

Εφαρμογή των αρχών κυκλικής οικονομίας και οικολογικού σχεδιασμού σε ηλιακά θερμικά συστήματα

Κωνσταντίνος Νικοδημόπουλος

Επιβλέπων καθηγητής
Σπυρίδων Παπαευθυμίου

Χανιά, Ιούλιος 2021

Περίληψη

Η εξάντληση των αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων του πλανήτη και η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας σε συνδυασμό με τη ραγδαία επιδείνωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, ανάγκασε τις σύγχρονες κοινωνίες να αναζητήσουν βιώσιμες λύσεις προκειμένου να αντιστραφεί αυτή η κατάσταση. Το εδραιωμένο γραμμικό μοντέλο παραγωγής που επικεντρώνεται στην εξόρυξη των πόρων, τη χρήση και την ανεκμετάλλευτη απόρριψή τους, χρήζει άμεσης αναδιαμόρφωσης. Έτσι, έννοιες όπως η κυκλική οικονομία, ο οικολογικός σχεδιασμός και η οικολογική σήμανση έκαναν την εμφάνισή τους. Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την ανάλυση των αρχών αυτών των εννοιών, καθώς και τη μεταξύ τους σχέση και αλληλεπίδραση. Είναι υψίστης σημασίας οι επιχειρήσεις, οι καταναλωτές και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής να αναγνωρίσουν τη σημαντικότητα και τα πολλαπλά κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη αυτών των διαδικασιών, συνδράμοντας όλοι μαζί στην επιτυχή εφαρμογή τους. Επιπλέον, μελετάται η εφαρμογή των παραπάνω εννοιών σε ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες προκειμένου να αξιολογηθεί το περιβαλλοντικό τους προφίλ.

ABSTRACT

The depletion of the planet's conventional fuel reserves and the ever-increasing demand for energy combined with the rapid environmental degradation have forced modern societies to seek sustainable solutions in order to reverse this situation. The established linear production model which focuses on the extraction of resources, their use and unexploited disposal, needs immediate restructuring. Thus, concepts such as circular economy, eco-design and eco-labelling have emerged. This diploma thesis deals with the analysis of the principles of these concepts, as well as the relationship and interaction among them. It is of utmost importance that businesses, consumers and policy makers recognize the importance and the multiple social, economic and environmental benefits of these processes, contributing to their successful implementation. In addition, the application of the above concepts to solar thermal panels is studied in order to evaluate their environmental profile.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σπύρο Παπαευθυμίου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση ενός τόσο επίκαιρου και ενδιαφέροντος θέματος. Επίσης, ευχαριστώ θερμά την κ. Μαρία Μιλούση για τις πολύτιμες συμβουλές και την εξαιρετική καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένειά μου για την αμέριστη στήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
ABSTRACT.....	2
Ευχαριστίες	3
Περιεχόμενα	4
Κεφάλαιο 1: Αρχές Κυκλικής Οικονομίας.....	6
1.1 Έννοια, σκοπός, αντικείμενο της κυκλικής οικονομίας	6
1.2 Ανάγκη για μετάβαση από γραμμικό σε κυκλικό μοντέλο	7
1.3 Στρατηγικές κυκλικού σχεδιασμού προϊόντος	8
1.4 Οι τάσεις των προϊόντων και οι επιπτώσεις τους	10
1.5 Εφαρμογή Κυκλικής Οικονομίας σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	14
1.5.1 Φωτοβολταϊκές μονάδες.....	17
1.5.1.1 Φωτοβολταϊκές μονάδες κρυσταλλικού πυριτίου (PV c-Si).....	18
1.5.1.2 Φωτοβολταϊκές μονάδες λεπτού υμενίου (Thin-Film PV)	21
1.5.2 Πτερύγια ανεμογεννητριών	22
1.5.3 Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-ion battery).....	26
1.5.4 Ηλιακά θερμικά συστήματα.....	27
1.5.4.1 Κατηγορίες ηλιακών θερμικών συλλεκτών	28
1.5.4.2 Εφαρμογή των αρχών κυκλικής οικονομίας σε ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες..	30
1.5.4.3 Εξαγωγή αποτελεσμάτων και αξιολόγησή τους	33
1.6 Συστημική προσέγγιση και βελτιωτικές προτάσεις	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Οικολογικός Σχεδιασμός	39
2.1 Αντικείμενο του οικολογικού σχεδιασμού και σύνδεσή του με την κυκλική οικονομία	39
2.2 Δόμηση ενός σχεδίου οικολογικού σχεδιασμού.....	41
2.2.1 Έγγραφα εξειδίκευσης.....	42
2.2.2 Συνεδριάσεις	42
2.2.3 Βοηθητικά εργαλεία	43
2.3 Στρατηγικές οικολογικού σχεδιασμού	43
2.4 Οδηγία Οικολογικού Σχεδιασμού	48
2.4.1 Τα συμβουλευτικά όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	48

2.4.2 Η οδηγία για τον οικολογικό σχεδιασμό	49
2.4.3 Διαδικασία ανάπτυξης κανονισμών	49
2.4.4 Αξιολόγηση της οδηγίας μέσα από μελέτες	50
2.4.5 Απόψεις και συμπεριφορά καταναλωτών και επιχειρήσεων για την οδηγία.....	52
2.5 Παραδείγματα εφαρμογής της οδηγίας σε κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	53
2.6 Εμπόδια στην εφαρμογή της οδηγίας και βελτιωτικές προτάσεις	56
2.7 Εφαρμογή οικολογικού σχεδιασμού σε ηλιακό θερμικό σύστημα.....	59
2.7.1 Προτάσεις για βελτίωση του συστήματος	59
Κεφάλαιο 3: Οικολογική Σήμανση.....	61
3.1 Ορισμός και ρόλος της οικολογικής σήμανσης.....	61
3.2 Τύποι και παραδείγματα οικολογικών σημάτων	61
3.3 Απονομή και πιστοποίηση οικολογικών σημάτων.....	66
3.3.1 Κριτήρια απονομής.....	66
3.3.2. Διαδικασία απονομής και πιστοποίησης	68
3.3.3 Καθορισμός και αναθεώρηση των κριτηρίων	68
3.4 Οικολογική σήμανση σε ηλιακά θερμικά προϊόντα.....	70
3.5 Οφέλη της οικολογικής σήμανσης.....	72
Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα	75
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Κεφάλαιο 1: Αρχές Κυκλικής Οικονομίας

1.1 Έννοια, σκοπός, αντικείμενο της κυκλικής οικονομίας

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας έχει βαθιά ριζωμένη προέλευση και δεν μπορεί να εντοπιστεί σε μία μόνο ημερομηνία ή να αποδοθεί σε κάποιον συγκεκριμένο συγγραφέα. Οι πρακτικές εφαρμογές της στα σύγχρονα οικονομικά συστήματα και στις βιομηχανικές διαδικασίες, απέκτησαν δυναμική στα τέλη της δεκαετίας του 1970 ως αποτέλεσμα των προσπαθειών διάφορων ακαδημαϊκών, ηγετών και επιχειρήσεων. Η κυκλική οικονομία έλαβε για πρώτη φορά θεωρητική υπόσταση στον τομέα της βιομηχανικής οικολογίας, η οποία έχει ως φιλοδοξία την επίτευξη μιας ιδανικής κατάστασης που μοιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο με τη φύση. Έχει ως κεντρική αρχή της ότι τα κοινωνικά και τεχνολογικά συστήματα λειτουργούν εντός της βιόσφαιρας και πρέπει να αναπαράγουν τη φυσική τάξη προκειμένου να κλείσουν οι βρόχοι υλικών, δηλαδή τα απόβλητα μιας βιομηχανίας να χρησιμεύουν ως εισροές για μια άλλη. Η αναγνώριση των ορίων της χρήσης πόρων και της ενέργειας του πλανήτη, καθώς και η σημασία της προβολής και αντιμετώπισης του κόσμου σαν ένα ενιαίο σύστημα στο οποίο η ρύπανση και τα απόβλητα καθίστανται αμελητέα, θέτουν τα θεμέλια της κυκλικής οικονομίας.

Γεγονός αποτελεί η παγκόσμια κατανάλωση περισσότερων πρώτων υλών από αυτές που μπορούν να εξαχθούν και γνωρίζοντας ήδη ότι ορισμένοι αβιοτικοί πόροι αναμένεται να εξαντληθούν εντός του τρέχοντος αιώνα, η ασφάλεια τους καθίσταται ένα πρόβλημα που απαιτεί επείγουσα λύση. Η κυκλική οικονομία συνιστά ουσιαστικά ένα νέο οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης το οποίο έρχεται να ενισχύσει το όραμα και τη φιλοδοξία για αειφόρο ανάπτυξη. Πρόκειται για έννοια εμπνευσμένη από τους ίδιους τους κύκλους της φύσης, βασισμένη στην αντίληψη ότι για να υπάρξει ανάπτυξη της κοινωνίας απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο σεβασμός προς το περιβάλλον και τις επόμενες γενιές. Έχει ως σκοπό τη μείωση της ανάγκης για εξόρυξη νέων πόρων που επιφέρουν μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος, καθώς και τον περιορισμό των αποβλήτων. Όπως αναφέρει και ο Barry Commoner, μεγάλος βιολόγος που ασχολήθηκε με περιβαλλοντικά θέματα, «Πρέπει να μάθουμε πώς να αποκαταστήσουμε στη φύση τον πλούτο που δανειζόμαστε από αυτήν». Πιο πρόσφατα, η κυκλική οικονομία έχει οριστεί από το Ίδρυμα Ellen MacArthur ως ένα οικονομικό μοντέλο που «είναι επανορθωτικό από πρόθεση, στοχεύει να στηρίζεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ελαχιστοποιεί, παρακολουθεί και εξαλείφει τη χρήση τοξικών χημικών ουσιών και αφανίζει τα απόβλητα μέσω προσεκτικού σχεδιασμού» [1]. Το χαρακτηριστικό στοιχείο της κυκλικής οικονομίας και ο απώτερος σκοπός της είναι η διατήρηση της αξίας των

προϊόντων, των εξαρτημάτων και των πόρων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, μέσω της μακράς διάρκειας ζωής, της επισκευής, της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης ή της ανακατασκευής. Έτσι, ό,τι προηγουμένως θεωρούνταν και αντιμετωπιζόταν σαν απόβλητο, πλέον μπορεί να μετατραπεί σε πρώτη ύλη. Η κυκλική οικονομία συντελεί στη δημιουργία ενός βιώσιμου συστήματος στο οποίο δεν υπάρχει καμία σπατάλη και καμία αξία δεν χάνεται. Αποτελεί μοντέλο το οποίο στοχεύει στην απεξάρτηση της οικονομικής ανάπτυξης από τη συνεχή κατανάλωση πόρων, εστιάζοντας στη διατήρηση της αξίας των ήδη υφιστάμενων και στη συνεχή ροή τους μέσα στον οικονομικό κύκλο. Με τον τρόπο αυτό εκτός της οικονομικής προόδου, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση των πόρων και περιβαλλοντική σταθεροποίηση, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας [2].

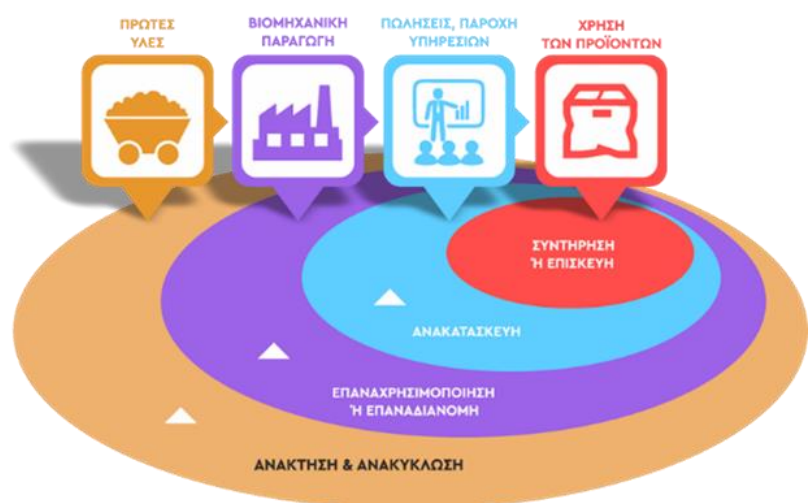
1.2 Ανάγκη για μετάβαση από γραμμικό σε κυκλικό μοντέλο

Επί σειρά ετών ο άνθρωπος έχει μάθει να λειτουργεί με συγκεκριμένους τρόπους όσον αφορά την παραγωγή και χρήση προϊόντων, οδηγώντας τον πλανήτη σε μία κατάσταση έντονης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και εξάντλησης των φυσικών του πόρων. Μεγάλη ευθύνη σε αυτό φέρει το εφαρμοζόμενο γραμμικό οικονομικό σύστημα, στο οποίο οι φυσικοί πόροι εξάγονται για τη δημιουργία προϊόντων που μετά τη χρήση τους απορρίπτονται. Καθίσταται λοιπόν αδύνατο το υπάρχον σύστημα να συνεχιστεί για πολύ ακόμα, καθώς τα περιθώρια στενεύουν και οι πόροι του πλανήτη αγγίζουν τα όριά τους. Η ανάγκη μετάβασης της οικονομίας από γραμμικό σε κυκλικό μοντέλο κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος, αποτελώντας πλέον επιτακτική ανάγκη.

ΤΟ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΙΝΑΙ ΓΡΑΜΜΙΚΟ



ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ



Όσο μικρότερος είναι ο κύκλος, τόσο μικρότερη η επιβάρυνση και μεγαλύτερο το όφελος.

Σχήμα 1.1: Αναπαράσταση γραμμικού και κυκλικού μοντέλου [3]

Η βασική διαφορά των δύο προσεγγίσεων, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1, εντοπίζεται στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του προϊόντος, το οποίο με βάση το παραδοσιακό γραμμικό πρίσμα οδηγείται στην απόρριψη. Η ιδέα της κυκλικότητας έρχεται προκειμένου να αλλάξει την υπάρχουσα αντίληψη για το τέλος ζωής του προϊόντος και να ωθήσει τη μετάβαση σε μία πιο ωφέλιμη οικονομία, στην οποία θα υπάρχει διατήρηση της αξίας των προϊόντων, των υλικών και των πόρων και ελαχιστοποίηση των αποβλήτων. Η λειτουργία του γραμμικού μοντέλου βασίζεται στο σκεπτικό «προμήθεια (take), παραγωγή (make), κατανάλωση (consume), απόρριψη (dispose)», ενώ τη νέα κυκλική προσέγγιση, χαρακτηριζόμενη και ως προσέγγιση των 5R's, αντιπροσωπεύει ο συλλογισμός «μείωση (reduction), επισκευή (repair), επαναχρησιμοποίηση (reuse), ανακύκλωση (recycle), ανάκτηση (recover)». Ουσιαστικά κάνοντας λόγο για μετάβαση σε μία κυκλική οικονομία, αναφερόμαστε σε ένα διαφορετικό αναπτυξιακό μοντέλο μέσω του οποίου προτείνονται τρόποι για την καινοτομία των επιχειρήσεων. Βέβαια για να γίνει κάτι τέτοιο με επιτυχία, θα πρέπει να προηγηθούν αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο η κοινωνία νομοθετεί, παράγει και καταναλώνει, δηλαδή συνεπάγεται μαζικές δράσεις από τις κυβερνήσεις, τη βιομηχανία και την κοινωνία των πολιτών [1].

1.3 Στρατηγικές κυκλικού σχεδιασμού προϊόντος

Στη διάκριση των μοντέλων της κυκλικής από τη γραμμική οικονομία καθοριστικό ρόλο διαδραμάτισαν οι Stahel και Braungart. Ο Braungart διαχώρισε τις ροές των υλικών χρησιμοποιώντας τους όρους «cradle-to-cradle» και «cradle-to-grave», ενώ ο Stahel αναφέρθηκε σε συστήματα κλειστού βρόγχου αντί για κυκλικά συστήματα. Ο όρος «cradle-to-grave» είναι αντιπροσωπευτικός της γραμμικής οικονομίας καθώς σημαίνει ότι οι πόροι και τα προϊόντα έχουν αρχή και τέλος με την εξόρυξη και την απόρριψή τους αντίστοιχα, ενώ ο «cradle-to-cradle» διατυπώνει τη φιλοσοφία της κυκλικής οικονομίας αντιμετωπίζοντας όλα τα υλικά ως πολύτιμους πόρους που επανεντάσσονται στους κύκλους αξίας χωρίς καμία απώλεια.

Υπάρχει λοιπόν ο «Σχεδιασμός για τεχνικό κύκλο» και ο «Σχεδιασμός για βιολογικό κύκλο». Ο κάθε κύκλος υποδιαιρείται σε άλλα δύο επίπεδα, δημιουργώντας στο σύνολο τέσσερις επιμέρους στρατηγικές που πρέπει να εξεταστούν για τον ορθό κυκλικό σχεδιασμό ενός προϊόντος.

Ο «Σχεδιασμός τεχνικού κύκλου» είναι η τεχνική χρήση και μετατροπή υλικών και πόρων καθώς και η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού τους, ώστε να αποφέρουν τα υψηλότερα δυνατά επίπεδα απόδοσης. Στοχεύει στον περιορισμό της εξόρυξης των πόρων και στην ελαχιστοποίηση των υλικών, της ενέργειας και των τοξικών εκπομπών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και περιλαμβάνει τις δύο ακόλουθες θεμελιώδεις στρατηγικές:

- «Η στρατηγική επιβράδυνσης του βρόγχου».

Επιδιώκει την επιβράδυνση της ροής των πόρων εντός του κύκλου ζωής του προϊόντος μέσω του σχεδιασμού για ανθεκτικότητα, της μακράς διάρκειας ζωής και της παράτασης αυτής. Επιτυγχάνεται με την επισκευή, την ανακατασκευή και την επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος και των συστατικών του.

➤ «Η στρατηγική κλεισίματος του βρόγχου».

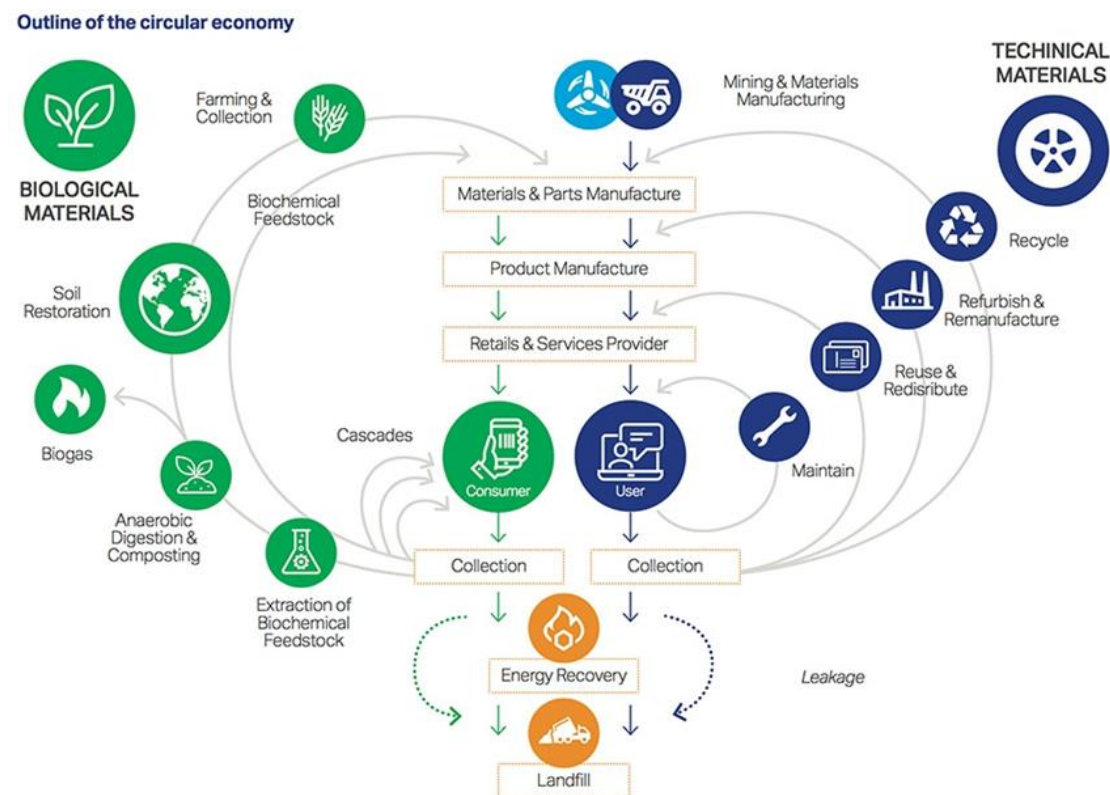
Έχει ως στόχο το κλείσιμο του βρόγχου που δημιουργείται μεταξύ της παραγωγής και χρήσης του προϊόντος, προκαλώντας έτσι την κυκλική ροή των πόρων. Κύριο εργαλείο αυτής της στρατηγικής είναι η ανακύκλωση του προϊόντος και των επιμέρους εξαρτημάτων του.

Προτού εξετασθεί ο «Σχεδιασμός βιολογικού κύκλου» να υπογραμμιστεί ότι η κυκλική οικονομία έχει ως κύρια πηγή έμπνευσης τη φύση. Η δράση της βασίζεται στην απομίμηση των φυσικών μοντέλων, συστημάτων και διεργασιών και αντιμετωπίζει τη φύση ως πρότυπο, ως μέτρο και ως μέντορα, με στόχο την επίλυση πολύπλοκων ανθρώπινων προβλημάτων.

Ο «Σχεδιασμός βιολογικού κύκλου» αποσκοπεί σε βιολογικές λύσεις σχεδιασμού εμπνευσμένες από τα φυσικά οικοσυστήματα, τα οποία με την πάροδο του χρόνου εναλλάσσουν τους πόρους τους στη φύση, και αποτελείται επίσης από δύο στρατηγικές:

➤ «Βιο-εμπνευσμένη στρατηγική βρόγχου».

Υιοθετεί μία προσέγγιση που εστιάζει στη μελέτη των φυσικών οικοσυστημάτων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της ανθρώπινης μηχανικής.



Σχήμα 1.2: Ο κύκλος ζωής των προϊόντων στη θεωρία της κυκλικής οικονομίας [1]

➤ «Βιο-βασισμένη στρατηγική βρόγχου».

Προβαίνει στη χρήση βιολογικών υλικών για την παραγωγή των προϊόντων, τα οποία στο τέλος του κύκλου ζωής τους μπορούν να επιστραφούν με ασφάλεια στη βιόσφαιρα αποτελώντας θρεπτικά συστατικά για τη βιολογική ζωή [4].

Η προσπάθεια μετάβασης των αναλωσίμων υλικών από τον τεχνικό προς το βιολογικό κύκλο, η αλληλουχία αυτών μέσω διαφορετικών εφαρμογών πριν από την εξαγωγή πολύτιμων πρώτων υλών και τελικά η επαναφορά των θρεπτικών συστατικών τους στη βιόσφαιρα, συνιστά τις βασικές αρχές μιας κυκλικής οικονομίας. Στο σχήμα 1.2 παρουσιάζεται η πορεία που ακολουθούν τα τεχνολογικά και βιολογικά προϊόντα και υλικά μέσα στο οικονομικό σύστημα, το καθένα με το δικό του σύνολο χαρακτηριστικών.

1.4 Οι τάσεις των προϊόντων και οι επιπτώσεις τους

Μολονότι το πρότυπο της γραμμικής οικονομίας είναι βαθιά ριζωμένο στην κοινωνία, τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί αρκετές σχεδιαστικές τάσεις που προκαλούν την αλλαγή του ρόλου των προϊόντων. Ορισμένες από αυτές έχουν να κάνουν με την εξέλιξη ενός ήδη υπάρχοντος πλαισίου, ενώ άλλες αποτελούν πρόσφατες καινοτομίες. Ακολουθεί παράθεση και σχολιασμός εννέα τάσεων των προϊόντων και των επιπτώσεών τους [2].

1. Εμφανής είναι η τάση που υπάρχει για όλο και πιο περίπλοκο σχεδιασμό και λειτουργικότητα των προϊόντων (κυρίως ηλεκτρονικών συσκευών), ώστε να παρέχουν μεγαλύτερο εύρος λειτουργιών. Η συγχώνευση λειτουργιών των προϊόντων συμβάλλει στη χαμηλότερη ζήτηση υλικών, καθώς λειτουργίες για τις οποίες απαιτούνταν ξεχωριστά προϊόντα τώρα συμπεριλαμβάνονται μόνο σε ένα (π.χ. smartphone - φωτογραφία, βίντεο, παιχνίδια, τηλέφωνο). Από την άλλη, αυτό οδηγεί στη συγκόλληση όλο και περισσότερων συστατικών μεταξύ τους, γεγονός που δυσκολεύει το κομμάτι της ανακύκλωσης και της επισκευής (π.χ. αδυναμία αφαίρεσης της μπαταρίας).

2. Αισθητή είναι η τάση για αυξανόμενη χρήση του αρθρωτού σχεδιασμού, ο οποίος καθιστά εύκολη την αποσυναρμολόγηση. Επιπλέον προσφέρει τη δυνατότητα παράτασης της διάρκειας ζωής των προϊόντων μέσω της ανακατασκευής και της επισκευής των επιμέρους συστατικών τους χωρίς να καταστρέφεται η βασική δομή τους, συνεισφέροντας έτσι στην κυκλικότητα.

3. Η τοπική παραγωγή κατόπιν παραγγελίας αποτελεί μία νέα τάση. Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μία τέτοια εξειδικευμένη καινοτομία η οποία προσφέρει τη δυνατότητα ευελιξίας της κατασκευής και αποκέντρωσης της παραγωγής καθώς οι αλυσίδες εφοδιασμού μπορούν να είναι τοπικές. Βέβαια μπορεί να έχει διαφορετικές επιπτώσεις στην κυκλικότητα του προϊόντος, ανάλογα με τον τύπο των προϊόντων που κατασκευάζονται και το πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιούνται. Όταν για παράδειγμα το τρισδιάστατο τυπωμένο προϊόν κατασκευάζεται από ένα μόνο υλικό τότε ευνοεί τη δυνατότητα για ανακύκλωση, ενώ όταν προέρχεται από περισσότερα υλικά τότε τη δυσκολεύει.

4. Ακόμα μία τάση που γίνεται όλο και δημοφιλέστερη στις ευρωπαϊκές βιομηχανίες είναι η οργάνωση υπηρεσιών γύρω από προϊόντα (π.χ. υπηρεσία κοινής χρήσης αυτοκινήτων). Η χρήση ενός επιχειρηματικού μοντέλου που βασίζεται σε υπηρεσίες συνιστά ένα σημαντικό εργαλείο για την αύξηση της κυκλικότητας του προϊόντος. Στην περίπτωση που η ιδιοκτησία του προϊόντος παραμένει στον παραγωγό, η μείωση του συνολικού κόστους του κύκλου ζωής του αποτελεί οικονομικό κίνητρο που μπορεί να ενθαρρύνει τον σχεδιασμό προϊόντων για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, επαναχρησιμοποίηση, επισκευή ή ανακατασκευή. Σε ένα τέτοιο σύστημα τα προϊόντα έχουν μεγαλύτερη περίοδο χρήσης απ' ό,τι σε ιδιωτικό πλαίσιο, συνεπώς απαιτούνται λιγότερα προϊόντα και πόροι.

5. Η άνοδος του ηλεκτρονικού εμπορίου αποτελεί την κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη του λιανικού εμπορίου στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική. Η τάση δημιουργίας συστημάτων για παράδοση κατ' οίκον οδηγεί σε αύξηση των απορριμμάτων χαρτιού και πλαστικού σε επίπεδο νοικοκυριού, εξαιτίας των υλικών συσκευασίας των προϊόντων προς παράδοση. Αφετέρου, η δημιουργία μιας αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας που θα περιλαμβάνει την άμεση και εύκολη επιστροφή των παλιών προϊόντων από τους καταναλωτές προς τους εμπόρους, μπορεί να καταστήσει δυνατή την επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή και την ανακατασκευή των προϊόντων.

6. Η διάρκεια ζωής ενός προϊόντος αντιπροσωπεύει την περίοδο από την απόκτησή του έως και την οριστική του διάθεση από τον τελικό ιδιοκτήτη. Όταν οι παραγωγοί δεν ανταμείβονται οικονομικά από την πώληση προϊόντων μακράς διάρκειας ζωής, τότε επικεντρώνονται στην πώληση προϊόντων σε μεγάλους όγκους μειώνοντας παράλληλα το προσδόκιμο ζωής τους. Επακόλουθο αυτού είναι η μείωση του κινήτρου για επισκευή και επαναχρησιμοποίηση. Από την άλλη, η αύξηση της διάρκειας ζωής των προϊόντων και επομένως της υπολειμματικής τους αξίας, έχει θετική επίπτωση στην επαναχρησιμοποίηση και στην επισκευή τους.

7. Μία ακόμα νέα τάση είναι η συνεργατική κατανάλωση ή αλλιώς η κοινή χρήση προϊόντων από τους καταναλωτές, η οποία πραγματοποιείται είτε με αλληλεπίδραση ένας προς έναν είτε με τη διαμεσολάβηση κάποιας εταιρίας. Προκύπτουν δηλαδή δύο μοντέλα συνεργατικής κατανάλωσης, το εταιρικό (π.χ. Airbnb) και το κοινοτικό (π.χ. κοινή χρήση εργαλείων, ρούχων, παιχνιδιών). Η τάση αυτή φαίνεται να συμβάλει στην κυκλική οικονομία, καθώς η κοινή χρήση περιουσιακών στοιχείων προκαλεί την αύξηση της χρήσης των προϊόντων και κατά συνέπεια τη χαμηλότερη ζήτηση για καινούρια.

8. Οι αγορές ανακυκλώσιμων προϊόντων όπως το γυαλί, το χαρτί και το μέταλλο έχουν σημειώσει σημαντική αύξηση. Η τάση αυτή καθοδηγείται σε μεγάλο βαθμό από την πολιτική, με την εισαγωγή υποχρεώσεων για αύξηση των ποσοστών ανακυκλωμένων αποβλήτων και την αποθάρρυνση της διάθεσής τους σε χώρους υγειονομικής ταφής. Παρόλο που η πολιτική επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και την αύξηση αγορών ανακυκλώσιμων, υπάρχει έλλειψη παρόμοιων κινήτρων για την επισκευή, την ανακατασκευή και την επαναχρησιμοποίηση με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σημαντική συμβολή στην τόνωση των υπόλοιπων επιλογών κυκλικότητας των προϊόντων.

9. Το Internet of things (IoT) είναι μια τάση που περιγράφει τη συνδεσιμότητα των συσκευών μέσω του διαδικτύου, με σκοπό τη δημιουργία «έξυπνων» συσκευών για μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και άνεση. Βρίσκει εφαρμογή σε βιομηχανίες για την ευκολότερη συντήρηση και ανακατασκευή των προϊόντων τους. Το IoT παρέχει στα ίδια τα προϊόντα τη δυνατότητα βελτιστοποίησης της χρήσης των πόρων τους (κυρίως της ενέργειας) και επιπλέον την ικανότητα αυτόματης ανίχνευσης και διόρθωσης πιθανών ελαττωμάτων στη λειτουργία τους. Ωστόσο αυτή η προηγμένη διασύνδεση των προϊόντων, που συνεπάγεται την ενσωμάτωση αισθητήρων και άλλων ηλεκτρονικών στοιχείων, συμβάλλει στην αύξηση της πολυπλοκότητάς τους, μειώνοντας έτσι τη δυνατότητα για την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωσή τους.

Ανακεφαλαιώνοντας, οι υπάρχουσες τάσεις των προϊόντων αντικατοπτρίζουν μία μικτή εικόνα σχετικά με τις προοπτικές κυκλικότητάς τους. Ο αρθρωτός σχεδιασμός, οι υπηρεσίες γύρω από προϊόντα και η συνεργατική κατανάλωση έχουν πιο ξεκάθαρες θετικές συνέπειες, όπως ευκολότερη επισκευή και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των προϊόντων. Αντιθέτως, η τάση προς ολοένα και πιο σύνθετα προϊόντα περιπλέκει την ανακύκλωση, την επισκευή και την επαναχρησιμοποίηση, αποτελώντας τροχοπέδη για την κυκλικότητα. Οι επιπτώσεις των υπολοίπων τάσεων είναι αρκετά διφορούμενες και θα εξαρτηθούν από την εφαρμογή των σχετικών τεχνολογιών, των επιχειρηματικών μοντέλων και τη συμπεριφορά των καταναλωτών.

