



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας

Πτυχιακή / Διπλωματική Εργασία

Μελέτη του Κύκλου Ζωής Καλλυντικού Προϊόντος: Από την Παραγωγή έως τη Διάθεση, με Έμφαση στη Διαχείριση Αποβλήτων και στις Πρακτικές Βελτίωσης

Θεοδωρίδη Δήμητρα

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Φραγκάκη Αργυρώ

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Μελέτη του Κύκλου Ζωής Καλλυντικού Προϊόντος: Από την
Παραγωγή έως τη Διάθεση, με Έμφαση στη Διαχείριση
Αποβλήτων και στις Πρακτικές Βελτίωσης

Θεοδωρίδη Δήμητρα

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων	Καθηγητής/Επιβλέπουσα	Συν-Επιβλέπων	Καθηγητής/Συν-Καθηγήτρια:
		Επιβλέπουσα	Καθηγήτρια:

Φραγκάκη Αργυρώ: Χημικός MSc, PhD, MBA, Μέλος Συνεργαζόμενου Εκπαιδευτικού Προσωπικού, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο	Γιάννη Μαρία: Χημικός Μηχανικός MSc, PhD in BA, Μέλος Συνεργαζόμενου Εκπαιδευτικού Προσωπικού, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
--	--

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν, με οποιονδήποτε τρόπο, στην ολοκλήρωση της προσπάθειας αυτής.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου και τη συνεπιβλέπουσα για την πολύτιμη καθοδήγηση, τις εύστοχες παρατηρήσεις και την επιστημονική τους υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην εταιρεία στην οποία εργάζομαι για τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες και δεδομένα που αξιοποιήθηκαν στη μελέτη περίπτωσης, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου και ιδιαίτερα τη μητέρα μου για την αμέριστη αγάπη, την υπομονή και τη συνεχή ενθάρρυνση που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη εκφράζω στον σύζυγό μου για την αμέριστη συμπαράσταση, την κατανόηση και την υποστήριξή του, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας. Η βοήθειά του υπήρξε πολύτιμη σε μία ιδιαίτερα απαιτητική περίοδο της ζωής μας.

Τέλος, η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στους δύο γιους μου, οι οποίοι αποτέλεσαν τη μεγαλύτερη πηγή δύναμης, έμπνευσης και αισιοδοξίας για την ολοκλήρωση αυτού του ταξιδιού.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τον κύκλο ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος και συγκεκριμένα ενός προϊόντος προϊόντος για το σωμά και πιο συγκεκριμένα ενός γαλακτώματος, με έμφαση στη διαχείριση αποβλήτων και στις δυνατότητες βελτίωσης της περιβαλλοντικής του επίδοσης. Η μελέτη βασίζεται στις αρχές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), η οποία αποτελεί ένα ευρέως αναγνωρισμένο εργαλείο για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προϊόντων και διεργασιών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τα καλλυντικά προϊόντα, την Ανάλυση Κύκλου Ζωής, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανίας καλλυντικών, τη διαχείριση αποβλήτων και τις σύγχρονες βιώσιμες πρακτικές. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε μελέτη περίπτωσης σε προϊόν γαλάκτωμα σώματος (body milk) που παράγεται από εταιρεία παραγωγής καλλυντικών, με στόχο την καταγραφή των σταδίων παραγωγής, των χρησιμοποιούμενων πόρων και των παραγόμενων αποβλήτων.

Η ανάλυση επικεντρώθηκε στα στάδια παραγωγής, συσκευασίας και καθαρισμού του εξοπλισμού, καθώς και στην αξιολόγηση των εισροών και εκροών της παραγωγικής διαδικασίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σχετίζονται με την κατανάλωση νερού κατά τις διαδικασίες καθαρισμού, με τις απώλειες προϊόντος κατά την παραγωγή και με τη χρήση υλικών συσκευασίας. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε ενδεικτική εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος της πρωτογενούς συσκευασίας, αναδεικνύοντας τη συμβολή των πλαστικών υλικών στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα του προϊόντος.

Η μελέτη ανέδειξε επίσης τη σημασία της εφαρμογής συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης και διασφάλισης ποιότητας. Η ύπαρξη πιστοποιήσεων ISO 14001, EMAS και ISO 22716, σε συνδυασμό με τη λειτουργία βιολογικού καθαρισμού, την ανακύκλωση υλικών και την εφαρμογή διαδικασιών ελέγχου ποιότητας, συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στη βελτίωση της βιωσιμότητας της παραγωγικής διαδικασίας.

Τέλος, διατυπώνονται προτάσεις βελτίωσης που αφορούν τη μείωση των αποβλήτων, τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης νερού και ενέργειας, καθώς και τη χρήση πιο βιώσιμων λύσεων συσκευασίας. Τα αποτελέσματα της εργασίας αναδεικνύουν τη χρησιμότητα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής ως εργαλείου υποστήριξης της λήψης αποφάσεων για την ανάπτυξη πιο βιώσιμων καλλυντικών προϊόντων και παραγωγικών πρακτικών.

Λέξεις – Κλειδιά

Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA)

Καλλυντικά προϊόντα

Γαλάκτωμα σώματος (Body milk)

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Διαχείριση αποβλήτων

Βιωσιμότητα

Διασφάλιση ποιότητας

«Study of the Life Cycle of a Cosmetic Product: From Production to Disposal, with an Emphasis on Waste Management and Improvement Practices»

«Theodoridi

Dimitra»

Abstract

This thesis examines the life cycle of a cosmetic product, and specifically a body milk product, with an emphasis on waste management and the potential for improving its environmental performance. The study is based on the principles of Life Cycle Assessment (LCA), which is a widely recognized tool for assessing the environmental impacts of products and processes throughout their life cycle.

Initially, a literature review was conducted on cosmetic products, Life Cycle Assessment, the environmental impacts of the cosmetics industry, waste management and modern sustainable practices. Subsequently, a case study was applied to a body milk product produced by a cosmetics company, with the aim of recording the production stages, the resources used and the waste generated.

The analysis focused on the stages of production, packaging and cleaning of the equipment, as well as on the evaluation of the inputs and outputs of the production process. The results showed that the most significant environmental impacts are related to water consumption during cleaning processes, product losses during production and the use of packaging materials. At the same time, an indicative assessment of the carbon footprint of primary packaging was carried out, highlighting the contribution of plastic materials to the overall environmental footprint of the product.

The study also highlighted the importance of implementing environmental management and quality assurance systems. The existence of ISO 14001, EMAS and ISO 22716 certifications, combined with the operation of biological cleaning, material recycling and the implementation of quality control procedures, contribute significantly to reducing environmental impacts and improving the sustainability of the production process.

Finally, improvement proposals are formulated regarding the reduction of waste, the optimization of water and energy consumption, as well as the use of more sustainable packaging solutions. The results of the work highlight the usefulness of Life Cycle Analysis as a decision-making support tool for the development of more sustainable cosmetic products and production practices.

Keywords

Life Cycle Analysis (LCA)

Cosmetics

Body milk

Environmental impact

Waste management

Sustainability

Quality assurance

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	xii
Κατάλογος Πινάκων.....	xiii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xiv
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικό πλαίσιο και σημασία του θέματος	2
1.2 Σκοπός και στόχοι της εργασίας.....	2
Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
1.3 Ερευνητικά ζητούμενα	4
1.4 Δομή της εργασίας.....	5
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο και Βιβλιογραφική Επισκόπηση	7
2.1 Καλλυντικά προϊόντα και παραγωγική διαδικασία.....	7
2.1.1 Ορισμός καλλυντικού προϊόντος	7
2.1.1.1 Νομοθεσία και κανονισμοί.....	7
2.1.1.2 Διάκριση καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων.....	7
2.1.1.3 Παραδείγματα καλλυντικών προϊόντων.....	8
2.1.2 Κατηγορίες καλλυντικών προϊόντων.....	8
2.1.3 Παραγωγική διαδικασία καλλυντικών προϊόντων	10
2.1.3.1. Στάδια παραγωγής καλλυντικού προϊόντος.....	11
2.1.3.2. Μικροβιακή ασφάλεια & συντηρητικά	12
2.1.3.3. Παραγωγική διαδικασία και δημιουργία αποβλήτων.....	13
2.2 Κύκλος ζωής προϊόντος (Life Cycle Analysis).....	15
2.2.1 Έννοια και ορισμός του κύκλου ζωής προϊόντος.....	15
2.2.2 Μεθοδολογία ανάλυσης του κύκλου ζωής προϊόντος	16
2.2.3 Προσεγγίσεις και τύποι ανάλυσης του κύκλου ζωής	21
2.2.4 Πλεονεκτήματα ανάλυσης του κύκλου ζωής προϊόντος	24
2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις καλλυντικών προϊόντων.....	27
2.3.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή πρώτων υλών.....	27

2.3.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη διαδικασία παραγωγής	29
2.3.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη συσκευασία.....	30
2.3.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη διανομή.....	34
2.3.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση και το τέλος ζωής των καλλυντικών προϊόντων.....	37
2.4 Διαχείριση αποβλήτων στον κλάδο των καλλυντικών.....	40
2.5 Βιώσιμες πρακτικές και πρακτικές βελτίωσης.....	44
3. Μεθοδολογία.....	50
3.1 Ερευνητική προσέγγιση.....	50
3.2 Περιγραφή της μελέτης περίπτωση	51
3.3 Ορισμός Στόχου και Ορίων Συστήματος.....	53
3.3.1 Στόχος της μελέτης.....	53
3.3.2 Λειτουργική μονάδα (Functional Unit).....	53
3.3.3 Όρια συστήματος	54
3.4 Συλλογή Δεδομένων	55
3.5 Περιορισμοί της μελέτης	56
4. Ανάλυση Κύκλου Ζωής Καλλυντικού Προϊόντος – Μελέτη Περίπτωσης.....	59
4.1 Περιγραφή του προϊόντος και των βασικών χαρακτηριστικών του	59
4.2 Σύνθεση του γαλακτώματος (body milk).....	60
4.3 Παραγωγική διαδικασία και εξοπλισμός.....	61
4.3.1 Προετοιμασία πρώτων υλών.....	61
4.3.2 Παρασκευή/ ανάμιξη προϊόντος.....	62
4.3.3 Πλήρωση και συσκευασία.....	63
4.3.4 Καθαρισμός εξοπλισμού και εγκαταστάσεων	64
4.4 Ανάλυση αποβλήτων ανά στάδιο κύκλου ζωής	66
4.4.1 Απόβλητα παραγωγής	67
4.4.2 Απόβλητα συσκευασίας.....	68
4.4.3 Υγρά απόβλητα καθαρισμού	68
4.5 Ενδεικτική εκτίμηση ανθρακικού αποτυπώματος συσκευασίας.....	71
5. Συζήτηση και Πρακτικές Βελτίωσης	75
5.1 Σύγκριση ευρημάτων με τη βιβλιογραφία.....	75
5.1.1 Κύκλος ζωής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις	75

5.1.2 Διαχείριση αποβλήτων και κατανάλωση πόρων	75
5.1.3 Βιώσιμες πρακτικές και περιβαλλοντική διαχείριση	76
5.2 Προτεινόμενες πρακτικές βελτίωσης	77
5.2.1 Μείωση αποβλήτων παραγωγής.....	77
5.2.2 Βελτιστοποίηση διαδικασιών καθαρισμού	78
5.2.3 Βελτίωση συσκευασίας.....	78
5.2.4 Υφιστάμενες περιβαλλοντικές πρακτικές της εταιρείας	79
5.3 Επιπτώσεις στη Διασφάλιση Ποιότητας (QA)	80
5.3.1 Σύνδεση αποβλήτων, αποκλίσεων και ποιότητας.	81
5.3.2 Ρόλος του καθαρισμού εξοπλισμού και των διαδικασιών QA	81
5.3.3 Μείωση απορρίψεων και ενίσχυση αποδοτικότητας.....	82
5.3.4 Ολοκληρωμένη προσέγγιση QA και περιβαλλοντικής διαχείρισης.....	83
6. Συμπεράσματα	84
6.1 Κύρια συμπεράσματα	84
6.2 Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα	84
Βιβλιογραφία.....	86

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2.1: Κυκλική οικονομία, βιομηχανικό σύστημα και αναγεννητικός σχεδιασμός	47
Εικόνα 4.1: Κατανομή αποβλήτων ανά στάδιο παραγωγής	70
Σχήμα 2.1: Στάδια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.....	21
Σχήμα 2.2: Πιθανός κύκλος αξιοποίησης αποβλήτων τροφίμων για την παραγωγήκαλλυντικών πρώτων υλών	42
Σχήμα 2.3: Μοντέλο Βιώσιμου Κύκλου Ζωής Καλλυντικών.....	43
Σχήμα 4.1: Κύκλος ζωής γαλακτώματος (body milk)	60
Σχήμα 4.2 Παραγωγική διαδικασία γαλακτώματος (body milk).....	65

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Στάδια παραγωγής καλλυντικών προϊόντων και είδη αποβλήτων	15
Πίνακας 2.2.: Βιώσιμες πρακτικές και αναμενόμενα περιβαλλοντικά οφέλη στον κλάδο των καλλυντικών	48
Πίνακας 4.1.: Εισροές και εκροές παραγωγικής διαδικασίας	67
Πίνακας 4.2.: Παραγόμενα απόβλητα ανά στάδιο	69
Πίνακας 4.3...: Εκτίμηση ανθρακικού αποτυπώματος συσκευασίας.....	73

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

Συντομογραφία	Αγγλικός Όρος	Ελληνική Απόδοση
LCA	Life Cycle Assessment	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
CO ₂ e	Carbon Dioxide Equivalent	Ισοδύναμο Διοξειδίου του Άνθρακα
QA	Quality Assurance	Διασφάλιση Ποιότητας
GMP	Good Manufacturing Practices	Ορθές Πρακτικές Παραγωγής
SOP	Standard Operating Procedure	Τυποποιημένη Διαδικασία Λειτουργίας
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme	Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου
ISO	International Organization for Standardization	Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης
HDPE	High Density Polyethylene	Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας
PP	Polypropylene	Πολυπροπυλένιο
pH	Potential of Hydrogen	Δείκτης Οξύτητας / Αλκαλικότητας

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικό πλαίσιο και σημασία του θέματος

Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις της σύγχρονης βιομηχανίας, καθώς οι επιχειρήσεις καλούνται να συνδυάσουν την οικονομική ανάπτυξη με την προστασία του περιβάλλοντος και την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων. Στο πλαίσιο αυτό, η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία. Ο κλάδος των καλλυντικών, λόγω της αυξημένης κατανάλωσης πρώτων υλών, ενέργειας και συσκευασιών, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα βιομηχανικού τομέα όπου η εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η βιομηχανία καλλυντικών αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους και ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους της παγκόσμιας οικονομίας, καθώς τα προϊόντα προσωπικής φροντίδας και ομορφιάς αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής ζωής εκατομμυρίων καταναλωτών. Η συνεχής αύξηση της ζήτησης για καλλυντικά προϊόντα, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και τη διεύρυνση της γκάμας των διαθέσιμων προϊόντων, έχει συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη του κλάδου. Ωστόσο, η παραγωγή και κατανάλωση καλλυντικών συνδέονται με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αφορούν την κατανάλωση φυσικών πόρων, τη χρήση ενέργειας, την παραγωγή αποβλήτων και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Sayeed & Goyal, 2025).

Τα τελευταία χρόνια, η αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των καταναλωτών, οι αυστηρότερες περιβαλλοντικές απαιτήσεις και η ανάγκη υιοθέτησης βιώσιμων προτύπων παραγωγής έχουν οδηγήσει τις επιχειρήσεις καλλυντικών στην αναζήτηση νέων στρατηγικών για τη μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος. Παράλληλα, η έννοια της βιωσιμότητας έχει αποκτήσει κεντρικό ρόλο στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη προϊόντων, καθώς οι καταναλωτές στρέφονται ολοένα και περισσότερο προς προϊόντα που χαρακτηρίζονται από διαφάνεια, περιβαλλοντική υπευθυνότητα και ασφαλή συστατικά. Στο πλαίσιο αυτό, η εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας και

της αποδοτικής διαχείρισης πόρων θεωρείται απαραίτητη για τη μετάβαση προς περισσότερο βιώσιμα μοντέλα παραγωγής και κατανάλωσης (Corona B., Shen L., Reike D., Rosales Carreón J., Worrell E., 2019). Για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τα προϊόντα και τις παραγωγικές διαδικασίες, ιδιαίτερη σημασία έχει η χρήση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA). Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής αποτελεί ένα διεθνώς αναγνωρισμένο εργαλείο περιβαλλοντικής αξιολόγησης, το οποίο επιτρέπει την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του, από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι την τελική διάθεση των αποβλήτων. Μέσω της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι δυνατός ο εντοπισμός των σταδίων που προκαλούν τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις και η ανάπτυξη κατάλληλων στρατηγικών βελτίωσης (Siwiec D., Gajdzik B., Pacana A., Wolniak R., 2025).

Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στον κλάδο των καλλυντικών παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς τα προϊόντα αυτά χαρακτηρίζονται από σύνθετες εφοδιαστικές αλυσίδες, μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών και σημαντική χρήση συσκευασιών. Επιπλέον, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν περιορίζονται μόνο στο στάδιο της παραγωγής, αλλά εκτείνονται στη μεταφορά, στη χρήση των προϊόντων από τους καταναλωτές και στη διαχείριση των αποβλήτων που παράγονται μετά το τέλος ζωής τους. Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση του κύκλου ζωής των καλλυντικών προϊόντων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών και τη βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης των επιχειρήσεων του κλάδου (Krzyżostan, M., Wawrzyńczak, A., Nowak, I., 2024).

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος, καθώς και η αξιολόγηση πρακτικών που μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού του αποτυπώματος. Η εργασία εστιάζει στην εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής ως εργαλείου περιβαλλοντικής αξιολόγησης και εξετάζει τις επιπτώσεις που προκύπτουν από τα στάδια της παραγωγής, της συσκευασίας, της μεταφοράς, της χρήσης και της διαχείρισης των αποβλήτων. Παράλληλα, διερευνώνται σύγχρονες πρακτικές βιωσιμότητας, όπως η κυκλική

οικονομία, ο οικολογικός σχεδιασμός, η βιώσιμη συσκευασία και η αξιοποίηση αποβλήτων και υποπροϊόντων.

Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω ζητημάτων επιλέγεται ως μελέτη περίπτωσης ένα γαλάκτωμα σώματος, το οποίο αποτελεί μία ευρέως χρησιμοποιούμενη κατηγορία καλλυντικών προσωπικής φροντίδας. Η επιλογή του συγκεκριμένου προϊόντος επιτρέπει την ανάλυση των διαφορετικών σταδίων του κύκλου ζωής ενός τυπικού καλλυντικού προϊόντος και την αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν σε κάθε στάδιο. Παράλληλα, παρέχει τη δυνατότητα διατύπωσης προτάσεων βελτίωσης που μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του προϊόντος και στην ενίσχυση της βιωσιμότητας της βιομηχανίας καλλυντικών. Η σημασία της παρούσας εργασίας έγκειται στην ανάδειξη της ανάγκης για περισσότερο βιώσιμες πρακτικές στον κλάδο των καλλυντικών και στην αξιοποίηση εργαλείων περιβαλλοντικής αξιολόγησης για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων. Η κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά μήκος του κύκλου ζωής των καλλυντικών προϊόντων μπορεί να συμβάλει τόσο στη βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης των επιχειρήσεων όσο και στην προώθηση πιο υπεύθυνων προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης, συμβάλλοντας στην επίτευξη των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης.

1.2 Σκοπός και στόχοι της εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος, μέσω της εφαρμογής των αρχών της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA). Η εργασία εστιάζει στη μελέτη ενός προϊόντος σώματος (body milk), εξετάζοντας τα επιμέρους στάδια του κύκλου ζωής του και αναδεικνύοντας τις σημαντικότερες πηγές περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Παράλληλα, επιδιώκεται η διερεύνηση βιώσιμων πρακτικών και στρατηγικών βελτίωσης που μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των καλλυντικών προϊόντων.

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, τίθενται οι ακόλουθοι επιμέρους στόχοι:

- Η καταγραφή και ανάλυση των βασικών σταδίων του κύκλου ζωής των καλλυντικών προϊόντων.
- Η διερεύνηση των κυριότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν κατά την παραγωγή, τη συσκευασία, τη μεταφορά, τη χρήση και τη διάθεση των καλλυντικών προϊόντων.
- Η μελέτη των αποβλήτων που παράγονται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής και των πρακτικών διαχείρισής τους.
- Η αξιολόγηση της συμβολής της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην αναγνώριση των σταδίων με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση.
- Η εξέταση βιώσιμων πρακτικών, όπως η κυκλική οικονομία, η βιώσιμη συσκευασία και η αξιοποίηση αποβλήτων και υποπροϊόντων.
- Η εφαρμογή των παραπάνω εννοιών σε μία μελέτη περίπτωσης προϊόντος σώματος σε μορφή γαλακτώματος.
- Η διατύπωση προτάσεων βελτίωσης με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την ενίσχυση της βιωσιμότητας στον κλάδο των καλλυντικών.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων αναμένεται να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των περιβαλλοντικών προκλήσεων που αντιμετωπίζει η βιομηχανία καλλυντικών, καθώς και στην ανάδειξη πρακτικών που μπορούν να υποστηρίξουν τη μετάβαση προς πιο βιώσιμα μοντέλα παραγωγής και κατανάλωσης.

1.3 Ερευνητικά ζητούμενα

Η παρούσα εργασία επιδιώκει να διερευνήσει τα βασικά περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής των καλλυντικών προϊόντων και ειδικότερα σε ένα γαλακτώμα σώματος. Στο πλαίσιο αυτό, η έρευνα επικεντρώνεται στην απάντηση των ακόλουθων ερευνητικών ζητημάτων:

- Ποια είναι τα βασικά στάδια του κύκλου ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος και ποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις συνδέονται με αυτά;
- Ποια στάδια του κύκλου ζωής παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση;

- Ποια είδη αποβλήτων παράγονται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος;
- Πώς μπορεί η Ανάλυση Κύκλου Ζωής να συμβάλει στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων;
- Ποιες βιώσιμες πρακτικές μπορούν να εφαρμοστούν για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των καλλυντικών προϊόντων;
- Πώς οι αρχές της κυκλικής οικονομίας μπορούν να ενσωματωθούν στη βιομηχανία καλλυντικών;

Η απάντηση στα παραπάνω ερευνητικά ζητήματα αναμένεται να συμβάλει στην κατανόηση των περιβαλλοντικών προκλήσεων του κλάδου και στην ανάδειξη πρακτικών βελτίωσης που μπορούν να υποστηρίξουν τη βιώσιμη ανάπτυξή του.

1.4 Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια, τα οποία αναπτύσσονται με τρόπο ώστε να παρουσιάζεται σταδιακά το θεωρητικό υπόβαθρο, η μεθοδολογία, η μελέτη περίπτωσης και τα τελικά συμπεράσματα της έρευνας.

- Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται η εισαγωγή της εργασίας, όπου περιγράφεται το αντικείμενο και η σημασία της έρευνας, διατυπώνονται ο σκοπός και οι στόχοι της εργασίας, αναφέρονται τα ερευνητικά ζητούμενα και παρουσιάζεται η δομή της διπλωματικής.
- Στο Κεφάλαιο 2 πραγματοποιείται η βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αρχικά παρουσιάζονται βασικά στοιχεία σχετικά με τα καλλυντικά προϊόντα και τον κύκλο ζωής τους, ενώ στη συνέχεια αναλύεται η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA). Επιπλέον, εξετάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής των καλλυντικών προϊόντων, οι πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων και οι σύγχρονες βιώσιμες πρακτικές που εφαρμόζονται στον κλάδο.
- Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η μεθοδολογία της έρευνας. Περιγράφεται η ερευνητική προσέγγιση που ακολουθείται, η μελέτη περίπτωσης που επιλέγεται, ο ορισμός του στόχου και των ορίων του συστήματος, η

διαδικασία συλλογής των απαιτούμενων δεδομένων, καθώς και οι βασικοί περιορισμοί της μελέτης.

- Στο Κεφάλαιο 4 αναπτύσσεται η μελέτη περίπτωσης που αφορά ένα γαλάκτωμα σώματος. Παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά και η σύνθεσή του, η παραγωγική διαδικασία και ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός, ενώ παράλληλα εξετάζονται τα απόβλητα που παράγονται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος. Επιπλέον, πραγματοποιείται ενδεικτική εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος της συσκευασίας.
- Στο Κεφάλαιο 5 πραγματοποιείται η συζήτηση των αποτελεσμάτων και η σύγκρισή τους με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Παράλληλα, προτείνονται πρακτικές βελτίωσης με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος και εξετάζονται οι πιθανές επιπτώσεις των προτεινόμενων παρεμβάσεων στη διασφάλιση ποιότητας.
- Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας, συνοψίζονται τα κύρια ευρήματα της έρευνας και αναλύονται οι περιορισμοί της μελέτης. Παράλληλα, διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα και περαιτέρω διερεύνηση του αντικειμένου.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο και Βιβλιογραφική Επισκόπηση

2.1 Καλλυντικά προϊόντα και παραγωγική διαδικασία

2.1.1. Ορισμός καλλυντικού προϊόντος

2.1.1.1. Νομοθεσία και κανονισμοί

Ως «καλλυντικό προϊόν νοείται κάθε ουσία ή μείγμα που προορίζεται να έλθει σε επαφή με εξωτερικά μέρη του ανθρώπινου σώματος (επιδερμίδα, τριχωτά μέρη του σώματος και της κεφαλής, νύχια, χείλη και εξωτερικά γεννητικά όργανα) ή με τα δόντια και τους βλεννογόνους της στοματικής κοιλότητας, με αποκλειστικό ή κύριο σκοπό τον καθαρισμό τους, τον αρωματισμό τους, τη μεταβολή της εμφάνισής τους, την προστασία τους, τη διατήρησή τους σε καλή κατάσταση ή τη διόρθωση των σωματικών οσμών (Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1223/2009). Ο παραπάνω ορισμός αποτελεί τη νομική βάση για τον χαρακτηρισμό ενός προϊόντος ως καλλυντικού εντός ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και, κατ' επέκταση, εντός της ελληνικής αγοράς. (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, 2009). Πέραν του νομοθετικού πλαισίου, η βιομηχανία καλλυντικών προϊόντων βασίζεται στην εφαρμογή του προτύπου ISO 22716, το οποίο καθορίζει τις Ορθές Πρακτικές Παραγωγής (Good Manufacturing Practices – GMP) για τα καλλυντικά και παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για την ορθή παραγωγή, τον έλεγχο, την αποθήκευση και τη διακίνηση τους, με στόχο τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας τους (ISO, 2007).

2.1.1.2. Διάκριση καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων

Η διάκριση μεταξύ καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων βασίζεται κυρίως στον σκοπό χρήσης και στον τρόπο δράσης τους. Σύμφωνα με την Οδηγία 2001/83/ΕΚ, φαρμακευτικό προϊόν θεωρείται κάθε ουσία ή συνδυασμός ουσιών που παρουσιάζεται ως έχουσα ιδιότητες πρόληψης ή θεραπείας ανθρώπινων ασθενειών ή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση, διόρθωση ή τροποποίηση φυσιολογικών λειτουργιών μέσω φαρμακολογικής, ανοσολογικής ή μεταβολικής δράσης (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, 2001). Αντιθέτως, τα καλλυντικά προϊόντα προορίζονται αποκλειστικά για εξωτερική χρήση και δεν επιτρέπεται να φέρουν θεραπευτικούς ή ιατρικούς ισχυρισμούς. Η δράση τους περιορίζεται στην

επιφάνεια του δέρματος και σχετίζεται με τον καθαρισμό, την περιποίηση, την προστασία και τη βελτίωση της εμφάνισης, χωρίς να επηρεάζει ουσιωδώς τις βιολογικές λειτουργίες του οργανισμού.

