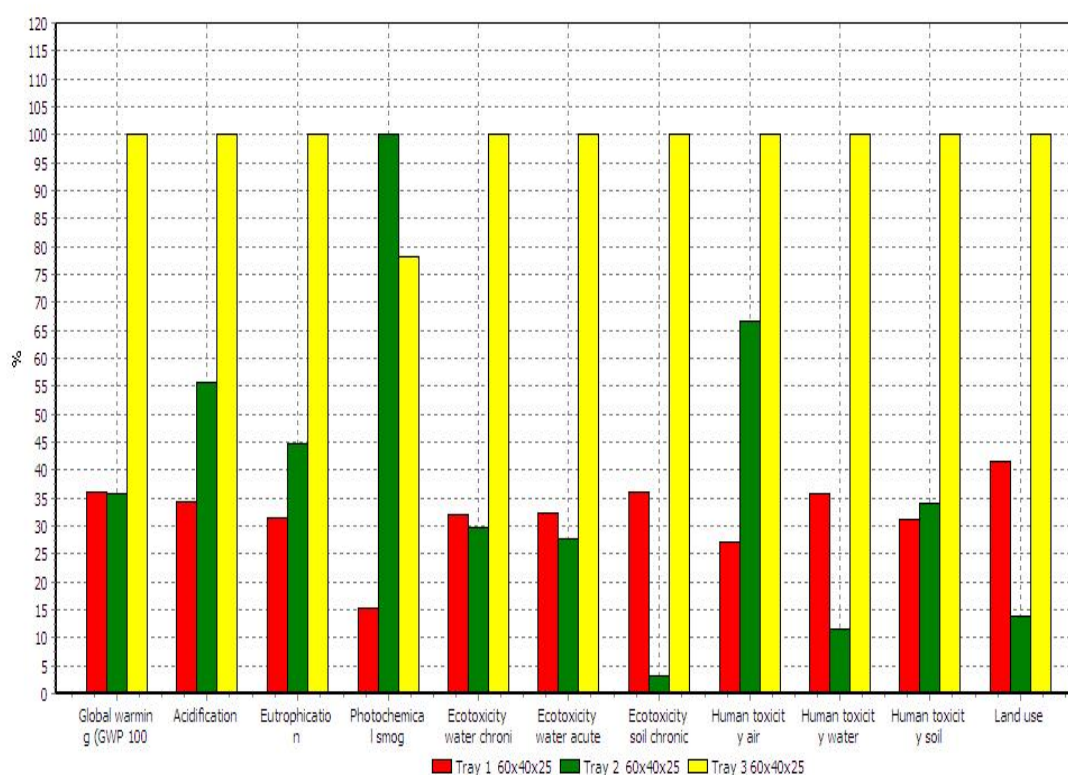
περιβαλλοντικών επιπτώσεων καταλαμβάνει η χρήση του κυματοειδούς χαρτιού, του κύριου υλικού κατασκευής του χαρτοκιβωτίου.

Επίσης, όπως και στις περιπτώσεις των δύο άλλων κιβωτίων μεταφοράς, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συνεισφέρει στην εμφάνιση του συνόλου των επιπτώσεων, με χαρακτηριστικό ποσοστό συνεισφοράς 100% στην επίπτωση της χρήσης γης.

Τέλος, η μεταφορά των 100 κιβωτίων επιβαρύνει την περιβαλλοντική απόδοση των κιβωτίων, επιδρώντας στο σύνολο των επιπτώσεων εκτός της χρήσης γης, με χαρακτηριστικά ποσοστά επιβάρυνσης 50% και 33% για την περίπτωση του φωτοχημικού νέφους και των τοξικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία μέσω εδάφους αντίστοιχα.

8.3 Σύγκριση επιπτώσεων των τριών κιβωτίων μεταφοράς

Σε αυτό το σημείο παρατίθεται το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 8) που προκύπτει μέσω της δυνατότητας σύγκρισης, των κιβωτίων μεταφοράς βάσει της εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που παρέχεται από το λογισμικό SimaPro. Η κόκκινη στήλη αναφέρεται στο 1^ο οικολογικό κιβώτιο, η πράσινη στο 2^ο οικολογικό κιβώτιο και η κίτρινη στο χαρτοκιβώτιο μεταφοράς. Σε κάθε κατηγορία επίπτωσης παρουσιάζεται το ποσοστό επίδρασης του κάθε είδους κιβωτίου μεταφοράς σε αυτήν.



Διάγραμμα 8 Σύγκριση εκτίμησης επιπτώσεων κιβωτίων μεταφοράς διαστάσεων 60-40-25

Με βάση το διάγραμμα σύγκρισης της περιβαλλοντικής απόδοσης των τριών κιβωτίων βάσει των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Διάγραμμα 8), προκύπτει ότι την χειρότερη περιβαλλοντική απόδοση παρουσιάζει το χαρτοκιβώτιο (Tray 3). Ο Κύκλος Ζωής του χαρτοκιβωτίου μεταφοράς, που αφορά την κάλυψη των εκατό χρήσεων, επιβαρύνει το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτός του φωτοχημικού νέφους με ποσοστό 100%, ποσοστό τουλάχιστον διπλάσιο σε σχέση με τα ποσοστά επιβάρυνσης των δύο άλλων ειδών κιβωτίων μεταφοράς.