Στον ακόλουθο πίνακα 1.1 συνοψίζονται οι προαναφερόμενες τάσεις και οι επιπτώσεις τους [2].

Πίνακας 1.1: Ενδεικτικές επιπτώσεις των τάσεων των προϊόντων στην κυκλικότητα των υλικών

ΤΑΣΕΙΣ	ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΣΕ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ
Όλο και πιο περίπλοκος σχεδιασμός και λειτουργικότητα προϊόντων	Μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερη ζήτηση υλικών λόγω συγχώνευσης πολλών λειτουργιών	Μειώνει τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης (ετερογενή υλικά, σύνθετη αποσυναρμολόγηση)	Πιθανώς αρνητικό
Αυξανόμενη χρήση αρθρωτού σχεδιασμού	Μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των προϊόντων μέσω της ευκολότερης ανακατασκευής και επισκευής	-	Πιθανώς θετικό
Τοπική παραγωγή κατόπιν παραγγελίας	Επιτρέπει την αυξημένη αποδοτικότητα των υλικών συγκριτικά με την αφαιρετική παραγωγή	Η προσαρμογή των προϊόντων μπορεί να εμποδίσει την κοινή χρήση Μπορεί να εμποδίσει τη δυνατότητα για ανακύκλωση (προϊόντα πολλαπλών υλικών)	Ασαφές
Υπηρεσίες γύρω από προϊόντα	Μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα του προϊόντος και της χρήσης των υλικών (μεγαλύτερη περίοδος χρήσης, μακρά διάρκεια ζωής, επισκευή)	-	Πιθανώς θετικό
Συστήματα για παράδοση κατ' οίκον	Επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση, επισκευή και ανακατασκευή προϊόντων μέσω της αντίστροφης εφοδιαστικής	Μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των οικιακών απορριμμάτων (υλικά συσκευασίας)	Ασαφές
Αλλαγή της διάρκειας ζωής του προϊόντος	Αυξάνει τη διάρκεια ζωής ορισμένων προϊόντων	Μειώνει την ωφέλιμη διάρκεια ζωής κάποιων προϊόντων	Ασαφές
Συνεργατική κατανάλωση	Επιτρέπει τη συχνότερη/αποδοτικότερη χρήση μεμονωμένων προϊόντων	-	Πιθανώς θετικό
Αγορές για ανακύκλωση	Παρέχει υποστήριξη σε επιχειρηματικά μοντέλα ανακύκλωσης	Μειώνει τα κίνητρα για επαναχρησιμοποίηση	Ασαφές
Internet of things	Παρέχει καλύτερη ενημέρωση σχετικά με τη σύνθεση του προϊόντος και βελτιώνει την ανακύκλωση υλικών	Οδηγεί πιθανώς σε πιο σύνθετα προϊόντα	Ασαφές

1.5 Εφαρμογή Κυκλικής Οικονομίας σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Αθροιστικά έως το 2050, εκτιμάται ότι θα έχουν συσσωρευτεί 78 εκατομμύρια τόνοι πρώτων υλών από φωτοβολταϊκές μονάδες που έχουν φτάσει στο τέλος ζωής τους (EoL: End-of-Life) και 12 δισεκατομμύρια τόνοι πτερυγίων ανεμογεννητριών, ενώ έως το 2030 υπολογίζεται η συγκέντρωση 11 εκατομμυρίων τόνων υλικών από μπαταρίες ιόντων λιθίου (βρίσκουν εφαρμογή σε ηλεκτρικά οχήματα) που θα βρίσκονται στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους. Η κυκλική οικονομία συνιστά επιτακτική ανάγκη για την αντιμετώπιση των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας στο τέλος ζωής τους, δημιουργώντας συγχρόνως αρκετές ευκαιρίες και προκλήσεις. Όταν τα προϊόντα δεν μπορούν πλέον να ανακατασκευαστούν, να επισκευαστούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν, η ανακύκλωση αποτελεί την τελευταία κυκλική επιλογή. Ωστόσο, τα ενεργειακά προϊόντα που αναφέρθηκαν αποτελούνται από ένα μίγμα σύνθετων υλικών, τα οποία δυσκολεύουν το κομμάτι της ανακύκλωσης και χρήζουν ειδικής αντιμετώπισης [5].



Σχήμα 1.3: Κυκλική Οικονομία και Τεχνολογίες Καθαρής Ενέργειας

Σημαντική προσέγγιση για την εισαγωγή τέτοιων προϊόντων στην κυκλική οικονομία είναι ο εξ αρχής σχεδιασμός τους για ανακύκλωση (ΣγΑ: Σχεδιασμός για Ανακύκλωση). Ο ΣγΑ προσφέρει τη δυνατότητα βελτίωσης της ποσότητας και της αξίας των ανακτώμενων υλικών και την επαναχρησιμοποίησή τους σε νέα προϊόντα. Αυτό καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την αρχική επιλογή και τη διανομή των υλικών εντός του προϊόντος, καθώς και από την εφαρμογή συγκολλητικών ουσιών. Τα επικίνδυνα υλικά θα πρέπει να αποφεύγονται ώστε να μειώνεται το κόστος ανακύκλωσης και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Όταν η αποφυγή τους είναι αδύνατη, ο ΣγΑ επιτρέπει την πλήρη και μεμονωμένη ανάκτηση αυτών των υλικών. Δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην εφαρμογή του στις τεχνολογίες καθαρής ενέργειας εξαιτίας της

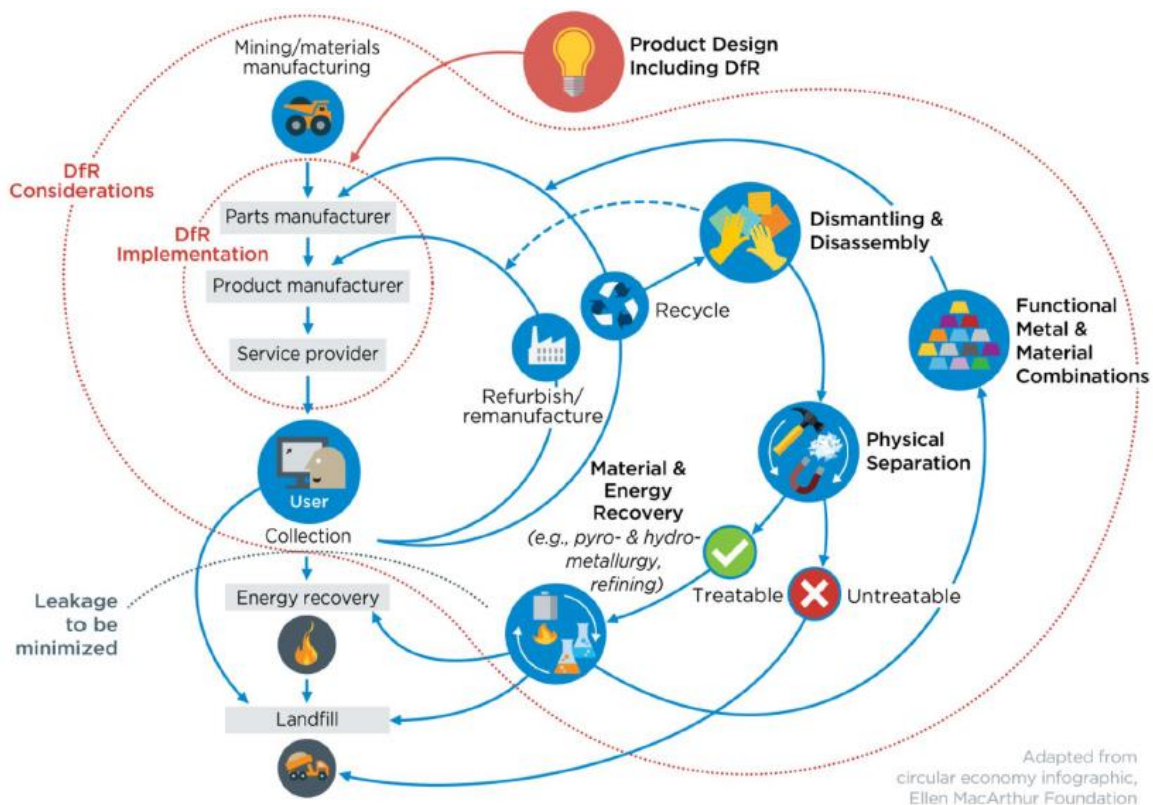
πρόσφατης και προβλεπόμενης ανάπτυξής τους [5]. Το σχήμα 1.3 παρουσιάζει τα κύρια βήματα για την αντιμετώπιση του τέλους ζωής τέτοιων ενεργειακών συστημάτων με βάση τον ΣγΑ.

Ο επόμενος πίνακας 1.2 περιλαμβάνει εννέα κοινές αρχές του ΣγΑ που ισχύουν ευρύτερα για τα φωτοβολταϊκά πάνελ, τα πτερύγια ανεμογεννητριών και τις μπαταρίες ιόντων λιθίου.

Πίνακας 1.2: Αρχές που αφορούν και τις τρεις τεχνολογίες καθαρής ενέργειας [5]

1. Απαιτήσεις προϊόντων όπως η λειτουργικότητα, η αξιοπιστία, η μακρά διάρκεια ζωής και το κόστος είναι κρίσιμες για την αποδοχή της αγοράς. Ο ΣγΑ θα πρέπει να υποστηρίζει ή να ενισχύει αυτές τις πτυχές, αλλά μπορεί να οδηγήσει σε αντισταθμίσεις μεταξύ της δυνατότητας για ανακύκλωση και της απόδοσης του προϊόντος και του κόστους.
2. Η επιλογή υλικών και η ικανότητα επανάκτησης ξεχωριστών υλικών είναι ζωτικής σημασίας για τα αποτελέσματα του ΣγΑ.
3. Τα αποτελέσματα της ανακύκλωσης μπορούν να ενισχυθούν ελαχιστοποιώντας τα επικίνδυνα υλικά στα προϊόντα ή καθιστώντας αυτά τα υλικά πλήρως ανακτήσιμα μέσω του ΣγΑ.
4. Η ελαχιστοποίηση και η διαχείριση των υλικών που είναι δύσκολο να ανακυκλωθούν μπορούν να βελτιώσουν τη συνολική απόδοση της ανακύκλωσης.
5. Η ελαχιστοποίηση των μη αναστρέψιμων συγκολλητικών ουσιών ή παρόμοιων δεσμών, ειδικά σε ολόκληρες επιφάνειες και για ανόμοια υλικά, μπορεί να διευκολύνει την αποσυναρμολόγηση και την επανάκτηση των υλικών.
6. Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση μπορεί να βελτιώσει τη δυνατότητα για ανακύκλωση.
7. Ο ΣγΑ παρέχει τη δυνατότητα εκτίμησης πιθανών βελτιώσεων στην ανακύκλωση και στις οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες, το οποίο είναι σημαντικό για τη συνεχή πρόοδο, την αναγνώριση και την αξιολόγηση των αντισταθμίσεων και της αξίας για επικοινωνία μεταξύ των ενδιαφερόμενων.
8. Η χρήση ετικετών για την αναγνώριση ανακυκλώσιμων και μη υλικών βοηθά τους υπεύθυνους ανακύκλωσης στην ταξινόμηση πρώτων υλών.
9. Ο σχεδιασμός προϊόντων για την προβλεπόμενη χρήση ανακυκλωμένων υλικών προωθεί την κυκλική κατασκευή.

Το σχήμα 1.4 παρουσιάζει τις διαδρομές, τις διεργασίες και τους υπεύθυνους του ΣγΑ μέσα στο κυκλικό σύστημα. Το μεγάλο όριο με τις κόκκινες κουκίδες περιλαμβάνει διάφορες δραστηριότητες που θα πρέπει να εξεταστούν στο ΣγΑ, ενώ ο μικρός κύκλος με τις κόκκινες κουκίδες περιέχει τους αρμόδιους για την εφαρμογή του. Η διακεκομμένη μπλε γραμμή υποδηλώνει την άμεση επαναχρησιμοποίηση άθικτων ανακτημένων συστατικών.



Σχήμα 1.4: Ο ρόλος του ΣγΑ μέσα σε ένα κυκλικό σύστημα [5]

Ακολουθεί αναλυτικότερη περιγραφή των εννέα κοινών αρχών ΣγΑ.

1. Η λειτουργία, η αξιοπιστία και το κόστος πρέπει να είναι ελκυστικά για τους καταναλωτές, ώστε τα προϊόντα που σχεδιάστηκαν με βάση την ανακύκλωση να γίνουν αποδεκτά από την αγορά ώστε να αναδειχθούν τα οφέλη της ανακύκλωσης. Εάν η υψηλή δυνατότητα για ανακύκλωση βλάπτει την εμπορική βιωσιμότητα ενός προϊόντος, ίσως είναι αναγκαίος ο σχεδιασμός για μικρότερη δυνατότητα ανακύκλωσης. Αντιθέτως, εάν ένα προϊόν υπόκειται σε στόχους ανακύκλωσης (π.χ. λόγω κυβερνητικών πολιτικών), οι χαμηλότερες επιδόσεις ή το υψηλότερο κόστος μπορεί να είναι αναγκαστικοί συμβιβασμοί ώστε να υπάρξει μεγαλύτερη δυνατότητα για ανακύκλωση.
2. Το ποσοστό επανάκτησης υλικών και η καθαρότητα αυτών εξαρτώνται από την αρχική επιλογή και διανομή τους στο προϊόν, καθώς και από τις χρησιμοποιούμενες συγκολλητικές ουσίες. Μπορεί να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός των ασύμβατων υλικών προς αποφυγή της ανάμιξης των ροών εξόδου στην ανακύκλωση.
3. Η αποφυγή επικίνδυνων υλικών είναι σημαντική, ώστε το προϊόν να μην ταξινομείται στα επικίνδυνα απόβλητα στο τέλος ζωής του, να μειώνεται το κόστος ανακύκλωσης και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του. Όταν η χρήση επικίνδυνων υλικών είναι αναπόφευκτη τότε ο ΣγΑ είναι αυτός που επιτρέπει την πλήρη και ξεχωριστή ανάκτησή τους.
4. Ορισμένα υλικά υποβαθμίζονται από την ανακύκλωση ή δεν μπορούν να ανακυκλωθούν πολλές φορές (π.χ. επεξεργασμένο ξύλο), ο ΣγΑ όμως παρέχει τη δυνατότητα της έγκαιρης

απομόνωσής τους, διευκολύνοντας με αυτό τον τρόπο την ανακύκλωση των υπόλοιπων υλικών του προϊόντος.

5. Οι μη αναστρέψιμες συγκολλητικές ουσίες ή οι δυσδιάλυτοι δεσμοί, ιδιαίτερα κατά την ένωση δύο διαφορετικών υλικών, εμποδίζουν την αποσυναρμολόγηση και την ανάκτηση των υλικών. Σε ορισμένες περιπτώσεις ωστόσο μπορούν να βοηθήσουν την ανακύκλωση διευκολύνοντας την επιθυμητή πορεία θραύσης κατά τον τεμαχισμό.

6. Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση προωθεί την αρθρωτή κατασκευή προϊόντων καθιστώντας έτσι ευκολότερο το διαχωρισμό και κατ' επέκταση την επισκευή και την ανακύκλωση μεμονωμένων ομάδων εξαρτημάτων. Επιπλέον, βάσει αυτού του σχεδιασμού μπορούν να φανερωθούν επιπτώσεις διάφορων πτυχών του ΣγΑ, όπως η επιλογή θέσης και οι μέθοδοι των συνδέσεων.

7. Έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που επικυρώνονται με πειραματικές παρατηρήσεις και αναλύουν ποσοτικά ή ποιοτικά τη δυνατότητα ανακύκλωσης των προϊόντων. Τα οφέλη από αυτή την ανάλυση είναι γνώση και συνεχής βελτίωση, εντοπισμός των αντισταθμίσεων και εκτίμηση των επιπτώσεων για μελλοντικό επανασχεδιασμό και αξία της επικοινωνίας του ΣγΑ στους ενδιαφερόμενους.

8. Η σήμανση βοηθάει τους υπεύθυνους ανακύκλωσης στην ταξινόμηση των πρώτων υλών. Οι πληροφορίες της ετικέτας είναι σημαντικές για την αναγνώριση των υλικών, ενώ σημασία έχει επίσης η σύνθεση, η τοποθέτηση και η μέθοδος εφαρμογής της.

9. Μπορεί η χρήση ανακυκλωμένων υλικών σε ένα προϊόν να μη βελτιώνει άμεσα τη δυνατότητά του για ανακύκλωση, αλλά ενισχύει την κυκλικότητα του συστήματος παραγωγής και ενθαρρύνει το ΣγΑ. Έτσι, οδηγεί στην επικράτηση αυτού του σχεδιασμού έχοντας ως αποτέλεσμα ανακυκλωμένες πρώτες ύλες υψηλότερης ποιότητας και μεγαλύτερη αξιοποίησή τους.

Επειδή ο ΣγΑ εξαρτάται από το προϊόν και την κατάσταση, οι αρχές αυτές πρέπει να προσαρμόζονται αναλόγως την περίπτωση. Ιδιαίτερα τεχνικά ζητήματα είναι επίσης σημαντικά, όπως εάν το προϊόν θα απαιτήσει μόνο μηχανικό διαχωρισμό ή και θερμική επεξεργασία. Γενικότερα, η υλοποίηση μιας κυκλικής οικονομίας απαιτεί προσοχή σε αρκετούς παράγοντες και συντονισμό μεταξύ πολλών ενδιαφερόμενων μερών. Η ανακύκλωση και ο σχεδιασμός με γνώμονα αυτή είναι σημαντικές πτυχές αυτής της προσπάθειας, αλλά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μετά από άλλες κυκλικές προσεγγίσεις, όπως ο σχεδιασμός για επαναχρησιμοποίηση, η μακρά διάρκεια ζωής των προϊόντων και η ανακατασκευή οι οποίες παρέχουν καλύτερη διατήρηση της αξίας των υλικών [5].

1.5.1 Φωτοβολταϊκές μονάδες

Τα φωτοβολταϊκά απόβλητα, που συνδέονται με τις εκθετικά αναπτυσσόμενες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε παγκόσμια κλίμακα, αποτελούν μια σταδιακά αυξανόμενη περιβαλλοντική πρόκληση και συγχρόνως παρουσιάζουν πρωτοφανείς ευκαιρίες για δημιουργία νέας αξίας ή

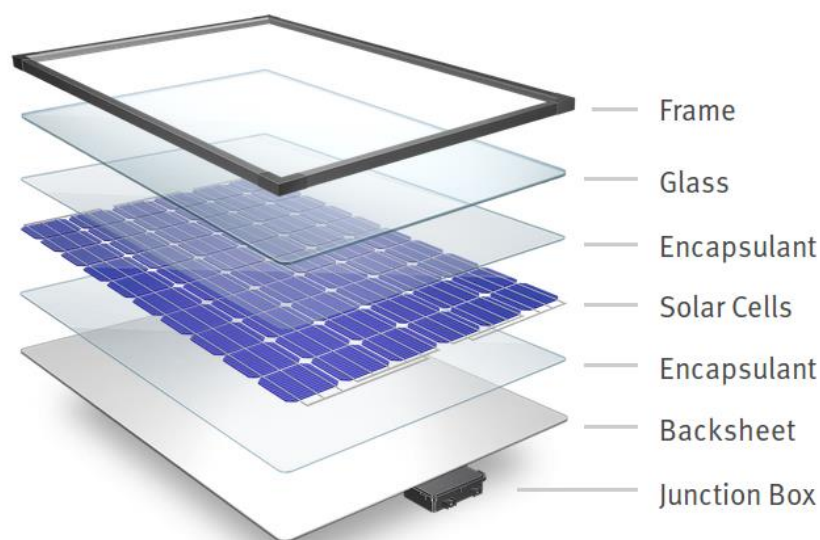
για επέκταση της υφιστάμενης. Πραγματοποιούνται προσπάθειες για τη δημιουργία μιας πιο φιλικής προς το περιβάλλον και οικονομικά βιώσιμης διαχείρισης στο τέλος του κύκλου ζωής των φωτοβολταϊκών μονάδων. Η ανακύκλωση, η ανάκτηση πρώτων υλών, η επισκευή ή αποκατάσταση και η επαναχρησιμοποίησή τους είναι απαραίτητες για την επίτευξη αυτού του στόχου. Ωστόσο οι διαδικασίες αυτές εκτελούνται προς το παρόν από ανεξάρτητες ιδιωτικές εταιρείες, χωρίς καμία υποστήριξη από τους αρχικούς κατασκευαστές [6].

Οι προσπάθειες και η προσοχή των ενδιαφερόμενων μερών στρέφονται προς:

- καινούριες φωτοβολταϊκές λειτουργίες και συντήρηση, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη και οικονομικά αποδοτική λειτουργία κατά τη διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων,
- τη βιώσιμη (κερδοφόρα) διαχείριση στο τέλος ζωής των φωτοβολταϊκών συστοιχιών και σε διαδικασίες επισκευής για την καθιέρωση μακροπρόθεσμης και ανταγωνιστικής απόδοσης και αξιοπιστίας των φωτοβολταϊκών εξαρτημάτων που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν [6].

1.5.1.1 Φωτοβολταϊκές μονάδες κρυσταλλικού πυριτίου (PV c-Si)

Η διαδικασία αντιμετώπισης των φωτοβολταϊκών πάνελ στο τέλος ζωής τους περιλαμβάνει την αφαίρεση των καλωδίων, του κιβωτίου σύνδεσης και του πλαισίου τους. Ακολουθεί ο τεμαχισμός, η διαλογή και ο διαχωρισμός των υλικών της μονάδας, ώστε να αποσταλούν σε συγκεκριμένες διαδικασίες ανακύκλωσης που σχετίζονται με το κάθε υλικό. Η αφαίρεση του στρώματος ενθυλάκωσης EVA θεωρείται ως ένα από τα πιο δύσκολα βήματα στην ανακύκλωση πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου [6] [7].



Εικόνα 1.5: Η δομή ενός PV c-Si [8]

Η εικόνα 1.5 δείχνει τα στρώματα από τα οποία απαρτίζεται μία φωτοβολταϊκή μονάδα κρυσταλλικού πυριτίου.

Πίνακας 1.3: Αρχές ΣγΑ φωτοβολταϊκών κρυσταλλικού πυριτίου [5]

1. Ο προσδιορισμός της κατασκευής και της σύνθεσης των μονάδων θα μπορούσε να επιτρέψει ασφαλέστερες και αποτελεσματικότερες διαδικασίες ανακύκλωσης.
2. Η σύνθεση του πίσω καλύμματος (backsheet) έχει ιδιαίτερα σημαντικές επιπτώσεις στη δυνατότητα για ανακύκλωση.
3. Οι μεταλλικές επιλογές μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις διαδικασίες και στο κόστος ανακύκλωσης.
4. Η ελαχιστοποίηση της χρήσης τμημάτων ή η χρήση αντιστρεπτών τμημάτων μπορεί να διευκολύνει την αποσυναρμολόγηση φωτοβολταϊκών μονάδων.
5. Η μείωση του αριθμού και της πολυπλοκότητας των συνδετικών υλικών έχει θετική επίπτωση στη δυνατότητα ανακύκλωσης και τα οικονομικά.

Ο παραπάνω πίνακας 1.3 επισημαίνει τις αρχές του ΣγΑ που αφορούν την κυρίαρχη φωτοβολταϊκή τεχνολογία στον κόσμο (95% των μονάδων είναι κρυσταλλικού πυριτίου) και ακολουθεί η ανάλυσή τους.

1. Η γνώση της σύνθεσης και της κατασκευής της μονάδας μπορεί να διευκολύνει την ομαδική επεξεργασία φωτοβολταϊκών, να επιτρέψει την απομόνωση προβληματικών ή ασύμβατων συστατικών και να αποφύγει τη μόλυνση των προϊόντων που θα ανακυκλωθούν. Η σήμανση του πάνελ χρειάζεται να είναι ανθεκτική και οι βάσεις δεδομένων που περιέχουν στοιχεία για την κατασκευή και τη σύνθεσή του να παραμένουν διαθέσιμες μετά την απόσυρση ενός κατασκευαστή.

2. Ο σχεδιασμός των πίσω καλυμμάτων (backsheet) των φωτοβολταϊκών μονάδων επιδρά στο κόστος, στην απόδοση και στη δυνατότητα ανακύκλωσης. Τα πίσω φύλλα περιέχουν φθόριο και εάν υποστούν θερμική επεξεργασία παράγουν επικίνδυνα αέρια οδηγώντας σε αύξηση του κόστους της θερμικής ανακύκλωσης και περιορισμό των επιλογών επεξεργασίας. Επομένως η χαμηλή περιεκτικότητα σε φθόριο είναι προτιμότερη για τρεις κύριους λόγους: α) η θερμική επεξεργασία θα πραγματοποιηθεί με χαμηλότερο κόστος αφού θα μειωθεί η απαιτούμενη αντιδραστική ουσία για την εξουδετέρωση του φθορίου, β) τα αέρια που θα προκύψουν θα είναι λιγότερο διαβρωτικά και γ) τα μεταλλουργεία χαλκού θα πληρώσουν περισσότερο για ανακτημένα υλικά με χαμηλότερα επίπεδα μόλυνσης από φθόριο.

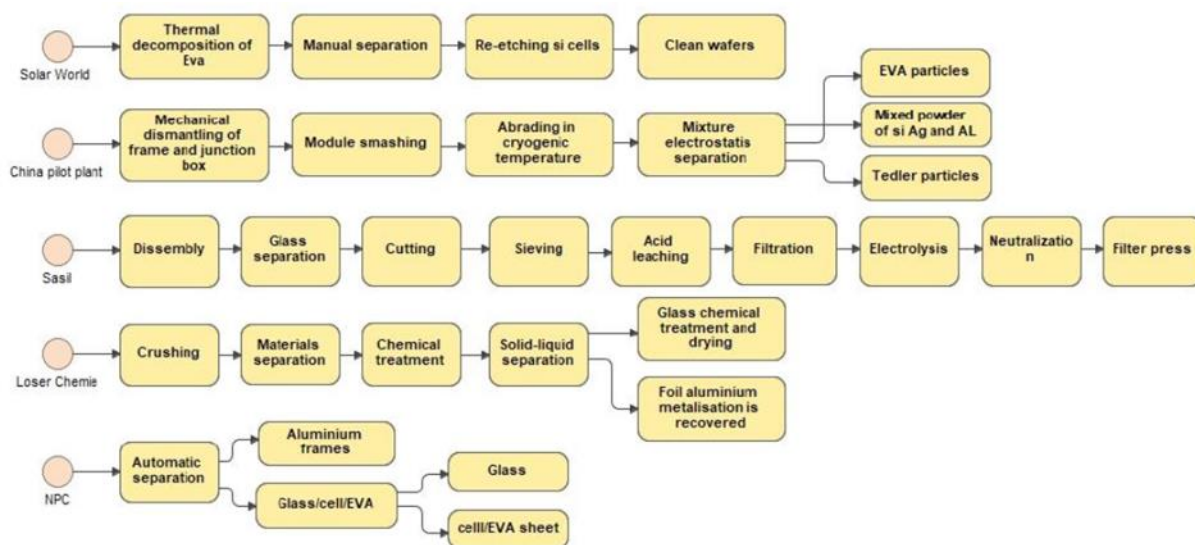
3. Η μείωση της χρήσης αργύρου (Ag) στις φωτοβολταϊκές μονάδες φαίνεται απαραίτητη για τη διατήρηση της παγκόσμιας ανάπτυξης αυτού του κλάδου. Η υποκατάστασή του με χαλκό και νικέλιο (Cu/Ni) είναι προτιμότερο να γίνεται εξολοκλήρου, καθώς η παρουσία του αργύρου καθιστά το μείγμα ακατάλληλο για εναλλακτικές και φθηνότερες διαδικασίες διαχωρισμού των υλικών. Όσον αφορά το μόλυβδο (Pb) που χρησιμοποιείται στα κράματα συγκόλλησης, μπορεί να εναλλαχθεί με τον κασσίτερο (Sn) για ελάττωση των επιπτώσεων στην ανακύκλωση.

4. Η αποκόλληση των επιμέρους τμημάτων αποτελεί πρόκληση για πολλές διαδικασίες ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών. Υπάρχουν οι διαδικασίες FRELP και hot-knife που χρησιμοποιούν υψηλές θερμοκρασίες για να εξατμίσουν τα πλαστικά τμήματα από τα ηλιακά

κελιά, ενώ η εταιρία Veolia διαχωρίζει τα πλαστικοποιημένα υλικά με μια σύνθετη μηχανική διαδικασία. Η διαδικασία NICE που δεν περιλαμβάνει πλαστικά τμήματα διευκολύνει την αποσυναρμολόγηση και την ανακύκλωση, αλλά μειώνει την αποδοτικότητα της μονάδας.

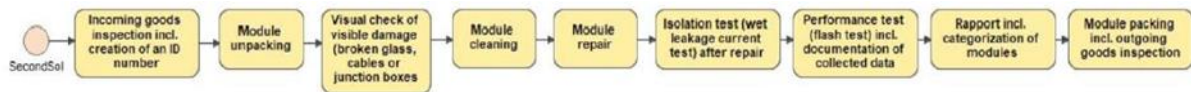
5. Η προσπάθεια για μείωση του αριθμού και της πολυπλοκότητας των υλικών έχει αναδείξει δύο τάσεις στα σχέδια φωτοβολταϊκών μονάδων. Η πρώτη είναι η παραγωγή μονάδων χωρίς πλαίσιο το οποίο αφενός θα κάνει πιο επικίνδυνη τη μεταφορά και την εγκατάστασή τους, αφετέρου όμως καθιστά τη μονάδα ελαφρύτερη, συμπαγέστερη, απλοποιεί την ανακύκλωση και μειώνει το κόστος της. Η δεύτερη τάση είναι η αντικατάσταση της σύνδεσης από γυαλί-πίσω κάλυμμα σε γυαλί-γυαλί ώστε να αυξηθούν τα έσοδα από ανακυκλωμένο γυαλί ανά μονάδα και να εξαλειφθεί η χρήση του φθοριούχου πίσω φύλλου.

Το έργο δράσης CIRCUSOL [9] αποτελεί πρότυπο καθώς προωθεί τη δημιουργία ξεχωριστού τμήματος για την ανακύκλωση, επισκευή, ανακατασκευή και επαναχρησιμοποίηση φωτοβολταϊκών και προτείνει προσαρμοσμένα τεχνικά πλαίσια για αυτές τις ανερχόμενες επιχειρηματικές οδούς. Αυτό θα αποτελέσει το θεμέλιο για την ανάπτυξη και την επικύρωση συστημάτων προϊόντων - υπηρεσιών (PSS: Product-Service Systems) στον τομέα των φωτοβολταϊκών, ώστε να καταστεί δυνατή η εφαρμογή κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων. Ως εκ τούτου, οι φωτοβολταϊκές μονάδες θα μπορούν να σχεδιαστούν τόσο με γνώμονα τη δυνατότητα για ανακύκλωση, όσο και την κυκλικότητα προς διαδρομές δεύτερης ζωής. Το CIRCUSOL στοχεύει στην ανάδειξη πληροφοριών σχετικά με ανεξερεύνητα θέματα όπως: α) δοκιμές αξιοπιστίας και πιστοποίησης για ανακατασκευασμένες μονάδες, β) ανάλυση κόστους, εφαρμογής και τμήματος αγοράς για κυκλική αλυσίδα εφοδιασμού και γ) αποδοχή της αγοράς και συστάσεις πολιτικής [6].



Σχήμα 1.6: Επισκόπηση ροών εργασίας της διαδικασίας ανακύκλωσης για PV c-Si [6]

Στο σχήμα 1.6 υπάρχουν παραδείγματα από εταιρίες που πρωταγωνιστούν στο χώρο και έχουν διαφορετική προσέγγιση στη διαδικασία ανακύκλωσης κατά το τέλος ζωής των φωτοβολταϊκών μονάδων και το σχήμα 1.7 παρουσιάζει τη διαδικασία της SecondSol για την επισκευή/ανακατασκευή φωτοβολταϊκών συστοιχιών, με κατεύθυνση προς την επαναχρησιμοποίηση και την εμπορία των φωτοβολταϊκών πάνελ για δεύτερη διάρκεια ζωής.