Σε κάθε περίπτωση είναι ιδιαίτερα σημαντική η κατηγοριοποίηση ενός προϊόντος, καθώς προϊόντα που αποδίδουν ισχυρισμούς πρόληψης ή θεραπείας παθολογικών καταστάσεων εμπίπτουν στο πεδίο των φαρμακευτικών προϊόντων και υπόκεινται σε αυστηρότερο επίπεδο ελέγχου (European Commission, n.d.; European Parliament & Council, 2009).

2.1.1.3. Παραδείγματα καλλυντικών προϊόντων

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 1223/2009 και τις σχετικές κατευθυντήριες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, στην κατηγορία των καλλυντικών προϊόντων περιλαμβάνονται, ενδεικτικά, προϊόντα περιποίησης προσώπου και σώματος, όπως ενυδατικές κρέμες, αντηλιακά προϊόντα, σαμπουάν και προϊόντα περιποίησης μαλλιών, αποσμητικά, αρώματα και προϊόντα μακιγιάζ. Επιπλέον, καλλυντικά θεωρούνται και τα προϊόντα στοματικής υγιεινής, όπως οι οδοντόκρεμες, υπό την προϋπόθεση ότι δεν αποδίδουν θεραπευτικούς ισχυρισμούς (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, 2009). Αντίθετα, προϊόντα όπως κορτικοστεροειδείς κρέμες, αντιβιοτικές αλοιφές ή σαμπουάν που προορίζονται για τη θεραπεία συγκεκριμένων δερματολογικών παθήσεων δεν εμπίπτουν στην κατηγορία των καλλυντικών, αλλά χαρακτηρίζονται ως φαρμακευτικά προϊόντα σύμφωνα με την Οδηγία 2001/83/EC και ρυθμίζονται από τη φαρμακευτική νομοθεσία (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, 2001).

2.1.2. Κατηγορίες καλλυντικών προϊόντων

Τα τελευταία χρόνια, η κατανάλωση προϊόντων κατά της γήρανσης και της περιποίησης του σώματος, ιδίως καλλυντικών, έχει αυξηθεί δραματικά. Αυτή η αύξηση οφείλεται στην αύξηση του προσδόκιμου ζωής και σε μια παγκόσμια κουλτούρα που επικεντρώνεται στη νεότητα. Οι ανησυχίες των καταναλωτών σχετικά με τη γήρανση του δέρματος είναι εμφανείς στην αυξανόμενη ζήτηση για προϊόντα και θεραπείες κατά της γήρανσης (Sánchez-Torres J. A., Arroyo-Cañada F.-J., Argila-Irurita A., Campo J., Casadiego-Alzate R., 2025). Σύμφωνα με διεθνείς

ταξινομήσεις στη βιβλιογραφία, τα καλλυντικά προϊόντα διαιρούνται σε βασικές κατηγορίες όπως προϊόντα περιποίησης δέρματος (skin care), μακιγιάζ, είδη προσωπικής υγιεινής (toiletries), αρώματα και ειδικά προϊόντα που απευθύνονται σε συγκεκριμένες ανάγκες δέρματος ανάλογα με τον σκοπό χρήσης, το μέρος εφαρμογής και τη μορφή του προϊόντος. Αυτή η ταξινόμηση χρησιμοποιείται τόσο στις επιστημονικές μελέτες όσο και στις πρακτικές τυποποίησης/κανονισμών προκειμένου να περιγραφούν οι διαφορετικές λειτουργίες και χρήσεις των καλλυντικών προϊόντων (Wang M., Nualnetr P., Phatarametravorakul S., 2025). Παράλληλα, η κατηγοριοποίηση αυτή είναι σημαντική, καθώς επηρεάζει τόσο την παραγωγική διαδικασία όσο και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος.

- Καλλυντικά περιποίησης δέρματος: Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται προϊόντα όπως κρέμες προσώπου και σώματος, λοσιόν, γαλακτώματα, οροί και καθαριστικά. Τα προϊόντα αυτά έχουν ως κύριο στόχο την ενυδάτωση, την προστασία και τη βελτίωση της κατάστασης του δέρματος. Χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και συχνά απαιτούν χρήση γαλακτωματοποιητών και συντηρητικών, στοιχεία που επηρεάζουν τόσο την παραγωγή όσο και τα παραγόμενα απόβλητα.
- Προϊόντα περιποίησης μαλλιών: Περιλαμβάνουν σαμπουάν, μαλακτικά, μάσκες μαλλιών και προϊόντα styling. Τα προϊόντα αυτά είναι συνήθως υδατικά διαλύματα με επιφανειοδραστικές ουσίες και παρουσιάζουν αυξημένη κατανάλωση νερού κατά την παραγωγή αλλά και κατά τη φάση χρήσης, γεγονός που έχει άμεση σχέση με την παραγωγή υγρών αποβλήτων.
- Καλλυντικά μακιγιάζ: Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται προϊόντα όπως μέικαπ, πούδρες, κραγιόν, μάσκαρα και σκιές. Τα καλλυντικά μακιγιάζ χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά, χρωστικές και κεριά, ενώ συχνά απαιτούν πιο σύνθετες μορφές συσκευασίας, γεγονός που αυξάνει το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα στο στάδιο της διάθεσης και της τελικής απόρριψης.
- Αρώματα και προϊόντα προσωπικής υγιεινής: Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα αρώματα, τα αποσμητικά και προϊόντα καθημερινής υγιεινής. Τα αρώματα χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε

αλκοόλη και αιθέρια έλαια, ενώ η συσκευασία τους (συχνά γυάλινη) επηρεάζει σημαντικά τον κύκλο ζωής και τη διαχείριση αποβλήτων.

- Ειδικές κατηγορίες καλλυντικών: Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται προϊόντα όπως αντηλιακά, προϊόντα για βρέφη και παιδικά καλλυντικά. Τα προϊόντα αυτά υπόκεινται σε αυξημένες απαιτήσεις ασφάλειας και ποιοτικού ελέγχου, γεγονός που επηρεάζει την παραγωγική διαδικασία και τις πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων (Barel A. O., Paye M., Maibach H. I., 2014).

2.1.3. Παραγωγική διαδικασία καλλυντικών προϊόντων

Η παραγωγική διαδικασία των καλλυντικών προϊόντων αποτελεί ένα από τα πλέον καθοριστικά στάδια του κύκλου ζωής τους, καθώς επηρεάζει άμεσα την ποιότητα, την ασφάλεια και τη λειτουργικότητα του τελικού προϊόντος, αλλά και το συνολικό περιβαλλοντικό του αποτύπωμα. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η μετατροπή των πρώτων υλών σε τελικό προϊόν μέσω μιας σειράς ελεγχόμενων διεργασιών, οι οποίες απαιτούν σημαντική κατανάλωση ενέργειας, νερού και βοηθητικών υλικών.

Σύμφωνα με τη σύγχρονη βιβλιογραφία, η φάση της παραγωγής συνδέεται άμεσα τόσο με τη δημιουργία αποβλήτων όσο και με την πιθανότητα εμφάνισης κινδύνων που σχετίζονται με τη μικροβιακή ασφάλεια και τη σταθερότητα των καλλυντικών προϊόντων, καθιστώντας αναγκαία την εφαρμογή ορθών βιομηχανικών πρακτικών (Martins & Marto, 2023). Ως εκ τούτου, η ανάλυση της παραγωγικής διαδικασίας αποτελεί βασικό στοιχείο για την κατανόηση των σημείων στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν πρακτικές βελτίωσης με στόχο τη βιωσιμότητα και την περιβαλλοντική υπευθυνότητα της βιομηχανίας καλλυντικών.

2.1.3.1. Στάδια παραγωγής καλλυντικού προϊόντος

Η παραγωγική διαδικασία των καλλυντικών προϊόντων περιλαμβάνει μια αλληλουχία διακριτών και συγχρόνως αλληλοεξαρτώμενων σταδίων, τα οποία ξεκινούν από τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του προϊόντος και καταλήγουν στη διάθεσή του στην αγορά. Κάθε στάδιο της διαδικασίας αυτής συμβάλλει καθοριστικά τόσο στη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας του τελικού προϊόντος όσο και στον συνολικό περιβαλλοντικό του αντίκτυπο, γεγονός που καθιστά απαραίτητη τη συστηματική ανάλυση και τον έλεγχο των επιμέρους διεργασιών. Το πρώτο στάδιο αφορά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του καλλυντικού προϊόντος, κατά το οποίο καθορίζονται η σύνθεση, η προβλεπόμενη χρήση, η μορφή και τα βασικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Στο στάδιο αυτό λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η επιλογή πρώτων υλών, η συμμόρφωση με το κανονιστικό πλαίσιο και οι απαιτήσεις ασφάλειας και ποιότητας, ενώ παράλληλα αρχίζουν να διαμορφώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα προκύψουν κατά τα επόμενα στάδια του κύκλου ζωής (Martins & Marto, 2023). Ακολουθεί η επιλογή, προμήθεια και παραλαβή των πρώτων υλών, οι οποίες περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, νερό, έλαια, γαλακτωματοποιητές, συντηρητικά και δραστικά συστατικά. Η ποιότητα των πρώτων υλών αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη σταθερότητα και την ασφάλεια του τελικού προϊόντος, ενώ η ορθή αποθήκευση και διαχείρισή τους είναι απαραίτητη για την αποφυγή αλλοιώσεων ή επιμολύνσεων. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται έλεγχοι συμμόρφωσης με τις προδιαγραφές, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα υλικά που εισέρχονται στην παραγωγή πληρούν τις απαιτήσεις ποιότητας και ασφάλειας. Επιπλέον, η επιλογή και η επεξεργασία των πρώτων υλών θα πρέπει να σέβεται την περιβαλλοντική τους ισορροπία, λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση ενέργειας και νερού, τις εκπομπές στον υδάτινο ορίζοντα και τον αέρα και τον σχηματισμό αποβλήτων, αλλά και να εξετάζει το ζήτημα των περιορισμένων πόρων (Vassallo N., Refalo P., 2024). Το επόμενο και ιδιαίτερα κρίσιμο στάδιο είναι η παραγωγή της καλλυντικής μάζας, η οποία περιλαμβάνει διεργασίες όπως η ανάμιξη, η ομογενοποίηση και, όπου απαιτείται, η γαλακτωματοποίηση των συστατικών. Οι διεργασίες αυτές πραγματοποιούνται υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, χρόνου και ανάδευσης, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή φυσικοχημική σταθερότητα του προϊόντος. Κατά τη φάση

αυτή, η σωστή εφαρμογή των διαδικασιών παραγωγής είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς τυχόν αποκλίσεις μπορούν να επηρεάσουν τη σύστασή, την υφή και τη λειτουργικότητα του καλλυντικού προϊόντος (Martins & Marto, 2023).

Κατά τη διάρκεια της παραγωγής της μάζας, ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στον ενδιάμεσο ποιοτικό έλεγχο, ο οποίος αποσκοπεί στη διασφάλιση ότι το προϊόν πληροί τις προκαθορισμένες προδιαγραφές πριν προχωρήσει στα επόμενα στάδια. Ο έλεγχος αυτός συμβάλλει τόσο στη μείωση των απορρίψεων όσο και στον περιορισμό της δημιουργίας αποβλήτων, στοιχείο που συνδέεται άμεσα με την εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών στη βιομηχανία καλλυντικών. τη συνέχεια, το προϊόν οδηγείται στο στάδιο της πλήρωσης, όπου η καλλυντική μάζα τοποθετείται στα τελικά δοχεία, και ακολουθεί η συσκευασία και επισήμανση. Όσον αφορά στη συσκευασία, η επιλογή της είναι καταλυτικής σημασίας. Ο κύριος ρόλος της συσκευασίας είναι να προστατεύει το προϊόν, καθώς και σε πολλά προϊόντα να εγγυάται τη σωστή εφαρμογή και λειτουργία του προϊόντος κατά τη χρήση. Τα στάδια αυτά αποτελούν τα τελευταία σημεία παρέμβασης πριν τη διάθεση του προϊόντος στην αγορά και επηρεάζουν τόσο την ποιότητα όσο και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του καλλυντικού, κυρίως λόγω της χρήσης υλικών συσκευασίας και της κατανάλωσης πόρων. Τέλος, πραγματοποιείται ο τελικός ποιοτικός έλεγχος, μετά τον οποίο το προϊόν αποθηκεύεται και διατίθεται στην αγορά. Η ορθή ολοκλήρωση των σταδίων αυτών διασφαλίζει ότι το καλλυντικό προϊόν πληροί τις απαιτήσεις ασφάλειας, ποιότητας και κανονιστικής συμμόρφωσης, ενώ παράλληλα περιορίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία (Vassallo N., Refalo P., 2024).

2.1.3.2 Μικροβιακή ασφάλεια & συντηρητικά

Η μικροβιακή ασφάλεια αποτελεί κρίσιμο ζήτημα κατά την παραγωγή και τη χρήση των καλλυντικών προϊόντων, ιδιαίτερα σε προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, πηγές μικροβιακής επιμόλυνσης μπορεί να αποτελέσουν οι πρώτες ύλες, το νερό, ο εξοπλισμός και το προσωπικό, με τα στάδια της ανάμιξης και της μεταφοράς της καλλυντικής μάζας να θεωρούνται ιδιαίτερα κρίσιμα. Για τον έλεγχο της μικροβιακής ανάπτυξης και τη διασφάλιση

της σταθερότητας του προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του, χρησιμοποιούνται συντηρητικά, των οποίων η επιλογή εξαρτάται από παράγοντες όπως η σύσταση, το pH και ο τρόπος χρήσης του καλλυντικού. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια καταγράφεται αυξημένο ενδιαφέρον για τη μείωση ή την αντικατάσταση παραδοσιακών συντηρητικών, μέσω εναλλακτικών προσεγγίσεων όπως η χρήση φυσικών εκχυλισμάτων και η βελτιστοποίηση των συνθηκών παραγωγής. Ωστόσο, η αποτελεσματική διαχείριση της μικροβιακής ασφάλειας δεν βασίζεται αποκλειστικά στη σύνθεση του προϊόντος, αλλά συνδέεται άμεσα με την εφαρμογή ορθών βιομηχανικών πρακτικών, όπως αυτές περιγράφονται στο πρότυπο ISO 22716, οι οποίες στοχεύουν στην πρόληψη της επιμόλυνσης και στη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των καλλυντικών προϊόντων (Halla et al., 2018).

2.1.3.3 Παραγωγική διαδικασία και δημιουργία αποβλήτων

Η παραγωγική διαδικασία των καλλυντικών προϊόντων αποτελεί ένα από τα βασικά στάδια του κύκλου ζωής τους που συνδέεται άμεσα με τη δημιουργία αποβλήτων και την κατανάλωση φυσικών πόρων. Σε κάθε φάση της παραγωγής, από την παραλαβή των πρώτων υλών έως την πλήρωση και τη συσκευασία του τελικού προϊόντος, προκύπτουν στερεά και υγρά απόβλητα, τα οποία συμβάλλουν στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα του καλλυντικού προϊόντος. Για τον λόγο αυτό, η βιβλιογραφία αναγνωρίζει το στάδιο της παραγωγής ως μία από τις πλέον περιβαλλοντικά «ενεργές» φάσεις του κύκλου ζωής, όπου μπορούν να εντοπιστούν κρίσιμα σημεία για την εφαρμογή πρακτικών βελτίωσης. Κατά τα αρχικά στάδια της παραγωγής, όπως ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του προϊόντος, ενδέχεται να προκύψουν απόβλητα από δοκιμαστικές παρτίδες και εργαστηριακές δοκιμές που δεν πληρούν τις τελικές προδιαγραφές. Στη συνέχεια, κατά την παραλαβή και την προετοιμασία των πρώτων υλών, δημιουργούνται απόβλητα από μη συμμορφούμενες πρώτες ύλες, υλικά συσκευασίας μεταφοράς και απώλειες κατά τη ζύγιση ή τη μεταφορά των υλικών. Τα απόβλητα αυτά, αν και συχνά θεωρούνται δευτερεύοντα, μπορούν να αποκτήσουν σημαντικό όγκο σε βιομηχανική κλίμακα, επηρεάζοντας τόσο το κόστος παραγωγής όσο και το περιβαλλοντικό ισοζύγιο της επιχείρησης (Martins & Marto, 2023). Το στάδιο της παραγωγής της καλλυντικής μάζας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες πηγές δημιουργίας αποβλήτων. Σε αυτή

τη φάση, τα απόβλητα προκύπτουν κυρίως από υπολείμματα προϊόντος στους αντιδραστήρες και στις γραμμές μεταφοράς, από απορρίψεις παρτίδων λόγω αποκλίσεων από τις προκαθορισμένες προδιαγραφές ποιότητας, καθώς και από τα υγρά απόβλητα που παράγονται κατά τον καθαρισμό και την απολύμανση του εξοπλισμού. Οι διαδικασίες καθαρισμού, αν και απαραίτητες για τη διασφάλιση της μικροβιακής ασφάλειας και της συμμόρφωσης με τις ορθές βιομηχανικές πρακτικές, συνδέονται με αυξημένη κατανάλωση νερού και τη χρήση χημικών καθαριστικών, γεγονός που εντείνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του σταδίου αυτού (Aassouli D., Syarif M. F., 2025).

Αντίστοιχα, στα στάδια της πλήρωσης και της συσκευασίας, προκύπτουν απόβλητα από ελαττωματικά δοχεία, απορρίψεις υλικών συσκευασίας, καθώς και υπολείμματα προϊόντος που παραμένουν στον εξοπλισμό πλήρωσης. Η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι ο σχεδιασμός της συσκευασίας και η αποδοτικότητα των γραμμών πλήρωσης επηρεάζουν άμεσα την ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων, τόσο κατά την παραγωγή όσο και στα επόμενα στάδια του κύκλου ζωής. Μελέτες στον τομέα της βιώσιμης συσκευασίας υπογραμμίζουν τη σημασία της βελτιστοποίησης των υλικών και των διαδικασιών, με στόχο τη μείωση απωλειών και τη βελτίωση της ανακυκλωσιμότητας. Η ανάλυση της δημιουργίας αποβλήτων στο στάδιο της παραγωγής αποκτά ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο της προσέγγισης του κύκλου ζωής, καθώς οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε αυτή τη φάση επηρεάζουν και τα επόμενα στάδια, όπως τη διανομή, τη χρήση και την τελική διάθεση του προϊόντος. Η εφαρμογή εργαλείων όπως η Εκτίμηση Κύκλου Ζωής (LCA) επιτρέπει την ποσοτική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τα παραγόμενα απόβλητα και την κατανάλωση πόρων, διευκολύνοντας τον εντοπισμό των σταδίων με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Με τον τρόπο αυτό, η παραγωγική διαδικασία μπορεί να αποτελέσει βασικό πεδίο παρέμβασης για τη μείωση των αποβλήτων και τη μετάβαση της βιομηχανίας καλλυντικών σε πιο βιώσιμα μοντέλα λειτουργίας (Cascavilla et al., 2026, Raut et al., 2026).

Πίνακας 2.1: Στάδια παραγωγής καλλυντικών προϊόντων και είδη αποβλήτων	
Στάδιο παραγωγής	Κύρια είδη αποβλήτων
Σχεδιασμός & ανάπτυξη	Απόρριψη δοκιμαστικών παρτίδων
Παραλαβή πρώτων υλών	Μη συμμορφούμενες πρώτες ύλες, υλικά συσκευασίας
Παραγωγή καλλυντικής μάζας	Υπολείμματα προϊόντος, απορρίψεις παρτίδων
Καθαρισμός εξοπλισμού	Υγρά απόβλητα, απορρυπαντικά
Πλήρωση	Υπολείμματα προϊόντος, ελαττωματικά δοχεία
Συσκευασία	Απόβλητα συσκευασίας, ετικέτες
Τελικός έλεγχος	Απορρίψεις μη συμμορφούμενων προϊόντων

Πηγή: Προσαρμογή από Martins & Marto (2023), Aassouli D., Syarif M. F (2025)

2.2 Κύκλος ζωής προϊόντος (Life Cycle Analysis)

2.2.1 Έννοια και ορισμός του κύκλου ζωής προϊόντος

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) αποτελεί ένα διεθνώς αναγνωρισμένο εργαλείο περιβαλλοντικής αξιολόγησης. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040 του International Organization for Standardization, η ΑΚΖ ορίζεται ως η συγκέντρωση και αξιολόγηση των εισροών, των εκροών και των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός συστήματος προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του (ISO, 2006). Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την ολιστική θεώρηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων, καθώς εξετάζει όλα τα στάδια ζωής ενός προϊόντος, από την απόκτηση των πρώτων υλών έως τη διαχείριση των αποβλήτων στο τέλος ζωής, αποφεύγοντας τη μετατόπιση των επιπτώσεων από ένα στάδιο σε άλλο. Η βιωσιμότητα αποτελεί μία από τις κυρίαρχες έννοιες της σύγχρονης επιστημονικής και βιομηχανικής δραστηριότητας, καθώς συνδέεται άμεσα με την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών προκλήσεων. Η αξιολόγηση των τριών αυτών διαστάσεων πραγματοποιείται μέσω εξειδικευμένων εργαλείων, όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), η Κοστολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Costing – LCC) και η Κοινωνική Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Social Life Cycle Assessment – SLCA), ενώ ο συνδυασμός τους οδηγεί στην Εκτίμηση Βιωσιμότητας Κύκλου Ζωής (Life Cycle Sustainability

Assessment – LCSA). Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής αποτελεί συστηματικό εργαλείο αξιολόγησης των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος, διαδικασίας ή υπηρεσίας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, από την απόκτηση των πρώτων υλών έως τη διαχείριση των αποβλήτων στο τέλος ζωής. Η μεθοδολογία της LCA εμφανίστηκε στη διεθνή βιβλιογραφία ήδη από τη δεκαετία του 1960 και εξελίχθηκε σε ένα διεθνώς αναγνωρισμένο εργαλείο περιβαλλοντικής αξιολόγησης (Sillero et al., 2021).

Η μεθοδολογία της AKZ έχει τυποποιηθεί μέσω των διεθνών προτύπων ISO 14040 και ISO 14044, τα οποία καθορίζουν τις αρχές, το πλαίσιο, τις απαιτήσεις και τις κατευθυντήριες οδηγίες εφαρμογής της (ISO 2006). Σύμφωνα με τα πρότυπα αυτά, η LCA αξιολογεί τις εισροές ενός συστήματος (πρώτες ύλες, ενέργεια, νερό, βοηθητικά υλικά) και τις εκροές του (εκπομπές, απόβλητα, παραγόμενα προϊόντα), με στόχο την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με όλα τα στάδια του κύκλου ζωής. Η σημασία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής έγκειται στη δυνατότητά της να παρέχει ολιστική εικόνα των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων, αποφεύγοντας τη μετατόπιση των επιπτώσεων από ένα στάδιο σε άλλο. Μέσω της συστηματικής καταγραφής και αξιολόγησης των δεδομένων εισροών και εκροών, η LCA συμβάλλει στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων, στη συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων και στον σχεδιασμό περισσότερο βιώσιμων προϊόντων και διεργασιών (Özen Daş et al., 2024).

2.2.2 Μεθοδολογία ανάλυσης του κύκλου ζωής προϊόντος

Η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ) έχει τυποποιηθεί μέσω των διεθνών προτύπων ISO 14040 και ISO 14044, τα οποία εκδόθηκαν από τον International Organization for Standardization. Τα πρότυπα αυτά καθορίζουν το πλαίσιο, τις αρχές, τις απαιτήσεις και τις κατευθυντήριες οδηγίες για την ορθή εφαρμογή της μεθοδολογίας.

Σύμφωνα με τα πρότυπα ISO, η Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ) πραγματοποιείται σε τέσσερα διακριτά και αλληλοσυνδεδεμένα στάδια:

α) τον	καθορισμό	στόχου	και	πεδίου	εφαρμογής,
β) την	ανάλυση	απογραφής	κύκλου	ζωής,	

γ) την αξιολόγηση επιπτώσεων κύκλου ζωής και
δ) την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

α) Καθορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής

Στο πρώτο στάδιο προσδιορίζεται ο σκοπός της μελέτης, καθώς και το πεδίο εφαρμογής της. Σε αυτό το στάδιο ορίζεται η λειτουργική μονάδα, η οποία αποτελεί το σημείο αναφοράς για την ποσοτική σύγκριση των αποτελεσμάτων, καθώς και τα όρια του συστήματος. Τα όρια του συστήματος καθορίζουν ποιες διεργασίες και ποια στάδια του κύκλου ζωής θα συμπεριληφθούν στην ανάλυση, όπως η απόκτηση πρώτων υλών, η παραγωγή, η μεταφορά, η χρήση, η ανακύκλωση και η διαχείριση αποβλήτων. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια της μελέτης ενδέχεται να χρειαστεί να επανέλθουμε και να επαναπροσδιορίσουμε τον στόχο και το πεδίο εφαρμογής όταν έχουν αποκτηθεί περισσότερες γνώσεις σχετικά με το σύστημα προϊόντων. Θέματα και πληροφορίες που δεν ήταν γνωστά ή δεν μπορούσαν να προβλεφθούν στην αρχή της εργασίας ενδέχεται να απαιτούν την αναδιατύπωση του στόχου. Για παράδειγμα, ο αρχικός στόχος που έχει τεθεί για τη μελέτη ενδέχεται να μην είναι δυνατός να εκπληρωθεί. Αυτό αντανακλά την επαναληπτική φύση της LCA.

Το πρότυπο ISO 14040 αναφέρει ότι ο στόχος της μελέτης πρέπει να ορίζει:

- Την προβλεπόμενη εφαρμογή και το λόγο διεξαγωγής της μελέτης
- Το κοινό στο οποίο απευθύνεται η μελέτη, δηλαδή στο οποίο πρόκειται να κοινοποιηθούν τα αποτελέσματα.
- Εάν το αποτέλεσμα προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε συγκριτικούς ισχυρισμούς που γνωστοποιούνται στο κοινό.

Ο στόχος ορίζεται μαζί με το σκοπό της μελέτης. Θα πρέπει να δοθεί σαφής περιγραφή των λόγων διεξαγωγής της μελέτης, καθώς και των προβλεπόμενων εφαρμογών της. Αυτή είναι η θεμελιώδης βάση για τον καθορισμό του πεδίου εφαρμογής της μελέτης.

Το πεδίο εφαρμογής πρέπει να περιγράφει τη λεπτομέρεια και το βάθος της μελέτης και να δείχνει ότι ο στόχος μπορεί να επιτευχθεί με την πραγματική έκταση

των περιορισμών. Κατά τον καθορισμό του αντικειμένου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και να περιγράφονται οι ακόλουθες πτυχές:

- Το σύστημα προϊόντων
- Οι λειτουργίες του συστήματος προϊόντων, η λειτουργική μονάδα και η ροή αναφοράς
- Τα όρια του συστήματος
- Οι διαδικασίες κατανομής
- Η μεθοδολογία εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι τύποι επιπτώσεων και η ερμηνεία που έχουν επιλεγεί να επιστρατευτούν
- Οι απαιτήσεις δεδομένων
- Οι υποθέσεις και οι περιορισμοί
- Οι απαιτήσεις ποιότητας δεδομένων
- Οι κριτικές αξιολογήσεις
- Ο τύπος και η μορφή της ερμηνείας που απαιτείται για τη μελέτη

β) Ανάλυση απογραφής κύκλου ζωής (Life Cycle Inventory – LCI)

Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει τη συλλογή και ποσοτικοποίηση των δεδομένων εισροών και εκροών εντός των ορίων του συστήματος. Κατά τη φάση συλλογής δεδομένων του κύκλου ζωής, πραγματοποιείται ποσοτική καταγραφή των απαιτήσεων σε ενέργεια και πρώτες ύλες, καθώς και των συνεπαγόμενων από τις διεργασίες ατμοσφαιρικών εκπομπών, υδατογενών εκπομπών, στερεών αποβλήτων και άλλων παραπροϊόντων για ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, διεργασίας ή δραστηριότητας. Η ποιότητα και η αξιοπιστία των δεδομένων στο στάδιο αυτό επηρεάζουν καθοριστικά την εγκυρότητα των τελικών αποτελεσμάτων.