Η σύγκριση της απόδοσης του 1^{ου} (Tray 1) με την απόδοση του 2^ο οικολογικού κιβωτίου (Tray 2) δεν οδηγεί σε σαφή συμπεράσματα. Υπάρχει μία εναλλαγή των του μεγαλύτερου ποσοστού συνεισφοράς ανάμεσα στα δύο είδη κιβωτίων στο σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, εκτός από την περίπτωση της υπερθέρμανση του πλανήτη, όπου το ποσοστό επιβάρυνσης των δύο κιβωτίων είναι σχεδόν ίδιο (35%).

Σύμφωνα με το διάγραμμα θα γίνει αναλυτική περιγραφή των ποσοστών επίδρασης του 1^{ου} και 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου ανά κατηγορία περιβαλλοντικής επίπτωσης στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 9 Ποσοστά επίδρασης των δύο οικολογικών κιβωτίων στις εξεταζόμενες επιπτώσεις

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	Ποσοστό επίδρασης 1 ^{ου} οικολογικού κιβωτίου	Ποσοστό επίδρασης 2 ^{ου} οικολογικού κιβωτίου
Υπερθέρμανση του πλανήτη	36%	35%
Δημιουργία όξινου περιβάλλοντος	34%	56%
Ευτροφισμός	32%	44%
Φωτοχημικό νέφος	15%	100%
Χρονική υδάτινη οικοτοξικότητα	32%	29%
Χρόνια οικοτοξικότητα υδάτων	33%	27%
Χρόνια οικοτοξικότητα εδάφους	36%	4%
Τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω αέρα	27%	66%
Τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω υδάτων	36%	11%
Τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω εδάφους	36%	39%
Χρήση γης	41%	14%

Όπως είναι εμφανές από το παραπάνω πίνακα (Πίνακας 9) οι μεγαλύτερες ποσοστιαίες διαφορές της επιβάρυνσης των δύο ειδών κιβωτίων παρουσιάζονται στις ακόλουθες κατηγορίες επιπτώσεων:

- Δημιουργία όξινου περιβάλλοντος
- Ευτροφισμός
- Φωτοχημικό νέφος
- Χρόνια οικοτοξικότητα εδάφους
- Τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω αέρα
- Τοξικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μέσω υδάτων
- Χρήση γης

Οι διαφορές αυτές οφείλονται κυρίως στις διαφορετικές διαδικασίες που συνδέονται με το στάδιο επαναχρησιμοποίησης των κιβωτίων, καθώς αυτό επιβαρύνει κυρίως τον Κύκλο Ζωής των οικολογικών κιβωτίων. Συγκεκριμένα, όπως προαναφέρθηκε την επαναχρησιμοποίηση του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου επιβαρύνει η αντικατάσταση της χάρτινης βάσης πριν από κάθε χρήση, ενώ την επαναχρησιμοποίηση του 2^{ου} κιβωτίου επιβαρύνει η μεταφορά του κιβωτίου για τον καθαρισμό του πριν από κάθε χρήση.

Συμπερασματικά, μελετώντας το διάγραμμα (Διάγραμμα 8) και τον πίνακα (Πίνακας 9) της εκτίμησης των επιπτώσεων που αφορούν το 1^ο και το 2^ο είδος οικολογικών κιβωτίων, προκύπτει ότι καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση παρουσιάζει με μικρή διαφορά το 1^ο είδος κιβωτίου σε σχέση με το 2^ο.

8.4 Εκτίμηση βελτιώσεων

Αυτό το στάδιο της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς αφορά την καταγραφή προτάσεων για την μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων με βάση το σύνολο των αποτελεσμάτων που σχετίζονται με τους περιβαλλοντικούς δείκτες και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Όπως προκύπτει από τον υπολογισμό των δεικτών της καταναλισκόμενης ενέργειας και των εκπομπών του CO₂ αλλά και από τα αποτελέσματα της εκτίμησης των επιπτώσεων, η μεταφορά ως διαδικασία του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό την περιβαλλοντική τους απόδοση. Για το 1^ο είδος οικολογικού κιβωτίου η διαδικασία της μεταφοράς συμπεριλαμβάνει την μεταφορά του κιβωτίου από τον τόπο κατασκευής του στον τόπο χρήσης του, αλλά και την μεταφορά των χάρτινων βάσεων που αντικαθίστανται πριν από κάθε χρήση του κιβωτίου. Αντίστοιχα, η διαδικασία της μεταφοράς του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου αφορά όλη την χιλιομετρική απόσταση που διανύεται με σκοπό τον καθαρισμό του κιβωτίου πριν από κάθε χρήση και τέλος όσον αφορά το χαρτοκιβώτιο, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες για εκατό χρήσεις το στάδιο της μεταφοράς συμπεριλαμβάνει την μεταφορά εκατό χαρτοκιβωτίων.

Η μεταφορά των κιβωτίων μεταφοράς, όπως προαναφέρθηκε πραγματοποιείται με την χρήση φορτηγών μικτού βάρους 14 ή 16 tn. Μελετώντας και αναλύοντας το στάδιο της μεταφοράς σε όλο τον Κύκλο Ζωής των κιβωτίων, μπορεί να προταθεί η βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κιβωτίων και η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσω της χρήσης φορτηγών μεγαλύτερου συνολικού μικτού βάρους.