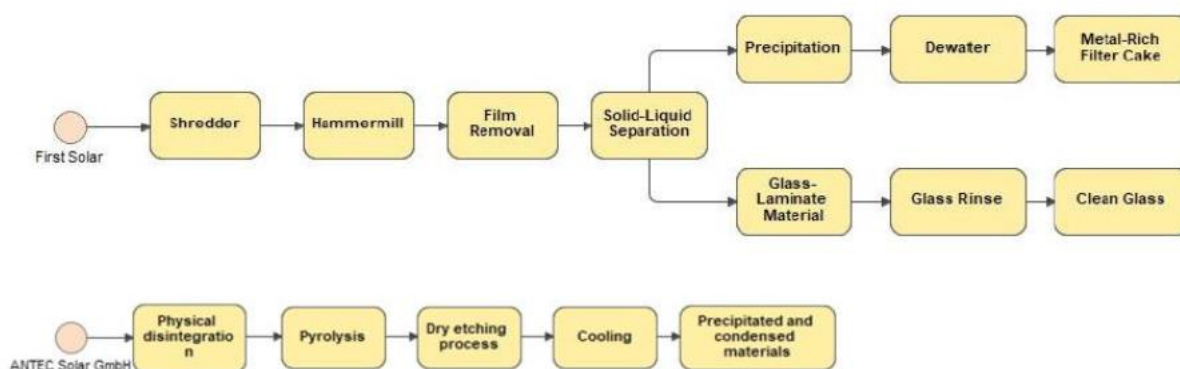
Σχήμα 1.7: Η διαδικασία επισκευής/ανακατασκευής που υιοθέτησε η SecondSol για παροπλισμένες φωτοβολταϊκές μονάδες [6]

Η διαδικασία FRELP (Full Recovery End of Life Photovoltaic) [10] έχει ως στόχο τη μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης των διαφορετικών υλικών που είναι ενσωματωμένα στη μονάδα. Διαχωρίζει τα υλικά, όπως μέταλλα και γυαλί, προκειμένου να πληρούν τις κατάλληλες προδιαγραφές καθαρότητας και ποιότητας και στη συνέχεια τα αποστέλλει σε άλλες εγκαταστάσεις για την περαιτέρω επεξεργασία τους και την παραγωγή δευτερογενών υλικών [7].

Η Apollon Solar αναπτύσσει την τεχνολογία NICE (New Industrial Cell Encapsulation) [11], η οποία κατασκευάζει φωτοβολταϊκές μονάδες χωρίς μέσο ενθυλάκωσης, αντικαθιστώντας τα στρώματα ενθυλάκωσης με ουδέτερη πλήρωση αερίου. Έτσι, εκτός από την εξοικονόμηση κόστους των υλικών, η τεχνολογία NICE απλοποιεί τη διαδικασία κατασκευής (δεν απαιτείται συγκόλληση και μετατροπή σε πλαστικό), ενώ προβαίνει σε φιλικότερη προς το περιβάλλον και απλούστερη διαδικασία ανακύκλωσης για τέτοιες συστοιχίες, καθιστώντας 100% ανακυκλώσιμη ολόκληρη τη μονάδα σύμφωνα με τον ισχυρισμό της εταιρίας [6].

1.5.1.2 Φωτοβολταϊκές μονάδες λεπτού υμενίου (Thin-Film PV)

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες λεπτού υμενίου κατέχουν το υπόλοιπο μερίδιο της αγοράς φωτοβολταϊκών και περιλαμβάνουν διάφορους τύπους όπως οι CdTe, CIGS, CIS και GaAs. Σε αυτή την κατηγορία φωτοβολταϊκών πάνελ, η First Solar που κατασκευάζει και ανακυκλώνει τις συστοιχίες CdTe βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της τεχνολογίας ανακύκλωσης. Συνολικά, από τη διαδικασία ανακύκλωσής της ανακτάται το 90% του γυαλιού από τις συστοιχίες CdTe για επαναχρησιμοποίηση σε νέα προϊόντα, και το 95% των υλικών ημιαγωγών (π.χ. Te και Cd, μετά την επεξεργασία και τον καθαρισμό των μεταλλικών σύνθετων υλικών από τρίτο μέρος) για χρήση στις νέες φωτοβολταϊκές συστοιχίες λεπτού υμενίου της First Solar. Η ενσωμάτωση αυτών των λειτουργιών στην ίδια εγκατάσταση και αλυσίδα εφοδιασμού επιτρέπει τη βέλτιστη εφαρμογή του σχεδιασμού για ανακύκλωση. Το τμήμα ανακύκλωσης της First Solar αποτελεί πρότυπο, διασφαλίζοντας ότι η δυνατότητα για ανακύκλωση λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά την ανάπτυξη νέων σχεδίων για τις μονάδες. Η Loser Chemie GmbH έχει επίσης αναπτύξει ένα σύστημα συλλογής και ανακύκλωσης παρόμοιο με αυτό της First Solar για τους διάφορους τύπους φωτοβολταϊκών λεπτού υμενίου. Η ANTEC Solar είναι μία ακόμα εταιρία που σχεδίασε μονάδα ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών πάνελ λεπτού υμενίου [6].



Σχήμα 1.8: Οι ροές εργασίας για την ανακύκλωση Thin-Film PV από τη First Solar και την ANTEC Solar [6]

1.5.2 Πτερύγια ανεμογεννητριών

Σήμερα περίπου το 90% της συνολικής μάζας των ανεμογεννητριών μπορούν να ανακυκλωθούν. Το θεμέλιο, ο πύργος και τα εξαρτήματα της τουρμπίνας διαθέτουν πρακτικές ανακύκλωσης που οδηγούν σε συστατικά υψηλής αξίας για παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών. Τα πτερύγια των ανεμογεννητριών είναι αυτά που αποτελούν το δυσκολότερο κομμάτι εξαιτίας των σύνθετων υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους. Η ανακύκλωση αυτών των παλαιών πτερυγίων συνιστά υψηλή προτεραιότητα για την αιολική βιομηχανία, απαιτώντας εξατομικευμένες λύσεις για την αποσυναρμολόγηση, τη συλλογή, τη μεταφορά, τη διαχείριση των αποβλήτων και την επανένταξή τους στην αλυσίδα αξίας. Η σύνθετη ανακύκλωση πέρα από την αιολική βιομηχανία αποτελεί πρόκληση και για άλλους κλάδους, με την κύρια τεχνολογία για την ανακύκλωση σύνθετων αποβλήτων να είναι η συνεπεξεργασία με τσιμέντο [12].



Σχήμα 1.9: Ιεραρχία επιλογών για τα απόβλητα πτερυγίων ανεμογεννητριών

Στο σχήμα 1.9 ταξινομούνται οι λύσεις για τα απόβλητα πτερυγίων από την περισσότερο προς τη λιγότερο προτιμότερη, στοχεύοντας στη βιώσιμη διαχείρισή τους και στον ακόλουθο πίνακα 1.4 σημειώνονται οι αρχές ΣγΑ σχετικά με τα πτερύγια των ανεμογεννητριών.

Πίνακας 1.4: Αρχές ΣγΑ πτερυγίων ανεμογεννητριών [5]

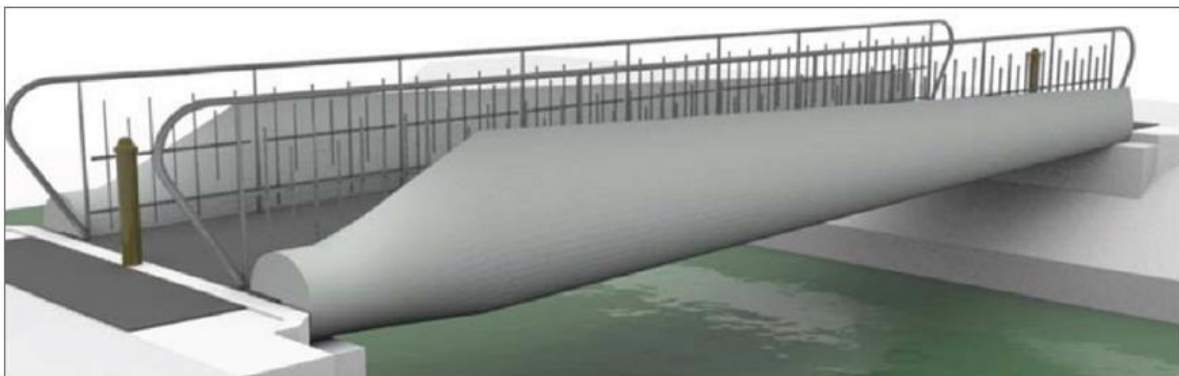
1. Ορισμένα υλικά του πτερυγίου είναι πιο ανακυκλώσιμα από άλλα, αλλά οι τεχνολογίες πτερυγίων αλλάζουν.
2. Ελαχιστοποίηση της χρήσης πρόσθετων υλικών στα πτερύγια εκτός από τη ρητίνη και τις ίνες.
3. Ορισμένα σχέδια πτερυγίων επιτρέπουν τη διατήρηση της αξίας των υλικών μετά την ανακύκλωση.

1. Τα σύνθετα υλικά, όπως οι ίνες άνθρακα και γυαλιού, είναι λιγότερο ανακυκλώσιμα καθώς δε χωρίζονται εύκολα σε ομοιογενή υλικά. Στην καλύτερη περίπτωση αλέθονται και χρησιμοποιούνται είτε ως πληρωτικά υλικά είτε σε ανακυκλωμένα προϊόντα χαμηλότερης αξίας. Εφόσον με τα σημερινά δεδομένα η ανακύκλωση των πτερυγίων παρουσιάζει δυσκολίες και συνήθως δεν πραγματοποιείται, η επαναχρησιμοποίηση είναι μία άλλη κυκλική επιλογή που πρέπει να εξεταστεί. Το μεγάλο μέγεθός τους αποτελεί εμπόδιο για οποιαδήποτε διαδικασία, αλλά η άμεση μείωση του μεγέθους στο τέλος ζωής θα διευκόλυνε τη μεταφορά τους σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης.

2. Γίνονται έρευνες για την αξιολόγηση της δυνατότητας ανάκτησης σύνθετων ρητίνων με τη χρήση θερμοπλαστικών υλικών αντί για θερμοσκληρυνόμενα. Τα υλικά από ίνες άνθρακα αποτελούνται στο σύνολό τους από αντιδραστικό εύφλεκτο υλικό, ενώ οι γυάλινες ίνες αφήνουν πίσω τους έως και 40% της μάζας τους σε στάχτη. Η προοπτική του κύκλου ζωής θα πρέπει να εξεταστεί ώστε να εξασφαλίζει ένα συνολικό όφελος.

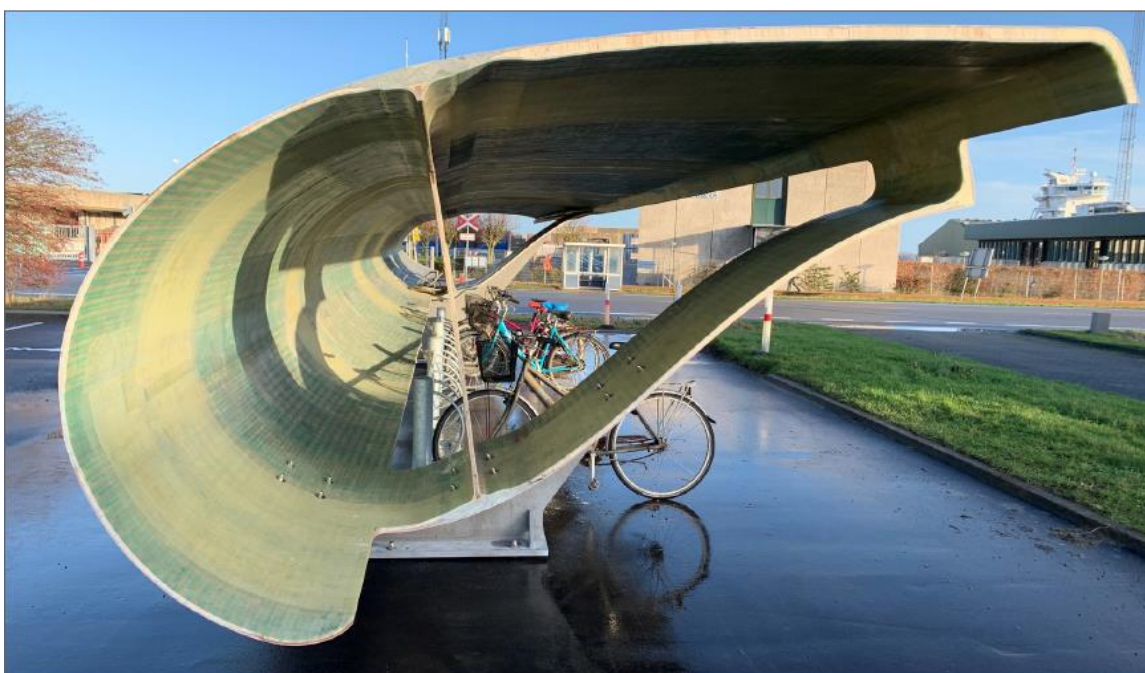
3. Η διατήρηση της αξίας των υλικών μετά την ανακύκλωση συνιστά βασική ερευνητική ανάγκη για το σχεδιασμό των πτερυγίων ανεμογεννητριών. Για παράδειγμα, η ανάκτηση μεγάλων ευθείων ινών παρέχει υψηλότερη αξία και δυνατότητα απόδοσης, σε σύγκριση με διαδικασίες που μπορούν να ανακτήσουν μόνο ίνες σε ακανόνιστες γεωμετρίες έχοντας περιορισμένες χρήσεις σε άλλες εφαρμογές.

Οι εικόνες 1.10 και 1.11 παρουσιάζουν εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης με παραδείγματα επανατοποθέτησης πτερυγίων.



Εικόνα 1.10: Σχεδιασμός πεζογέφυρας από πτερύγιο ανεμογεννήτριας [12]

Η χαμηλή ποσότητα σύνθετων αποβλήτων από ανεμογεννήτριες καθιστούν δύσκολη την κατασκευή μιας επιχείρησης ανακύκλωσης που βασίζεται αποκλειστικά σε αυτή τη ροή αποβλήτων. Όλοι οι τομείς που χρησιμοποιούν σύνθετα έργα πρέπει να συνεργαστούν για την εξεύρεση οικονομικά αποδοτικών λύσεων και αλυσίδων αξίας για τον συνολικό όγκο σύνθετων αποβλήτων. Η αιολική βιομηχανία αναζητά άλλες βιομηχανίες και φορείς που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα υλικά και τον παροπλισμένο εξοπλισμό των αιολικών πάρκων και επιδιώκει να συνεργαστεί μαζί τους για την καλύτερη κυκλικότητα των πτερυγίων ανεμογεννητριών. Επίσης είναι ανάγκη να διασφαλιστεί από τις υπεύθυνες αρχές η εφαρμογή ξεχωριστού κωδικού για τα απόβλητα πτερυγίων τα οποία κατηγοριοποιούνται προς το παρόν ως πλαστικά απόβλητα. Αυτό θα εξασφαλίσει την αποτελεσματική συλλογή και διαλογή των υλικών και θα συμβάλει στον εντοπισμό κατάλληλων επιλογών επεξεργασίας των σύνθετων αποβλήτων [12].



Εικόνα 1.11: Υπόστεγο για ποδήλατα στη Δανία [12]

Η WindEurope (Ευρωπαϊκή Βιομηχανία Αιολικής Ενέργειας) , η Cefic (Ευρωπαϊκή Χημική Βιομηχανία) και η EuCIA (Ευρωπαϊκή Βιομηχανία Σύνθετων Υλικών) δημιούργησαν από κοινού μια διατομεακή πλατφόρμα [13] με στόχο την κατανόηση των υφιστάμενων τεχνολογιών ανακύκλωσης των πτερυγίων ανεμογεννητριών και την προώθηση νέων προσεγγίσεων. Υποστηρίζουν σθεναρά την αύξηση και τη βελτίωση της ανακύκλωσης σύνθετων αποβλήτων μέσω της ανάπτυξης εναλλακτικών τεχνολογιών που παρέχουν τη δυνατότητα σύστασης νέων υλικών υψηλότερης αξίας και επιτρέπουν την εκ νέου παραγωγή σύνθετων υλικών. Ταυτόχρονα, οι υπάρχουσες οδοί επεξεργασίας, όπως η συνεπεξεργασία με τσιμέντο, πρέπει να εξελιχθούν περαιτέρω για την αντιμετώπιση των ροών αποβλήτων. Επίσης υψηλής σημασίας είναι η καλύτερη επιστημονική κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με την επιλογή των υλικών και με τις διάφορες μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων [12]. Η εικόνα 1.12 αποτελεί παράδειγμα στο πλαίσιο ανάκτησης και ανακύκλωσης μέσω της συνεπεξεργασίας με τσιμέντο.



Εικόνα 1.12: Προκατασκευασμένα στηθαία ασφαλείας από σκυρόδεμα [12]

Η Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Τεχνολογίας Αιολικής Ενέργειας (ETIPWind) έχει συντάξει ένα φυλλάδιο σχετικά με την ανακύκλωση πτερυγίων ανεμογεννητριών, το οποίο περιέχει συστάσεις έρευνας και καινοτομίας για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής.

Πίνακας 1.5: Προσέγγιση του τέλους ζωής [12]

Τεχνολογίες σύνθετης ανακύκλωσης των υφιστάμενων πτερυγίων
Χρηματοδότηση για ερευνητική μελέτη που θα συγκρίνει την οικονομική βιωσιμότητα των νέων τεχνολογιών ανακύκλωσης, λαμβάνοντας υπόψη τα εμπόδια της αγοράς και τη διαφορετικότητα των τελικών χρηστών.
Πολλαπλασιασμός των υφιστάμενων οδών επεξεργασίας όπως η συνεπεξεργασία τσιμέντου και αύξηση της δημοτικότητάς τους σε όλη την Ευρώπη.
Δημιουργία εγκαταστάσεων μεγάλης κλίμακας για την εκβιομηχάνιση και την αναβάθμιση νέων λύσεων ανακύκλωσης για τα πτερύγια ανεμογεννητριών.
Χρηματοδότηση για την υποστήριξη νέων διαδικασιών παραγωγής που θα χρησιμοποιούν ανακυκλωμένα υλικά από πτερύγια σε άλλους τομείς, όπως στην παραγωγή νέων σύνθετων υλικών.
Δημιουργία μιας ευρωπαϊκής διατομεακής πλατφόρμας για την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών στον τομέα της ανακύκλωσης σύνθετων υλικών (συμπεριλαμβανομένων των κτιριακών, μεταφορικών και ενεργειακών κλάδων).
Ενίσχυση της αλυσίδας αξίας για την ανακύκλωση σύνθετων αποβλήτων από όλους τους τομείς.

Οι πίνακες 1.5 και 1.6 βασίζονται σε αυτό το φυλλάδιο της Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας και προτείνουν ιδέες σχετικά με τα πτερύγια ανεμογεννητριών, προσεγγίζοντας το τέλος ζωής και το σχεδιασμό τους αντίστοιχα.

Πίνακας 1.6: Σχεδιαστική προσέγγιση [12]

Ανάπτυξη νέων υλικών για μελλοντικά πτερύγια
Χρηματοδότηση στην έρευνα και την καινοτομία για την ανάπτυξη νέων υλικών υψηλής απόδοσης που θα είναι πιο εύκολα ανακυκλώσιμα.
Υποστήριξη εγκαταστάσεων για τη δοκιμή και ενσωμάτωση πρόσφατα αναπτυγμένων βιώσιμων υλικών σε πτερύγια ανεμογεννητριών επόμενης γενιάς.
Χρηματοδότηση έρευνας για παραγωγή «έξυπνων» υλικών που θα οδηγήσουν σε καλύτερα σχέδια πτερυγίων. Σε αυτό το πλαίσιο μπορεί να υπάρξει ενσωμάτωση αισθητήρων στα πτερύγια ώστε να παρακολουθείται η πορεία και η ανθεκτικότητα των υλικών τους.
Δημιουργία ανεμογεννήτριας επόμενης γενιάς με τη χρήση «έξυπνων» υλικών που βοηθούν στη βελτιστοποίηση της συντήρησης και στην αύξηση της διάρκειας ζωής τους.
Ενθάρρυνση των σχεδιαστών πτερυγίων για επιπλέον μελέτη των τεχνολογιών ανακύκλωσης και των επιλογών επαναχρησιμοποίησης, κατά τη διαδικασία του δομικού σχεδιασμού και της επιλογής υλικών των πτερυγίων.

1.5.3 Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-ion battery)

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου βρίσκουν εφαρμογή σε ηλεκτρικά οχήματα, σε φορητές συσκευές και σε ηλεκτρικά εργαλεία. Επειδή περιέχουν λιγότερες τοξικές ουσίες από άλλους τύπους μπαταριών που μπορεί να περιέχουν μόλυβδο ή κάδμιο, κατηγοριοποιούνται γενικά στα μη επιβλαβή απόβλητα. Προς το παρόν, δεν έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στην ανακύκλωση του συγκεκριμένου τύπου μπαταριών λόγω του κόστους, της πολυπλοκότητας και της χαμηλής απόδοσής τους. Οι αρχές που παρατίθενται στον πίνακα 1.6 επικεντρώνονται στο περίβλημα της μπαταρίας. Η τυποποίηση του μεγέθους και του σχεδιασμού της μπορεί να βοηθήσει στην απλούστευση και τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών, ενώ η εσωτερική διαμόρφωση και η επιλογή των υλικών που την απαρτίζουν αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την ανακύκλωσή της [5].

Πίνακας 1.7: Αρχές ΣγΑ Μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων [5]

1. Η δυνατότητα για ανακύκλωση συνήθως βελτιώνεται όταν η αφαίρεση της μπαταρίας γίνεται ευκολότερη.
2. Ο σαφής προσδιορισμός των χημικών της μπαταρίας μπορεί να ελαττώσει τους κινδύνους αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία της ανακύκλωσης.
3. Το χημικό που περιέχεται στο εξωτερικό της μπαταρίας είναι σημαντικό να συμβαδίζει με την προβλεπόμενη διαδικασία ανακύκλωσης, προκειμένου να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες χημικές αλληλεπιδράσεις και να διευκολύνεται η διαδικασία.
4. Τα άκαμπτα πολυμερή του περιβλήματος συνήθως έχουν τη δυνατότητα ανακύκλωσης.
5. Η χρήση υλικών σύνδεσης που δεν περιέχουν φθόριο ή η ελαχιστοποίηση του στο περιεχόμενό τους μπορεί να διευκολύνει την ανακύκλωση.

1. Η εύκολη αφαίρεση της μπαταρίας βελτιώνει τη δυνατότητα ανακύκλωσής της καθώς αυξάνει την πιθανότητα να καταλήξει σε εξειδικευμένα καταστήματα ανακύκλωσης.

2. Η ακατάλληλη ανάμειξη των χημικών της μπαταρίας στη φάση της ανακύκλωσης ενδέχεται να αποτελέσει κίνδυνο για την ασφάλεια, ενώ η αποφυγή αυτής της ανάμειξης μπορεί να βελτιώσει την πιθανότητα επανένταξης οποιουδήποτε υλικού της μπαταρίας στην αλυσίδα εφοδιασμού ενός κατασκευαστή. Ο ακριβής προσδιορισμός των χημικών είναι σημαντικός για το διαχωρισμό των υλικών και μπορεί να επιτευχθεί μέσω διαδικασιών όπως η χρωματική κωδικοποίηση, το RFID (ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων), οι ραβδωτοί κώδικες (barcodes) και η υπεριώδης ή υπέρυθρη σάρωση.

3. Ορισμένα εξωτερικά υλικά της μπαταρίας ενδέχεται να μην αντιδρούν καλά σε κάποιες χημικές ή υψηλής θερμοκρασίας διεργασίες. Επομένως είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η χημική συμβατότητα μεταξύ των εξωτερικών υλικών της μπαταρίας και της διαδικασίας ανακύκλωσης.

4. Τα ανθεκτικά, άκαμπτα και δύσκολα αποσπώμενα εξωτερικά μεταλλικά μέρη της μπαταρίας μπορούν να εμποδίσουν την πρόσβαση στα εξαρτήματα του εσωτερικού της. Αντιθέτως τα άκαμπτα εξωτερικά πολυμερή συνιστούν μικρή απειλή για τα υλικά ανακύκλωσης και προσφέρουν υψηλή ανάκτηση υλικών. Τα σχέδια μπαταριών που εξυπηρετούν την αφαίρεση του εξωτερικού (π.χ. μπουλόνια αντί για συγκολλήσεις) μπορούν να διευκολύνουν τη διαδικασία ανακύκλωσης. Για εξωτερικούς χώρους που υποβάλλονται σε σύνθλιψη ή τεμαχισμό τα μαγνητικά υλικά μπορούν να απορριφθούν πριν ή μετά τη σύνθλιψη με μαγνητικούς διαχωριστές. Το τιτάνιο και οι ανοξείδωτοι χάλυβες δεν ανταποκρίνονται στον μαγνητικό διαχωρισμό καθιστώντας πιο πιθανή την αύξηση της φθοράς του εξοπλισμού σύνθλιψης.

5. Τα φθοριούχα συνδετικά υλικά είναι εμπόδιο για την ανακύκλωση, ωστόσο υπάρχουν λίγες επιλογές για να υποκαταστήσουν αυτές τις συνδετικές ύλες χωρίς την ύπαρξη φθορίου. Η αφαίρεση αυτής της επικίνδυνης ουσίας πρέπει να συμπεριληφθεί στις διαδικασίες ανάκτησης υλικών στο τέλος ζωής ώστε να διευκολυνθεί η ανακύκλωση. Υπάρχει η προοπτική εξάλειψής του με την κατάλληλη θερμική επεξεργασία, ενώ είναι σημαντικό να εξεταστούν συγχρόνως ποιοι τύποι υλικών θα μπορούσαν να εξατμιστούν σε αυτές τις θερμικές αντιδράσεις για την ελαχιστοποίηση των επικίνδυνων εκπομπών.

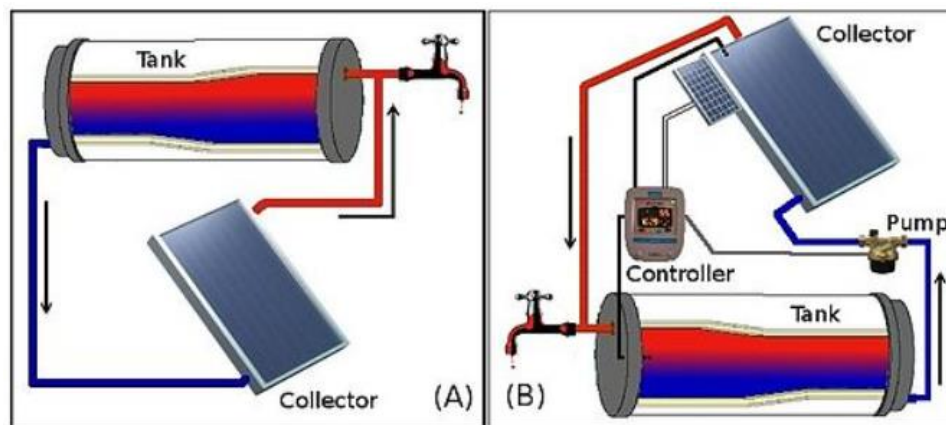
1.5.4 Ηλιακά θερμικά συστήματα

Τα ηλιακά θερμικά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμική και αποτελούν συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παρέχουν τη δυνατότητα θέρμανσης του νερού για οικιακή χρήση, ενώ λιγότερο διαδεδομένη είναι η χρήση τους για θέρμανση ή ψύξη χώρων και ηλεκτρική ενέργεια. Μία τέτοια εγκατάσταση περιλαμβάνει έναν ηλιακό συλλέκτη, μία δεξαμενή αποθήκευσης και το κυκλοφοριακό σύστημα (σωληνώσεις, αντλίες, βαλβίδες). Ουσιαστικά ο συλλέκτης απορροφάει και μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα (εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου) η οποία με κάποιο υγρό μεταφοράς (συνήθως γλυκόλη και νερό) καταλήγει μέσω σωληνώσεων στη δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού για τις οικιακές ανάγκες.

Υπάρχει διάκριση των ηλιακών θερμικών συστημάτων ανάλογα με την τοποθέτηση των συλλεκτών, της δεξαμενής και του τρόπου κυκλοφορίας του θερμαινόμενου μέσου στο σύστημα. Οι δύο βασικές κατηγορίες είναι οι εξής:

- Σύστημα εξαναγκασμένης ροής: Χρησιμοποιούνται αντλίες, βαλβίδες και σύστημα ελέγχου που καθορίζουν την κυκλοφορία του θερμαινόμενου ρευστού μέσα στο σύστημα.
- Σύστημα φυσικής ροής (θερμοσιφωνικό σύστημα): Η κυκλοφορία του υγρού πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ συλλέκτη και δεξαμενής, επομένως της διαφοράς πίεσης που δημιουργείται στο σύστημα.

Η καθιέρωση περισσότερων συστημάτων φυσικής ροής, όπου αυτό είναι δυνατό να συμβεί, θεωρείται σημαντική για τη μείωση της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας, καθώς είναι πιο εύκολα στην τοποθέτηση, δεν χρειάζονται πρόσθετα εξαρτήματα (αντλίες, σύστημα ελέγχου) απαιτούν λιγότερη συντήρηση, έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και είναι οικονομικότερα. Η εικόνα 1.13 παρουσιάζει ένα σύστημα φυσικής ροής και ένα εξαναγκασμένης [14].



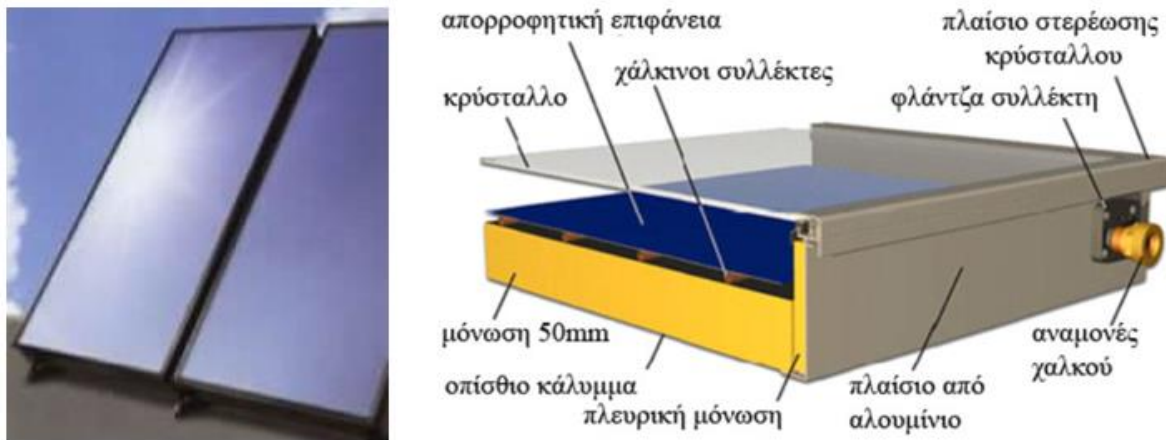
Εικόνα 1.13: Ηλιακό θερμικό σύστημα φυσικής (Α) και εξαναγκασμένης (Β) ροής [15]

1.5.4.1 Κατηγορίες ηλιακών θερμικών συλλεκτών

Ο ηλιακός συλλέκτης αποτελεί την καρδιά ενός θερμικού συστήματος και το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στην ηλιακή ενέργεια και τον τελικό χρήστη του ζεστού νερού. Η πλειοψηφία των εμπορικών ηλιακών θερμικών συστημάτων καλύπτεται από επίπεδους συλλέκτες ή συλλέκτες κενού, καθώς είναι οικονομικά αποδοτικοί και αποπληρώνουν την επένδυσή τους στο πλαίσιο της διάρκειας ζωής τους.