Το απόθεμα δεδομένων κύκλου ζωής στο LCA περιλαμβάνει δύο κύρια μέρη (με βάση το ISO 14044):

- Συλλογή δεδομένων για κάθε μονάδα διεργασίας που περιλαμβάνεται στο σύστημα προϊόντος, που ορίζεται στη φάση του στόχου και του πεδίου εφαρμογής. Αυτό περιλαμβάνει επίσης την επικύρωση των συλλεγόμενων δεδομένων, για να διασφαλιστεί ότι πληρούνται οι απαιτήσεις ποιότητας των δεδομένων.

- Συνάθροιση στο αποτέλεσμα του αποθέματος, δηλαδή άθροιση της συνεισφοράς από κάθε συμπεριλαμβανόμενη διαδικασία μονάδας στο αποτέλεσμα για το σύστημα προϊόντος. Το αποτέλεσμα της απογραφής περιγράφει τις εισροές και τις εκροές για το σύστημα προϊόντων με όρους π.χ. πόρων και εκπομπών στον αέρα, το νερό και το έδαφος.

γ) Αξιολόγηση επιπτώσεων κύκλου ζωής (Life Cycle Impact Assessment – LCIA)

Στο τρίτο στάδιο τα δεδομένα της απογραφής μετατρέπονται σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις μέσω κατάλληλων μεθόδων αξιολόγησης. Οι επιπτώσεις μπορεί να αφορούν, μεταξύ άλλων, την κλιματική αλλαγή, την οξίνιση, τον ευτροφισμό, την εξάντληση φυσικών πόρων και την τοξικότητα. Σκοπός της αξιολόγησης επιπτώσεων είναι η καλύτερη κατανόηση της περιβαλλοντικής σημασίας των καταγεγραμμένων ροών.

Σύμφωνα με το ISO 14040, η εκτίμηση επιπτώσεων χωρίζεται σε υποχρεωτικά και προαιρετικά στοιχεία.

Υποχρεωτικά στοιχεία:

- Επιλογή κατηγοριών επιπτώσεων, δεικτών κατηγορίας και μοντέλων χαρακτηρισμού – Προσδιορισμός των τύπων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα συμπεριληφθούν και πώς θα πρέπει να ποσοτικοποιηθούν μέσω δεικτών κατηγορίας και μοντέλων χαρακτηρισμού.
- Ταξινόμηση – Αντιστοίχιση των αποτελεσμάτων απογραφής στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων, δηλαδή οι επιμέρους εισροές και εκροές στην απογραφή ταξινομούνται ανάλογα με τον τύπο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Χαρακτηρισμός – Υπολογισμός των αποτελεσμάτων δεικτών κατηγορίας, δηλαδή το αποτέλεσμα από το απόθεμα μετατρέπεται στο αποτέλεσμα για τους δείκτες της επιλεγμένης κατηγορίας.

Προαιρετικά στοιχεία:

- Κανονικοποίηση – Υπολογισμός του μεγέθους των αποτελεσμάτων του δείκτη κατηγορίας σε σχέση με τις πληροφορίες αναφοράς, π.χ. το αποτέλεσμα για ένα νέο προϊόν συγκρίνεται με το αποτέλεσμα για ένα

προϊόν αναφοράς ή με άλλες πληροφορίες αναφοράς, όπως παγκόσμιους μέσους όρους.

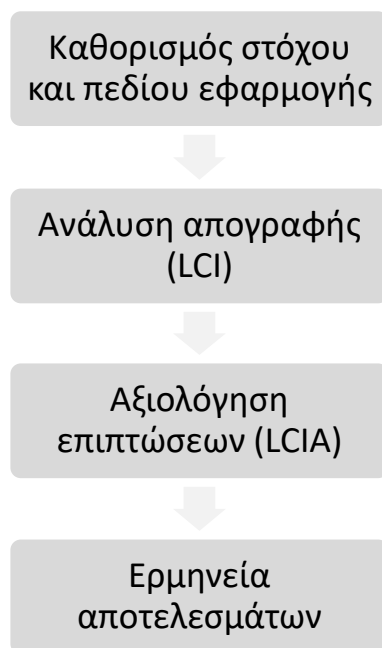
- Ομαδοποίηση – Οι κατηγορίες επιπτώσεων ταξινομούνται και ομαδοποιούνται σύμφωνα π.χ. γεωγραφική συνάφεια, εταιρικές προτεραιότητες ή κατάταξη κ.λπ. για τη διευκόλυνση της ερμηνείας των αποτελεσμάτων.
- Στάθμιση – Τα αποτελέσματα των δεικτών για διαφορετικές κατηγορίες επιπτώσεων μετατρέπονται σε μια κοινή μονάδα χρησιμοποιώντας παράγοντες που βασίζονται σε επιλογές αξίας, δηλαδή οι συνέπειες για τις διαφορετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ιεραρχούνται και σταθμίζονται μεταξύ τους.
- Ανάλυση ποιότητας δεδομένων – Αξιολόγηση της ποιότητας των αποτελεσμάτων από την εκτίμηση επιπτώσεων με τον εντοπισμό σημαντικών συντελεστών και σημαντικής αβεβαιότητας και ευαισθησίας.

δ) Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Το τελικό στάδιο της AKZ είναι η ερμηνεία, κατά την οποία τα αποτελέσματα της απογραφής και της αξιολόγησης επιπτώσεων αναλύονται, συνοψίζονται και αξιολογούνται σε συνάρτηση με τον αρχικά καθορισμένο στόχο της μελέτης. Στο στάδιο αυτό διατυπώνονται συμπεράσματα, εντοπίζονται κρίσιμα σημεία (hotspots) και διαμορφώνονται προτάσεις βελτίωσης ή υποστήριξης της λήψης αποφάσεων. Η διαφάνεια, η τεκμηρίωση των υποθέσεων και η ποιότητα των δεδομένων αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την αξιοπιστία της μελέτης.

Η ερμηνεία του κύκλου ζωής ενός LCA περιλαμβάνει τρία κύρια στοιχεία σύμφωνα με το ISO 14040:

- Προσδιορισμός των σημαντικών ζητημάτων με βάση τα αποτελέσματα των φάσεων LCI και LCIA της LCA.
- Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, συμπεριλαμβανομένων ελέγχων πληρότητας, ευαισθησίας και συνέπειας. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη τα αποτελέσματα από την ανάλυση αβεβαιότητας και την ανάλυση ποιότητας δεδομένων.
- Συμπεράσματα, περιορισμοί και συστάσεις.



Σχήμα 2.1: Στάδια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (προσαρμογή από ISO 14040, 2006)

2.2.3 Προσεγγίσεις και τύποι ανάλυσης του κύκλου ζωής

Η βιβλιογραφία σχετικά με τη μέτρηση της απόδοσης βιωσιμότητας της αλυσίδας εφοδιασμού (SSCPM) έχει εξελιχθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, αντανakλώντας την αυξανόμενη σημασία των οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών μέτρων απόδοσης, με τα μέτρα απόδοσης να είναι γνωστά ως η τριπλή ουσία της βιωσιμότητας. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα πλαίσια για τη μέτρηση της απόδοσης βιωσιμότητας στις αλυσίδες εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA) και των κατευθυντήριων γραμμών της Παγκόσμιας Πρωτοβουλίας Αναφοράς (GRI), που ενσωματώνουν πολλαπλούς δείκτες και μετρήσεις. Υπάρχουν επίσης τεχνικές Πολυκριτηριακής Λήψης Αποφάσεων (MCDM), όπως η αναλυτική ιεραρχική διαδικασία (AHP), η Τεχνική Προτίμησης Παραγγελίας με Ομοιότητα προς την Ιδανική Λύση (TOPSIS) που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την αξιολόγηση των επιδόσεων βιωσιμότητας ενσωματώνοντας ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα, καθιστώντας τα κατάλληλα για σύνθετα σενάρια λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, η βιβλιογραφία τονίζει τη σημασία της συμμετοχής διαφόρων ενδιαφερόμενων μερών στη διαδικασία μέτρησης της απόδοσης, συμπεριλαμβανομένων προμηθευτών, πελατών, εργαζομένων και ρυθμιστικών φορέων. Η συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών διασφαλίζει ότι τα

μέτρα απόδοσης αντικατοπτρίζουν τις προτεραιότητες και τις αξίες διαφορετικών ομάδων, οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικές και αποδεκτές πρακτικές βιωσιμότητας. Επιπλέον, η υιοθέτηση προηγμένων τεχνολογιών, όπως το blockchain και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), έχει αναγνωριστεί ως βασικός παράγοντας για τη βιώσιμη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτές οι τεχνολογίες ενισχύουν τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα και την ακρίβεια των δεδομένων, οι οποίες είναι κρίσιμες για την αποτελεσματική μέτρηση της απόδοσης (Karadayi-Usta S., 2025).

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής μπορεί να εφαρμοστεί με διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις, ανάλογα με τον σκοπό της μελέτης και το είδος των ερευνητικών ερωτημάτων που τίθενται. Σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 14040 και ISO 14044, ο καθορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής αποτελεί θεμελιώδες στάδιο της ΑΚΖ, καθώς επηρεάζει τις μεθοδολογικές επιλογές, τα συστημικά όρια και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006). Στη διεθνή βιβλιογραφία αναγνωρίζονται δύο κύριες προσεγγίσεις: η αποδοτική (attributional LCA – ALCA) και η επακόλουθη (consequential LCA – CLCA), οι οποίες διαφοροποιούνται ως προς τη φιλοσοφία ανάλυσης και τον τρόπο κατανομής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Weidema et al., 2018). Η αποδοτική ΑΚΖ (ALCA) στοχεύει στην περιγραφή και ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Βασίζεται συνήθως σε μέσες τιμές δεδομένων (average data) και αποτυπώνει τις υφιστάμενες ροές ενέργειας και υλικών εντός ενός καθορισμένου συστήματος προϊόντος. Η προσέγγιση αυτή επιδιώκει την αναλογική απόδοση των επιπτώσεων στις επιμέρους διεργασίες και χρησιμοποιείται ευρέως σε συγκριτικές μελέτες προϊόντων, περιβαλλοντικές δηλώσεις προϊόντος (EPDs) και αξιολογήσεις βελτιστοποίησης υφιστάμενων συστημάτων. Χαρακτηρίζεται από στατικό αναλυτικό πλαίσιο και εστιάζει στην κατανομή των περιβαλλοντικών φορτίων όπως αυτά παρατηρούνται στο παρόν παραγωγικό σύστημα. Αντίθετα, η επακόλουθη ΑΚΖ (CLCA) εξετάζει τις περιβαλλοντικές συνέπειες που προκύπτουν από μια συγκεκριμένη απόφαση ή μεταβολή σε ένα σύστημα, όπως η αλλαγή πρώτης ύλης, η εισαγωγή νέας τεχνολογίας ή η μεταβολή της ζήτησης ενός προϊόντος. Αντί να περιγράφει το υφιστάμενο σύστημα, επιχειρεί να αποτυπώσει τις μεταβολές που

προκαλούνται σε αυτό. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιεί οριακά δεδομένα (marginal data) και επεκτείνει συχνά τα συστημικά όρια ώστε να συμπεριλάβει έμμεσες επιπτώσεις και υποκαταστάσεις. Η CLCA έχει περισσότερο δυναμικό και συστημικό χαρακτήρα και θεωρείται κατάλληλη για την υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων, πολιτικών παρεμβάσεων και σεναρίων μετάβασης προς βιωσιμότερα παραγωγικά πρότυπα (Rasines L., Corona B., San Miguel G., Aguayo E., 2025). Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο προσεγγίσεων δεν αφορά μόνο τεχνικά ζητήματα δεδομένων, αλλά αντανakλά διαφορετική φιλοσοφία ως προς την έννοια της αιτιότητας και της ευθύνης. Η αποδοτική AKZ αποδίδει τις επιπτώσεις σε ένα προϊόν βάσει της συμμετοχής του στο υφιστάμενο σύστημα, ενώ η επακόλουθη προσέγγιση εξετάζει ποια επιπλέον παραγωγή ή ποια τεχνολογία επηρεάζεται από μια μεταβολή στη ζήτηση. Συνεπώς, οι υποθέσεις που διατυπώνονται στο στάδιο καθορισμού στόχου και πεδίου εφαρμογής επηρεάζουν καθοριστικά τα τελικά αποτελέσματα και τη δυνατότητα γενίκευσής τους. Η κατανόηση των διαφορών μεταξύ ALCA και CLCA είναι κρίσιμη για την ορθή ερμηνεία των αποτελεσμάτων, καθώς διαφορετικές μεθοδολογικές επιλογές μπορεί να οδηγήσουν σε αποκλίνοντα συμπεράσματα. Για τον λόγο αυτό, η σαφής αιτιολόγηση της επιλεγμένης προσέγγισης αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση επιστημονικής εγκυρότητας σε κάθε μελέτη AKZ (Venkatachalama V., Spierlinga S., Horn R., Endres H-J., 2025).

Η διαφοροποίηση μεταξύ αποδοτικής και επακόλουθης AKZ καθίσταται ιδιαίτερα εμφανής στον κλάδο των καλλυντικών προϊόντων, όπου οι επιλογές πρώτων υλών και συσκευασίας επηρεάζουν σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, σε μια μελέτη αποδοτικής AKZ (ALCA) ενός πλαστικού μπουκαλιού σαμπουάν, η ανάλυση επικεντρώνεται στις υφιστάμενες ροές υλικών και ενέργειας κατά την παραγωγή της συσκευασίας, τη μεταφορά, τη χρήση και τη διάθεση, χρησιμοποιώντας μέσες τιμές δεδομένων παραγωγής πολυαιθυλενίου. Στόχος είναι η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων (π.χ. κατανάλωση ενέργειας, οικοτοξικότητα) που αποδίδονται στο προϊόν όπως αυτό παράγεται σήμερα (Vassallo & Refalo, 2024). Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη όταν επιδιώκεται η σύγκριση δύο υφιστάμενων τύπων συσκευασίας ή η περιβαλλοντική δήλωση προϊόντος. Αντίθετα, σε μια επακόλουθη AKZ (CLCA) που εξετάζει την αντικατάσταση του συμβατικού πλαστικού με βιοπλαστικό ή ανακυκλωμένο υλικό,

η ανάλυση διερευνά ποια παραγωγική μονάδα θα επηρεαστεί από την αυξημένη ζήτηση της εναλλακτικής πρώτης ύλης και ποιες επιπλέον εκπομπές ή υποκαταστάσεις θα προκύψουν στο σύστημα. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται οριακά δεδομένα και εξετάζονται οι δυναμικές επιπτώσεις στην αγορά υλικών, ενέργειας και αποβλήτων (Weidema et al., 2018). Η προσέγγιση αυτή είναι περισσότερο κατάλληλη για στρατηγικές αποφάσεις βιώσιμης μετάβασης. Στον τομέα των καλλυντικών, μελέτες κύκλου ζωής έχουν δείξει ότι σημαντικό μέρος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εντοπίζεται είτε στο στάδιο παραγωγής πρώτων υλών είτε στη συσκευασία και στο τέλος ζωής του προϊόντος. Συνεπώς, η επιλογή μεθοδολογικής προσέγγισης επηρεάζει άμεσα τα συμπεράσματα σχετικά με το ποιο στάδιο θεωρείται «κρίσιμο» και ποιες παρεμβάσεις προτείνονται ως βέλτιστες (Martins & Marto, 2023).

2.2.4 Πλεονεκτήματα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) αποτελεί ένα από τα πλέον ολοκληρωμένα και επιστημονικά τεκμηριωμένα εργαλεία αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με ευρεία εφαρμογή σε βιομηχανικούς κλάδους υψηλής πολυπλοκότητας, όπως ο τομέας των καλλυντικών. Η αξία της έγκειται στη συστηματική, ποσοτική και ολιστική προσέγγιση που εφαρμόζει, επιτρέποντας την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος (Corona B., Shen L., Reike D., Rosales Carreón J., Worrell E., 2019).

1. Ολιστική αξιολόγηση και αποφυγή μετατόπισης επιπτώσεων

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα της AKZ είναι η δυνατότητα ολιστικής αποτύπωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, από την εξόρυξη και επεξεργασία πρώτων υλών έως τη διάθεση μετά το τέλος ζωής ενός προϊόντος, μιας διαδικασίας ή μιας ανθρώπινης δραστηριότητας. Η προσέγγιση αυτή μειώνει τον κίνδυνο «μετατόπισης περιβαλλοντικού φορτίου» (burden shifting), δηλαδή της βελτίωσης ενός σταδίου εις βάρος κάποιου άλλου. η AKZ επιτρέπει την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επιμέρους φάσεων του συστήματος προϊόντος, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της συνολικής

περιβαλλοντικής του επίδοσης (Bahmutsky S., Turner I., Arulnathan V., Pelletier N., 2025). Στον κλάδο των καλλυντικών, όπου η παραγωγή πρώτων υλών, η κατανάλωση ενέργειας, η μεταφορά και η συσκευασία συνθέτουν μια σύνθετη αλυσίδα αξίας, η ολιστική προσέγγιση της AKZ καθίσταται ιδιαίτερα κρίσιμη.

2. Εντοπισμός περιβαλλοντικών «θερμών σημείων» (hotspot analysis)

Η AKZ επιτρέπει τον εντοπισμό των σταδίων ή διεργασιών που συμβάλλουν περισσότερο στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τα λεγόμενα «θερμά σημεία». Μέσω της ποσοτικής αποτίμησης εισροών (ενέργεια, πρώτες ύλες, νερό) και εκροών (εκπομπές, απόβλητα), καθίσταται δυνατή η ιεράρχηση προτεραιοτήτων βελτίωσης. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη στοχευμένη περιβαλλοντική διαχείριση, καθώς επιτρέπει στις επιχειρήσεις να επικεντρωθούν στα στάδια με τη μεγαλύτερη συμβολή στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα (Zhang T., Zhou Q., Tan Q., Cai Y., 2026). Στα καλλυντικά προϊόντα, τέτοια θερμά σημεία συχνά εντοπίζονται:

- i. στη φάση παραγωγής πρώτων υλών,
- ii. στη συσκευασία,
- iii. ή στη φάση χρήσης (ιδίως σε προϊόντα που απαιτούν κατανάλωση νερού).

3. Υποστήριξη λήψης αποφάσεων και στρατηγικός σχεδιασμός

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα της AKZ είναι η συμβολή της στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η μεθοδολογία λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης στρατηγικού σχεδιασμού, επιτρέποντας την αξιολόγηση εναλλακτικών πρώτων υλών, τεχνολογιών παραγωγής ή συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων. Η AKZ παρέχει τεκμηριωμένη βάση για την επιλογή βιώσιμων λύσεων, μειώνοντας την αβεβαιότητα στη λήψη περιβαλλοντικών και επιχειρηματικών αποφάσεων (Siwiec D., Gajdzik B., Pacana A., Wolniak, R., 2025). Στον κλάδο των καλλυντικών, αυτό μπορεί να μεταφραστεί σε:

- i. επιλογή βιο-βασισμένων πρώτων υλών,

- ii. ελαφρύτερες ή ανακυκλώσιμες συσκευασίες,
- iii. μείωση ενεργειακής κατανάλωσης στην παραγωγή.

4. Συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων

Η δυνατότητα συγκριτικής ανάλυσης αποτελεί επίσης θεμελιώδες πλεονέκτημα της AKZ. Μέσω της εφαρμογής ενιαίων ορίων συστήματος και λειτουργικής μονάδας, η μεθοδολογία επιτρέπει τη σύγκριση προϊόντων ή τεχνολογικών επιλογών υπό συνεπείς παραδοχές. Η συγκριτική αξιολόγηση ενισχύει τη διαφάνεια και την αξιοπιστία των συμπερασμάτων, περιορίζοντας τον κίνδυνο παραπλανητικών περιβαλλοντικών ισχυρισμών (Zhang T., Zhou Q., Tan Q., Cai Y., 2026). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στον τομέα των καλλυντικών, όπου οι ισχυρισμοί «φιλικό προς το περιβάλλον» ή «βιώσιμο προϊόν» απαιτούν επιστημονική τεκμηρίωση.

5. Σύνδεση με κυκλική οικονομία και βιώσιμη ανάπτυξη

Η σύγχρονη βιβλιογραφία αναδεικνύει τον καθοριστικό ρόλο της AKZ στη μετάβαση προς την κυκλική οικονομία. Η ανάλυση του πλήρους κύκλου ζωής επιτρέπει την αξιολόγηση σεναρίων ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης και ανασχεδιασμού προϊόντων, συμβάλλοντας στην υιοθέτηση αρχών οικολογικού σχεδιασμού (eco-design) (Corona B., Shen L., Reike D., Rosales Carreón J., Worrell E., 2019).

Επιπλέον, η ενσωμάτωση της AKZ σε κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας κυκλικών στρατηγικών, αποτρέποντας την υιοθέτηση λύσεων που ενδέχεται να μεταφέρουν τις επιπτώσεις σε άλλο στάδιο του κύκλου ζωής (Bahmutsky S., Turner I., Arulnathan V., Pelletier N., 2025). Στον κλάδο των καλλυντικών, η ενσωμάτωση αρχών κυκλικότητας αφορά:

- i. ανακυκλώσιμες ή επαναγεμιζόμενες συσκευασίες,
- ii. μείωση μικροπλαστικών,
- iii. βιώσιμη προμήθεια πρώτων υλών.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής δεν αποτελεί απλώς ένα εργαλείο ποσοτικής αποτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά ένα στρατηγικό μέσο περιβαλλοντικής διαχείρισης και βιώσιμου σχεδιασμού προϊόντων. Η ολιστική της φύση, η δυνατότητα εντοπισμού θερμών σημείων, η υποστήριξη λήψης αποφάσεων, η συγκριτική αξιολόγηση και η σύνδεσή της με την κυκλική οικονομία καθιστούν την ΑΚΖ ιδιαίτερα σημαντική για τον κλάδο των καλλυντικών, όπου η περιβαλλοντική υπευθυνότητα αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία (Corona et al., 2019, Siwiec et al., 2025).

2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις καλλυντικών προϊόντων

Η παραγωγή και κατανάλωση καλλυντικών προϊόντων συνδέεται με ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι οποίες εκδηλώνονται σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους. Από την εξόρυξη και επεξεργασία πρώτων υλών έως την παραγωγή, τη συσκευασία, τη χρήση και την τελική διάθεση, τα καλλυντικά προϊόντα επηρεάζουν σημαντικά το περιβάλλον μέσω της κατανάλωσης φυσικών πόρων, της εκπομπής ρύπων και της παραγωγής αποβλήτων. Η κατανόηση των επιπτώσεων αυτών είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών στον κλάδο, καθώς και για την εφαρμογή μεθόδων αξιολόγησης όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται οι βασικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με κάθε στάδιο του κύκλου ζωής των καλλυντικών προϊόντων.

2.3.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή πρώτων υλών

Η παραγωγή των πρώτων υλών αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια του κύκλου ζωής των καλλυντικών προϊόντων, καθώς συνδέεται άμεσα με την κατανάλωση φυσικών πόρων, τη χρήση ενέργειας και την πρόκληση περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία καλλυντικών μπορεί να είναι φυσικής, συνθετικής ή βιοτεχνολογικής προέλευσης και περιλαμβάνουν φυτικά εκχυλίσματα, αιθέρια έλαια, λιπίδια, χρωστικές, επιφανειοδραστικές ουσίες, συντηρητικά και αρωματικές ενώσεις. Η επιλογή των πρώτων υλών επηρεάζει σημαντικά τη συνολική βιωσιμότητα ενός

προϊόντος, καθώς οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις ξεκινούν ήδη από τα αρχικά στάδια της παραγωγικής αλυσίδας. Η αυξανόμενη ζήτηση για φυσικά και βιώσιμα καλλυντικά προϊόντα έχει οδηγήσει τις επιχειρήσεις στην αναζήτηση πρώτων υλών με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Ωστόσο, η παραγωγή φυσικών συστατικών συνδέεται συχνά με σημαντικές περιβαλλοντικές πιέσεις, όπως η αυξημένη κατανάλωση νερού, η χρήση γεωργικής γης, η εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών ουσιών, καθώς και η απώλεια βιοποικιλότητας. Η εντατική καλλιέργεια φυτών για την παραγωγή καλλυντικών πρώτων υλών μπορεί να συμβάλει στην υποβάθμιση των οικοσυστημάτων και στη ρύπανση εδάφους και υδάτων, ιδιαίτερα όταν δεν εφαρμόζονται βιώσιμες γεωργικές πρακτικές (Martins & Marto, 2023).

Παράλληλα, οι συνθετικές πρώτες ύλες, παρότι συχνά παρουσιάζουν αυξημένη σταθερότητα και χαμηλότερο οικονομικό κόστος, βασίζονται σε ενεργοβόρες χημικές διεργασίες και στην αξιοποίηση μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων. Οι διεργασίες αυτές απαιτούν σημαντικές ποσότητες ενέργειας και συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στην παραγωγή βιομηχανικών αποβλήτων. Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση της βιωσιμότητας των πρώτων υλών θεωρείται κρίσιμο στοιχείο για τη μείωση του συνολικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος των καλλυντικών προϊόντων (Rocca R., Acerbi F., Fumagalli L., Taisch M., 2022).

Σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της βιωσιμότητας των πρώτων υλών διαδραματίζει η εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας και η αξιοποίηση δευτερογενών πόρων. Τα τελευταία χρόνια, αυξάνεται το ενδιαφέρον για τη χρήση υποπροϊόντων και αποβλήτων από άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες, ιδιαίτερα από τη βιομηχανία τροφίμων και τη γεωργική παραγωγή, με στόχο την ανάκτηση βιοδραστικών ενώσεων και την επαναχρησιμοποίησή τους σε καλλυντικές εφαρμογές. Η πρακτική αυτή, γνωστή ως upcycling, συμβάλλει τόσο στη μείωση των αποβλήτων όσο και στη δημιουργία νέων βιώσιμων πρώτων υλών υψηλής προστιθέμενης αξίας (Sayeed, S Y., Goyal A., 2025).

Επιπλέον, η βιωσιμότητα των πρώτων υλών δεν περιορίζεται αποκλειστικά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής τους, αλλά επεκτείνεται και στις στρατηγικές προμήθειας και διαχείρισης των πόρων. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι σύγχρονες επιχειρήσεις του κλάδου των καλλυντικών στρέφονται ολοένα και

περισσότερο προς βιώσιμες πρακτικές προμήθειας (sustainable sourcing), με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης φυσικών πόρων, την ενίσχυση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας και την υιοθέτηση αρχών κυκλικής οικονομίας. Η μετάβαση αυτή συνδέεται με την ανάγκη ανάπτυξης προϊόντων χαμηλότερου περιβαλλοντικού αποτυπώματος και με την αυξανόμενη απαίτηση των καταναλωτών για περισσότερο βιώσιμα καλλυντικά προϊόντα (Rocca R., Acerbi F., Fumagalli L., Taisch M., 2022). Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των πρώτων υλών πραγματοποιείται συχνά μέσω της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), η οποία επιτρέπει τον εντοπισμό των σταδίων με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση και συμβάλλει στη λήψη αποφάσεων για την ανάπτυξη πιο βιώσιμων προϊόντων. Μέσω της εφαρμογής της AKZ, οι επιχειρήσεις μπορούν να συγκρίνουν εναλλακτικές πρώτες ύλες, να μειώσουν την κατανάλωση πόρων και να περιορίσουν τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των καλλυντικών προϊόντων (Martins & Marto, 2023).