8.4.1 Εφαρμογή προτεινόμενης βελτίωσης και Επανεκτίμηση επιπτώσεων

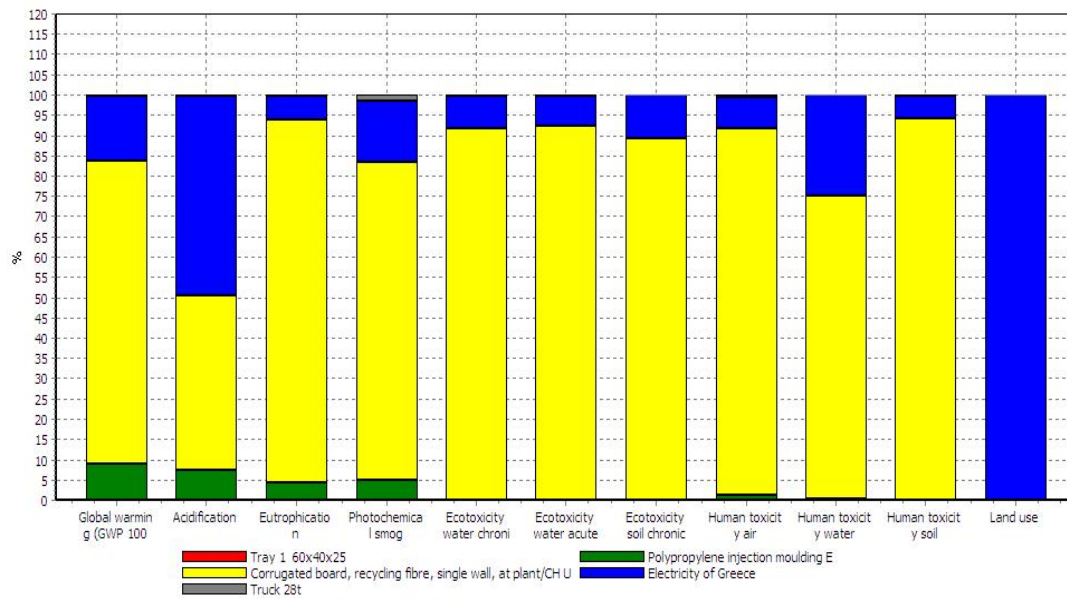
Μέσω της βάσης δεδομένων του λογισμικού CES- EDUCPACK υπολογίστηκε ότι η καταναλισκόμενη ενέργεια και οι εκπομπές CO₂ ενός φορτηγού μικτού βάρους 32 τόνων ανέρχονται σε 0,94 MJ/metric ton * km και 0,067 kg/metric ton*km αντίστοιχα. Ενώ, ότι η καταναλισκόμενη ενέργεια και οι εκπομπές CO₂ ενός φορτηγού μικτού βάρους 14 τόνων ανέρχονται σε 1,5 MJ/metric ton * km και 0,11 kg/metric ton*km αντίστοιχα. Ο παραπάνω υπολογισμός καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η χρήση φορτηγού μεγαλύτερου μικτού βάρους συνδέεται με λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές CO₂.

Τον παραπάνω ισχυρισμό ενισχύουν τα αποτελέσματα της εκτίμησης των επιπτώσεων που αφορούν τον Κύκλο Ζωής των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς.

Με την χρήση του λογισμικού SimaPro 7.1.8 πραγματοποιήθηκε η διαδικασία επανεκτίμησης των επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς. Ως μέσο μεταφοράς των κιβωτίων επιλέχθηκε το φορτηγού 28 μικτού βάρους 28 τόνων.

Τα παρακάτω διαγράμματα αφορούν την επανεκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με αλλαγή του μέσου μεταφοράς για διάσταση 60 – 40 – 25 cm των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς. Συγκεκριμένα, περιγράφουν την μείωση των ποσοστών συνεισφοράς της μεταφοράς με την χρήση του φορτηγού 28 τόνων στο σύνολο των κατηγοριών των επιπτώσεων σε σχέση με τα ποσοστά της χρήσης του φορτηγού 16 τόνων.