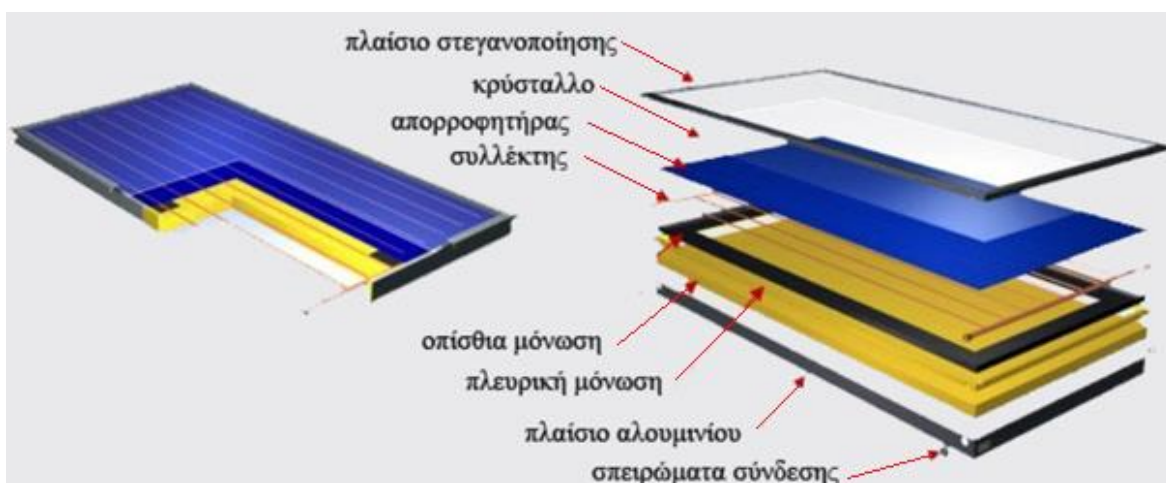
Οι περισσότερες μελέτες που γίνονται ασχολούνται κυρίως με το κομμάτι της ενεργειακής αποδοτικότητας και τη μείωση του κόστους, ενώ σπανίζουν αυτές που επικεντρώνονται στις περιβαλλοντικές συνέπειες του συλλέκτη κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, ώστε να υπάρξει καλύτερη εκτίμηση της βιωσιμότητας αυτών των συστημάτων. Για το λόγο αυτό θα ακολουθήσει εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας και του οικολογικού σχεδιασμού στους ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες προκειμένου να αξιολογηθεί το περιβαλλοντικό τους

προφίλ. Μία πρώτη ματιά στα υλικά από τα οποία αποτελείται ένας επίπεδος ηλιακός θερμικός συλλέκτης και ένας συλλέκτης κενού, θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση για την εφαρμογή των αρχών που προαναφέρθηκαν.



Εικόνα 1.14: Αριστερά ένας επίπεδος ηλιακός συλλέκτης και δεξιά τα στοιχεία από τα οποία απαρτίζεται [14]

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος ηλιακών συλλεκτών. Αποτελούνται από ένα επίπεδο μονωμένο πλαίσιο που καλύπτεται από την πάνω πλευρά με διαφανές κρύσταλλο. Το πλαίσιο περιέχει μια σκουρόχρωμη επιφάνεια για καλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας. Για την καλή και διαχρονική απόδοση του συλλέκτη είναι αρκετά σημαντικό το πίσω μέρος του να είναι επαρκώς μονωμένο και η επιφάνεια του κρυστάλλου να είναι υψηλής ποιότητας με καλά μελετημένο πλαίσιο στερέωσης και στεγάνωσης ώστε να μην υπάρχουν διαρροές. Στην εικόνα 1.14 φαίνεται ένας επίπεδος συλλέκτης και τα υλικά από τα οποία απαρτίζεται και στην εικόνα 1.15 εμφανίζονται τα ξεχωριστά επίπεδά του [14] [16].



Εικόνα 1.15: Τα επιμέρους στρώματα που συνθέτουν έναν ηλιακό επίπεδο θερμικό συλλέκτη [14]

Η άλλη κατηγορία είναι οι ηλιακοί συλλέκτες κενού, που αποτελούνται από παράλληλα τοποθετημένους γυάλινους σωλήνες στο εσωτερικό των οποίων ρέει ειδικό θερμικό υγρό. Οι σωλήνες είναι κατασκευασμένοι με διπλή γυάλινη επιφάνεια ενδιάμεσα της οποίας υπάρχει

υλικό που απορροφά την ηλιακή ενέργεια, θερμαίνοντας έτσι το ρευστό μεταφοράς. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου συλλεκτών έναντι των επίπεδων είναι η καλύτερη μόνωση επομένως η βελτιωμένη απόδοση και η απεξάρτηση της λειτουργίας τους από τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων, σε αντίθεση με τους επίπεδους συλλέκτες που η κλίση αυτή είναι καθοριστικής σημασίας. Η εικόνα 1.16 δείχνει τη δομή ενός σωλήνα ηλιακού συλλέκτη κενού [14] [16].



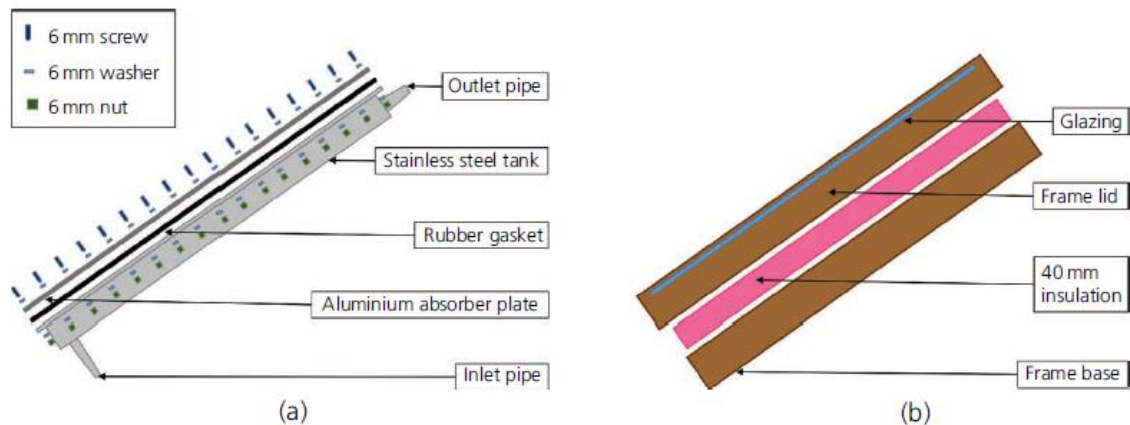
Εικόνα 1.16: Αριστερά ένας ηλιακός θερμικός συλλέκτης κενού και δεξιά σε μεγέθυνση η δομή ενός σωλήνα του [14]

1.5.4.2 Εφαρμογή των αρχών κυκλικής οικονομίας σε ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες

Όπως προαναφέρθηκε οι έρευνες που έχουν προηγηθεί για τη βελτίωση αυτών των συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας, επικεντρώνονται κυρίως στην αύξηση των ενεργειακών επιδόσεων και την ελάττωση του κόστους. Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ηλιακών θερμικών συλλεκτών κρίνεται απαραίτητη προκειμένου να ενταχθούν στο πλαίσιο της κυκλική οικονομίας, καθώς είναι αναγκαία μία ολιστική προσέγγιση με σκοπό τη διατήρηση των εξαρτημάτων και των πόρων των συλλεκτών για όσο το δυνατόν περισσότερο στην αλυσίδα αξίας.

Για καλύτερη κατανόηση θα χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα αξιολόγησης ενός ηλιακού θερμοσιφωνονικού συστήματος με ενσωματωμένο συλλέκτη και δεξαμενή αποθήκευσης (ICSSWH: Integrated Collector - Storage Solar Water Heater) στο Ηνωμένο Βασίλειο και συγκεκριμένα στη Σκωτία. Να σημειωθεί ότι ο τρόπος εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος είναι σημαντικός, καθώς οι εξωτερικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες (θερμοκρασία, υγρασία, συννεφιά) επηρεάζουν τις επιδόσεις του. Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε μία χώρα σαν τη Σκωτία όπου αυτές οι συνθήκες δεν είναι τόσο ευνοϊκές όπως είναι παραδείγματος χάρη σε μία μεσογειακή χώρα. Το συγκεκριμένο ηλιακό θερμικό σύστημα ανήκει στην κατηγορία των παθητικών και άμεσων, δηλαδή η κυκλοφορία του βασίζεται στη φυσική ροή του ρευστού χωρίς την παρουσία αντλιών και συστήματος ελέγχου, γεγονός που διευκολύνει την

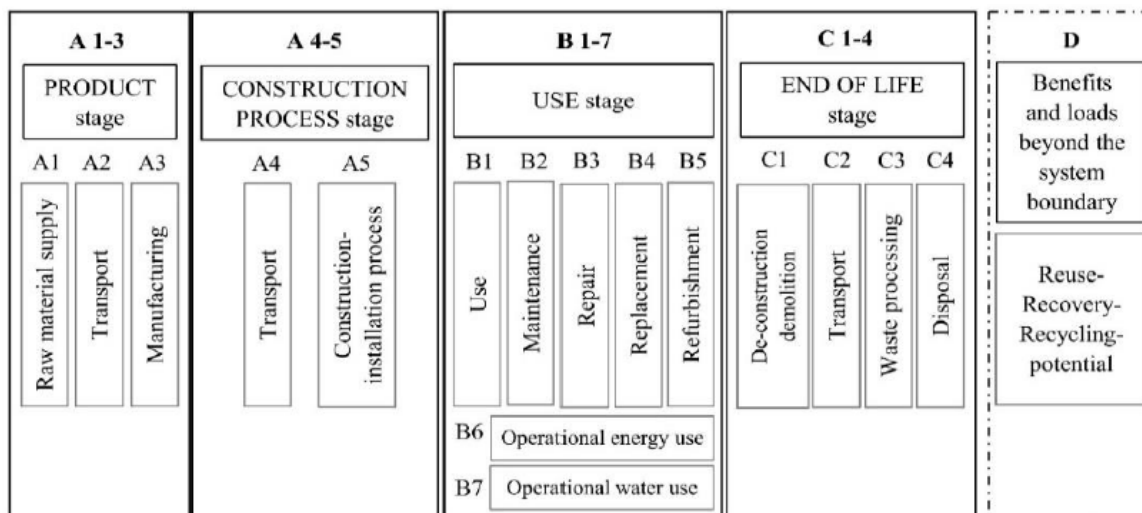
κατασκευή και την εγκατάστασή του. Γενικά, όσο περισσότερα τα επιμέρους τμήματα στο σύστημα και μεγαλύτερες οι αποστάσεις μεταξύ αυτών, τόσο περισσότερα τα εξαρτήματα και μεγαλύτερες οι απώλειες θερμότητας, που οδηγούν στην αύξηση της πολυπλοκότητας και στη μείωση της απόδοσης του συστήματος. Η εικόνα 1.17 αναπαριστά τον ηλιακό συλλέκτη της μελέτης και το πλαίσιο στο οποίο αυτός επιτίθεται [17].



Εικόνα 1.17: Αριστερά (a) φαίνεται το ICSSWH και δεξιά (b) το πλαίσιο μέσα στο οποίο «κάθεται» [17]

Το σύστημα ICSSWH του παραδείγματος αποτελεί μία βελτιωμένη έκδοση ενός πρότυπου συλλέκτη (συλλέκτης αναφοράς) που σχεδιάστηκε εκ νέου με ενισχυμένη θερμική απόδοση και τη δυνατότητα για αποσυναρμολόγηση, βελτιώνοντας παράλληλα και τη δυνατότητα ανακύκλωσης. Συγκεκριμένα ο νέος σχεδιασμός επιτρέπει την εύκολη αποσύνδεση της απορροφητικής επιφάνειας αλουμινίου από τη δεξαμενή αποθήκευσης ανοξείδωτου χάλυβα, οι οποίες συγκρατούνται μεταξύ τους με ένα λαστιχένιο περίβλημα. Έτσι μπορεί να υπάρξει πλήρης διαχωρισμός των δύο υλικών στο τέλος ζωής και δυνατότητα για επαναχρησιμοποίησή τους [17].

Για την εύρεση αποτελεσματικών λύσεων, είναι σημαντικός ο προσδιορισμός των επιπτώσεων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος, όπως αυτά φαίνονται στο σχήμα 1.18. Το τελευταίο στάδιο του σχήματος (στάδιο D) συνδέεται άμεσα με την ιδέα μίας κυκλικής οικονομίας, καθώς σε αυτό εκτιμώνται τα οφέλη, ο αρνητικός αντίκτυπος και η δυνατότητα ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης του προϊόντος και των υλικών του για την αποφυγή της διάθεσής τους στο περιβάλλον. Για να γίνει όμως αυτό με επιτυχία πρέπει να προηγηθούν σκέψεις και δράσεις στις προηγούμενες φάσεις του κύκλου ζωής, ξεκινώντας από την εξόρυξη των υλικών [17].

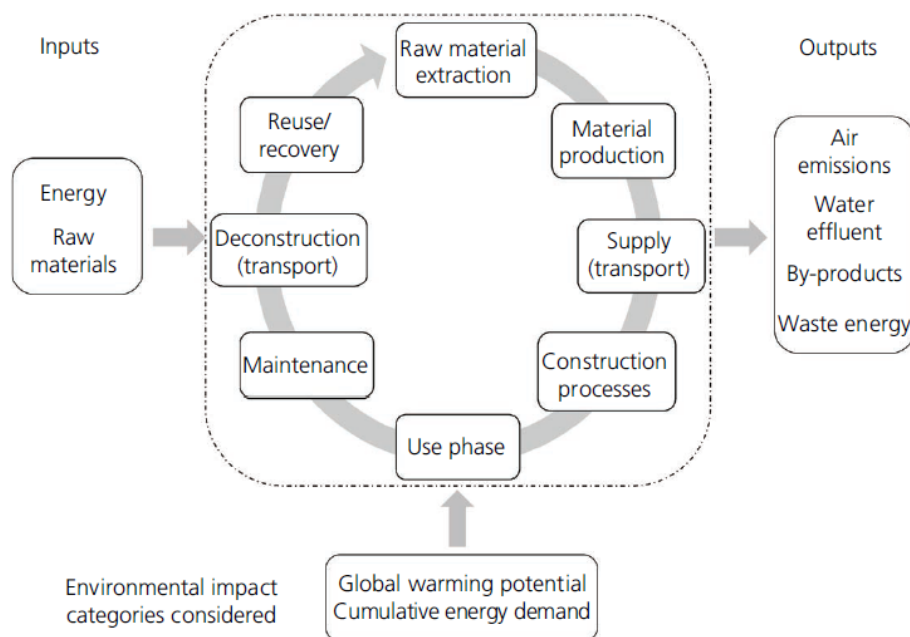


Σχήμα 1.18: Τα στάδια του κύκλου ζωής που πρέπει να ληφθούν υπόψη για ένα σχεδιασμό «cradle-to-cradle» [17]

Στο επικείμενο παράδειγμα συγκρίνονται δύο σχεδιαστικές παραλλαγές του ηλιακού πάνελ βάσει μίας γραμμικής και μίας κυκλικής προσέγγισης, για τον υπολογισμό των επιπέδων εξοικονόμησης ενέργειας και διοξειδίου του άνθρακα. Η διαφοροποίηση των δύο οικονομικών προσεγγίσεων πραγματοποιείται στο στάδιο D του σχήματος 1.18, όπου στη μία περίπτωση τα υλικά υποβάλλονται σε επεξεργασία ως απόβλητα και στην άλλη ανακυκλώνονται. Οι δύο παραλλαγές στο σχεδιασμό του συλλέκτη είναι οι εξής [17]:

- Finned collector: Συλλέκτης με 3 πτερύγια αλουμινίου πάχους 3mm, τα οποία είναι κάθετα συγκολλημένα στην κάτω πλευρά της απορροφητικής επιφάνειας. Στόχος είναι η αύξηση της θερμότητας που μεταφέρεται προς το νερό.
- Baffled collector: Συλλέκτης που περιλαμβάνει ένα επίπεδο φραγής (baffle plate) πάχους 4mm που εντοπίζεται 5mm κάτω από το απορροφητικό επίπεδο. Στόχος είναι η μείωση των απωλειών θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας με την παρεμπόδιση της αντίστροφης κυκλοφορίας του νερού.

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος χρησιμοποιείται το εργαλείο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA: Life Circle Assessment). Η διαδικασία ΑΚΖ περιλαμβάνει τέσσερα βήματα: 1) καθορισμός των ορίων του συστήματος και του εύρους της αξιολόγησης, 2) απογραφή του κύκλου ζωής (LCI: Life Cycle Inventory) με την απαραίτητη συλλογή δεδομένων, 3) εκτίμηση επιπτώσεων του κύκλου ζωής (LCIA: Life Cycle Impact Assessment) με τον ποσοτικό προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και 4) ερμηνεία των αποτελεσμάτων και ανάλυση ευαισθησίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αξιολογήθηκε το οικολογικό αποτύπωμα του συλλέκτη μέσα από τον υπολογισμό της ενέργειας και του διοξειδίου του άνθρακα. Το σχήμα 1.19 δείχνει τα όρια του συστήματος για μια διαδικασία ΑΚΖ υπό το πρίσμα της κυκλικής οικονομίας [18].



Σχήμα 1.19: Τα όρια της AKZ για ηλιακό θερμικό σύστημα με προσέγγιση «cradle-to-cradle» [17]

Να υπογραμμιστεί πως η συνολική ενεργειακή αποτίμηση του συστήματος προκύπτει από τη την ενσωματωμένη ενέργειά του συστήματος και την ενέργεια λειτουργίας του. Η ενσωματωμένη ενέργεια αντιπροσωπεύει την ενέργεια που δαπανάται κατά τη διάρκεια της παραγωγής, μεταφοράς, εγκατάστασης, συντήρησης και αποσυναρμολόγησης της λειτουργικής μονάδας, έχοντας θετικό πρόσημο στη συνολική ενέργεια. Από την άλλη, η ενέργεια λειτουργίας απορρέει από το στάδιο χρήσης του κύκλου ζωής του προϊόντος και έχει αρνητική συμβολή στη συνολική ενέργεια του συστήματος [17].

1.5.4.3 Εξαγωγή αποτελεσμάτων και αξιολόγησή τους

Στο τελικό στάδιο της AKZ γίνεται ερμηνεία και προσδιορισμός των δυνατοτήτων για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος, που αποσκοπούν στη μείωση της ενέργειας και του διοξειδίου του άνθρακα. Αναφορικά με τα υλικά, το απορροφητικό επίπεδο των συλλεκτών θα μπορούσε να κατασκευαστεί με αλουμίνιο πάχους 1.5mm αντί για 3mm, ενώ η χρήση ανακυκλωμένων υλικών στο αρχικό στάδιο θα οδηγήσει σε μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων αλλά και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον μέσω της AKZ είναι δυνατός ο προσδιορισμός των σταδίων του κύκλου ζωής με τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ώστε να επικεντρωθούν οι προσπάθειες στο συγκεκριμένο στάδιο προκειμένου να βελτιωθεί το περιβαλλοντικό προφίλ του συστήματος. Για τους ηλιακούς συλλέκτες έχει διαπιστωθεί ότι το 85% των συνολικών επιπτώσεων προέρχεται από τις φάσεις παραγωγής και κατασκευής του προϊόντος (φάσεις A1 έως A5 του σχήματος 1.18) [17].

Τα σενάρια που εξετάστηκαν είναι τέσσερα:

- Σύστημα finned με γραμμική προσέγγιση.
- Σύστημα finned με κυκλική προσέγγιση.

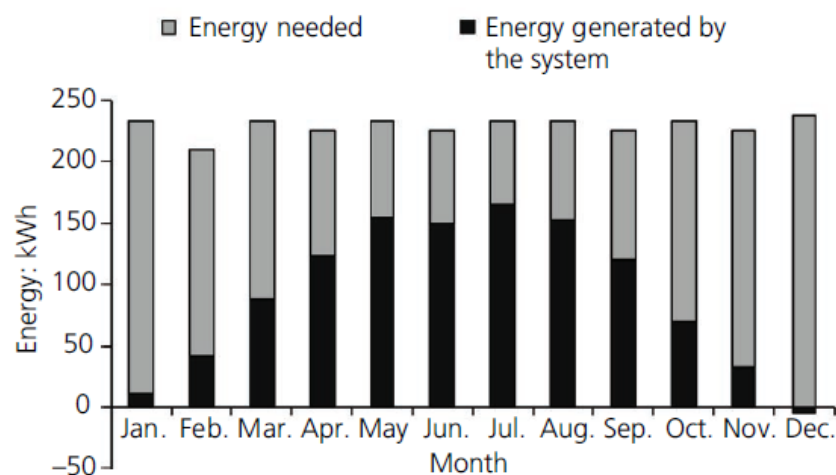
- Σύστημα baffled με γραμμική προσέγγιση.
- Σύστημα baffled με κυκλική προσέγγιση.

Τα συστήματα της μελέτης έχουν θεωρητική διάρκεια ζωής 20 έτη και απόσταση μετατόπισης από το ένα στάδιο στο άλλο 50 χιλιόμετρα. Επίσης για κάθε σενάριο λαμβάνεται υπόψη η μάζα κάθε υλικού του συλλέκτη και του μονωτικού πλαισίου.

Κατά γενικό κανόνα οι αποτελεσματικότερες παραγωγικές διαδικασίες, η αύξηση διάρκειας ζωής και η βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας του συλλέκτη, θα μειώσουν τη χρονική περίοδο ανάκτησης της ενέργειας και του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς η εξοικονόμηση θα είναι μεγαλύτερη.

Ενεργειακό αποτύπωμα

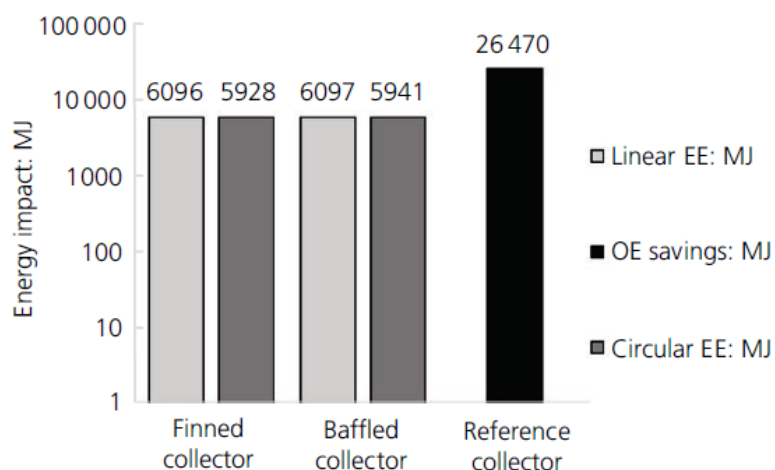
Όπως προαναφέρθηκε νωρίτερα, ως αντίκτυπος της ενέργειας ορίζεται η ενσωματωμένη ενέργεια που απαιτείται σε όλο τον κύκλο ζωής του συλλέκτη και η ενέργεια κατά τη λειτουργία του που κατάφερε να ανακτηθεί από τον συλλέκτη. Η δυνατότητα για εξοικονόμηση της ενέργειας κατά τη λειτουργία που εμφανίζει ο πρότυπος συλλέκτης αναφοράς αναπαρίσταται στο γράφημα 1.20.



Γράφημα 1.20: Συνολική απαιτούμενη ενέργεια από τον τελικό χρήστη κάθε μήνα κατά τη διάρκεια ενός έτους, συμπεριλαμβανομένης της λειτουργικής ενέργειας, από το συλλέκτη αναφοράς [17]

Φαίνεται λοιπόν ότι ο αρχικός συλλέκτης αναφοράς παρόλο που υστερεί στην αποτελεσματικότητα εξαιτίας του πλάνου σχεδιασμού, είναι περισσότερο ικανός να αναπληρώσει την ενσωματωμένη ενέργειά του κατά τη διάρκεια ζωής του.

Ακολουθεί το αποτέλεσμα ενσωματωμένης ενέργειας των συστημάτων finned και baffled υπό γραμμική και κυκλική προσέγγιση, και δίπλα τους η δυνατότητα για αποπληρωμή της ενέργειας κατά τη λειτουργία του συλλέκτη αναφοράς. Το ακόλουθο γράφημα 1.21 αποτυπώνει αυτή τη σύγκριση.

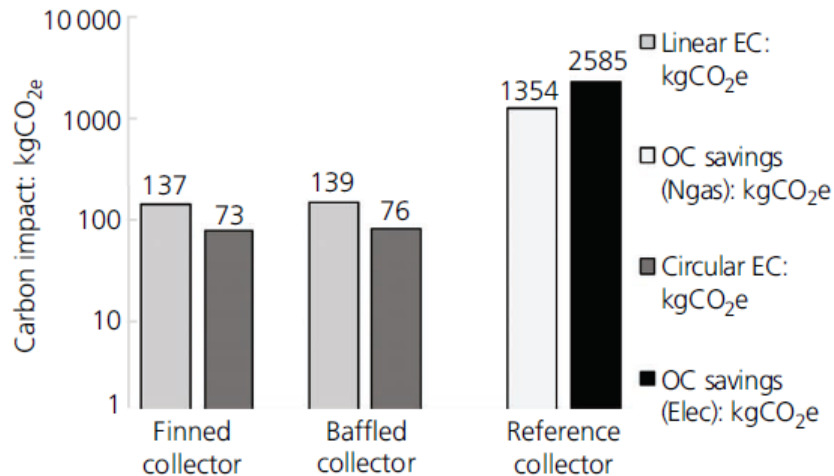


Γράφημα 1.21: Ενσωματωμένη ενέργεια στα συστήματα finned και baffled υπό γραμμική και κυκλική προσέγγιση, παράπλευρα με την εξοικονόμηση λειτουργικής ενέργειας του συλλέκτη αναφοράς [17]

Παρατηρείται ότι η διαφορά της ενσωματωμένης ενέργειας στη γραμμική και στην κυκλική προσέγγιση είναι μηδαμινή και για τους δύο τύπους συστημάτων, παρόλο που τα υλικά σε μία κυκλική οικονομία επαναχρησιμοποιούνται, δηλαδή επιστρέφεται ένα ποσοστό της ενέργειας που ξοδεύτηκε. Για το συλλέκτη αναφοράς, φαίνεται και πάλι η ικανότητά ανάκτησης της ενσωματωμένης του ενέργειας με τους χρόνους ανάκτησης να κυμαίνονται από 4,5 έως 4,6 έτη για μία κυκλική και γραμμική προσέγγιση αντίστοιχα, γεγονός που καθιστά αδιάφορη την όποια επιλογή συστήματος σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας [17].

Αποτύπωμα άνθρακα

Το αποτύπωμα του άνθρακα ορίζεται ως το ενσωματωμένο διοξείδιο του άνθρακα που απαιτείται σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του συστήματος μείον την εξοικονόμηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά τη λειτουργία που παρέχει ο συλλέκτης αναφοράς. Στο γράφημα 1.22 συγκρίνονται τα αποτελέσματα του ενσωματωμένου διοξειδίου του άνθρακα των δύο συστημάτων υπό τη γραμμική και κυκλική προοπτική. Δίπλα τους φαίνεται η εξοικονόμηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά τη λειτουργία του συλλέκτη αναφοράς, η οποία αντικαθίσταται από το φυσικό αέριο και την ηλεκτρική ενέργεια.



Γράφημα 1.22: Ενσωματωμένο διοξείδιο του άνθρακα στα συστήματα finned και baffled υπό γραμμική και κυκλική προσέγγιση, παράπλευρα με τη λειτουργική εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα του συλλέκτη αναφοράς εξετάζοντας την αντικατάσταση με φυσικό αέριο και ηλεκτρισμό [17]

Σε αυτό το γράφημα η διαφορά μεταξύ γραμμικής και κυκλικής προσέγγισης είναι αισθητή με την επίπτωση του άνθρακα σε μία γραμμική οικονομία να είναι σχεδόν διπλάσια. Έτσι γίνεται αντιληπτή η σημασία μιας κυκλικής οικονομίας και η αποφυγή της απόρριψης του προϊόντος και των συστατικών του μετά το τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Μεταξύ των συστημάτων finned και baffled υπάρχει αμελητέα διαφορά, με τους συλλέκτες finned να έχουν ελαφρώς καλύτερο αποτέλεσμα πιθανόν λόγω τις επαναχρησιμοποίησης των μεταλλικών πτερυγίων του. Ο συλλέκτης αναφοράς φαίνεται ότι έχει τη δυνατότητα γρήγορης αποπληρωμής του ενσωματωμένου διοξειδίου του άνθρακα, ενώ ο χρόνος αποπληρωμής του σε σχέση με το χρόνο ενός ηλεκτρικού συστήματος είναι 7 με 13 μήνες για μία κυκλική και γραμμική προσέγγιση αντίστοιχα. Στην αντικατάσταση με φυσικό αέριο ο χρόνος αποπληρωμής είναι 13 με 25 μήνες για γραμμική και κυκλική οικονομία αντίστοιχα, δείχνοντας ότι επιφέρει χειρότερα αποτελέσματα συγκριτικά με την ηλεκτρική ενέργεια [17].

Συνοψίζοντας, η αντικατάσταση των συμβατικών πηγών ενέργειας από ανανεώσιμες κρίνεται αναγκαία με το σύστημα ICSSWH που μελετήθηκε να αποτελεί μία πιθανή εναλλακτική λύση για την παροχή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι δεν υπήρχαν αξιόλογες διαφορές στην ενσωματωμένη ενέργεια ανάμεσα σε συστήματα γραμμικής και κυκλικής οικονομίας, ενώ θετική ήταν η αξιολόγηση σχετικά με τη δυνατότητα αποπληρωμής της ενσωματωμένης ενέργειας του συστήματος κατά τη διάρκεια ζωής του. Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ των συστημάτων γραμμικής και κυκλικής οικονομίας προέκυψε στο αποτύπωμα του ενσωματωμένου διοξειδίου του άνθρακα, όπου εδώ η κυκλική προσέγγιση ήταν εμφανώς καλύτερη χωρίς καμία αμφισβήτηση για τα περιβαλλοντικά της οφέλη. Επιπροσθέτως, επισημαίνεται ότι το σύστημα σχεδιάστηκε με βάση τη δυνατότητα για αποσυναρμολόγηση, γεγονός που επιτρέπει την ξεχωριστή και καθαρή ανάκτηση των υλικών του με αυξημένες δυνατότητες για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωσή τους. Ένας αποτελεσματικός αρχικός σχεδιασμός σε συνδυασμό με την εφαρμογή των αρχών της κυκλικής

οικονομίας σε όλο τον κύκλο ζωής ενός ηλιακού θερμικού συλλέκτη, συμβάλλει αδιαμφισβήτητα στην προσπάθεια για οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

1.6 Συστημική προσέγγιση και βελτιωτικές προτάσεις

Η κυκλική χρήση υλικών και ο σχεδιασμός «έξυπνων» προϊόντων υπόσχονται σημαντική μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από την παραγωγή και την κατανάλωση, αλλά για να συμβεί αυτό προϋποθέτει θεμελιώδεις αλλαγές στα πρότυπα χρήσης των πόρων. Πρέπει να πραγματοποιηθεί ριζικός μετασχηματισμός των κοινωνικών συστημάτων παραγωγής και κατανάλωσης, το οποίο πρόκειται για μια πολύπλευρη και μακροπρόθεσμη διαδικασία.

Το μεγαλύτερο βάρος της πολιτικής προσοχής έχει δοθεί στη βελτίωση της υλικής και ενεργειακής απόδοσης των προϊόντων και στην ανακύκλωση διάφορων τύπων αποβλήτων. Η επαναχρησιμοποίηση, η επισκευή και η ανακατασκευή έχουν δεχθεί λιγότερη προσοχή και οι στρατηγικές για την ευρεία εισαγωγή αυτών των πρακτικών είναι λιγότερο ώριμες. Αδιαμφισβήτητα ο σχεδιασμός του προϊόντος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μακρά διάρκεια ζωής του, τη δυνατότητα αποκατάστασης, αναβάθμισης και ανακύκλωσής του, το ποσοστό ανακυκλωμένων και ανακυκλώσιμων υλικών του και το πόσο κατάλληλο θα κριθεί για επαναχρησιμοποίηση ή ανακατασκευή. Δηλαδή η δυνατότητα κυκλικότητάς του προϊόντος επηρεάζεται από το σχεδιασμό του, αλλά ο πραγματικός βαθμός αξιοποίησης αυτής της δυνατότητας εξαρτάται από τη χρήση και αντιμετώπισή του σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Συνεπώς, η κυκλικότητα ενός προϊόντος καθορίζεται όχι μόνο από τα αρχικά χαρακτηριστικά του αλλά και από το σύστημα του οποίου αποτελεί μέρος.