2.3.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη διαδικασία παραγωγής

Η διαδικασία παραγωγής των καλλυντικών προϊόντων αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο του κύκλου ζωής τους, καθώς συνδέεται με αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, χρήση φυσικών πόρων και παραγωγή εκπομπών και αποβλήτων. Η παραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει διάφορα στάδια, όπως η ανάμιξη των πρώτων υλών, η γαλακτωματοποίηση, η θέρμανση, η ψύξη, η ομογενοποίηση και η συσκευασία των τελικών προϊόντων. Οι διεργασίες αυτές απαιτούν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, συμβάλλοντας στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στη συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση του κλάδου των καλλυντικών (Martins & Marto, 2023). Η περιβαλλοντική επίπτωση της παραγωγικής διαδικασίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, την αποδοτικότητα του εξοπλισμού και τις πρακτικές διαχείρισης των πόρων που εφαρμόζει κάθε επιχείρηση. Η χρήση ενεργοβόρων βιομηχανικών διεργασιών και χημικών ουσιών μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή αέριων ρύπων, υγρών αποβλήτων και στερεών υπολειμμάτων, τα οποία επιβαρύνουν το περιβάλλον όταν δεν εφαρμόζονται αποτελεσματικά μέτρα διαχείρισης και επεξεργασίας. Παράλληλα, η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων

νερού για τον καθαρισμό εξοπλισμού και την παραγωγική διαδικασία αυξάνει περαιτέρω τις περιβαλλοντικές πιέσεις. Σύμφωνα με τη σύγχρονη βιβλιογραφία, οι επιχειρήσεις καλλυντικών στρέφονται ολοένα και περισσότερο προς βιώσιμες πρακτικές παραγωγής, με στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των προϊόντων τους. Οι πρακτικές αυτές περιλαμβάνουν τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, τη μείωση της κατανάλωσης νερού, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων μέσω στρατηγικών επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης υλικών. Η εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας στη βιομηχανική παραγωγή συμβάλλει στη βελτίωση της βιωσιμότητας και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κλάδου (Rocca R., Acerbi F., Fumagalli L., Taisch M., 2022). Επιπλέον, η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και «πράσινων» παραγωγικών διαδικασιών έχει συμβάλει σημαντικά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των καλλυντικών προϊόντων. Η αξιοποίηση βιοτεχνολογικών διεργασιών, η χρήση πρώτων υλών χαμηλότερου περιβαλλοντικού αποτυπώματος και η εφαρμογή βιώσιμων συστημάτων διαχείρισης παραγωγής αποτελούν σημαντικές στρατηγικές για τη μετάβαση προς μια περισσότερο βιώσιμη βιομηχανία καλλυντικών (Sayeed, S Y., Goyal A., 2025). Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγικής διαδικασίας πραγματοποιείται συχνά μέσω της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), η οποία επιτρέπει την ποσοτική αποτίμηση των επιπτώσεων που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές ρύπων και την παραγωγή αποβλήτων. Μέσω της εφαρμογής της AKZ, οι επιχειρήσεις μπορούν να εντοπίσουν τα στάδια της παραγωγής με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση και να αναπτύξουν πιο αποδοτικές και βιώσιμες πρακτικές παραγωγής (Martins & Marto, 2023).

2.3.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη συσκευασία

Η συσκευασία αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο των καλλυντικών προϊόντων, καθώς συμβάλλει στην προστασία, αποθήκευση, μεταφορά και ασφαλή χρήση τους, ενώ παράλληλα λειτουργεί ως σημαντικό εργαλείο εμπορικής προώθησης και διαφοροποίησης στην αγορά. Στη βιομηχανία καλλυντικών, η συσκευασία δεν περιορίζεται μόνο στη λειτουργική προστασία του προϊόντος, αλλά συνδέεται

άμεσα με την αισθητική, την ταυτότητα του εμπορικού σήματος και την αγοραστική συμπεριφορά των καταναλωτών. Ωστόσο, η αυξανόμενη χρήση συσκευασιών, ιδιαίτερα πλαστικών υλικών μιας χρήσης, έχει οδηγήσει σε σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθιστώντας τη συσκευασία έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες περιβαλλοντικής επιβάρυνσης του κλάδου των καλλυντικών. Η παγκόσμια βιομηχανία συσκευασίας παρουσιάζει συνεχή ανάπτυξη τις τελευταίες δεκαετίες, ακολουθώντας τη σημαντική αύξηση της κατανάλωσης καλλυντικών και προϊόντων προσωπικής φροντίδας. Η ανάπτυξη αυτή έχει οδηγήσει σε αυξημένη κατανάλωση πρώτων υλών, ενέργειας και φυσικών πόρων για την παραγωγή υλικών συσκευασίας, ενώ παράλληλα αυξάνει σημαντικά την παραγωγή αποβλήτων. Η βιομηχανία καλλυντικών χρησιμοποιεί μεγάλο εύρος υλικών συσκευασίας, όπως πλαστικό, γυαλί, χαρτί, χαρτόνι και αλουμίνιο, τα οποία παρουσιάζουν διαφορετικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και διαφορετικό επίπεδο βιωσιμότητας (Vassallo N., Refalo P., 2024).

Οι συσκευασίες των καλλυντικών ταξινομούνται συνήθως σε πρωτογενείς, δευτερογενείς και τριτογενείς. Η πρωτογενής συσκευασία βρίσκεται σε άμεση επαφή με το προϊόν και έχει ως κύριο στόχο τη διατήρηση της ποιότητας και της σταθερότητάς του, προστατεύοντάς το από την υγρασία, το οξυγόνο, το φως και τη μικροβιολογική επιμόλυνση. Η δευτερογενής και τριτογενής συσκευασία χρησιμοποιούνται κυρίως για λόγους μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής των προϊόντων. Παρά το γεγονός ότι οι μορφές αυτές συσκευασίας είναι απαραίτητες για τη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας, αυξάνουν σημαντικά την κατανάλωση υλικών και ενέργειας σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Το πλαστικό αποτελεί το κυρίαρχο υλικό συσκευασίας στον κλάδο των καλλυντικών, κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους, της ανθεκτικότητας, της ευκολίας μορφοποίησης και του μικρού βάρους του. Παρ' όλα αυτά, η εκτεταμένη χρήση πλαστικών υλικών συνδέεται με σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η παραγωγή τους βασίζεται κυρίως σε πετροχημικές διεργασίες και απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας και μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων. Επιπλέον, τα πλαστικά απορρίμματα εμφανίζουν εξαιρετικά αργό ρυθμό αποικοδόμησης, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στη συσσώρευση αποβλήτων σε χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα.

Ιδιαίτερη περιβαλλοντική ανησυχία προκαλεί η δημιουργία μικροπλαστικών, τα οποία προκύπτουν από τη διάσπαση πλαστικών συσκευασιών και μπορούν να διασπαρούν στο περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα μικροπλαστικά έχουν τη δυνατότητα να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα και να επηρεάσουν τόσο τους υδρόβιους οργανισμούς όσο και την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, πολλές συσκευασίες καλλυντικών αποτελούνται από σύνθετα ή πολυστρωματικά υλικά, γεγονός που δυσχεραίνει σημαντικά τη διαδικασία ανακύκλωσής τους και αυξάνει τις πιθανότητες απόρριψης σε χώρους υγειονομικής ταφής ή καύσης (Morel S., Mura G., Gallarate M., Sapino S., 2024).

Παράλληλα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συσκευασίας δεν περιορίζονται μόνο στη φάση απόρριψης, αλλά επεκτείνονται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της. Η εξόρυξη και επεξεργασία των πρώτων υλών, η παραγωγή των υλικών συσκευασίας, η μεταφορά, η χρήση και η τελική διαχείριση των αποβλήτων απαιτούν σημαντικές ποσότητες ενέργειας και συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Για τον λόγο αυτό, η συσκευασία αξιολογείται πλέον ως ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα των καλλυντικών προϊόντων (Mondello A., Salomone R., Mondello G., 2024).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα διαφορετικά υλικά συσκευασίας παρουσιάζουν διαφορετικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Μέσω της εφαρμογής της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), διαπιστώθηκε ότι το υλικό ABS παρουσίασε τις υψηλότερες επιπτώσεις ως προς το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential – GWP), λόγω της αυξημένης ενεργειακής κατανάλωσης και της παραγωγής επικίνδυνων αποβλήτων κατά τη διαδικασία παραγωγής του. Αντίθετα, το πολυπροπυλένιο (PP) εμφάνισε μικρότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, κυρίως λόγω του μικρότερου βάρους του και της χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας κατά τη μεταφορά και επεξεργασία του. Παράλληλα, υλικά όπως το PET και το PLA αξιολογούνται ως περισσότερο βιώσιμες επιλογές, καθώς παρουσιάζουν αυξημένες δυνατότητες ανακύκλωσης ή βιοαποικοδόμησης (Vassallo N., Refalo P., 2024).

Επιπλέον, η συσκευασία μπορεί να επηρεάσει και την ασφάλεια των καλλυντικών προϊόντων μέσω πιθανής μετανάστευσης χημικών ουσιών από το

υλικό συσκευασίας προς το προϊόν. Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 1223/2009, οι επιχειρήσεις οφείλουν να αξιολογούν τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με τα υλικά συσκευασίας και τις ουσίες που μπορεί να μεταφερθούν στο καλλυντικό προϊόν. Ωστόσο, η έλλειψη εξειδικευμένων κανονιστικών οδηγιών και τυποποιημένων μεθόδων αξιολόγησης δημιουργεί προκλήσεις όσον αφορά την ολοκληρωμένη εκτίμηση της ασφάλειας των υλικών συσκευασίας (Mondello A., Salomone R., Mondello G., 2024).

Η αυξανόμενη περιβαλλοντική επιβάρυνση από τις συσκευασίες καλλυντικών έχει οδηγήσει τη βιομηχανία στην αναζήτηση περισσότερο βιώσιμων εναλλακτικών λύσεων. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση βιοδιασπώμενων υλικών, ανακυκλωμένων πλαστικών, γυάλινων δοχείων και μινιμαλιστικών σχεδίων συσκευασίας που μειώνουν την κατανάλωση πρώτων υλών και την παραγωγή αποβλήτων. Παράλληλα, αρκετές επιχειρήσεις υιοθετούν πρακτικές όπως οι «γυμνές» συσκευασίες (naked packaging), προσφέροντας προϊόντα χωρίς εξωτερική συσκευασία, όπως στερεά σαμπουάν και στερεές λοσιόν, με στόχο τον περιορισμό των αποβλήτων. Σημαντικό ρόλο στη μετάβαση προς πιο βιώσιμες μορφές συσκευασίας διαδραματίζουν οι αρχές της κυκλικής οικονομίας. Οι πρακτικές επαναχρησιμοποίησης και επαναπλήρωσης συσκευασιών (refill systems) επιτρέπουν στους καταναλωτές να επιστρέφουν τις χρησιμοποιημένες συσκευασίες για καθαρισμό και επαναχρησιμοποίηση, μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση νέων υλικών και την παραγωγή αποβλήτων. Παράλληλα, οι πλατφόρμες κυκλικών αγορών και τα συστήματα επιστροφής συσκευασιών συμβάλλουν στην εξοικονόμηση πόρων και στην ενίσχυση της βιωσιμότητας στον κλάδο των καλλυντικών. Ωστόσο, η εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας στον τομέα της συσκευασίας εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Η ανακύκλωση των πλαστικών υλικών επηρεάζεται από προβλήματα διαλογής, επιμόλυνσης και υψηλού κόστους επεξεργασίας, τα οποία περιορίζουν την ποιότητα και την ασφάλεια των ανακυκλωμένων υλικών. Παράλληλα, η ανάγκη ολοκληρωμένης διαχείρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων απαιτεί την αξιολόγηση ολόκληρου του κύκλου ζωής της συσκευασίας, από την προμήθεια πρώτων υλών έως την τελική διάθεση των αποβλήτων (Morel S., Mura G., Gallarate M., Sapino S., 2024).

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των νανοϋλικών και της ψηφιοποίησης αναμένεται επίσης να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της βιωσιμότητας των συσκευασιών. Η ανάπτυξη έξυπνων και διασυνδεδεμένων συστημάτων συσκευασίας μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, στη μείωση της κατανάλωσης πόρων και στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης (Mondello A., Salomone R., Mondello G., 2024).

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί πολιτικές που αποσκοπούν στη μείωση των αποβλήτων συσκευασίας και στην ενίσχυση της κυκλικής οικονομίας. Το Circular Economy Action Plan (CEAP) και η αναθεώρηση της Οδηγίας 94/62/EK για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας στοχεύουν στη μείωση της χρήσης παρθένου πλαστικού, στην αύξηση της ανακύκλωσης και στη διασφάλιση ότι έως το 2030 όλες οι συσκευασίες θα είναι επαναχρησιμοποιήσιμες ή ανακυκλώσιμες με οικονομικά βιώσιμο τρόπο (Morel S., Mura G., Gallarate M., Sapino S., 2024).

Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συσκευασιών πραγματοποιείται συχνά μέσω της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), η οποία επιτρέπει την ποσοτική αποτίμηση της κατανάλωσης πόρων, της ενεργειακής κατανάλωσης, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της παραγωγής αποβλήτων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής της συσκευασίας. Μέσω της εφαρμογής της AKZ, οι επιχειρήσεις μπορούν να συγκρίνουν διαφορετικά υλικά και εναλλακτικές λύσεις συσκευασίας, να εντοπίσουν τα στάδια με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση και να αναπτύξουν περισσότερο βιώσιμες στρατηγικές σχεδιασμού και διαχείρισης των καλλυντικών προϊόντων (Vassallo & Refalo, 2024).

2.3.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη διανομή

Η μεταφορά και διανομή των καλλυντικών προϊόντων αποτελεί σημαντικό στάδιο του κύκλου ζωής τους και συμβάλλει ουσιαστικά στο συνολικό περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Η εφοδιαστική αλυσίδα των καλλυντικών περιλαμβάνει τη μεταφορά πρώτων υλών προς τις μονάδες παραγωγής, τη διακίνηση ενδιάμεσων προϊόντων μεταξύ διαφορετικών εγκαταστάσεων, καθώς και τη διανομή των τελικών προϊόντων προς τα κέντρα αποθήκευσης, τα σημεία

λιανικής πώλησης και τους τελικούς καταναλωτές. Η αυξανόμενη παγκοσμιοποίηση της αγοράς καλλυντικών έχει οδηγήσει στη δημιουργία σύνθετων αλυσίδων εφοδιασμού, στις οποίες οι πρώτες ύλες, η παραγωγή και η κατανάλωση πραγματοποιούνται συχνά σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, αυξάνοντας σημαντικά τις απαιτήσεις μεταφοράς και τις σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Wirtu Y. D., 2024).

Οι μεταφορές συνδέονται άμεσα με την κατανάλωση ενέργειας και την παραγωγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αποτελώντας έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες συμβολής στην κλιματική αλλαγή. Η χρήση ορυκτών καυσίμων για τη λειτουργία φορτηγών, πλοίων, αεροσκαφών και άλλων μέσων μεταφοράς οδηγεί στην έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), οξειδίων του αζώτου (NO_x), σωματιδίων και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων που επηρεάζουν αρνητικά τόσο το περιβάλλον όσο και τη δημόσια υγεία. Στην περίπτωση των καλλυντικών προϊόντων, οι εκπομπές αυτές αυξάνονται περαιτέρω όταν η παραγωγή βασίζεται σε παγκόσμια δίκτυα προμήθειας πρώτων υλών και διανομής προϊόντων, γεγονός που συνεπάγεται μεγάλες αποστάσεις μεταφοράς (Meinrenken C. J., Chen D., Esparza R. A., Iyer V., Paridis S. P., Prasad A., Whillas E., 2020).

Η περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκύπτει από τη μεταφορά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το είδος του μεταφορικού μέσου, η απόσταση που διανύεται, η ενεργειακή απόδοση των οχημάτων, το βάρος του φορτίου και ο βαθμός αξιοποίησης της μεταφορικής ικανότητας. Γενικά, οι αεροπορικές μεταφορές παρουσιάζουν το υψηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα ανά μονάδα μεταφερόμενου προϊόντος, ενώ οι θαλάσσιες μεταφορές εμφανίζουν συνήθως χαμηλότερες εκπομπές ανά τόνο φορτίου. Οι οδικές μεταφορές αποτελούν το κυρίαρχο μέσο διανομής των καλλυντικών προϊόντων, ιδιαίτερα στα τελικά στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμβάλλοντας σημαντικά στις συνολικές εκπομπές άνθρακα του κλάδου (Crocì E., Donelli M., Colelli F., 2020).

Η ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου έχει μεταβάλει σημαντικά τις διαδικασίες διανομής των καλλυντικών προϊόντων. Η αύξηση των διαδικτυακών αγορών έχει οδηγήσει σε μεγαλύτερο αριθμό μικρών παραδόσεων προς τους καταναλωτές, γεγονός που αυξάνει τη συχνότητα των μεταφορών και τις αντίστοιχες εκπομπές. Παράλληλα, οι αυξημένες απαιτήσεις για ταχύτερη

παράδοση των προϊόντων συχνά οδηγούν στη χρήση περισσότερο ενεργοβόρων μέσων μεταφοράς, όπως οι αεροπορικές μεταφορές, επιβαρύνοντας περαιτέρω το περιβάλλον (Wirtu Y. D., 2024).

Πέρα από τις άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, οι μεταφορές συμβάλλουν και σε άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ηχορύπανση, η κατανάλωση μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων και η υποβάθμιση των οικοσυστημάτων λόγω της ανάπτυξης μεταφορικών υποδομών. Οι επιπτώσεις αυτές αποκτούν ιδιαίτερη σημασία στις αστικές περιοχές, όπου η συγκέντρωση των δραστηριοτήτων διανομής είναι υψηλή και οι επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των κατοίκων γίνονται περισσότερο αισθητές (Crocì E., Donelli M., Colelli F., 2020).

Τα τελευταία χρόνια, η ανάγκη περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μεταφορών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πρακτικών βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας (sustainable logistics). Οι επιχειρήσεις καλλυντικών επενδύουν ολοένα και περισσότερο στη βελτιστοποίηση των δρομολογίων μεταφοράς, στη μείωση των αποστάσεων διανομής, στην καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων φορτίων και στη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών για τον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό των logistics. Παράλληλα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η υιοθέτηση στρατηγικών τοπικής προμήθειας πρώτων υλών (local sourcing), οι οποίες συμβάλλουν στη μείωση των αναγκών μεταφοράς και, κατά συνέπεια, των σχετικών εκπομπών άνθρακα (Wirtu Y. D., 2024).

Μία ακόμη σημαντική προσέγγιση αφορά την αντικατάσταση των συμβατικών οχημάτων με εναλλακτικές τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών. Η χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και στόλων μεταφοράς που αξιοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μεταφορών. Σύμφωνα με τους Crocì et al. (2021), τα ηλεκτρικά οχήματα εμφανίζουν σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα εσωτερικής καύσης, ιδιαίτερα όταν η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA) αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη μεταφορά και διανομή των καλλυντικών προϊόντων. Μέσω

της AKZ είναι δυνατός ο προσδιορισμός της συμβολής των μεταφορών στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος, καθώς και ο εντοπισμός των σταδίων εκείνων που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη επιβάρυνση. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων μεταφοράς, διαφορετικών μεταφορικών μέσων και στρατηγικών διανομής, παρέχοντας πολύτιμη υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των επιχειρήσεων (Meinrenken C. J., Chen D., Esparza R. A., Iyer V., Paridis S. P., Prasad A., Whillas E., 2020).

Συνολικά, η μεταφορά και διανομή αποτελούν κρίσιμα στάδια του κύκλου ζωής των καλλυντικών προϊόντων, καθώς συνδέονται με σημαντική κατανάλωση ενέργειας και παραγωγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών logistics, η αξιοποίηση τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών και η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των καλλυντικών προϊόντων και στην προώθηση περισσότερο βιώσιμων προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης (Wirtu Y. D., 2024, Croci E., Donelli M., Colelli F., 2020).

2.3.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση και το τέλος ζωής των καλλυντικών προϊόντων

Η φάση χρήσης και το τέλος ζωής των καλλυντικών προϊόντων αποτελούν κρίσιμα στάδια του κύκλου ζωής τους, καθώς συνδέονται άμεσα με την απελευθέρωση χημικών ουσιών στο περιβάλλον, την παραγωγή αποβλήτων και τη ρύπανση των υδάτινων οικοσυστημάτων. Σε αντίθεση με άλλα βιομηχανικά προϊόντα, πολλά καλλυντικά εφαρμόζονται απευθείας στο ανθρώπινο σώμα και στη συνέχεια απομακρύνονται μέσω πλυσίματος, με αποτέλεσμα σημαντικές ποσότητες συστατικών να καταλήγουν στα αστικά λύματα και τελικά στο φυσικό περιβάλλον. Η συγκεκριμένη φάση είναι ιδιαίτερα σημαντική για προϊόντα όπως τα σαμπουάν, τα αφρόλουτρα, τα καθαριστικά προσώπου και τα προϊόντα απολέπισης, τα οποία ξεπλένονται αμέσως μετά τη χρήση τους.

Κατά τη χρήση των καλλυντικών προϊόντων, διάφορες χημικές ενώσεις εισέρχονται στα υδάτινα συστήματα μέσω των δικτύων αποχέτευσης. Παρότι οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι σε θέση να απομακρύνουν σημαντικό

μέρος των ρύπων, αρκετές ουσίες παραμένουν στο περιβάλλον ή μεταφέρονται στους υδάτινους αποδέκτες. Ορισμένα συστατικά, όπως τα parabens, τα φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας (UV filters), οι συνθετικές αρωματικές ενώσεις και οι αντιμικροβιακοί παράγοντες, έχουν ανιχνευθεί σε ποτάμια, λίμνες και παράκτια ύδατα, γεγονός που εγείρει ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές οικοτοξικολογικές τους επιπτώσεις. Η συνεχής απελευθέρωση των ουσιών αυτών μπορεί να οδηγήσει σε βιοσυσσώρευση σε υδρόβιους οργανισμούς και να επηρεάσει τη λειτουργία των οικοσυστημάτων (Wirtu Y. D., 2024) .

Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί τα τελευταία χρόνια στα μικροπλαστικά που περιέχονται σε ορισμένα προϊόντα προσωπικής φροντίδας και καλλυντικά. Οι μικροσφαιρίδες πλαστικού χρησιμοποιούνται συχνά σε προϊόντα απολέπισης και καθαρισμού για την επίτευξη μηχανικής απομάκρυνσης νεκρών κυττάρων από το δέρμα. Μετά τη χρήση τους, οι μικροσφαιρίδες αυτές απορρίπτονται μέσω των λυμάτων και μπορούν να καταλήξουν σε ποτάμια, λίμνες και θαλάσσια οικοσυστήματα, όπου παραμένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα λόγω της ανθεκτικότητάς τους στην αποδόμηση. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, σημαντικό ποσοστό των προϊόντων καθαρισμού προσώπου εξακολουθεί να περιέχει πλαστικές μικροσφαιρίδες, οι οποίες απελευθερώνονται στο περιβάλλον σε πολύ μεγάλες ποσότητες κάθε χρόνο. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μικροπλαστικών δεν περιορίζονται μόνο στη φυσική παρουσία τους στο περιβάλλον. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα μικροπλαστικά μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς άλλων ρύπων, προσροφώντας στην επιφάνειά τους οργανικούς ρύπους, φαρμακευτικές ουσίες και βαρέα μέταλλα. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η μεταφορά τοξικών ουσιών στα υδάτινα οικοσυστήματα και ενισχύεται ο κίνδυνος εισόδου τους στην τροφική αλυσίδα. Η δυνατότητα προσρόφησης μετάλλων όπως το χρώμιο, ο μόλυβδος και άλλα βαρέα μέταλλα καθιστά τα μικροπλαστικά έναν επιπλέον παράγοντα περιβαλλοντικού κινδύνου, καθώς οι ρύποι αυτοί μπορούν να συσσωρευτούν σε ψάρια και άλλους υδρόβιους οργανισμούς, με πιθανές συνέπειες τόσο για τη βιοποικιλότητα όσο και για την ανθρώπινη υγεία (Prakash Ranjan V., Joseph A., Srivastava S., Bhakta Sharma H., Biswas B., Goel S., Kumar S., 2024).

Εκτός από τις επιπτώσεις που σχετίζονται με τη χρήση των προϊόντων, ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει και το στάδιο του τέλους ζωής. Η απόρριψη ληγμένων ή

αχρησιμοποίητων καλλυντικών προϊόντων, καθώς και των υπολειμμάτων που παραμένουν στις συσκευασίες, συμβάλλει στην παραγωγή αποβλήτων και στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Εφόσον τα προϊόντα αυτά δεν διαχειρίζονται σωστά, τα χημικά συστατικά τους ενδέχεται να απελευθερωθούν στο έδαφος, στα υπόγεια ύδατα ή στους χώρους υγειονομικής ταφής. Παράλληλα, η παρουσία πλαστικών υλικών στις συσκευασίες επιβαρύνει περαιτέρω τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων, ιδιαίτερα όταν δεν εφαρμόζονται πρακτικές ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης (Wirtu Y. D., 2024).

Η αυξανόμενη αναγνώριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη χρήση και την τελική διάθεση των καλλυντικών προϊόντων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη στρατηγικών που στοχεύουν στη μείωση των σχετικών επιβαρύνσεων. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν την αντικατάσταση των μικροπλαστικών με βιοδιασπώμενα υλικά, τη χρήση ασφαλέστερων χημικών συστατικών, τη βελτίωση των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων και την ενίσχυση των πρακτικών ανακύκλωσης και κυκλικής οικονομίας (Wirtu Y. D., 2024, Prakash Ranjan et al., 2024). Παράλληλα, η ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τη σωστή χρήση και απόρριψη των προϊόντων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA) διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αξιολόγηση των επιπτώσεων που σχετίζονται με τη φάση χρήσης και το τέλος ζωής των καλλυντικών προϊόντων. Μέσω της AKZ είναι δυνατό να ποσοτικοποιηθούν οι επιπτώσεις που προκύπτουν από την κατανάλωση πόρων, την παραγωγή αποβλήτων, την απελευθέρωση ρύπων και τη διαχείριση των προϊόντων μετά τη χρήση τους. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τον εντοπισμό των σταδίων με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση και υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων για τον σχεδιασμό περισσότερο βιώσιμων προϊόντων και συστημάτων παραγωγής. Συνεπώς, η ορθή διαχείριση της φάσης χρήσης και του τέλους ζωής των καλλυντικών προϊόντων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη μείωση του συνολικού περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης στον κλάδο των καλλυντικών (Wirtu Y. D., 2024, Prakash Ranjan et al., 2024).

2.4 Διαχείριση αποβλήτων στον κλάδο των καλλυντικών

Η διαχείριση αποβλήτων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους άξονες βιωσιμότητας στη βιομηχανία καλλυντικών, καθώς ο κλάδος παράγει σημαντικές ποσότητες στερεών, υγρών και συσκευαστικών αποβλήτων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων. Η αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των καταναλωτών, οι απαιτήσεις της νομοθεσίας και οι στόχοι της βιώσιμης ανάπτυξης έχουν οδηγήσει τις επιχειρήσεις καλλυντικών στην υιοθέτηση πρακτικών που στοχεύουν στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων, στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των πόρων και στην εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας (Corona et al., 2019, Siwiec et al., 2025).