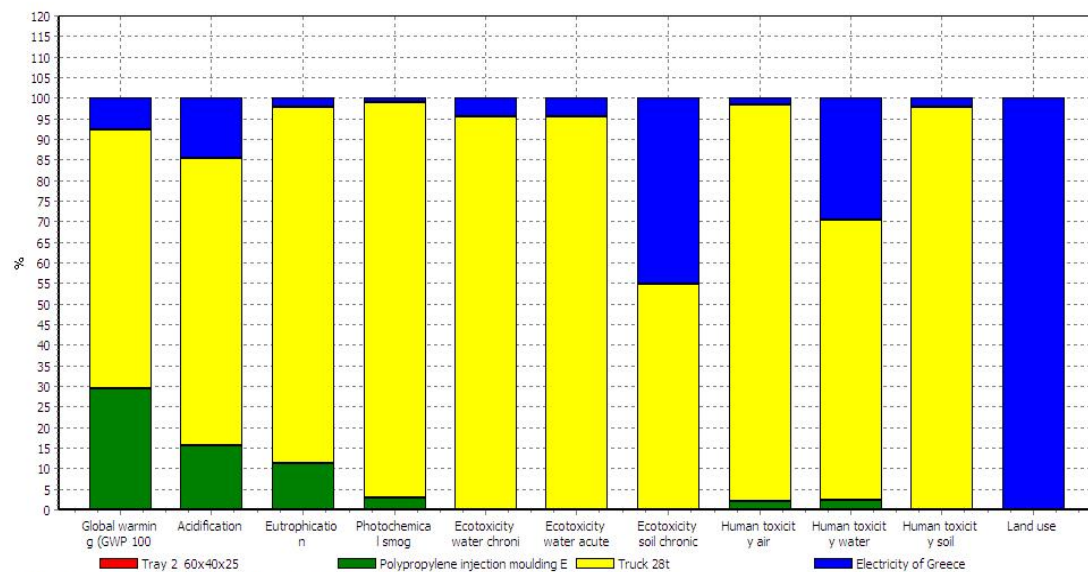
1^ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς 1 (Tray 1)



Διάγραμμα 9 Επανεκτίμηση επιπτώσεων 1ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-25

Τα αποτελέσματα του παραπάνω διαγράμματος (Διάγραμμα 9) αποδεικνύουν ότι η επιβάρυνση που επιφέρει η μεταφορά με τη χρήση φορτηγού μικτού βάρους 28 τόνων στην επίπτωση του φωτοχημικού νέφους μειώνεται σε 1%, ενώ στην περίπτωση των τοξικών επιπτώσεων της ανθρώπινης υγείας μέσω αέρα δεν εμφανίζεται πλέον κάποιο ποσοστό επιβάρυνσης της μεταφοράς.

2^ο Οικολογικό Κιβώτιο Μεταφοράς 2 (Tray 2)

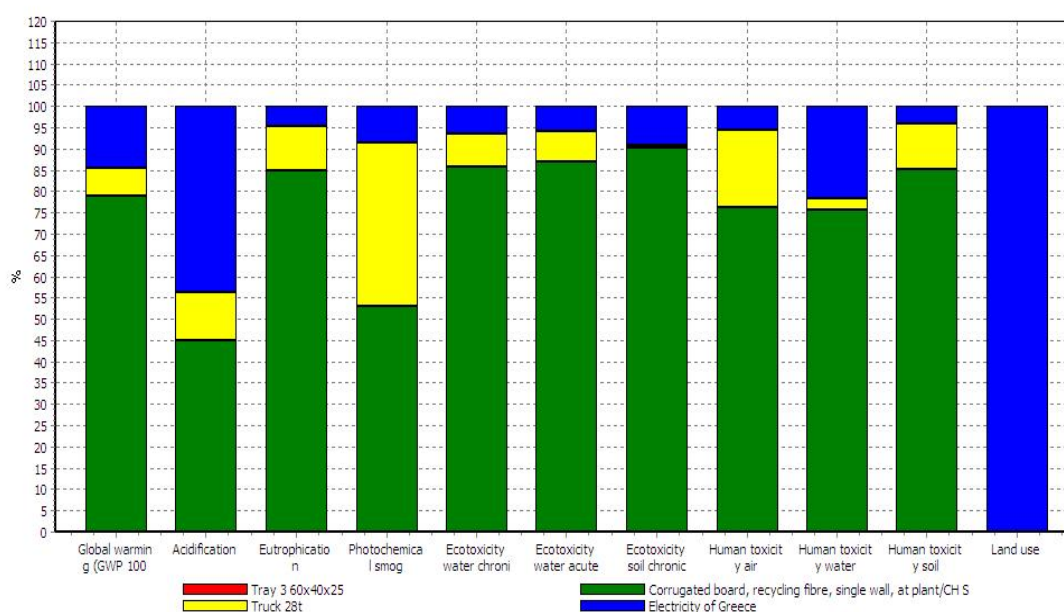


Διάγραμμα 10 Επανεκτίμηση επιπτώσεων 2ου οικολογικού κιβωτίου διαστάσεων 60-40-25

Αντίστοιχα, σημαντική μείωση του ποσοστού επιβάρυνσης της μεταφοράς στον σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων παρατηρείται με τη χρήση του φορτηγού μικτού βάρους 28 τόνων έναντι του φορτηγού μικτού βάρους 16 τόνων, σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα (Διάγραμμα 10).

Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη μείωση του ποσοστού επίδραση της μεταφοράς παρατηρείται στις κατηγορίες των επιπτώσεων, της υπερθέρμανσης του πλανήτη, της δημιουργίας όξινου περιβάλλοντος και του ευτροφισμού.