Στα σημεία που ακολουθούν επισημαίνονται ορισμένες παραλήψεις και κάποιες γενικές επιτακτικές ανάγκες για τη βελτίωση της κυκλικότητας των προϊόντων:

- Εφόσον το σύστημα αποτελείται από πολλούς αλληλένδετους μηχανισμούς είναι ανάγκη να υπάρξει ευθυγράμμιση των μέτρων, ώστε να είναι αποτελεσματικά και να βελτιωθεί η κυκλικότητα των προϊόντων.
- Δεδομένου ότι δεν υπάρχει τρόπος πρόβλεψης των αποτελεσμάτων από την αλλαγή ενός επιχειρηματικού μοντέλου ή μιας πολιτικής, κάθε δράση που λαμβάνεται για την τόνωση της κυκλικότητας των προϊόντων απαιτεί μια στοχαστική και επαναληπτική προσέγγιση.
- Εξίσου συστημική πρέπει να είναι η εποπτεία και η αξιολόγηση των επιπτώσεων από τα μέτρα που λαμβάνονται.
- Υπάρχει έλλειψη των κατάλληλων στοιχείων σχετικά με τα αποθέματα προϊόντων και τις ροές υλικών σε ολόκληρο τον οικονομικό κύκλο.
- Χρειάζεται περισσότερη έρευνα για απόκτηση μεγαλύτερης εμπειρίας σχετικά με τις περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις των υφιστάμενων και ανερχόμενων τάσεων, όπως η συνεργατική κατανάλωση.
- Επείγουσα ανάγκη συνιστά η καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς και της έκφρασης των συμμετεχόντων στο σύστημα.

- Προσπάθεια εύρεσης διάφορων τακτικών για την ώθηση των ενδιαφερόμενων προς τη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία, είναι επίσης ένα από τα στοιχεία της βάσης γνώσεων που πρέπει να επεκταθούν.

Η συνολική λοιπόν αναδιαμόρφωση των κοινωνικών συστημάτων απαιτεί καινοτομία σε ένα ευρύ φάσμα τομέων, το οποίο περιλαμβάνει την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, κοινωνικών πρακτικών και επιχειρηματικών μοντέλων, καθώς και την αλλαγή της συμπεριφοράς, των πεποιθήσεων και των βασικών αξιών των καταναλωτών. Ωστόσο η επινόηση αποτελεσματικών μοχλών πολιτικής για την παρακίνηση αλλαγών στη συμπεριφορά των καταναλωτών αποτελεί ένα δύσκολο έργο. Για την επιτυχία όσον προαναφέρθηκαν είναι σημαντικός ο εντοπισμός και η κατανόηση των δεσμών μεταξύ ενός προϊόντος, του επιχειρηματικού μοντέλου και του κοινωνικού πλαισίου στο οποίο ανήκει. Πέρα από την έλλειψη κατάλληλων πρακτικών, δεδομένων και γνώσεων, η επίτευξη της μετάβασης σε μια κυκλική οικονομία δεν είναι απλή· συνιστά μια πολύπλοκη, απαιτητική και χρονοβόρα διαδικασία και δεν υπάρχει ξεκάθαρη και προφανής εικόνα για το τι θα προκύψει στην πορεία [2].

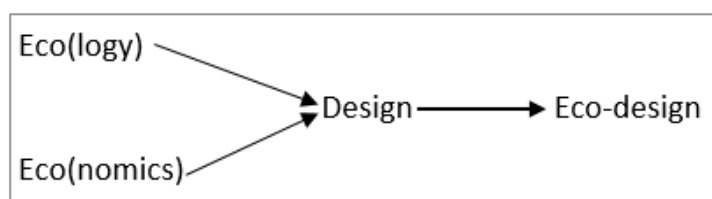
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Οικολογικός Σχεδιασμός

2.1 Αντικείμενο του οικολογικού σχεδιασμού και σύνδεσή του με την κυκλική οικονομία

Υπό το πρίσμα της κυκλικής οικονομίας και προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός αυτής, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τομείς και έννοιες που αφορούν το σχεδιαστικό κομμάτι των προϊόντων. Είναι πλέον γνωστό ότι ο αρχικός σχεδιασμός ενός προϊόντος επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το οικολογικό του αποτύπωμα σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του, αλλά και μετά το τέλος αυτού. Έτσι, η πρακτική του οικολογικού σχεδιασμού (eco-design) διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο και κρίνεται αναγκαία για την επιτυχής μετάβαση σε μία κυκλική οικονομία [19].

Ο οικολογικός σχεδιασμός είναι η ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών πτυχών στο σχεδιασμό του προϊόντος και έχει ως στόχο τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων του καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, διατηρώντας ταυτόχρονα τη λειτουργικότητά του. Με μία σύντομη ετυμολογική ανάλυση στον όρο «eco-design» αντλούνται χρήσιμα συμπεράσματα. Ο όρος περιλαμβάνει τη λέξη ελληνικής προέλευσης «eco» (οίκος) που εδώ έχει διπλή σημασία, αυτή της οικολογίας και της οικονομίας, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.1.



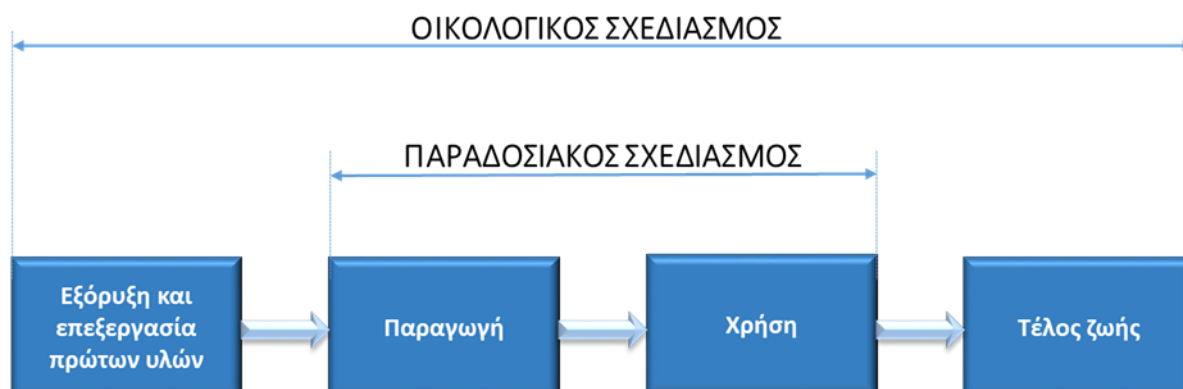
Σχήμα 2.1: Ετυμολογική ανάλυση του όρου «Eco-design»

Όπως αποκαλύπτει και η ετυμολογία της λέξης ο οικολογικός σχεδιασμός προέκυψε ως σκέψη δύο πτυχών, της οικονομίας και του περιβάλλοντος. Στο σχήμα 2.2 αποτυπώνεται η ιδέα του οικολογικού σχεδιασμού, η οποία επιφέρει οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.



Σχήμα 2.2: Απεικόνιση της ιδέας του οικολογικού σχεδιασμού

Η διαφορά του οικολογικού συγκριτικά με τον παραδοσιακό σχεδιασμό των προϊόντων εντοπίζεται στην προσέγγιση και την οπτική, με τον οικολογικό σχεδιασμό να παρακολουθεί και να επεμβαίνει σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, από την επιλογή των υλικών έως το τέλος ζωής του. Στο σχήμα 2.3 αναπαρίσταται το εύρος του οικολογικού σχεδιασμού.



Σχήμα 2.3: Το εύρος του οικολογικού σχεδιασμού σε σχέση με τον παραδοσιακό σχεδιασμό

Ο οικολογικός σχεδιασμός έχει θετικές επιπτώσεις σε όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, προωθώντας την απλούστευση και τη μείωση των υλικών και της ενέργειας και αυξάνοντας την οικολογική αποδοτικότητα των προϊόντων. Μερικώς για τη δημιουργία προϊόντων που μπορούν να τονώσουν την οικονομική ανταγωνιστικότητα των βιομηχανιών, συμβάλλοντας παράλληλα σε πιο βιώσιμες μορφές παραγωγής και κατανάλωσης.

Ενώ παραδοσιακά ο οικολογικός σχεδιασμός επικεντρωνόταν στην ενεργειακή αποδοτικότητα των προϊόντων, πλέον το πεδίο δράσης του περιλαμβάνει και κυκλικές οικονομικές εκτιμήσεις όπως η δυνατότητα επισκευής και αναβάθμισης, η αντοχή, η επαναχρησιμοποίηση και η

ανακύκλωση ενός προϊόντος και των εξαρτημάτων του. Η εφαρμογή του από τις βιομηχανίες κρίνεται ως απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη μίας κυκλικής οικονομίας. Διαθέτει επίσης τη λογική της περιβαλλοντικής καινοτομίας, αποσκοπώντας στη μείωση των επιπτώσεων των υλικών και της ενέργειας. Δεδομένου ότι η κυκλική οικονομία πραγματεύεται τη διατήρηση και τη συνεχόμενη ροή των πόρων εντός της αλυσίδας αξίας, η ύπαρξη του οικολογικού σχεδιασμού είναι καθοριστική για την εδραίωση του κυκλικού μοντέλου. Οικολογικός σχεδιασμός και κυκλική οικονομία αποτελούν δύο έννοιες αλληλένδετες, αλληλεξαρτώμενες και αλληλοσυμπληρούμενες. Στο σχήμα 2.4 που ακολουθεί αποτυπώνεται η σύνδεση των δύο αυτών εννοιών μέσω των κοινών τους σημείων [19].



Σχήμα 2.4: Πλαίσιο οικολογικού σχεδιασμού, κυκλικής οικονομίας και κοινά τους σημεία

2.2 Δόμηση ενός σχεδίου οικολογικού σχεδιασμού

Οι οικολογικοί σχεδιαστές είναι αυτοί που καλούνται να εφαρμόσουν στην πράξη τις ιδέες του οικολογικού σχεδιασμού, μέσω της κατάρτισης ενός σχεδίου. Αυτό απαιτεί εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων και εργαλείων και είναι μια σύνθετη διαδικασία. Οι δύο βοηθητικοί άξονες για να προκύψει ένα σχέδιο οικολογικού σχεδιασμού, είναι η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από άλλα έγγραφα οικολογικών σχεδίων και η διαρκής παρακολούθηση του προϊόντος κατά τις φάσεις παραγωγής, επεξεργασίας και διανομής του, σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη καθοδήγηση από εμπειρογνώμονες του τομέα. Πίνακες οικολογικού σχεδιασμού, λίστες ελέγχου και λογισμικά αποτελούν τα κύρια εργαλεία ενός οικολογικού σχεδιαστή [20].

2.2.1 Έγγραφα εξειδίκευσης

Μία βιομηχανία που εφαρμόζει τον οικολογικό σχεδιασμό στην παραγωγή της, αποθηκεύει τα αποτελέσματα των μεθόδων που ακολουθεί σε ηλεκτρονικά έγγραφα με αποτέλεσμα την συγκέντρωση διάφορων χρήσιμων στοιχείων για κάθε υλικό και διαδικασία, όπως σύντομες περιγραφές, πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και συγκρίσεις. Η ανάλυση αυτών των εγγράφων συνιστά ένα από τα βασικότερα εργαλεία των οικολογικών σχεδιαστών και πραγματοποιείται με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού. Για παράδειγμα, η νεοσύστατη εταιρία Altermaker [21] ειδικεύεται στην ανάπτυξη βοηθητικού λογισμικού για την ανάλυση τέτοιων εγγράφων και στην εικόνα 2.5 φαίνονται τα αποτελέσματα του λογισμικού της.



Εικόνα 2.5: Αποτελέσματα λογισμικού της Altermaker. Στα αριστερά υπάρχουν πληροφορίες για ένα υλικό, στα δεξιά για μία διεργασία [20]

Αρμοδιότητα των οικολογικών σχεδιαστών είναι η ανάλυση αυτών των εγγράφων, προκειμένου να προσδιοριστεί ο ρόλος των υλικών και των διαδικασιών που αφορούν ένα συγκεκριμένο τομέα. Οι διαθέσιμες τεχνικές για αυτή την ανάλυση ποικίλουν, ωστόσο αξίζει να σημειωθεί η μέθοδος εξόρυξης κειμένου (TextMining), που βασίζεται στην επανάληψη και στη σχέση μεταξύ λέξεων. Μετά τη συγκέντρωση των επιθυμητών χαρακτηριστικών ακολουθεί η ταξινόμησή τους, η οποία πραγματοποιείται δίνοντας έμφαση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υλικών και της διαδικασίας. Για παράδειγμα, ταξινομούνται τα κύρια χαρακτηριστικά μιας διεργασίας (π.χ. κόστος, κατανάλωση, ρύπανση) και ενός υλικού (π.χ. βάρος, χωρητικότητα, αντοχή). Κατόπιν, κάθε τύπος διεργασίας (π.χ. συγκόλληση, συναρμολόγηση, διάτρηση) συνδέεται με αυτές τις ταξινομήσεις και έτσι προκύπτει μία βάση δεδομένων με τεχνικά, οργανωτικά και οικονομικά στοιχεία για τα υλικά και τις διαδικασίες. Τέλος, όλα αυτά συνδέονται με τα περιβαλλοντικά δεδομένα και είναι έτοιμα για την εφαρμογή τους στο λογισμικό Ecodesign Studio της Altermaker, για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων των περιβαλλοντικών ειδικών [20].

2.2.2 Συνεδριάσεις

Συχνά πραγματοποιούνται συνεδριάσεις μεταξύ των υπεύθυνων μελών για την εκπόνηση ενός έργου οικολογικού σχεδιασμού. Σε αυτές αναφέρονται όσα προβλήματα υπάρχουν, διατυπώνονται νέες σκέψεις, συγκρίνονται προϊόντα και παραγωγικές διαδικασίες και μέσω

της καθοδήγησης των οικολογικών σχεδιαστών από τους περιβαλλοντικούς εμπειρογνώμονες προσδιορίζεται η καλύτερη οργάνωση του έργου. Οι διαβουλεύσεις αυτές καταγράφονται με τη χρήση κατάλληλων εφαρμογών (π.χ. MMRecord), ώστε τα θέματα συζήτησης, τα ερωτήματα και οι απαντήσεις των συμμετεχόντων να αποθηκεύονται. Στη συνέχεια ακούγοντας και μελετώντας αυτά τα αρχεία των συνελεύσεων προσδιορίζονται θεωρητικοί παράμετροι οικολογικού σχεδιασμού, κριτήρια και δείκτες οργάνωσης [20].

2.2.3 Βοηθητικά εργαλεία

Τα έγγραφα εξειδίκευσης, οι συνεδριάσεις και η χρήση λογισμικού οδηγεί στη δημιουργία πολύτιμων εργαλείων, όπως λίστες ελέγχου, πίνακες οικολογικού σχεδιασμού και οικολογικοί δείκτες, τα οποία συμβάλλουν στον καθορισμό πρότυπων μοντέλων οικολογικού σχεδιασμού.

- Οι λίστες ελέγχου, αποτελούν συστήματα αναφοράς που εμπεριέχουν όλα τα σχετικά ερωτήματα που πρέπει να αναλογιστεί μια επιχείρηση, προκειμένου να εντοπίσει τα περιβαλλοντικά προβλήματα σε κάθε στιγμή του κύκλου ζωής του προϊόντος και να προβεί σε ανάλογες λύσεις.
- Οι πίνακες οικολογικού σχεδιασμού, παρέχουν την αποτελεσματική οργάνωση των δεδομένων ενός προϊόντος, με σκοπό τη διευκόλυνση της μελέτης και της εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και απαιτήσεων του σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του.
- Οι οικολογικοί δείκτες, εκφράζουν μέσω συντελεστών τα αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από την εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού. Ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν μαθηματικές σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων του εξεταζόμενου προϊόντος και των περιβαλλοντικών του επιδόσεων. Αποτελούν αξιόπιστα και πολύτιμα εργαλεία για τους σχεδιαστές και χρησιμεύουν στη δημιουργία καλύτερων βάσεων δεδομένων.

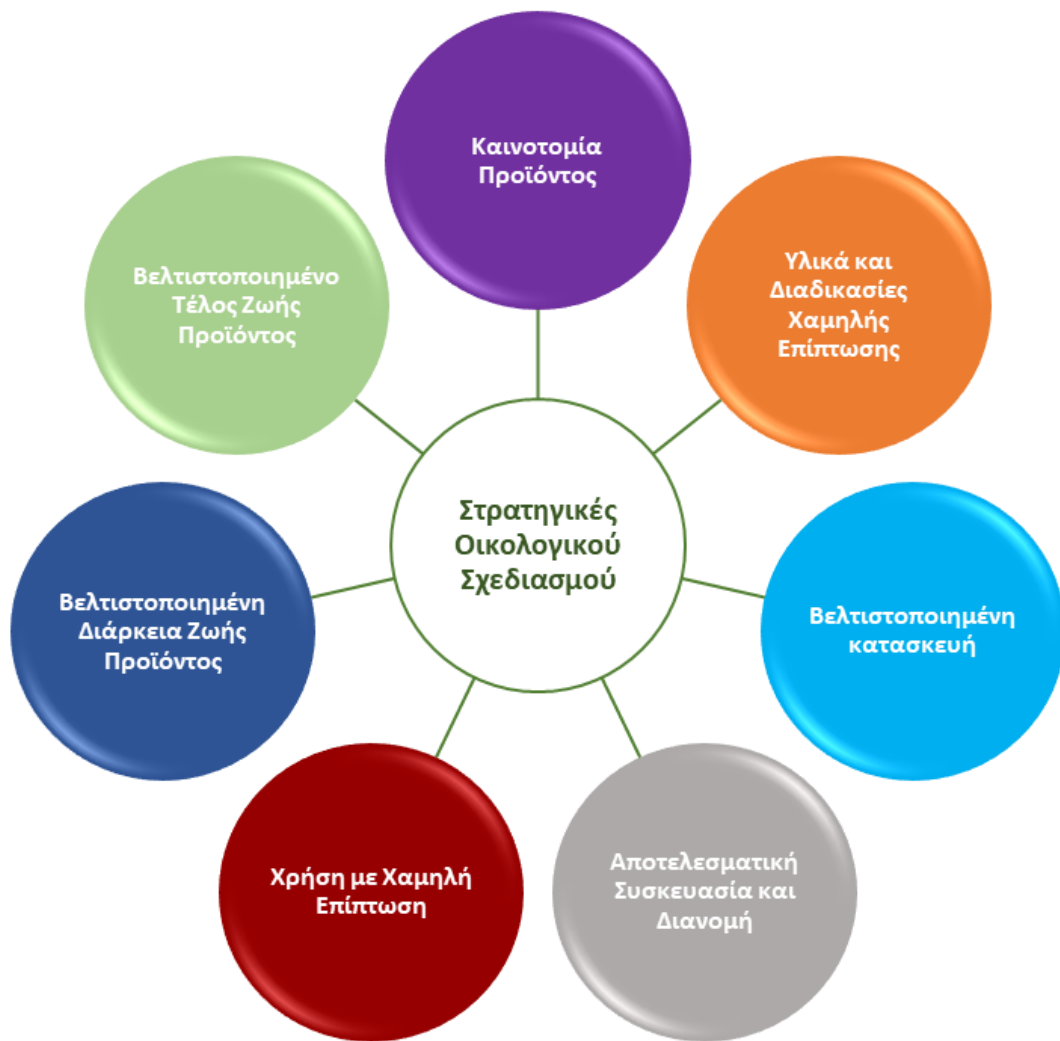
2.3 Στρατηγικές οικολογικού σχεδιασμού

Όπως υπογραμμίστηκε και νωρίτερα, ο οικολογικός σχεδιασμός εντάχθηκε στις βιομηχανικές ανάγκες των κοινωνιών προκειμένου να αντικαταστήσει τις απαρχαιωμένες πρακτικές και αντιλήψεις του παραδοσιακού σχεδιασμού, ασκώντας παράλληλα θετική επιρροή σε κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς τομείς. Ενώ αρχικά οι υπεύθυνοι εφαρμογής του είχαν στρέψει την προσοχή τους εξολοκλήρου στην ενεργειακή αποδοτικότητα των προϊόντων, στη συνέχεια επέκτειναν το πεδίο εφαρμογής του οικολογικού σχεδιασμού ώστε να ενισχύουν περισσότερο την κυκλικότητα της οικονομίας. Έτσι ανέπτυξαν νέες σχεδιαστικές πτυχές, όπως σχεδιασμός για δυνατότητα επισκευής και αναβάθμισης, αντοχή, διάρκεια, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση.

Από έρευνα που έγινε στην Ισπανία αναφορικά με οικιακό ηλεκτρονικό εξοπλισμό μικρού μεγέθους, κρίθηκε ως επιτακτική ανάγκη η ενσωμάτωση οδηγιών κυκλικού σχεδιασμού σχετικά με την επέκταση της διάρκειας ζωής και την επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και εξαρτημάτων. Ειδικότερα, η μέθοδος αυτή έδωσε ορισμένες πιθανές σχεδιαστικές οδηγίες τις οποίες οι ερευνητές κατηγοριοποίησαν σε 5 ομάδες [19]:

- Επέκταση διάρκειας ζωής.
Επίτευξη μεγαλύτερης διάρκειας ζωής και ανθεκτικότητας των προϊόντων μέσω της δυνατότητας προσαρμογής, αναβάθμισης και διαχρονικότητας. Ο αρθρωτός σχεδιασμός και η τυποποίηση εξαρτημάτων είναι καθοριστικής σημασίας για την εκπλήρωση των επιθυμητών αποτελεσμάτων.
- Αποσυναρμολόγηση.
Αφορά τον τρόπο σύνδεσης των εξαρτημάτων και την εύκολη πρόσβαση σε αυτά. Σημαντική είναι η αποφυγή συγκολλητικών ουσιών όπου αυτό είναι δυνατό.
- Επαναχρησιμοποίηση προϊόντος.
Προώθηση της ευκολίας συντήρησης και καθαρισμού των προϊόντων και των εξαρτημάτων τους.
- Επαναχρησιμοποίηση εξαρτημάτων.
Προαγωγή περισσότερων τυποποιημένων εξαρτημάτων και ελάχιστες παραλλαγές στο βασικό σχεδιασμό του προϊόντος.
- Ανακύκλωση υλικών.
Μεγαλύτερη ευκολία στην αναγνώριση, στο διαχωρισμό και στην ανακύκλωση των υλικών, με τη χρήση κατάλληλων ετικετών και την αποφυγή σύνθετων μειγμάτων.

Η εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού στις επιχειρήσεις πραγματοποιείται μέσα από ένα σύνολο στρατηγικών που καθορίζουν την επιτυχία και την αποτελεσματικότητά του. Οι στρατηγικές αυτές διατυπώνουν οδηγίες, θέτουν προτεραιότητες και προτείνουν λύσεις, δίνοντας έμφαση στο περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις των υλικών και των διαδικασιών. Στο σχήμα 2.6 αναγράφονται οι στρατηγικές του οικολογικού σχεδιασμού.

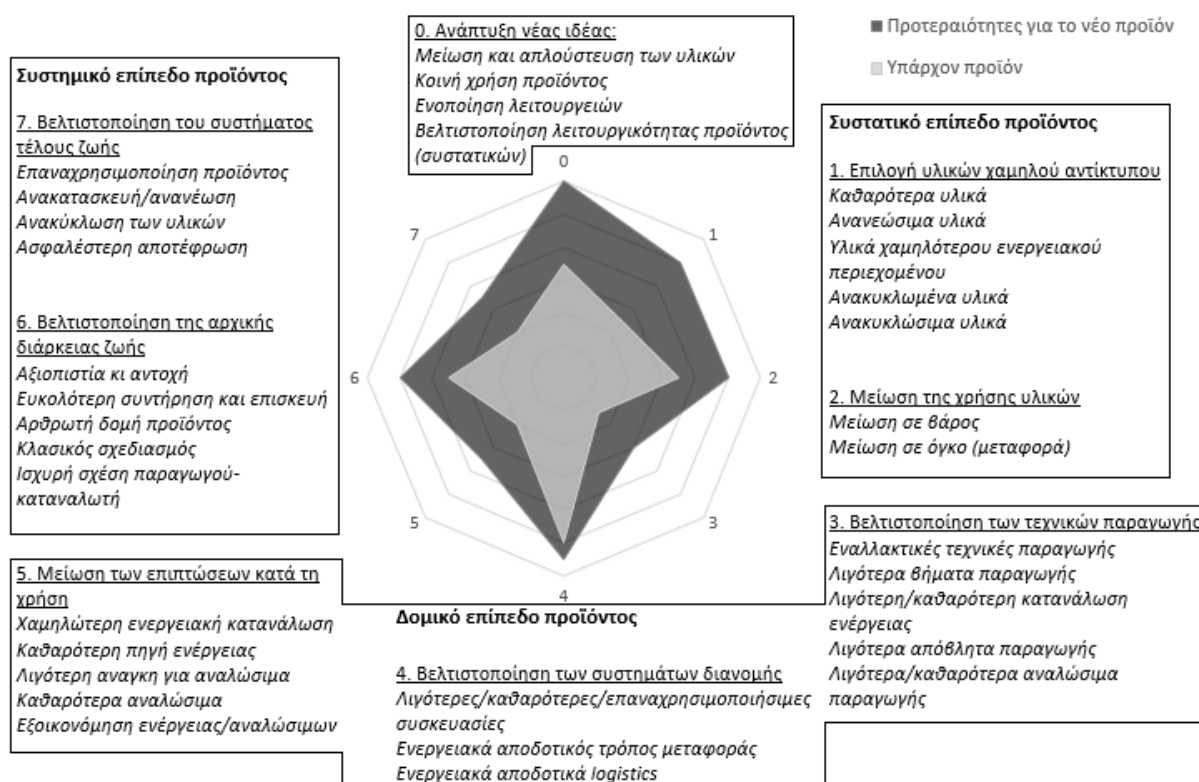


Σχήμα 2.6: Στρατηγικές οικολογικού σχεδιασμού

Τη δεκαετία του 1990 διατυπώθηκαν για πρώτη φορά οι στρατηγικές για τον σχεδιασμό του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, αποτελώντας μία από τις πρώτες λεπτομερείς προσεγγίσεις για τον οικολογικό σχεδιασμό. Αυτές οι οκτώ στρατηγικές για την ανάπτυξη προϊόντων είναι οι εξής [4]:

1. επιλογή υλικών χαμηλής επίπτωσης,
2. μείωση της χρήσης υλικών,
3. βελτιστοποίηση των τεχνικών παραγωγής,
4. βελτιστοποίηση των συστημάτων διανομής,
5. μείωση των επιπτώσεων κατά τη χρήση,
6. βελτιστοποίηση της αρχικής διάρκειας ζωής,
7. βελτιστοποίηση του συστήματος τέλους ζωής και
8. ανάπτυξη νέων ιδεών.

Αυτές διαδόθηκαν και έγιναν ευρέως γνωστές μέσω του τροχού στρατηγικών οικολογικού σχεδιασμού, γνωστού και ως LiDS Wheel (Life Cycle Design Strategies Wheel), που φαίνεται στο σχήμα 2.7 και αναπτύχθηκε από τους Brezet και van Hemel το 1997. Ο τροχός που προσεγγίζει τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος μέσα από ένα σύνολο βελτιωμένων επιλογών σχεδιασμού, αποτέλεσε μία από τις πρώτες κυκλικές γραφικές αναπαραστάσεις και χρησιμοποιείται ως βάση για εργαλεία αξιολόγησης του κύκλου ζωής στο σχεδιασμό των προϊόντων.



Σχήμα 2.7: LiDS Wheel (Life Cycle Design Strategies Wheel)

Φαίνεται ξεκάθαρα ότι αυτή η προσέγγιση οικολογικού σχεδιασμού προτείνει την παρέμβαση σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής, προκειμένου να βελτιωθεί η χρήση υλικών και ενέργειας, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις τοξικές εκπομπές. Έτσι, υπάρχουν διαφορετικές στρατηγικές που εφαρμόζονται ανάλογα με το στάδιο ζωής του προϊόντος και καταγράφονται στον ακόλουθο πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Στρατηγικές οικολογικού σχεδιασμού σε κάθε στάδιο του προϊόντος

Στάδιο Προϊόντος	Στρατηγικές Οικολογικού Σχεδιασμού
Εξόρυξη και Επεξεργασία Πρώτων Υλών	Σχεδιασμός για Βιωσιμότητα Υλικών
	Σχεδιασμός για Ανανεώσιμα και Βιοδιασπώμενα υλικά
	Σχεδιασμός για τη Διατήρηση της Βιοποικιλότητας
	Σχεδιασμός για Ελαχιστοποίηση της Χρήσης Σπάνιων Ορυκτών και Φυσικών Πόρων
	Σχεδιασμός για Ελαχιστοποίηση της Χρήσης Τοξικών Ουσιών και Βαρέων Μετάλλων
	Σχεδιασμός για Πρακτικές «Ηθικής» Εργασίας
	Σχεδιασμός για Μειωμένη Ευθύνη
	Σχεδιασμός για Συμμόρφωση
Κατασκευή και Παραγωγή	Σχεδιασμός για Καθαρότερο Προϊόν
	Σχεδιασμός για Παραγωγή Χαμηλής Ενέργειας και Νερού
	Σχεδιασμός για Παραγωγή Χαμηλών Αποβλήτων και Εκπομπών
	Σχεδιασμός για Παραγωγή Ασφαλών Χημικών
	Σχεδιασμός για την Ασφάλεια των Εργαζομένων
	Σχεδιασμός για Μειωμένη Ευθύνη
Μεταφορά και Συσκευασία	Σχεδιασμός για Καθαρή Μεταφορά
	Σχεδιασμός για Συσκευασία με Χαμηλές Επιπτώσεις
	Σχεδιασμός για Αποδοτικές Διανομές
Χρήση Προϊόντος	Σχεδιασμός για Ενεργειακή Αποδοτικότητα
	Σχεδιασμός για Εξοικονόμηση Νερού
	Σχεδιασμός για Ελαχιστοποιημένη Κατανάλωση
	Σχεδιασμός για Χρήση με Χαμηλές Επιπτώσεις
	Σχεδιασμός για Εξυπηρέτηση και Επισκευή
	Σχεδιασμός για Ανθεκτικότητα
	Σχεδιασμός για Ασφάλεια των Καταναλωτών
	Σχεδιασμός για Προστασία του Εδάφους
Τέλος Ζωής	Σχεδιασμός για Επαναχρησιμοποίηση
	Σχεδιασμός για Ανακατασκευή
	Σχεδιασμός για Αποσυναρμολόγηση
	Σχεδιασμός για Ανακύκλωση
	Σχεδιασμός για Δυνατότητα Αναβάθμισης Προϊόντος

Η μεμονωμένη εφαρμογή οικολογικών στρατηγικών σε ένα προϊόν δεν αρκεί για να επιφέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι αρμόδιοι εφαρμογής του θα πρέπει να υιοθετήσουν τις στρατηγικές στο σύνολό τους και, ανάλογα με το προϊόν και το περιβάλλον για το οποίο αυτό προορίζεται, να προβούν στον κατάλληλο συνδυασμό στρατηγικών. Μόνο έτσι θα επιτευχθεί ο ιδανικός σχεδιασμός του προϊόντος που θα οδηγήσει στην ικανοποίηση των προσδοκιών και την εμφάνιση αισθητών αποτελεσμάτων.

2.4 Οδηγία Οικολογικού Σχεδιασμού

Η οδηγία οικολογικού σχεδιασμού έχει θεσπίσει ένα πλαίσιο υποχρεώσεων οικολογικού σχεδιασμού για τα προϊόντα που σχετίζονται με την ενέργεια με στόχο την ελεύθερη κυκλοφορία τους στην αγορά. Εφαρμόζεται μέσω ενδεικτικών καταλόγων για ομάδες προϊόντων και σε συνδυασμό με τον κανονισμό για την ενεργειακή σήμανση αποτελούν τα πιο αποτελεσματικά εργαλεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Και οι δύο οδηγίες αποσκοπούν [22]:

- α. Στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των προϊόντων και της προστασίας του περιβάλλοντος.
- β. Στην προώθηση της ελεύθερης κυκλοφορίας των ενεργειακών προϊόντων στην ΕΕ.
- γ. Στην παροχή πληροφοριών στους καταναλωτές ώστε να επιλέγουν πιο αποδοτικά προϊόντα.