Στον κλάδο των καλλυντικών, τα απόβλητα προκύπτουν από διαφορετικές δραστηριότητες της παραγωγικής διαδικασίας. Σε αυτά περιλαμβάνονται υπολείμματα πρώτων υλών, απορριπτόμενα ή ληγμένα προϊόντα, υγρά απόβλητα από τον καθαρισμό του εξοπλισμού, απόβλητα συσκευασίας, καθώς και υποπροϊόντα που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία φυσικών πρώτων υλών. Η ανεπαρκής διαχείριση των αποβλήτων αυτών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση του εδάφους, των υδάτινων πόρων και της ατμόσφαιρας, ενώ παράλληλα συνεπάγεται απώλεια πολύτιμων υλικών και ενεργειακών πόρων (Krzyżostan M., Wawrzyńczak A., Nowak I., 2024).

Η παραδοσιακή προσέγγιση διαχείρισης αποβλήτων βασιζόταν κυρίως στη διάθεση των αποβλήτων μέσω υγειονομικής ταφής ή αποτέφρωσης. Ωστόσο, οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζουν σημαντικά περιβαλλοντικά μειονεκτήματα, καθώς συνδέονται με εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, παραγωγή δευτερογενών ρύπων και αυξημένη κατανάλωση φυσικών πόρων. Για τον λόγο αυτό, η σύγχρονη περιβαλλοντική πολιτική δίνει έμφαση στην πρόληψη παραγωγής αποβλήτων και στην αξιοποίησή τους ως δευτερογενών πόρων, σύμφωνα με την ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Corona B., Shen L., Reike D., Rosales Carreón J., Worrell, E., 2019).

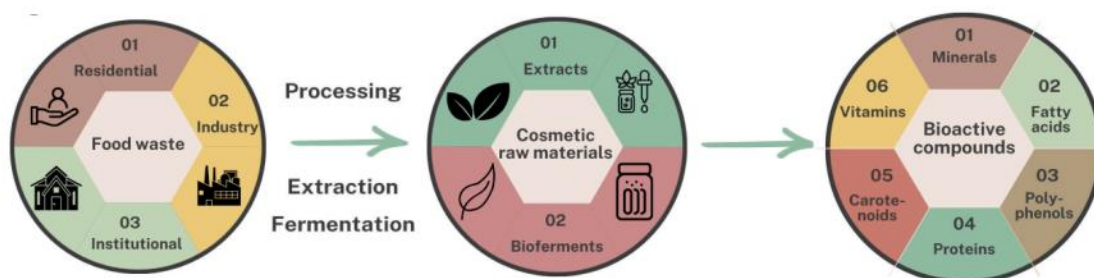
Ιδιαίτερη πρόκληση για τη βιομηχανία καλλυντικών αποτελεί η διαχείριση των υγρών αποβλήτων που παράγονται κατά τις διαδικασίες παραγωγής και καθαρισμού. Τα απόβλητα αυτά ενδέχεται να περιέχουν επιφανειοδραστικές ουσίες,

έλαια, αρώματα, συντηρητικά και άλλες χημικές ενώσεις που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τα υδάτινα οικοσυστήματα εάν δεν υποβληθούν σε κατάλληλη επεξεργασία. Για τον λόγο αυτό εφαρμόζονται διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας, όπως η πήξη, η κροκίδωση, οι βιολογικές διεργασίες και οι προηγμένες μέθοδοι καθαρισμού λυμάτων, με στόχο τη μείωση της τοξικότητας και του περιβαλλοντικού κινδύνου των απορριπτόμενων υγρών αποβλήτων. Μία ακόμη σημαντική κατηγορία αποβλήτων είναι τα απόβλητα συσκευασίας. Οι πλαστικές συσκευασίες εξακολουθούν να αποτελούν το κυρίαρχο υλικό στον κλάδο των καλλυντικών λόγω του χαμηλού βάρους, του χαμηλού κόστους και της ευελιξίας τους. Ωστόσο, η ευρεία χρήση τους συνδέεται με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς συμβάλλουν στη ρύπανση χερσαίων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων και επιβαρύνουν τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων. Παράλληλα, η περιορισμένη ζήτηση ανακυκλωμένων πλαστικών και το υψηλό κόστος συλλογής και επεξεργασίας δυσχεραίνουν την αποτελεσματική ανακύκλωση των συσκευασιών. Για τον λόγο αυτό, η Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τα Πλαστικά προβλέπει ότι όλες οι πλαστικές συσκευασίες θα πρέπει να είναι επαναχρησιμοποιήσιμες ή ανακυκλώσιμες και να επιτυγχάνονται υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης έως το 2030. Στο πλαίσιο αυτό, οι επιχειρήσεις καλλυντικών αναπτύσσουν εναλλακτικές λύσεις συσκευασίας που βασίζονται σε ανακυκλωμένα υλικά, βιοπολυμερή και πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης. Υλικά όπως το μπαμπού, τα φύκια, το άμυλο καλαμποκιού και οι ίνες μανιταριών προτείνονται ως περισσότερο βιώσιμες επιλογές, καθώς παρουσιάζουν μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε σύγκριση με τα συμβατικά πλαστικά (Krzyżostan M., Wawrzyńczak A., Nowak I., 2024).

Η μετάβαση προς ένα κυκλικό μοντέλο παραγωγής αποτελεί μία από τις σημαντικότερες στρατηγικές για τη διαχείριση αποβλήτων στον κλάδο των καλλυντικών. Η κυκλική οικονομία επιδιώκει τη διατήρηση των υλικών και των πόρων στην οικονομία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, περιορίζοντας την παραγωγή αποβλήτων και την κατανάλωση πρωτογενών πόρων. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας επιτρέπει τη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών ευκαιριών μέσω της

αξιοποίησης αποβλήτων και υποπροϊόντων (Corona B., Shen L., Reike D., Rosales Carreón J., Worrell, E., 2019).

Σημαντικό πεδίο εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας στη βιομηχανία καλλυντικών αποτελεί η αξιοποίηση αποβλήτων της αγροδιατροφικής βιομηχανίας για την παραγωγή νέων καλλυντικών πρώτων υλών. Υπολείμματα φρούτων, λαχανικών και άλλων φυτικών προϊόντων περιέχουν πολύτιμες βιοδραστικές ενώσεις, όπως πολυφαινόλες, βιταμίνες, αντιοξειδωτικά και μέταλλα, οι οποίες μπορούν να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν σε καλλυντικές συνθέσεις. Η πρακτική αυτή συμβάλλει τόσο στη μείωση των αποβλήτων όσο και στη δημιουργία προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, ενισχύοντας την κυκλικότητα των παραγωγικών συστημάτων (Krzyżostan M., Wawrzyńczak A., Nowak I., 2024).

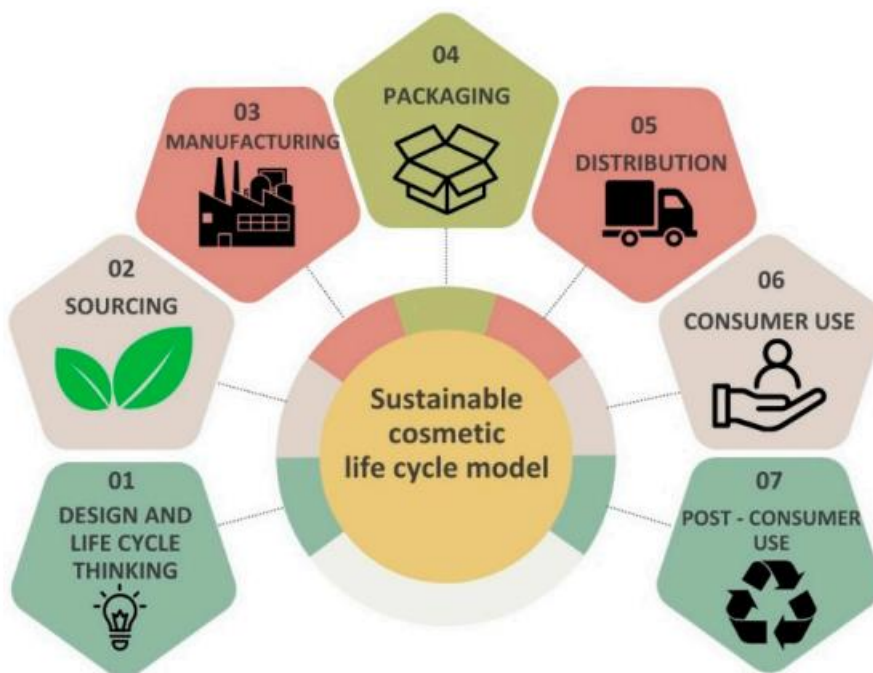


Σχήμα 2.2: Πιθανός κύκλος αξιοποίησης αποβλήτων τροφίμων για την παραγωγή καλλυντικών πρώτων υλών. (προσαρμογή από Krzyżostan, Wawrzyńczak & Nowak 2024).

Παράλληλα, η ανάπτυξη βιοτεχνολογικών εφαρμογών, όπως οι διεργασίες ζύμωσης, προσφέρει νέες δυνατότητες αξιοποίησης αποβλήτων και παραγωγής βιώσιμων συστατικών για τη βιομηχανία καλλυντικών. Μέσω της ζύμωσης μπορούν να παραχθούν βιοδραστικές ενώσεις, υδροσκοπικά συστατικά, βιοεπιφανειοδραστικά και άλλες ουσίες που χρησιμοποιούνται ευρέως στα καλλυντικά προϊόντα. Οι τεχνολογίες αυτές θεωρούνται ιδιαίτερα ελπιδοφόρες, καθώς συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πρώτες ύλες και ενισχύουν την περιβαλλοντική βιωσιμότητα των προϊόντων (Krzyżostan M., Wawrzyńczak A., Nowak I., 2024).

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA) αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για την αξιολόγηση των πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων και την επιλογή των βέλτιστων στρατηγικών περιβαλλοντικής διαχείρισης. Μέσω της AKZ

είναι δυνατό να συγκριθούν διαφορετικά σενάρια ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης, ενεργειακής αξιοποίησης ή τελικής διάθεσης αποβλήτων και να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις τους σε κατηγορίες όπως η κλιματική αλλαγή, η κατανάλωση πόρων και η παραγωγή αποβλήτων. Οι Siwiec et al. (2025) επισημαίνουν ότι η ενσωμάτωση της AKZ στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων και στην επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας των επιχειρήσεων. Η εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας, σε συνδυασμό με την αξιοποίηση εργαλείων όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής, συμβάλλει στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου και βιώσιμου μοντέλου διαχείρισης των καλλυντικών προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους (Siwiec D., Gajdzik B., Pacana A., Wolniak R., 2025). Το Σχήμα 2.3 παρουσιάζει ένα ενδεικτικό μοντέλο βιώσιμου κύκλου ζωής καλλυντικών προϊόντων.



Σχήμα 2.3: Μοντέλο Βιώσιμου Κύκλου Ζωής Καλλυντικών (προσαρμογή από Krzyzostan, Wawrzyneczak & Nowak 2024).

Συνολικά, η αποτελεσματική διαχείριση αποβλήτων αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για τη βιώσιμη ανάπτυξη της βιομηχανίας καλλυντικών. Η πρόληψη παραγωγής αποβλήτων, η ανακύκλωση, η επαναχρησιμοποίηση υλικών, η αξιοποίηση υποπροϊόντων και η εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας μπορούν να μειώσουν σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κλάδου. Παράλληλα, η αξιοποίηση εργαλείων όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής επιτρέπει την τεκμηριωμένη αξιολόγηση των διαθέσιμων επιλογών και υποστηρίζει τη μετάβαση προς πιο βιώσιμα μοντέλα παραγωγής και κατανάλωσης (Corona et al., 2019, Krzyżostan et al., 2024, Siwiec et al., 2025).

2.5 Βιώσιμες πρακτικές και πρακτικές βελτίωσης

Η βιωσιμότητα αποτελεί πλέον κεντρικό άξονα στρατηγικής ανάπτυξης για τη βιομηχανία καλλυντικών, καθώς οι περιβαλλοντικές προκλήσεις, η κλιματική αλλαγή, η εξάντληση των φυσικών πόρων και η αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των καταναλωτών ασκούν σημαντικές πιέσεις στις επιχειρήσεις του κλάδου. Η σύγχρονη προσέγγιση της βιωσιμότητας δεν περιορίζεται μόνο στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά περιλαμβάνει την υιοθέτηση ολοκληρωμένων πρακτικών που συνδυάζουν περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές διαστάσεις σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων. Στο πλαίσιο αυτό, οι επιχειρήσεις καλλυντικών στρέφονται ολοένα και περισσότερο προς τη χρήση βιώσιμων και ανανεώσιμων πρώτων υλών. Η αυξανόμενη ζήτηση για προϊόντα φυσικής προέλευσης έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη καλλυντικών που βασίζονται σε φυτικά συστατικά, βιοδιασπώμενες ενώσεις και ανανεώσιμες πρώτες ύλες, οι οποίες παρουσιάζουν χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε σύγκριση με τα συμβατικά συνθετικά συστατικά. Παράλληλα, η εφαρμογή των αρχών της πράσινης χημείας επιδιώκει τη μείωση της χρήσης επικίνδυνων ουσιών, την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και την ανάπτυξη ασφαλέστερων προϊόντων τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αντικατάσταση πετροχημικών συστατικών με βιοδιασπώμενες και χαμηλής τοξικότητας εναλλακτικές λύσεις, όπως οι βιοεπιφανειοδραστικές ουσίες, οι οποίες

παρουσιάζουν αυξημένη βιοαποικοδομησιμότητα και μικρότερες επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα (Sayeed & Goyal, 2025).

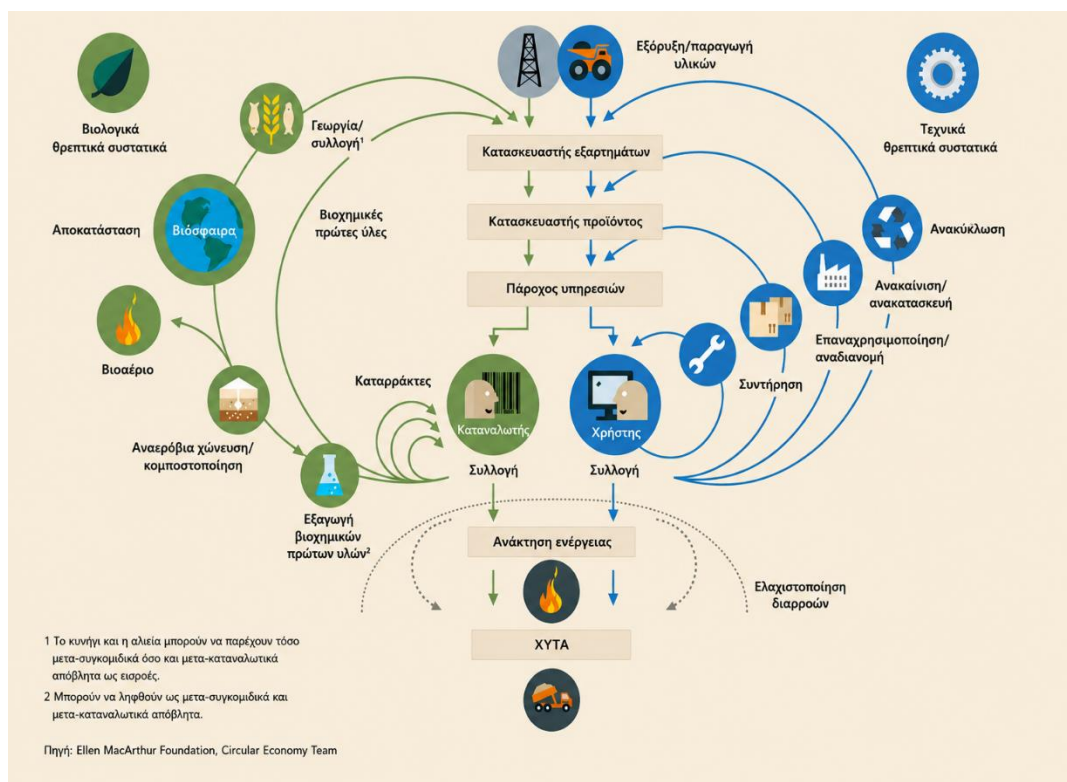
Εξίσου σημαντική είναι η εφαρμογή πρακτικών βιώσιμης παραγωγής, οι οποίες στοχεύουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, νερού και φυσικών πόρων κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Η υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών, η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η βελτιστοποίηση των παραγωγικών διεργασιών και η εφαρμογή συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των καλλυντικών προϊόντων. Παράλληλα, η συστηματική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων επιτρέπει στις επιχειρήσεις να εντοπίζουν σημεία βελτίωσης και να αναπτύσσουν αποτελεσματικότερες στρατηγικές βιωσιμότητας (Siwiece D., Gajdzik B., Pacana A., Wolniak R., 2025). Μία από τις σημαντικότερες πρακτικές βελτίωσης αφορά τον οικολογικό σχεδιασμό (eco-design), ο οποίος ενσωματώνει περιβαλλοντικά κριτήρια ήδη από το στάδιο ανάπτυξης του προϊόντος. Μέσω του οικολογικού σχεδιασμού επιδιώκεται η μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών, η αύξηση της διάρκειας ζωής των προϊόντων, η ευκολότερη ανακύκλωση των συσκευασιών και η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται άμεσα με την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ), καθώς τα αποτελέσματα της AKZ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό των σταδίων με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση και για τον σχεδιασμό στοχευμένων παρεμβάσεων βελτίωσης (Zhang et al., 2026, Siwiece et al., 2025).

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά επίσης η βιώσιμη συσκευασία, η οποία αποτελεί βασικό πεδίο καινοτομίας στον κλάδο των καλλυντικών. Η μεγάλη κατανάλωση πλαστικών συσκευασιών έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων που περιλαμβάνουν τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών, βιοδιασπώμενων πολυμερών, επαναχρησιμοποιούμενων δοχείων και συστημάτων επαναπλήρωσης (refill systems). Οι πρακτικές αυτές συμβάλλουν στη μείωση των αποβλήτων συσκευασίας, στη μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών και στην προώθηση ενός περισσότερο κυκλικού μοντέλου παραγωγής και κατανάλωσης (Krzyżostan M., Wawrzyńczak A., Nowak I., 2024). Παράλληλα, η απλοποίηση του σχεδιασμού της συσκευασίας και η χρήση λιγότερων υλικών μπορούν να ενισχύσουν την αντιληπτή

περιβαλλοντική αξία των προϊόντων και να επηρεάσουν θετικά τις αγοραστικές αποφάσεις των καταναλωτών (Goyal K. A., R. Sivasamy, Mertiya, T., 2026).

Η μετάβαση προς ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες στρατηγικές βελτίωσης της περιβαλλοντικής επίδοσης της βιομηχανίας καλλυντικών. Η κυκλική οικονομία επιδιώκει τη διατήρηση της αξίας των υλικών και των πόρων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, περιορίζοντας την παραγωγή αποβλήτων και την κατανάλωση πρωτογενών πόρων. Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αξιοποίηση υποπροϊόντων και αποβλήτων άλλων βιομηχανικών κλάδων, όπως της αγροδιατροφικής βιομηχανίας, για την παραγωγή νέων καλλυντικών συστατικών. Η ανάκτηση βιοδραστικών ενώσεων από φυτικά υπολείμματα και η μετατροπή τους σε προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας συμβάλλουν τόσο στη μείωση των αποβλήτων όσο και στη δημιουργία νέων επιχειρηματικών ευκαιριών (Corona et al., 2019, Krzyżostan et al., 2024).

Η εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας βασίζεται στη διατήρηση της αξίας των υλικών και των πόρων εντός του παραγωγικού συστήματος μέσω πρακτικών επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης. Το Σχήμα 2.4 παρουσιάζει το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και τον τρόπο με τον οποίο τα υλικά επανεισάγονται στον κύκλο παραγωγής, περιορίζοντας την παραγωγή αποβλήτων και την κατανάλωση πρωτογενών πόρων.



Εικόνα 2.1: Κυκλική οικονομία, βιομηχανικό σύστημα και αναγεννητικός σχεδιασμός
(προσαρμογή από Diemer A., 2023).

Παράλληλα, οι βιώσιμες πρακτικές επεκτείνονται και στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η βελτιστοποίηση των μεταφορών, η μείωση των αποστάσεων διανομής, η επιλογή αποδοτικότερων μεταφορικών μέσων και η ενσωμάτωση κριτηρίων βιωσιμότητας στην επιλογή προμηθευτών συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στη βελτίωση της συνολικής περιβαλλοντικής επίδοσης των επιχειρήσεων. Επιπλέον, η υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών και προηγμένων συστημάτων παρακολούθησης ενισχύει τη διαφάνεια και την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, διευκολύνοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με τη βιωσιμότητα (Karadayi-Usta, 2025). Καθοριστικό ρόλο στην εφαρμογή και αξιολόγηση των παραπάνω πρακτικών διαδραματίζει η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA). Η AKZ παρέχει τη δυνατότητα ποσοτικοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του, από την εξόρυξη των πρώτων υλών έως τη διαχείριση των αποβλήτων. Μέσω της συστηματικής αξιολόγησης των

εισροών και εκροών, η AKZ επιτρέπει τον εντοπισμό των περιβαλλοντικών «θερμών σημείων» (hotspots) και υποστηρίζει την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών βελτίωσης Επιπλέον, η συνδυαστική αξιοποίηση της περιβαλλοντικής, οικονομικής και κοινωνικής αξιολόγησης μέσω της Εκτίμησης Βιωσιμότητας Κύκλου Ζωής (Life Cycle Sustainability Assessment – LCSA) προσφέρει μία περισσότερο ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη βιωσιμότητα (Sillero L., Morales A., Fernández-Marín R., Hernández-Ramos F., Dávila I., Erdocia X., Labidi J., 2021).

Τέλος, οι βιώσιμες πρακτικές δεν αποτελούν μόνο μέσο προστασίας του περιβάλλοντος αλλά και σημαντικό παράγοντα ανταγωνιστικότητας. Η αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των καταναλωτών δημιουργεί αυξημένη ζήτηση για προϊόντα που χαρακτηρίζονται από διαφάνεια, ασφάλεια, ηθική παραγωγή και μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Ως αποτέλεσμα, οι επιχειρήσεις που επενδύουν στη βιωσιμότητα ενισχύουν τη φήμη τους, βελτιώνουν τη σχέση εμπιστοσύνης με τους καταναλωτές και αποκτούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε μια αγορά που στρέφεται ολοένα και περισσότερο προς την υπεύθυνη κατανάλωση (Sayeed & Goyal, 2025, Goyal et al., 2026)

Πίνακας 2.2. Βιώσιμες πρακτικές και αναμενόμενα περιβαλλοντικά οφέλη στον κλάδο των καλλυντικών.		
Βιώσιμη πρακτική	Περιγραφή	Περιβαλλοντικά οφέλη
Βιώσιμες πρώτες ύλες	Χρήση ανανεώσιμων και φυσικών συστατικών	Μείωση εξάντλησης φυσικών πόρων
Πράσινη χημεία	Αντικατάσταση επικίνδυνων ουσιών	Μείωση τοξικότητας και ρύπανσης
Eco-design	Σχεδιασμός με περιβαλλοντικά κριτήρια	Μείωση περιβαλλοντικού αποτυπώματος
Βιώσιμη συσκευασία	Ανακυκλώσιμα ή βιοδιασπώμενα υλικά	Μείωση αποβλήτων συσκευασίας

Κυκλική οικονομία	Επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση πόρων	Περιορισμός παραγωγής αποβλήτων
Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ)	Αξιολόγηση επιπτώσεων σε όλο τον κύκλο ζωής	Εντοπισμός σημείων βελτίωσης
Πηγή: Προσαρμογή βάσει των Corona et al. (2019), Siwiec et al. (2025), Krzyzostan et al. (2024), Abutaleb et al. (2025), Bashir et al. (2026) και Zhang et al. (2026).		

Συνολικά, η υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών και πρακτικών βελτίωσης αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της βιομηχανίας καλλυντικών και την επίτευξη των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης. Η χρήση βιώσιμων πρώτων υλών, η εφαρμογή της πράσινης χημείας, ο οικολογικός σχεδιασμός, η βιώσιμη συσκευασία, η κυκλική οικονομία και η αξιοποίηση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής συνθέτουν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο δράσεων που μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία περισσότερο βιώσιμων προϊόντων και επιχειρηματικών μοντέλων στον κλάδο των καλλυντικών.

3. Μεθοδολογία

3.1 Ερευνητική προσέγγιση

Η παρούσα διπλωματική εργασία υιοθετεί ποιοτική ερευνητική προσέγγιση με τη χρήση μελέτης περίπτωσης (case study), με στόχο την ανάλυση του κύκλου ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος και την καταγραφή των αποβλήτων που προκύπτουν σε κάθε στάδιο, από την παραγωγή έως την τελική απόρριψη. Η επιλογή της μεθόδου της μελέτης περίπτωσης επιτρέπει την εις βάθος διερεύνηση ενός συγκεκριμένου προϊόντος μέσα στο πραγματικό παραγωγικό περιβάλλον μιας επιχείρησης καλλυντικών. Μέσω της συγκεκριμένης προσέγγισης καθίσταται δυνατή η σύνδεση της θεωρητικής γνώσης σχετικά με τη βιώσιμη παραγωγή και τη διαχείριση αποβλήτων με τις πρακτικές που εφαρμόζονται στη βιομηχανία. Η μελέτη βασίζεται στις αρχές της προσέγγισης της σκέψης κύκλου ζωής (Life Cycle Thinking), η οποία εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια της ζωής του, από την προμήθεια των πρώτων υλών μέχρι την τελική διαχείριση των αποβλήτων. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται με τη μεθοδολογία της Life Cycle Assessment, η οποία χρησιμοποιείται διεθνώς για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προϊόντων και υπηρεσιών. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας εφαρμόζεται μια απλοποιημένη μορφή ανάλυσης, βασισμένη στην καταγραφή των βασικών σταδίων του κύκλου ζωής και στην αποτύπωση των ροών υλικών και αποβλήτων. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τον εντοπισμό των σημαντικότερων σημείων περιβαλλοντικής επιβάρυνσης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Η μελέτη έχει επίσης εφαρμοσμένο χαρακτήρα, καθώς αξιοποιεί πραγματικά δεδομένα που προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία εταιρείας καλλυντικών, με στόχο την ανάδειξη πρακτικών βελτίωσης που μπορούν να συμβάλουν τόσο στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όσο και στη βελτίωση των διαδικασιών διασφάλισης ποιότητας.

3.2 Περιγραφή της μελέτης περίπτωσης

Η παρούσα μελέτη βασίζεται στη διερεύνηση του κύκλου ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος προσωπικής φροντίδας, συγκεκριμένα ενός ενυδατικού γαλακτώματος σώματος (body milk). Το προϊόν αυτό ανήκει στην κατηγορία των καλλυντικών προϊόντων περιποίησης δέρματος και χρησιμοποιείται ευρέως από τους καταναλωτές για την ενυδάτωση και τη φροντίδα της επιδερμίδας. Τα προϊόντα αυτού του τύπου αποτελούν σημαντικό τμήμα της αγοράς καλλυντικών και χαρακτηρίζονται από σύνθετες παραγωγικές διαδικασίες, καθώς και από σημαντική χρήση υλικών συσκευασίας.