Χαρτοκιβώτιο Μεταφοράς (Tray 3)

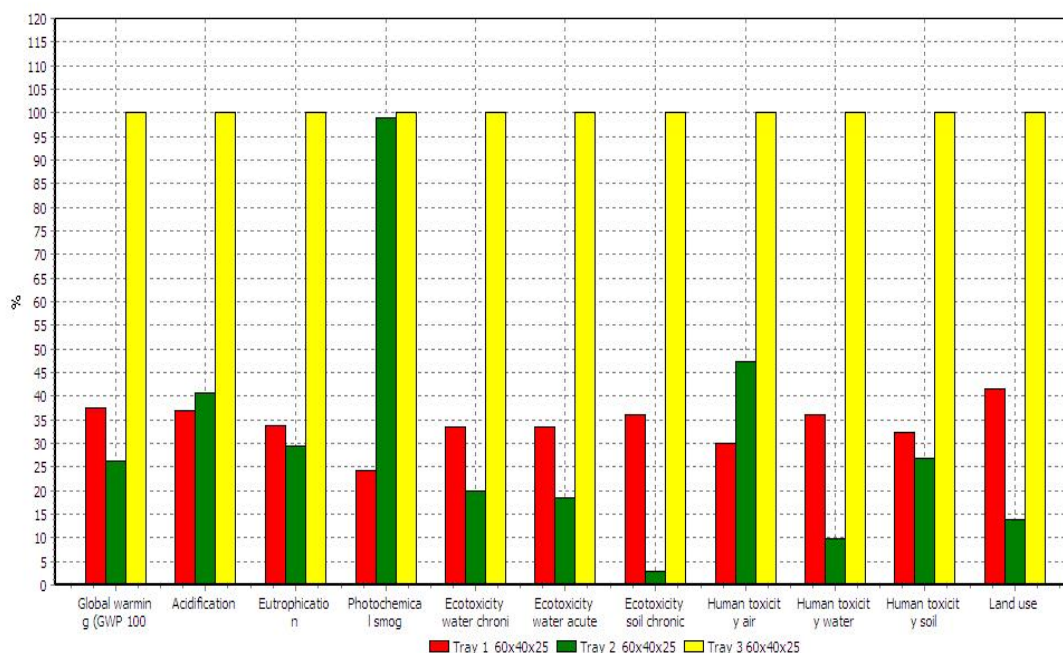


Διάγραμμα 11 Επανεκτίμηση επιπτώσεων χαρτοκιβώτιου διαστάσεων 60-40-25

Επίσης, όπως παρατηρείται στο παραπάνω διάγραμμα (Διάγραμμα 11) εμφανής είναι η μείωση του ποσοστού επίδρασης της μεταφοράς με την χρήση του νέου φορτηγού μικτού βάρους 28 τόνων σε σχέση με το φορτηγό μικτού βάρους 16 τόνων. Η μείωση αυτή αφορά το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, εκτός της περίπτωσης της χρήσης γης, καθώς σε αυτή επιδρά μόνο η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Όλα τα ποσοστά συνεισφοράς της μεταφοράς παρατηρείται να μειώνονται κατά τουλάχιστον 2% έως και 9%.

8.4.2 Νέα σύγκριση περιβαλλοντικής απόδοσης κιβωτίων

Μετά την διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων με την χρήση φορτηγού 28 τόνων για κάθε είδος κιβωτίου μεταφοράς, πραγματοποιήθηκε νέα σύγκριση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κιβωτίων με βάση τις επιπτώσεις του Κύκλου Ζωής τους.



Διάγραμμα 12 Νέα σύγκριση εκτίμηση επιπτώσεων των κιβωτίων μεταφοράς διαστάσεων 60-40-25

Η διαδικασία σύγκρισης των επιπτώσεων των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς ύστερα από την αλλαγή του φορτηγού μεταφοράς παρουσιάζει ενδιαφέρον. Καθώς πραγματοποιούνται διαφοροποιήσεις όσον αφορά την κατηγοριοποίηση των κιβωτίων βάσει των περιβαλλοντικών αποδόσεών τους.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα (Διάγραμμα 12) την χειρότερη περιβαλλοντική απόδοση παρουσιάζει το χαρτοκιβώτιο μεταφοράς. Ενώ, την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση εμφανίζει το 2^ο είδος οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της προηγούμενης διαδικασίας εκτίμησης των επιπτώσεων που αφορούσε τη χρήση φορτηγού μεταφοράς 16 τόνων και την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση παρουσίαζε το 1^ο οικολογικό κιβώτιο. Συγκεκριμένα, τα ποσοστά επίδρασης του 1^{ου} οικολογικού κιβωτίου στο σύνολο των επιπτώσεων είναι μεγαλύτερα από εκείνα του 2^{ου} , εκτός από την

περίπτωση της δημιουργίας όξινου περιβάλλοντος, του φωτοχημικού νέφους και των τοξικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία μέσω αέρα.

Για τον λόγο αυτό αποδεικνύεται ότι η αλλαγή του φορτηγού μεταφοράς οδηγεί τόσο στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όσο και στην βελτίωση των αποδόσεων των κιβωτίων μεταφοράς. Όσον αφορά την αλλαγή της βέλτιστης περιβαλλοντικής απόδοσης την οποία πλέον κατέχει το 2^ο οικολογικά σχεδιασμένο κιβώτιο, οφείλεται στο γεγονός ότι η μεταφορά του κιβωτίου στο σύνολο του Κύκλου Ζωής του αποτελεί την κύρια πηγή των επιπτώσεων.

Συμπερασματικά, μέσω της επανεκτίμησης των επιπτώσεων αποδεικνύεται ότι η χρήση φορτηγού καλύτερων περιβαλλοντικών αποδόσεων βελτιώνει την περιβαλλοντική απόδοση των κιβωτίων και μειώνει ταυτόχρονα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την μεταφορά των κιβωτίων.