2.4.1 Τα συμβουλευτικά όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) [23] είναι θεσμικό όργανο της ΕΕ και προτείνει νέες νομοθετικές πράξεις οι οποίες υποβάλλονται για έγκριση στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. Οι προσπάθειές της αποσκοπούν στην καθιέρωση ενός αποτελεσματικού κυκλικού μοντέλου που θα διαφυλάσσει την αξία των προϊόντων, των υλικών και των πόρων. Η Επιτροπή αποτελείται από τμήματα, γνωστά ως Γενικές Διευθύνσεις (ΓΔ), που είναι αρμόδια για διάφορους τομείς πολιτικής. Ο οικολογικός σχεδιασμός είναι υπό την ευθύνη της ΓΔ της Ενέργειας και των Επιχειρήσεων, ωστόσο η ΓΔ Περιβάλλοντος διαθέτει πιο ολοκληρωμένη άποψη για τις περιβαλλοντικές πτυχές. Επομένως ο ρόλος αυτού του τμήματος πρέπει να ενισχυθεί στην οδηγία οικολογικού σχεδιασμού, προκειμένου να συμπεριληφθούν περισσότερες περιβαλλοντικές πλευρές και να διευρυνθεί το θεματολόγιο για την αποδοτικότητα των πόρων. Στις αρμοδιότητες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής συμπεριλαμβάνεται η επιτήρηση της εφαρμογής της οδηγίας στα κράτη μέλη της Ευρώπης, παρακολουθώντας συστηματικά και υποβάλλοντας εκθέσεις σχετικά με τον αντίκτυπο των μέτρων οικολογικού σχεδιασμού και ενεργειακής σήμανσης. Η Επιτροπή καταστρώνει σχέδια εργασίας τα οποία οφείλει να τροποποιεί περιοδικά, καθώς οι περιβαλλοντικοί στόχοι μεταβάλλονται και η τεχνολογία εξελίσσεται. Μέχρι στιγμής, έχει προβεί στη δημοσίευση τεσσάρων σχεδίων εργασίας: για τη μεταβατική περίοδο 2005-2008, για την περίοδο 2009-2011, για την περίοδο 2012-2014 και για την περίοδο 2016-2019.

Η Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (ΕΟΚΕ) [24] επισήμανε την ανάγκη μεγαλύτερης έμφασης στην αντοχή, στην ευκολία συντήρησης και επισκευής, στη δυνατότητα κοινής χρήσης, αναβάθμισης, ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης και ψηφιοποίησης των δεδομένων (διαδικασία μετατροπής δεδομένων σε ψηφιακή μορφή για την εισαγωγή τους σε Η/Υ) και στην απορρόφηση των πόρων, μετά το τέλος ωφέλιμης ζωής του προϊόντος, με τη μορφή δευτερογενών υλικών σε νέα προϊόντα.

Ο Οργανισμός Εκπροσώπησης των Καταναλωτών στην Τυποποίηση (ANEC) [25] και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Καταναλωτών (BEUC) [26] έχουν δηλώσει την ικανοποίησή τους για την ξεκάθαρη τοποθέτηση της Επιτροπής στην πιο πρόσφατη οδηγία, σχετικά με την ανάγκη τακτικότερης διερεύνησης πιθανών μέτρων οικολογικού σχεδιασμού βάσει των πτυχών της κυκλικής οικονομίας [22].

2.4.2 Η οδηγία για τον οικολογικό σχεδιασμό

Η οδηγία οικολογικού σχεδιασμού εκδόθηκε αρχικά το 2005 (2005/32/EC) για προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και το 2009 επεκτάθηκε για να καλύψει τα σχετιζόμενα με την ενέργεια προϊόντα (2009/125/EC) [27]. Θεσπίζει ένα νομικό πλαίσιο που περιέχει σχεδιαστικές προϋποθέσεις για τα προϊόντα που σχετίζονται με την ενέργεια και προορίζονται για πώληση στην αγορά της ΕΕ. Περιλαμβάνει απαιτήσεις, οι οποίες καλούνται «εκτελεστικά μέτρα», για διαφορετικές ομάδες προϊόντων. Στο πλαίσιο της οδηγίας, εμπίπτει η διαρκής βελτίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων μέσω αναθεωρήσεων και ενημερώσεων των κανονισμών, οι οποίοι διαχωρίζονται σε οριζόντιους ή κάθετους. Οι οριζόντιοι κανονισμοί στοχεύουν σε μία πτυχή που είναι κοινή σε πολλές ομάδες προϊόντων, ενώ οι κάθετοι αφορούν αποκλειστικά μια ομάδα προϊόντων. Η οδηγία επιδρά θετικότερα όταν εφαρμόζεται μαζί με άλλες νομοθεσίες, και ειδικότερα σχεδιάστηκε για την άμεση αλληλεπίδραση με την οδηγία ενεργειακής σήμανσης (2010/30/EU) [28], έχοντας ως κοινό στόχο την μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται.

Υπάρχουν δύο τύποι υποχρεωτικών απαιτήσεων για το προϊόν:

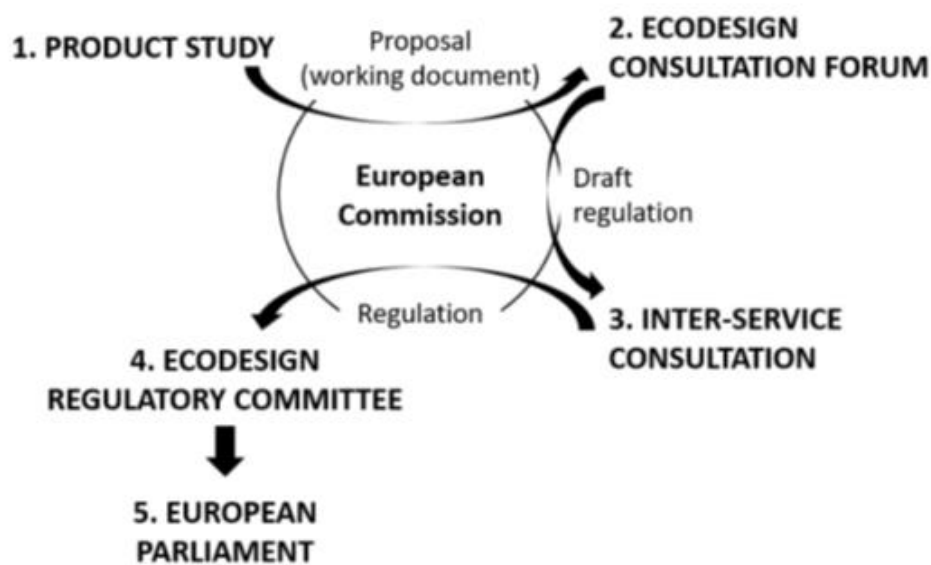
- Ειδικές απαιτήσεις που καθορίζουν συγκεκριμένες οριακές τιμές για τα προϊόντα, όπως η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας ή η κατανάλωση νερού κατά τη χρήση.
- Γενικές απαιτήσεις που περιλαμβάνουν υποχρεωτικές πληροφορίες, οι οποίες υποδεικνύουν στους καταναλωτές τον ενεργειακά αποδοτικό τρόπο χρήσης του προϊόντος.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπογραμμίζει ότι ο οικολογικός σχεδιασμός συνιστά έναν από τους αποτελεσματικότερους τρόπους για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ρύπων. Ενδεικτικό στοιχείο της σημασίας του αποτελεί ότι πάνω από το 80% των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος καθορίζεται από το στάδιο του σχεδιασμού. [22].

2.4.3 Διαδικασία ανάπτυξης κανονισμών

Η ανάπτυξη των κανονισμών που πρόκειται να συμπεριληφθούν στην οδηγία του οικολογικού σχεδιασμού ακολουθεί μια διαδικασία στην οποία συμμετέχουν όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη.

Ξεκινά με μία προπαρασκευαστική μελέτη που περιλαμβάνει τεχνική ανάλυση των δεδομένων αξιολογώντας ποιες απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού είναι κατάλληλες για κάθε κατηγορία προϊόντων. Αφού ολοκληρωθεί η μελέτη για μία συγκεκριμένη ομάδα προϊόντων, ακολουθεί η υποβολή σχετικής αναφοράς στο ευρωπαϊκό φόρουμ διαβούλευσης [29] για σχόλια. Πρόκειται για μία πλατφόρμα που αποτελείται από 30 ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων αντιπροσώπων επιχειρήσεων, Μη Κυβερνητικών Οργανώσεων (ΜΚΟ) και οργανώσεων καταναλωτών. Στη συνέχεια, η Ρυθμιστική Επιτροπή (Regulatory Committee), που αποτελείται από εκπροσώπους των κρατών μελών της ΕΕ, ψηφίζει επί του σχεδίου εκτελεστικών μέτρων και αυτό με τη σειρά του υποβάλλεται για έλεγχο στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή γνωρίζοντας τη σημασία της κυκλικής οικονομίας στις απαιτήσεις του οικολογικού σχεδιασμού, αναπτύσσει μια «εργαλειοθήκη» ως υπόδειγμα, που περιλαμβάνει κυκλικές επιλογές όπως η δυνατότητα αναβάθμισης, αποκατάστασης, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης για νέες και υφιστάμενες ομάδες προϊόντων. Στόχος αυτών των προτύπων είναι η παροχή συστάσεων σχεδιασμού, με σκοπό να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της χρήσης των πρώτων υλών και να καλυφθούν τα κενά της κυκλικής οικονομίας [22]. Το σχήμα 2.8 δείχνει τη διαδικασία ανάπτυξης των κανονισμών για τον οικολογικό σχεδιασμό στην ΕΕ.



Σχήμα 2.8: Διαδικασία ανάπτυξης κανονισμών για την οδηγία οικολογικού σχεδιασμού [22]

2.4.4 Αξιολόγηση της οδηγίας μέσα από μελέτες

Ελλείψεις

Το 2012 μία συμβουλευτική εταιρία (CSES) πραγματοποίησε έρευνα για την αξιολόγηση της οδηγίας του οικολογικού σχεδιασμού. Από αυτήν προέκυψαν διάφορες προκλήσεις σχετικά με

την εφαρμογή και τα μέτρα της οδηγίας, τόσο σε επίπεδο ΕΕ όσο και σε επίπεδο κρατών μελών. Συγκεκριμένα προσδιορίστηκαν [22]:

- α. Περίπλοκες και χρονοβόρες προπαρασκευαστικές διαδικασίες.
- β. Περιορισμένα δεδομένα για τη λήψη των πολιτικών αποφάσεων.
- γ. Ασυμφωνία των μέτρων οικολογικού σχεδιασμού με άλλες νομοθετικές πράξεις.
- δ. Ανεπάρκεια πόρων για τις ρυθμιστικές διαδικασίες και τις εργασίες τυποποίησης.
- ε. Το επίπεδο φιλοδοξίας ορισμένων υποχρεώσεων.
- στ. Περιορισμένες λύσεις για την αντιμετώπιση μη σχετικών με την ενέργεια ζητημάτων σε προϊόντα που συνδέονται με αυτήν (π.χ. αποδοτικότητα υλικών, δυνατότητα ανακύκλωσης κλπ.).
- ζ. Καθυστερήσεις στην επεξεργασία κατάλληλα εναρμονισμένων προτύπων.
- η. Ανεπάρκεια και αναποτελεσματικότητα της εποπτείας της αγοράς.

Το 2014, κατόπιν αιτήματος της Γενικής Διεύθυνσης Ενέργειας, μια άλλη εταιρεία (Ecofys) μελέτησε την οδηγία και διαπίστωσε ότι οι πλήρεις δυνατότητες εξοικονόμησης του κόστους περιορίζονται εξαιτίας των χρονοβόρων διαδικασιών μέχρι την επικύρωση των κανονισμών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εφαρμογή παρωχημένων τεχνικών και εργασιών προετοιμασίας, καθώς και την αδυναμία εφαρμογής των οδηγιών.

Οικονομικά οφέλη για τα νοικοκυριά

Το 2016 η Ecofys δημοσίευσε μελέτη σχετικά με τα οφέλη του οικολογικού σχεδιασμού για τα νοικοκυριά της ΕΕ, η οποία έδειξε ότι οι καταναλωτές εξοικονομούν κατά μέσο όρο 332€/έτος από την εφαρμογή του σχεδιασμού, χωρίς να κάνουν απολύτως τίποτα. Η εξοικονόμηση αυτή μπορεί να αυξηθεί σε πάνω από 454€/έτος εάν αγοράσουν τα πιο αποδοτικά διαθέσιμα προϊόντα βάσει του ενεργειακού σήματός τους. Η έρευνα περιέχει επίσης παραδείγματα ετήσιων εξοικονομήσεων για τους καταναλωτές, όσον αφορά τις ακόλουθες συσκευές: α) 122€ έως 179€ από λέβητα κεντρικής θέρμανσης (φυσικού αερίου), β) 130€ έως 159€ από φωτισμό, γ) 19€ έως 30€ από ψυγείο και καταψύκτη, δ) έως 119€ από θερμοσίφωνα νερού και ε) μικρότερες αποταμιεύσεις που ανέρχονται στα 4€ έως 24€ από άλλες συσκευές [22].

2.4.5 Απόψεις και συμπεριφορά καταναλωτών και επιχειρήσεων για την οδηγία

Καταναλωτές

Η αντίληψη και η συμπεριφορά των καταναλωτών απέναντι στο περιβάλλον και του τρόπου διαχείρισης των αποβλήτων τους, ενδέχεται να επηρεάσει την επιτυχία της κυκλικής οικονομίας και το ρόλο του οικολογικού σχεδιασμού. Για παράδειγμα η γνώση αυτή μπορεί να προκαλέσει την αλλαγή του σχεδιασμού και της σήμανσης του προϊόντος, προσαρμόζοντάς τα στη συμπεριφορά των χρηστών. Μπορεί επίσης να συμβάλει στην καλύτερη ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με την αποδοτική χρήση των προϊόντων, προκειμένου να παραταθεί η διάρκεια ζωής τους.

Ερευνητές μελέτης του Πανεπιστημίου Sheffield Hallam επισήμαιναν ότι «η κατανόηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών μπορεί να οδηγήσει στην εύρεση λύσεων για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της καταναλωτικής συμπεριφοράς των νοικοκυριών, μέσω βελτιώσεων στο σχεδιασμό των προϊόντων». Η έρευνα επίσης αναφέρει ότι «η συμπεριφορά των καταναλωτών ευθύνεται για το 26% - 36% της ενέργειας που καταναλώνεται στο σπίτι» και ότι «η βελτίωση της τεχνικής απόδοσης των συσκευών δεν έχει επιφέρει σχεδόν καθόλου μείωση της εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας, καθώς ο τρόπος αλληλεπίδρασης των καταναλωτών με το προϊόν έχει μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον».

Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι ενδεικτικά και αποκαλύπτουν ότι:

- α. Υπάρχει ελλιπής επίγνωση των καταναλωτών σχετικά με τη συμπεριφορά τους και τις άμεσες επιπτώσεις της στο περιβάλλον και τη χρήση ενέργειας.
- β. Οι συνήθειες και οι πρακτικές των καταναλωτών στη χρήση προϊόντων που καταναλώνουν ενέργεια είναι βαθιά ριζωμένες και εκτελούνται αυτόματα και με επιπολαιότητα.
- γ. Οι νεότεροι χρήστες έχουν την τάση να καταναλώνουν αλόγιστα και άσκοπα ενέργεια.
- δ. Η αλληλεπίδραση του καταναλωτή με το ψυγείο και τον καταψύκτη φανερώνει πολιτιστικές και κοινωνικές αξίες που υποδεικνύουν την καταναλωτική συμπεριφορά (πχ άσκοπα ανοιχτή πόρτα του ψυγείου) [22].

Επιχειρήσεις

Η κατανόηση του σκεπτικού των βιομηχανιών είναι εξίσου σημαντική, προκειμένου οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής να γνωρίζουν πώς να τις ενθαρρύνουν, ώστε να προσαρμόζουν περισσότερο τα προϊόντα τους στις ανάγκες των πελατών.

Το 2016 έρευνα του Ευρωβαρόμετρου (πραγματοποιεί δημοσκοπήσεις εκ μέρους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής) έδειξε ότι το 73% των ευρωπαϊκών επιχειρήσεων ενσωματώνει στις παραγωγικές του διαδικασίες κάποια κυκλική δραστηριότητα όπως ελαχιστοποίηση των αποβλήτων μέσω της ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης ή πώλησής τους σε άλλη εταιρία, προγραμματισμός για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και επανασχεδιασμός προϊόντων για ελαχιστοποίηση της χρήσης υλικών. Ωστόσο φαίνεται οι εταιρίες να δυσκολεύονται στην τροποποίηση των παραδοσιακών σχεδιαστικών διαδικασιών και δεν προτίθενται να αφιερώνουν χρόνο σε δραστηριότητες που δε συνδέονται με επιτυχημένες στρατηγικές. Οι

βιομηχανίες δηλαδή στην πλειοψηφία τους είναι επιφυλακτικές απέναντι σε νέους τύπους ρυθμιστικών προτύπων, καθώς υπάρχει αβεβαιότητα [22].

2.5 Παραδείγματα εφαρμογής της οδηγίας σε κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Τα κράτη μέλη της ΕΕ διαφέρουν αφενός ως προς την οργανωτική δομή της εφαρμογής της οδηγίας για τον οικολογικό σχεδιασμό και αφετέρου ως προς τους πόρους που είναι σε θέση να διαθέσουν (ανθρώπινοι και οικονομικοί πόροι, εγκαταστάσεις για δοκιμές). Τα μικρότερα κράτη έχουν λιγότερο προσωπικό που εργάζεται στο χαρτοφυλάκιο οικολογικού σχεδιασμού στη δημόσια διοίκηση, με εξαίρεση τις σκανδιναβικές χώρες, όπου δίνεται μεγαλύτερη έμφαση σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Τα κράτη της κεντρικής και νοτιοανατολικής Ευρώπης αντιμετωπίζουν μεγαλύτερη δυσκολία. Τα εμπόδια περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, οικονομικούς πόρους και τη διαφορετική γλώσσα (π.χ. έλλειψη μετάφρασης κατά τη διάρκεια των συνεδριάσεων). Ακολουθεί η παράθεση και ανάλυση εφτά κρατών μελών της ΕΕ [22]:

ΓΕΡΜΑΝΙΑ

Οι Γερμανοί ενδιαφερόμενοι αναγνωρίζουν την επιτυχία της οδηγίας στο κομμάτι της ενεργειακής αποδοτικότητας και στην ευρεία αποδοχή της από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη (κυβερνήσεις, βιομηχανίες, καταναλωτές). Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η Γερμανία διαθέτει ισχυρή κατασκευαστική βάση, ο οικολογικός σχεδιασμός εκεί απέκτησε υψηλότερη προτεραιότητα σε σύγκριση με άλλα κράτη μέλη. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη διαδικασία διαβούλευσης και στην προσέγγιση της πραγματικής συμπεριφοράς των καταναλωτών, ενώ παράλληλα υπήρξε σοβαρή οργάνωση της εποπτείας της αγοράς.

ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ

Στο Ηνωμένο Βασίλειο η ενεργειακή αποδοτικότητα αντιμετωπίστηκε ως ο πιο εφικτός στόχος και εκεί δόθηκε η μεγαλύτερη έμφαση, ωστόσο το επίπεδο φιλοδοξίας θα μπορούσε να είναι ανώτερο. Θεωρείται σημαντική η εξέταση ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος, από την εξόρυξη υλικών έως το τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Στόχο για τους παραγωγούς αποτελεί η προμήθεια κατάλληλων υλικών, ο σχεδιασμός για μεγαλύτερη αντοχή και ανακατασκευή των προϊόντων τους και η δυνατότητα ανάκτησης των υλικών στο τέλος του κύκλου ζωής. Επίσης, η σχέση με τη βιομηχανία βρίσκεται σε ένα αξιοπρεπές επίπεδο, χωρίς η εισαγωγή υποχρεώσεων να δημιουργεί εντάσεις και διαφωνίες. Η μακρά διάρκεια της διαδικασίας μέχρι την έγκριση των κανονισμών (5 έτη) αποτελεί ένα ζήτημα προς επίλυση, το οποίο σταδιακά βελτιώνεται μέσω της καλύτερης συνεργασίας μεταξύ εμπειρογνομόνων, βιομήχανων και κρατών μελών. Κύριες προκλήσεις αποτελούν η ανάπτυξη καινοτόμων προτύπων και η καλύτερη εποπτεία της αγοράς. Αρνητική είναι η ύπαρξη κανονισμών που δεν συμβαδίζουν με την οδηγία οικολογικού σχεδιασμού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν: i) ο καθορισμός υψηλότερων αρχικών υποχρεώσεων σε σχέση με αυτούς που τέθηκαν αργότερα από την οδηγία οικολογικού σχεδιασμού αναφορικά με τους λέβητες συμπύκνωσης και ii) οι

ξεχωριστοί νόμοι για τον καθαρό αέρα και τις περιοχές ελέγχου του καπνού, καθώς τα μέτρα του οικολογικού σχεδιασμού θα καθιστούσαν ολόκληρο το Ηνωμένο Βασίλειο ως περιοχή ελέγχου του καπνού αντί να περιορίζεται από τη νομοθεσία σε ορισμένα σημεία.

ΒΕΛΓΙΟ

Στο Βέλγιο η ήδη μακρά διαδικασία του οικολογικού σχεδιασμού (5 έτη) υφίσταται ακόμη περισσότερες καθυστερήσεις με την προσθήκη επιπλέον αναθεωρήσεων. Σοβαρό θέμα είναι ότι τα πρότυπα έχουν διφορούμενο χαρακτήρα, με αποτέλεσμα να μην γίνεται αντιληπτό εάν ένα προϊόν κρίνεται ως συμβατό ή όχι. Τέτοιες δυσκολίες οφείλονται στην ασυμφωνία μεταξύ των τεχνικών κατά τον καθορισμό τυποποίησης και στην έλλειψη εμπειρογνομώνων για την κάλυψη κάθε κατηγορίας προϊόντων. Ενώ μακροπρόθεσμα η αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα θα είναι ωφέλιμη για όλους, υπάρχει προβληματισμός για το ποιος θα επιβαρυνθεί με το αρχικό κόστος. Επιπλέον υπάρχει έλλειψη κινήτρου, καθώς οι επιδοτήσεις για την ενεργειακή αποδοτικότητα στο Βέλγιο δεν είναι ιδιαίτερα γενναιόδωρες συγκριτικά με άλλα κράτη μέλη. Όσον αφορά την εποπτεία της αγοράς, η οδηγία δεν βρίσκεται στο επίπεδο αυστηρότητας που θα έπρεπε και υπάρχουν ασάφειες. Ακόμα ένα ζήτημα στο Βέλγιο είναι η έλλειψη εγκαταστάσεων για δοκιμές σε νέα προϊόντα και μεγάλες συσκευές, οδηγώντας σε δαπανηρές δοκιμές και πρόσθετα έξοδα μεταφοράς.

ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ

Η νομοθεσία της Πορτογαλίας προβλέπει αυστηρές κυρώσεις στους παραγωγούς και τους εισαγωγείς που δε συμμορφώνονται με την οδηγία οικολογικού σχεδιασμού, οι οποίες επιβάλλονται από την εγχώρια αρχή εποπτείας της αγοράς. Ο ρόλος της οδηγίας στην Πορτογαλία θεωρείται αρκετά σημαντικός και σε συνδυασμό με την οικολογική σήμανση έχει εμφανείς θετικές επιπτώσεις στην ενεργειακή αποδοτικότητα των προϊόντων. Βέβαια, η εποπτεία της αγοράς είναι ένας τομέας που χρήζει βελτίωσης, όπως και η εναρμόνιση των οριζόντιων και κάθετων προτύπων. Επιπλέον, είναι ανάγκη να συμπεριληφθούν κυκλικές οικονομικές απαιτήσεις στις ήδη καλυπτόμενες ομάδες προϊόντων από την οδηγία, αποφεύγοντας παράλληλα τις διπλές ρυθμίσεις.

ΦΙΛΑΝΔΙΑ

Οι Φιλανδοί θεωρούν ότι η οδηγία οικολογικού σχεδιασμού συνιστά μία από τις καλύτερες πολιτικές ενεργειακής αποδοτικότητας στην ΕΕ. Ως χώρα πετυχαίνουν συνεχώς τους ενεργειακούς στόχους που θέτουν, ωστόσο θα μπορούσαν να αυξήσουν το επίπεδο φιλοδοξίας τους. Η Φιλανδία είναι μία χώρα που δεν κατασκευάζει μεγάλους αριθμούς προϊόντων, έχοντας την οικονομία της προσανατολισμένη κυρίως στις υπηρεσίες μεταξύ των επιχειρήσεων. Σε γενικό πλαίσιο, οι βιομηχανικοί φορείς της χώρας είναι ικανοποιημένοι με τον οικολογικό σχεδιασμό, καθώς τα αναποτελεσματικά προϊόντα που παράγονται στο εξωτερικό απομακρύνονται από την αγορά της κάνοντας χώρο για πιο αποδοτικά προϊόντα εγχώριας παραγωγής.

ΔΑΝΙΑ

Στη Δανία η επίδραση της οδηγίας στην ενεργειακή αποδοτικότητα είναι αισθητή. Ωστόσο εντοπίζονται μεγάλες διαφορές στο ρυθμό προόδου μεταξύ των προϊόντων, εξαιτίας της διαφορετικής πολυπλοκότητάς τους, της ταχείας τεχνολογικής εξέλιξης και των καθυστερήσεων στο χρονοδιάγραμμα. Είναι άλλη μία χώρα που οι τομείς της κυκλικής οικονομίας δεν συμπεριλαμβάνονται στον επιθυμητό βαθμό στις παραγωγικές διαδικασίες, ενώ ο οικολογικός σχεδιασμός δεν έφερε τα επιθυμητά αποτελέσματα βάσει των περιβαλλοντικών στόχων που είχαν τεθεί. Εντοπίζονται καθυστερήσεις στη διαδικασία τυποποίησης, καθώς δημιουργούνται απαιτήσεις για προϊόντα, ενώ συγχρόνως επικρατεί ασάφεια στα οριζόντια πρότυπα κανονισμών και στις διαδικασίες που σχετίζονται με τις δοκιμές των προϊόντων.

ΠΟΛΩΝΙΑ

Στην Πολωνία υπάρχει καλή οργάνωση της εποπτείας της αγοράς χρησιμοποιώντας την ίδια βάση δεδομένων που χρησιμοποιεί και η Γερμανία για την ανταλλαγή αποτελεσμάτων. Ωστόσο το κόστος και ο χρόνος των εργαστηριακών δοκιμών κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα, ενώ συγχρόνως υπάρχει έλλειψη εργαστηρίων και εμπειρογνομόνων. Το κύριο εμπόδιο που συναντάται είναι η εκτίμηση κινδύνου ενός προϊόντος. Οι αρχές δυσκολεύονται να προσδιορίσουν τη μεθοδολογία και τα όρια κινδύνου με αποτέλεσμα να υπάρχουν διαφορετικές ερμηνείες. Σαν ιδανική περίπτωση θα μπορούσε η χρησιμοποιούμενη βάση δεδομένων να περιλαμβάνει την δυνατότητα δημιουργίας αναφορών σχετικά με τα πρότυπα και τις δοκιμαστικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται, οδηγώντας σε κοινές πρακτικές όλες τις αρχές.

Μέσα από τα ανωτέρω παραδείγματα των κρατών μελών της ΕΕ είναι εμφανές ότι υπάρχουν αρκετές παραλείψεις, ασυνεννοησίες και πρακτικές που λειτουργούν ως τροχοπέδη στην εύρυθμη εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού. Ακολουθούν λοιπόν συγκεκριμένες συστάσεις πολιτικής με σκοπό τη βελτίωση της παρούσας κατάστασης [22]:

- Η οδηγία οικολογικού σχεδιασμού εμφάνισε μεγάλη επιτυχία στις απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας, επομένως χρειάζεται η συμπερίληψη περισσότερων ομάδων προϊόντων που συνδέονται με την ενέργεια.
- Βελτίωση των χρονοβόρων διαδικασιών, μέσω του καθορισμού χρονικών περιθωρίων στα εκτελεστικά μέτρα και αναθεωρήσεων στα σχέδια εργασίας.
- Διερεύνηση τρόπων αποτελεσματικότερης εποπτείας της αγοράς, όπως ο συντονισμός και η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των κρατών μελών.
- Επέκταση της βάσης δεδομένων όλων των προϊόντων που καλύπτονται από την οδηγία οικολογικού σχεδιασμού, ώστε μόλις ένα προϊόν δοκιμαστεί σε ένα κράτος μέλος τότε όλα τα υπόλοιπα κράτη να έχουν γνώση των αποτελεσμάτων.
- Καλύτερη συσχέτιση μεταξύ της οδηγίας οικολογικού σχεδιασμού και άλλων πολιτικών.
- Εισαγωγή υποχρεώσεων κυκλικής οικονομίας σε προϊόντα που δε σχετίζονται με την ενέργεια.
- Διερεύνηση τρόπων για την αποτελεσματική εισαγωγή υποχρεώσεων για την αποδοτικότητα των υλικών.

- Παροχή καλύτερων κατευθυντήριων γραμμών για τις δοκιμαστικές μεθόδους και αποφυγή καθορισμού υποχρεώσεων πριν από την ολοκλήρωση των μεθόδων.

2.6 Εμπόδια στην εφαρμογή της οδηγίας και βελτιωτικές προτάσεις

Υπάρχουν τρία κύρια εμπόδια στην εφαρμογή της οδηγίας του οικολογικού σχεδιασμού τα οποία αναγνωρίζονται από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Αυτά είναι οι αργές ρυθμιστικές διαδικασίες, οι ανησυχίες για την εποπτεία της αγοράς και η έλλειψη πολιτικής στήριξης [22].

Αργές ρυθμιστικές και εκτελεστικές διαδικασίες

Είναι γνωστό πως απαιτείται υπερβολικός χρόνος για να τεθεί σε ισχύ ένας κανονισμός. Το πρόβλημα είναι ακόμα μεγαλύτερο για τις ομάδες προϊόντων των οποίων οι αγορές παρουσιάζουν ταχείες τεχνολογικές εξελίξεις. Θεωρητικά, χρειάζονται 18 μήνες έως δύο χρόνια για να ολοκληρωθεί μια προπαρασκευαστική μελέτη, ένα ακόμη έτος για να επικυρωθεί ένας κανονισμός και στη συνέχεια μεσολαβούν άλλοι 18 μήνες μέχρι να τεθεί σε ισχύ. Οι αργές ρυθμιστικές διαδικασίες προκαλούν την απώλεια εξοικονόμησης ενεργειακής αποδοτικότητας, την εφαρμογή λιγότερο φιλόδοξων υποχρεώσεων και μεγάλες καθυστερήσεις σχετικά με την επίτευξη των ενεργειακών στόχων που έχουν ορισθεί. Επομένως είναι τεράστιας σημασίας τα ρυθμιστικά και εκτελεστικά μέτρα να συμβαδίζουν με την πραγματικότητα της αγοράς.