Η μελέτη πραγματοποιείται με βάση δεδομένα που προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία της εταιρείας που εργάζομαι, η οποία δραστηριοποιείται στον κλάδο της ανάπτυξης και παραγωγής καλλυντικών προϊόντων. Η εταιρεία διαθέτει οργανωμένες εγκαταστάσεις παραγωγής και εφαρμόζει διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, από την παραλαβή των πρώτων υλών έως τη συσκευασία και τη διάθεση των τελικών προϊόντων.

Η επιλογή του συγκεκριμένου προϊόντος για τη μελέτη περίπτωσης βασίστηκε σε διάφορους παράγοντες. Αρχικά, το γαλάκτωμα σώματος αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα καλλυντικού προϊόντος, το οποίο περιλαμβάνει πολλαπλά στάδια παραγωγής, καθώς και σημαντική χρήση υλικών συσκευασίας. Επιπλέον, η παραγωγή του προϊόντος αυτού παρουσιάζει ενδιαφέρον από περιβαλλοντική άποψη, καθώς κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του δημιουργούνται διάφοροι τύποι αποβλήτων, τόσο κατά την παραγωγή όσο και κατά τη φάση συσκευασίας και τελικής απόρριψης.

Για λόγους προστασίας εμπιστευτικών πληροφοριών της εταιρείας, στην παρούσα εργασία δεν παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία σχετικά με την ακριβή σύνθεση του προϊόντος ή τις ποσοτικές αναλογίες των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία παραγωγής. Η αναφορά στα συστατικά περιορίζεται σε γενικές κατηγορίες πρώτων υλών, όπως η υδατική φάση, οι γαλακτωματοποιητές, οι μαλακτικοί παράγοντες (emollients), τα συντηρητικά και οι αρωματικές ουσίες. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την ανάλυση της παραγωγικής

διαδικασίας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων χωρίς να αποκαλύπτονται ευαίσθητες τεχνολογικές πληροφορίες.

Η παραγωγή του προϊόντος πραγματοποιείται σε βιομηχανικό περιβάλλον και περιλαμβάνει διάφορα στάδια επεξεργασίας των πρώτων υλών, όπως η ανάμιξη, η γαλακτωματοποίηση και η ομογενοποίηση του προϊόντος, μέχρι την παραγωγή του τελικού γαλακτώματος. Στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία πλήρωσης του προϊόντος σε κατάλληλη συσκευασία, η τοποθέτηση ετικέτας και η τελική συσκευασία για τη διάθεση στην αγορά.

Η συσκευασία του προϊόντος αποτελεί επίσης σημαντικό στοιχείο της μελέτης, καθώς συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κύκλου ζωής των καλλυντικών προϊόντων. Τα υλικά συσκευασίας περιλαμβάνουν συνήθως πλαστικές φιάλες, καπάκια και ετικέτες, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιείται και δευτερογενής συσκευασία, όπως χάρτινα κουτιά ή κιβώτια μεταφοράς.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, εξετάζονται όλα τα βασικά στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος, ξεκινώντας από την παραγωγή και τη συσκευασία, συνεχίζοντας με τη διανομή και τη χρήση του προϊόντος από τον καταναλωτή και καταλήγοντας στην τελική διαχείριση των αποβλήτων. Μέσα από την ανάλυση αυτή επιχειρείται η καταγραφή των αποβλήτων που παράγονται σε κάθε στάδιο και ο εντοπισμός πιθανών σημείων βελτίωσης που θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η μελέτη περίπτωσης συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η παραγωγή καλλυντικών προϊόντων συνδέεται με ζητήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης και βιωσιμότητας, ενώ παράλληλα αναδεικνύει τη σημασία της ενσωμάτωσης περιβαλλοντικών πρακτικών στις διαδικασίες παραγωγής και διασφάλισης ποιότητας.

3.3 Ορισμός Στόχου και Ορίων Συστήματος

3.3.1 Στόχος της μελέτης

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος τύπου γαλάκτωμα σώματος. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται με τη χρήση της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), σύμφωνα με τις αρχές και το πλαίσιο που καθορίζονται από το πρότυπο ISO 14040.

Βασικός στόχος της μελέτης είναι η αναγνώριση των σταδίων του κύκλου ζωής του προϊόντος που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση, καθώς και η καταγραφή των κυριότερων πηγών κατανάλωσης πόρων και εκπομπών. Μέσα από την ανάλυση αυτή επιδιώκεται η καλύτερη κατανόηση της περιβαλλοντικής επίδοσης του προϊόντος και η διερεύνηση πιθανών σημείων βελτίωσης στη διαδικασία παραγωγής ή στη διαχείριση των πρώτων υλών και της συσκευασίας.

Επιπλέον, η μελέτη αποσκοπεί στη δημιουργία ενός πλαισίου αξιολόγησης που θα μπορεί να αξιοποιηθεί από την εταιρεία για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη βιωσιμότητα των προϊόντων της, καθώς και για την ανάπτυξη πιο φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών παραγωγής. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εσωτερική αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης του προϊόντος, καθώς και για ακαδημαϊκούς σκοπούς στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

3.3.2 Λειτουργική μονάδα (Functional Unit)

Για την πραγματοποίηση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής απαιτείται ο καθορισμός μιας λειτουργικής μονάδας, η οποία αποτελεί τη βάση αναφοράς για τη συλλογή και σύγκριση των δεδομένων. Η λειτουργική μονάδα εκφράζει την παρεχόμενη λειτουργία του προϊόντος και επιτρέπει την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στην παρούσα μελέτη ως λειτουργική μονάδα ορίζεται ένα τεμάχιο γαλάκτωμα σώματος χωρητικότητας 200 mL, το οποίο αντιστοιχεί στη συνηθισμένη εμπορική συσκευασία του προϊόντος. Η επιλογή της συγκεκριμένης λειτουργικής μονάδας επιτρέπει την εκτίμηση των επιπτώσεων που σχετίζονται με την

παραγωγή, συσκευασία και διάθεση ενός πλήρους προϊόντος προς τον καταναλωτή. Παράλληλα, διευκολύνει την κατανόηση των αποτελεσμάτων και τη δυνατότητα σύγκρισης με παρόμοιες μελέτες στον κλάδο των καλλυντικών.

3.3.3 Όρια συστήματος

Ο καθορισμός των ορίων του συστήματος αποτελεί βασικό στάδιο στη διαδικασία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, καθώς προσδιορίζει ποια στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος θα συμπεριληφθούν στη μελέτη. Στην παρούσα εργασία υιοθετείται η προσέγγιση «από την πρώτη ύλη έως την έξοδο από το εργοστάσιο» (cradle-to-gate). Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει τα στάδια που σχετίζονται με την προμήθεια των πρώτων υλών, τη μεταφορά τους στην παραγωγική εγκατάσταση και τη διαδικασία παραγωγής του τελικού προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, τα στάδια που εξετάζονται είναι τα εξής:

- i. παραγωγή και προμήθεια πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στη σύνθεση του προϊόντος
- ii. παραγωγική διαδικασία προϊόντος
- iii. διαδικασία συσκευασίας του προϊόντος
- iv. κατανάλωση ενέργειας και νερού κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας
- v. παραγωγή και χρήση της συσκευασίας του προϊόντος (φιάλη, καπάκι, ετικέτα)
- vi. παραγωγή αποβλήτων που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας

Στη μελέτη αυτή, παρόλο που η ανάλυση επικεντρώνεται κυρίως στα στάδια μέχρι την έξοδο του προϊόντος από το εργοστάσιο, γίνεται συνοπτική αναφορά στη φάση τελικής διάθεσης της συσκευασίας, καθώς η διαχείριση των αποβλήτων συσκευασίας αποτελεί σημαντική περιβαλλοντική παράμετρο για τα καλλυντικά προϊόντα.

3.4 Συλλογή δεδομένων (Data Collection)

Η συλλογή δεδομένων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Inventory – LCI), καθώς από την ποιότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της μελέτης. Στην παρούσα εργασία, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος γαλάκτωμα σώματος προέρχονται τόσο από πρωτογενείς όσο και από δευτερογενείς πηγές. Τα πρωτογενή δεδομένα συλλέχθηκαν από την εταιρεία στην οποία εργάζομαι, η οποία δραστηριοποιείται στον κλάδο της παραγωγής καλλυντικών προϊόντων. Τα δεδομένα αυτά αφορούν κυρίως τη διαδικασία παραγωγής του προϊόντος, τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες, καθώς και την κατανάλωση ενέργειας και νερού κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Η παραγωγή του προϊόντος πραγματοποιείται στις εγκαταστάσεις της εταιρείας και περιλαμβάνει βασικά στάδια όπως η προετοιμασία των πρώτων υλών, η ανάμιξη των συστατικών, η ομογενοποίηση του προϊόντος και η πλήρωση του τελικού προϊόντος στις συσκευασίες. Το προϊόν συσκευάζεται σε πλαστική φιάλη χωρητικότητας 200 ml από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), η οποία αποτελεί την κύρια συσκευασία του προϊόντος. Η συσκευασία περιλαμβάνει επίσης πλαστικό καπάκι καθώς και ετικέτα που περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για τον καταναλωτή. Κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού, όπως αναδευτήρες, δεξαμενές ανάμιξης και μηχανές πλήρωσης, ενώ χρησιμοποιείται και νερό τόσο ως συστατικό της σύνθεσης του προϊόντος όσο και για τον καθαρισμό του εξοπλισμού παραγωγής. Για την υποστήριξη της ανάλυσης αξιοποιήθηκαν επίσης δευτερογενή δεδομένα από επιστημονική βιβλιογραφία, δημοσιευμένες μελέτες και διαθέσιμες βάσεις δεδομένων που αφορούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις πρώτων υλών, υλικών συσκευασίας και ενεργειακών πόρων. Ο συνδυασμός πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων επιτρέπει την πληρέστερη αποτύπωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής του προϊόντος, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις πραγματικές συνθήκες παραγωγής όσο και γενικότερα δεδομένα που σχετίζονται με την παραγωγή υλικών και ενέργειας.

Τα δεδομένα που αφορούν την παραγωγική διαδικασία, τη συσκευασία και τις περιβαλλοντικές πρακτικές της εταιρείας συλλέχθηκαν από πληροφορίες που διατέθηκαν από την εταιρεία και σχετίζονται με τη συνήθη λειτουργία της παραγωγικής μονάδας. Η μελέτη επικεντρώθηκε στην τυπική παραγωγική διαδικασία ενός προϊόντος γαλακτώματος σώματος (body milk), η οποία θεωρείται αντιπροσωπευτική της παραγωγής του συγκεκριμένου προϊόντος. Ορισμένα από τα στοιχεία που παρουσιάζονται στη μελέτη, όπως οι ποσότητες αποβλήτων και η κατανάλωση πόρων, εκφράζονται με τη μορφή εύρους τιμών και αποτελούν ενδεικτικές εκτιμήσεις, καθώς ενδέχεται να παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις μεταξύ διαφορετικών παρτίδων παραγωγής και συνθηκών λειτουργίας. Παρά τους περιορισμούς αυτούς, τα δεδομένα θεωρούνται επαρκή για την αναγνώριση των βασικών περιβαλλοντικών πλευρών του κύκλου ζωής του προϊόντος και για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις σημαντικότερες πηγές περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

3.5 Περιορισμοί της μελέτης

Κατά την εκπόνηση της παρούσας μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής διατυπώθηκαν ορισμένες υποθέσεις και περιορισμοί, οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με τη διαθεσιμότητα δεδομένων, την πρόσβαση σε λεπτομερείς πληροφορίες της παραγωγικής διαδικασίας και το εύρος της ανάλυσης. Οι περιορισμοί αυτοί λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Αρχικά, η μελέτη επικεντρώνεται σε ένα μόνο καλλυντικό προϊόν, συγκεκριμένα σε ένα γαλάκτωμα σώματος (body milk), γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων στο σύνολο των καλλυντικών προϊόντων. Επιπλέον, τα πρωτογενή δεδομένα προέρχονται από μία μόνο εταιρεία παραγωγής καλλυντικών, με αποτέλεσμα τα ευρήματα να αντανakλούν τις συγκεκριμένες παραγωγικές και περιβαλλοντικές πρακτικές της υπό μελέτη επιχείρησης. Λόγω περιορισμών εμπιστευτικότητας της βιομηχανικής παραγωγής, δεν παρουσιάζονται αναλυτικά οι ακριβείς ποσοτικές αναλογίες των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στη σύνθεση του προϊόντος. Αντί αυτού, η ανάλυση βασίζεται σε

γενικές κατηγορίες συστατικών που χρησιμοποιούνται συνήθως σε προϊόντα της συγκεκριμένης κατηγορίας.

Παράλληλα, ορισμένα δεδομένα που αφορούν ποσότητες αποβλήτων, κατανάλωση πόρων και περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρουσιάζονται ως ενδεικτικές εκτιμήσεις ή εύρη τιμών, καθώς ενδέχεται να εμφανίζονται διαφοροποιήσεις μεταξύ διαφορετικών παρτίδων παραγωγής και συνθηκών λειτουργίας. Επιπλέον, η ανάλυση επικεντρώνεται κυρίως στα στάδια της παραγωγής και της συσκευασίας του προϊόντος, ενώ η φάση χρήσης από τον τελικό καταναλωτή και η τελική διαχείριση των αποβλήτων μετά τη χρήση εξετάζονται σε γενικό επίπεδο. Αντίστοιχα, η εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος περιορίζεται στην πρωτογενή συσκευασία του προϊόντος και δεν περιλαμβάνει το σύνολο των σταδίων του κύκλου ζωής.

Ένας ακόμη σημαντικός περιορισμός σχετίζεται με τη μη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA software). Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση βασίστηκε κυρίως σε ποιοτική προσέγγιση, σε πρωτογενή στοιχεία της εταιρείας και σε δεδομένα που προέρχονται από τη σχετική επιστημονική βιβλιογραφία. Επιπλέον, δεν πραγματοποιήθηκε πλήρης Αξιολόγηση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής (Life Cycle Impact Assessment – LCIA), γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα ποσοτικής αποτίμησης όλων των περιβαλλοντικών κατηγοριών επιπτώσεων.

Τέλος, ορισμένα δεδομένα που αφορούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υλικών συσκευασίας, όπως το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), βασίζονται σε δευτερογενείς πηγές και βιβλιογραφικές αναφορές. Παρόλο που οι πηγές αυτές θεωρούνται αξιόπιστες, ενδέχεται να παρουσιάζουν αποκλίσεις σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες παραγωγής.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκε η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής του προϊόντος γαλάκτωμα σώματος. Συγκεκριμένα, περιγράφηκαν ο στόχος και το πεδίο εφαρμογής της μελέτης, η λειτουργική μονάδα, τα όρια του συστήματος, καθώς και η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση.

Συγχρόνως, παρουσιάστηκαν οι βασικές υποθέσεις και οι περιορισμοί της μελέτης, οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Με βάση τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε, στο επόμενο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης, με έμφαση στην καταγραφή και αξιολόγηση των αποβλήτων που προκύπτουν κατά τα επιμέρους στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος.

4. Ανάλυση Κύκλου Ζωής Καλλυντικού Προϊόντος – Μελέτη Περίπτωσης

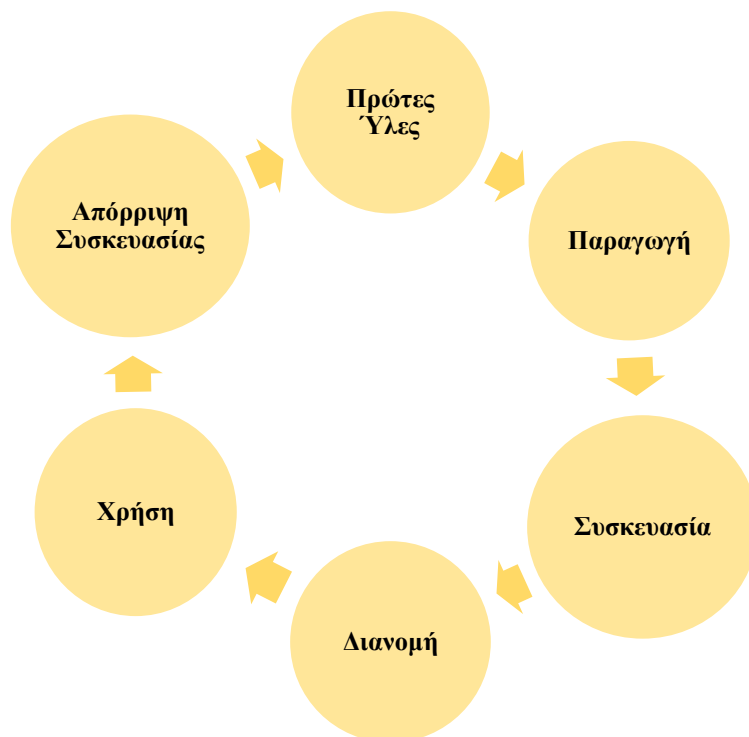
4.1 Περιγραφή του προϊόντος και των βασικών χαρακτηριστικών του

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης εξετάζεται ο κύκλος ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος τύπου γαλάκτωμα σώματος (body milk), το οποίο παράγεται από την εταιρεία στην οποία εργάζομαι. Τα προϊόντα γαλάκτωμα σώματος αποτελούν γαλακτώματα τύπου oil-in-water και χρησιμοποιούνται ευρέως για την ενυδάτωση και τη φροντίδα της επιδερμίδας. Χαρακτηρίζονται από ελαφριά υφή, εύκολη απορρόφηση και υψηλή περιεκτικότητα σε υδατική φάση.

Το συγκεκριμένο προϊόν συσκευάζεται σε πλαστικό σωληνάριο χωρητικότητας 200 ml. Το σωληνάριο προμηθεύεται έτοιμο από εξωτερικό προμηθευτή και φέρει ήδη εκτυπωμένη την ετικέτα με τις απαραίτητες πληροφορίες του προϊόντος, όπως η εμπορική ονομασία, τα συστατικά και οι οδηγίες χρήσης. Κατά τη διαδικασία συσκευασίας στο εργοστάσιο, το σωληνάριο γεμίζεται με το τελικό προϊόν και στη συνέχεια πραγματοποιείται θερμική συγκόλληση στο άνω μέρος της συσκευασίας, ενώ ταυτόχρονα γίνεται και η σήμανση της παρτίδας παραγωγής (lot number).

Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου συσκευασίας είναι ιδιαίτερα συνηθισμένη στον κλάδο των καλλυντικών προϊόντων, καθώς προσφέρει ευκολία χρήσης στον καταναλωτή, προστασία του προϊόντος από εξωτερικούς παράγοντες και σχετικά χαμηλό βάρος υλικού συσκευασίας.

Η ανάλυση του κύκλου ζωής του προϊόντος επικεντρώνεται κυρίως στα στάδια της παραγωγής, της συσκευασίας, της διάθεσης στην αγορά και της τελικής απόρριψης της συσκευασίας μετά τη χρήση του προϊόντος.



Σχήμα 4.1 Κύκλος ζωής προϊόντος body milk

4.2 Σύνθεση του γαλακτώματος (body milk)

Τα γαλακτώματα σώματος αποτελούν συνήθως γαλακτώματα που περιέχουν υδατική και λιπαρή φάση, καθώς και διάφορα λειτουργικά συστατικά που συμβάλλουν στη σταθερότητα και στις καλλυντικές ιδιότητες του προϊόντος. Η ακριβής σύνθεση του προϊόντος μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη φόρμουλα κάθε εταιρείας, ωστόσο γενικά περιλαμβάνει ορισμένες βασικές κατηγορίες συστατικών.

Η υδατική φάση αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της σύνθεσης και περιλαμβάνει κυρίως νερό, καθώς και υδατοδιαλυτά συστατικά όπως ενυδατικούς παράγοντες (humectants) και παράγοντες αύξησης του ιξώδους (thickeners). Οι ενυδατικοί παράγοντες συμβάλλουν στη συγκράτηση της υγρασίας στην επιδερμίδα, ενώ οι παράγοντες αύξησης του ιξώδους βοηθούν στη δημιουργία της επιθυμητής υφής του προϊόντος.

Η λιπαρή φάση περιλαμβάνει φυτικά ή συνθετικά έλαια, βούτυρα (butters) και γαλακτωματοποιητές (emulsifiers), οι οποίοι επιτρέπουν τη σταθερή ανάμιξη της υδατικής και της λιπαρής φάσης, σχηματίζοντας ένα σταθερό γαλάκτωμα. Τα

συστατικά αυτά συμβάλλουν επίσης στη θρέψη και στην προστασία της επιδερμίδας. Επιπλέον, στο τελικό στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας προστίθενται συντηρητικά, τα οποία διασφαλίζουν τη μικροβιολογική σταθερότητα του προϊόντος, καθώς και αρωματικές ουσίες που προσδίδουν ευχάριστο άρωμα στο καλλυντικό προϊόν.

Η παραγωγή των δύο βασικών φάσεων (υδατικής και λιπαρής) πραγματοποιείται αρχικά ξεχωριστά και στη συνέχεια οι φάσεις αυτές αναμιγνύονται και ομογενοποιούνται υπό κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και ανάδευσης, ώστε να προκύψει το τελικό γαλάκτωμα.

4.3 Παραγωγική διαδικασία και εξοπλισμός

4.3.1 Προετοιμασία πρώτων υλών

Η παραγωγή του γαλακτώματος για το σώμα ξεκινά με το στάδιο της προετοιμασίας των πρώτων υλών που θα χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή του γαλακτώματος. Οι πρώτες ύλες αποθηκεύονται σε κατάλληλους χώρους εντός των εγκαταστάσεων της εταιρείας και πριν από τη χρήση τους ελέγχεται η συμμόρφωσή τους με τις προδιαγραφές ποιότητας.

Κατά το στάδιο αυτό πραγματοποιείται η ζύγιση των απαιτούμενων ποσοτήτων των συστατικών σύμφωνα με τη φόρμουλα του προϊόντος. Η διαδικασία της ζύγισης αποτελεί σημαντικό βήμα για τη διασφάλιση της σταθερότητας και της ποιότητας του τελικού προϊόντος, καθώς ακόμη και μικρές αποκλίσεις στις ποσότητες των συστατικών μπορεί να επηρεάσουν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του γαλακτώματος.

Οι πρώτες ύλες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, την υδατική φάση και τη λιπαρή φάση. Η υδατική φάση περιλαμβάνει κυρίως το νερό, καθώς και υδατοδιαλυτά συστατικά όπως ενυδατικούς παράγοντες και παράγοντες αύξησης του ιξώδους. Η λιπαρή φάση περιλαμβάνει έλαια, βούτυρα και γαλακτωματοποιητές, τα οποία συμβάλλουν στη δημιουργία και στη σταθεροποίηση του γαλακτώματος. Η προετοιμασία των δύο φάσεων πραγματοποιείται σε βοηθητικές δεξαμενές, όπου τα συστατικά ζυγίζονται και προετοιμάζονται πριν μεταφερθούν στη βασική δεξαμενή παραγωγής. Η διαδικασία

αυτή επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση της παραγωγής και τη σωστή διαχείριση των πρώτων υλών, μειώνοντας παράλληλα τον κίνδυνο σφαλμάτων κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Μετά την ολοκλήρωση της προετοιμασίας και της ζύγισης των πρώτων υλών, οι δύο φάσεις οδηγούνται στη δεξαμενή παραγωγής όπου πραγματοποιείται η διαδικασία της ανάμιξης και της ομογενοποίησης για τη δημιουργία του τελικού γαλακτώματος.

4.3.2 Παρασκευή / ανάμιξη προϊόντος

Μετά την ολοκλήρωση της προετοιμασίας των πρώτων υλών, ακολουθεί το στάδιο της παραγωγής του γαλακτώματος, το οποίο πραγματοποιείται σε κεντρική δεξαμενή παραγωγής μεγάλης χωρητικότητας. Στην υπό μελέτη παραγωγική διαδικασία χρησιμοποιείται δεξαμενή δυναμικότητας περίπου ενός τόνου, η οποία είναι εξοπλισμένη με σύστημα ανάδευσης και ομογενοποίησης, καθώς και με διπλό τοίχωμα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας.

Αρχικά παρασκευάζονται ξεχωριστά η υδατική και η λιπαρή φάση του προϊόντος σε βοηθητικές δεξαμενές. Η υδατική φάση περιλαμβάνει κυρίως το νερό και τα υδατοδιαλυτά συστατικά του προϊόντος, ενώ η λιπαρή φάση αποτελείται από έλαια, βούτυρα και γαλακτωματοποιητές. Κατά την προετοιμασία των φάσεων πραγματοποιείται θέρμανση των συστατικών σε κατάλληλη θερμοκρασία, ώστε να διευκολυνθεί η διάλυση και η ομοιόμορφη κατανομή των συστατικών.

Η θέρμανση της δεξαμενής πραγματοποιείται μέσω ατμού που κυκλοφορεί στο διπλό τοίχωμα της δεξαμενής, επιτρέποντας τον αποτελεσματικό έλεγχο της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Αφού οι δύο φάσεις φτάσουν στην επιθυμητή θερμοκρασία, μεταφέρονται στη βασική δεξαμενή παραγωγής όπου πραγματοποιείται η ανάμιξη των συστατικών. Κατά τη διαδικασία αυτή ενεργοποιείται το σύστημα ανάδευσης και ομογενοποίησης της δεξαμενής, το οποίο συμβάλλει στη δημιουργία ενός σταθερού γαλακτώματος τύπου oil-in-water. Η ομογενοποίηση είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επίτευξη ομοιόμορφης υφής και σταθερότητας του προϊόντος, καθώς επιτρέπει τη σωστή διασπορά της λιπαρής φάσης μέσα στην υδατική φάση.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας ομογενοποίησης, το γαλάκτωμα ψύχεται σταδιακά μέσω κυκλοφορίας νερού στο διπλό τοίχωμα της δεξαμενής. Κατά τη φάση της ψύξης προστίθενται τα θερμοευαίσθητα συστατικά, όπως τα συντηρητικά και οι αρωματικές ουσίες, ώστε να διασφαλιστεί η σταθερότητα και η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Το τελικό προϊόν, γνωστό και ως bulk, μεταφέρεται στη συνέχεια σε παλετοδεξαμενές (IBC containers), από όπου οδηγείται στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας που αφορά τη συσκευασία του προϊόντος.

4.3.3 Πλήρωση και συσκευασία

Μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής και της ψύξης του γαλακτώματος, το τελικό προϊόν (bulk) μεταφέρεται από τη δεξαμενή παραγωγής σε ειδικές παλετοδεξαμενές (IBC containers), οι οποίες χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση και μεταφορά του προϊόντος εντός των εγκαταστάσεων της εταιρείας. Οι δεξαμενές αυτές επιτρέπουν την ασφαλή διακίνηση του προϊόντος προς τον χώρο συσκευασίας, διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα και την υγιεινή του προϊόντος. Στη συνέχεια η παλετοδεξαμενή μεταφέρεται στον χώρο της συσκευασίας, όπου το προϊόν οδηγείται μέσω αντλίας προς τη γεμιστική μηχανή. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει τη συνεχή τροφοδοσία της γραμμής συσκευασίας με το παραγόμενο προϊόν.