8.5 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη την διαδικασία Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς και το σύνολο των αποτελεσμάτων της εκτίμησης των επιπτώσεων των εκατό χρήσεων τους, αναμφισβήτητα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα κιβώτια που έχουν σχεδιαστεί με βάση τις αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού παρουσιάζουν σαφώς καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση έναντι των απλών κιβωτίων μεταφοράς.

Η διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων συνέβαλλε στον προσδιορισμό ενός συνόλου επιπτώσεων που αφορούν τόσο το περιβάλλον όσο και την ανθρώπινη υγεία ως αποτέλεσμα του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων μεταφοράς που εξετάζονται. Επίσης, μέσω της διαδικασίας εκτίμησης των επιπτώσεων εντοπίστηκαν οι δραστηριότητες του Κύκλου Ζωής των κιβωτίων που επιφέρουν την μεγαλύτερη ποσοστιαία επίδραση στο σύνολο των επιπτώσεων. Με αυτό τον τρόπο στη συνέχεια εξετάστηκε η δυνατότητα βελτίωσης των δραστηριοτήτων αυτών και προτάθηκε η αλλαγή του μέσου μεταφοράς των κιβωτίων.

Συγκεκριμένα, με βάση τα δεδομένα των εταιρειών κατασκευής των κιβωτίων η μεταφορά τους πραγματοποιείται με τη χρήση φορτηγών μικτού βάρους 14 ή 16 tn. Η εκτίμηση των επιπτώσεων με τη χρήση φορτηγού μικτού βάρους 16 tn οδήγησε στο συμπέρασμα ότι την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση κατέχει το 1^ο είδος οικολογικού κιβωτίου μεταφοράς.

Ωστόσο, εάν ληφθεί υπόψη η αλλαγή του μέσου μεταφοράς των κιβωτίων που προτάθηκε και αφορά την μεταφορά των κιβωτίων με φορτηγό μικτού βάρους 28 τόνων, την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση εμφανίζει το 2^ο οικολογικό κιβώτιο μεταφοράς.

Η αλλαγή της βέλτιστης απόδοσης οφείλεται στο γεγονός ότι την απόδοση του 2^{ου} οικολογικού κιβωτίου επηρεάζει περισσότερο το σύνολο των μεταφορών του Κύκλου Ζωής του, σε αντίθεση με το 1^ο που την απόδοση του επιβαρύνει η χρήση του κυματοειδούς χαρτιού που αποτελεί την χάρτινη βάση του κιβωτίου και η οποία πρέπει να αντικαθιστάται πριν από κάθε χρήση. Επομένως, δικαιολογημένα η αλλαγή του μέσου μεταφοράς βελτιώνει σε μεγαλύτερο βαθμό την απόδοση του

2^ο οικολογικού κιβωτίου. Παρ' όλα αυτά η πρόταση αλλαγής του μέσου μεταφοράς βελτιώνει τις αποδόσεις όλων των ειδών των κιβωτίων που εξετάζονται και μειώνει το σύνολο των επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής τους, πράγμα που αποδεικνύει ότι η διαδικασία Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής μπορεί να οδηγήσει σε ανεύρεση λύσεων για την βελτίωση της απόδοσης των προϊόντων.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κιβωτίων δεν αρκεί ο υπολογισμός των δεικτών της καταναλισκόμενης ενέργειας και των εκπομπών CO₂, οι οποίοι ουσιαστικά παρέχουν μια πρώτη εικόνα της απόδοσης των κιβωτίων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την διεξαγωγή μίας ολοκληρωμένης και σαφής εικόνας της περιβαλλοντικής απόδοσης αποτελεί η διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων που προκύπτουν ως αποτέλεσμα του Κύκλου Ζωής του, καθώς σε αυτήν συμπεριλαμβάνεται το σύνολο των δεικτών των ρύπων και των διαδικασιών που συνδέονται με τα στάδια του Κύκλου Ζωής που μελετώνται. Για τον λόγο αυτό η διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων αποτελεί και υποχρεωτικό στάδιο της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής των προϊόντων – υπηρεσιών.

9. Συμπεράσματα

Τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται ως ακολούθως:

Βιώσιμη Ανάπτυξη και Βιώσιμη Συσκευασία

Η Βιώσιμη Ανάπτυξη είναι βασισμένη στην τομή τριών αλληλοεξαρτώμενων εννοιών, την κοινωνική ανάπτυξη, την οικονομική ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος ούτως ώστε να εξασφαλιστεί ένα ισορροπημένο πρότυπο ανάπτυξης. Η διασφάλιση της ευημερίας των επόμενων γενεών αποτελεί τον σαφή στόχο της έννοιας της Βιώσιμης Ανάπτυξης, ωστόσο η διαδικασία επίτευξης του παραπάνω στόχου μπορεί να αποδειχθεί περίπλοκη.

Αντίστοιχα, δύσκολη και περίπλοκη διαδικασία αποτελεί η επίτευξη της παραγωγής βιώσιμων συσκευασιών. Η βιώσιμη συσκευασία στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τον Κύκλο Ζωής μίας συσκευασίας. Το σύνολο των βιομηχανιών παραγωγής συσκευασιών υποχρεούται να συμβαδίσει με το μοντέλο της Βιώσιμης Ανάπτυξης εισάγοντας νέες περιβαλλοντικά αποδοτικότερες συσκευασίες προϊόντων.