Εποπτεία της αγοράς

Η ανεπάρκεια της εποπτείας της αγοράς σε ολόκληρη την ΕΕ αναγνωρίζεται ως ένα από τα κυριότερα εμπόδια στην εφαρμογή της οδηγίας οικολογικού σχεδιασμού. Εκτιμάται ότι το 10% με 25% των προϊόντων στην αγορά δεν συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού και ενεργειακής σήμανσης. Οι επιπτώσεις προς τους κατασκευαστές σε περίπτωση αθέτησης των υποχρεώσεων που ορίζονται στην οδηγία είναι χαμηλές και συχνά ανύπαρκτες, με αποτέλεσμα την πώληση πολλών προϊόντων στην αγορά της ΕΕ που δεν συμμορφώνονται στους κανονισμούς, τη δημιουργία άνισου ανταγωνισμού και την αποθάρρυνση των κατασκευαστών για καινοτομία. Επίσης είναι δύσκολο καθένα από τα 27 κράτη μέλη να έχει τις δικές του ξεχωριστές εγκαταστάσεις δοκιμών και τεχνογνωσία σε κάθε ομάδα προϊόντων. Πολλά ενδιαφερόμενα μέρη συμφωνούν ότι απαιτείται μεγαλύτερος συντονισμός μεταξύ των κρατών μελών για την καλύτερη επίβλεψη των προϊόντων που εμπίπτουν στην οδηγία και για τη διασφάλιση μίας ενιαίας λειτουργικής αγοράς στην οποία οι ίδιοι κανόνες ισχύουν σε όλες τις χώρες. Η αύξηση των ανθρώπινων και υλικών πόρων στα κράτη μέλη και η πληρέστερη αξιολόγηση του κύκλου ζωής κρίνονται απαραίτητα. Αναγκαία είναι και η ανάπτυξη μιας πιο συστημικής και μακροσκοπικής οπτικής για την εξέταση όχι μόνο του προϊόντος, αλλά και του συστήματος με το οποίο αυτό αλληλοεπιδρά, με σκοπό την ομαλή και αποτελεσματική εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού. Μειονέκτημα στην ανάπτυξη της οδηγίας συνιστά η διαδικασία αξιολόγησης, η οποία είναι δύσκολη ειδικά για υποχρεώσεις των οποίων ο έλεγχος περιλαμβάνει πολύπλοκες ή δαπανηρές δοκιμές. Στο πλαίσιο αυτό, η

διαθεσιμότητα προτύπων θα μπορούσε να συγχωνεύσει τις μεθόδους αξιολόγησης και να συμβάλει σημαντικά στην επιτυχία της οδηγίας, εξαλείφοντας τα προϊόντα με τις χαμηλότερες επιδόσεις από την αγορά.

Έλλειψη πολιτικής υποστήριξης

Αρκετά ενδιαφερόμενα μέρη συμφώνησαν ότι στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπάρχει έλλειψη προσωπικού που ασχολείται με τον κλάδο του οικολογικού σχεδιασμού. Το ζήτημα της εμπειρογνωμοσύνης οξύνεται περισσότερο όταν το υπεύθυνο προσωπικό μεταπηδάει από το ένα θέμα στο άλλο σχετικά γρήγορα, με αποτέλεσμα την έλλειψη τεχνογνωσίας από τη μεριά της Επιτροπής. Έτσι, η παρούσα πολιτική κατάσταση στην Ευρώπη δεν έχει τη δυνατότητα να ανεβάσει το επίπεδο φιλοδοξίας των μέτρων προς εφαρμογή. Επιπλέον, αντιπρόσωποι των βιομηχανιών ισχυρίζονται ότι οι εταιρείες καταβάλλουν πολλές προσπάθειες για την προετοιμασία λεπτομερών τεχνικών πληροφοριών για διαβουλεύσεις με τα ενδιαφερόμενα μέρη, αλλά δεν λαμβάνουν το ίδιο επίπεδο προετοιμασίας και εμπειρογνωμοσύνης από συμβούλους και ΜΚΟ. Ακόμα, η συχνά επικριτική στάση του κόσμου προς την οδηγία προκαλεί στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το φόβο του κακού χαρακτηρισμού της και της αρνητικής δημοσιότητάς, γεγονός που επηρεάζει τις ρυθμιστικές διαδικασίες, καθώς και τη διαφάνεια και την αλληλουχία των βημάτων πολιτικής και έχει ως επακόλουθο τη δημιουργία ενός αβέβαιου περιβάλλοντος για τη βιομηχανία.

Εφόσον η οδηγία οικολογικού σχεδιασμού αφορά κατά βάση προϊόντα που σχετίζονται με την ενέργεια που συναντώνται σε ένα νοικοκυριό, ο επόμενος πίνακας 2.2 καταγράφει τις υφιστάμενες στρατηγικές εφτά συγκεκριμένων ομάδων προϊόντων για την αποδοτική χρήση των πόρων και της ενέργειας και παραθέτει βελτιωτικές προτάσεις.

Πίνακας 2.2: Οι τρέχουσες στρατηγικές οικολογικού σχεδιασμού σε επτά ομάδες προϊόντων νοικοκυριού [22]

Ομάδα Προϊόντος	Τρέχουσες Στρατηγικές	Βελτιώσεις
Ελαφρά οικιακά προϊόντα	Ενεργειακή αποδοτικότητα κατά τη φάση χρήσης Αντοχή	Επιτάχυνση της διαδικασίας του οικολογικού σχεδιασμού για την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών Ενίσχυση του σχεδιασμού για ανακύκλωση και αποδοτικότητα των πόρων Βελτίωση της συλλογής λαμπτήρων
Ηλεκτρικές σκούπες	Ενεργειακή αποδοτικότητα κατά τη φάση χρήσης Αντοχή του κινητήρα και του σωλήνα Πληροφορίες για τη συντήρηση και την αποσυναρμολόγηση	Επέκταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος Σχεδιασμός για ενίσχυση της αποσυναρμολόγησης Ενίσχυση της δυνατότητας για ανακύκλωση: αποφυγή περιττών συνδέσεων, στρατηγική τοποθέτηση βασικών εξαρτημάτων, συμβατότητα των υλικών
Εξοπλισμός ψύξης και απόψυξης	Ενεργειακή αποδοτικότητα κατά τη φάση χρήσης Πληροφορίες για τη συντήρηση και το τέλος ζωής	Αξιολόγηση ολόκληρου του κύκλου ζωής, ειδικά κατά την κατασκευή Βελτίωση της αντοχής
Θερμάστρες	Ενεργειακή αποδοτικότητα κατά τη φάση χρήσης Ηχορύπανση Εκπομπές οξειδίων του αζώτου Πληροφορίες σχετικά με το τέλος ζωής τους	Βελτίωση αντοχής Συμπερίληψη κι άλλων υποχρεώσεων από την οδηγία οικολογικού σχεδιασμού Αξιολόγηση της αποδοτικότητας των πόρων μέσω συστημικής προσέγγισης
Οικιακά πλυντήρια πιάτων	Ενεργειακή αποδοτικότητα κατά τη φάση χρήσης Πληροφορίες σχετικά με τη φάση χρήσης	Αξιολόγηση ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος Βελτίωση της αντοχής του προϊόντος Σχεδιασμός για δυνατότητα ανάκτησης των υλικών: εύκολη εξαγωγή βασικών εξαρτημάτων, συνδυασμός υλικών
Τηλεόραση και ηλεκτρονικές οθόνες	Ενεργειακή αποδοτικότητα στη φάση χρήσης Περιεχόμενο υδραργύρου	Αξιολόγηση ολόκληρου του κύκλου ζωής, ειδικά κατά την κατασκευή και τη διανομή Βελτίωση της αντοχής ενισχύοντας το σχεδιασμό για δυνατότητα επισκευής Ενίσχυση της ανακύκλωσης χαλκού και πλαστικών

2.7 Εφαρμογή οικολογικού σχεδιασμού σε ηλιακό θερμικό σύστημα

Έχοντας επισημάνει στο κεφάλαιο 1.4.4 το θετικό πρόσημο της κυκλικής οικονομίας στα ηλιακά θερμικά συστήματα, ήρθε η ώρα για την εφαρμογή των αρχών οικολογικού σχεδιασμού σε ένα τέτοιο σύστημα. Πραγματοποιήθηκαν μελέτες στην Ισπανία και την Κίνα στις οποίες εξετάστηκαν εναλλακτικές λύσεις οικολογικού σχεδιασμού σε ηλιακό θερμικό σύστημα παροχής ζεστού νερού οικιακής χρήσης.

Έχει διαπιστωθεί ότι αρχικός σχεδιασμός των εν λόγω τεχνολογιών ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για την επιδείνωση περιβαλλοντικών φαινομένων, όπως είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη, η τρύπα του όζοντος, η οξίνιση των ωκεανών (μείωση της τιμής pH στο θαλασσινό νερό) και ο ευτροφισμός των λιμνών (αύξηση των θρεπτικών στοιχείων που οδηγεί στη μείωση του οξυγόνου στο νερό και την αλλοίωση της βιοποικιλότητας). Η υπερθέρμανση του πλανήτη και η αλλοίωση στο στρώμα του όζοντος, σχετίζονται περισσότερο με το αποτύπωμα ενέργειας και άνθρακα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός ηλιακού θερμικού συστήματος. Όμως η οξίνιση και ο ευτροφισμός συνδέονται άμεσα με την εντατική χρήση μετάλλων κατά τη φάση παραγωγής του, προκαλώντας αύξηση των όξινων αερίων ή της απόρριψης θρεπτικών συστατικών για τα φυτά, όπως το άζωτο και ο φώσφορος. Έχει προσδιοριστεί ότι ο συλλέκτης, η δεξαμενή αποθήκευσης και οι χάλκινοι σωλήνες του κυκλώματος αποτελούν τα μέρη με τις υψηλότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον [30].

2.7.1 Προτάσεις για βελτίωση του συστήματος

Μετά από τις απαραίτητες αναλύσεις προέκυψαν τρία σενάρια οικολογικού σχεδιασμού για τη βελτίωση του περιβαλλοντικού προφίλ των ηλιακών θερμικών προϊόντων [30]:

- Στάδιο παραγωγής: Αντικατάσταση των χάλκινων σωλήνων με σωλήνες που έχουν υποστεί γαλβανισμό (επικάλυψη με ψευδάργυρο). Αυτή η αλλαγή των υλικών θα επιφέρει αύξηση του βάρους στους νέους σωλήνες, με ενδεικτικές τιμές στην μετατροπή 7,14 κιλών χαλκού σε 16,5 κιλά γαλβανισμένων σωλήνων. Ωστόσο θα μειώσει την πιθανότητα εμφάνισης οξίνισης και ευτροφισμού, αποφέροντας ένα θετικότερο αποτέλεσμα στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα του συστήματος.
- Στάδιο χρήσης: Αντικατάσταση του γυάλινου καλύμματος με πολυανθρακικό κάλυμμα πολλαπλών στρώσεων. Στόχος είναι η μείωση των θερμικών απωλειών, με παράπλευρο αποτέλεσμα την αυξημένη αποδοτικότητα του συλλέκτη. Το κάλυμμα αυτό αποτελεί εξαιρετικό μονωτικό υλικό, αποτελούμενο από δύο επίπεδα πάχους 10mm. Μπορεί να έχει μειωμένη ικανότητα να αφήνει το φως να περνάει από μέσα του, αλλά αυτό αντισταθμίζεται με χαμηλότερες θερμικές απώλειες.
- Στάδιο παραγωγής: Αύξηση του ποσοστού χρήσης ανακυκλωμένου αλουμινίου για το πλαίσιο του συλλέκτη. Τα υφιστάμενα σχέδια παραγωγής του πλαισίου αποτελούνται κατά 90% από νέο και 10% από δευτερογενές αλουμίνιο. Προτείνεται η επιλογή ενός νέου τύπου πλαισίου που θα έχει σύσταση κατά 20% σε πρωτογενές αλουμίνιο και 47% σε

δευτερογενές, αλλαγή που θα έχει θετικό αντίκτυπο στην ελαχιστοποίηση των επιβλαβών εκπομπών.

Ο πίνακας 2.3 δείχνει τις κατηγορίες των περιβαλλοντικών προβλημάτων και τον αντίστοιχο ποσοστιαία εκφρασμένο θετικό ή αρνητικό αντίκτυπο από τα υλικά των τριών σεναρίων οικολογικού σχεδιασμού στο ηλιακό θερμικό σύστημα που εξετάστηκε.

Πίνακας 2.3: Τιμές των επιβλαβών εκπομπών για τα σενάρια οικολογικού σχεδιασμού που αναφέρθηκαν [30]

Emission values for the eco-design scenarios.

Category	Unit	Original solar system	Steel tubes	Polycarbonate	Recycled aluminium
Acidification	kg SO ₂	2.50E-04	- 5.77%	+ 0.6%	- 4.63%
Eutrophication	kg PO ₄	4.00E-05	+ 0.51%	+ 0.8%	- 3.50%
Global Warming	kg CO ₂	9.24E-02	+ 0.83%	- 1.5%	- 2.67%
Ozone Layer Depletion	kg CFC ₁₁	1.25E-08	+ 0.48%	+ 0.7%	- 1.14%
Photochemical Ozone Formation	kg C ₂ H ₆	3.60E-05	- 0.91%	- 0.8%	- 3.60%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Κεφάλαιο 3: Οικολογική Σήμανση

3.1 Ορισμός και ρόλος της οικολογικής σήμανσης

Η οικολογική σήμανση εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1970 ως αποτέλεσμα της ανησυχίας για την προστασία του περιβάλλοντος σε επίπεδο κυβερνήσεων, επιχειρήσεων και καταναλωτών. Ωστόσο εξελίχθηκε κυρίως μετά τη δεκαετία του 1990, με κομβική χρονιά το 1992 που πραγματοποιήθηκε διάσκεψη κορυφής των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον και την ανάπτυξη. Η περιβαλλοντική ανησυχία είχε μεγάλο επιρροή στην αγορά γεννώντας την ιδέα του «green marketing» με στόχο την ενίσχυση της φήμης της εταιρίας προς τους καταναλωτές, μέσω της προβολής ενός υπεύθυνου και συνειδητοποιημένου προφίλ που προωθεί περιβαλλοντικά ανώτερα προϊόντα. Τα οικολογικά σήματα ουσιαστικά αποτελούν ετικέτες που υποδεικνύουν στους καταναλωτές ότι τα προϊόντα που τις φέρουν πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις και είναι φιλικά προς το περιβάλλον, παρουσιάζοντας πολύπλοκες περιβαλλοντικές πληροφορίες με απλό τρόπο. Η οικολογική σήμανση πραγματοποιείται σε εθελοντικό επίπεδο χωρίς να υπάρχει νομοθετικό πλαίσιο για την επιβολή της. Η λογική που υπάρχει πίσω από αυτόν το θεσμό είναι η αλλαγή νοοτροπίας και η κινητοποίηση του αγοραστικού κοινού με σκοπό την έμμεση πίεση προς τους παραγωγούς για εφαρμογή περιβαλλοντικά φιλικότερων μεθόδων παραγωγής και την αύξηση του μεριδίου της αγοράς των επιχειρήσεων που σέβονται τον πλανήτη [31].

3.2 Τύποι και παραδείγματα οικολογικών σημάτων

Στην αρχή δεν υπήρχαν πρότυπα και κατευθυντήριες γραμμές για την ορθή σύσταση και εφαρμογή των οικολογικών σημάτων στα προϊόντα, επομένως επικρατούσε ένα κλίμα αβεβαιότητας και αναξιοπιστίας. Από την πλευρά των επιχειρήσεων η προσπάθεια βελτίωσης της εικόνας τους μέσω της παραπλανητικής προβολής και εκμετάλλευσης της επιθυμίας των καταναλωτών για φιλικότερα προς το περιβάλλον προϊόντα, έγινε γνωστή με τον όρο «green washing». Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου δημιουργήθηκε η ανάγκη ύπαρξης μιας αντικειμενικής βάσης που επαληθεύει τους ισχυρισμούς που φέρει το σήμα ενός προϊόντος. Έτσι ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) εξέδωσε την οικογένεια προτύπων ISO 14020, ώστε να υπάρξει εκμετάλλευση της δύναμης της αγοράς για την περιβαλλοντική βελτίωση, με την προώθηση αξιόπιστων οικολογικών ετικετών στους καταναλωτές. Ορίστηκαν τρεις τύποι ετικετών και ένα γενικό σύνολο αρχών για ετικέτες που δεν ανήκουν σε καμία από

τις 3 κατηγορίες. Οι τρεις τύποι οικολογικής σήμανσης που αναγνωρίζει ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης είναι οι εξής [31]:

➤ Τύπος I (ISO 14024)

Τα οικολογικά σήματα Τύπου I παραχωρούνται σε παραγωγούς και κατασκευαστές που αποδεδειγμένα χρησιμοποιούν πρακτικές και πρώτες ύλες φιλικές προς το περιβάλλον με σκοπό τα προϊόντα τους να διαφοροποιηθούν σημαντικά έναντι ανταγωνιστικών προϊόντων του ίδιου κλάδου. Η απονομή τους βασίζεται στον πολυκριτήριο έλεγχο από τρίτους ανεξάρτητους οργανισμούς ώστε να εξασφαλιστεί η διαφάνεια και η αξιοπιστία τους. Προκύπτουν λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους μέσω της ανάλυσης κύκλου ζωής.



Εικόνα 3.1: Παραδείγματα οικολογικών σημάτων τύπου I (δίπλα στο καθένα αναγράφεται όνομα, έτος ίδρυσης και φορέας διαχείρισης) [31]

➤ Τύπος II (ISO 14021)

Στα οικολογικά σήματα Τύπου II κατατάσσονται αυτά που αναδεικνύουν τους ισχυρισμούς των κατασκευαστών τους, όπως για παράδειγμα «κατασκευασμένο από ανακυκλωμένα υλικά» ή «φιλικό προς το περιβάλλον». Ο ενδιαφερόμενος παραγωγός αποδίδει μόνος του στο προϊόν του περιβαλλοντικά φιλικά χαρακτηριστικά, δίχως κάποια πιστοποίηση. Τα σήματα αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται ως «αυτο-δηλωμένοι περιβαλλοντικοί ισχυρισμοί» και αναφέρονται σε κάποια περιβαλλοντική πτυχή, σε ένα συστατικό ή στη συσκευασία του προϊόντος. Δεδομένου του ότι δεν υπάρχει θεμελίωση των ισχυρισμών με την ανάλυση κύκλου ζωής, είναι συχνό φαινόμενο οι δηλώσεις αυτές να είναι ανακριβείς και παραπλανητικές.



Εικόνα 3.2: Παραδείγματα οικολογικών σημάτων τύπου II [32]

➤ Τύπος III (ISO 14025)

Τα οικολογικά σήματα Τύπου III παρουσιάζουν εύκολα συγκρίσιμες πληροφορίες βάσει της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός προϊόντος, αλλά δεν προβαίνουν σε ισχυρισμούς έναντι άλλων ανταγωνιστικών προϊόντων. Δεν αξιολογούν την περιβαλλοντική απόδοση των προϊόντων που περιγράφουν. Απλώς εμφανίζουν τα αντικειμενικά δεδομένα και η αξιολόγησή τους εναπόκειται στον αγοραστή.



Εικόνα 3.3: Παραδείγματα οικολογικών σημάτων τύπου III. Τα συγκεκριμένα παρουσιάζουν τα αποτυπώματα άνθρακα του προϊόντος και προέρχονται από την Ιαπωνία και την Κορέα αντίστοιχα [33]

Σήμερα υπάρχουν συνολικά πάνω από 450 διαφορετικές ετικέτες σε 199 χώρες και 25 βιομηχανικούς τομείς, εκ των οποίων κάποιες αφορούν μεμονωμένα περιβαλλοντικά ζητήματα (π.χ. κατανάλωση νερού ή εκπομπές άνθρακα) ενώ άλλες ασχολούνται με πολλαπλά. Τα πιο γνωστά και ευρέως διαδεδομένα οικολογικά σήματα είναι ο Μπλε Άγγελος, ο Κύκνος της Νορβηγίας και το Ευρωπαϊκό Λουλούδι. Να σημειωθεί ότι και οι τρεις αυτές ετικέτες ανήκουν στην πρώτη κατηγορία οικολογικής σήμανσης.

Ο «Μπλε άγγελος» δημιουργήθηκε το 1978 στη Γερμανία και είναι το πρώτο οικολογικό σήμα που παρουσιάστηκε στην αγορά. Αποτελεί ιδιοκτησία του γερμανικού υπουργείου περιβάλλοντος ενώ η διαχείριση και προώθησή του γίνεται από τη γερμανική υπηρεσία περιβάλλοντος και τον εθνικό οργανισμό πιστοποίησης. Υπάρχει ανεξάρτητος οργανισμός που θέτει τα περιβαλλοντικά κριτήρια και απονέμει το συγκεκριμένο σήμα σε όσους τα πληρούν μέσω ξεκάθαρων διαδικασιών. Με τον Μπλε Άγγελο έγινε η αρχή και από τότε έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλά παρόμοια σήματα σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο.



Σχήμα 3.4: Ο γερμανικός «Μπλε Άγγελος» [34]

Το οικολογικό σήμα του Νορβηγικού κύκνου εδραιώθηκε το 1989 από την κυβέρνηση της Νορβηγίας. Επιπλέον αναγνωρίζεται στη Σουηδία, τη Φιλανδία, την Ισλανδία και τη Δανία, δηλαδή αν απονεμηθεί σε κάποιο προϊόν σε μία από αυτές τις χώρες τότε θα έχει ισχύ και στις υπόλοιπες. Η τυπική του διάρκεια είναι τρία χρόνια και μετά το πέρας τους οι παραγωγοί πρέπει να κάνουν αίτηση ανανέωσης. Αν τα κριτήρια έχουν γίνει πιο αυστηρά ή το προϊόν δεν τα πληροί πλέον, τότε αφαιρείται το δικαίωμα χρήσης του σήματος.



Σχήμα 3.5: Ο κύκνος της Νορβηγίας [34]

Το ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα ή αλλιώς το «ευρωπαϊκό λουλούδι» δημιουργήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 1992 και αναγνωρίζεται σε όλες τις χώρες της Ένωσης αλλά και σε τρίτες χώρες όπως η Νορβηγία, το Λιχτενστάιν και η Ισλανδία. Το Ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα συνιστά ένα έμμεσο εργαλείο περιβαλλοντικής πολιτικής της Ένωσης, ενώ από το 2000 εκτός από προϊόντα περιλαμβάνει και υπηρεσίες. Η χρονική του ισχύς είναι περιορισμένη μέχρι την ανανέωση των κριτηρίων επιλογής. Από το 1992 μέχρι το Μάρτιο του 2021 1892 άδειες οικολογικού σήματος έχουν απονεμηθεί για 78071 προϊόντα και υπηρεσίες σε 24 διαφορετικές κατηγορίες στην ευρωπαϊκή αγορά, ενώ οι αριθμοί αυτοί εξακολουθούν να αυξάνονται [35]. Τα κριτήρια για κάθε κατηγορία προϊόντων εντοπίζονται βάση αναλυτικών μελετών σχετικά με τις περιβαλλοντικές πτυχές σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Κάθε κράτος μέλος της

Ε.Ε. έχει την υποχρέωση να ορίσει τις ανεξάρτητες επιτροπές οι οποίες απονέμουν το ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα.



Σχήμα 3.6: Το ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα γνωστό και ως «Ευρωπαϊκό Λουλούδι» [34]

Το ευρωπαϊκό λουλούδι απονέμεται στις εξής βασικές κατηγορίες προϊόντων [35]:

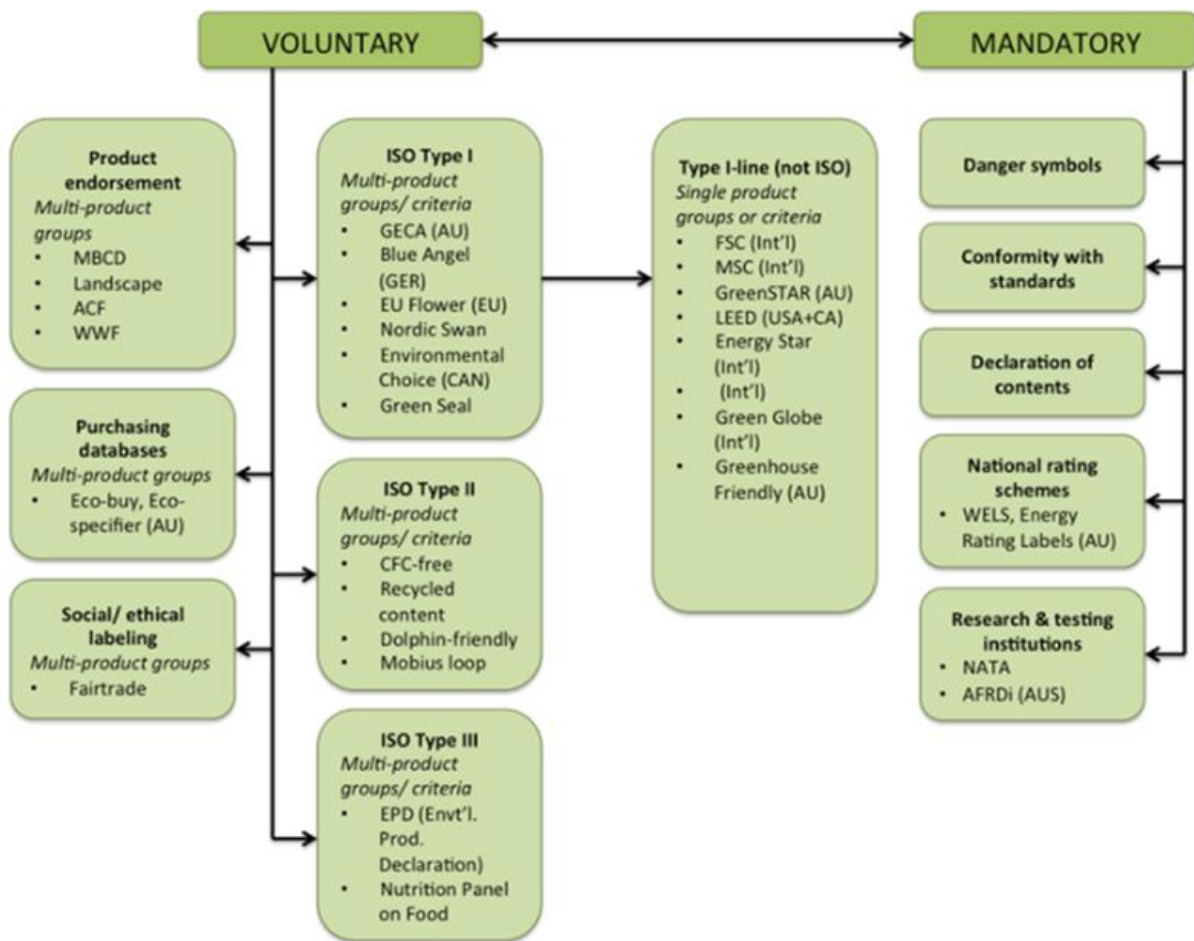
1. Σε προϊόντα γενικής χρήσης καθαρισμού και εγκαταστάσεων υγιεινής, σε απορρυπαντικά ρούχων και πιάτων και σε σαμπουάν μαλλιών.
2. Σε είδη υπόδησης και σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.
3. Σε χρώματα και σε βερνίκια.
4. Σε προϊόντα ηλεκτρονικού εξοπλισμού (τηλεοράσεις, επιτραπέζιοι υπολογιστές, φορητοί υπολογιστές).
5. Σε επενδύσεις δαπέδων.
6. Σε ξύλινα έπιπλα.
7. Σε προϊόντα κηπουρικής (καλλιεργητικά μέσα και βελτιωτικά εδάφους).
8. Σε λιπαντικά.
9. Σε οικιακές συσκευές (λαμπτήρες και αντλίες θερμότητας).
10. Σε είδη οικιακής χρήσης (στρώματα).
11. Σε χαρτί και τυπωμένα βιβλία.

και στις εξής υπηρεσίες:

1. Υπηρεσίες κάμπινγκ.
2. Υπηρεσίες τουριστικών καταλυμάτων.
3. Στον εφοδιασμό κτιρίων μέσω των πράσινων δημόσιων συμβάσεων (φορητοί υπολογιστές, υπολογιστές γραφείου, φωτισμός, πλυντήρια και ψυγεία).

Κοινός στόχος όλων των οικολογικών σημάτων είναι να επηρεάσουν τη συμπεριφορά των καταναλωτών για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής κατάστασης, τη φιλικότερη παραγωγική διαδικασία του προϊόντος και την προστασία της εγχώριας αγοράς. Όσον αφορά την

εφαρμογή, τα οικολογικά σήματα μπορούν να είναι υποχρεωτικά ή εθελοντικά. Ακολουθεί το σχήμα 3.7 στο οποίο αποτυπώνεται ο τρόπος ταξινόμησής τους.



Σχήμα 3.7: Ταξινόμηση οικολογικών σημάτων [31]

3.3 Απονομή και πιστοποίηση οικολογικών σημάτων

3.3.1 Κριτήρια απονομής

Τα κριτήρια απονομής των οικολογικών σημάτων του τύπου I βασίζονται σε πολύπλευρες μελέτες που εξετάζουν τις επιπτώσεις του προϊόντος ή της υπηρεσίας στο περιβάλλον σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους, ξεκινώντας από την εξαγωγή των πρώτων υλών στο προπαρασκευαστικό στάδιο μέχρι την παραγωγή, τη διανομή και τη διάθεση. Οι δύο βασικοί πυλώνες έχουν να κάνουν με την προοπτική του κύκλου ζωής και τα πολλαπλά περιβαλλοντικά ζητήματα.

➤ Προοπτική κύκλου ζωής

Δεδομένου ότι σκοπός του οικολογικού σήματος είναι η βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των προϊόντων, τα κριτήρια θα πρέπει να επικεντρώνονται σε σημεία όπου η απόφαση του κατασκευαστή όντως επηρεάζει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις. Αυτό σημαίνει

ότι δεν είναι απαραίτητο να καθοριστούν απαιτήσεις για όλα τα στάδια του κύκλου ζωής, καθώς ενδέχεται να είναι ανέφικτο για τον κατασκευαστή να επηρεάσει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Σημαντική κρίνεται η ενθάρρυνσή του για τη διασφάλιση χαμηλών επιπτώσεων στις φάσεις χρήσης και απόρριψης του προϊόντος. Για παράδειγμα, σε ένα πλυντήριο με οικολογικό σήμα τέτοιες απαιτήσεις θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν πλύσιμο σε χαμηλές θερμοκρασίες ως τυπικό πρόγραμμα, λειτουργία σε υψηλές περιστροφές και σχεδιασμό για αποσυναρμολόγηση και ανακύκλωση [31].

➤ Πολλαπλές κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Τα κριτήρια για την οικολογική σήμανση τύπου I χρειάζεται να προσεγγίζουν τη σχέση του προϊόντος με το περιβάλλον σφαιρικά και πολύπλευρα λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικές κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Με αυτό τον τρόπο θα αποφευχθεί η μετατόπιση της επιβάρυνσης από τη μία επίπτωση στην άλλη, φαινόμενο το οποίο παρατηρείται όταν υπάρχει μονόπλευρη εστίαση σε κάποια κατηγορία επιπτώσεων. Έτσι εξετάζονται ξεχωριστές κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ανάλογα με τη βαρύτητά τους για κάθε κατηγορία προϊόντων. Για παράδειγμα, τα κριτήρια για τα απορρυπαντικά πιάτων στο χέρι, αποσκοπούν στην προώθηση προϊόντων που έχουν μειωμένο αντίκτυπο στα υδάτινα οικοσυστήματα, ενώ στην περίπτωση χρωμάτων και βερνικιών δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ευκολία της εξάτμισής τους. Επιπροσθέτως, οι διαφορετικές ιδιαιτερότητες των περιβαλλοντικών κριτηρίων και των τεχνικών και ποιοτικών προϋποθέσεων είναι φυσικό να οδηγήσουν σε διαφορές μεταξύ συστημάτων οικολογικής σήμανσης. Για παράδειγμα, σχετικά με τα απορρυπαντικά πλύσης χεριών, το οικολογικό σήμα της ΕΕ παρέχει τύπους για τον υπολογισμό της τοξικότητας στους υδρόβιους οργανισμούς χρησιμοποιώντας ως δείκτη τον κρίσιμο όγκο αραίωσης για όλες τις ουσίες, ενώ το αντίστοιχο οικολογικό σήμα της Αυστραλίας δεν το κάνει. Οι απαιτήσεις και τα ανώτατα όρια των ουσιών που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται σε κάποιο προϊόν μπορεί επίσης να διαφέρουν καθώς η ρύθμιση των κριτηρίων πραγματοποιείται από διαφορετικά εθνικά πρότυπα [31].