Η συσκευασία του προϊόντος πραγματοποιείται σε πλαστικά σωληνάρια χωρητικότητας 200 ml, τα οποία προμηθεύεται η εταιρεία έτοιμα από εξωτερικό προμηθευτή. Τα σωληνάρια φέρουν ήδη εκτυπωμένη την ετικέτα με τις πληροφορίες του προϊόντος, γεγονός που απλοποιεί τη διαδικασία συσκευασίας. Κατά τη λειτουργία της γεμιστικής μηχανής, το προϊόν διοχετεύεται στο εσωτερικό του σωληναρίου στην προκαθορισμένη ποσότητα. Στη συνέχεια πραγματοποιείται θερμική συγκόλληση στο άνω μέρος του σωληναρίου, ώστε να επιτευχθεί το κλείσιμο της συσκευασίας και η προστασία του περιεχομένου από εξωτερικούς παράγοντες. Ταυτόχρονα με τη διαδικασία συγκόλλησης πραγματοποιείται και η εκτύπωση του αριθμού παρτίδας (lot number), ο οποίος επιτρέπει την ιχνηλασιμότητα του προϊόντος κατά τη διακίνησή του στην αγορά.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας πλήρωσης και σφράγισης, τα τελικά προϊόντα συλλέγονται και τοποθετούνται σε κατάλληλα μέσα μεταφοράς για την αποθήκευση και την επόμενη φάση της διανομής.

4.3.4 Καθαρισμός εξοπλισμού και εγκαταστάσεων

Μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής και της διαδικασίας συσκευασίας, ακολουθεί το στάδιο του καθαρισμού του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε κατά την παραγωγική διαδικασία. Ο καθαρισμός αποτελεί απαραίτητο μέρος της παραγωγής καλλυντικών προϊόντων, καθώς διασφαλίζει την υγιεινή των εγκαταστάσεων, την αποφυγή επιμολύνσεων μεταξύ διαφορετικών παρτίδων προϊόντων και τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις ορθής βιομηχανικής πρακτικής (Good Manufacturing Practices – GMP).

Ο εξοπλισμός που καθαρίζεται περιλαμβάνει κυρίως τη δεξαμενή παραγωγής, τις βοηθητικές δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των επιμέρους φάσεων, τις σωληνώσεις μεταφοράς του προϊόντος, καθώς και τον εξοπλισμό της γραμμής συσκευασίας, όπως τη γεμιστική μηχανή.

Η διαδικασία καθαρισμού πραγματοποιείται συνήθως μετά το τέλος κάθε παραγωγικής παρτίδας. Ο εξοπλισμός αποσυναρμολογείται όπου είναι απαραίτητο και μεταφέρεται σε ειδικό χώρο καθαρισμού. Ο καθαρισμός πραγματοποιείται με χρήση νερού και κατάλληλων καθαριστικών μέσων, τα οποία συμβάλλουν στην απομάκρυνση υπολειμμάτων προϊόντος από τις επιφάνειες του εξοπλισμού.

Κατά τη διαδικασία αυτή καταναλώνονται σημαντικές ποσότητες νερού, ενώ παράλληλα παράγονται υγρά απόβλητα που περιέχουν υπολείμματα του καλλυντικού προϊόντος και των καθαριστικών ουσιών. Τα απόβλητα αυτά αποτελούν ένα από τα σημαντικά περιβαλλοντικά φορτία που σχετίζονται με τη φάση της παραγωγής και λαμβάνονται υπόψη στο πλαίσιο της ανάλυσης κύκλου ζωής του προϊόντος. Η σωστή διαχείριση του καθαρισμού του εξοπλισμού είναι σημαντική τόσο για τη διασφάλιση της ποιότητας του προϊόντος όσο και για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με την κατανάλωση πόρων και την παραγωγή αποβλήτων κατά τη βιομηχανική παραγωγή καλλυντικών προϊόντων.

Η συνολική παραγωγική διαδικασία του γαλακτώματος παρουσιάζεται συνοπτικά στο Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2 Παραγωγική διαδικασία γαλακτώματος (body milk)

4.4 Ανάλυση αποβλήτων ανά στάδιο κύκλου ζωής

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα κύρια είδη αποβλήτων που προκύπτουν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος γαλάκτωμα σώματος. Η ανάλυση επικεντρώνεται κυρίως στη φάση της παραγωγής και της συσκευασίας του προϊόντος, καθώς και στη διαδικασία καθαρισμού του εξοπλισμού μετά το τέλος της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα απόβλητα που δημιουργούνται κατά τα στάδια αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε στερεά απόβλητα παραγωγής, απόβλητα συσκευασίας και υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τον καθαρισμό του εξοπλισμού. Η κατηγοριοποίηση αυτή επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των πηγών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη βιομηχανική παραγωγή του προϊόντος.

Στο πλαίσιο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής πραγματοποιήθηκε καταγραφή των βασικών εισροών και εκροών της παραγωγικής διαδικασίας του προϊόντος γαλάκτωμα σώματος. Οι εισροές περιλαμβάνουν τις πρώτες ύλες, την κατανάλωση ενέργειας και νερού, καθώς και τα υλικά συσκευασίας, ενώ οι εκροές αφορούν το τελικό προϊόν και τα παραγόμενα απόβλητα. Η καταγραφή αυτή αποτελεί βασικό στάδιο της απογραφής κύκλου ζωής (Life Cycle Inventory – LCI), καθώς παρέχει τα απαραίτητα δεδομένα για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με την παραγωγή του προϊόντος.

Οι τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1 αποτελούν ενδεικτικές εκτιμήσεις ανά λειτουργική μονάδα 1 kg τελικού προϊόντος και βασίζονται σε στοιχεία της παραγωγικής διαδικασίας της υπό μελέτη εταιρείας, καθώς και σε βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με την παραγωγή καλλυντικών προϊόντων και την εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στον κλάδο των καλλυντικών (Martins & Marto, 2023, Krzyżostan et al., 2024, Siwiec et al., 2025).

Κατηγορία	Παράμετρος	Μονάδα	Εκτίμηση
Εισροές	Πρώτες ύλες	Kg	1
	Ηλεκτρική ενέργεια	kWh	0,3–0,5
	Νερό παραγωγής	L	2–3
	Υλικά συσκευασίας	Kg	0,02–0,03
Εκροές	Τελικό προϊόν	Kg	1
	Απώλειες προϊόντος	Kg	0,01–0,03
	Απόβλητα συσκευασίας	Kg	0,005–0,01
	Υγρά απόβλητα	L	1–2

Πίνακας 4.1 Εισροές και εκροές παραγωγικής διαδικασίας (Πηγή: Στοιχεία παραγωγικής διαδικασίας της εταιρείας και προσαρμογή βάσει βιβλιογραφικών δεδομένων (Martins & Marto, 2023, Krzyżostan et al., 2024, Siwiec et al., 2025).

Ο Πίνακας 4.1 παρουσιάζει ενδεικτικά δεδομένα ανά λειτουργική μονάδα 1 kg τελικού προϊόντος. Η ποσότητα του τελικού προϊόντος θεωρείται ίση με 1 kg για λόγους συγκρισιμότητας και απλοποίησης της ανάλυσης. Οι απώλειες προϊόντος, τα απόβλητα συσκευασίας και τα υγρά απόβλητα καθαρισμού αποτυπώνονται ξεχωριστά ως πρόσθετες εκροές της παραγωγικής διαδικασίας και δεν περιλαμβάνονται στη μάζα του τελικού προϊόντος.

Από τα δεδομένα του πίνακα προκύπτει ότι σημαντικές εισροές αποτελούν το νερό και η ενέργεια, ενώ οι κύριες εκροές σχετίζονται με τις απώλειες προϊόντος και τα υγρά απόβλητα που παράγονται κατά τον καθαρισμό του εξοπλισμού. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με τη βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία η κατανάλωση νερού και η παραγωγή υγρών αποβλήτων αποτελούν σημαντικές περιβαλλοντικές προκλήσεις για τη βιομηχανία καλλυντικών.

4.4.1 Απόβλητα παραγωγής

Τα απόβλητα παραγωγής προκύπτουν κυρίως από απώλειες πρώτων υλών ή τελικού προϊόντος κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Τέτοιου είδους απώλειες μπορεί να εμφανιστούν κατά τη μεταφορά των πρώτων υλών, κατά τη

διαδικασία ανάμιξης και ομογενοποίησης ή κατά τη μεταφορά του τελικού προϊόντος προς το στάδιο της συσκευασίας. Επιπλέον, μικρές ποσότητες προϊόντος ενδέχεται να παραμένουν στα τοιχώματα των δεξαμενών παραγωγής, στις σωληνώσεις μεταφοράς ή στον εξοπλισμό της γραμμής παραγωγής. Οι ποσότητες αυτές θεωρούνται απώλειες προϊόντος και αποτελούν μέρος των αποβλήτων της παραγωγικής διαδικασίας.

Η ύπαρξη τέτοιων απωλειών είναι συνηθισμένη στη βιομηχανική παραγωγή καλλυντικών προϊόντων και συνδέεται με τη φύση των διεργασιών ανάμιξης, μεταφοράς και επεξεργασίας των υλικών.

4.4.2 Απόβλητα συσκευασίας

Κατά τη διαδικασία συσκευασίας του προϊόντος ενδέχεται να προκύψουν στερεά απόβλητα που σχετίζονται με τα υλικά συσκευασίας. Στην περίπτωση του υπό μελέτη προϊόντος, το οποίο συσκευάζεται σε πλαστικά σωληνάρια χωρητικότητας 200 ml, τα απόβλητα συσκευασίας μπορεί να περιλαμβάνουν ελαττωματικά σωληνάρια, απορριπτόμενες συσκευασίες λόγω σφαλμάτων στη διαδικασία πλήρωσης ή συγκόλλησης, καθώς και υλικά συσκευασίας που δεν πληρούν τις προδιαγραφές ποιότητας. Τα απόβλητα αυτά αποτελούνται κυρίως από πλαστικό υλικό και η διαχείρισή τους πραγματοποιείται σύμφωνα με τις διαδικασίες διαχείρισης αποβλήτων της εταιρείας. Η σωστή διαχείριση των υλικών αυτών είναι σημαντική για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη χρήση πλαστικών υλικών στη βιομηχανία καλλυντικών.

4.4.3 Υγρά απόβλητα καθαρισμού

Τα υγρά απόβλητα καθαρισμού προκύπτουν κατά τη διαδικασία πλύσης του εξοπλισμού παραγωγής και συσκευασίας μετά την ολοκλήρωση της παραγωγικής διαδικασίας. Κατά τον καθαρισμό χρησιμοποιούνται νερό και καθαριστικά μέσα για την απομάκρυνση υπολειμμάτων προϊόντος από τις επιφάνειες των δεξαμενών, των σωληνώσεων και του εξοπλισμού συσκευασίας. Τα απόβλητα αυτά περιέχουν κυρίως νερό, μικρές ποσότητες καλλυντικού προϊόντος και υπολείμματα καθαριστικών ουσιών. Λόγω της σύστασής τους, τα υγρά αυτά απόβλητα αποτελούν σημαντικό στοιχείο της περιβαλλοντικής αποτύπωσης της παραγωγικής διαδικασίας

και λαμβάνονται υπόψη στην ανάλυση κύκλου ζωής του προϊόντος. Η κατανάλωση νερού για τον καθαρισμό του εξοπλισμού αποτελεί επίσης σημαντικό παράγοντα που σχετίζεται με τη χρήση φυσικών πόρων κατά την παραγωγή καλλυντικών προϊόντων. Τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού του εξοπλισμού οδηγούνται σε μονάδα βιολογικού καθαρισμού εντός ή εκτός των εγκαταστάσεων της εταιρείας, όπου υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία πριν τη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Μετά την επεξεργασία, τα απόβλητα απορρίπτονται σε φυσικό αποδέκτη, όπως είναι ο ποταμός Ασωπός, σύμφωνα με την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία.

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάστηκαν τα βασικά είδη αποβλήτων που προκύπτουν κατά τα επιμέρους στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του προϊόντος γαλάκτωμα σώματος, καθώς και κατά τη διαδικασία συσκευασίας και καθαρισμού του εξοπλισμού.

Για τη συνοπτική αποτύπωση των αποβλήτων αυτών, στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των αποβλήτων ανά στάδιο του κύκλου ζωής, μαζί με ενδεικτικές εκτιμήσεις των ποσοτήτων τους. Η παρουσίαση αυτή διευκολύνει την κατανόηση των κύριων πηγών περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που σχετίζονται με την παραγωγή του προϊόντος.

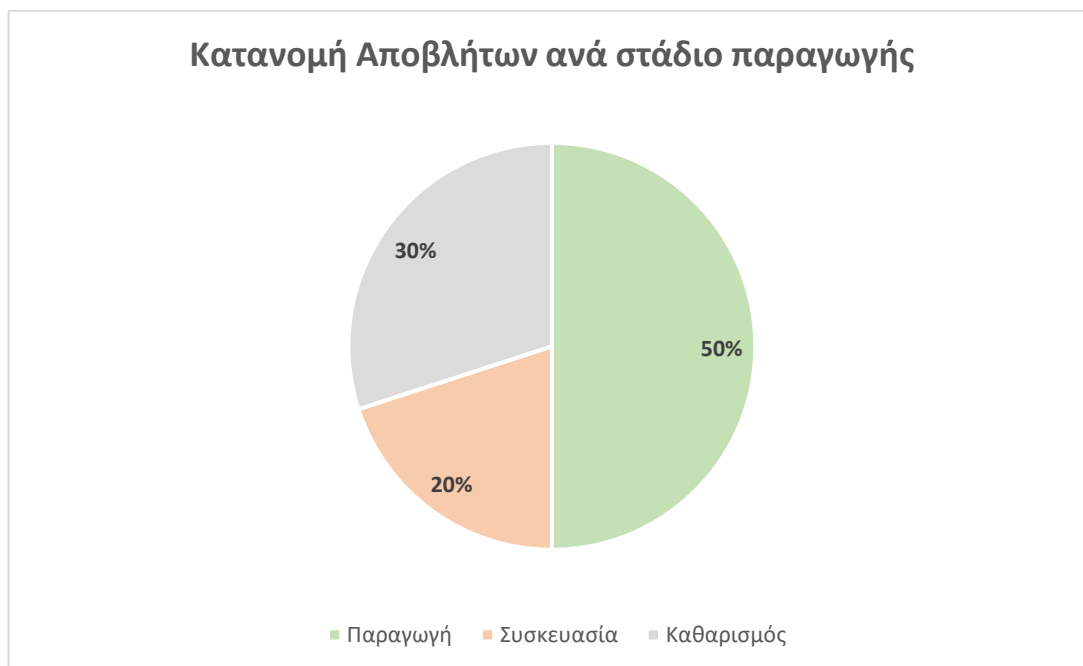
Στάδιο	Τύπος αποβλήτου	Περιγραφή	Εκτίμηση
Παραγωγή	Υπολείμματα προϊόντος	Παραμονή σε δεξαμενές & σωληνώσεις	1–3%
Παραγωγή	Απώλειες πρώτων υλών	Ζύγιση/μεταφορά	<1%
Συσκευασία	Πλαστικά απόβλητα	Ελαττωματικά σωληνάκια	0,5–1%
Συσκευασία	Απορρίψεις προϊόντος	Λάθη πλήρωσης	<0,5%

Καθαρισμός	Υγρά απόβλητα	Νερό + υπολείμματα προϊόντος	1–2 L/kg
------------	---------------	------------------------------------	----------

Πίνακας 4.2 Παραγόμενα απόβλητα ανά στάδιο

Από τον Πίνακα 4.2 προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αποβλήτων σχετίζεται με το στάδιο της παραγωγής και της διαδικασίας καθαρισμού του εξοπλισμού, ενώ τα απόβλητα συσκευασίας εμφανίζονται σε μικρότερο ποσοστό. Η παρατήρηση αυτή υποδεικνύει ότι οι κύριες δυνατότητες βελτίωσης εντοπίζονται στα στάδια της παραγωγής και της διαχείρισης υγρών αποβλήτων.

Η κατανομή των αποβλήτων ανά στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1: Κατανομή αποβλήτων ανά στάδιο παραγωγής

Όπως προκύπτει από το γράφημα, το μεγαλύτερο ποσοστό αποβλήτων σχετίζεται με το στάδιο της παραγωγής, ενώ σημαντική συμβολή έχουν και τα υγρά απόβλητα από τον καθαρισμό του εξοπλισμού.

4.5 Ενδεικτική εκτίμηση ανθρακικού αποτυπώματος συσκευασίας

Εκτός από την ποσοτική αποτύπωση των αποβλήτων που προκύπτουν κατά τα επιμέρους στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος, είναι σημαντικό να εξεταστούν και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τα χρησιμοποιούμενα υλικά, όπως η συσκευασία. Στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιείται μία ενδεικτική εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος της πρωτογενούς συσκευασίας του προϊόντος γαλάκτωμα σώματος.

Ο υπολογισμός βασίζεται στο βάρος των υλικών συσκευασίας και σε βιβλιογραφικούς συντελεστές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e), σύμφωνα με τη γενική σχέση:

$$\text{CO}_2\text{e} = \text{μάζα υλικού} \times \text{συντελεστής εκπομπών}$$

Για την ενδεικτική εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος της πρωτογενούς συσκευασίας του γαλακτώματος (body milk) χρησιμοποιήθηκαν τα πραγματικά βάρη των βασικών υλικών συσκευασίας. Το σωληνάριο είναι κατασκευασμένο από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE, High-Density Polyethylene) και έχει βάρος 14,9 g, ενώ το καπάκι είναι κατασκευασμένο από πολυπροπυλένιο (PP, Polypropylene) και έχει βάρος 9,7 g. Για τον σκοπό της παρούσας εκτίμησης χρησιμοποιείται ενδεικτικός συντελεστής εκπομπών 2,5 kg CO₂e/kg υλικού, ο οποίος βρίσκεται εντός του εύρους τιμών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για συμβατικά πλαστικά υλικά συσκευασίας, όπως το HDPE και το PP (PlasticsEurope, 2023, Franklin Associates, 2018). Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς και συγκριτικούς σκοπούς και δεν αντικαθιστά τα αποτελέσματα μίας πλήρους μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Με βάση τα παραπάνω, το ανθρακικό αποτύπωμα της συσκευασίας υπολογίζεται ως εξής:

- Το βάρος του σωληναρίου είναι:
14,9 g = 0,0149 kg
- Το βάρος του πώματος είναι:
9,7 g = 0,0097 kg

Επομένως:

- Σωληνάριο(HDPE):
 $0,0149 \text{ kg} \times 2,5 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 0,03725 \text{ kg CO}_2\text{e}$
- Καπάκι(PP):
 $0,0097 \text{ kg} \times 2,5 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 0,02425 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Συνεπώς, το συνολικό ενδεικτικό ανθρακικό αποτύπωμα της πρωτογενούς συσκευασίας, χωρίς να συνυπολογίζεται το προστατευτικό foil, εκτιμάται σε:

0,0615 kg CO₂e ανά τεμάχιο προϊόντος

Δηλαδή περίπου:

61,5 g CO₂e ανά τεμάχιο προϊόντος

Για παραγωγή 1000 τεμαχίων, το αντίστοιχο ανθρακικό αποτύπωμα της συσκευασίας εκτιμάται ως:

$0,0615 \times 1000 = 61,5 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Στην παρούσα ενδεικτική εκτίμηση δεν συνυπολογίζεται το προστατευτικό foil, λόγω του πολύ μικρού βάρους του σε σχέση με τα βασικά στοιχεία της πρωτογενούς συσκευασίας. Η παράλειψη αυτή θεωρείται ότι δεν επηρεάζει ουσιαστικά το συνολικό αποτέλεσμα της εκτίμησης. Οι υπολογισμοί αυτοί είναι ενδεικτικοί και δεν αποτελούν πλήρη Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Παρέχουν, ωστόσο, μία πρώτη εκτίμηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που σχετίζεται με την πρωτογενή συσκευασία του προϊόντος.

Οι υπολογισμοί αυτοί αποτελούν ενδεικτικές εκτιμήσεις και βασίζονται σε βιβλιογραφικούς συντελεστές εκπομπών που χρησιμοποιούνται ευρέως για την προσέγγιση του ανθρακικού αποτυπώματος πλαστικών υλικών συσκευασίας. Ωστόσο, οι πραγματικές τιμές ενδέχεται να διαφοροποιούνται ανάλογα με την τεχνολογία παραγωγής, τη γεωγραφική προέλευση των υλικών, τη χρήση ανακυκλωμένου περιεχομένου και τις συνθήκες μεταφοράς. Για τον λόγο αυτό, η πλήρης και ακριβής εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένων εργαλείων Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA software) και λεπτομερών πρωτογενών δεδομένων. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή παρέχει μία πρώτη εικόνα της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που σχετίζεται με τη συσκευασία

του προϊόντος και μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη πρακτικών βελτίωσης με στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Στοιχείο	Βάρος (kg)	Συντελεστής CO _{2e}	CO _{2e} (kg)
Σωληνάριο	0,0149	2,5	0,03725
Πώμα	0,0097	2,5	0,02425
Σύνολο	0,0246		0,0615

Πίνακας 4.3 Εκτίμηση ανθρακικού αποτυπώματος συσκευασίας (Πηγή: Ίδια επεξεργασία βάσει πραγματικών βαρών συσκευασίας της εταιρείας και βιβλιογραφικών συντελεστών εκπομπών για πλαστικά υλικά συσκευασίας (PlasticsEurope, 2023, Franklin Associates, 2018).

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.3 προκύπτει ότι η πρωτογενής συσκευασία του προϊόντος συμβάλλει σε εκπομπές περίπου 0,0615 kg CO_{2e} ανά τεμάχιο προϊόντος. Το μεγαλύτερο ποσοστό του ανθρακικού αποτυπώματος προέρχεται από το σωληνάριο HDPE, λόγω της μεγαλύτερης μάζας του σε σχέση με τα υπόλοιπα στοιχεία της συσκευασίας.

Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν ότι η επιλογή των υλικών συσκευασίας αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη συνολική περιβαλλοντική επίδοση ενός καλλυντικού προϊόντος. Παρότι η παρούσα εκτίμηση είναι ενδεικτική και δεν περιλαμβάνει όλα τα στάδια του κύκλου ζωής της συσκευασίας, αναδεικνύει τη σημασία της χρήσης ελαφρύτερων ή ανακυκλωμένων υλικών ως πιθανή πρακτική μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Επιπλέον, η εκτίμηση αυτή υποστηρίζει τις προτεινόμενες πρακτικές βελτίωσης που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο, όπου εξετάζονται εναλλακτικές προσεγγίσεις για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της συσκευασίας και της παραγωγικής διαδικασίας συνολικά.

Επισημαίνεται ότι η παρούσα εκτίμηση αφορά αποκλειστικά το ανθρακικό αποτύπωμα της πρωτογενούς συσκευασίας του προϊόντος και δεν αντιπροσωπεύει το συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα του προϊόντος γαλάκτωμα σώματος. Στην

εκτίμηση δεν περιλαμβάνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την παραγωγή και μεταφορά των πρώτων υλών, την παραγωγική διαδικασία, τη μεταφορά και διανομή του προϊόντος, τη φάση χρήσης από τον καταναλωτή, καθώς και την τελική διαχείριση των αποβλήτων μετά τη χρήση. Η πλήρης αποτίμηση των επιπτώσεων αυτών θα απαιτούσε την εφαρμογή ολοκληρωμένης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής και Αξιολόγησης Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής (LCIA), με τη χρήση εξειδικευμένων εργαλείων και πρωτογενών δεδομένων για όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος.

5. Συζήτηση και Πρακτικές Βελτίωσης

5.1 Σύγκριση ευρημάτων με τη βιβλιογραφία

5.1.1 Κύκλος ζωής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η παρούσα μελέτη βασίστηκε στις αρχές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA) με σκοπό την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός γαλακτώματος για το σώμα κατά τα βασικά στάδια του κύκλου ζωής του. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τη σημασία της προσέγγισης LCA ως εργαλείου εντοπισμού των σταδίων που συμβάλλουν περισσότερο στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα του προϊόντος, όπως αναφέρεται και στη σχετική βιβλιογραφία (Sillero et al., 2021, Karadayi-Usta, 2025). Η ανάλυση έδειξε ότι σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία, την κατανάλωση νερού κατά τον καθαρισμό του εξοπλισμού και τη χρήση υλικών συσκευασίας. Το εύρημα αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των καλλυντικών προϊόντων δεν περιορίζονται αποκλειστικά στο τελικό προϊόν, αλλά εκτείνονται σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους, από την επιλογή των πρώτων υλών έως τη διαχείριση των αποβλήτων (Martins & Marto, 2023, Vassallo & Refalo, 2024). Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει και η επιλογή των πρώτων υλών, καθώς η βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι η προέλευση, η επεξεργασία και η βιωσιμότητα των συστατικών επηρεάζουν σημαντικά το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα των καλλυντικών προϊόντων. Τα συμπεράσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από την παρούσα μελέτη, η οποία αναδεικνύει τον ρόλο των πρώτων υλών ως βασικού παράγοντα περιβαλλοντικής επίδοσης.

5.1.2 Διαχείριση αποβλήτων και κατανάλωση πόρων

Η ανάλυση των αποβλήτων που παράγονται κατά την παραγωγή του προϊόντος ανέδειξε τη σημασία της ορθής διαχείρισης των υγρών και στερεών αποβλήτων, καθώς και της αποτελεσματικής αξιοποίησης των φυσικών πόρων. Ιδιαίτερα σημαντική αναδείχθηκε η κατανάλωση νερού κατά τη διαδικασία καθαρισμού του εξοπλισμού παραγωγής και συσκευασίας. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με τη

βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία η κατανάλωση νερού και η παραγωγή υγρών αποβλήτων αποτελούν βασικές περιβαλλοντικές προκλήσεις για τη βιομηχανία καλλυντικών (Krzyżostan et al., 2024, Siwiec et al., 2025). Παράλληλα, η βιβλιογραφία τονίζει ότι η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων και η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων συμβάλλουν ουσιαστικά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στη βελτίωση της βιωσιμότητας των βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Στην περίπτωση της υπό μελέτη εταιρείας, η λειτουργία μονάδας βιολογικού καθαρισμού εντός των εγκαταστάσεων και η εφαρμογή προγραμμάτων ανακύκλωσης αποτελούν πρακτικές που βρίσκονται σε συμφωνία με τις σύγχρονες κατευθύνσεις της βιβλιογραφίας σχετικά με τη βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων.

5.1.3 Βιώσιμες πρακτικές και περιβαλλοντική διαχείριση

Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα της παρούσας εργασίας αφορά τη συμβολή της συσκευασίας στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα του προϊόντος. Η ενδεικτική εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος της πρωτογενούς συσκευασίας ανέδειξε τη σημαντική συμβολή των υλικών συσκευασίας στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τη συσκευασία του προϊόντος. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με τη βιβλιογραφία, η οποία αναφέρει ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συσκευασίας εκτείνονται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της, από την παραγωγή των πρώτων υλών έως την τελική διαχείριση των αποβλήτων (Sayeed & Goyal, 2025, Zhang et al., 2026). Η βιβλιογραφία υποστηρίζει επίσης ότι η χρήση ανακυκλώσιμων και ανακυκλωμένων υλικών, η μείωση του βάρους της συσκευασίας και η εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των προϊόντων (Corona et al., 2019, Karadayi-Usta, 2025). Οι παρατηρήσεις αυτές συνδέονται άμεσα με τις προτεινόμενες πρακτικές βελτίωσης που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία.

Παράλληλα, η εταιρεία εφαρμόζει πιστοποιημένο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001 και συμμετέχει στο σύστημα EMAS, ενώ παρακολουθεί συστηματικά δείκτες που σχετίζονται με την κατανάλωση νερού, την κατανάλωση ενέργειας, την παραγωγή αποβλήτων και την ανακύκλωση. Οι πρακτικές αυτές ανταποκρίνονται στις σύγχρονες τάσεις βιώσιμης

παραγωγής που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία και επιβεβαιώνουν τη σημασία της περιβαλλοντικής διαχείρισης στη βιομηχανία καλλυντικών.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρουσιάζουν σημαντική συμφωνία με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, καθώς δεν προέκυψαν ουσιώδεις αποκλίσεις ως προς τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των καλλυντικών προϊόντων. Η επιλογή πρώτων υλών, η κατανάλωση φυσικών πόρων, η διαχείριση αποβλήτων και η συσκευασία αναδείχθηκαν ως κρίσιμοι παράγοντες τόσο στη βιβλιογραφία όσο και στη μελέτη περίπτωσης. Παράλληλα, αναδεικνύεται η σημασία της εφαρμογής ολοκληρωμένων συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης και συνεχούς βελτίωσης για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των επιχειρήσεων του κλάδου.