Παρ' όλα αυτά η έννοια της βιώσιμης συσκευασίας δεν αποτελεί μια στάσιμη κατάσταση καθώς είναι δυνατή η συνεχής βελτίωση των χαρακτηριστικών της με σκοπό την επίτευξη της μέγιστης περιβαλλοντικής απόδοσης της. Για τον λόγο αυτό καθοριστικής σημασία διαδραματίζει η χρήση τεχνικών περιβαλλοντικής διαχείρισης, όπως η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής.

Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής αποτελεί μία τεχνική προσδιορισμού των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με τον Κύκλο Ζωής ενός προϊόντος και μέσω της παρέχεται η δυνατότητα βελτίωσης της περιβαλλοντικής απόδοσης του προϊόντος. Συγκεκριμένα, μέσω της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής εντοπίζονται τα στάδια του Κύκλου Ζωής που επιβαρύνουν την απόδοση του προϊόντος, με σκοπό την εκτίμηση τρόπων βελτίωσης των σταδίων αυτών.

Οικολογικός Σχεδιασμός Βιώσιμη Συσκευασία

Η έννοια του Οικολογικού Σχεδιασμού είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το μοντέλο της Βιώσιμης Ανάπτυξης καθώς αποτελεί ένα σύνολο κατευθυντήριων γραμμών για την ανάπτυξη και τον σχεδιασμό βιώσιμων προϊόντων με σκοπό την επίτευξη της βέλτιστης περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας μέσω της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής που πραγματοποιήθηκε αναδείχθηκε η σημασία εφαρμογής των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η περιβαλλοντική απόδοση των εξεταζόμενων οικολογικά σχεδιασμένων κιβωτίων μεταφοράς παρουσιάζεται σαφώς καλύτερη από εκείνη του κιβωτίου μεταφοράς που δεν ικανοποιεί τις αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού.

Επιπλέον, μέσω των αποτελεσμάτων τονίστηκε η σημασία της πραγματοποίησης συνεχών εκτιμήσεων απόδοσης των συσκευασιών, καθώς όπως και στην περίπτωση των εξεταζόμενων κιβωτίων μεταφοράς προτάθηκε η αλλαγή του μέσου μεταφοράς τους, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με το στάδιο της μεταφοράς σε όλο τον Κύκλο Ζωής των κιβωτίων. Συγκεκριμένα, μέσω της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής που πραγματοποιήθηκε αποδείχθηκε ότι η μεταφορά των κιβωτίων αποτελεί ένα από τα στάδια που επιδρούν αρνητικά στην περιβαλλοντική απόδοση των κιβωτίων και με περαιτέρω έρευνα προτάθηκε η αλλαγή του μέσου μεταφοράς.

Επίσης, αποδεικνύεται ότι η διασφάλιση της μακροπρόθεσμης επιβίωσης του κλάδου της βιομηχανίας παραγωγής συσκευασιών εξαρτάται από την ανάπτυξη «βιώσιμων συσκευασιών». Η ανάπτυξη των «βιώσιμων συσκευασιών» εξαρτάται άμεσα από την εφαρμογή των αρχών του Οικολογικού Σχεδιασμού, η οποία οδηγεί αναντίρρητα στην δημιουργία προστιθέμενης αξίας τόσο για την επιχείρηση όσο και για το περιβάλλον.

Ακόμη, αξίζει να επισημανθεί ότι, εφόσον η πορεία μίας συσκευασίας που συμβαδίζει με την Βιώσιμη Ανάπτυξη δεν αποτελεί μια στάσιμη κατάσταση, θα πρέπει οι βιομηχανίες παραγωγής συσκευασιών να πραγματοποιούν περαιτέρω έρευνα, με σκοπό την απόκτηση περισσότερων γνώσεων.

Συγκεκριμένα προτείνεται:

- Συνεχής ενημέρωση για το σύνολο των περιβαλλοντικών κανονισμών και περιορισμών που αφορούν την συσκευασία.
- Σύγκριση και αξιολόγηση των κατευθυντήριων γραμμών και προσεγγίσεων που αφορούν την βιώσιμη συσκευασία που παρέχονται από κυβερνητικούς και μη οργανισμούς, με σκοπό την επιλογή των καταλληλότερων μεθόδων ανάπτυξης.
- Έρευνα αγοράς για την κατανόηση των αναγκών του καταναλωτικού κοινού και για την ανάπτυξη εναλλακτικών ιδεών που αφορούν τον σχεδιασμό της βιώσιμης συσκευασίας.