Ως επί το πλείστον, για το δικαίωμα απονομής του οικολογικού σήματος σε όλες τις χώρες του πλανήτη λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Οι επιπτώσεις των προϊόντων/υπηρεσιών στην κλιματική αλλαγή, τη φύση, τη βιοποικιλότητα, την κατανάλωση ενέργειας και φυσικών πόρων και την απελευθέρωση επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον.
- Η υποκατάσταση επιβλαβών ουσιών από λιγότερο επιβλαβείς.
- Η δυνατότητα για επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων.
- Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, την υγεία και την ασφάλεια των καταναλωτών.
- Ο σεβασμός στα κοινωνικά και ηθικά πρότυπα.
- Η μείωση πειραμάτων στα ζώα.

Προφανώς το σήμα δεν απονέμεται σε προϊόντα που έχουν χαρακτηριστεί ως τοξικά και επικίνδυνα για το περιβάλλον.

3.3.2. Διαδικασία απονομής και πιστοποίησης

Η απονομή των οικολογικών σημάτων ακολουθεί μία συγκεκριμένη διαδικασία. Αρχικά επιλέγεται μία κατηγορία προϊόντων που εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό. Κατόπιν πραγματοποιείται η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής για την συγκεκριμένη ομάδα προϊόντων ώστε να καθοριστούν οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές συνέπειες που προκύπτουν από την χρήση τους. Βάση των αποτελεσμάτων της ΑΚΖ θεσπίζονται αυστηρά περιβαλλοντικά κριτήρια για αυτή την κατηγορία. Εφόσον τα προϊόντα και οι μέθοδοι παραγωγής υπακούουν στα παραπάνω κριτήρια τότε κρίνεται κατάλληλη η απονομή του οικολογικού σήματος [34].

Η πιστοποίηση (ή άδεια) για το οικολογικό σήμα τύπου I διεκπεραιώνεται από ανεξάρτητο τρίτο φορέα. Για να του χορηγηθεί άδεια, ο αιτών οφείλει να συμμορφωθεί με τους γενικούς κανόνες του προγράμματος και το προϊόν πρέπει να πληροί όλα τα περιβαλλοντικά κριτήρια και τις λειτουργικές προϋποθέσεις, όπως ορίζονται στο έγγραφο κριτηρίων [31].

3.3.3 Καθορισμός και αναθεώρηση των κριτηρίων

Για όλα τα συστήματα οικολογικής σήμανσης τα κριτήρια χρειάζονται εκ νέου αξιολόγηση κατά καιρούς όποτε είναι αναγκαία η αναθεώρηση, ώστε να διασφαλίζεται ότι οι απαιτήσεις ευνοούν συνεχώς τα προϊόντα με τις καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις στην αγορά. Κατά τον καθορισμό νέων ή την αναθεώρηση υφιστάμενων κριτηρίων, είναι υποχρεωτική η δημόσια διαβούλευση με εμπειρογνώμονες και σχετικούς ενδιαφερόμενους φορείς, η οποία μπορεί να διαρκέσει σημαντικό χρονικό διάστημα και πόρους [31].

Επιτροπές που αποτελούνται από εκπροσώπους κυβερνήσεων, επιχειρήσεων, ακαδημαϊκών ιδρυμάτων, ενώσεων καταναλωτών και μη κυβερνητικών οργανώσεων, επιλέγουν τις κατηγορίες προϊόντων και θέτουν τα περιβαλλοντικά κριτήρια εξασφαλίζοντας παράλληλα τη διαφάνεια των διαδικασιών και την εκπροσώπηση όλων των ενδιαφερόμενων. Τόσο τα κριτήρια όσο και τα προϊόντα στα οποία απονέμονται τα οικολογικά σήματα έχουν περιορισμένη χρονική διάρκεια. Η τυπική διάρκεια ισχύος ενός οικολογικού σήματος είναι από δύο έως πέντε χρόνια. Μετά από αυτό το διάστημα η δομή του εμπλουτίζεται με νέα επιστημονικά και τεχνολογικά δεδομένα έχοντας ως σκοπό την αναβάθμιση των περιβαλλοντικών επιδόσεων του προϊόντος που το φέρει [34].

Το σχήμα 3.8 παρουσιάζει ένα παράδειγμα του κύκλου ανάπτυξης κριτηρίων για μια ομάδα προϊόντων στο πλαίσιο του σκανδιναβικού οικολογικού σήματος.



Σχήμα 3.8: Καθορισμός κριτηρίων για τον Κύκλο της Νορβηγίας [31]

Η διαδικασία ανάπτυξης νέων κριτηρίων ξεκινά με τη διερεύνηση της δυνατότητας σήμανσης ενός προϊόντος εξετάζοντας τόσο τις περιβαλλοντικές πτυχές όσο και την κατάσταση της αγοράς. Έπειτα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης κριτηρίων αναπτύσσεται ένα σύνολο προτύπων και λαμβάνονται πληροφορίες από τα ενδιαφερόμενα μέρη. Μετά την έγκριση των κριτηρίων παρέχεται στους κατασκευαστές η άδεια χρήσης του οικολογικού σήματος, αρκεί να αποδείξουν τη συμμόρφωση των προϊόντων τους σε αυτά [31].

Η σκανδιναβική οικολογική σήμανση έχει αναπτύξει ένα εργαλείο που ονομάζεται RPS και χρησιμοποιείται κατά την αξιολόγηση της δυνατότητας ανάπτυξης κριτηρίων οικολογικού σήματος για νέες ομάδες προϊόντων και στη θέσπιση των ειδικών υποχρεώσεων για μια ομάδα προϊόντων. Η ονομασία «RPS» ουσιαστικά προκύπτει από τα αρχικά των εννοιών Συνάφεια (Relevance), Δυνατότητα (Potential) και Κατευθυντικότητα (Steerability), οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την ανάπτυξη κριτηρίων οικολογικής σήμανσης [31].

- Συνάφεια: Οι επιλεγόμενες ομάδες προϊόντων για οικολογική σήμανση πρέπει να έχουν υψηλή περιβαλλοντική σημασία, όπως και οι ειδικές απαιτήσεις για μια ομάδα προϊόντων.
- Δυνατότητα: Είναι σημαντικό να υπάρχει διαφορά μεταξύ των προϊόντων στην αγορά προκειμένου το οικολογικό σήμα να αναδεικνύει τα καλύτερα. Εάν όλα τα προϊόντα της αγοράς έχουν τις ίδιες περιβαλλοντικές επιδόσεις, δεν θα υπάρχει δυνατότητα θετικού αντίκτυπου του οικολογικού σήματος.
- Κατευθυντικότητα: Είναι σημαντικό να πηγάει επιθυμία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της ομάδας προϊόντων για τη χρήση οικολογικών σημάτων. Εάν δεν ενδιαφέρεται κανένας κατασκευαστής, η ανάπτυξη των κριτηρίων είναι χάσιμο χρόνου. Οι ειδικές απαιτήσεις για μία ομάδα προϊόντων πρέπει να είναι κατευθυνόμενες, που σημαίνει ότι οι

κάτοχοι αδειών οικολογικών σημάτων οφείλουν να επηρεάζουν, να τεκμηριώνουν και να ελέγχουν την εκπλήρωση των κριτηρίων.

Κατά την αναθεώρηση χρειάζεται αλληλοεπικάλυψη των παλαιών και των καινούριων κριτηρίων, ώστε να δημιουργηθεί χρόνος για την εφαρμογή των απαιτούμενων αλλαγών από τους υφιστάμενους κατόχους αδειών. Έτσι θα υπάρξει εκπλήρωση των νέων, ορθότερων και αυστηρότερων κριτηρίων και θα ολοκληρωθεί η διαδικασία επαναπιστοποίησης [31].

3.4 Οικολογική σήμανση σε ηλιακά θερμικά προϊόντα

Τα τελευταία χρόνια, ζητήματα όπως η εξάντληση των ενεργειακών πόρων και η απορρύθμιση του κλίματος οδήγησαν στην εισαγωγή πολιτικών που περιλαμβάνουν απαγορεύσεις και κίνητρα, με στόχο την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων. Αυτές οι νομοθετικές παρεμβάσεις διατυπώνονται μέσω της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των προϊόντων και αποκτούν περισσότερο νόημα και αξία με την παράλληλη εφαρμογή της οδηγίας οικολογικού σχεδιασμού, όπως επισημάνθηκε στο κεφάλαιο 2.4. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού ανήκουν σε μία ιδιαίτερα ανταγωνιστική αγορά και η απονομή ενεργειακού σήματος θεωρείται σημαντικό πλεονέκτημα.

Καθοριστική παράμετρος για την εύρυθμη και αποτελεσματική εισαγωγή και εφαρμογή των κανονισμών είναι η έγκαιρη προετοιμασία όλων των εμπλεκόμενων μερών, δηλαδή επιχειρήσεων, κυβερνήσεων και καταναλωτών. Η αξιόπιστη και ξεκάθαρη παρουσίαση των στοιχείων επίδοσης των ηλιακών θερμικών συστημάτων ενισχύει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών προς τους ισχυρισμούς των κατασκευαστών και αυξάνει το βαθμό διείσδυσης αυτών των τεχνολογιών στην αγορά [36].

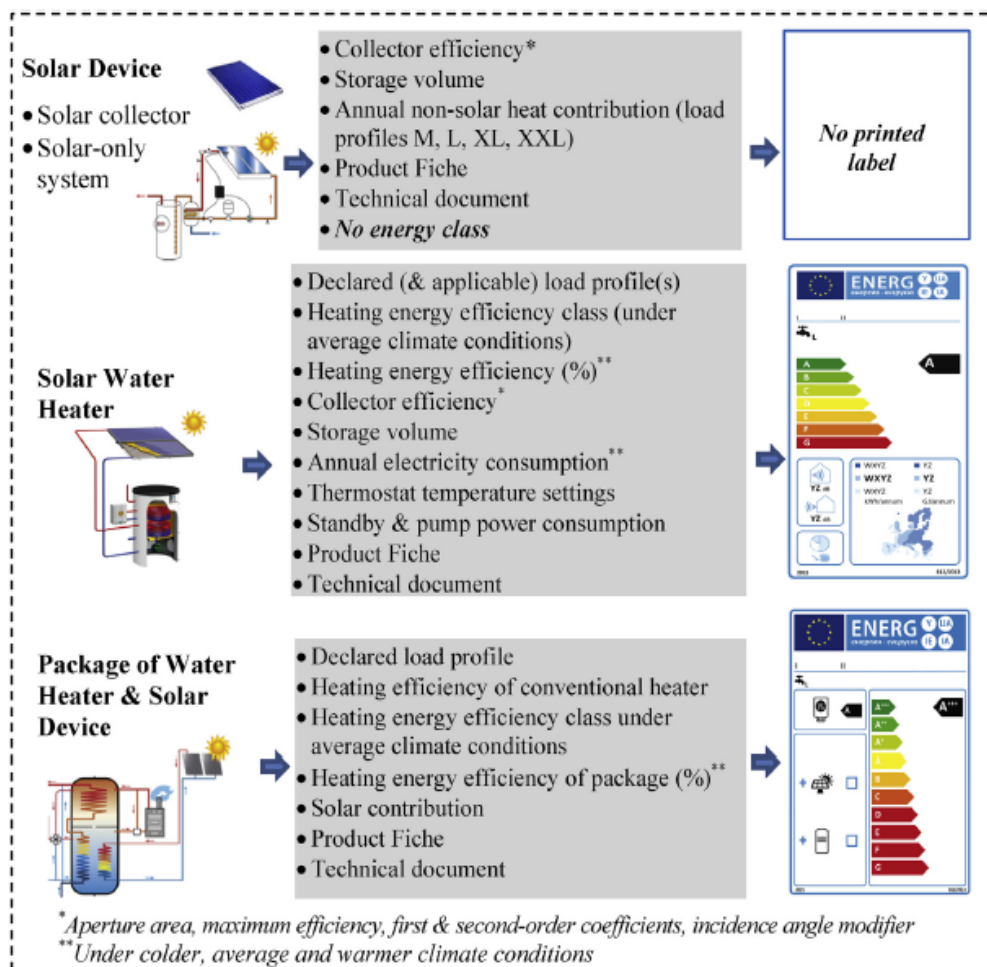
Οι κανονισμοί ενεργειακής σήμανσης ουσιαστικά εξετάζουν τη συμβατότητα των δεικτών ενεργειακής απόδοσης των προϊόντων σε σχέση με τα όρια ταξινόμησής τους. Το σκεπτικό πίσω από τους κανονισμούς είναι ότι ο ενεργειακός χαρακτηρισμός ολόκληρου του συστήματος προκύπτει ως συνδυαστικό αποτέλεσμα των ενεργειακών δεικτών των επιμέρους στοιχείων που το αποτελούν. Υπάρχει διαχωρισμός των ηλιακών θερμικών προϊόντων ως εξής [36]:

➤ Ηλιακή συσκευή

Αναφέρεται σε ένα ηλιακό αυτόνομο σύστημα με ηλιακό συλλέκτη, δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού ή μία αντλία στο βρόχο του συλλέκτη, τα οποία όμως διατίθενται στην αγορά ξεχωριστά. Η δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού αποθηκεύει την θερμική ενέργεια που παράγουν ένας ή περισσότεροι συλλέκτες που σημαίνει ότι μία ηλιακή συσκευή πάντα περιλαμβάνει έναν ηλιακό συλλέκτη. Επιπλέον, μια ηλιακή συσκευή δεν είναι εξοπλισμένη με γεννήτρια θερμότητας εκτός από έναν ή περισσότερους εφεδρικούς θερμαντήρες εμβάπτισης.

➤ Ηλιακός μαζί με συμβατικό θερμοσίφωνα

Ουσιαστικά σε αυτή την κατηγορία μπορούν να συμπεριληφθούν οι επόμενες δύο υποκατηγορίες: 1) το ηλιακό θερμικό σύστημα που είναι εξοπλισμένο με έναν ή περισσότερους συλλέκτες, δεξαμενές, γεννήτριες και πιθανόν αντλίες στο βρόγχο του συλλέκτη, τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά ως μία μονάδα και 2) το πακέτο συμβατικού θερμοσίφωνα και ηλιακής συσκευής που περιέχει ένα ή περισσότερους θερμοσίφωνες με μία ή περισσότερες ηλιακές συσκευές.



Εικόνα 3.9: Αριστερά φαίνονται οι κατηγορίες των ηλιακών θερμικών προϊόντων, στο κέντρο οι πληροφορίες ενός δελτίου προϊόντος και δεξιά η αντίστοιχη ενεργειακή ετικέτα [36]

Υπάρχει ασάφεια στη διάκριση μεταξύ του ηλιακού θερμοσίφωνα και του πακέτου ηλιακού θερμοσίφωνα και ηλιακής συσκευής. Πρακτικά το ίδιο προϊόν μπορεί να ενταχθεί είτε στη μία είτε στην άλλη κατηγορία, παρόλο που υπάρχουν διαφορές του κανονισμού στον τρόπο αντιμετώπισής τους. Για παράδειγμα, το ίδιο προϊόν μπορεί να τοποθετηθεί στις υψηλότερες ενεργειακές κατηγορίες (έως και A++) εάν δηλωθεί ως «πακέτο θερμοσίφωνα και ηλιακής συσκευής», ενώ στην περίπτωση δήλωσής του ως «ηλιακό θερμοσίφωνα» δεν μπορεί να υπερβεί την κατηγορία A+ [36].

Οι βασικές υποχρεώσεις των προμηθευτών για τα προϊόντα ηλιακής θερμικής ενέργειας είναι [36]:

1. Όλα τα προϊόντα να συνοδεύονται από δελτίο προϊόντος που θα αναγράφει πληροφορίες όπως φαίνεται στην εικόνα 3.9.
2. Ο προμηθευτής να φροντίζει ο σχετικός φάκελος τεχνικών πληροφοριών του προϊόντος να είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμος για επιθεώρηση από τις αρχές.
3. Κάθε ηλιακό θερμικό σύστημα και πακέτο συμβατικού θερμοσίφωνα και ηλιακής συσκευής να συνοδεύεται από τυπωμένη ετικέτα που θα διατυπώνει γραφικά και ποσοτικά τα βασικά χαρακτηριστικά του. Η τυπωμένη ετικέτα δεν περιλαμβάνεται στην περίπτωση των ηλιακών συσκευών.
4. Κατά γενικό κανόνα, οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται χρησιμοποιώντας εναρμονισμένα πρότυπα ή άλλες αξιόπιστες, ακριβείς και αναπαραγωγίμες μεθόδους μέτρησης που λαμβάνουν υπόψη τις γενικά αναγνωρισμένες μεθόδους.

Η επιλογή κριτηρίων και η παροχή κατευθυντήριων γραμμών για ένα σύστημα ηλιακής ενέργειας προέρχονται από την εφαρμογή των μεθόδων SOLCAL και SOLICS, οι οποίες συνιστούν τον πυρήνα της διαδικασίας αξιολόγησης των επιδόσεων ηλιακών θερμικών συστημάτων. Η SOLCAL πραγματοποιεί ξεχωριστή εκτίμηση των παραμέτρων του ηλιακού συλλέκτη, με τη συνολική επίδοση του προϊόντος να καθορίζεται βάσει της μη ηλιακής θερμικής συμβολής στο σύστημα. Από την άλλη η SOLICS διεξάγει τη δοκιμή του συστήματος στο σύνολό του. Ο κανονισμός εγγυάται την αξιοπιστία και των δύο μεθόδων προτείνοντάς τις για εφαρμογή ως ισοδύναμες, ωστόσο έχουν εντοπιστεί αξιοσημείωτες διαφορές στα αποτελέσματά τους. Έρευνα μεταξύ διαφορετικών συσκευών έδειξε ότι η εφαρμογή της μεθόδου SOLCAL οδηγεί συχνά σε υπερεκτίμηση της μη ηλιακής θερμικής συνεισφοράς συγκριτικά με τη διαδικασία SOLICS, με τα αποτελέσματα της δεύτερης να λογίζονται ως πιο αντιπροσωπευτικά των αναμενόμενων επιδόσεων του συστήματος υπό πραγματικές συνθήκες. Οι αποκλίσεις αυτές υπάρχει περίπτωση να υπονομεύσουν την αξιοπιστία ολόκληρης της διαδικασίας καθώς είναι πιθανό να οδηγήσουν στην υπαγωγή ίδιων ηλιακών θερμικών προϊόντων σε διαφορετική ενεργειακή κατηγορία [36].

3.5 Οφέλη της οικολογικής σήμανσης

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση των οικολογικών σημάτων μπορούν να εντοπιστούν σε επίπεδο περιβάλλοντος, επιχειρήσεων και καταναλωτών [34]. Πιο συγκεκριμένα:

Όσον αφορά το περιβάλλον και το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο, η διάδοση των οικολογικών σημάτων οδηγεί σε:

- Ανακύκλωση και εξοικονόμηση υλικών και πρώτων υλών.
- Μείωση της χρήσης τοξικών ουσιών.
- Αντικατάσταση των επικίνδυνων υλικών με υλικά φιλικά προς το περιβάλλον.
- Γενικότερη ενίσχυση των μηχανισμών που εξυπηρετούν τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Οι επιχειρήσεις ωφελούνται με ποικίλους τρόπους από την εφαρμογή ενός οικολογικού σήματος:

- Διάδοση και βελτίωση της φιλοπεριβαλλοντικής εικόνας τους, άρα μεγαλύτερη δημοφιλία.
- Εύκολη και άμεση επικοινωνία με τους καταναλωτές για τα περιβαλλοντικά οφέλη του προϊόντος τους.
- Ξεκάθαρος τρόπος για την διατύπωση περιβαλλοντικών ισχυρισμών.
- Συγκριτικά δεδομένα για τη μέτρηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων.
- Διαφοροποίηση του προϊόντος έναντι των ανταγωνιστικών.
- Ανταμοιβή από την αγορά για την αξιοποίηση της καινοτομίας.
- Συμμετοχή σε μια υγιή αγορά πλήρους ανταγωνισμού που προωθεί τα οικολογικά προϊόντα.

Τα οικολογικά σήματα έχουν θετική επιρροή και στους καταναλωτές καθώς:

- Αυξάνουν τις γνώσεις για τα φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα με εύκολα κατανοητό τρόπο.
- Χρησιμοποιούν ορθολογικά κριτήρια για την αγορά καλύτερων προϊόντων.

Αναφορικά με τις υπηρεσίες και συγκεκριμένα τα τουριστικά καταλύματα, εντοπίζονται τα εξής πλεονεκτήματα από την ύπαρξη των οικολογικών σημάτων:

- Επίδειξη της υψηλής ποιότητας των υπηρεσιών και ανάδειξη περιβαλλοντικού προφίλ.
- Οικολογική επίδοση και οικονομικά οφέλη.
- Αίσθηση ευημερίας, καθώς συνδυάζεται με υψηλά επίπεδα καθαριότητας, υγιεινή διατροφή και ένα υγιές περιβάλλον για τους φιλοξενούμενους και τους εργαζόμενους.
- Ικανοποίηση των προσδοκιών των φιλοξενούμενων.
- Ενίσχυση των εργαλείων marketing.

Η οικολογική σήμανση προκαλεί επίσης και έμμεσες θετικές επιπτώσεις όπως οι εξής [31]:

- Ορισμένες επιχειρήσεις παρόλο που δεν υποβάλουν αίτηση για το δικαίωμα χρήσης οικολογικών ετικετών χρησιμοποιούν κριτήρια οικολογικής σήμανσης για τη βαθμολόγηση των επιδόσεων των προϊόντων τους, ώστε να αποκτήσουν μια ιδέα σχετικά με τις επιλογές περιβαλλοντικής προόδου και ενδεχομένως έτσι να προβούν σε κάποιες βελτιώσεις.
- Η αυξημένη ζήτηση για οικολογικά προϊόντα από καταναλωτές ή εταιρείες μπορεί να έχει πολύ ευρύτερο αντίκτυπο. Όταν ένας κατασκευαστής αντιληφθεί την ύπαρξη αυξανόμενης ζήτησης για τα προϊόντα με οικολογικό σήμα, τότε θα εφαρμόσει βελτιώσεις στα τυποποιημένα προϊόντα που παρέχει στους καταναλωτές χωρίς την απαίτηση ενεργής οικολογικής σήμανσης. Με αυτόν τον τρόπο η κατανάλωσή τους γίνεται ακούσια πιο βιώσιμη.

- Τα κριτήρια οικολογικής σήμανσης και τα προϊόντα που τα πληρούν αναδεικνύουν τη δυνατότητα για παροχή περισσότερων οικολογικών προϊόντων στην αγορά και ως εκ τούτου η οικολογική σήμανση μπορεί να αποτελέσει κινητήρια δύναμη για αυστηρότερες περιβαλλοντικές απαιτήσεις στη νομοθεσία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η παρουσίαση και η ανάλυση των αρχών της κυκλικής οικονομίας, του οικολογικού σχεδιασμού και της οικολογικής σήμανσης. Επιπλέον εξετάστηκε η εφαρμογή τους σε ηλιακά θερμικά συστήματα με στόχο την εκτίμηση και τη βελτίωση του περιβαλλοντικού τους προφίλ.

Στην ουσία οι τρεις αυτές έννοιες δεν είναι ξεχωριστές, αντιθέτως αλληλοεπιδρούν, είναι αλληλεξαρτώμενες και αλληλένδετες. Η κυκλική οικονομία γίνεται αντιληπτή ως ένα καινοτόμο μοντέλο παραγωγής, στο οποίο ο οικολογικός σχεδιασμός και η οικολογική σήμανση διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο, εξυπηρετώντας το σκοπό του. Πραγματεύεται τη διατήρηση της αξίας των χρησιμοποιούμενων πόρων μέσω διαδικασιών όπως η ανθεκτικότητα, η αποκατάσταση, η αναβάθμιση, η ανάκτηση, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση. Σαφώς και ο στρατηγικός οικολογικός σχεδιασμός αποτελεί βασικό εργαλείο για την καθιέρωση μια κυκλικής οικονομίας, με την προϋπόθεση όμως ότι λαμβάνονται υπόψη όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, καθώς και το σύστημα με το οποίο πρόκειται να αλληλοεπιδράσει. Η οικολογική σήμανση ενισχύει το δυναμικό αυτής της μετάβασης με την προώθηση αυτών των ιδεών και τη διάδοση ενός φιλοπεριβαλλοντικού σκεπτικού στις επιχειρήσεις και στους καταναλωτές. Η εφαρμογή αυτών των αρχών στα ηλιακά θερμικά συστήματα αποδείχθηκε αποτελεσματική, δείχνοντας ότι μπορεί να μειώσει σημαντικά το αποτύπωμα διοξειδίου του άνθρακα αυτών των συστημάτων και τις επιβλαβείς εκπομπές τους, με την παράλληλη αύξηση των ενεργειακών επιδόσεών τους.

Απώτερος σκοπός της εργασίας είναι η μεγαλύτερη εξοικείωση του βιομηχανικού χώρου με αυτές τις έννοιες και η περεταίρω εμβάθυνση σε πτυχές και ενδεχόμενες οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειές τους. Αδιαμφισβήτητα υπάρχουν μεγάλα περιθώρια εξέλιξης σε γνωστικό και τεχνικό επίπεδο, ενώ η εξάπλωση και ο ενστερνισμός των ιδεών αυτών συνιστά μία πολύπλοκη, απαιτητική και χρονοβόρα διαδικασία που προαπαιτεί την εποικοδομητική συνεργασία κυβερνήσεων, επιχειρήσεων και καταναλωτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] E. M. Foundation, “Towards the Circular Economy – Economic and business rationale for an accelerated transition,” 2013. Accessed: Feb. 16, 2021. [Online]. Available: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>.
- [2] M. De Schoenmakere and J. Gillabel, *Circular by design: Products in the circular economy*, no. 6. 2017.
- [3] “Λίγο πριν την ανακύκλωση • WeGoGreen.” <https://wegogreen.gr/info-material/before-recycling/> (accessed Mar. 12, 2021).
- [4] A. Mestre and T. Cooper, “Circular product design. A multiple loops life cycle design approach for the circular economy,” *Mestre, A., Cooper, T. (2017). Circ. Prod. Des. A Mult. loops life cycle Des. approach Circ. Econ. Des. Journal, 20, S1620–S1635. https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352686* *Design J.*, vol. 20, pp. S1620–S1635, 2017, doi: 10.1080/14606925.2017.1352686.
- [5] A. Norgren, A. Carpenter, and G. Heath, “Design for Recycling Principles Applicable to Selected Clean Energy Technologies: Crystalline-Silicon Photovoltaic Modules, Electric Vehicle Batteries, and Wind Turbine Blades,” *J. Sustain. Metall.*, vol. 6, no. 4, pp. 761–774, 2020, doi: 10.1007/s40831-020-00313-3.
- [6] J. A. Tsanakas *et al.*, “Towards a circular supply chain for PV modules: Review of today’s challenges in PV recycling, refurbishment and re-certification,” *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, vol. 28, no. 6, pp. 454–464, 2020, doi: 10.1002/pip.3193.
- [7] C. E. L. Latunussa, F. Ardente, G. A. Blengini, and L. Mancini, “Life Cycle Assessment of an innovative recycling process for crystalline silicon photovoltaic panels,” *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 156, no. July, pp. 101–111, 2016, doi: 10.1016/j.solmat.2016.03.020.
- [8] “Solar Technology.” <https://www.wealthdaily.com/report/solar-technology/1409> (accessed Jun. 08, 2021).
- [9] “Homepage | Circusol.” <https://www.circusol.eu/en> (accessed May 28, 2021).
- [10] “FRELP | Full Recovery End Life Photovoltaic.” <https://frelp.info/> (accessed May 28, 2021).
- [11] “Apollon Solar / Photovoltaic / Solar silicon / Hydrogen / Lyon.” <https://en.apollonsolar.com/home> (accessed Jun. 18, 2021).
- [12] WindEurope, “Accelerating Wind Turbine Blade Circularity,” 2020, [Online]. Available: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/WindEurope-Accelerating-wind-turbine-blade-circularity.pdf>.
- [13] “WindEurope Intelligence Platform | WindEurope.” <https://windeurope.org/intelligence-platform/> (accessed May 28, 2021).
- [14] “Γενικά για τους ηλιακούς θερμοσίφωνες.” <http://www.galaxysolar.gr/1A725604.el.aspx> (accessed Jul. 01, 2021).
- [15] “Ηλιακός - Λειτουργία - Mpakis Services.” <https://mpakis.gr/hliakos-leitoyrgia/> (accessed Jul. 01, 2021).
- [16] “Ηλιακά Θερμικά Συστήματα - Κύπρος.” <http://docplayer.gr/1042869-lliaka-thermika-systimata.html> (accessed Jul. 01, 2021).
- [17] R. M. Sain, F. Pomponi, C. Garnier, and J. I. Currie, “Whole-life design and resource reuse of a solar water heater in the UK,” *Proc. Inst. Civ. Eng. Eng. Sustain.*, vol. 172, no. 3, pp.

- 153–164, 2018, doi: 10.1680/jensu.17.00068.
- [18] R. M. Saint, F. Pomponi, and J. I. Currie, “A method for a cradle-to-cradle life cycle assessment of integrated collector-storage solar water heaters,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 556, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/556/1/012061.
 - [19] “Ecodesign for a circular economy: methodology for circular product design,” Accessed: Mar. 16, 2021. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/ecodesign_for_a_circular_economy_methodology_for_a_circular_product_design_521na2_en.pdf.
 - [20] N. Matta, T. Reyes, and F. Bratec, “Knowledge extracting from eco-design activity,” in *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 2019, vol. 571, pp. 84–98, doi: 10.1007/978-3-030-29904-0_7.
 - [21] “Altermaker | Software to Ecodesign.” <https://altermaker.com/> (accessed Mar. 17, 2021).
 - [22] “The Ecodesign Directive (2009/125/EC) European Implementation Assessment,” 2009, doi: 10.2861/966569.
 - [23] “Ευρωπαϊκή Επιτροπή, επίσημος ιστότοπος.” https://ec.europa.eu/info/index_el (accessed Apr. 01, 2021).
 - [24] “Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (ΕΟΚΕ) | Ευρωπαϊκή Ένωση.” https://europa.eu/european-union/about-eu/institutions-bodies/european-economic-social-committee_el (accessed Apr. 01, 2021).
 - [25] “About ANEC - ANEC: The European consumer voice in standardisation.” <https://www.anec.eu/> (accessed Apr. 01, 2021).
 - [26] “www.beuc.eu | We defend the interests of european consumers.” <https://www.beuc.eu/> (accessed Apr. 01, 2021).
 - [27] “DIRECTIVE 2009/125/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL.” <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:en:PDF> (accessed Apr. 01, 2021).
 - [28] “DIRECTIVE 2010/30/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL.” <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0001:0012:en:PDF> (accessed Apr. 01, 2021).
 - [29] “Consultation Forum Sustainable Energy.” <https://eda.europa.eu/what-we-do/eu-policies/consultation-forum> (accessed Jun. 22, 2021).
 - [30] J. Albertí *et al.*, “Life Cycle Assessment of a solar thermal system in Spain, eco-design alternatives and derived climate change scenarios at Spanish and Chinese National levels,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 47, no. December 2018, p. 101467, 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101467.
 - [31] M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, and S. I. Olsen, “Life Cycle Assessment.” Accessed: Jul. 03, 2021. [Online]. Available: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-56475-3.pdf>.
 - [32] “Leading Countries in Eco-Friendly Practices | Green Office.” <https://www.greenofficevu.nl/leading-countries-in-eco-friendly-practices/> (accessed Jul. 03, 2021).
 - [33] v. M. buyanov, “GREEN/ENVIRONMENTAL CERTIFICATION OR LABELLING SCHEMES UNDER THE ECO MARK RECOGNITION,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., no. 1, [Online]. Available:

- http://www.ecogloballabel.org/download/GLOBAL_ECO_LABELS_LISTESI.pdf.
- [34] “BestPracticeEcolabells.”
<http://www2.env.aegean.gr/eda/Envirohelp/greece/bestpractices/BestPracticeEcolabells.html> (accessed Jul. 03, 2021).
- [35] “Facts and Figures - Ecolabel - EUROPA.”
<https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/facts-and-figures.html> (accessed Jul. 03, 2021).
- [36] E. Mathioulakis, S. Babalis, S. Kalogirou, and V. Belessiotis, “Energy Labelling and Ecodesign of solar thermal products: Opportunities, challenges and problematic implementation aspects,” *Renew. Energy*, vol. 101, pp. 728–736, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2016.09.034.