5.2 Προτεινόμενες πρακτικές βελτίωσης

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κύκλου ζωής του γαλακτώματος για το σώμα, όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4, εντοπίζονται συγκεκριμένα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας που συμβάλλουν περισσότερο στην περιβαλλοντική επιβάρυνση. Τα στάδια αυτά σχετίζονται κυρίως με τις απώλειες προϊόντος κατά την παραγωγή, την κατανάλωση νερού κατά τον καθαρισμό του εξοπλισμού και τη χρήση υλικών συσκευασίας. Στο πλαίσιο αυτό, προτείνονται οι ακόλουθες πρακτικές βελτίωσης με στόχο τη μείωση των αποβλήτων και την ενίσχυση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας της παραγωγικής διαδικασίας.

5.2.1 Μείωση αποβλήτων παραγωγής

Οι απώλειες προϊόντος κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας αποτελούν μία από τις κύριες πηγές αποβλήτων. Οι απώλειες αυτές προκύπτουν κυρίως από την παραμονή υπολειμμάτων προϊόντος σε δεξαμενές, σωληνώσεις και εξοπλισμό μεταφοράς. Για τη μείωση των αποβλήτων αυτών προτείνονται:

- Βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των σωληνώσεων και των δεξαμενών, ώστε να μειώνονται τα υπολείμματα προϊόντος
- Χρήση αποδοτικότερων συστημάτων μεταφοράς και εκκένωσης του προϊόντος
- Εφαρμογή πρακτικών ανάκτησης προϊόντος όπου αυτό είναι τεχνικά εφικτό.

Η μείωση των απωλειών συμβάλλει τόσο στη μείωση των αποβλήτων όσο και στη βελτίωση της αποδοτικότητας της παραγωγής.

5.2.2 Βελτιστοποίηση διαδικασιών καθαρισμού

Η διαδικασία καθαρισμού του εξοπλισμού αποτελεί σημαντική πηγή κατανάλωσης νερού και παραγωγής υγρών αποβλήτων. Από την ανάλυση προκύπτει ότι τα υγρά απόβλητα καθαρισμού συμβάλλουν σημαντικά στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγικής διαδικασίας. Για τη βελτίωση του σταδίου αυτού προτείνονται:

- Βελτιστοποίηση της κατανάλωσης νερού μέσω ελέγχου των παραμέτρων καθαρισμού (χρόνος, πίεση, ποσότητα νερού)
- Εξέταση δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης νερού μετά από κατάλληλη επεξεργασία
- Επιλογή καθαριστικών μέσων με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Οι πρακτικές αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης φυσικών πόρων και των παραγόμενων αποβλήτων.

5.2.3 Βελτίωση συσκευασίας

Η συσκευασία του προϊόντος συμβάλλει τόσο στην παραγωγή στερεών αποβλήτων όσο και στο ανθρακικό αποτύπωμα του προϊόντος. Η χρήση πλαστικών υλικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Στο πλαίσιο αυτό προτείνονται:

- Μείωση του βάρους της συσκευασίας (lightweighting)
- Χρήση ανακυκλώσιμων ή ανακυκλωμένων υλικών
- Βελτιστοποίηση του σχεδιασμού της συσκευασίας ώστε να διευκολύνεται η ανακύκλωση

Η εφαρμογή των παραπάνω πρακτικών μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της συσκευασίας.

5.2.4 Υφιστάμενες περιβαλλοντικές πρακτικές της εταιρείας

Η εταιρεία εφαρμόζει πρακτικές περιβαλλοντικής διαχείρισης που σχετίζονται με τη διαχείριση αποβλήτων και την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, συμβάλλοντας στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγικής διαδικασίας. Ωστόσο, με βάση τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, εντοπίζονται επιπλέον δυνατότητες βελτίωσης, κυρίως στους τομείς της μείωσης της κατανάλωσης νερού, της βελτιστοποίησης των διαδικασιών καθαρισμού και της μείωσης των απωλειών προϊόντος κατά την παραγωγή. Η περαιτέρω ενίσχυση των περιβαλλοντικών πρακτικών της εταιρείας αναμένεται να συμβάλει στη βελτίωση της συνολικής περιβαλλοντικής απόδοσης και στη μετάβαση προς πιο βιώσιμα μοντέλα παραγωγής στον κλάδο των καλλυντικών προϊόντων. Η εταιρεία εφαρμόζει ολοκληρωμένο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης, το οποίο υποστηρίζεται από την πιστοποίηση κατά ISO 14001 και τη συμμετοχή στο ευρωπαϊκό σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης και ελέγχου (EMAS). Στο πλαίσιο αυτό παρακολουθούνται συστηματικά οι σημαντικές περιβαλλοντικές πλευρές της δραστηριότητας, όπως η κατανάλωση νερού, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και η παραγωγή αποβλήτων.

Παράλληλα, έχουν τεθεί περιβαλλοντικοί στόχοι που αφορούν τη μείωση της κατανάλωσης νερού και ενέργειας, τη μείωση των παραγόμενων αποβλήτων και την αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης. Η επίτευξη των στόχων αυτών αξιολογείται μέσω της συνεχούς παρακολούθησης περιβαλλοντικών δεικτών. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, τα οποία επεξεργάζονται σε μονάδα βιολογικού καθαρισμού εντός των εγκαταστάσεων της εταιρείας πριν από τη διάθεσή τους. Επιπλέον, εφαρμόζονται προγράμματα ανακύκλωσης για χαρτί, πλαστικά και γυάλινα υλικά, συμβάλλοντας στη μείωση των αποβλήτων που οδηγούνται προς τελική διάθεση.

Η εφαρμογή του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης συνέβαλε σημαντικά και στην υλοποίηση της παρούσας μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Ειδικότερα, η συστηματική καταγραφή και παρακολούθηση περιβαλλοντικών δεδομένων, όπως η κατανάλωση νερού, η κατανάλωση ενέργειας, οι ποσότητες αποβλήτων και τα ποσοστά ανακύκλωσης, παρείχε πολύτιμες πληροφορίες για την απογραφή κύκλου ζωής (Life Cycle Inventory – LCI). Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την

αναγνώριση των σημαντικότερων περιβαλλοντικών πλευρών της παραγωγικής διαδικασίας και συνέβαλαν στον εντοπισμό των σταδίων με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Ως εκ τούτου, η εφαρμογή των προτύπων ISO 14001 και EMAS δεν υποστηρίζει μόνο τη συμμόρφωση με τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις, αλλά λειτουργεί και ως σημαντικός μηχανισμός συλλογής και αξιοποίησης δεδομένων για την εφαρμογή εργαλείων περιβαλλοντικής αξιολόγησης, όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής.

Στην παρούσα μελέτη περίπτωσης, η διαθεσιμότητα στοιχείων σχετικά με την κατανάλωση νερού, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τα παραγόμενα υγρά απόβλητα, τα υλικά συσκευασίας και τις απώλειες προϊόντος κατά την παραγωγή διευκόλυνε σημαντικά τη διαδικασία συλλογής δεδομένων για την απογραφή κύκλου ζωής. Η συστηματική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών δεικτών στο πλαίσιο των απαιτήσεων του ISO 14001 και του EMAS επέτρεψε την καλύτερη κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγικής διαδικασίας και την αναγνώριση σημείων στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν δράσεις βελτίωσης, όπως η μείωση της κατανάλωσης νερού, η μείωση των απωλειών προϊόντος και η αύξηση της ανακύκλωσης υλικών συσκευασίας.

5.3 Επιπτώσεις στη Διασφάλιση Ποιότητας (QA)

Η διαχείριση των αποβλήτων και η περιβαλλοντική απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας συνδέονται άμεσα με τη διασφάλιση ποιότητας (Quality Assurance – QA) στον κλάδο των καλλυντικών προϊόντων. Η εφαρμογή αποτελεσματικών συστημάτων QA δεν διασφαλίζει μόνο την παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών προϊόντων, αλλά συμβάλλει και στη μείωση των αποβλήτων, στη βελτίωση της αποδοτικότητας και στην ενίσχυση της βιωσιμότητας της παραγωγής. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι σημαντικό ποσοστό αποβλήτων προκύπτει από απώλειες προϊόντος κατά την παραγωγή και από τη διαδικασία καθαρισμού του εξοπλισμού. Τα ευρήματα αυτά αναδεικνύουν τη σημασία της εφαρμογής ορθών πρακτικών παραγωγής (Good Manufacturing Practices – GMP), καθώς και την ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση και βελτίωση των διαδικασιών.

5.3.1 Σύνδεση αποβλήτων, αποκλίσεων και ποιότητας

Οι απώλειες προϊόντος και τα απόβλητα που προκύπτουν κατά την παραγωγική διαδικασία συχνά συνδέονται με αποκλίσεις από τις καθορισμένες διαδικασίες (deviations) ή με μη βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας. Η ύπαρξη αποκλίσεων μπορεί να οδηγήσει τόσο σε απώλεια προϊόντος όσο και σε προβλήματα ποιότητας. Η εφαρμογή συστημάτων παρακολούθησης κρίσιμων παραμέτρων της παραγωγής (όπως θερμοκρασία, χρόνος ανάμιξης και συνθήκες ομογενοποίησης) συμβάλλει στον καλύτερο έλεγχο της διαδικασίας και στη μείωση των αποβλήτων. Παράλληλα, η ανάλυση των αποκλίσεων και η εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών (Corrective Actions – CAPA) αποτελούν βασικά εργαλεία για τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας και της αποδοτικότητας. Κατά την παραγωγή του προϊόντος πραγματοποιούνται ενδιάμεσοι έλεγχοι (in-process controls), οι οποίοι περιλαμβάνουν τον έλεγχο του pH, του ιξώδους, της εμφάνισης, της θερμοκρασίας παραγωγής και του βάρους πλήρωσης. Οι έλεγχοι αυτοί επιτρέπουν την έγκαιρη ανίχνευση πιθανών αποκλίσεων και συμβάλλουν στη διατήρηση της σταθερότητας της παραγωγικής διαδικασίας. Η έγκαιρη αναγνώριση αποκλίσεων μειώνει την πιθανότητα παραγωγής μη συμμορφούμενων προϊόντων και κατά συνέπεια περιορίζει τις απορρίψεις και τα παραγόμενα απόβλητα.

5.3.2 Ρόλος του καθαρισμού εξοπλισμού και των διαδικασιών QA

Η διαδικασία καθαρισμού του εξοπλισμού αποτελεί κρίσιμο σημείο τόσο για τη διασφάλιση ποιότητας όσο και για τη διαχείριση των αποβλήτων. Η ανεπαρκής καθαριότητα μπορεί να οδηγήσει σε επιμολύνσεις (cross-contamination), επηρεάζοντας την ασφάλεια και τη σταθερότητα του προϊόντος. Η εφαρμογή τυποποιημένων διαδικασιών καθαρισμού (Standard Operating Procedures – SOPs), η χρήση κατάλληλων και εγκεκριμένων καθαριστικών μέσων, καθώς και η τεκμηρίωση των διαδικασιών (documentation) αποτελούν βασικά στοιχεία των συστημάτων QA. Επιπλέον, η επικύρωση των διαδικασιών καθαρισμού (cleaning validation) διασφαλίζει την αποτελεσματικότητα του καθαρισμού. Η βελτιστοποίηση των διαδικασιών αυτών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης νερού και των παραγόμενων υγρών αποβλήτων, χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η ποιότητα του προϊόντος. Η εταιρεία λειτουργεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις

του προτύπου ISO 22716 για τις Ορθές Πρακτικές Παραγωγής (Good Manufacturing Practices – GMP) καλλυντικών προϊόντων. Στο πλαίσιο αυτό εφαρμόζονται τεκμηριωμένες διαδικασίες (Standard Operating Procedures – SOPs) για όλα τα κρίσιμα στάδια της παραγωγής, της συσκευασίας και του καθαρισμού του εξοπλισμού. Η ύπαρξη εγκεκριμένων διαδικασιών συμβάλλει στη διασφάλιση της επαναληψιμότητας των διεργασιών, στη μείωση των αποκλίσεων και στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή. Η αποτελεσματικότητα των διαδικασιών καθαρισμού επιβεβαιώνεται μέσω προγραμμάτων cleaning validation, ενώ για κάθε δραστηριότητα καθαρισμού τηρούνται τα αντίστοιχα έντυπα καταγραφής. Η τεκμηρίωση αυτή διασφαλίζει την ιχνηλασιμότητα των ενεργειών και συμβάλλει στην πρόληψη επιμολύνσεων, ενισχύοντας παράλληλα την αξιοπιστία του συστήματος διασφάλισης ποιότητας.

5.3.3 Μείωση απορρίψεων και ενίσχυση αποδοτικότητας

Η ύπαρξη απορρίψεων προϊόντων (rejects), ιδιαίτερα στο στάδιο της συσκευασίας, αποτελεί σημαντική πηγή αποβλήτων. Οι απορρίψεις αυτές μπορεί να οφείλονται σε προβλήματα στη διαδικασία πλήρωσης, στη συγκόλληση των συσκευασιών ή σε αποκλίσεις από τις προδιαγραφές. Στο πλαίσιο του συστήματος διασφάλισης ποιότητας καταγράφονται οι αποκλίσεις που εντοπίζονται κατά την παραγωγική διαδικασία, ενώ εφαρμόζονται διαδικασίες διερεύνησης αιτιών (investigations) και διορθωτικών ή προληπτικών ενεργειών (Corrective and Preventive Actions – CAPA). Η συστηματική αξιολόγηση των αποκλίσεων συμβάλλει στη συνεχή βελτίωση των διεργασιών και στη μείωση της πιθανότητας επανεμφάνισης παρόμοιων προβλημάτων.

Παράλληλα, οι απορρίψεις προϊόντων και συσκευασιών παρακολουθούνται συστηματικά και αναλύονται ως προς τα αίτια εμφάνισής τους. Η αξιοποίηση των σχετικών δεδομένων επιτρέπει τη λήψη στοχευμένων μέτρων βελτίωσης και οδηγεί σε μείωση των αποβλήτων και βελτίωση της παραγωγικής απόδοσης. Η ενίσχυση των ελέγχων ποιότητας κατά τη διάρκεια της παραγωγής (in-process controls), καθώς και η σωστή ρύθμιση και συντήρηση του εξοπλισμού, μπορούν να μειώσουν σημαντικά τα ποσοστά απορρίψεων. Η μείωση των απορρίψεων οδηγεί σε

περιορισμό των αποβλήτων και σε βελτίωση της συνολικής αποδοτικότητας της παραγωγής.

5.3.4 Ολοκληρωμένη προσέγγιση QA και περιβαλλοντικής διαχείρισης

Η σύγχρονη προσέγγιση στη διασφάλιση ποιότητας δεν περιορίζεται μόνο στην ποιότητα και την ασφάλεια του προϊόντος, αλλά επεκτείνεται και στη βιωσιμότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Η ενσωμάτωση περιβαλλοντικών πρακτικών στο σύστημα QA συμβάλλει στη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής διαχείρισης. Η ορθή διαχείριση αποβλήτων, η συμμόρφωση με περιβαλλοντικούς κανονισμούς και η εφαρμογή πρακτικών μείωσης της κατανάλωσης πόρων αποτελούν πλέον βασικές παραμέτρους της συνολικής ποιότητας ενός προϊόντος. Συνολικά, η διασύνδεση μεταξύ QA και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδηγεί σε βελτίωση της αποδοτικότητας, μείωση των αποβλήτων και ενίσχυση της βιωσιμότητας, συμβάλλοντας στη δημιουργία προϊόντων υψηλής ποιότητας με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

6. Συμπεράσματα

6.1 Κύρια συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο τη μελέτη του κύκλου ζωής ενός καλλυντικού προϊόντος και πιο συγκεκριμένα ενός γαλακτώματος για το σώμα, από το στάδιο της παραγωγής έως τη διάθεσή του, με έμφαση στη διαχείριση αποβλήτων και στις πρακτικές βελτίωσης.

Από την ανάλυση του κύκλου ζωής προέκυψε ότι τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά φορτία σχετίζονται με το στάδιο της παραγωγής και της διαδικασίας καθαρισμού του εξοπλισμού. Οι απώλειες προϊόντος κατά την παραγωγή, καθώς και η κατανάλωση νερού και η παραγωγή υγρών αποβλήτων κατά τον καθαρισμό, αποτελούν τους βασικούς παράγοντες περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Αντίθετα, το στάδιο της συσκευασίας παρουσιάζει μικρότερη συμβολή στην παραγωγή αποβλήτων, αν και σχετίζεται με το ανθρακικό αποτύπωμα του προϊόντος λόγω της χρήσης πλαστικών υλικών.

Η ανάλυση των εισροών και εκροών της παραγωγικής διαδικασίας κατέδειξε τη σημασία της ορθολογικής διαχείρισης των πρώτων υλών, της ενέργειας και του νερού, καθώς και της μείωσης των αποβλήτων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής. Επιπλέον, η σύνδεση της περιβαλλοντικής διαχείρισης με τη διασφάλιση ποιότητας (QA) ανέδειξε ότι η εφαρμογή ορθών πρακτικών παραγωγής (GMP), ο έλεγχος των διαδικασιών και η μείωση των αποκλίσεων συμβάλλουν ταυτόχρονα στη βελτίωση της ποιότητας και στη μείωση των αποβλήτων.

Συνολικά, η μελέτη ανέδειξε τη σημασία της υιοθέτησης μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης που συνδυάζει τη διασφάλιση ποιότητας με τη βιωσιμότητα, συμβάλλοντας στην παραγωγή καλλυντικών προϊόντων με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

6.2 Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Παρά τη συστηματική προσέγγιση που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Αρχικά, η ανάλυση βασίστηκε σε εκτιμήσεις και βιβλιογραφικά δεδομένα, καθώς δεν χρησιμοποιήθηκε εξειδικευμένο λογισμικό Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA software), το οποίο θα μπορούσε να προσφέρει πιο ακριβή και ποσοτικοποιημένα αποτελέσματα.

Επιπλέον, η έλλειψη πλήρων ποσοτικών δεδομένων από την παραγωγική διαδικασία, όπως ακριβείς μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας και αποβλήτων, αποτέλεσε έναν ακόμη περιορισμό της μελέτης.

Για τη μελλοντική έρευνα προτείνεται:

- Η εφαρμογή εξειδικευμένων εργαλείων LCA για την ποσοτική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Η συλλογή αναλυτικών δεδομένων από τη βιομηχανική παραγωγή για την αύξηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων
- Η διερεύνηση εναλλακτικών υλικών συσκευασίας με χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα
- Η μελέτη της δυνατότητας εφαρμογής τεχνολογιών εξοικονόμησης νερού και ενέργειας στη βιομηχανία καλλυντικών

Η περαιτέρω ανάπτυξη ερευνητικών προσεγγίσεων στον τομέα της βιωσιμότητας των καλλυντικών προϊόντων αναμένεται να συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης του κλάδου.

Βιβλιογραφία

- Aassouli, D., & Syarif, M. F. (2026). Examining values with ESG impact on halal cosmetics through Monte Carlo simulation and network analysis. *Journal of Islamic Marketing*, 1–25. <https://doi.org/10.1108/jima-02-2025-0127>
- Bahmutsky, S., Turner, I., Arulnathan, V., & Pelletier, N. (2025). Advancing life cycle assessment through data science: A critical review of algorithms, tools, and data challenges. *Sustainable Production and Consumption*. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.10.007>
- Barel, A. O., Paye, M., & Maibach, H. I. (2014). *Handbook of cosmetic science and technology*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Cascavilla, A., D'Adamo, I., Grosso, C., & Trusiani, C. (2026). Bridging digital tools and human skills: A sustainable competence framework for implementing digital product passports in the cosmetics industry. *Journal of Environmental Management*, 397, 128281. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128281>
- Corona, B., Shen, L., Reike, D., Rosales Carreón, J., & Worrell, E. (2019). Towards sustainable development through the circular economy—A review and critical assessment on current circularity metrics. *Resources, Conservation and Recycling*, 151(1), 104498. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104498>
- Croci, E., Donelli, M., & Colelli, F. (2020). An LCA comparison of last-mile distribution logistics scenarios in Milan and Turin municipalities. *Case Studies on Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.12.001>

- Diemer, A. (2023). From Life Cycle Assessment (LCA) to Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA), methodological issues and prospects for implementing circular business models0. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS)*, (9). Retrieved from <https://ijseas.com/volume9/v9i12/IJSEAS202312101.pdf>
- Franklin Associates. (2018). *LIFE CYCLE IMPACTS FOR POSTCONSUMER RECYCLED RESINS: PET, HDPE, AND PP SUBMITTED TO: SUBMITTED BY*. Retrieved from <https://plasticsrecycling.org/wp-content/uploads/2024/08/2018-APR-LCI-report.pdf>
- Goyal, K. A., R. Sivasamy, & Mertiya, T. (2026). *Green Technology and the Circular Economy*. Emerald Group Publishing.
- Halla, N., Fernandes, I., Heleno, S., Costa, P., Boucherit-Otmani, Z., Boucherit, K., ... Barreiro, M. (2018). Cosmetics Preservation: A Review on Present Strategies. *Molecules*, 23(7), 1571. <https://doi.org/10.3390/molecules23071571>
- International Organization for Standardization. (2014, August 12). ISO 14044:2006. Retrieved from ISO website: <https://www.iso.org/standard/38498.html>
- International Organization for Standardization. (2006, August 12). ISO 14040:2006. Retrieved from ISO website: <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- International Organization for Standardization. (2007). ISO 22716:2007. Retrieved from ISO website: <https://www.iso.org/standard/36437.html>
- Karadayi-Usta, S. (2025). Investigating the Turkish textile SMEs sustainability performances with a novel evaluation framework. *International Journal of*

Productivity and Performance Management, 1–19.

<https://doi.org/10.1108/ijppm-08-2025-0761>

Krzyżostan, M., Wawrzyńczak, A., & Nowak, I. (2024). Use of Waste from the Food Industry and Applications of the Fermentation Process to Create Sustainable Cosmetic Products: A Review. *Sustainability*, 16(7), 2757.
<https://doi.org/10.3390/su16072757>

Martins, A. M., & Marto, J. M. (2023). A sustainable life cycle for cosmetics: From design and development to post-use phase. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 35, 101178. sciencedirect.
<https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101178>

Meinrenken, C. J., Chen, D., Esparza, R. A., Iyer, V., Paridis, S. P., Prasad, A., & Whillas, E. (2020). Carbon Emissions Embodied In product Value Chains and the Role of Life Cycle Assessment in Curbing Them. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62030-x>

Mondello, A., Salomone, R., & Mondello, G. (2024). Exploring circular economy in the cosmetic industry: Insights from a literature review. *Environmental Impact Assessment Review*, 105, 107443.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107443>

Morel, S., Mura, G., Gallarate, M., & Sapino, S. (2024). Cosmetic Packaging: European Regulatory Aspects and Sustainability. *Cosmetics*, 11(4), 110–110. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11040110>

Plastics Europe. (2023). Plastics – the fast Facts 2023 • Plastics Europe. Retrieved from Plastics Europe website: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/>

Publications Office of the European Union. (2001, November 6). Οδηγία 2001/83/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6ης Νοεμβρίου 2001, περί κοινοτικού κώδικος για τα φάρμακα που προορίζονται για ανθρώπινη χρήση - Publications Office of the EU. Retrieved January 21, 2026, from Publications Office of the EU website: <https://op.europa.eu/el/publication-detail/-/publication/6af3ed69-c00a-4629-9deb-a7003a30a52d/language-el>

Publications Office of the European Union. (2025, September). Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1223/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 30ής Νοεμβρίου 2009, για τα καλλυντικά προϊόντα (αναδιατύπωση) (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ) - Publications Office of the EU. Retrieved January 19, 2026, from Publications Office of the EU website: <https://op.europa.eu/el/publication-detail/-/publication/ae5a2381-9368-11f0-97c8-01aa75ed71a1>

Prakash Ranjan, V., Joseph, A., Srivastava, S., Bhakta Sharma, H., Biswas, B., Goel, S., & Kumar, S. (2024). From cosmetics to Contamination: Microplastics in personal care products as vectors for chromium in aquatic environments. *Waste Management Bulletin*, 2(3), 229–240. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.07.010>

Rasines, L., Corona, B., San Miguel, G., & Aguayo, E. (2025). Environmental assessment of broccoli stalk revalorisation via pickling: An attributional and consequential LCA approach. *Journal of Agriculture and Food Research*, 23, 102266. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102266>

Raut, S. S., Sharma, A., Yadav, R., Kumar, S., Shukla, A., Singh, A., & Mishra, A.

(2026). Biological green synthesis of nanoparticles: A sustainable platform for agricultural, environmental, food, and cosmetic applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 14(1), 121102. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2026.121102>

Rocca, R., Acerbi, F., Fumagalli, L., & Taisch, M. (2022). Sustainability Paradigm in the Cosmetics industry: State of the Art. *Cleaner Waste Systems*, 3(2772-9125), 100057. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100057>

Sánchez-Torres, J. A., Arroyo-Cañada, F.-J., Argila-Irurita, A., Campo, J., & Casadiego-Alzate, R. (2025). Generational contrasts in the adoption of anti-ageing cosmetics: a social influence and information search perspective. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 1–18. <https://doi.org/10.1108/ijphm-05-2025-0090>

Sayeed, S. Y., & Goyal, A. (2025). Eco-friendly biosurfactants in shampoo: Green chemistry innovations for sustainable personal care. *Journal of Dermatologic Science and Cosmetic Technology*, 100105. <https://doi.org/10.1016/j.jdsct.2025.100105>

Sillero, L., Morales, A., Fernández-Marín, R., Hernández-Ramos, F., Dávila, I., Erdocia, X., & Labidi, J. (2021). Life Cycle Assessment of various biorefinery approaches for the valorisation of almond shells. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 749–759. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.004>

Siwiec, D., Gajdzik, B., Pacana, A., & Wolniak, R. (2025). Sustainable development of products according to indicator of cost, quality and life cycle assessment

- CQ-LCA. *Environmental Development*, 55, 101224.
<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2025.101224>
- Vassallo, N., & Refalo, P. (2024). Reducing the Environmental Impacts of Plastic Cosmetic Packaging: A Multi-Attribute Life Cycle Assessment. *Cosmetics*, 11(2), 34. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11020034>
- Venkatachalam, V., Spierling, S., Horn, R., & Endres, H.-J. (2018). LCA and Eco-design: Consequential and Attributional Approaches for Bio-based Plastics. *Procedia CIRP*, 69, 579–584. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.086>
- Wang, M., Nualnetr, P., & Phatarametravorakul, S. (2025). Marketing Communication for Chinese Cosmetics Promotion on the TikTok Application. *International Journal of Sociologies and Anthropologies Science Reviews*, 5(6), 107–124. <https://doi.org/10.60027/ijzasr.2025.7336>
- Weidema, B. P., Pizzol, M., Schmidt, J., & Thoma, G. (2018). Attributional or consequential Life Cycle Assessment: A matter of social responsibility. *Journal of Cleaner Production*, 174, 305–314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.340>
- Wirtu, Y. D. (2024). A review of environmental and health effects of synthetic cosmetics. *Frontiers in Environmental Science*, 12(2296-665X). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1402893>
- Zhang, T., Zhou, Q., Tan, Q., & Cai, Y. (2026). Comprehensive assessment approach of regional resource sustainability based on environmental footprint. *Sustainable Cities and Society*, 136, 107053. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.107053>

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.