Τέλος, σε μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στην Ανάλυση του Κύκλου Ζωής των τριών ειδών κιβωτίων μεταφοράς, το στάδιο της ανακύκλωσης και της τελικής απόθεσης των κιβωτίων με σκοπό την δημιουργία μίας πιο ολοκληρωμένης σύγκρισης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ashby, M.F., *Materials and the environment : eco-informed material choice*. 2nd ed. 2013, Amsterdam ; Boston: Elsevier/Butterworth-Heinemann. x, 616 p.
2. Astropekakis, *An overview of packaging sustainability topics*, in *Rochester Institute*. 2008, College of Applied Science and Technology,.
3. Almeida , C.M.V.B., et al., *Emergy as a tool for Ecodesign: evaluating material selection for beverage packages in Brazil*. *Journal of Cleaner Production*, 2009. **18**.
4. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources., et al., *World conservation strategy : living resource conservation for sustainable development*. 1980, Gland, Switzerland: IUCN. vii, 55 p.
5. World Commission on Environment and Development., *Our common future*. Oxford paperbacks. 1987, Oxford ; New York: Oxford University Press. xv, 383 p.
6. J.C. Burgess, E.B.B., in *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. 2001, Elsevier. p. Pages 15329–15335.
7. E.E. *Ευρωπαϊκή Ένωση*. Available from: http://europa.eu/index_el.htm.
8. Ulrich, K.T. and S.D. Eppinger, *Product design and development*. 5th ed. 2012, New York: McGraw-Hill/Irwin. xvi, 415 p.
9. Lennart, Y.L., *Materials selection and design for development of sustainable products*. *Materials and Design* 2007. **28**: p. 466-479.
10. ΣΕΒ. *Συμβούλιο για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη*. Available from: <http://www.sevbcsd.org.gr/>.
11. Δεκλερής, *Το Δίκαιο της Βιωσίμου Ανάπτυξης*. 2000, Αθήνα: Σάκκουλα.
12. Bovea, M.D. and V. Perez-Belis, *A taxonomy of ecodesign tools for intergrating environmental requirements into the product design process*. *Journal of Cleaner Production*, 2011: p. 1-11.
13. Jeswiet, J. and M. Hauschild, *EcoDesing and future environmental impacts*. *Materials and Design*, 2005. **26**: p. 629-634.
14. McDonough, W. and M. Braungart, *Cradle to cradle : remaking the way we make things*. 1st ed. 2002, New York: North Point Press. 193 p.
15. Wimmer, W., R. Zust, and K.M. Lee, *EcoDesign Implementation: A Systematic Guidance on Intergrating Environmental Considarations into Product Develpment*. 2004: Springer.
16. Anastas, P.T. and J.B. Zimmerman, *Design through the 12 Principles of green engineering* *Environmetal Science and Technology*, 2003. **37**(23): p. 433A-441A.

17. Plouffe, S., et al., *Economic benefits tied too ecodesign*. Journal of Cleaner Production, 2010. **19**: p. 573-579.
18. Vezzetti, E., S. Moos, and S. Kretli, *A product lifecycle management methodology for supporting knowledge reuse in the consumer packaged goods domain*. Computer-Aided Design, 2011.
19. ΥΠΕΚΑ. *Εναλλακτική Διαχείριση Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων*. Available from: <http://anakyklosi.ypeka.gr/general/general.html>.
20. SPC. *The Sustainable Packaging Coalition*. Available from: <http://www.livingprinciples.org/the-sustainable-packaging-coalition/>.
21. Lewis, H., *Defining product stewardship and sustainability in the Australian packaging industry* Environmental Science and Policy, 2005. **8**: p. 45-55.
22. Luttrupp, C. and Lagerstedt, *EcoDesign and the Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into products development*. Journal of Cleaner Production, 2006. **14**: p. 1396-1408.
23. Μουστάκας, Ν.Γ., *Χρήση ήπιων υπολογιστικών τεχνικών για τη βέλτιστη επιλογή υλικών σε βιώσιμα προϊόντα συσκευασίας*, in *Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας*. 2011, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
24. Perriman, R.J., *A summary of SETAX guidelines for life cycle assessment*. Journal of Cleaner Production, 1993. **1**(3-4).
25. Guinee, J.B., H.A. Udo de Haes, and G. Huppes, *Quantitative life cycle assessment of products: 1:Goal definition and inventory*. Journal of Cleaner Production, 1993. **1**(1): p. 3-3.
26. Guinee, J.B., et al., *Quantitative life cycle assessment of products: 2.Classification, valuation and improvement analysis*. Journal of Cleaner Production, 1993. **1**(2): p. 81-91.
27. Τσουλφάς, Γ., *Θεωρητικές και Εφαρμοσμένες Προσεγγίσεις στην Περιβαλλοντική Ανάλυση Εφοδιαστικών Αλυσίδων*, in *Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας*. 2008, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
28. Jensen, A.A. and European Environment Agency., *Life cycle assessment (LCA) : a guide to approaches, experiences and information sources*. Environmental issues series. 1998, Copenhagen, Denmark

Luxembourg

Lanham, MD: European Environment Agency ;

Office for Official Publications of the European Communities ;

Bernan Associates distributor. 119.

29. Le Quèrè, C., et al., *Trends in the sources and sinks of carbon dioxide*. Nature Geoscience, 2009. **2**: p. 831-836.
30. UNEP. *United Nations Environment Programme*. Available from: www.unep.org.

31. GRANTA. *GRANTA Material Inspiration* Available from: <http://www.grantadesign.com/>.
32. PRè. *Pre-Consultant* Available from: <http://www.pre-sustainability.com/>.
33. Wenzel, H. and L. Alting. *Danish experience with the EDIP tool for environmental design of industrial products in Ecodesign'99: First International Symposium On Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing,1999*. 1999.